

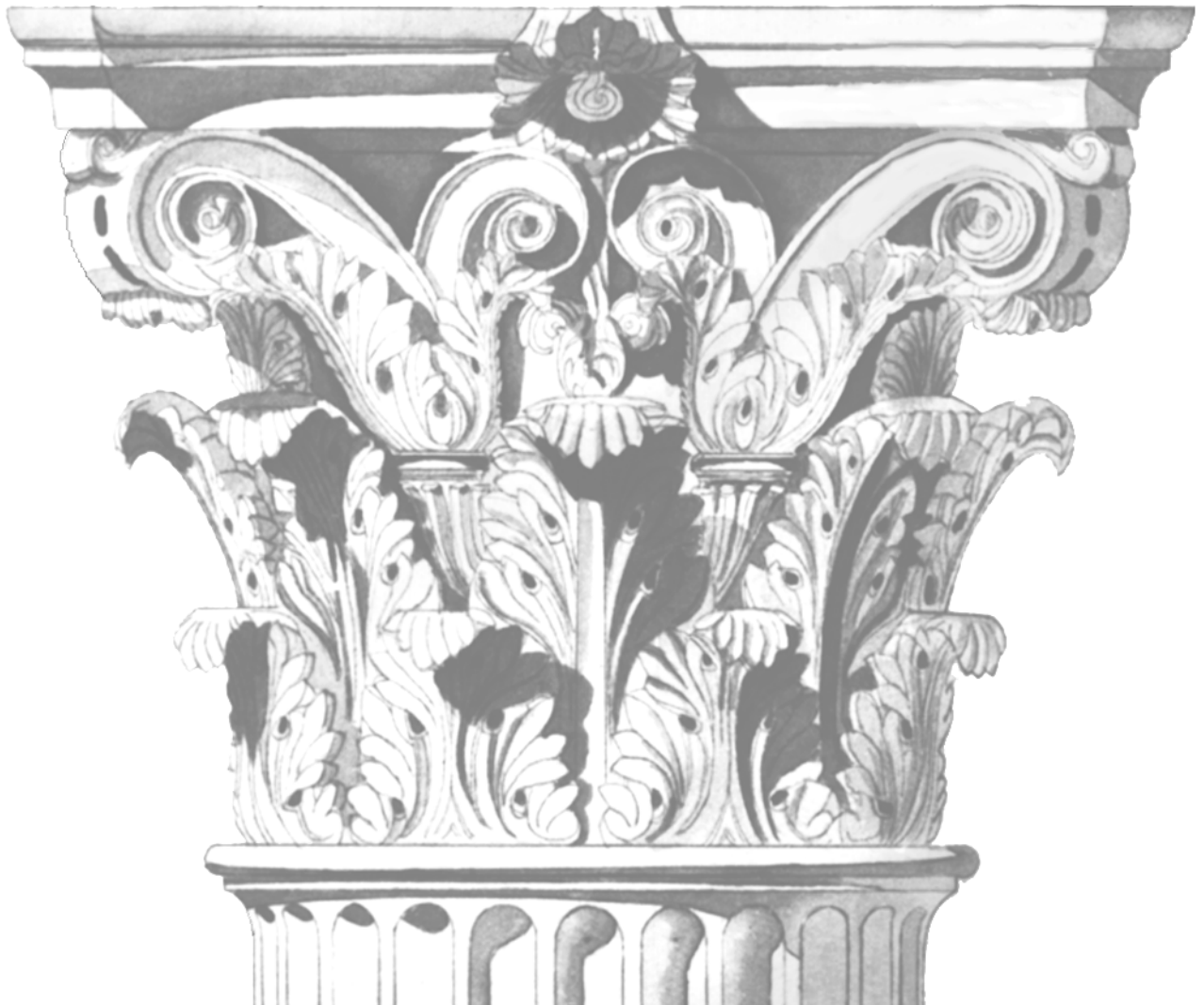
**SUOMALAINEN
PUUKERROSTALO
PUURAKENTAMISEN
KEHITTÄMISEN ETULINJASSA**

**MARKKU
KARJALAINEN**

Arkkitehtuurin osasto, Oulun yliopisto

OULU 2002

Abstract and summary in English



MARKKU KARJALAINEN

**SUOMALAINEN PUUKERROSTALO
PUURAKENTAMISEN
KEHITTÄMISEN ETULINJASSA**

Esitetään Oulun yliopiston teknillisen tiedekunnan suostumuksella julkisesti tarkastettavaksi Oulun yliopiston päärakennuksen Saalastinsalissa (Pentti Kaiteran katu 1) 22. helmikuuta 2002 kello 12.00.

OULUN YLIOPISTO, OULU 2002

Copyright © 2002
University of Oulu, 2002

Esitarkastajat
Professori Unto Siikanen
TkT Pekka Peura

ISBN 951-42-6618-8 (URL: <http://herkules.oulu.fi/isbn9514266188/>)

ALSO AVAILABLE IN PRINTED FORMAT

Acta Univ. Oul. C 166, 2002

ISBN 951-42-6617-X

ISSN 0355-3213 (URL: <http://herkules.oulu.fi/issn03553213/>)

OULU UNIVERSITY PRESS

OULU 2002

Karjalainen, Markku, The Finnish multi-story timber apartment building as a pioneer in the development of timber construction

Department of Architecture, University of Oulu, P.O.Box 4100, FIN-90014 University of Oulu, Finland
Oulu, Finland
2002

Abstract

The objective of this study is to examine and shed light on the process of developing Finnish multi-story timber apartment buildings. It deals with the basic problems and technical solutions related to multi-story timber apartment buildings. The study also examines the background, principles, objectives and fundamentals of Finnish multi-story timber apartment building construction and describes the main questions, activities and events related to the development of Finnish timber construction, especially from the 1990s to the beginning of the new millennium. This study provides a general idea of the present situation and future challenges in the development of the Finnish multi-story timber apartment building. The results of the study that are given the most emphasis are multi-story timber apartment building fire safety, the space cost factor and feedback from residents. The study also presents Finland's first multi-story timber apartment building sites and their technical designs.

Ten multi-story timber apartment buildings containing 338 apartments were constructed in Finland in 1995 - 2001. The next two sites will be completed in 2002. The national publicity and feedback of the multi-story timber apartment buildings has primarily been positive. Multi-story timber apartment buildings have not, however, made an actual break-through in Finland. Multi-story timber apartment building construction has been hindered by many biases and the impression that the construction is experimental and expensive. Many of these doubts and biases have been exaggerated. The period of experimental construction of multi-story timber apartment buildings in Finland has indicated that technical issues, such as construction techniques, issues related to heating, sound, fire, water and moisture insulation, and HVAC installation, are manageable.

A survey of residents indicates that they have a positive attitude toward multi-story timber apartment buildings, and residents hope wood will be used more in Finland. Multi-story timber apartment buildings are felt to be cosy and pleasant, they have a good indoor climate, they are functional, architecturally successful, fire-safe and well insulated against airborne sounds. On the basis of the survey of residents, special attention should be given to impact sound insulation in the intermediate floors. The residents would like to see more wood used in the stairways and interior facing.

Space cost is an important factor from the standpoint of the competitiveness of multi-story timber apartment building construction. According to the currently used definition of permitted building volume based on gross floor area, the space cost of a multi-story timber apartment building constructed using current frame designs, which utilise load-bearing inner walls and short spans, is less advantageous than that of concrete frame buildings, which utilise long slab intermediate floors. Construction methods that utilise different construction materials and frame designs would be more on par if the concept of permitted building volume were based on net floor area.

The fire code of multi-story timber apartment buildings still requires revising. For example, the Finnish fire code recommends visible protruding fire stops on high wooden façades. Nevertheless, these fire stops do not function as intended, and in some cases they even contribute to the spreading of a façade fire. Instead of using visible protruding fire stops, the spreading of a small façade fire can be effectively limited by partitioning the air space behind the facing in the horizontal direction and by using horizontal structures in the air space that choke the spreading of a fire in the air space.

Based on housing statistics, there is a potential market in Finland for multi-story timber apartment buildings: 43,7 % of Finns live in a multi-story apartment building, and 75 % of all multi-story apartment buildings have less than five stories, which according to current regulations means they could be constructed out of wood. In order to make multi-story timber apartment buildings competitive, their construction should be continuous, experience in their construction should be accumulated and their technical designs should become established procedure. The ecology and market value of the life cycle of timber construction should be exploited more than is presently done. Developers and residents have a central role in making multi-story timber apartment buildings more common.

Keywords: space cost, resident survey

Karjalainen, Markku, Suomalainen puukerrostalo puurakentamisen kehittämisen etulinjassa

Arkkitehtuurin osasto, Oulun yliopisto, PL 4100, FIN-90014 Oulun yliopisto, Finland

Acta Univ. Oul. C 166, 2002

Oulu, Finland

Tiivistelmä

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää ja valottaa suomalaisen puukerrostalon kehittämisprosessia käymällä läpi ongelmakeskeisesti puukerrostalojen peruskysymyksiä ja teknisiä ratkaisuja. Tutkimuksessa tarkastellaan maamme puukerrostalorakentamisen taustoja, lähtökohtia, tavoitteita ja perusteita sekä kuvataan niitä keskeisiä kysymyksiä, toimenpiteitä ja tapahtumia, mitä suomalaisen puurakentamisen kehitystyössä on tehty ja kohdattu erityisesti 1990-luvulta uuden vuosituhanneen alkuun. Tutkimuksen perusteella muodostetaan yleiskäsitys suomalaisen puukerrostalon kehitystyön nykytilanteesta ja tulevaisuuden haasteista. Tutkimustuloksista keskeiselle sijalle on asetettu puukerrostalojen paloturvallisuus, tilakustannustekijä ja asukas palaute. Tutkimuksessa esitellään myös maamme ensimmäiset puukerrostalokohteet teknisine ratkaisuineen.

Vuosina 1995 - 2001 Suomeen on rakennettu kymmenen puukerrostalokohdetta, yhteensä 338 asuntoa. Kaksi seuraavaa kohdetta valmistuvat vuonna 2002. Puukerrostalojen valtakunnallinen julkisuus ja palaute on ollut pääasiassa myönteistä. Puukerrostalot eivät ole kuitenkaan tehneet varsinaista läpimurtoa Suomessa. Puukerrostalorakentamista ovat rasittaneet useat ennakoasenteet sekä koerakentamisen ja kalliin rakentamisen leima. Monet näistä epäilyistä ja ennakkoluuloista ovat olleet liioiteltuja. Suomalaisen puukerrostalojen koerakentamisaika on osoittanut, että puukerrostalojen tekniset kysymykset, kuten rakentamistekniikka, lämmön-, äänen-, palon-, veden- ja kosteudeneristyskysymykset sekä LVIS-asennustekniikkaan liittyvät asiat pystytään hallitsemaan.

Asukaskyselytutkimuksessa asukkaat suhtautuivat puukerrostaloihin myönteisesti, ja puurakentamista ja puun käyttöä toivottiin lisäävän maassamme. Puukerrostaloja pidettiin yleisesti kodikkaina, viihtyisinä, sisäilmastoltaan hyvinä, toimivina, arkkitehtuuriltaan onnistuneina, paloturvallisina ja ilmastöeneristykseltään hyvinä. Asukaskyselyn perusteella puukerrostalojen keveiden välipohjien askelääneneristävyyteen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Asukkaat toivoivat puuta käytettävän tähänastista enemmän porrashuoneiden ja asuntojen sisäpintaverhouksissa.

Tilakustannus on keskeinen tekijä puukerrostalorakentamisen kilpailukyvyn kannalta. Tähänastisilla teknisillä ratkaisuilla ja kantaviin väliseiniin ja lyhyihin jänneväleihin perustuvalla runkojärjestelmällä rakennettu puukerrostalo on tilakustannuksiltaan tavanomaista pitkälaattavälipohjaista betonirunkokerrostaloa epäedullisempi nykyisen kerrosalaan perustuvan rakennusoikeuden määritelmän mukaan. Eri rakennusmateriaaleilla ja runkojärjestelmillä toteutettavat rakentamistavat tulisivat nykyistä tasa-arvoisemmiksi, jos rakennusoikeuden käsite muutettaisiin nettoalaan perustuvaksi.

Puukerrostalojen palosäädökset kaipaavat tarkentamista. Esimerkiksi Suomen palosäädöksissä suosittavat korkeiden puujulkisivujen näkyvät palokatkolokkeet eivät käytännössä toimi toivotulla tavalla, ja joissakin tapauksissa ne jopa edistävät julkisivupalon leviämistä. Näkyvien palokatkolokkeiden sijasta pienehkön julkisivupalon leviämistä voidaan rajoittaa tehokkaasti kaistoittamalla julkisivun taustan tuuletusrakoa sivuttaissuunnassa ja käyttämällä tuuletusraossa vaaka-suuntaisia rakenteita, joilla tukahdutetaan palon leviäminen tuuletusraossa.

Asumistilastojen valossa suomalaisille puukerrostaloille voisi olla potentiaaliset markkinat: 43,7 % suomalaisista asuu kerrostalossa, ja 75 % kaikista kerrostaloista on alle 5-kerroksisia, eli ne voitaisiin nykyäärysten mukaan toteuttaa puisina. Jotta puukerrostalojen kilpailukyky paranisi, tarvitaan niiden rakentamisessa jatkuvuutta ja harjaantumista sekä teknisten ratkaisujen vakiinnuttamista. Puurakentamisen ekologisuutta ja elinkaarimarkkina-arvoa tulisi hyödyntää tähänastista enemmän. Rakennuttajat ja asukkaat ovat keskeisessä roolissa puukerrostalojen yleistymisessä.

Asiasanat: paloturvallisuus, tilakustannus, asukaskyselytutkimus

Omistettu erityisesti Venla-tyttärelleni

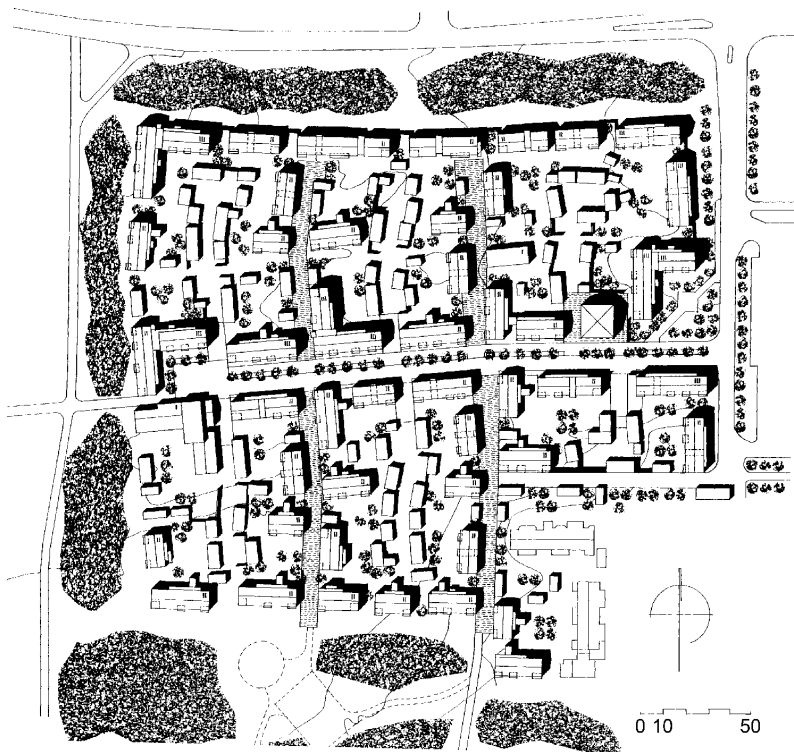
Alkusanat

Oulun ensimmäinen ja maamme kolmas puukerrostalokohde, Kiinteistö Oy Puukotka, on ollut osa Oulun yliopiston arkkitehtuurin ja rakentamistekniikan osastojen käynnistämää puurakentamisen tutkimushanketta. Kohteen suunnittelu aloitettiin keväällä 1995 järjestetyllä arkkitehtuurin osaston opiskelijakilpailulla. Kohde valmistui helmikuussa 1997. Oulun puukerrostalossa kokeiltiin tietoisesti eri ratkaisuja kuin Ylöjärven ja Viikin koerakentamiskohteissa, jotta puukerrostalorakentamisen eri vaihtoehtoja tulisi tutkituksi ja testatuksi mahdollisimman laajalti maassamme. Kohteen arkkitehtisuunnittelu ja dokumentointi tehtiin Oulun yliopiston arkkitehtuurin osaston Puustudiossa, jossa olen työskennellyt sen perustamisesta lähtien, aluksi rakennusopin tuntiopettajana, assistenttina ja tutkijana ja vuoden 1997 alusta alkaen projektipäällikkönä.



Kuva 0.1 Oulun ensimmäinen puukerrostalo, Kiinteistö Oy Puukotka, valmistui helmikuussa 1997.

Kiinteistö Oy Puukotkan suunnittelun jälkeen Oulun yliopiston arkkitehtuurin osaston Puustudiossa päätettiin jatkaa puukerrostalojen tutkimusta ja koerakentamista sekä laajentaa tutkimukset puuarkkitehtuurista, rakentamisen teknisistä kysymyksistä sekä yksittäisistä rakennuksista käsittelemään myös puumiljöitä. Syksyllä 1996 Puustudion työryhmä anoi Oulun kaupungilta maa-aluetta yhtenäisen puukerrostaloalueen toteuttamiseksi. Oulun kaupunki osoitti tarvittavan maa-alueen keskeiseltä paikalta, Oulun yliopiston päärakennusta vastapäätä, Linnanmaantien eteläpuoleiselta metsäalueelta. Tämän niin kutsutun Puu-Linnanmaan asemakaavatyö tehtiin Puustudiossa yhteistyössä Oulun kaupungin kaavoitustoimen kanssa. Alueella on testattu erityisesti puurakentamisen miljöövaikutuksia sekä monikerroksisten puurakennusten pitkäaikaiskestäviä ja paloturvallisia julkisivuratkaisuja. Puu-Linnanmaan koerakentamisalueelle rakennetaan vuoden 2002 kesään mennessä 2 - 3-kerroksisia puujulkisivuisia ja pääosin myös puurunkoisia asuinrakennuksia yhteensä 45 kappaletta. Kohteen asuinrakentamisen laajuus on 308 asuntoa, yhteensä noin 20 000 k-m². Suurin osa asuinrakennuksista on P3-luokan kaksikerroksisia pienkerrostaloja. Tutkimusmääritelmäni mukaisia varsinaisia puukerrostaloja Puu-Linnanmaalle lopulta tulee vain yksi. Tätä yhtä poikkeusta lukuun ottamatta urakoitsijat halusivat toteuttaa alueen kaikki P2-luokan kolmikerroksiset talot heille tutulla tavalla betonirunkoisina.



Kuva 0.2 Oulun puukerrostalojen koerakennusalueelle, Puu-Linnanmaalle, rakennetaan kesään 2002 mennessä 45 puujulkisivuisia kerrostaloa. Valtaosa rakennuksista on kaksikerroksisia P3-luokan pienkerrostaloja. P2-luokan kolmikerroksisia, aitoja puukerrostaloja, alueelle rakennetaan vain yksi.

Oulun yliopiston arkkitehtuurin osaston Puustudion aloitteesta käynnistettiin vuoden 1997 alussa myös valtakunnallinen *Moderni puukaupunki* -hanke, jonka päämääränä on synnyttää Oulun Puu-Linnanmaan koerakennusalueen lisäksi useita viihtyisiä ja esimerkiksi kelpaavia asuinmiljöitä eri puolelle Suomea puurakentamisen avulla. Tavoitteena on ollut ottaa oppia vanhasta puurakentamisen perinteestämme, uudistaa sitä nykypäivän vaatimusten mukaiseksi sekä hyödyntää puurakentamisen uusinta tutkimustietoa. Maamme puurakentamisessa on näin tietoisesti haluttu siirtyä teknisistä ratkaisuista ja yksittäisistä rakennuksista laajempiin miljöökysymyksiin, asumisviihtyisyyteen ja asukaslähtöisyyteen sekä lisätä rakennettujen esimerkkien avulla suomalaisen puurakentamisen kansallista ja kansainvälistä uskottavuutta sekä kilpailukykyä. Käytännönläheisillä projekteilla on samalla haluttu turvata puurakentamisen kehitystyön ja harjaantumisen jatkuvuutta sekä pitää yllä puurakentamisen tiedon ja taidon tarjontaa maassamme. Hankkeen päätukijoina ovat olleet Teknologian tutkimuskeskus (TEKES), ympäristöministeriö, Puuinfo Oy, Suomen Puututkimus Oy ja vuoden 1999 alusta lähtien myös maa- ja metsätalousministeriö valtioneuvoston loppuvuonna 1998 nimittämän *Puutuotealan osaamiskeskus* -verkoston perusrahoituksen nimissä. Olen toiminut *Moderni puukaupunki* -hankkeen valtakunnallisena koordinaattorina projektin alusta alkaen.



Kuva 0.3 Kaksikerroksinen As Oy Linnanmaahinen Oulun Puu-Linnanmaalla.

Oulun yliopiston arkkitehtuurin osaston Puustudio on saanut sekä kansallista että kansainvälistä tunnustusta puurakentamiseen liittyvästä tutkimustoiminnasta, tiedon ja tutkimustulosten levittämisestä sekä aiheeseen liittyvästä luento-, opetus- ja näyttelytoiminnasta. Tutkimustyön ohella Puustudion toimintaan on kuulunut uusien puurakentamisen pilottikohteiden synnyttäminen ja hankkeistaminen sekä niiden avulla

saavutettujen tulosten ja kokemusten raportointi, tiedon levittäminen, tietojen ja osaamisen vaihto sekä yhteistyön tiivistäminen yritysten, oppilaitosten ja tutkimuslaitosten välillä.



Kuva 0.4 Kujanäkymä Oulun Puu-Linnanmaalta.

Kaikessa tässä toiminnassa reilun kuuden ja puolen vuoden ajan mukana olleena olen saanut kerätyksi ajankohtaista puurakentamisen taustatietoa sekä laajalti palautetta puukerrostalojen rakentamisesta muun muassa rakennuttajilta, suunnittelijoilta, tutkijoilta, urakoitsijoilta, puutavarantoimittajilta, viranomaisilta, asukkailta ja medialta. Samalla olen saanut olla käytännönläheisesti mukana suomalaisen puurakentamisen edistämässä ja olen työni myötä päässyt osaltani vaikuttamaan maamme puukerrostalojen kehitystyöhön. Tästä luontevana jatkumona olen päättänyt tekemään väitöskirjan suomalaisesta puukerrostalorakentamisesta.

Puustudion tutkimusryhmän jäsenenä minulla on myös ollut mahdollisuus tehdä useita opinto- ja seminaarimatkoja muun muassa Pohjoismaihin, Keski-Eurooppaan, Uuteen-Seelantiin, Skotlantiin, Yhdysvaltoihin ja Kanadaan, joista kahdessa viimeksi mainitussa on jo 120 vuoden kokemus puukerrostalojen rakentamisesta. Opintomatkojeni avulla olen saanut kerätyksi puukerrostalorakentamista koskevaa aineistoa myös ulkomaisista kohteista. Ulkomaisten puukerrostalokohteiden ratkaisut eivät ole kuitenkaan kaikki sellaisenaan Suomeen siirrettävissä, sillä eri maissa on eri rakentamiskulttuuri, viranomaiskäytännöt, tekninen vaatimustaso ja rakennusperinteeseen liittyvät perusratkaisut. Tutkimukseni taustamateriaalina ulkomailta saadut kokemukset ovat olleet hyödyllisiä.

Kiitokset

Haluan kiittää työni ohjaajaa, professori Jouni Koiso-Kanttilaa, sekä työtoveriani TkT Jari Heikkilää siitä innostuneesta, kannustavasta ja työntäyteisestä tutkimusilmapiiristä, jonka he ovat luoneet työpaikalleni, Oulun yliopiston arkkitehtuurin osaston Puustudioon. Kiitän myös väitöskirjatyöni esitarkastajia, professori Unto Siikasta ja TkT Pekka Peuraa väitöskirjani sisältöön ja rakenteeseen kohdistuneista arvokkaista neuvoista ja kommenteista. Kiitän myös kaikkia muita työtovereitani ja tutkimuskollegoitani väitöskirjatyöni kuluessa saadusta kannustuksesta sekä tutkimuksen tekoon liittyvistä hyödyllisistä keskusteluista.

Kiitän Riihi-säätiötä, Puuinfo Oy:tä, Tauno Tönningin säätiötä, Tekniikan Edistämissäätiötä, Metsäteollisuustuotteiden Vientikaupan Edistämissäätiötä, Oulun yliopiston tukisäätiötä ja Puumiesten Ammattikasvatussäätiötä väitöskirjatyöskentelyyni myönnetyistä apurahoista ja kannustuksesta. Lisäksi kiitän Suomen Puututkimus Oy:n projektipäällikkö Pekka Nurroa ja Puuinfo Oy:n toimitusjohtaja Pertti Hämäläistä sekä Kuopion Pelastusopiston päällystökurssi 5:n opiskelijoita, rakennusmestari Risto Taskista ja rakennusinsinööri Juhani Voutilaista, joiden yhteistyö mahdollisti puukerrostalojen ulkoseinien palokatkopolttokokeiden suorittamisen Kuopiossa vuoden 1998 kuluessa. VTT:n tutkijoita, FT, dosentti Juhani Parmasta ja DI Pekka Siparia, kiitän puukerrostalojen ääniteknisistä mittauksista ja tutkimusyhteistyöstä. Oulun yliopiston ATK-keskuksen vanhemmalle suunnittelijalle Risto Leinoselle annan erityiset kiitokseni asukaskyselytulosten tietokoneajojen suorittamisesta. Puustudion työntekijöistä arkkitehtiylioppilas Tanja Rytköstä ja arkkitehti Leena Kallioniemeä kiitän puukerrostalojen asukaskyselyssä avustamisesta, tutkimusavustaja Pekka Särkkää yhteistyöstä tilakustannusten laskemisessa sekä arkkitehtiylioppilas Ritva Kuusistoa puukerrostalojen LVIS-teknisestä selvityksestä ja väitöskirjan loppuviimeistelyssä auttamisesta. Kiitokset ansaitsevat myös maamme ensimmäisten puukerrostalojen kaikki asukkaat, jotka suhtautuivat myönteisesti ja asiallisesti asukaskyselytutkimukseeni. Työni valmistumisesta haluan lausua kiitokseni myös: suomen kielen assistentti Jari Sivoselle tutkimuksen kieliasun viimeistelyssä avustamisesta, arkkitehtiylioppilas Mikko Heiskaselle väitöskirjan ulkoasun viimeistelystä ja kääntäjä Keith Kosolalle tekstin englanninkielisistä käännöksistä.

Lopuksi haluan kiittää perhettäni; vaimoani Tarjaa, lapsiani Susannaa, Santtua ja Venlaa kuin myös vanhempiani Maireaa ja Seppoa, kesällä 2000 edesmennyttä isoäitiäni Hildaa sekä anoppiani Aunea siitä tasapainottavasta ja kärsivällisestä ilmapiiristä, jonka he ovat tarjonneet välillä ylivoimaisen raskaaksikin käyneen väitöskirjatyöskentelyni aikana. Haluan omistaa väitöskirjatyöni erityisesti nuorimmalle tyttärelleni, Venlalle, jotta hän myöhäisemmässä elämässään voisi ymmärtää, ja toivottavasti myös arvostaa, sen työ määrän laajuutta, minkä parissa hänen isänsä on viettänyt aikaansa päivätyön jälkeen iltoina, viikonloppuina ja lomaaikoina vuosien 1995 - 2001 kuluessa.

Oulussa 19. joulukuuta 2001

Markku Karjalainen

Sisällys

Abstract	
Tiivistelmä	
Alkusanat	
Kiitokset	
1 Johdanto	19
1.1 Tutkimuksen taustaa	19
1.2 Tutkimuksen tavoite	22
1.3 Tutkimuksen rajaus	23
1.4 Tutkimuksen luonne	24
1.5 Tutkimuksen ongelma-alueet, rakenne ja tutkimusmenetelmät	26
1.6 Tutkimuksen merkitys	33
2 Kehittämishaasteena suomalainen puukerrostalo	34
2.1 Suomalaisen puurakentamisen kehittämisen taustat, tavoitteet ja toimenpiteet	34
2.1.1 Puun käytön lisääminen	34
2.1.2 Puu- ja asuntorakentamiseen liittyviä teema- ja toimintaohjelmia 1990-luvulta uudelle vuosituhannele	38
2.2 Suomalainen asuinkerrostalo	44
2.2.1 Peruskäsitteet: asunto, asuinkerrostalo, puukerrostalo	44
2.2.2 Kerrostalojen typologia	50
2.2.3 Suomalainen asuinkerrostalo eri ajanjaksoina	53
2.3 Puukerrostalojen kehitys ja lähihistoria muissa maissa	67
2.3.1 Puukerrostaloperinne Pohjois-Amerikassa	67
2.3.2 Puukerrostalot Iso-Britanniassa	71
2.3.3 Puukerrostalot Manner-Euroopassa	74
2.3.4 Puukerrostalot muissa Pohjoismaissa	77
2.4 Suomalainen puukerrostalo	82
2.4.1 Lähtökohdat	82
2.4.2 Keskeisimmät ongelma- ja kehittämisaalueet	82
2.4.3 Suomalaisen puuarkkitehtuurin uusiutumishaasteita	83
2.4.4 Kestävä kehitys, ekologisuus ja elinkaariajattelu rakentamisessa	95
2.4.5 Suomalaiset puukerrostalokohteet vuosina 1995 - 2001	105

3	Palotekniset kysymykset	130
3.1	Yleistä	130
3.2	Puun käytön mahdollisuudet kerrostalorakentamisessa	132
3.2.1	Ennen vuotta 1981, palolainsäädännön kehitys	132
3.2.2	Vuosina 1981 - 1997	133
3.2.3	Vuosina 1997 - 2001	134
3.2.4	Vuodesta 2001 eteenpäin	138
3.3	Puukerrostalojen paloturvallisuuden perusteet	144
3.3.1	Taustaa: tulipalot ja palokuolemat Suomessa, Yhdysvalloissa ja Ruot- sissa	144
3.3.2	Puun palotekniset ominaisuudet ja huoneistopalo	149
3.3.3	Palotekninen mitoitus	150
3.3.4	Toiminnallinen palomitoitus ja riskianalyysi	154
3.3.5	Tulipalon mallintamisen vaikeus	157
3.3.6	Puukerrostaloalueen paloturvallisuusnäkökohtia	160
3.4	Ulko- ja väliseinien palotekniset kysymykset	163
3.4.1	Yleiset vaatimukset	163
3.4.2	Puuulkisivujen polttokoesarja Kuopion Pelastusopistolla	167
3.4.3	Tulosten vertailu muihin julkisivujen polttokokeisiin	170
3.5	Väli-, ala- ja yläpohjien sekä uloskäytävien palotekniset kysymykset	173
3.6	Asukas palaute puukerrostalojen paloturvallisuudesta	177
3.7	Johtopäätökset puukerrostalojen paloturvallisuusvaatimuksista	181
4	Runkojärjestelmä- ja rakennusosaratkaisut	189
4.1	Siirtyminen yleiseurooppalaiseen mitoituskäytäntöön	189
4.2	Puukerrostalojen rakennussuunnittelu	193
4.2.1	Massoittelu	193
4.2.2	Talotyypit	194
4.2.3	Tilasuunnittelu	195
4.2.4	Porrashuoneet, uloskäytävät, parvekkeet ja terassit	197
4.2.5	Hissit, kuilut ja roilot	202
4.3	Puukerrostalon eri runkojärjestelmät	204
4.3.1	Kantavat seinät -järjestelmä	204
4.3.2	Pilari-palkkijärjestelmä	210
4.3.3	Pilari-laattajärjestelmä	212
4.3.4	Kantavan rungon sekajärjestelmät	212
4.3.5	Suomalainen avoin puurakentamisjärjestelmä	213
4.3.6	Rungon elementointi	219
4.4	Tilakustannustekijä	222
4.4.1	Peruskäsitteet: kerrosala, huoneistoala ja asuntoala	222
4.4.2	Tilakustannustarkastelu eri rakennustapojen välillä	223
4.4.3	Tilakustannusvertailu toteutettujen puukerrostalojen ja tavanomais- ten betonikerrostalojen välillä	226
4.5	Suomen ensimmäisten puukerrostalojen rakennetyypit	229
4.5.1	Alapohjat	229
4.5.2	Ulkoseinät	234
4.5.3	Huoneistojen väliset seinät	242

4.5.4	Välipohjat	245
4.5.5	Yläpohjat	253
4.6	Palaute puukerrostalojen rakentamistavasta	257
4.7	Johtopäätökset	265
5	Äänitekniset kysymykset	266
5.1	Yleistä, ääneneristysmäärysten tiukentuminen	266
5.2	Puun äänitekniset ominaisuudet	269
5.3	Ääneneristys sivuttaissuunnassa	270
5.4	Välipohjien äänitekniset näkökohdat	270
5.5	Asukaspalaute puukerrostalojen ja vertailukohteiden ääneneristyksestä	283
5.6	Johtopäätökset	301
6	Puukerrostalojen kosteuskysymykset ja kestävyys	305
6.1	Kosteus- ja vedeneristys	305
6.1.1	Yleistä, määräysten uudistuminen	305
6.1.2	Puun kosteustekniset ominaisuudet	307
6.1.3	Puukerrostalojen kosteustekniset näkökohdat	309
6.1.4	Märkätilat	316
6.1.5	Asukkaiden arviot puurakennusten kosteus- ja homevaurioiden yleisyydestä	318
6.2	Puukerrostalojen kestävyys ja kunnossapito	319
6.2.1	Oikea puu oikeaan paikkaan	320
6.2.2	Puujulkisivujen pitkäaikaiskestävyys	322
6.2.3	Puun suojaus, pintakäsittely ja modifointi	326
6.3	Johtopäätökset	333
7	LVIS-tekniikka	335
7.1	Reititys- ja asennusperiaatteet	335
7.2	Lämmitysjärjestelmät	337
7.3	Vesijohto- ja viemäriverkosto	337
7.4	Ilmanvaihtojärjestelmä	339
7.5	Sähköjärjestelmä	341
7.6	Paloturvallisuusjärjestelmät	341
7.6.1	Palovarointijärjestelmä	341
7.6.2	Kevytsprinklerijärjestelmä	342
7.6.3	Vertailu, kevytsprinklerilaitteiston käyttö Yhdysvalloissa	345
7.6.4	Haasteena vesisumusammutusjärjestelmät	345
7.7	Urakoitsijapalaute puukerrostalojen LVIS-tekniikasta	346
7.8	Johtopäätökset	348
8	Puukerrostalojen asukaspalaute	350
8.1	Puukerrostalojen asukaskysely, yleistä	350
8.2	Asukkaiden yleiset mielipiteet puusta, puurakentamisesta ja puukerrostaloista	352
8.2.1	Puu rakennusmateriaalina	352
8.2.2	Kannanotot puurakentamisesta	353
8.2.3	Mielipiteet puukerrostaloista	357
8.3	Asukkaiden mieltymykset eri asumismuotoihin	362
8.4	Johtopäätökset	365
9	Yhteenvedo ja diskurssi	367

9.1	Suomalainen puukerrostalo	367
9.1.1	Taustat, lähtökohdat ja tavoitteet	367
9.1.2	Rakentamistapa ja tekninen osaaminen	370
9.1.3	Paloturvallisuusasiat	372
9.1.4	Tilakustannustekijä	375
9.1.5	Puukerrostaloista sadut kokemukset ja palaute	376
9.2	Puukerrostalojen tulevaisuuden haasteet	382
9.2.1	Lähtökohta tulevaisuudelle	382
9.2.2	Tutkimus, tuotekehitys, normitus ja ohjeistus	383
9.2.3	Kilpailukyky, uskottavuus ja markkinointi	385
9.2.4	Puumiljö- ja aluerakentamisen mahdollisuudet	387
10	English summary	389
10.1	Finnish timber multi-story apartment building	389
10.1.1	Background, principles and objectives	389
10.1.2	Construction method and technical know-how	391
10.1.3	Fire safety	392
10.1.4	Space cost factor	393
10.1.5	Experiences and feedback related to multi-story timber apartment buildings	394
10.2	Future challenges facing multi-story timber apartment buildings	397
10.2.1	Starting point for the future	397
10.2.2	Research, development, norms and guidelines	398
10.2.3	Competitiveness, credibility and marketing	399
10.2.4	Possibilities of wood milieus and area construction	400
	Lähteet	402
	Kuvaluettelo	402
	Lähteet ja kirjallisuus	411
	Muut painetut lähteet	415
	Painamattomat lähteet	418
	Henkilöhaastattelut	422
	Liitteet	

1 Johdanto

Tutkimusmääritelmä:

Suomalainen puukerrostalo on paloluokaltaan P2-luokkainen ja ainakin osaltaan yli kaksikerroksinen sekä enintään 4-kerroksinen asuin- tai työpaikkarakennus, jonka kantava runko ja julkisivut ovat pääosin puuta. (Tässä tutkimuksessa keskitytään asuinpuukerrostaloihin).

1.1 Tutkimuksen taustaa

Muutokset rakennusalalla

1990-luvulta uuden vuosituhannen alkuun Suomen rakennusala on kokenut suuria muutoksia. 1990-luvun alkupuoli oli edellisen vuosikymmenen ”hullujen vuosien” jälkeen rakentamisessa syvän laman aikaa, jolloin oli aikaa pohtia osin jälkiviisaastikin rakentamisen kustannus- ja laatukriisiä. Taloudellisen nousun ansiosta rakennusala piristyi huomattavasti uuden vuosituhannen alkuun mennessä. Toisaalta suhdanneherkkään rakennusalaan nopeasti vaikuttavia taloudellisen laman uusia merkkejä on ollut jälleen nähtävissä tämän väitöskirjatutkimuksen viimeistelyvaiheessa.

Maamme rakennusalaan ovat viimeisen kymmenen vuoden aikana vaikuttaneet keskeisesti myös rakennussäädösten muutokset, kuten kerrostalojen kerroskorkeuden nostaminen (RakMK G1), palomääräysten uusiminen (RakMK E1), ääneneristysmääräysten tiukentuminen (RakMK C1), uudet kosteus- ja vedeneristysmääräykset (RakMK C2) sekä uusi maankäyttö- ja rakennuslaki (1.1.2000 -) Näihin muutoksiin ovat vaikuttaneet osaltaan myös Suomen liittyminen vuoden 1995 alusta EU:n jäseneksi ja tätä myötä tarve saada aikaan yhtenäiset rakennusmateriaalikauppaa ja rakentamista säätelevät pelisäännöt EU:n alueelle. Tavoite yleiseurooppalaisista säädöksistä on asettanut paineita muuttaa erityisesti maamme palosäädöksiä ja rakennusten lujusteknistä suunnittelua koskevia määräyksiä. Määräysten muutokset siirtymäkausineen ovat kuitenkin työläitä ja hitaita. Suurin osa niistä toteutuneen vuoteen 2010 mennessä. Samaan aikaan yleinen ympäristötietoisuus on lisääntynyt koko ajan ihmisten keskuudessa yhä enemmän puhutaan kestävästä kehityksestä, ekologisuudesta ja rakentamisen elinkaariajattelusta. Niinpä puurakentamiselle on kypsynyt

myönteinen ilmapiiri koko Euroopassa. Metsämaana tunnetussa Suomessakin oli laman jälkeen otolliset olosuhteet puurakentamisen uudelle tulemiselle. Suomen puurakentamisen tila koettiin jopa kansalliseksi häpeäksi olihan maassamme rakennettu aika lailla näkyvästi betonista 1950-luvun lopulta lähtien.

Puun käytön edistäminen

1990-luku oli Suomessa myös mekaanisen metsäteollisuuden aktiivisen kehittämisen aikaa. Lamavuosina puutuoteteollisuudessa nähtiin puurakentamisen kehittämisessä uusia mahdollisuuksia. Myös valtiovalta saatiin sitoutumaan puurakentamisen kehitystyöhön. 1990-luvun alusta lähtien maamme kansallisena tavoitteena on ollut puun käytön edistäminen, puurakentamisan tuotteiden jalostusasteen nostaminen ja viennin kasvattaminen sekä puualan koulutuksen lisääminen. Puurakentamisen edistämiseksi ja puutuotteiden kehittämiseksi on käynnistetty useita teema- ja toimintaohjelmia, kuten *Puurakentaminen 2000 -ohjelma*, *Puun mekaanisen teknologian ja Puulevyteknologian ohjelmat 1992 - 1997*, *Puunnovaatio-projekti*, *Suomi keksii puusta -kilpailu*, *Puurakentamisen teknologiaohjelma 1995 - 1998*, *Puun vuosi 1996*, *Puun Aika 1997 - 2000*, *Metsäalan tutkimusohjelma Wood Wisdom 1998 - 2001*, *Tukista Tuplasti -teknologiaohjelma 1998 - 2003*, *Puu-Suomi -toimintaohjelma 1998 - 2005* ja *Puutuotealan osaamiskeskus -verkosto 1999 - 2006*. Puurakentamisen kehittämisessä ovat olleet keskeisesti mukana muun muassa TEKES (Teknologian kehittämiskeskus), ympäristöministeriö, maa- ja metsätalousministeriö, Puuinfo Oy, Suomen Puututkimus Oy¹, VTT, maamme korkeakoulujen arkkitehtuurin ja rakentamistekniikan osastot sekä lukuisa määrä maamme puu- ja rakennusalan yrityksiä. Kansallisten puuohjelmien lisäksi suomalaiset ovat olleet tiiviisti mukana yhteispohjoismaisessa *Nordic Wood* -tutkimusohjelmassa, jonka sisältö on ollut alusta alkaen vahvasti puukerrostalopainotteinen.

Puukerrostalot puurakentamisen kehittämiskentässä

Suomalaisen puurakentamisen kehittämistyöhön sekä puukerrostalorakentamisen syntyyn ovat osaltaan vaikuttaneet monet edellä kuvatut yhteiskunnalliset, rakennusalan ja mekaanisen metsäteollisuuden muutokset. Tärkeimpänä näistä voidaan pitää EU:hun liittymisen myötä tehtyä palomääräysten muutosta, jonka mukaan myös Suomeen tuli mahdolliseksi rakentaa puusta 3- ja 4-kerroksisia asuin- ja työpaikkarakennuksia, aluksi koerakennushankkeina ja lopulta ilman poikkeuslupakäytäntöä 1.9.1997 alkaen. Puukerrostaloille ennustettiin hyviä markkinoita, sillä asumistilastojen mukaan 43,7 % suomalaisista asuu kerrostalossa ja 75 % maamme kaikista kerrostaloista on alle 5-kerroksisia², eli ne voitaisiin nykymääräysten mukaan toteuttaa puukerrostaloina. Myös ulkomailta (Yhdysvallat, Kanada, Ruotsi ja Iso-Britannia) kantautuneet kokemukset puukerrostalojen edullisuudesta vaikuttivat lupaavilta. Suomessa useimmat puurakentamisen edistyskampanjat eivät ole tähänneet kuitenkaan yksioikoisesti puukerrostalorakentamisen kehittämiseen, vaikka tällainen kuva on saattanut julkisuuden ja median kautta välittyäkin. Puukerrostalojen osuutta puurakentamisen kehittämistyössä ei pidä silti väheksyä, sillä puukerrostaloja on pidetty alusta alkaen riittävän haasteellisina

¹ Puuinfo Oy ja Suomen Puututkimus Oy yhdistyivät WoodFocus Oy:ksi 1.1.2001 alkaen.

² Lähde: Tilastokeskus (2000) Suomen asumistilastoja.



Kuva 1.1.1 Puukerrostalojen rakentaminen on näkynyt myös lehtien otsikoissa.

puualan tutkimus- ja koerakentamiskohteina. Ajateltiin, että aloittamalla puurakentamisen kehittäminen kaikkein haasteellisimmasta päästä, helpommat ongelmat ja kohteet ratkeavat itsestään.

Suomalaisten puukerrostalojen synty ja kehittäminen ovat asettuneet ajanjaksoon, jolloin muuttuneiden ja tiukentuneiden rakennussäädösten vuoksi koko rakennusala, puuala mukaan lukien, on tarvinnut uutta tutkimusta ja tuotekehitystä useampikerroksisten ja vaativien puurakennuskohteiden puutteen vuoksi maamme puuala betoni- ja teräsrakennusala selvästi enemmän. Kilpailumielessä tilanne ei ole ollut paras mahdollinen: suomalainen puukerrostalo on ollut pyrkimässä betonikerrostaloteknologian rinnalle, jota on kehitetty logistiikkaketjuineen menestyksekkäästi maassamme viimeiset 40 vuotta. Siksi puukerrostalot ovat alusta alkaen joutuneet vastakkainasetteluun betonikerrostalojen kanssa.

Puutuoteollisuus ja valtiovalta ovat 1990-luvulta lähtien tukeneet merkittävästi suomalaisiin puukerrostaloihin liittyvää tutkimus- ja tuotekehitystyötä. Erityisesti TEKESin Puurakentamisen teknologiaohjelmassa puukerrostalojen koerakentamista on kehitetty ja testattu sekä tuotu julkisuuteen puurakentamiseen liittyviä uusia tuotteita ja toimintamalleja. Tavoitteena on ollut saavuttaa puukerrostalon kilpailukykyiset tekniset ratkaisut ja tuotantomenetelmät markkinaosuuksineen. Tähän ei ole kuitenkaan riittävästi vielä päästy. Yhtenä syynä on ollut se, että kutakin puukerrostalarakentamiseen liittyvää osa-aluetta on tarkasteltu liian kapea-alaisesti, osin asiantuntijavoimin osaongelmia paisutellen tai liian markkinalähtöisesti, jolloin rakentamistavan kokonaisnäkemys ja uskottavuus on hämärtynyt. Näkyviä tuloksia on myös vaadittu esiin pikaisesti. Tällöin ei ole tuotu esille sitä, että konservatiivinen rakennusala taipuu hyvin hitaasti muuttamaan totuttuja ja vakiintuneita rakentamiskäytäntöjään. Suomessa puukerrostalojen kehittämistehtävä on ollut osin myös epäkiitollinen: puukerrostalojen epäilijät ovat saaneet vapaasti esittää epäilyjä, joita puukerrostalojen kehittäjät ovat pyrkineet todistelemaan vääriksi, mutta toisaalta epäilijöiden ei ole tarvinnut todistaa olevansa oikeassa. Puukerrostalojen kehitystyötä on tehty myös innostuneesti ja tunteenomaisesti. Mukana ovat olleet puuteollisuuden menekinedistäjiä, tutkijoita, urakoitsijoita, viranomaisia sekä eri alojen konsultteja ja asiantuntijoita, jotka kukin ovat tarkastelleet puukerrostalokysymystä omiin intresseihinsä nojautuen. Tämä on tuottanut hyvin sekalaista tietoa, näkemyksiä, suosituksia ja ohjeita puukerrostalojen rakentamisesta. Tästä materiaalista on ollut paikoitellen vaikeaa ja työlästä erottaa faktoja, mielipiteitä, ennakoasenteita ja jopa huhuja toisistaan. Tilannetta on osaltaan vaikeuttanut myös se, ettei puukerrostaloista ole ollut tähän saakka saatavilla sellaista tieteelliseen tietoon nojautuvaa kokonaiskuvaa, johon puukerrostalojen kehittämistyössä olisi voitu tukeutua.

1.2 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää ja valottaa suomalaisen puukerrostalon kehittämisprosessia käymällä läpi ongelmakeskeisesti puukerrostalojen peruskysymyksiä, teknisiä ratkaisuja ja ensimmäisistä puukerrostalokohteista kerättyä palautetta. Tutkimuksessa tarkastellaan maamme puukerrostalarakentamisen taustoja, lähtökohtia, tavoitteita ja perusteita sekä kuvataan niitä keskeisiä kysymyksiä, toimenpiteitä ja tapahtumia, joita suomalaisen puurakentamisen kehitystyössä on tehty ja kohdattu erityisesti 1990-luvulta uuden vuosituhannen alkuun. Lisäksi tutkimuksessa selvitetään puukerrostalojen

arkkitehtonisia kysymyksiä Suomen ensimmäisiä puukerrostaloja analysoimalla ja kerätyn asukaspalautteen avulla.



Kuvat 1.1.2 ja 1.1.3 Unohtuiko 1960- ja 1970-luvuilla ihmisen mittakaava?

Tutkimuksessa tarkastellaan kehittämisprosessin kautta suomalaisen puukerrostalorakentamisen teknisiä kysymyksiä sekä rakentamistekniikkaa, jonka avulla voidaan tuottaa luotettavia ja kilpailukykyisiä 3- ja 4-kerroksisia puurunkoisia ja puujulkisivuisia asuinkerrostaloja. Tutkimuksessa perehdytään käytännönläheisesti ja yksityiskohtaisesti suomalaisen puukerrostalon teknisiin perusasioihin, kuten runko- ja rakennusosaratkaisuihin, LVIS-asennustekniikkaan, palon-, äänen- ja kosteudeneristysratkaisuihin sekä pitkäaikaiskestävyyteen. Tutkimuksen perusteella muodostetaan yleiskäsitys suomalaisen puukerrostalon kehitystyön nykytilanteesta ja tulevaisuuden haasteista.

1.3 Tutkimuksen rajaus

Tutkimuksessa tarkastellaan suomalaisten P2-luokan 3- ja 4-kerroksisten puurunkoisten ja puujulkisivuisten asuinkerrostalojen kehittämisprosessia ja teknisiä peruskysymyksiä. Ajallisesti keskitytään 1990-luvulta uuden vuosituhatosen alkuun. Vaikka maamme uudet palomääräykset (RakMK E1, 1.9.1997) sallivatkin myös P2-luokan 3- ja 4-kerroksiset työpaikkarakennukset, on ne jätetty varsinaisen tutkimuksen ulkopuolelle, sillä niitä ei ole palomääräysten uusimisen jälkeen rakennettu maahamme. Tutkimuksessa keskitytään ensisijai-

sesti yli kaksikerroksisten puurakennusten peruskysymyksiin, koska puurakennuksia koskevat palomääräykset muuttuvat huomattavasti vaativammiksi siirryttäessä kaksikerroksisista rakennuksista 3- ja 4-kerroksisiin puukerrostaloihin. Näin ollen tutkimuksessa käsitellään vain viittauksenomaisesti P3-luokan 2-kerroksiset puurakennukset sekä niin kutsutut sekatekniikkatalot, joissa vain joko runko tai sisä- tai ulkoverhouspinnat ovat puisia. Lisäksi varsinaisen tutkimuksen ulkopuolelle on rajattu vanhat yli 2-kerroksiset puurakennukset, koska ne eivät täytä nykyisten (1995 -) rakentamismääräystemme vaatimustasoa.

Tutkimukseen on otettu tarkasteltavaksi kaikki Suomeen vuosina 1995 - 2001 valmiiksi rakennetut joko kokonaan tai osittain yli kaksikerroksiset P2-luokan puukerrostalokohteet. Nämä ovat Ylöjärven, Viikin, Oulun, Tuusulan, Raision, Lahden, Porvoon ja Naantalin puukerrostalot. Asukaskyselytutkimuksen ulkopuolelle on näistä kohteista rajattu vuosina 1999 - 2001 valmistuneet puukerrostalot. Nämä ovat Porvoon toinen puukerrostalokohde, As Oy Porvoon Aleksanterinkatu 29; Lahden toinen puukerrostalokohde, As Oy Lahden Poppeli ja Naantalin puukerrostalot; As Oy:t Naantalin Iltarusko, Päivärusko ja Aurinkorusko. Edellä mainitut kohteet on rajattu asukaskyselytutkimuksen ulkopuolelle sen vuoksi, ettei niissä ole ehditty asua riittävän kauaa tai rakennukset eivät ole olleet vielä täysin valmiita tämän väitöskirjatutkimuksen viimeistelyvaiheessa.

Puukerrostalojen taloudellisen kilpailukyvyn systemaattinen ja tarkka käsittely on jätetty tutkimuksen ulkopuolelle, koska maamme ensimmäisistä puukerrostalokohteista ei ole ollut saatavissa riittävän tarkkoja ja puolueettomia kustannustietoja. Lisäksi ensimmäisistä pilotti-kohteista tehtävät kustannusjohtopäätökset ovat rakentamistavan harjaantumattomuuden vuoksi vielä ennenaikaisia. Puukerrostalojen kustannuskysymyksiä käsitellään kuitenkin tutkimuksessa suuntaa-antavasti niiltä osin kuin asiasta on saatu palautetta toteutettujen puukerrostalojen yhteydessä. Myös puukerrostalojen eri rakennusjärjestelmien sekä niiden laatu- ja kustannusvaikutusten yksityiskohtainen analyysi on rajattu tutkimuksen ulkopuolelle, koska näihin kysymyksiin on määrä tuoda vastauksia TkL Mikko Viljakaisen Tampereen teknillisessä korkeakoulussa tekeillä oleva väitöskirjatyö, jossa hän käsittelee suomalaisen puurakentamisen avointa rakentamisjärjestelmää ja sen kilpailukykyä.

1.4 Tutkimuksen luonne

Yleisesti väitöskirjatutkimuksen tavoitteena on tuottaa uutta, luotettavaa ja hyödyllistä tietoa tieteellisin menetelmin. Eri tieteenaloja ja tutkimuksia voidaan ryhmitellä monin tavoin eri näkökohdin ja perustein. Tämän väitöskirjatutkimuksen voidaan katsoa kuuluvan *sovelletun tieteen* piiriin, jossa tutkimusta suunnataan sellaisten tietojen saavuttamiseen, jotka hyödyttävät jotakin tavoiteltavaa inhimillistä tarkoituspää (puurakentamisen kehittäminen). Tutkimus kuuluu olemukseltaan myös *teknisten tieteiden* piiriin, jonka taustatieteitä ovat tässä tutkimuksessa esimerkiksi luonnontieteet (rakennusfysiikka) ja käyttäytymistieteet (haastattelu- ja kyselytutkimus). Tavoitteeltaan tämä tutkimus on sekä *perustutkimusta* että *soveltavaa tutkimusta*. Edellisellä tarkoitetaan yleisesti tutkimusta, jolla ei ole välittömiä hyödyntämistavoitteita esimerkiksi tuotteina, vaan yleisten mahdollisuuksien selvittämistavoitteita. Jälkimmäinen sen sijaan tähtää käytännön sovelluksiin tuotteina, menetelminä tms.³ Tutkimusongelmien perusteella tämän tutkimuksen luonne on *eksploraatiivinen* ja *deskriptiivinen*. Eksploraatiiviset tutkimukset ovat luonteeltaan uuden

aihealueen tai ongelma-alueen yleisselvityksiä. Tälle ongelmatyypille on alkuvaiheessa luonteenomaista ”mistä oikein on kysymys” -asetelma. Eksploraatiivisen tutkimuksen tavoitteena on muun muassa selvittää uusien aihealueiden rakenne, pelkittää muotoutumattomasta kokonaisuudesta osaongelmat sekä kehittää käsitteistöä, jolla aihe- ja ongelma-alueita voidaan hallita. Voidaan puhua myös deskriptiivisestä (kuvaavasta) tutkimuksesta, jonka tavoitteena on yleensä käsitteellisellä ja kvalitatiivisella tasolla hahmottaa jokin ilmiökokonaisuus. Yleistä on esimerkiksi jonkin kysymys- tai aihealueen käytännön ongelmien tai ratkaisujen kuvaaminen, tyypittely tai muu jäsentely sekä erilaisiin ongelmiin tai ratkaisuihin johtaneiden syiden selvittäminen. Tavoitteena on myös lisätä kyseessä olevan ilmiön ymmärtämistä ja luoda pohja sen paremmalle hallitsemiselle.⁴

Arkkitehtuurin käytännönläheisestä tutkimustyöstä

(Vuoden 2001 keväällä julkaisi TTKK arkkitehtien jatkotutkimusten kannalta erittäin hyödyllisen teoksen: *Aura, S., Katainen, J. & Suoranta, J. Arkkitehtuuri: teoria, tutkimus ja käytäntö. Näkökulmia arkkitehtuurin jatkokoulutukseen*. Teos edisti merkittävästi myös tämän väitöskirjatyon valmistumista innostamalla arkkitehtitutkijoita teorian, tutkimuksen ja käytännön välisen vuorovaikutuksen löytämiseen. Teoksessa valotetaan käytäntö- ja suunnittelupainotteista tutkimustapaa sekä arvioidaan arkkitehtuurin väitöskirjoja, niiden tavoitteita ja tieteellisyden kriteereitä.)

Arkkitehti voi tutkijana toimiessaan rakentaa teoriaa omaan kokemukseensa perustuen. Voidaan puhua käytännön rakentamisesta teoriapitoisena ja teoreettisesti kiinnostavana tutkimuskohteena. Tässä mielessä tämä väitöskirjatutkimus on puukerrostalorakentamisen *käytännön teoretisointia*, jonka tavoitteena on syventää aihealueen ymmärtämistä ja johtaa entistä toimivampaan käytäntöön ja suunnittelutehtävän parempaan hallintaan. Tällaisen tutkimuksen luonteeseen kuuluu muun muassa tuottaa *käytäntöä palvelevaa tietoa* (knowledge), edistää *tietämistä* tai *osaamista* (knowing), kehittää *menetelmiä* arviointikriteereiden määrittelyyn, lisätä *ymmärrystä*, kehittää *suunnittelutavoitteita* sekä analysoida *kriittisesti* suunnittelu- ja rakentamiskäytäntöjä ja niiden ajankohtaisia virtauksia. Arkkitehdin käytäntöä palvelevan tiedon tuottamiseen tähtäävää tutkimusta voidaan luokitella *soveltavaksi tutkimukseksi* tai *suunnittelututkimukseksi*. Tämä väitöskirjatyo on sisältönsä perusteella myös *edistämistutkimusta*, *kehittämistutkimusta* tai *kvalitatiivista (laadullista) tutkimusta*, jonka tavoitteena ei ole niinkään tutkimuskohteen mittaaminen, vaan sen ymmärtäminen. Laadulliset tutkimukset voivat sisältää tutkijan omia henkilökohtaisia pohdintoja enemmän kuin kvantitatiiviset tutkimukset.⁵

³ Olkkonen, T. (1993) Johdatus teollisuustalouden tutkimustyöhön. Teknillinen korkeakoulu, tuotantotalouden laitos, teollisuustalouden laboratorio. TKK Offset. Otaniemi: s. 16 - 17.

⁴ Ibid.: s. 24 - 26.

⁵ Aura, S., Katainen, J. & Suoranta, J. (2001) Arkkitehtuuri: teoria, tutkimus ja käytäntö. Näkökulmia arkkitehtuurin jatkokoulutukseen. Tampereen teknillinen korkeakoulu, arkkitehtuurin osasto. Suunnitteluperusteet, julkaisuja 3. Tampere: s. 21 - 25, 40, 55.

1.5 Tutkimuksen ongelma-alueet, rakenne ja tutkimusmenetelmät

Tutkimuksen ongelma-asettelu

Puukerrostalojen rakentamisesta on vuosien 1995 - 2001 aikana tuotettu sekä Suomessa että ulkomailla paljon sekalaista materiaalia. Käytännön projekteissa on selvitetty muun muassa puukerrostalojen rakentamisen yleisiä periaatteita, runkojärjestelmää, työmaatoteutukseen ja kustannuksiin liittyviä asioita sekä palo-, ääni-, kosteus- ja LVIS-tekniisiä kysymyksiä. Aihealueesta löytyy tutkimustietoa, yleiskirjallisuutta, normistoa, ohjeistusta, suosituksia ja kannanottoja. Saatavilla olevan aineiston tieto on hyvin hajanaista, tieteellisyyden kriteereiden kannalta paikoitellen arveluttavaa sekä osin myös tarpeettoman kapea-alaisesti vain yhteen ongelmakysymykseen keskittyvää. Esillä on ollut myös virheellisiä ja keskenään ristiriitaisia tietoja. Toisaalta näin laajasta ja uudesta asiakokonaisuudesta ei ole löydettävissä vain yhtä absoluuttista totuutta. Tämän vuoksi on ymmärrettävää, että puukerrostalojen rakentamistavan osa-alueiden selvittämisessä ja niiden tärkeyden priorisointikysymyksissä on oltu sekä epävarmoja että tietoisesti varovaisia.

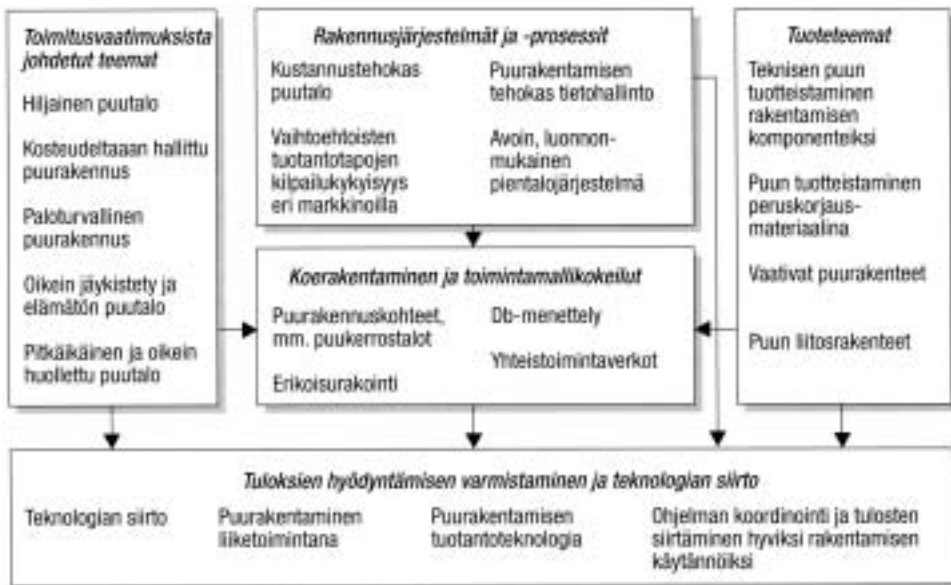
Puukerrostalorakentamisen taustoja ja lähtökohtia ei ole kuitenkaan tähän saakka riittävästi tuotu esille. Puukerrostalorakentaminen on myös joutunut kohtaamaan monia ennakkoluuloja ja negatiivisia uskomuksia, minkä vuoksi rakentamistapaan liittyviä negatiivisia asioita ei ole haluttu tuoda esille ja toisaalta joitakin positiivisia osa-alueita on liioiteltu. Lisäksi puukerrostalorakentamisen kilpailukykykeskustelussa on päädytty jatkuvasti vertailuun betonikerrostalojen ratkaisujen kanssa, jolloin puurakentaminen on joutunut enemmän olemaan puolustuskannalla kuin päässyt esittämään omia tavoitteitaan ja vahvuuksiaan. Nyt ollaan tilanteessa, jossa tarvitaan ajan tasalla oleva selvitys ja kokonaiskuva suomalaisen puukerrostalon tavoitteista, suunnitteluperusteista, rakentamistavasta ja palautteesta.

Tämän väitöskirjatyön tutkimustavoitteena on muodostaa kokonaiskuva suomalaisen puukerrostalon tähänastisista tutkimuksista, kokemuksista ja palautteesta sekä analyysi suomalaisen puukerrostalon kehittämisprosessin tämänhetkisestä tilanteesta ja tulevaisuuden haasteista. Tutkimuksessa perehdytään puukerrostalorakentamiseen liittyviin keskeisiin kysymyksiin. Koska puukerrostalorakentamisen hajanaista tietoa kokoavaa systemaattista peruskartoitusta ja tieteellistä tutkimusta ei ole tähän mennessä vielä julkaistu, tässä tutkimuksessa pyritään esittämään aihealueeseen liittyvät tiedot mieluummin laajasti kuin suppeasti. Tutkimuksen sisältö ja rakenne on myös tietoisesti haluttu määritellä teknispainotteiseksi sekä runsaasti käsikirjamaista detaljitietoa sisältäväksi, koska nimenomaan teknisten kysymysten selvittäminen ja hallitseminen on ollut suomalaisten puukerrostalojen kehitystyössä keskeisessä asemassa.

Tutkimuksen rakenne, priorisoidut ongelma-alueet ja tutkimusmenetelmät

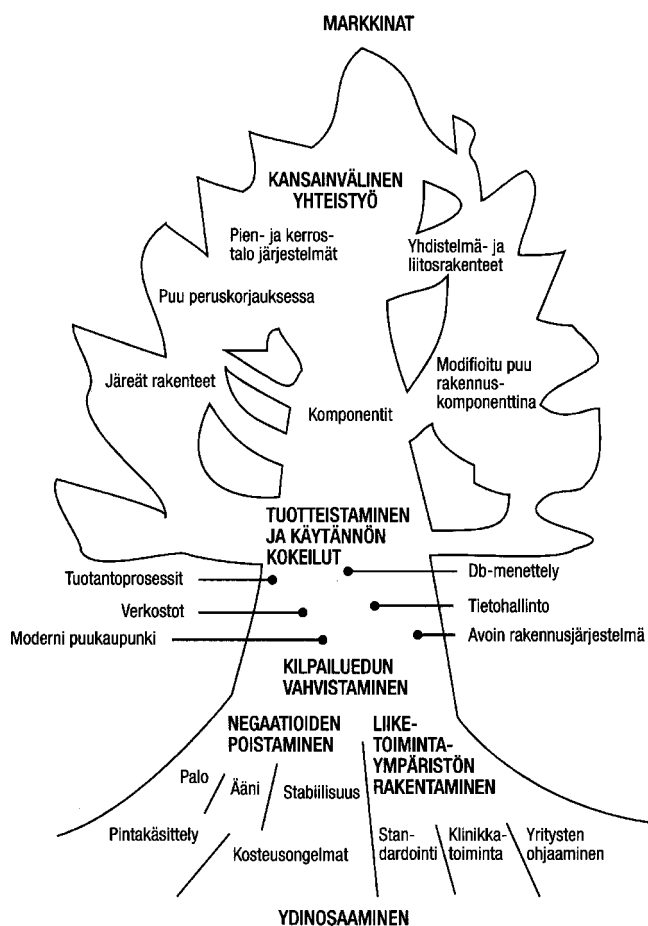
Tutkimuksen pääluvuissa 1 ja 2 esitellään suomalaisen puukerrostalorakentamisen viitekehys sekä johdatellaan aihealueen keskeisiin ongelmakysymyksiin. Puukerrostalojen teknisiksi perusongelmakysymyksiksi on Puurakentamisen teknologiaohjelman kehittämisprosessin haasteisiin perustuen priorisoitu palotekniset asiat, runkojärjestelmä ja rakentamistekniikka, ääneneristys, kosteuskysymykset ja LVIS-tekniikka. Näitä ongelma-alueita käsitellään

tutkimuksen pääluvuissa 3 - 7. Pääluvussa 8 käsitellään puukerrostaloista kerättyä asukaspalautetta niiltä osin kuin sitä ei ole pystytty sisällyttämään muiden päälukujen asiayhteyteen. Kunkin pääluvun (3 - 8) loppuun on sijoitettu johtopäätösluku, jossa esitetään kustakin käsitelystä ongelmakysymyksestä käytettävissä olevan aineiston perusteella tutkijan tekemät johtopäätökset ja tästä johdettavat kehittämisshaastelinjaukset. Pääluvussa 9 tehdään koko tutkimusaihekokonaisuutta koskevat johtopäätökset esittämällä tutkimuksen eri painopistealueita yhdistävä loppuyhteenveto ja diskurssi. Käytettävissä olevan laajan ja sekalaisen tutkimusaineiston käsittely, priorisointi ja lähdekritiikki perustuvat tutkijan omiin käytännönläheisiin kokemuksiin suomalaisten puukerrostalojen suunnittelusta ja rakentamisesta sekä tästä saatuun asiantuntemukseen ja muodostuneeseen kokonaisnäkemykseen asiasta. Tähän perustuen jo kunkin pääluvun asiankäsittelyssä on uskaltauduttu ottamaan suhteellisen rohkeasti kantaa puukerrostalojen rakentamistapaan ja päädytty antamaan oppikirjamaisesti suosituksia tietyistä ratkaisuista.



Kuva 1.5.1 Puurakentamisen teknologiaohjelman osa-alueet.

Tutkimuskokonaisuudesta ja -tuloksista esiin on haluttu nostaa erityisesti suomalaisten puukerrostalorakentamisen viitekehys, tilakustannustekijä, paloturvallisuus ja maamme ensimmäisistä puukerrostaloista kerätty asukaspalautte, koska nimenomaan näistä aihealueista ei ole tähän saakka ollut saatavilla perusteellista tutkimustietoa puukerrostalojen kehitystyön tueksi. Seuraavassa on tarkasteltu näitä uutuusarvonsa ja tärkeytensä vuoksi esille nostettuja tutkimuksen osa-alueita yksityiskohtaisemmin sekä esitelty väitöskirjatyössä käytetyt tutkimusmenetelmät.



Kuva 1.5.2 Puurakentamisen teknologiaohjelman haasteita.

Suomalaisen puukerrostalon taustat, tavoitteet, lähtökohdat ja perusteet

Tutkimuksen pääluvuissa 1 ja 2 pyritään tuomaan esille suomalaisen puukerrostalorakentamisen taustoja, tavoitteita ja lähtökohtia erityisesti maamme kerrostalorakentamisen kehityksen, puurakentamisen edistämiskampanjoiden sekä uusien asuntopoliittisten ja asuntorakentamisen linjausten valossa. Samalla tuodaan esille fakta- ja taustatietoja siitä, minkälaisille markkinoille puukerrostalo on pyrkimässä. Tutkimuksen pääluvuissa 3 - 7 selvitetään teknisten ongelma-aihealueiden avulla puukerrostalojen rakentamistavan perusteet ja keskitytään myös niihin rakentamissäädösten muutoksiin, jotka ovat olleet, tai ovat lähitulevaisuudessa, ajankohtaisia puukerrostalojen kehitystyössä. Lisäksi tutkimuksessa analysoidaan Suomen kymmenen ensimmäisen puukerrostalokohteen rakentamistapaa ja arkkitehtuuria teknisine ratkaisuineen. Tutkimuksen tuloksena voidaan muodostaa käsitys suomalaisen puukerrostalon suosittelavista teknisistä ratkaisuista. Selvityksessä tukeudutaan puu- ja rakennusalan yleisteoksiin ja nykyisiin ja tuleviin rakentamismääräyksiin, tutkitaan puukerrostalorakentamisen kotimaista ja ulkomaista kirjallisuutta, tutkimusraportteja sekä

ensimmäisten suomalaisten puukerrostalojen suunnitelmia ja myös tarkastellaan valmiita kohteita. Selvityksessä otetaan huomioon mahdollisuuksien mukaan myös se kirjallinen ja suullinen palaute, jota on saatu maamme ensimmäisten puukerrostalojen rakennuttajilta, urakoitsijoilta, tutkijoilta, tavarantoimittajilta, asukkailta, viranomaisilta ja medialta. Puukerrostalojen markkinoita tarkastellaan Suomen tilastokeskukselta tilatun viimeisimmän asumistilastotiedon perusteella sekä tutkimalla maamme kerrostalorakentamisen historiaa ja asuntopoliittikan suuntaviivoja alan kirjallisuuden perusteella.

Puukerrostalojen asukas palaute

Tätä väitöskirjatutkimusta varten on suoritettu vuosina 1998 - 1999 asukaskysely maamme seitsemään ensimmäiseen puukerrostalokohteeseen (yhteensä 242 asuntoa). Kyselyn avulla on haluttu saada selville, miten maamme ensimmäiset uuden polven puukerrostalot ovat vastanneet asukkaiden tarpeita ja miten puukerrostalojen tutkimus- ja tuotekehitystyötä tulisi jatkossa suunnata. Puukerrostaloista kerättyä asukas palautetta voidaan pitää tutkimuksen yhtenä keskeisenä ongelmakysymyksenä, koska tähän saakka puukerrostalojen rakentamista ja kehittämistä ei ole juurikaan arvioitu ja suunnattu asukkaiden mieltymysten mukaisesti. Toisaalta asukaskyselyn tuloksia voidaan pitää myös tutkimuksen aineistona, ja sitä on käytetty hyväksi puukerrostalojen ongelmakysymysten analysoimisessa. Tämän vuoksi sekä asukaskyselytutkimuksen tuloksia että puukerrostaloista saatua muuta palautetta on pyritty tässä väitöskirjassa käsittelemään mahdollisuuksien mukaan tutkimuksen kaikissa pääluvuissa (2 - 8), toisin sanoen puukerrostalojen keskeisiä ominaisuuksia läpikäyvässä palautteenä.

Asukaskyselyssä pyydettiin erityisesti arvioita asuntojen käyttökelpoisuudesta. Arvioitavaksi asetettiin muun muassa rakennusten asuinturvallisuus, ääneneristys, viihtyisyys, laatutaso ja ulkonäkö. Jotta puukerrostaloista saatu palaute ei jäisi irralliseksi, asukaskyselyä laajennettiin vertailun sekä tulosten suhteuttamisen vuoksi myös sekatekniikalla toteutettuihin kerrostaloihin, joissa runko on betonia ja julkisivut puuta, sekä normaaleihin kivikerrostaloihin, joissa runko on betonia ja julkisivut ovat betonia tai tiiltä. Vertailukohteiksi valittujen asuntojen kokonaismäärä oli 360 asuntoa, joista 167 sijaitsi viidessä sekatekniikkatalossa ja 193 viidessä kivirakenteisessa talossa. Lisäksi asukaskyselytutkimusta on laajennettu haastattelemalla maamme ensimmäisten puukerrostalokohteiden rakennuttaja-, isännöinti- ja kiinteistöhuoltotahoja. Asukaskyselytutkimuksen tuloksia on verrattu myös muutamaaan muuhun asumiseen ja puurakentamiseen liittyneiden kyselytutkimusten tuloksiin. Asukaskyselyn käytännön järjestelyt on esitetty liitteenä (Liite 2.).

Puukerrostalorakentamisen tilakustannustarkastelu

Suomen ensimmäisten puukerrostalokohteiden toteutuksen yhteydessä on ilmennyt, että puukerrostaloissa kaksoisrunkoiset seinät sekä huoneistojen sisäiset kantavat seinät ovat tilakustannuksen kannalta epäedullisia. Asiaa ei ole tähän mennessä riittävästi vielä käsitelty, vaikka kysymys on tullut jatkuvasti esiin uusien puukerrostalokohteiden suunnittelun yhteydessä. Tilakustannuskysymys on oleellinen myös sen vuoksi, että se on sidoksissa sekä talotyyppiin että valittuun runkojärjestelmään ja käytettäviin rakennetyyppeihin. Tämän vuoksi tilakustannuskysymys käsitellään pääluvun 4 (Runkojärjestelmä- ja rakennusosaratkaisut) yhteydessä omana alalukunaan 4.4.



Kuva 1.5.3 Yksi puukerrostalojen asukaskyselykohteista, Kiinteistö Oy Puukotka Oulussa.



Kuva 1.5.4 Yksi asukaskyselyn vertailukohteista, betonirunkoinen ja tiilijulkisivuinen VTS-Vaakonraitti, Tampereella.

Suomessa rakennusoikeus määritellään kaavoituksella kerrosalan perusteella. Uusimmassa maankäyttö- ja rakennuslaissa, joka astui voimaan 1.1.2000, rakennusten ulkoseinien osalle on määriteltäviin kutsuttu 250 mm:n sääntö, mikä tarkoittaa sitä, että kaavassa määritellyn rakennusoikeuden saa ylittää sen verran kuin ulkoseinän paksuus ylittää 250 mm.⁶ Tällä

⁶ Maankäyttö- ja rakennuslaki (1999) Suomen säädöskokoelma 132/1999/115§/Kerrosala. RT YM1-21107. Rakennustietosäätiö, Helsinki.

ratkaisulla on muun muassa pyritty pääsemään pois kyseenalaisista pyrkimyksistä tehdä ulkoseinien lämmöneristyskerros mahdollisimman ohueksi tai ulkoverhouksen tuuletusrako mahdollisimman kapeaksi tavoiteltaessa rakentamissäädösten ja rakennusoikeuden sallimaa mahdollisimman suurta asuineliöiden määrää. Nykyisessä asuinkerrostalorakentamisessa yleinen betonirunkojärjestelmä pikälähtävälipohjineen on tilakustannusten kannalta varsin kilpailukykyinen. Sen sijaan puukerrostalojen ohuet ulkoseinät olisivat tilakustannusten kannalta paksuja kiviaineisia ulkoseiniä edullisempia, ellei 250 mm:n sääntö poistaisi puu-ulkoseiniltä tätä etua.



Kuva 1.5.5 Asukaskyselyn vertailukohte, betonirunkoinen ja puujulkisivuinen Kiinteistö Oy Sellukotka Oulussa.

Maamme puukerrostaloista ei ole aiemmin tehty systemaattista tilakustannustarkastelua. Tässä tutkimuksessa esitetään tilakustannustarkastelu kymmenestä Suomen ensimmäisestä puukerrostalokohteesta. Kustakin puukerrostalokohteesta on laskettu huoneistoalan pinta-alamuutokset seuraavissa tapauksissa: a) Huoneistojen väliset seinät on muutettu kevytrakenteisista kaksoisrunkoseinistä 180 mm:n paksuisiksi betoniseiniksi. b) Ulkoseinät on muutettu 250 mm:n paksuisiksi. c) Huoneistojen sisältä on poistettu kaikki kantavat väliseinät. Laskelmien avulla on tutkittu sitä, kuinka paljon kunkin toteutetun puukerrostalon todellisiin rakenteisiin verrattuna huoneiston vuokrattavien tai myytävien asuineliöiden pinta-ala olisi muuttunut, jos rakenteet olisi korvattu vastaavan pitkälaattavälipohjaisen betonikerrostalon runkorakenteilla. Tilakustannuslaskelmien avulla voidaan arvioida nykyisen kerrosalan mukaiseen rakennusoikeuskäytäntöön ja kantaviin väliseiniin perustuvan puukerrostalorakentamisen kilpailukykyä tavanomaiseen betonirunko-

kerrostalorakentamiseen (= huoneistojen väliset kantavat betoniseinät ja ontelolaattaväliohjat) verrattuna.

Puukerrostalojen palotekniset ratkaisut

Palotekniset kysymykset ovat olleet suomalaisten puukerrostalojen kehittämisessä kaikkein keskeisimpiä. Ilman palomääräystemme muuttamista uuden ajan puukerrostalojen rakentamismahdollisuudet olisivat jääneet syntymättä. Tämän vuoksi puukerrostalojen palotekniset seikat käsitellään tutkimuksessa teknisistä ongelmakysymyksistä heti ensimmäisenä johdantolukujen 1 ja 2 jälkeen. Palotekniset asiat on myös pyritty käsittelemään tutkimuksessa mahdollisimman kattavasti, koska tulevaisuudessa mahdollisesti yleistyvä toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu edellyttää puurakentamisen paloturvallisuuskysymysten kokonaisvaltaista ymmärtämistä ja hallitsemista.

Puukerrostalot mahdollistavista uusista palomääräyksistä huolimatta Suomen puukerrostalorakentamista ovat haitanneet epäselvyydet puukerrostalojen paloturvallisuuden arvioinnissa ja paloteknisissä vaatimuksissa. Esimerkiksi puujulkisivujen ja räystäiden paloteknisissä ratkaisuissa on esiintynyt tulkintakirjavuutta. Osasyynä tähän on ollut se, että maamme palomääräysten vaatimukset P2-luokan puukerrostalojen kantavista rakenteista, pintamateriaaleista, lämmöneristeistä ja paloturvallisuuslaitteista ovat selkeät, mutta julkisivupaloa koskevat säädökset, erityisesti korkeiden puujulkisivujen palokatko vaatimukset, ovat olleet puukerrostalojen koerakennusajalla varsin epämääräisiä. Vuoden 1997 RakMK E1 ja sen sovelluskirjanen⁷ eivät ota yksiselitteisesti kantaa puukerrostalojen konkreetteihin julkisivupaloa ja palon ullakolle leviämistä estäviin ratkaisumalleihin. Käytännössä asiaa on heiteltu eri tahoille mietittäväksi ja ratkaistavaksi, millä on saatettu maamme lukuisat kuntien rakennusvalvonta- ja paloviranomaiset hämilleen sekä saatettu hyväksytyjen ratkaisumallien valikoima kirjavaksi. Lisäksi asia on ollut ajankohtainen myös sen vuoksi, että yhteispohjoismaisen *Nordic Wood* -tutkimushankkeen kuluessa eri Pohjoismaissa on suhtauduttu puukerrostaloihin ja monikerroksisiin puujulkisivuihin eri tavoin.

Tutkimuksessa tarkastellaan Suomen ensimmäisten puukerrostalojen paloteknisiä ratkaisuja. Tutkimusta varten on suoritettu yhteistyössä Kuopion Pelastusopiston päällystökurssi 5:n kahden oppilaan, rakennusmestari Risto Taskisen ja rakennusinsinööri Juhani Voutilaisen, kanssa vuoden 1998 aikana yhteensä seitsemän puukerrostalojen ulkoseinien palokatko polttokoetta. Kokeiden avulla on haluttu saada selville, mitkä ovat sellaiset puukerrostalojen ulkoseinien palotekniset ratkaisut, jotka kannattaa jatkossa tutkia tarkemmin. Tavoitteena on ollut saada aikaan ainakin yksi valtakunnallisesti yleisesti hyväksyttävä puukerrostalojen ulkoseinien ja räystäiden palokatkoratkaisu. Kuopion polttokokeiden lisäksi on tehty yksi luhtikäytäväsäleikön polttokoe Oulussa, Kemiran teollisuusalueella 4.11.1998.

Kuopion Pelastusopiston polttokokeiden lisäksi tutkimuksessa on perehdytty puurakentamisen paloturvallisuuskäsitteisiin tutkimalla ja selvittämällä palomääräystemme historiaa ja tulevia muutoksia, eri maiden puukerrostalojen paloteknisiä ratkaisuja, paloalan tilastotietoja ja kirjallisuutta sekä vertailemalla Kuopiossa tehtyjen polttokokeiden tuloksia

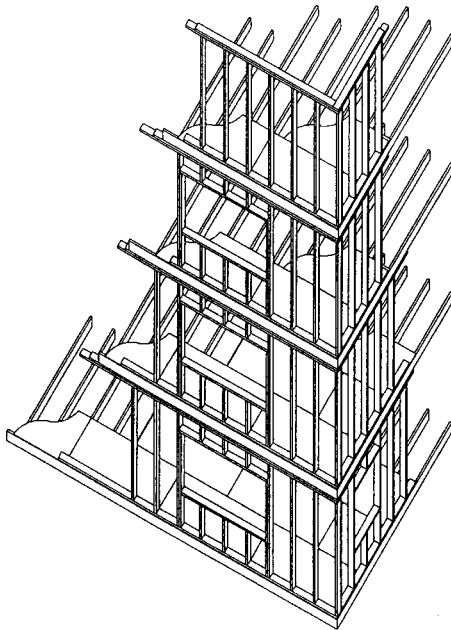
⁷ Rakentamismääräyskokoelma E1:n tulkintaoppaaksi on julkaistu teos: Ympäristöopas 39 (1998) Rakennusten paloturvallisuus & Paloturvallisuus korjausrakentamisessa. Ympäristöministeriö, Helsinki.

muihin vastaaviin polttokoetutkimuksiin. Myös ensimmäisistä puukerrostaloista saatua palautetta on pidetty tärkeänä paloturvallisuuskysymysten käsittelyssä. Tutkimuksen perusteella esitetään yleiset periaatteet ja kannanotot suomalaisten puukerrostalojen paloteknisistä ratkaisuista.

1.6 Tutkimuksen merkitys

Tämän väitöskirjatutkimuksen on määrä tuoda esiin tiiviissä muodossa uutta ja käyttökelpoista tietoa puukerrostalorakentamiseen sekä ajankohtaisia näkökantoja suomalaisten puukerrostalojen kehittämistyöhön. Tutkimuksen tavoitteeksi asetettu puukerrostalorakentamisen systemaattinen peruskartoitus voi tarjota perus- ja lähtötietoja aiheeseen liittyvien mahdollisten uusien jatkotutkimusten tueksi. Puukerrostalorakentaminen on uutena asiana ja kaikkine teknisine yksityiskohtineen suhteellisen vaativa tehtävä, jossa useilla suomalaisilla suunnittelijoilla ja rakentajilla on paljon opeteltavaa. Tätä tutkimusta voidaan myös hyödyntää levitettäessä tietoa maamme puukerrostalorakentamisesta sekä lisättäessä rakentamistavan ymmärrettävyyttä ja uskottavuutta.

Suomalaisessa puukerrostalorakentamisessa jää edelleen tutkittavaksi ja kehitettäväksi rakentamistavan taloudellinen kilpailukyky. Koska rakentamistavasta puuttuu vielä jatkuvuus, harjaantuminen, hioutuneet vakioratkaisut ja yhtenäiset viranomaistulkinnat, tähänastisten kymmenen koerakennushankkeen tulosten perusteella taloudellisuustarkastelut ovat olleet ennenaikaisia.



Kuvat 1.6.1 ja 1.6.2 Suomalaisissa puukerrostaloissa on sovellettu amerikkalaista platform-frame-järjestelmää.

2 Kehittämishaasteena suomalainen puukerrostalo

2.1 Suomalaisen puurakentamisen kehittämisen taustat, tavoitteet ja toimenpiteet

2.1.1 Puun käytön lisääminen

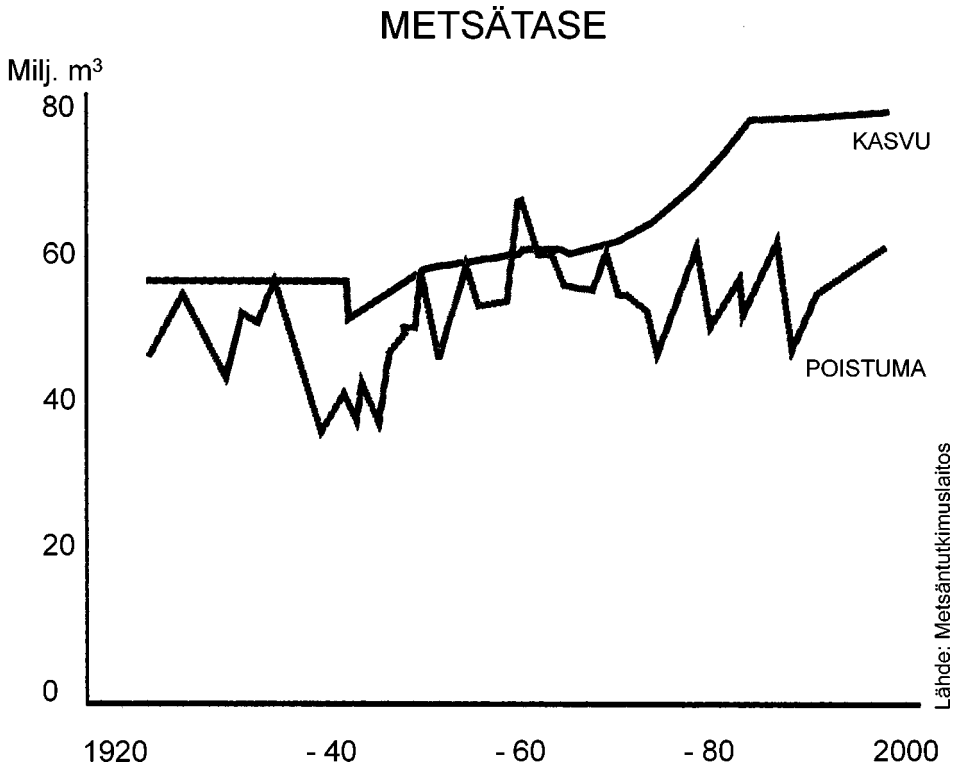
Maapallon metsäpinta-ala on 4 100 miljoonaa hehtaaria⁸. Euroopassa metsiä on 195 miljoonaa hehtaaria eli kolmannes koko sen maa-alasta⁹. Suomi on Euroopan metsäisin maa. Suomessa metsien osuus maa-alasta on 76 %. Maamme 23 miljoonan hehtaarin metsä-alat tuottavat vuosittain noin 80 miljoonaa kuutiometriä puuta. Metsiemme kasvu on ollut 1990-luvulle saakka suurempi kuin poistuma, sillä 1970-luvulta lähtien kasvun tuottamasta raakapuumäärästä on käytetty hyväksi keskimäärin vain 45 - 55 miljoonaa kuutiometriä vuosittain¹⁰. Laskelmien mukaan puun vuosittaista hyötykäyttöä voitaisiin lisätä noin 15 miljoonaa kuutiometriä. Tämä toisi uusia työpaikkoja sekä edistäisi Suomen vientiä ja parantaisi kansantaloutta. Puun käyttö on kansantaloudellisesti Suomelle ensiarvoisen tärkeää, sillä hyvinvointimme perustuu yhä suurelta osin puuhun ja metsiemme hyötykäyttöön.

⁸ Kellomäki, S. (2000) Artikkel: Maapallon ilmasto muuttuu. Julkaisussa: Paloheimo, E. (toim.) (2000) Metsä ja puu I - Elävä puu. Teknillinen korkeakoulu / Puurakentaminen, Rakennustieto Oy. Tammer-Paino Oy. Tampere: s. 19.

⁹ Parviainen, J. (2000) Artikkel: Metsien Eurooppa. Julkaisussa: Paloheimo, E. (toim.) (2000) Metsä ja puu IV - Puu ja ympäristö. Teknillinen korkeakoulu / Puurakentaminen, Rakennustieto Oy. Tammer-Paino Oy. Tampere: s. 122.

¹⁰ Suomen Metsäyhdistys (2000) Vuosirengas-esite. (Suomessa puun käytön edistäminen 1990-luvulla on tuottanut jo tuloksia, sillä sekä vuonna 1998 että vuonna 1999 hakkuukertymä on ollut Metsän-tutkimuslaitoksen keräämien tietojen mukaan noin 60 miljoonaa kuutiometriä eli suurempi kuin koskaan ennen).

Metsätalous ja -teollisuus työllistävät suoraan maassamme runsaat satatuhatta ihmistä. Vientituloistamme yli kolmannes on peräisin metsäteollisuuden tuotteista.¹¹ Yksi mekaanisen metsäteollisuutemme merkittävimpiä vientialoja on nykyisin hirsitaloteollisuus, jonka tuotannosta noin 60 % menee vientiin¹². Arvioiden mukaan metsäalan vientitulot olisi mahdollista jopa kaksinkertaistaa kehittämällä mekaanista metsäteollisuutta ja jalostamalla puuta nykyistä pidemmälle.



Kuva 2.1.1.1 Suomen metsät kasvavat enemmän kuin niitä hakataan, joten puun käyttöä voitaisiin lisätä.

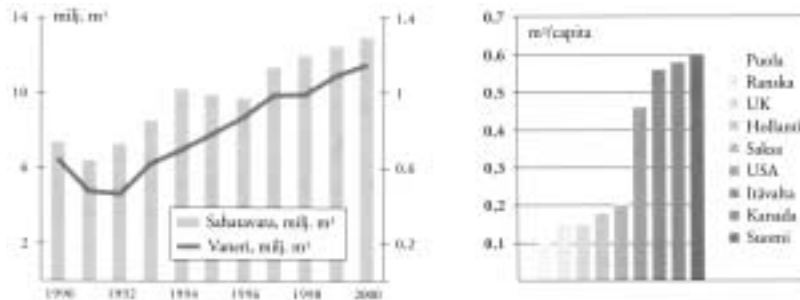
Suomen puutuoteteollisuuden yleisesti tunnustettuja ongelmia ovat tähän saakka olleet muun muassa kemiallisen puukuituteollisuuden dominoiva asema metsäsektorilla, sahateollisuuden dominoiva asema puutuoteteollisuudessa, puutuotteiden alhainen jalostusaste ja pienpuun käytön kannattamattomuus. On mahdollista lisätä puun käyttöä etenkin rakentamisessa ja huonekaluteollisuudessa.¹³ Puutuoteteollisuuden volyyymiä ja tuotteiden arvoa voitaisiin kasvattaa huomattavasti hyödyntämällä nykyistä enemmän puun ekologisuutta ja elinkaariedullisuutta markkinoinnissa sekä kehittämällä puulle uusia

¹¹ Ibid.

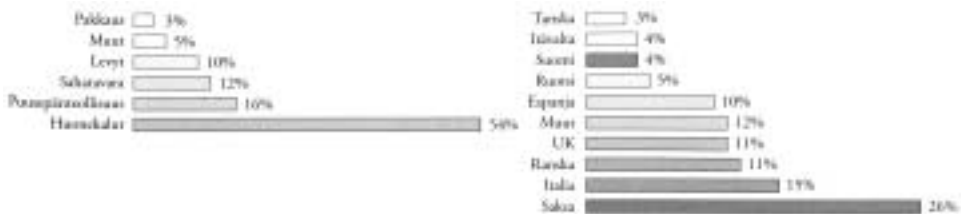
¹² Heikkilä, J. (2001) Hirsi kaupunkiympäristössä. Hirsiarkkitehtuurin kehittämishankkeen raportti. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio. Oulun yliopistopaino, Oulu.

¹³ Vuonna 2000 sahatavaran tuotanto oli Suomessa 13,3 milj. m³ eli suurempi kuin koskaan aiemmin. Lähde: Metsäteollisuus (2000) Metsäteollisuuden tuotanto Suomessa vuonna 2000: s. 2.

käyttökohteita.¹⁴ Esimerkiksi piha- ja ympäristörakentaminen voisivat olla uusien puutuotteiden sekä ensiharvennuspuun (pienpuun) uutta potentiaalista käyttöaluetta. Suomalaisen puun piha- ja ympäristörakentamisen mahdollisuudet sekä koti- että ulkomaan puumarkkinoilla ovat vielä hyödyntämättä, vaikkakin useita selvityksiä on tehty jo 1990-luvulta lähtien.¹⁵



Kuvat 2.1.1.2 Suomen sahatavara- ja vanerituotannon kehitys. Suomessa sahatavaran vuosikulutus asukasta kohden on maailman kärkeä.



Kuvat 2.1.1.3 Eri tuotteiden ja maiden osuudet EU:n puuteollisuuden arvosta vuonna 1998. (130 miljardia eua).

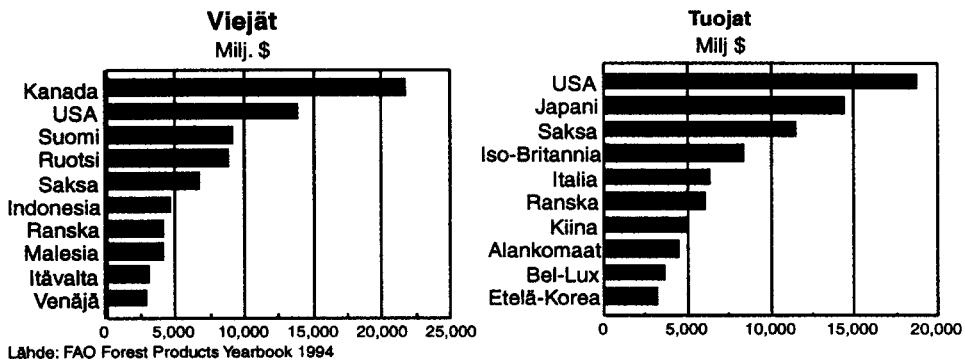
Puun käyttö on hyvin laajaa puurakentamisen valtamaisissa. Esimerkiksi Pohjois-Amerikassa, jossa puukerrostalorakentaminen on syntynyt ja vakiintunut, havusahatavaran käyttö asukasta kohden on noin $0,5 \text{ m}^3$ vuodessa, kun vastaava luku Euroopassa on tästä vain noin kolmannes eli $0,15 \text{ m}^3$ vuodessa. Suomessa havusahatavaran käyttö asukasta kohden on maailman kärkeä, nykyisin yli $0,65 \text{ m}^3$ vuodessa¹⁶, mutta suurimittakaavaisessa rakentamisessa sitä käytetään selvästi vähemmän kuin Pohjois-Amerikassa. Tämän vuoksi 1990-luvulta lähtien on haluttu selvittää puun käyttömahdollisuudet myös Suomen kerrostalorakentamisessa. Puun käytön yleistymisen maamme kerrostalotuotannossa ei tulisi kuitenkaan hakkauttamaan metsiämme loppuun, sillä vaikka kaikki maamme uudet kerrostalot rakennettaisiin tulevaisuudessa puurunkoisina ja puuverhoiltuina, niin metsiämme pystyisivät

¹⁴ Lähde: Poutanen, T. (1998) Esitelmä: Puutuoteollisuus, nykytila ja arvioita kehittymismahdollisuuksista. Puurakenteiden suunnittelijoiden pätevytymiskoulutus. Tampereen teknillinen korkeakoulu, 3.11.1998.

¹⁵ Boren, H. (2000) Pienpuun käytön lisääminen mekaanisessa puunjalostuksessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 761, 2000. Esiselvityksen loppuraportti. METLA, Joensuun tutkimusasema: s. 27 - 32.

¹⁶ Lähde: WoodFocus Oy (2000) Havusahatavaran käyttötilastoja.

kasvattamaan tähän tarvittavan vuosittaisen raakapuumäärän 7,5 - 10 tunnissa¹⁷. Näin ollen suomalaisten puutuotteiden uusien käyttökohteiden löytäminen ja laajamittainen valmistaminen edellyttävät myös tuotteiden markkinoimista ulkomaille. Uskottavuuden vuoksi kotimaan markkinoiden on kuitenkin ensin oltava kunnossa. EU-maat ovat Suomen metsäteollisuudelle tärkein markkina-alue¹⁸. Vientitoiminnassa on myös hyvä muistaa, että erityisesti Keski-Euroopassa arvostetaan puurakentamisen ekologisuutta ja seismisesti ongelmallisilla alueilla, kuten Japanissa, Amerikassa, Turkissa ja Kreikassa, puurakennusten erityisetuna pidetään niiden sortumiskestävyyttä maanjäristystilanteessa. Kestävyys perustuu erityisesti puurakennusten keveään omapainoon, sitkeisiin liitoksiin ja levyjäykistykseen.¹⁹



Kuva 2.1.1.4 Metsäteollisuustuotteiden suurimmat viejä- ja tuojamaat vuonna 1994.

¹⁷ Viljakainen, M. (1998) Puukerrostalo, taloudellinen mahdollisuus. Julkaisu 24. Tampereen teknillinen korkeakoulu, arkkitehtuurin osasto, rakennussuunnittelun laitos. Tampere: s. 19. [Väitteen tarkistus: Tilastokeskuksen mukaan vuonna 1998 rakennettiin Suomeen kerrostaloja 1 011 684 k-m²:n verran. VTT:n Puura-projektin mukaan Viikin puukerrostalo kohteeseen kului 0,092 m³ sahatavaraa bruttoneliometriä kohden, kun mukaan laskettiin kaikki seinät, välipohjat, yläpohjat ja ulkoverhous. (Nummi, J. & Ratia, P. (1999) Koski, H. (toim.) Puura-kehitysprojekti 1996 - 1998. Puukerrostalojen rakentamistavat ja hintakilpailukyky. VTT Rakennustekniikka, Tampere 1999: s. 12.) Näin ollen, jos kaikki Suomessa vuoden aikana rakennettavat kerrostalot toteutettaisiin puukerrostaloina, tähän menisi 93 075 m³ puuta, jonka metsämme kasvaisivat 85 miljoonan m³:n vuosikasvullaan 9,59 tunnissa.]

¹⁸ Suomen Metsäyhdistys (2000), loc.cit.

¹⁹ Toratti, T. (2001) Puurakenteiden seisminen suunnittelu. VTT Tiedotteita n:o 2091, Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Espoo: s. 3. Huom! Yleiseurooppalaisiin suunnitteluohjeisiin on tulossa myös suunnitteluohje: Eurocode 8, Seisminen suunnittelu, jonka sisältö on hyvä tietää rakennusviennin yhteydessä.

Overview of casualties in some recent earthquakes

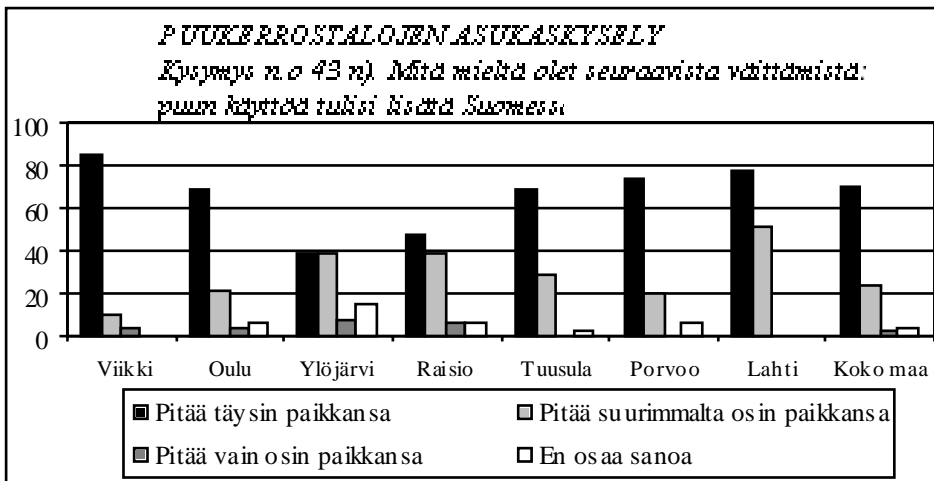
Earthquake	M	No. of Persons Killed (Approx.)		No. of Wood-frame Bldgs. Shaken (Estimated)
		Total	In Wood-frame Buildings	
Alaska, 1964	8.4	130	<10	
San Fernando, 1971	6.7	63	4	100 000
Edgemoor, 1987	6.3	0	0	7 000
Saganay, 1988	5.7	0	0	10 000
Loma Prieta, 1989	7.1	66	0	50 000
Northridge, 1994	6.7	60	16 + 4	300 000
Hyogo-ken Nambu (Kobe), 1995	6.8	6 300	0	8 000

Source: E. Karacabeyli, Forintek, Canada

Kuva 2.1.1.5 Puurakennukset kestävät hyvin maanjäristyksiä.

Asukkaiden arviot puun käytön lisäämisestä Suomessa

Tämän väitöskirjatutkimuksen asukaskyselytutkimusosan (Liite 2.) mukaan yli yhdeksän kymmenestä puukerrostalojen asukaskyselyyn vastanneista oli sitä mieltä, että väittämä ”Puun käyttöä tulisi lisätä Suomessa” pitää täysin tai suurimmalta osalta paikkansa. Asukaskyselyn vertailukohteista myös 79 % sekatekniikkatalojen ja 81 % betonitalojen vastaajista katsoi saman väitteen täysin tai suurimmalta osin paikkansa pitäväksi.



2.1.2 Puu- ja asuntorakentamiseen liittyviä teema- ja toimintaohjelmia 1990-luvulta uudelle vuosituhatlalle

Puurakentaminen 2000 -ohjelma ja Puun mekaanisen teknologian ja Puulevyteknologian ohjelmat

1990-luvun alun pienehkö *Puurakentaminen 2000 -ohjelma* keskittyi puun teknisten kysymysten ratkaisemiseen sekä selvittämään puun uusia käyttöpotentiaaleja ja sen käytön

lisäämisen esteitä. Näihin samoihin päämääriin sekä puualan perusteollisuuden kehittämiseen tähtäsivät osaltaan myös *Puun mekaanisen teknologian ja Puulevyteknologian ohjelmat* vuosina 1992 - 1997.²⁰

Puurakentamisen teknologiaohjelma 1995 - 1998

Valtiovalta käynnisti Teknologian kehittämiskeskuksen eli TEKESin puitteissa nelivuotisen *puurakentamisen teknologiaohjelman*, jonka yleistavoitteena oli saada aikaan maahamme kansainvälisesti kilpailukykyinen ja ekologisesti kestävä puurakentamisen perustuotanto, välijalostus ja erikoisurakointi. Tarkoituksena oli myös parantaa puurakentamisen yleistä laatua, synnyttää uutta puualan liiketoimintaa ja edistää puurakentamisen vientiä. Teknologiaohjelma ajoitettiin vuosille 1995 - 1998 ja sen kokonaisbudjetiksi varattiin aluksi 50 miljoonaa markkaa. Koska kiinnostus ohjelmaa kohtaan jatkui vahvana, sen budjettia jouduttiin nostamaan. Ohjelman lopullinen laajuus oli 125,3 miljoonaa markkaa, josta TEKESin kansallisen rahoituksen turvin toteutuneiden hankkeiden yhteisarvo oli 107,5 miljoonaa markkaa. Loppuosa eli 17,8 miljoonaa markkaa oli aluetukivaroilla (EAKR) rahoitettuja hankkeita. Rahoituspäätöksiä eli hankkeita oli yhteensä 138. Ohjelmaan osallistui kaikkiaan 69 organisaatiota.²¹ TEKESin puurakentamisen teknologiaohjelma otti yhdeksi erityiseksi kehittämistavoitteekseen puukerrostalojen rakentamisen, koska puukerrostaloja pidettiin riittävän haasteellisina, jolloin ne pystyvät toimimaan uusien teknisten ratkaisujen ja rakentamistapojen vaativina kokeilupaikkoina.

Puurakentamisen teknologiaohjelman nimissä rakennettiin maahamme koerakennushankkeina ensimmäiset puukerrostaloryhmät Ylöjärvelle (1996), Helsingin Viikkiin (1997)²² sekä Oulun Kaijonharjuun (1997). Näiden ensimmäisten koekohteiden jälkeen puukerrostaloja rakennettiin koerakennusluonteisesti ennen palomääräystemme uudistamista (RakMK E1, 1.9.1997) myös Tuusulaan keväällä 1997 ja Raision asuntomessualueelle kesällä 1997. Palomääräystemme uudistamisvaiheessa suunnitellut ja niiden voimaantulon jälkeen valmistuneet seuraavat puukerrostalot olivat alkuvuonna 1998 valmistunut As Oy Lahden Pinja ja kesällä 1998 valmistunut As Oy Porvoon Fredrika.

Valtion tukema koerakentamistoiminta

Suomessa valtio tukee koerakentamistoimintaa, jonka pääasiallisina taustatahoina ovat TEKES, KTM, YM ja ARA (Valtion asuntorahasto). Koerakentamistoiminnan tarkoituksena on rakentamisen, suunnittelun ja hallinnollisen ohjauksen kehittäminen. Tavoitteena on myös testata valtion tukeman asuntorakentamisen yhteydessä rakennusalan tutkimus- ja kehittämistyön tuloksia sekä jouduttaa kehittämistulosten ja teknologisten innovaatioiden

²⁰ TEKES (2000) Puurakentaminen 1995 - 1998. Teknologiaohjelmaraaportti 12/2000. Loppu- ja arviointi-raportti. Paino-Center Oy. Helsinki 2000: s. 1. sekä TEKES (2000) Esite: Puutuotteille lisää jalostus-arvoa. Tukista tuplasti -teknologiaohjelma 1998 - 2003.

²¹ Ibid.: s. 5 - 6.

²² Viikin puukerrostalojen koerakentamista varten Suomen Puututkimus Oy laati suomalaisten puukerrostalojen ensimmäiset suunnitteluohjeet ja rakennedetaljit. Tätä keväällä 1994 alkanutta kehittämisprojektia tuki TEKES. Julkaisu: Suomen Puututkimus Oy (1995) Puukerrostalo; suunnittelu-perusteet, rakennedetaljit. 10.1.1995.

käyttöönottoa. Painopisteet määritellään yleensä viideksi vuodeksi kerrallaan ja niitä tarkistetaan vuosittain. Koerakentamisen painopistealueiksi vuosiksi 1995 - 1999 nimettiin muun muassa rakentamisen toiminnan tuotteistaminen, laadun ja tuottavuuden nosto, kestävä kehityksen periaatteet rakentamisessa sekä asuttavuutta ja käytettävyyttä parantavat kehittämishankkeet.²³ Puurakentamisen kehittäminen puukerrostaloineen oli keskeisessä osassa valtion koerakentamistoiminnassa viisivuotisjaksona 1995 - 1999 TEKESin puurakentamisen teknologiaohjelman ansiosta. Puualan omia perustavoitteita olivat lisäksi asuntorakentamisen hintojen alentaminen, ekologisuus, puun imagon nostaminen sekä puurakentamisen avulla saavutettavien miljöörvojen esille tuominen. ARA:n rahoittamia koerakennuskohteita ovat olleet Ylöjärven, Viikin, Oulun ja Tuusulan puukerrostalokohteet sekä Naantalissa As Oy Iltarusko ja As Oy Päivärusko.

Nordic Wood -tutkimusohjelma 1995 - 2001

Suomi on osallistunut aktiivisesti 1990-luvun puolivälistä lähtien myös yhteispohjoismaiseen *Nordic Wood* -tutkimus- ja tuotekehitysohjelmaan, joka on alusta alkaen ollut vahvasti puukerrostalopainotteinen. Ohjelmaan liittyi palomääräysten uudistaminen ja tätä seurannut puukerrostalojen koerakentaminen kaikissa Pohjoismaissa. Ohjelman käynnistäjänä oli Nordisk Industrifond. Tärkeässä asemassa tutkimusohjelmassa oli kaksivaiheinen *Trähus i flera våningar*-tutkimushanke (1995 - 1997 - 1999), jossa yhteispohjoismaisena tavoitteena oli teoreettisen ja kokeellisen tutkimuksen avulla kehittää puukerrostalorakentamiselle luonteenomaisia malliratkaisuja. Nordic Wood -ohjelman toisena päähaarana on ollut palotutkimukseen keskittynyt kolmivaiheinen *Brandsäkra trähus* -tutkimushanke (1995 - 1997 - 1999 - 2001).²⁴ Näihin päätutkimushankkeisiin liittyneitä muita keskeisiä osatutkimusprojekteja ovat olleet puurakennusten ääni- ja jäykistystekniikkaan liittyvät tekniset tutkimukset, puukerrostalojen kustannuksia sekä arkkitehtuuria ja puurakentamisen miljöövaikutuksia käsittelevät tutkimukset (*Arkitektur och teknik Trähusarkitektur i stadsmiljö*). Nordic Wood -ohjelman viimeisessä vaiheessa (1999 - 2001) on edelleen keskitytty puurakennusten paloturvallisuuden ja ääneneristykseen hallintaan sekä erityisesti massiivipuurakenteiden kehittämiseen. Myös massiivipuurakennusten arkkitehtuurin kehittäminen on ollut Nordic Wood -ohjelmassa osatutkimusprojektina mukana.²⁵

Puun vuodesta 1996 Puun aikaan 1997 - 2000

1990-luvun puolivälissä myös Suomen hallitus otti puun käytön edistämisen ohjelmaansa, ja vuosi 1996 nimettiin *Puun vuodeksi*. Puun vuoden 1996 tavoitteisiin kuuluivat muun muassa puun arvostuksen ja puurakentamisen ammattitaidon palauttaminen maassamme,

²³ Koerakentamisohjelma-esite 1996 / TEKES, KTM, YM, ARA.

²⁴ Lähde: Pekka Nurro, Suomen Puututkimus Oy / WoodFocus Oy. Haastattelu 4.5.2001.

²⁵ Oulun yliopiston arkkitehtuurin osaston Puustudio on vastannut professori Jouni Koiso-Kanttilan johdolla Nordic Wood -tutkimusohjelmassa *Arkitektur och teknik - Trähusarkitektur i stadsmiljö* -tutkimusprojektista sekä TkT Jari Heikkilän johdolla massiivipuurakentamisen arkkitehtonisesta tuotekehityksestä. Suomesta massiivipuurakentamisen pilottikohteena on ollut Kokkolan kaupunkiin rakennettava palvelutaloasuntola psyykkisesti vajaakuntoisille. Kohteen rakentaminen aloitettiin kesälä 2001.

puurakentamisen koulutuksen lisääminen, puualan viennin lisääminen, puutuotteiden jalostusasteen nostaminen sekä palomääräysten muuttaminen yleiseurooppalaiselle tasolle siten, että ne mahdollistavat 3- ja 4-kerroksiset puurunkoiset ja puujulkisivuiset rakennukset.

Koska Puun vuosi täytti sille asetetut perustavoitteet, päätettiin teemaa jatkaa *Puun aikana*, joka kattoi vuodet 1997 - 2000. Vuosi 1997 nimettiin *Puukoulutuksen vuodeksi*, jonka perustavoitteina olivat puurakentamisen teknologiaohjelman tutkimusten ja resurssien valtakunnallinen yhdistäminen ja hyödyntäminen oppilaitoksissa sekä tiedon siirto yrityksille. Samana vuonna käynnistettiin Oulun yliopiston arkkitehtuurin osaston Puustudion aloitteesta ympäristöministeriön ja TEKESin tuella valtakunnallinen *Moderni puukaupunki* -hanke. Siinä haluttiin tietoisesti siirtää puurakentamisessa yksittäisistä teknisistä ratkaisuista miljöökysymyksiin ja saavuttaa valmiita korkealaatuisia esimerkkimiljöitä puurakentamisen keinoin.²⁶



Kuva 2.1.2.1 Nelikerroksinen puukerrostalo Ruotsissa, Malmön Bo01-asuntomessualueella.

Vuosi 1998 nimettiin *Uuden puurakentamisen vuodeksi*, jolloin uusia palomääräyksiä oli määrä soveltaa käytännön rakentamisessa. Myös julkinen puurakentaminen ja uusien rakennusmenetelmien testaaminen ja käytännön opetteleminen kuuluivat vuoden 1998 perustavoitteisiin. Vuosi 1999, jolloin Suomi oli EU:n puheenjohtajamaa, nimettiin *Eurooppalaisen puun vuodeksi*. Tämän vuoden tavoitteita olivat puurakentamisen teknologiaohjelman tulosten hyödyntäminen, puutuotteiden tuotannon kasvattaminen ja viennin edistäminen sekä maaseutujen elävöittäminen puurakentamisen avulla. Vuosi 2000 nimettiin *Puuarkkitehtuurin ja puutaiteen vuodeksi*, jolloin valtakunnastamme oli määrä löytyä useita kansainvälisesti esittelykelpoisia valmiita puukohteita - näistä maamme puukerrostalo-kohteet olivat yksi keskeinen osa.

²⁶ Karjalainen, M., Suikkari, R. & Koiso-Kanttila, J. (1999) *Moderni puukaupunki* -hanke. Uusien puumiljöiden kehittäminen, TEKES-hankkeen loppuraportti 2/99. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio. Oulun yliopistopaino, Oulu: s. 5, 7, 9.

Puu-Suomi-toimintaohjelma 1998 - 2005

Puu-Suomi-toimintaohjelman taustana ovat aiemmat ja käynnissä olevat mekaanisen puunjalostuksen kehittämiseen tähdänneet kampanjat ja kehittämissuunnitelmat. Näiden pohjalta on syntynyt useita mekaanisen jatkojalostuksen kehittämissuunnitelmia ja myös toimivia yrityksiä ja niiden verkostoja. Kuitenkin eri hankkeiden kirjon kehittäminen uudeksi puutuotteiden vienniksi edellyttää vielä laajaa yhteistyötä, vahvaa julkista tukea sekä yritysten omaehtoista liikettä ja verkostoitumista. Puu-Suomi-toimintaohjelman toteutusvaiheet on nimetty seuraaviksi: 1998 - 1999 *Yhteistyö*, 2000 - 2002 *Toimialakehitys* ja 2003 - 2005 *Puu-Eurooppa*.

Puu-Suomi-projektin kahdeksanvuotisessa toimintaohjelmassa tehdään käytännön työtä puun mekaanisen jatkojalostuksen tuotanto- ja markkinointimenetelmien kehittämiseksi. Painopisteinä ovat tuotanto- ja vientimarkkinointiosaamisen ja teknologian siirtäminen pk-yrityksiin ja niiden verkostoihin sekä alueellisten, tuotealakohtaisten tai markkina-alakohtaisten osaamiskeskittymien vahvistaminen. Puu-Suomi-toimintaohjelmassa ministeriöt ja niiden rahoitus- ja kehittämissuunnitelmat ja pk-palvelutoiminnot tekevät kehitystyötä yhdessä teollisuuden kanssa.²⁷

Puu-Suomi-toimintaohjelma on myös ollut osa valtakunnallista Puun Aika -kampanjaa. Keskeisimpiä tavoitteita ovat muun muassa puutuotteiden käytön lisääminen, jalostettujen puutuotteiden arvon kasvattaminen, puuteollisuuden liikevaihdon kasvattaminen, työllisyyden lisääminen ja puun imagon nostaminen. Toimintaohjelman päämääränä on, että sen päättymisen jälkeen Suomi tunnetaan maailmalla edelläkävijänä puutuotteiden viennissä.²⁸

Tukista Tuplasti -teknologiaohjelma 1998 - 2003

Teknologian kehittämissuunnitelman käynnistämisen *Tukista tuplasti* -teknologiaohjelman perustavoitteena on lisätä puutuotteiden jalostusarvoa. Ohjelmalla luodaan mahdollisuuksia puualan uudelle liiketoiminnalle perustuotannon ja valmiiden tuotteiden loppukäytön välisellä alueella. Ohjelman painopiste on vientiin tähtäävän jalostuksen kehittämisessä. Ohjelman tavoitteena on kaksinkertaistaa Suomen puutuoteollisuuden myynnin bruttoarvo kymmenessä vuodessa vuoden 1998 tasoon (= 25 miljardia markkaa ilman huonekaluteollisuutta) verrattuna. Kasvulla tähdätään myös työllisyyden lisääntymiseen, joka kohdistuisi erityisesti maaseudulle ja pienyrityksiin. Vuoden 2000 loppuun mennessä *Tukista tuplasti* -teknologiaohjelmassa on käynnistynyt 154 hanketta, joiden yhteissumma on 233 miljoonaa markkaa ja joihin TEKES on myöntänyt tukea yhteensä 112 miljoonaa markkaa. Toteutuneen kehityksen perusteella on arvioitu, että vuoteen 2003 mennessä hankkeen laajuus nousee noin 350 miljoonaan markkaan.

Puun käyttö rakentamisessa on avainasemassa: noin 80 % saha- ja puutuoteollisuuden myynnistä käytetään rakentamisessa eri muodoissa. Tämän vuoksi *Tukista tuplasti* -ohjelmalla tuetaan erityisesti puurakentamista palvelevan ja vientiin kykenevän rakennusosa- ja komponenttiteollisuuden käynnistymistä.²⁹

²⁷ FoodFocus / Puuinfo (2001) Esite: PuuSuomi-toimintaohjelma 1998 - 2005 puutuoteollisuuden kehittämiseksi. Vammalan Kirjapaino Oy.

²⁸ Lähde: Pekka Salonen, Puu-Suomi-toimintaohjelman ohjelmapäällikkö. Haastattelu 21.2.2000.

²⁹ TEKES (2000) Esite: Puutuotteille lisää jalostusarvoa, loc.cit.

Valtakunnallinen Puutuotealan osaamiskeskus -verkosto 1999 - 2006

Puurakentamiseen liittyvien kysymysten hallitseminen edellyttää asiantuntemuksen määrätietoista levittämistä laajalti rakennusalan keskuuteen. Osittain tätä puurakentamisen osaamisen tiedonlevitystä varten valtioneuvosto nimitti vuoden 1998 loppupuolella ajalle 1999 - 2006 *Puutuotealan osaamiskeskus -verkoston*, jonka on määrä toimia sekä alueellisena tiedon siirtäjänä että projektien ulkopuolelta ostettavien palvelujen koordinoijana. Verkosto toimii lisäksi puualan eri osa-alueille erikoistuen huippuosaajana, uuden tiedon tuottajana ja yritysten käytännön ongelmien ratkaisijana. Oulun yliopiston arkkitehtuurin osaston Puustudio nimettiin osaksi valtakunnallista *Puutuotealan osaamiskeskus -verkostoa* ”*Moderni puukaupunki ja rakennejärjestelmät*” -hankkeellaan. Puustudion osaamisalaan sisältyvät ensisijaisesti uudet puumiljööt, vanhojen puumiljöiden täydennysrakentaminen, puujulkisivut, puurakennusten korjausrakentaminen sekä uudet puurakennukset, erityisesti puukerrostalot. Valtakunnallisen osaamiskeskusohjelman avulla on ollut tavoitteena luoda myös tarvittavia tutkimus-, koulutus- ja kehittämisresursseja ja edistää yrittäjyyttä. Puutuotealan verkostomallisen osaamiskeskustoiminnan teemajaksot ovat 1999 - 2000 *Kotimainen yhteistyö*, 2001 - 2002 *Tekemiseen tietämistä tietämiseen tekemistä*, 2003 - 2004 *Kansainvälinen yhteistyö* ja 2005 - 2006 *Verkoston vakiinnuttaminen*.³⁰

Puutuoteteollisuuden visio 2010

Maamme puualan kaikkia käynnissä olevia teema- ja toimintaohjelmia linjaa syksyllä 1999 julkistettu puutuoteteollisuuden visio puun käytöstä vuonna 2010: ”*Puu on Euroopan johtava materiaali talonrakentamisen järjestelmäratkaisuissa ja laadukkaan asumisen kuluttajatuotteissa. Puun käyttö henkilöä kohden nousee Euroopassa Yhdysvaltojen ja Pohjoismaiden tasolle.*”³¹ Tähän tavoitteeseen pääseminen edellyttää merkittävästi tahtoa ja yhteistyötä koko puurakentamisen kentältä ja erityisen tehokasta vientitoiminnan kehittämistä³².

Ympäristöministeriön asuntopoliittinen strategia 2000 - 2003

Pääministeri Paavo Lipposen 2. hallitusohjelmassa on sitouduttu edistämään rakentamisen laadun parantamista ja puurakentamista. Hallitusohjelmaan on kirjattu myös asuntopoliittikaan liittyvä linjaus, jossa ”*pyritään kasvukeskusten maankäytössä lisäämään ihmisläheistä tiivistä pientalo- ja pienkerrostalorakentamista sekä suosimaan rakennuskooltaan pienimuotoisia kaupunkimaisia aluekokonaisuuksia*”. Puu- ja puukerrostalorakentamisen avulla on pyritty osaltaan tarjoamaan luontevia vastauksia hallitusohjelmassa ja

³⁰ Lähde: Mika Leivo, valtakunnallisen puutuotealan osaamiskeskuksen koordinaattori (1.4.2000 alkaen). WoodFocus Oy / Puuinfo Oy. Haastattelu 15.1.2001.

³¹ Pohjoisen puuviesti (1999) Pohjois-Suomen puutietoverkoston julkaisu, n:o 1/1999. Kehittäminen. Valtakunnallinen Puutuotealan osaamiskeskus: Tekemiseen tietämistä ja tietämiseen tekemistä: s. 19.

³² Virtanen, E. (2000) Artikkelit: Elinkeinopoliittikka osana puutuoteteollisuuden edistämistä. Julkaisussa: Hellström, E., Jalaskoski, T. & Ojala, E. (toim.) Päättäjien Metsäakatemia 9. Kirkkonummi 29.5.2000. Keski-Pohjanmaa 7. - 9.6.2000. Suomen Metsäyhdistys ry. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä: s. 11.



Kuva 2.1.2.2 Oulun Puu-Linnanmaan kolmikerroksinen puujulkisivuinen asuinkerrostalo, Kiinteistö Oy Linnakotka.

asuntopoliittisessa strategiassa 2000 - 2003 mainittuihin toimenpidetavoitteisiin. Tällaisia ovat esimerkiksi elinkaariajattelu, ekotehokkuus, terveellisyys, korjauksen helppous, omatoimisen rakentamisen ja kiinteistöjen kunnossapidon lisääminen ja rakentamisen edellytysten parantaminen kestävästä kehitystä edistävään, ympäristöhaittoja vähentävään ja luonnonvaroja säästävään suuntaan.³³ Lopulliseen asuntopoliittiseen strategiaan on myös kirjattu: ”Puurakentamisen kehitystyö ja osaaminen hyödynnetään kaupunkimaisissa pientaloissa ja pienkerrostaloissa.”³⁴

2.2 Suomalainen asuinkerrostalo

2.2.1 Peruskäsitteet: asunto, asuinkerrostalo, puukerrostalo

Asunto

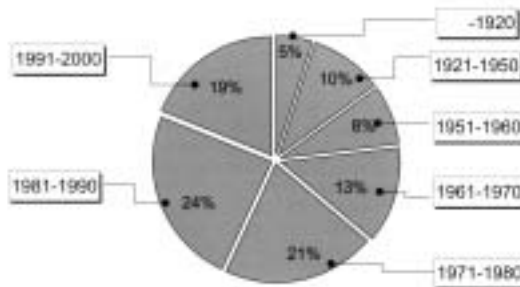
Apulaisprofessori Esko Kahri on määritellyt asunnon seuraavasti: ”Asunto on asumistoimintojen suorituspaikaksi suunniteltu tilakokonaisuus. Sen mitoitus, muoto ja

³³ Fredriksson, P. (2000) Asuntopoliittinen strategia 2000 - 2003, selvitysmiehen ehdotus. Suomen ympäristö 382. Ympäristöministeriö. Asunto- ja rakennusosasto, Helsinki 2000.

³⁴ Ympäristöministeriö (2000) Hallituksen asuntopoliittinen strategia. 21.6.2000.

yhteydet on näin ollen määriteltävä toimintojen perusteella.” Asuminen jäsenellään yleensä erilaisiksi osatoiminnoiksi eli asumisfunktioiksi. Näistä keskeisimpiä ovat nukkuminen ja lepo, oleskelu, työskentely, ruuanvalmistus, ruokailu, säilytys, liikkuminen, vaatehuolto, wc-toiminnot ja hygienia. Kahri korostaa asumistoiminnan ja -tilojen järjestämistä siten, että huonetiloille voidaan osoittaa myös vaihtoehtoisia käyttötapoja.³⁵ Asunto muodostuu tavallisesti asuinhuoneistosta. Asuinhuoneisto on asumiseen tarkoitettu huone tai huoneryhmä, joka on rakennusteknisesti erotettu muista huoneista tai huoneryhmistä ja johon on oma sisäänkäynti ulkoa, porrashuoneesta tai muusta tilasta³⁶.

Asuin- ja toimitilarakennuskanta Suomessa ikäluokittain 2000
Yhteensä 375 milj.m², %(m²)
Alkuperäisen rakennusvuoden mukaan



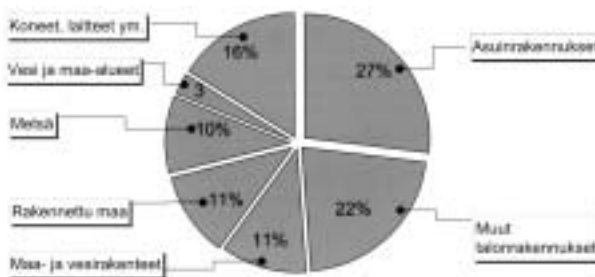
Lähde: Tilastokeskus ja VTT Rakennus- ja yhdyskuntatietokeskus



Rakennus- ja yhdyskuntatietokeskus, 2001

Suomen kansallisvarallisuus 2000

Yhteensä n. 3000 mrd. mk, %(mk)



Lähde: Tilastokeskus ja VTT Rakennus- ja yhdyskuntatietokeskus



Rakennus- ja yhdyskuntatietokeskus, 2001

Kuvat 2.2.1.1 Suomen kansallisvarallisuudesta suurin osa on asuinrakennuksissa. Maamme asuinrakennuskanta on verraten nuorta.

Ympäristöministeriö on rakennuslain 13 §:n (557/89) nojalla antanut asuntorakentamista koskevat määräykset Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa G1. Niissä määritellään asuinhuone huonetilaksi, joka on ensisijaisesti tarkoitettu jatkuvaan asumiskäyttöön.

³⁵ Kahri, E. & Pyykkönen, H. (1994) Asuntoarkkitehtuuri ja -suunnittelu. Rakennustieto Oy. Yliopistopainon Pikapaino, Helsinki: s: 175 - 177.

³⁶ Asuntohallitus (1993) Asuntotoimi Suomessa. Painatuskeskus, Helsinki: s. 282.

Asuinhuoneiston huoneistoalan tulee olla vähintään 20 m² ja asuinhuoneen huonealan tulee olla vähintään 7 m², kun huonealaan ei lueta 1,6 m matalampaa tilaa. Lisäksi asuinhuoneen huonekorkeuden tulee olla kerrostaloissa vähintään 2,5 m ja pientaloissa vähintään 2,4 m. Asuinhuoneen tulee saada riittävästi luonnonvaloa. Asuinhuoneessa tulee olla ikkuna, jonka valoaukko on vähintään 1/10 huonealasta. Asuinhuoneen lattian tulee olla pääikkunaseinän kohdalla olevan maanpinnan yläpuolella.³⁷

Vuosien 1998 ja 1999 vaihteessa Suomessa oli rekisteröityjä asuntoja 2 449 115 kpl. Suomalaisen asunnon keskikoko on 76 h-m². Suomen väkiluku oli vuoden 1999 lopussa 5,171 miljoonaa asukasta.³⁸ Jaettaessa Suomen asukasluku asuntojen määrällä saadaan asumisväljyysluvuksi 2,11 henkilöä kotitaloutta kohden. Vertailun vuoksi mainittakoon, että vuonna 1966 asumisväljyytluku oli 3,32 ja vuoden 1988 lopulla 2,35. Ennusteiden mukaan vuonna 2030 suomalaisia asuu 1,9 henkilöä yhtä kotitaloutta kohden³⁹. Viimeisten tilastojen (31.12.1998) mukaan suomalaisista asui 40,5 % erillispientaloissa, 12,7 % rivitaloissa tai kytketyissä omakotitaloissa ja 43,7 % 2-kerroksisissa ja sitä korkeammassa kerrostaloissa. Kerrostalojen suhteellinen osuus asuntokannasta on noussut koko ajan, sillä vuonna 1990 kerrostalojen osuus oli 42,5 % ja vuonna 1995 luku oli kasvanut 43,2 %:iin. Suomalaisista asunnoista omistusasuntoja oli vuoden 1998 lopussa 60,0 %, vuokra-asuntoja 30,2 % ja asumisoikeusasuntoja 0,7 %. Omistusasuntojen osuus on hieman laskenut 1990-luvun kuluessa, sillä vuonna 1990 omistusasuntojen osuus oli 66,9 %, ja vuonna 1995 niiden osuus oli laskenut 61,6 %:iin.⁴⁰ Tilastoista nähdään selvästi, että Suomen asuntomarkkinat ovat kerrostalovaltaisia ja omistusasuntovaltaisia. Huoneistokohtaisten saunojen rakentaminen on myös tyypillistä suomalaisille asunnoille. Vuonna 1980 huoneistokohtaisia saunoja oli noin puolessa miljoonassa huoneistossa ja vuonna 1994 jo yli miljoonassa huoneistossa⁴¹.

Hyvät asunto-olot ovat ihmisen hyvinvoinnin perusedellytyksiä. Asunto-olojen kehitys ja asuntopolitiikka ovat vahvasti sidoksissa yhteiskunnan kehitykseen, yleiseen taloudelliseen tilanteeseen ja valtionalouteen⁴². Näin ollen asumisvaatimukset ovat muuttuvia. Suomessa asuntopolitiikka on luettu sosiaalipolitiikan yhdeksi lohkoksi. Sosiaalipolitiikan yhtenä tavoitteena on asumisen minimitason turvaaminen kaikille kansalaisille.⁴³ Objektiivisenä ja fyysisenä ilmiönä asuntoa voidaan pitää tavaranäköisenä, mutta subjektiivisena ilmiönä asunto voidaan määritellä myös kodiksi osaksi ihmisen arkielämää.⁴⁴

Asuntopolitiikan keskeisempänä kysymyksenä on se, miten asutuskysynnän jatkuva kasvu tulisi ottaa huomioon ja miten asuntopolitiikassa ja asuntotuotannossa osattaisiin

³⁷ RakMK G1 (1994) Suomen rakentamismääräyskokoelma. Asuntosuunnittelu. Määräykset. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. RT RakMK-20941. Rakennustietosäätiö, Helsinki: s. 1 - 2.

³⁸ Lähde: Tilastokeskus (2000), loc.cit.

³⁹ Parkkinen, P. (1990) Asuntovarallisuus vuosina 1900 - 2030. Taloudellinen suunnittelukeskus. Valtion painatuskeskus. Helsinki: s. 33.

⁴⁰ Lähde: Tilastokeskus (2000).

⁴¹ Ympäristöministeriö (1997) Asumisen ekokirjo. Ympäristöministeriö ja Rakennustieto Oy. Kirjapaino Tammer-Paino Oy. Tampere: s. 23.

⁴² Andersson, K. & Junto, A. (1993) Asumisen tulevaisuus, asuntopolitiikan ja rakentamisen vaihtoehtot. Asuntohallitus. Rakennusalan kustantajat. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä: s. 5.

⁴³ Junto, A. (1990) Asutuskysymys Suomessa Topeliuksesta tulopolitiikkaan. Sosiaalipoliittisen yhdistyksen julkaisu n:o 50. Valtion painatuskeskus, Helsinki. Asuntohallitus: s. 16.

⁴⁴ Ibid.: s. 30.

varautua tulevaisuuden kasvaviin asumistarpeisiin. Asuntopolitiikkaa koskevassa päätöksenteossa on otettava huomioon päätöksenteon pitkävaikutteisuus. Tänä päivänä tehdyt päätökset heijastuvat asumisen tasoon vielä monen vuosikymmenen kuluttua. Lisäksi jatkuva kiistakysymys näyttää olevan, ratkaisevatko markkinat vai julkiset reformit ihmisten asunto-ongelmat.⁴⁵

Suomen hallitus on kirjannut vuosien 2000 - 2003 asuntopoliittisen strategian päätavoitteeksi luoda edellytykset hyvälle, kohtuuhintaiselle asumiselle sellaisella tavalla, joka edistää elinkaariajattelua, alueellista tasapainoa, sosiaalista eheyttä ja ihmisten valintamahdollisuuksia. Tavoitteena on myös edistää toimivia ja hinnaltaan vakaita asunto- ja rakennusmarkkinoita. Hallitus pitää tärkeänä, että asuntorakentamisessa kiinnitetään huomiota asuin ympäristön laatuun. Uudisrakentamisessa painotetaan erityisesti rakennuksen yleistä käyttökelpoisuutta, energiataloudellisuutta, hyvää sisäilmaa ja mahdollisimman virheetöntä rakentamista.⁴⁶

Suomen väestö- ja taloustutkimusten perusteella on selvästi ennustettavissa, että 2000-luvun alkupuolella maamme väestö alkaa vähentyä samalla kun ikääntyneiden vanhusten lukumäärä kasvaa. Samoin on nähtävissä, että perheiden ja muiden kotitalouksien määrä lisääntyy olennaisesti, koska kotitalouksien keskikoko pienenee koko ajan. Tämä johtuu siitä, että vanhuksien ovat pääasiassa yksinasuvia ja nuorten varhainen itsenäistyminen on yleistynyt. Niinpä asuntojen tarve kasvaa kotitalouksien lukumäärän lisääntyessä. Työn saanti ja muutto kasvukeskuksiin lisäävät erityisesti pienten vuokra-asuntojen ja osuuskunta-asuntojen kysyntää.⁴⁷ Lisäksi tarvitaan nykyistä enemmän yksinäisten ihmisten asuntoja ja hyvin varustettuja eliniän asuntoja, joihin voidaan järjestää pitkälle menevää, laitoshoidoakin korvaavaa palvelua⁴⁸.

Asuinkerrostalo

Kerrostalolle ja asuinkerrostalolle löytyy kotimaisesta kirjallisuudesta useita sekä tapauskohtaisia että yleisiä määritelmiä. Esko Kahrin ja Jaakko Laapotin mukaan kerrostalojen luonteenomainen piirre on asunnon ja maanpinnan väliltä puuttuva suora yhteys. Asunto on tällöin yhteydessä lähiympäristöönsä yhteiskäyttöisten liikennetilojen kuten käytävien, portaiden ja hissien välityksellä^{49/50}. RakMK G1:ssä ympäristöministeriö määrittelee, että ”Asuinkerrostalo on vähintään kaksikerroksinen, useita asuinhuoneistoja käsittävä asuinrakennus, jossa eri asuinhuoneistoihin kuuluvia tiloja on päällekkäin.” Lisäksi on määritelty, että kerrostalon kerroskorkeuden tulee olla vähintään 3,0 m.⁵¹

⁴⁵ Syrjänen, O. (1993) Artikkelit: Tulevaisuuden haasteet suomalaiselle asuntopolitiikalle. Julkaisussa: Andersson, K. & Junto, A. (toim.) (1993) Asumisen tulevaisuus, asuntopolitiikan ja rakentamisen vaihtoehdot. Asuntohallitus. Rakennusalan kustantajat. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä: s. 5 - 7.

⁴⁶ Ympäristöministeriö (2000) Valtion asuntopoliittinen strategia, loc.cit.

⁴⁷ Parkkinen, P. (1990), op.cit.: s. 1, 5, 108 - 109.

⁴⁸ Syrjänen, O. (1993), op.cit.: s. 9.

⁴⁹ Kahri, E. & Pyykkönen, H. (1994), op.cit.: s. 394.

⁵⁰ Laapotti, J. (1974) Asuntosuunnittelu I. Kurssi 9.52.01. Luentomoniste. Julkaisu B7. Teknillinen korkeakoulu. Arkkitehtiosasto. Rakennussuunnittelun laitos. Otaniemi: s. 90.

⁵¹ RakMK G1 (1994), loc.cit.

Arkkitehti Kalevi Saanilahti pitää omassa väitöskirjassaan ympäristöministeriön määritelmää liian ylimalkaisena, sillä sen mukaan rakennus voi sisältää myös kaksikerroksisia rivitalon luonteisia tiloja. Saanilahden mukaan Helsingin kaupungin tilastokeskus on vuodesta 1980 lähtien julkaisemissaan rakennus- ja asuntotuotantotilastoissa määritellyt asuinkerrostalon vähintään kaksikerroksiseksi asuintaloksi, jossa on vähintään kolme asuinhuoneistoa ja joka ei ole rivitalo. Omassa väitöskirjassaan Saanilahti on käyttänyt seuraavaa määritelmää: ”Asuinkerrostalo on rakennus, joka on ainakin kolmikerroksinen ja jossa vähintään kahdessa tai useammassa kerroksessa yhteiseen liikennetilaan liittyy yksi tai useampia päällekkäisiä asuntoja. Asunnot liittyvät toisiinsa tai liikennetilaan kerroksissa vaakasunnassa yleensä kahdelta tai kolmelta sivulta sekä pystyleikkauksessa toisiinsa ainakin yhdessä suunnassa. Portaan ja asuntoryhmien muodostamia portaitkoja voi samassa rakennuksessa luonnollisesti olla useampia, ja niitä voidaan ryhmitellä erikorkuisiksi rakennusmassoiksi.” Saanilahti on tällä määritelmällään halunnut sulkea pois väitöskirjatarkastelustaan rivitalot sekä kaksikerroksiset rakennukset, joiden alakerrassa on myymälä- tai aputiloja kuin myös varhaisina aikoina rakennetut kaksikerroksiset puu- ja sekarakennukset, jotka luonteeltaan poikkeavat tyyppillisestä kivirakenteisesta kerrostalosta.⁵²

Arkkitehti Jari Heikkilä pitäytyy omassa väitöskirjassaan⁵³ Esko Kahrin määritelmässä, jonka mukaan ”Kerrostaloja ovat rakennukset, joissa eri asuntoihin kuuluvat tilat on sijoitettu päällekkäin”. Kerrostalo on siten kaksi- tai useampikerroksinen. ”Kerrostalotyypejä nimettäessä kiinnitetään huomiota rakennusten liikennejärjestelmiin ja kerrostalokuihin”.⁵⁴ Tavallisimmat kerrostalotyyppit ovat lamellitalot, pistetalot, käytävätalot ja terassitalot.

Suomalaisten kerrostaloasuntojen keskikoko oli sekä vuonna 1995 että vuosien 1998 ja 1999 vaihteessa 56 h-m². Suomalaisten kerrostaloasuntojen keskikoko on muita asuntomuotoja selvästi pienempi, sillä vuoden 1998 lopulla erillisten pientalojen keskikoko oli 100,6 h-m² ja rivitalojen 70,3 h-m². Yleisin kerrostaloasuntotyyppi on kaksi huonetta ja keittiö tai keittokomero. Kerrostaloasunnoista omistusasuntoja oli vuoden 1998 lopussa 40,6 %, vuokra-asuntoja 49,6 % ja asumisoikeusasuntoja 1,0 %. Vuonna 1999 suomalaisista kerrostaloista oli vuonna 2-kerroksisia 29 %, 3- ja 4-kerroksisia 46 % ja 5-kerroksisia tai tätä korkeampia 22 %. (Tuntemattomien osuus oli 3 %.)⁵⁵ Suomen kerrostalovaltaisuuden ja hallitsevien kerrostalotyyppien valossa 2-kerroksisten P3-luokan puisten pienkerrostalojen ja 3- ja 4-kerroksisten P2-luokan puukerrostalojen markkinaosuusmahdollisuudet näyttäisivät varsin potentiaalisilta.

Tilastojen mukaan Suomi on Euroopan kerrostalovaltaisimpia maita. Esimerkiksi vuonna 1997 talotyyppien osuus valmistuneista asunnoista jakaantui eri Pohjoismaissa seuraavasti:

⁵² Saanilahti, K. (1996) Arkkitehdin kahleet vai ohjaket. Tutkimus rakentamissäännösten vaikutuksista asuinkerrostalojen julkisivuarkkitehtuuriin. Esimerkkeinä helsinkiläiset kerrostalot vuosina 1860 - 1990. Väitöskirjatyö. Teknillisen korkeakoulun arkkitehtiosaston tutkimuksia 1996/10. Arkkitehti-osasto, Teknillinen korkeakoulu, Espoo: s. 39 - 40.

⁵³ Heikkilä, J. (1996) Parveke suomalaisen kerrostalon asuntokohtaisena ulkotilana. Väitöskirjatyö. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto. Acta Universitatis Ouluensis C Technica 91: s. 31.

⁵⁴ Kahri, E. & Pyykkönen, H. (1994), op.cit.: s. 393.

⁵⁵ Lähde: Tilastokeskus (2000), loc.cit.

	Suomi	Ruotsi	Norja
Kerrostalot	51 %	70 %	10 %
Rivitalot	17 %	9 %	28 %
Omakotitalot	32 %	21 %	62 %. ⁵⁶

Keski-Euroopassa suositaan pientaloja (1 - 2 perheen omakotitaloja). Niiden osuus koko asuntotuotannosta on noin puolet. Monissa maissa pientalojen osuus on selvästi suurempikin, esimerkiksi Saksassa ja Ranskassa yli 60 %. Suomen ohella kerrostaloja suosiviin maihin kuuluvat myös Espanja, Italia ja Portugali.⁵⁷

Puukerrostalo

Suomalaisille puukerrostaloille ei ole tähän saakka esitetty virallista määritelmää. Yleisesti puukerrostaloina on pidetty vähintään kaksikerroksisia puurunkoisia asuinrakennuksia. Joissain yhteydessä myös betoni- tai sekatekniikkarunkoisia puujulkisivuisia kerrostaloja on nimitetty puukerrostaloiksi. Mietittävänä on myös ollut kysymys siitä, kuuluuko puukerrostaloon puinen sisäverhous. Uuden ajan puukerrostaloista puhuttaessa on huomattava niiden turvallisuus- ja vaatimustaso verrattuna vanhoihin puurakennuksiin. Kaksikerroksisia puurunkoisia sekä sisä- ja ulkopinnoiltaan puuverhottuja kerrostaloja Suomessa on voitu rakentaa kautta historian. Vasta 1.9.1997 voimaan tulleiden palomääräystemme mukaan on voitu rakentaa ilman poikkeuslupakäytäntöä myös 3- ja 4-kerroksisia puurunkoisia ja puujulkisivuisia asuin- tai työpaikkarakennuksia. Nämä on voitu rakentaa P2-luokkaisina tietyin erityisehdoin, joista merkittävin on rakennusten varustaminen automaattisella sammutuslaitteistolla (kevytsprinklaus). On huomattava, että nykyisin myös kaksikerroksisten P3-luokan rakennusten turvallisuus- ja vaatimustaso on vanhoja puurakennuksia paljon vaativampi.

Tässä väitöskirjassa on määritely suomalainen asuinpuukerrostalo seuraavasti:

Suomalainen puukerrostalo on paloluokaltaan P2-luokkainen ja ainakin osaltaan yli kaksikerroksinen sekä enintään 4-kerroksinen asuinrakennus, jonka kantava runko ja julkisivut ovat pääosin puuta.

Tällä määritelmällä on haluttu rajata tutkimuksen ulkopuolelle:

* Ne vanhat yli kaksikerroksiset puurakennukset, jotka eivät täytä esimerkiksi nykyisten asutosuunnittelumääräystemme (RakMK G1, 1994 -), nykyisten palomääräystemme (RakMK E1, 1997-), tiukentuneiden ääneneristysmääräystemme (RakMK C1, 1998 -) ja kosteusmääräystemme (RakMK C2, 1999 -) vaatimuksia.

* Enintään 2-kerroksiset rivitalot ja kerrostalot, jotka voidaan toteuttaa paloluokaltaan P3-luokkaisina eli huomattavasti P2-luokan puukerrostaloja vähäisemmällä vaatimuksilla.

⁵⁶ Lähde: Valtion asuntorahasto (1997) Asumistilastoja.

⁵⁷ Pajakkala, P. & Lehtinen, E. (2000) Artikkelit: Euroopan asuntotuotanto omakotitalojen suuntaan, vain Suomessa painopiste kerrostaloissa. VTT Rakennustekniikka, Tampere. Rakennuslehti 29.6.2000 / n:o 23.

* 3- ja 4-kerroksiset puiset työpaikkarakennukset, joista ei ole maassamme vielä kokemuksia. Tilastojen mukaan puu on ollut vuonna 1998 uusien asuinrakennusten pääasiallisena kantavana runkomateriaalina kerrosalan mukaan laskettuna 2,8 %:ssa kerrostaloista, 68,8 %:ssa rivitaloista tai kytketyistä omakotitaloista sekä 89,5 %:ssa erillispientaloista. Vuonna 1998 puu on ollut uusien asuinrakennusten pääasiallisena julkisivumateriaalina rakennustilavuuden mukaan laskettuna vuonna 4,3 %:ssa kerrostaloista, 18,5 %:ssa rivitaloista tai kytketyistä omakotitaloista sekä 53,4 %:ssa erillispientaloista.⁵⁸



Kuva 2.2.1.2 Mustion kartano. Suomalainen kolmikerroksinen puinen kerrostalo. Rakennettu 1783 - 92.

2.2.2 Kerrostalojen typologia

Lamellitalot

Funktionalismin aikana kehitetty lamellitalo on yleisin kerrostalotyypimme. Sen liikenne- ja viikkokäyttö on tavallisesti keskitetty siten, että porrashuone on sijoitettu joko talon ulkoseinälle tai rakennuksen sisäosiin. Valintaa ohjaa erityisesti rakennuksen runkosyvyys. Yleisin runkosyvyys on 9,6 - 10,8 metriä. Lamellitaloissa liikenteelliset suunnittelunäkökohdat ovat edulliset. Huoneistoihin tullaan sisään yleensä asunnon keskiosasta, jolloin huoneet voidaan ryhmitellä luontevasti eteistilan molemmin puolin. Kaksi- ja kolmijakoiset lamellit ovat Suomessa yleisimpiä. Nelijakoisen lamellitalon on yleensä oltava suunnattu pohjois-eteläsuuntaan, jotta kaikki huoneistot saisivat riittävästi luonnonvaloa. Lamellitaloissa päällekkäiset huoneistot ovat yleensä samanlaisia. Asuntosuunnittelun kannalta ongelmallisimmassa asemassa ovat rakennuksen sisänurkassa sijaitsevat asunnot. Lamellitalon suunnittelussa on hyvä ottaa huomioon pohja- ja kattokerrosten sekä päätyjen suomat mahdollisuudet rakennusmassan varioinnissa ja jäsennoimisessa.⁵⁹

Lamellitalot soveltuvat hyvin esimerkiksi kaksikerroksisten pienkerrostalojen rakentamiseen, jolloin niihin ei tarvitse rakentaa hissiä. RakMK G1:n ja RT93-10546:n mukaan jo kolmikerroksisiin rakennuksiin on rakennettava hissi, jos toisessa ja kolmannessa

⁵⁸ Lähde: Tilastokeskus (2000), loc.cit.

⁵⁹ Kahri, E. & Pyykkönen, H. (1994), op.cit.: s. 394 - 397.

kerroksessa on yhteensä yli kuusi asuntoa porrashuonetta kohti eikä pääosaa tontin tai rakennuspaikan rakennusten alasta maantasokerroksissa ole suunniteltu kulkuyhteyksiltään liikkumisesteisille soveltuviksi asunnoiksi.⁶⁰

Pistetalot

Pistetalon liikennetarkaisu on lähes poikkeuksetta rakennusrungon keskiosaan sijoitettu hissi ja porras -ratkaisu. Pistetalo avautuu yleensä kaikkiin ilmansuuntiin, minkä vuoksi niiden avulla ei voi muodostaa tiiviisti suljettua katu- ja pihatilaa. Korkeita pistetaloja nimitetään tornitaloiksi. Pistetaloissa on kerrostasokohtainen asuntojen lukumäärä yleensä neljä tai viisi. Suurempia asuntolukumääriä tavoiteltaessa ratkaisu alkaa lähestyä jo keskikäytävätyyppejä, koska porrashuoneen muotoa joudutaan venyttämään asuntojen sisäänkäyntien ratkaisemiseksi. Pistetaloilta on tyypillistä se, että samassa kerroksessa on useita erilaisia huoneistokokoja. Tuotantoteknisistä syistä päällekkäiset asunnot ovat yleensä samanlaisia. Rakennusrungon reuna-alueilla voidaan käyttää rakennusmassaa jäsenöivää kerroskohtaista vaihtelua. Tavanomaisissa piste- ja tornitaloissa pohjakerros on varattu huolto-, varasto- tai palvelutarkoituksiin. Sen sijaan kattokerros soveltuu luontevasti talon yhteiskäyttöön kuten takkahuone- ja saunatiloiksi.⁶¹

Piste- ja tornitalon asutosuunnittelu on haastavaa, koska huoneistot avautuvat useaan suuntaan. Pohjasuunnittelussa on tärkeää se, etteivät asunnot ja niiden ulkotilat joudu ilmansuuntien tai näköalojen suhteen liian eriarvoiseen asemaan. Lisäksi pistetalot saattavat 3- ja 4-kerroksisina olla rakennusmassaltaan raskaan ja kömpelön näköisiä, koska niiden korkeus- ja leveysmitta asettuvat lähelle toisiaan. Tämän vuoksi matalat pistetalot vaativat onnistuakseen suunnittelijalta arkkitehtonista näkemystä ja massoitteletaitoa.

Keski- ja sivukäytävätalot

Käytävätalojen liikennejärjestelmä muodostuu portaikosta ja vaakakäytävistä. Käytävätalojen luonteenomainen piirre on liikennekäytävien ja asuntojen sisäisten liikennejärjestelmien keskinäinen riippuvuus. Käytävätalo voi olla keski- tai sivukäytävätalo. Käytävätaloissa käytävien lukumäärää voidaan rajoittaa sijoittamalla niitä vain joka toiseen tai jopa joka kolmanteen kerrokseen. Tällaiset ratkaisut edellyttävät puolitasojen tai kaksikerroksisten huoneistojen käyttöä. Ratkaisuilla saadaan luontevasti syntymään erikokoisia asuntoja.⁶²

Keskikäytävätalojen runkosyvyydet ovat yleensä suuria. Niiden lähtökohdiksi on hyväksyttävä se, että sekundääritilat jäävät ilman luonnonvaloa. Keskikäytävätalot ovat tyypillisiä amerikkalaisessa kerrostalorakentamisessa. Ne soveltuvat parhaiten pienten asuntojen rakentamiseen, sillä keskikäytävään ei voida avata asuinhuoneiden ikkunoita. Keskikäytävätalaja ei ole Suomessa suosittu normaaliasumisessa, koska niitä pidetään asuntola- tai hotellimaisina. Keskikäytävällinen taloratkaisu vaatii huolellista paneutumista keskikäytävän valoisuuteen ja viihtyisyyteen. Valoisuutta voidaan parantaa valokuilujen avulla sekä sijoittamalla ikkunoita keskikäytävien päihin. Ylimmässä kerroksessa voidaan

⁶⁰ RakMK G1 (1994), loc.cit. ja RT 93-10546 (1994) Asuinrakennusten porrashuoneet ja kulkutilat. Rakennustietosäätiö, Helsinki.

⁶¹ Kahri, E. & Pyykkönen, H. (1994), op.cit.: s. 412 - 413.

⁶² Ibid.: s. 422 - 423.

käyttää hyväksi myös kattoikkunoita luonnonvalon saamiseksi. Koska asunnot eivät saa aua pelkästään pohjoiseen ilmansuuntaan, keskikäytävä-rakennukset tulee sijoittaa tontille pitkittäin etelä-pohjoissuuntaan.

Sivukäytävä-taloja kutsutaan puhekielessä myös luhtikäytävä-taloiksi. Luhtikäytävä-talot ovat hyvin yleisiä Oulun seudulla. Niiden etuna on se, että rakennuksen liikennetilat ovat suurimmaksi osaksi ulkotilaa, jolloin rakennusoikeudesta mahdollisimman suuri osa voidaan käyttää asunnoiksi. Pääporras ja hissi on kuitenkin suositeltavaa sijoittaa sisätilaan. Sivukäytävä-ratkaisun avulla suuretkin rakennukset voidaan tehdä siten, että kaikkiin asuntoihin on pääsy yhdellä hissillä. Sivukäytävä-ratkaisun haittapuolena on asukkaiden liikkumisesta aiheutuvat häiriöt asuntojen luhtikäytävä-sivulla. Tämän vuoksi sivukäytävä-taloihin soveltuvat parhaiten pienet asunnot, kuten yksiöt ja kaksiot, jolloin sivukäytävien puolelle ei tarvitse avata muita kuin keittiöiden tai keittokomeroiden ja pesutilojen ikkunoita. Sivukäytävän asunnoille aiheuttamaa häiriötä voidaan vähentää myös tekemällä kaksikerroksisia asuntoja tai sijoittamalla sivukäytävä jonkin verran asuntojen lattiapintaa alemmaksi, jolloin suora sisäänkäyvyys asuntoon estyy⁶³. Suuremmat asunnot on suositeltavaa sijoittaa sivukäytävien päihin, jossa rakennusrungon levittäminen ja rakennusmassan jäsennöinti voidaan toteuttaa luontevasti luhtikäytävä-sivusta poikkeavalla tavalla. Sivukäytäviin liittyviä tuuli- ja lumiongelmaa voidaan välttää kiinnittämällä huomiota sääsuojaukseen. Sivukäytävien avoimia reunoja voidaan suojata esimerkiksi varastokoppien, kaiteiden, seinäkkeiden ja säleikköjen avulla. Samoja rakennusosia hyväksi käyttäen voidaan eliminoida myös luhtikäytävälle tyypillinen hyllymäinen ilme ja putkimaisuus.

Terassitalot

Terassitaloja voidaan pitää kerrostalojen erityisryhmänä. Niiden asema on suosittu pien- ja kerrostalojen välimuotona. Terassitalo voi olla porrastettu tai kekomainen, ja se voi sijaita sekä rinne- että tasamaalla. Poikittaissuuntaan terassoituvien rakennusten ongelmana voidaan pitää alimpien kerrosten suurta runkosyvyttä, jonka aiheuttamia haittoja on yleensä hankala eliminoida. Terassitaloja suunniteltaessa suositaan useimmiten porrassyöttöisiä liikenne-ratkaisuja.⁶⁴

Terassitalomallin avulla asuntoihin saadaan aikaan luontevasti suuret ja avoimet parvekkeet tai asuntokohtaiset terassitilat. Terassiratkaisut johtavat yleensä yli kolmen metrin kerroskorkeuteen, sillä terassin vaatimat rakennekerrokset ylittävät normaalisti 500 mm paksuuden. Terassitaloja rakennettaessa on oltava erityisen huolellinen ulkopuolisten rakenteiden veden- ja kosteudeneristyksiä suunniteltaessa. Terassitalojen parvekkeita on luonteva kattaa erilaisten pergoloiden ja valokatteiden avulla.

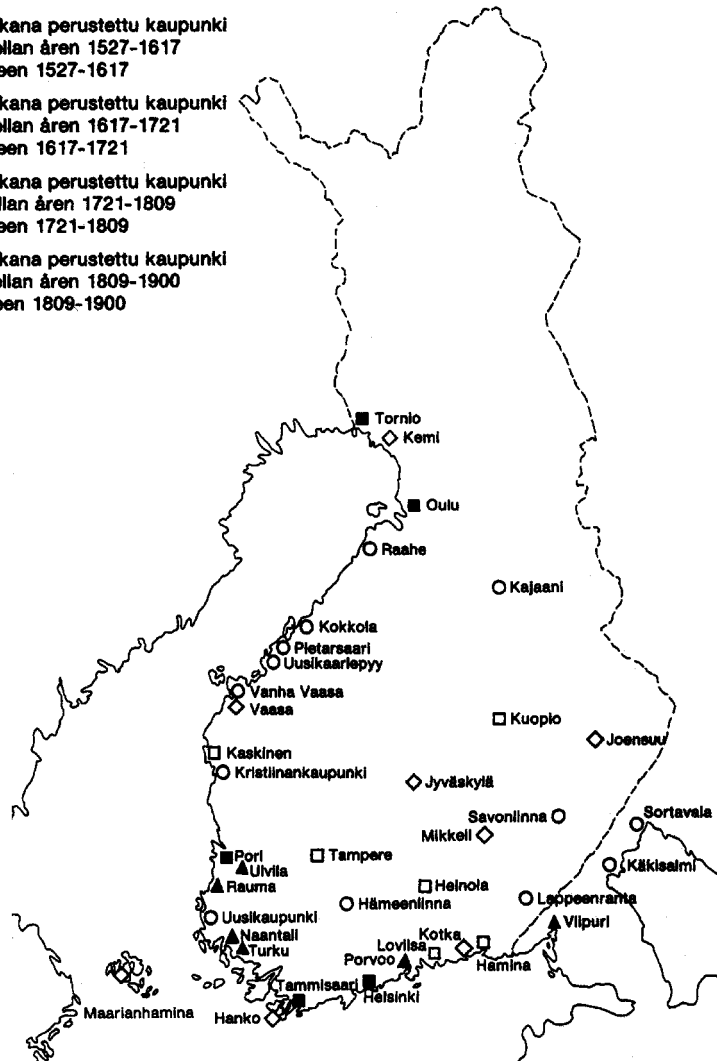
⁶³ Ibid.: s. 422.

⁶⁴ Ibid.: s. 430.

2.2.3 Suomalainen asuinkerrostalo eri ajanjaksoina

Jotta saadaan taustakuva siitä, millaisille markkinoille puukerrostalo on pyrkimässä, on syytä tarkastella suomalaisen asuinkerrostalon luonnetta ja kehitystä eri ajanjaksoina yhteiskunnallisten, rakennusteknisten, arkkitehtuuriylypiirteiden ja asuntopoliitiikan muutosten valossa.

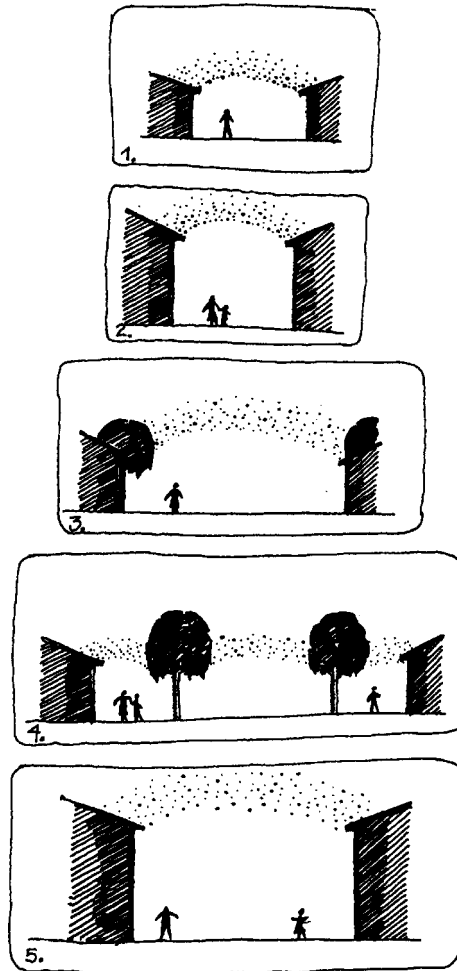
- ▲ Keskiakainen kaupunki
En medeltida stad
A medieval town
- 1527-1617 välisenä aikana perustettu kaupunki
En stad grundlagd mellan åren 1527-1617
A town founded between 1527-1617
- 1617-1721 välisenä aikana perustettu kaupunki
En stad grundlagd mellan åren 1617-1721
A town founded between 1617-1721
- 1721-1809 välisenä aikana perustettu kaupunki
En stad grundlagt mellan åren 1721-1809
A town founded between 1721-1809
- ◇ 1809-1900 välisenä aikana perustettu kaupunki
En stad grundlagd mellan åren 1809-1900
a town founded between 1809-1900



Kuva 2.2.3.1 Suomalaisia puukaupunkeja.

1600- ja 1700-lukujen puukaupungit

Aina 1800-luvulle saakka suomalaiset kaupungit olivat puukaupunkeja, joiden rakennukset olivat yleensä yksikerroksisia⁶⁵. Puurakenteiset kaksikerroksiset rakennukset yleistyivät 1700-luvun kuluessa, kun yksikerroksisten kaupunkiasuinrakennusten korkeus kasvoi ensin huonekorkeuden lisäämisen ja myöhemmin ullakkohuonerakentamisen vuoksi. Kaksikerroksisen asuintalon rakentamista ryhdyttiin 1700-luvun puolivälissä pitämään kaupunkien keskusta-alueilla edustavuuskysymyksenä.⁶⁶



Kuva 2.2.3.2 Puukaupunkien katutila eri aikakausina. 1. Renesanssin katutila 2. 1700-luvun jälkipuolisko 3. ja 4. Empire 5. 1800-luvun loppu.

⁶⁵ Lilius, H. (1985) Suomalainen puukaupunki. Anders Nyborg A/S, Akateeminen kirjakauppa, Rungsted Kyst, Denmark: s. 9.

⁶⁶ Kahri, E. & Pyykkönen, H. (1994), op.cit.: s. 95.

1800-luku, kaupunkikivitalon kehitys

1800-luvun alkupuolella erityisesti Oulun (1822) ja Turun (1827) palojen jälkeen alettiin suosia kivitaloja. Uudet asemakaavat ja rakennusjärjestykset perustuivat suurten kaupunkipalojen jälkeen paloturvallisuutta korostaviin viranomaismääräyksiin. Monissa kaupungeissa asuinrakennukset määrättiin yksikerroksisiksi⁶⁷. Myös Suomen sodan aikana 1808 palaneen ja vuonna 1812 Suomen autonomisen ruhtinaskunnan pääkaupungiksi perustetun Helsingin keskustan ensimmäinen Ehrenströmin asemakaava perustui kivistalokivitalojen rakentamiseen, joskin esikaupunkiin rakennettiin vielä asuntopulaa hellittämään myös kaksikerroksisia puutaloja⁶⁸.



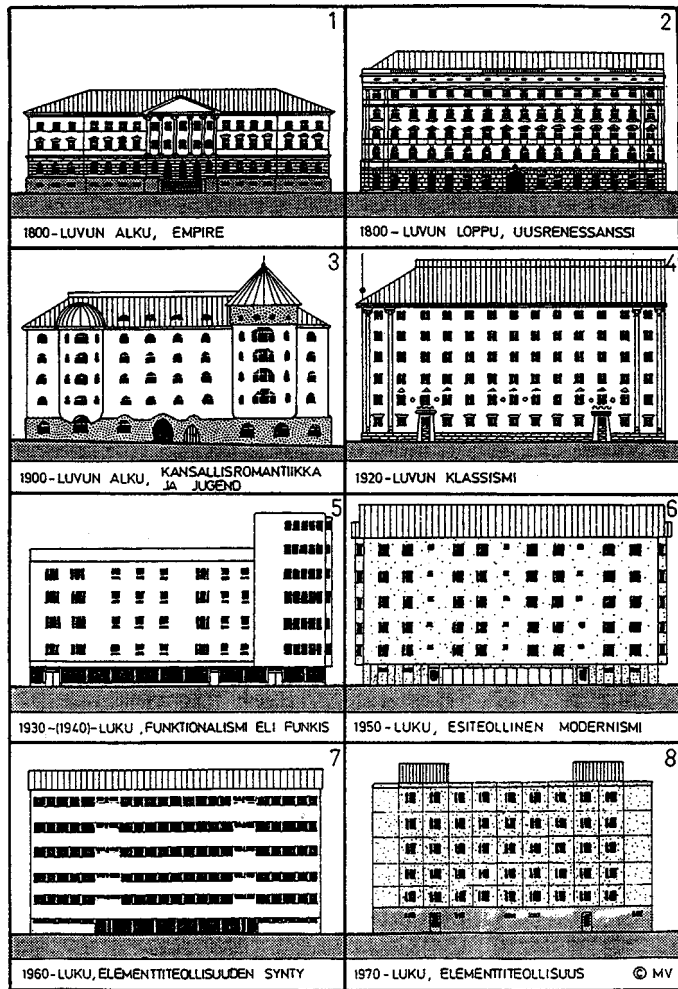
Kuva 2.2.3.3 Suomalaista puukaupunkimiljöötä. Porvoo.

1800-luvulla kivirakennukset kasvoivat vähitellen puurakennuksia mittavimmiksi. Paikoin rakennettiin myös puu- ja kivitalojen sekamuotoja, joissa oli kivinen tai tiilinen alakerta ja puinen yläkerta. 1800-luvun alkupuolen varhaiset kaksikerroksiset kivitalot toteutettiin yleensä kantavilla ulkoseinillä ja yhdellä sydänmuurilla. Runkosyvyys oli reilut kymmenen metriä. Välipohjat olivat puisia, kantavina osina toimivat hirsivasat. Yläpohja ullakkoa vasten varustettiin puurakenteen lisäksi yleensä tiilisellä palopermannolla. 1800-luvun puolivälin jälkeen rakennusten runkosyvyys kasvoi ja siirryttiin käyttämään kaksoisydänmuuria, joka tarjosi puisille välipohjille tarpeellisen lisätuen. Tämän uuden rakennusperiaatteen mukaan asuinhuoneistoihin jäi runkosyvyyden keskivaiheilla pimeä luonnonvaloton ydinosa. Pesutuvat, varastot ja käymälät sijoitettiin yleensä puisiin piharakennuksiin. Vuosisadan loppupuolella kaupunkirakentamisen tendesseinä olivat väestönlisäys, rakennusten

⁶⁷ Kahri, E. & Pyykkönen, H. (1994), op.cit.: s. 96.

⁶⁸ Saanilahti, K. (1996), op.cit.: s. 66, 79.

kerrosluvun kasvu, vuokra-asuminen ja arkkitehtuurin romanttiset tyylivirtaukset (kertaustyylit).⁶⁹



Kuva 2.2.3.4 Kaupunkikerrostalon julkisivujen kehitys 1800-luvulta lähtien. Piirros: Matti Vesikansa.

Suomen varhaiset kaupungit olivat epähygieenisinä, ja kuolleisuusluvut olivat ennen teollistumista kaupungeissa korkeammat kuin maaseudulla, vaikkakin maaseudulla asuttiin ahtaammin (henkilöä huonetta kohden) kuin kaupungeissa. Kaupunkien asunto- ja hygienia-kysymystä pyrittiin korjaamaan 1800-luvun puolivälin jälkeen. Suomalaisen kaupungin ulkoasussa näkyi asukkaiden sosiaalinen eriarvoisuus. Rikkaat ja ylhäiset asuivat julkisten ja taloudellisten instituutioiden naapurissa kivitaloissa kaupungin keskustassa. Lähellä asuivat kauppiasporvaristo ja virkamiehet, pieneläjät kaupungin laidoilla. On kuitenkin huomattava, että kaupunkiväestön osuus oli 1800-luvun ja 1900-luvun vaihteessa vain 12,5 %. Suurin osa

⁶⁹ Kahri, E. & Pyykkönen, H. (1994), op.cit.: s. 97, 109 - 111 ja Lilius, H. (1984), op.cit.: s. 89 - 104.

väestöstä sai elantonsa maataloudesta. Maaseudun asutus olikin suomalaisen asuntopoliitiikan keskeisiä lohkoja 1800-luvun lopulta aina 1950-luvulle. Suomen ensimmäisenä asuntopoliitikkona ja -ideologistina voidaan pitää kirjailija Zacharias Topeliusta, joka pyrki parantamaan köyhien asunto-oloja.⁷⁰

1900-luvun vaihde, kansallisromantiikka ja jugend

1800-luvun loppuvuosina kyllästyttiin arkkitehtuurin tyylikertauksiin. Havaittiin myös tekniikan nopea kehitys ja alettiin vaatia rakennustaiteen uusimista. Uudet teknilliset keksinnöt, kuten sähkövalaistus, vesijohto, viemäröinti, keskuslämmitys, hissit ja puhelimet, yleistyivät vuosisadan vaihteessa ja asettivat uusia vaatimuksia rakentamiselle. Samoin uudet materiaalit, teräs ja betoni, synnyttivät uusia haasteita. Uudistamisajatukset saivat Camillo Sitten romanttisen, esteettisiä seikkoja ja luontoa korostavan kaupunkisuunnitteluteorian omaksumisen vaikutuksesta jalansijaa myös kaupunkisuunnittelun alalla. Kerrostalorakentamisessa kauden asemakaavallisia uutuuksia olivat tiukan suorakulmaisesta korttelirakenteesta luopuminen, suurpihakorttelit ja sisäisten rakennusrajojen käyttäminen. Kerrostaloasuminen yleistyi entisestään, ja asuntoyhtiöjärjestelmän kehittyttyä myös työväestöä alkoi siirtyä heitä varten suunniteltuihin kivisiin kerrostaloihin.⁷¹

1900-luvun vaihteen jugendia voidaan pitää kerrostalokehityksemme huippu-aikana. Luontoa ihannoivat kansalliset ja romanttiset tyylivirtaukset välittyivät rikastuttavalla tavalla arkkitehtuurimme tyylipiirteisiin. Muotorunsautta suosivalla muutoksella oli myös funktionaalinen tarkoituksensa: rakennusten suurten runkosyvyyksien haittoja yritettiin vähentää rungon sisäänvetojen, syvennysten ja erkkereiden avulla. Asuntosuunnittelua leimasi funktionaalinen ajattelu, mutta samalla ratkaisut olivat ilmavia, valoisia, vapaasti käsiteltäviä ja voimakkaan muototahdon sävyttämiä. Rakennusten massoittelemisen ohella kehittyi hyvin pitkälle myös materiaalien ja detaljien taiteellinen käsittely. Rakennusteknilliset ratkaisut eivät paljoakaan vaikuttaneet jugendin suunnitteluperiaatteisiin, vaikka esimerkiksi rautabetoni yleistyi ja alkoi vähitellen syrjäyttää puurakenteita välipohjissa juuri jugendin ajanjaksolla. 1900-luvun vaihteessa käytetyt rakennustavat ja muotomaailma soveltuivat hyvin suurten edustusasuntojen ja kivisten kaupunkitalojen rakentamiseen.⁷²

Asuntopoliittinen keskustelu oli vilkasta 1900- ja 1910-luvuilla. Vuosisadan alkua voidaankin pitää suomalaisen asunto-ideologian kulta-aikana. Tuolloista asuntopoliitiikkaa leimasivat erityisesti rakentamisen tekniset innovaatiot (varustelu), luonnontiede ja lääketiede. Erityisen aktiivisesti toimi muun muassa vuonna 1910 perustettu Yhdistys yleishyödyllisen rakennustoiminnan edistämiseksi eli vuodesta 1920 lähtien Asuntoreformiyhdistys. Yhdistyksen yhtenä perustajana oli J. K. Paasikivi.⁷³

⁷⁰ Juntto, A. (1990), op.cit.: s. 59 - 61, 70 - 75.

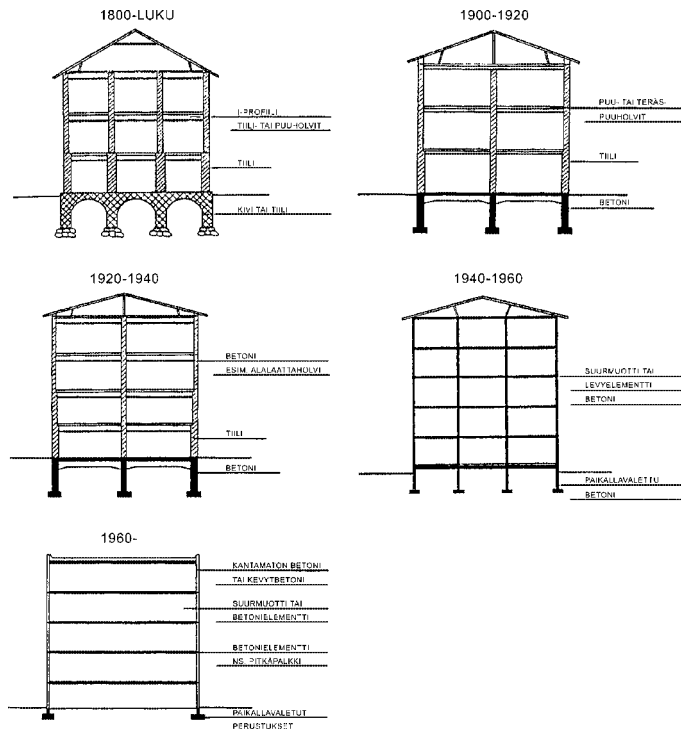
⁷¹ Saanilahti, K. (1996), op.cit.: s. 91 - 95.

⁷² Kahri, E. & Pyykkönen, H. (1994), op.cit.: s.114, s. 117 - 122, ja Mäkiö, E. et al. (1990) Kerrostalot 1940 - 1960. Rakennustietosäätiö, Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen rakennuslaboratorio ja Rakennuskirja Oy. WSOY:n graafiset laitokset, Porvoo: s. 14.

⁷³ Juntto, A. (1990), op.cit.: s. 98 - 100.

1920-luvun klassismi

1920-luvulla suomalaisessa kaupunkisuunnittelussa nousi keskeiseksi periaatteeksi pyrkimys yhtenäiseen kaupunkikuvaan. Toinen tyypillinen piirre oli sosiaalisen aspektin korostaminen, johon merkittävimpanä syynä voidaan pitää ensimmäisen maailmansodan aiheuttamaa asuntopulaa. Sosiaalinen rakentaminen yleistyi, ja työväestöä siirtyi yhä enemmän asumaan kerrostaloihin. Tällöin syntyi uusi työväen kerrostalotyyppi, jossa oli sekä keskikokoisia että pieniä asuntoja tai ainoastaan pienehköjä asuntoja. Vanhoissa kaupunginosissa



Kuva 2.2.3.5 Kerrostalon kantavan rungon kehitys 1800-luvulta lähtien.

kerrostalojen runkosyvyydet olivat vanhojen kaavojen ja rakennussäädösten vuoksi vielä verrattain suuria (15 - 16 m), mikä aiheutti asuntojen pienentyessä ongelmia asuntosuunnittelussa. Syvärunkoisissa rakennuksissa saniteetti- ja säilytystilat ajautuivat yleensä rungon keskelle sydänmuurin tuntumaan, mikä teki asuntopohjista usein varsin sokkeloisia. Sen sijaan työväen tarpeisiin rakennetut uudet kerrostalot olivat pienihuoneistoisia, ja niiden rakennusrunko saattoi kaveta jopa 10 - 12 metriin.⁷⁴ Klassismin aikakaudella kerrostalojen runkosyvyydet yleisesti kapenivat ja pohjaratkaisut muuttuivat muodoltaan yksinkertaisemmiksi.

1920-luvun kerrostalot edustivat vaatimatonta ja mutkatonta arkkitehtuuria. Esikuvia otettiin muun muassa saksalaisesta, ruotsalaisesta ja tanskalaisesta arkkitehtuurista. Kaupunki-kerrostalojen yleisinä julkisivumateriaalina olivat tumma punatiili ja kalkkimaalattu rappaus.

⁷⁴ Saanilahti, K. (1986), op.cit.: s. 100 - 105.

Sekä rapatuissa että punatiilisissä kerrostaloissa oli tavallista, että alin kerros käsiteltiin muista kerroksista poiketen eri tavoin rapatuksi jalustaksi. Kerrostalon rakenteisiin 1920-luku ei varsinaisesti tuonut mitään uutta. Kantavat rakenteet tehtiin yleensä tiilestä, joskin sydänmuurin sijaan alkoi ilmestyä myös betonikonstruktioita. Yleisin välipohjarakenne oli betoninen alalaattaholvi. Keveiden väliseinien rakenteissa käytettiin sekä vuosisadan alussa kehitettyjä että uusia massaseinäarakenteita. Vesijohto, WC, viemäri ja sähkövalo kuuluivat jo jokaiseen kerrostaloasuntoon. Kylpyhuone tehtiin kaikkiin keskiluokan kerrostaloihin, muttei vielä yleensä työväen asuintaloihin. Keskuslämmitys alkoi olla 1920-luvulla yleisin kerrostalojen lämmitysjärjestelmä.⁷⁵ Rakennustaiteellisesti 1920-luvun klassismi oli paluuta vanhaan. Aikakauden ehkä merkittävin esimerkkialue on Helsingin Puu-Käpylä, jonka arkkitehtuurissa ilmenee selvä liittyminen talonpoikaiseen puurakennusperinteeseemme.⁷⁶

Kun vuokrasäännöstely loppui vuonna 1922, asuntojen vuokrataso nousi nopeasti aina vuoteen 1930 saakka. Kun korkotaso samalla aleni, asuinkiinteistöistä tuli hyviä sijoituskohteita. 1920-luvun lopulla vakiintui myös niin kutsuttu grynderijärjestelmä, jossa rakennuttajana ja rakentajana on sama taho. Yksiö- ja kaksioasuminen yleistyivät huomattavasti kerrostalorakentamisen vuoksi.⁷⁷

1930-luku, funktionalismi

Suomessa funktionalismin käsite vakiintui yleiskieleen vasta 1930-luvulla, vaikkakin suomalaisen funktionalismin pyrkimykset ja ohjelma olivat muotoutuneet jo 1920-luvun uuden suunnan keskeisiä kysymyksiä käsitelleessä keskustelussa. Funktionalismi kritisoi menneiden vuosikymmenten pinnallista tyyliin vaihtelua sekä vaati syvällisempää ja yhteiskunnan todellisuuteen perustuvaa arkkitehtuuria. Funktionalismin keskeisiksi tavoitteiksi asetettiin soveltaa koneellisen tuotannon esteettisiä mahdollisuuksia rakennustaiteessa sekä toisaalta alleviivata rakennustaiteen yhteiskunnallisia tehtäviä. Asuntojen ja uusien asuinalueiden suunnittelussa painotettiin valoisuutta, terveellisyyttä ja luonnonläheisyyttä. Tämä johti totutuista umpikortteleista rakennusten avoimeen sijoittamiseen maastoon, mikä merkitsi myös selvän katutilan häviämistä kadusta tuli ennen kaikkea liikenneväylä.⁷⁸ Asunto-ongelmia tutkittaessa standardisointia ja rationalisointia pidettiin tärkeänä tekijänä halvempaan rakentamiseen pääsemiseksi. On huomattava, että funktionalismiin vaikutti myös asutuskeskustemme nopea kasvu. Asutuspulaa yritettiin poistaa tuottamalla nopeasti ja halvalla tyydyttäviä perusasuntoja. Uusi ajattelu herätti myös vastustusta. Halventavasti puhuttiin esimerkiksi ”laatikkoarkkitehtuurista”.⁷⁹ Funktionalismi korosti myös kansainvälisyyttä. Johtavana hahmona funktionalismin kaupunkisuunnitteluideologian kehittäessä oli Le Corbusier. Uusia ajatuksia levittivät suomalaisille suunnittelijoille ulkomaiset näyttelyt ja kongressit. Suomen kannalta tärkeimmät olivat Stuttgartin näyttely 1927, jonka osana oli muun muassa Weissenhof Siedlung sekä Tukholman näyttely vuonna 1930⁸⁰.

Funktionalismin keskeinen teema, asutuskysymys, heijastui kaavoituksen ohella selvästi

⁷⁵ Ibid.: s. 107 - 108.

⁷⁶ Kahri, E. & Pyykkönen, H. (1994), op.cit.: s. 123 - 128.

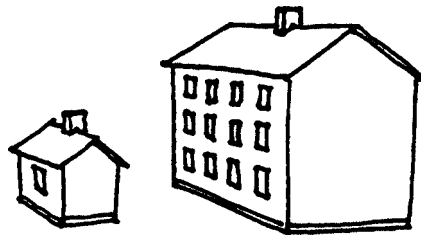
⁷⁷ Junto, A. (1990), op.cit.: s. 148, 150, 160.

⁷⁸ Saanilahti, K. (1996), op.cit.: s. 108 - 109.

⁷⁹ Kahri, E. & Pyykkönen, H. (1994), op.cit.: s 131 - 133.

⁸⁰ Saanilahti, K. (1996), op.cit.: s.110 - 111.

myös asuntojen ja asuintilojen suunnitteluun. Kerrostalon suunnittelussa keskeisenä pyrkimyksenä oli valoisuuden ja terveellisuuden ohella edullisuus, rationaalisuus sekä turhan tilankäytön välttäminen. Funktionalismin suosima kerrostalotyyppeä Suomessa oli vapaasti sijoitettu ja läpituulettuva lamellitalo. Yleensä suosittiin 3- ja 4 -kerroksisia taloja, mutta ihanteena olivat myös 10 - 12-kerroksiset ”asumiskoneet”. Lamellitalon yleisin runkosityvyys oli 9 - 12 m. Satunnaisesti rakennettiin myös yhden portaan pistetaloja. Porrashuoneen ihannetarkoituksiksi vakiintui suorakulmainen ja suorasyöksyinen porras. Ikkunamuodot muuttuivat aikaisempia leveämmiksi ja kapeammiksi. Tiilestä luovuttiin lähes kokonaan julkisivumateriaalina. Funkisajan julkisivut rapattiin yleensä sileiksi ja maalattiin vaaleiksi. Rakennusrungossa kehitettiin erityisesti betonitekniikkaa ja alettiin käyttää rakennejärjestelmää, jossa kantavat poikkiseinät toimivat pystyrakenteina. Näin pystyttiin vapauttamaan julkisivujen aukottamista ja asuntojen väliseinäjärjestelyjä.⁸¹



Kuva 2.2.3.6 1940-luvun pula-ajan kerrostalo on suomalaisen mökin muunnelmä.

1940- ja 1950-luvut, jälleenrakennuskausi ja esiteollinen modernismi

Sota-aika katkaisi Suomessa 1930-luvun kehityksen ja käynnisti sen uudelleen 1940-luvun jälkipuoliskon muuttuneissa oloissa. Pula, energiakriisi, väestön uudelleenasettaminen, jälleenrakentaminen, sotakorvaukset ja standardisointi hallitsivat 1940-lukua, ja rationalisoinnin tarve ohjasi rakentamista koko 50-luvun ajan. 1940- ja 1950-luvut olivat rakennustekniikassa murroksen ja teollistamisen vallankumouksen aikaa, joka päättyi elementtimuotoisen rakentamisen kokeiluun ja sen periaatteiden kehittymiseen 1950-luvun lopulla. Esivalmisteisten osien käyttö vaikutti voimakkaasti myös elinkeinorakenteen muutokseen käsityö sai alkaa väistyä konetekniikan tieltä. Lisäksi tutkimus tuli mukaan vaikuttamaan rakentamisen kehitykseen. Tähän ajanjaksoon kuului myös yhteiskunnan tukeman asuntotuotannon alkaminen.⁸²

1940-luvulla asutustoiminnan ja asuinrakennustoiminnan painopiste siirtyi kaupungeista maaseudulle. Maaseudun rakentaminen alkoi kuitenkin 1940-luvun lopulla nopeasti vähentyä, ja 1950-luvun lopulla se oli tasaantunut runsaaseen kolmannekseen huippukaudestaan. Asuntotuotantomme kokonaisvolyymi pysyi 1950-luvulla lähes ennallaan rakentamisen painopisteen siirtyessä jälleen kaupunkiin. Sodan jälkeen vuonna 1949 perustettu ARAVA-järjestelmä vaikutti ratkaisevalla tavalla asuntorakentamisemme kehittymiseen. Aluksi sen tehtävät liittyivät lähinnä valtion rahoitustuen hoitamiseen, mutta vähitellen asuntojen suunnittelun ja rakentamisen ohjaukseen alettiin kiinnittää yhä enemmän huomiota. Rakennustaiteellisesti jälleenrakennuskauden jaksoa voidaan pitää yhtenä Suomen parhaista.

⁸¹ Ibid.: s. 111 - 121.

⁸² Mäkiö, E. et al. (1990), op.cit.: s. 14.

Luonnonläheinen asuntorakentaminen ja suomalainen arkkitehtuuri tulivat myös kansainvälisesti tunnetuiksi.⁸³

1940- ja 1950-lukujen kerrostaloasunnot säilyttivät 1930-luvulla luodun perusjäsentelynsä sekä suurelta osin myös tiukahkon mitoituksen⁸⁴. Tyypillisiä olivat 3- ja 4-kerroksiset lamellitalot sekä pistetalot. Yleisin kerrostalon runkorakennetyyppi oli sekarunko. Ulkoseinät olivat yleensä kantavia tiiliseiniä kun taas keskirungon kantavana pystyrakenteena oli yleensä betonipilaristo. Käytetyin välipohjatyyppejä oli alalaattapalkisto. 1930-luvun lopulla yleistyneitä massiivilaattoja ei juuri käytetty, sillä ne tarvitsivat paljon terästä ja betonia, joista oli puutetta. Rakennusainepula ohjasi etsimään myös uusia ulkoseinäratkaisuja. Perinteisen 2-kiven seinän asemasta alettiin käyttää ohuempia tiiliseiniä, jotka lämmöneristettiin joko sisä- tai ulkopuolelta kevytbetonilla. Eristeenä käytettiin myös puukuitu- ja puulastulevyjä sekä ruoko- ja olkilevyjä. Rappaus oli yleisin tapa käsitellä julkisivua. Myös punatiilen käyttö oli yleistä.⁸⁵

1940-luvun jälkeen puu sai edelleen väistyä kerrostaloissa kivirakentamisen tieltä. Esimerkiksi Helsingissä ei rakennettu 1940- ja 1950-luvuilla enää ainoatakaan kaksikerroksista hirsitaloa. Muutamia rankorakenteisia kaksikerroksisia puurankotaloja sen sijaan rakennettiin. Vuosina 1940 - 60 Helsinkiin rakennetuista 1441 asuinkerrostaloista vain 3 % oli puurakenteisia, ja suurin osa niistä valmistui sotien jälkeen vuosina 1948 - 49. Oulussa puurakenteisia kerrostaloja rakennettiin 1940- ja 1950-luvuilla reilut 20 kpl. Kivirakenteisia asuinkerrostaloja valmistui Ouluun vuosina 1940 - 60 noin 140 kpl.⁸⁶ Kivirakenteisissa kerrostaloissa puuta käytettiin lähinnä parvekkeiden kaiteissa, joskin suurempiakin julkisivun osia saatettiin joskus tehdä puusta.

1960- ja 1970-luvut, teollinen rationalismi

1960-luvulla jatkui voimallisena jo 1950-luvulla alkanut maaltapako, jossa väestö pyrki siirtymään haja-asutusalueilta kaupunkeihin ja asutuskeskuksiin. Tilannetta helpottamaan säädettiin muun muassa asuntotuotannon verohuojennuslaki, jonka avulla asuntorakentamiseen saatiin kanavoitumaan sijoittajien varoja. Tämän ansiosta asuntotuotanto saatiin kääntymään jyrkkään nousuun. Hankekohtaisten rakentajien tilalle astuivat pysyvät rakennusalan liikeyritykset, joiden tuli turvata oman toimintansa jatkuvuus. Rakennusliikkeet alkoivat investoida rakentamista nopeuttavaan elementtitekniikkaan sekä aluerakentamisen kannalta välttämättömiin maahankintoihin. Vastuu asuntotuotannon toteuttamisesta, sen rahoituksesta, markkinoinnista sekä asuntojen ja ympäristön laadusta siirtyi tällöin pääosin rakentajille kuntaorganisaatioiden jäädessä valtavan kasvukauden paineissa kehityksen jalkoihin. Asuntorakentamisessa tapahtui yleinen tasonlasku. Arkkitehtuurin kannalta tuhoisimpia olivat jäykän tyyppilamelliajattelun kehittyminen sekä ulkoseinän monotonisen reikäelementin valikoituminen elementtitehtaiden valtatuohteeksi.⁸⁷ Arkkitehti- ja suunnittelijakunta tunsivat itsensä syrjäytetyiksi ja turhautuneiksi. 1970-luvun alussa alkoi yleisö esittää yhä laajempaa kritiikkiä kerrostalorakentamisen valtavirtaa kohtaan puhuttiin kritisoiden ”lättähattuarkkitehtuurista”. Vastareaktionä maamme pientalotuotanto alkoi nopeasti voimistua 1970-luvulla. Suomen pientalotuotannossa markkinointiin ja valmistukseen liittyvät näkökohdat muodostuivat dominoiviksi, minkä vuoksi maamme

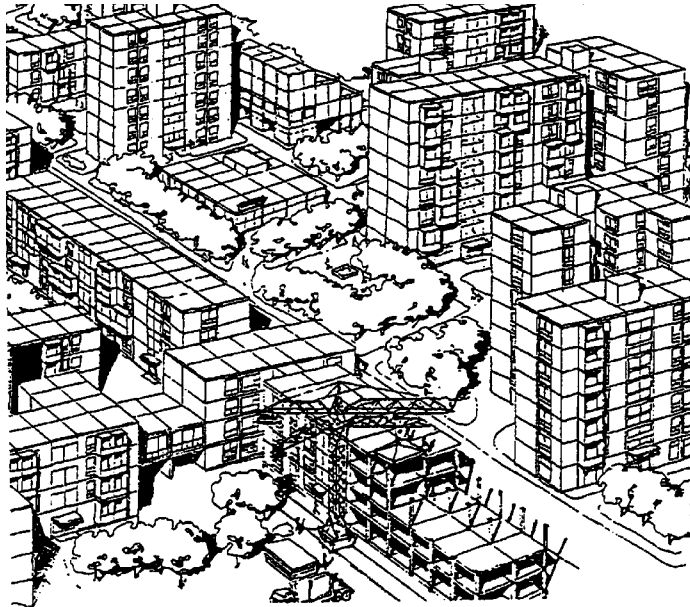
⁸⁵ Saanilahti, K. (1996), op.cit.: s. 127 - 128.

⁸⁶ Mäkiö, E. et al. (1990), op.cit.: s. 11 - 12.

⁸⁷ Kahri, E. & Pyykkönen, H. (1994), op.cit.: s. 144 - 145.

kehittyi suuri ja kirjava joukko erilaisia omakotitalon tyyppiratkaisuja.

1960- ja 1970-luvuilla asumisen toiminnalliset ratkaisut eivät sanottavasti muuttuneet. Sen sijaan kerrostalojen yleisilme köyhtyi. Kerrostalorakentamiseen kehiteltiin avoimia rakennusjärjestelmiä, minkä seurauksena syntyivät pitkälaattajärjestelmä (BES) ja pilarilaattajärjestelmä (PLS). Arkkitehdit kannattivat yleisesti PLS:ää, jonka kuitenkin käytännössä BES syrjäytti.⁸⁸ Teollisen rationalismin kauden yleisin asuinkerrostalon runkotyyppejä oli niin kutsuttu kirjahyllyrunko, joka muodostui kantavista teräsbetoniseinistä ja teräsbetonisista väli- ja yläpohjista. BES-järjestelmä suosi mitoituksessa moduulijattelua. Ulkoseinät olivat lähes säännöllisesti betonisia sandwich-elementtejä. Elementtirakentamisen alkuaikoina 1960-luvun alkupuolella arkkitehdit suosivat nauhajulkisivuja. Nauhajulkisivu ei kuitenkaan ollut luonteva pohjaratkaisun kannalta, mikä pakotti katkomaan ikkunanauhaa. Tuotantotekniikkaan sopeutuminen syrjäytti vähitellen julkisivuaukotuksen nauha- ja puolinauha-ajattelun ja johti lopulta käyttämään lähes yksinomaisesti ruutuelementtejä, joiden kokoa vielä rajoitti kuljetustekniikka ja nosturien suorituskyky. Kerrostalojen julkisivumateriaaliksi vakiintui betoni erilaisine käsittelyineen. Parvekkeet olivat yleensä itsekantavia parveketorneja. Asuntojen väliseinät olivat muurattuja rakenteita tai keveitä puu- tai metallirunkoisia levyseiniä. WC- ja kylpyhuonetiloissa otettiin käyttöön myös esivalmisteiset tilaelementit. Tasakattojen yleistyminen toi käyttöön kevytsoralla tai kevytsorabetonilla lämmöneristetyt ja bitumihuovalla katetut yläpohjat.⁸⁹



Kuva 2.2.3.7 Perspektiivipiirros, jonka avulla markkinoitiin BES- ja PLS-elementtijärjestelmiä asuntotuotannossa. Havainnepiirros on toteutunut lukuisissa lähiöissä eri puolella Suomea.

⁸⁸ Ibid.: s.149.

⁸⁹ Saanilahti, K. (1996), op.cit.: s. 146 - 147.

1980-luku, jälkiteollinen rakentaminen

1980-luvun taitteessa alkanutta rakentamiskautta leimasi pyrkimys päästä eroon tehokkaan elementtikauden yksitoikkoisista muodoista sekä 1970-lukua virikkeellisemmän arkkitehtuurin etsintä. Sekä asuinrakentamisen määrällinen pieneneminen että talouden kasvu antoivat arkkitehdeille aiempaa suuremman vapauden toteuttaa näkemyksiään. Tämä vaikutti selvästi myös asuinkerrostalojen ulkoiseen ilmeeseen, vaikkei se tuonut mitään radikaalia uutta niiden sisällöllisiin ratkaisuihin. Vuosikymmenen kuluessa järjestettiin runsaasti asemakaava- ja aatekilpailuja, jotka kuitenkin keskittyivät pienehköjen paikkakuntien keskustoihin, pientaloalueisiin tai pienten alueiden järjestelyihin. Kerrostalorakentamisella ei ollut niissä keskeistä sijaa, joskin vilkas kilpailutoiminta tarjosi mahdollisuuden pohtia myös kerrostalorakentamisen ratkaisuja. Tällaisia suunnittelukilpailuja olivat esimerkiksi Ruoholahden, Vuosaaren, Pikku-Huopalahden, Herttoniemen ja Oulun Myllytullin kilpailut. Kilpailujen yleisenä piirteenä voidaan mainita, että palkintolautakunnat suosivat umpikortteliratkaisuja, varsinkin keskustojen kerrostaloalueilla ja vanhojen ruutukaava-alueiden läheisyyteen rakennettaessa.⁹⁰

1980-luvun kerrostalot olivat pääosin elävästi massoiteltuja, ja niiden julkisivujen käsittely oli vapautunutta. Rakennusten pohjamuotoa ja runkosyvyyttä varioitiin vilkkaasti verrattuna aikaisempiin vuosikymmeniin. Myös pystyleikkaukseen pyrittiin saamaan vaihtelua ylimmän ja alimman kerroksen erilaisella käsittelyllä sekä kattomuotoja vaihtelemalla. Tavallista oli myös rakennuksen korkeuden vaihtelu rungon pituussuunnassa. Julkisivujen tasopinnat saivat myös rikkaan ilmeen, kun elementtiteollisuuden kahlitsemasta vakiokokoisten ikkunoiden rytmityksestä haluttiin päästä tietoisesti eroon. Julkisivujen materiaaliskaala rikastui, ja aiempaa rohkeampi värien käyttö tuli mukaan arkkitehtuuriin. Tyypillistä kerrostaloarkkitehtuurille oli myös parvekeaiheiden käyttö julkisivun jäsentelyssä. 1980-luvulla kerrostalojen runkorakenteeksi vakiintui melkein yksinomaan kantavien betoniseinien ja ontelolaattavälipohjien järjestelmä. Rakennejärjestelmää sovellettiin kuitenkin huomattavasti vapaammin kuin edellisen vuosikymmenen rakentamiskaudella.⁹¹

1980-luvun Suomea pidettiin yleisesti hyvinvointivaltiona, jonka kasvuvaiheen avainsanoina olivat tasa-arvo, edistys ja julkisen vallan vastuu kansalaisten sosiaalisista oikeuksista. Asuntopolitiikka muuttui pankkien ja valtiovallan sosiaalipolitiikaksi. Merkittävänä ohjaajana oli vuonna 1976 valmistunut ja vuoteen 1985 saakka ulottunut valtion asuntopoliittinen ohjelma. Asuntorakentamiseen ehkä voimakkaimmin vaikuttanut tekijä oli kuitenkin rahamarkkinoiden vapautuminen. 1980-luvulla siirryttiin asteittain pois kansallisesta rahoitusjärjestelmästä, ja neljäkymmentä vuotta kestänyt korkotason säätely loppui vuonna 1987. Asunnonostajille tarjottiin hyvin pitkäaikaisia asuntolainoja ja kokonaislainoitusta. 1980-luvun ongelmaksi muodostui kustannuskriisi. Esimerkiksi Helsingissä vuonna 1988 asuntojen hintataso nousi peräti 40 %. Samaan aikaan pääkaupunkiseudulle suuntautunut muuttoliike aiheutti sen, että pääkaupunkiseudun asuntohinnat eriytyivät pysyvästi muuhun maahan verrattuna.⁹²

⁹⁰ Ibid.: s. 148 - 149.

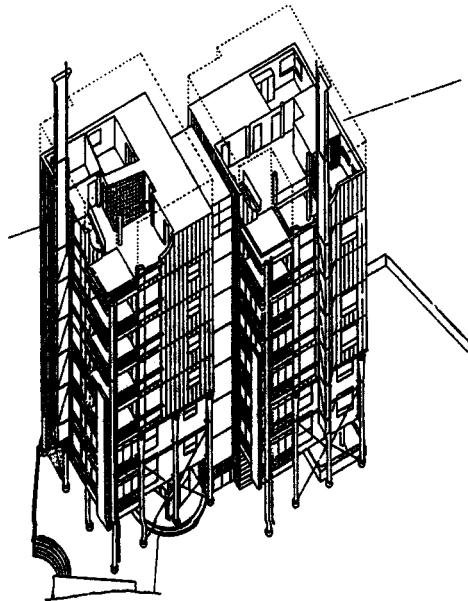
⁹¹ Ibid.: s. 151 - 152.

⁹² Juntto, A. (1990), op.cit.: s. 299, 303, 307, 315, 330.

1990-luku, rakennusalan lama ja puukerrostalorakentamisen alkua

1990-luvun alkupuoli oli asuntorakentamisessa syvän laman aikaa, kun edellisen vuosikymmenen suotuisa taloudellinen kehitys kääntyi 1990-luvun alussa jyrkkään laskuun. Asuntorakentaminen seurasi talouden suhdanteita. Varsinainen rakennusalan romahdus tapahtui vuosina 1991 ja 1992.⁹³ Tämän väitöskirjatutkimuksen kirjoittamisen kuluessa uuden vuosituhannen vaihteessa rakentamisen lamatilanne on vähitellen korjaantunut valoisampaan suuntaan, joskin jälleen uuden laman merkkejä on ollut nähtävissä vuoden 2001 kuluessa.

Asuntorakentamisen alalla muutokset olivat 1990-luvulla samansuuntaisia kuin 1980-luvulla. Yleisesti suosittiin yksilöllistä, pienimuotoista rakentamista. Tästä olivat osoituksena esimerkiksi asuntomessujen omakoti-, rivi- ja pienkerrostalojen tarjonta. 1990-luvun arkkitehtuuri muodostui hieman edellistä vuosikymmentä hillitymmäksi. Osasyynä tähän oli ihmisten vastareaktio 1980-luvun muoto- ja materiaalirunsaudelle kuin osaltaan myös lamavuosien rakentamisen tiukat kustannuspaineet. Asunto- ja kerrostalorakentamiseen vaikuttivat 1990-luvun loppupuolella myös rakentamismääräysten muutokset, kuten vaatimus 3,0-metrin kerroskorkeudesta (1994 -), uudistuneet palomääräykset (1997 -), tiukentuneet ääneneristysmääräykset (1998 -), uudet kosteusmääräykset ja -ohjeet (1999 -) sekä valmisteilla ollut uusi maankäyttö- ja rakennuslaki (2000 -). Lisäksi 1990-luvun rakentamisen trendeinä olivat muun muassa yleinen ympäristötietoisuus, kestävä kehitys, ekologisuus, elinkaariajattelu ja asukkaiden osallistumismahdollisuus rakennusten suunnitteluun⁹⁴.



Kuva 2.2.3.8 Teräsrunkoinen, korkeatasoinen kerrostalo Tampereen Tammelassa vuodelta 1991. Arkkitehtitoimisto 8 Studio Oy.

⁹³ Heikkilä, J. (1996), op.cit.: s. 99.

⁹⁴ Andersson, K. & Juntto, A. (toim.) (1993), op.cit.: s. 53, 61, 68, 71 75, 93.

1990-luvun kerrostalorakentamisessa betoniteknologian rinnalle ilmaantui myös muita vaihtoehtoja. Muutos koski sekä rakennusten kantavaa runkoa että julkisivuja. Vaihtoehtoisiksi ratkaisuksi esitettiin terästä ja puuta. Niiden etuina massiiviseen betonirakentamiseen verrattuna pidettiin esimerkiksi rakennuksen ja rakenteiden keveyttä, rakenteiden paksuuden pienentämistä (mahdollinen pinta-alasäästö), kuivaa rakennustapaa, lyhyttä rakentamisaikaa ja talvirakentamisystävällisyyttä. Puun tuomista kerrostalorakentamiseen perusteltiin muun muassa ekologisuudella, kerrostalojen yleisilmeen pehmentämisellä ja arkkitehtuurin uudistumisella. Teräksen lisäetuina pidettiin yleisesti mittatarkkuutta, täsmällisyyttä ja siroja detaljeja. Perinteisesti teräs on ollut hallimaisten rakennusten materiaali, mutta viime aikoina sen käyttö on laajentunut myös muihin rakennustyyppeihin. Osoituksena tästä on esimerkiksi se, että teräksen osuu kaikkien rakennusten kantavista rakenteista oli 1980-luvun alussa 5 % ja 1990-luvun alussa yli 15 %. Teräsrunkoisia asuinrakennuksia oli Suomessa vuoden 1994 alkuun mennessä rakennettu seitsemän.⁹⁵ Teräsrakenteisten kerrostalojen tuotekehittäminen on edesauttanut osaltaan myös puurakentamisalaa, sillä niiden edut ja haitat keveinä rakennusmateriaaleina ovat samansuuntaisia. Teräksen ja puun yhteisinä piirteinä kerrostalorakentamisessa voidaan pitää muun muassa pilari-palkkiratkaisuja, monikerrosrakenteita ja palo- ja ääneneristystekniikkaan sekä esivalmistukseen liittyviä kysymyksiä.

2000-luku, kehitysnäkymiä

Arkkitehti Jari Heikkilä on väitöskirjassaan kirjannut selviä kehittämistarpeita kerrostaloihin ja kerrostaloasumiseen: Asuntojen yksityisyyden lisääminen asuntojen ääneneristävyttä parantamalla, asuntokohtaisten ulkotilojen ja yhteistilojen kehittäminen, millä tuetaan asukkaan sosiaalista sitoutumista asuinyhteisöön. Myös ikääntyvän väestön ja liikuntaesteisten tarpeet tulee ottaa huomioon.⁹⁶ Näihin kehitystarpeisiin on helppo yhtyä. Ympäristöministeriö ja Teknologian kehittämiskeskus ovat rahoittaneet jo 1990-luvulta alkaen Miljöö 2000 -projektia, jossa on haettu hyvän kaupunkiympäristön ideoita teknisen kehityksen suuntaamista varten. Projekti on keskittynyt asuinkestoaloihin, koska pientaloympäristöissä käyttäjillä on perinteisesti ollut itsellään suurempi vaikutusmahdollisuus asuntoonsa ja pihapiiriinsä. Projektilla on pyritty hakemaan vaihtoehtoja vallalla oleville kerrostalojen rakennustavoille. Vaihtoehtoja on haettu tietoisesti erityisesti rakennusjärjestelmiin, materiaaleihin, teknisiin järjestelmiin ja työvaiheiden kulkuun. Lisäksi on korostettu asuntojen muunneltavuutta.⁹⁷

Puualan professori Eero Paloheimo on julkisuudessa esittänyt kritiikkiä kerrostalorakentamista vastaan. Hänen mukaansa uusia kerrostaloja ei tarvitsisi rakentaa lainkaan, sillä ihmiset haluaisivat kaikkein mieluummin asua pientaloissa. Pientalovaltaisuuden lisäämistä on toisaalta kritisoitu kaavoituksen hitaudella sekä tonttimaan ja kunnallistekniikan kalleudella. Valtakunnallisessa Moderni puukaupunki -hankkeessa, esimerkiksi Oulun Puu-Linnanmaalla, on ollut testattavissa, että tyyppillisten väljien 3-, 4- ja 5-kerroksisten kerrostaloalueiden tehokkuuteen ($e = 0,5 - 0,6$) päästään myös tiiviin 2- ja 3-kerroksisen

⁹⁵ Heikkilä, J. (1996), op.cit.: s. 100.

⁹⁶ Ibid.: s. 37.

⁹⁷ Kaipiainen, M. (1993) Artikkel: Asumisen laatu uustuotannossa 1990-luvulla. Julkaisussa: Andersson, K. & Junnto, A. (toim.) (1993) Asumisen tulevaisuus, asuntopolitiikan ja rakentamisen vaihtoehdot. Asuntohallitus. Rakennusalan kustantaja. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä: s 63.

pienkerrostalorakentamisen avulla. Tiiviisti rakentaminen edellyttää kuitenkin alueiden tavanomaista huolellisempaa suunnittelua.⁹⁸ Myös Paavo Lipposen hallituksen asuntopoliittiseen strategiaan vuosille 2000 - 2003 on kirjattu: ”*Ihmisläheistä tiivistä pientaloasumista pyritään lisäämään ja kerrostaloasumisessa suositaan rakennuskooltaan pienimuotoisia kaupunkimaisia aluekokonaisuuksia.*”⁹⁹

Suomen asumistilastoja ja asuntopoliittikkaa sekä niiden muutoksia tarkasteltaessa voidaan ennustaa, että kerrostalorakentamisesta ei tulla lähitulevaisuudessa luopumaan kokonaan. Sen sijaan puurakentamisella voisi hyvine ratkaisuineen olla annettavaa suomalaiselle asuntorakentamiselle, niin pientaloille kuin 2-, 3- ja 4-kerroksisille kerrostaloillekin. Aiemmin puu oli palosyistä automaattisesti poissuljettu yli kaksikerroksisissa rakennuksissa. Palomääräysten muututtua on tullut mahdolliseksi rakentaa ulkoasultaan yhtenäisiä puumiljöitä rakennuksista, joiden kerrosluku on neljä tai tämän alle. Tilastojen valossa puisten kerrostalojen mahdollisuudet näyttäisivät varsin potentiaalisilta, koska kaikista Suomen kerrostaloista 5-kerroksisten ja tätä korkeampien osuus on vain reilu viidennes¹⁰⁰. Puukerrostalot voisivat olla luonteva vaihtoehto myös vanhojen, säilyneiden puumiljöiden täydennysrakentamisessa. Uuden maankäyttö- ja rakennuslain hengessä on myös erityisen tärkeää, että tulevien asukkaiden toiveet otetaan huomioon.



Kuva 2.2.3.9 Oulun Puu-Linnanmaan alue rakenteilla, lokakuu 2000.

⁹⁸ Kaipainen, M. (1998) Tiivis ja matala puurakentaminen. Suomen ympäristö 270. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. Oy Edita Ab. Helsinki: s. 9, 46 - 47.

⁹⁹ Ympäristöministeriö (2000) Hallituksen asuntopoliittinen strategia, loc.cit.

¹⁰⁰ Lähde: Tilastokeskus (2000), loc.cit.

2.3 Puukerrostalojen kehitys ja lähihistoria muissa maissa

Suomalaisen puukerrostalon kehitysprosessin valaisemiseksi on syytä tehdä lyhyt katsaus puukerrostalorakentamisen kehitykseen ja lähihistoriaan myös muissa maissa. Vertailukohteiksi on valittu Pohjois-Amerikka, Iso-Britannia, Manner-Eurooppa ja Pohjoismaat.

Puurakentamisperinne on ollut aina vahva maapallon pohjoisissa osissa, kuten Pohjois-Amerikassa, Japanissa ja Pohjois-Euroopassa. Eteläisellä pallonpuoliskolla puuta on käytetty runsaasti rakentamiseen erityisesti Australiassa ja Uudessa-Seelannissa.¹⁰¹ Viime aikoina puun arvostus ja puurakentaminen ovat lisääntymässä myös Ranskassa, Saksassa, Sveitsissä, Itävallassa, Benelux-maissa, Iso-Britanniassa¹⁰², Turkissa ja Kreikassa.

2.3.1 Puukerrostaloperinne Pohjois-Amerikassa

Puun käyttö asuntorakentamiseen on hyvin suosittua Pohjois-Amerikassa. Yhdysvalloissa rakennetaan vuosittain 1,3 - 1,6 miljoonaa asuntoa, joista noin 70 % tehdään puurakenteisina.¹⁰³ Yhdysvaltojen ja Kanadan länsirannikolla tehdään 3 - 5-kerroksisista asuinrakennuksista jopa 90 % puurakenteisina. Puiset kerrostalot ovat mahdollisia aina kuuteen kerrokseen saakka, mikäli rakennuksissa käytetään sprinklausta. Puurakentamisen suosion syynä on se, että Amerikassa sillä päästään 20 - 30 %:n kustannusetuun tavanomaiseen betonirakentamiseen verrattuna¹⁰⁴. Puukerrostalorakentaminen on Pohjois-Amerikassa pääosin sosiaalista asuntotuotantoa. Varakkaimmat ihmiset asuvat väljemmin rivi- ja omakotitaloissa, jotka nekin rakennetaan yleensä puurunkoisina. Yhdysvaltalaisen asunnon keskimääräinen koko on 187 m².¹⁰⁵ Puukerrostalojen asunnot ovat tätä pienempiä, keskimäärin 97 m². Puukerrostalot ovat yleisesti keskikäytävätiloja. Pohjoisamerikkalaisista puukerrostaloista löytyy hyviä esimerkkejä länsirannikolta, esimerkiksi Los Angelesista, Seattlesta ja Vancouverista. Amerikkalaisen puukerrostalon teko perustuksista ulkovalmiiksi kestää noin 16 viikkoa. Kerrosten lukumäärä ei ole kustannusmielessä oleellista vaan huoneistojen lukumäärä (volyymietu). Pohjois-Amerikassa markkinat ja kilpailutilanne vaikuttavat enemmän asuntojen hintatasoon kuin esimerkiksi Pohjoismaissa.¹⁰⁶

¹⁰¹ Manninen, J. (1987) Puu ja puutuotteet rakennustarvikkeina. Puuinformaatio ry. & Rakentajain Kustannus Oy, Helsinki: s.9-10.

¹⁰² Siikanen, U. (1998) Puurakennusten suunnittelu. 4. painos. Rakennustieto Oy. Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala 1998: s. 19.

¹⁰³ Viljakainen, M. (1996) Platform-frame, Pohjoisamerikkalainen puurakennejärjestelmä. TTKK, Arkkitehtuurin osasto, Rakennussuunnittelun laitos, Julkaisu No 20. Tampere. Tekes, Mikkelin yksikkö. Vammalan Kirjapaino: s. 3.

¹⁰⁴ Ibid.: s. 13.

¹⁰⁵ Lähde: Tilastokeskus (2000), loc.cit.



Kuvat 2.3.1.1 ja 2.3.1.2 Amerikassa puukerrostaloja on rakennettu jo 120 vuotta. Vaikka rakennukset ovat puurunkoisia ja puulevyjäykisteisiä, vain noin kolmannes puukerrostaloista saa puuverhouksen.

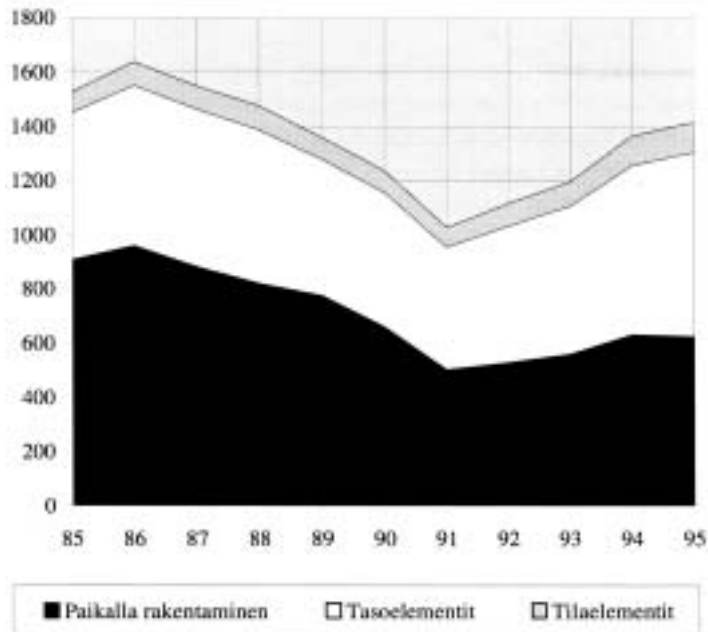
Amerikkalaisella puurakentamisella on pitkä perinne. “Amerikkalainen rakennustapa” eli lautatalo (balloon-frame) syntyi Chicagossa 1832, ja tuote esiteltiin laajemmin Pariisiin messuilla 1867. Teollinen asuntotuotanto on niin ikään lähtöisin Amerikasta.¹⁰⁷ Standardoituja tyyppitaloja on valmistettu Amerikassa jo 1880-luvulta lähtien. Näiden tyyppitalojen rakenne perustui niin kutsuttuun pre-cut-järjestelmään, jossa rakennuksen puuosat toimitetaan työmaalle valmiiksi määrämittaan katkottuina. Pre-cut-järjestelmään perustuva platform-frame-puurakennejärjestelmä on nykyisin yleisimmin käytettävä rakennejärjestelmä pohjoisamerikkalaisessa asuntorakentamisessa. Valtaosa pientaloista ja 3 - 5-kerroksisista kerrostaloista tuotetaan platform-frame-rakennejärjestelmää hyväksi käyttäen. Platform-frame voidaan suomentaa käsitteiksi *katkaistu rankorakenne*, *kerrosrankorakenne* tai *kerroksittainen rakentaminen*.¹⁰⁸ Platform-järjestelmässä kantava seinärakenne pystytetään perustuksen tai alapohjan päältä ja sen jälkeen aina valmiiksi levytetyn välipohjarakenteen päältä. Pystyrakenteet ovat aina kerroksen korkuisia, ja välipohjat toimivat työtasona

¹⁰⁶ Thelandersson, S. (2001) Esitelmä: Wood in structural systems for multi-storey buildings. Konferenssissa: The First European Conference on Wood Architecture and Construction. Malmö, Sweden 29 - 30 May 2001, ja haastattelu 30.5.2001.

¹⁰⁷ Kaila, P. (1996) Artikkel: Laavusta lastulevyyn - suomalaisen puutalon kehitys. Julkaisussa: Rakennettu puusta, Timber Construction in Finland. Suomen rakennustaiteen museo ja Puuinformaatio ry.

¹⁰⁸ Viljakainen, M. (1996), op.cit.: s. 5.

seuraavan kerroksen rakentamiselle. Tällä rakentamistavalla päästään vakiokorkuisiin seiniin ala- ja välipohjien paksuudesta riippumatta, jolloin runkopuutavara voidaan helposti työstää lopulliseen muotoon ja mittoihin ennen työmaalle toimittamista. Platform-tekniikalla rakennettaessa käytetään yleensä normaalia tai sormijatkettua sahatavaraa.



Kuva 2.3.1.3 Eri tuotantotavoilla rakennettujen asuntojen määrät (x 1 000 asuntoa) Yhdysvalloissa vuosina 1982 - 1996.

Platform-järjestelmä soveltuu hyvin myös elementoitavaksi. Yksi yleisimmin käytettävistä sovellutuksista on ns. *panelized*-runkoelementtijärjestelmä, jossa välipohjat ja seinät on koottu valmiiksi tasoelementeiksi. Myös tilaelementtejä (modular-järjestelmä) käytetään amerikkalaisessa rakentamisessa, mutta niiden käyttö on paikalla rakentamista ja tasoelementtien käyttöä selvästi vähäisempää.¹⁰⁹ Tilaelementtijärjestelmän käyttö on kuitenkin lisääntynyt viime aikoina etenkin Amerikan itärannikolla.

Amerikkalaisten puukerrostalojen ääneneristävyys saavutetaan välipohjatason päälle valettavan 10 - 40 mm paksuisen kipsibetonivalun ja paksujen kokolattiamattojen avulla. Märkätiloissa ei käytetä kallistuksia ja lattiakaivoja eikä erillisiä vedeneristyksiä, vaan suihkuveden leviäminen lattialle estetään erillistä suihkuallasta rajaavan suihkuverhon tai suihkukaapin avulla. Myös puukerrostalojen portaat, hissikuilut ja nestekaasukäyttöisten tulisijojen kehikot tehdään puurunkoisina. Sen sijaan julkisivuista vain kolmannes tehdään puuverhoiltuina. Kolmannes tehdään rapattuina ja loput muilla materiaaleilla, kuten muovitai peltipäällysteisinä. Myös puuta ja tiiltä jäljittelevät rakennuslevyt sekä kivirouheella päällystetyt vanerilevyt ovat suosittuja julkisivumateriaaleja. Julkisivujen taustaa ei yleensä tuuleteta.

¹⁰⁹ Ibid.: s. 4.



Kuva 2.3.1.4 Pusia tilaelementtikerrostaloja rakenteilla Bostonissa Yhdysvalloissa kesällä 1997.

Palomääräykset vaihtelevat Pohjois-Amerikassa osavaltioittain. Yleensä 4-, 5- ja 6-kerroksisiin puurakennuksiin vaaditaan asennettavaksi automaattinen sammutusjärjestelmä. Yleisin tapa on kevytsprinklerijärjestelmä, jonka ensisijainen tarkoitus on henkilöturvallisuuden varmistaminen. Kevytsprinklauksen lisäksi asuntoihin asennetaan yleensä savunilmaisimet tai lämpötunnistimet. Palon leviämisen estämiseksi pidetään oleellisena, että rakennusrungossa olevien onkaloiden kokoa rajoitetaan sekä pysty- että vaakasuunnassa. Erityisiä julkisivussa olevia palokatkoja ei käytetä.¹¹⁰



Kuva 2.3.1.5 ja 2.3.1.6 Puujulkisivua jäljittelevät muovipaneelit ovat hyvin yleisiä amerikkalaisissa puukerrostaloissa.

¹¹⁰ Luvussa esiintyvät tiedot perustuvat myös Yhdysvaltoihin ja Kanadaan (Vancouver - Seattle ja New York - Boston) tehtyyn opintomatkaan 1. - 17.8.1997.



Kuvat 2.3.1.7 ja 2.3.1.8 Puujulkisivuisia puukerrostaloja Vancouverissa Kanadassa.

2.3.2 Puukerrostalot Iso-Britanniassa

Iso-Britanniassa 4-kerroksiset kerrostalot ovat kaikkein yleisimpiä. Iso-Britannian palomääräykset muuttuivat huhtikuussa 1990, jolloin puun käyttömahdollisuudet laajenivat kerrostalorakentamisessa. Puurunkoisten rakennusten sallitut enimmäiskorkeudet määritellään eri tavalla Skotlannissa, Englannissa ja Walesissa. Skotlantilaisissa rakentamissääöksissä määritellään, että puurunkoisen rakennuksen ylimmän kerroksen lattiapinta saa olla enintään 11 metriä maanpinnasta, Englannissa ja Walesissa luku on 20 metriä. Huonekorkeuden vähimmäismitta on määritelty 2,4 metriin. Skotlannissa puukerrostalo voi siis olla enimmillään 5-kerroksinen ja Englannissa ja Walesissa 8-kerroksinen.¹¹¹ Puukerrostalot ovat erityisen yleisiä Skotlannissa, jossa 1990-luvun loppupuolella noin 50 - 60 % kaikista aloitettavista asuinrakennushankkeista tehtiin puurunkoisina. Kymmenen vuotta aiemmin osuus oli 40 % ja 1970-luvulla 25 %. Nykyisistä puurunkoisista asuinrakennuksista noin 40 % on 3- ja 4-kerroksisia puukerrostaloja. Skotlantilaiset rakentajat tähtäävät aktiivisesti Englannin asuntorakentamismarkkinoille, jossa puurunkorakentamisen osuus oli vuosituhaten vaihteessa vain vajaa 5 % uusista rakennuskohteista. Puurakentamisen suosimisen peruslähtökohtana on ollut se, että puurunko lyhentää merkittävästi rakennusaikaa ja alentaa näin rakentamisen kokonaiskustannuksia ja antaa hyötyä rakennuttajille. Viime vuosina myös Iso-Britannian hallitus on alkanut suosia puurakentamista ja perustelee sitä muun muassa asuntorakentamisen hintojen alentamisella, tuotantotehokkuudella, kestäväällä kehityksellä ja ympäristöarvojen huomioon ottamisella.¹¹²

¹¹¹ Mackay, Hugh, J. (1996) Esitelmä ja artikkeli: Multi-Storey Timber Frame in the UK. Seminaarissa: Timber Frame Buildings Systems 18 - 19 April 1996. Växjö, Sweden.

¹¹² Mackay, Hugh, J. (1999) Article: Multi-storey timber construction trends in the UK. Pp. 1-7 in Walford, G.B.; Gaunt, D.J. (ed.) Proceedings of the Pacific Timber Engineering Conference Volume 1, 14 - 18 March 1999, Rotorua, New Zealand. *New Zealand Forest Research Institute, Forest Research Bulletin No. 212*. Huom! Iso-Britanniassa 3 - 6-kerroksista rakennuksista käytetään nimitystä ”medium-rise” ja yli 6-kerroksisista rakennuksista ”multi-storey”.

Iso-Britannian puukerrostalojen ratkaisut perustuvat pitkäaikaiseen tutkimus- ja kehittämistyöhön. Puurunkorakentamista on tutkittu erityisesti Iso-Britannian puutaloteollisuuden tutkimus- ja kehitysyksikössä TRADA Technology Ltd:ssä sekä BRE:ssä (Building Research Establishment), joka on maan tärkein rakennus- ja palotekniikan tutkimuslaitos. Skotlannin suurimmat puutalotehtaat ovat olleet mukana Timber Frame 2000 -ohjelmassa, joka on valtiovallan, TRADA Technology Ltd:n, BRE:n ja puutaloteollisuuden yhteisprojekti. TF 2000 -ohjelman näkyvimpänä tuloksena on täysikokoinen 6-kerroksinen koepuukerrostalo, joka on rakennettu BRE:n tutkimushalliin Cardingtoniin. Koetalossa on tutkittu ja testattu puukerrostalon rakenne-, ääni- ja paloteknisiä kysymyksiä. Tavoitteena on ollut pyrkiä yhtenäistämään puukerrostaloja koskevia rakentamismääräyksiä Skotlannissa, Englannissa ja Walesissa. Skotlannissa puutalotehtaat ovat ryhmittyneet yhteen TFIA:ksi (Timber Frame Industry Association), jonka tehtävänä on edistää puurunkorakentamista vaikuttamalla sekä tiedotusvälineihin että suoraan rakennusteollisuuteen.



Kuva 2.3.2.1 Skotlantilaisia kivijulkisivuisia puukerrostaloja Edinburghissa.

Skotlantilaisten rakentajien mukaan puurungon etuja ovat rakentamisen nopeus ja näin saavutettava kustannusetu, mittatarkkuus, joustavuus, hyvä ääneneristys, ekologisuus, hyvä sisäilman laatu ja vähäinen energiankulutus. Puutaloteollisuudella on käytössä pitkälle kehittynyt 3D-teknologia, joka tuottaa niin puurungon kaaviot kuin myös määrälaskentatiedot. Skotlantilaiset puurakentajat arvioivat, että tehokkaan elementtituotannon avulla puukerrostaloja voidaan rakentaa 25 % nopeammin ja 15 - 30 % edullisemmin kuin perinteisiä paikalla rakennettavia kivitaloja. Puurungon pystytysnopeus perustuu siihen, että seinät ja välipohjat ovat elementoituja ja pitkälle tuotteistettuja. Suuretkin kerrostalokohteet rakennetaan kerroksen päivävauhdilla. Kerrostaloja ei tarvitse sprinklata ja puukerrostaloja

ei kohdella tässä suhteessa eriarvoisesti. Puukerrostalojen palonkestävyys on määritelty yhdeksi tunniksi. Puujulkisivut ovat määräyksissä sallittuja, mutta vahvan rakennusperinteen mukaisesti rakennukset verhotaan ulkoapäin yleensä tiilillä tai harkoilla, minkä vuoksi puurungon ja ulkoverhouksen liittymät on suunniteltava huolellisesti. Kaikkien julkisivujen palokatkot hoidetaan seinäverhouksen tuuletusrakoa kaistoittamalla ja kuristamalla julkisivuista ulos työntyviä näkyviä palokatkoja ei käytetä.



Kuva 2.3.2.2 Iso-Britanniassa on vahva kivistämisen perinne. Tämän vuoksi sikäläiset puukerrostalot rakennetaan kivistämiseksi.

Kerrostalorakentamisen ja -asumisen laatutaso on Iso-Britanniassa hieman vaatimattomampi kuin Suomessa. Esimerkiksi Skotlannissa enintään nelikerroksiset asuinrakennukset tehdään yleensä ilman hissiä ja asuntoihin ei kuulu omaa parveketilaa. Huoneistojen välisten seinien ilmastueneristävyyden on oltava vähintään 52 dB (Suomessa nykyinen vaatimus on tiukempi eli 55 dB) ja askeläänien tasoluku saa olla enintään 61 dB (Suomessa on nykyisin tätä 8 dB tiukempi vaatimus eli 53 dB). Ulkoseinissä vaaditut lämmöneristysarvot täyttyvät 100 mm:n rungolla ja lämmöneristepaksuudella. Puukerrostaloissa käytettävät elementit ovat platform-rakentamiseen perustuvia avoimia elementtejä. Rakennusperiaatteet ovat pääosin samoja kuin suomalaisissa puukerrostalokohteissa on käytetty. Rakentamistarvikkeissa eroja suomalaiseen rakentamiskäytäntöön ovat 19 mm:n palonsuojakipsikartonkilevy, jolla vältetään palosuojauksen tuplalevytykset, ja ulkoseinäkipsikartonkilevyn taustaan liimattu alumiinifoliopinta, jolla korvataan ulkoseinän erillinen höyrynsulkukerros työvaiheineen. Erilaisia ovat myös välipohjien pintalattioiden koolauspuut, joihin on valmiiksi liimattu joustava akustokerros.

Skotlannin puurakentaminen on tuontipuun varassa. Puutavara tuodaan Suomesta, Ruotsista ja Baltian maista. Suomalaisen puutavaran laatuun on oltu hyvin tyytyväisiä. Asuinkerrostalojen lisäksi puurunkoisina rakennetaan pientaloja, hotelleja, toimistotaloja,

asuntoloita, kouluja ja hoitolaitoksia. Asuntorakentamisen rahoittajat ja sosiaaliset rakennuttajat vaativat rakennuksilta 60 vuoden takuun. Suurin Iso-Britanniaan toteutettu puurakentamishanke on 27 puukerrostalon loma-asuntoalue Butlins Development Skegnessissä. Kohde on valmistunut vuonna 1999. Alueelle on rakennettu yhteensä 443 huoneistoa, noin 40 000 k-m², nelikerroksisiin puujulkisivuisiin puukerrostaloihin.¹¹³

2.3.3 Puukerrostalot Manner-Euroopassa

Puurakentamisella on vahva perinne myös Manner-Euroopassa. Tästä hyvinä esimerkkeinä ovat ristirunkoiset *fachwerk*-talot, Alppien jykevät hirsirunkoiset maalaistalot, hollantilaiset tuulimyllyt sekä useat säilyneet katetut puusillat. Fachwerk-rakennustavan tärkeimpiä alueita ovat Saksa, Sveitsi, Ranska ja mantereen ulkopuolelta myös Iso-Britannia. Fachwerk-rakentamisessa on alueellisia eroja, jotka näkyvät erityisesti puukehikon rakenteessa ja puuliitoksissa. Useampikerroksiset fachwerk-talot on rakennettu yleensä kerroksittain. Puuristikkorakenteen väleissä on käytetty täyteenä savea, lautaa tai tiiltä. Korkeimpien puurakennusten ensimmäinen kerros on rakennettu usein kivi- ja tiilirakenteisena.



Kuva 2.3.3.1 Kolmikerroksinen puukerrostalo Itävallassa. Keskieurooppalaiset arvostavat käsittelemättömiä puujulkisivuja.

Myös eurooppalaisia puukaupunkeja ovat koetelleet kaupunkipalot, minkä vuoksi puurakennusten paloturvallisuuteen on kiinnitetty ajan saatossa erityistä huomiota. Monissa Euroopan maissa yli kaksikerroksisten puurakennusten rakentaminen on ollut 1980- ja 1990-luvuille saakka kiellettyä. Palomääräykset ovat kohdistuneet enimmäkseen

¹¹³ Iso-Britannian ja Skotlannin puukerrostalorakentamisen tiedot perustuvat 31.5 - 6.6.2000 tehtyyn Skotlannin opintomatkaan (Edinburgh - Aberdeen - Glasgow) ja seuraaviin haastatteluihin: 1.6.2000: Stewart Milne Timber Systems; project co-ordinator Mark Ritchie, operational co-ordinator Jamie Currie ja technical operator Stewart Dalgarno. 2.6.2000: Torwood Homes; Robert L. Macfarlane. 5.6.2000: Walker Timber Ltd; director Charles Grant.

kaupunkirakentamiseen, joten maaseudulla on rakennettu useampikerroksisia puurakennuksia aina näihin päiviin saakka perinteen katkeamatta. 1990-luvun kuluessa useampikerroksisten puurakenteisten asuin- ja liikerakennusten rakentaminen on tullut mahdolliseksi monissa maissa ja alueilla, joissa on pitkät perinteet puurakentamisessa. Seuraavissa kappaleissa on esimerkkeinä muutamia Manner-Euroopan maita, joissa on luvallista rakentaa useampikerroksisia puurakennuksia.

Hollannissa on luvallista rakentaa puusta kerrostaloja aina viiteen kerrokseen asti. Esimerkkinä mainittakoon Delftissä sijaitseva 5-kerroksinen asuinkerrostalo, joka oli 1990-luvulla Hollannin korkein puurunkoinen asuinkerrostalo. Rakennus on pystytetty platform-teknikkaa hyväksi käyttäen. Rakennuksen rungossa ja seinissä on käytetty valmiselementtejä, minkä ansiosta rakentaminen oli nopeaa. Puukerrostaloja on rakennettu myös Haarlemiin, Boskoopiin ja Amsterdamiin. Puukerrostalorakentaminen on yleistymässä Hollannissa, koska sitä pidetään energiaa ja ympäristöä säästävänä rakentamistapana. Puisten rakennuselementtien keveys ja puurakentamisen nopeus mahdollistavat rakentamisen vaivattomasti ja edullisesti myös ahtailla kaduilla.



Kuva 2.3.3.2 Puisia kerrostaloja, Küssnacht, Sveitsi.

Itävallassa sallitaan nykyisin yleisesti 3-kerroksiset puukerrostalot. Koerakennusluonteisesti maahan on rakennettu myös 4- ja 5-kerroksisia puurakennuksia. Puukerrostaloja koskevat palomääräykset vaihtelevat vielä eri kantoneissa, vaikka viranomaismääräyksiä ja niiden tulkintoja on pyritty yhtenäistämään 1990-luvulta alkaen. Itävaltalaiset ovat edelläkävijöitä erityisesti massiivipuorakentamisen alalla. Maan viimeaikaisissa tutkimuksissa on keskitytty muun muassa puukerrostalojen välipohjien, elementoinnin ja rakenneliitosten kehittämiseen. Massiivipuorakenteiden lisäksi tyypillistä itävaltalaisille puukerrostaloille ovat kuutiomaiset räystäättömät rakennusmassat ja pintakäsittelemättömät julkisivut. Puuta arvostetaan ekologisena rakennusmateriaalina, minkä vuoksi puupinnat halutaan näyttää sellaisenaan ja niiden annetaan patinoitua harmaiksi ajan saatossa. Räystäät aiheuttaisivat epätasaisen julkisivun harmaantumisen. Julkisivujen maalausta pidetään myös huolto- ja kustannuslisänä.¹¹⁴

Sveitsissä palomääräykset muutettiin puukerrostalot virallisesti salliviksi vuonna 1997¹¹⁵. Sveitsissä palomääräykset ovat luonteeltaan ohjeita. Tällöin suunnittelija voi poiketa niistä,



Kuva 2.3.3.3 Sveitsissä kuutiomaiset ja räystäättömät puurakennukset ovat muodissa. Puujulkisivuja ei yleensä maalata.

jos voi laskelmilla ja selvityksillä osoittaa saavuttavansa vaadittavan turvallisuustason. Paikallisilla viranomaisilla on paljon päätäntävaltaa turvallisuustason määrittelyssä. Puurakennuksia koskevat määräykset vaihtelevat myös jonkin verran maan eri osissa, kantoneissa, joita on kaikkiaan 26. Paloturvallisuuden arvioinnissa otetaan huomioon rakennuksen käyttötapa sekä seikat, joilla aktiivinen ja passiivinen palosuojaus on tehty. Puurakenteinen asuinrakennus voi olla 2- tai 4-kerroksinen kantonista riippuen.¹¹⁶ Puukerrostaloja on rakennettu esimerkiksi Haltikoniin, Herisauhun ja Veveyyn. Haltikonissa, Küssnachtissa sijaitsevia puukerrostaloja voidaan pitää edelläkävijänä uudelle sveitsiläiselle puukerrostalorakentamiselle. Rakennusten puukonstruktioiden peruselementteinä ovat paikallisen sahatavarayrityksen kehittämät liimapuupalkit. Muutoin rakennukset on rakennettu platform-tekniikalla. Ulkoseinät ovat ristikkorunkoisia, ja ne on koottu esivalmistetuista elementeistä. Arkkitehtuuriltaan uusimmat sveitsiläiset puurakennukset ovat samankaltaista puufunkista kuin Itävallassa.

Myös Saksassa palomääräykset vaihtelevat liittovaltioittain ja kunnittain. Yleensä kaikissa kunnissa sallitaan nykyisin kolmikerroksiset puiset asuinrakennukset. Määräysten mukaan asuinhuoneistoja sisältävän puukerrostalon ylimmän kerroksen lattiapinta saa olla enintään seitsemän metrin korkeudella maanpinnasta. Muut kuin asuinrakennukset voivat olla tätä

¹¹⁴ Kappaleen tiedot perustuvat Itävallan opintomatkaan (Wien - Murau - Knittelfeld - Graz) 19. - 23.5.2001 sekä Malmön puurakentamiskonferenssissa 29.5. - 1.6.2001 tehtyihin haastatteluihin: 30.5.2001: Professor Wolfgang Winter ja 30.5.2001: Dipl. -Ing. Andrés Gutiérrez, Technische Universität Wien ja 31.5.2001: Dipl. Bau-Ing. HTL Jürg Fischer, Hochschule Für Technik Wirtschaft und Verwaltung, Zürich.

¹¹⁵ Affentranger, C. (1999) Article: Contemporary wooden architecture in Switzerland. In: Gerber, C. & Sigrist, C. (edit.) (1999) 6. Cost E5 Workshop. Fri/Sat, 22 - 23 October, 1999. Workshop on Architecture and Timber Construction. Proceedings: s. 29.

¹¹⁶ Jürg Fischer. Hochschule Für Technik Wirtschaft und Verwaltung Zürich. Haastattelu 31.5.2001.

korkeampia. Puukerrostalojen kehitystyötä tehdään koko ajan.¹¹⁷ Uusia puukerrostaloja on rakennettu muun muassa Baijeriin, Freidburgiin ja Lahriin. Freidburgin puukerrostalo on pyörivä 18-kulmainen viilupuurunkoinen tornitalo. Rakennus on suunniteltu pyrkien alhaiseen energiankulutukseen. Katolle sijoitetut aurinkopaneelit toimivat aurinkoenergian kerääjinä. Lahrin puukerrostalon kantavina rakenteina ovat liimapuupilarit, ensimmäisen kerroksen jäykistävinä rakenteina ovat teräsristikot. Myös saksalaisille puukerrostaloille on tyypillistä massiivisten puurakenteiden käyttö. Puurakentamisen yleistymiseen Saksassa on vaikuttanut erityisesti ekologisten arvojen painottaminen rakentamisessa ja asuntopolitiikassa. Puurunkoisten rakennusten osuus kaikesta rakentamisesta oli 1990-luvun loppupuolella Saksassa kuitenkin vain 9 %. Puurakentamisella on haettu myös ratkaisuja edulliselle sosiaaliselle asuntotuotannolle.¹¹⁸ Tämä ei ole välttämättä antanut hyvää leimaa puurakentamiselle.¹¹⁹



Kuva 2.3.4.1 Rapattu nelikerroksinen puukerrostalo Wälluddenissa Ruotsissa.

2.3.4 Puukerrostalot muissa Pohjoismaissa

Puurakentamisen historia on ollut muissa Pohjoismaissa samantapainen kuin Suomessa. Tunnetuimpia vanhan puuarkkitehtuurin edustajia ovat puukirkot, talonpoikaistalot, puukaupungit sekä puiset kartanorakennukset. Myös norjalaiset sauvakirkot ja viikinkien laivanrakennus edustavat puurakentamisen taitoa parhaimmillaan. Puurakenteita on käytetty perinteisesti norjalaisessa ja ruotsalaisessa rakentamisessa. Samoin kuin meillä Suomessa,

¹¹⁷ Nordic Timber Council (1998) Marknadsstudie; Flervånings trähus i Tyskland och Japan. Sammanfattning. Oktober 1998: s. 4.

¹¹⁸ Ibid.: s. 2 - 3, 8.

¹¹⁹ Luvun tiedot perustuvat myös Keski-Eurooppaan tehtyyn opintomatkaan (Geneve - Lausanne - Vevey - Zürich - Ulm - Nürnberg - Memmingen - Liechtenstain - St. Gallen - Luzern) 25. - 30.4.1996.

puurakentamisen perinne on katkennut Ruotsissa 1960-luvun jälkeen. Sen sijaan Norjassa puurakentamisen perinne on jatkunut katkeamatta näihin päiviin saakka. Tanskalaiset ovat aikojen kuluessa mieltyneet enemmän tiilirakentamiseen, ja suuri osa heidän rakennustuotannostaan on nykyisin tiili- ja kivirakenteista. Lisäksi tanskalainen arkkitehti perustuu enemmän Keski-Euroopan perinteeseen kuin pohjoismaiseen rakentamistapaan.

Vuoden 1994 alussa Ruotsissa muutettiin palomääräykset monikerroksiset puiset asuinrakennukset salliviksi. Uusissa ruotsalaisissa palomääräyksissä puisten kerrostalojen enimmäiskorkeutta ei ole rajoitettu. Määräysten muutoksella haettiin ensisijaisesti asuntorakentamiseen uutta ilmettä, taloudellisuutta ja ekologisuuksi sekä pyrittiin puun käytön lisäämiseen. Ruotsin ensimmäiset puukerrostalohankkeet aloitettiin yhteispohjoismaisen *Trähus i flera våningar* -tutkimushankkeen piirissä toukokuussa 1994. Tämän yhteispohjoismaisen *Nordic Wood* -tutkimusohjelman kuluessa puukerrostaloja on rakennettu lisäksi Norjaan, Tanskaan ja Suomeen. Hankkeen perustavoitteena on ollut tutkimusten ja koerakentamisen avulla osoittaa, että puukerrostalot ovat teknisesti ja taloudellisesti kilpailukykyisiä. Vuosina 1995 - 2000 puukerrostaloja rakennettiin Pohjoismaihin yhteensä noin 1160 huoneistoa, noin 68 000 h-m².¹²⁰

Ruotsin puukerrostalokohteita oli vuoden 2000 loppupuolella yhteensä 15¹²¹. Kohteita ovat muun muassa Wälludden, Växjön rannalla; Harsyran, Växjö; Höken, Västerås; Lotsen, Skellefteå; Hotell Pite Havsbud, Piteå; Porsön, Luleå; Duvbo, Sundbyberg; Räven, Bergshamra; Orgelbänken, Linköping; Kvarngården, Ingelstad ja Svanen, Ängelholm.¹²² Ruotsin puukerrostalokohteet eroavat toisistaan hyvin paljon. Esimerkiksi 4 - 5-kerroksisen Wälluddenin puuvälipohjien kantavina sekundäärirakenteina on käytetty metallipöimulevyjä, jotka toimivat kelluvan pintalattian jousikerroksena. Nelikerroksisen Linköpingin kohteessa välipohjan kantavina rakenteina on käytetty matalia puuristikoita.¹²³ Linköpingin ja Wälluddenin kohteissa hissikuilu ja portaat ovat puurakenteisia. Linköpingin kohteessa myös porrashuone ja luhtikäytävät ovat puusta rakennettuja. Wälluddenin ja Orgelbänken ovat molemmat ulkoapäin rapattuina. Kvarngården on tiilijulkisivuinen, ja Rävenin julkisivut on pääosin verhoitettu sementtikuitulevyillä.¹²⁴ Ingelstadin kohteessa lämmöneristeenä on käytetty poikkeuksellisesti selluvillaa. Viisikerroksinen toimistotalo Lotsen Skellefteässä on tehty välipohjiltaan massiivipuulementeistä. Toinen massiivipuulementeistä toteutettava 3-kerroksinen viiden rakennuksen hanke, Kikaren, on rakenteilla Karlstadiin. Luleån 2 - 4-kerroksiset puukerrostalot on rakennettu tilaelementtitekniikalla. Tämä kolmivaiheinen ja noin 500 asunnon opiskelija-asuntoalue sijaitsee Luleån teknisen korkeakoulun läheisyydessä. Toinen tilaelementeistä tehty 60 opiskelija-asunnon puukerrostalokohde on 3-kerroksinen Papegojan Västeråsissa.¹²⁵ Rakennusliike Skanskan kustannuslaskelmien perusteella

¹²⁰ Stone, G. & Stone, P. (2000) Flervånings trähus; Kostnadsjämförelse mellan alternativa byggmetoder. Avdelningen för Konstruktionsteknik. Lunds Tekniska Högskola, Lund Universitet. Nordic Industrial Fund. Nordic Wood, delrapport Q Ekonomi. Rapport TVBK-3040. Lund 2000: s. 1.

¹²¹ Ibid.: s. 1.

¹²² Träinformation (1999) En tidning om trä, Nr 2/99, Tema: Flervåningshus: s. 18 - 19.

¹²³ Stone, G & Stone, P. (2000), op.cit.: s. 5 - 7.

¹²⁴ Träinformation (1999), op.cit.: s. 8 - 9.

¹²⁵ Stone, G. & Stone, P. (2000), op.cit.: s. 8. Tiedot perustuvat myös Ruotsiin (Luleå - Piteå) tehtyyn tilaelementtirakentamisen opintomatkaan 26.3.1997 ja haastatteluun: Wilhelm Risberg, Lindbäck's Bygg, Piteå.

puukerrostalot tulevat 10 % edullisemmiksi kuin vastaavat betonikerrostalot¹²⁶. Ruotsalaiset uskovat, että tulevaisuudessa 3- ja 4-kerroksiset puurunkoiset asuinrakennukset tulevat selvästi yleistymään. Vuoden 2000 lopulla puukerrostalojen osuus Ruotsin kerrostalomarkkinoista oli noin 5 %¹²⁷.



Kuva 2.3.4.2 Puujulkisivun tekstuuria jäljittelevä betonikerrostalo Malmön Bo01-asuutomesualueella Ruotsissa.

Ruotsalaisten palomääräysten mukaan yli kaksikerroksiset asuinrakennukset on varustettava automaattisella palonsammutusjärjestelmällä, jos julkisivut verhoetaan palavilla rakennusmateriaaleilla. Sprinklerilaitteisto voidaan jättää pois, jos julkisivuverhoukset tehdään palamattomista rakennustarvikkeista ilman tuuletusrakoa. Esimerkiksi Luleån 3- ja 4-kerroksisten puukerrostalojen julkisivut on rappauksen sijasta verhottu 6 mm:n paksuisella lasikuituvahvisteisella sementtikuitulevyllä. Tämä on urakoitsijan mukaan sprinklausvaihtoehtoa edullisempi ratkaisu. Ruotsissa sprinklereitä ei ole käytetty myöskään psykologisista syistä, koska ei ole haluttu, että puukerrostalot ja palovaara liitetään toisiinsa¹²⁸.

Norjassa 3-kerroksiset puurakennukset on aina sallittu. Norjan palomääräykset muutettiin kesällä 1997¹²⁹. Norjassa rakennukset jaetaan paloteknisesti neljään pääluokkaan (1, 2, 3, 4),

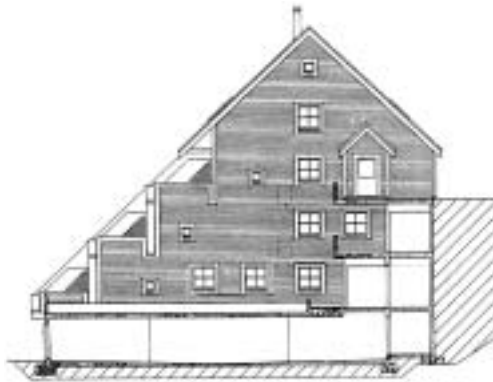
¹²⁶ Stone, G. (1999) Artikkel: Kostnadsjämförelse 4-våningshus i trä. Julkaisussa: Träinformation, En tidning om trä, Nr 2/99: s. 24 - 27.

¹²⁷ Stone, G. (2001) Esitelmä ”The development of multi-storey timber-framed buildings in Sweden”. 22.5.2001, Technische Universität Graz, Austria.

¹²⁸ Östman, B. (2000) Höga träfasader. Träteknisk Institutet för Träteknisk Forskning -esite: s. 4, ja Sven Thelandersson. Haastattelu 6.2.1997.

¹²⁹ Stone, G & Stone, P. (2000), op.cit.: s. 1, 16.

ja puurakennukset kuuluvat luokkiin 3 ja 4. Puurakennusten sallittu kerrosluku riippuu rakennuksen käyttötarkoituksesta ja kerrosalan suuruudesta. Esimerkiksi palamattomasta materiaalista tehdyn kellarikerroksen yläpuolelle saa rakentaa kolmikerroksisen puurakenteisen asuinrakennuksen. Norjalaisissa monikerroksisissa puurakennuksissa yleensä edellytetään julkisivujen jakamista pysty- ja vaakasuuntaisilla palokatkoilla. Tähän tarkoitukseen suositellaan 200 - 300 mm:n korkuisia peltiverhouksia, jotka ulkonevat julkisivujen puuverhouksesta vähintään 100 mm. Pääosa norjalaisista asuinrakennuksista tehdään puuverhoiltuina. Norjalaisten perinteisten puurakennusten julkisivut ovat usein tuuletusraottomia. Norjalaiset haluavat suosia puuta myös monikerroksisten rakennusten julkisivumateriaalina, jotta uudet talot sopeutuisivat mahdollisimman hyvin vanhaan puurakennuskantaan. Lisäysinä puukerrostalojen suosimiseen ovat rakennuskustannusten vähentäminen ja rakentamiseen liittyvien ympäristösuojelullisten arvojen kohottaminen. Norjassa uuden polven puukerrostalona on rakennettu vain yksi 4-kerroksinen terassitalo, Solbakken, Trondheimiin¹³⁰. Rakennuksessa on osin käytetty betonirunkoa, välipohjien pääkannakkeet ovat liimapuuta ja sekundäärikannakkeet ovat puuaineisia kevytuumapalkkeja¹³¹.



Kuva 2.3.4.3 Norjalainen puukerrostalo, Solbakken, Heimdal.

Tanska on kuulunut Suomen, Ruotsin ja Norjan lisäksi *Nordic Wood* -ohjelman yhteispohjoismaisen puukerrostalorakentamisen, *Trähus i flera våningar* -tutkimus- ja tuotekehitysmaihin. Tanskalaiset palomääräykset muutettiin lokakuussa 1999, jolloin puukerrostalot sallittiin virallisesti aina neljään kerrokseen saakka¹³². Tätä ennen puukerrostalorakentamisen tutkimushankkeena on rakennettu 2 - 3-kerroksinen puukerrostalo, Marieparken, Hörsholmiin ja 3-kerroksinen Thrigesvej Herningiin Jyllantiin. Thrigesvej oli vuosituhatosen vaihteessa Tanskan suurin puukerrostalokohde (72 huoneistoa). Hörsholmissa hissikuilut ja kylpyhuoneet on tehty betonielementeistä, muuten rakennus on puurunkoinen. Julkisivut ovat rapattua tiiltä ja osin palonsuojakäsiteltyä ceder-puuta. Herningin

¹³⁰ Ibid.: s. 1.

¹³¹ Hveem, S. (2000) Trehus i flere etasjer. Lydteknisk projektering. Anvisning 37 - 2000. Byggforsk, Norges byggforskningsinstitutt / Nordic Wood: s. 34.

¹³² Dragheim, A. (2001) Esitelmä: Multi-storey housing in Denmark. Konferenssissa: The First European Conference on Wood Architecture and Construction. Malmö, Sweden 29 - 30 May 2001.



Kuva 2.3.4.4 Kaksikerroksinen puukerrostalo, Mariepark, Hörsholmissa Tanskassa.

rakennusrunko on samanlainen kuin Hörsholmissa, mutta julkisivut ovat osin sinkittyä teräspeltiä ja osin palonsuojakäsiteltyä ceder-puuta.¹³³ Nordic Wood -tutkimusohjelman jatko-osassa tanskalaiset ovat suunnanneet huomiotaan yhä enemmän massiivipuurakentamiseen. Tuotannossaan he pyrkivät keskittymään syrjälankkutekniikkaan, joissa voidaan käyttää myös huonolaatuista puuta.¹³⁴ CASA NOVA -puukerrostaloprojektissa Tanskaan on rakenteilla uusia puukerrostalokohteita esimerkiksi Odenseen, Randersiin, Viborgiin ja Grönlantiin.¹³⁵

¹³³ Träinformation (1999), op.cit.: s. 14 - 16.

¹³⁴ Hoffmeyer, P. & Fynholm, P. (1999) Træhuse i Massivt Træ. Forprojekt ved Danmarks Tekniske Universitet. Institut for Bærende Konstruktioner og Materialer. Teknologisk Institut, Træteknik. 1/3-1999.

¹³⁵ Dragheim, A. (2001), loc.cit.

2.4 Suomalainen puukerrostalo

2.4.1 Lähtökohdat

Suomalaisen puukerrostalon kehittäminen sai alkusysäyksensä 1990-luvun alkupuolella puun uusia käyttökohteita etsittäessä. Kansallisesti aktiivisessa roolissa tässä puun käytön edistämässä ja puurakentamisen kehitystyössä olivat erityisesti Suomen Puututkimus Oy ja suomalaisen puun menekinedistämisjärjestö, Puuinfo Oy (Puuinformaatio ry.). Lisäksi merkittävänä yleisinä taustavaikuttajina olivat yleisen ympäristötietoisuuden lisääntyminen ja ekologisten arvojen korostaminen myös rakentamisessa sekä EU:iin liittymisen yhteydessä tulleet paineet palomääräystemme muuttamiseksi. Jo ennakkoon uusien palomääräysten ilmoitettiin perustuvan toiminnalliseen palomitoitukseen, jolloin maamme puuala näki mahdollisuuden puun käytön tasavertaistamiseen erityisesti kerrostalorakentamisessa ja suurimittakaavaisessa julkisessa rakentamisessa olivathan maamme palomääräykset kautta aikain kieltäneet yli kaksikerroksiset puiset rakennukset. Sen sijaan ulkomailta oli löydettävissä useita esimerkkejä puun käytöstä suurimittakaavaisessa rakentamisessa. Puualan kehittäjien tiedossa oli, että esimerkiksi Pohjois-Amerikassa ja Kanadassa valtaosa kerrostaloista tehdään puurunkoisina. Tätä tietoa vahvistettiin useiden opintomatkojen avulla koko 1990-luvun ajan.

2.4.2 Keskeisimmät ongelma- ja kehittämisalueet

Selvitettäessä suomalaisten puukerrostalojen mahdollisuuksia jouduttiin määrittelemään puurakentamisen kehittämisen tärkeimmät painopistealueet. Pääosa näistä keskeisistä ongelma- ja kehittämisalueista liittyivät puuhun ja puurakentamiseen yhdistettäviin yleisiin negaatioihin: palo (puu palaa), ääni (puu on keveänä materiaalina huono ääneneristysmateriaali)¹³⁶ ja kosteus (puun kosteuseläminen ja lahoaminen). Nämä painopistealueet vahvistettiin myös Puurakentamisen teknologiaohjelman tavoitteissa. Lisäksi TEKESissä oli jo 1980-luvun lopulta lähtien nähty tarpeelliseksi tuoda rakentamiseen hintakilpailun rinnalle myös kilpailu tuotekehityksen tuloksilla ja tuoteominaisuuksilla. Tällaisina keinoina nähtiin muun muassa tuotesakauppa (design and build -konsepti) ja avoimen rakentamisjärjestelmän kehittäminen ja vakiinnuttaminen. Puurakentamisalalla tämä

¹³⁶ Myös Uudessa-Seelannissa puukerrostalojen erityiskysymyksinä pidetään paloturvallisuutta ja ääneneristystä. Sprinklattujen puukerrostalojen paloturvallisuutta pidetään parempana kuin sprinklaamattomien betoni- ja terästalojen. Puukerrostalojen ääneneristyskysymykset ovat ratkaistavissa. Välipohjissa tärkeää on niiden massan kasvattaminen. Puukerrostalojen on laskettu tulevan 15 % edullisemmiksi kuin vastaavat betonitalot. Merkittävin syy on nopea rakennusaika ja rakentamistavan joustavuus. Lähde: Geoffrey, C.T. (1991) The Feasibility of Multistorey Light Timber Frame Buildings. Research report. June 1991. 91 - 2. Department of Civil Engineering. University of Canterbury, Christchurch, New Zealand: s. 40 - 41, 46, 99.

edellytti myös uuden teollisen rakenteen muodostamista.¹³⁷ Niinpä puukerrostalojen suunnittelussa astuivat keskeiselle sijalle myös avoimen puurakennusjärjestelmän kehittäminen siihen liittyvine runko-, rakennusosa- ja LVIS-teknisine ratkaisuineen. Puukerrostalojen kehittämisteemoihin liitettiin tärkeinä myös puurakennusten arkkitehtuuri, rakennusfysiikka, stabiliteetti, pitkäaikaiskestävyys ja kustannustehokkuus.

Suomen ensimmäisiin puukerrostalokoeohjeisiin liittyneiden tutkimushankkeiden perustavoitteena oli rakentaa asuttavuudeltaan ja arkkitehtuuriltaan korkeatasoisia puurunkoisia ja puujulkisivuisia kerrostaloja ja kehittää niitä varten tarvittavat arkkitehtoniset, rakennusfysiikaaliset ja rakenteelliset suunnitteluratkaisut. Vuosien 1995 - 2001 koerakentamisen kuluessa pyrittiin myös kehittämään uusia puupohjaisia tuotteita ja rakennusosia. Samalla pyrittiin testaamaan suomalaisiin olosuhteisiin soveltuvaa puurakentamisen työmaa- ja asennustekniikkaa. Hankkeiden tavoitteena oli teoreettisen ja kokeellisen tutkimuksen keinoin tukea ja vauhdittaa puurakenteiden käyttöä kerrostalojen ja muiden suurimittakaavaisten rakennusten rakentamisessa. Osatavoitteina ovat myös olleet puukerrostaloon soveltuvien välipohja- ja jäykistysratkaisujen, julkisivu-, yläpohja- ja poistumistieratkaisujen sekä märkätilojen kehittäminen. Nämä haluttiin tehdä siten, että rakennukset täyttävät kosteuden- ja ääneneristys- sekä paloturvallisuusvaatimukset ja että rakennukset ovat kilpailukykyisiä niin teknisen laadun, pitkäaikaiskestävyyden, huollettavuuden, taloudellisuuden kuin asuttavuudenkin perusteella. Suomalaisten puukerrostalojen yleiseksi tavoitteeksi asetettiin se, että toteutuessaan talot vastaisivat edellä mainittujen kriteereiden perusteella vallitsevaa suomalaista rakennustapaa tai olisivat tätä parempia. Jo tiedossa olleisiin tuleviin rakentamismääräysten muutoksiin, kuten ääneneristysmääräysten tiukentumiseen, suhtauduttiin siten, että koeohjeissa niiden vaatimukset haluttiin täyttää, vaikka määräykset eivät olleet vielä astuneet voimaan silloisten määräysten rinnalle. Yhtenä haittana tästä oli se, että näin nostettiin tietoisesti puukerrostalojen kustannuksia muuhun sen hetkiseen kerrostalojen rakentamistapaan verrattuna.

2.4.3 Suomalaisen puuarkkitehtuurin uusiutumishaasteita

Puuarkkitehtuurin rikkaus

Suomalaisilla on ollut perinteisesti erityisen lämmin suhde metsään ja puihin. Puun käyttö on tuonut asumiseen ja elämiseen sellaista lämmön ja hyvänolon tunnetta, jota ei voida mitata rakennusfysiikaalisilla suureilla. Monet pitävät puun tuoksua rauhoittavana. Puuta on myös miellyttävä koskettaa. Puu on puhdas, uusiutuva ja ympäristöystävällinen luonnontuote, joka oikein käytettynä on helposti työstettävä, kestävä ja pinnaltaan kauniisti patinoituen vanheneva rakennusmateriaali. Puun rikkaus ja sen luomat arkkitehtoniset mahdollisuudet piilevät puun elävyydessä ja moniulotteisissa käyttömahdollisuuksissa. Puuta ja siitä saatavia puutuotteita voidaan käyttää monipuolisesti sekä kantavina että pintoja muodostavina rakenteina. Kantavan puurungon aineksina voivat olla esimerkiksi sahatut massiivipuut, liimaten tai mekaanisesti kiinnikkein kootut palkki- tai pilarihiot, viilupuiset (kertopuu) tai

¹³⁷ TEKES (2000) Puurakentaminen 1995-1998, op.cit.: s. 3.

liimapuusta valmistetut tuotteet, erilaiset vanerista ja puusta kootut yhdistelmä rakenteet tai levyistä kootut kotelopalkit. Vaativiakin rakenteita voidaan tehdä täysin puurakenteisina puisia liitososia hyväksi käyttäen. Vanhat japanilaiset temppelit, norjalaiset sauvakirkot ja monet eurooppalaiset puusillat ovat tästä hyviä esimerkkejä. Puusta voidaan tehdä myös levyjä, joista yleisimpiä ovat lastu-, rima-, säle- ja kuitulevyt sekä vanerit. Puusta voidaan valmistaa myös lämmöneristeitä, kuten puukuituvillaa ja huokoisia puukuitulevyjä. Puun työstöstä syntyvät purut ja lastut soveltuvat lämmöneristeeksi myös sellaisenaan.



Kuva 2.4.3.1 Puun perinteisiä käyttökohteita.

Puurakennusten ulkoasulle on luonteenomaista, että puuta käytetään sauvamaisina osina, kuten lankkuina, lautoina, rimoina, listoina jne. Puuarkkitehtuuria leimaavat näiden sauvamaisten osien liitokset, jotka luovat puupinnoille tekstuuria. Pinnan tekstuuriin vaikuttavat muun muassa verhousen profiili, dimensiot ja suunta, verhouslautojen väliset raot, pinnan karkeusaste, puun oksaisuus ja pintakäsittely väreineen. Lisäksi valitun puulajin luontaiset ominaisuudet, kuten väri, syiden muoto ja tuoksu, sekä puun sahauksen, työstön ja pintakäsittelyn monet vaihtoehdot antavat laajat mahdollisuudet puun käytön estetiikalle ja arkkitehtuurille.

Puun hyviä ominaisuuksia kannattaa hyödyntää myös liitto- ja yhdistelmä rakenteissa, koska puun käyttö yksinomaisten rakennusmateriaalina ei ole useinkaan järkevää, vaikkakin se on monesti teknisesti mahdollista. Esimerkiksi jännevälien, kuormitusten, palo- ja kosteusrasitusten lisääntyessä muiden rakennusmateriaalien käyttö yhdessä puun kanssa on tarkoituksenmukaista. Käyttämällä liittorakenteissa hyväksi puun keveyttä ja taivutuslujuutta, betonin puristuslujuutta sekä teräksen vetolujuutta voidaan saada helposti aikaan puhtasoppisia puurakenteita keveämpiä, kestävämpiä ja edullisempia rakenteita. Puuta käytetään usein näkyvänä ja kantavana rakenteena sekä liitto- ja yhdistelmä rakenteiden osana sen monipuolisten arkkitehtonisten ilmaisumahdollisuuksien vuoksi. Tästä on esimerkkeinä lukuisia esteettisesti korkeatasoisia kylpylöitä, näyttely- ja jäähalleja Keski-

Euroopassa. Näiden vaativien puurakenteiden liitokset ovat usein kaunista katseltavaa. Tällaisiin näyttäviin insinöörirakenteisiin tulisi pyrkiä puurakentamisessa tähänastista enemmän myös meillä Suomessa.



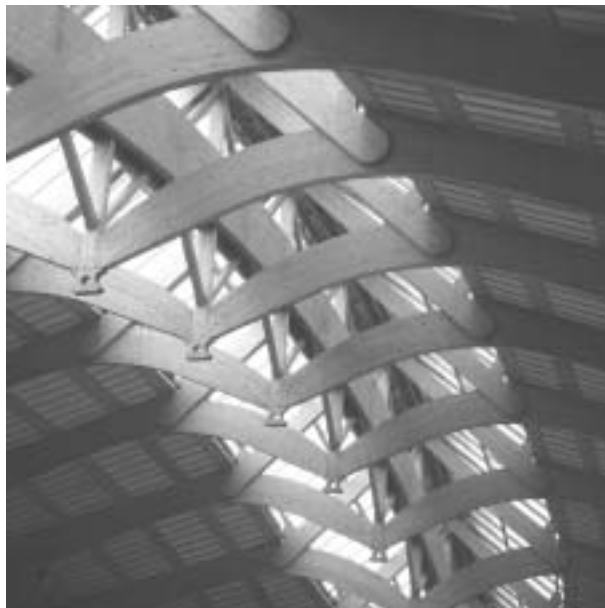
Kuva 2.4.3.2 Puu olisi tervetullut materiaali myös kerrostalojen sisäverhouksiin.



Kuva 2.4.3.3 ja 2.4.3.4 Puujulkisivuille on tyypillistä niiden sälemäisyys.



Kuva 2.4.3.5 Puinen kylpylärakennus. Solbad, Bad Dürrhein, Saksa.



Kuva 2.4.3.6 Morgesin jäähalli, Sveitsi.



Kuva 2.4.3.7 Keskieurooppalainen katettu puusilta.

Suomalaisen puurakentamisen perinne

Perinteisessä suomalaisessa rakentamisessa puuta on käytetty hyvin monipuolisesti, sillä muita rakennusmateriaaleja ei ole ollut useinkaan saatavilla tai niihin ei ole ollut varaa. Puusta tehtiin niin rakennukset, huonekalut, astiat, työvälineet kuin kulkuneuvotkin. Aina 1900-luvun alkupuolelle saakka puu on ollut lähes yksinomainen rakennusmateriaali suomalaisessa kansanrakentamisessa ja aina näihin päiviin saakka maamme maaseuturakentamisessa. Nykyisin noin neljä viidesosaa maamme pien- ja rivitaloista sekä lähes kaikki vapaa-ajan rakennukset tehdään puurakenteisina. Puun käyttö on laajaa myös pienimittakaavaisessa julkisessa rakentamisessa, sisustamisessa sekä huonekaluteollisuudessa.



Kuva 2.4.3.8 Perinteinen puinen talonpoikaistalo.

Varhaisimmissa suomalaisissa puurakennuksissa vaakasuuntainen nurkkasalvottu järeä hirsiseinä (lamasalvos) toimi rakennuksen kantavana runkona, ulko- ja sisäpuolisena pintamateriaalina sekä lämmöneristeenä. Puun sahauksen kehittyessä 1600-luvulla alettiin hirsirakennuksia vuorata ulkoapäin laudoituksilla. Aluksi laudoituksilla suojattiin ensisijaisesti hirsiseinän pitkänurkkien päät sekä rakennusten säälle altis eteläjulkisivu.¹³⁸ 1700-luvulla ulkolaudoitusta käytettiin kuitenkin pääasiassa vain vauraimmissa taloissa, kuten kirkkoissa, pappiloissa, raatihuoneissa ja aateliston kartanoissa. Puulla on ajan saatossa pyritty tietoisesti myös jäljittelemään kestävämpiä ja kalliimpia rakennusmateriaaleja. Esimerkiksi punamultaus on lähtöisin siitä, että puurakennukset yritettiin saada näyttämään tiilirakennuksilta.¹³⁹ Empiretyylin ajanjaksolla (1780 - 1840) puisissa leveävaakalaudoitetuissa kaupunkirakennuksissa siirryttiin punamultauksesta keltamultaukseen, minkä avulla pyrittiin tällä kertaa jäljittelemään rapattuja kivirakennuksia¹⁴⁰. Suomalaisessa kansanrakentamisessa hirsiseinän ulkopuolinen pystylaudoitus yleistyivät vasta 1800-luvulla. 1800-luvun loppupuolella kertaustyylien aikana höylättyjen lautojen ja puisten koristeaiheiden käyttö oli puurakennuksissa hyvin rikasta¹⁴¹. Tällöin käytettiin puujulkisivujen jäsentämistä erisuuntaisilla laudoituskentillä kulloisenkin ajan arkkitehtuurin tyylipiirien ja -ihanteiden mukaisesti. Historialliseen puuarkkitehtuuriin on myös liittynyt käsityötaidon korostaminen. 1900-luvun alkupuolen suomalaisen puuarkkitehtuurin parhaimpina esimerkkeinä ovat muutamat sosiaalisena asuntotuotantona rakennetut yhtenäiset puutaloalueet, joista merkittävin on Käpylän puutarhakaupunki, niin kutsuttu Puu-Käpylä. Tuon ajan arkkitehtuurissa puuta alettiin käyttää tarkoituksellisesti sen omien arkkitehtonisten ominaisuuksien vuoksi pyrittiin puuarkkitehtuuriin.



Kuva 2.4.3.9 Suomalaisen puukaupunkien tunnelmaa ja inhimillistä mittakaavaa arvostetaan.

¹³⁸ Kaila, P. (1987) Artikkelit: Hirsipinnasta höyläpaneeliin. Julkaisussa: Kaila, P., Pietarila, P. & Tomminen, H. Talo kautta aikojen; Julkisivujen historia. Rakentajain Kustannus Oy. Helsinki: s. 17, 20 - 21.

¹³⁹ Kaila, P. (2000) Kevät toi maalarin, perinteinen ulkomaalaus. Rakennusalan Kustantajat RAK. Kustantajat Sarmala Oy. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä: s. 23 - 24.

¹⁴⁰ Kaila, P. (1987) Artikkelit: Hirsipinnasta höyläpaneeliin, op.cit.: s. 24 - 26.

¹⁴¹ Kaila, P. (1987) Artikkelit: Rakentamisen vuosisadat. Julkaisussa: Kaila, P., Pietarila, P. & Tomminen, H. Talo kautta aikojen; Julkisivujen historia. Rakentajain Kustannus Oy. Helsinki: s. 12.

1920-luvulta lähtien hirsi alkoi vähitellen väistyä suomalaisten asuinrakennusten runkomateriaalina. Hirsiseiniä alettiin pitää puuta tuhlailevana ja raskaina. Lisäksi lamasalvottujen hirsiseiniä painumia pidettiin ongelmallisina. Keveiden rankorakenteisten puutalojen yleistyminen mahdollistivat amerikkalaisen lautatalon rakentamistekniikan yleistyminen sekä uusien rakennusmateriaalien, kuten rakennuspahvien ja -levyjen, kehittyminen. Eristeinä ryhdyttiin käyttämään höylälastua ja sahanpurua. Lämmöneristyksessä siirryttiin teollisesti valmistettuun mineraalivillaan 1960-luvulla. Mineraalivillojen käyttö toi puurakentamiseen tiiviit höyrynsulkukalvot.¹⁴² 1960-luvun alkupuolella siirryttiin lastulevyn ja 1980-luvulta lähtien kipsikartonkilevyn käyttöön lähes yksinomaisena puurakennusten sisäverhousmateriaalina. Toisen maailmansodan jälkeisissä jälleenrakennustaloissa, 1940- ja 1950-luvuilla, puu oli vielä lähes yksinomainen ulkoverhousmateriaali, koska puu oli edullista ja sitä oli helposti saatavilla. Puurakennusten julkisivuissa alettiin 1960-luvulta lähtien käyttää puun lisäksi myös muita materiaaleja, kuten tiiltä, kalkkihiekkakiveä, peltiä ja asbestisementtilevyä. Tämän jälkeen puuta on useimmiten käytetty rakennusten julkisivuissa alistettuna ja vähempiarvoisena materiaalina. Osasyynä tähän on ollut 1960-luvulta lähtien suurimittakaavaisten asuinrakennusten ja elementtirakentamisen yleistyminen, jolloin materiaalivalinnoissa alettiin suosia palamattomia rakennusmateriaaleja, kuten betonia, tiiltä ja terästä. Vuonna 1998 suomalaisista omakotitaloista noin yhdeksän kymmenestä oli puurunkoisia. Puujulkisivujen osuus omakotitaloissa oli 53 % ja tiilen osuus 37 %.¹⁴³



Kuva 2.4.3.10 Oulun Heinäpään kaksikerroksisia puujulkisivuisia pienkerrostaloja. Arkkitehtitoimisto Matti Karhula Oy.

¹⁴² Ibid.: s. 14 - 15.

¹⁴³ Lähde: Tilastokeskus (2000), loc.cit.

Puuarkkitehtuuri ja puukerrostalot

Suomalainen nykyarkkitehtuuri on pyrkinyt etsimään myös puun käytölle uutta estetiikkaa. Räystäättömiin ja tasakattoisiin rakennusmassoihin, pinnan eheyteen ja sileyteen pyrkivä yleispätevä ”laatikkoarkkitehtuuri” on kuitenkin osoittautunut puurakentamiseen vaikeahkosti soveltuvaksi. Puujulkisivuissa on usein pyritty kivirakennusten kaltaiseen sileyteen käyttämällä yhtä laudoitustyyppejä ja mahdollisimman vähäistä profilointia. Toisaalta on ollut havaittavissa myös romanttista pyrkimystä vaihtelevaan puunkäyttöön, mikä on usein tehty perusteettomilla ja kömpelöillä laudoitussuunnan vaihteluilla ja pintalistoituksilla. Julkisivujen itsetarkoitukselliset säleikköaiheet ovat myös olleet yleisiä. Lisäksi turhan monen puurakennuksen rakennusopilliset ratkaisut ovat olleet kyseenalaisia, jopa virheellisiä, vaikkakin arkkitehtuuri on ollut onnistunutta nopeasti turmeltuneet pinnat ja rakenteet eivät ole olleet omiaan lisäämään puun arvostusta rakennusmateriaalina.



Kuva 2.4.3.11 Kaustisten musiikki- ja kulttuurikeskus edustaa modernia puuarkkitehtuuria. Arkkitehti Rainer Mahlamäki.

Suomalaisessa puukerrostalorakentamisessa on rakenteelliseen ja arkkitehtoniseen rehellisyyteen perustuen päädytty siihen, että puu on puurunkoisille rakennuksille luonteva julkisivumateriaali. Tämä periaate on toteutunut kaikissa maahamme rakennetuissa puukerrostalokohteissa. Uuden polven suomalaiset puurakennukset vaativat kuitenkin rakentajilta ja arkkitehdeilta uudenlaista ammattitaitoa. Suurimittakaavaisten puurakennusten arkkitehtoninen suunnittelu on haastavaa, koska maastamme puuttuvat nykyarkkitehtuurin ajalta vakiintuneet mallit suunnitella laajoja puisia julkisivuja. Teknisistä ratkaisuista olemme voineet ottaa oppia ulkomaisista, erityisesti pohjoisamerikkalaisista ratkaisuista, mutta sikäläinen koristeellinen puuarkkitehtuuri ei välttämättä sovellu suomalaiseen rakennettuun maisemaan. Suomalaisille suurimittakaavaisille puisille rakennuksille olisi luotava uusi

arkkitehtuuri, estetiikka ja muotokieli, jossa on riittävästi otettu huomioon myös rakennusten pitkäaikaiskestävyys, huollettavuus ja paloturvallisuus. Suomen ensimmäisiä puukerrostalokohteita voidaan toisaalta moittia siitä, että niiden massoitteleva ja yleisilme on otettu vallitsevasta kerrostalotuotannosta ne näyttävät tavanomaisilta kerrostaloilta, jotka on verhottu puulla. Puukerrostalo voisi tarjota enemmän.

Suomalaisen puukaupunkimiljöön kehittäminen

Suomalaiset kaupungit ovat olleet alkuaan puukaupunkeja. Suomalaisen puukaupungin tunnusmerkkejä ovat olleet säännöllinen katuverkko ja suljettu katutila, jota ovat reunustaneet yhden tai kahden kerroksen korkuiset lamasalvosrakennukset. Rakennukset sijoitettiin 1600-luvun keskivaiheilta lähtien siten, että niiden pitkä julkisivu oli kadun suuntainen. Päätytalot eivät kuuluneet suomalaisen puukaupungin peruspiirteisiin. Vanhimpien suomalaisten puukaupunkien katutilaa rajaavat rakennukset olivat pääasiassa yksikerroksisia. Kaupungeissa alettiin 1750-luvun jälkeen suosia suorakulmaista katuverkkoa ja kaksikerroksisia rakennuksia. Näistä korkeimpia ullakollisia rakennuksia voitaneen pitää varhaisina 2,5- ja 3-kerroksisina puukerrostaloina. Rakennusten lisäksi katu- ja pihatiloja rajattiin korkeilla umpiaidoilla, porttiaiheilla sekä istutuksilla. Puukaupunkien korttelit ja tontit olivat suurikokoisia. Sisäpihat olivat suljettuja ja intiimejä, koska niitä ympäröivät lukuisat pienet talousrakennukset. Kaupunkikuvaa rikastuttivat julkiset rakennukset ja aukiot. Katutilojen arkkitehtoniseen edustavuuteen kiinnitettiin aina erityistä huomiota.¹⁴⁴

Suomalaisten puukaupunkien edellä kuvatusta yhdenmukaisuudesta huolimatta puukaupunkien ihanteet ja rakenne ovat muuttuneet ajan saatossa usein. Puukaupunkeja ovat muuttaneet vahvimmin kaupunkien yleiset rakennusjärjestykset, joilla pyrittiin kulloisenkin tyli-ihanteen mukaiseen yhtenäiseen kaupunkikuvaan sekä paloturvallisuuteen. Kaupunkipalot olivat hyvin yleisiä. Vanhojen suomalaisten puukaupunkien on laskettu tuhoutuneen tulipalossa joka 30. - 40. vuosi. Lukuisten kaupunkipalojen jälkeen suomalaisten puukaupunkien katuja levennettiin, katuvarsien lehtipuuistutukset määrättiin pakollisiksi ja usein myös kaksikerroksisten puurakennusten rakentaminen kiellettiin¹⁴⁵. Nämä tekijät muuttivat katutilan leveyttä ja korkeutta ajan kuluessa. Muutoksista huolimatta puukaupunkien ruutu- ja umpikorttelikaava suljettuine katu- ja pihatiloineen säilyi.¹⁴⁶

Tulipalojen vuoksi valtaosa säilyneistä puukaupungeistamme on peräisin vasta 1800-luvulta, jolloin kaupunkipalot saatiin eri keinoin loppumaan. Suomalaisten puukaupunkien kehityksen lasketaan päättyneen 1800-luvun lopulla, jolloin asemakaavoitus jäykistyi maanmittareiden ja insinöörien suorittamaksi maanmittaustoimenpiteeksi. Toiseksi syyksi voidaan mainita se, ettei 1800-luvun lopun jälkeen Suomeen perustettu enää perinteisessä mielessä uusia kaupunkeja. Tällöin lakkasi myös rakennuskannan ja ruutukaavan yhteiskehitys.¹⁴⁷ Pohjoismaisen klassismin aikakaudella, 1920-luvulla, rakennettiin vielä muutamia puurakenteisia kaupunkikokonaisuuksia (esimerkiksi Puu-Käpylä), mutta ne eivät

¹⁴⁴ Lilius, H. (1985), op.cit.: s. 9.

¹⁴⁵ Kairamo, M. (2000) Artikkelit: Perinteinen kylä. Julkaisussa: Paloheimo, E. (toim.) (2000) Metsä ja Puu VI - Puu ja ympäristö. Teknillinen korkeakoulu / Puurakentaminen. Rakennustieto Oy. Tampere-Paino Oy. Tampere: s. 91.

¹⁴⁶ Lilius, H. (1985), op.cit. : s. 9 - 10.

¹⁴⁷ Ibid.

sijoittuneet enää keskusta-alueille, vaan kaupunkien laitaosiin ja reuna-alueille. Myös 1940- ja 1950-lukujen vaihteessa sotien jälkeisellä jälleenrakennuskaudella rakennettiin eri puolelle Suomea puukaupunkiosia (esimerkiksi Oulun Karjasilta), joita arvostetaan nykyisin niiden rakennuskannan yhtenäisyyden vuoksi. Suurin osa säilyneistä yhtenäisistä puukaupungeistamme ovat rannikkomme pikkukaupunkeja. Tällaisia ovat muun muassa Raahe, Kokkola, Pietarsaari, Kaskinen, Kristiinankaupunki, Rauma, Uusikaupunki, Porvoo ja Naantali¹⁴⁸.



Kuva 2.4.3.12 Suomalaisissa puukaupungeissa katutilat olivat suljettuja. Ne rajattiin pää- ja sivurakennuksilla sekä korkeilla puuaidoilla.

Suomalainen useampikerroksinen kaupunkikivitalo kehittyi 1860 - 1900. Kivikaupunki syrjäytti puukaupungin suuremman tehokkuutensa vuoksi. Tällöin alkoi kaupunkien rakennuskannan muuttaminen puurakennuksista monikerroksisiksi kivrakennuksiksi. Tätä täydensi 1930-luvulla alkaneen funktionalismin ihannoima avoin kaupunkirakenne, joka tuhosi suljettuun katu- ja pihatilaan perustuvan puukaupungin lopullisesti.¹⁴⁹

Maamme säilyneitä puukaupunkeja arvostetaan yleisesti vielä nykyäänkin niiden arkkitehtonisen selkeyden ja yhdenmukaisuuden sekä katu- ja pihatilojen sulkeutuneisuuden ansiosta. Lisäksi vanhojen puukaupunkien tunnelmaa, mittakaavaa ja yksityiskohtien rikkautta pidetään miellyttävinä. Viime aikoina onkin esitetty kysymys siitä, miksei näitä ominaispiirteitä voitaisi toteuttaa nykyajan kaavoituksessa ja rakentamisessa.

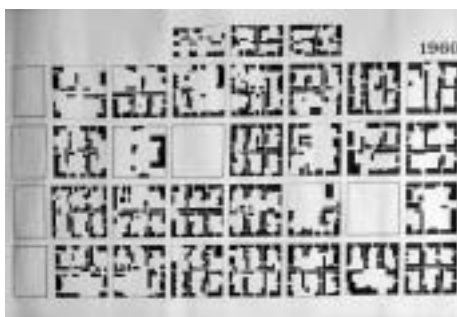
Liikenteen kasvun ja kunnallistekniikan kehittymisen mukana nykyinen katutila on muodostunut vanhoja katuja leveämmäksi. Katutilojen yhtenäisyys jää myös usein keskeneräiseksi, koska rakentamisen tyylit vaihtuvat nopeasti ja arkkitehtuurissa pyritään usein ainoalaatuiseseen sankariarkkitehtuuriin yksittäisiä rakennuksia korostaen. Lisäksi avoimen rakennustavan vuoksi katu- ja pihatilojen sulkeutuneisuus jää usein toteutumatta. Autojen pysäköinti saa monesti hallitsevan aseman. Umpiaitojen käyttö katu- ja pihatilojen rajaamisessa on niin ikään unohdettu. Samoin ovat köyhtyneet puun käytön estetiikka sekä puurakentamisen tietämys ja käsityötaito.

¹⁴⁸ Ibid.

¹⁴⁹ Ibid.



Kuva 2.4.3.13 Hauska lehtileike. Sanomalehti Kaleva 20.7.1998



Kuvapari 2.4.3.14 Oulun Heinäpään muodonmuutos 1960-luvulla. Vanhan puukaupungin umpikortteleista siirryttiin avoimeen rakennustapaan.

Edellä luetellut asiat ovat merkittäviä haasteita uudenlaisen puukaupunkimiljöön kehittämiseksi. Näihin kysymyksiin on pyritty hakemaan vastauksia esimerkiksi valtakunnallisten *Moderni puukaupunki-* ja *Tiivis ja matala puurakentaminen*¹⁵⁰ -hankkeiden avulla. Maahamme rakennettavissa uusissa puumiljööhankkeissa (esimerkiksi Oulun Puu-Linnanmaa, Sodankylän vanhan raviradan alue ja Porvoonjoen Länsiranta) pihatilan sulkeutuneisuuteen ja mittakaavan tajuttavuuteen on pyritty kiinnittämään erityistä huomiota. Käytännönläheisillä esimerkkihankkeilla on haluttu osoittaa, että puumiljöö- ja puukerrostalorakentamisella voidaan saada aikaan viihtyisiä asuinalueita. Tavoitteena on ollut luoda pienimittakaavaista arkkitehtuuria, jossa voidaan yhdistää sekä

¹⁵⁰ Hankkeesta on julkaistu teos: Kaipiainen, M. (1998) *Tiivis ja matala puurakentaminen*. Suomen ympäristö 270. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. Oy Edita Ab. Helsinki.

kerrostalorakentamisen että pientalorakentamisen hyvät puolet. Puurakentamisen etuna on pidetty esimerkiksi sitä, että rakennusten erilaiset vaaka- ja pystysuuntaiset porrastukset voidaan tehdä helposti, koska kylmäsiltojen eliminoiminen rakennusmassojen ulokkeissa ja terasseissa on keveillä puurakenteilla suhteellisen yksinkertaista. Lisäksi pienillä rakennusmassoilla, kuten varastoilla, autokatoksilla ja –aitauksilla, on helppo ja luontevaa jäsentää pihan käyttöä. Koska nykymääräysten mukaan myös 3- ja 4-kerroksiset asuinrakennukset voidaan tehdä puuverhoiltuina eli samasta materiaalista kuin yleensä tehdään pihaa rajaavat keveät ja yksikerroksiset varstorakennukset, katokset ja aidat, voidaan pihamiljöö saada materiaaleiltaan yhtenäiseksi, ja näin piharakennukset eivät jää välttämättä niin irrallisiksi kuin tavanomaisessa kerrostalomiljöössä.

1990-luvun puolivälin jälkeen maassamme on tietoisesti pyritty tarjoamaan uudella puumiljöörakentamisella mahdollisuuksia suunnitella ja toteuttaa luontoon ja rakennettuun ympäristöön sopeutuvaa, puukaupunkiperinnettä kunnioittavaa uudis- ja täydennysrakentamista. Vaikka näihin tavoitteisiin pyrkivä valtakunnallinen *Moderni puukaupunki* -hanke käynnistettiin alkujaan puukerrostalojen ja kaupunkimaisen puurakentamisen edistämiseksi, hankkeen pääpaino on siirtynyt yhä enemmän kerrostaloista tiiviin ja matalan rakentamisen (pientalojen, pienkerrostalojen ja aluerakentamisen) suuntaan. Lisäksi on ilmaantunut ajatuksia tiivistää kaupunkirakennetta siten, että ihmisille voitaisiin tarjota kaupunkimaista pientaloasumista edullisesti. Tavoitteena on tarjota myös pienille, jopa noin 400 - 600 m²:n tonteille rakennettavia pienehköjä (noin 90 m²) omakotitaloja, joita voitaisiin laajentaa asujan varallisuuden kasvaessa tai elämäntilanteen muuttuessa. Tällainen vaiheittain rakennettavuus ja laajennettavuus sopisi luontevasti puurakentamiseen. Käytännön ongelmana on ollut sovittaa tämä uusi asumisen vaihtoehto vakiintuneisiin kaavoituskäytäntöihin, rakennuttamisprosesseihin ja tyyppipientalotuotantoon. Asuntopoliittisesti muutos olisi järkevää, sillä maahamme rakennettavien omakotitalojen keskikoko on ollut kasvamassa (>130 h-m²), kun taas kerrostaloasuntojen keskikoko on pysytellyt alle 60 h-m²:ssä. Näiden asumismuotojen väliin tarvittaisiin kohtuuhintaisia uusia asuntotyyppejä.

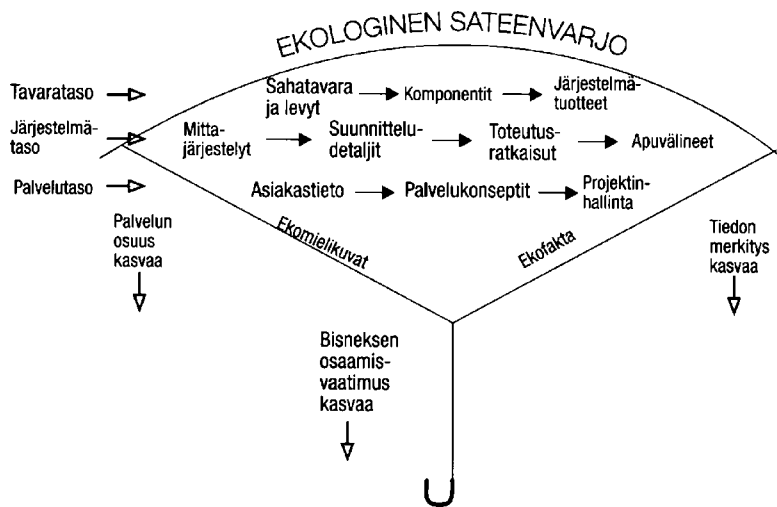


Kuva 2.4.3.15 Yksi valtakunnallisen *Moderni puukaupunki* -hankkeen aluerakentamiskohteista. Huminakujan pientalot Tuusulan asuntomessualueella vuoden 2000 asuntomessuilla.

2.4.4 Kestävä kehitys, ekologisuus ja elinkaariajattelu rakentamisessa

Yleistä

Otsonikato sekä kasvihuonekaasujen vaikutukset ilmaston lämpenemiseen ja merenpinnan kohoamiseen ovat maailmanlaajuisesti yleisesti tiedostettuja ilmiöitä. Vuodesta 1987 lähtien Brundlandin komission raportin julkaisemisen jälkeen kestävän kehityksen käsitteelle¹⁵¹ on haettu konkreettista muotoa myös rakentamisessa. Yhdistyneiden kansakuntien Rio de Janeirossa vuonna 1992 järjestämässä konferenssissa allekirjoitettu Agenda 21 velvoittaa myös Suomea toteuttamaan kestävän kehityksen ohjelmaa ja seuraamaan sen toteutumista. Ympäristövaikutuksia vähennettäessä keskeisiä tavoitteita ovat rakennusten kestävyys, pitkäikäisyys, muuntojoustavuus, kunnostettavuus ja korjattavuus. Kestävän kehityksen periaatteiden huomioon ottaminen juuri rakentamisessa on erityisen tärkeää, koska maamme kansallisuusvarallisuudesta lähes 2/3 on rakennuskannassamme. Lisäksi käytettävästä energiasta noin 40 % kuluu rakentamisessa ja rakennusten käytössä, ja vuotuisesta hiilidioksidipäästöistäkin puolet on peräisin rakennuksista.¹⁵²



Kuva 2.4.4.1 Puurakentamisen kehityspolkua voitaisiin tukea ekologisilla mielikuvilla ja faktoilla, koska ympäristötietoisuus vaikuttaa asiakaskäyttäytymiseen yhä enemmän.

Sana ekologia tulee kreikan sanoista ”oikos”, joka tarkoittaa taloa, kotia tai asuinpaikkaa ja ”logos”, joka tarkoittaa tietoa tai oppia. Ekologiaa tarkasteltaessa on muistettava, että

¹⁵¹ Puheenjohtaja Gro Harlem Brundtlandin mukaan nimensä saaneen komission raportissa kestävän kehityksen ydinkysymys on siinä, miten ihmiskunnan nykyiset perustarpeet voidaan tyydyttää viemättä tulevilta sukupolvilta mahdollisuutta tyydyttää omansa. Lähde: Erat, B. (1994) Ekologia, ihminen, ympäristö. Rakennusalan Kustantajat RAK, Kustannus Sarmala Oy. Opetushallitus. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.

¹⁵² Ympäristöministeriö (1997), op.cit.: s. 11, 19, 27.

ihminen on edelleenkin riippuvainen luonnosta, vaikka riippuvuus on evoluution aikana muuttunut välilliseksi ja arkielämässä vaikeasti havaittavaksi. Tiedostettuna ongelmana on se, että rakentamiseen ja asumiseen liittyvä uusiutumattomien luonnonvarojen käyttö sekä ympäristön kuormittaminen jätteillä ja päästöillä ovat puoleensa vuosisadassa moninkertaistuneet. Vaikka kehitys on merkinnyt asumistason ja elinympäristön hygieenisen tason parantumista, varsinaisia jäte- ja päästöongelmia ei ole kuitenkaan kyetty riittävästi ratkaisemaan. Tulevaisuuden ekologisesti kestävä asumistapa voidaan kiteyttää neljään käsitteeseen: energiavirrat, luonnonprosessit, kiertokulut ja hallittavuus. Tulevaisuuden rakennusten, rakennusmateriaalien ja rakennusosien tuotannossa painottuu myös niin kutsuttu elinkaariajattelu. Tämä suosii rakennusmateriaalina uusiutuvia luonnonvaroja, joiden valmistukseen sitoutuu vähän energiaa ja joiden valmistusprosessi tuottaa vähän päästöjä ja jätteitä. Lisäksi tällaisten materiaalien käytön aikaiset päästöt ovat vähäisiä, ja niiden kierrätettävyyden ja käsittelyn jätteenä on helppoa.¹⁵³ Lämmitysenergian valinta on keskeisintä rakennusten elinkaaritarkasteluissa, koska nykyaikaisen talon elinkaaren aikaisista ympäristövaikutuksista 80 - 90 % aiheutuu lämmitysenergian tuottamisesta¹⁵⁴.

Vahvuudet	Heikkoudet
<ul style="list-style-type: none"> • puun tunnusista ympäristöystävällisyys • hävityksen helppous/energiähyöty • hiilivarastona toimiminen • puun uusiutuvyys • suomalainen kestävä metsätalous 	<ul style="list-style-type: none"> • pitkät kuljetusmatkat (päästöt) • asiakkaiden maksuhaluttomuus vihreästä • luonnonaineiden homeen ja lahonestokky (ulkokäytössä) • huono säänkestävyys/pintakäsittelyn uusimistarve • jatkojalostus lisää ympäristökuormia • ei tunneta markkinoita ja asiakkaita riittävän hyvin
Mahdollisuudet	Uhat
<ul style="list-style-type: none"> • myydä elämyksiä (männyn tie siemenestä alkaen) • kokonaispalveluun pyrkiminen • ekologisen pintakäsittelyaineiden, liimojen ja suoja-ai- neiden kehittäminen • puun modifiointi ympäristöystävällisin menetelmin • puutuotteiden ja -kuidun kierritys • puun alkuperämerkintä • ekologisten tuotteiden kysyntä kasvaa • matalaenergiapientolat • ympäristökuormat tullaan sisällyttämään tuotteiden hin- toihin • kehitetään puurakenteita, jotka eivät ole herkkiä virheille • ekomekinnät, ympäristöselosteet 	<ul style="list-style-type: none"> • asiakas ei luota informaation oikeellisuuteen • negatiivinen palaute ympäristöaktiviteiteilta • kuluttajien suhtautuminen PEFC-serifikaattiin • kosteus- ja biologiset vauriot synnyttävät puutuotteille huonon imagon • pohjoiset metsät halutaan suojella talouskäyttöä

Kuva 2.4.4.2 Puutuotteiden ekokonseptin SWOT-analyysi.

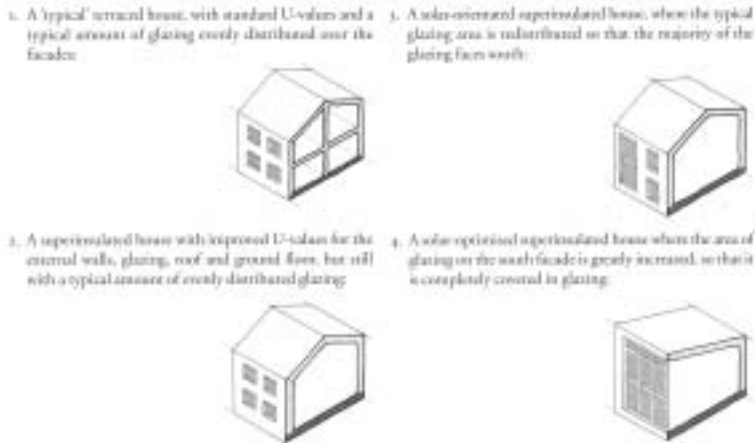
Tanskassa on tehty 1990-luvulla laaja tutkimusprojekti, jonka avulla on selvitetty rakentamisen ja rakennusmateriaalien ympäristövaikutuksia¹⁵⁵. Tutkimuksessa rakennusmateriaalien ja rakennusten ympäristövaikutuksia tarkasteltiin seitsemällä eri kriteerillä niiden koko elinkaaren ajan: 1) Luonnonvarojen käyttö: uusiutuvat, kierrätettävät ja uusiutumattomat; 2) Energian kulutus: uusiutuvat energianlähteet ja uusiutumattomat energianlähteet; 3) Hiilidioksidipäästöt; 4) Ekosysteemin happamoittamispäästöt; 5)

¹⁵³ Hakanen, M. (1993) Artikkel: Asuminen ja ekologia. Julkaisussa: Andersson, K. & Junto, A. (toim.) (1993) Asumisen tulevaisuus, asuntopolitiikan ja rakentamisen vaihtoehdot. Asuntohallitus ja Rakennusalan kustantajat. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä: s. 69 - 71, 75, 76.

¹⁵⁴ Leppänen, P. (2000) Artikkel: Energiaa säästävä talo. RakAs, Ekologisen rakentamisen ja asumisen yhdistys ry., Verkostolehti n:o 2/2000: s. 4.

¹⁵⁵ Tutkimusprojektin nimi on ”Materials Construction Form: towards an environmentally correct architecture”. Projektin ovat rahoittaneet Danish Ministry for Urban and Housing Affairs’ ja Danish Environmental Agency’s Action Plan for Ecological Building Materials and Constructions. Tutkimusprojektissa työskentelivät yhteistyössä the Aarhus School of Architecture, the Danish Building Research Institute, the Danish Centre for Urban Ecology ja Domus Architects.

Ekosysteemin rehevöittämisspäästöt; 6) Ihmisille haitalliset myrkkypäästöt ja 7) Kierrätettävyysominaisuudet. Energiankulutusta ja hiilidioksidipäästöjä tarkasteltiin sekä rakennusmateriaalien että rakennusten lämmittämisen osalta. Tutkimuksessa tarkasteltiin neljää eri rakennustyyppiä. Tutkimustulosten perusteella rakentamisen ympäristövaikutuksiin vaikuttavat rakennusmateriaalien ja rakennusten lämmöneristyskyvyn lisäksi oleellisesti myös rakennusten koko, muoto, aukotus ja aurinko-orientoituminen.¹⁵⁶

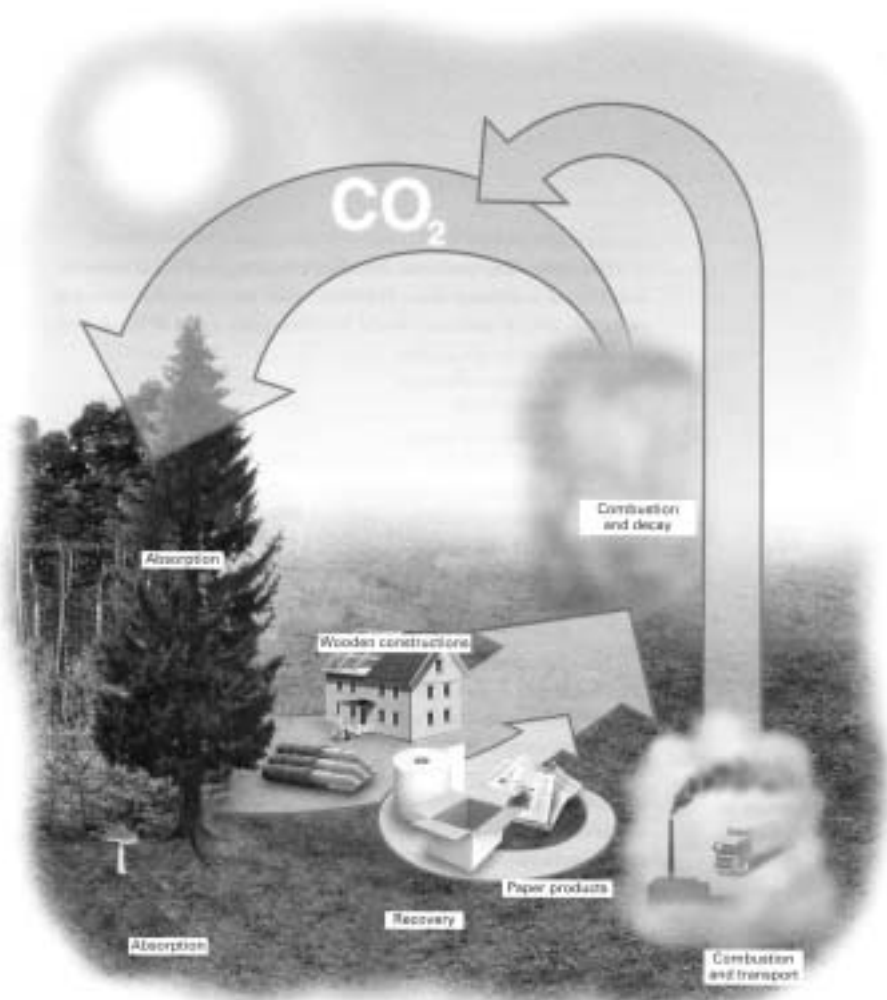


Kuva 2.4.4.3 Tanskalaisen tutkimuksen mukaan rakentamisen ympäristöarvoihin vaikuttavat myös rakennusten koko, muoto, aukotus ja aurinko-orientoituminen.

Puun käytön ekologisuus

Puun kuivapainosta noin puolet on hiiltä¹⁵⁷. Puun lisäkäytölle on ekologiset perusteet, koska puu sitoo kasvaessaan ihmisen ilmakehään vapauttamaa hiilidioksidia: yksi tonni puuta pystyy sitomaan itseensä kaksi tonnia hiilidioksidia¹⁵⁸. Hiilidioksidi on merkittävin niin kutsutuista kasvihuonekaasuista, joiden määrä ilmakehässä on jatkuvasti kasvanut lisääntyneen fossiilisten polttoaineiden käytön vuoksi. Hiilidioksidipäästöjä voidaan rajoittaa vähentämällä fossiilisten polttoaineiden käyttöä sekä lisäämällä metsiä ja puuntuotantoa ja siten hiilidioksidin sitoutumista metsiin ja pitkäaikaisesti puutuotteisiin. Vanhoissa metsissä hiilidioksidin sitoutuminen vähenee, koska metsien kasvu hidastuu ja toisaalta lahoavista puista vapautuu hiilidioksidin muodossa hiiltä ilmakehään. Nuori, nopean kasvun vaiheessa oleva elinvoimainen metsä sitoo tehokkaasti ilman hiilidioksidia. Jos metsissä kasvavaa puuta ei käytetä ja metsät vanhenevat, puun tuotanto ja hiilidioksidin sitoutuminen vähenevät. Sen sijaan käytettäessä puuta rakennuksissa tai huonekaluissa niihin sitoutunut hiilidioksidi on poissa luonnon kiertokulusta.¹⁵⁹

¹⁵⁶ Marsh, R., Lauring, M. & Petersen, E.H. (2001) Artikkel: A Parametric Environmental Analysis of Lightweight Timber-based and Heavyweight Concrete-based Housing Forms. Julkaisussa: Mäntysalo, R. & Nyman, K. (toim.) (2001) Proceedings of the Nordic Research Symposium Architecture and Materials. Oulu and Hailuoto, April 28TH - 30TH, 2000. University of Oulu, Department of Architecture, Publication B 20. Oulu University Press, Oulu 2001: s. 91 - 105.



The forest is crucial for the carbon dioxide balance. Trees absorb vast amounts of carbon dioxide from the atmosphere. Together with the solar energy and the process known as photosynthesis, carbon dioxide is converted into oxygen and carbohydrates. The carbohydrates are the building blocks for the growth of the tree and because of this, carbon is stored in the growing forest.

Harvested wood is processed into timber and paper products in which the stored carbon remains. Wooden houses in particular are important because they bind carbon dioxide for long periods of time. When forestry products are finally burnt or decay, the carbon dioxide absorbed by the trees is released and returned to the cycle.

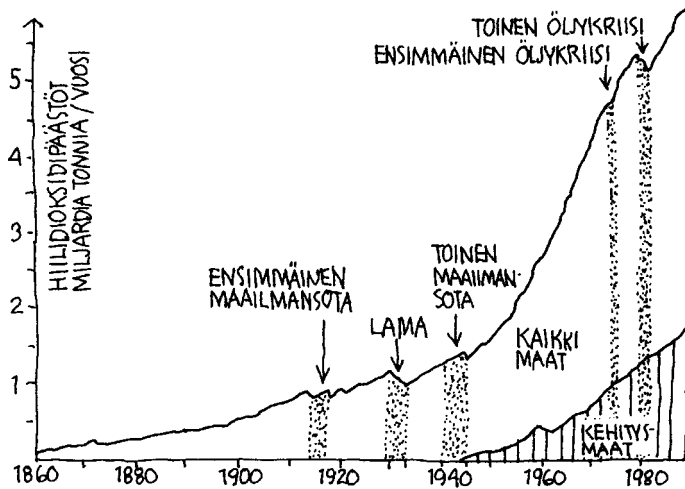
In Sweden, the forests are growing faster than they are being harvested and therefore the quantity of bound carbon is increasing year by year. This means that the forest absorbs more carbon dioxide than is included in the biological cycle. This annual increase is larger than the emissions from all the transport activities in Sweden and from the combustion of fossil fuels in the heavy industries in Sweden.

Kuva 2.4.4.4 Puu pystyy sitomaan itseensä ilman hiilidioksidia. Tämän hiilinieluvaiikutuksen vuoksi puun käyttöä tulisi lisätä.

¹⁵⁷ Paloheimo, E. (2000): Maailma ja metsät. Julkaisussa: Metsä ja puu I - Elävä puu. Teknillinen korkeakoulu / Puurakentaminen; Rakennustieto Oy, Tammer-Paino Oy, Tampere: s. 9.

¹⁵⁸ Viljakainen, M. (1997) Puukerrostalo. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Puuinfo Oy, Rakennustieto Oy, Tammer-Paino Oy, Tampere: s. 18.

¹⁵⁹ Paloheimo, E. (2000), op.cit.: s. 9 - 16.



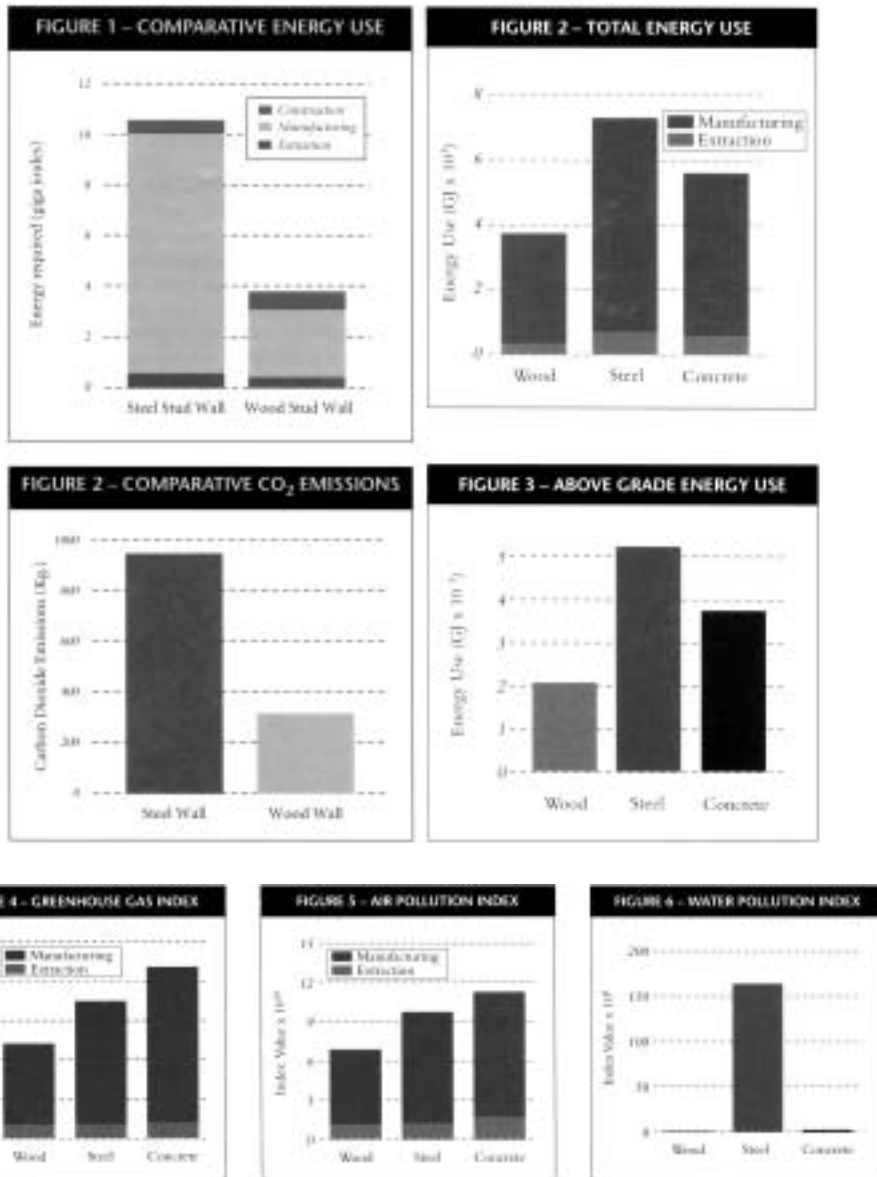
Kuva 2.4.4.5 Hiilidioksidipäästöt teollisuus- ja kehitysmaissa viimeisten 130 vuoden aikana.

Puun hyödyntäminen on kestävä kehityksen periaatteiden mukaista, koska puu on uusiutuva luonnon raaka-aine. Käsittelyprosessin aikana puu kuluttaa vähemmän energiaa ja saastuttaa vähemmän kuin useimmat kilpailevat materiaalit. Käsittelemätön puu on käytön jälkeen helppo hävittää. Lisäksi puu on kotimainen ja usein paikallinen materiaali, jolloin vältetään käyttämästä fossiilisia polttoaineita pitkiin kuljetuksiin. Puun käyttöä tulisi lisätä, koska siten voidaan varastoida ilmakehän hiilidioksidia puuhun sitoutuneena hiilenä hyödyllisesti ja kiinteässä muodossa. Ellei puuta käytetä sahatavarana tai muina puutuotteina, jää metsien hiilinieluvaikutus hyödyntämättä. Puutuotteiden käyttö on suurimmillaan rakennusteollisuudessa (70 - 90 %)¹⁶⁰, joten ekologiselta kannalta tarkasteltuna puulla tulisi korvata laajalti muita rakennusmateriaaleja.

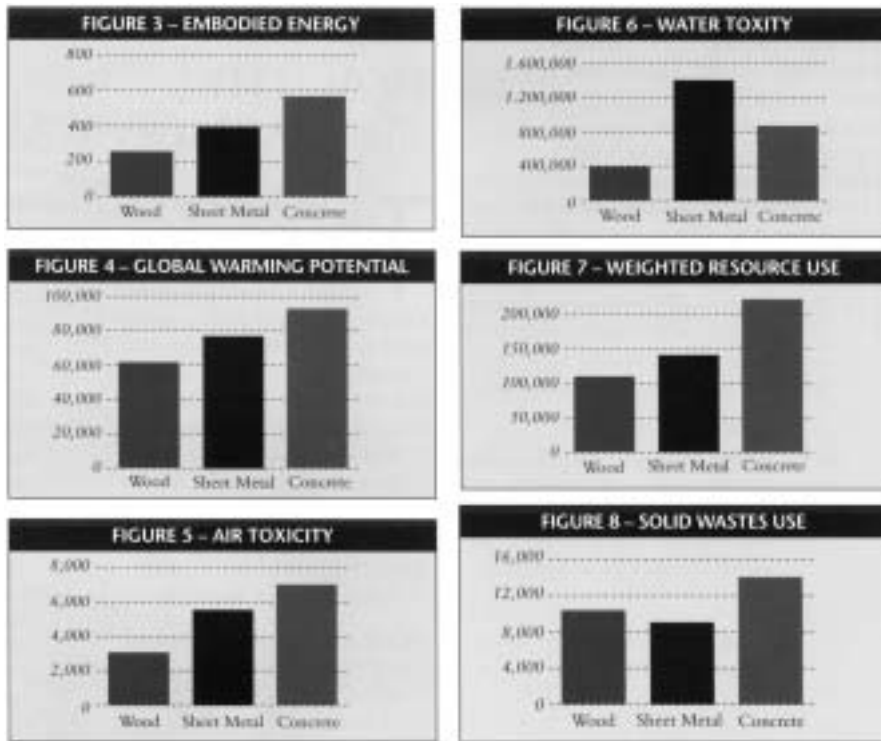
(Esimerkkejä Kanadasta: eri rakennusmateriaaleja koskevia ympäristö-analyyssitaulukoita¹⁶¹)

¹⁶⁰ Juslin, H. & Neuvonen, H. (1997) Metsäteollisuustuotteiden markkinointi. Opetushallitus. Hakapino Oy, Helsinki: s. 27.

¹⁶¹ Yhdysvalloissa ja Kanadassa on käytössä helppokäyttöisiä tietokoneohjelmia, joiden avulla suunnittelijat ja tutkijat voivat tehdä ympäristöanalyyskejä eri rakennusmateriaaleista ja rakennusratkaisuista. Yksi tällainen on ATHENA-ohjelma, jonka avulla oheiset taulukot on tehty. Taulukkolähde: Wood the Renewable Resource n:o 4. Canadian Wood Council. A Case Study; Comparing the environmental effects of Building systems.



Kuvat 2.4.4.6 Puu on kiistatta ympäristöystävällinen materiaali.

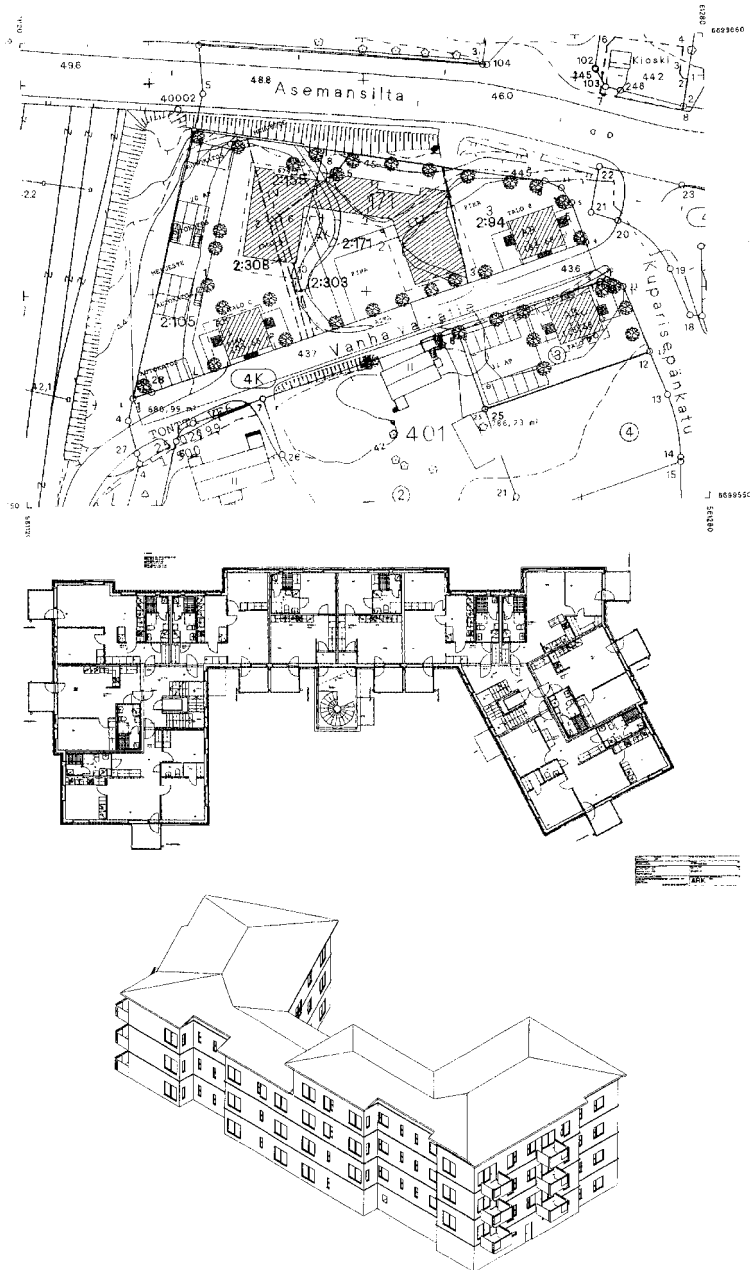


Kuva 2.4.4.7 Asuinrakennusten elinkaarianalyysitalukoita.

Ekologisuus ja elinkaariajattelu osana puurakentamista

Viime vuosina Suomessa on etsitty ratkaisuja rakentamisen ja asumisen kestävään kehitykseen, ekologisuuteen ja elinkaaritarkasteluun muun muassa puurakentamisen lisäämisen ja kehittämisen avulla. Rakentamisen ekologisia arvoja, ympäristöanalyysijä ja elinkaarikysymyksiä on pyritty ottamaan esille myös puukerrostalojen rakentamisen yhteydessä. Yksi tällainen pilottiprojekti on ollut yhteispohjoismaisen *Nordic Wood* -tutkimusohjelman *Trähus i flera våningar* -hankkeeseen kuuluva 3 - 4-kerroksinen puukerrostalo Keravalle. Projektissa ovat olleet Suomesta mukana maanomistajana Elanto Oy, rakennuttajana Asuntosäätiö, urakoitsijana Porvoon Puurakennus Oy, suunnittelijana Arkkitehtuuritoimisto Aarne Launos Oy ja tutkimusorganisaationa VTT ja Suomen Puututkimus Oy.¹⁶² Kohteen rakentamista ei ole kuitenkaan vielä aloitettu kustannussyistä vuoden 2001 loppuun mennessä. Toteutuessaan kohde olisi järjestyksessään kolmastoista suomalainen puukerrostalo.

¹⁶² Leppänen, P., Pulakka, S., Saari, M. & Viitanen, H. (1999) Life-cycle-cost optimised wooden multi-storey apartment building. Nordic Wood, Phase 2, Project P-2, Final report. VTT, Technical Research Centre of Finland, Espoo.



Kuvat 2.4.4.8 Keravalle suunniteltu puukerrostalo olisi toteutuessaan Suomen kolmastoista puukerrostalo.

VTT on tutkinut puukerrostalon runkorakenteiden ympäristövertailuja myös Viikin puukerrostalohankkeen yhteydessä. Näiden tutkimusten perusteella puukerrostalarakentaminen on kevytrakenteista verrattuna betonirakentamiseen, joten rakentamisessa syntyvät jätteet ovat painoyksiköissä mitaten vähäisiä. Sekä rakentamisen aikana että rakennuksen elinkaaren lopussa syntyneiden puujätteiden hyödyntäminen on myös helppoa. Puukerrostalon tuottamiseen kulunut energia (energiasisältö) on samaa luokkaa kuin vastaavassa betonitalossa, mutta uusiutuvien energialähteiden osuus on kuitenkin puukerrostalossa suurempi: noin 22 %, kun vastaava osuus betonikerrostalossa on noin 11 %. Lisäksi puukerrostalon tuotannon vaikutukset ilmaston lämpenemiseen (CO₂-emissiot) ja happamoitumiseen (SO₂-emissiot) ovat huomattavasti vähäisemmät kuin vastaavassa betonikerrostalossa.¹⁶³

Ongelmana Suomessa on tällä hetkellä se, että rakentamisen ja rakennusmateriaalien ympäristövaikutusten pisteyttämiselle ja rakennusten koko elinkaaren ajan tarkasteluille¹⁶⁴ ei ole vielä luotu sellaisia pelisääntöjä, jotka vaikuttaisivat käytännössä rakentamisen materiaalien ja teknisten ratkaisujen valintoihin. Rakentamista käsitellään yleensä kertaluonteisesti rakennuksen koko elinkaaren ajan tarkastelujen jäädessä taka-alalle. Ekologisen rakentamisen ratkaisut ovat yleensä keskittyneet yksittäisiin kokeiluihin ja projekteihin. Kuitenkin yleisten ekologisuus- ja elinkaaritarkastelukäytäntöjen luomiseen on ollut paineita 1990-luvulta lähtien muun muassa Valtion Asuntorahaston suuntaan. Mikäli ekologiset arvot tulevat vaikuttamaan rakentamisen arvomaailmaan lähitulevaisuudessa nykyistä enemmän, tulee puurakentamisen suosio kasvamaan. Tällainen ajattelu on jo vahvasti vallalla esimerkiksi Keski-Euroopassa, erityisesti Saksassa, Itävallassa ja Sveitsissä.

Kiinteistö- ja rakennusalalle on ennustettu rakennemuutosta, jossa asiakaslähtöisyys tulee nykyistä merkittävämpään osaan. Asuntojen laatu ja kestävyys, materiaalien kierrätettävyys, terveellisyys ja erityisesti energiatalous tulevat korostumaan. Lisäksi uudet joustavat hallintamuodot tulevat muuttamaan yksityisen ja julkisen alan suhtautumista kiinteistöjen rakennuttamiseen, käyttöön ja omistamiseen.¹⁶⁵ Puurakentamisen kysyntään ja puutuotteiden markkinoihin tulevat vaikuttamaan muun muassa laatuvaatimusten kasvu, ekologisuus ja kestävä kehitys sekä sisäilman laadun korostuminen¹⁶⁶.

¹⁶³ Perälä, A-L., Rintanen, R. & Ratia, P. (1998) Puukerrostalon runkorakenteiden ympäristövertailut. Puura-projekti. VTT Rakennustekniikka, Helsinki: s. 1.

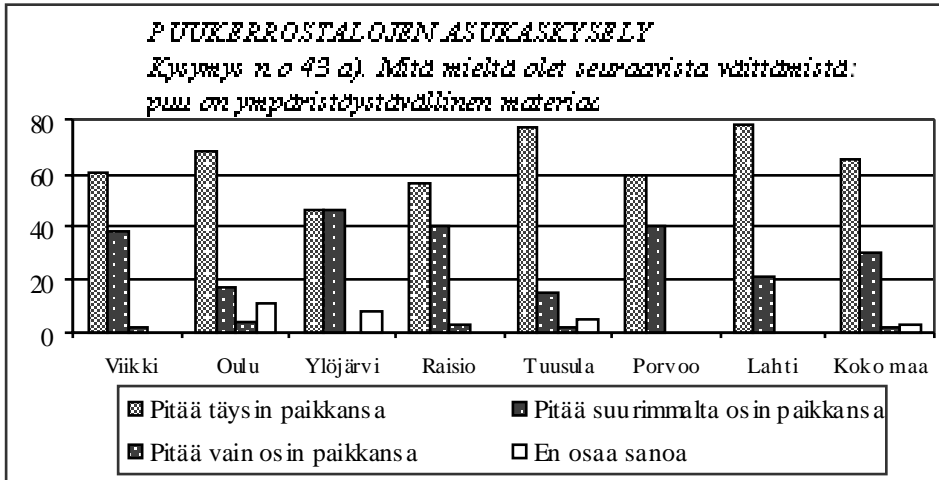
¹⁶⁴ Rakennuksen elinkaari ulottuu suunnittelusta aina sen mahdolliseen purkamiseen saakka. Rakentamisen kokonaiskustannuksia arvioitaessa tulisi tarkastella kustannuksia rakennuksen koko elinkaaren ajalta. Rakennusosien vuosikustannus määräytyy pääomakustannuksen ja laskennallisen käyttöiän perusteella. Suomessa yleiset laskennalliset käyttöiät ovat 12 v (pintakäsittelyt), 25 v (pintarakenteet, ovet ja ikkunat) ja 50 v (rakennusosat yleensä). Elinkaariajattelussa tulisi välittömien investointikustannusten lisäksi kiinnittää huomiota rakenteiden ja rakennusmateriaalien energiaystävällisyyteen, kestoikään ja huoltotarpeeseen sekä niiden valmistuksesta, käytöstä ja käytöstä poistamisesta johtuviin kustannuksiin ja ympäristökuormitukseen. Lähde: Rakennustieto Oy (2000) Rakennusosien kustannuksia. Rakennustieto Oy. Tammer-Paino Oy: s. 11.

¹⁶⁵ Kiinteistö- ja rakennusala (2001) Kiinteistö ja rakennuskluusterin visio 2010. Hyvän elämän puitteet. Raportti I. 30.5.2001.

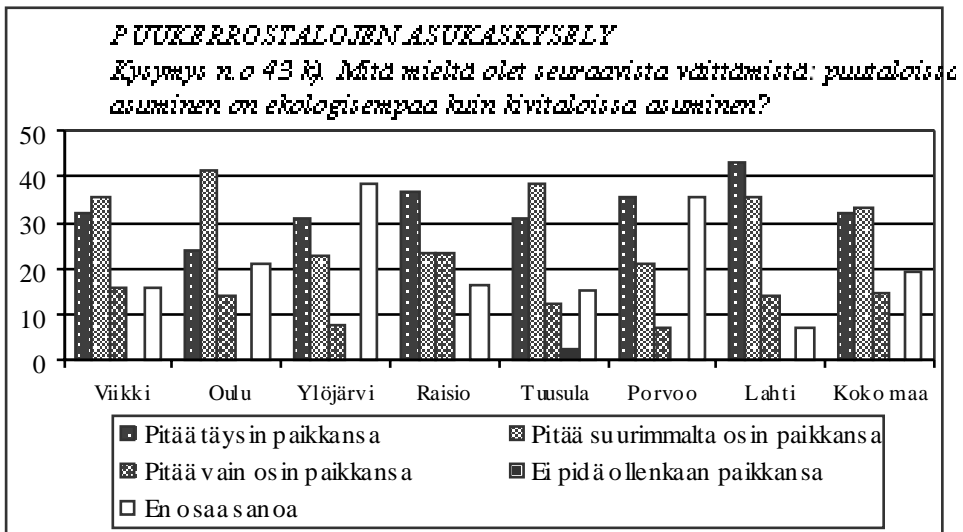
¹⁶⁶ VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka (2001) Esitutkimus: Kansainvälisesti menestyvät laadukkaan asumisen puutuotteet. Loppuraportti. 15.5.2001.

Asukkaiden arviot puurakentamisen ympäristöystävällisyydestä ja ekologisuudesta

Tähän tutkimukseen liittyneessä asukaskyselyssä (Liite 2.) kartoitettiin asukkaiden arvioita ja mielipiteitä myös puurakentamisen ympäristöystävällisyydestä ja ekologisuudesta.



Saman väittämän mieltä myös 95 % sekatekniikkatalojen ja 88 % betonitalojen vastaajista pitävän täysin tai suurimmalta osalta paikkansa.



Samaa väitettä piti suurimmalta osin tai täysin paikkansa pitävänä myös 59 % sekatekniikkatalojen ja 58 % betonitalojen asukkaista. Tulosten perusteella puurakentamisen ja puutaloissa asuminen ekologisuuteen suhtauduttiin yleensä myönteisesti.

2.4.5 Suomalaiset puukerrostalokohteet vuosina 1995 – 2001

Suomeen on rakennettu kahdeksalle eri paikkakunnalle vuosina 1995 - 2001 kymmenen puukerrostalokohdetta, yhteensä 338 asuntoa. Seuraavat kaksi kohdetta valmistuvat vuonna 2002. Suomen ensimmäisiä puukerrostalokohteita voidaan pitää luonteeltaan koerakennushankkeina seuraavin perustein:

- Ylöjärven, Viikin, Oulun, Tuusulan ja Raision kohteet on toteutettu poikkeusluvalla ennen uusien palomääräystemme (RakMK E1, 1.9.1997) voimaantuloa.
- As Oy Lahden Pinja ja As Oy Porvoon Fredrika suunniteltiin ja niiden rakentaminen aloitettiin ennen uusien palomääräystemme voimaantuloa.
- Kaikki edellä mainitut puukerrostalokohteet ovat toteuttaneet eri rakennuttajat ja urakoitsijat, ja kunkin kohteen rakentajat ovat poikkeuksetta myöntäneet, että rakennukset ovat olleet heille kokeilukohteita ja taloudellisesti jokseenkin kyseenalaisia.
- As Oy Porvoon Aleksanterinkatu 29, As Oy Lahden Poppeli ja Naantalin puukerrostalohankkeet on voitu toteuttaa ilman poikkeuslupakäytäntöä vuoden 1997 RakMK E1:n voimaantulon jälkeen. Lisäksi näiden kohteiden rakentamisen aikana maamme puukerrostalojen tekniset ratkaisut alkoivat vähitellen vakiintua. Näiden kohteiden koerakentamisstatusta voidaan luonnehtia erityisesti puukerrostalojen taloudellisen kilpailukyvyn tavoittelemisella, teknisten ratkaisujen sekä viranomaismääräysten ja -käytäntöjen vakiinnuttamisella.

Maamme seuraavat puukerrostalokohteet ovat Oulun Puu-Linnanmaalle rakennettava 3-kerroksinen As Oy Linnanvouti (14 asuntoa) ja Lahden Puu-Paavolaan rakennettava 4-kerroksinen As Oy Lahden Pyökki (17 asuntoa). Molempien kohteiden rakennustyöt on aloitettu vuonna 2001. Kohteet valmistuvat vuoden 2002 kuluessa.

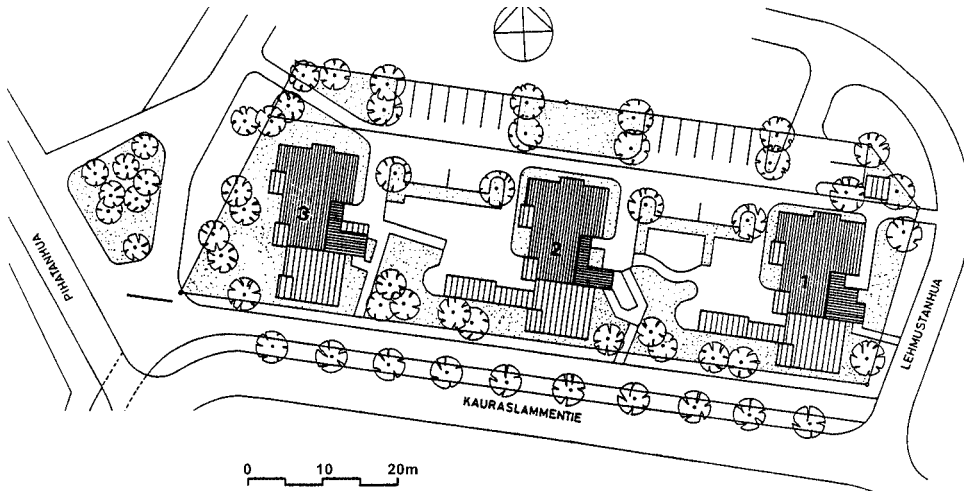
Seuraavassa on esitelty ja arvioitu lyhyesti Suomen ensimmäiset valmiit puukerrostalokohteet.

Ylöjärvi

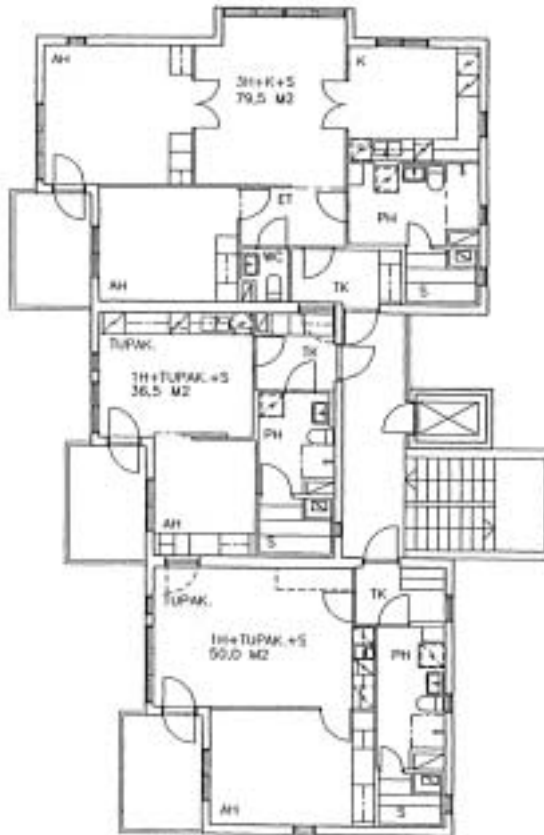
Ylöjärven puukerrostalot rakennettiin 1995 - 1996 loivaan pohjoisrinteeseen Ylöjärven asuntomessualueelle Tampereen läheisyyteen. Kohteen nimi on Kiinteistö Oy Ylöjärven vuokratalot ja sen osoite on Lehmustanhua 1, 33480 Ylöjärvi. Rakennuttaja ja omistaja on Ylöjärven kunta. Kohde koostuu kahdesta 3-kerroksisesta ja yhdestä 2-kerroksisesta sivukäytävällisestä ja harjakattoisesta asuinrakennuksesta. Kohteen asuinrakennusten laajuus on 1 252 k-m² ja tilavuus 4 700 m³. Huoneistoala on 1 110 m². Asuntoja on 19, ja kohteen kokonaisala on 1 465 k-m².¹⁶⁷ Ylöjärven kunnan vuokra-asunnoiksi valmistuneet rakennukset tehtiin normaaliin Valtion Asuntorahaston lainoittamaan hintatasoon, noin 7 000 mk/as-m².¹⁶⁸ Rakennusten rakennusfysikaalisia ääni-, palo- ja kosteuskysymyksiä tutkittiin suunnittelun kuluessa Tampereen teknillisessä korkeakoulussa. (Arkkitehtisuunnittelu: Arkkitehtitoimisto ARKVE Oy. Rakennesuunnittelu: Insinööri-toimisto Magnus Malmberg Oy. LVI-suunnittelu: AIR-IX-talotekniikka Oy. Sähkösuunnittelu: AIR-IX-talotekniikka Oy. Pääurakoitsijana toimi Skanska Sisä-Suomi Oy.)

¹⁶⁷ Lähde: Arkkitehtitoimisto ARK-VE Oy (1995) Kiinteistö Oy Ylöjärven Vuokratalot, Lehmustanhua 1. Rakennusselitys 22.12.1995.

¹⁶⁸ Lähde: Asuntosihtööri Matti Railio. Ylöjärven kunta. Puhelinhaastattelu 6.5.1998.



Kuva 2.4.5.1 Ylöjärven puukerrostalot, asemapiirros.



Kuva 2.4.5.2 Pohjapiirros.

Rakennusten pystyrunko muodostuu viilupuisista pilareista ja palkeista, joiden kantavat linjat ovat rakennuksen päädyissä ja huoneistojen välisten seinien kohdilla. Kaksikerroksisessa rakennuksessa on puurakenteinen tuulettuva ryömintätalallinen alapohja. Kolmikerroksisten rakennusten alapohjat ovat maanvaraisia teräsbetonilaattoja. Välipohjien kantavina rakenteina ovat kertopuiset ripalaatat. Pyykinpesukoneita varten on rakennusrunkoon tehty erilliset teräsristikkotornit, joihin on valettu pyykinpesukonealustoiksi teräsbetonilaatat. Pääosa julkisivuista on puuverhoiltu. Sivukäytävien ja porrashuoneiden seinäpinnat ovat sementtilastulevyä. Rakennusten jäykistys on hoidettu metallisten vinositeiden avulla. Kaikki kantavan rungon osat esivalmistettiin tehtaalla. Julkisivurakenteet, kevyet väliseinät ja muut viimeistelytyöt tehtiin työmaalla. Rakennuksen julkisivut on varustettu kerroksittain vaakasuuntaisin peltisin palokatko-in. Räystäät on rakennettu tiiviiksi ja ullakon tuuletus on hoidettu julkisivuun sijoitettujen palopeltiventtiileiden avulla.¹⁶⁹



Kuva 2.4.5.3 Ylöjärven puukerrostalot asuntomessuilla 1996 olivat maamme ensimmäinen puukerrostalokohde.

Ylöjärven puukerrostalojen kattoratkaisu on omaperäinen: katon harja on asetettu rakennusrungon lyhyemmän sivun suuntaisesti, jolloin kattolappeet jäävät pitkiksi ja loiviksi. Massoittelu muodostuu tällöin hieman raskaanoloiseksi. Rakennusmassat hakevat selvästi kerrostalojen ja pientalojen välimuotoa, mikä on myönteistä. Rakennusten julkisivupintojen detaljointi on tarpeettoman niukkaa, mitä korostaa yhden vaakalaudoitustyyppin ja yhden perusvärin käyttö julkisivulaudoituksissa. Rakennusten aukotus on selväpiirteistä, ja ikkunaukkojen jakopuitteet antavat ikkunakentille kauniit suhteet. Puujulkisivujen vaakasuuntaiset palokatkokouluokset on sijoitettu systemaattisesti välipohjien kohdille, mikä antaa rakennuksille elementtitalon leiman. Ylöjärven puukerrostaloissa parhainta antia ovat väljät parvekkeet keventävine puuritiläiheineen.

¹⁶⁹ Lähde: Arkkitehtitoimisto ARK-VE Oy (1995) Kohteen suunnitelmat.

Viikki

Viikin puukerrostalot on rakennettu Viikin ekologisen rakentamisen koalueelle Helsinkiin. Koekohteen nimi on Kiinteistö Oy Viikinmansio ja sen osoite on Koetilankuja 2, 00710 Helsinki. Rakennuttaja ja omistaja on Helsingin yliopisto. Puukerrostalokohde koostuu seitsemästä lamellitalotyypisistä asuinrakennuksesta, joista neljä on 2-kerroksista, kaksi 3-kerroksista ja yksi 4-kerroksinen. Rakennuksissa on tavallisesta poikkeava toispuoleinen harjakatto (= harjakaton ja pulpettikaton sekamuoto). Asuinrakennusten lisäksi tontille on sijoitettu kolme piharakennusta. Kohteen asuinrakentamisen laajuus on 5 116 k-m² ja tilavuus 15 800 m³. Asuinrakennusten huoneistoala on 4 065 m². Asuntojen lukumäärä on 65. Kohteen kokonaisala on 5 883 k-m².¹⁷⁰

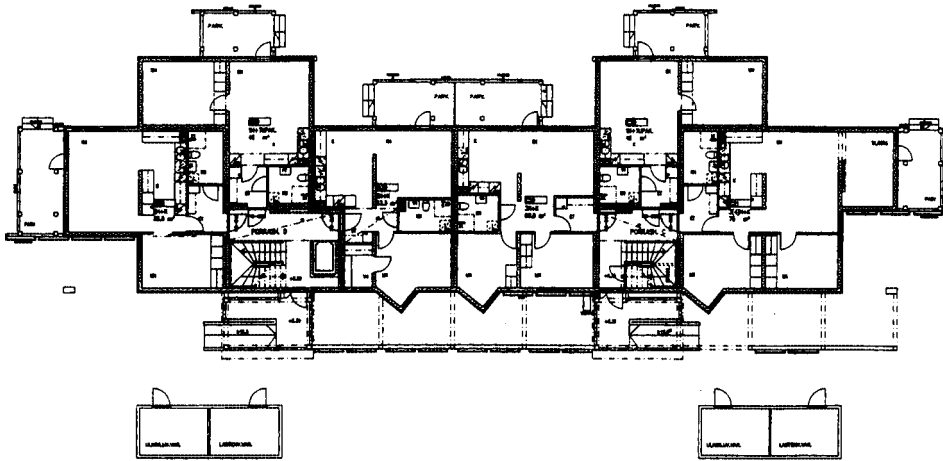


Kuva 2.4.5.4 Viikin puukerrostalot, asemapiirros.

Viikin puukerrostaloista järjestettiin puurakentamisen teknologiaohjelman kuluessa kaksivaiheinen suunnittelu-, tuotekehitys- ja toteutuskilpailu. Kilpailun tavoitteena oli löytää kilpailualueelle arkkitehtuuriltaan, asuttavuudeltaan ja teknisiltä ratkaisuiltaan korkeatasoinen suunnitelma, jossa puun ominaisuuksia on hyödynnetty innovatiivisella tavalla. Suunnittelun ja rakentamisen kokonaishinnaksi määriteltiin Valtion Asuntorahaston kohteelle hyväksymä enimmäishinta 6 700 mk/as-m². Kilpailun molemmat vaiheet käytiin vuoden 1995 aikana. Jokaiseen kilpailuun osallistuneeseen tarjousryhmään kuuluivat urakoitsija, arkkitehti ja rakennesuunnittelija. Monessa ryhmässä oli mukana myös puuntoimittajayritys. Kil-

¹⁷⁰ Lähde: Arkkitehtuuritoimisto Mauri Mäki-Marttunen Ky (1996) Kiinteistö Oy Viikinmansio. Rakennusselitys 19.1.1996.

pailun voittaneessa ehdotuksessa rakennusten runko- ja ulkoseinäjärjestelmänä käytettiin kantavia suurelementtejä. Rakennustyöt alueella aloitettiin keväällä 1996, ja kohde valmistui vuoden 1997 alkupuolella. Rakennukset valmistuivat Helsingin yliopiston henkilökunnan työsuhteasunnoiksi. (Arkkitehtisuunnittelu: Arkkitehtuuritoimisto Mauri Mäki-Marttunen Ky. Rakennesuunnittelu: Rakentajain Tuotekehittelypalvelu Oy. LVI-suunnittelu: LVIS-Insinööri-toimisto Karlsson & Karves Co Oy. Sähkösuunnittelu: Sähköinsinööri-toimisto Leppäniemi Oy. Geotekninen suunnittelu: Insinööri-toimisto Pohjatekniikka Oy. Sprinklerisuunnittelu: Palotekninen Insinööri-toimisto Spritek Oy. Pääurakoitsijana toimi Rakennusliike S. Horttanainen Oy.)



Kuva 2.4.5.5 Pohjapiirros.

Rakennukset on perustettu teräsbetonisten tukipaalujen varaan, koska kantava maapohja on noin 10 - 20 m:n syvyydessä. Alapohjat ovat ryömintätalillaisia tuulettuvia alapohjia, joiden kantavana vaakarakenteena ovat teräsbetoniset ontelolaatat. Rakennusten kantavista seinistä muodostettu pystyrunko, väli- ja yläpohjat sekä julkisivut ovat enimmäkseen puuta. Huoneistojen väliset seinät, ulkoseinät sekä väli- ja yläpohjat on rakennettu kantavista suurelementeistä. Ulkoseinäpaneloinnit on toimitettu tehtaalta valmiiksi maalattuina pienenlementteinä. Vesikattorakenteet on muodostettu naulalevyristikoista kantavan yläpohjarakenteen päältä tukien. Rakennuksen jäykistys perustuu levyjäykistykseen.¹⁷¹ Rakennusten julkisivut on varustettu kerroksittain vaakasuuntaisin palokatkokoulokein. Ullakon tuuletus on hoidettu palopeltiventtiileiden avulla. Noin 10 % julkisivuista on verhottu sementtikuitulevyin.¹⁷²

¹⁷¹ Rautamäki, P. (1997) Artikkel: Rakenteet. Raportissa: Nordic Wood, Trähus i flera våningar. Pilottiprojekti 5: Viikin puukerrostalot. Loppuraportti: s. 6 - 9.

¹⁷² Lähde: Arkkitehtuuritoimisto Mauri Mäki-Marttunen Ky (1996) Kohteen suunnitelmat.



Kuva 2.4.5.6 Viikin puukerrostalot muodostavat miellyttävää puumiljöötä.



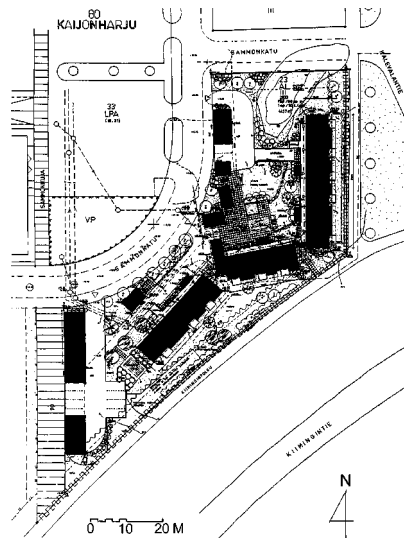
Kuva 2.4.5.7 Viikin puukerrostalojen leikkaus ja julkisivuja.

Viikin puukerrostalot on sijoitettu Viikin pelloille siten, että 3- ja 4-kerroksiset pitkät rakennusmassat rajaavat pihaa ohikulkutiehen, ja pysäköintialueeseen päin ja muut pienemmät asuinrakennusmassat piharakennuksineen suuntautuvat viuhkamaisesti tonttia reunustavaa lampea kohti. Näin paikkaan muodostuu perinteisen maalaismiljöön henkeen suljettu pihapiiri, josta löytyy useita mielenkiintoisia, suojaisia ja aurinkoisia pihatiloja vaihtelevine näkymineen. Rakennukset ovat pääosin massaltaan suoralinjaisia ja kapearunkoisia. Parvekkeet on sijoitettu rakennusrungon ulkopuolelle omalla pystyrungollaan seisoviksi siroiksi, sauvamaisiksi tornirakennelmiksi, jotka elävöittävät ja keventävät julkisivuja. Ikkuna-aukot on yleensä sijoitettu kerroksittain päällekkäin samaan linjaan ja osin ikkuna-aukkokenttiä on korostettu ja koottu yhteen pystysuunnassa vaaleaa julkisivulaudoitusta tummempien julkisivulevyverhousten avulla. Rakennukset ovat moderneja, ja puupintojen tekstuuri on

niukkaa. Pääväriltään rakennukset ovat vaaleita. Parvekkeissa, julkisivudetaljoinneissa ja levyverhouksissa on käytetty tummempia värisävyjä. Kohteen detaljointi ja väritys on toteutettu vähäisillä keinoilla taitavasti siten, että rakennusten yleisilme on rikas. Rakennusten julkisivujen kerroksittaiset vanerista ja pellistä tehdyt palokatkokoukkeet on liitetty parvekkeja ikkuna-aukkojakoihin luontevasti siten, ettei niistä muodostu rakennuksille negatiivisessa mielessä elementtitalon leimaa.

Oulu

Oulun puukerrostalo sijaitsee Oulun kaupungin Kaijonharjun kaupunginosassa, Kaijonharjun ostoskeskuksen ja Pyykösjärven välisellä pienellä metsäalueella. Kohteen nimi on Kiinteistö Oy Puukotka ja sen osoite on Sammonkatu 3, 90570 Oulu. Rakennuttaja ja omistaja on oululainen Riihi-säätiö rs. Rakennus on luhtikäytävätaalo, joka koostuu kolmesta luhtikäytäväsiltöjen avulla toisiinsa kytketystä 3-kerroksisesta pulpettikattoisesta ja hyvin kapearunkoisesta rakennusmassasta. Pihalle on sijoitettu lisäksi kolme pientä pulpettikattoista varastorakennusta ja kolme autokatosta. Kohteen asuinrakentamisen laajuus on 1 920 k-m² ja sen tilavuus on 6 680 m³. Asuntopinta-ala on yhteensä 1 620 m² ja asuntojen lukumäärä on 33. Kohteen kokonaislaajuus on 2 190 k-m².¹⁷³



Kuva 2.4.5.8 Oulun ensimmäinen puukerrostalokohde, Kiinteistö Oy Puukotka, asemapiirros.

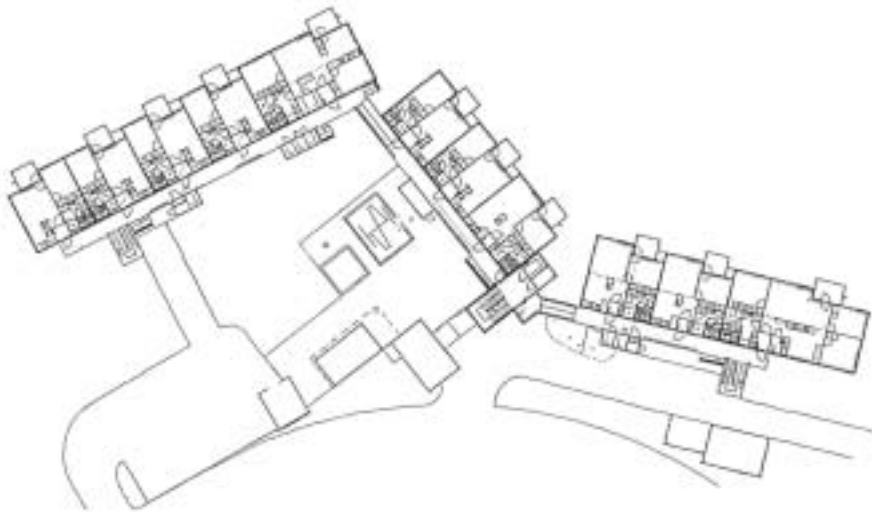
Kohde on ollut osa Oulun yliopiston arkkitehtuurin ja rakentamistekniikan osastojen aloittamaa puurakentamisen tutkimushanketta. Kohteen suunnittelu aloitettiin keväällä 1995 Oulun yliopiston arkkitehtuurin osaston opiskelijoille järjestetyllä aatekilpailulla, jonka avulla haettiin ideoita ja arkkitehtonista perusratkaisua puukerrostalon varsinaista suunnittelua varten. Oulun puukerrostalon yksityiskohtaisessa suunnittelussa otettiin huomioon Ylöjärven ja Viikin koerakennuskohteiden ratkaisut. Oulussa haluttiin tietoisesti kokeilla erilaisia ratkai-

¹⁷³ Lähde: Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio (1996) Kiinteistö Oy Puukotka. Rakennusselitys. 20.5.1996.

suja kuin Ylöjärvellä ja Viikissä, jotta puukerrostalorakentaminen tulisi mahdollisimman laajalti tutkituksi maassamme. Kohde valmistui maaliskuussa 1997. Hankkeen Valtion Asunto-rahaston vahvistamat rakentamiskustannukset olivat 6 450 mk/as-m², mihin eivät sisältyneet pihan autokatosten rakentamiskustannukset. (Arkkitehtisuunnittelu: Oulun yliopiston arkkitehtuurin osaston Puustudio. Rakennesuunnittelu: Oulun yliopiston rakentamistekniikan osaston Puustudio. LVI-suunnittelu: LVI-Sasto Ky. Sähkösuunnittelu: Insinööritoimisto Kurvinen Oy. Pääurakoitsijana toimi OU-RA Oy.)



Kuva 2.4.5.9 Kiinteistö Oy Puukotka, julkisivuja.



Kuva 2.4.5.10 Kiinteistö Oy Puukotka, pohjapiirros.

Rakennuspaikan maaperä on routimatonta karkeaa hiekkaa. Rakennuksen A- ja C-osat on perustettu matalaperustuksena perusanturoiden varaan. Keskimmäiseen B-osaan on sijoitettu maanalainen kellarikerros. Kaikki alapohjat on tehty maanvaraisina teräsbetonilaattoina. Rakennuksen kantava runko on enimmäkseen puuta. Luhtikäytävät ovat betonitöyhtöisten teräsputki-profiilien varaan nostettuja teräsbetonielementtejä. Rakennuksen kantavina pystyrakenteina toimivat ulkoseinät. Välipohjat ovat puu- ja levyrakenteisia elementtejä ja osin puu-betoni-liittolaatta-elementtejä. Yläpohjat ovat ristikkorakenteisia. Ulko- ja väliseinät ovat lasivillaeristeisiä, yläpohjien eristeenä on käytetty selluvillaa. Rakennuksen jäykistys perustuu levyjäykistykseen. Rakennus on tehty paikalla rakentaen platform-tekniikalla. Rakennuksen rungon puutavara on pääosin pre-cut-periaatteen mukaisesti valmiiksi katkottua. Kaikki julkisivut ovat puisia, ja ne on verhottu sekä pysty- että vaakasuuntaisin laudoituksin ja osin vanerilevyin. Lisäksi luhtikäytävän suojana on käytetty vaakasuuntaisia lankkusäleikköjä. Julkisivumaalauksissa on käytetty perinteisiä maaleja; pellavaöljy-maalia, keittomaalia ja tervapohjaisia käsittelyaineita. Julkisivuissa ei ole useimmista maamme puukerrostalokohdeista poiketen näkyviä vaakasuuntaisia palokatkoja, vaan palokatkoina on käytetty julkisivuverhouksen taustan tuuletusilmarakoon sijoitettuja koolauksia ja kuristusrimoja, joiden avulla rajoitetaan hormivaikutuksesta aiheutuvan julkisivupalon etenemistä tuuletusraossa ylöspäin.¹⁷⁴



Kuva 2.4.5.11 Kiinteistö Oy Puukotkan kaikki julkisivut ovat puuta.

Oulun puukerrostalokohde on sijoitettu luontevasti kapealle metsäkaistaletontilleen siten, että parvekkeilta on näköalat Pyykösjärvelle. Ostoskeskuksen ja sen laajahkon pysäköintialueen puolelle on pihaa rajaamaan sijoitettu yksikerroksisia varistorakennuksia, jotka tuovat vastapainoa kolmikerroksisille asuinrakennuksille. Rakennusten mielenkiintoisempana

¹⁷⁴ Lähde: Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio (1996) Kohteen suunnitelmat.

julkisivupuolena voidaan pitää sisäpihan puolta, jossa luhtikäytävälle tavanomainen hyllymäinen ilme on onnistuttu taitavasti poistamaan vaakasuuntaisten luhtikäytäväsäleikköjen ja luhtikäytäviin liittyvien kaksikerroksisten varistorakennusten avulla. Rakennusten parvekkeet on sijoitettu julkisivusta ulostyöntyvien erkkereiden väliin syvennyksiin siten, että parvekkeet ovat puolittain suojaisia ja puolittain julkisivuista ulospäin työntyviä noppamaisia osia. Yleishahmoltaan parvekkeet ovat tarpeettoman umpinaisia ja raskaanoloisia, joskin niiden säännönmukainen toistuvuus keventää hieman tätä tunnelmaa. Ikkuna-aukotus on selkeää ja säännönmukaista, osin ikkuna-aukkokenttiä on korostettu vertikaalisuunnassa tummasävyisiksi maalatuilla vaneriverhouksilla. Ikkuna- ja oviaukkopieliien detaljointi on niukkaa. Rakennusten päämassat ovat vaaleanharmaita, ja tehosteväreinä on käytetty julkisivuvaneriverhouksissa kirkkaan keltaisia ja vihreitä tehostevärejä, jotka vaikuttavat joiltain osin turhan räikeiltä. Julkisivujen tekstuuri on rikasta ja vaihtelevaa sisäpihan puolella, mutta parvekepuoli ja päädyt ovat tekstuuriltaan tarpeettoman niukkoja - puujulkisivun luonne häviää rakennuksia kaukaa katsottaessa ja rakennukset näyttävät ankeahkoilta, mitä betoninharmaat keittomaalijulkisivut entisestään korostavat.

Tuusula

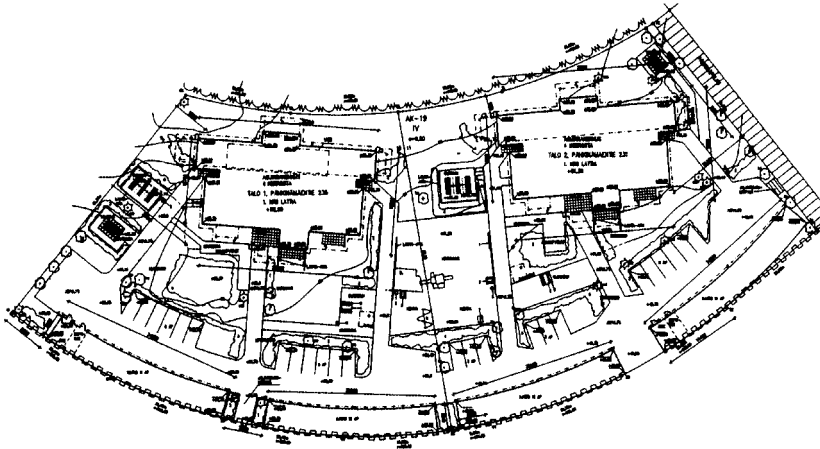
Tuusulan puukerrostalot valmistuivat vuonna 1997 metsäiselle rinteelle Tuusulan moottoritien läheisyyteen Hyrylään. Kohde koostuu kahdesta samanlaisesta nelikerroksisesta pistetalotyypisistä, pulpettikattoisesta asuinkerrostalosta. Talojen osoitteet ovat Pähkinämäentie 231 ja 235, 04300 Tuusula. Toinen (Pähkinämäentie 231) on asumisoikeustalo ja toinen (Pähkinämäentie 235) on vuokratalo. Pihojen reunaan Pähkinämäentien varteen on sijoitettu lisäksi neljä pitkä pulpettikattoista autokatosta. Kohteen tilaajana on Asoasunnot Oy ja sen rakennuttajana on VVO Rakennuttaja Oy. Kohteen yhteislaajuus on 3 622 k-m² ja tilavuus 15 780 m³. Huoneistoala on 2 631 m². Asuntojen lukumäärä on 46, kummassakin rakennuksessa on 23 huoneistoa.¹⁷⁵ Rakennukset on tehty Valtion Asuntorahaston lainoittamaan asuntohintatasoon, 7 450 mk/as-m².¹⁷⁶ (Arkkitehtisuunnittelu: Arkkitehtuuritoimisto Mauri Mäki-Marttunen Ky. Rakennesuunnittelu: Rakentajain Tuotekehittelypalvelu Oy. LVI-suunnittelu: Insinööritoimisto Entalcon Oy. Sähkösuunnittelu: Sähköinsinööritoimisto Leppäniemi Oy. Geotekninen suunnittelu: Insinööritoimisto Pohjatekniikka Oy. Sprinklerisuunnittelu: Palotekninen Insinööritoimisto Spritek Oy. Pääurakoitsijana toimi Rakennusliike S. Horttanainen Oy.)

Rakennusten runko perustuu kantaviin seiniin, jotka on toteutettu runkoelementteinä. Välipohjien kantavina osina ovat naulalevyristikkopalkit. Ylärinteen puolelta ensimmäinen kerros on pääosin maan alla. Rakennusten alapohjat ovat betonirakenteisia, yläpohjat ovat ristikkorakenteisia. Julkisivut ovat kokonaan puuverhoiltuja. Parvekkeiden pilarit ja palkit ovat liimapuuta. Rakennusten ulkoseinät, välipohjat ja yläpohjat on poikkeusluvalla toteutettu selluvillaeristeisinä. Rakennuksen julkisivut on varustettu kerroksittain vaakasuuntaisin peltisin palokatkokoulokein.¹⁷⁷

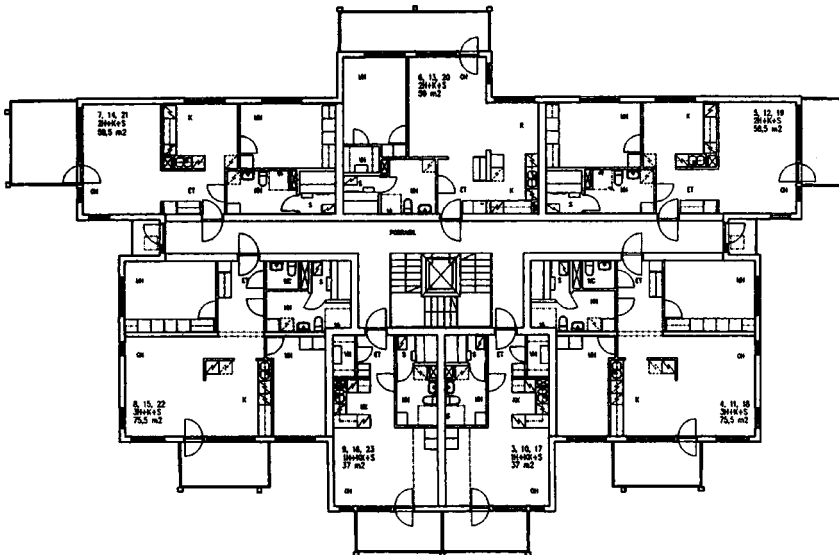
¹⁷⁵ Lähde: Arkkitehtuuritoimisto Mauri Mäki-Marttunen Ky (1996) Asoasunnot Oy Pähkinämäentie 231. Rakennusselitys 3.9.1996, ja VVO Pähkinämäentie 235. Rakennusselitys 3.9.1996.

¹⁷⁶ Lähde: Marko Pyykkönen. Asoasunnot Oy Puhelinhaastattelu 28.11.2000.

¹⁷⁷ Lähde: Arkkitehtuuritoimisto Mauri Mäki-Marttunen Ky (1996) Kohteen suunnitelmat.



Kuva 2.4.5.12 Tuusulan puukerrostalot, asemapiirros.



Kuva 2.4.5.13 Pohjapiirros.

Tuusulan puukerrostalot edustavat pistetalotyyppiä, joiden syvärunkoisuus ja raskaus on onnistuneesti pystytty hävittämään rakennusmassoittelun porrastamisen ja parvekkeiden avulla. Rakennukset istuvat luontevasti rinteeseen, ja pihapiiriä rajaavat selkeästi Pähkinämäen tien varteen sijoitetut kaarevat autokatokset. Rakennusten detaljointi on jokseenkin tavanomaista, muttei raskaanoloista. Julkisivujen kerroksittaiset palokatokoulokkeet antavat rakennuksille osittain elementtitalon ilmeen. Rakennusten porrashuoneet hissiä kiertävine portaineen ovat tunnelmaltaan miellyttäviä.



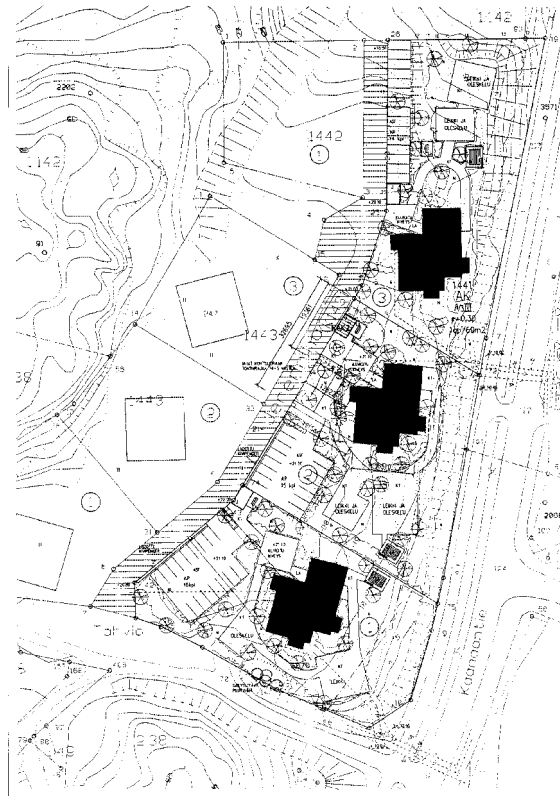
Kuva 2.4.5.14 Tuusulan puukerrostalot edustavat pistetalotyyppiä. Rakennuksissa on kauniit parvekkeet.

Raisio

Raision puukerrostalot on rakennettu vuosina 1996 - 1997 jyrkkään itärinteeseen Raision asuntomessualueelle. Kohde koostuu kolmesta samankokoisesta nelikerroksisesta pistetalotyypisistä asuinkerrostalosta. Talojen osoitteet ovat Jerenpiha 2, 4 ja 6, 21120 Raisio. Rakennuksissa on samanlainen pulpettikaton ja harjakaton sekamuoto kuin Viikin puukerrostaloissa. Kohteen rakennuttajia ovat Tarveasunnot Oy ja TA-Asumisoikeus Oy. Kohteen kokonaislaajuus on 2 550 k-m² ja sen tilavuus on 9 750 m³. Huoneistoala on 2 241 m². Asuntoja on yhteensä 42, kussakin rakennuksessa 14 kpl.¹⁷⁸ Kiinteistö Oy Jerenpiha 2 / Taova Oy on asumisoikeustalo, Kiinteistö Oy Raision Jerenmäki / TA-asunnot Oy (os. Jerenpiha 4) on vuokratalo ja As Oy Raision Jerenrinne / TA-Asumisoikeus Oy (os. Jerenpiha 6) on osaomistustalo. Rakennukset on tehty Valtion Asuntorahaston lainoittamaan asuntohintatasoon, ja hankkeen hankinta-arvohinta oli 7 996 mk/as-m².¹⁷⁹ (Arkkitehtisuunnittelu: Arkkitehtuuritoimisto Mauri Mäki-Marttunen Ky. Rakennesuunnittelu: Narmaplan Oy. LVI- ja sprinklersuunnittelu: Insinööritoimisto Åke Jokela. Sähkösuunnittelu: Sähkösuunnittelutoimisto Karawatski. Geotekninen suunnittelu: Insinööritoimisto Esko Lappalainen Oy. Päärakointsijana toimi Rakennusliike AAPPalmberg Oy / Lounais-Suomen yksikkö.)

¹⁷⁸ Lähde: Arkkitehtuuritoimisto Mauri Mäki-Marttunen Ky (1996) Jerenpihan puukerrostalot. Rakennusselitys 12.11.1996.

¹⁷⁹ Lähde: Juha Sipilä. Tarveasunnot Oy / Turku. Puhelinhaastattelu 5.11.1998.



Kuva 2.4.5.15 Raision puukerrostalot, asemapiirros.

Rakennusten pystyrunko perustuu levyjäykisteiseen kantavat seinät -järjestelmään. Seinät on toteutettu runkoelementteinä. Välipohjien kantavina osina ovat naulalevyristikkopalkit. Rakennusten ylärinteen puolelta betoninen ensimmäinen kerros on pääosin maan alla. Rakennusten alapohjat ovat betonirakenteisia, yläpohjat ovat ristikkorakenteisia. Parveketornien kantavat rungot ovat liimapuuta. Julkisivut ovat ensimmäisen kerroksen osalta betonirakenteisia ja muilta osin puuverhoiltuja. Rakennusten julkisivuissa on puusta tehdyt ja pellillä päällystetyt vaakasuuntaiset palokatkoullokkeet. Asuntojen parvekkeet on varustettu lattiaan sijoitetuilla poistumislukuilla.¹⁸⁰

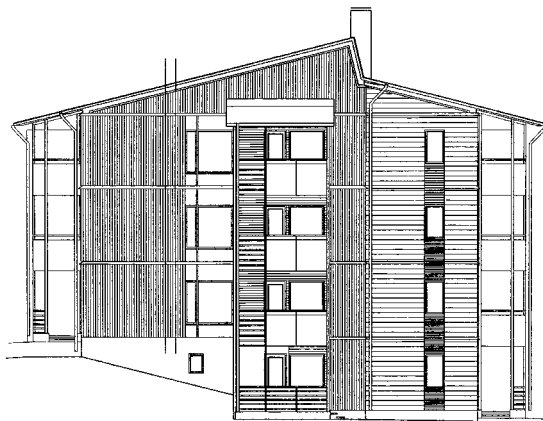
Raision pistetalomaisille puukerrostaloille on omaperäistä niiden kattomuoto, joka on samanlainen toispuoleinen pulpettikaton ja harjakaton sekamuoto kuin Viikin puukerrostalokohteessa. Rakennusmassat ovat suoralinjaisia, selkeitä ja pistetaloratkaisusta johtuen syvärunkoisia. Rakennukset on sijoitettu onnistuneesti jyrkkään rinteeseen Kaanaantien varteen siten, että ylärinteen eli sisäänkäyntijulkisivun puolelta rakennukset ovat 3-kerroksisia ja alarinteen puolelta 4-kerroksisia. Rakennusten porrashuoneet ovat keskikäytävämäisiä ja pimeähköjä. Kullakin rakennuksella on oma selkeä perusvärinsä (vihreä, punainen ja sininen), parvekkeissa ja julkisivudetaljoinnissa on kaikissa rakennuksissa käytetty valkoista sävyä. Ikkunat muodostavat julkisivuihin pystysuuntaisia kaistoja, joita on

¹⁸⁰ Lähde: Arkkitehtuuritoimisto Mauri Mäki-Marttunen Ky (1996) Kohteen suunnitelmat.

korostettu ikkunoiden välisillä valkoisiksi maalatuilla julkisivuvaneriverhouksilla. Julkisivujen vaakasuuntaisia palokatkoja on hävitetty onnistuneesti käyttämällä julkisivuissa säleikkö- ja kenttäaiheita erilaisine värityksineen. Tässä ei ole täysin onnistuttu rakennusten päädyissä, jotka näyttävät vaakasuuntaisten palokatkojakojen vuoksi elementtirakenteisilta. Parvekkeet ovat väljiä, ja niissä käytetyt puusäleikköaiheet ovat onnistuneita. Puupintojen tekstuuriin olisi kaivannut enemmän vaihtelua, sillä talot näyttävät kaukaa tavanomaisilta arkisilta kivikerrostaloilta. Kaupunkikuvan kannalta kohteen ympäristöä leimaa avoin lähiötyyppinen rakennustapa, jossa pistetalot jäävät toisistaan irrallisiksi eikä puumiljöön tuntua synny.



Kuva 2.4.5.16 Raision puukerrostalot, pohjapiirros.



JULKISIVU ETELÄÄN

Kuva 2.4.5.17 Julkisivupiirros.



Kuva 2.4.5.18 Raisonin puukerrostalot.

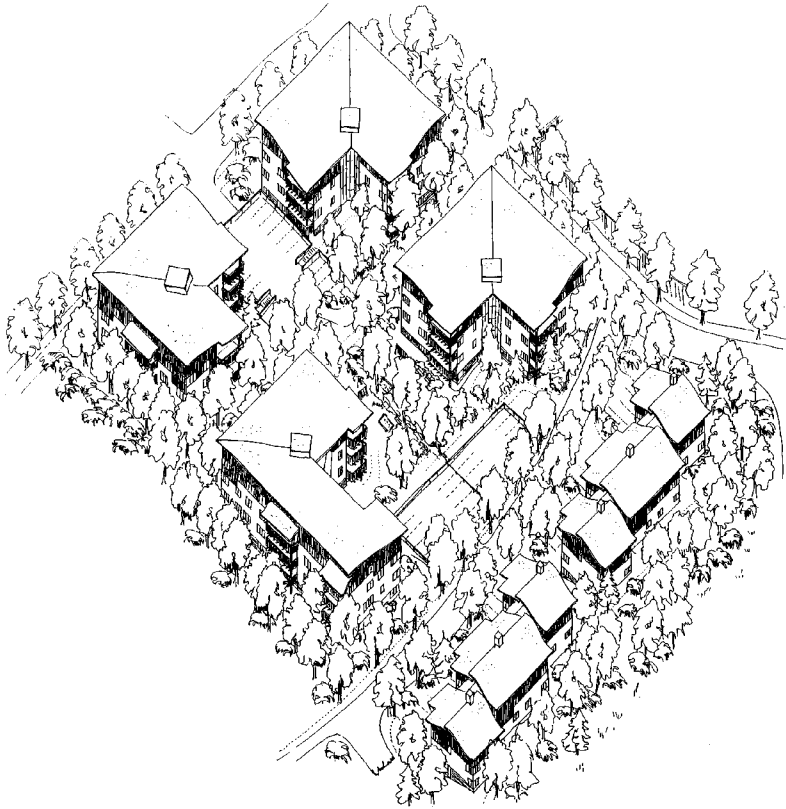
Lahti

Lahden puukerrostalokohteista ensimmäinen, As Oy Lahden Pinja, valmistui keväällä 1998 Lahden keskustan läheisyyteen Puu-Paavolan alueelle ja sen osoite on Sepänkatu 1, 15150 Lahti. Kohde koostuu yhdestä nelikerroksisesta pistetalotyypisistä asuinkerrostalosta. Rakennuksen kattomuotona on loivasti aaltoileva pulpettikatto. Kohteen laajuus on 1 427 k-m² ja sen tilavuus on 5 700 m³. Huoneistoala on 1 277 m² ja asuntoja on 18. Hankkeen kokonaisala on 1 792 k-m².¹⁸¹ Asunnot ovat korkotuettuja vapaarahoitteisia omistusasuntoja, ja niiden hintataso oli 9 500 mk as-m². (Arkkitehtisuunnittelu: Arkkitehtitoimisto Pauli Lindström Oy. Rakennesuunnittelu: Insinööritoimisto Asko Keronen ja Rakentajain Tuotekehittelypalvelu Oy. LVI-suunnittelu: LVI-Suunnittelutoimisto Pekka Pajunen. Sähkösuunnittelu: Insinööritoimisto Seppo Mäki Oy. Kohteen perustajaurakoitsijana on ollut rakennusliike Skanska Etelä-Suomi Oy.)

As Oy Pinjan runkoratkaisu perustuu levyjäykisteisiin kantaviin seiniin. Rakennusrunko on tehty elementtitekniikkaa hyväksi käyttäen. Ylä- ja välipohjien kantavina osina ovat naula-levyristikot. Rakennuksen ensimmäinen kerros on kantavilta osiltaan ja julkisivuiltaan betonirakenteinen, muut kerrokset ovat puurakenteisia. Rakennuksen alapohja on betonirakenteinen. Kylpyhuoneiden lattiassa on käytetty betonikansirakennetta. Yläpohja ja ulkoseinät ovat kivivillaeristeisiä, välipohjien eristeenä on käytetty selluvillaa. Rakennuksen julkisivut on varustettu kerroksittain vaakasuuntaisin palokatkoulokkein. Palokatkot on sijoitettu poikkeuksellisesti ikkunoiden alareunan tasoon. Muista puukerrostalokohteista poikkeavaa As Oy Pinjassa on porrashuoneen sisäpuoliset puuverhoukset.¹⁸²

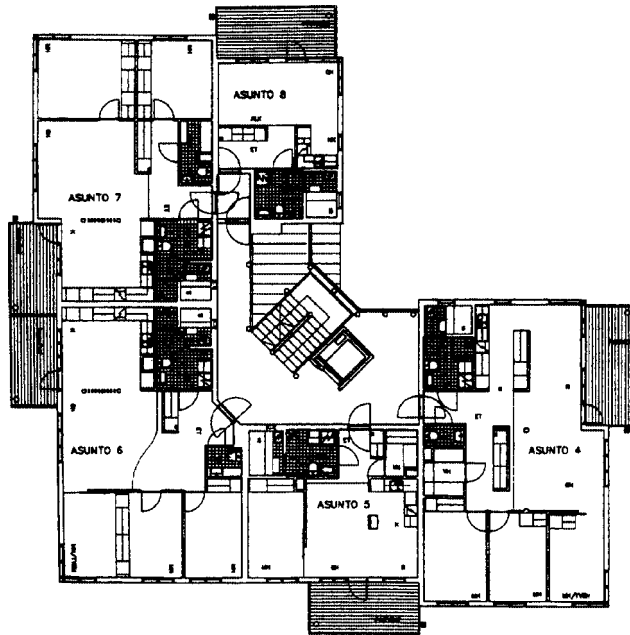
¹⁸¹ Lähde: Arkkitehtitoimisto Pauli Lindström Oy (1997) As Oy Lahden Pinja. Rakennusselitys 30.4.1997.

¹⁸² Lähde: Arkkitehtitoimisto Pauli Lindström Oy (1997) Kohteen suunnitelmat.



Kuva 2.4.5.19 Lahden puukerrostaloalue Puu-Paavolassa.

Asunto Oy Lahden Pinja on massaltaan syvärunkoinen. Rakennuksen pohjamuoto on tasasivuinen L, joka aukeaa nelikerroksisen porrashuoneen lasijulkisivun avulla pihalle päin. Rakennuksen seinät ovat suoralinjaisia. Puurakenteiset asuntoparvekkeet sijaitsevat osin rakennuksen ulkoseinän syvennyksessä ja osin työntyvät rakennusrungosta ilmeikkäästi ulospäin. Asunto Oy Lahden Pinjassa erityisen myönteistä on puinen ja valoisa porrashuone. Myös tavanomaisesta kerrostalorakentamisesta poikkeavat pystyjaolliset ikkunat vaikuttavat sisätiloissa kotoisilta. Rakennuksen julkisivuissa on käytetty onnistuneesti erilaisia puutekstuureja, mikä antaa hyvän kuvan puun käyttömahdollisuuksista. Rakennusmassan perusväreinä on käytetty tumman punaista ja keltaista, parvekkeet ym. julkisivun detaljiosat ovat väriltään puhtaasti valkoisia. Puujulkisivujen voimakkaasti ulos työntyvät palokatkoutokkeet jakavat rakennuksen kerroksittain monotonisesti eri osiin, mitä on lisäksi liioitellusti korostettu julkisivujen eri kerrosten värierioilla. Palokatkoutokkeet on sijoitettu osaksi ikkunapenkkejä, mikä on hyvä, mutta palokatkot ovat kuitenkin julkisivuissa turhan hallitsevia. Rakennuksen kaareva ulkokatto antaa rakennuspäädylle persoonallista ilmettä. Ansiokkaita puujulkisivuja vesittää osaltaan rakennuksen ensimmäisen kerroksen ankeahko ja kellarimainen betoninen ulkokuori. Rakennuksessa on tilavat ja valoisat parvekkeet. Parvekekannakkeiden ulos työntyvät koristeosat tuntuvat hieman koomisilta ja perusteetomilta.



Kuva 2.4.5.20 As Oy Lahden Pinjan pohjapiirros.



Kuva 2.4.5.21 As Oy Lahden Pinjan julkisivupiirroksia.

Lahden Puu-Paavolan alueen toinen puukerrostalokohde, As Oy Lahden Poppeli, on valmistunut helmikuussa 2000. Lisäksi alueelle on rakennettu kaksi pitkänomaista kaksikerroksista lamellitaloa. Pinjan ja Poppelin lisäksi Puu-Paavolan alueelle on tulossa vielä kaksi nelikerroksista puukerrostaloa (As Oy Lahden Pyökki). Koko hanke on osa Lahden Kaupunkamarin johtamaa Päijät-Hämeen puurakentamisen kehitysprojektia, johon osallistuu useita alueella toimivia yritysryhmiä. As Oy Lahden Poppeli sijoittuu Pinjan eteläpuolelle ja sen osoite on Sepänkatu 3, 15140 Lahti. Kohde on As Oy Pinjan tapaan nelikerroksinen pistetalotyypinen asuinkerrostalo. Rakennuksen kattomuotona on loivasti aaltoileva pulpettikatto. Kohteen laajuus on 1 780 k-m² ja tilavuus 7 070 m³. Huoneistoala on 1 569 m², ja asuntojen lukumäärä on 21. Hankkeen kokonaisala on 2 101 k-m².¹⁸³ Asunnot ovat vapaarahoitteisia omistusasuntoja, joiden hintataso oli 10 500 mk as-m². (Arkkitehtisuunnittelu: Arkkitehtisuunnittelu Pauli Lindström Oy. Rakennesuunnittelu: Insinööritoimisto Konstru Oy. LVI-

¹⁸³ Lähde: Arkkitehtisuunnittelu Pauli Lindström Oy (1998) As Oy Lahden Poppeli. Rakennuslupaus 9.10.1998.

suunnittelu: LVI-Suunnittelutoimisto Pekka Pajunen. Sähkösuunnittelu: Insinööritoimisto Seppo Mäki Oy. Kohteen perustajaurakoitsijana on ollut rakennusliike Skanska Etelä-Suomi Oy.¹⁸⁴⁾

As Oy Poppelin runkoratkaisu perustuu kantavaseinäiseen platform-toteutukseen. Yläpohjan kantavina osina ovat naulalevyristikot. Välipohjien kantavina osina ovat massiivipuupalkit. Rakennuksen ensimmäinen kerros on kantavilta osiltaan ja julkisivuiltaan betonirakenteinen, muut kerrokset ovat puurakenteisia. Rakennuksen alapohja on betonirakenteinen. Kylpyhuoneiden lattiassa on käytetty betonikansirakennetta. Rakennuksen julkisivut on varustettu As Oy Pinjan tapaan kerroksittain vaakasuuntaisin palokatkolokkein. Palokatkot on sijoitettu ikkunoiden alareunan tasoon. Muista puukerrostalokohteista poiketen myös asuntojen parvekkeet on varustettu sprinklauksella.¹⁸⁵

As Oy Poppelin perusratkaisut, yleisilme ja massoittelevat samankaltaisia kuin As Oy Pinjassa. Parvekkeet ovat voimakkaan puisia, ja niiden muotoaihe on hillitympää kuin As Oy Pinjassa. Rakennuksen sisäpihan yleistunnelmaa häiritsee sisäänkäynnin välittömässä läheisyydessä sijaitseva betoninen autokansi. Poppelin porrashuone on myös puinen, ja sen koristeelliset vanerilevyistä muotoillut puuaiheet piristävät asuntojen sisäänkäyntiä.



Kuva 2.4.5.22 As Oy Lahden Pinja.

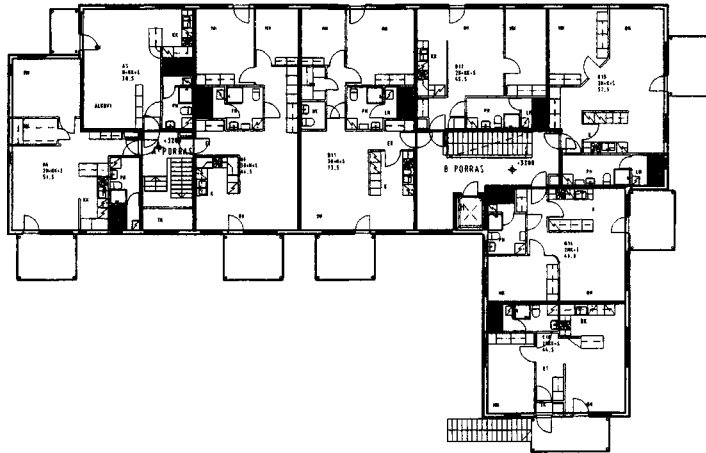
As Oy Lahden Pyökin rakennustyöt käynnistyivät syyskuun alussa 2001. Kohteeseen tulee 17 huoneistoa. Valmistuttuaan kohde on Rakennusliike Skanska Oy:n Oulun Puu-Linnanmaalle rakentaman As Oy Linnanvoudin jälkeen Suomen kahdestoista puukerrostalokohde.

¹⁸⁴ Skanska Etelä-Suomi Oy (1998) Projektitiedote 12.3.1998.

¹⁸⁵ Lähde: Arkkitehtisuunnittelu Pauli Lindström Oy (1998) Kohteen suunnitelmat sekä VTT Rakennustekniikka (2000) Puukerrostalo As. Oy Lahden Poppeli; Lahden puukerrostaloseuranta. VTT ja Skanska Oy. Tampere 29.2.2000.

Porvoo

Porvoon ensimmäinen puukerrostalokohde As Oy Porvoon Fredrika valmistui kesällä 1998 Porvoon keskusta-alueelle torin läheisyyteen ja sen osoite on Rauhankatu 23, 06100 Porvoo. Kohde koostuu yhdestä kolmikerroksisesta lamellitalotyypisistä asuinkerrostalosta. Rakennuksen kattomuotona on harjakatto. Kohteen perustajaurakoitsijana on ollut rakennusliike Porvoon puurakennus PPR Oy. Kohteen laajuus on 1 371 k-m² ja sen tilavuus on 6 700 m³. Huoneistoala on 1 121 m². Asuntojen lukumäärä on 19.¹⁸⁶ Asunnot ovat vapaarahoitteisia omistusasuntoja, ja niiden hintataso oli noin 11 500 mk/as-m². (Arkkitehtisuunnittelu: Arkkitehtuuritoimisto Launos Oy. Rakennesuunnittelu: Narmaplan Oy. LVI- ja sprinklersuunnittelu: Insinööritoimisto Åke Jokela. Sähkösuunnittelu: Sähkösuunnittelu Karawatski Oy. Geotekninen suunnittelu: Insinööritoimisto Esko Lappalainen Oy. Pääurakoitsijana toimi Porvoon Puurakennus PPR Oy.)



Kuva 2.4.5.23 As Oy Porvoon Fredrika, pohjapiirros.



Kuva 2.4.5.24 Julkisivupiirros.

Rakennuksen pystyrunko perustuu kantaviin puuseiniin, jotka on tehty runkoelementteinä. Väli- ja yläpohjien kantavina osina ovat naulalevyristikot. Väli- ja yläpohjat sekä ulkoseinät ovat kaikki selluvillaeristeisiä. Rakennuksen maanpäälliset kerrokset ovat puurakenteisia.

¹⁸⁶ Lähde: Arkkitehtuuritoimisto Launos Oy (1997) As Oy Porvoon Fredrika. Rakennusselitys 14.8.1997.

Kellarikerros on teräsbetonia. Parvekkeiden kantavat osat ovat terästä. Kohteen pysäköintipaikat on sijoitettu osittain rakennuksen alapuoliseen kellarikerrokseen ja osittain pihan alle teräsbetonikannen alle. Rakennuksen julkisivut on varustettu kerroksittain vaakasuuntaisin, pellillä päällystetyin vanerisin palokatkoulukkein.¹⁸⁷



Kuva 2.4.5.25 As Oy Porvoon Fredrika edustaa onnistunutta vanhan puukaupungin täydennysrakentamista.

Asunto Oy Porvoon Fredrika edustaa onnistuneesti vanhan empirepuukaupunginosan täydennysrakentamista. Rakennus istuu luontevasti ahtaalle tontille, joskin asukkaat ja kiinteistönhuolto ovat kritisoineet paljon tontin ahtautta. Pysäköintihallin sijoittaminen rakennuksen kellarikerrokseen on kaavallisesti perusteltu ratkaisu. Rakennuksen yleisilme on saatu detaljoiduksi vähäeleisin keinoin. Pohjoissivultaan rakennuksen massoittelu vaikuttaa kömpelöltä, sen sijaan parvekejulkisivua keventävät onnistuneesti asuntoparvekkeet.

Porvoon toinen puukerrostalokohde on kesällä 1999 valmistunut 4-kerroksinen lamellitalo, Asunto Oy Porvoon Aleksanterinkatu 29 ja sen osoite on Aleksanterinkatu 29, 06100 Porvoon. Kohteen tilaajana on Asuntosäätiö, rakennuttaja on Asunto Oy Porvoon Aleksanterinkatu 29. Asuntojen lukumäärä on 24, ja rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa sijaitsee lisäksi elintarvikemyymälä. Rakennuksen ensimmäinen kerros on betonirakenteinen. Kohteen laajuus on 2 498 k-m², ja sen tilavuus on 8 730 m³. Huoneistoala on 1 780 m², joka sisältää myös liikehuoneistoalan, 330 m².¹⁸⁸ Asunnot ovat vapaarahoitteisia omistusasuntoja. Asun-

¹⁸⁷ Lähde: Arkkitehtuuritoimisto Launos Oy (1997) Kohteen suunnitelmat.

tojen hintataso oli noin 12 000 mk/as-m². (Arkkitehtisuunnittelu: Arkkitehtuuritoimisto Launos Oy. Rakennesuunnittelu: Narmaplan Oy. LVI- ja sprinklersuunnittelu: Insinööritoimisto Åke Jokela. Sähkösuunnittelu: Sähkösuunnittelu Karawatski Oy. Geotekninen suunnittelu: Insinööritoimisto Esko Lappalainen Oy. Pääurakoitsijana toimi Porvoon Puurakennus PPR Oy.)



Kuva 2.4.5.26 As Oy Porvoon Aleksanterinkatu 29 tuntuu Porvoon mittakaavaan liian suurelta rakennukselta.

As Oy Porvoon Aleksanterinkatu 29:n kantava runko perustuu levyjäykisteiseen kantavat seinät-järjestelmään. Seinät on toteutettu runkoelementteinä. Rakennuksen ensimmäinen kerros on kivirakenteinen, ja muut kerrokset ovat kokonaan puurunkoisia. Alapohjat ovat betonirakenteisia kantavia alapohjia. Kohteen yläpohjan kantavina osina ovat puuristikot. Välipohjien kantavina osina ovat ristikkopalkit. Kohteessa on käytetty eristeenä selluvillaa. Parveketornit ovat puurakenteisia. Julkisivujen palokatkoina on käytetty peltiä rakennuksen 1. ja 2. kerroksen välissä. Muissa kerroksissa ei ole palokatkoja, koska 1. kerros on kivirakenteinen.¹⁸⁹

Asunto Oy Porvoon Aleksanterinkatu 29 tuntuu vanhan Porvoon mittakaavaan tarpeettoman massiiviselta rakennukselta. Pihajulkisivultaan rakennuksessa on pienipiirteisyyttä ja rakennusmassaa miellyttävästi keventävää detaljointia, mutta pohjoispuoleltaan rakennus vaikuttaa raskaalta ja mielikuvituksettomalta. Rakennuksen ensimmäiseen kerrokseen sijoitettu liikemyymälä ulokeosineen istuu rakennusmassaan kömpelösti.

¹⁸⁸ Lähde: Arkkitehtuuritoimisto Launos Oy (1998) As Oy Porvoon Aleksanterinkatu 29. Rakennusselitys 28.12.1998.

¹⁸⁹ Lähde: Arkkitehtuuritoimisto Launos Oy (1998) Kohteen suunnitelmat.



Kuva 2.4.5.27 Myymälätila liittyy As Oy Porvoon Aleksanterinkatu 29:n rakennusmassaan kömpelösti.

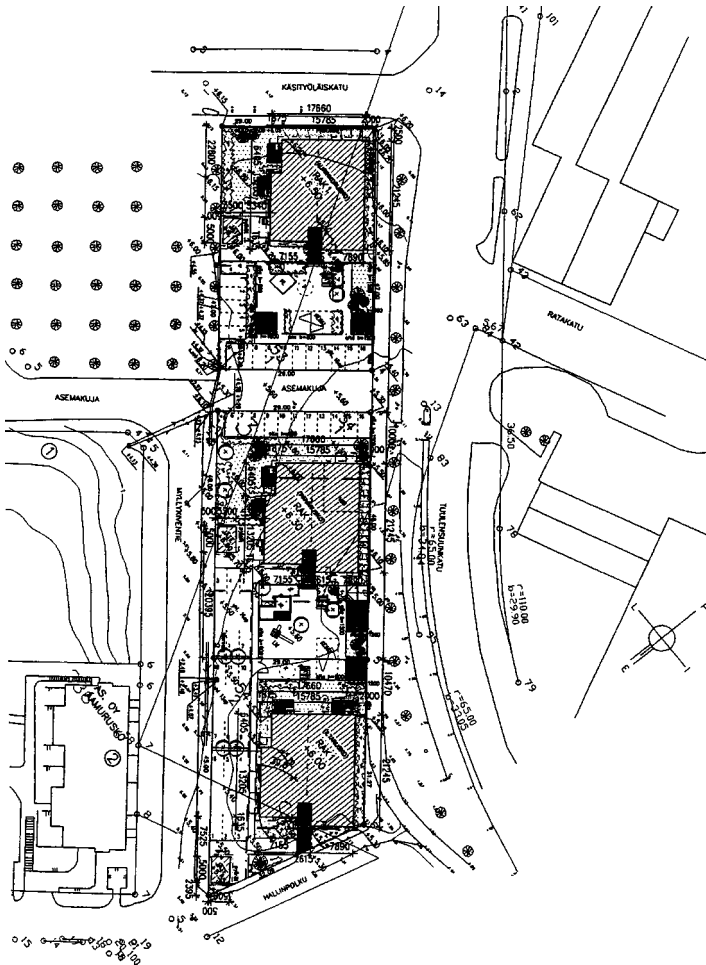
Naantali

Naantalin puukerrostalokohde koostuu kolmesta samankokoisesta nelikerroksisesta, piste-talotyypisistä ja harjakattoisesta asuinkerrostalosta. Kaksi ensimmäistä taloa ovat valmistuneet kesällä 2000 ja viimeisin valmistui loppuvuodesta 2000. Kaikki talot ovat eri taloyhtiöitä: As Oy Naantalin Iltarusko ja sen osoite on Myllykiventie 4, 21100 Naantali; As Oy Naantalin Päivärusko, jonka osoite on Myllykiventie 2 ja As Oy Naantalin Aurinkorusko, jonka osoite on Käsityöläiskatu 11, 21100 Naantali. As Oy Iltaruskon asunnot ovat asumisoikeushuoneistoja, As Oy Päiväruskon asunnot ovat osuomistusasuntoja ja As Oy Aurinkoruskon asunnot omistusasuntoja. As Oy Iltaruskon ja Päiväruskon lainoittajana on toiminut Valtion Asuntorahasto, joka hyväksyi kohteen rakennuskustannuksiksi 7 580 mk/as-m². As Oy Aurinkoruskossa asuntojen myyntihintana on ollut noin 9 900 mk/as-m².¹⁹⁰ Naantalin puukerrostalokohteen kokonaislaajuus on 3 035 k-m² ja sen tilavuus on 12 750 m³. Huoneistoala on 2 644 m². Asuntoja on yhteensä 51, kussakin rakennuksessa 17 kpl. Koko hankkeen bruttoala on 4 080 k-m².¹⁹¹ (Arkkitehtisuunnittelu: Arkkitehtuuritoimisto Mauri

¹⁹⁰ Laine, P. (2000) Naantalin puukerrostalot, koerakennushankkeen loppuraportti. Projektinjohtokonsultointi Pertti Laine Oy / PL-projektit sekä: Pertti Laine, Skanska Itä-Suomi Oy Haastattelu 17.10.2001.

¹⁹¹ Lähde: Arkkitehtuuritoimisto Mauri Mäki-Marttunen Ky (1999) Naantalin puukerrostalot; As Oy Naantalin Aurinkorusko, As Oy Naantalin Päivärusko ja As Oy Naantalin Iltarusko. Rakennusselitys 1.7.1999.

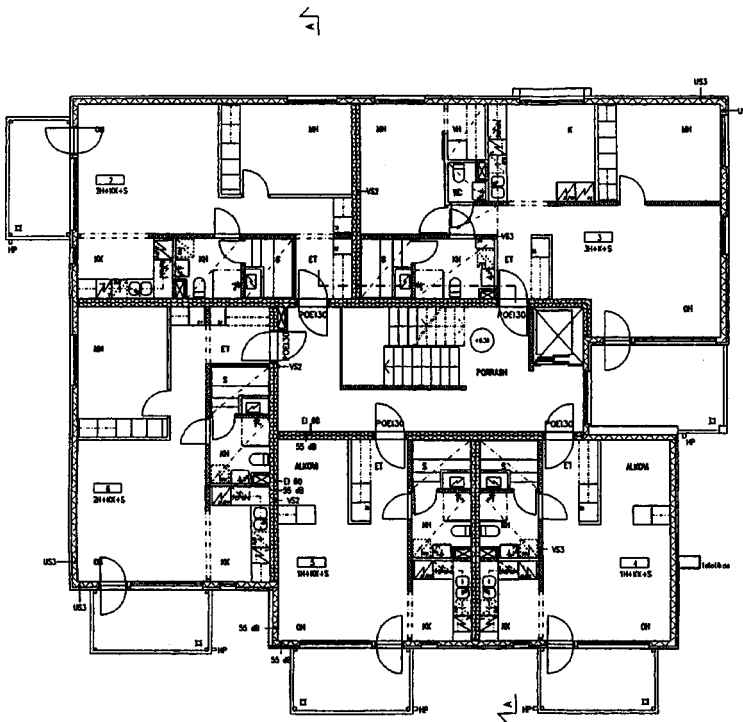
Mäki-Marttunen Ky. Rakennesuunnittelu: Narmaplan Oy. LVI- ja sprinklersuunnittelu: Siikon Oy. Sähkösuunnittelu: Sähkösuunnittelutoimisto Karawatski. Geotekninen suunnittelu: Insinööri-toimisto Esko Lappalainen Oy. Kohteiden rakennuttajana ja perustajaurakoitsijana on toiminut Rakennusliike AAPPalmberg Oy / Lounais-Suomen alueyksikkö.)



Kuva 2.4.5.28 Naantalin puukerrostalot, asemapiirros.

Rakennusten 1. kerrokset ovat betonirakenteisia, muiden kerrosten runko ja julkisivut ovat puuta. Kohteen toteutus perustuu levyjäykisteiseen kantavaseinäiseen platform-runkoon. Rakennusten alapohjat ovat betonirakenteisia. Julkisivut ovat ensimmäisten kerrosten osalta betonirakenteisia ja muilta osin puuverhoiltuja. Välipohjien eristeenä on käytetty selluvillaa, muilta osin rakennuksen eristeenä on kivivilla. Parvekkeiden kantavat osat ovat puurakenteisia. Rakennuksessa ei ole käytetty näkyviä puujulkisivujen palokatkoja, vaan raken-

nuksen julkisivut on varustettu seinän ala- ja yläreunaan ulkoverhouksen taustan tuuletusrakoon sijoitetuilla teräsreikäpeltipalokatkoilla.¹⁹²



Kuva 2.4.5.29 Naantalin puukerrostalot, pohjapiirros.

Naantalin puukerrostalot ovat erittäin näkyvällä paikalla kaupunkiin saavuttaessa. Rakennusten detaljointi ja värien käyttö on tavanomaista. Sisäpihan puoleiset parvekejulkisivut ovat ulkoasultaan ilmeikkäitä ja rikaspiirteisiä. Kadun puoleiset julkisivut vaikuttavat umpinaisilta ja raskaanoloisilta, ja kattoikkuna-aiheet ovat suhteiltaan tarpeettoman vaatimattomia. Rakennusten porrashuoneiden eritasoratkaisut on tehty onnistuneesti, ja ne ovat tunnelmaltaan miellyttäviä.

¹⁹² Lähde: Arkkitehti Jouni Saarinen, Arkkitehtuuritoimisto Mauri Mäki-Marttunen Ky. Puhelinhaastattelu 17.1.2000.



Kuva 2.4.5.30 Naantalin puukerrostalot, julkisivuja.



Kuva 2.4.5.31 Näkymä parvekejulkisivujen puolelta.

3 Palotekniset kysymykset

3.1 Yleistä

Suomessa puun käyttöä 3- ja 4-kerroksisten rakennusten runko- ja julkisivumateriaaliksi alettiin vaatia mahdolliseksi 1990-luvun alkupuolella. Paine tuli Suomen liittymisestä EU:hun ja yhtenäisten toiminnallisten palomääräysten laatimisesta EU:n alueelle. Asia oli ajankohtainen myös monessa Keski-Euroopan maassa sekä kaikissa Pohjoismaissa. Toiminnallisille palosäädöksille ei ole kuitenkaan olemassa yksiselitteistä määritelmää. Toiminnallisten palomääräysten maina on pidetty muun muassa Uutta-Seelantia, Iso-Britanniaa ja Japania.¹⁹³ Suomessa taustavaikuttajina olivat puutuoteteollisuuden tavoitteet laajentaa puun käyttöä myös kerrostalorakentamiseen ja suurimittakaavaiseen julkiseen rakentamiseen. Toiminnallisiin paloturvallisuusvaatimuksiin nojautuen vaadittiin eri rakennusmateriaaleille aiempaa suurempaa tasavertaisuutta palomääräyksissä. Tavoitteet tuntuivat loogisilta: jos määräyksissä vaadittavat kantavuuden, osastoinnin ja tiiviyn palonkestoajat saavutetaan, pitäisi sallia aiempaa suuremmat mahdollisuudet käyttää eri materiaaleja ja rakenteita näiden vaatimusten täyttämiseksi. Heti alusta alkaen oli havaittavissa, että totuttujen palomääräyskäytäntöjen muuttaminen ei tulisi tapahtumaan kitkatta.

Puukerrostalojen paloturvallisuus ja palotekniset kysymykset ovat olleet suomalaisten puukerrostalojen kehittämisessä kaikkein keskeisin osa-alue, koska maamme ensimmäisten puukerrostalojen (Ylöjärvi, Viikki, Oulu) suunnittelu ja rakentaminen käynnistyivät samaan aikaan palomääräyssystemme uudistamisprosessin kanssa. Palomääräyksiä laatineiden ja valvovien viranomaisten varovainen suhtautuminen puukerrostaloja kohtaan oli ymmärrettävää, koska puukerrostalorakentamisessa oltiin liikkeellä ennen uusien vahvistettujen palomääräyssystemme voimaantuloa. Kokemuksen ja asiantuntemuksen puute sekä kansainvälisestäkin selkiintymättömät käytännöt ovat olleet osaltaan hämmentämässä kehittämisprosessia. Puukerrostalojen paloturvallisuutta on käsitelty useaan otteeseen myös

¹⁹³ Vaara, I. (1996) Tilastotutkimus puisten asuinrakennusten paloturvallisuudesta. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, Rakennus- ja maanmittaustekniikan osasto, Talonrakennustekniikka, Palo- ja turvallisuustekniikka. 30.10.1996.: s. 56.

julkisuudessa, sekä positiivisessa että negatiivisessa hengessä. Kansallisesti on saatu viitteitä myös siitä, etteivät suomalaiset ole päässeet irti ”kaupunkipalopeikostaan”. Puukerrostalot ja niiden paloturvallisuusasiat median otsikoissa vaikuttivat osaltaan myös siihen, että Puurakentamisen teknologiaohjelma sai julkisuudessa näkyvästi - ja jopa negatiivisessa mielessä - puukerrostaloleiman, vaikka puukerrostalot olivat vain yksi teema tässä puurakentamisen laaja-alaisessa kehittämissohjelmassa.

Maaseudun tulevaisuus 7.4.2000.

Puukerrostalo paloi Valkeakoskella

Kaksikerroksinen postitalo tuhoutui tulipalossa Valkeakoskella Roukon kaupunginosassa sunnuntaina. UPM-Kymmene omistamassa talossa oli kahdeksan erilaista huonetta. Muiden

myös asiakkaiden omaisuutta. Tuli oli lähtenyt liikkeelle talon ullakolta, todennäköisesti sähkölaitteista. Talo oli rakennettu 40-luvun lopulla ja peruskorjattu 70-luvulla.

Kaleva ke 30.12.1998.



Tuhoisa palo. Tuotanto tilapäisellä Kerjasillalla riehunut tulipalo tuhosi näytin kaksi huoneittoa puukerrostalosta.

Puukerrostalosta paloi Oulussa kaksi asuntoa

TAJA RÄHET

OULU Puukerrostalossa Kerjasillalla Turun ilmapölyllä. Kello 15.4 heurattamat vahingot r. noia puoli miljoonaa n si yhden rapun neljä su- sukkaita palo ei aiheut Tulipalo sai alkunsa ka toisen kerroksen huonei- kon ja asuntojen välipoh- alapuolella oltseen asun- neen huoneiston lisäksi tai- pusta ja ullakosta. Palokunta jatkoi vartiointi- paikalla keskiväkikoamun- keen poliisi pääsee tutkimaan- tä.

Tulipalon havaitsi samassa ta- railulla luoma ollut mies. Hän hätytti palokunnan paikalle ja ilmoitti palosta talon muille asukkaile.

Paloa oli sammuttamassa kaksi yksikköä Oulun palolaitokelta sekä kaksi Oulun VPK:n yksikköä.

Tuli uhkasi puukerrostaloa

Uusi talonrakentaja Puolintien- lehdellä oleva puukerrostalo uhkasi tulipalon uhkana luv- päivällä yhden aikaa, kun sen- tein vierastalla oli rookilla- tökö syyty palamaan. Asukka- den osastonin alustamun- tus esti kuitenkin palon lesta- sen. Palokunta joutui avoimen- seinä palo puolen neljänm- alotta sammutuksen varmist- miseksi. Tämän syytymys on- veltä epäselvä. Poliisi tutkii asia- (2/2)

Kaleva 18.6.2000

Kuva 3.1.1 Provisoivia lehtiotsikoita.

3.2 Puun käytön mahdollisuudet kerrostalorakentamisessa

3.2.1 Ennen vuotta 1981, palolainsäädännön kehitys

Maamme ensimmäiset paloturvallisuuteen tähtäävät määräykset ajoittuivat 1800-luvulle, ja ne kohdistuivat ensisijaisesti kaavoitukseen ja kaupunkien omiin rakennusjärjestyksiin. Taustalla olivat tuhoisat puukaupunkipalot, joista vuoden 1827 Turun palo oli merkittävin. Vuonna 1856 säädettiin kaupunkien yleinen rakennussääntö, jonka perusteella kaupungit jaettiin neljään luokkaan. Ensimmäisen ja toisen luokan kaupungit oli rakennettava kaksi- ja kolmikerroksisten kivitalojen vaatimusten mukaisesti. Kolmannen ja neljännen luokan kaupungeissa sallittiin yksikerroksiset puutalot. Näin syntyi ensimmäistä kertaa rakennusten paloluokittelu. Sääöksillä haluttiin suosia kivitalojen rakentamista, niiden korkeutta ei myöhemmin rajoitettu ja rakennusoikeuskin sallittiin suuremmaksi kuin puutaloilla.

Seuraava merkittävä paloalan määräys oli sisäasiainministeriön päätös palonkestävyyden luokittelemisesta 6.2.1936. Tähän niin kutsuttuun P1-päätökseen sisältyi rakennusten ja rakennusosien ryhmittely neljään palotekniseen luokkaan: A-luokka (palonkestävä), B-luokka (paloapidättävä), C-luokka (paloahidastava) ja D-luokka (palonarka). A-luokan rakennusten palkit ja välipohjat edellytettiin palonkestäviksi ja B-luokan ainakin paloa pidättäviksi. Puupalkkeja ei saanut käyttää B-luokan rakennusten kellarin katossa eikä 11:tä metriä korkeammissa rakennuksissa missään kerroksessa. B-luokkaan kuuluvien rakennusten korkeus rajoitettiin vuonna 1950 sisäasiainministeriön päätöksellä enintään 24 metriin ja kerrosluku enintään seitsemään. C- ja D-luokkaan kuuluvien rakennusten (puurakennukset) korkeus sai olla enintään 9 metriä, ja kerroksia sai olla enintään kaksi.

Vuoden 1962 toukokuussa sisäasiainministeriö antoi palonkestävyyspäätöksen (nk. Pk-päätöksen) rakennusten ja rakennusosien palonkestävyydestä. Määräys astui voimaan 1.6.1962. Uusiksi käsitteiksi palomääräyksiin tulivat palokuorma ja palonkesto-aika. Lisäksi maaseutukunnat asetettiin samaan asemaan kaupunkien kanssa. Rakennukset jaettiin A-, B-, C-, D- ja E-luokkiin ja rakennustarvikkeet jaettiin palamattomiin (a-luokka) ja palaviin (alajako b-, c- ja d-luokkiin syttymisherkkyyden perusteella). Pk-päätöksen mukaan A-luokan ja enintään 28 metriä korkean B-luokan rakennuksen ulkoseinien tuli olla tehty a-luokan materiaaleista. Ulkoseinissä sallittiin jonkin verran myös b- ja c-luokan tarvikkeita, jos niiden osat oli katkaistu osastoivien rakennusosien kohdalta. C-luokan rakennusten korkeus rajoitettiin 14 metriin ja kerrosluku enintään neljään. D- ja E-luokan rakennukset (puurakennukset) saivat olla enintään 7 metriä korkeita.

Vuoden 1964 syyskuussa ympäristöministeriö antoi erillisen päätöksen uloskäytävistä. Päätöksessä määriteltiin muun muassa uloskäytävien kaistaleveydet ja -korkeudet sekä sallitut henkilömäärät uloskäytävän kaistaa kohden. Vuonna 1976 koottiin rakentamista koskevia määräyksiä yhtenäiseksi kokoelmaksi. Paloturvallisuutta koskevat määräykset (RakMK E1) tulivat voimaan 1.7.1976. Määräykset tarkentuivat muun muassa palonkestoajan ja rakennusten käyttötaparyhmittelyksen osalta. Lisäksi palonkestävien

rakennusten julkisivujen vuoraamista puulla rajoitettiin. Määräysten tarkistettu versio tuli voimaan 1.1.1981.¹⁹⁴

Yhteenvetona palolainsäädännön kehityksestä voidaan todeta, että aina 1800-luvulta lähtien puun käyttöä on rajoitettu yli kaksikerroksisten rakennusten runko- ja julkisivumateriaalina.

3.2.2 Vuosina 1981 - 1997

Suomen puukerrostalojen koerakentamisaikaa edeltäneet rakentamismääräyskokoelman rakenteellisen paloturvallisuuden määräykset (RakMK E1, 1.1.1981) kielsivät puun käytön yli kaksikerroksisten tai yli seitsemän metriä korkeiden rakennusten rungon kantavana materiaalina ja pääasiallisena julkisivumateriaalina. Yli kaksikerroksiset rakennukset oli tehtävä näiden määräysten mukaan palonkestävinä eli kantavalta ja jäykistävältä rungoltaan sekä ulkoverhoilultaan palamattomista materiaaleista. Puun käyttö palonkestävissä asuinrakennuksissa oli RakMK E1:n määräysten (1.1.1981 - 31.8.1997) mukaan mahdollista seuraavissa paikoissa:

- Sisäpuolisena pintamateriaalina, lukuun ottamatta uloskäytäviä ja kellarikerroksia.
- Enintään kahdeksankerroksisissa rakennuksissa julkisivun sisäänvedetyn osan runkona ja pintaverhouksena, mikäli sitä ympäröivät rakennusosat suojaavat seinäpinnan palon leviämiseltä.
- Enintään kahdeksankerroksisissa rakennuksissa kantamattoman ulkoseinän runkomateriaalina, jos lämmöneriste ja seinän sisä- ja ulkopuoliset pintaverhoukset on tehty palamattomista rakennustarvikkeista.
- Pinta-alaltaan vähäisissä rakennusosissa, kuten ovissa, ikkunoissa, käsijohteissa, jalkalistoissa ja levyjen välisissä saumauksissa.
- Rakennusluvan myöntämisen yhteydessä sallituissa vähäisissä ulkoseinän osissa, mikäli ne on sijoitettu niin, että palon leviäminen on tehokkaasti estetty.¹⁹⁵

Puuta ei ole kuitenkaan yleensä käytetty Suomessa yli kaksikerroksisten asuinkerrostalojen sisäpuolisena pintamateriaalina muualla kuin sauna- ja pesutiloissa, vaikka 1.1.1981 päivättyjen palomääräysten mukaan puun käyttö sisäpuolisena pintamateriaalina olisi ollut mahdollista laajemminkin. Puuta on sen sijaan käytetty vähäisten täydentävien rakennusosien lisäksi tyypillisesti betonirunkoisten asuinkerrostalojen ei-kantavien ulkoseinien runkona, vesikatteiden alusrakenteena, sisäänvedettyjen parvekkeiden taustaseinän pintamateriaalina sekä vähäisissä määrin julkisivupintojen tehostemateriaalina.

¹⁹⁴ Ympäristöopas 39 (1998), op.cit.: s. 11 - 16.

¹⁹⁵ RakMK E1 (1981) Rakenteellinen paloturvallisuus. Määräykset. Sisäasiainministeriö. RT RakMK-20702. Rakennustietosäätiö, Helsinki.

3.2.3 Vuosina 1997 - 2001
































Muiden Pohjoismaiden ohella alettiin 1990-luvun puolivälissä myös Suomen voimassaolevia palomääräyksiä muuttaa yleiseurooppalaiseen suuntaan siten, että rakennusten paloturvallisuuden kannalta oleellisimmaksi seikaksi asetettiin toiminnallinen mitoitus. Rakennusosiin kohdistuvat vaatimukset kuvataan yleiseurooppalaisessa palomääräyskäytännössä merkinnöillä R (kantavuus, Resistance), E (tiiviyys, Enguirity) ja I (eristävyys, Insulation). Näiden ominaisuuksien on säilyttävä määräyksissä annetun tietyn palonkestoajan. Tällöin vaadittu palonkesto aika pyrittiin ottamaan ensisijaisesti määrääväksi, eikä se, millä materiaaleilla vaadittava palonkesto aika saavutetaan. Ympäristöministeriö julkisti uudet rakennusten paloturvallisuusmääräykset ja -ohjeet (RakMK E1) 7.2.1997, jolloin nämä määräykset ilmoitettiin EU-säännösten edellyttämällä tavalla EU:n komissiolle ja jäsenmaille. Nämä määräykset ja ohjeet tulivat virallisesti voimaan 1.9.1997. Tammikuun alusta 1981 voimaan tulleita, vanhoja määräyksiä sai kuitenkin soveltaa vielä rakentamiseen, jos siihen oli haettu lupaa ennen 1.9.1998.

1.9.1997 voimaan tulleen RakMK E1:n mukaan on luvallista rakentaa kaksikerroksisten puurakennusten lisäksi myös 3- ja 4-kerroksisia puurunkoisia ja ulkoapäin puuverhoiltuja asuin- ja työpaikkarakennuksia P2-luokkaisina (vastaa entistä paloapidattavaa luokkaa), jos ne eivät ole yli 14 metriä korkeita. Tällaisten 3- ja 4-kerroksisten puurakennusten kantavien ja osastovien rakenteiden sekä uloskäytävän porrassyöskyjen ja tasanteiden sekä niitä kannattavien rakenteiden on täytettävä 60 minuutin palonkesto aika (R 60). Kellarikerroksen kantavien ja osastovien rakenteiden on oltava palamattomia ja täytettävä 120 minuutin palonkesto aika (R 120). Puun käyttö P2-luokkaisten 3- ja 4-kerroksisten asuin- ja työpaikkarakennusten rungon kantavana osana on mahdollista seuraavin edellytyksin:

- Rakennusten sisäpuoliset seinät ja katot on verhottu syttymisherkkyyss- ja palonlevittämisloukaltaan 1/I-luokan materiaalein saunoja ja vähäisiä seinäpinnan osia lukuun ottamatta.
- Rakennuksen eristeet ovat palamattomia tai lähes palamattomia.
- Rakennus on varustettu tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla.¹⁹⁶
- Kuhunkin porrashuoneeseen on asennettu kuivanousujohto sammutustyötä varten.
- Tiloihin on asennettu sähköverkkoon kytketyt palovaroittimet¹⁹⁷.

¹⁹⁶ Suomessa toiminnallisen paloturvallisuussunnittelun yleisimmin käytetty aktiivinen suojausmenetelmä on sprinklaus. Sprinklauksen tulipaloriskiä pienentävä vaikutus on perinteisesti huomioitu palomääräyksissä sallimalla lievennyksiä muun muassa suurimpiin sallittuihin osastokokoihin ja poistumistiematkoihin, kuitenkin vain yhteen lievennykseen kerrallaan. Nämä lievennykset ovat perustuneet ulkomaisiin ja suomalaisiin sprinkleritilastoihin, joissa sprinklerilaitteistojen onnistumisprosentit ovat yleisesti olleet yli 90 %. Suomessa ei ole kuitenkaan käytettävissä analyysimenetelmää, jolla sprinklerilaitteiston luotettavuutta voitaisiin arvioida jo suunnitteluvaiheessa. Lähde: Hassinen, J.-P. (2001) Sprinklerilaitteiston luotettavuusanalyysi - luotettavuusmallin laatiminen. Palotutkimusraati, paloalan tutkimuksen kehittämisorganisaatio. Palotutkimuksen päivät Espoossa 22. - 23.8.2001.

¹⁹⁷ Uuden pelastustoimilain 31 §:n mukaan kaikissa asunnoissa sekä majoitus- ja hoitolaitostiloissa on oltava riittävä määrä palovaroittimia. Lähde: Pelastustoimilaki 30.4.1999 / 561 (astui voimaan 1.9.1999).

TAULUKKO 6.2.1		KANTAVIEN RAKENTEIDEN LUOKKAVAATIMUKSET				
		Rakennuksen paloluokka				
		P1			P2	P3
		Palokuorma MJ/m ²				
		yli 1200	600–1200	alle 600		
Sarake		1	2	3	4	5
Enintään 2-kerroksinen rakennus yleensä		R 120*	R 90*	R 60*	R 30	—
– jos rakennuksen eristeet eivät ole palamattomia tai lähes palamattomia		 R 120	 R 90	 R 60	R 30	—
– hoitolaitokset, majoitustilat, kellarit		 R 120	 R 90	 R 60	R 30	—
3–8 -kerroksinen rakennus yleensä		 R 180	 R 120	 R 60	■	■
3–4 -kerroksinen asuin- tai työpaikkarakennus						
– kerrokset		 R 180	 R 120	 R 60	R 60*	■
– kellarikerrokset		 R 180	 R 120	 R 60	 R 120	■
Yli 8-kerroksinen rakennus		 R 240	 R 180	 R 120	■	■
Ylimmän maanalaisen kellarikerroksen alapuolella sijaitseva kellarikerros		 R 240	 R 180	 R 120	 R 120	 R 60
Yläpohjan rakenteiden vaatimukset, jos yläpohjan eristeet ovat palamattomia tai lähes palamattomia ja rakennuksessa on						
– enintään 2 kerrosta, ei ullakkoa; rakenteet, jotka ovat rakennuksen kantavan rungon tai jäykisteiden olennainen osa		R 60	R 60	R 60	R 30	—
– enintään 2 kerrosta, ei ullakkoa; rakenteet, jotka eivät ole rakennuksen kantavan rungon tai jäykisteiden olennainen osa		R 15	R 15	R 15	R 15	—
– 1 kerros, ei ullakkoa, sprinklaus; rakenteet, jotka eivät ole rakennuksen kantavan rungon tai jäykisteiden olennainen osa					—	—
– 1 kerros, tuotanto- tai varastorakennus; ei ullakkoa; rakenteet, jotka eivät ole sen kantavan rungon tai jäykisteiden olennainen osa					—	—
Ullakon tai ontelon vesikattorakenteet, jotka eivät ole rakennuksen rungon olennaisia kantavia tai palossa runkoa jäykistäviä rakenteita		—	—	—	—	—
Taulukon huomautukset:	Parvekkeiden palonkestävyysvaatimus on puolet kerroksen kantavien rakenteiden vaatimuksesta. Tuotanto- ja varastorakennuksessa sallitaan lievennyksiä Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E2 mukaisesti.					
Taulukon merkinnät:	* = jos kantavat rakenteet ovat palavasta rakennustarvikkeesta, tulee rakennuksen eristeiden olla palamattomia tai lähes palamattomia  = vaaditaan palamatonta rakennustarviketta kantavissa rakenteissa — = ei luokkavaatimusta ■ = ei mahdollinen					

Kuva 3.2.3.1 Puukerrostalojen rakentamismahdollisuudet RakMK E1:n mukaan.



Kuva 3.2.3.2 Suomalaiset P2-luokan puukerrostalot on varustettava automaattisilla palovaroittimilla ja vesijohtoverkkoon kytkettävällä automaattisella sammutusjärjestelmällä (kevytsprinklerijärjestelmä).

Puun käyttö enintään nelikerroksisten asuin- ja työpaikkarakennusten julkisivuverhouksen pintamateriaalina on mahdollista seuraavin edellytyksin:

- Rakennus on varustettu tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla.
- Palon leviäminen ulkoseinän pinnassa ja tuuletusraossa on rajoitettu katkoin ja ulkoisen syttymisen vaara on otettu huomioon.¹⁹⁸



Kuva 3.2.3.3 Julkisivujen palokatkokoulokkien syöksytorvioletukset vaikuttavat lähinnä koomisilta.

¹⁹⁸ RakMK E1 (1997) Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 1997. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto, Helsinki.

Paloturvallisuusmääräyksistä voidaan todeta, että vuonna 1997 uusittujen palomääräysten mukaan 3- ja 4-kerroksisten asuin- ja työpaikkarakennusten runkomateriaalin muuttaminen palamattomista rakennustarvikkeista palava-aineiseksi edellyttää suomalaiselta puukerrostalolta varsin perusteellista suojaustasoa. Suunnittelijat, rakennuttajat ja urakoitsijat ovat pitäneet näitä turvallisuusvaatimuksia kohtuuttomina, lähinnä kustannussyistä.¹⁹⁹ Kaikki vuosina 1995 - 2001 maahamme rakennetut puukerrostalokohteet ovat osaltaan antaneet palautetta palomääräysten uudistamistyön jatkolle. Suomalaisten puukerrostalorakentamisen kehittäjien ja asiantuntijoiden pyrkimyksenä on ollut saada RakMK E1:tä edelleen logiikaltaan tarkennetuksi ja tasavertaistetuksi P2-luokan puukerrostalojen rakentamisen kannalta.



Kuva 3.2.3.4 Häätävarjelen liioittelua? Oulun Puu-Linnanmaalla myös betonirunkoisten kerrostalojen porrashuoneet on sprinklattu puujulkisivujen vuoksi. RakMK E1:n noudattaminen edellyttää tätä.

¹⁹⁹ Heikkilä, J. (2000) Kiinteistö Oy Linnakotka; koerakentamishankkeen raportti. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio. Nordic Wood. Oulun yliopistopaino, Oulu: s. 72 - 79.

3.2.4 Vuodesta 2001 eteenpäin

Maamme palomääräykset (RakMK E1) ovat olleet 1990-luvun loppupuolelta lähtien jälleen uudistettavana. Tässä uudistuksessa maamme palomääräyksiin ollaan sisällyttämässä uudet yleiseurooppalaiset materiaalien paloluokitukset. Yhtenäistetyillä materiaaliluokilla halutaan vähentää rakennusmateriaalikaupan esteitä EU:n sisällä. Ennakkotietojen mukaan näiden uusien palomääräysten on määrä tulla lausuntokierrokselle vuoden 2001 kuluessa. Seuraavissa kappaleissa esitellään keskeisiä periaatteita yleiseurooppalaisista palomääräyksistä ja tuodaan esille puun tulevat käyttömahdollisuudet kerrostalorakentamisessa.

EU:n rakennustuotedirektiivi (CPD) koskee rakennuskohteita eikä suoranaisesti rakennustuotteita. Rakennustuotedirektiivi asettaa rakennuskohteille kuusi olennaista vaatimusta (ER), joista yksi on paloturvallisuus (ER2). Kuutta olennaista vaatimusta ei sovelleta suoraan rakennustuotteisiin. Perusasiakirjat (ID) muodostavat linkin rakennuskohteelle asetettujen vaatimusten ja tuotteilta vaadittavien ominaisuuksien välille. Perusasiakirjassa ID2 on määriteltä palokäyttäytymis- ja palonkestävyysluokat, joita EU:n jäsenvaltioiden on käytettävä rakentamismääräyksissään. Paloturvallisuus voidaan osoittaa laskennallisesti vain kantaville betoni-, teräs-, liitto-, puu- ja muuratuille rakenteille käyttämällä rakenteiden eurooppalaisia suunnitteluohjeita (Eurocode 1 - 6). Kaikkien muiden rakennustuotteiden paloturvallisuuden osoittamisen tulee perustua koetuloksiin.²⁰⁰

Yleiseurooppalaisissa palomääräyksissä käytettävät paloluokat annetaan luokitusstandardissa (EN 13501-2 Classification using data from fire resistance tests). Sekä kantavuuden että osastoivuuden R- ja EI-luokat ovat minuutteina: 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180 ja 240. Kansalliset vaatimukset valitaan näistä, mutta kaikkia luokkia ei tarvitse käyttää. Eurocode-normeissa esitetään vaihtoehtoisia palomitoitusmenettelyjä, joita kaikkia ei käytetä kaikille materiaaleille: taulukkomitoitus, yksinkertaiset laskentamenettelyt ja yleiset laskentamenettelyt. Eurocode-normit tulevat olemaan päämenettely työmaalla valmistettavien runkorakenteiden paloluokan määrittämiseen silloin, kun ei ole kyseessä CE-merkittävä tuote.²⁰¹

Rakennusmateriaalien eurooppalainen paloluokitus esitetään standardissa EN 13501-1. Luokitusta sovelletaan seuraaviin tuotteisiin:

- * tuotteet, joita käytetään seinissä ja katoissa, mukaan lukien niiden pinnoitteet
- * rakennuselementit
- * rakennuselementtien sisältämät tuotteet
- * putket ja kanavistot
- * ulkoseinissä käytettävät tuotteet
- * lattiat ja niiden päällysteet.²⁰²

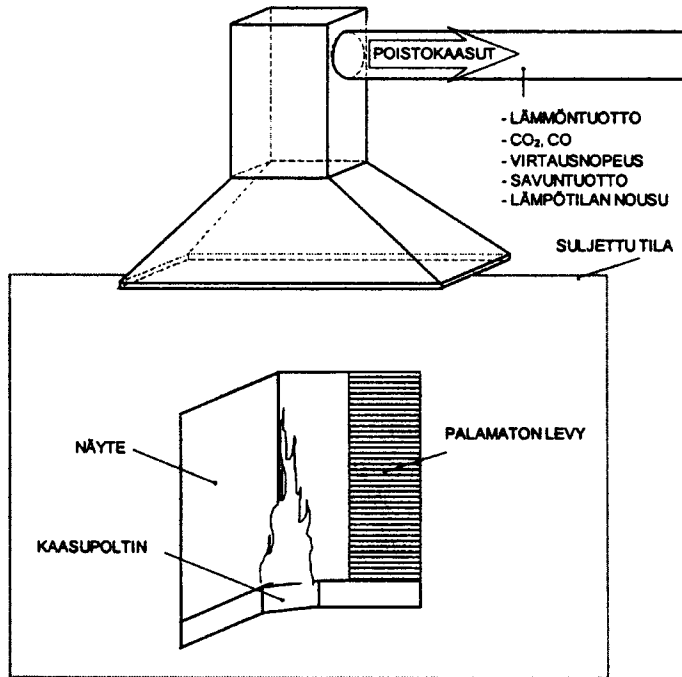
Näissä yleiseurooppalaisissa palomääräyksissä rakennustarvikkeet luokitellaan niiden palavuuden perusteella (reaction to fire). Luokitusjärjestelmä ja testimenetelmät yhdenmukaistetaan, ja testimenetelmät muuttuvat pohjoismaisista (NT) eurooppalaisiin

²⁰⁰ Leskelä, J. (1999) Metsäteollisuus ry. Puurakentamisen standardisointi.

²⁰¹ Hietanen, T. (1999) Esitelmä: Seinät, katot, pilarit ja palkit - Runkorakenteet. Muuttuva paloluokitus ja testimenetelmät. Tiedotustilaisuus VTT:llä, Espoossa 2.11.1999.

²⁰² Leskelä, J. (1999), loc.cit.

menetelmiin (EN). Edellä mainitut testimenetelmät vastaavat pääpiirteittäin toisiaan, koska molemmat perustuvat kansainvälisiin testimenetelmiin (ISO) yksittäisen palavan esineen testiä (SBI = Single Burning Item²⁰³) lukuun ottamatta.



Kuva 3.2.4.1 SBI-testilaitteiston kaavakuva.

Luokka	Luokitusvaatimukset		
	<i>FIGRA</i> (W/s)	<i>LFS</i>	<i>THR</i> _{600s} (MJ)
A2 ja B	≤ 120	< näytteen ulkoreuna	≤ 7,5
C	≤ 250	< näytteen ulkoreuna	≤ 15
D	≤ 750	–	–

Kuva 3.2.4.2 SBI-testin luokitusparametreja.

Näistä SBI-testin merkitys on huomattavin, koska sitä tullaan soveltamaan kaikkiin seinä- ja kattopintojen palokäyttäytymislukkiin A2 - D.²⁰⁴ Testimenetelmien määrä tulee kasvamaan,

²⁰³ SBI-testin luokitusparametreja ovat lämmöntuoton kasvunopeus (*FIGRA*), sivusuuntainen liekin leviäminen (*LFS*) ja kokonaislämmöntuotto (*THR*_{600s}). Savuntuotolle, palaville pisaroille ja osille on määritely lisäluokitukset. Lähde: Hakkarainen, T. & Kokkala, M. (2001) SBI-testin lämmöntuoton mallinnus. Palotutkimusraati, paloalan tutkimuksen kehittämisorganisaatio. Palotutkimuksen päivät Espoossa 22. - 23.8.2001.

²⁰⁴ Leskelä, J. (2000) Metsäteollisuus ry. Puurakenteiden palotekninen tukiryhmä. Pöytäkirja 14.1.2000.

ja vaatimukset esitetään edelleen kansallisissa määräyksissä. Varsinaiset luokkamerkinnot määräytyvät lämpötilan nousun, massan menetyksen, liekehtimisen kestoajan, lämpöarvon, lämmöntuoton ja liekin leviämisen perusteella²⁰⁵. Tulevissa palomääräyksissä seinä- ja kattopinnoissa syttymisherkyys- ja palonlevittämisloukka ilmoitetaan yhdellä tunnuksella (A1, A2, B, C, D, E, F) nykyisen kahden erillisen (1/I, 1/II, 1/-, 2/-, -/-) sijasta. Lattianpäällysteiden vastaavat merkintätavat ovat: A_{FL}, A_{2FL}, B_{FL}, C_{FL}, D_{FL}, E_{FL} ja F_{FL}. Luokkien vastaavuudet tulevat olemaan seuraavat:

Paloluokat vuoden 1997 RakMK E1:ssä:	Uudet euroluokat:
Palamaton	A1
Lähes palamaton	A2
Palava; 1/I, 1/II, 1/-, 2/-, -/-	B, C, D, E, F ²⁰⁶

Esimerkkejä euroluokista:

Seinissä ja katoissa käytettävät tuotteet:

A1	Kivi, betoni, tiili, keraamiset tuotteet, lasituotteet, metallituotteet
A2	Tuotteet kuten A1:ssä, mutta voivat sisältää pieniä määriä orgaanisia aineita
B	Palonsuojakäsitelty puu, kipsikartonkilevy, mineraalivilla
C	Tekstiili-/paperitapetti + kipsikartonkilevy, fenolivaaho
D	Massiivipuu, puulevyt
E	Huokoinen kuitulevy, muovituotteet (yleensä tuotteet, joilla on pieni tiheys)
F	Tuotteet, joita ei ole testattu

Puutuotteiden euroluokat seinissä ja katoissa:

Euroluokka	Luokka RakMK E1:ssä (1997):	Puutuotteet:
B	1/I	D-luokan tuotteet, jotka on kyllästetty palonsuoja-aineella tai maalattu paisuvalla palonsuojamaalilla
C	1/II	D-luokan tuotteet, jotka on maalattu palonsuojamaalilla.
D	1/-, 2/-	E-luokan tuotteet, jotka on kyllästetty palonsuoja-aineella, Sahatavara, vanerit, lastulevyt, MDF-levyt, puolikova kuitulevyt sekä tuotteet, joiden paksuus ≥ 5 mm ja tiheys ≥ 400 kg/m ³
E	-/-	Huokoinen kuitulevy

²⁰⁵ Leskelä, J. (1999), loc.cit.

²⁰⁶ Mikkola, E. (1999) Artikkelit: Euroluokat tulevat rakennusmateriaalien palo-ominaisuuksien testaukseen. Julkaisussa: Halme, S. (toim.) VTT Rakennustekniikka. Rakentavaa Tietoa 25.11.1999.

Lattioissa käytettävät tuotteet:

A _{FL}	Kivi, betoni, tiili, keraamiset tuotteet, lasituotteet, metallituotteet
A _{FL} niä	Kipsikartonkilevy (tuotteet kuten A _{FL} :ssä, mutta voivat sisältää pieniä määriä orgaanisia aineita)
B _{FL}	PVC-pohjaiset tuotteet, osa tekstiilituotteista
C _{FL}	Osa puutuotteista, villatuotteet
D _{FL}	Puutuotteet
E _{FL}	Polypropyleenituotteet
F _{FL}	Tuotteet, joita ei ole testattu

Puutuotteiden euroluokat lattioissa:

Euroluokka:	Luokka RakMK E1:ssä (1997):	Puutuotteet:
B _{FL}	L	Tuotteet, jotka on kyllästetty palonsuoja-aineella tai -pintakäsittelyllä
C _{FL}	L	Tammi sekä tuotteet, joiden tiheys on $\geq 600 \text{ kg/m}^3$
D _{FL}	L	Kuusi, mänty, pyökki, sekä tuotteet, joiden tiheys on $350 - 600 \text{ kg/m}^3$
E _{FL}	-	Tuotteet, joiden tiheys on $\leq 300 \text{ kg/m}^3$

Seinä- ja kattopinnoille määritellään perusluokan lisäksi luokissa A2 - D savuntuotto (s) ja luokissa A2 - E liekehtivä pisarointi (d). Savuntuoton tasoja ovat s1, s2 ja s3 (s3 = ei vaatimuksia) ja liekehtivän pisaroinnin d0, d1 ja d2 (d2 = ei vaatimuksia). Edellä mainittuja merkintöjä käyttäen vuoden 1997 RakMK E1:n palamaton luokka on merkinnöiltään A2s1d0.

Lattianpäällysteille perusluokan lisäksi määritellään luokissa B_{FL} - E_{FL} savuntuotto (s). Savuntuoton tasoja ovat s1 ja s2 (s2 = ei vaatimuksia). Näitä merkintöjä käyttäen vuoden 1997 RakMK E1:n lattianpäällysluokka L merkitään D_{FL}s1.²⁰⁷

Nämä uudet rakennusmateriaalien euroluokat tulevat lisäämään puutuotteiden käyttömahdollisuuksia kerrostalorakentamisessa, koska materiaalien luokkajako on hienojakoisempi kuin ennen. Erityistä käyttöarvoa tulee olemaan palonsuoja-aineilla käsitellyillä puutuotteilla, sillä niiden avulla puuta voidaan käyttää nykyistä enemmän näkyvänä pintamateriaalina huoneistojen sisällä ja porrashuoneissa.

Puutuotteiden palosuojauksessa pyritään pääasiassa vähentämään puuaineelle ominaista syttymisherkkyyttä ja lämmönvapautumista. Nykyisin yleisimmin käytetyt keinot ovat puun pyrolyysin kulun muuttaminen ja pinnan suojaaminen paisuvilla kerroksilla. Aiemmin yleisesti käytetyt palamisen ketjureaktion estävät halogeenipohjaiset aineet ovat väistymässä, koska ne ovat ympäristölle vahingollisia. Puun palamisen estäminen nykyisin saatavilla olevilla kemiallisilla aineilla on suhteellisen helppoa. Käytetyt kemikaalit perustuvat useimmiten fosfori- ja booriyhdisteisiin, joihin tyypillisesti lisätään typpipitoisia aineita muun muassa suojauksen pysyvyyden parantamiseksi. Käytetyt aineet voivat aiheuttaa myös

²⁰⁷ Leskelä, J. (1999) Esitelmä: Rakennusmateriaalien eurooppalainen paloluokitus. Muuttuva paloluokitus ja testimenetelmät. Tiedotustilaisuus VTT:llä, Espoossa 2.11.1999.

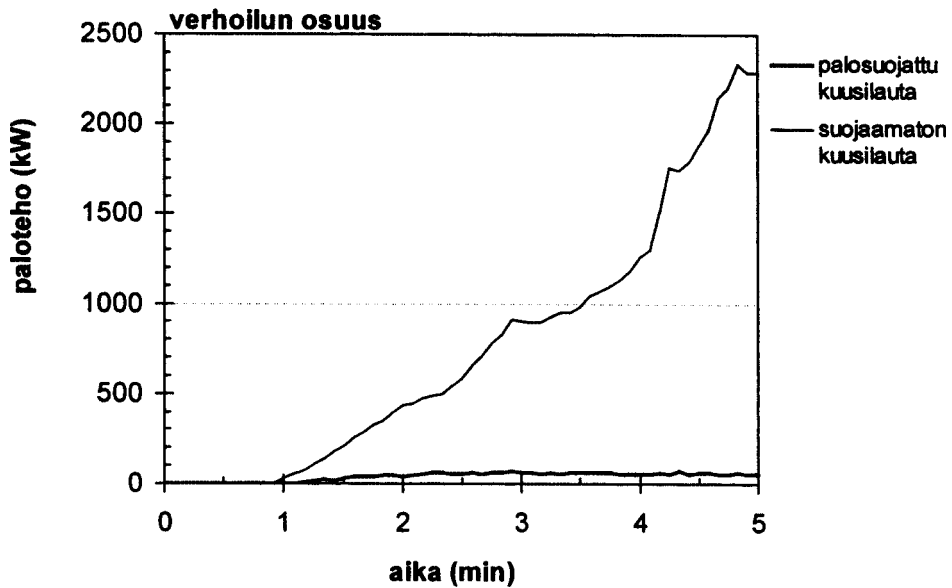
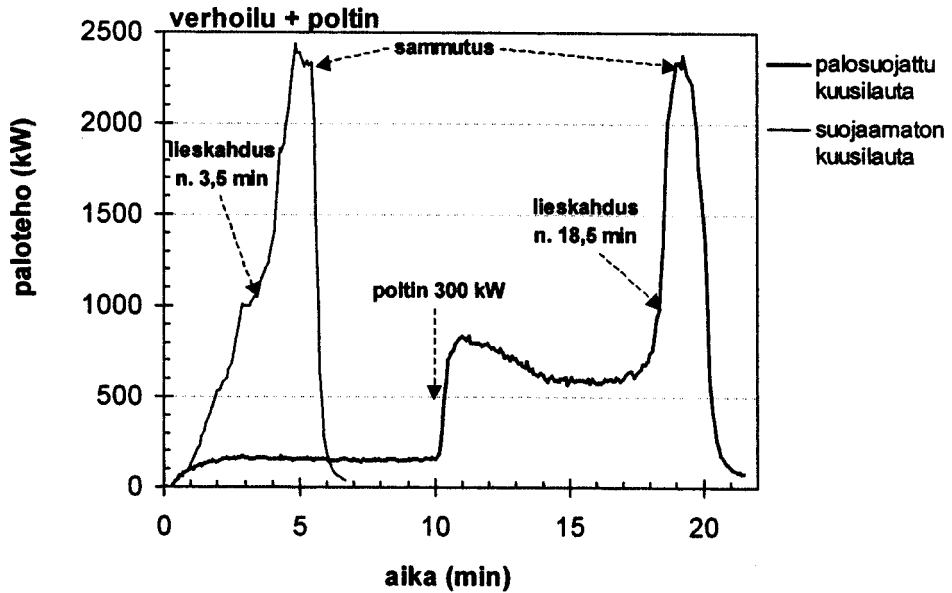
sivuvaikutuksia, joita ovat esimerkiksi puun ulkonäön, käsiteltävyyden, työstettävyyden, mekaanisen kestävyuden ja kosteusteknisten ominaisuuksien muuttuminen. Merkitystä on myös palonsuojauskäsittelyaineen ympäristövaikutuksilla (päästöt) ja hinnalla. Paloturvallisuuden kannalta oleellinen kysymys on kemiallisilla tuotteilla aikaansaadun puun palonsuojaukskyvyn pitkäaikaiskestävyyden saavuttaminen. Käytännön ongelmana on ollut se, että viranomaisilla ei ole ollut varmuutta siitä toimiiko tehty palonsuojaus riittävän hyvin mahdollisessa onnettomuustilanteessa.²⁰⁸ Suuren mittakaavan polttokokeilla on kuitenkin osoitettu, että jopa yksinkertaisella palonsuojakäsittelysivelyllä voidaan ehkäistä merkittävästi puun lämpötilan nousua, palon leviämistä ja lieskahtamista tulipalotilanteessa. Polttokokeiden perusteella puun palonsuojakäsittelyille on esitetty uusiksi käyttökohteiksi muun muassa ullakkotilojen puurakenteita ja puurakenteisia välipohjaonkaloita.²⁰⁹



Kuva 3.2.4.3 Itävaltalaisissa puukerrostaloissa myös porrashuoneissa käytetään puuverhouksia. Paloturvallisuus on varmistettu jauhesammuttimien avulla.

²⁰⁸ Hietaniemi, J. (1999) Puutuotteiden palosuojaus. Palotutkimusraati, paloalan tutkimuksen kehittämisorganisaatio. Palotutkimuksen päivät Helsingissä 25. - 26.8.1999.

²⁰⁹ Hietaniemi, J. (2001) Puun palosuojauksen vaikutus suljetussa tilassa kehittyvään paloon: kokeellinen todennus ja koetulosten soveltamisesimerkki. Palotutkimusraati, paloalan tutkimuksen kehittämisorganisaatio. Palotutkimuksen päivät Espoossa 22. - 23.8.2001.



Kuva 3.2.4.4 Suojaamattoman puuverhoilun (ohut käyrä) ja palosuojatun puuverhoilun (paksu käyrä) luovuttamat palotehot: a) koko kokeen kesto-aika, palokäyrissä mukana polttimen luovuttama paloteho ja b) tarkempi esitys kokeiden viidestä ensimmäisestä minuutista, palotehoista poistettu polttimen osuus.

3.3 Puukerrostalojen paloturvallisuuden perusteet

3.3.1 Taustaa: tulipalot ja palokuolemat Suomessa, Yhdysvalloissa ja Ruotsissa

*Suomi*²¹⁰

Suomessa tapahtuu tulipaloja joka vuosi noin 10 000 kpl. Näistä keskimäärin 65 % on rakennuspaloja. Tavallisia rakennuspaloja syttyy eniten illalla, kello 16 - 22 välisenä aikana²¹¹. Vuositaisista rakennuspaloista noin puolet eli reilut 3 000 paloa tapahtuu asuinrakennuksissa. Tulipaloissa kuolee Suomessa vuosittain noin 100 henkilöä, ja näistä kuolemantapauksista keskimäärin 75 % asuinrakennuksissa.²¹² Vuosina 1988 - 1997 palokuolemista jopa 92 % sattui asuinrakennuksissa²¹³. Kuolemaan johtavista asuinrakennuspaloista yli puolet tapahtuu omakotitaloissa ja vain noin kuudesosa kerrostaloissa, vaikkakin Suomen väestöstä neljä kymmenestä asuu kerrostalossa²¹⁴. Suomessa kuolee siten arviolta noin 12 - 15 henkilöä vuodessa tulipaloon kerrostalohuoneistossa. Kuolemaan johtavista tulipaloista yli 75 % on miesten aiheuttamia ja 71 % kuolleista on palovahingon sattuessa päihtyneenä. Joka toisessa tulipalossa syttymissyynä on tupakka. Kahdessa kolmasosassa tapauksista palamaan on syttynyt irtaimisto rakennuksen sisällä, yleensä makuuhuoneessa. Palokuolemat keskittyvät erityisesti lauantaihin. Noin puolet palokuolemista sattuu keskiyön ja aamukahdeksan välillä. Yleisin kuolinsyy on savukaasumyrkytys. Tulipalon vahingon suuruuden kannalta palokunnan toiminnanvalmiusajan kriittisenä aikana pidetään 8:aa minuuttia²¹⁵.

²¹⁰ Suomessa sisäasiainministeriön pelastusosasto ylläpitää paloalan resurssi- ja onnettomuustietojärjestelmää. Tämä niin kutsuttu PRONTO-tietojärjestelmä on otettu käyttöön vuosina 1995 - 1996 ja sitä päivitetään jatkuvasti. PRONTO kattaa koko Suomen, ja se antaa jokaisesta onnettomuustapahtumasta yksityiskohtaista tietoa. Lähde: Lindblom, T., Tillander, K. & Keski-Rahkonen, O. (2001) Taloudelliset palovahingot Suomessa. Palotutkimusraati, paloalan tutkimuksen kehittämisorganisaatio. Palotutkimuksen päivät Espoossa 22. - 23.8.2001.

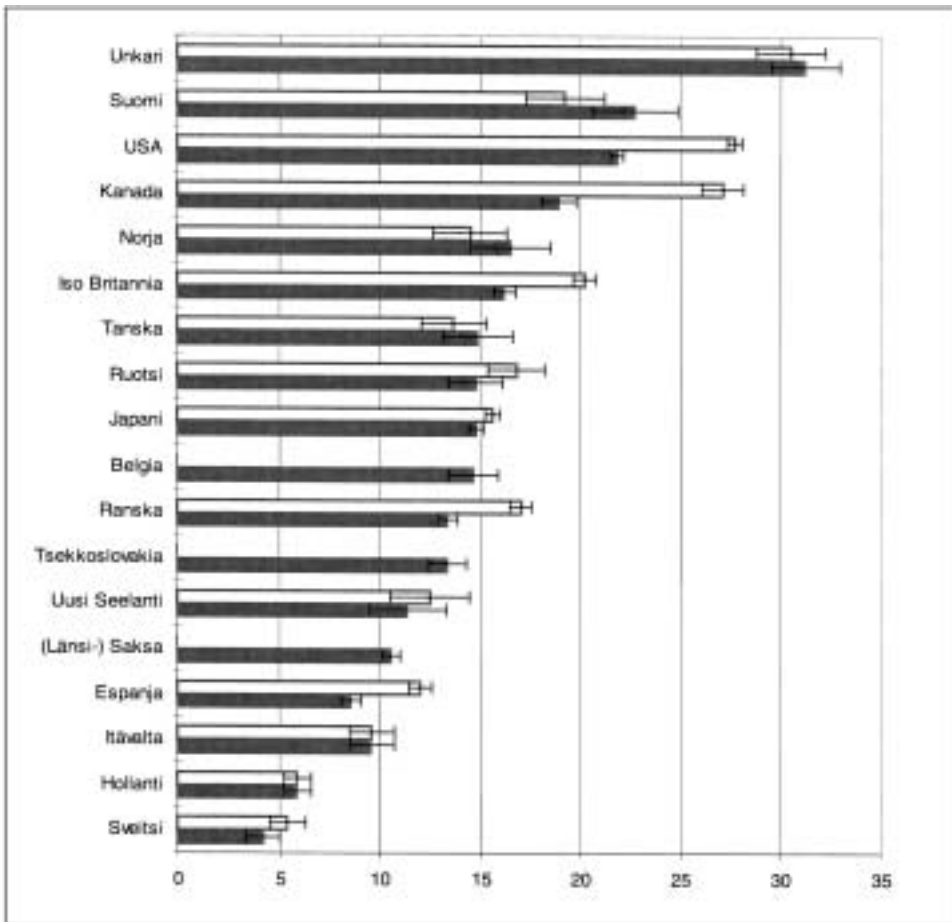
²¹¹ Rahikainen, J. & Keski-Rahkonen, O. (1999) Palokuolemat Suomessa 1988 - 97. Palotutkimusraati, paloalan tutkimuksen kehittämisorganisaatio. Palotutkimuksen päivät Helsingissä 25. - 26.8.1999.

²¹² Ympäristöopas 39 (1998), op.cit.: s. 26.

²¹³ Rahikainen, J. & Keski-Rahkonen, O. (1999), loc.cit.

²¹⁴ Keski-Rahkonen, O. & Björkman, J. (1999) Palotilastoja Suomesta ja ulkomailta toiminnallisten palosäädösten perusteiksi. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. VTT Tiedotteita n:o 1990. Espoo: s. 30 - 31.

²¹⁵ Laaksonen, J.-P. (2001) Mitä maksaa minuutti rakennuspalossa? Palotutkimusraati, paloalan tutkimuksen kehittämisorganisaatio. Palotutkimuksen päivät Espoossa 22. - 23.8.2001.

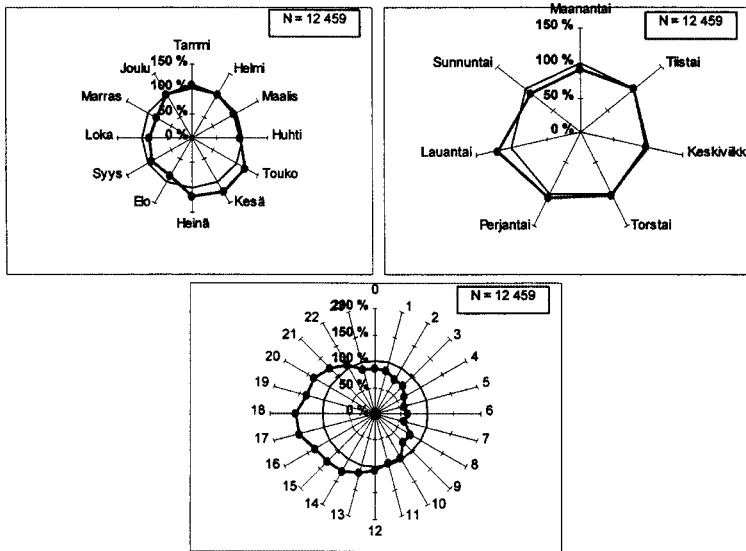


Kuva 3.3.1.1 Vuosittaiset palokuolemat muutamissa maissa miljoonaa asukasta kohden: avoin palkki 1982 - 83; täysi palkki 1989 - 91.

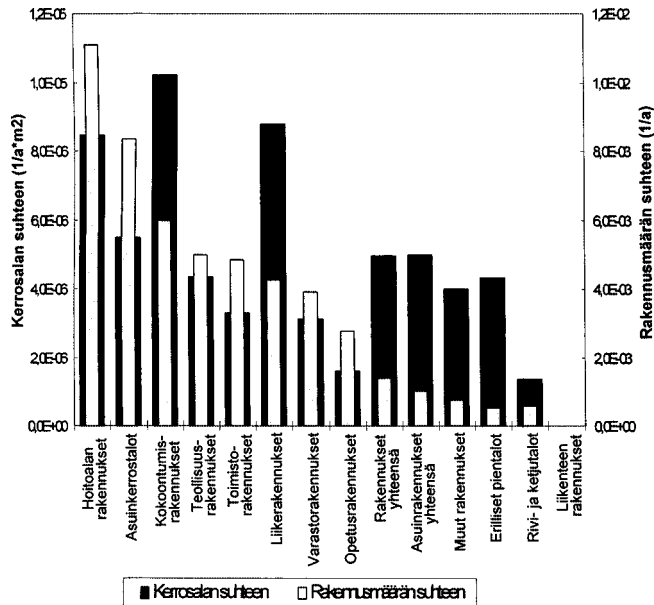
Suomi on palokuolemien lukumäärissä aivan kärkipäässä Unkarin, Yhdysvaltojen, Kanadan ja Iso-Britannian joukossa²¹⁶. Suomessa riski kuolla tulipalossa on teollisuusmaiden korkeimpia. Riski on pysynyt samalla tasolla 1980-luvun alusta saakka, kun muissa maissa riski on koko ajan laskenut. Miesten palokuoleman riski alkaa kasvaa jo 20 vuoden iässä ja naisilla vasta eläkeiässä. Tilastojen mukaan Suomessa palovaarallinen yhdistelmä on yli 45-vuotias, eronnut, yksin asuva, alkoholisoitunut ja tupakoiva mies. Tutkimusten perusteella voidaan todeta, että uhrin käyttäytymisellä on enemmän vaikutusta palokuolemien syntymiseen kuin tapahtumapaikan rakenneteknisillä ratkaisulla.²¹⁷

²¹⁶ Ibid.: s. 13.

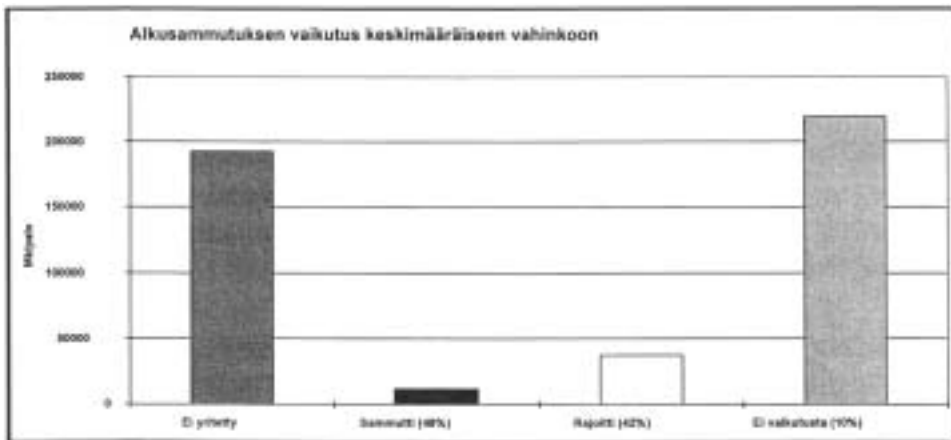
²¹⁷ Rahikainen, J. & Keski-Rahkonen, O. (1999), loc.cit.



Kuva 3.3.1.2 Rakennuspalojen jakaantuminen kuukausille, viikonpäiville ja vuorokaudenajoille vuosina 1996 - 99.



Kuva 3.3.1.3 Sähköpalojen syttymistaajuudet rakennusmäärän ja kerrosalan suhteen.



Kuva 3.3.1.4 Alkusammutus vähentää merkittävästi palovahinkoja.

Yhdysvallat ja Ruotsi

Vuonna 1998 Yhdysvalloissa tapahtui 517 500 tulipaloa, joista 381 500 (73,7 %) sattui asuinrakennuksissa. Samana vuonna ihmisiä kuoli tulipaloissa 4 035, joista 3 220 henkeä (79,8 %) asuinrakennuksissa. Yhdysvalloissa tulipalot saavat alkunsa kaikkein yleisimmin olohuoneesta. Seuraavaksi yleisimpiä ovat makuuhuone ja keittiö. Yhdysvalloissa rakennusten paloturvallisuutta arvioidaan kokonaisuutena. Esimerkiksi sprinklauksen avulla saadaan helpotuksia rakennusten osastointiin, palo-osastojen pinta-aloihin sekä vakuutusmaksuihin. Yhdysvalloissa asuntosprinklereitä on käytetty 1970-luvulta lähtien. 1990-luvulla asuntosprinklerit oli asennettu koko Yhdysvalloissa noin 1 %:iin kaikista yhden ja kahden perheen pientaloista ja arviolta noin 10 %:iin kaikista kerrostaloista. Sprinkleri- ja paloturvallisuusvaatimuksissa esiintyy osavaltioittain ja paikkakunnittain paljon eroja. Sprinklereiden käyttö on lisääntymässä koko ajan. NFPA:n (National Fire Protection Association) tutkimuksen mukaan vuosien 1985 - 1994 tilastot osoittavat, että Yhdysvalloissa tulipalokuolemat olivat vähentyneet 59 % sprinklereiden ansiosta. Kuolemantapaukset sprinklatuissa taloissa ovat hyvin harvinaisia.²¹⁸ USA:n palotilastojen mukaan sprinklatut 3 - 6-kerroksiset puukerrostalot eivät näytä olevan suurempi riski henkilöturvallisuudelle kuin pientalot tai palamattomista materiaaleista tehdyt rakennukset²¹⁹.

Ruotsissa kuoli vuonna 1997 tulipaloissa 117 henkeä²²⁰ ja vuoden 1999 tulipaloissa 110 henkilöä. Palokuolemille löytyy samoja tekijöitä kuin Suomessa: miehet, ikääntyneet, tupakoivat, makuuhuoneet, keittiöt ja viikonloput.²²¹ Ruotsissa puuttuu standardi ja käytän-

²¹⁸ Arvidson, M. (1998) Bostadssprinkler, en sammanställning av erfarenheter från USA. Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut. FoU rapport. Räddningsverket, Karlstad: s. 7 - 10.

²¹⁹ Vaara, I. (1996), op.cit.: s. 121.

²²⁰ Demsey, Mark, P. (2000) Haastattelu ja esitelmä: North American systems and experiences. ”Boendesprinkler räddar liv” -seminaarissa Tukholmassa 19.1.2000.

²²¹ Räddningsverket (2000) Dödsbränder 1999. Rapport. Räddningsverket, Karlstad. Räddningsstjänstindelningen. Enheten för olycksförebyggande verksamhet.

tö asuinkäyttöön soveltuvista sprinklerilaitteistoista (boendesprinkler). Nykyisten säädösten mukaan sprinklerilaitteiston asentamisella rakennukseen saadaan noin 30 %:n alennus rakennuksen palovakuutusmaksuista. Yhteispohjoismaisen *Nordic Wood* -tutkimus- ja tuotekehitysohjelman *Brandsäkra Trähus* -tutkimushankkeen ensimmäisessä vaiheessa ruotsalaiset suhtautuivat kielteisesti puukerrostalojen automaattiseen sammutuslaitteistoon. Projektissa uskottiin, että Ruotsissa ihmiset mieltävät sprinklauksen olevan viestin palovaarallisesta asumisesta, vaikka asukkaiden näkemystä asiasta ei oltu tarkemmin selvitetty.²²² Joulukuussa 1999 ruotsalaiset aloittivat yleisten asuinsprinklerisäädösten kehittämiseksi Boendesprinkler-tutkimusprojektin, jossa ovat olleet mukana muun muassa Trätek, SP/palotekniikka, Lundin teknillinen korkeakoulu, Uppsalan yliopisto, suuri joukko maan sprinkleriurakoitsijoita ja -laitteistotoimittajia sekä vakuutusyhtiöitä. Projektin tarkoituksena on myös ollut lisätä puun käyttömahdollisuuksia rakennuksen sisällä ja ulkona näkyvänä pintamateriaalina. Koko projektin arvioidut kustannukset ovat 8,6 miljoonaa Ruotsin kruunua. Tutkimustyötä on tehty NUTEK:n AIS-projektina (= Aktiv Industriell Samverkan), jolloin teollisuusyritykset ovat rahoittaneet projektia omalla työpanoksellaan noin 4,3 miljoonan kruunun arvosta. Projektin tuloksia on testattu tiheään rakennetulla vuoden 2001 Bo 01 -asuntoalueella Malmössa.²²³

Mistä sitten johtuu, että Yhdysvalloissa palokuolemat ovat asukasmäärään nähden yleisempiä kuin Suomessa ja Ruotsissa, vaikka esimerkiksi sprinklauksen käyttö asuinrakennuksissa on lisääntymässä koko ajan? Syyksi on esitetty muun muassa se, että Yhdysvalloissa pelastustoimen kokonaiskustannuksista laitetaan ennaltaehkäisevään palontorjuntaan vain 3 %, kun vastaava luku muissa teollisuusmaissa on 4 - 10 %. Lisäksi onnettomuudet ovat yleisiä Yhdysvalloissa. Muissa maissa kouluissa sekä erilaisilla kampanjoilla pyritään ennaltaehkäisemään ihmisten onnettomuusriskikäyttäytymistä. Amerikkalaiset ottavat asumisessaan paljon riskejä. Tällaisia ovat esimerkiksi huolimaton tupakointi, liedelle jätetyt vartioimattomat keittoastiat ja lämpöpuhaltimien ja -elementtien virheellinen käyttö²²⁴.

²²² Nordic Wood -hankkeen Brandsäkra Trähus -loppuraportin luonnoksessa oli aluksi näkemyksiä sprinklauksen ja palovaarallisuuden assosiaatioista, minkä vuoksi ruotsalaiset eivät halunneet sprinklata puukerrostalojaan. Nämä kohdat poistettiin, kun luonnostekstiä kommentoitiin Suomen puukerrostalo-kohteista kerätyn asukaspalautteen perusteella. Jopa 96 % Suomen puukerrostalojen asukkaista on sitä mieltä, että sprinklaus lisää asuinturvallisuutta. Lopulliseen Nordic Wood -raporttiin tällaisia kommentteja ei enää tullut. Myöhemmin ruotsalaiset käynnistivät uuden tutkimusprojektin, Boendesprinkler, puukerrostalojen sprinklaustarpeesta. Loppuraportti: Nordic Wood (1999) Brandsäkra trähus, Kunskapsöversikt och vägledning för lättbyggsystem i Norden. Trätek. Byggeforsk Rapport O 7966.

²²³ Trätek (1999) Nyhetsbrev från institutet för träteknisk forskning i Stockholm, Jönköping och Skellefteå. Nro. 4/99. Aktuellt med svenska boendesprinkler. (Projektin edistymistä on voinut seurata www.osoitteessa www.tratek.se/boendesprinkler).

²²⁴ Arvidson, M. (1998), op.cit.: s. 47.

3.3.2 Puun palotekniset ominaisuudet ja huoneistopalo

Puurakennusten paloteknisessä mitoituksessa, erityisesti toiminnallisessa palomitoituksessa, on hyvä tuntea puun palotekniset ominaisuudet sekä tavanomaisen huone(isto)palon kulku. Seuraavassa niiden lyhyt esittely.

Puun lämpötilan noustessa 100 °C:een alkaa siitä höyrystyä kemiallisesti sitoutumaton vesi. Kuivan puun terminen pehmeäminen alkaa noin 180 °C:n lämpötilassa ja saavuttaa maksiminsa 320 - 380 °C:ssa²²⁵. Tällöin puun ligniinin, selluloosan ja hemiselluloosan sidokset alkavat hajota.²²⁶ Kostean puun pehmeäminen alkaa aikaisemmin, jopa 100 °C:ssa. Puun syttymislämpötilaan vaikuttaa se, kuinka kauan puu on lämmölle alttiina. Yleensä puu syttyy 250 - 300 °C:ssa. Syttymisen jälkeen puu alkaa hiiltä noin 0,8 mm minuutissa. Palo etenee hitaasti massiivisessa puutavarassa, koska syntynyt hiilikerros suojaa puuta palotilanteessa ja hidastaa puun sisäosien lämpötilan nousua ja palon etenemistä. Esimerkiksi jo 15 mm:n etäisyydellä hiiltymisrajasta puun lämpötila on alle 100 °C²²⁷. Tätä ominaisuutta käytetään hyväksi muun muassa kantavien rakenteiden mitoituksissa. Esimerkiksi palomääräyksissä esiintyvät 30 - 60 minuutin palonkestoajat saavutetaan 25 - 50 mm paksulla massiivisella puutavaralla. Liimapuulla hiiltymisnopeus on pienempi eli 0,7 mm/min. Puun syttymisherkyys lisääntyy puun tiheyden ja kosteuden vähetessä sekä puukappaleen paksuuden pienetessä²²⁸. Myös puumateriaalin terävät kulmat, karkea pinta, säröt ja halkeamat lisäävät palon vaikutusta²²⁹.

Huone(isto)palo on kokonaan tai osittain rajatussa tilassa tapahtuva palo. Palossa on eroteltavissa kolme päävaihetta: syttymisvaihe, täyden palamisen vaihe ja jäähtymisvaihe. Huoneistopalon kehittyessä ilman lämpötila nousee ja kuumat savukaasut ympäröivää ilmaa kevyempinä nousevat palopesäkkeestä kohti kattoa (palopatsas). Huoneen tai huoneiston yläosan lämpötilan noustessa noin 500 °C:een tapahtuu lieskahdus, jolloin palamatta jääneet kaasut ja palamiskykyiset materiaalit syttyvät hyvin nopeasti. Tästä alkaa täyden palamisen vaihe, jolloin lämpötila on kaikkialla tilassa noin 800 - 1000 °C. Palavan materiaalin loputtua alkaa jäähtymisvaihe, jolloin lämpötila tilassa alkaa laskea. Palo voi jäähtymisvaiheessakin syttyä vielä uudestaan, koska lämpötilat ovat edelleen korkeita ja lämpöä voi virrata tuhoutumatta jääneisiin palamiskykyisiin materiaaleihin.²³⁰

²²⁵ Saarelainen, U. (1981) Puurakenteet 1. Puu materiaalina. Puuinformaatio ry. ja Rakentajain Kustannus Oy, Helsinki: s. 30.

²²⁶ Mikkola, E. (1989) Puupinnan syttyminen. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 1057. VTT Offsetpaino, Espoo: s. 9.

²²⁷ Mikkola, E. (1990) Puun hiiltymisen. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tutkimuksia 689. VTT Offsetpaino, Espoo: s. 8.

²²⁸ Mikkola, E. (1989), op.cit.: s.10.

²²⁹ Hartl, H. (1996) Artikkelit: STEP-luento A13. Puu ja puutuotteet tulipalossa. Julkaisussa: STEP 1 Puurakenteet (1996) Suunnitteluperusteet - materiaaliominaisuudet - rakenneosat - liitokset. Valtion teknillinen tutkimuskeskus ja Rakennustieto Oy. Kirjapaino Tammer-Paino Oy. Tampere: s. A13/1.

²³⁰ Vaara, I. (1996), op.cit.: s. 20.

3.3.3 Palotekninen mitoitus

Yleistä

Puukerrostalojen rakentamisessa rakennuksen palotekninen suunnittelu on yksi keskeinen osa. Puukerrostalojen käytännönläheisen palo- ja lujusteknisen ohjeistuksen laatiminen on ollut Suomessa vielä kesken vuonna 2001. Puukerrostalojen suunnittelussa palotekniset vaatimukset vaikuttavat myös rakennusosien suunnitteluun, minkä vuoksi keskeisten paloteknistien asioiden perusteet on hyvä hallita. Lisäksi Suomessa ollaan vähitellen siirtymässä rakenteiden yleiseurooppalaiseen mitoituskäytäntöön. Tämän vuoksi tässä luvussa käsitellään myös suomalaisen (RakMK) ja yleiseurooppalaisen (Eurocode) puurakenteiden paloteknisen mitoituskäytännön perusteita ja niiden välisiä keskeisimpiä eroja.

Rakenteiden palomitoitus on RakMK B10:ssä käsitelty varsin lyhyesti ja laskentamalleja on annettu vain yksi. Eurocode-normeissa palomitoitus on paljon yksityiskohtaisempi ja se voidaan suorittaa kolmella erilaisella laskentamallilla, joista voidaan valita kuhunkin tilanteeseen parhaiten soveltuva malli. RakMK B10:ssä palomitoituksessa käytetään normaalisuunnittelun taulukoituja ominaisarvoja, kun taas EC 5:ssä palomitoituksen materiaalilujuuksina käytetään keskiarvoja.²³¹

Eurocode 5 palo-osan (ENV 1995-1-2) muuttaminen EN-standardiksi aloitettiin toukokuussa 1999 ja ensimmäinen luonnos julkaistiin syksyllä 2000²³². Normi pyritään kirjoittamaan nykyistä loogisempaan muotoon ja termistöä yhtenäistetään muiden Eurocode-normien kanssa²³³. Esistandardeina julkaistut eurooppalaiset rakenteiden suunnitteluohjeet valmistunevat palomitoitusosineen EN-standardeiksi vuoden 2003 paikkeilla²³⁴.

RakMK:n suunnitteluohjeisiin verrattuna EN 1995-1-2 tulee olemaan perusteellisempi erityisesti palosuojauksen ja liitosten mitoituksen osalta. Sen sijaan eri puutuotteiden hiiltymänopeudet tulevat pysymään lähes muuttumattomina. EN 1995-1-2 keskittyy puurakenteiden palomitoitukseen ja antaa joitain ohjeita myös parametrisesta palosta. Ruotsi on ollut ohjeen laadintatyössä hyvin aktiivinen. Esimerkiksi yhteispohjoismaisen *Nordic Wood* -tutkimusohjelman *Brandsäkra trähus* -tutkimushankkeessa tuloksia on hyödynnetty EN 1995-1-2 työssä.²³⁵

Perusteet

Yksi- ja kaksikerroksisille puurakennuksille, jotka kuuluvat vuoden 1997 RakMK E1:n mukaan paloluokkaan P3 (vastaa entistä paloa hidastava -luokkaa), ei tarvitse tehdä paloteknistä

²³¹ Ukonmaanaho, A. (1996) Yleiseurooppalaisen (Eurocode 5) ja suomalaisen puurakenteiden mitoituskäytännön vertailu. Oulun teknillinen oppilaitos. Rakennusosasto. Insinööritoimisto, 1996: s. 83.

²³² Ensimmäinen luonnos julkaistiin 10.10.2000: Eurocode 5, Design of Timber Structures. Part 1 - 2. General Rules - Structural Fire Design. First (Stage 32). Document CEN/TC 250/SC 5 N 137. Draft prEN 1995-1-2. / 2000-10-10.

²³³ VTT Rakennustekniikka (1999) Eurocode 5 (ENV 1995-1-2) muutostyö esistandardiksi.

²³⁴ Hietanen, T. (1999), loc.cit.

²³⁵ Leskelä, J. (1999) Metsäteollisuus ry. Puurakenteiden palotekninen tukiryhmä. Pöytäkirja 1.10.1999.

mitoitusta. Sen sijaan 3- ja 4-kerroksinen asuin- tai työpaikkarakennus voidaan tehdä puurunkoisena ja paloluokkaan P2 kuuluvana. Tällöin on laskennallisella mitoituksella osoitettava, että rakenteilla on riittävä palonkestävyys.

Palomitoituksella on varmistettava seuraavat kaksi asiaa:

- Kantavien ja jäykistävien rakenteiden tulee kestää sortumatta palonaikaiset kuormat vaadittavan palonkestoajan (kestävyysvaatimus, R).
- Osastoivien rakenteiden tulee säilyttää tiiviytensä ja lämmöneristyskykynsä palon aikana siten, että palo ei leviä osastosta toiseen vaadittavan palonestoajan aikana (osastoivuusvaatimus; tiiviys E ja eristävyys I).

Vaadittava palonkesto-aika 3- ja 4-kerroksisille P2-luokan asuin- ja työpaikkarakennuksille on 60 minuuttia palokuormasta riippumatta sekä kestävyuden että osastoivuuden perusteella. Palomitoitus voidaan tehdä RakMK B10:n tai Eurocode 5:n mukaan kansallisia soveltamisohjeita noudattaen.²³⁶ RakMK B10 ei anna yksityiskohtaisia ohjeita mitoitustavoista vaan ainoastaan peruseriaatteen sekä palotilanteen kuormat, käytettävät osavarmuuskertoimet, lujuusarvot, rakennepuutavaran ja liimapuun hiiltymisnopeudet standardipalon mukaisessa palorasituksessa sekä joitakin rakenteellisia ohjeita. Erityistä huomiota on kiinnitettävä metallisten rakennus- ja liitososien palosuojaukseen, koska ne menettävät lujuutensa palossa hyvin nopeasti. RakMK B10:n mitoitusten menetelmä on periaatteeltaan samanlainen kuin Eurocode 5:n menetelmät, mutta Eurocode 5:ssä on esitetty useampia tarkkuudeltaan erilaisia menetelmiä. Eurocode 5:ssä esitetyt rakennepuutavaran ja liimapuun hiiltymisnopeudet tehollisen poikkileikkauksen menetelmässä vastaavat RakMK B10:ssä annettuja arvoja. Tämän lisäksi Eurocode 5:ssä esitetään hiiltymisnopeuden arvoja eri tiheyksisille puutavarakkeille, liimapuulle sekä puulevyille.²³⁷

Mitoitus kestävyuden perusteella

Palomitoituksessa keskeinen tehtävä on laskennallisella mitoituksella osoittaa, että vaadittavan palonkestoajan lopussa kantavasta rakenteesta jäljellä oleva ehjä, palamaton ja hiiltymätön osa kestää sortumatta palonaikaisten kuormien aiheuttamat rasitukset.

Eurocode 5:n mukaan voidaan palolle alttiina oleville puupinnoille käyttää seuraavia hiiltymisnopeuksia:

- liimapuu; kuusi, mänty ja koivu	0,7 mm/min
- sahatavara; kuusi, mänty ja koivu	0,8 ”
- paneelit (tiheys $\geq 450 \text{ kg/m}^3$ ja paksuus min. 20 mm)	0,9 ”
- lastulevy	0,9 ”
- vaneri	1,0 ”
- viilupuun (LVL); viiluja vastaan kohtisuorassa	0,7 ”
viilujen suunnassa	1,0 ” ²³⁸

²³⁶ Kilpeläinen, M. (1997) Luku: Rakennusrungon lujuustekninen suunnittelu. Teoksessa: Karjalainen, M., Heikkilä, J., Koiso-Kanttila, J. & Kilpeläinen, M. (1997) Suomalainen puukerrostalo. Opetushallitus. Hakapaino Oy. Helsinki: s. 83 - 84.

²³⁷ VTT Rakennustekniikka (1999) Eurocode 5 (ENV 1995-1-2), loc.cit.

Jos vaadittava palonkesto-aika on esimerkiksi 60 minuuttia, etenee hiiltyminen tässä ajassa sahatavarassa 48 mm ja liimapuussa 42 mm. Jos kysymyksessä on huoneiston sisäinen kantava seinä, kohdistuvat palo ja tolppien hiiltyminen siihen molemmilta puolilta. Puun hiiltymistä voidaan vähentää suojaamalla se suojaverhouksella. Suojaukseen voidaan käyttää puuta, puulevyä, kipsikartonkilevyä, kivivillaa tms. materiaalia, jonka palonkesto-aika tunnetaan. Eurocode 5:n mukaan mitoitettaessa on käytettävä osassa EN 1995-1-2 (General Rules - Structural Fire Design) eri suojaverhouksille esitettyjä laskentakaavoja ja periaatteita²³⁹.

Periaatteena Eurocode 5:n mukaan mitoitettaessa on se, että paloturvallisuus voidaan osoittaa laskennallisesti vain kantaville puurakenteille. Kaikkien muiden rakennustuotteiden paloturvallisuuden osoittaminen tulee perustua koetuloksiin. Tämän vuoksi yleiseurooppalaiseen palomitoituskäytäntöön valmistauduttaessa vuonna 2000 teki Suomen ympäristöministeriö merkittävän muutoksen suojaverhousten (esim. kipsikartonkilevy) käyttöperiaatteisiin kantavien puurakenteiden yhteydessä. Ennen 1.7.2000 kipsikartonkilevyverhousten suojaverhouksivaikutuksen arvioinnissa sovellettiin Suomessa yleisesti RakMK B10 kohtaa 9.2.4 *Hiiltyminen*: ”*Jos puurakenteella on yhteinen kosketuspinta jonkun toisen rakennusosan, kuten yläpohjan, seinän ym. kanssa, voidaan jälkimmäisen rakennusosan suojaava vaikutus kosketuspinnan hiiltymisessä ottaa huomioon, jos suojaavan rakenteen vaikutus hiiltymissyvyyteen on luotettavin selvityksin osoitettu.*” Tämän mukaan esimerkiksi Gyproc-levyillä voitiin suojata puurakenteita seuraavasti: Gyproc GTS 9: 10 min.; Gyproc GN 13 tai GEK 13: 15 min. ja GF 15: 30 min. Vuoden 1997 RakMK E1:n kohdan 8.2.3 (suojavaous²⁴⁰) hengessä ympäristöministeriö otti kannakseen, ettei suojaverhouksella voi olla rakenteellisen palomitoituksen peruste ja päätti, että 1.7.2000 alkaen suojaverhouksaika kaikilla edellä luetelluilla Gyproc-levyillä on vain 10 minuuttia. Tämä johti siihen, että Gyproc Oy joutui hakemaan aikaisempien palotestitulosten perusteella uudet tyyppihyväksyntäpäätökset muun muassa puukerrostaloissa käytettäville R 60 ja REI 60 -rakenteille. Merkittävä muutos näille 30.6.2003 saakka tyyppihyväksytyille Gyproc-rakenteille on se, että niissä käytetään kaksinkertaista Gyproc GF 15 levyä, jolloin kantavalle puurungolle saavutetaan tunnin suojaverhouksella ja rungon palomitoitusta ei tarvitse tehdä.²⁴¹ Ministeriön tulkintakäytännön muutos vaikuttaa merkittävästi puukerrostalojen kantavien rakenteiden suojaverhouksikäytäntöihin ja palomitoituksiin.

²³⁸ Eurocode 5, Design of Timber Structures, op.cit.: s. 18.

²³⁹ Puurakenteiden paloteknisen tukiryhmän kokouksessa 17.11.2000 DI Mauri Konttila Konstru Oy:stä toi esille asian, että palomitoitettaessa puukerrostalon kantavia rakenteita Brandsäkra Trähus -projektin ohjeiden, RakMK B10:n tai Eurocode 5:n (Huom! on vielä keskeneräinen) mukaan saadaan rakenteille eri tulokset. Eri normeilla palomitoitettaessa suojalevytysmäärä, -materiaalit ja -kombinaatiot vaikuttavat palonkestoon, hiiltymämitoitukseen ja koko seinän paksuuteen eri tavalla. Tuloksena saatavan kantavan seinän paksuusero voi olla jopa 50 mm. Puukerrostalojen tilakustannusten kannalta asia on merkittävä. EN 1995-1-2:n ja Brandsäkra Trähus -ohjeiden mukaan mitoitettaessa hiiltymänopeudet ovat aiempia suuremmat, mikä vaikuttaa erityisesti puukerrostalon kantavien ohutrunkoisten väliseinien mitoitukseen. Esimerkiksi tähän saakka hyväksytyjä rakenteita (mm. huoneiston sisäinen kantava väliseinä, huoneiston välinen tuplarunkoseinä ja välipohja) ei hyväksytä enää samoilla tolppa- ja kannakevahvuuksilla 2 x 13 mm:n kipsikartonkilevytyksin, vaan nyt vaaditaan esim. 13 mm:n + 15 mm:n kipsikartonkilevytyksin. Kantavien paksurunkoisten ulkoseinien ja välipohjien mitoitukseen ei hiiltymänopeuden kasvulla ole näin suurta vaikutusta. Lähde: Mauri Konttila. Haastattelu 17.11.2000 ja puhelinhaastattelu 10.1.2001.

Myös rungon palonaikainen jäykistys on varmistettava. Jäykistävät sisäverhouslevyt jäykistävässä seinässä tuhoutuvat jo heti palon alussa, minkä jälkeen seinä ei enää toimi jäykistävänä. Tämän vuoksi palonaikainen rungon jäykistys on turvattava esimerkiksi ulkopuolisen tuulensuojalevytyksen avulla, huoneistojen välisissä seinissä viereisen huoneiston puoleisella seinäpuoliskolla (kaksoisrunkoseinä), huoneiston sisäisissä jäykistävissä seinissä seinän sisällä palolta suojassa olevan levytyksen, ristikon tai vinositeiden avulla sekä välipohjissa yhtenäisen ja jatkuvan vaakasuoran levyn (vaneri, lastulevy, betoni tms.) avulla, joka on rakenteen sisällä suojassa ylä- ja alapuoliselta palolta.²⁴²

Kantavien väliseinien rungon paksuus määräytyy seiiniin kohdistuvasta kuormituksesta sekä runkotolppiin kiinnitetystä levytyksestä murtorajatilamitoituksen ja paloteknisen mitoituksen perusteella. Seinän kantavuutta voidaan lisätä runkotolpistusta tihentämällä, tolppien poikkipinta-alaa suurentamalla tai käyttämällä paremman lujuusluokan puutavaraa. Tolppien poikkipinta-alan suurentaminen on useimmiten tolppajaon tihentämistä edullisempi ratkaisu. Vaikka asuntopohjat ovat kerroksittain samanlaisia, voidaan kantavien väliseinien pystyrunkoa optimoida kerroksittain siten, että alimmissa kerroksissa tolppavälit ovat esimerkiksi 300 tai 400 mm ja ylimmissä kerroksissa 600 mm.

Puurunkoisten kantavien väliseinien tarvittava palonkestokyky saadaan aikaan yleensä sisäpuolisilla levykerroksilla sekä runkopuutavaran paloteknisellä mitoituksella. Paloteknisessä mitoituksessa on huomattava, että tolppiin kiinnitetyt, esiinjäävät rakennuslevyt tuhoutuvat palossa eivätkä sen jälkeen estä tolppien nurjahdusta heikommassa suunnassa. Jos seinä on lisäksi jäykistävä seinä, se ei toimi enää rakennuslevyjen tuhoutumisen jälkeen jäykistävänä rakenteena. Tämän vuoksi seinän jäykistävä rakenne (rakennuslevy, teräsristikko, terässiteet tms.) on sijoitettava seinän sisälle palolta suojaan.

Mitoitus osastoivuuden perusteella

Osastovien seinä-, välipohja- ja yläpohjarakenteiden tulee estää palon leviäminen osastosta toiseen vaadittavan palonkestoaajan. Tämä tarkoittaa sitä, että rakenteen tulee täyttää seuraavat vaatimukset:

²⁴⁰ RakMK E1 (1997), op.cit. kohta 8.2.3: ”P2-luokan rakennuksen sisäpuoliset seinä- ja kattopinnat tulee varustaa suojaverhouksella, jollei rakenne ole tehty palamattomista tai lähes palamattomista tarvikkeista. Ohje: Suojaverhouksen tehtävä on pidättää paloa vähintään 10 minuutin ajan.” Muutoksen perusteena oli ”suojaverhous” ja ”palosuojaus” käsitteiden uusi tulkinta. Suojaverhouksen tulee suojata sen takana olevaa rakennetta syttymiseltä, kun palosuojauksen tulee puolestaan suojata sen takana olevaa puurakennetta palolta (vrt. teräsrakenteiden palosuojaus). Ongelmana on se, että uusissa puurakentamista koskevissa Eurocode-normeissa ei vielä tunneta käsitettä ”palosuojaus”. Uusi tulkinta on vaikeuttanut puukerrostalojen rakenneteknistä mitoitusta.

²⁴¹ Lähde: Puurakenteiden paloteknisen tukiryhmän kokous ja haastattelu 17.11.2000: Seppo Leimala / Gyproc Oy. ja Gyproc Oy (2000) 13 - 02. Tyypipihvyksytyt Gyproc-rakenteet. Palonkestävyys. Heinäkuu - 2000: s. 42 - 43.

²⁴² Kilpeläinen, M. (1997), op.cit.: s. 85.

- Rakenteeseen ei synny kuormituksen, palamisen, lämmön tms. seurauksena palon aikana sellaisia rakoja, reikiä ja muita aukkoja, joiden kautta liekit ja kuumat savukaasut voivat tunkeutua rakenteen toiselle puolelle ja sytyttää siellä palon (tiiviyysvaatimus E).
- Rakenteen vastakkaisen pinnan pintalämpötila ei saa nousta palonkestoajan kuluessa keskimäärin enempää kuin 140 °C tai paikallisesti 180 °C, eikä pintalämpötila missään kohdassa saa olla korkeampi kuin 220 °C (eristävyysvaatimus I).

Yleensä erilaisten välipohja- ja seinärakenteiden palonkestävyys osastoivuuden perusteella määritetään palokokeiden avulla. Tämän vuoksi osastoivien rakenteiden suunnittelu ja mitoitus perustuvat niin kutsuttuun taulukkomitoitukseen. Tällöin polttokokeilla testatuista rakenteista valitaan se, joka täyttää rakenteelle asetettavat osastoivuus- ja toiminnalliset vaatimukset. Esistandardi EC 5 antaa ohjeita myös laskennalliseen mitoitukseen. Kun rakenteen eri materiaalikerrosten palonkestoajat tunnetaan, niiden ja tiettyjen kaavojen avulla voidaan laskea rakenteen palonkesto aika. Tosin eri materiaalikerrosten palonkesto aikojen määrittäminen on tässäkin tapauksessa tehtävä kokeellisesti.²⁴³

3.3.4 Toiminnallinen palomitoitus ja riskianalyysi

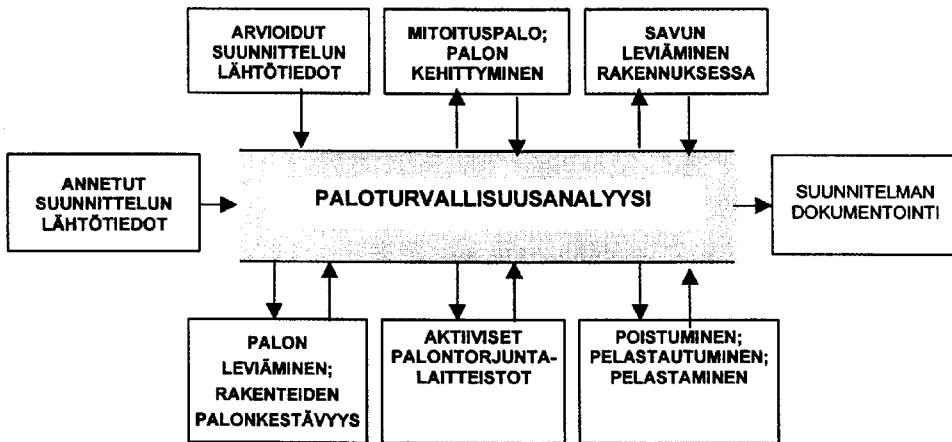
1990-luvun aikana on kehitetty huomattavasti tulipalon numeerista simulointia ja muita laskentamenetelmiä, joilla voidaan arvioida rakennusten paloturvallisuutta. Useissa teollisuusmaissa on uudistettu säädöksiä siten, että aiemmin ainoana mahdollisuutena ollut tuoteluokitukseen perustuva rakennusten paloturvallisuuden osoittaminen on nyt vain yksi mahdollisuus muiden menetelmien joukossa. Periaatteessa tällainen ajattelutapa otettiin käyttöön myös Suomessa vuoden 1997 palomääräyksissä. Soveltamista ohjaavat pelisäännöt ovat kuitenkin olleet puutteelliset. Tämän vuoksi vuosina 1996 - 2000 Suomen VTT Rakennustekniikassa on toteutettu kansallinen tutkimusohjelma ”Toiminnallisen palosäädösten tekniset perusteet” (=TOPA-projekti). Tutkimusohjelman tavoitteena on ollut kehittää Suomen olosuhteisiin soveltuvat menetelmät ja menettelytavat käyttäjille tarkoitettuine ohjeineen, jotta toiminnalliset palosäädökset voitaisiin ottaa hallitusti käyttöön vuoden 2001 kuluessa. Tähän saakka toiminnallista paloturvallisuussuunnittelua on ensisijaisesti käytetty suunniteltaessa suuria rakennuksia, kuten ostoskeskuksia ja kokoontumishuoneistoja.²⁴⁴ Puukerrostalojen koerakennusajan paloturvallisuustarkasteluissa ongelmana ovat olleet rakentamistavan uutuus ja yleisesti hyväksytyjen todentamismenetelmien ja ratkaisumallien puute. Tämä on johtanut siihen, että puukerrostalojen paloturvallisuustarkastelun vastuuta on tähän saakka huomattavasti siirtynyt paikallisille viranomaisille, suunnittelijoille ja työmaille, joilla ei välttämättä ole asioista riittävää tietämystä tai uskallusta ottaa vastuuta uusista ratkaisumalleista.

Toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu tähtää tulipalon aiheuttaman riskin rajoittamiseen. Tämän vuoksi riskianalyysi kuuluu aina osaksi paloturvallisuussuunnittelua. Käsitteellä ”riski” ymmärretään yleisesti haitallisten, vahinkoa aiheuttavan tapahtuman suuruutta. Suunnitelman hyväksyttävyyden perustuu vain odotettavissa olevaan

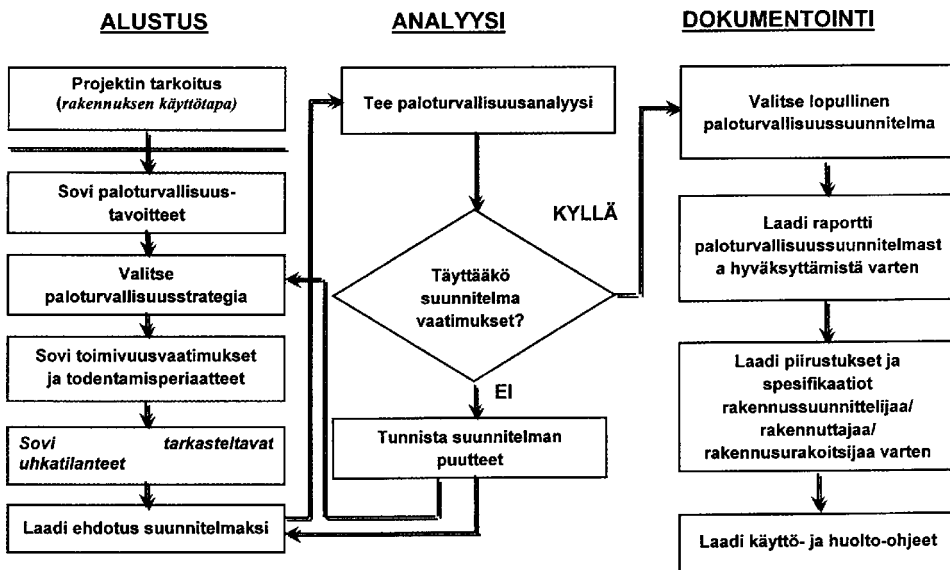
²⁴³ Ibid.: s. 85 - 86.

²⁴⁴ Kokkala, M. (2000) Rakennusten paloturvallisuussuunnittelu; Toiminnallinen lähestymistapa. VTT Tiedotteita, n:o 2028. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Otamedia Oy. Espoo: s. 3 - 5.

turvallisuusriskiin. Absoluuttisten riskien arviointi on käytännössä hyvin vaikeaa. Rakennusten paloriskien ja palotapahtumaketjujen analysointia varten on kehitetty tietokoneohjelmistoja. Tunnetuimpia ohjelmistoja ovat muun muassa amerikkalainen FIRE, englantilainen CRISP II, australialainen CESARE-RISK ja kanadalainen FIRECAM. Kaikkein laajimmin ohjelmien kehittämiseen on panostettu Kanadassa ja Australiassa.²⁴⁵ Eri maiden järjestelmät poikkeavat kuitenkin toisistaan, eikä kansainvälistä käytäntöä ole vielä muodostunut.

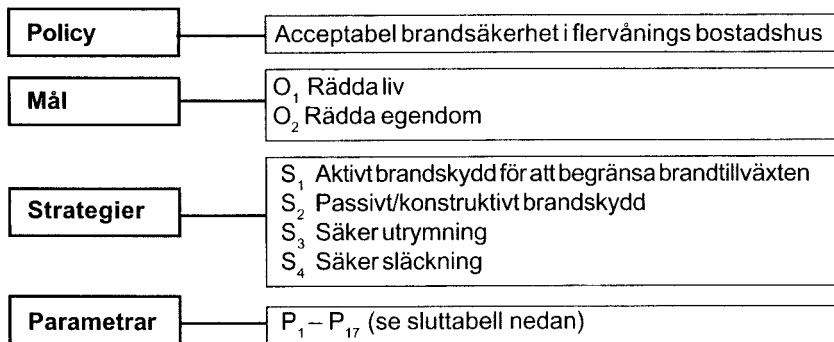


Kuva 3.3.4.1 Paloturvallisuussuunnittelussa on otettava huomioon eri toimepiteiden vaikutukset toisiinsa.



Kuva 3.3.4.2 Paloturvallisuussuunnittelun prosessikaavio.

²⁴⁵ Ibid.: s. 35 - 39.



Struktur hos Indexmetoden.

Parameter	Namn	Vikt	Betyg	Viktat betyg
P ₁	Ytskikt i lägenheter	0.0576	(0–5)	
P ₂	Stäcksystem	0.0668		
P ₃	Brandkår/Räddningstjänst	0.0681		
P ₄	Brandcellsindelning	0.0666		
P ₅	Avskiljande konstruktioner	0.0675		
P ₆	Dörrar	0.0698		
P ₇	Fönster	0.0473		
P ₈	Fasader	0.0492		
P ₉	Vindar	0.0515		
P ₁₀	Närliggande byggnader	0.0396		
P ₁₁	Rökspridning	0.0609		
P ₁₂	Brandvarnare	0.0630		
P ₁₃	Larm	0.0512		
P ₁₄	Utrymningsvägar	0.0620		
P ₁₅	Bärande konstruktion	0.0630		
P ₁₆	Underhåll och information	0.0601		
P ₁₇	Ventilationssystem	0.0558		
Summa		1.0000		
Summa av viktade betyg				
Riskindex för byggnad (= 5 – Summa)				

Kuva 3.3.4.3 Nordic Wood -tutkimusohjelman Brandsäkra Trähus -projektissa tuotetun riskianalyysimenetelmän periaatekaavio.

Yhteispohjoismaisessa *Nordic Wood* -tutkimusohjelmassa on tuotettu uusi riskianalyysimenetelmä myös puukerrostalojen suunnittelua varten. Menetelmän avulla voidaan arvioida puukerrostalojen paloturvallisuutta. Tavoitteena on suojata sekä ihmisiä että omaisuutta. Paloturvallisuuteen vaikuttavina strategioina tarkastellaan aktiivista palosuojausta palon leviämisen rajoittamiseksi, passiivista tai rakenteellista palosuojausta sekä turvallista rakennuksesta poistumista ja palon sammuttamista. Lisäksi menetelmässä käytetään 17:ää eri paloturvallisuusparametria. Lopputuloksena on pisteytys, joka osoittaa rakennuksen riski-indeksiin. Mitä pienempi lopullinen riski-indeksiluku on, sitä

²⁴⁶ Karlsson, B. (2000) Fire Risk Index Method - Multistorey Apartment Buildings. Rapport. Frim-Mab. Version 1.2. Trätec. Institutet för Träteknisk Forskning: s. 7.

paloturvallisemmasta rakennuksesta on kyse.²⁴⁶ Kehitetyn menetelmän avulla tarkasteltiin neljän eri Pohjoismaan puukerrostalo-kohteen paloturvallisuutta. Kohteet olivat Casa Nova, Herningissä Tanskassa; Wälludden, Växjössä Ruotsissa; Einmoen Bodøssä Norjassa ja Viikin kohde Suomessa. Lisäksi vertailukohteiksi otettiin yksi tavanomainen viranomaismääräysten mukainen betonikerrostalokohde kustakin maasta. Lopputuloksena oli, että kunkin maan puukerrostalo-kohteet olivat riskianalyyssimenetelmän perusteella vastaavia betonikerrostaloja paloturvallisempia.²⁴⁷

Suomessa ympäristöministeriö asetti 17.1.2001 lausuntokierrokselle paloteknistä erityissuunnittelua käsittelevän opasehdotuksen, ”Paloturvallisuussuunnittelu, luonnos 15.1.2001”. Ohjeistus on tarkoitettu ensisijaisesti kuntien rakennusvalvonta- ja pelastusviranomaisten käyttöön. Ohjeella pyritään selvittämään toiminnallisen palomitoituksen perusteita siten, että rakennuksen paloturvallisuusvaatimukset voidaan RakMK E1:n rinnalla tai sijasta ”todentaa tapauskohtaisesti luotettavaksi osoitetulla tavalla”. Ehdotuksessa on kuvattu paloturvallisuussuunnittelun prosessia sekä esitelty suunnittelussa käytettäviä menetelmiä ja laskentamalleja.²⁴⁸ Tavanomaisten puukerrostalo-kohteiden suunnitteluun ja viranomaiskäytäntöihin opas on liian teoretisoiva, sekä sisältää paljon vaikeaselkoisia matemaattisia laskentamalleja. Nähtävästi toiminnallinen palomitoitustarkastelu vaatii sellaista ammattitaitoa, työtä, aikaa ja kustannuksia, jotka eivät tule kysymykseen normaalissa asuntotuotannossa – selkeämpi tie on noudattaa RakMK E1:n määräyksiä ja ohjeita. Esimerkkinä voidaan mainita hyväksyttävän riskin määrittelyn ja todentamisen vaikeus: ”Eurokoodien mitoitusperusteena on, että yksittäisen kantavan rakenteen sortuminen saa aiheuttaa rakennuksen elinaikana vakavan onnettomuuden korkeintaan todennäköisyydellä $7,25 \times 10^{-5}$. Tulipalon yhteydessä sattuvat onnettomuudet sisältyvät tämän todennäköisyyden piiriin, eikä erillistä arvoa pelkästään tulipalot huomioon ottavalle riskille ole annettu.”²⁴⁹ Paikallisille viranomaisille turvallisuusriskien arviointi on vaikeaa ja pitkälti omantunnon kysymys. Käytännössä toiminnallisen palomitoituksen vaatavuus johtaa siihen, että RakMK E1:n noudattaminen kummitelee koko ajan taustalla, vaikka kuinka oltaisiin muiden paloturvallisuusratkaisujen etsimisen ja todentamisen tiellä. Sama ongelma on ollut myös itse RakMK E1:n uudistamisessa: vanhoista määräyksistä ja niiden logiikasta on vaikeaa päästä eroon uusia määräyksiä kehitettäessä ja laadittaessa.

3.3.5 Tulipalon mallintamisen vaikeus

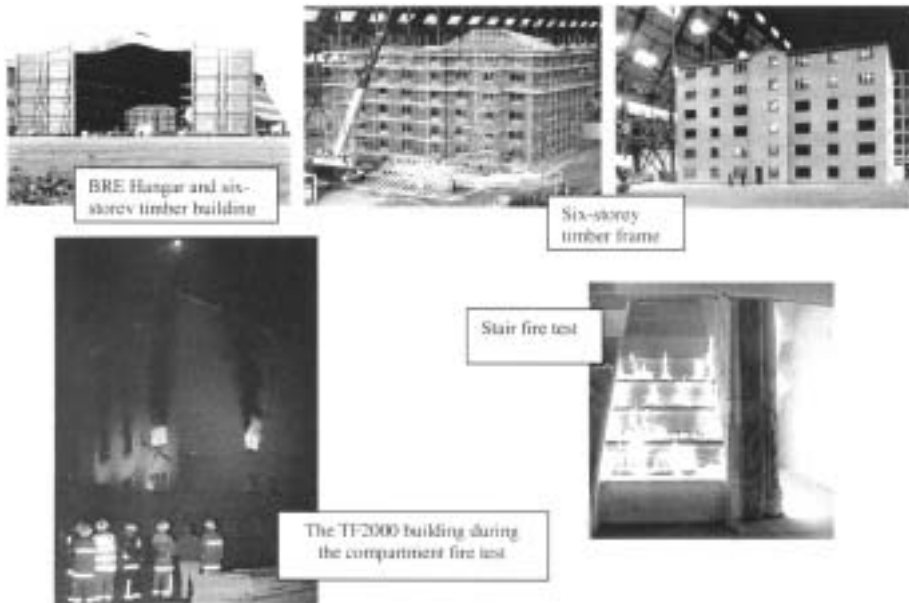
Lopullisten johtopäätösten tekeminen puukerrostalojen, kuten muidenkin rakennusten, paloteknisistä ratkaisuista ja paloturvallisuusriskistä on vaikeaa, koska todellisessa tulipalotilanteessa palon syttymiseen, kehittymiseen ja leviämiseen vaikuttavat ihmisten onnettomuustilannekäyttäytymisen lisäksi monet eri tekijät²⁵⁰. Tulipalon käyttäytymistä rakennuksissa voidaan simuloida erilaisten koetilanteiden avulla²⁵¹. Käytettävissä olevilla

²⁴⁷ Trätek (2000) Brandrisker i flervånings bostadshus - ny indexmetod. Nordic Wood, Trätek, Lunds universitet. Rapport 0009024.

²⁴⁸ Ympäristöministeriö (2001) Paloturvallisuussuunnittelu, luonnos 15.1.2001. (Asetettu lausuntokierrokselle 17.1.2001).

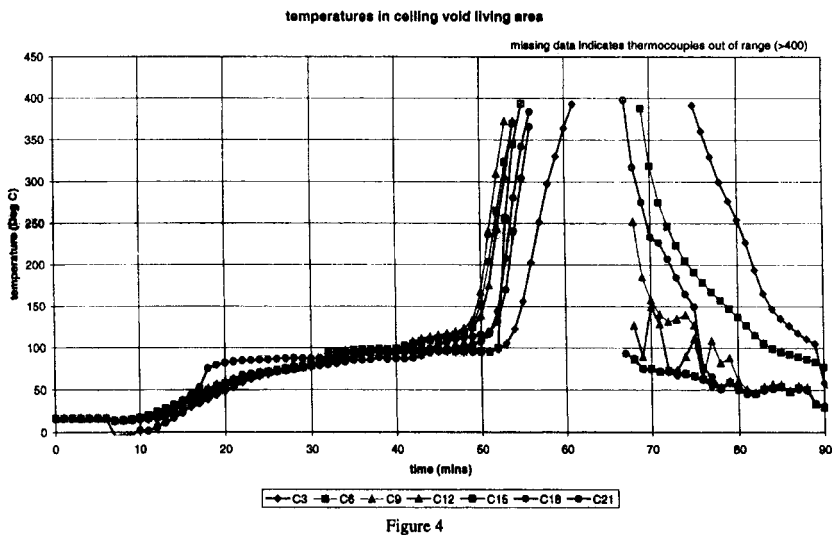
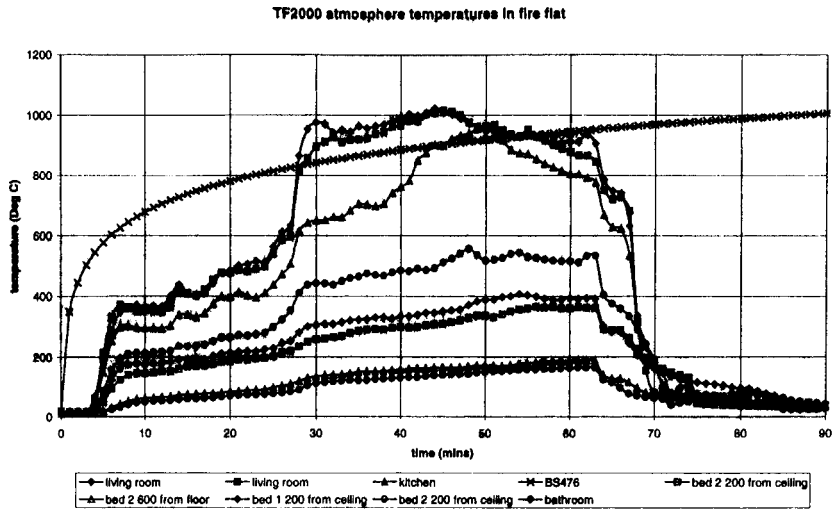
²⁴⁹ Ibid.: s. 17.

testimenetelmillä palon leviämisen mallintaminen on monitahoinen tehtävä. Vaikka polttokokeita suoritettaisiin missä tai miten tahansa, voidaan niitä kritisoida siitä, etteivät ne ota riittävästi huomioon kaikkia palotilanteeseen vaikuttavia muuttujia. Esimerkiksi puurakennusten julkisivupaloon vaikuttavista muuttujista voidaan mainita muun muassa alkupalon suuruus, ilman lämpötila, ilman kosteus, sateisuus, tuulen suunta, tuulen nopeus, julkisivuverhouksen puumateriaalin tiheys, kosteus ja ikä, julkisivuverhouksen paksuus ja pintakäsittely, tuuletusraon suuruus, tuulensuojamateriaali, seinän lämmöneristysmateriaali ym. Kaikkien palotilanteeseen vaikuttavien korrelaatioiden tutkiminen ei ole kuitenkaan mahdollista. Moneenkaan näistä mainituista muuttujista ei voida lopulta vaikuttaa tarkoituksenmukaisella tavalla viranomaismääräysten avulla.



Kuva 3.3.5.1 TF2000-projektiin liittyviä polttokokeita Cardingtonin lentokonehallissa Iso-Britanniassa.

²⁵⁰ VTT selvitti riskianalyttisillä menetelmillä (vikapuutekniikalla) onko mahdollista korvata betonirunkoisen ja osittain puujulkisivuisen Asunto Oy Kotkanpesän kevytsprinklerijärjestelmä automaattisella paloilmoinjärjestelmällä ilman, että kohteen kokonaispaloriski oleellisesti kasvaa. Todennäköisyyslaskelmien mukaan kohteessa sytty tulipalo, joka leviää makuuhuoneesta yläpuolella olevaan makuuhuoneeseen keskimäärin 57 000 vuoden välein mikäli rakennus on varustettu sprinklerilaitteistolla ja minkä lisäksi myös palokunta osallistuu sammuttamiseen. Mikäli palokunta ei osallistu sammuttamiseen, on edellä kuvatun tulipalon keskimääräinen toistumisväli 5 700 vuotta. Mikäli rakennus on varustettu automaattisella paloilmoinjärjestelmällä ja palokunta osallistuu sammuttamiseen, on tulipalon toistumisväli niin ikään 5 700 vuotta. Mikäli rakennuksessa ei ole sprinklereitä eikä paloilmioittimia ja palokunta ei osallistu sammuttamiseen, kyseinen palo esiintyy keskimäärin 1 100 vuoden välein. Lähde: VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka (2001) Tutkimuslaskelma nro RTE3060/01. 13.09.2001. Asunto Oy Kotkanpesän palotekninen arvio: s. 5, 11.



Kuva 3.3.5.2 Cardingtonin lentokonehallissa tehtyjen puukerrostalon huoneiston polttokokeiden lämpötiläkäyriä.

²⁵¹ Iso-Britanniassa Cardingtonin lentokonehalliin rakennetun kuusikerroksisen koepuukerrostalon kolmannessa kerroksessa tehtiin koko asuinhuoneiston laajuinen polttokoe 15.9.1999. Kokeen avulla tutkittiin puukerrostalohuoneiston palokäyttäytymistä ja kestävyyttä todellisessa tulipalotilanteessa. Kokeen perusteella voitiin päätellä, että puukerrostalon rakenteet täyttivät myös todellisessa tulipalotilanteessa ne 60 minuutin kestävyysvaatimukset, jotka oli testattu ja todennettu yksittäisten elementtien polttokokeilla. Tärkeää on estää palokatkojen avulla palon leviäminen puukerrostalon onkalorakenteissa. Lähde: Lennon, T., Bullock, M.J. & Enjily, V. (2000) Article: The fire resistance of medium-rise timber frame buildings. In: World Conference on Timber Engineering. Whistler Resort, British Columbia, Canada. July 31 - August 3, 2000. Book of Abstracts.

3.3.6 Puukerrostaloalueen paloturvallisuusnäkökohtia

Puukerrostaloja ja uusia puumiljöitä (esimerkiksi Moderni puukaupunki -osahankkeet) suunniteltaessa on tullut jatkuvasti esiin kysymys alueellisesta paloturvallisuudesta. Taustalla on kuulustanut pelko vanhoista puukaupunkipaloista. Puukerrostaloja ja tiiviitä puumiljöökohteita suunniteltaessa on ilmennyt, että lähekkäin (< 8 m) sijoitettavat puujulkisivuiset rakennukset vaatisivat valtakunnallisesti nykyistä yhtenäisempiä käytännön pelisääntöjä. RakMK E1:ssä osastoivuus- ja pinta-alavaatimukset eivät anna riittävästi vastauksia alueelliseen paloturvallisuuteen. Lähekkäin rakennettaessa esimerkiksi kiinteistö-, tontti- ja hallintarajojen muutokset vaikuttavat paloturvallisuusnäkökohtiin, vaikka itse rakennukset pysyisivät muuttumattomina. Alueellisen paloturvallisuussuunnittelun kannalta RakMK E1:stä kuin myös sen sovellusasiakirjasta löytyy joitain keskeisiä ohjeita, joita käsitellään seuraavissa kappaleissa.

Suunnitteluratkaisujen avulla tulee mahdollistaa palokunnan riittävän tehokas toiminta palotilanteessa. Vuoden 1997 RakMK E1:ssä on kirjoitettu alueellisesta paloturvallisuudesta seuraavasti:

”Rakennusten välisen etäisyyden tulee olla sellainen, ettei palo leviä helposti naapurirakennuksiin ja aluepalon vaara jää vähäiseksi. Jos rakennusten välinen etäisyys on alle 8 metriä, tulee rakenteellisin tai muin keinoin huolehtia palon leviämisen rajoittamisesta.”

”Vesikaterakenteen tulee olla sellainen, ettei se syty helposti naapurirakennuksen palosta”.

Rakennusten välisten suojaetäisyyksien määrittelyssä ovat muodostuneet ongelmalliseksi sellaiset rakennukset, jotka koostuvat monesta erillisestä rakennusmassasta. Tällaisiin tilanteisiin löytyy vuoden 1997 RakMK E1:stä seuraava ohje:

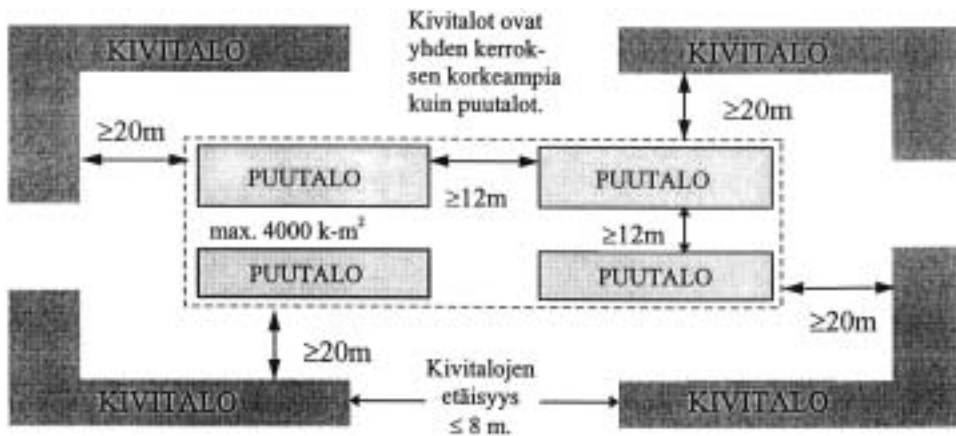
”Samalla tontilla tai rakennuspaikalla olevia rakennuksia voidaan paloteknisessä mielessä pitää yhtenä rakennuksena, jolloin tavanomainen osastointi on riittävä, mikäli rakennukset kuuluvat samaan paloluokkaan ja muodostuva kokonaisuus alittaa tämän paloluokan yhdelle rakennukselle asettamat kerrosala- ja henkilömäärärajoitukset”.

”Käytettäessä ulkoseinää osastoivana seinänä otetaan huomioon sen epäsymmetrinen rakenne sekä lämpösäteilyn ja mahdollisten ikkuna-aukkojen vaikutus”.

Palonkehitystä laskettaessa otetaan huomioon myös palokuorman sijainti, palamisnopeus ja palamisominaisuudet. Vuoden 1997 RakMK E1:ssä rakennusten palokuorma määritellään ensi sijassa kunkin palo-osaston käyttötavan perusteella. Palokuorma voidaan myös määrittää luotettavan arvion perusteella tai laskemalla.

Normaalit asuintilat luokitellaan palokuormaryhmään, jonka palokuorma on alle 600 MJ/m². Tähän ryhmään saa sijoittaa myös tiloja, joiden palokuorman määrä on yli 600 MJ/m², mikäli nämä tilat varustetaan automaattisella sammutuslaitteistolla.

P2-luokan 3- ja 4-kerroksisille puukerrostaloille ei ole asetettu kerrosala- ja henkilömäärärajoitusta vuoden 1997 EI:ssä, joten niiden enimmäiskokoa ei ole määritelty. Alueellisen paloturvallisuuden kannalta on kuitenkin järkevää rakentaa laajempi puukerrostaloalue niin kutsuttua avointa rakennustapaa käyttäen, jolloin erillisten asuinrakennusten välisenä vähimmäismittana voitaneen pitää 8:aa metriä. Mikäli jostain syystä tämä mitta joudutaan alittamaan, on kiinnitettävä huomiota palokunnan toimintamahdollisuuksiin sekä vältettävä sijoittamista lähemmäksi oleviin ulkoseiniin ikkuna-aukkoja, tuuletusluukkuja, jäte- ja autokatoksia ym., jotka voivat edistää palon leviämistä palo-osastosta toiseen. Yksikerroksisia pienehköjä varastoja, pyöräkatoksia, seinäkkeitä, pergoloita, säleikköjä ja aitauksia ym. voidaan kuitenkin sijoittaa asuinrakennuksia 8:aa metriä lähemmäksi. Vähäisen palokuorman vuoksi tällaisten pienimittakaavaisten rakennusmassojen ja -osien sijoittamista alle 8 metrin läheisyyteen asuinrakennuksista ei voitane pitää merkittävänä turvallisuusriskinä, mikäli palokunnan toiminta otetaan riittävästi huomioon.²⁵² Lähemmäksi olevissa rakennusmassoissa on tarkoituksenmukaista käyttää K1-luokan katteita, jotka eivät syty ja jotka suojaavat alustaansa syttymiseltä. Tällaisia katemateriaaleja ovat esimerkiksi tiili- ja peltikatteen.



Kuva 3.3.5.3 Hätävarjelun liioittelua? Nina Pielan havainnollistava kuva puukerrostaloalueiden suojaetäisyyksistä.

²⁵² Puukerrostaloalueen paloturvallisuudesta on puurakentamisen kehittämisen ajalla esitetty myös hyvin kriittisiä näkemyksiä. Esimerkiksi Nina Piela on professori Pekka Kanervan valvomassa ja DI Juha-Pekka Laaksosen ohjaamassa diplomityössään esittänyt, että 3- ja 4-kerroksisten puukerrostalojen välisen turvaetäisyyden tulisi olla vähintään 45 metriä. Pielan mukaan on olemassa riski puukerrostalojen joutumisesta tuhopolttojen kohteeksi, jolloin rakennettaessa puukerrostaloja aluepaloriski lisääntyy. Diplomityö: Piela, N. (1997) Aluepalon estäminen puukerrostaloalueella. Teknillinen korkeakoulu. Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan osasto, Talonrakennustekniikka, Palo- ja turvallisuustekniikka. 12.12.1997.

Myös suomalaisten puukaupunkipalojen tarkastelu osoittaa, että katemateriaalilla on ollut oleellinen merkitys puualueiden paloturvallisuuteen. 1800-luvulla malka-, turve-, päre- ja lautakatot olivat yleisiä kaupungeissa, jolloin kaupunkipalot pääsivät leviämään tuulisella säällä katolta katolle kuivana vuodenaikana (toukokuu - syyskuu), koska vesikatot olivat kuivia ja niissä ei ollut paloa hidastavaa lumikerrosta.²⁵³ Tulipalon riskiä lisäsi myös se, että rakennukset olivat tavallisesti puulämmitteisiä, jolloin halkoja varastoitiin tonteille. Lisäksi palosuojeluvälineet kuin -organisaatiotkin olivat puutteellisia.²⁵⁴

Palokunnan sammutus- ja pelastustöitä varten on tonteille varattava riittävät pelastustiet. Paloautojen kulkuteiden vähimmäisleveys on 3,5 metriä ja -korkeus 4,0 metriä. Paloautojen kääntösäde on 12 metriä. Tikasauton paino on noin 32 tonnia ja sammutusauton noin 22 tonnia, minkä vuoksi pelastusteiden kantavuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota.²⁵⁵ Sammutusautojen letkupituus ei ole rajoittava tekijä, joten ajoteiden ei tarvitse välttämättä kulkea rakennusten ympäri. Sammutustilanteessa tarvitaan kuitenkin usein savupuhaltimia ym. suhteellisen painavaa kalustoa, minkä vuoksi paloautojen on aina päästävä riittävän lähelle rakennusten kaikkia julkisivuja.

Normaalin tikasauton enimmäismitat ovat seuraavat: leveys 2,6 m, korkeus 3,8 m ja pituus 14,5 m²⁵⁶. Tikasauton pääsy ajokelpoista tietä pitkin toimimaan 3- ja 4-kerroksisten asuinrakennusten parveke- ja ikkunajulkisivuille on aina mahdollistettava. Tikasauton ulottuvuus on 24 metriä, kun tikkaiden yläpää on 15 metrin korkeudella. 3- ja 4-kerroksisen rakennuksen ympärillä oleva pelastustie voi täten sijaita noin 20 - 25 metrin päässä rakennuksesta, jos tikasauto pääsee toimimaan esteettä eivätkä esimerkiksi puut, sähkölinjat tms. ole esteinä. Mikäli tikasauton toiminnalle jää vähäisiä katvealueita, tällaisten asuntojen hätäpoistumismahdollisuudesta on huolehdittava erityisjärjestelyin, esimerkiksi parvekkeelle sijoitettavien alaslaukaistavien tai kiinteiden tikkaiden avulla.²⁵⁷

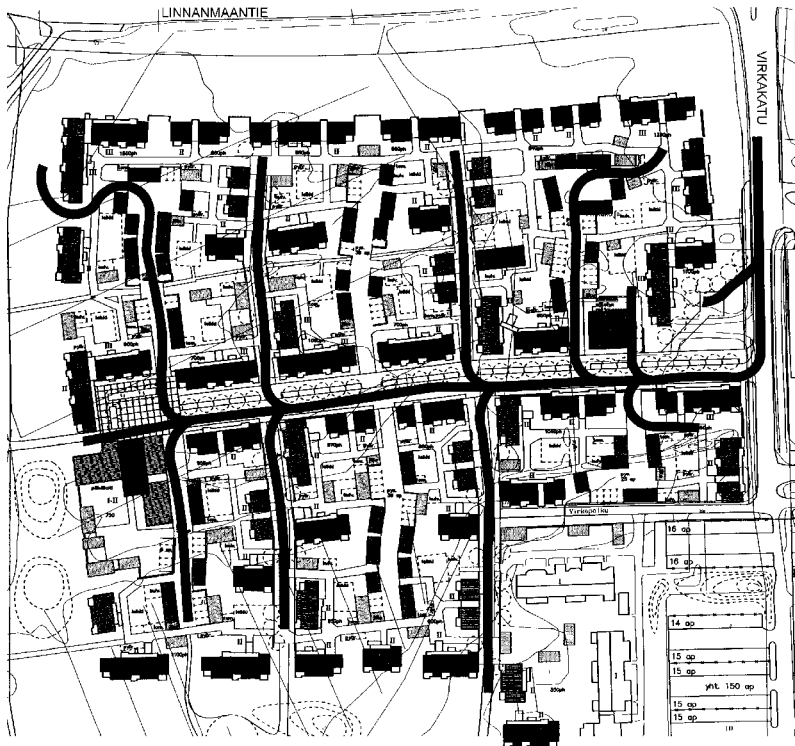
²⁵³ Suikkari, R. (1999) Suomalainen puukaupunkiperinne -artikkeli kokoomateoksessa Puuarkkitehtuuri, puukaupungit (toim. Karjalainen, M.). Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio. Oulun yliopistopaino, Oulu: s.17.

²⁵⁴ Suikkari, R. (2001) Suomen puukaupunkipalot - menneisyyden peikko vai tulevaisuuden uhka? Palotutkimusraati, paloalan tutkimuksen kehittämisorganisaatio. Palotutkimuksen päivät Espoossa 22. - 23.8.2001.

²⁵⁵ Ympäristöopas 39 (1998), op.cit.: s. 136 - 137.

²⁵⁶ Ibid.

²⁵⁷ Lähde: Johtava palotarkastaja Tuomo Kukkonen, Oulun palo- ja pelastuslaitos. Haastattelu 19.1.2000 ja puhelinhaastattelu 10.4.2000.



Kuva 3.3.5.4 Oulun Puu-Linnanmaan alueen pelastusreitit. On varmistettu että tikasauto pääsee kaikkien kolmikerroksisten rakennusten parvekejulkisivuille.

3.4 Ulko- ja väliseinien palotekniset kysymykset

3.4.1 Yleiset vaatimukset

Suomalaisten 3- ja 4-kerroksisten puukerrostalojen kantavalta rungolta edellytetään vuoden 1997 RakMK E1:ssä R 60 -luokan palonkestävyyttä. Asunnot on osastoitava toisistaan EI 60 -rakentein. Näiden vaatimusten mukaan kantavien ulkoseinien, välipohjien, huoneistojen välisten seinien sekä yläpohjan kantavien ja osastoivien rakenteiden on kestävä sisäpuolista paloa 60 minuuttia. Ei-kantavien ulkoseinien on kestävä paloa 30 minuuttia. Sisäpuoliset pintaverhoukset, vähäisiä poikkeuksia lukuun ottamatta, sekä ulkoseinän tuuletusrakoon avautuvat verhoukset on tehtävä syttymisherkkyyss- ja palonlevittämisominaisuuksiltaan I/I-luokkaisista materiaaleista. Sisäpuolisen palon leviäminen on estettävä lisäksi automaattisen sammutusjärjestelmän avulla. Vaaditulla kevytsprinklerijärjestelmällä on tarkoitus ehkäistä myös henkilö- ja omaisuusvahinkoja mahdollisessa tulipalotilanteessa.

Puurunkoisten ulkoseinien palonkestokyky voidaan varmistaa sisäpuolisilla levy-, koolaus- ja eristekerroksilla sekä runkopuutavaran paloteknisellä mitoituksella. Ulkoseinän sisäpinnan I/I-luokan pintakerrosvaatimus saadaan aikaan esimerkiksi kipsikartonki- tai kipsilastulevyllä. Suomalaisissa puukerrostalokohteissa on käytetty yleensä kipsikartonkilevyjä. Oulun ensimmäisessä puukerrostalossa osa sisäseinistä verhottiin poikkeusluvalla koivuviilutetuilla lakatuilla vanerilevyillä, ja erityisesti nämä seinät viehättivät asukkaita. Ulkoseinien palonkesto voidaan saada aikaan myös ristirunkoista seinää käyttäen siten, että koolaus on kantavan rungon sisäpinnassa. Tällöin sekä koolauskerrokseen asennettava lämmöneristekerros että seinälevytys saadaan suojaamaan pystyrunkoa palolta, jolloin riittävä palonkestävyys voidaan saavuttaa yksinkertaisella sisäpuolen seinälevytyksellä. Lisäksi seinärunkotila on katkaistava kerroksittain seinän sisäisen hormivaikutuksen estämiseksi ja paloturvallisuuden lisäämiseksi. Platform-puukerrostalossa seinärunko katkeaa automaattisesti välipohjatason kohdalla.²⁵⁸ Vuoden 1997 RakMK E1:n mukaan puukuituvillan (selluvillan) käyttö ei ole virallisesti mahdollista 3- ja 4-kerroksisten asuin- ja työpaikkarakennusten lämmöneristysmateriaalina, koska markkinoilla olevat puukuitueristeet eivät täytä lähes palamattoman eristeen vaatimuksia (= luovuttaa palotestissä lämpöä enemmän kuin 4 MJ/kg). Tämä lähes palamattomuus testataan niin kutsutulla lämpöarvomenetelmällä (prENISO 176)²⁵⁹. Tähänastisissa puukerrostaloissa on käytetty yleensä lasi- ja kivivillaeristeitä. Muutamissa kohteissa (Oulu, Tuusula, Porvoo, Lahti ja Naantali) on käytetty poikkeusluvalla myös puukuitueristeitä. Nykyisin puukuitueristettä on saatavissa niin puhallettavassa, ruiskutettavassa kuin levymäisessäkin muodossa. Suoritetuissa palotesteissä selluvillaeristeiden seinärakenteiden on kuitenkin todettu täyttävän sekä R 60 -kantavuuden että EI 60 -osastoivuuden vaatimukset. Tämän vuoksi niiden käyttökieltoa puukerrostalokohteissa on kritisoitu.²⁶⁰

Ulkoseinän tuuletusraon puoleiselle pinnalle on vuoden 1997 palomääräyksissä asetettu I/I-pintakerrosvaatimus. Tämä voidaan saavuttaa esimerkiksi 9 mm tuulensuojakipsikartonkilevytyksen avulla. Palomääräystemme mukaan palon leviäminen puuverhoillun ulkoseinän pinnassa ja tuuletusraossa on rajoitettava katkoin. Tähän on Suomen puukerrostalohankkeissa yleisesti tarjottu ratkaisuksi vaakasuuntaisia palokatkokoulokkaita, jotka on sijoitettu ulkoseinärakenteeseen kerroksittain välipohjien kohdille. Lisäksi palon pääsy ullakkotilaan tulee estää.²⁶¹ Puuverhoiltujen julkisivujen tuuletusrako tulisi tämän vuoksi erottaa ullakkotilasta ja kumpikin tila tulisi tuulettaa toisistaan täysin erillään. Tämä voidaan

²⁵⁸ Amerikkalaisessa puukerrostalorakentamisessa pidetään tärkeänä seinän runkotilassa ja välipohjaonkaloissa leviävän palon ehkäisemistä.

²⁵⁹ Mikkola, E. (1999), loc.cit.

²⁶⁰ Puukuitueristeisiä seiniä ja välipohjia koepoltettiin Termex-Eriste Oy:n tilauksesta vuonna 1995 VTT:n paloteknisessä laboratoriossa. Kokeissa puukuitueristeiset rakenteet täyttivät puukerrostalolta vaadittavat 60 minuutin palonkesto- ja osastoivuusvaatimukset. Lähteet: VTT Rakennustekniikka, testausseleste nro RTE 11135/95 (26.1.1996). Kuormitetun, osastoivan seinän palonkestävyyskoe standardin SFS 4193 mukaan. Koepäivä 20.9.1995. sekä: VTT Rakennustekniikka, testausseleste Nro RTE 11083/95 (13.11.1995), välipohjarakenteen polttokoe 13.9.1995.

²⁶¹ VTT on ollut Suomesta mukana yhteispohjoismaisen Nordic Wood -tutkimushankkeen Brandsäkra Trähus -projektissa. VTT:n suorittamalla puujulkisivujen polttokokeilla haluttiin tukea maamme RakMK E1:n uudistustyötä. Tutkimuksessa tehtiin puujulkisivujen polttokokeita eri materiaaleille, pintakäsittelyille ja rakenteille keskisuudessa ja suuressa mittakaavassa. Kokeissa havaittiin palonsuojakäsittelyn hidastavan merkittävästi liekin leviämistä puujulkisivun pinnalla. Liekkirintaman ete-

saada aikaan esimerkiksi rakennuksen massoittelun avulla tai tekemällä räystäät tiiviiksi ja tuulettamalla ullakotilat vesikatolle sijoitettavien tuuletuspiippujen avulla. Vuoden 1997 RakMK E1:n mukaan ulkoseinän ja yläpohjan tuuletusraot voidaan katsoa toisistaan erotetuksi, jos niiden välinen etäisyys sivuttaissuunnassa on vähintään yksi metri. Myös räystään ontelot on katkaistava. Kaikissa palokatkoratkaisuissa on tärkeää ottaa huomioon, että seinä- ja yläpohjarakenteet pääsevät tuulettumaan riittävästi.

Vuoden 1997 RakMK E1:ssä P2-luokan puukerrostalojen kantavia rakenteita, pintamateriaaleja, lämmöneristeitä ja paloturvallisuuslaitteita koskevat vaatimukset ovat selkeitä. Sen sijaan julkisivupaloa koskevat säädökset erityisesti palokatkovaatimuksen osalta ovat olleet suomalaisten puukerrostalojen koerakentamisajalla varsin epämääräisiä. Niin RakMK E1 kuin sen soveltamisohjekaani (Ympäristöopas 39/1998) eivät ota yksiselitteistä kantaa puukerrostalojen konkreettisiin ratkaisuihin, jotka koskevat julkisivupalon leviämistä ja ullakolle tunkeutumista. Asia on ajautunut puukerrostalojen koerakennusajalla osapuolelta toiselle mietittäväksi ja ratkaistavaksi, mikä on saattanut maamme kuntien rakennusvalvonta- ja paloviranomaisia hämilleen. Hyväksytyjen ratkaisumallien valikoima on näin päässyt muodostumaan kirjavaksi. Tämä ei ole ollut puukerrostaloerakentamisen yleistymismahdollisuuksien kannalta ainakaan eduksi.²⁶²

nemistä ei tällä keinolla voitu kuitenkaan pysäyttää. Tehokkaimmaksi tavaksi estää julkisivupalon leviäminen todettiin julkisivun profiilin muotoilu, kuten rakentamalla julkisivuun erkereitä (lev. 300 mm) tai ulokkeita (lev. 200 mm). Lisäksi todettiin, että tuuletusraon katkaiseminen räystään alta on olennaista pyrittäessä estämään palon leviäminen julkisivun pinnasta rakennuksen ullakolle. Lähde: Hakkarainen, T., Oksanen, T. & Mikkola, E. (1996) Puujulkisivujen paloturvallisuus sprinklatuissa kerrostaloissa. VTT Tiedotteita n:o 1736. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Espoo: s. 3, 28.

²⁶² Suomen ensimmäisten, eli Ylöjärven, puukerrostalojen paloteknisten ratkaisujen päätöksentekoa varten tilattiin esitys Palotekninen Insinööritoimisto Markku Kauriala Oy:ltä, sillä suomalaisten puukerrostalojen palotekniset vaatimukset ja ratkaisut olivat vasta muotoutumassa. Selvityksen avulla haluttiin tuoda esille näkökohtia vesisammutus- ja palovaroitinjärjestelmän, yläpohjan ja ullakon tuuletuksen toteuttamisen sekä 3-kerroksisten puurakennuksen 1. kerroksen julkisivumateriaalin luokan osalta. Markku Kaurialan toimisto päätyi palosimulointien, laskelmien, tutkimustulosten, selvitysten ja asiantuntijalausuntojen perusteella esitykseen, että puukerrostaloissa a) vesisammutuksen sijasta käytetään automaattista talokohtaista palovaroitinjärjestelmää; b) ullakon tai yläpohjan tuulettaminen suunnitellaan siten, ettei palon leviäminen sinne ole mahdollista palotilanteessa (käytetään ratkaisuna palotilanteessa sulkeutuvia palokatkoja ja palopeltejä, ”flame trap”) ja c) 1. kerroksen julkisivun materiaaliksi sallitaan puuverhous myös 3-kerroksisessa osassa. Lähde: Palotekninen Insinööritoimisto Markku Kauriala Oy (1995) Esitys Ylöjärven puukerrostalon paloteknisistä ratkaisuisista. Espoo, 26.7.1995.



Kuva 3.4.1.1 As Oy Lahden Pinjan puujulkisivuissa on leveät palokatko-
ulokkeet.



Kuva 3.4.1.2 Oulun Kiinteistö Oy Puukotkä on toteutettu ilman näkyviä palokatko-
ulokkeita.

Vuoden 1997 RakMK E1:n kohdan 8.3.5 vaatimukseen ”*palon leviäminen ulkoseinän pinnassa ja tuuletusraossa on rajoitettava katkoin*” sekä kohdan 7.6.1 ohjeeseen: ”*P2-luokan 3 - 4 -kerroksisessa rakennuksessa ulkonevat räystäät rakennetaan yleensä tiiviiksi...*” on Suomessa toteutetuissa puukerrostaloissa esitetty useita ratkaisuja. Vaatimukset ja ohjeet on täytetty:

- tekemällä julkisivuihin 70 - 200 mm leveitä ulokkeita puusta tai erivahvaisista pelleistä (Ylöjärvi, Viikki, Tuusula, Raisio, Lahti, Porvoo)
- kaistoittamalla julkisivuverhouksen taustan tuuletusrakoa sivuttais- ja pystysuunnassa (Oulu, Naantali)
- osittain käyttämällä palamattomia julkisivuverhouksia (Ylöjärvi, Viikki, Raisio, Lahti, Porvoo, Naantali)
- estämällä palon ulla kelle leviäminen palopeltiventtiileiden avulla (Ylöjärvi, Viikki), tuuletusrakoa tukkimalla, ullakon vastaista ulkoseinää osastoimalla (Oulu), vesikattoa porrastamalla, räystäään tuuletuksen erikoisjärjestelyillä (Oulu) ja vesikatton tuuletuspiipuilla (Ylöjärvi, Viikki).

Huoneistojen väliset seinät

3- ja 4-kerroksisen puukerrostalon huoneistojen väliset osastoivat seinät on tehtävä palonkestävyydeltään EI 60 -luokkaan. Huoneistojen väliset seinät voivat olla kantavia tai

ei-kantavia ja runkoa jäykistäviä tai ei-jäykistäviä rakenteita. Jos ne ovat kantavia tai jäykistäviä tai molempia, niille on tehtävä rakenne- ja palotekninen mitoitus. Seinien palomitoituksissa oletetaan, että palo kohdistuu vain yhteen huoneistoon kerrallaan. Tällöin huoneistojen väliset kaksoisrunkoiset seinät voidaan suunnitella toimivaksi palotilanteessa siten, että palolle altistumaton seinän puolisko toimii rungon kantavana osana ja palossa runkoa jäykistävänä rakenteena (R 60). Palon puoleisen jäykistävän levyn tuhoutuessa välipohjien on siirrettävä vaakakuormat seinän toiselle runkopuoliskolle. Rungon pystytysvaiheessa jäykistyslevynä on syytä käyttää vaneria sen hyvän säänkestävyyden vuoksi. Vesikaton valmistumisen jälkeen vastaavina jäykistyslevyinä voidaan käyttää hinnaltaan edullisempia levyjä, esimerkiksi lastulevyä. Vuoden 1997 RakMK E1:n mukaan sisäpuolisilta verhouksilta edellytetään yleensä 1/I-luokan pintakerrosvaatimusta, jolloin on käytettävä kipsikartonkilevyä tai vastaavaa rakennuslevyä. Palomääräykset sallivat kuitenkin vähäisiä osia seinäpinnoista verhottavan 2/- -luokan rakennustarvikkeilla, joten puuaineisten rakennustarvikkeidenkin käyttö on ollut rajoitetusti mahdollista seinien sisäpuolisena pintamateriaalina. Yleiseurooppalaisissa palomääräyksissä tullaan sallimaan myös B- ja C-luokan puutuotteet, kuten esimerkiksi vaneri-, lastu- tai kipsilastulevyt. Suomen puukerrostalojen koerakennusajan kokemusten perusteella voidaan todeta, että vuoden 1997 RakMK E1:n mukaisesta puun sisäpuolisen käytön ”vähäisiä osia” -tulkinnasta on syytä neuvotella aina etukäteen paikallisten palo- ja rakennusvalvontaviranomaisten kanssa.

3.4.2 Puujulkisivujen polttokoesarja Kuopion Pelastusopistolla

Vuonna 1998 suoritettiin puujulkisivujen polttokoesarja Kuopion Pelastusopiston harjoitusalueella.²⁶³ Tässä luvussa käsitellään polttokokeista tehtyjä johtopäätöksiä. Polttokokeiden tarkempi kuvaus on liitteenä (Liite 1.).

²⁶³Vuonna 1998 Kuopion pelastusopiston päällystökurssi 5:n kaksi oppilasta, rakennusmestari Risto Taskinen ja rakennusinsinööri Juhani Voutilainen, ottivat yhteyttä Oulun yliopiston arkkitehtuurin osaston Puustudioon, koska he olivat kiinnostuneet Ouluun toteutetusta ja toteutettavista puukerrostalo-kohteista ja niissä käytetyistä julkisivuratkaisuista. Yhteydenotossaan he tähdensivät, että päällystökursilla opiskellaan nykyisin maamme korkein paloalan tutkinto. He olivat saaneet rakennusalan koulutuksen ja kiinnostuneet puukerrostaloista. Palomääräysten tulevana tulkitsijoina he olivat päätyneet tekemään opintojensa lopputyön puukerrostalojen palokatkoista. He pyysivät lopputyöhönsä Oulun Puustudiolta asiantuntija-apua puukerrostalojen julkisivupaloasioiden nykyisten ongelma-alueiden kartoittamiseksi ja sekä toteutettujen että mahdollisten uusien palokatkoratkaisujen testaamiseksi. Oulun Puustudiolla todettiin tällainen palokatkotutkimus ajankohtaiseksi ja tarpeelliseksi ja nähtiin sen myös palvelevan valtakunnallista *Moderni puukaupunki* -hanketta. Arkkitehti Markku Karjalainen ideoi yhteistyössä Risto Taskisen ja Juhani Voutilaisen kanssa testattavat rakenteet. Risto Taskinen ja Juhani Voutilainen hoitivat polttokokeiden käytännön järjestelyt yhteistyössä Pelastusopiston henkilökunnan kanssa. Lopputyö: Taskinen, R. & Voutilainen, J. (1998) Ulkoverhouksen palokatkot P2-luokan puukerrostaloissa. Opinnäytetyö. Pelastusopisto, Päällystökurssi 5. Kuopio 4.12.1998.



Kuva 3.4.2.1 Puujulkisivujen palokatkopolttokokeita Kuopion Pelastusopistolla vuonna 1998.



Kuva 3.4.2.2 Tulipalo kiersi lopulta puisen palokatkokouloksen takakautta, kun seinän tuulensuojalevy paloi puhki.

Suoritetun puujulkisivupolttoesarjan perusteella havaittiin ja pääteltiin seuraavat seikat:

Ulkoseinän alaosasta sytytetty pienehkö julkisivupalo pyrki leviämään erityisesti julkisivuverhouksen takana tuuletusraossa eikä julkisivupinnassa. Palo levisi pystysuunnassa vain siinä tuuletusrakokaistassa, joka sytytettiin. Palo ei levinnyt sivuttaissuunnassa pystysuuntaisten koolauslautojen tai -katkojen yli, vaikka sivulta hieman tuulikin. Palavat tuulensuojaverhoukset (puukuitulevy, vaneri) edistivät merkittävästi julkisivupalon voimakkuutta ja nopeutta. Tämän vuoksi palavia tarvikkeita ei tulisi sallia P2-luokan

puukerrostalojen tuulensuojamateriaaliksi. Lisäksi oli nähtävissä, että tuuletusraossa etenevä palo kiertää palokatkot takakautta, jos tuulensuojalevy on palava. Pelkät puiset palokatkoulokkeet lisäävät palokuormaa ja edistävät palon leviämistä palokatkon yli tai takakautta, etenkin jos tuulensuojalevy on palava.

Liekit kiersivät 100 - 150 mm:n levyiset palokatkoulokkeet noin 20 - 25 minuutissa. Alle 100 mm:n ulokkeet eivät olleet riittäviä, ja ne jopa edistivät julkisivupalon leviämistä. Tämä johtui siitä, että tuuletusrakopalo sai lisähapetta palokatkon kohdalta eikä uloke ollut riittävä irrottamaan liekkejä seinäpinnasta. 200 - 300 mm:n levyiset paloulokkeet estävät hyvin palon leviämistä julkisivupinnassa, etenkin jos ne tehdään palamattomista tarvikkeista riittävän tukeviksi. Julkisivupaloa saatiin hidastettua näkyvien palokatkoulokkeiden sijasta tehokkaasti tuuletusilmarakoa sivuttaissuunnassa kaistoittamalla sekä pystysuunnassa kuristamalla esimerkiksi vaakasuuntaisten koolauspuiden tai teräsreikäpeltien avulla. Tärkeää on estää tuuletusraossa tapahtuva vapaa hormi-ilmio.



Kuva 3.4.2.3 Malmön Bo01-asuntomessualueen puukerrostaloissa on käytetty palokatkoina ulkoverhouksen tuuletusrakoon sijoitettuja teräsreikäpeltiprofiileja.

Hiilymämitoituksen (0,8 mm/min) mukaan räystäään alapuolisen 25 mm paksuisen pelkän umpilaudoituksen tulisi pidättää paloa noin 30 minuuttia. Polttokokeiden perusteella kuitenkin havaittiin, että todellisessa palotilanteessa palavan julkisivun kuumat savukaasut pääsevät vaikuttamaan pitkän ajan räystäään alapintaa vasten, jolloin räystäään alapinnan umpilaudoituksen yläpinta alkaa liekehtiä säteilylämmön vaikutuksesta hyvinkin nopeasti. Pelkkä umpilaudoitus ei ole räystäään alapinnassa riittävä, jos halutaan estää palon leviäminen räystäään kautta ullakolle. Esimerkiksi 9 mm:n paksuisella kipsikartonkilevyllä varmennettu umpiräystästä pidättelee paloa noin 30 minuuttia, mutta pelkkä umpilaudoitus vain vajaa 10 minuuttia. RakMK EI:n ohje: ”P2-luokan 3 - 4 -kerroksisessa rakennuksessa ulkonevat räystäät rakennetaan yleensä tiiviiksi...” ei ole riittävä. Räystäälle ja ullakon vastaiselle ulkoseinäosalle tulisi määritellä yhtenäisemmät ratkaisuperiaatteet, esimerkiksi antamalla niille EI 30 -osastoivuusvaatimus.

Julkisivun palokäyttäytymiseen vaikuttavat ulkoverhouksen, tuuletusraon ja tuulensuojamateriaalin lisäksi myös seinän runkotilassa käytettävä lämmöneristysmateriaali. Palavat puukuitueristeet ja lähes palamattomat lasivillalevyt palavat tai sulavat yllättävän nopeasti. Paloturvallisuuden kannalta palamattoman kivivillan käyttö seinän runkotilassa on suositeltavaa.

Yhtenäisiä puuritulöitä esimerkiksi luhtikäytävien avoimilla reunoilla ei ole tarkoituksenmukaista kieltää kokonaan, koska palon leviämiseen vaikuttavat oleellisesti säleikköpuiden koko ja niiden välinen keskinäinen etäisyys. Massiiviset ja harvat säleiköt syttyvät ja ylläpitävät paloa huonommin kuin tiheät ja pienistä rimoista kootut säleiköt.

3.4.3 Tulosten vertailu muihin julkisivujen polttokokeisiin

Puukerrostalojen paloturvallisuuteen on Pohjoismaissa suhtauduttu puurakentamisen kehitystyön kuluessa eri tavoin. Ruotsin uusissa puukerrostaloissa ei ole haluttu käyttää sprinklereitä, koska on tahdottu välttää mielikuva rakennusten puutteellisesta paloturvallisuudesta, jota on kompensoitava sammutusjärjestelmän avulla. Siksi ruotsalaiset ovat käyttäneet kohteissaan palamattomia rapattuja tai levyverhottuja julkisivuja. Tanskalaiset ovat käyttäneet sekä puisia että palamattomia julkisivuverhouksia. Sen sijaan suomalaisissa ja norjalaisissa puukerrostaloissa on yleensä suosittu puisia julkisivuja. Norjassa on katkeamaton suuren mittakaavan puujulkisivujen perinne. Suomessa on rakenteelliseen ja arkkitehtoniseen rehellisyyteen perustuen päädytty sellaiseen periaatteeseen, että puurunkoiseen taloon kuuluu puinen ulkoverhaus. Sprinklattujen rakennusten puujulkisivujen paloturvallisuutta pidetään ilmeisesti erityisenä ongelmana vain Suomessa. Esimerkiksi Yhdysvalloissa, Kanadassa ja Uudessa-Seelannissa puujulkisivuihin ei vaadita erillisiä palokatkoja, vaan siellä rakennusten paloturvallisuutta tarkastellaan kokonaisuutena.

Yhteispohjoismaiseen *Nordic Wood* -tutkimusohjelmaan liittyvässä *Brandsäkra Trähus*-tutkimushankkeessa on tutkittu puujulkisivujen käyttäytymistä ulkopuolisessa palossa. *Brandsäkra Trähus*-tutkimushanke keskittyi alkuvaiheessa ensisijaisesti sprinklaamattomiin puutaloihin. Sprinklattujen puukerrostalojen julkisivupalon kysymykset eivät olleet tutkimushankkeen ensimmäisessä vaiheessa keskeisellä sijalla.²⁶⁴

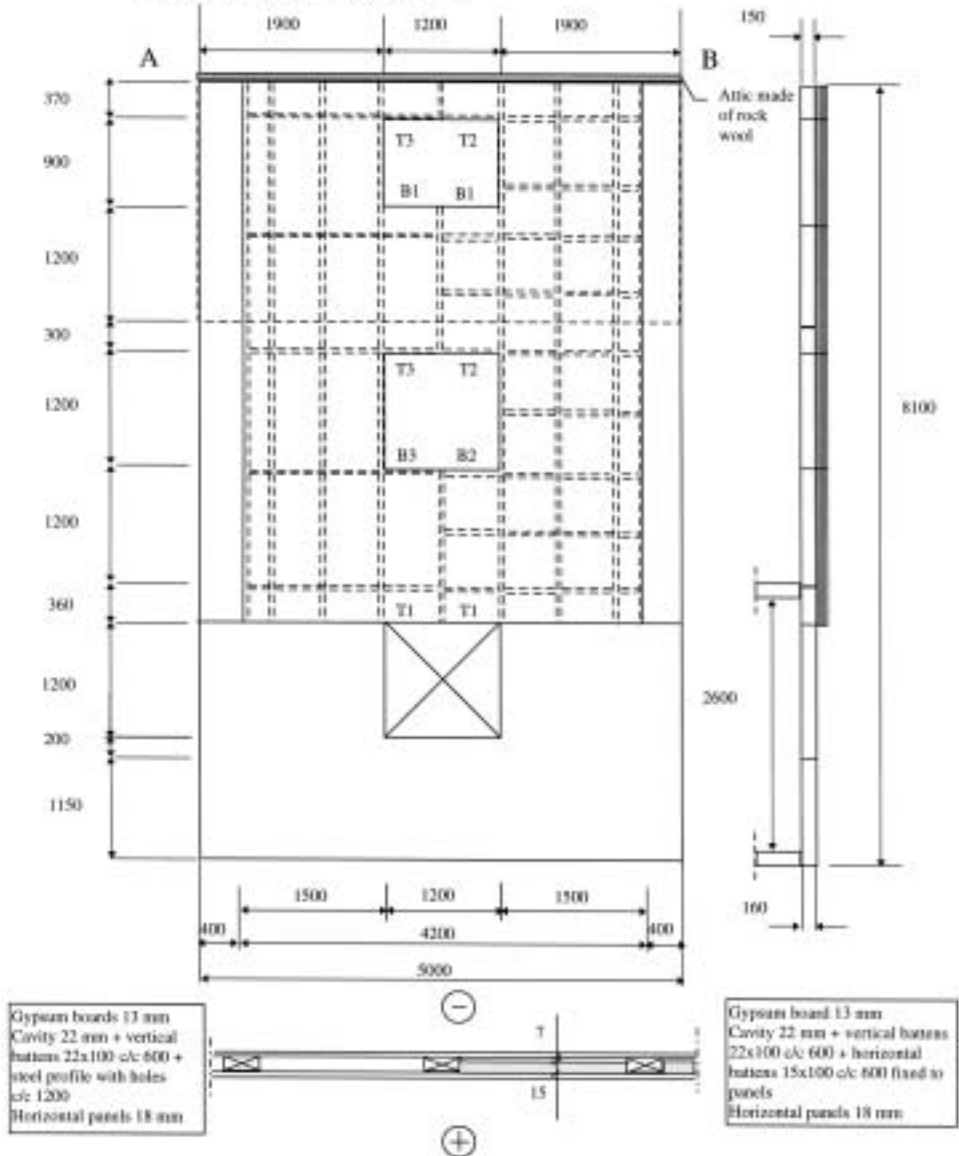
²⁶⁴ Nordic Wood (1999), loc.cit.

APPENDIX 1

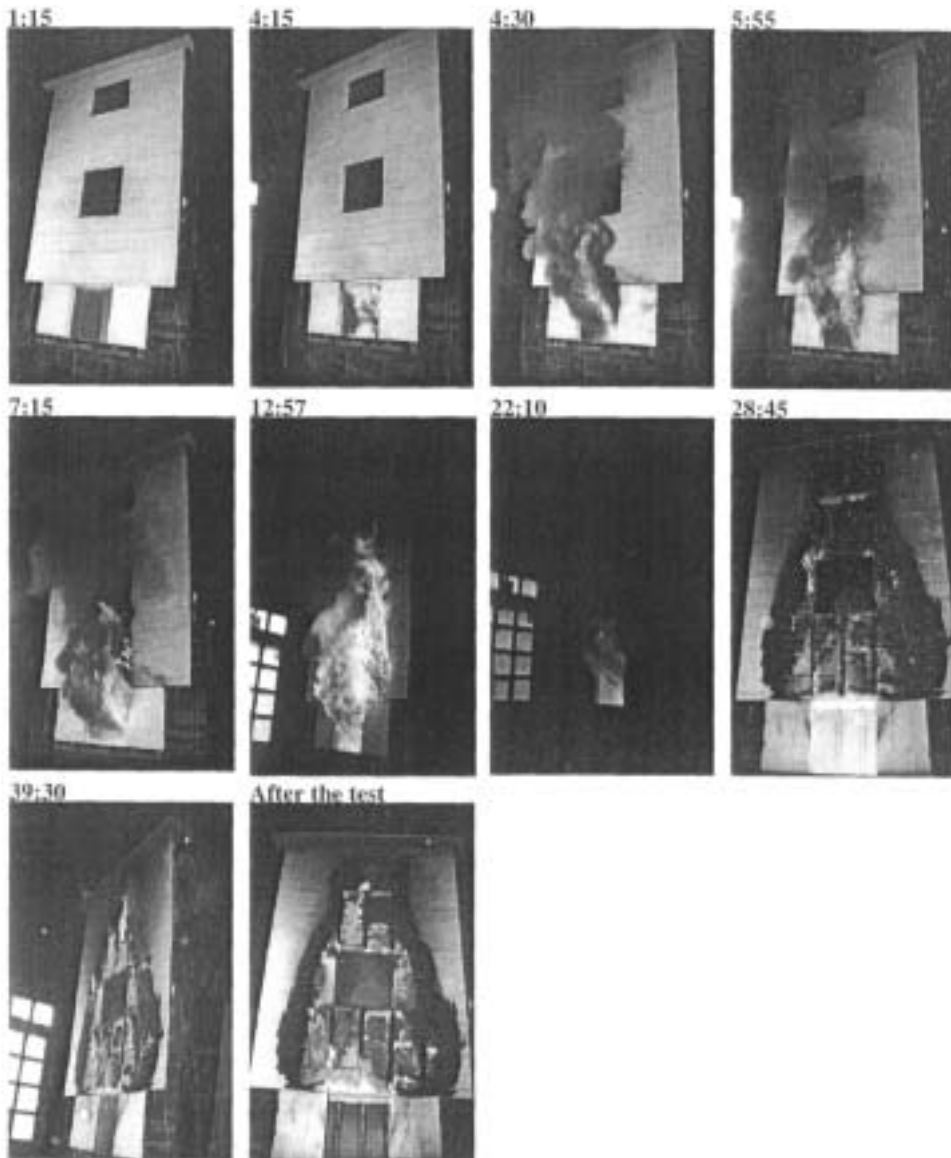
The structure of the facade

A = steel profile with holes in the cavity

B = battens fixed to panels in the cavity



Kuva 3.4.3.1 Puujulkisivun polttokoejärjestely VT:llä. A) Vasen reuna: julkisivuverhouksen taustan tuuletusraossa on teräsreikäpeltipalokatkot. B) Oikea reuna: julkisivuverhouksen taustan tuuletusraoa on kuristettu puukoolausten avulla.



Kuva 3.4.3.2 Puujulkisivun polttokoe VTT:llä. Tuuletusraon palokatkot näyttäisivät toimivan. Palo ei levinnyt 40 minuutin kokeen aikana räystäälle saakka.

Suomessa *Brandsäkra Trähus* -tutkimushankkeessa on ollut mukana VTT, joka on suorittanut yhteensä 22 keskiuuren ja 7 suuren mittakaavan puujulkisivun polttokoetta erilaisille materiaaleille, pintakäsittelyille ja rakenteille. Kokeissa on selvitetty puujulkisivujen syttymistä ulkopuolisella sytytyslähteellä ja liekin leviämistä puujulkisivun pinnalla. Lisäksi on mitattu palotehoa, lämpösäteilyn intensiteettiä sekä lämpötiloja koekappaleiden julkisivupinnalla ja tuuletusraossa. Näiden polttokokeiden tutkimusraportissa todetaan, että ”Julkisivurakenteen tuuletusraon katkaisulla ei havaittu olevan merkittävää vaikutusta

liekinleviämisenopeuteen julkisivun etupinnalla". Tässä on selvä ristiriita Kuopion Pelastusopistolla suoritettujen polttokokeiden tulosten kanssa, sillä Kuopion polttokokeissa seinän alaosa sytytetty pienehkö julkisivupalo eteni erityisen voimakkaasti nimenomaan ulkoverhouksen tuuletusraossa eikä julkisivupinnassa.²⁶⁵

VTT:llä suoritettuja puujulkisivujen polttokokeita voidaan toisaalta kritisoida siitä, ettei niissä ole otettu ulkoseinärakenteen kokonaisuutta huomioon, vaan kokeissa on tutkittu pelkästään palon leviämistä puu-ulkoverhouksessa. Lisäksi sisäpuolisen tulipalon simuloinnissa ei ole otettu huomioon sprinklauksen vaikutusta. VTT:n kokeiden perusteella on yleisesti esitetty Suomen puukerrostalojen kerroksittaisiksi palokatkoratkaisuiksi seinästä ulostyöntöviä palokatkokoulokkaita.

3.5 Väli-, ala- ja yläpohjien sekä uloskäytävien palotekniset kysymykset

Alapohjat ja kellarit

Maanvaraisissa alapohjissa ei ole paloteknisiä ongelmia. Mikäli alapohjaratkaisuna on rossilattia, alapohjan ryömintätila on järkevää suunnitella kuuluvaksi yläpuolisen huoneiston kanssa samaan palo-osastoon. Tällöin ryömintätila on osastoitava huoneistoittain REI 60 -rakentein siten, ettei palo pääse leviämään viereiseen huoneistoon ryömintätilan kautta. Yleensä huoneistojen välisten seinien alapuolinen perusmuuri hoitaa tämän. Osastoinnin kannalta huoneistojen välillä on edullista olla suoralinjainen. Osastoivat rakenteet eivät saa haitata ryömintätilan tuuletusta. Tuuletusongelmia saattaa tulla rakennuksen kulmissa olevien huoneistojen kohdalla. Jos käytetään pilariperustusta tai muusta syystä ryömintätilaa ei osastoida huoneistoittain, alapohjan palonkestävyys yläpuolista paloa vastaan tulee olla REI 60.

Vuoden 1997 E1:n mukaan kellarikerroksen kantavat rakenteet on tehtävä palamattomista tarvikkeista luokkaan R 120. Osastoivien rakenteiden on oltava luokkaa EI 120. Kellarin

²⁶⁵ Vertailutesti: VTT suoritti palolaboratoriossaan keväällä 1999 kolmikerroksisen seinän polttokokeen, jossa 5 m leveän ja 8,1 m korkean seinän alaosa (2 550 mm:n korkeuteen) oli julkisivultaan palamatonta materiaalia ja seinän yläosa vaakasuuntaista 18 mm:n paksuista kuusipaneelia. Koeseinässä oli kolme 1200 mm:n levyistä ikkuna-aukkoa. Koeseinän toisessa puoliskossa kuusipaneloinnin taustan tuuletusrako, 22 mm, oli kuristettu 1200 mm:n välein vaakasuuntaisiin teräsreikäprofileihin, joissa rei'ityksen osuus oli 30 %. Koeseinän toisessa puoliskossa kuusipaneloinnin tuuletusrako, 22 mm, oli kuristettu 600 mm:n välein 7 mm:iin paneloinnin taustapintaan kiinnitettyjen 15 x 100 -vaakalautojen avulla. Kokeessa mallinnettiin alimmassa kerroksessa alkanutta huoneistopaloa ja tutkittiin palon leviämistä ikkuna-aukon (1200 x 1200) kautta ylempiin kerroksiin. Reilun neljän minuutin kuluttua huoneistopalon syttymisestä palo levisi ulos ikkuna-aukosta. 40 minuutin kokeen aikana palo ei levinnyt koeseinässä räystäälle saakka. Palon käyttäytymisellä seinän vasemmalla ja oikealla puoliskolla ei ollut eroavaisuuksia. VTT ei ota raportissaan kantaa tuuletusraon ja sen rakenteen vaikutuksesta julkisivupalon rajoittamisesta. VTT Building Technology (1999) Fire Technology. Fire tests of a wooden facade and comparisons with earlier tests, Draft version. 3.6.1999.

seinien ja kattojen pintakerrosten luokkavaatimus on I/I. Lattioiden on oltava luokkaa L. Niinpä tähän saakka puuta ei ole voinut käyttää kellaritiloissa kantavana eikä pintoja muodostavana rakenteena. Tulevien yleiseurooppalaisten palomääräysten mukaan myös kellaritilojen seinä- ja kattopintojen verhouksissa voidaan käyttää B-luokan puutuotteita. Lattioissa voidaan käyttää B_{FL}-, C_{FL}- ja D_{FL}-luokan puutuotteita.

Välipohjat

P2-luokan 3- tai 4-kerroksisen puukerrostalon välipohjien on täytettävä REI 60 -palonkestävyysvaatimus. Lattian pintamateriaaleille ei ole palomääräyksissä esitetty erityisiä vaatimuksia, joten puuverhousten käyttö lattioissa on sallittu. Sen sijaan välipohjien alapuolisten pintojen on sauna- ja pesuhuonetiloja lukuun ottamatta täytettävä I/I-luokan vaatimukset. Näin ollen puukerrostalojen koerakennusajalla puuta on voinut käyttää kantavissa rakenteissa ja lattian pintamateriaalina, muttei kattopintojen verhouksmateriaalina muualla kuin saunoissa ja pesuhuoneissa. Ennakkotietojen mukaan yleiseurooppalaisissa palomääräyksissä B- ja C-luokan palonsuojakäsittelyn puun käyttö sisäpuolen näkyvänä pintamateriaalina on tulossa mahdolliseksi.

Välipohjien 60 minuutin palonkestoaika alapuolista paloa vastaan saavutetaan yleensä helposti, koska kantavan rakenteen alapuoliset pintarakenteet suojaavat kantavaa rakennetta palolta noin 30 minuuttia. Tällöin kantavan rakenteen alapinnan voidaan sallia hiiltävän noin 30 minuuttia. Esimerkiksi kaksinkertaisella 13 mm:n kipsikartonkilevytyksellä tai yksinkertaisella 15 mm:n palokipsikartonkilevyllä (GF 15) tai kipsilastulevyllä saavutetaan 30 minuutin palonkestoaika. Kaksinkertaisella levytyksellä saavutetaan palo- ja ääniteknisesti parempi (tiivimpi) ratkaisu. Hiiltäminen lasketaan vain palkkien alareunaa vasten kohtisuorassa suunnassa, jos palkkiväliin on asennettu palamaton lämmöneriste (esimerkiksi kivivilla) siten, että sen voidaan olettaa pysyvän paikoillaan palotilanteessa. Villalevyjen paikoillaan pysyminen voidaan varmistaa käyttämällä kannakkeiden alapuolella metallista jousirankaa tai erillisiä metallikiinnikkeitä tai -verkkoa. Mikäli välipohjien kannakkeina käytetään kevytuumaisia palkkeja, niiden uumat on suojattava palonsuojalevyin (esimerkiksi 15 mm:n kivivilla). Levyt on kiinnitettävä paikoilleen mekaanisilla palamattomilla kiinnikkeillä.

Yläpuolisessa palossa kantavan rakenteen yläpuolisten pintarakenteiden on suojattava kantavaa rakennetta täydet 60 minuuttia, koska kantavan rakenteen yläpinnassa oleva vaakasuora taso (vaneri-, lastulevy tai betoni) toimii palossa runkoa jäykistävänä vaakasuorana tasona eikä se saa tuhoutua koko vaadittavan palokestoajan kuluessa. Uiva lattiarakenne tai välipohjatason päälle valettava betonikerros tarjoaa yleensä riittävän palonsuojauksen kantavalle rakenteelle.

Ulkomaisissa puukerrostalokohteissa on välipohjien kantavina osina testattu myös syrjälantekniikalla koottuja massiivipuutasoja. Sveitsiläisen Julius Nattererin kehittämässä puu-betoni-liittolaatassa massiivipuutaso jää alapuolelle näkyväksi pinnaksi, jonka ulkonäköä voidaan varioida sekä akustisista että esteettisistä syistä. Tällaisen ratkaisun soveltaminen Suomen puukerrostalokohteissa ei ole tullut kysymykseen I/I-pintaverhouksvaatimuksen vuoksi. Yleiseurooppalaisten palomääräysten tullessa voimaan myös tällaisia välipohjaelementtiratkaisuja voidaan käyttää, jos esiin jäävä puupinta palonsuojakäsittellään B- tai C-luokkaiseksi. Ruotsalaiset ovat sen sijaan testanneet ratkaisua, jossa kantava syrjälantekniikalla koottu puutaso sijoitetaan välipohjan yläpintaan lattiapinnaksi ja kaikki riittävään palon- ja ääneneneristävyyteen tarvittavat rakennekerrokset sijoitetaan lankkutason

alapuolelle.²⁶⁶ Tässä ratkaisussa alapuoliset pintaverhoukset voidaan tehdä suoraan I/I-materiaalein. Lisäksi puu saadaan luontevasti näkyväksi lattiapinnaksi huoneiston sisälle. Tällaista ratkaisua kokeillaan myös Suomessa, Kokkolaan rakenteilla olevassa yhteispohjoismaisessa *Nordic Wood* -tutkimusohjelman massiivipuupilottiprojektissa.²⁶⁷

Yläpohjat

P2-luokan 3- tai 4-kerroksisen puukerrostalon yläpohjan kantavat rakenteet on tehtävä palonkestävyydeltään R 60 -luokkaisiksi. Lisäksi yläpohjien sisäpuolisten kattopintojen ja yläpohjan lämmöneristyksen yläpinnan on välipohjien tapaan täytettävä I/I-luokan pintakerrosvaatimukset. Ullakon ja yläpohjan ontelon palo-osaston pinta-ala saa olla enintään 1 600 m². Pelastus- ja sammuutustöiden helpottamiseksi on ullakot ja yläpohjan onkalot lisäksi jaettava enintään 400 m²:n osiin.

60 minuutin palonkestävyys sisäpuolista paloa vastaan saavutetaan yleensä yläpohjakannakkeiden alapuolisilla koolaus-, eriste- ja levykerroksilla sekä puukannakkeiden paloteknisellä mitoituksella puuosien hiiltymisnopeuksien perusteella. Yläpohjakannakkeiden alapuolelle koolausväleihin sijoitettavat eristelevyt on kiinnitettävä naulausvälikkeillä ja nauiloilla, jotta ne pysyvät paikoillaan myös mahdollisessa palotilanteessa. Yläpuolista paloa vastaan palomitoitus voidaan tehdä esimerkiksi siten, että kattoristikoiden diagonaali- ja vertikaalisauvat saavat palaa pois, jonka jälkeen ristikoiden alapaarre toimii kantavana palkkina vaadittavat 60 minuuttia. Jotta mitoituksessa ei jouduttaisi kasvattamaan ristikoiden alapaarretta kohtuuttoman suureksi, on eduksi suojata kantavan alapaarteen yläpinta vähintään 50 mm:n paksuisesti palamattomalla eristeellä (kivivilla) tai 100 mm:n paksuisesti lähes palamattomalla eristeellä (lasivilla). Tällä saavutetaan noin 30 minuutin palosuojaus, jolloin loput 30 minuuttia voidaan laskea kannakkeiden hiiltymisen varaan.

Uloskäytävät

Vuoden 1997 RakMK E1:n mukaan 3- ja 4-kerroksisten P2-luokan puukerrostalojen uloskäytävien porrassyöksyjen ja tasanteiden sekä niitä kannattavien rakenteiden on täytettävä 60 minuutin palonkesto aika. Parvekkeissa palonkestävyysvaatimus on puolet kerroksen kantavien rakenteiden palonkestosta eli R 30. Uloskäytäviin ei siten saa soveltaa palonkeston puolittamisaikaa kuten parvekkeissa. Sen sijaan palamattomista tarvikkeista tehtyjen P1-luokan vastaavien rakennusten luhtikäytävien palonkesto aika on sallittu puolitettavaksi. Tätä on puukerrostalojen koerakennusajalla kritisoitu.

Puun käyttö uloskäytävien runkomateriaalina on sallittu, mutta uloskäytävien sisäpuolisina pintakerroksina on tähän saakka palomääräysten mukaan pitänyt käyttää syttymisherkkyydenluokaltaan ja palonlevittämisluokaltaan I/I-luokan pintamateriaaleja. Tämän vuoksi puun käyttö osastoivien uloskäytävien pintamateriaalina ei ole ollut ensimmäisissä puukerrostalokohteissa sallittua vähäisiä puuosia, kuten käsijohteita, ovia, ikkunoita, listoituksia ym. lukuun ottamatta. Puun käyttö uloskäytävien näkyvänä sisäpuolisena pintaverhouksena on tulossa laajemmin mahdolliseksi tulevaisuudessa yleiseurooppalaisissa palo-

²⁶⁶ Stone, G & Stone, P. (2000), op.cit.: s. 8 - 9.

²⁶⁷ Lähde: Nordic Wood / massiivipuuprojekti. Arkkitehti Nils-Erik Stenman, Kokkolan kaupunki. Haastattelu 11.1.2001.

määräyksissä, jolloin uloskäytävissä voidaan käyttää B- ja C-luokan palonsuojakäsiteltyä puuta. Rakennusrungon tasaisen painumisen saavuttamiseksi puun käyttö kaikissa pystyrakenteissa olisi toivottavaa. Uloskäytävien lattiat on verhottava L-luokan materiaalein. L-luokkaisen pintakerroksen asemasta voidaan käyttää massiivipuuta, jonka paksuus on vähintään 15 mm.²⁶⁸ Poistumisteiden pinnat ovat yleensä alttiina normaalia kovemmalle mekaaniselle kulutukselle. Tämän vuoksi porrashuoneiden lattioiden pintamateriaaleiksi ovat käytökelpoisia esimerkiksi betoni-, tiili- ja kivirakenteet tai kovaan kulutukseen tarkoitettut, L-luokan vaatimukset täyttävät keraamiset, muoviset tai kumiset laatat. Yleiseurooppalaisissa palomääräyksissä tullaan sallimaan myös B_{FL}-, C_{FL}- ja D_{FL}-luokan tuotteet.²⁶⁹

Suhtautuminen puukerrostalojen luhtikäytävien paloturvallisuuteen on ollut puukerrostalojen koerakennusajalla hyvin ristiriitaista. Esimerkiksi Oulun Puu-Linnanmaan kaksoisrakenteisten P3-luokan puukerrostalojen rakenteilta on vaadittu 30 minuutin palonkestoaikaa, vaikka itse palomääräyksissä niiden rakenteille ei ole esitetty vaatimuksia. Toisena ongelmana ovat olleet avoimien luhtikäytävien pintaverhousluokat. Luhtikäytävien perusohjeeksi on asetettu, että umpinainen luhtikäytävä on osastoitava asunnoista. Täysin avoimessa luhtikäytävissä on voitu noudattaa ulkoseinien pintakerrosvaatimuksia. Tästä ovat poikkeuksena käytävien kattopinnat, joihin on suositeltu 1/1-luokan verhouksia. Näin on vaadittu esimerkiksi Oulun Puu-Linnanmaan ensimmäisen korttelin P3-luokan puukerrostaloihin. Myöhemmin toteutettuihin kortteleihin palamattomia kattoverhouksia ei luhtikäytäviin ole vaadittu eikä myöskään Sodankylän P3-luokan pienkerrostaloihin.²⁷⁰ Kolmantena ongelmakysymyksenä on ollut suhtautuminen avoimelle luhtikäytävälle avautuviin ikkunoihin. Jos avoimelle luhtikäytävälle avautuu asuntojen ikkunoita ja luhtikäytävää pitkin joudutaan jostakin asunnosta poistumaan vain yhteen suuntaan, tulisi ikkunoiden alareunan olla yli 1,4 metrin korkeudella käytävän lattiasta. Vaihtoehtoisesti on järjestettävä riittävä suojaetäisyys kulkureittiin tai ikkunoissa on käytettävä lämpösäteilyn estävää rakennetta.²⁷¹

Parvekkeet on rakennettava niin, ettei mahdollinen palo leviä niiden kautta. Puukerrostalojen pilotikohteissa on ollut epätietoisuutta siitä, vaaditaanko parvekkeiden 30 minuutin palonkestoaika pelkille parvekekannakkeille vaan koko rakenteelle eli parveketaso mukaan lukien.²⁷² Eri kaupungeissa on ollut eri käytäntöjä myös parvekkeen osastoinnin suhteen. Erityisiä ongelmia aiheuttavat parvekkeiden lasittamiset, jolloin parvekkeet lähestyvät tavanomaisia huonetiloja. Esimerkiksi Lahden Pinjassa lasitetuille parvekkeille on vaadittu kutakin

²⁶⁸ RakMK E1 (1997), op.cit.: s.17.

²⁶⁹ Iso-Britanniassa Cardingtonin lentokonehalliin rakennetussa kuusikerroksisessa koepuukerrostalossa on suoritettu polttokoe myös puisessa porrashuoneessa. Kokeen perusteella voitiin päätellä, että alapuoleltaan kipsikartonkilevyillä suojatut ja yläpuoleltaan palosuojakäsitellyt puiset porrassyöksyt ylläpitivät ja levittivät paloa huonosti. Portaat säilyttivät polttokoetestin aikana niille asetetut toiminnalliset vaatimukset (muun muassa kantavuus ja turvallinen poistuminen). Paloturvallisuussyistä puisten porrastalojen pinnoittamista palavilla pinnoitteilla (esimerkiksi muovi- ja kumimatoilla) tulisi välttää. Lähde: Enjily, V. (2001) The fire performance of a six-storey timber frame building at the BRE Cardington (GB). Paper for conference 23 - 24 October 2001, Wurzburg, Germany.

²⁷⁰ Arkkitehti Tanja Rytönen / Arkkitehtitoimisto Jouni Koiso-Kanttila Oy. Puhelinhaastattelu 24.7.2001.

²⁷¹ Ympäristöopas n:o 39 (1998), op.cit.: s. 129.

²⁷² VTT Rakennustekniikka (2000) Puukerrostalo As. Oy Lahden Poppeli, op.cit.: s. 14.

parvekettä kohden yksi sprinklerisuutin (kuivasuutin)²⁷³. Umpinaisten levytysten ja laudoitusten käyttö parvekkeiden lattiarakenteissa on palon leviämisen estämiseksi välttämätöntä. Myös julkisivuverhouksen tuuletusrako on luonteva katkaista parvekkeiden kohdalla. Tähänastisten kokemusten mukaan puukerrostalojen luhtikäytävät ja parvekkeet kaipeavat koko maassa nykyistä selkeämpiä pelisääntöjä.



Kuva 3.5.1 Linköpingin puukerrostalon luhtikäytävät ovat puurakenteisia.

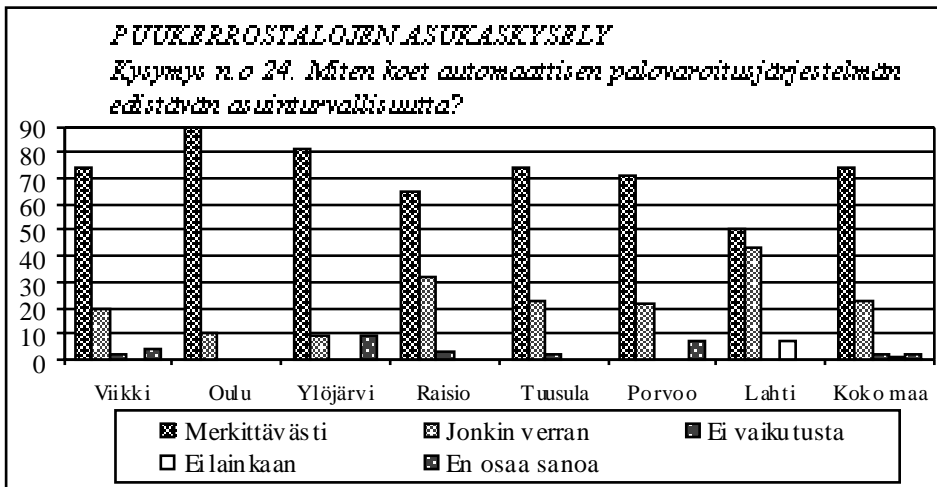
3.6 Asukaspalaute puukerrostalojen paloturvallisuudesta

Puukerrostalojen asukaskyselyssä (Liite 2.) kerättiin asukkailta arvioita ja palautetta puukerrostalojen paloturvallisuudesta. Tässä luvussa esitellään asukaskyselyn paloturvallisuutta käsittelevät keskeiset tulokset puukerrostalojen osalta. Lisäksi tuloksia vertaillaan vertailukohteiden asukaskyselyn tuloksiin.

Automaattinen palovaroitinjärjestelmä

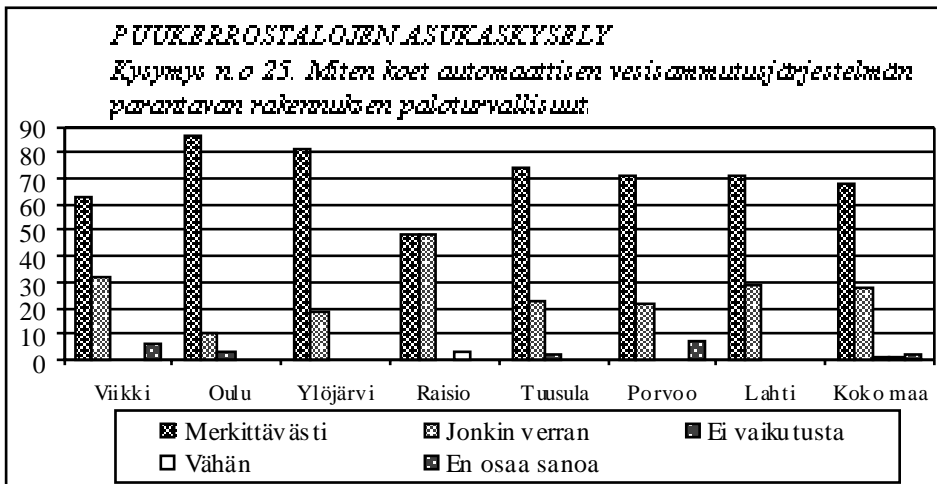
Puukerrostalojen asukkailta kysyttiin sitä, miten he mieltävät automaattisen palovaroitinjärjestelmän edistävän asuinturvallisuutta. Tulos oli yksimielisen vakuuttava. Sanallisissa vastauksissa esiintyi kuitenkin jonkin verran valituksia palohälyttimien vikahälytyksistä esimerkiksi ruoanlaittoilanteessa.

²⁷³ Arkkitehti Pauli Lindström. Haastattelu 19.1.2000.

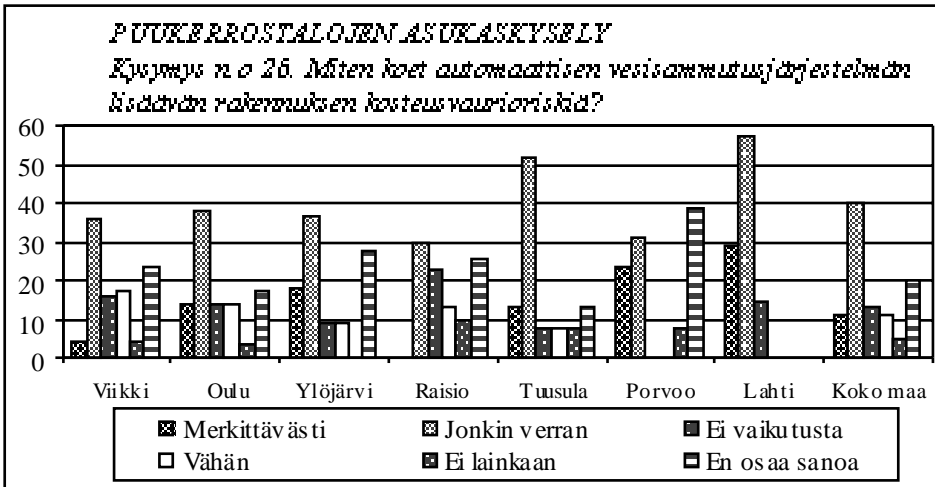


Automaattinen vesisammutusjärjestelmä

Kysyttäessä sitä, miten puukerrostalojen automaattinen vesisammutusjärjestelmä parantaa rakennuksen paloturvallisuutta, saatiin lähes yhtä yksimielinen tulos kuin automaattista palovaroitinjärjestelmää koskevan kysymyksen kohdalla.

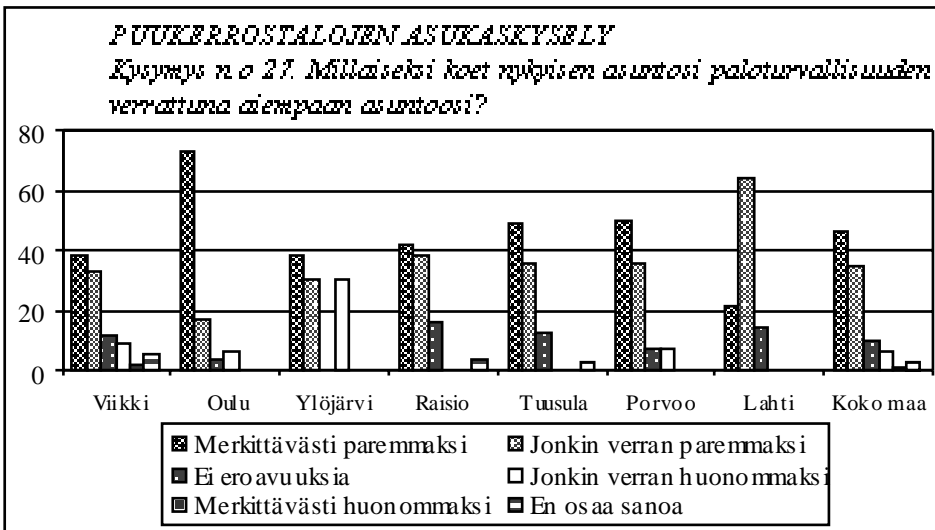


Puukerrostalojen asukaskyselyyn vastanneista asukkaista puolet oli kuitenkin sitä mieltä, että automaattinen vesisammutusjärjestelmä lisää rakennuksen kosteusvaurioriskiä. Useassa vastauksessa oli lisämerkintä ”ei kokemusta”, mikä kuvaa hyvin suhtautumista uusiin asuinrakentamisessa esiintyviin laitteisiin.



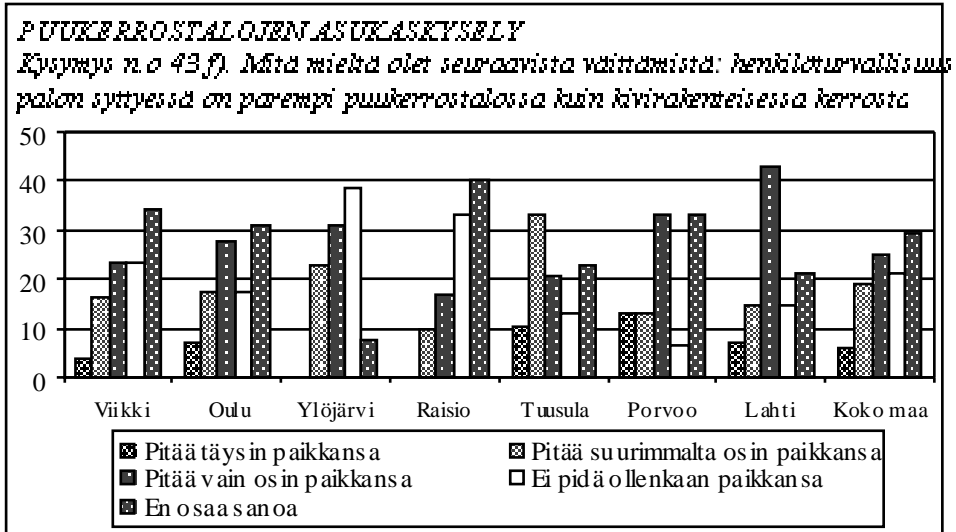
Paloturvallisuuden vertaaminen aiempaan asuntoon

Puukerrostalojen asukkaita pyydettiin vertaamaan asuntonsa paloturvallisuutta aiempaan asuntoonsa. Kyselyyn vastanneista kahdeksan kymmenestä oli sitä mieltä, että heidän puukerrostaloasunnossa paloturvallisuus on parempi kuin heidän aikaisemmassa asunnossaan. Kaikkein paloturvallisimmaksi asuntonsa katsoivat Oulun kohteen asukkaat, sillä nykyistä asuntoaan aiempaa turvallisempaan piti yhdeksän kymmenestä vastaajasta. Tämä selittyy sillä, että Oulussa kaikkia asukkaita valistettiin rakennustavasta ja turvallisuuslaitteista kolme kertaa ennen asuntoon muuttamista (= 1. Infotilaisuus asukkaille, 2. Rakennushankkeen loppuraportin jakaminen kaikkiin asuntoihin ja 3. Asumisohje- ja infotaulun kiinnittäminen kaikkien asuntojen tuulikaappeihin).

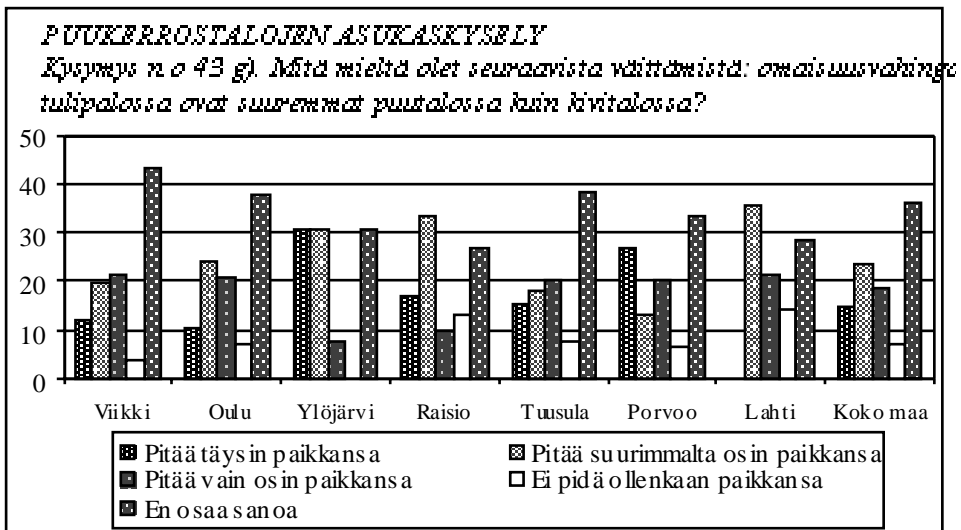


Henkilöturvallisuuden ja tulipalon omaisuusvahinkojen vertailu puu- ja kivitalojen välillä

Neljäsosa puukerrostalojen asukaskyselyyn vastanneista arvioi suurimmalta osin tai täysin paikkansa pitäväksi väitteen, että ”Henkilöturvallisuus palon syytyessä on parempi puukerrostalossa kuin kivitalossa”.



Väittämän ”Omaisuusvahingot tulipalossa ovat suuremmat puutalossa kuin kivitalossa” allekirjoitti suurimmalta osin tai täysin paikkansa pitäväksi neljä kymmenestä vastaajasta.



Asuntojen paloturvallisuuden arviointi puukerrostalojen ja vertailutalojen kyselytulosten perusteella

Myös vertailukohteiden asukkaita pyydettiin arvioimaan asuntonsa paloturvallisuutta verrattuna aiempaan asuntoonsa. Kun puukerrostaloissa kyselyyn vastanneista kahdeksan kymmenestä oli sitä mieltä, että heidän nykyisen asuntonsa paloturvallisuus on parempi kuin aikaisemmassa asunnossa, sekatekniikkataloissa vastaava osuus oli 51 % ja betonitaloissa 53 %. On huomattava, että myös puukerrostalojen asukkaista suurin osa oli aiemmin asunut kivirakenteisissa kerrostaloissa, joten puukerrostalojen paloturvallisuuden voidaan sanoa saaneen myönteisen vastaanoton. Aiempaan asuntoonsa nähden paloturvallisuudessa ei nähnyt eroavaisuuksia 32 % sekatekniikkatalojen ja 29 % betonitalojen vastaajista. On kuitenkin huomattava, että myös vertailutalojen (, jotka edustavat uutta rakennuskantaa), paloturvallisuus nähtiin yleensä aiempaa asuntoa paremmaksi tai samanvertaiseksi.

Vain 5 % sekatekniikkatalojen ja 6 % betonitalojen vastaajista arvioi suurimmalta osin tai täysin paikkansa pitäväksi väitteen ”*Henkilöturvallisuus palon syttyessä on parempi puukerrostalossa kuin kivitalossa*”, kun vastaava osuus puukerrostalojen vastauksissa oli selvästi suurempi eli 24 %. Samaan suuntaan mielipiteet osoittavat vastaustaulukon toisella laidalla, sillä väittämän ei ollenkaan paikkansa pitäväksi arvioi 57 % sekatekniikkatalojen ja 53 % betonitalojen asukkaista, kun puukerrostalojen osalla vastaava osuus oli merkittävästi pienempi eli 21 %.

Väittämän ”*Omaisuusvahingot tulipalossa ovat suuremmat puutalossa kuin kivitalossa*” allekirjoitti suurimmalta osin tai täysin paikkansa pitäväksi 59 % sekä sekatekniikkatalojen että betonitalojen vastaajista. Puukerrostalojen asukkaiden vastauksissa vastaava osuus oli pienempi eli 39 %. Sen sijaan ei ollenkaan paikkansa pitäväksi väittämän arvioi 9 % sekatekniikkatalojen, 6 % betonitalojen ja 7 % puukerrostalojen vastaajista. Tämän väittämän kohdalla oli merkille pantavaa, että en osaa sanoa -vastausten osuus oli suuri kaikkien talotyyppien vastauksissa, koska siten vastasi 16 % betonitalojen, 21 % sekatekniikkatalojen ja peräti 36 % puukerrostalojen asukkaista.

Sekä puukerrostalojen että vertailutalojen asukaskyselyvastauksista voi suoraan havaita, että puukerrostalojen paloturvallisuus koetaan lähinnä mielikuvatasolla. Puukerrostalojen turvalaitteista (palohälyttimet, sprinklaus) on valistettu hyvin puukerrostalojen asukkaita, mutta sen sijaan vertailutalojen asukkaista todennäköisesti vain harva tietää puukerrostalojen paloturvallisuusturvalaitteista ja -ratkaisuista. Tämän vuoksi vertailutalojen asukkaat kokivat paloturvallisuusvertailut osittain provosoiviksi ja hämmentäviksi. Myös puukerrostalojen kyselyvastauksissa ”*Henkilöturvallisuus palon syttyessä on parempi puukerrostalossa kuin kivitalossa*”-väittämän kohdalla en osaa sanoa -vastausten osuus oli varsin suuri (30 %). Tämä on toisaalta ymmärrettävää, sillä puukerrostalojen turvalaitteista ja palokäyttäytymisestä ei ole asukkailla riittävästi tietoa eikä kokemuksia.

3.7 Johtopäätökset puukerrostalojen paloturvallisuusvaatimuksista

Suomessa puukerrostalojen alkuvaiheisiin on liittynyt epäilyjä niiden paloturvallisuudesta, palomääräysten ylilyöntejä sekä kirjavuutta ja epäselvyyksiä määräysten tulkinnoissa²⁷⁴. Puukerrostaloja koskevat palomääräyksiä tulisi tarkentaa siten, että palosäädökset olisivat

loogisia ja niiden tulkinnat eri paikkakunnilla yhtenäisiä. Tilanne on ajankohtainen, sillä RakMK E1 on edelleen uudistettavana yleiseurooppalaisen paloluokituksen mukaiseksi. Tulevissa euronormeissa tulisi ehdottomasti selkeyttää muun muassa sisäverhouslevyjen käytössä ja palomitoituksissa nyt epä tietoisuutta aiheuttavat käsitteet ”suojaverhous” ja ”palosuojaus”. Lisäksi toiminnallisia palomääräyksiä tulisi yksinkertaistaa ja saada aikaan rohkaisevia esimerkkejä niiden soveltamisesta.²⁷⁵

Seuraavissa kappaleissa käsitellään lyhyesti ja osa-alueittain puukerrostalojen keskeisiä paloturvallisuusvaatimuksia sekä esitetään kannanotot niihin liittyviin kansallisiin palomääräyksiin.

Vaatus uloskäytävien ja kellareiden palonkestoajasta

Rakennusten palonkestävyyttä arvioitaessa tulee tarkastella kantavuutta (R) ja osastoivuutta (EI), jotka perustuvat toiminnalliseen palomitoitukseen. Jos rakenne täyttää asetetut toiminnalliset vaatimukset, ei tulisi esittää muita lisävaatimuksia. Vuoden 1997 palomääräyksissä P2-luokan 3- tai 4-kerroksisen puukerrostalon uloskäytävien porrassyökyjen ja tasanteiden tulee täyttää luokan R60 vaatimukset, kun vastaavissa P1-luokan taloissa vaatimus on tästä puolet eli R30. Samoin puukerrostalon kellarilta vaaditaan luokan R120 vaatimukset, kun P1-luokan taloissa riittää R60. Näiltä osin puukerrostalojen turvallisuustaso on asetettu kivirakenteisia kerrostaloja korkeammaksi (RakMK E1, taulukko 6.2.1 ja kohta 10.5.5). Sprinklattujen P2-luokan puukerrostalojen rakenteiden palonkestoajat tulisi puolittaa samoiksi kuin P1-luokan rakennusten. Lisäksi avoimien luhtikäytävien ja parvekkeiden osalle tulisi laatia valtakunnallisesti nykyistä yhtenäisemmät ja selkeämmät paloturvallisuussäädökset.

Vaatus 1/I-luokan sisäverhouksesta

Puukerrostalojen suunnittelijat ja asukkaat ovat toivoneet, että puuta käytettäisiin tähänastista enemmän näkyvänä pintaverhousmateriaalina rakennusten sisätiloissa. Vuoden 1997 RakMK

²⁷⁴ Kuittinen, K. (1997) Artikkelit: Rakentaminen. Raportissa: Nordic Wood, Trähus i flera våningar. Pilottiprojekti 5: Viikin puukerrostalot. Loppuraportti: s. 14.

²⁷⁵ Vuonna 1997 voimaan tulleista Suomen palomääräyksistä on käyty vilkasta keskustelua puukerrostalo rakentamisen yhteydessä. Vuoden 1997 jälkeen on saatu paljon uutta ja täsmennettyä tietoa puurakentamisen paloturvallisuudesta esimerkiksi yhteispohjoismaisessa Nordic Wood -ohjelmaan kuuluvassa Brandsäkra trähus -tutkimushankkeessa ja suomalaisessa TOPA (= toiminnallinen palomitoitus) -projektissa. Näihin selvityksiin sekä puukerrostalo rakentamisen käytännön kokemukseen perustuen muun muassa VTT ja Oulun yliopiston arkkitehtuurin osaston Puustudio ovat esittäneet, että maamme palomääräyksiä tulisi muuttaa seuraavasti: a) Puu tulisi sallia asuintiloissa sisäpuoliseksi pintamateriaaliksi sprinklatuissa P2-luokan puukerrostaloissa, b) Puukuitueriste tulisi sallia lämmöneristemateriaaliksi P2-luokan puukerrostaloissa, c) P2-luokan 3- ja 4-kerroksisten puukerrostalojen uloskäytävien ja kellarikerrosten rakenteiden palonkestoajat tulisi puolittaa nykyisestä tasostaan samalle tasolle kuin P1-luokan rakennuksissa d) Puukerrostalojen ulkoseiniä ja räystäitä koskevat paloturvallisuusvaatimukset ja pelisäännöt tulisi saada tähänastista selkeämmiksi. Lähde: Mikkola, E. (1999) Kirjelmä: Muutosehdotuksia Suomen rakentamismääräyskokoelman osaan E1, Rakennusten paloturvallisuus, Määräykset ja ohjeet. VTT Rakennustekniikka.

E1:n mukaan puun käyttö P2-luokan puukerrostalojen sisäverhouksena on sallittua vain saunoissa ja käytännössä myös pesuhuoneen katossa. Nykyisten palomääräysten mukaan sisäseinissä voidaan käyttää kipsikartonkilevyjen lisäksi myös puuviilutettuja kuultokäsiteltyjä puukipsilevyjä tai muita vastaavia tuotteita, jotka täyttävät I/I-luokan vaatimukset. Palomääräyksissä sallitaan puisia sisäverhouksia käytettävän ”vähäisissä määrin”. Tällaisiksi voitaisiin kohtuudella laskea esimerkiksi olohuoneen yksi puulla tai vanerilla verhoitu seinä tai puolipanelointi. Myös asuinhuoneiden kattopinnoissa olisi toivottavaa käyttää näkyviä puuverhouksia. Tämä toisi sisätiloihin asukkaiden toivomaa puutalon tuntua. Tulevien yleiseurooppalaisten palomääräysten mukaan puutuotteiden käyttö sisätiloissa on tulossa nykyistä laajemmin mahdolliseksi, koska puutuotteiden palonesto-ominaisuuksia voidaan lisätä kemiallisten käsittelyiden avulla. Ennakkotietojen mukaan asuinhuoneiden seinä- ja kattoverhouksissa tullaan sallimaan myös B- ja C-luokan puutuotteet (esimerkiksi palonsuojakemikaaleilla imeytetty puu). RakMK E1:n kohdan 8.2.6 ohjetta tulisi muuttaa siten, että sprinklatuissa P2-luokan puukerrostaloissa sallittaisiin puun käyttö yleisesti myös asuintilojen sisäverhouksimateriaalina.

Vaatimus palamattomasta tai lähes palamattomasta lämmöneristeestä

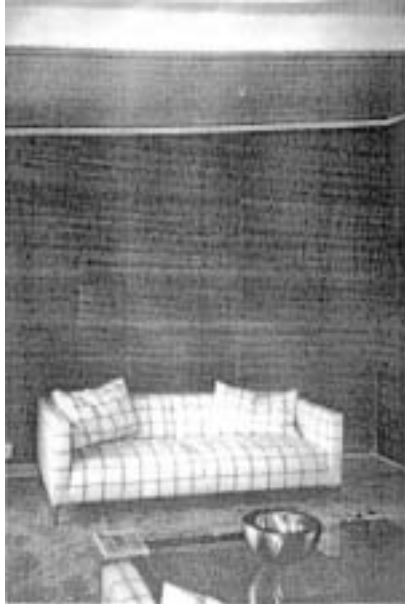
Yksi puukerrostalorakentamisen peruslähdekohtista on ollut ekologisuus ja kestävä kehitys. Tämän vuoksi puukerrostaloissa olisi haluttu käyttää mineraalivillaeristeiden (lasivilla, kivivilla) sijasta puukuitueristettä (selluvilla), joka sallisi muovittoman ulkoseinärakenteen. Tällöin sisäilman laatu paranisi ja voitaisiin lopettaa asuntorakentamisessa jatkunut keskustelu ”pullo-hometaloista”. Vuoden 1997 RakMK E1:n mukaan nykyisten tavanomaisten puukuitueristeiden käyttö lämmöneristeinä ei ole virallisesti ollut sallittua, koska ne eivät täytä palamattoman tai lähes palamattoman eristeen vaatimuksia. Esimerkiksi Pohjois-Suomessa on tuotettu puupohjaista levymäistä puukuituvillaeristettä, jolla on I/I-luokan tyyppihyväksyntäpäätös. Tuote ei kuitenkaan täytä lähes palamattoman eristeen vaatimusta. Puukerrostalojen paloturvallisuuden kokonaisarvioinnin kannalta puukuitueristeen kieltämisen R 60 -ulkoseinän runkotilassa voidaan katsoa olevan vastoin palomääräysten toiminnallisuusvaatimuksia, koska selvitysten mukaan tällaiset rakenteet täyttävät palonkeston toiminnalliset vaatimukset. RakMK E1:n taulukkoa 6.2.1 ja kohtaa 8.3.2 tulisi muuttaa siten, että puukuitueriste sallittaisiin lämmöneristemateriaaliksi myös 3- ja 4-kerroksisissa P2-luokan puukerrostaloissa (nyt se kielletään *-alaviitteellä).

Asuinhuoneiden sähköverkkoon kytkettävät palovaroittimet

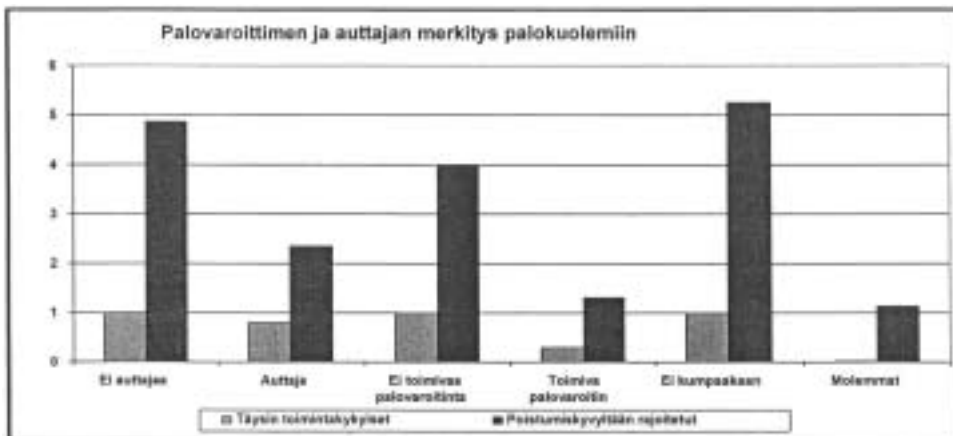
Vuoden 1997 RakMK E1:n yhtenä epäloogisuutena voidaan pitää sitä, ettei sähköverkkoon kytkettäviä palovaroittimia määrätty pakollisiksi kaikkiin asuinrakennuksiin. P2-luokan puukerrostaloihin ne määrättiin. Asukaskyselytutkimuksen mukaan yli 96 % asukkaista oli sitä mieltä, että palovaroittimet edistävät asuinturvallisuutta. Palotilastojen mukaan huoneistopalot aiheutuvat ennen kaikkea ihmisten käyttäytymisestä. Huoneistopaloriski on samanlainen, olivat talot rakennettu joko tiilestä, kivistä, betonista tai puusta. Laki palovaroittimien pakollisuudesta tuli yleisesti voimaan 1.9.1999 uuden pelastustoimilain²⁷⁶ mukaan, jolloin myös kivirakennusten henkilöturvallisuus nostettiin tältä osin puukerrostalojen kanssa sa-

²⁷⁶ Pelastustoimilaki 30.4.1999 / 561 / 31 § (astui voimaan 1.9.1999-)

malle tasolle. Palovaroittimien pakollisuuden siirtymäaika päättyi 30.8.2000, minkä jälkeen palovaroitin on ollut pakollinen jokaisessa asuinhuoneistossa. Tämä voimaan tullut pelastustoimilain muutos on hyvä asukkaiden henkilöturvallisuuden kannalta ja on samalla poistanut eriarvoisuutta puukerrostalojen ja kivikerrostalojen välillä.



Kuva 3.7.1 Puisia, näyttäviä sisäverhouksia sprinklatussa nelikerroksisessa puukerrostalossa Malmön Bo01-asuntomessualueella.



Kuva 3.7.2 Tilastojen mukaan palovaroittimet pelastavat ihmishenkiä.

Vaatus automaattisesta sammutuslaitteistosta (kevytsprinklaus)

Sprinklaus kuuluu oleellisesti puukerrostalorakentamiseen, ja sprinklaukseen suhtautuvat myönteisesti myös asukkaat. Tämän perusteella voidaan esittää harkittavaksi myös Suomeen

amerikkalaista käytäntöä, jossa suurin osa uusista asuinrakennuksista varustetaan sprinklauksella riippumatta rakennustavasta tai -materiaaleista.²⁷⁷ Sprinklaus lisää oleellisesti rakennusten paloturvallisuutta ja edistää samalla henkilöturvallisuutta. Maamme puukerrostalojen kevytsprinklauksessa on sallittu myös muoviputket loppuvuodesta 1997.²⁷⁸ Tähän saakka rakennuttajia ja urakoitsijoita ovat arveluttaneet sprinklerilaitteiston kustannukset ja mahdolliset kosteusvauriot. Kosteusvaurio palotilanteessa on kuitenkin pienempi vahinko kuin ihmishenkien menettäminen. Tämä tulisi ottaa huomioon ja tämän tulisi näkyä myös puukerrostalojen vakuutustariffeissa²⁷⁹.

Palon leviämisen estäminen julkisivuissa palokatkein

Laajamittainen puujulkisivujen käyttö kerrostaloissa edellyttää, että palotekniset kysymykset kyetään ratkaisemaan. Puujulkisivu ei saa toimia palon levittäjänä rakennuksesta toiseen eikä asunnosta toiseen. Suomalaisilta puukerrostaloilta edellytetään aina sprinklereitä. Kun rakennukseen asennetaan sprinklerit, voidaan julkisivujen palovaatimuksia helpottaa, koska huoneistopalon liekkien lieskahtaminen ulos ikkunasta on epätodennäköistä. Sprinklauksen ansiosta huoneistopaloa ei tarvitse ottaa huomioon julkisivujen suunnittelussa, vaan todennäköinen syttyminen on maan tasalta ulkopuolelta tapahtuva syttyminen tai sytyttäminen.

Nykymääräysten valossa suomalaisten puukerrostalojen paloteknisten asioiden tarkastelussa voidaan erottaa selkeästi kaksi eri tapausta:

A) 3- tai 4-kerroksinen sprinklattu P2-luokan puukerrostalo, jossa asunnon sisältä tapahtuva palon leviäminen ja lieskahdus on sprinklauksen ansiosta hyvin epätodennäköinen. Tällöin tarkastelun kohteena on ensisijaisesti julkisivupinnan ulkoinen syttyminen ja julkisivussa tapahtuvan palon hillitseminen sekä palon leviämisen hallittu estäminen ja rajoittaminen.

B) 2-kerroksinen sprinklaamaton P3-luokan puutalo, jossa julkisivupalo voi syttyä asunnon sisältä käsin (huoneistopalo ja *flash over*) tai ulkoisen syttymislähteen avulla. Huomattavaa on, että kaksikerroksisissa P3-luokan puutaloissa ei vaadita julkisivun palokatkoja eikä erityisiä turvallisuuslaitteita, vaikkakin paloturvallisuuden kannalta niiden käyttö olisi suotavaa.

A-tapauksessa jää erityisesti pohdittavaksi hyväksytäänkö palon hallittu leviäminen julkisivupinnassa, jos julkisivupalon leviämisen hillitsemiseksi ja rajoittamiseksi on löydettävissä selkeästi todistetut keinot. Toisaalta on mietittävä, miten suhtaudutaan palon

²⁷⁷ Kaikkien rakennusten varustamisesta sprinklauksella on esitetty myös vastakkaisia näkemyksiä. Erään laskelman mukaan Helsingin kaikkien rakennusten varustaminen sprinklauksella tulisi maksamaan noin 50 miljoonaa markkaa yhtä pelastettua ihmishenkeä kohden. Lähde: Laaksonen, J.-P. (2001), loc.cit.

²⁷⁸ Suomen Vakuutusyhtiöiden Keskusliitto (1997) Sammutuslaitteistot enintään 4-kerroksisissa P1- ja P2-luokan asuinrakennuksissa.

²⁷⁹ Oulun puukerrostalokohteista saatujen tietojen mukaan puukerrostalon palovakuutus on kokonaishinnaltaan hieman korkeampi kuin vastaavassa betonikerrostalossa. Lähde: Toivo J. Kanninen, Riihi Säätiö rs. Haastattelu 13.6.2000.

ullakolle leviämisen estämiseen tai palon ullakolle leviämisen todennäköisyyteen, kun rakennus on sprinklattu ja julkisivuissa on palokatkot.²⁸⁰

Puukerrostalojen ulkoseinäpalojen todennäköisyyttä, riskiä ja vahinkoja ei tulisi liioitella, koska rakennuksissa on palohälyttimet ja sprinklauslaitteisto. Hyvällä suunnittelulla ja rakennusvalvonnalla saadaan ulkopuolisen syttymisen vaara minimoitua. Julkisivupalo on ollut palomääräyksissä puukerrostalorakentamisen koerakentamisajalla epämääräinen alue. Huomattavasti julkisivupinnasta ulkonevat kerroksittaiset palokatkot ovat uutta puurakentamisessa ja esteettisesti vaikeita hallita. Erityisesti arkkitehdit ovat suhtautuneet niihin kielteisesti. Kuopion Pelastusopiston polttokokeiden perusteella nimelliset vaakasuuntaiset palokatkot (= leveys alle 100 mm tai liian ohuesta pellistä tai puusta tehdyt) voivat joissain tapauksessa edistää julkisivupalon leviämistä, koska palotilanteessa tuuletusraossa leviävä palo saa palamishappea palokatkojen kohdilta. Lisäksi palo ohittaa ohuen väentyilevän palokatkopellin tai kapean puulistan takakautta. Vaakasuuntaisten palokatkojen tulisi toimiakseen olla yli 200 mm leveitä ja riittävän tukevasta teräspellistä tehtyjä (paksuus noin 1 mm) ennen kuin ne ehkäisevät julkisivupalon leviämistä. Toisaalta tällaiset leveät ulokkeet ovat epäkäytännöllisiä, esteettisesti rumia, lisäävät kustannuksia ja edistävät julkisivujen kastumista ja näin puuverhosten vaurioitumista. Lisäksi linnut sotkevat niitä ulosteillaan, ja sateisella ilmalla ne pitävät ääntä sekä roiskivat vettä julkisivupintaan. Tämän vuoksi paloturvallisuuden hoitamiseksi on haluttu kehittää myös seinän sisäisiä, piiloon jääviä palokatkoja.

	Sprinklered houses: external ignition source	Unsprinklered houses: compartment fire
Test characteristics:		
Maximum heat exposure	40 kW/m ²	70 kW/m ²
Burning time of ignition source	30 min	~ 15 min
Criteria:		
Falling parts	no pieces larger than 0,1 m ² , no flaming droplets ^{*1} to area > 0,5 m ²	no pieces larger than 0,1 m ² , no flaming droplets ^{*1} to area > 0,5 m ²
Heat flux ^{**1}	≤ 15 kW/m ² , window one storey up	≤ 20 kW/m ² , window two storeys up
Fire spread	no further than to lower edge of window one storey up	no fire spread to eaves level ^{***1}

*1 Flaming droplets do not occur with entirely wood-based products.

**1 The limit shall not be exceeded for more than 1 minute.

***1 Fire spread to attic must be considered. In addition, fire spread from burning eaves to windows nearby shall be restricted.

Kuva 3.7.3 Puujulkisivujen paloturvallisuuden kriteereitä VTT:n mukaan.

²⁸⁰ VTT on esittänyt yleisohjeena, että sprinklaamattomissa puurakennuksissa puuta voidaan käyttää julkisivupinta-alasta noin 20 - 50 %:n alueella, mutta kuitenkin siten, että puualueet on erotettu tarkoituksenmukaisella tavalla toisistaan. Sprinklatuissa taloissa puujulkisivujen osuus voi olla tätä suurempi. Lähde: Hakkarainen, T., Oksanen, T. & Mikkola, E. (1997) Fire Behavior of facades in multi-storey wood-framed houses. Technical Research Centre of Finland, Espoo: s. 40.

Kuopion Pelastusopistossa suoritetuilla polttokokeilla on osoitettu, että mahdollisen julkisivupalon leviämistä voidaan rajoittaa tehokkaasti kaistoittamalla ulkoverhouksen taustan tuuletusrako sivuttaissuunnassa ja käyttämällä tuuletusraossa vaakasuuntaisia ”kuristuskohtia”, joilla tukahdutetaan palon leviäminen tuuletusraossa, mutta ei kuitenkaan estetä ulkoverhouksen taustan tuulettumista. Kuristuskohtina voidaan käyttää esimerkiksi teräsreikäprofiileja tai vaakasuuntaista laudoitusta, jolla tuuletusrako kuristetaan noin 10 mm:ksi esimerkiksi 600 - 1200 mm:n välein.²⁸¹



Kuvat 3.7.4, 3.7.5 ja 3.7.6 Oulun puukerrostalon on toteutettu ilman näkyviä palokatkoja julkisivuissa. Julkisivuverhouksen taustan tuuletusrakoa on kuristettu pystysuunnassa ja rajoitettu vaakasuunnassa puukoolausten avulla. Tällä ratkaisulla rajoitetaan palon leviämistä tuuletusraossa.

4 Runkojärjestelmä- ja rakennusosaratkaisut

4.1 Siirtyminen yleiseurooppalaiseen mitoituskäytäntöön

EU:iin kuullessaan myös Suomen on siirryttävä vähitellen rakenteiden yleiseurooppalaiseen mitoituskäytäntöön. Puurakentamisen kehittämisessä on ollut nähtävissä, että suomalaiset suunnittelijat alkavat käyttää euronormien mukaista suunnittelukäytäntöä vasta sitten, kun on pakko eli vasta siirtymäkauden loputtua. Siirtymäkautta helpottamaan puurakenteiden suunnittelunormia, Eurocode 5:tä, varten on tuotettu laaja STEP (Structural Timber Education Programme) -oppimateriaali, jonka tarkoituksena on selventää EC 5:ssä käytettyjen mitoitusmenetelmien taustoja ja antaa neuvoja EC 5:n soveltamisessa.²⁸² Tässä luvussa tuodaan esille suomalaisen (RakMK) ja yleiseurooppalaisen (Eurocode) puurakenteiden mitoituskäytännön perusteita ja niiden välisiä keskeisiä eroja. Lisäksi esitellään Eurocoden käyttöönottoon siirtymisen arvioitu aikataulu.

RakMK:n ja Eurocode-normien mukaan rakenteet mitoitetaan yleensä sekä murto- että käyttörajatilat huomioon ottaen. Suomessa on voitu tähän asti käyttää rajatilamitoitusmenetelmän lisäksi myös sallittujen jännitysten menetelmää. Murtorajatilatarkasteluilla osoitetaan varmuus murtumista ja sortumista vastaan. Käyttörajatilatarkasteluilla osoitetaan varmuus muodonmuutoksia, halkeamia, värähtelyjä ja rungon painumaa vastaan.²⁸³

Puurakenteiden riittävä varmuus katsotaan saavutetuksi, kun mitoitus tehdään RakMK:n osien B1 (Rakenteiden varmuus ja kuormitukset) ja B10 (Puurakenteet) mukaisesti. Mitoitus voidaan tehdä vaihtoehtoisesti yleiseurooppalaisten esistandardien Eurocode 1:n (Basis of design and actions on structures) ja Eurocode 5:n (Design of timber structures) sekä näihin liittyvien kansallisten soveltamisasiakirjojen (National Application Document eli NAD)

²⁸² STEP 1 Puurakenteet (1996) Suunnitteluperusteet - materiaaliominaisuudet - rakenneosat - liitokset. Valtion teknillinen tutkimuskeskus ja Rakennustieto Oy. Kirjapaino Tammer-Paino Oy. Tampere: s. 5.

²⁸³ RakMK B1 (1998) Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakenteiden varmuus ja kuormitukset. Määräykset. 1998. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto, Helsinki. RT RakMK-21069.

mukaisesti. Edellä mainitut eurooppalaiset esistandardit ovat selvästi yksityiskohtaisempia kuin vastaavat suomalaiset normit. Eurocoden 5:n lähestymistapaa on pidetty hyvin tieteellisenä ja teoreettisena. On arvioitu, että euronormien esistandardien omaksumisessa tulee suomalaisilla suunnittelijoilla olemaan vaikeuksia.²⁸⁴

Kantavien puurakenteiden suunnitteluohje RIL 205-1997 perustuu Eurocode 5:n esistandardiin ENV 1995-1-1 siten kuin sitä sovelletaan Suomessa. Tämä ohje sisältää vaihtoehtoisen suunnittelumenetelmän, ja sitä tulee käyttää yhdessä Eurocode 1:n kanssa. Nykyisin laajemmin käytössä oleva toinen vaihtoehto on käyttää ohjeita RIL 144-1997 Rakenteiden kuormitusohjeet ja RIL 120-1991 Puurakenteiden suunnitteluohjeet yhdessä. Näitä kahta vaihtoehtoista menetelmää ei saa käyttää ristiin ohjeet RIL 201 - 209 muodostavat ilmestyttyään itsenäisen suunnittelujärjestelmän.²⁸⁵ Käyttökokemusten saamiseksi RIL 205-1997 mitoitusohjetta tulisi käyttää käytännön kohteissa, jolloin saataisiin tietoa ohjeen soveltuvuudesta käytäntöön ja sen kokonaisvaikutuksista²⁸⁶. Esimerkiksi palo-osan, EN 1995-1-2:n, käytöstä ei ole suomalaisilla suunnittelijoilla paljon kokemusta, minkä on katsottu haittaavan ohjeen laadintatyötä.²⁸⁷

Eurocode 5 / Puurakenteiden suunnittelu / CEN/TC250/SC5 Design of timber structures -normin arvioitu valmistusaikataulu on seuraava:

<i>Eurocode 5</i>	<i>EN 1995-1-1</i>	<i>EN 1995-1-2</i>
<i>Puurakenteiden suunnittelu</i>	<i>Yleinen osa</i>	<i>Palo-osa</i>
ENV-esistandardi	1993	1994
ENV-koekäyttö	1993 - 1998	1994 - 1999
(ENV+NAD tai RakMK B10)	1996	1998
kaksivuotiskysely		
ENV/EN-muunnostyö	1998 - 2001	1999 - 2001
EN-loppuäänestys	2001	2002
EN-vahvistaminen	2002	2003
EN-siirtymäaika	2002 - 2007	2003 - 2010
(EN tai RakMK B10) ²⁸⁸		

Sekä RakMK:n että Eurocode-normien mukaisessa mitoituksessa on otettava huomioon rakenteiden kosteusluokka, kuormien ja kuormayhdistelmien aikaluokka sekä puutavaran lujuusluokka, jotka kaikki vaikuttavat puutavaran ja liitosten lujuus- ja muodonmuutosarvoihin. Kuormien varmuuskertoimet ja kuormien yhdistely epäedullisimpien vaikutusten määrittämiseksi on esitetty RakMK:n osassa B1 ja euronormeissa Eurocode

²⁸⁴ Leivo, M., Nupponen, A. & Pitänen, J. (1997) Eurocode 5, Esimerkkilaskelmat. Eurocode 1, Eurocode 5, Yleisimpien puurakenteiden vertailulaskelmat B 10 ja Eurocode 5. Mitoitusohjelmat. Kymenlaakson AMK. Kotka: s. 3.

²⁸⁵ RIL 205-1997 (1997) Puurakenteiden suunnittelunormi, Euronormi. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Pikapaino Paatelainen Oy, Helsinki: s. 3.

²⁸⁶ VTT Rakennustekniikka (1999) Eurocode 5, loc.cit.

²⁸⁷ Leskelä, J. (1999) Metsäteollisuus ry. Puurakenteiden palotekninen tukiryhmä. Pöytäkirja. 1.10.1999.

²⁸⁸ Leskelä, J. (2000) Metsäteollisuus ry. Puurakenteiden palotekninen tukiryhmä. Pöytäkirja 17.11.2000. Liite.

1:ssä. Materiaaliosavarmuuskertoimet on esitetty RakMK:n osissa B4 (betoni), B7 (teräs) ja B10 (puu) ja euronormeissa puun osalta Eurocode 5:ssä.

Esimerkiksi puukerrostalon oma paino on vain noin 1/5 vastaavan betonikerrostalon painosta²⁸⁹, minkä vuoksi hyötykuormat ja luonnonkuormat on arvioitava huolellisesti, koska keveiden rakenteiden oman painon varmuus ei aina riitä kompensoimaan näiden kuormien arvioinnissa tapahtuneita virheitä. Oma paino koostuu välipohjien, yläpohjien, vesikaton sekä seinien painosta. Hyötykuormina tulevat kysymykseen oleskelukuormat, yleensä 1,5 kN/m² (RakMK B1). Keveiden väliseinien aiheuttamaksi kuormaksi voidaan arvioida 0,4 kN lattianeliometriä kohden. Luonnonkuormia ovat lumi- ja tuulikuorma, joiden ei oleteta vaikuttavan enimmäisarvolla samanlaisesti. RakMK:ssa aikaluokkia on kolme: A, B ja C ja kosteusluokkia neljä (*taulukko*)²⁹⁰.

Kosteusluokka Aikaluokka	Lujuuksia laskettaessa			Muodonmuutoksia laskettaessa			
	1 ja 2	3	4	1	2	3	4
A	0,8	0,65	0,6	0,8	0,7	0,6	0,35
B	1	0,85	0,75	1	1	0,8	0,6
C	1,3	1	0,9	1,3	1,3	1	0,8

Eurocode:ssa kuormitukset on jaoteltu hyvin samanlaisin periaattein kuin RakMK:ssa. Eurocode:ssa asuinhuoneistot kuuluvat käyttötarkoituksen mukaan A-luokkaan (hyötykuorma 2,0 kN/m²). Rakenteiden olosuhdeluokkia (kosteusluokkia) on vain kolme (1, 2 ja 3), jotka erotellaan ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden perusteella + 20 °C:n lämpötilassa. Eurocode 5:ssa kuorman aikaluokkia on sen sijaan viisi. Ne on määritelty ominaiskuorman yhteenlasketun kestoajan avulla (*taulukko*).

Materiaali/ aikaluokka	Olosuhdeluokka		
	1	2	3
Sahatavara, liimapuu			
Pysyvä	0,60	0,60	0,50
Pitkäaikainen	0,70	0,70	0,55
Keskipitkä	0,80	0,80	0,65
Lyhytaikainen	0,90	0,90	0,70
Hetkellinen	1,10	1,10	0,90

²⁸⁹ Suomen Puututkimus Oy (1995), op.cit.: luku 1.3.

²⁹⁰ RakMK B 10 (1990) Suomen rakentamismääräyskokoelma. Puurakenteet. Ohjeet 1983, muutettu 1990. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto, Helsinki.

Kuorman aikaluokka	Kesto*	Esimerkkikuorma
Pysyvä	yli 10 vuotta	omapaino
Pitkäaikainen	6 kk - 10 vuotta	varastoitu tavara
Keskipitkä	1 viikko - 6 kk	hyötykuorma
Lyhytaikainen	alle 1 viikko	lumi** ja tuuli
Hetkellinen		onnettomuuskuorma

* Kuorman aikaluokka kuvaa kuorman vaikutusta vakiona tietyn ajanjakson aikana. Muuttuvan kuorman luokka riippuu kuorman tyypillisestä vaihtelusta rakenteen käyttöaikana. Kuorman yhteenlaskettu kesto-aika ominaiskuorman suuruusena on usein lyhyt verrattuna kokokuormitusajakaan.

** Alueilla, missä runsas lumikuorma toistuu säännöllisin väliajoin, osa lumikuormasta pitäisi kuulua aikaluokkaan "keskipitkä". Suomen NAD:n mukaan 80% lumikuormasta luetaan aikaluokkaan "keskipitkä".

Lisäksi sahatavaran lujuusluokkajaottelu on hienojakoisempi kuin RakMK:ssa (*taulukko*).²⁹¹

Lujuusluokka		C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40
Ominaislujuudet (N/mm ²)										
Taivutus	$f_{m,k}$	14	16	18	22	24	27	30	35	40
Veto	$f_{t0,k}$	8	10	11	13	14	16	18	21	24
	$f_{t90,k}$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Puristus	$f_{c,k}$	16	17	18	20	21	22	23	25	26
	$f_{c90,k}$	4,3	4,6	4,8	5,1	5,3	5,6	5,7	6,0	6,3
Leikkaus	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8
Jäykkyysominaisuudet (N/mm ²)										
Kimmo-moduuli	$E_{0,mean}$	7000	8000	9000	10000	11000	12000	12000	13000	14000
	$E_{0,01}$	4700	5400	6000	6700	7400	8000	8000	8700	9400
	$E_{90,mean}$	230	270	300	330	370	400	400	430	470
Liukumuoduli	G_{mean}	440	500	560	630	690	750	750	810	880
Tiheydet (kg/m ³)										
Tiheys	ρ_k	290	310	320	340	350	370	380	400	420
Tiheyden ka.	ρ_{mean}	350	370	380	410	420	450	460	480	500

²⁹¹ Ukonmaanaho, A. (1996), op.cit.: s. 73 - 74.

4.2 Puukerrostalojen rakennussuunnittelu

4.2.1 Massoittelu

Keveässä puurakentamisessa on raskasta kivirakentamista helpompaa tehdä erilaisia vaaka- ja pystysuuntaisia porrastuksia. Myös kylmäsiltojen eliminoiminen rakennusmassojen ulokkeissa ja terasseissa on puurakentamisessa suhteellisen yksinkertaista. Suurikokoisiin puukerrostaloihin liitettävillä pienillä puisilla rakennusmassoilla ja -osilla, kuten varastoilla, autokatoksilla, säleiköillä ja -aitauksilla, on mahdollista luontevasti jäsentää ja rikastuttaa rakennusmassoja sekä pihan käyttöä. Puuverhousten avulla on myös helppo saada aikaan rakennusmassojen pinnan monimuotoista tekstuuria ja detaljointsia.



Kuva 4.2.1.1 Tässä amerikkalaisessa puukerrostalossa parvekkeet kannatetaan seinästä ulos työntyvien kannakkeiden avulla. Puurakenteet eivät muodosta varsinaista kylmäsiltaa ulottuessaan lämpimältä kylmälle puolelle.



Kuvat 4.2.1.2 ja 4.2.1.3 As Oy Porvoon Aleksanterinkatu 29 ja Kiinteistö Oy Puukotka Oulussa. Kaikki suomalaiset puukerrostalot ovat pääosin puujulkisivuisia. Niiden massoittelu ja yleisilme ovat kuitenkin olleet varsin maltillisia.

Ensimmäisissä suomalaisissa puukerrostaloissa on pyritty tavoittelemaan arkkitehtonista ja rakenteellista rehellisyyttä noudattaen periaatetta, että puurunkoiseen rakennukseen kuuluu puuverhous. Edellä lueteltuja puurakentamisen mahdollisuuksia ei ole kuitenkaan maamme ensimmäisissä puukerrostaloissa täysin hyödynnetty. Puuverhouksesta huolimatta niiden massoittelu ja yleisilme ovat saaneet hahmonsaa vallitsevasta kerrostalotuotannosta.

4.2.2 Talotyypit

Suomen ensimmäisille puukerrostaloille on ollut tyypillistä lyhyemmät kantavien osien jännevälit kuin nykyisin vallalla olevassa pitkälaattajärjestelmään (ontelolaatat) perustuvassa betonirakentamisessa. Tämä ei kuitenkaan ole vaikuttanut talotyyppien valintaan eikä asutusuunnitteluun. Puukerrostalorakentamiseen soveltuvat niin lamelli-, piste-, luhti- tai keskikäytävä- kuin terassitalotkin. Puukerrostalorakentamiseen soveltuvat hyvin myös erilaisten talotyyppien sekamuodot.

Lamelli-, piste- ja keskikäytävätalossa liikennetilat sijaitsevat suojaisissa sisätiloissa. Näissä talotyypeissä liikennetilat lasketaan tavallisesti rakennusoikeuteen, jolloin talot ovat pinta-alaltaan hieman tehottomampia kuin vastaavat luhtikäytävätalot. Lamellitalotyyppiä edustavat Suomen ensimmäisistä puukerrostaloista Viikin ja Porvoon puukerrostalot. Pistetaloja ovat Tuusulan, Raision, Lahden ja Naantalin puukerrostalot. Ylöjärven ja Oulun puukerrostalot ovat sivukäytävätalaja.

4.2.3 Tilasuunnittelu

Muuntojoustavuus

Puukerrostalojen rakentamisjärjestelmän valinnassa on otettava huomioon asutosuunnittelun ja tilojen muunneltavuuden asettamat tarpeet. Tällaisella niin kutsutulla avoimella rakentamisajattelulla ja asuntoratkaisuilla on viime vuosina pyritty vastaamaan asunnonhankkijoiden yksilöllisiin toiveisiin. Avoimen rakentamisajattelun mukaisesti rakennukset jaetaan rakenteeseen ja täydentäviin osiin. Rakenne määrittelee käytettävissä olevan tilan rajat. Täydentäviä osia voivat olla esimerkiksi väliseinät, kalusteet ja julkisivun ei-kantavat kevyet osat, joita voidaan asukkaiden toiveiden mukaisesti viedä pois, siirtää tai korvata uusilla. Rakentamista valmisteltaessa tulisi ottaa huomioon tulevat muutostarpeet ja määritellä, mitkä osat ovat rakennuksessa pysyviä ja mitkä tarvittaessa muutettavissa.²⁹² Puukerrostaloille on tässä mielessä nähty potentiaaliset markkinamahdollisuudet, sillä keveiden rakenteidensa ansioista puurunkoisten rakennusten muutos- ja laajennustyöt rakenteellisine liittymineen ovat yleensä helppoja toteuttaa. Puukerrostalojen keveät väliseinät sekä välipohjien kannakevälitilat ja kerrokselliset rakenteet mahdollistavat LVIS-töiden helppouden, mikä lisää kuivien asuintilojen lisäksi myös keittiö- ja märkätilojen muuntelumahdollisuuksia kantavan rakennusrungon pystytyksen jälkeen. Myös puujulkisivujen rakenteellista joustavuutta julkisivuratkaisujen varioinnissa voitaisiin hyödyntää nykyistä tehokkaammin.²⁹³

Asuntojen muunneltavuus ja ihmisen koko eliniän asunnot esiintyvät asutosuunnittelun teemana yhä useammin. Asunnon sisäistä muuntelua rajoittavat asuntojen pinta-alat ja runkosyvyys. Muuntelun merkitys on suuri silloin, kun huonetilojen lukumäärää voidaan muuttaa. Muuntelun on todettu toimivan hyvin vain yli 80 m²:n suuruisissa huoneistoissa. Huoneistojaon näkökulmasta asuntojen muunneltavuus on enemmän omistusoikeudellinen kuin rakenteellinen kysymys. Muuntelun todellista tarvetta on kuitenkin tutkittu vähän.²⁹⁴ Asuntojen muunneltavuudelle ja joustavuudelle löytyy myös epäilijänsä. Muuntelumahdollisuudet siirtoesineineen, kalustevariaatioineen ja LVIS-asennuksineen ovat usein helppoja toteuttaa vain paperilla yleensä asukas vaihtaa asuntoa eikä huoneistoja ryhdytä muuntelemaan. Tämä koskee erityisesti vuokra-asuntoja.

²⁹² Heikkinen, P. (2000) Artikkel: Kevyillä puurakenteilla avoimeen rakentamiseen. Julkaisussa: Paloheimo, E. (toim.) (2000) Metsä ja puu II - Tukista tuotteeksi. Teknillinen korkeakoulu / Puurakentaminen. Rakennustieto Oy. Tammer-Paino Oy. Tampere: s. 188 - 191.

²⁹³ Arkkitehtitoimisto Ahto Ollikainen Oy (1998) Suunnittelu- ja muuntojoustavuus puurakenteissa. Loppuraportti - 3.12.1998. Puutalon rakentamistapojen vertailu ja kehittäminen. ”Puura”: s. 2, 82 - 83.

²⁹⁴ Viljakainen, M. (1998) Puun käytön mahdollistamat lisäarvot kerrostalorakentamisessa. Julkaisu 25. Tampereen teknillinen korkeakoulu, arkkitehtuurin osasto, rakennussuunnittelun laitos. VTT Rakennustekniikka; Puutalon rakentamistapojen vertailu ja kehittäminen. Tampere: s. 45 - 46.

Asuntosuunnittelu

Puukerrostalojen rakenteellisen järjestelmän ja tuotantotekniikan mukaisesti on yksinkertaisinta sijoittaa samanlaiset asunnot märkätiloineen aina päällekkäin. Märkätilojen päällekkäisellä sijoittamisella voidaan minimoida näiden tilojen mahdollisia ääni- ja kosteushaittoja. Lisäksi asennustekniset seikat pystyiloineen helpottuvat. Asuntojen märkätilat on hyvä suunnitella suorakaiteen muotoisiksi, jolloin niiden vedeneristystyöt on helppo tehdä ja vaurioalttiita nurkka- ja kulmakohtia syntyy mahdollisimman vähän. Märkätiloissa suihku tulisi aina erottaa omaksi syvennykseksi siten, että siinä voidaan käyttää muuta märkätilaa varmpia vedeneristysratkaisuja. Suihkukaappien käyttö on puukerrostaloissa, kuten muissakin asunnoissa, suositeltavaa. Esimerkiksi Yhdysvalloissa ja Kanadassa suihkukaapit ovat yleisiä ja pesutilojen lattiat toteutetaan yleensä ilman erillisiä vedeneristyskerroksia. Suomessa asuntojen saunojen vuoksi vedeneristämättömät lattiaratkaisut ovat sauna- ja pesutiloissa kokonaisuutena vaikeasti tehtävissä.

Suomalaisessa kerrostalorakentamisessa asunnot ovat yleensä pieniä (keskikoko 56 h-m²), ja nykyisin lähes kaikkiin asuntoihin rakennetaan huoneistokohtainen sauna²⁹⁵. Tällöin märkätilojen osuus asunnon pinta-alasta kasvaa huomattavan suureksi ja pienten asuntojen keskihinta nousee suurempiin verrattuna. Suomalaisiin puukerrostaloihin soveltuisivat hyvin myös sellaiset ratkaisut, joissa asuntokohtaiset saunat ja pyykinpesutilat korvataan talo- tai kerroskohtaisilla saunoilla ja pesutiloilla. Tällä voidaan vähentää vaurioalttiita märkätiloja sekä pienentää rakennuskustannuksia. Esimerkiksi Ruotsin Linköpingiin rakennetussa puukerrostalossa sekä Sodankylän vanhan raviradan puutaloalueen kaksikerroksisiin P3-luokan puukerrostaloihin on sijoitettu rakennuksen porrashuoneiden yhteyteen kerroskohtaiset pyykinpesutilat²⁹⁶. Talosaunat ja -pesulat voidaan tehdä myös erillisiin piharakennuksiin. Asuntojen märkätilojen sijoittaminen erilleen asunnon kuivista tiloista on myös käyttökelpoinen ratkaisu. Tällöin märkätilaosan runko voidaan tehdä esimerkiksi kivrakenteisena kuivien tilojen puurungosta erilleen.

Puukerrostalon väestönsuoja on rakennusoikeuden ja puisen rakennusrungon painumisen takia edullisinta sijoittaa rakennuksen kellaritiloihin. Tällöin ei myöskään tarvitse ottaa huomioon rakennussortumaa, koska yläpuoliset rakenteet ovat keveitä. Väestönsuoja voidaan sijoittaa myös erilliseen piharakennukseen, jos kellarikerroksen rakentaminen ei ole mahdollista.

²⁹⁵ Lähde: Tilastokeskus (2000), loc.cit.

²⁹⁶ Lähde: Arkkitehti Petri Aarnio / Arkkitehtitoimisto Jouni Koiso-Kanttila Oy. Haastattelu 17.2.1998.

4.2.4 Porrashuoneet, uloskäytävät, parvekkeet ja terassit

Porrashuoneet ja uloskäytävät

Asuinrakennuksista tulee voida turvallisesti poistua tulipalossa tai muussa hätätilanteessa. Rakennuksessa tulee olla riittävästi ja sopivasti si joitettuja, tarpeeksi väljiä ja helppokulkuisia uloskäytäviä siten, että poistumisaika rakennuksesta ei ole vaaraa aiheuttavan pitkä. Uloskäytävien tulisi olla mahdollisimman selväpiirteisiä ja selkeästi havaittavissa²⁹⁷. Uloskäytävien tulee johtaa ulos maan pinnalle tai muulle palon sattuessa turvalliselle paikalle. Uloskäytävänä ei pidetä hissiä tai muuta vastaavaa laitetta. Periaatteena on, että rakennuksesta tulee aina päästä poistumaan kahta eri reittiä joko omatoimisesti tai palokunnan avustamana. Uloskäytävätyypit ovat: a) ovi suoraan ulos, b) osastoitu porrashuone tai vastaava ulos johtava osastoitu tila rakennuksessa tai c) rakennuksen ulkopuolinen kulkureitti, kuten luhtikäytävä.²⁹⁸

Asuinrakennusten portaiden ja uloskäytävien vähimmäisleveyden tulee olla 1 200 mm ensimmäistä 120:tä henkilöä kohden. Portaiden ja uloskäytävien leveyttä on lisättävä 400 mm kutakin seuraavaa 60:tä henkeä kohden. Mikäli uloskäytävän kautta poistuvien henkilöiden määrä on poistumisalueella enintään 60, saa toinen uloskäytävä olla 900 mm:n levyinen. Myös enintään kaksikerroksisissa asuinrakennuksissa sallitaan yksi 900 mm:n levyinen uloskäytävä. Mikäli henkilömäärä ei ole tiedossa, se voidaan arvioida pinta-alan perusteella, 10 h-m² henkilöä kohden. Uloskäytävän vapaan korkeuden tulee olla vähintään 2 100 mm. Uloskäytävät tulee suunnitella siten, että mahdollisessa hätätilanteessa voidaan poistua aina vähintään kahteen suuntaan. 2 - 4-kerroksisiin puukerrostaloihin sallitaan yksi uloskäytävä, jos poistumisalueella on lisäksi hätäpoistumismahdollisuus. Tällaisena voidaan pitää parveketta tai ikkuna-aukkoa, joiden kautta pelastautuminen on mahdollista joko kiinteitä tikkaita pitkin tai pelastamistoimenpitein. Uloskäytävien ovien on auettava yleensä poistumissuuntaan. Asuinrakennuksissa kulkureitin enimmäispituus uloskäytävään on 30 metriä, jos uloskäytäviä on vain yksi. Jos uloskäytäviä on useampia, on kulkureitin enimmäispituus 45 metriä. Kulkureitin enimmäispituuksia voidaan ylittää, jos poistuminen hätätilanteessa on mahdollista avattavien ikkunoiden kautta maanpinnan tasolla olevassa kerroksessa tai rakennus on varustettu automaattisella sammutuslaitteistolla. Uloskäytävien lattiapinnat eivät saa olla liukkaita. Kellarikerroksen sammutusreitit on järjestettävä niin, että kellarikerrokseen päästään maanpinnan tasolta kulkematta kerroksien uloskäytävien kautta. Sammutusreitit vähimmäisleveys on 900 mm.²⁹⁹

RakMK G1:n mukaan asuinkeuhkalojen tulee soveltua yleensä myös liikuntaesteisille. Tämä edellyttää muun muassa sitä, että mahdollisten kynnysten korkeus kulkuväylän pinnasta saa olla enintään 20 mm. Puukerrostalon kynnyслиiittymissä on otettava huomioon rakennusrungon painuminen, minkä vuoksi kynnyслиiittymät on tehtävä rakennusaikana noin 20 mm lopullista suuremmiksi.

Porrashuone- ja luhtikäytävätasot voidaan rakentaa myös kokonaan puisina R 60 -

²⁹⁷ Weckman, H. (1997) Ihmisten käyttäytyminen poistumistilanteissa. Rakentavaa tietoa. VTT Rakennustekniikka. 19/10.97: s. 3.

²⁹⁸ Ympäristöopas n:o 39. (1998), op.cit.: s. 113.

²⁹⁹ Ibid.: s.113 - 122.

luokkaisiksi. Näin on toteutettu esimerkiksi Lahden puukerrostalojen porrashuonetasot. Myös Ruotsin Linköpingin puukerrostalon, Sodankylän ja Oulun Puu-Linnanmaan P3-luokan puisten pienkerrostalojen luhtikäytävät on tehty massiivipuutasoina syrjälantekutekniikalla. Askeläänien sivutiesiirtymän kannalta liikennetilat on hyvä tehdä mahdollisimman raskarakenteisiksi. Luhtikäytävän pinnalla voidaan käyttää myös pintabetonia, kuten Oulun Puu-Linnanmaan As Oy Linnanmaahisessa on tehty³⁰⁰. Betonipinnat voidaan tehdä esimerkiksi pesubetonipintaisina, puuhierrettyinä tai hiekkapuhallettuina, jolloin tasojen pinta saadaan riittävän karkeaksi liukastumisen estämiseksi.

Amerikkalaisissa puukerrostaloissa tehdään rakennusten sisäpuolisten portaiden rungot yleensä puurakenteisina. Sikäläisessä platform-rakennesjärjestelmässä portaat rakennetaan kerroksittain rakennusrungon edistyessä, jolloin erillisiä työmaa-aikaisia portaita ei tarvita. Portaat pinnoitetaan vasta rakennustöiden viimeistelyvaiheessa, jolloin työmaa-aikaiset kolhut jäävät piiloon. Puuportaiden runkomateriaalina käytetään tavallisesti sahatavaraa, lautaa ja paksua vaneria.³⁰¹ Ruotsalaisissa koerakennuksissa on käytetty myös säleliimattuja puutasoja, jotka on pinnoitettu palonsuojauksen saavuttamiseksi alapuolelta kipsikartonkilevyin. Portaiden askeltasot on päällystetty akryylimassalla, joka estää portaiden kulumista ja antaa askelasoille riittävän liukastumisestopinnan.



Kuvat 4.2.4.1 ja 4.2.4.2 Amerikkalaisissa ja keskieurooppalaisissa puukerrostaloissa myös portaat tehdään puurakenteisina.

³⁰⁰ Luja-Talo Oy (1999) As Oy Linnanmaahisen suunnitelmat. Arkkitehti Tomi Jänkälä.

³⁰¹ Viljakainen, M. (1998) Platform-frame, Pohjoisamerikkalainen puurakennesjärjestelmä, op.cit.: s. 43.

Parveke- ja terassirakenteet

Kerrostaloissa jokainen asunto tulee varustaa parvekkeella tai muulla asuntokohtaisella ulkotilalla. Parvekkeet ja terassit tulee suunnitella siten, että ne ovat riittävän tilavia ja helposti kalustettavissa. Parvekkeen neliömäinen muoto on yleensä pinta-alatehokkuudeltaan paras. Tärkein parvekkeen pinta-alaan vaikuttava tekijä on pöytä- ja tuoliryhmän vaativa ala. Käytön kannalta on suositeltavaa, että parvekkeen koko olisi vähintään 7 m² ja pienemmän sivun mitta vähintään 2 100 mm.³⁰² Puukerrostalojen parvekkeet voidaan tarvittaessa kannattaa suoraan rakennuksen rungosta ilman erillisiä pystysuuntaisia kannakkeita. Tällöin parveke voi painua vapaasti rakennusrungon mukana, jolloin ei muodostu haitallisia korkeuseroja parvekkeen ja asunnon välille. Rakennusrungosta tuetut puurakenteiset parvekkeet saattavat aiheuttaa äänen sivutiesiirtymää parvekkeelta alempaan asuntoon. Tämän äänihaitan eliminoinemiseksi on hyvä toteuttaa parvekkeen ja rungon rakenteiden liittymät joustavina, esimerkiksi EPDM-tiivisteiden avulla. Toinen mahdollinen ratkaisutapa on kannattaa parveke kokonaisuudessaan ulkopuolisilla pilareilla rakennusrungosta erillään. Tällöin vältetään keveän parvekkeen aiheuttamilta askelääniongelmilta. Ensiksi mainittua ratkaisutapaa käytettiin muun muassa Oulun, Lahden ja Ylöjärven puukerrostalohankkeissa ja jälkimmäistä Viikin, Raision, Tuusulan, Porvoon ja Naantalin puukerrostaloissa. Parvekkeiden liittymät on tärkeä tehdä siten, ettei mahdollinen sade- ja sulamisvesi pääse tunkeutumaan ulkoseinärakenteisiin. Erillisten lattiaritilöiden avulla saadaan parvekkeen vedeneristyksen seinällenosto korkeammaksi ja parvekeoven kynnyks matalammaksi. Parvekkeiden lattia on varustettava riittävin kallistuksin (vähintään 1:100). Tällöin on otettava huomioon myös rakennusrungon painuminen ja sen aiheuttamat mahdolliset muutokset kallistuksiin. Syöksytorvien käyttö parvekkeiden vedenpoistoratkaisuna on suositeltavaa. Vedenheittäjien käyttöä tulee välttää roiskeista aiheutuvan julkisivujen vaurioitumisriskin takia. Parvekkeiden sade- ja sulamisvedet voidaan ohjata myös erilliseen sadevesiviemäriin, jolloin vedet eivät ole rasitteena julkisivuille eivätkä piha-alueille.



Kuva 4.2.4.3 Oulun puukerrostalossa, Kiinteistö Oy Puukotkassa, parvekkeet tehtiin elementtirakenteisina. Parveke-elementeille oli vaikea löytää tekijöitä. Urakoitsija joutui rakentamaan ne itse vuokraamassaan teollisuushallissa.

³⁰² Heikkilä, J. (1996), op.cit.: s. 272.

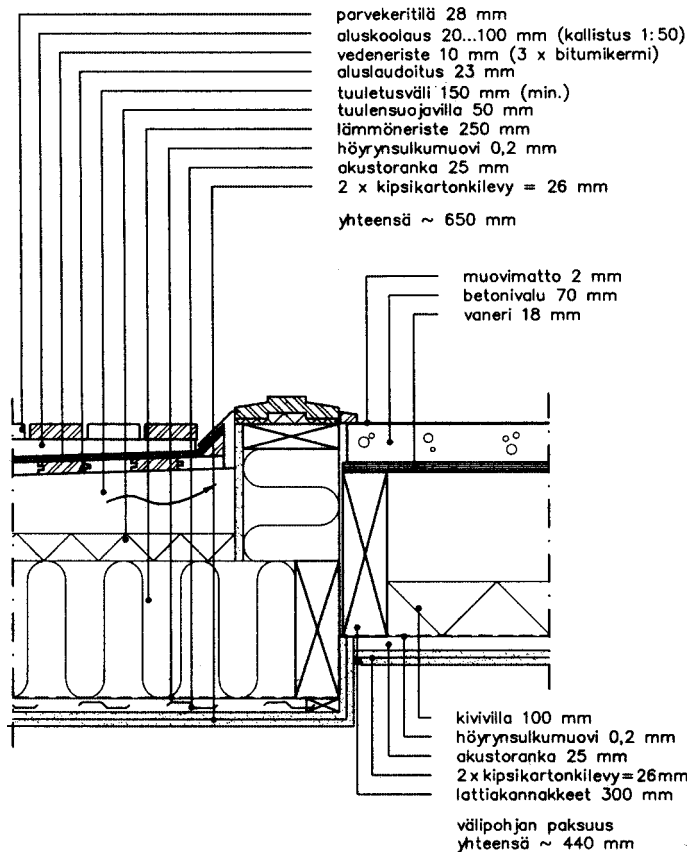


Kuva 4.2.4.3 Kiinteistö Oy Puukotkan parvekkeiden tasot on tehty säänkestävästä erikoisvanerista.

Puurakenteisten parvekkeiden vedeneristys voidaan tehdä esimerkiksi pelti-, bitumi- ja kumibitumikatteiden avulla. Näiden vedeneristysmateriaalien käyttö edellyttää lisäksi parvekkeen lattian varustamista erillisellä lattiaritilällä. Muutamassa Suomen ensimmäisessä puukerrostalokohteessa (esimerkiksi Ylöjärvi ja Oulu) parvekkeiden lattiat on tehty erikoisvalmisteisesta, säänkestävästä ja yläpinnaltaan polyesterihartsipintaisesta vanerilevystä. Tällaisten levyjen yläpinta on varustettu liukuestekuvioinnilla ja alapinta on pinnoitettu säänkestävällä fenolifilmillä. Tällainen 15 mm:n vanerilevy toimii sekä valmiina lattiapinnoitteena että parvekkeen vedeneristeenä. Levyt on tarkoituksenmukaista toimittaa työmaalle määrämittäisinä siten, että parvekkeet voidaan tehdä yhdestä levystä ilman jatkoksia. Vanerilevyjen heikoin kohta ovat niiden reunat, joten kaikki säälle alttiit levyreunat on suojattava mekaanisesti, esimerkiksi alumiinikulmaprofiileilla ja säänkestävällä tiivistemassalla. Tällaisten parvekelevyjen ongelmana ensimmäisissä puukerrostalokohteissa on ollut niiden liukkaus sekä suhteellisen korkea hinta.

Puurakenteiden avulla voidaan tehdä myös terrassirakenteita, sillä puu ei muodosta varsinaista kylmäsiltaa ulottuessaan lämpimästä sisätilasta kylmään ulkoilmaan. Suuret lämpimien tilojen päällä olevat terassit vaativat yleensä yli 500 mm rakennepaksuuden, joten terrassitalon kerroskorkeuden tulisi olla kolmea metriä suurempi. Terassit on hyvä suojata mahdollisuuksien mukaan reiluin katoksin. Valokatteiden käyttö on usein käyttökelpoinen ratkaisu. Terrassien vedeneristyksen on oltava ratkaisultaan varma. Terrassin lattian vähimmäiskallistuksen on oltava vähintään 1:50. Terrasseihin on syytä tehdä sisäpuolinen vedenpoisto tai sähköinen sulatus, jotteivät vedenpoistojärjestelmät pääse jäätymään ja

tukkeutumaan. Terassien lattiarakenteen tuuletuksen varmistaminen on erityisen tärkeää. Puurakenteet sisältävät itsessään aina jonkin verran kosteutta, joten puuta ei tule sulkea umpinaisesti tuulettumattomiin rakenteisiin. Rakenteen tuuletukseen on varattava aina vähintään 100 - 150 mm vapaata tilaa.



Kuva 4.2.4.5 Puinen terassirakenne vaatii yleensä yli 500 mm paksuutta. Jos alapuolella on asuintiloja, tulee kerrskorkeuden olla suurempi kuin 3,0 metriä, jotta huonekorkeuden vähimmäismitta (2 500 mm) tulisi täytetyksi.

Yksi käyttökelpoinen tapa on tehdä puukerrostalon terassit tuulettuvina kermikatteisina yläpohjina, joihin kulkutasot tehdään puuritiöistä. Puuritiön kannakkeet on asennettava terassin vedenpoiston suuntaan, jottei vesi jää seisomaan niitä vasten. Puuritiöt on irrotettava kermistä kumi- tms. laakereiden avulla, jotta kannakkeet eivät riko terassin vedeneristystä. Tällainen terassirakenne on rakenneteknisesti helppo, mutta lattian pienen kallistuksen vuoksi vedeneristyseltään vaativa.

4.2.5 Hissit, kuilut ja roilot

Puukerrostaloihin, kuten muihinkin kerrostaloihin, on rakennettava hissi, jos rakennus on yli kolmikerroksinen. Myös kolmikerroksisiin rakennuksiin on rakennettava hissi, jos 2. ja 3. kerroksessa on yli kuusi asuntoa porrashuonetta kohti eikä pääosaa tontin tai rakennuspaikan rakennusten alasta maantasokerroksissa ole suunniteltu kulkuyhteyksiltään liikkumisesteisille soveltuviksi asunnoiksi. Tämä tarkoittaa sitä, että maantasokerrokselle ei ole rajoituksia, jos 2. ja 3. kerroksessa on enintään kuusi asuntoa porrashuonetta kohti. Hissiä ei tarvitse rakentaa myöskään silloin, kun yli puolet tontin tai rakennuspaikan rakennusten alasta maantasokerroksissa on asuinkeuhkosalaa ja näihin asuntoihin on liikkumisesteetön kulku. Tällöin 2. ja 3. kerrosten asuntojen määrälle ei ole rajoitusta.³⁰³

Hissi on sovelluttava liikuntaesteiselle henkilölle, eli hissikorin vähimmäismitta on oltava vähintään 1 100 mm x 1 400 mm. Tätä suurempien hissikorien käyttö on suositeltavaa esimerkiksi muuttotilanteen tavarakuuljetuksien vuoksi. Hissi on edullista sijoittaa rakennukseen siten, että se palvelee mahdollisimman monta asuntoa. Hissikonehuoneen sijoittelu ei ole nykyisin enää vaikeaa, koska markkinoilla on myös konehuoneettomia hissejä, joiden koneisto sijaitsee hissikorin ja -kuilun yhteydessä³⁰⁴. Puukerrostalon hissikuilu voidaan tehdä myös puurunkoisena. Hissikuilun seinät on kuitenkin verhoitava 1/I-luokan pintamateriaalein. Jos porrashuone tehdään betonirunkoisena, myös hissikuilun on tarkoituksenmukaista olla betonirakenteinen. Esimerkiksi amerikkalaisessa ja skotlantilaisessa puukerrostalorakentamisessa hissikuilu tehdään tavallisesti betoniharkoista muuraamalla.

Roilorakenteet

Jokaiseen asuntoon on sijoitettava märkä- ja keittiötilojen yhteyteen pystyroilot, kuten normaalissa kerrostalotuotannossa. Roilojen poikkipinta-ala on mitoittettava asennusten mukaan. Jos keittiö- ja märkätilat sijaitsevat lähekkäin, riittää yleensä yksi noin 600 mm x 600 mm -kokoinen pystyroilo LVIS-asennusten pystylinjoja varten. Suurempiin asuntoihin voi tulla kaksi roiloa viemäriasennusten takia. Roilot tulee sijoittaa siten, että vaakasuuntaiset viemäriasennukset voidaan siirtää pystyroiloihin välipohjien palkkiväleissä. Ilmanvaihtoasennukset tulisi johtaa pystyroiloihin palon- ja ääneneristysyistä erillisten alakattojen ja kotelointien sisällä. Roilot on sijoitettava sellaisiin paikkoihin, että niissä päästään helposti tekemään huoltotoimenpiteitä.

Pystyroilojen seinien on täytettävä vähintään 30 minuutin palonkestoaja (EI 30). Tämä palonkestoaja saavutetaan esimerkiksi käyttämällä roiloseinien runkona 70 mm:n puu- tai teräspeltirankaa, asentamalla rankojen väliin 70 mm:n palamaton kivivillaeristys ja verhoamalla seinä kaksinkertaisella 13 mm:n kipsikartonkilevytyksellä. Teräspeltirangan käyttö roilojen runkona on suositeltavaa, koska sen kosteuseläminen on puutolppia vähäisempi. Roilojen seinälevytysten liittymäsaumat ja lävistykset on aina tiivistettävä huolellisesti akustokittauksin riittävän ääni-, palo- ja ilmatiiviiden saavuttamiseksi. Roilo voidaan lisäksi katkaista pystysuunnassa kerroksittain, esimerkiksi vanerilevytyksen ja sen päälle valettavan betonivalun avulla. Pystyroilojen tarkastusluukkuina voidaan käyttää esimerkiksi vakiovalmisteisia, polttomaalattuja ja 30 minuutin palonkestoajan täyttäviä peltiluukkuja.

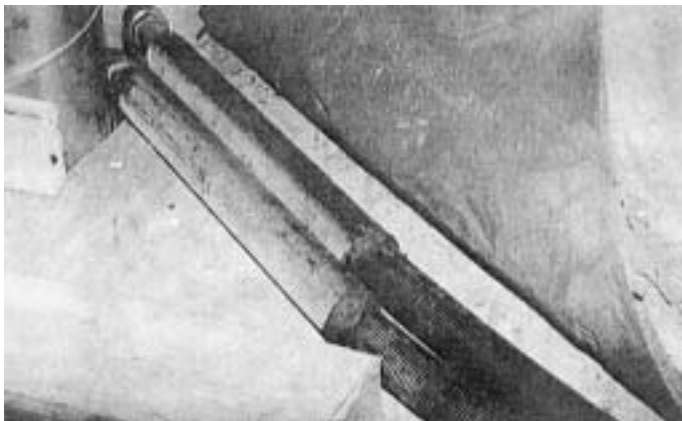
³⁰³ RakMK G1 (1994), loc.cit. ja RT 93-10546 (1994), loc.cit.

³⁰⁴ Lähde: RT X66-35540. (Konehuoneeton Schindler Smart MRL™ 001 -hissi / Schindler Oy)



Kuva 4.2.5.1 Puukerrostalon roiloasennuksia.

Puukerrostalojen roiloliittymissä on ollut myös ongelmia. Esimerkiksi Oulun puukerrostalokohteessa pystyroiloista lähtevien muovisten LV-putkien muoviset suojaputket oli katkaistava roilon seinän kohdalla ja korvattava noin 10 cm:n matkalta metalliputkella, joka täytettiin palomassalla. Paloturvallisuuden kannalta vaatimus tuntuu perusteettomalta, sillä putket ovat täynnä vettä, ja ne sijaitsivat yleensä kelluvissa lattiarakenteissa. Sen sijaan tällä vaatimuksella heikennettiin oleellisesti suojaputkien merkitystä. Tähän muoviputkien roilolävistykseen ei Suomessa ole yksiselitteistä ohjetta, joten asia vaatii vielä kehittämistä. Kyse ei ole pelkästään puukerrostalojen ongelmasta, vaan tämä koskee myös betonirakenteisia kerrostaloja, joissa LV-asennukset on tehty muoviputkilla.³⁰⁵ Asia tuli esille puukerrostalojen ratkaisujen kehittämisen ja viranomaiskäsitelyn yhteydessä.



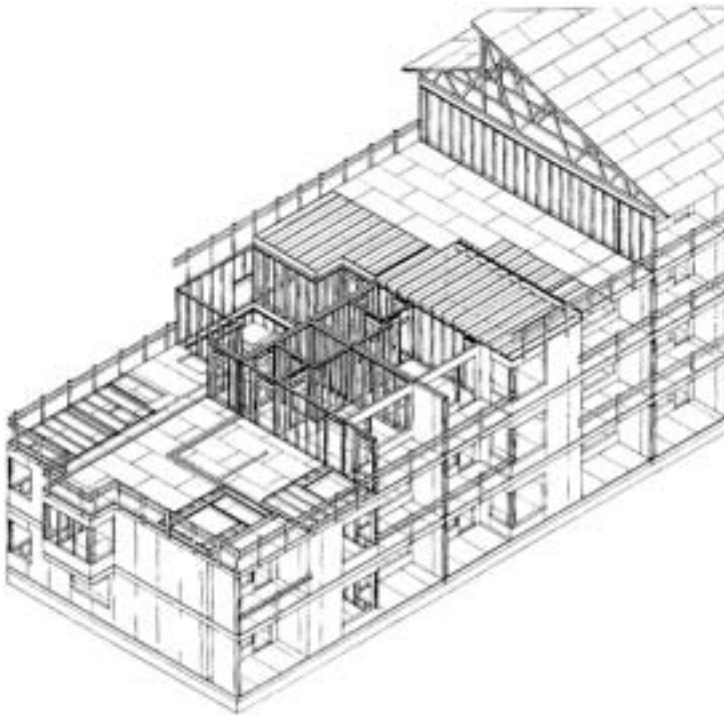
Kuva 4.2.5.2 Hättävarjelun liioittelua? Kiinteistö Oy Puukotkassa muoviset suojaputket piti katkaista roilolävistyksen kohdalla ja korvata palosuojamassalla täytetyllä metalliputkella.

³⁰⁵ Karjalainen, M. (1997) Oulun puukerrostalo, Kiinteistö Oy Puukotka. Koerakennushankkeen loppuraportti. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio. Oulun yliopistopaino, Oulu: s. 56 - 57.

4.3 Puukerrostalon eri runkojärjestelmät

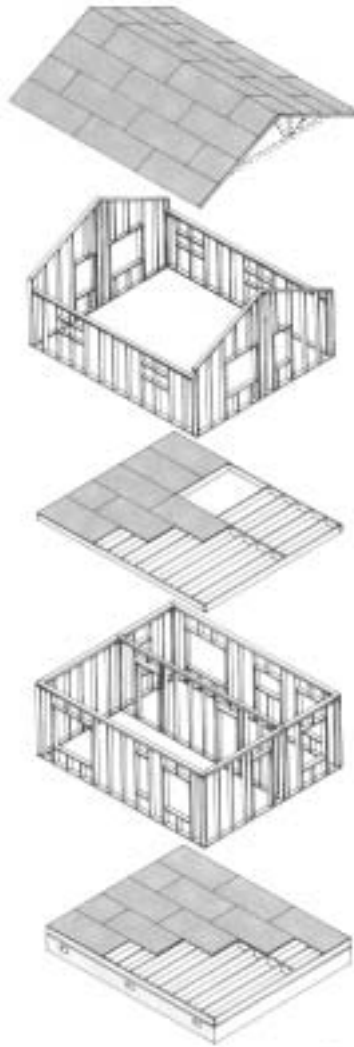
4.3.1 Kantavat seinät -järjestelmä

Kantavat seinät -järjestelmä soveltuu hyvin asuinrakennuksiin, joissa asuntojen sisäisiä ja huoneistojen välisiä seiniä on tiheässä. Puukerrostalojen kantaviksi seiniksi soveltuvat hyvin ulkoseinät ja huoneistojen väliset seinät. Ulkoseinien valintaa kantaviksi seiniksi puoltaa se, että ulkoseiniltä vaadittavat lämmöneristepaksuudet ovat niin suuria, että samaan paksuuteen mahtuvat myös kantavat runkotolpat. Rakennuksen poikittaissuuntaiset päätyseinät ja huoneistojen väliset seinät voivat toimia myös osittain kantavina seinärakenteina. Niihin kohdistuva pystykuorma on kuitenkin yleensä suhteellisen pieni, minkä vuoksi ne voidaan tehdä ohuina ja voidaan näin säästää tilakustannuksissa. Rungon jäykistyksen, rakennusrungon painumisen ja ulkoseinien yhtenäisen höyrinsulkukerroksen asentamisen vuoksi olisi toisaalta hyvä valita huoneistojen väliset poikittaiset seinät kantaviksi. Jos huoneistojen väliset seinät valitaan kantaviksi, niiden runkoja pitää yleensä paksuntaa, jolloin seinien vaatima pinta-ala selvästi kasvaa.



Kuva 4.3.1.1 Rakennusrunko kantavat seinät -järjestelmällä tehdyssä puukerrostalossa.

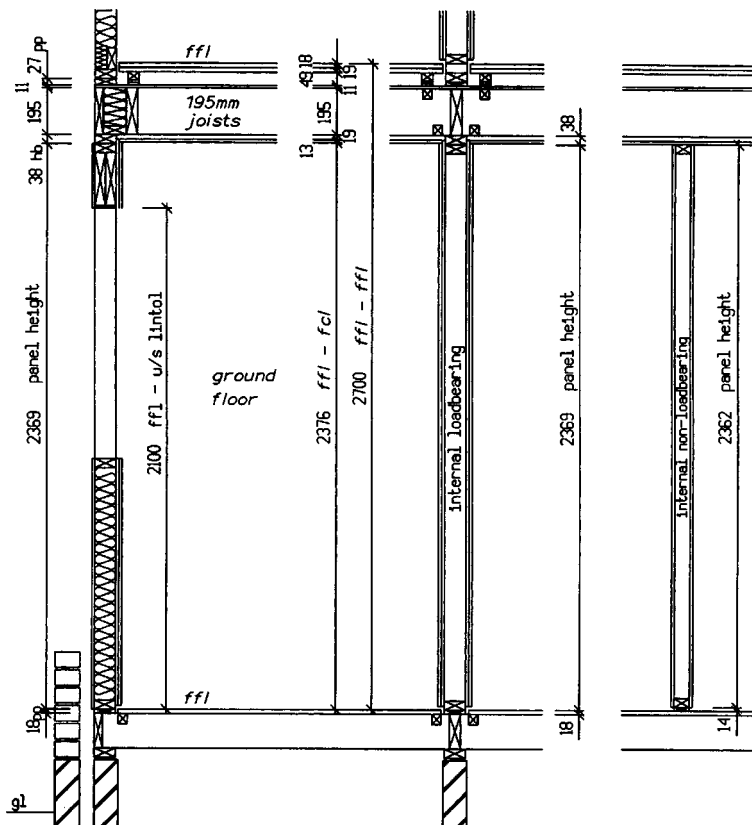
Huoneistojen sisäisten seinien teko kantaviksi vaikeuttaa asuntojen muunneltavuutta. Kantavat seinät -järjestelmässä on hyvä sijoittaa ovi- ja ikkuna-aukot samoille kohdille kantaviin seiniin kaikissa kerroksissa. Tällöin rungon aukotuksessa ei tarvita erityisiä pystyvoimia välittäviä aukkopalkkeja. Kantavat seinät -järjestelmän jäykistyksessä on otettava huomioon myös mahdollinen asuntojen muunneltavuus ja yhdistettävyys. Esimerkiksi levytai vinosidejäykisteisessä rakennuksessa muuntojoustavuus tulisi ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa, sillä jäykistävien rakenteiden myöhemmät muutostyöt voivat aiheuttaa esimerkiksi rakennusrungon liikkumista ja epätasaista painumista.



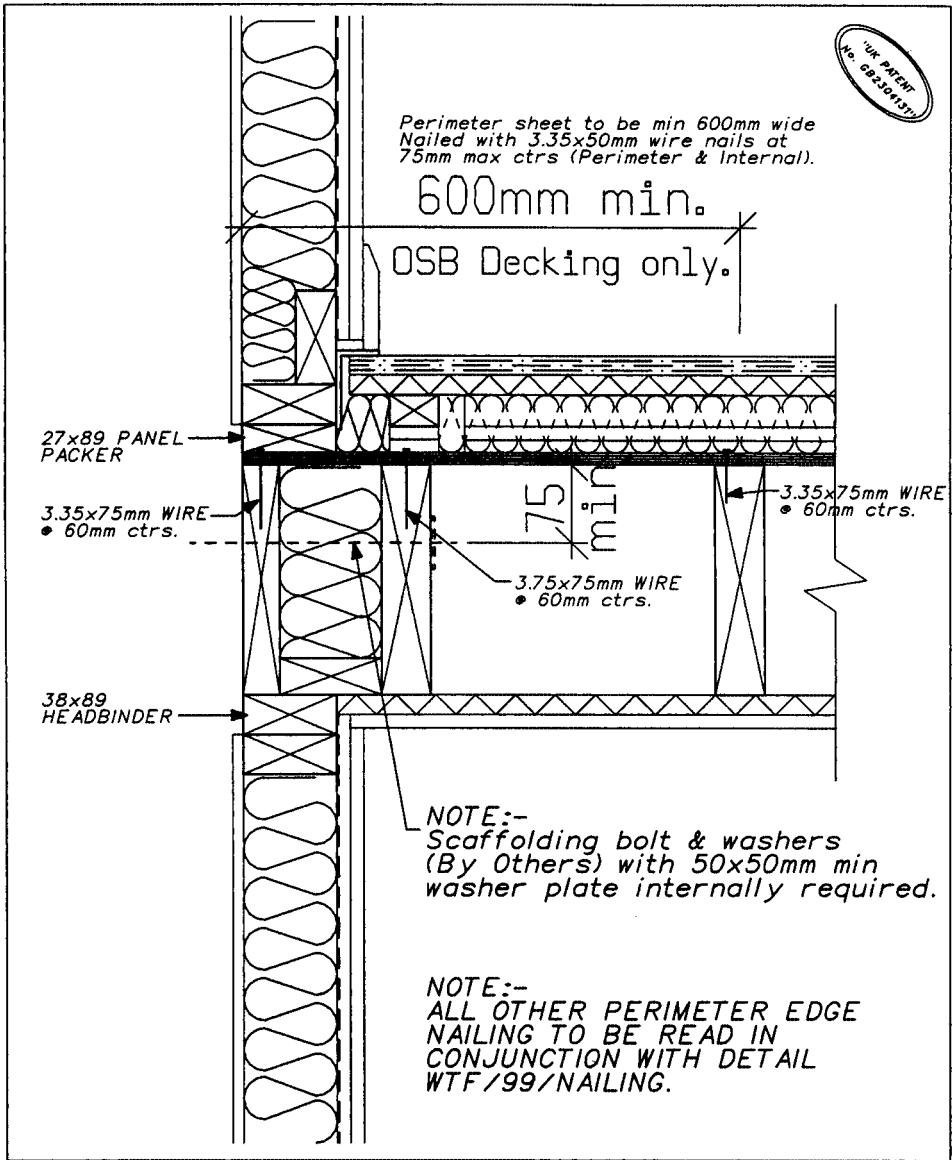
Kuva 4.3.1.2 Suomalaisen avoimen puurakennejärjestelmän kaaviokuva.

Kerrosittainen rakentaminen (platform-järjestelmä)

Kerrosittaisessa rakentamisessa eli niin kutsutussa *platform-järjestelmässä* rakennuksen runko rakennetaan siten, että kantava seinärakenne pystytetään aluksi perustuksen tai alapohjan päältä ja sen jälkeen aina kerrosittain kantavan välipohjatason päältä. Jokainen välipohjataso toimii työalustana seuraavan kerroksen pystyrakenteiden rakentamisessa. Platform-tekniikalla tehtävissä rakennuksissa käytetään yleensä levyjäykistystä. Platform-rakennetta käytettäessä välipohjan jäykistävä pintalevy viedään ulko- ja väliseinärunkojen alle. Pystyrakenteet ovat aina kerroksen korkuisia. Kantavat seinäosat voidaan koota vaakatasossa työtason päällä elementiksi, joka nostetaan pystyyn ja kiinnitetään paikoilleen. Myös muualla valmistettujen valmiiden elementtien käyttö on mahdollista. Platform-rakentamistavalla päästään vakiokorkuisiin seiniin ala- ja välipohjien paksuudesta riippumatta, joten runkopuutavara voidaan helposti etukäteen työstää lopulliseen muotoon ja mittoihin (*pre-cut* -tavara). Platform-rakennustapa on yleinen kaikkialla Pohjois-Amerikassa. Lisäksi rakennustapaa on käytetty esimerkiksi Japanissa, Saksassa, Iso-Britanniassa (erityisesti Skotlannissa), Ruotsissa ja Norjassa. Suomessa platform-tekniikkaa on sovellettu kaikissa puukerrostalokohteissa Ylöjärven pilari-palkkirunkoisia puukerrostaloja lukuun ottamatta.



Kuva 4.3.1.3 Skotlantilaisen platform-frame-järjestelmän mitoitusohjeita.



Kuva 4.3.1.4 Skotlantilaisen puukerrostalon välipohjan ja ulkoseinän liitosdetalji.

Puukerrostalorakentamisessa platform-järjestelmän etuna on pidetty yksinkertaisuutta, nopeutta ja joustavuutta. Kerroksittaisen rungon pystytys tasaisella työalustalla on helppoa, ja siihen soveltuvat tavanomaiset työkalut. Runkotavaraksi käy yleensä normaali sahatavara. Seinien pystytys tapahtuu miesvoimin, eikä työmaalla tarvita välttämättä raskasta nostokalustoa. Tekniikka mahdollistaa myös tuulensuojalevytysten ja rakennusrungon jäykistävien seinälevytysten asentamisen rungon pystyttämisen yhteydessä, joten rakennuksen ympärillä ei tarvita välttämättä telineitä.



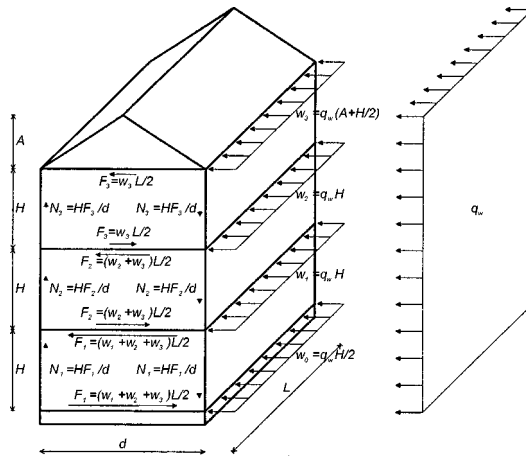
Kuva 4.3.1.5 Ulkoseinäelementtien tekoa Kiinteistö Oy Puukotkan välipohjatasolla kesällä 1996.

Pitkärunkojärjestelmä

Pitkärunkojärjestelmä eli jatkuva rankorakenne, ”*balloon-frame*”, sai alkunsa amerikkalaisen lautatalon kehittämisestä. Pitkärunkojärjestelmä väistyi sen jälkeen, kun tuli tarve rakentaa yli kaksikerroksisia rakennuksia. Lisäksi huomattiin, että perustuksista katolle ulottuvat yhtenäiset seinärungon ontelot levittävät tulipalon nopeasti koko rakennukseen, ellei onteloja katkaista kerroksittain. Jatkuva rankorakenne edellyttää pitkää, suoraa puutavaraa. Lisäksi korkeat seinärakenteet ovat hankalia pystyttää. Välipohjia varten runkoon on tehtävä loveuksia, mikä hidastaa jossain määrin rakennustöitä.³⁰⁶

Pitkärunkojärjestelmän etuna on rakennusrungon vähäinen painuminen, sillä lappeellaan ja syrjällään olevan puutavaran osuus rakennusrungon pystysuunnassa on vähäinen. Rakennusrunko on myös platform-tekniikalla rakennettua puukerrostaloa jonkin verran helpompi jäykistää. Levyjäykistys on pitkärunkorakennuksissa tavanomaisin. Jäykistyksessä käytetään jonkin verran myös vinositeitä ja jäykkiä liitoksia. Nykytekniikalla pitkän suoran runkotavaran saatavuus ei ole ongelma, sillä puutavaraa voidaan jatkaa. Pitkärunkojärjestelmän rungoksi soveltuvat hyvin teollisesti valmistetut puutuotteet, kuten viilu- ja liimapuu sekä erilaiset kevytuumatolpat ja -palkit.

³⁰⁶ Arvion mukaan runkotolppien loveukset maksavat rakennuttajalle 1 - 2 mk/kpl, joten niiden kustannusvaikutuksia ei tulisi myöskään liioitella. Lähde: Nummi, J. & Ratia, P.; Koski, H. (toim.) (1999), op.cit.: s. 4.



Kuva 4.3.1.6 Puukerrostalon jäykistävinä pystyrakenteina toimivat ulkoseinät ja huoneistojen väliset seinät. Jäykistävinä vaakarakenteina toimivat ylä- ja välipohjatasot.

Levyseinärungon jäykistys

Puurakentamisen teknologiaohjelman yhtenä teemana on ollut ”oikein jäykistetty ja elämätön puutalo”. Tämän vuoksi suomalaisen puurakentamisen kehittämisessä suurikokoisten puurakennusten jäykistyskysymyksiin on panostettu paljon. Tässä luvussa esitellään puukerrostalon levyjäykistykseen keskeiset periaatteet.

Väli- ja yläpohjat toimivat omilla tasoissaan vaakasuorina jäykkinä levyinä, jotka siirtävät tuulikuormat jäykistäville pystyrakenteille. Näitä voivat olla jäykistävät seinät, kehät tai ristikot. Tämän mukaan puhutaan seinäjäykistyksestä, kehäjäykistyksestä tai ristikkojäykistyksestä. Jäykistävät pystyrakenteet siirtävät tuulikuormat lopulta perustuksille ja maaperään. Jäykistykseen kannalta puukerrostalon olisi paras olla mahdollisimman syvärunkoinen. Puukerrostalon pystysuuntaisina jäykistysrakenteina voidaan käyttää myös porrashuoneiden ja hissikuilujen seinä. Rakennuksen jäykistystapavalinnassa ja jäykistävien rakennusosien sijoituksessa on otettava huomioon rakennuksen mahdollinen muuntojoustavuus, sillä jäykistysrakenteiden myöhempi muuntelu on yleensä vaikeaa.

Ennen jäykistysseiniä mitoitus on arvioitava väli- ja yläpohjatasoilta jäykistysseiniin kohdistuvat vaakasuorat kuormat. Yleensä väli- ja yläpohjatasojen oletetaan toimivan jäykkinä levyinä. Puukerrostalon jäykistäviksi seiniksi soveltuvat parhaiten ulkoseinät ja huoneistojen väliset seinät³⁰⁷. Levyjäykistykseen kannalta yksirunkoiset seinät ovat puukerrostaloissa ristirunkoisia seinä käyttökelpoisempia. Myös huoneiston sisäisiä seinä voi tehdä jäykistäviksi, mutta niiden toiminta jäykistävinä seininä, myös palotilanteessa, edellyttää, että jäykistävä levy tai muu jäykistävä rakenne sijoitetaan seinän sisälle palolta suojaan. Jäykistävät seinät kannattaa tehdä kantaviksi, jolloin tarvitaan vähemmän vetovoimien ankkurointeja. Suositeltavaa on myös sijoittaa jäykistävät seinät päällekkäin eri kerroksissa.

³⁰⁷ Leskelä, J. & Kilpeläinen, M. (1996) Puukerrostalon seinä- ja jäykistysrakenteiden mitoitus, case: Kiinteistö Oy Puukotka. Oulun yliopisto, rakentamistekniikan laboratorio, julkaisu 52, Oulu: s. 29.

Vaakavoimien siirtäminen jäykistäville pystyrakenteille vaatii yleensä välipohjan kantavan levyn (platform) ulkoseinärungon alle sekä huoneistojen välisen seinän alle ja läpi. Asennusaikaisen stabiliteetin varmistamiseksi välipohja on tehtävä yhtenäiseksi jäykistäväksi levyksi heti kun kyseinen kantava vaakarakenne on asennettu.

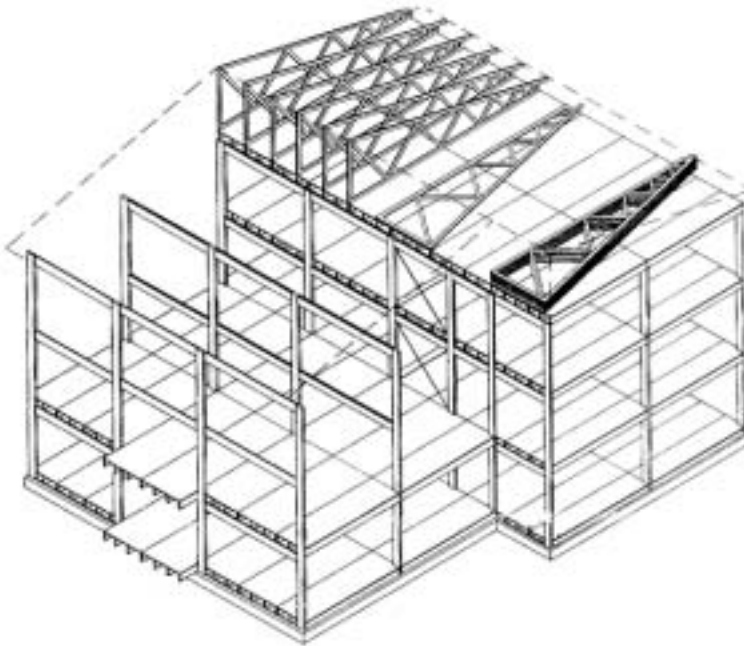
Puukerrostalon rakennesuunnitelmissa esitetään jäykistyslevyistä materiaali, mitat, jako ja sijainti rungossa sekä liittimien tyyppi ja liitinväli. Suunnitelmissa on esitettävä myös rungon työnaikainen jäykistys, koska ulkoseinien levytyksen vuoksi tuuli voi kohdistua rakennusvaiheessa runkoon täydellä voimalla, mutta jäykistävät vaaka- ja pystyrakenteet eivät välttämättä ole vielä valmiita kestämään tuulen aiheuttamia rasituksia. Tämän vuoksi työmaalla joudutaan usein turvautumaan väliaikaisiin jäykistysrakenteisiin (vinotuennat, vinolautoitus, tms.). Levyjäykisteisen puuseinän jäykistyskestävyyttä ja jäykkyyttä voidaan parantaa lisäämällä jäykistävien levyjen paksuutta ja liitinkokoa, pienentämällä liitinväliä, käyttämällä naulojen sijasta ruuveja, tihentämällä seinän tolppajakoa ja käyttämällä jäykistäviä levyjä seinärungon molemmilla puolilla ja lisäämällä levykerroksia. Rungon kokonaisjäykkyyttä voidaan lisätä tekemällä vesikattorakenne ja osa huoneistojen sisäisistä väliseinistä jäykistäviksi. Sen sijaan jäykistysseinien ovi- ja ikkuna-aukot heikentävät seinien kestävyyttä ja jäykkyyttä. Yleensä vain aukkojen viereiset, ehjän seinän osat voidaan ottaa jäykistysmitoituksessa huomioon.³⁰⁸

Rakennusrungon jäykistyslevyt joutuvat rungon pystytysvaiheessa alttiiksi vesisateelle ja muulle kosteudelle. Havupuuvaneria voidaan pitää hyvänä jäykistyslevynä, koska sen sään- ja iskunkestävyys on hyvä. Vanerilevyjen kerroksellisen rakenteen ansiosta yleensä vain levyjen pintaviilu kastuu, eikä kosteus pääse tunkeutumaan syvemmälle levyyn. Lisäksi sen lujuusominaisuudet ovat hyvät ja kosteuseläminen vähäistä. Myös lastulevy soveltuu jäykistyslevyksi kuivissa olosuhteissa. Kipsikartonkilevyä voi käyttää jäykistyslevynä sekä rungon ulkopuolella (tuulensuojalevy) että sisäpuolella (sisäverhouslevy).

4.3.2 Pilari-palkkijärjestelmä

Pilari-palkkijärjestelmässä rakennuksen rungon muodostavat puiset pilarit ja palkit, joiden varaan asennetaan väli- ja yläpohjatasot sekä kevyet ulkoseinät. Pilari-palkkirunkoisessa rakennuksessa voidaan käyttää luontevasti myös ryömintätalillista alapohjaa. Pilari-palkkirunko voidaan tehdä sekä rakennuksen pituus- että poikittaissuuntaan. Kantavat rakenteet sijoitetaan tavallisesti tiettyyn moduuliverkoston, jonka mukaan määräytyy myös käytettävien elementtien koko. Puukerrostalossa pilari-palkkirunko voidaan sijoittaa joko ulko- ja väliseinien sisään tai näistä erilleen sisätilaan. Välipohjien primaaripalkistot voidaan sijoittaa vastaavasti joko laataston tasoon tai sen alapuolelle. Välipohjat rakennetaan tavallisesti valmiista tasoelementeistä tai sekundääripalkkien varaan levyistä kokoamalla. Palkit liitetään pilareihin yleensä teräslevyillä ja pulteilla. Pulttien kohdat vahvistetaan tavallisesti teräslevyillä, jotka parantavat liitosten jäykkyyttä ja leikkauskestävyyttä. Lisäksi ne vähentävät liitosalueen kosteusliikkeitä ja helpottavat asentamista. Pilari-palkkirunkoinen rakennus jäykistetään tavallisesti vinositein sekä pilarien ja palkkien välisillä jäykillä liitoksilla.

³⁰⁸ Leskelä, J. (1996) Puurakenteisen hallin ja kerrostalon levyjäykistys. Oulun yliopisto, rakentamistekniikan osasto, Oulu: s. 78.



Kuva 4.3.1.7 Pilari-palkkirunkoinen puukerrostalo.

Järjestelmän etuina on pidetty suunnittelu- ja muuntojoustavuutta. Toisaalta pilarit saattavat vaikeuttaa ja rajoittaa rakennuksen pohjaratkaisun suunnittelua. Pilari-palkkirunkoinen puukerrostalo on yleensä ääniteknisesti hyvä, sillä seinät ja välipohja voidaan erottaa joustavilla liitoksilla kantavasta rakenteesta³⁰⁹. Pilari-palkkirunkoa on käytetty Ylöjärven puukerrostalokohteessa. Pilari-palkkirunkoisen rakennuksen runkovaihe on helppo ja nopea tehdä. Puukerrostalon rakentamisessa pilari-palkkijärjestelmän on katsottu olevan platform-järjestelmää jonkin verran kalliimpi ja jäykistys- ja liitostekniikaltaan vaativampi.

Pilari-palkkirungon jäykistys

Pilari-palkki- ja pilari-laattajärjestelmiä on yleensä pidetty asuntojen muunneltavuuden ja ääneneristävyyden kannalta hyvinä ratkaisuinä. Puurakentamisessa niiden ongelmana on rungon jäykistys. Näissä runkojärjestelmissä jäykistävät vinositeet huonontavat asuntojen muuntojoustavuutta ja vaikeuttavat ikkunoiden ja oviaukkojen vapaata sijoittelua.

Puukerrostalon kantava runko voidaan tehdä liima- tai viilupuisista pilari- ja palkkielementeistä. Teräksisten liitososien, kuten teräslevyjen ja vaarujen, avulla niistä voidaan koota erilaisia kehärakenteita, jotka mitoitetaan kestäväksi väli- tai yläpohjilta tulevat pysty- ja vaakasuorat kuormat. Liitosten jäykkyyttä voidaan lisätä myös liimauksen avulla. Pilarien ja palkkien välisten liitosten jäykkyys on erilaisista liitososista huolimatta varsin heikko, ne ovat niin kutsuttuja puolijäykkiä liitoksia. Tämän vuoksi kehien vaakasuorat siirtymät voivat kasvaa liian suuriksi ja kehien laskennallinen tarkastelu on hankalaa.

³⁰⁹ Keronen, A. (1997): Esitelmä ja artikkeli: Puukerrostalon rakenteet. Puurakentaminen-seminaari Valkealassa 10.12.1997: s. 3 - 4.

Kehän vaakasuoraa jäykkyyttä voidaan parantaa käyttämällä kehän tasossa kehänurkkia yhdistäviä teräksisiä vinoside- tai ristikkojäykisteitä. Riittävän palosuojauksen varmistamiseksi vinositeet ja ristikot on tarkoituksenmukaisinta sijoittaa ulko- ja väliseinien sisään, jolloin eriste- ja seinälevyvyt suojaavat niitä palolta. Toisaalta tästä aiheutuu puurungon loveuksia, jotka hidastavat runkotyötä ja vaikeuttavat seinien elementointia. Huoneistojen välisissä kaksoisseinissä vetotangot, -vaijerit ja ristikot voidaan sijoittaa seinärunkojen väliin jäävään rakoon ilman loveuksia. Vinositeet tulisi kuitenkin sijoittaa aina siten, että ne voidaan myöhemmin kiristää.³¹⁰

4.3.3 Pilari-laattajärjestelmä

Pilari-laattajärjestelmässä rakennuksen kantavan rungon muodostavat puiset pilarit, joihin liitetään nurkistaan väli- ja yläpohjalaatat. Seinäelementit asennetaan yleensä vapaasti laattojen ja pilareiden väliseen tilaan. Rakennusten jäykistys hoidetaan tavallisesti vaakasuunnassa välipohjatasojen ja pystysuunnassa vinositeiden ja jäykkien liitosten avulla.

Pilari-laattajärjestelmän etuna on rakennuksen rungon nopea pystytys sekä pohjaratkaisun muuntojoustavuus. Mitä tiheämmäksi pilariruudukko muodostuu, sitä enemmän se vaikuttaa suunnitteluun ja tilojen käyttöön. Pilari-laattajärjestelmän käyttö puukerrostalorakentamisessa on tiettävästi harvinaista.

4.3.4 Kantavan rungon sekajärjestelmät

Puukerrostalojen runko voidaan tehdä myös sekajärjestelmää hyväksi käyttäen. Useampikerroksisten sekajärjestelmällä tehtyjen puurakennusten perusongelmana voidaan pitää rungon epätasaista painumista. Jos rungossa käytetään eri tavalla painuvia rakennusosia, näiden liittymäkohdat on suunniteltava erityisen huolellisesti.

Puukerrostalorakentamisessa rakennesuunnittelulla on keskeinen osa. Rakennusten arkkitehtuuri ei useinkaan rajoita rakennejärjestelmien tai elementoinnin valintaa. Rakennuksen luonnossuunnitteluvaiheessa on tarkoituksenmukaista etsiä arkkitehtisuunnitelmien pohjalta useita vaihtoehtoisia ratkaisuja rakennejärjestelmäksi. Rakennuksen rungossa on mahdollisuus käyttää myös erilaisia sekajärjestelmiä kulloisenkin tilanteen ja vaatimusten mukaisesti. Valintojen perusteena käytetään tavallisimmin eri vaihtoehtojen teknisiä ominaisuuksia sekä ratkaisujen taloudellisuutta. Puurakentamisessa sekajärjestelmien hyväksikäyttö edellyttää eri osien liitosten huolellista rakennesuunnittelua ja mitoittamista. Rakennuksen suunnittelussa on valittava jokin sellainen mittajärjestely, jonka avulla voidaan käyttää standardimittoihin perustuvia elementtejä, komponentteja ja rakennustarvikkeita. Näin voidaan vähentää rakentamiseen kuluva työtä ja materiaaleja sekä pienentää hankkeen kokonaiskustannuksia. Mittajärjestelmä rajoittaa yleensä jonkin verran suunnittelun vapautta.

³¹⁰ Kilpeläinen, M. (1997), op.cit.: s. 79.

4.3.5 Suomalainen avoin puurakentamisjärjestelmä

Puurakentamisen teknologiaohjelmassa ”rakennusjärjestelmät ja -prosessit” -osa-alueen teemoina ovat olleet muun muassa ”kustannustehokas puutalo” ja ”avoin, luonnonmukainen pientalojärjestelmä”, jota voidaan soveltaa myös rivi- ja kerrostalotuotantoon. Puukerrostalorakentamisen kehittämistyössä on havaittu, että suomalaista puurakentamiskäytäntöä tulisi yksinkertaistaa ja yhtenäistää ja puurakentamiseen liittyvää monimutkaisuutta pitäisi karsia. Tämän vuoksi Tampereen teknillisen korkeakoulun arkkitehtuurin osastossa on 1990-luvun loppupuolella kehitetty Suomen Puututkimus Oy:n rahoituksella suomalaisen avoimen puurakentamisjärjestelmän perusteet, jotka sisältävät:

- avoimen järjestelmän kehittämisstrategian
- rakennuksen rungon tuotteistuksen mittastandardeineen
- mallisuunnitelmat rungon perusrakenteille liittymä- ja kiinnityspäätteineen
- eristys- ja levyratkaisujen periaatteet rungon perusrakenteisiin ja
- toiminnallisen kuvauksen puurakentamisen eri osa-alueille.

Suomalaisen avoimen puurakentamisjärjestelmän perustaksi on otettu pohjoisamerikkalainen platform-puurakentamisjärjestelmä, koska se täyttää avoimelle järjestelmälle asetetut vaatimukset niin suunnittelun, tuotannon kuin kaupankin näkökulmasta. Tavoitteena on ollut, että samoja vakioituja puurungon osia voidaan käyttää niin pien-, rivi- kuin kerrostaloissakin.³¹¹ Suomalaisista puukerrostalokohteista saatujen kokemusten perusteella näyttäisi siltä, että järjestelmä voidaan kehittää hyvin soveltumaan suomalaiseen asuntorakentamiseen.³¹² Suuri kysymys järjestelmän aikaansaamisessa on siinä, miten se saadaan käytännössä toimivaksi. Lisäksi kehitystyö tulisi tapahtua markkinavetoisesti. Toimivan avoimen rakennusjärjestelmän eduista hyötyisivät loppukäyttäjät (laatu, hinta, joustavuus), rakennuttajat (aito kilpailu), suunnittelijat (suunnittelun yksinkertaisuus, tarkkuus ja nopeus), urakoitsijat (yksinkertaisuus, nopeus, edullisuus), tuoteosatoimittajat (oman tuotteen kehittäminen) ja perusteellisuus (sitoutuminen jatkojalostukseen).³¹³

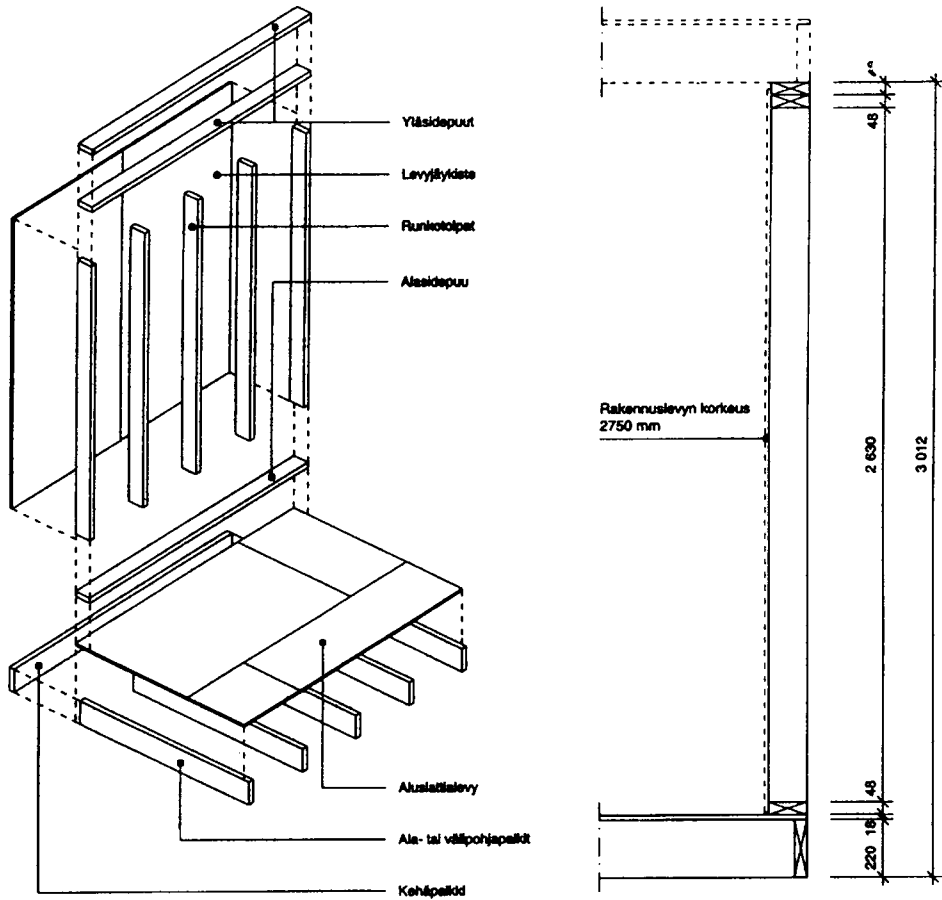
Järjestelmäkehitystyön jatkaminen on puurakentamisen kilpailukyvyn kannalta tärkeä tulevaisuuden tehtävä. Lisäksi laadulla kilpaileminen korostuu, koska järjestelmärakentaminen antaessaan mahdollisuuden hyvien ratkaisujen vakiinnuttamiseen ja toistoihin poistaa virheitä ja parantaa toteutuksen laatua. Puukerrostalojen tuoteosarakentamisen menetelyssä tuoteosajaoksi on esitetty seuraavaa jakoa: 0. Maa- ja pohjarakennus, 1. Perustusvaihe, 2. Runkovaihe, 3. Sisustusvaihe, 4. Maalaus- ja tasoitetyöt ja 5. LVIS-työt. Lisäksi nämä vaiheet

³¹¹ Suomalaisesta avoimesta puurakentamisjärjestelmästä on tuotettu jo yksityiskohtaisia julkaisuja, kuten RT-kortit ja opasjulkaisut: Puuinfo Oy (1999) Avoin puurakennejärjestelmä, rakennussuunnittelu. Puuinfo Oy. Vammalan kirjapaino Oy ja Puuinfo Oy (1999) Avoin puurakennejärjestelmä, arkkitehtisuunnittelu. Puuinfo Oy. Vammalan kirjapaino Oy.

³¹² Viljakainen, M. & Määttänen, T. (1998) Platform-järjestelmätutkimus, ehdotus avoimen puurakentamisjärjestelmän perusteiksi. Julkaisu 23. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Arkkitehtuurin osasto, Rakennussuunnittelun laitos. Tampere: s. 3.

³¹³ Ibid.: s. 23 -24.

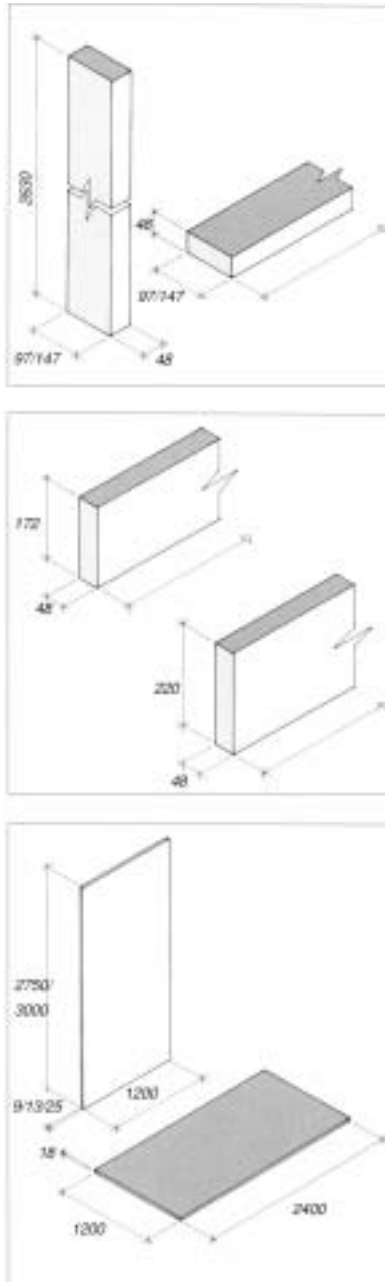
on jaettu edelleen tuoteosa- ja osatoimituksiin.³¹⁴ Suomalaiseen rakentamiseen on juurtunut perinteinen rakennuttaja-urakoitsija-aliurakoitsija-tavarantoimittaja -reviirijärjestely, joten tuoteosakauppalähtöinen ajattelutapa ei ole maamme ensimmäisissä puukerrostalokohdeissa yrityksistä huolimatta onnistunut.³¹⁵



Kuva 4.3.5.1 Suomalaisessa avoimessa puurakennesjärjestelmässä rakenteissa käytettäviä perustarvikkeita ovat määrämittaiset runkotolpat, ala- ja välipohjapalkit ja rakennuslevyt.

³¹⁴ Viljakainen, M., Sabelström, P., Määttänen, T. & Keronen, A. (1997) Puu-Paavola; kokemuksia tuoteosarakentamisesta. ”Viitesuunnitelmia eri tuoteosakombinaatioille” -tutkimusraportti. TTKK, Arkkitehtuurin osasto, rakennussuunnittelun laitos. Julkaisu No 21. Tekes, Suomen Puututkimus Oy. Tampere: s. 12, Liite 0-5.

³¹⁵ VTT:n teettämän tutkimuksen mukaan puurakentamisen verkostoitumisen onnistumisen kannalta keskeisimpiä asioita ovat tuotannon ohjaus, avoin tiedonkulku, luottamus ja sitoutuminen. Ongelmaksi puurakentamisen verkostoissa todettiin riskinjakojärjestely. Lähde: Rintala, K. (1998) Verkostot puurakentamisessa. VTT Rakennustekniikka: s. 3.



Kuva 4.3.5.2 Suomalaisen avoimen puurakennesjärjestelmän vakio-osien mittoja (mm): runko-
tolpat ja sidepuut, palkit ja rakennuslevyt.

Suomalaisen avoimen puurakennusjärjestelmän keskeisimmät kriittiset kannanotot ovat keskittyneet maamme ensimmäisten puukerrostalojen toteutuksen yhteydessä seuraaviin näkökohtiin:

- Nykyisessä suomalaisessa rakennusoikeuskäytännössä kantavien seinien määrä on saatava mahdollisimman vähäiseksi. Tämän vuoksi on tarpeen kehittää välipohjiin pitkälaattaratkaisuja, jolloin kantavien väliseinien osuutta voidaan vähentää. Toinen vaihtoehtoinen ratkaisutapa on käyttää rakennusten sisällä vaakarungon välikannakkeina pilari-palkkilinjoja.

- Suomalaiset rakennesuunnittelijat ovat tottuneet käyttämään rakennusrungon yläpäissä runkotolppiin lovettavia yläsidepuita. Maamme ensimmäisten puukerrostalojen toteutuksessa rakennesuunnittelijat ja rakennusvalvontaviranomaiset ovat epäilleet Amerikassa ja Skotlannissa yleisesti käytössä olevaa tapaa ratkaista rungon yläpää kahden lappeellaan olevan päällekkäisen yläsidepuun avulla³¹⁶.

- Välipohjien ja ulkoseinien liittymän kohdalla muodostuu käytännössä ulkovaipan höyrynsulkukerrokseen epäjatkuvuuskohta. Tämän liittymädetaljin lämpö- ja kosteusteknistä toimivuutta on tarkasteltu Suomen ensimmäisten puukerrostalojen kehittämisen yhteydessä kriittisesti sekä teoreettisesti, laskennallisesti, kokeellisesti että valmiista rakennuskohteista mittaamalla (ks. luku 6.1.3.).

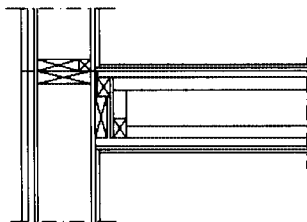
- Suomalaisessa avoimessa puurakennusjärjestelmässä vakioitujen runkotolppien mittastandardin hyväksikäyttö edellyttää 3,0 metrin kerroskorkeutta myös pientaloissa. Suunnittelijat ovat esittäneet tästä jonkin verran kritiikkiä, koska pienissä huonetiloissa uusi huonekorkeus tuntuu liian suurelta. Lisäksi kerrostaloissa yli 500 mm paksujen välipohjien käyttö (esimerkiksi ristikkovälipohjat) johtavat yli 3,0 metrin kerroskorkeuteen, ja tämä tuo pystysuunnassa lisäkustannuksia, kun ulkovaipan pinta-ala lisääntyy kunkin kerroksen kohdalla.

Koska avoimen puurakentamisen järjestelmätutkimus ja sen vakiinnuttamisen avulla tavoiteltava puurakentamisen taloudellinen kilpailukyky on keskeinen osa TTKK:ssa ja WoodFocus Oy:ssä työskentelevän TkL Mikko Viljakaisen väitöskirjatyötä, ei aihetta käsitellä tässä tutkimuksessa tämän enempää.³¹⁷

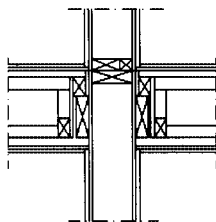
³¹⁶Esimerkiksi Vantaalla rakennusvalvonta ei ole hyväksynyt lappeellaan olevia yläsidepuita. Lähde: Ratia, P. (2000) Viranomais määräykset ja stabiilitteetti puukerrostaloissa. VTT Rakennustekniikka. Tuotantotalous ja tekniikka. RTE 24. Tampere: s. 3.

³¹⁷Myös Ruotsissa on pyrkimyksenä standardisoida puukerrostalojen rakenteet niin kutsutuksi avoimeksi rakennusjärjestelmäksi (Ett öppet träbyggnadssystem). Lähde: Vinnova (2000) WIS. Wood Interface System. Ett öppet träbyggnadssystem. Vinnova. Verket för innovationssystem: s 7.

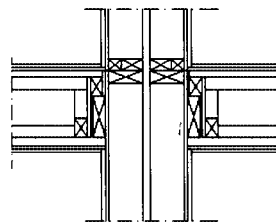
Bjälklag med I-balkar mot regelvägg



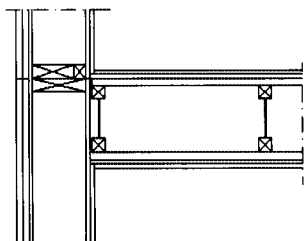
Anslutning vid upplag: Yttervägg



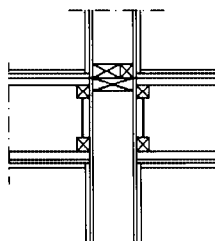
Bärande innervägg



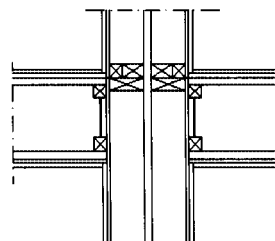
Lägenhetsskiljande vägg



Anslutning parallellt bärriktning: Yttervägg

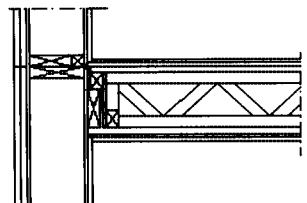


Bärande innervägg

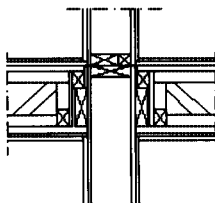


Lägenhetsskiljande vägg

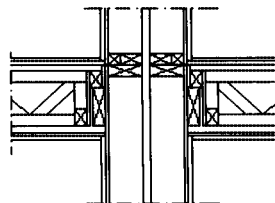
Bjälklag med fackverksbalkar mot regelvägg



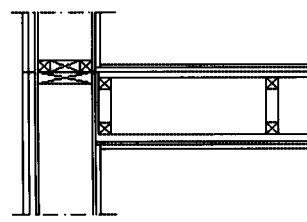
Anslutning vid upplag: Yttervägg



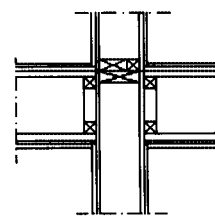
Bärande innervägg



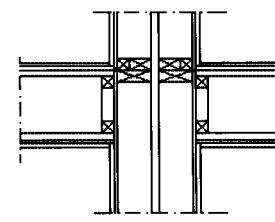
Lägenhetsskiljande vägg



Anslutning parallellt bärriktning: Yttervägg

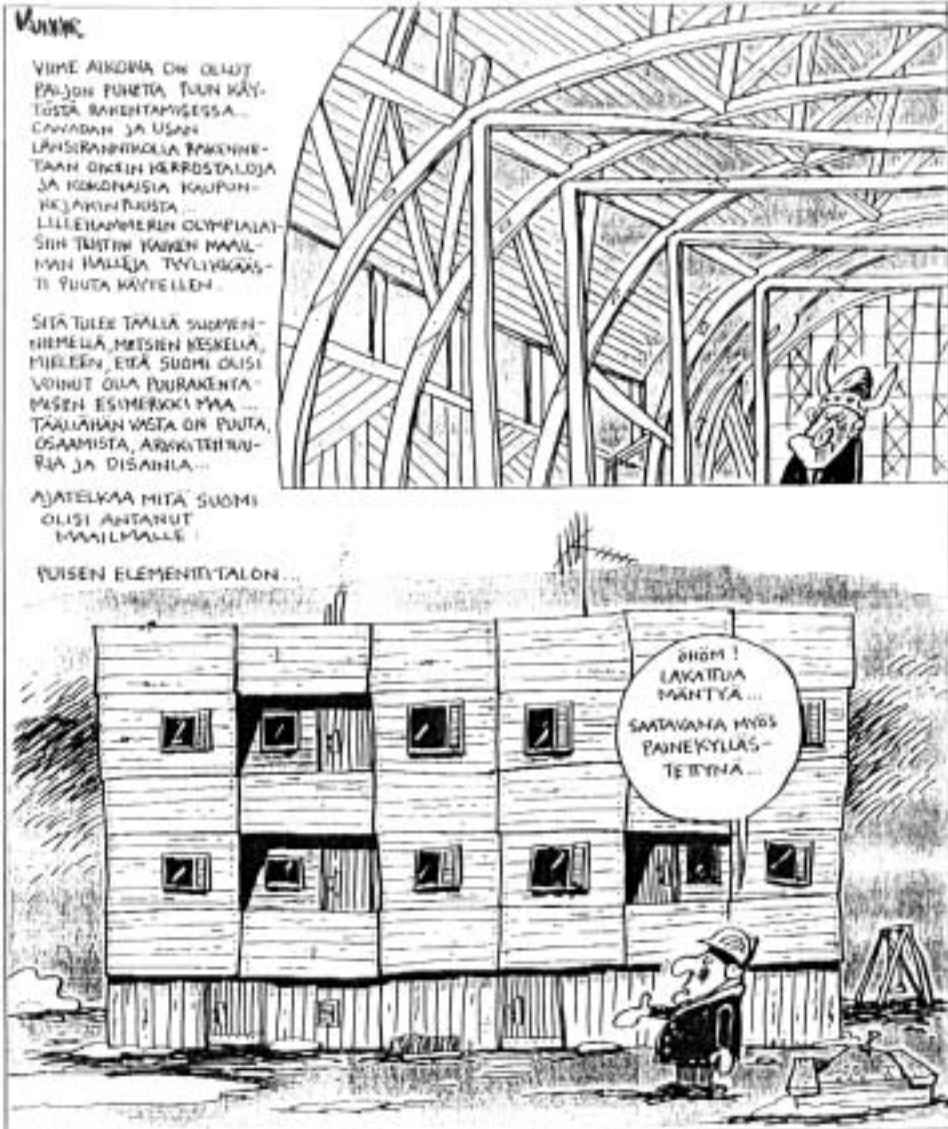


Bärande innervägg



Lägenhetsskiljande vägg

Kuva 4.3.5.3 Myös ruotsalaiset ovat pyrkineet kehittämään omaa avointa puurakennejärjestelmää vakioituine liitoksineen.



Kuva 4.3.5.4 Naseva pilapiirros suomalaisen puukerrostalon rakentamistavoitteista.

4.3.6 Rungon elementointi

Pienelementit

Pienelementit voidaan pääasiassa siirtää ja asentaa paikoilleen miesvoimin, koska ne ovat yleensä enintään 1 800 mm leveitä. Puukerrostalorakentamisessa pienelementtejä voidaan käyttää muun muassa ulkoseinissä, välipohjissa ja väliseinissä. Esimerkiksi puukerrostalojen välipohjien kantavat rakenteet voidaan toimittaa pienelementteinä. Ulkoseinäelementit ovat tavallisimmin seinän korkuisia osia, joihin on sovitettu ikkunat ja ovet valmiiksi tiivistettyinä ja heloitettuina paikoilleen. Pienelementit voidaan toimittaa myös niin kutsuttuina avoimina elementteinä, jolloin niitä täydennetään työmaalla asennuksen jälkeen. Tyypillisimpiä avoimia elementtejä ovat valmiiksi tuulensuojalevytyt tai ulkokuoratut ulkoseinäelementit, jotka toimitetaan ilman lämmöneristystä, höyrynsulkua ja sisäpuolisia seinälevytyksiä. Elementtien pystytyksen jälkeen edellä luetellut sisäpuoliset rakennusosat voidaan asentaa paikoilleen sääsuojatuissa olosuhteissa. Suomen ilmasto-olosuhteissa tällaista rakennustapaa voidaan pitää valmiiksi eristettyjen elementtien käyttöä suositeltavampana.



Kuva 4.3.6.1 Työmaalla kootun ulkoseinän pystytystä Kiinteistö Oy Puukotkan työmaalla kesällä 1996.

Pienelementtien käyttö on ollut pitkään yleistä suomalaisessa omakoti- ja rivitaloasuntotuotannossa. Pienelementteinä voidaan pitää myös kattoristikkoita sekä määrämittaan katkottuja ja työstettyjä runkotolppia, pilareita, palkkeja sekä seinä- ja lattialevytyksiä. Pienelementit ja avoimet elementit soveltuvat hyvin puukerrostalorakentamiseen. Kantavina pystyrakenteina toimivat tällöin yleensä ulko- tai väliseinät. Pienelementtien hyväksikäyttö vähentää työmaalla tapahtuvaa työn osuutta noin 7 - 10%.³¹⁸

Suurelementit

Suurelementit ovat pienelementtejä ja avoimia elementtejä suurempia, painavampia ja pidemmälle esivalmistettuja. Puukerrostalorakentamisessa suurelementeistä voidaan koota esimerkiksi ulko- ja väliseinät sekä ala-, väli- ja yläpohjat. Ulkoseinien suurelementit ovat yleensä huoneen korkuisia ja seinän pituisia. Elementteihin on tavallisesti asennettu valmiiksi ikkunat ja ovet heloituksineen, lasituksineen, tiivistyksineen ja listoituksineen. Välipohjien suurelementit ovat yleensä 1 800 - 2 400 mm leveitä. Seinä- ja välipohjaelementtien enimmäispituus on noin 12 - 14 metriä. Suurelementtien käyttö vaatii työmaalle nostokalustoa. Nostokalustoksi riittää yleensä autonosturi tai kurottaja. Suurelementit toimitetaan tavallisesti sisä- ja ulkopuolelta valmiiksi verhottuina ja lämmöneristettyinä. Tällöin esimerkiksi sähköputkitukset on sijoitettu elementteihin valmiiksi. Myös suurelementit voidaan toimittaa työmaalle avoimina elementteinä, joten esimerkiksi lämmöneristystyöt ja sisäpuoliset verhoukset tehdään vasta elementtien paikoilleen asentamisen jälkeen.



Kuva 4.3.6.2 Kiinteistö Oy Puukotkan puisen välipohjaelementin asennus käynnissä.

³¹⁸ Alakärppä, R. (1995) Artikkel: Pienelementtijärjestelmä. Julkaisussa: Laitinen, E. (toim.) (1995) Teollinen puurakentaminen. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Rakennustieto Oy. Vammalan Kirjapaino Oy: s. 63 - 67.

Suurelementtien liitokset ja liittymät ovat vaativampia kuin pienenlementtien. Puurakentamisessa elementtien liitoksien tiiviyyteen on aina kiinnitettävä erityistä huomiota. Valmispintaiset suurelementit ovat alttiimpia sään, kuljetuksen ja asennuksen vaurioille kuin avoimet elementit. Suurelementtejä käytettäessä rakennuksen kantavana rakenteena on tavallisimmin pilari-palkkirunko tai kantavat seinät -järjestelmä.³¹⁹

Tilaelementit

Tilaelementtijärjestelmässä elementit ovat itsenäisiä valmiin rakennuksen viipaleita, joita yhdistämällä rakennus voidaan koota nopeasti. Tilaelementit sisältävät yleensä valmiin lattian, seinän ja katon. Niihin on tavallisesti asennettu valmiiksi myös ikkunat, ovet ja LVIS-asennukset. Tilaelementtitekniikalle asettaa rajoituksia elementtien kuljetus. Tilaelementtien tyypillisimmät enimmäismitat ovat: leveys 3 600 - 4 500 - (5 500) mm, korkeus 3 000 - (4 000) mm ja pituus 12 - (14,5) metriä. Asuntorakentamisessa tavallisimpia tilaelementtejä ovat WC-, kylpyhuone- ja saunaelementit. Tilaelementeistä voidaan koota myös koko rakennus. Tilaelementtitekniikka vaatii yleensä rakenteiden ja liittymien vakiointia ja pitkiä tuotantosarjoja ollakseen taloudellista.

Puukerrostaloissa tilaelementtien käyttö edellyttää huolellista pohjaratkaisun ja elementtien liittymien suunnittelua. Elementtien sisältämien LVIS-asennusten liittymät tarvitsevat yleensä erillisen roilon, johon sijoitetaan liitososien lisäksi rakennuksen pystysuuntaiset nousujohtot. Tilaelementtitekniikassa on kiinnitettävä huomiota tilaelementtien kuljetuksen ja asennuksen aikaiseen jäykkyyteen sekä elementtien valmiiden sisäpintojen sääsuojaukseen. Tilaelementtitekniikalla rakennettu puukerrostalo on ääneneristykseltään hyvä, sillä huoneistojen väliset välipohja- ja väliseinärakenteet muodostuvat automaattisesti kaksoisrunkoisiksi. Puukerrostalon tilaelementtien primaarirunkona voidaan puun lisäksi käyttää myös teräsprofiileja. Teräsrunгон avulla elementtien kuljetuksen ja asennuksen aikainen jäykkyys saadaan hyväksi. Lisäksi teräksisen pystyrungon avulla poistuu puurakennuksille tyypillinen rungon painuminen. Tilaelementeistä rakennettavan puukerrostalon valmiusaste voi olla jopa 90 %, kun elementit on tuotu työmaalle ja asennettu paikoilleen.³²⁰

³¹⁹ Kalliola, T. (1995) Artikkel: Suurelementtijärjestelmä. Julkaisussa: Laitinen, E. (toim.) (1995) Teollinen puurakentaminen. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Rakennustieto Oy. Vammalan Kirjapaino Oy: s. 68 - 73.

³²⁰ Tilaelementtirakentamisen soveltuvuutta puukerrostalorakentamiseen tutkittiin Oulun Puu-Linnanmaan aloituskorttelin suunnittelun yhteydessä Oulun yliopiston arkkitehtuurin osaston Puustudiossa yhteistyössä Oulun yliopiston rakentamistekniikan osaston ja pyhäjokisen Parmaco Oy:n kanssa. Tiivistäen voidaan todeta, ettei tilaelementtitoteutus kahlinnut juurikaan asuntosuunnittelua ja että puukerrostalojen tekniset kysymykset myös tilaelementtitekniikkaan soveltuviksi saatiin ratkaistuksi. Tilaelementeistä koottava puukerrostalohanke jäi toteuttamatta, koska tilaelementtiyritys vetäytyi hankkeesta omistajavaihdoksen vuoksi vuoden 1997 lopussa.

4.4 Tilakustannustekijä

4.4.1 Peruskäsitteet: kerrosala, huoneistoala ja asuntoala

Kerrosala

Kerrosala on rakennuslakiin perustuva käsite, jolla määritellään rakentamisen laajuutta ja rakentamisoikeutta. Kerrosala kuvaa rakennettavaa alaa kaikkine tiloineen ja rakenteineen. Normaalissa asemakaavoituksessa kullekin tontille tai rakennuspaikalle sallittavan rakennusoikeuden enimmäismäärä ilmoitetaan kerrosalana. Rakennuksen kerrosalaan luetaan maankäyttö- ja rakennuslain 115 §:n mukaan kaikkien normaalien kerrosten alat sekä sellaiset ullakko- ja kellarikerrosten alat, joihin sijoitetaan tai voidaan sijoittaa näiden tilojen sijainnista, yhteyksistä, koosta, valoisuudesta ja muista ominaisuuksista päätellen asuin- ja työhuoneita taikka rakennuksen pääkäyttötarkoituksen mukaisia tiloja. Normaalisti kerrosala lasketaan rakennuksen ulkoseinien ulkopinnan mukaan kerrostasoalojen summana.³²¹ Vuoden 2000 alusta voimaan tulleen uuden maankäyttö- ja rakennuslain mukaan, jos ulkoseinän paksuus on enemmän kuin 250 mm, saa rakennuksen kerrosala ylittää muutoin rakennettavaksi sallitun kerrosalan tästä aiheutuvan pinta-alan verran.³²²

Huoneistoala

Huoneistoala on se pinta-ala, jota rajaavat huoneistoa ympäröivien ulkoseinien sekä huoneiston sisällä sijaitsevien kantavien seinien ja muiden kantavien rakennusosien huoneistojen puoleiset pinnat. Näin ollen rakennusten kantavien seinien ja pilareiden, paloteknisesti osastoivien seinien, hormiryhmien yms. rakennukselle välttämättömien rakennusosien pinta-alaa ei lasketa huoneistoalaan. Sen sijaan huonealojen summa sekä ei-kantavien seinien ja rakennusosien pinta-ala luetaan mukaan huoneistoalaan. Huoneistoalan määritelmää voidaan pitää sopimusoikeudellisena käsitteenä, sillä sen perusteella määritellään kunkin rakennuksen myytävien tai vuokrattavien neliöiden määrä. Peruslogiikkana on se, että ei-kantavien seinien yms. rakennusosien osuus lasketaan mukaan huoneistoalaan, koska niiden osuutta voidaan vapaasti muuttaa huoneistoalan (myytävien ja vuokrattavien neliöiden) pysyessä kantavine rakenteineen samana.

³²¹ Kerrostasoalan määritelmä: ”Kerrostasoala on kerrostason ala, jonka rajoina ovat kerrostasoa ympäröivien ulkoseinien ulkopinnat tai niiden ajateltu jatke ulkoseinän pinnassa olevien aukkojen ja koristeosien osalla”. Lähde: RT 12-10277 (1985) Rakennuksen pinta-alat. Rakennustietosäätiö, Helsinki.

³²² Suomen säädöskokoelma 132/1999. Maankäyttö- ja rakennuslaki. RT YM1-21107. Rakennustietosäätiö, Helsinki.

Asuntoala

Asuntoalalla tarkoitetaan valtion lainoittamassa asuntotuotannossa huoneistoalaa, josta on yleensä rajattu käyttötarkoituksen perusteella ulkopuolelle muun muassa yhteistilat, tekniset tilat, erilliset varastotilat, kylmät tilat ja kellaritilat. Muutoin asuntoala lasketaan huoneistoalan laskentatapaa noudattaen.

4.4.2 Tilakustannustarkastelu eri rakennustapojen välillä

Yleistä

Tilakustannus on lisäkustannus, joka aiheutuu rakenteiden paksuntamisesta. Jos poikittainen väliseinä paksunee, lisääntyy esimerkiksi ulkoseinä määrä ja putkistojen pituus. Koska rakennusoikeus on rajattu, myytävä tai vuokrattava huoneistoala vähenee. Tämä on suurin osa tilakustannusta. Huomattavaa on, että tilakustannusta aiheutuu myös pystysuunnassa. Kun välipohja paksunee, lisääntyy esimerkiksi ulkoseinän määrä sekä putkistojen ja porrassyöksyjen pituus. Pystysuunnassa tilakustannus ei kohdistu lattian pinta-alaneliöihin, joten se ei aiheuta tässä suhteessa spekulatiivista myynti- tai vuokratuoton alenemista.

Edellä kuvattujen määritelmien ja käytäntöjen mukaisesti rakennuksessa kantavien rakenteiden ja ulkoseinien pinta-alan muutokset aiheuttavat tilakustannuksia. Nykyisen rakennusoikeuskäytännön mukaan rakennuksen kantavat rakenteet lasketaan rakennusoikeuteen. Toisaalta kantavia rakenteita ei lasketa rakennuksen hyötyneliöihin. Kantavien seinien teko maksaa, mutta niiden ala ei tuota tuloa asuntoja myytäessä tai vuokrattaessa. Kun huoneistoala pyritään saamaan mahdollisimman suureksi, huoneistoalan ulkopuolelle jäävien ulkoseinien, kantavien seinien ja pilareiden sekä osastoivien väliseinien ja hormiryhmien alat on supistettava mahdollisimman pieneksi. Tämä tarkoittaa sitä, että ulkoseinät ja huoneistojen väliset seinät tulisi tehdä mahdollisimman ohuiksi ja huoneistojen sisällä kantavia seiniä tulisi olla mahdollisimman vähän. Suunnitteluratkaisuilla, erityisesti rakennuksen runkojärjestelmän valinnalla, voidaan siten vaikuttaa oleellisesti tilakustannuksiin.³²³

Tilakustannus rakenteisiin menetettyinä tilan myynti- tai vuokrakustannuksina on poikkeuksetta suurempi kuin näiden rakennusosien paksuntamisesta aiheutuvat rakentamiskustannukset eli materiaali- ja työkustannukset. Normaalisissa kerrostalorakentamisessa tilakustannuksen merkitys on suuri, koska sekä asuntotuotannon rahoituskäytännöt että asunnoista saatava vuokra- tai myyntituotto perustuvat huoneistoalaan ja koska rakennusoikeuden määrä on yleensä kaavoituksella rajoitettu.

Asuntokohteissa rakennuttajan etu on saada sallitusta rakennusoikeudesta mahdollisimman suuri määrä käytetyksi huoneistoalana. Rakennuttajan etu on myös se, että porrashuoneet ja kaikki kerrosten yhteistilat olisivat pinta-alaltaan mahdollisimman pieniä, koska niiden rakentaminen katetaan asuntojen myynti- tai vuokratuloilla. Asuntotuotannossa

³²³ Heikkilä, J. (1999) Puukerrostalojen kilpailuttaminen, urakkakilpailumenettelyn kehittäminen Kiinteistö Oy Linnakotkan rakennushankkeen yhteydessä. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio. Oulun yliopistopaino, Oulu: s.16.

rahoituksen kohdistumista huoneistoalaan voidaan kritisoida, koska käytäntö johtaa markkinatilanteessa siihen, että rakennusten yhteistilat, harrastetilat ja liikennetilat pyritään minimoimaan. Lisäksi rahoitustapa on johtanut huoneistokohtaisten saunojen rakentamiseen, koska asunnoissa sauna on rahoitettavaa alaa, mutta yhteissauna ei ole.

Kritiikki rakennusoikeuden määrittämisestä

Tilakustannuskysymys on jo vuosikymmeniä aiheuttanut rakennusalalla kritiikkiä rakennusoikeuden määrittämisestä kohtaan. Erityisesti kritiikki on johtunut rakennusten ulkoseinien paksuudesta, jotka ovat vakiintuneet suhteellisen paksuiksi tiili- ja betonirakentamisen vuoksi. 1980-luvun lopulla useiden rakennusalan kehittämis- ja teknologiaprojektien raporteissa todettiin rakennusoikeuden laskentatavan jarruttavan kehitettyjen ratkaisujen hyödyntämistä.

Rakennusoikeuden laskentatavan on todettu aiheuttaneen muun muassa seuraavia kielteisiä ilmiöitä:

- rakennusoikeusmäärittämisvaikeuksia lasikuistien, -parvekkeiden ja viherhuoneiden osalla³²⁴
- pitkiä eteiskäytäviä asuinhuoneistoihin, kun porrashuone halutaan saada mahdollisimman pieneksi
- visuaalisesti ankeiden maanpäällisten kellaritilojen suosimista
- spekulointia tilojen käyttötarkoituksista
- ulkoseinien ohentamista seinän tuuletuksen, lämmöneristyksen ja kestävyuden kustannuksella
- rakennusten apu- ja yhteistilojen minimoimista.³²⁵

Vuoden 1989 alussa nimettiin työryhmä, jonka tehtäväksi tuli kehittää uusi rakennusoikeuden laskentatapa, jossa puutteet mahdollisuuksien mukaan poistettaisiin³²⁶. Työryhmän selvityksessä tarkasteltiin rakennusoikeutta kokonaisuutena, tilavuutena, huoneistoalana ja asuntojen lukumääränä. Rakennusoikeuden määrittelyssä huoneistoalasta puhuttiin *nettoalana*. Selvityksessä mainittiin, että nettoalan mukaan rakennusoikeuden laskentatapa ei aiheuttaisi rakennustekniikan kehittämistä ohjaavia tilakustannuksia. Lisäksi rakennusten aputilat voitaisiin suunnitella tarkoituksenmukaisiksi. Etuna saavutettaisiin myös avarampi

³²⁴Nykyisin avoimia, rakennuksen vaipan ulkopuolisia luhtikäytäviä ja niihin liittyviä portaita ei lueta kerrosalaan. Samoin parvekettä ei lueta kerrosalaan (lasitetun parvekkeen ulkoilmaan rajoittuvasta osasta 30 % tulee olla avattavissa, ja lasitus ei saa olla ulkoseinän omainen). Sen sijaan viherhuoneet ja talokatteiset tilat luetaan kerrosalaan. Lähde: Ympäristöopas 72 (2000) Kerrosalan laskeminen. Ympäristöministeriö, Helsinki: s. 25.

³²⁵Weck, T.-U. (1990) Artikkelit: Rakennusoikeuden laskentatavan kehittäminen. *Tiili-lehti* 1/90 ja Suominen, T. (1990) Rakennusoikeuden määrittely. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Rakentamistalous 1990/2, Tampere.

³²⁶Pohjana työryhmän työlle oli Tampereen teknillisessä korkeakoulussa valmistunut tutkimus: Suominen Timo (1990) Rakennusoikeuden määrittely. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Rakentamistalous 1990/2, Tampere 1990.

sisäarkkitehtuuri. Pitkät eteiset, pienet hissit ja kapeat portaat poistuisivat, ja liikuntaesteisten vaatimat tilajärjestelyt olisi helpompi ottaa huomioon. Lisäksi nettoalan käyttö johtaisi todennäköisesti energiataloudellisempiin ja paremmin lämmöneristettyihin ulkoseiniin sekä paksumpiin ja paremmin ääntä eristäviin väliseiniin. Kielteisenä puolena huoneistoalan mukaisesta rakennusoikeuskäytännöstä mainittiin esimerkiksi pinta-alojen laskentatyön lisääntyminen, rakennusmassan koon arvioinnin vaikeudet asemakaavoituksessa ja spekuloinnit kantavien ja osastovien seinien sekä pystyinstallaatioiden mitoilla. Työryhmän esittämä menettelytapa perustui pääosin huoneistoalan mukaan määräytyvään rakennusoikeuteen. Työryhmän mukaan rakennusoikeuden kerrosalamääritelmän korjaaminen on toteutettavissa asetuksen muutoksella. Kerrosalan käsite olisi laissa tarkoituksenmukaista käyttää voimassa olevien kaavojen takia. Käsitettä kuitenkin tarkistettaisiin ja se nimettäisiin *rakennusoikeusalaksi*.³²⁷ Työryhmän esitys ei toteutunut.

Tilakustannus kerrostalorakentamisessa

Nykyisen rakennusoikeuden määritelmän mukaan tilakustannuksen kannalta on edullista käyttää kerrostaloissa runkoratkaisuja, joissa kantavien ja osastovien pystyrakenteiden pinta-ala on mahdollisimman pieni. Tällaisia ratkaisuja ovat esimerkiksi pilari-palkki- ja pilari-laattajärjestelmät sekä pitkälaattajärjestelmät, joissa ainoastaan joko ulkoseinät tai huoneistojen väliset seinät ovat kantavia. Rakennuttajan kannalta ei-kantavat seinät ovat edullisia, sillä niiden pinta-ala lasketaan mukaan myytäviin tai vuokrattaviin huoneistoneliöihin. Sen sijaan huoneistojen sisäiset kantavat väliseinät ovat asukkaiden kannalta edullisia, sillä niiden pinta-alasta ei peritä myynti- tai vuokrahintaa.

Tavanomaisessa betonirunkoisessa asuinkerrostalossa huoneistojen väliset seinät valetaan yleensä 180 mm:n paksuisiksi betoniseiniksi, jolloin huoneistojen väliset palo- ja ääneneristysvaatimukset tulevat täytetyiksi (REI 60 ja $R' > 55$ dB). Välipohjat tehdään useimmiten esijännitetyistä ontelolaattaelementeistä, jotka ulottuvat ilman välitukia huoneistojen välisestä seinästä seuraavaan huoneistojen väliseen seinään. Huoneistojen sisällä ei siten yleensä tarvita huoneistoalaa pienentäviä kantavia seinäiä eikä pilareita. Ulkoseinät tehdään yleensä ei-kantaviksi kevytrakenteisiksi seiniksi, jolloin ne saadaan mahdollisimman ohuiksi. Lisäksi ulkoseinien osalle on uudessa maankäyttö- ja rakennuslaissa määriteltä aiemmin kuvattu 250 mm:n sääntö. Maankäyttö- ja rakennuslaissa on lisäksi annettu kunnan rakennusvalvontaviranomaisille oikeus myöntää vähäinen poikkeuma rakentamista koskevista rajoituksista, kuten rakennusoikeuden määrästä³²⁸. Tällä ratkaisulla on esimerkiksi pyritty pääsemään pois kyseenalaisista pyrkimyksistä tehdä rakentamismääräysten mukaisesti (lämmöneristys- ja kosteusmääräykset täyttäen) ulkoseinien lämmöneristyskerros mahdollisimman ohueksi tai tuuletusrako mahdollisimman kapeaksi tavoiteltaessa rakennusoikeuden sisällä mahdollisimman suurta asuinneliöiden määrää. Luotu käytäntö antaa tällöin etuutta erityisesti paksuille betoni- ja tiilirakenteisille ulkoseinille. Niinpä nykyisen rakennuslainsäädännön mukaan asuinkerrostalorakentamisessa vallalla oleva betonirunkojärjestelmä on saatettu tilakustannusten kannalta varsin kilpailukykyiseksi.

³²⁷ Weck, T.-U. (1990), loc.cit.

³²⁸ Maankäyttö- ja rakennuslaki (1999) Suomen säädöskokoelma 132/1999/115§ Kerrosala, 171§ Poikkeamisvalta, 172§ Poikkeamismenettely ja 175§ Vähäinen poikkeaminen rakennusluvan yhteydessä. RT YM1-21107. Rakennustietosäätiö, Helsinki.

Tilakustannusten kannalta kevytrunkoiset (puu- ja teräs-) ulkoseinät ovat kivirakenteisia edullisempia pienemmän paksuutensa ansiosta, joskin 250 mm:n sääntö pienentää rankorakentamisen etua tässä suhteessa. Sen sijaan tiheästi toistuviin kantaviin seiniin perustuva puukerrostalo on tilakustannusten kannalta epäedullinen, jos välipohjissa käytetään massiivipuukannakkeita. Massiivipuukannakkeilla päästään vain noin neljän metrin jänneväleihin, mikä johtaa huoneistojen sisälle rakennettaviin kantaviin seiniin, jotka taas pienentävät huoneistoalaa. Sama ongelma on myös paikalla valettavissa betoniholveissa. Tilakustannusten kannalta myös puukerrostalojen kilpailukykyä voidaan parantaa kehittämällä pitkälaattaratkaisuja, joilla voidaan ylittää koko huoneiston muodostama jänneväli ilman kantavia väliseiniä huoneiston sisällä. Tässä suhteessa tilakustannusta voidaan pitää enemmän rakennusjärjestelmäkysymyksenä kuin eri rakennusmateriaalien välisenä kysymyksenä. Myös paksut huoneistojen väliset seinät ovat tilakustannusten kannalta epäedullisia. Epäedullisin tilanne on kaksinkertaisilla tiiliväliseinillä ($130 + 30 + 130 = 290$ mm). Myös tavanomaiset puurakenteiset huoneistojen väliset seinät ovat suhteellisen paksuja. Puu- ja teräsrankarakentamisessa huoneistojen välisiä tuplarunkoseiniä voidaan ohentaa limittämällä seinän runkotolpituksia sik-sak-periaatteen mukaisesti.

Vuonna 1994 voimaan tullut kerroskorkeuden muutos kerrostaloissa 2,8 metristä 3,0 metriin suosii puu- ja teräsrakentamista. Huonekorkeuden 2,5 metrin vähimmäiskorkeuteen pääsemiseen riittäisi nykyiselläänkin 2,8 metrin kerroskorkeus betonivälipohjaisissa kerrostaloissa. Sen sijaan monikerroksiset puu- ja teräsrakenteiset välipohjat tarvitsevat paksunnan tilan välipohjalle, noin 350 - 500 mm. Tässä suhteessa betonirakentamisen tilakustannusetu on rajattu pystysuunnassa pois. Toisaalta tilakustannustekijällä ei ole niin suurta merkitystä pystysuunnassa kuin vaakasuunnassa, jossa vaikutetaan suoraan myytävien ja vuokrattavien neliöiden määrään.³²⁹

4.4.3 Tilakustannusvertailu toteutettujen puukerrostalojen ja tavanomaisten betonikerrostalojen välillä

Seuraavassa on esitetty tilakustannusvertailututkimus kaikista Suomen ensimmäisistä puukerrostalokohteista. Kustakin puukerrostalokohteesta on laskettu huoneistoalan pinta-alamuutokset, kun:

- a) Huoneistojen väliset seinät on muutettu kevytrakenteisista tuplarunkoseinistä 180 mm:n paksuisiksi betoniseiniksi.
- b) Ulkoseinät on muutettu 250 mm:n paksuisiksi.
- c) Huoneistojen sisältä on poistettu kaikki kantavat väliseinät.

³²⁹ Oulun Puu-Linnanmaan aloituskorttelin, Kiinteistö Oy Linnakotkan, urakkakilpailumenettelyssä saatiin palautetta siitä, että kokenut urakoitsija voi hinnoitella asuntorakentamista jo huoneistojen keskipinta-alan sekä sen mukaan millainen on asuntoalan suhde kokonaisalaan ja ulkovaipan pinta-alan suhde kokonaisalaan. Näiden tunnuslukujen perusteella oli kohteen suunnitelmista nähtävissä, ettei kohde tule mahtumaan ARA:n hyväksymään hintaraamiin. Näin kävikin - hinnan ylitys oli noin 10 %. Lähde: Heikkilä, J. (1999), op.cit.: s. 31, 36 - 37. 39, 41, 43 - 44.

Tilakustannuslaskelmien avulla voidaan tarkastella puukerrostalorakentamisen kilpailukykyä nykyisen rakennusoikeusmääritelmän ja rakennuslainsäädännön mukaan tavanomaiseen betonirunkokerrostalorakentamiseen verrattuna. Pinta-alatiedot on laskettu Suomen ensimmäisten toteutettujen puukerrostalojen 1:100-mittakaavaisten rakennuslupakuvien perusteella.

Taulukossa miinusmerkki osoittaa, että puukerrostalon todellisiin rakenteisiin verrattuna huoneiston vuokrattavien tai myytävien asuinneliöiden pinta-ala olisi kasvanut ja plusmerkki osoittaa, että puukerrostalon todellisiin rakenteisiin verrattuna huoneistoala olisi pienentynyt, jos puukerrostalojen toteutetut rakenteet olisi korvattu edellä mainituilla yleisillä betonikerrostalon runkoratkaisuilla ja ulkoseinän 250 mm:n paksuussäännöllä. Toisin sanoen miinusmerkki osoittaa tilakustannusten kannalta puukerrostalojen epäedullisia rakenteita ja plusmerkki edullisia rakenteita. Yhteenlaskusarakkeeseen on laskettu yhteen a) ja c)-kohtien pinta-alat sekä b)-kohdasta vain plusmerkkiset pinta-alatiedot (miinusmerkkisiä pinta-aloja ei ole yhteenlaskusarakkeeseen b)-kohdasta otettu huomioon, koska 250 mm:n paksuutta ylittäviä pinta-aloja ei lasketa rakennusoikeuteen).

Kohde	Yhteensä	Huoneis- tojen välinen seinä	Ulkoseinä	a)	b)	c)
Ylöjärvi	+ 3,29 m ²	277mm	213mm	-6,51 m ²	+9,80 m ²	0
Viikki	- 140,55 m ²	324mm	262mm	-77,20 m ²	(-6,32 m ²)	-63,35 m ²
Oulu	- 3,23 m ²	214mm	240/244mm	-4,36 m ²	+1,13 m ²	0
Tuusula	- 84,29 m ²	339mm	250mm	-84,29 m ²	0	0
Raisio	- 50,77 m ²	271mm	247-254mm	-50,77 m ²	(-0,68 m ²)	0
Lahti: (Pinja)	- 11,45 m ²	319mm	227-253mm	-18,33 m ²	+6,88 m ²	0
(Poppeli)	- 119,07 m ²	319mm	226-252mm	-44,87 m ²	+9,52 m ²	-38,85 m ²
Porvoo: (Fredrika)	- 35,00 m ²	306mm	266mm	-35,00 m ²	(-7,60 m ²)	0
(Aleksan- terinkatu 29)	- 17,99 m ²	256mm	238mm	-12,67 m ²	+4,28 m ²	-9,60 m ²
Naantali	- 64,11 m ²	256mm	249mm	-33,60 m ²	(-7,41 m ²)	-30,51 m ²

Laskelmista ilmenee, että tilakustannusten kannalta epäedullisimmat rakenteet löytyvät Viikin, Lahden Poppelin, Tuusulan ja Naantalin puukerrostalokohteista. Edullisimmat rakenteet ovat Ylöjärven ja Oulun puukerrostaloissa. Ylöjärven tilanteen selittää rakennuksen pilari-palkki-runkoratkaisu. Oulussa tilakustannustarkastelu oli mukana jo kohdetta suunniteltaessa, jolloin huoneistoalaa vähentävät rakenteet pyrittiin rajoittamaan runko- ja rakennetyypiratkaisuvalinnoilla mahdollisimman pieniksi.

Huomattavaa on, että tilakustannuksella on erityistä merkitystä silloin, kun rakennusoikeus on rajoitettu ja kun huoneistoala pyritään maksimoimaan. Huoneistoalaa syövien kantavien rakenteiden määrään vaikuttaa runkoratkaisun lisäksi myös talotyyppiratkaisu. Esimerkiksi piste-, lamelli- ja keskikäytävätalossa on luhtikäytävätaloihin verrattuna enemmän porrashuoneisiin rajoittuvia osastoivia ja ääntäeristäviä seinä, jotka ovat puukerrostaloissa yleensä paksumpia kuin vastaavissa betonikerrostaloissa.

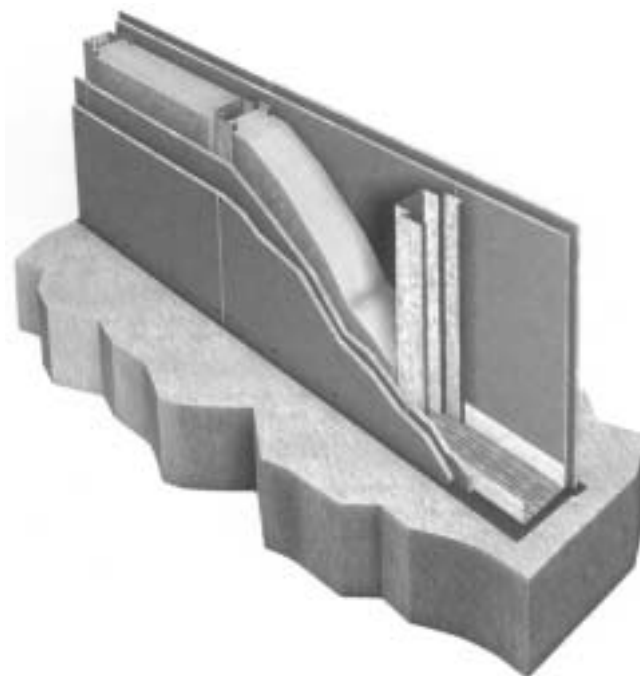
Laskelmista on selvästi nähtävissä, että puukerrostaloissa kaksoisrunkoiset huoneistojen väliset seinät ja kantavat sisäseinät ovat tilakustannusten kannalta varsin epäedullisia. Puukerrostalojen ulkoseinät olisivat tilakustannusten kannalta paksuja kiviaineisia ulkoseiniä paljon edullisempia, ellei maankäyttö- ja rakennuslaissa osoitettu 250 mm:n sääntö poistaisi puu-ulkoseiniltä tätä etua. Toisaalta vuonna 2003 kiristyvät lämmöneristysmääräykset tulevat kääntymään yhä enemmän puurakentamisen ja niille tyypillisten ohuiden ulkoseinärakenteiden eduksi. Sen sijaan voidaan esittää kysymys siitä, miksei huoneistojen välisille seinille voisi määrittää samanlaista rakennusoikeuteen luettavan paksuuden enimmäissääntöä kuin ulkoseinillä on. *Nettoalaan* eli huonealojen summaan perustuva rakennusoikeuskäytäntö olisi asunnon ostajien ja vuokraajien kannalta kaikkein oikeudenmukaisin, koska nykyisin asukkaat maksavat myös ei-kantavien sisäseinien pinta-alan osuudesta. Asumisen kannalta ei ole merkitystä sillä, onko huoneistossa sijaitseva väliseinä kantava vai ei. Tällaisella muutoksella eri rakennusmateriaaleilla ja runkojärjestelmillä toteutettavat rakentamistavat saataisiin nykyistä tasa-arvoisemmiksi. Tämä lisäisi kilpailua ja alentaisi rakentamisen kokonaiskustannuksia. Muussa tapauksessa puukerrostalorakentamisessa on siirryttävä käyttämään välipohjissa pitkälaattarakaisuja tai palkkistojen välitukina pilari-palkkikehiä.³³⁰

Puukerrostalossa kantavien väliseinien tarpeeseen vaikuttavat oleellisesti rakennuksen runkojärjestelmä sekä kantavien vaakarakenteiden jännevälit. Käytettäessä vaakarakenteissa massiivista sahatavaraa on enimmäisjänneväli noin 4,5 metriä. Tämä merkitsee sitä, että asunnon sisällä on tällöin tavallisesti oltava kantava seinälinja tai palkkilinja mahdollisine pilareineen. Liima- ja kertopuupalkkeja sekä erilaisia ohutuuma-, ristikko- ja arinapalkkeja käytettäessä päästään yksiaukkoisilla kannakkeilla jopa 7 - 10 metrin jänneväleihin. Toisaalta kantavien väliseinien tai pilari-palkkilinjojen käyttö pitkillä jänneväleillä on tarpeen haitallisen taipuman ja värähtelyn vähentämiseksi. Rakennuksen kantavien väliseinien sijoittelussa on otettava huomioon myös asunnon mahdollinen muuntojoustavuus. Kantavien väliseinien korvaaminen pilari-palkkirakenteilla lisää rakennuksen hyötyalaa ja vähentää kustannuksia.

Kaksoisrunkoisten huoneistojen välisten seinien tekeminen mahdollisimman ohuiksi edellyttää sik-sak-runkotolpituksen käyttöä tai runkoratkaisua, jossa rakennuksen ulkoseinät valitaan kantaviksi huoneistojen välisten seinien sijasta. Huoneistojen välisissä seinissä vartenotettavia ovat myös mahdollisimman ohuiksi kehitetyt yksirunkoiset erikoistolpat, joita on tuotettu esimerkiksi Ruotsissa sekä maamme terästeollisuudessa (*kuva*)³³¹.

³³⁰ Myös Mikko Viljakainen on omassa liseniaattitutkimuksessaan todennut, että puukerrostalojen paksut huoneistojen väliset seinät ja huoneiston sisäiset kantavat väliseinät ovat juuri tilakustannuksen kannalta epäedullisia. (Viljakainen, M. (1998) Puukerrostalo, taloudellinen mahdollisuus, op.cit.: s. 84, 86). Toisaalta voidaan ajatella, että tilakustannus on enemmän rakennusrunkojärjestelmä- kuin rakennusmateriaalikysymys.

³³¹ Rannila, Rautaruukki Group. Esite: SteelInside, Rannila sisärakenteet. Rannila AWS huoneistojen välinen seinä.



Kuva 4.4.3.1 Maamme terästeollisuus on kehittänyt yksirankaisen akustotolpan huoneistojen väliselle seinälle. Seinän kokonaispaksuudeksi tulee 152 mm, jotta seinältä vaadittava ilmaääneneristys (55 dB) saadaan täytetyksi.

4.5 Suomen ensimmäisten puukerrostalojen rakennetyypit

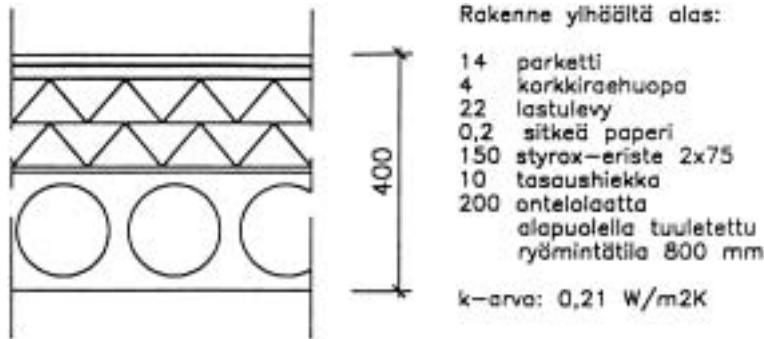
Tässä luvussa esitellään Suomen ensimmäisten puukerrostalojen rakennetyypit. Lisäksi keskitytään rakenneosien ja rakennetyyppien niihin keskeisiin kysymyksiin, jotka ovat puukerrostalon rakennussuunnittelussa erityisen tärkeitä. Luvussa esitellään myös miten niihin vaikuttaneet rakentamismääräykset ovat muuttuneet puukerrostalojen koerakennusajalla (1995 - 2001) tai miten ne eroavat tavanomaisten puisten pien- ja rivitalojen teknisistä ratkaisuista. Rakenteiden ja rakennusosien palotekniset kysymykset on käsitelty jo edellä pääluvussa 3.

4.5.1 Alapohjat

Suomen ensimmäisten puukerrostalojen alapohjat on toteutettu tavanomaisesti maanvaraisina betonilaattoina Viikin kohdetta ja Ylöjärven kohteen yhtä kaksikerroksista pienkerrostaloa lukuun ottamatta. Viikin puukerrostaloissa tuulettuvan alapohjan kantavat rakenteet on tehty ontelolaatoista, joiden päälle on tehty puukoolaus lämmönerityksineen. Ylöjärven

kaksikerroksisen pienkerrostalon tuulettuva alapohjarakenne oli seuraavanlainen (rakennekerrokset on lueteltu alhaalta ylöspäin):

Koneellisesti tiivistetty salaojitussora > 200 mm + kevytsora 300 mm + tuulettu ryömintätila > 600 mm + harvalaudoitus 22 x 100 k 300 + tuulensuojalevy 50 mm + kertopuinen ripalaattaelementti 300 mm / mineraalivilla 275 mm ripalaattakannakkeiden välissä + kova mineraalivilla 30 mm + kolminkertainen kipsikartonkilevytyks 13 + 13 + 13 mm.



Kuva 4.5.1.1 Viikin puukerrostalon alapohjarakenne.

Perustukset ja kellarin rakenteet

Puukerrostalo, jossa ei ole kellarikerrosta, voidaan yleensä perustaa matalan anturaperustuksen varaan. On huomattava, että puukerrostalon paino on vain noin viidesosa vastaavan betonitalon painosta³³². Tämän vuoksi puukerrostalo voidaan joissakin tapauksissa perustaa maanvaraisille anturoille myös sellaisella maaperällä, jolla betonirunkoinen rakennus vaatisi paalutuksen. Ongelmana Suomeen ja Ruotsiin rakennettujen ensimmäisten puukerrostalojen perustusten suunnittelussa pidettiin rakennusten keveyttä, koska tällöin tuulikuorman voimaa vastustavaa pystykuormaa on vähän. Puurakennusten keveydestä aiheutuva ongelma korostuu erityisesti silloin, kun rakennusrunko on kapea, jäykistävien seinien aukotus on runsasta ja jäykistäviä seinä on vähän.³³³ Esimerkiksi Viikin puukerrostalossa stabiloivaa massaa lisättiin keinotekoisesti nostamalla teräsbetonisia paaluja rakennuksen ullakolle.

Puukerrostalon kellarirakenteet on syytä tehdä kivrakenteisina normaaliin tapaan. Yhdysvalloissa ja Norjassa on kokeiltu myös puurakenteisia kellariseiniä. Amerikkalaisissa koetaloissa on käytetty painekyllästettyjä puuperustuksia kellariseinäratkaisuina. Norjalaisessa kokeilussa maanalaisten puuseinien ulkopinta on kosteuseristetty ja tuulettuva. Puuperustusten etuna on se, että rakennuksen perustus ja runko voidaan tehdä samasta materiaalista yhtenä kokonaisuutena.³³⁴ Tällöin muun muassa kylmäsiltojen määrä saadaan vähäiseksi. Puuperustukset ovat kosteusteknisesti erittäin riskialttiita, joten niitä ei ole haluttu käyttää Suomen ilmasto-olosuhteissa.

³³² Suomen Puututkimus Oy (1995), op.cit.: luku 3.1.

³³³ Keronen, A. (1997) Esitelmä: Puukerrostalon rakenteet, loc.cit.

³³⁴ Viljakainen, M. (1998) Platform-frame, Pohjoisamerikkalainen puurakennejärjestelmä, op.cit.: s. 20.

Maanvaraiset alapohjarakenteet

Puukerrostalojen maantasokerroksen alapohjaratkaisuksi soveltuu yleensä maanvarainen teräsbetonilaatta, jos maaperä on kantavaa. Tavallisimmin betonilaatan paksuus on 60 - 80 mm. Lattialämmityksellä varustettavan betonilaatan lämmönvaraamiskykyä voidaan kasvattaa paksuntamalla laatta 120 - 150 mm:n paksuiseksi. Laatan riittävä kuivuus on aina varmistettava ennen lattian vedeneristys- ja pinnoitustöitä. Esimerkiksi normaalin 60 - 80 mm:n laatan paksuutta kaksinkertaistettaessa laatan kuivatusaika pitenee lähes nelinkertaiseksi. Jos käytetään lattialämmitystä, on taloudellista käyttää normaalia suurempia lämmöneristepaksuuksia.³³⁵ Alapohjan lämmöneristykseen sijoittaminen pelkästään betonilaatan yläpuolelle on virhe, koska betonilaatan yläpuolinen lämmöneristys laskee betonilaatan pintalämpötilaa, jolloin kosteus saattaa alkaa tiivistyä laatan pintaan ja laatan pinnasta lähtevät mahdolliset puurakenteet voivat alkaa lahota. Tästä syystä laho- ja homevauriot ovat yleisiä maanvaraisen betonilattian päälle koolatuissa ja lämmöneristetyissä lattioissa. Betonilaatan alapuolisen eristyksen lämmönsiirtovastuksen tulisi olla noin kaksinkertainen yläpuoliseen eristykseen verrattuna. Mikäli maanvaraisen betonilaatan päälle halutaan esimerkiksi 50 mm:n paksuinen eristekerros ja lautalattia, betonilaatan alapuolelle on asennettava noin 100 mm lämmöneristettä.³³⁶ Lisäksi lattialaudoituksen ja betonilaatan välinen koolaustila on hyvä tehdä huoneeseen päin tuulettuvaksi.

Tuulettuvat alapohjarakenteet

Tuulettuva ryömintätilainen alapohja soveltuu käytettäväksi puukerrostaloissa yhdessä pilari- tai perusmuuriperustuksen kanssa. Tuulettuvalla alapohjarakenteella on monia etuja: se soveltuu hyvin myös kaltevalle, epätasaiselle ja huonosti kantavalle maaperälle, mahdollistaa puu- ja elementtirakenteisen alapohjan, poistaa mahdolliset radonhaitat, mahdollistaa alapohjan rakenteiden ja putkien tarkastamisen sekä nostaa puiset lattia- ja seinärakenteet luontevasti riittävän korkealle maanpinnan tasosta.

Radonkysymys on yksi merkittävimmistä syistä rakentaa tuulettuva alapohja tietyille alueille Suomessa. Radonin on todettu lisäävän keuhkosyövän mahdollisuutta. Vuonna 1992 sosiaali- ja terveysministeriön päätöksellä (n:o 944) asunnon huoneilman radonpitoisuuden enimmäisarvoksi on määritelty 400 Bq/m³. Saman päätöksen suosituksen mukaan uudet asunnot tulisi kuitenkin suunnitella ja rakentaa siten, että radonpitoisuus ei ylittäisi arvoa

³³⁵ Ympäristöministeriö on suunnitellut kiristävänsä rakennusten lämmöneristysmääräyksiä 1.1.2003 alkaen. Maanvaraisissa alapohjissa k-arvovaatimus kiristyy 0,36:sta 0,25:een. Nykyisiin yleisesti käytössä oleviin maanvaraisiin alapohjarakenteisiin verrattuna määräysten kiristyminen ei aiheuta muutoksia. (Uusikin lämmöneristysvaatimus täyttyy maanvaraisen alapohjan ulomman reuna-alueen 120 mm:n ja sisemmän reuna-alueen 50 mm:n lämmöneristyspaksuuksilla, jotka ovat jo nykyisin tavanomaisia ratkaisuja). Ympäristöministeriö (2001) RakMK C 3, ehdotus 16.5.2001. Rakennuksen lämmöneristys ja tilojen lämmityksen tehon- ja nettoenergian tarve. Määräykset 2003. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. Sekä: Jouni Siika-aho, Insinööritoimisto Pekka Heikkilä Oy. Sähköpostihaastattelu 3.9.2001.

³³⁶ Kokko, E.(1998) Artikkel: Kosteus ja puurakenteet; Toiminnalliset vaatimukset ja vaikutus sisäilmaan. Julkaisussa: Heikkilä, J. (toim.) (1998) Uutta puututkimusta. Puurakentamisen tutkimushankkeiden esittelyä. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio: s. 13 - 14.

200 Bq/m³. Radonpitoisuus on yleensä korkeimmillaan marras-huhtikuun välisenä aikana.³³⁷ Huoneilman radonpitoisuuteen vaikuttavat maa- ja kallioperä, talousvesi, rakennusmateriaalit ja ilmanvaihto. Säteilyturvakeskuksen (STUK) vuosina 1990 - 91 suorittaman otantatutkimuksen mukaan Suomen asuntokannasta 3,6 % (arviolta 66 000 asuntoa) ylitti radonin sallitun enimmäisrajan 400 Bq/m³. Näistä asunnoista lähes 80 % sijaitsee Etelä-Suomen läänissä ja Pirkanmaan liiton alueella. Suomen pahimmat radonmaa-alueet ovat Hämeen harjut sekä kaikki maaperätyypit Etelä-Hämeessä, Itä-Uudellamaalla ja Kymenlaaksossa. Vähiten radonhaittoja esiintyy Oulun, Vaasan ja Kuopion lääneissä.³³⁸

Ryömintätalallisessa alapohjassa maanpinnan rakennuksen alla tulisi olla perusmuuria ympäröivää maanpintaa ylempänä ja rakennuksen ulkopuolella maanpinnan tulisi olla kallistettu riittävästi rakennuksesta pois päin. Ryömintätilan vähimmäiskorkeus on 800 mm³³⁹. Nämä molemmat vaatimukset yhdessä ovat osoittautuneet vaikeaksi toteuttaa käytännössä asuinrakennusten sisäänkäynneissä, koska RakMK F1:ssä edellytetään liikkumisesteettömältä rakentamiselta, että kynnyksen korkeus saa olla korkeintaan 20 mm³⁴⁰. Jos ryömintätilan vähimmäiskorkeudesta ja ulkopuolisen maanpinnan tason pitämisestä ryömintätilan maanpintaa alempana pidetään kiinni, joudutaan sisäänkäyntien yhteyteen rakentamaan pitkät luiskat (kaltevuus < 1:12), jotka lisäävät kustannuksia. Tämän vuoksi urakoitsijat ovat suosineet puukerrostalojen alapohjaratkaisuna tavanomaisia maanvaraisia teräsbetoni-laattoja.

Muutoin puukerrostalon tuulettuvan alapohjan puurakenteet eivät juurikaan eroa normaalin ryömintätalallisen alapohjan rakenteista.³⁴¹ Oleellista on, että lattiakannakkeet mitoitetaan niin suuriksi, ettei haitallista taipumaa ja värähtelyä pääse syntymään. Ryömintätalallisen alapohjan lämmöneristyksen tiiviiden kannalta on tarkoituksenmukaista käyttää lattiarakenteissa ristikoolauksia. Lämmöneristyksen yläpintaan tulee sijoittaa riittävän tiivis höyryn- ja ilmansulkukerros. Tämä voi olla esimerkiksi lattian muovimattopäällyste tai erillinen höyrynsulkukalvo. Erillisiä höyryn- ja ilmansulkukalvoja käytettäessä niiden on syytä limittyä vähintään 300 mm ulkoseinän höyryn- ja ilmansulkukerroksen kanssa. Ryömintätalallisen alapohjan alapinnan on oltava ehdottoman ilmatiivis. Tiiviys on erityisen tärkeää varsinkin

³³⁷ Ympäristöministeriö (1993) Radonin torjuminen pien- ja rivitaloissa; Maanvastaisten rakenteiden radontekninen suunnittelu. Opas 2/1993. Ympäristöministeriö, kaavoitus- ja rakennusosasto / alueidenkäytön osasto. Painatuskeskus, ympäristöministeriö: s. 7, 28. / Säteilylaki 592/91, säteilyasetus 1512/91, ST-ohje 12.1 (1.5.2000)

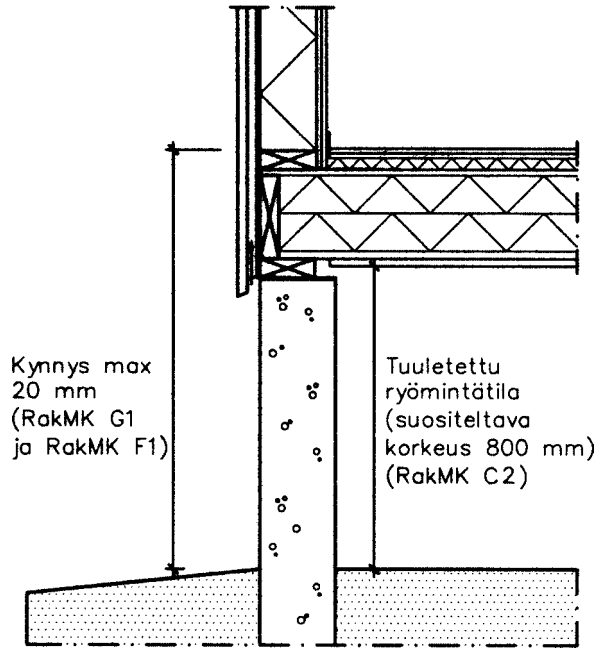
³³⁸ STUK (1998) Säteilyturvakeskus. Kalvosarja; Asunnossa on useita radonlähteitä. 99-21/AVO/9.11.1998.

³³⁹ RakMK C2 (1998) Suomen rakentamismääräyskokoelma. Kosteus. Määräykset ja ohjeet 1998. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto, Helsinki. RT RakMK-21099.

³⁴⁰ RakMK F1 (1997) Suomen rakentamismääräyskokoelma. Liikkumisesteetön rakentaminen. Määräykset ja ohjeet 1997. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. RT RakMK-21049. Rakennustietosäätiö, Helsinki.

³⁴¹ Lämmöneristysmääräysten muuttuessa 1.1.2003 alkaen tuulettujien alapohjien k-arvovaatimus kiristyy 0,22:sta 0,16:een. Puukerrostalojen suosittaviin rossialapohjarakenteisiin, RT 82-10679 (1998) Puukerrostalon rakeneet I, Avoin puurakennejärjestelmä, verrattuna määräysten kiristyminen ei aiheuta muutoksia, sillä uusikin lämmöneristysvaatimus täyttyy nykyisin yleisesti käytössä olevilla noin 225 mm:n alapohjan lämmöneristyspaksuuksilla. Ympäristöministeriö (2001) RakMK C 3, loc.cit. Sekä: Jouni Siika-aho, Insinööri-toimisto Pekka Heikkilä Oy. Sähköpostihaastattelu 3.9.2001.

ulkoseinän ja alapohjan liittymissä sekä putki- yms. johtojen lävistyskohdissa. Alapohjan alapinnan tuulensuojalevytykseltä edellytetään lisäksi riittävää jäykkyyttä ja kosteudenkestävyyttä.

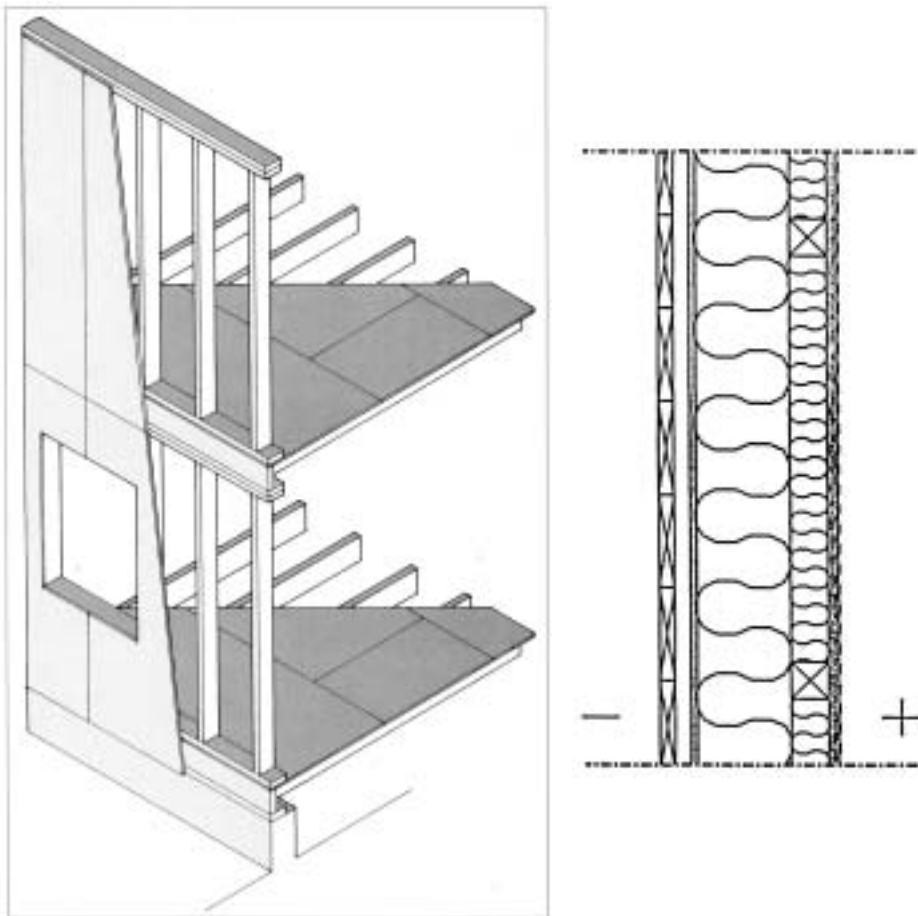


Kuva 4.5.1.2 Kaksi rakentamismääräystä on ristiriidassa keskenään. RakMK G1:n ja F1:n mukaan kynnyksen korkeus saisi olla enintään 20 mm. Toisaalta ryömintätilan vähimmäiskorkeuden tulisi olla RakMK C2:n mukaan 800 mm. Vaatimukset johtavat pitkiin luiskiin asuntojen sisäänkäyntisivuilla.

Puukerrostalojen ryömintätillinen alapohja voidaan tehdä myös siten, että alapohjaontelo on lämmin. Tämä niin kutsuttu lämpöpohja on pientaloissa yleinen ratkaisu. Myös lämpimän ryömintätilan tuuletuksen on oltava riittävä. Lämpöpohjaratkaisussa rakennuksen poistoilma johdetaan yleensä ryömintätilaan ja sieltä huolellisesti kanavien kautta vesikatolle.

4.5.2 Ulkoseinät

Seuraavassa esitellään Suomeen vuosina 1995 - 2001 toteutettujen puukerrostalojen ulkoseinien perusrakennetyypit³⁴². Rakennekerrokset on lueteltu sisältä ulospäin. Lisäksi on ilmoitettu ulkoseinien kokonaispaksuus, jolla on merkitystä tilakustannusten kannalta.



Kuvat 4.5.2.1 ja 4.5.2.2 Ylöjärven kohdetta lukuun ottamatta Suomen puukerrostalojen ulkoseinät on ratkaistu yksirunkoisina ja levyjäykisteisinä. Oikealla Ylöjärven puukerrostalon ristirunkoinen ulkoseinä.

Ylöjärvi:

Kipsikartonkilevy 13 mm + vaakakoolaus 50 x 100 k 600 / kivivilla 50 mm + polyeteenikalvo 0,2 mm + runko 50 x 100 k 600 / kivivilla 100 mm + tuulensuojakipsikartonkilevy 9 mm + pystykoolaus 20 x 100 k 600 / tuuletusrako 20 mm + vaakalaudoitus 21 mm. (Seinän paksuus 213 mm.)

³⁴² Lähde: Kunkin kohteen suunnitelmat sekä Ratia, P. (2000), loc.cit.

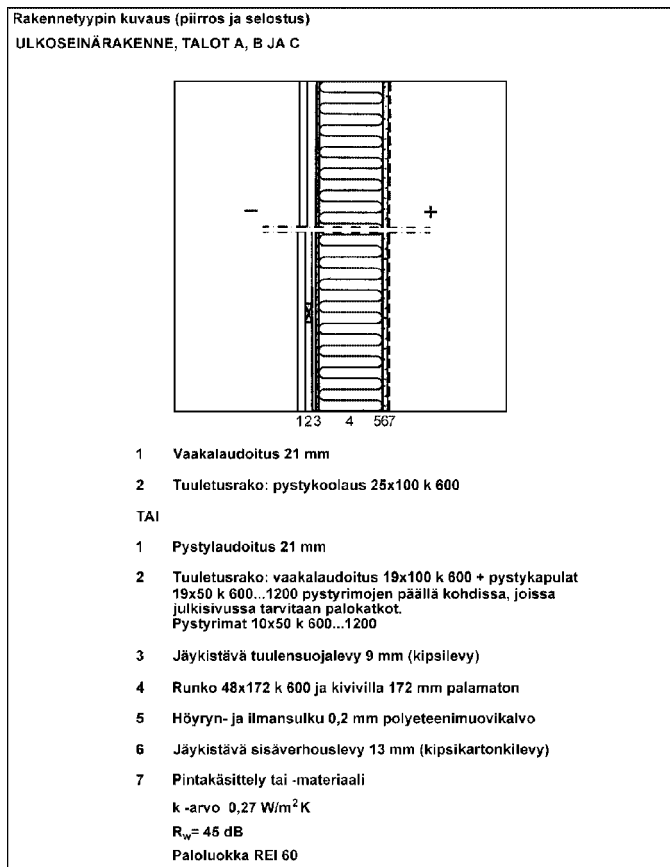
Viikki:

Kipsikartonkilevy 13 mm + polyeteenikalvo 0,2 mm + lastulevy 12 mm + runko 48 x 147 k 600 / kivivilla 150 mm + tuulensuojakipsikartonkilevy 9 mm + vaakarimoitus 44 x 48 k 600 + 12 x 50 k 600 / tuuletusrako 56 mm + pysty-laudoitus 25 mm. (Seinän paksuus 262 mm.)

Oulu:

Kipsikartonkilevy 13 mm + polyeteenikalvo 0,2 mm + runko 48 x 172 k 600 / kivivilla 172 mm + tuulensuojakipsikartonkilevy 9 mm + pystykoolaus 25 x 100 k 600 / tuuletusrako 25 mm + vaakalaudoitus 21 mm.

Pysty-laudoitetuilla osilla tuulensuojakipsikartonkilevyn ulkopuoliset verhoukset ovat seuraavat: pystyrimat 10 x 50 k 600 - 1 200 + vaakalaudoitus 19 x 100 k 600 / tuuletusrako 29 mm + pysty-laudoitus 21 mm. (Seinän paksuus 240 mm tai 244 mm.)



Kuva 4.5.2.3 Kiinteistö Oy Puukotkan ulkoseinän rakennetyyppi.

Tuusula:

Kipsikartonkilevy 13 mm + polyeteenikalvo 0,2 mm + lastulevy tai vaneri 12 mm + runko 48 x 147 k 600 / puhallettu selluvilla 147 mm + tuulensuojakipsikartonkilevy 9 mm + rimointi 44 x 48 k 600 / tuuletusrako 44 mm + vaaka- tai pysty-laudoitus 25 mm. (Seinän paksuus 250 mm.)

Raisio:

Kaksinkertainen kipsikartonkilevytyks 13 + 13 mm + polyeteenikalvo 0,2 mm + runko 48 x 147 k 600 / lasivilla 150 mm + tuulensuojakipsikartonkilevy 9 mm + ristikoolaus 2x 22 x 100 / tuuletusrako 44 mm + vaaka- tai pysty-laudoitus 21 - 28 mm. (Seinän paksuus 247 - 254 mm.)

Lahti / Pinja:

Kaksinkertainen kipsikartonkilevytyks 13 + 13 mm + polyeteenikalvo 0,2 mm + runko 48 x 147 k 300 - 600 / kivivilla 150 mm + tuulensuojakipsikartonkilevy 9 mm + pystykoolaus 22 x 50 k 600 / tuuletusrako 22 mm + vaakalaudoitus 23 tai 34 mm. (Seinän paksuus 227 tai 238 mm.)

Pysty-laudoitetuilla osilla tuulensuojakipsikartonkilevyn ulkopuoliset verhoukset ovat: vaakarimat 47 x 48 k 600 / tuuletusrako 48 mm + pysty-laudoitus 23 mm. (Seinän paksuus 253 mm.)

Lahti / Poppeli:

Kipsikartonkilevy 13 mm + vaneri 12 mm (tai vaihtoehtoisesti kaksinkertainen kipsikartonkilevytyks) + polyeteenikalvo 0,2 mm + runko 48 x 147 k 300 - 600 / kivivilla 150 mm + tuulensuojakipsikartonkilevy 9 mm + pystykoolaus 22 x 50 k 600 / tuuletusrako 22 mm + vaakalaudoitus 23 tai 34 mm. (Seinän paksuus 226 tai 237 mm.)

Pysty-laudoitetuilla osilla tuulensuojakipsikartonkilevyn ulkopuoliset verhoukset ovat: vaakarimat 47 x 48 k 600 / tuuletusrako 48 mm + pysty-laudoitus 23 mm. (Seinän paksuus 252 mm.)

Porvoo / Fredrika:

Kipsikartonkilevy 13 mm + tiivis paperi + runko 48 x 172 k 600 / selluvilla 172 mm + tuulensuojakipsikartonkilevy 9 mm + koolaus 47 x 48 k 600 / tuuletusrako 47 mm + vaakalaudoitus 25 mm. (Seinän paksuus 266 mm.)

Porvoo / Aleksanterinkatu:

Kipsikartonkilevy 13 mm + tiivis paperi + puurunko 48 x 147 k 600 / selluvilla 147 mm + tuulensuojakipsikartonkilevy 9 mm + ristikoolaus / tuuletusrako 22 + 22 mm + julkisivulaudoitus 25 mm. (Seinän paksuus 238 mm.)

Naantali:

Kipsikartonkilevy 15 mm + polyeteenikalvo 0,2 mm + runko 48 x 147 k 300 - 600 / kivivilla 150 mm + tuulensuojakipsikartonkilevy 9 mm + koolaus / tuuletusrako 25 + 25 mm + julkisivulaudoitus 28 mm (Seinän paksuus 249 mm.)

Lämmöneristys

Puu johtaa lämpöä suhteellisen vähän puuaineksen huokoisuuden vuoksi³⁴³. Puurakenne ei siten aiheuta merkittävää kylmäsiltaa eikä kondenssiriskiä rakennuksen ulkovaipassa, vaikka puu kulkisi lämmöneristekerrosten läpi. Lämmönjohtavuus heikkenee puun tiheyden vähetessä. Puun lämmönjohtavuus on noin kaksinkertainen syiden suunnassa verrattuna lämmönjohtavuuteen syitä vastaan kohtisuorassa. Puun kosteuden lisääntyminen lisää huo-

³⁴³ Saarelainen, U. (1981), op.cit.: s. 28.

mattavasti lämmönjohtavuutta³⁴⁴. Toisaalta kosteuden lisääntyminen parantaa puun ominaislämpöä, koska veden ominaislämpö on suurempi kuin puun. Männyn lämpökapasiteetti on lähes sama kuin tiilellä, vaikka puun tiheys tiileen verrattuna on vain 1/3. Hyvän lämpökapasiteetin vuoksi järeä massiivipuuseinä toimii sellaisenaan suhteellisen hyvänä ulkoseinärakenteena, vaikka esimerkiksi mineraalivillan lämmöneristyskykyyn verrattuna puun lämmönjohtavuus on noin kolminkertainen.³⁴⁵ Puun lämpölaajeneminen syiden suunnassa on erittäin vähäistä. Säteen ja tangentin suunnassa lämpöliikkeet ovat selvästi suurempia. Toistuva lämpötilan vaihtelu vähentää puun lujuutta. Alle +0 °C:n lämpötilassa puussa voi esiintyä pakkashalkeamia, koska soluonteloissa oleva vesi laajenee jäätyessään³⁴⁶.

Puukerrostaloissa, kuten muissakin asuinrakennuksissa, on ulkoseinien k-arvon oltava alle 0,28 W/m²K³⁴⁷. Tämä edellyttää tavanomaisilla ratkaisuilla vähintään 150 mm:n lämmöneristyskerrosta.³⁴⁸ Pitkällä tähtäyksellä olisi järkevää käyttää vähimmäisvaatimuksia suurempia lämmöneristepaksuuksia.³⁴⁹ Erään tutkimuksen mukaan nykykäytäntöä paksummilla lämmöneristekerroksilla (250 mm) sekä matalaenergiaratkaisuilla lisätään vain noin 4 % rakentamisen investointikustannuksia, jotka olisivat kuitenkin nykyisillä energiahinnoilla säästettävissä noin 15 vuodessa³⁵⁰.

Ulkoseinän lämmöneristävyys ja lämmöneristystyön tekemiseen vaikuttaa oleellisesti seinän runkoratkaisu. Ulkoseinärungon ulkopuolelle sijoitettava yhtenäinen tuulensuojamineraalivillaeristys on käyttökelpoinen ja edullinen ratkaisu silloin, kun seinärungon jäykistykseen riittää pelkästään sisäpuolinen levytys. Ristirunkoiset ulkoseinärakenteet ovat lämmöneristysten tiiviiden kannalta hyviä. Seinärungon ulkopuolinen puinen ristikoolaus edellyttää lisäksi 1/I-luokan tuulensuojamateriaalin, esimerkiksi

³⁴⁴ Kärkkäinen, M. (1985) Puutiede. Sallisen kustannus Oy. Arvi A. Karisto Oy:n kirjapaino, Hämeenlinna: s. 243.

³⁴⁵ 70 mm:n vahvuisen höylähirsiseinän k-arvo on 1,46 W/m²K ja 207 mm:n vahvuisen 0,60 W/m²K. Massiivihirsiseinän paksuuden tulisi olla noin 470 mm ennen kuin Suomen rakentamismääräyskokoelman mukainen ulkoseinän k-arvo tulee täytetyksi. Hirsisen ulkoseinän lämmöneristystarkasteluissa voidaan kuitenkin soveltaa niin kutsuttua kompensatioperiaatetta, jolloin ulkoseinän lämmöneristävyttä parannetaan ulkovaipan muiden osien lämmöneristävyttä parantamalla. Kompensatioperiaatetta käytettäessä rakennuksen ulkovaipan osien keskimääräinen k-arvo saa olla enintään 0,385 Wm²/K ja ulkoseinän k-arvo enintään 0,60 Wm²/K (tämä saavutetaan noin 210 mm paksulla massiivihirsiseinällä). Lähde: Kuusisto, R. (2000) Hirren rakennustekninen ja kaupunkikuvallinen soveltuvuus nykyaikaiseen kaupunkirakentamiseen. Syventävien opintojen tutkielma. Oulun yliopisto, Arkkitehtuurin osasto. 18.5.2000: s. 15.

³⁴⁶ Saarelainen, U. (1981), op.cit.: s. 15.

³⁴⁷ RakMK C3 (1985) Suomen rakentamismääräyskokoelma. Lämmöneristys. Määräykset 1985. Ympäristöministeriö. Kaavoitus- ja rakennusosasto. RT RakMK-20553. Rakennustietosäätiö, Helsinki.

³⁴⁸ Jos ympäristöministeriö muuttaa lämmöneristysmääräyksiä 1.1.2003 alkaen ulkoseinien k-arvovaatimus kiristyy 0,28:sta 0,25:een. Puukerrostalojen suositeltaviin yksirunkoisiin ulkoseinärakenteisiin (RT 82-10679) verrattuna määräysten kiristyminen aiheuttaa merkittäviä muutoksia, koska ulkoseinän lämmöneristyspaksuutta on lisättävä 150 mm:stä 200 mm:iin. Lähteet: Ympäristöministeriö (2001) RakMK C 3, loc.cit., ja: Ympäristöministeriö (2001) RakMK osa C4, ehdotus 16.5.2001. Lämmöneristys, ohjeet 2003. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto, sekä: Jouni Siika-aho, Insinööri-toimisto Pekka Heikkilä Oy. Sähköpostihaastattelu 3.9.2001.

kipsikartonkilevyn käyttöä. Seinärungon sisäpuolinen ristikoolaus mahdollistaa höyryn- ja ilmasulun sijoittamisen syvemmälle seinään vähemmän reikiintymiselle alttiiksi, joten myös ulkoseinälle voidaan upottaa sähköasennuksia. Lisäksi sisäpuolisen ristikoolauksen ja eristyksen avulla voidaan varsinaista kantavaa runkoa suojata palolta. Sisäpuolinen ristikoolaus on kuitenkin rungon jäykistyksen kannalta epäedullinen ratkaisu. Sisäpuolinen ristikoolaus on myös ongelmallinen sisäpuolisen seinälevytyksen kannalta, sillä kahdella vaakasuuntaisella normaalilevyisellä (1 200 mm) rakennuslevyllä ei päästä vaadittavaan 2 500 mm:n huonekorkeuteen. Levyjen kääntäminen pystysuuntaan edellyttää erillisiä pystykapulointeja sisäpuolisen vaakakoolauksen väleihin.

Yksirunkoinen ulkoseinä on lämmöneristykseltään helppo ja nopea. Lisäksi ratkaisu on rakennusrungon jäykistämisen kannalta ihanteellinen, sillä ulkoseinän sisä- ja ulkopuoliset jäykistyslevyt voidaan kiinnittää suoraan runkotolppiin. Yksirunkoinen ulkoseinä vaatii huolellisuutta lämmöneristeitä asennettaessa, koska ratkaisu on ristirunkoisiin ulkoseiniin verrattuna alttiimpi rakenteen ilmapuodoille. Tuulensuojalevyjen jatkokset on sijoitettava runkotolppien tai koolauksen kohdille. Jos levysaumojen takana ei ole kiinnitysalustaa, levysaumat tulisi tiivistää erikseen esimerkiksi ilmastointiteipillä tai profiililistalla.



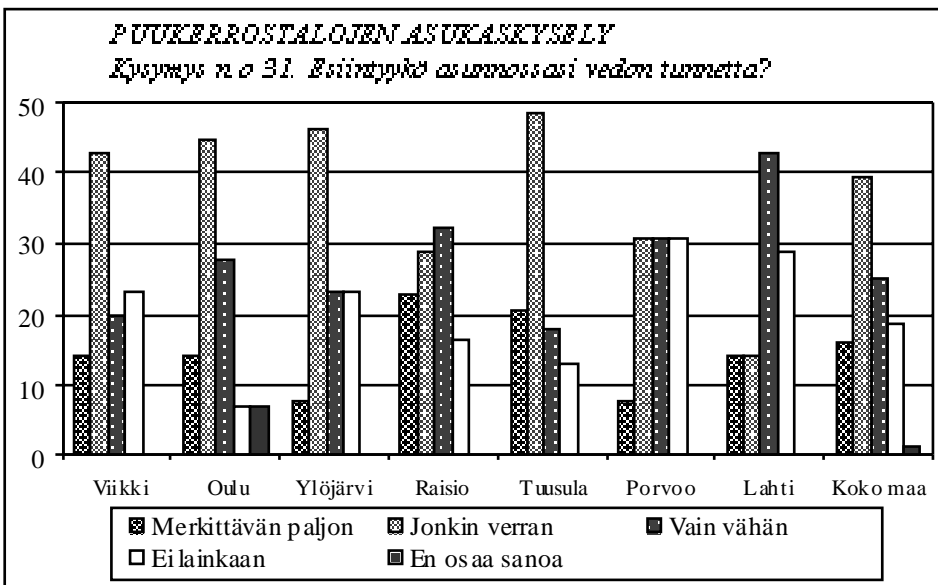
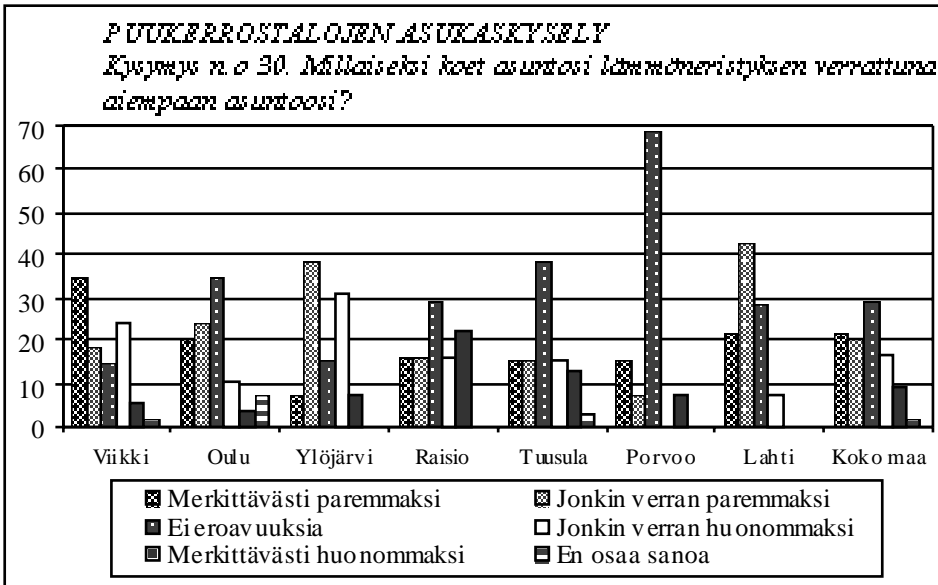
Kuva 4.5.2.4 Puukerrostalotyömaalla logistiikka on ensisijaisen tärkeää.

³⁴⁹ Suomen rakentamisen energiamääräyksiä tultaneen uusimaan siten, että uudet energiamääräykset julkistetaan vuonna 2002 ja niiden on määrä astua voimaan vuoden 2003 alusta. Ympäristöministeri Satu Hassin mukaan rakentamismääräyksiä tullaan kiristämään energiankulutuksen osalta 30 % vuoden 2000 tasosta. Määräysten uusiminen on osa Kioton pöytäkirjan vaatimusten mukaista kansallista ilmasto-ohjelmaa. Rakentamismääräysten kiristäminen merkitsee uudistuotannossa rakennusten vaiipan eristepaksuuden lisäämistä, energiatehokkaita ikkunoita, lämmön talteenottoa ilmanvaihdoissa ja rakennusautomaatiojärjestelmien tehokasta käyttöönottoa. Lähde: Häkkinen, A. (2000) Artikkel: Uudet energiamääräykset voimaan vuoden 2003 uudisrakentamisessa; Energianormeihin tulee 30 prosentin kiristys. Rakennuslehti 26.10.2000/nro 34.

³⁵⁰ Leppänen, P. et al.: op.cit.: s. 67.

Asukaspalaute puukerrostalojen ja vertailukohteiden lämmöneristyksessä ja vedon tunteesta

Puukerrostalon asukaskyselyn kysymyksessä n:o 30 kysyttiin asukkaiden kokemuksia asunnon lämmöneristyksessä nimenomaan *verrattuna* asukkaiden *aiempaan asuntoon*. Lisäksi kartoitettiin asukkaiden mielipiteitä asuntojen vetoisuudesta.



Myös sekatekniikkatalojen asukaskyselyyn vastanneista asukkaista 49 % arvioi asuntonsa lämmöneristyksen paremmaksi kuin aikaisemmassa asunnossa. Betonitaloissa vastaava luku oli 65 % ja puukerrostaloissa 43 %. Sen sijaan aiempaa asuntoa huonommaksi lämmöneristyksen arvioi 25 % sekatekniikkatalojen ja 20 % betonitalojen vastaajista. Puukerrostaloissa lämmöneristyksen aiempaa asuntoa huonommaksi arvioi 26 % vastanneista. Vertailutaloissa vedon tunnetta asunnossaan ilmoitti esiintyvän merkittävän paljon 12 % sekatekniikkatalojen ja 6 % betonitalojen vastaajista. Puukerrostalojen osalla vastaava osuus oli 16 %. Sen sijaan vain vähän tai ei lainkaan vetoa ilmoitti tuntevansa 46 % sekatekniikkatalojen ja 54 % betonitalojen asukkaista. Puukerrostalojen asukkaiden vastauksissa vastaava osuus oli vajaa 44 %. Lukujen perusteella voidaan havaita, että puukerrostalot on koettu jonkin verran vertailutaloja vetoisemmiksi.

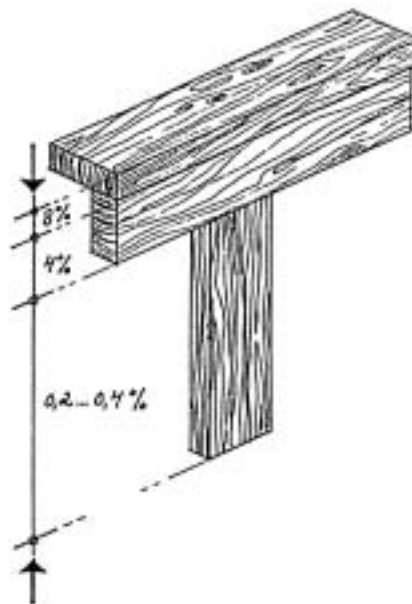
Rungon pystysuora painuma

Puukerrostalon suunnittelussa ja rakentamisessa on otettava huomioon rakennusrungon pystysuora painuma. Puurungon painuminen johtuu lähinnä seuraavista syistä:

- runkopuutavaran kuivumiskutistumasta (erityisesti rungossa lappeellaan tai syrjällään olevan puutavaran kuivuminen, = puun *anisotropia*)
- kuormituksen aiheuttama puun virumisesta (rungon viruminen on voimakkainta vaakasuorassa, lappeellaan olevassa puutavarassa, johon kohdistuu syitä vastaan suuri kohtisuora puristusjännitys. Virumista tapahtuu myös pystytolpissa syiden suunnassa)
- puuosien välisten liitosten tiivistymisestä rungon painon ja muiden kuormien kasvaessa rakennustöiden edetessä.



Kuva 4.5.2.5 Ruotsin Wälluddenin puukerrostalon rappaus on pullistunut rakennusrungon painumisen vuoksi.



Kuva 4.5.2.6 Rungon painuma on sitä suurempi, mitä enemmän rungossa on lappeellaan tai syrjällään olevaa puutavaraa.

Rungon pystysuoran painuman suuruutta voidaan arvioida laskennallisesti. Kokemusten mukaan platform-tekniikalla tehdyn puukerrostalon rungon painuma on noin 4 - 10 mm kerrosta kohden. Amerikkalaisten, skotlantilaisten, ruotsalaisten³⁵¹ sekä Suomen ensimmäisistä puukerrostalo-kohteista saatujen kokemusten mukaan nelikerroksinen platform-tekniikalla rakennettu puukerrostalo painuu keskimäärin noin 12 - 30 mm. Suurin osa painumasta tapahtuu jo rakentamisen aikana.³⁵²

Rungon painuminen on sitä suurempi, mitä enemmän pystyrakenteissa on lappeellaan olevia soiroja. Rakennuksen rungossa käytettävän puutavaran tulee olla mahdollisimman kuivaa. Lisäksi puuosien väliset liitokset tulee tehdä mahdollisimman tiiviiksi. Liitosten tiiviiden vuoksi on suositeltavaa käyttää määrämittaam sahattuja (*pre-cut*) runkotolppia. Rakennuksen runko tulisi suunnitella sellaiseksi, että se painuu kaikilta osiltaan mahdollisimman tasaisesti. Rungon painumavaraksi tulee seinälevytyksissä jättää kerroksittain noin 10 mm (eli 5 mm levyn ylä- ja alareunaan). Rungon painuminen tulee ottaa huomioon etenkin silloin, kun se koskee eri tavalla painuvia rakenteita (parvekkeet, luhtikäytävät, porrashuoneet, hissikuilut jne.).

Predicted load- and moisture induced deformation in wall- floor joints

<i>Time/type</i>	<i>Baloon type A (mm)</i>	<i>Platform type B (mm)</i>
<i>Elastic displ.</i>	<i>0.35</i>	<i>0.42</i>
<i>Shrinkage</i>	<i>1.84</i>	<i>5.00</i>
<i>1 year</i>	<i>3.24</i>	<i>6.68</i>
<i>10 years</i>	<i>4.29</i>	<i>7.94</i>

Kuva 4.5.2.6 Ruotsalaisia mittauksia puukerrostalojen rungon painumasta.

³⁵¹ Ruotsin Wälluddenin 4-kerroksinen puukerrostalo painui 25 mm. Lähde: Södra Timber (2000) Esite: Wälludden. Multi-storey timber frame building. Ruotsin Linköpingiin rakennettu 4-kerroksinen rapattu puukerrostalo, Orgelbänken, painui rungon rakentamisen aikana (19.9.1995 - 15.11.1995) tehtyjen mittausten mukaan noin 8 - 12 mm neljän kerroksen korkeudelta. Lähde: Jordow, N. & Enockson, P. (1996) Fuktrörelser och deformationer i stomsystem av trä. Tekniska Högskolan i Lund. Avdelningen för Bärande Konstruktioner. Lund: s. 49. Wälluddenin 5-kerroksinen puukerrostalo painui 20 mm. Lähde: Sven Thelandersson. Haastattelu 6.2.1997.

³⁵² Viikin 4-kerroksinen puukerrostalo painui mittausten mukaan rakentamisen aikana 12,7 mm (aikavälillä 4.7.1996 - 12.12.1996). Rakentamisen jälkeen rungon painumaa tarkasteltiin uudelleen aikavälillä 17.12.1996 - 11.8.1997, jolloin havaittiin, että kokonaispainuma oli edelleen 12,7 mm. Laskennallisesti kokonaispainuma-arvoksi saatiin 15,3 mm. Lähde: Vesa, J. (1999) Calculation of the Vertical Deformations of Platform-type Timber Framed Buildings. Helsinki University of Technology, Laboratory of Structural Engineering and Building Physics. Report no: TRT300599JV. Part of Nordisk

4.5.3 Huoneistojen väliset seinät

Seuraavassa esitellään Suomeen vuosina 1995 - 2001 toteutettujen puukerrostalojen huoneistojen välisten seinien perusrakennetyypit³⁵³. Lisäksi on ilmoitettu seinien kokonaispaksuus, jolla on merkitystä tilakustannusten kannalta.

Ylöjärvi:

Kaksinkertainen kipsikartonkilevytys 13 + 13 mm + runko 50 x 100 k 600 / kivivilla 100 mm + ilmaväli 25 mm + runko 50 x 100 k 600 / kivivilla 100 mm + kaksinkertainen kipsikartonkilevytys 13 + 13 mm. (Seinän paksuus 277 mm.)

Viikki:

Kipsikartonkilevy 13 mm + lastulevy 12 mm + runko 47 x 122 k 600 / kivivilla 125 mm + ilmaväli 30 mm + runko 47 x 122 k 600 / kivivilla 125 mm + lastulevy 12 mm + kipsikartonkilevy 13 mm. (Seinän paksuus 324 mm.)

Oulu:

Kipsikartonkilevy 13 mm + vaneri 12 mm + runko 61 x 72 (97) k 400/600 / kivivilla 75 mm + ilmaväli 20 mm + runko 61 x 72 (97) k 400/600 / kivivilla 75 mm + vaneri 12 mm + kipsikartonkilevy 13 mm. (Seinän paksuus 214 mm.)

Tuusula:

Kipsikartonkilevy 13 mm + vaneri 12 mm + runko 48 x 147 k 600 + runkoväli 20 mm + runko 48 x 122 k 600 / selluvillaa koko runkotilaan 289 mm + vaneri 12 mm + kipsikartonkilevy 13 mm. (Seinän paksuus 339 mm.)

Raisio:

Kaksinkertainen kipsikartonkilevytys 13 + 13 mm + runko 48 x 97 (123) k 300...600 / kivivilla 100 mm + ilmaväli 25 mm + runko 48 x 97 (123) k 300 - 600 / kivivilla 100 mm + kaksinkertainen kipsikartonkilevytys 13 + 13 mm. (Seinän paksuus 271 mm.)

Lahti / Pinja:

Kipsikartonkilevy 13 mm + vaneri 12 mm + runko 48 x 122 k 400/600 / mineraalivilla 122 mm + ilmaväli 25 mm + runko 48 x 122 k 400/600 / mineraalivilla 122 mm + vaneri 12 mm + kipsikartonkilevy 13 mm. (Seinän paksuus 319 mm.)

Lahti / Poppeli:

Kipsikartonkilevy 13 mm + vaneri 12 mm + runko 48 x 122 k 400/600 / mineraalivilla 122 mm + ilmaväli 25 mm + runko 48 x 122 k 400/600 / mineraalivilla 122 mm + vaneri 12 mm +

Industrifond's Nordic Wood Research Program. Otaniemi, Finland 23.12.1999: s. 6 - 7, 9. Oulun puukerrostalon kolmannen kerroksen lattiataso on arvion mukaan painunut reilut 20 mm, sillä kolmannen kerroksen ulko-ovien kynnyspellit asettuivat rakentamisen jälkeen vuoden 1998 kuluessa kutakuinkin vaaka-asentoon. Rakentamisen aikana kynnyspellit asetettiin teräsbetonirakenteiseen painumattomaan luhtikäytävään nähden noin 25 mm ulko-ovesta ulospäin kallelleen.

³⁵³ Lähde: Kunkin kohteen suunnitelmat sekä Ratia, P. (2000), loc.cit.

kipsikartonkilevy 13 mm. (Seinän paksuus 319 mm.)

Porvoo / Fredrika:

Kaksinkertainen kipsikartonkilevytys 13 + 13 mm + runko 48 x 122 k 600 / selluvilla 122 mm + runkoväli 10 mm + runko 48 x 122 k 600 / selluvilla 122 mm + kaksinkertainen kipsikartonkilevytys 13 + 13 mm. (Seinän paksuus 306 mm.)³⁵⁴

Porvoo / Aleksanterinkatu:

Kaksinkertainen kipsikartonkilevytys 13 + 13 mm + runko 48 x 97(122) k 600 / selluvilla 100 mm + ilmapäli 10 mm + runko 48 x 97(122) k 600 / selluvilla 100 mm + kaksinkertainen kipsikartonkilevytys 13 + 13 mm. (Seinän paksuus 256 mm.)³⁵⁵

Naantali:

Kaksinkertainen kipsikartonkilevytys 13 + 13 mm + runko 48 x 97 k 300...600 / kivivilla 100 mm + ilmapäli 10 mm + runko 48 x 97 k 300 - 600 / kivivilla 100 mm + kaksinkertainen kipsikartonkilevytys 13 + 13 mm. (Seinän paksuus 256 mm.)



Kuva 4.5.3.1 Ruotsalaisten kehittämä yksirunkoinen akustotolppa puukerrostalojen huoneistojen välisiin seiniin. Seinän kokonaispaksuudeksi tulee noin 200 mm.

³⁵⁴ Lähde: Kari Liikanen / Porvoon Puurakennus Oy. Puhelinhaastattelu 14.11.2000.

³⁵⁵ Lähde: Kari Liikanen / Porvoon Puurakennus Oy. Haastattelu 22.3.2001.

Puukerrostalon huoneistojen väliset seinät on järkevä tehdä kaksoisrunkoisina käyttäen esimerkiksi sik-sak-runkotolpituista. Sik-sak-rungon avulla huoneistojen välisten seinien paksuus saadaan ohueksi ja näin rakenteisiin menetettävä pinta-ala mahdollisimman pieneksi (tilakustannus). Viime vuosina Ruotsissa on tehty kehitystyötä puukerrostalojen huoneistojen välisten seinien ohentamiseksi. Lopputuloksena on saatu kehitetyksi puinen yksirunkoinen akustotolppa (kuva)³⁵⁶. Tilakustannusten vuoksi samanlaisia yksirunkoratkaisuja on kehitetty myös teräsrakentamisessa.

Kaksoisrunkoratkaisussa kummankin rungon on oltava irti toisistaan kaikilta osin, myös ylä- ja alajuoksujen kohdilla, jolloin päästään hyvään ääneneristävyyteen. Myös huoneistojen välisten seinien on oltava ilmatiiviitä, koska sisäiset ilmapuodot heikentävät rakenteen äänen- ja paloneristävyyttä sekä saattavat lisäksi päästää hajuja, esimerkiksi tupakansavua, huoneistosta toiseen. Ilmatiiviyys on erityisen tärkeää väli- ja yläpohjien liittymäkohdissa. Huoneistojen välisissä seissä on eduksi, että niiden alareunat ulottuvat välipohjien kantavan rakenteen yläpintaan saakka, jolloin ne limittyvät lattian pintarakenteen verran. Vastaavasti huoneistojen välisten seinien yläreunat on ulotettava levytyksineen väli- ja yläpohjien kantavan rakenteen alapintaan saakka, jolloin seinälevyt limittyvät pystysuunnassa kantavan vaakarakenteen alapuolelle kiinnitettävän koolauksen ja levytyksen verran. Huoneistojen välisten seinien kaikki ylä- ja alareunaliittymät sekä mahdolliset lävistyksset on myös tiivistettävä huolellisesti mineraalivillatilkkausin sekä akustomassakittausin. Lisäksi kaksoisrunkoinen seinä on katkaistava kerroksittain seinän sisäisen hormivaikutuksen estämiseksi sekä paloturvallisuuden vuoksi. Seinien runkotilassa on palon- ja ääneneristävyyden vuoksi eduksi käyttää eristeenä kivivillaa. Riittävän ääneneristävyyden saavuttamiseksi huoneistojen välisten seinien molemmat puolet on päällystettävä riittävän paksulla levytyksellä. Yleisimmin käytettävä tapa on kaksinkertainen 12 - 13 mm:n levytys.



Kuva 4.5.3.2 Tuplarunkoiset huoneistojen väliset seinät tulevat verraten paksuiksi, mikä on haitallista tilakustannusten kannalta.

³⁵⁶ Esite: Södra Timber AB (2000) Specialprodukter. SödraSinus / En spårad träregel med extremt goda ljudegenskaper. Mars 2000.

4.5.4 Välipohjat

Seuraavassa esitellään Suomeen vuosina 1995 - 2001 toteutettujen puukerrostalojen huoneistojen välisten välipohjien perusrakennetyypit³⁵⁷. Rakennekerrokset on lueteltu alhaalta ylöspäin. Lisäksi on ilmoitettu koko välipohjarakenteen paksuus, jonka ei tulisi olla kolmen metrin kerroskorkeudessa enempää kuin 500 mm, jotta asuinhuoneen 2500 mm:n huonekorkeuden vähimmäismitta tulisi täytetyksi.

Ylöjärvi:

Kaksinkertainen kipsikartonkilevytytys 13 + 13 mm + akustinen jousiranka 25 mm k 400 + kertopuinen ripalaattaelementti 300 mm / mineraalivilla 100 mm ripalaatan kannakkeiden välissä + kova mineraalivilla 30 mm + kolminkertainen kipsikartonkilevytytys 13 + 13 + 13 mm + muovimatto 2 mm. (Välipohjan paksuus 422 mm.)

Viikki:

Kaksinkertainen kipsikartonkilevytytys 13 + 13 mm + akustinen jousiranka 25 mm k 400 + 48 x 61 k 400 (koolaus putkistoille) + kanaverkko + palkisto 48 - 73 x 222 k 300 - 600 / kivivilla 100 mm kannakkeiden välissä + vaneri 9 mm + kova mineraalivilla 30 mm + pontattu lastulevy 22 mm + korkkirahuopa 4 mm + parketti 14 mm. (Välipohjan paksuus 413 mm.)

Oulu:

A- ja B-talot: Kaksinkertainen kipsikartonkilevytytys 13 + 13 mm + akustinen jousiranka 25 mm k 400 + puu-betoni-liittolaatta (RL-laatta); kannakkeet 2 x 45 x 195 k 300 - 650 / kivivilla 100 mm kannakkeiden välissä / betonilaatta 60 mm + koolaus 50x50 k 600 / lasivilla 50 mm + pontattu lastulevy 22 mm + muovimatto 2 mm. (Välipohjan paksuus 380 mm.)

C-talo: Kaksinkertainen kipsikartonkilevytytys 13 + 13 mm + akustinen jousiranka 25 mm k 400 + Titaniitti-kevytuumapalkit 70 x 350 k 400 - 600 / kivivilla 100 mm kannakkeiden välissä (lisäksi palkkien uumien suojana 15 mm:n kivivilla) + vaneri 15 mm + kova mineraalivilla 50 mm + pontattu lastulevy 22 mm + muovimatto 2 mm. (Välipohjan paksuus 490 mm.)

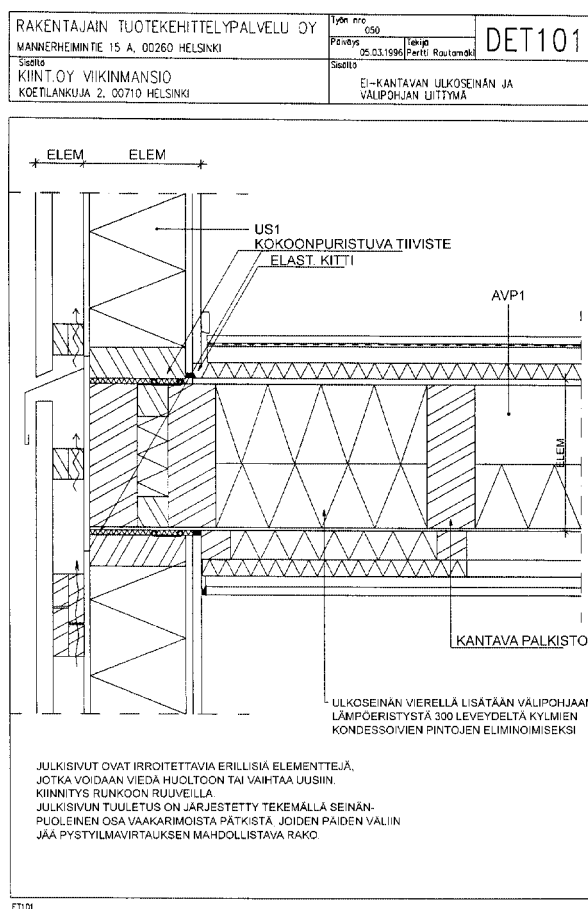
Tuusula:

Kaksinkertainen kipsikartonkilevytytys 13 + 13 mm + akustinen jousiranka 25 mm k 400 + sitkeä pahvi + ristikkopalkit 400 mm k 600 / selluvilla 400 mm + vaneri 22 mm + kova mineraalivilla 30 mm + kolminkertainen kipsikartonkilevytytys 13 + 13 + 13 mm + muovimatto 2 mm. (Välipohjan paksuus 544 mm.)

Raisio:

Kaksinkertainen kipsikartonkilevytytys 13 + 13 mm + akustinen jousiranka 25 mm k 400 + kanaverkko + rakennuspaperi + ristikkopalkit 400 mm k 400 / selluvilla 400 mm + vaneri 18 mm + kova mineraalivilla 30 mm + kolminkertainen kipsikartonkilevytytys 13 + 13 + 13 mm + muovimatto 2 mm. (Välipohjan paksuus 540 mm.)

³⁵⁷ Lähde: Kunkin kohteen suunnitelmat sekä Ratia, P. (2000), loc.cit.



Kuva 4.5.4.1 Viikin puukerrostalon ulkoseinän ja väliseinän liittymäkohta.

Lahti / Pinja:

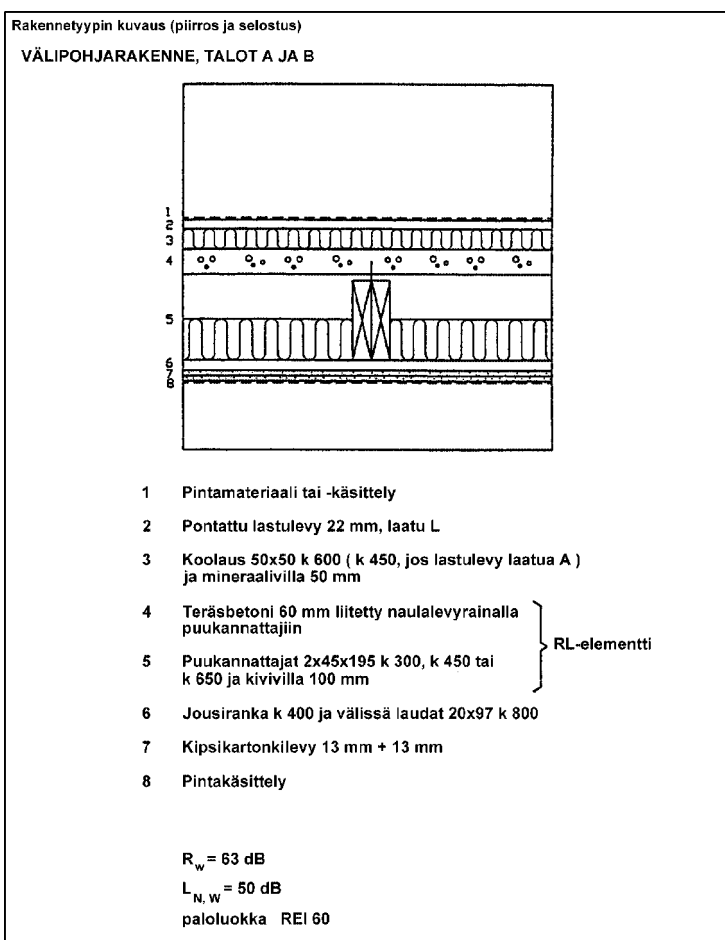
Kaksinkertainen kipsikartonkilevytyks 13 + 13 mm + akustinen jousiranka 25 mm k 400 + rakennuspaperi + ristikkopalkit 350 mm / selluvilla 350 mm + vaneri 18 mm + kova mineraalivilla 30 mm + lastulevy 22 mm + alushuopa 3 mm + parketti 14 mm. (Välipohjan paksuus 488 mm.)

Lahti / Poppeli:

Kaksinkertainen kipsikartonkilevytyks 13 + 13 mm + akustinen jousiranka 25 mm k 400 + 48 x 47 k 400 (koolaus putkistoille) + palkisto 48 x 220 k 400/600 / kivivilla 100 mm palkkien välissä + vaneri 15 mm + kova mineraalivilla 30 mm + kuitutasoite 30 mm + alushuopa 3 mm + parketti 14 mm. (Välipohjan paksuus 411 mm.)

Porvoo / Fredrika:

Kipsikartonkilevy 15 mm + akustinen jousiranka 25 mm k 400 + tiivis paperi + välipohjaristikot 450 mm k 400 / selluvilla 450 mm + vaneri 18 mm + kova mineraalivilla 30 mm + kaksinkertainen kipsikartonkilevytyks 15 mm + 15 mm + alushuopa 3 mm + parketti 14 mm. (Välipohjan paksuus 585 mm).



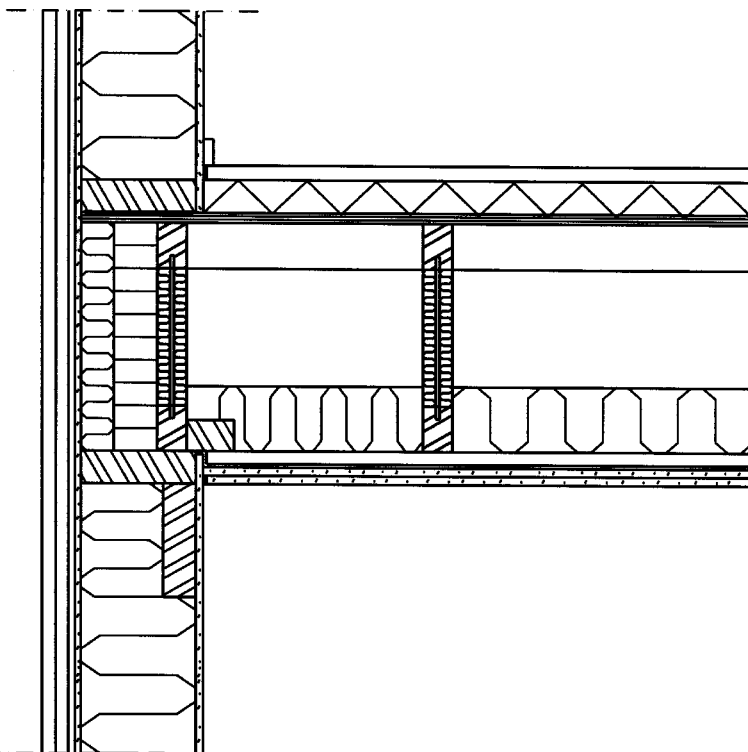
Kuva 4.5.4.2 Oulun puukerrostalon, Kiinteistö Oy Puukotkan, B- ja C-talon välipohjarakennetyyppi. Kantavana rakenteena on puu-betoni-liittolaatasto.

Porvoo / Aleksanterinkatu:

Kipsikartonkilevy 15 mm + akustinen jousiranka 25 mm k 400 + tiivis paperi + välipohjaristikot 450 mm k 400 / selluvilla 450 mm + vaneri 18 mm + rocstep-matto 10 mm + pintabetonilaatta 60 mm + alushuopa 3 mm + parketti 14 mm. (Välipohjan paksuus 595 mm.)

Naantali:

Kipsikartonkilevy 15 mm + akustinen jousiranka 25 mm k 400 + palkisto 220 mm / selluvilla 220 mm + vaneri 18 mm + kreppipaperi + betonivalu 50 mm + muovimatto 2 mm. (Välipohjan paksuus 330 mm.)



Kuva 4.5.4.3 Oulun puukerrostalon, Kiinteistö Oy Puukotkan, C-talon ulkoseinän ja välipohjan liittymäkohta.

Kuivien tilojen välipohjat

Puukerrostalon kuivien tilojen välipohjat koostuvat yleensä kolmesta rakennekerroksesta, jotta vaaditut palo- ja ääneneristävyyssarvot tulevat täytetyiksi. Nämä kerrokset ovat:

- kantava rakenne
- kantavan rakenteen yläpuolinen tasaus- ja koolauskerros (tai valu) lattian pintarakenteineen ja
- kantavan rakenteen alapuolinen koolaus- ja jousirankakerros katon pintalevytyksineen.

Myös välipohjien ilmatiiviyteen on kiinnitettävä huomiota. Puukerrostalon välipohjat sisältävät usein ontelorakenteita, joissa voi esiintyä hallitsemattomia ilmavirtauksia, ellei rakenteita suljeta riittävän ilmatiiviiksi onteloiksi. Onkaloiden sulkeminen on tärkeää myös paloturvallisuuden vuoksi.

Välipohjien rakenteiden valintaan vaikuttavat ennen kaikkea rakennuksen runkojärjestelmä, LVIS-asennustekniset kysymykset sekä rakenteen kokonaiskustannukset. Suomen ensimmäisissä puukerrostalohankkeissa on havaittu, että kevytrakenteiset, monikerroksiset välipohjat ovat kalliita ja vaativat paljon työtä. Tämän vuoksi niiden elementointia ja tuotteistamista olisi kehitettävä edelleen, jotta puukerrostalorakentaminen voisi tulla välipohjien osalta nykyistä kilpailukykyisemmäksi.

Välipohjien kantavat rakenteet

Puisten kantavien vaakarakenteiden mitoituksessa taipuma ja värähtely ovat yleensä keskeisiä. Välipohjissa sallittuna taipumana voidaan pitää arvoa $L/300$ (L on jänneväli). Lisäksi RakMK B10:n mukaan asuinrakennuksissa ala- ja välipohjan hyötykuorman aiheuttama taipuma ei saa ylittää arvoa 12 mm. Ullokkeiden taipuma jännevälin suhteen saa olla kaksinkertainen. Taipumia laskettaessa tulee ottaa huomioon muun muassa rakenteiden oma paino ja kaikki hyötykuormat, kosteuden muutoksen aiheuttamat muodonmuutokset (esimerkiksi kuivumiskutistuma), levyuumapalkeissa ja kapeissa suorakaidepalkeissa leikkausmuodonmuutosten aiheuttamat lisätaipumat sekä ristikkorakenteiden ja muiden liittimin koottujen rakenteiden liitoksissa ja liittimissä tapahtuvien muodonmuutosten vaikutus. Liimapuupalkkien ja ristikkorakenteiden kokonaistaipumaa voidaan vähentää rakenteen esikorotuksella. Esimerkiksi levyuumapalkeilla, viilupuupalkeilla (Kertopuu) ja puu-betoni-liittorakenteilla esikorotuksen tekeminen on erittäin vaikeaa.



Kuva 4.5.4.4 Kantavia kevytuumapalkeja skotlantilaisella puukerrostalotyömaalla.

On huomattava, että puunormien sallima taipuma voi olla liian suuri lattioiden tasaisuuden kannalta. RYL 90 määrittelee taulukossa 31:T3 levyrakenteisten lattioiden tasaisuuspoikkeamien enimmäisarvot. Jos lattian tasaisuuden halutaan pysyvän näiden arvojen rajoissa, välipohjakannattajien enimmäistaipuma saa olla noin 60 % (tasaisuusluokka 2) tai noin 30 % (tasaisuusluokka 1) normien mukaisesta sallitusta taipumasta $L/300$. Jos jäykkyyttä ei voida tai ei haluta lisätä, välipohjarakenteeseen on tehtävä esikorotus tai kantavan rakenteen yläpuolinen tasauserros. Amerikkalaisessa puukerrostalorakentamisessa puurakenteisten välipohjatasojen päälle valettava 10 - 40 mm:n kipsibetonikerros hoitaa lattioiden tasaisuuspoikkeamien ja parantaa samalla välipohjien ääneneristävyyttä. Kelluvissa lattioissa voidaan käyttää eristekerroksen alla tasauserroksena myös kuivattua kevytsoratai kevytbetonimurskettä tai hiekkakerrosta. Suurin osa taipumasta syntyy yleensä rakennustöiden aikana, minkä vuoksi pintalattiatyöt tulisi tehdä mahdollisimman myöhäisessä vaiheessa runkotöiden jälkeen. Eurocode 5 antaa taipumisen rajoittamiseksi vain yleiset toiminnalliset vaatimukset, jotka rakenteiden tulisi täyttää. EC 5:ssä ilmoitetut taipumarajat

ovat ohjeellisia. Suunnittelijan tulee tapauskohtaisesti selvittää taipumien vaikutukset ja menetellä todellisen tilanteen ja vaatimusten mukaisesti. Alkutaipuma ei saisi ylittää arvoa $L/300$, ja lopputaipuman pitäisi olla $< L/200$.³⁵⁸

Puukerrostalon välipohjien kantaviksi rakenteiksi soveltuvat kantavien alapohjien tavoin niin massiivi-, liima- ja viilupuupalkit kuin erilaiset ohutuuma-, ristikko- ja arinapalkitkin. Näiden yläpintaan kiinnitetään yleensä liimaruuviliitoksien rakennuslevy, jonka kanssa palkit toimivat liittorakenteena. Myös erilaiset yhdistelmä rakenteet ovat käyttökelpoisia (esimerkiksi puu-betoni-teräs -liittorakenteet). Massiivipalkeilla päästään tavallisesti noin 4,5 metrin jännemittoihin. Ohutuuma- ja arinapalkeilla päästään luontevasti noin 5 - 7 metrin jänneväleihin. Liima- ja viilupuupalkeilla sekä ristikkopalkeilla päästään jopa 8 - 10 metrin jännemittoihin. Liimapuu- ja ristikkokannakkeissa voidaan käyttää esikorotusta taipumien eliminoimiseksi. Liimattujen puutuotteiden etuja ovat luonnonpuuta suuremmat dimensiot ja selvästi raaka-ainetta korkeampi lujuus. Tuotteet ovat valmistuksen jälkeen varsin kuivia, mittatarkkuus on hyvä eikä kieroutuminen ole ongelma.³⁵⁹ Välipohjissa on kuitenkin syytä välttää pitkiä yksiaukkoisia kannakkeita rakenteen haitallisen värähtelyn ja taipuman vuoksi. Kantavien väliseinien tai pilari-palkkilinjojen sijoittaminen kannakkeiden välitueksi on suositeltavaa. Välipohjien jäykkyyttä voidaan lisätä myös välipohjapalkkien välisillä poikittaispalkeilla, -kapuloilla tai vinotuilla. Välipohjien kantavan rakenteen korkeus saa olla 350 - 400 mm, jotta ylä- ja alapuoliset kerrokset mukaan lukien välipohjien korkeus ei ylittäisi 500:aa mm. Jos välipohjien kokonaiskorkeus ylittää 500 mm, on rakennuksen kerroskorkeutta kasvatettava suuremmaksi kuin kolme metriä, koska asuinhuoneiden korkeuden on oltava RakMK G1:n mukaan vähintään 2 500 mm.



Kuva 4.5.4.5 Ristikkopalkit välipohjissa mahdollistavat helpot asennusreitit LVIS-putkituksille.

³⁵⁸ Ukonmaanaho, A. (1996), op.cit.: s. 20.

³⁵⁹ Ranta-Maunus, A. (1996) Artikkelit: STEP-luento A9. Viilupuuta ja muut uudet rakenteelliset puutuotteet. Julkaisussa: STEP 1 Puurakenteet (1996) Suunnitteluperusteet - materiaaliominaisuudet - rakenneosat - liitokset. Valtion teknillinen tutkimuskeskus ja Rakennustieto Oy. Kirjapaino Tampere-Paino Oy. Tampere: s. A9/1.

Välipohjien kannakevalinta vaikuttaa oleellisesti rakennuksen LVIS-järjestelmien asennustekniikkaan. Tiheä kannakejako vaikeuttaa erityisesti suurten viemäriputkien sijoittamista palkkiväleihin. Lisäksi palkkeja vastaan kohtisuoraan kulkevat johtolinjat tulevat työteknisesti vaikeiksi. Ristikkopalkit ovat sen sijaan LVIS-asennustekniikan kannalta suositeltavia, erityisesti silloin kun ei haluta käyttää kantavien rakenteiden alapuolisia ristikkolauksia tai kantavan rakenteen yläpuolisia paksuja pintakerroksia.

Puukerrostalon välipohjan kantavat rakenteet voidaan toimittaa esimerkiksi valmiina tasoelementteinä. Tällöin rungon pystytysvaiheessa saadaan aikaan kerroksittain valmis työtaso. Valmiilla välipohjaelementeillä voidaan myös vähentää rakentamiseen kuluva työaika ja vähentää näin kokonaiskustannuksia. Tasoelementtien pinnaksi soveltuu hyvin paksuviiluisin havupuuvanereri, koska sen sään- ja iskunkestävyys on hyvä. Työturvallisuuden vuoksi työaikainen välipohjataso ei saa olla liukas. Kantavat välipohjaelementit voidaan muodostaa myös liitto- ja yhdistelmäarakenteista (puu-betoni-teräs). Yksi käyttökelpoinen ratkaisu voisi olla myös puu-betoni-liittorakenteinen alalaattaholvirakenne, joka oli yleinen välipohjaratkaisu jo 1940- ja 1950-luvuilla. Tällaisen ratkaisun etuna olisi asennustekniikan vapaa sijoittelu palkistotilaan yläkautta ja näin saavutettava huoneistojen helppo muunneltavuus.

Välipohjien yläpuoliset pintarakenteet

Kelluvien pintalattioiden avulla saadaan parannetuksi välipohjien ääneneristävyyttä. Pintalattioiden tekeminen kuiviin tiloihin on usein tarpeen myös siksi, että märkätiloihin tehtävien kallistuserrosten vuoksi tasoero kuiviin tiloihin verrattuna kasvaisi muutoin liian suureksi. Kelluviin pintalattioihin voidaan sijoittaa myös rakennuksen LVS-johdotuksia. 50 mm:n eristekerros mahdollistaa suojaputkeen tehdyt LVS-asennukset pintalattian alle. Asennusten risteilyjen vuoksi 30 mm:n eristekerros ei ole riittävä. Lattian pintakerroksilla voidaan lisäksi oikaista mahdollisia kantavan rakenteen epätasaisuuksia ja runkovaiheen aikana syntyneitä taipumia. Kelluvan pintalattian alapuolisina oikaisukerrosmateriaaleina ovat käyttökelpoisia esimerkiksi kipsibetoni, kuiva hiekka, kevytsora- tai kevytbetonimurske.

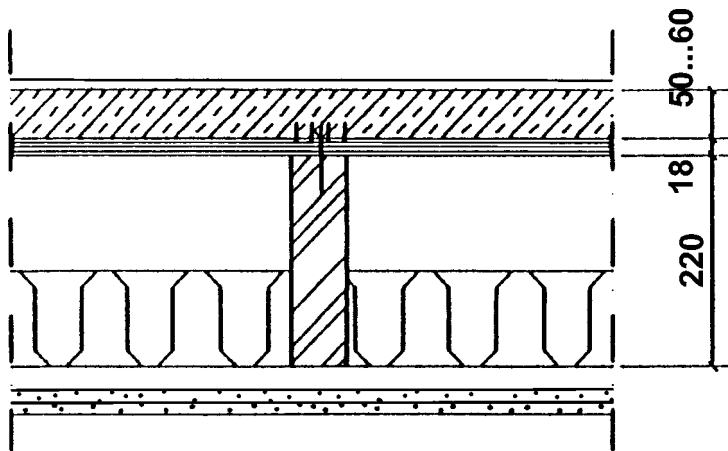
Kuivissa tiloissa kelluvien lattioiden eristekerrokseksi soveltuvat esimerkiksi kovat mineraalivillaeristeet, jotka toimivat ääniteknisinä jousena. Eristekerros ei saa olla liian tiheää, sillä kovuus hävittää joustavuuden. Keveiden, ei-kantavien seinien kohdilla sekä seinänvierustoilla ja kynnysten kohdalla on kuormituksen vuoksi käytettävä villalevyjä, joiden tiheys on yli 100 kg/m³. Keskilattialla voidaan käyttää villalevyjä, joiden tiheys on pienempi eli noin 80 kg/m³. LVS-asennukset voidaan tehdä villalevyjen väleihin tai ne voidaan lovetta villakerroksen sisään. Villalevyjen asennusvaiheessa käyttökelpoinen tapa on levittää LVS-johtojen päälle tuoretta maalia, joka merkitsee päälle sovitettavaan villalevyyn johtojen paikat. Näin johtoasennuksien loveukset saadaan villalevyihin mahdollisimman tarkasti.³⁶⁰

Kelluvien lattioiden pintakerrokseksi soveltuvat hyvin lattiakäyttöön kehitetyt ympäriontatut rakennuslevyt, kuten esimerkiksi kipsilastu- ja lastulevyt. Myös kaksi- ja kolmikerroksiset kipsikartonkilevyllattiat ovat käyttökelpoisia ratkaisuja. Jos kelluvissa lattioissa käytetään lastulevyjä, levyjen tulee olla käyristymisen välttämiseksi 600 mm leveitä, ja levyjen ilmastoimisesta ennen asennusta on huolehdittava erityisen hyvin. 1 200 mm

³⁶⁰ Karjalainen, M; Heikkilä, J.; Koiso-Kanttila, J. & Kilpeläinen, M. (1997) Suomalainen puukerrostalo. Opetushallitus. Hakapino Oy, Helsinki: s. 126.

leveät ja tätä leveämmät lastulevyt on tarkoitettu koolattuihin lattioihin, eikä niitä tule käyttää kelluvissa lattioissa. Kipsikartonkilevylattioissa päällekkäisten levyjen saumat eivät saa asettua kohdakkain. Äänisillan syntymisen estämiseksi lattian kelluvien pintalevyjen reunat on jätettävä irti seinästä ja muista pystyrakenteista noin 5 - 10 mm. Avorako toimii myös kelluvan lattialevytyksen kosteusvaihteluista johtuvan elämisen liikuntavarana.

Suomen ensimmäisistä puukerrostalokohteista kerätyn asukaspalautteen mukaan kelluvien levyrakenteisten välipohjien askelääneneristys ei ole välttämättä riittävä, vaikka ne täyttävät vaadittavan ääneneristysmääräykset. Tämän vuoksi maamme viimeisimmissä puukerrostalokohteissa on siirrytty käyttämään kelluvien levyrakenteisten pintalattioiden sijasta välipohjatason päälle valettavaa noin 50 - 70 mm:n paksuista betonikerrosta. Tällainen betonikerros lisää huomattavasti välipohjan massaa ja parantaa välipohjan ääneneristystä erityisesti matalilla taajuuksilla (bassoäänät ja askeläänät). Lisäksi betonikerrokseen on helppo ja nopea sijoittaa LVS-asennuksia. Ratkaisu sopii erinomaisen hyvin myös lattialämmityksen asentamiseen.



Kuva 4.5.4.6 Puu-betoni-liittorakenteinen välipohja, joka on saanut hyviä tuloksia oululaisten puukerrostalojen testeissä.

Palomääräyksissä ei ole asetettu erityisvaatimuksia puukerrostalon asuntojen lattioiden pintakerroksille, joten lattiapäällysteiksi soveltuvat niin laualattiat, parketit, korkki-, linoleumi- kuin muovimattopäällysteetkin. Kelluvien levylattioiden muovimattoina on syytä välttää ohuita liimattavia mattoja, sillä ne peilaavat helposti lattialevytyksien saumoja ja epätasaisuuksia. Lisäksi lastulevyn ja maton liimojen reagoinnista keskenään saattaa aiheutua kaasua, joka muodostaa kuplia maton alle. Liimattavien mattojen käyttäminen edellyttää lastulevyjen käsittelyä primerilla ennen mattojen liimaamista. Remonttikäyttöön kehitetyt paksupohjaiset irralleen asennettavat muovimatot ovat sen sijaan käyttökelpoisia. Irralleen asennettujen mattojen käyttö on lisäksi myöhempien huolto- ja kunnostustoimenpiteiden kannalta hyvä ratkaisu.

Välipohjien alapuoliset pintarakenteet

Palo- ja ääniteknisistä syistä sekä LVIS-asennustekniikan vuoksi puukerrostalojen välipohjien kantavan rakenteen alapuolella on käytettävä koolaus- ja levykerroksia. Riittävän

ääneneristävyyden aikaansaamiseksi on hyvä käyttää metallista jousirankaa levyjen kiinnityskoolauksena. Vakiovalmisteisten jousirankojen yleisin korkeus on 25 mm ja asennustiheys c 400 mm. Jousirangan asennuksessa on huolehdittava siitä, että jousirangat ovat kaikista kohdin irti seinärakenteista. Jousirangan välitila mahdollistaa esimerkiksi sähköjohdotusten kuljettamisen välipohjapalkkien poikittaissuunnassa. Suojaputkien ym. johdotusten asentamisessa on huolehdittava, etteivät ne muodosta kiinteää äänisiltaa pintalevyjen ja välipohjapalkkien väliin. Jousirangan väleissä niiden suuntaisesti voidaan käyttää myös puukoolauksia, jotka tukevat välipohjakannakkeiden väliin asennettavia villalevytyksiä. Lautojen tulee olla jousirankoja matalampia eli esimerkiksi 22 mm, jotteivät ne muodosta äänisiltaa rungon ja kattolevytyksen välille.

Kipsikartonki- ja kipsilastulevyt ovat käyttökelpoisia välipohjien alapinnan verhouksmateriaaleja. Kipsikartonkilevyt ovat edullisia, ja niitä on helppo työstää. Kipsikartonkilevyjen käyttö edellyttää palo- ja äänisistä yleensä kaksinkertaista levytystä. Tällöin päällekkäisten levyjen saumat eivät saa osua kohdakkain. Pontatulla 15 - 18 mm:n kipsilastulevyllä päästään riittävään eristävyyteen yhdellä levykerroksella. Kipsilastulevyyn saumojen viimeistely on vaikeampaa kuin kipsikartonkilevyyn. Palo- ja äänisistä jousirangan varaan asennettavan levytyksen on oltava mahdollisimman ilmatiivis ja reunoiltaan joustava. Välipohjien alapuoliset levykerrokset on tiivistettävä palon- ja ääneneristysyistä myös alakattojen ja märkätilojen alueilla, vaikka ne jäävät alakattojen tai koteloiden taakse piiloon.

4.5.5 Yläpohjat

Seuraavassa esitellään Suomeen vuosina 1995 - 2001 toteutettujen puukerrostalojen yläpohjien perusrakennetyypit³⁶¹. Rakennekerrokset on lueteltu alhaalta ylöspäin.

Ylöjärvi:

Kipsikartonkilevy 13 mm + akustinen jousiranka 25 mm k 400 + koolaus 50 x 50 k 400 (putkivedoille) + polyeteenikalvo 0,2 mm + kantava ripalaattaelementti 387 mm / mineraalivilla 50 mm ripalaattapalkkien väleissä + puhallusvilla 250 mm + ullakkotila + laudoitus 22 mm + konesaumattu peltikate.

Viikki:

Kaksinkertainen kipsikartonkilevytyys 13 + 13 mm + koolaus 45 x 61 k 400 (putkivedoille) + kanaverkko + polyeteenikalvo 0,2 mm + kattokannakkeet 48 x 222 k 600 / mineraalivilla 222 mm palkkiväleissä + vaneri 9 mm + ullakkotila + harvalaudoitus 25 x 100 k 150 + konesaumattu peltikate.

Oulu:

Kipsikartonkilevy 13 mm + koolaus 47 x 48 k 300 / kivivilla 50 mm + lastulevy 12 mm + polyeteenikalvo 0.2 mm + koolaus 20 x 97 k 600 + ristikot k 900 / selluvilla 270 mm (alapaarre kertopuuta 45 x 200) + ullakkotila + raakaponttilauta 23 x 95 + kumibitumikermikate.

³⁶¹ Lähde: Kunkin kohteen suunnitelmat sekä Ratia, P. (2000), loc.cit.

Tuusula:

Kaksinkertainen kipsikartonkilevytyks 15 + 15 mm + harvalaudoitus 25 x 100 k 400 + sitkeä pahvi 3 mm + ristikot k 900 / selluvilla 300 mm + ullakkotila + vaneri 15 mm + konesaumattu peltikate.

Raisio:

Kaksinkertainen kipsikartonkilevytyks 13 + 13 mm + akustinen jousiranka 25 mm k 400 + sitkeä paperi + kanaverkko + ristikot k 900 / selluvilla 400 mm + ullakkotila + aluskate + rimoitus 22 x 50 ristikoiden yläpaarteen päällä + ruoteet 50 x 50 k 300 + tiilikate.

Lahti / Pinja:

Kipsikartonkilevy 13 mm + vaneri 12 mm + harvalaudoitus 25 x 100 k 400 + polyeteenikalvo 0,2 mm + ristikot k 900 / mineraalivilla 300 mm + ullakkotila + vaneri 15 mm + kumibitumikermikate.

Lahti / Poppeli:

Kipsikartonkilevy 13 mm + vaneri 12 mm + koolaus 63 x 47 k 400 (putkivedoille) + polyeteenikalvo 0,2 mm + ristikot k 900 / puhallusvilla 200 mm + levyvilla 100 mm + ullakkotila + vaneri 15 mm + kumibitumikermikate.

Porvoo / Fredrika:

Kipsikartonkilevy 15 mm + Kipsikartonkilevy 13 mm + koolaus 25 x 100 k 400 + sitkeä paperi + ristikot k 900 / selluvilla 300 mm + ullakkotila + vaneri 15 mm + kumibitumikermikate.

Porvoo / Aleksanterinkatu:

Kipsikartonkilevy 15 mm + koolaus 50 x 50 k 400 + sitkeä paperi + ristikot k 900 / selluvilla 300 mm + ullakkotila + vaneri 15 mm + kumibitumikermikate.

Naantali:

Kipsikartonkilevy 15 mm + rimoitus 48 x 47 k 400 + sitkeä paperi + ristikot k 900 / selluvilla 300 mm + ullakkotila + aluskate + rimoitus 22 x 50 ristikoiden yläpaarteen päällä + ruoteet 50 x 50 k 300 + tiilikate.

Yläpohjien kantavat rakenteet

Puukerrostalon yläpohjan kannakkeiksi soveltuvat välipohjien tapaan niin massiivi-, liima- ja kertopuupalkit kuin erilaiset ohutuuma-, arina- ja yhdistelmäpalkitkin. Yläpohjan kantava rakenne voidaan muodostaa myös kattoristikoista tai suuremmista elementeistä.

Kantavat palkit voidaan sijoittaa joko viistosti vesikatteen suuntaan tai vaakasuoraan muodostamaan ylimmän kerroksen sisäkaton primaarirungon. Vesikatteen suuntaiset palkit mahdollistavat ylimpään kerrokseen viistot sisäkatot. Ratkaisu on hyvä myös yläpohjan jäykistyksen kannalta, sillä vesikatteen alustana toimivat jäykistyslevyt voidaan kiinnittää tukevasti suoraan kannakkeisiin. Yläpohjan riittävän tuuletuksen varmistamiseksi yläpohjan lämmöneristeen yläpinnan ja vesikatteen alustan väliin on jätettävä vähintään 150 mm:n tuuletusväli. Tuuletus on varmistettava myös vesikatteen jiiri- ja harjakohdissa. Jos kattokannakkeet sijoitetaan vaakasuoraan ylimmän kerroksen seinärungon päälle, vesikattomuodot joudutaan rakentamaan näiden kannakkeiden päältä. Yläpohjan jäykistyslevyt on paras sijoittaa tällöin kattokannakkeiden alapuolelle. Tämän ratkaisun

hyvänä puolena on ullakkotilan muodostuminen, jolloin voidaan varmistaa yläpohjan riittävä tuuletus. Ullakkotilan avulla mahdollistetaan lisäksi vesikatteen ja yläpohjan kunnan tarkistaminen sekä ilmanvaihtokanavien ym. vapaa asentaminen.



Kuva 4.5.5.1 Ristikkorakenteet soveltuvat hyvin myös puukerrostalojen yläpohjiin.

Tehdasvalmisteisten naulalevyristikoiden avulla saavutetaan edullisesti ja nopeasti vesikatteen muoto sekä valmis primaarirunko niin vesikatolle kuin ylimmän kerroksen sisäkatollekin. Ristikkorakenteinen yläpohja mahdollistaa yläpohjan jäykistelevyjen sijoittamisen ristikoiden alapintaan. Ristikoiden alapaarteena on hyvä käyttää kerto- ja liimapuupalkkeja, joilla saavutetaan yläpohjan riittävä jäykkyys ja palonkestävyys.

Puukerrostalon yläpohjan runko ja vesikattorakenteet voidaan myös elementoida. Valmiiden vesikattoelementtien etuina ovat rakentamisnopeus ja säävalmius. Vesikattoelementit voidaan toimittaa myös siten, että niihin on asennettu valmiiksi yläpohjan lämmöneristeet, höyrynsulku sekä sisäpuoliset pintaverhoukset.

Puurakennuksissa esiintyy silloin tällöin myös sortumia. Vaurioista suurin osa aiheutuu virheellisistä vesikattorakenteista. Ristikkosortumat ovat yleisiä ja aiheuttavat suuria aineellisia vahinkoja, koska ne etenevät usein ketjureaktiona laaja-alaisiksi³⁶². Virheitä tapahtuu suunnittelussa, rakentamisessa ja valvonnassa. Kantavien puurakenteiden vauriotapauksissa tyypillisimpiä virheitä ovat:

- Puutteet tiedonkulussa suunnittelun eri osapuolten kesken
- Virheet ja puutteet kuormitusotaksumien asettamisessa suunnittelussa
- Rakenteiden puutteellinen tuenta (nurjahdus- ja sivuttaistuenta)
- Rakenteiden puutteellinen tai virheellinen jäykistys
- Rakenteiden nosto- tai ylikuormitusvirhe asennusaikana.^{363 / 364}

Lämmöneristys

Yläpohjien k-arvon on oltava alle $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}^{365}$. Tämä edellyttää tavanomaisilla eristeillä vähintään 250 mm kerroksen lämmöneristyspaksuutta.³⁶⁶ Puhallettavia eristeitä käytettäessä eristepaksuuteen on lisättävä tiivistymisvara. Rakennuksen energiatalouden kannalta on tarkoituksenmukaista käyttää yläpohjissa vähintään 400 mm:n eristepaksuutta. Puukerrostalon kattokannakkeiden alapuolella käytetään yleensä koolauksia, joiden väleihin voidaan asentaa paloteknisistä syistä kivivillaeriste sekä tarvittavat sprinkleriputkistot. Nämä levymäiset eristeet toimivat myös osana yläpohjan lämmöneristystä.

Vesikate

Paloturvallisuussyistä puukerrostalon katteet on syytä tehdä K1-luokkaisina. Tällaisia katemateriaaleja ovat mm. tiili- ja peltikatteet. Jos puukerrostalo rakennetaan avointa rakennustapaa käyttäen yli kahdeksan metrin päähän muista rakennuksista, voidaan katemateriaalina käyttää myös K2-luokan bitumi- ja kumibitumikermikatteita. Tällaisten karkeapintaisten katteiden etuna on se, että pienillä kattokaltevuuksilla (loivemmilla kuin 1:4) ei tarvitse käyttää lumiesteitä eikä kulkusiltoja. Sileäpintaisten katteilla vastaava vähimmäiskaltevuus on RakMK F2:n mukaan 1:8³⁶⁷. Kermikatteiden alustaksi soveltuu hyvin esimerkiksi 23 mm paksu raakaponttilaudoitus tai pontattu 18 mm:n vanerilevytyys. K2-luokan kermikate saadaan K1-luokkaiseksi käyttämällä palamatonta alusrakennetta (esimerkiksi betoni) tai pinnoittamalla kate singelikerroksella. Singelikerroksen käyttö edellyttää loivia vesikattoja.

Jos vesikatteen alusta halutaan tehdä jäykistäväksi vaakarakenteeksi, pitkiltä sivuilta pontattu säänkestävä hiomaton kuusivaneri on käyttökelpoinen vesikaton alusmateriaali. Vanerilevyjen paksuuden on oltava vähintään 15 mm 900 mm:n kattokannakejaolla. Levyistä tehdyn vesikaton alusrakenteen etuina ovat säänkestävyys, asennuksen suuri nopeus, mittatarkkuus ja tasaisuus sekä kiinnityksen pieni naulamenekki.

³⁶² Törmänen, J. (1996) Puurakenteiden suunnitteluohjeiden täydentäminen. Diplomityö. Oulun yliopisto, rakentamistekniikan osasto, rakennetekniikan laboratorio. 4.11.1996. Oulu: s. 1 - 2.

³⁶³ Niiranen, T. (1994) Rakentamisen virheet. Helsingin kaupunki, rakennusvalvontavirasto, Julkaisu 4. Helsingin kaupungin hankintakeskus, Helsinki: s. 15 - 16, 19, 21 - 22.

³⁶⁴ Törmänen, J. & Leskelä M.V. (1996) Tutkimusraportti RTL 0021. Kantavien puurakenteiden vaurioselvitys. Puurakenteiden suunnitteluohjeiden nykytilanne. Oulun yliopisto, rakentamistekniikan osasto, rakennetekniikan laboratorio. Oulu: s. 2 - 3, 43 - 45.

³⁶⁵ RakMK C3 (1985), loc.cit.

³⁶⁶ Lämmöneristysmääräysten muuttuessa 1.1.2003 alkaen yläpohjien k-arvovaatimus kiristyy $0,22$:sta $0,16$:een. Puukerrostalojen suositeltaviin yläpohjarakenteisiin (RT 82-10679) verrattuna määräysten kiristyminen aiheuttaa jonkin verran muutoksia, koska uusi lämmöneristysvaatimus edellyttää noin 275 mm:n lämmöneristyspaksuutta nykyisen noin 250 mm:n sijasta. Ympäristöministeriö (2001) RakMK C 3, ehdotus 16.5.2001, sekä: Jouni Siika-aho, Insinööritoimisto Pekka Heikkilä Oy. Sähköpostihaastattelu 3.9.2001.

³⁶⁷ RakMK F2 (1983) Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten käyttö- ja huoltoturvallisuus. Ohjeet 1983. Sisäasiainministeriö. RT RakMK-20467. Rakennustietosäätiö, Helsinki: s. 2.

4.6 Palaute puukerrostalojen rakentamistavasta

Puukerrostalojen suunnittelijoilta, urakoitsijoilta ja tutkijoilta on saatu laajalti palautetta puukerrostalojen rakentamistavasta.³⁶⁸ Tämän luvun tiedot perustuvat maamme ensimmäisistä puukerrostalokohteista että ulkomaisista kohteista kerättyyn ammattilaispalautteeseen sekä tutkijalle oman asiantuntemuksensa kautta muodostuneeseen käsitykseen rakentamistavasta.

Rakentamistavan erityispiirteet ja mahdollisuudet

Puukerrostalojen rakentamista on pidetty helppona, keveänä ja siistinä. Puukerrostalojen talvirakentaminen on tuotantoystävällistä, koska töiden eteneminen ei riipu betonin kuivumisajoista. Puukerrostalojen kuiva rakennustekniikka pitää työmaan energjankulutuksen betonikerrostalorakentamiseen verrattuna matalampana. Esimerkiksi erityistä lämmitystä betonin lujittamiseksi ja ylijäämäveden haihduttamiseksi ei tarvita. Puukerrostalojen runkovaihe on nopea. Paikalla rakennetun puutalon runko on yhtä nopea pystyttää kuin elementtirakenteisen betonitalon. Runkovaiheen jälkeen puutalon valmiusaste on tosin alhaisempi kuin betonitalon, sillä erityisesti väli- ja yläpohjien viimeistely sisältää puukerrostalossa monia työvaiheita, jotka sitovat työvoimaa. Ruotsalaiset ovat arvioineet omien koerakennustensa perusteella, että puukerrostalon rakentaminen muuttovalmiiksi valmiin maapohjan päältä on noin kaksi kolmasosaa vastaavan betonikerrostalon rakennusajasta. Työpanos, joka kului runkoon ja sisustukseen, vastaa betonirakennuksen työpanosta, kun taas asennustöihin käytettiin 15 - 20 % vähemmän aikaa.³⁶⁹

Puukerrostalon materiaalihankinnoissa nimikkeiden määrä on betonirakentamista suurempi. Tämän vuoksi työmaan logistiikkaan on kiinnitettävä erityistä huomiota. Materiaalihankinnoissa on pyrittävä JOT-toimituksiin (just on time). Tämä edellyttää aina suunnittelijoiden ja urakoitsijan yhteistyönä huolellista määrälaskentaa, elementtisuunnittelua ja tarkkoja hankintaluetteluita. Tarkat mitta-, laatu- ja määräluettelot helpottavat huomattavasti puukerrostalojen rakentamista. Runkopuutavara, välipohja- ja yläpohjaelementit on hyvä toimittaa työmaalle vaiheittain siten, että ne pystytään asentamaan töiden edistymisen mukaan suoraan paikoilleen. Rakennusrungon puu- ja levytavarat on lisäksi parasta toimittaa työmaalle kerroksittain niputettuina. Myös kussakin huoneistossa tarvittavat ikkunat, ovet ja

³⁶⁸ Oulun ensimmäisestä puukerrostalokohteesta, Kiinteistö Oy Puukotkasta, kerättiin suunnittelija- ja urakoitsijapalaute, jota on käsitelty tarkemmin teoksessa: Karjalainen, M. (1997) Oulun puukerrostalo, Kiinteistö Oy Puukotka. Koerakennushankkeen loppuraportti. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio. Oulun yliopistopaino, Oulu: s. 111 - 115. Lisäksi Oulun Puu-Linnanmaan aloituskorttelin kilpailuttamishankkeen yhteydessä kerättiin urakoitsijapalautetta Viikin, Oulun, Tuusulan, Raision, Lahden ja Porvoon kohteiden toteuttamisesta. Tätä palautetta on käsitelty tarkemmin teoksessa: Heikkilä, J. (1999) Puukerrostalojen kilpailuttaminen, Urakkakilpailumenettelyn kehittäminen Kiinteistö Oy Linnakotkan rakennushankkeen yhteydessä. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio. Oulun yliopistopaino, Oulu: s. 7 - 12, 33 - 41. Puukerrostalojen rakentamisesta on koottu palautetta myös julkaisuissa: Nummi, J. & Ratia, P.; Koski, H. (toim.) (1999) Puura-kehitysprojekti 1996 - 1998. Puukerrostalojen rakentamistavat ja hintakilpailukyky - Kokemuksia ensimmäisistä suomalaisista puukerrostalohankkeista. VTT Rakennustekniikka, Tampere, ja: Ratia, P. (1999) Platform-työmaaseuranta. Kokemukset ja kehitystarpeet. VTT Rakennustekniikka, Tampere 1999. Lisäksi palautetta on kerätty sekä Lahden että Naantalın puukerrostalohankkeiden loppuraportteihin.

sisäpuoliset rakennuslevyt on tarkoituksenmukaisinta nostaa huoneistoittain sisälle ennen seuraavan kerroksen välipohjien asentamista. Sisäpuolisia levytyksiä ja lämmöneristeitä ei tule kuitenkaan asentaa paikoilleen ennen kuin rakennus on kauttaaltaan ulkopuolelta katettu, tuulensuojalevytetty ja ikkunoin suljettu.

Lohko	Toteutunut työtuntimäärä
C1	+ 16 %
C2	+ 20 %
C3	+ 2 %
B1	+ 32 %
B2	+ 19 %
B3	+ 17 %
A1	- 16 %
A2	- 16 %
A3	- 22 %

Kuva 4.6.1 Kiinteistö Oy Puukotkan toteutuneita työtunteja.



Kuva 4.6.2 Kerroksen valmistukseen kulunut aika puukerrostalo-kohteessa. Harjaantumisen merkitys on näkynyt selvästi maamme ensimmäisiä puukerrostaloja rakennettaessa.



Kuva 4.6.3 Puukerrostalotyömaalla tarvikkeiden tulee olla oikeaan aikaan oikeassa paikassa.

³⁶⁹ Vertailutietoa: Oulun ensimmäisen puukerrostalon Kiinteistö Oy Puukotkan kustannusvalvonnan mukaan toteutuneet työmenekit erosivat suunnitelmista enimmillään 30 %. Lopullinen toteutunut työtuntimäärä alitti tavoitearvion työtunnit kuitenkin 3,4 %:lla. Työmenekeissä näkyi selvästi harjaantumisen merkitys. Puukerrostalon rakennustilavuuteen suhteutettu työtuntimäärä oli noin 30 % suurempi kuin vertailukohteena toteutetun betonirunkoisen pienkerrostalon työtuntimäärä. Sisätöiden tuntimäärä oli jopa kaksinkertainen. Tuotannon tehostamisen näkökulmasta puukerrostaloissa tulisi keskittyä välipohjarakenteiden kehittämiseen ja runkotyön elementointiin. Lähde: Eskola, T. (1996) Puukerrostalon ajallinen tuotannonohjaus. Case: Kiinteistö Oy Puukotka. Diplomityö. Oulun yliopisto, rakentamistekniikan osasto. 23.10.1996: s. 58, 92 - 93.

Rakennusosien ja -tarvikkeiden nosto- ja siirtelykalustoksi riittää yleensä kevyt autonosturi tai kurottaja. Betonikerrostaloille tyypillistä raskasta nosturia ei välttämättä tarvita. Platformteknikka mahdollistaa julkisivujen tuulensuojalevytysten asentamisen seinärunkojen pystyttämisen yhteydessä. Näin runkovaiheessa ei välttämättä tarvitse rakennustelineitä rakennuksen ympärillä. Julkisivujen laudoitus- ja viimeistelytyöt voidaan tehdä keveiden, liikuteltavien tasonostureiden avulla. Rakentaminen ei vaadi sprinkleriasennuksia lukuun ottamatta erikoistyövoimaa.

Puukerrostalojen runkovaiheen jäykistyslevyinä on paras käyttää vanerilevyjä, sillä ne kestävät hyvin kosteutta ja kuivuvat nopeasti. Työmaan siisteys on turvallisuusasia, koska roskaiset vaneri- ja betonipintaiset välipohjatasot ovat hyvin liukkaaita. Runko- ja vesikattovaiheen jälkeen lämmöneristys- ja levytystyöt sekä LVIS-asennukset voidaan tehdä säältä suojassa. Kokemuksen mukaan Suomen ilmasto-olosuhteissa ei ole järkevää käyttää villatäytteisiä ja valmiiksiiverhottuja elementtejä, koska niiden sääsuojaukseen kuuluu kohtuuttomasti aikaa ja samalla valmiiden rakennusosien vaurioriski kasvaa. Jos puukerrostalorakentamisessa käytetään pitkälle valmistettuja elementtejä, valmiiden osien sääsuojaukseen on kiinnitettävä aina erityistä huomiota. Esimerkiksi tilaelementtien asennusjärjestys on suunniteltava siten, että vesikatto saadaan päälle heti kunkin osan elementtien asentamisen jälkeen.

Betoniset kellari- ja väestönsuojarakenteet ovat puukerrostalojen hitaimpia työvaiheita. Rakennuksen porrashuone- tai luhtikäytäväraakenteet on paras tehdä kulkuvalmiiksi yhtä aikaa rakennusrungon pystytyksen kanssa, jotta tarvittavat rakennusmateriaalit voidaan tarpeen mukaan jakaa tasaisesti huoneistoihin työvaiheiden edistymisen mukaisesti. Tämä nopeuttaa rakennustyötä, koska työntekijät pääsevät vapaasti liikkumaan rakennuksessa ja rakennusmateriaalien kantaminen lihasvoimalla jää vähäiseksi.

Puurakentamisen etuna on helppo liitostekniikka. Puukerrostalon rakennusosien liitoksiin soveltuvat yleensä tavanomaisten naula-, ruuvi- ja pulttikiinnikkeiden lisäksi tehdasvalmisteiset naulalevyt ja palkkikengät. Valmiiksi katkottujen ja lovetujen runkotolppien käyttö vaatii työmaalta tavallista suurempaa mittatarkkuutta rakennuksen perustustöissä, koska määrämittaisten rakennusosien avulla rakenteiden oikaiseminen on vaikeaa.

Puukerrostalorakentamisen kustannustaso

Pilottikohteina toteutettujen maamme ensimmäisten puukerrostalojen rakentaminen on edellyttänyt tarkkaa kustannusohjausta. Silti rakentamiskustannukset ovat urakoitsijoiden mukaan pyrkineet kasvamaan liian suuriksi. Uusien puukerrostalohankkeiden alkuvaiheessa, ennen varsinaista yksityiskohtaista rakennesuunnittelua, olisi syytä tehdä huolellista kustannusvertailua eri runkoratkaisujen ja rakennetyyppivaihtoehtojen välillä. Rakennetyypeistä tulisi arvioida sekä materiaalimenekit että arvioidut työ kustannukset. Eri vaihtoehtoista on tarpeen selvittää rakenteen laskennalliset lämmön-, palon- ja ääneneristävyysarvot, LVIS-järjestelmät ja niiden asennustekniikka sekä arvioida ratkaisujen käyttökelpoisuutta sekä itse rakentamisen että käytön kannalta.³⁷⁰ Rakennuksen pelkän rungon osuus on vain noin 20 % kokonaiskustannuksista, joten sen osuutta ei saa yliarvioida³⁷¹. Oleellista on selvittää se, mihin kaikkiin myöhempisiin työvaiheisiin ja ratkaisuihin runkovalinta vaikuttaa. Eri vaihtoehtoissa keskeisenä muuttujana tulee ottaa huomioon myös rakenteen tilakustannukset.



Kuva 4.6.4 Myös puukerrostalojen kustannuksiin voidaan vaikuttaa parhaiten hankkeen alkuvaiheessa.

Maamme ensimmäiset puukerrostalohankkeet ovat osoittaneet, että uudessa rakennustavassa yksityiskohtien huolellinen suunnittelu ja käytännön toteutus ovat lisänneet alkuvaiheessa suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden työmäärää tavanomaiseen betonikerrostalojen rakennustapaan verrattuna. Esimerkiksi piirustuksia jouduttiin ensimmäisissä koerakennuksissa laatimaan tavallista enemmän, koska puukerrostalorakentamiseen ei ollut vakiintunutta rakentamiskäytäntöä. Nyt suomalaisten puukerrostalojen rakentamistavasta on julkaistu jo RT-kortit³⁷² sekä useita yleisiä³⁷³ ja eri teknisiin kysymyksiin keskittyviä julkaisuja.

Yhdysvalloissa, Kanadassa ja Skotlannissa puukerrostalorakentaminen on betonirakentamista 20 - 30 % edullisempää. Puukerrostalorakentamisen kilpailukyky on todennäköisesti saavutettavissa myös Suomessa rakentamistavan jatkuvuuden ja harjaantu-

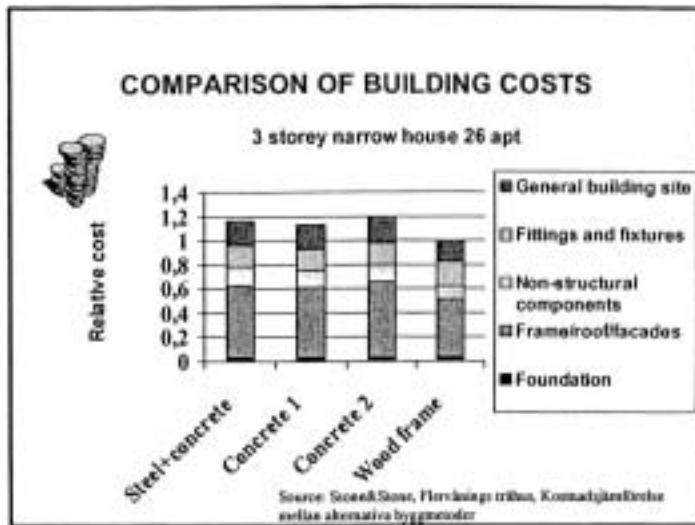
³⁷⁰ Palmberg-Rakennus Oy urakoi ajalla 4/97 - 6/99 Sodankylässä Kiinteistö Oy Asentopuulaakille koerakennuskohteena Pilotti 2:n asuinrakennukset. Kohde koostuu kuudesta kaksikerroksisesta pienkerrostalosta, joista kolme on platform-tekniikalla toteutettuja puurakennuksia ja kolme edellisten kanssa huoneistopohjiltaan ja julkisivuiltaan samankaltaisia, mutta betonirunkoisia asuinrakennuksia. Kohteessa on yhteensä 48 vuokra-asuinhuoneistoa, joissa kerrosalaa on yhteensä 2190 m². Koerakennuskohteessa vertailtiin näiden erilaisten runkotyyppien materiaali- ja työkustannuksia. Kohteessa todettiin, että puurunkoisissa rakennuksissa välipohjan rakentaminen on hieman betonirunkoisia rakennuksia kalliimpaa, kun taas betonirunkorakennuksessa kalliimpaa ovat muun muassa betonista välipohjaa kantavat ja jäykistävät seinät. Pilotti 2:ssa puu- ja betonirakennusten eroavien rakenteiden väliseksi kustannuseroksi syntyi laskelmissa noin 59 mk/h-m² (ALV 0 %) puurunkorakentamisen eduksi. Lähde: Palmberg-Rakennus Oy (1998) Sodankylän puukerrostalot, Kiinteistö Oy Asentopuulaaki Pilotti 2; Koerakennushankkeen loppuraportti. Projekti: Puurakentamisen teollinen standardisointi. Tuotekehitysavustussopimus TEKES / Palmberg-Rakennus Oy nro 177/98 (9.2.1998), Dnro 1292/480/97.

³⁷¹ Ratia, P. (1999) Platform-työmaaseuranta: s. 51.

³⁷² Lokakuussa 1988 ilmestyivät ensimmäiset puukerrostalorakentamista koskevat RT-kortit: RT 82-puurakennejärjestelmä.

³⁷³ Mm. julkaisut: Puuinfo Oy (1999) Avoin puurakennejärjestelmä, rakennussuunnittelu. Puuinfo Oy. Vammalan kirjapaino Oy, ja: Puuinfo Oy (1999) Avoin puurakennejärjestelmä, arkkitehtisuunnittelu. Puuinfo Oy. Vammalan kirjapaino Oy.

misen kautta. Suomalaisen puukerrostalojen kustannusedusta on esitetty myös vastakkaisia näkemyksiä.³⁷⁴ Pohjoisamerikkalaisen *platform-frame*-puurakennejärjestelmän ja skotlantilaisen puuelementtirakentamisen edullisuus johtuu kehittyneestä rakentamistavasta ja rakentamisprosessin kokonaisvaltaisesta hallinnasta. Pohjois-Amerikassa on kyseisestä rakennustavasta jo 120 vuoden kokemus. Siellä puukerrostalojen rakenneratkaisut ovat yleisesti käytössä. Toisaalta Yhdysvalloissa ja Skotlannissa betonielementtitekniikka ei ole tietävästi niin kehittyntä kuin Suomessa. Yhdysvalloissa syynä on kerrostalojen puurunkorakentamisen pitkä perinne ja siinä saavutettu harjaantuminen - puurunkoa ei ole tarvinnut kyseenalaistaa. Skotlannissa puurunkorakentaminen kilpailee korkealla esivalmistusasteellaan ja nopeudellaan perinteisten tiili- ja betoniharkoista paikalla muurattavien kerrostalorunkojen kanssa.



Kuva 4.6.5 Ruotsalaisia laskelmia puukerrostalojen kustannustasosta.

³⁷⁴ Suomalaisen ja amerikkalaisen puukerrostalon kustannusten vertailusta on tehty vuosina 1998 - 1999 yksi mielenkiintoinen tutkimus. Tutkimuksen on tehnyt Vantaan kaupungin rakennuttajapäällikkö, arkkitehti Heikki Lonka. Hintavertailussaan hän otti tarkastelun kohteeksi vuonna 1997 Seattleen rakennetun kuusikerroksisen asuinrakennuksen (3 400 br-m²). Hän sai käyttöönsä rakennuksen suunnitelmat ja kohteesta annetun urakkatarjouksen. Tämän jälkeen hän vertaili toteutuneita kustannuksia suomalaisen Rakennusliike Palmeg Oy:n antamaan kuvitteelliseen urakkatarjoukseen, jossa vastaava kohde olisi toteutettu Suomeen. Määräluettelot ja suomalaisen rakennusosa-arvion hinnoittelut tehtiin ToCoMan Laskentapalvelut Oy:ssä. LVIS-kustannusten analyysin teki Insinööritoimisto Olof Granlund Oy. Tutkimuksessa ei löydetty oleellisia eroja puurakentamisen kustannuksissa Suomessa ja Yhdysvalloissa. Runko muodostaa vain 15 - 20 % asuintalon kustannuksista. Sen sijaan talotekniikan kustannuksista löytyi merkittäviä eroja: Yhdysvalloissa kohteen talotekniikka maksoi vain kolmanneksen siitä, mitä se olisi Suomessa maksanut. Suurimmat erot olivat sprinklauksessa ja ilmanvaihdossa. Merkittäviä eroja löytyi myös erilaisista tiloille asetettavista vaatimuksista ja laatutasojen eroista sekä rakennuskulttuurista ja -käytännöistä. Suomessa arvonnisävero lisää merkittävästi rakentamisen kustannuksia. Lähde: Lonka, H. (1999) Amerikkalaisen puukerrostalon kustannusarvio. Raportti. 12.6.1999.

Suomen ensimmäisiä puukerrostaloja suunniteltaessa on pyritty tavanomaisen betonikerrostalon rakennuskustannusten tasoon. Ongelmana on kuitenkin ollut se, että puukerrostalorakentamisen eri pilottikohteista saatuja kokemuksia ei ole riittävästi osattu hyödyntää uusissa kohteissa.³⁷⁵ Puurakentamistekniikka mahdollistaisi koerakennuskohteissa käytettyjä ratkaisuja paremmatkin äänen-, palon- ja lämmöneristysominaisuudet, mutta tällöin ei voida suoraan vertailla puukerrostalorakentamisen kustannuksia tavanomaisten betonikerrostalojen rakentamiseen. Tähänastisten kokemusten perusteella puukerrostalojen kustannuksia lisääviä tekijöitä ovat olleet esimerkiksi seuraavat:

- sprinkleri- ja palovaroinjärjestelmät (+ noin 200 mk/as-m²)³⁷⁶
- puurakenteiset välipohjat (+ noin 200 mk/välipohja-m²)³⁷⁷

Puurakenteisten välipohjien kalleus johtuu ennen kaikkea niiden monista erilaisista rakennekerroksista ja useista työvaiheista, jotka sitovat työvoimaa³⁷⁸.

Jos puukerrostalorakentamisessa on päästy samaan kustannustasoon kuin tavanomaisessa betonikerrostalossa, edellä lueteltujen lisäkustannusten verran on täytynyt säästyä jostakin. Urakoitsijoiden katteista ei ole kuitenkaan ollut saatavissa yksityiskohtaisia tietoja. Betonikerrostaloon verrattuna puukerrostalon hintaa laskevia tekijöitä ovat urakoitsijoiden mukaan olleet muun muassa seuraavat:

- lyhyt rakennusaika³⁷⁹
- edullinen runkomateriaali
- edulliset ulkoseinät³⁸⁰
- edulliset yläpohjat
- helppo liitostekniikka
- paikkaus- ja tasoitustöiden sekä takuukorjaustöiden vähyys
- keveät rakenteet, vähäinen nostokaluston tarve runkovaiheessa ja
- keveät perustukset.

³⁷⁵ Nummi, J. & Ratia, P.; Koski, H. (toim.) (1999), op.cit.: s. 3 - 4.

³⁷⁶ Ratia, P. (1999) Platform-työmaaseuranta: s. 55.

³⁷⁷ Nummi, J. (1998) Puisten asuinrakennusten kilpailukyky. RTE24. Moniste 20.3.1998: s. 4, 10.

³⁷⁸ Pirinen, J. & Sipilä, J. (1997) Puukerrostalon kustannukset. Case: Kiinteistö Oy Puukotka. Oulun yliopisto, rakentamistekniikan osasto, rakentamistalouden laboratorio. Julkaisu n:o 109. Oulun yliopistopaino, Oulu: s. 35 - 36, 40.

³⁷⁹ Naantalın puukerrostalokohteesta saatujen tietojen perusteella puukerrostalon rakennusaika on noin 2 kk lyhyempi kuin vastaavan betonikerrostalon. Logistiikan ja harjaantumisen merkitys on suuri. Lähde: Laine, P. (2000) Naantalın puukerrostalot, koerakennushankkeen loppuraportti, loc.cit.

³⁸⁰ Martikainen, J., Pirinen, J. & Sipilä, J. (1997) Taloudelliset puurakenteet kerrostalorakentamisessa. Case: Kiinteistö Oy Puukotka. Oulun yliopisto, rakentamistekniikan osasto, rakentamistalouden laboratorio. Julkaisu n:o 108. Oulun yliopistopaino, Oulu: s. 36, 40.

Puukerrostalon puurunkotyöt + treevaus ja vertikaalinen jäykistäminen

		1. TALO		2. TALO		3. TALO	
		ILTARUSKO		PÄIVÄRUSKO		AURINKORUSKO	
RUNKO		työaika (h)	työteho (h/yks.)	työaika (h)	työteho (h/yks.)	työaika (h)	työteho (h/yks.)
Platform	1011 m ²	723	0,715	556	0,550	475	0,470
Sidonta	1011 m ²	49	0,048	48	0,047	45	0,045
Treevaus	1011 m ²	48	0,047	30	0,030	20	0,020
YHTEENSÄ	1011 m²	820	0,811	634	0,627	540	0,534

Työtehon parannus 1. ja 2.-Talon välillä	22,7 %
Työtehon parannus 2. ja 3.-Talon välillä	14,8 %
Työtehon parannus 1. ja 3.-Talon välillä	34,1 %

KESKIIARVO	
työaika (h)	työteho (h/yks.)
665	0,657

Platform-menetelmällä rakennettujen rakenneosien työmenekit yhdistettynä ja verrattuna kerrosalaan.

Puukerrostalon kaikki puurunkotyöt + vaippa umpinainen

		1. TALO		2. TALO		3. TALO	
		ILTARUSKO		PÄIVÄRUSKO		AURINKORUSKO	
KAIKKI		työaika (h)	työteho (h/yks.)	työaika (h)	työteho (h/yks.)	työaika (h)	työteho (h/yks.)
Runko	1011 m ²	820	0,048	634	0,047	540	0,045
Portaat	6 kpl	18	3,000	18	3,000	14	2,333
Parveke	15 kpl	196	13,067	176	11,733	165	11,000
YP	337 m ²	100	0,297	90	0,267	97	0,288
Talvilisätyöt	1011 m ²	60	0,059	25	0,025	0	0,000
Hissi	1011 m ²	16	0,016	10	0,010	4	0,004
Puuikkunat	59 kpl	115	1,949	72	1,220	55	0,932
Parv. ovet	17 kpl	26	1,529	24	1,412	22	1,294
YHTEENSÄ	1011 m²	1351	1,336	1049	1,038	897	0,887

Työtehon parannus 1. ja 2.-Talon välillä	22,4 %
Työtehon parannus 2. ja 3.-Talon välillä	14,5 %
Työtehon parannus 1. ja 3.-Talon välillä	33,6 %

KESKIIARVO	
työaika (h)	työteho (h/yks.)
1099	1,087

Kuva 4.6.6 Harjaantumisen merkitys näkyy selvästi myös Naantalın puukerrostalojen toteutuksessa.

Palautteen mukaan maamme ensimmäisten puukerrostalojen rakentamistavasta voidaan esittää seuraavat seikat:

- Rakentamistapa on vaatinut paljon kokeiluja ja harjoittelua, mikä on nostanut rakentamistavan kokonaiskustannuksia rutinoituneeseen betonikerrostalorakentamiseen verrattuna.
- Puukerrostalorakentamista koskevien viranomaiskäytäntöjen selkiintymättömyys on vaikeuttanut puukerrostalojen rakentamista. Puukerrostalojen paloturvallisuusvaatimuksia on pidetty yleisesti ylimitoitettuina.³⁸¹
- Puukerrostalon suunnitteluun on kulunut, ainakin ensimmäisissä kohteissa, huomattavasti enemmän aikaa kuin vastaavan betonikerrostalon suunnitteluun. Tämä johtuu suunnittelu- ja rakentamiskäytäntöjen vakiintumattomuudesta.
- Platform-runkojärjestelmää ja sen suomalaista sovellutusta eli avointa puurakentamisjärjestelmää on pidetty yleisesti ongelmattomana, helppona ja nopeana. Harjaantuminen kohteissa on ollut nopeaa.³⁸²
- Ensimmäisistä puukerrostalokohteista saatujen kokemusten mukaan takuuvuoden aikana syntyneitä nurkka- ja levysaumaratkeamia on ollut vähemmän kuin betonikerrostaloissa.
- Puukerrostalojen välipohjat kaipaavat vielä tuotekehittelyä, jotta ne tulisivat nykyistä yksinkertaisimmiksi, taloudellisimmiksi ja askelääneneristykseltään paremmiksi.³⁸³
- Puukerrostalotyömailla logistiikka on ensisijaisen tärkeää.
- Puukerrostalojen rakentamistapa vaatii jatkuvuutta, harjaantumista ja kouluttautumista niin suunnittelijoilta, urakoitsijoilta kuin tavarantoimittajiltakin.³⁸⁴
- Puurakentamisen keveyttä ei ole kyetty vielä riittävästi hyödyntämään perustuksissa eikä nostokalustossa.
- Puukerrostalorakentamiselta puuttuu vielä taloudellinen uskottavuus.
- Betonikerrostalojen syrjäyttämiseen puukerrostalorakentamisella suhtaudutaan varauksellisesti.
- Rakennusmiehet suhtautuvat puurakentamiseen yleensä myönteisesti.
- Puurakentamisen myönteisyys tulisi hyödyntää muilla argumenteilla kuin hintakysymyksillä.
- Puukerrostalojen urakkatarjous- ja urakointimenettelyt ovat tapahtuneet tähän saakka samoilla käytännöillä kuin betonikerrostalojen. Rakentamistavan erityispiirteitä ei ole välttämättä kyetty hyödyntämään betonikerrostalojen rakentamiseen tottuneiden rakennusliikkeiden organisaatioissa.³⁸⁵

³⁸¹ Lähde: Tauno Angeria. Skanska Etelä-Suomi Oy. Haastattelu 12.6.2001.

³⁸² Ratia, P. (1999) Platform-työmaaseuranta. Kokemukset ja kehitystarpeet: s. 1 - 3, 49.

³⁸³ VTT Rakennustekniikka (2000) Puukerrostalo As Oy Lahden Poppeli, op.cit.: s. 20 - 22.

³⁸⁴ Ratia, P. (1999), op.cit.: s. 33, 46.

³⁸⁵ Lähde: Pekka Sokka. Skanska Etelä-Suomi Oy. Haastattelu 15.5.2001.

4.7 Johtopäätökset

Puukerrostalojen rakentamiseen soveltuvat kerrostalojen eri talotyypit (lamelli-, piste-, käytävä- ja terassitalot). Eri runkojärjestelmistä kantavat seinät -järjestelmä levyjäykistyksineen soveltuu hyvin suomalaiseen puukerrostalorakentamiseen. Järjestelmä sopii sekä paikalla rakentamiseen että elementoitavaksi. Rakentamistapa ei rajoita asunosuunnittelua. Keveytensä ja joustavuutensa ansiosta puukerrostaloissa voidaan luontevasti saada aikaan rikasta massoittelevaa ja detaljoitavia. Tässä suhteessa maamme ensimmäiset puukerrostalot ovat olleet varsin maltillisia. Tilakustannuksen kannalta kantavien rakenteiden pinta-alan tulisi olla mahdollisimman pieni. Mikäli rakennusoikeuden määritelmä pysyy nykyisellään, puukerrostalojen välipohjiksi tulee kehittää pitkälaattaratkaisuja tai vaihtoehtoisesti käyttää välipohjien välitukina pilari-palkkikehiä. Tilakustannuksen vuoksi myös huoneistojen välisten seinien paksuutta tulisi pyrkiä ohentamaan nykyisestäään.

Puukerrostalojen rakentamisessa nimikkeiden määrä on suuri, joten työmaan logistiikan ja materiaalien JOT-toimitusten on oltava kunnossa. Jatkossa puukerrostalon rakennusosia pitäisi pyrkiä tuotteistamaan tähänastista enemmän. Tällöin olisi kehitettävä avoimen rakennusjärjestelmän mittastandardiin soveltuvia ja toistettavissa olevia ratkaisuja eri rakennusosia varten, ja näille pitäisi olla halukkaita myyjiä ja toimittajia sekä kokeneita valmistajia ja asiantuntevia rakentajia.

Suomalaisen puukerrostalon avoin rakennusjärjestelmä rakennusosineen ja rakennetyypeineen voidaan katsoa kehitetyksi ja testatuksi. Näin ollen jatkossa ei tulisi enää puhua puukerrostalojen koerakentamisesta. Avoimen puurakentamisjärjestelmän käyttöönotolla ja eriaosteisten esivalmistettujen rakennusosien tuotekehityksellä voidaan kehittää puukerrostalorakentamista tähänastista nopeammaksi, helpommaksi sekä taloudellisesti kilpailukykyisemmäksi. Suomen ensimmäisten puukerrostalojen kokemukset ovat osoittaneet, että puukerrostalojen tuotekehityksessä on keskityttävä vastaisuudessa muun muassa välipohjiin, märkätilojen ja parvekkeiden rakenteisiin sekä uusien työmenetelmien oppimiseen ja harjaantumiseen sekä ratkaisujen vakiinnuttamiseen. Ensimmäisissä puukerrostaloissa harjaantumisen vaikutus on näkynyt selvästi. Vakiinnuttaminen koskee myös sekä normituksia että viranomaismääräyksiä, joissa on ollut tähän saakka liikaa epämääräisyyttä ja tulkintakirjavuutta. Puukerrostalojen rakenneratkaisujen kehittämisessä, niiden vakiinnuttamisessa ja ohjeistuksessa tulee jatkossa ottaa riittävän ajoissa huomioon myös niihin vaikuttavat tiedossa olevat rakentamismääräysten muutokset, esimerkiksi lämmöneristysmääräysten kiristyminen. Puukerrostalojen rungon osuutta rakentamisen kokonaiskustannuksista ei tule liioitella. Rakentamistapaa tulisi jatkossa markkinoida muilla argumenteilla kuin pelkillä hintakysymyksillä. Esimerkiksi rakentamistavan ekologisuutta, joustavuutta ja muunneltavuutta voitaisiin korostaa tähänastista enemmän.

5 Äänitekniset kysymykset

5.1 Yleistä, ääneneristysmääräysten tiukentuminen

Suomalaisten puukerrostalojen kehitysjakso ajoittui samaan aikaan ääneneristysmääräystemme tiukentumisen kanssa. Tämän vuoksi kaikissa maamme ensimmäisissä puukerrostalokohteissa haluttiin ottaa lähtökohdiksi tulevat ääneneristysmääräykset, vaikka niitä ei tarvinnut vielä välttämättä käyttää niille asetetun siirtymisajanjakson vuoksi. Toisaalta tämä valinta aiheutti ensimmäisiin puukerrostalokohteisiin lisää kustannuksia vallitsevaan kerrostalojen rakentamistapaan verrattuna. Lisäksi julkisuudessa maalailtiin tutkimusten ja aiempien kokemusten perusteella jo ennakkoon mielikuvia siitä, että puukerrostaloissa tullaan kohtaamaan pyykinpesukone- ja askelääniongelmia. Niinpä ääneneristyskysymykset loivat palomääräysten ohella suorituspaineita puukerrostaloja kohtaan ennen kuin ensimmäistäkään puukerrostaloa oli maahamme rakennettu. Puukerrostalojen äänitekniset kysymykset ovat olleet hyvin keskeisiä myös yhteispohjoismaisessa Nordic Wood -hankkeessa. Puurakentamisen teknologiaohjelmassa ääneneristyskysymyksiä käsiteltiin teemanimellä ”hiljainen puutalo”.



Kuva 5.1.1 Värähtely ja matalat äännet ovat puuvälipohjien ongelma.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C1 mukaan asuinkerrostalojen ääneneristysvaatimukset olivat ajanjaksona 1.7.1985 - 30.9.1998:

- Välipohjat: -ilmaääneneristävyys R'_{w} vähintään 53 dB
- askeläänentasoluku $L'_{n,w}$ enintään 58 dB
- Huoneistojen väliset seinät: - ilmaääneneristävyys R'_{w} vähintään 52 dB³⁸⁶

Uudet yleiseurooppalaiseen suuntaan tiukennetut ääneneristysvaatimukset, RakMK C1, astuivat voimaan 1.10.1998. Aikaisempia säännöksiä (RakMK C1 / 1.7.1985) sai kuitenkin vielä soveltaa rakentamiseen, johon oli haettu lupaa ennen 1.1.2000.³⁸⁷ Uudessa RakMK C1:ssä huoneistojen välipohjien ja seinien ilmaääneneristävyysvaatimusta tiukennettiin 2 - 3 dB ja askelääneneristävyyttä peräti 5 dB. Vuoden 2000 alusta alkaen kaikkien asuinkerrostalojen on pitänyt täyttää seuraavat ääneneristysvaatimukset:

- Välipohjat: - ilmaääneneristävyys R'_{w} vähintään 55 dB
- askeläänentasoluku $L'_{n,w}$ enintään 53 dB
- Huoneistojen väliset seinät: - ilmaääneneristävyys R'_{w} vähintään 55 dB
- Portaista ja käytävistä asuntoihin: - askeläänentasoluku $L'_{n,w}$ enintään 63 dB³⁸⁸

Current Building Regulation requirements

Element	Airborne $D_{nT,w}$ (dB)		Impact $L'_{nT,w}$ (dB)	
	England & Wales (based on tests on up to 8 pairs of rooms)	Northern Ireland and Scotland (based on tests on up to 4 pairs of rooms)	England & Wales (based on tests on up to 8 pairs of rooms)	Northern Ireland and Scotland (based on tests on up to 4 pairs of rooms)
Floors	≥ 51	≥ 52	≤ 62	≤ 61
Walls	≥ 52	≥ 53	no requirement	no requirement

Enhanced sound insulation targets

Element	Airborne $D_{nT,w}$ (dB)	Impact $L'_{nT,w}$
Floors	≥ 54	≤ 59
Walls	≥ 55	no requirement

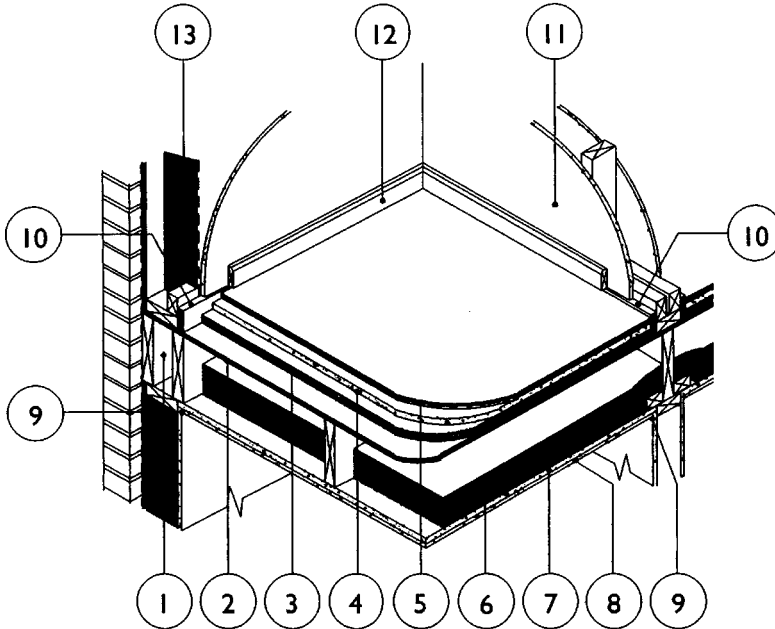
Kuva 5.1.2 Iso-Britanniassa asuinkerrostalojen ääneneristysvaatimukset ovat hieman lievempiä kuin Suomessa.

³⁸⁶ RakMK C1 (1985) Ääneneristys. Määräykset. Ympäristöministeriö. RT RakMK-20596. Rakennustietosäätiö, Helsinki.

³⁸⁷ Esimerkiksi Iso-Britanniassa asuntojen ääneneristävyysvaatimukset eivät ole niin tiukat kuin Suomessa ja muissa Pohjoismaissa. Voimassa olevat määräykset ovat vuodelta 1991. Vaatimukset vaihtelevat jonkin verran Englannin, Skotlannin, Walesin ja Irlannin välillä. (Ilmaääneneristävyys e 51 - 53 dB ja askeläänentasoluku d 61 - 61 dB). Tästä huolimatta puisissa välipohjissa tavoitellaan lähes aina 3 dB:ä parempia ääneneristysarvoja. Lähde: TRADA (2000) Acoustic performance of party floors and walls in timber framed buildings. TRADA Technology Report 1/2000: s. 5 - 6.

³⁸⁸ RakMK C1 (1998) Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksissa. Määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. RT RakMK-21090. Rakennustietosäätiö, Helsinki.

FIG 2 'Standard' party floor with 220 mm timber joists



Construction

- 1 220 x 38 mm timber joist
- 2 15 mm OSB Type 3
- 3 25 mm glass wool slab (64 kg/m³)
- 4 19 mm plasterboard
- 5 18 mm moisture resistant chipboard
- 6 100 mm glass wool quilt (10kg/m³)
- 7 19 mm plasterboard
- 8 12.5 mm plasterboard
- 9 Acoustic sealant at wall to ceiling
- 10 Resilient material at floor perimeter to prevent layers 4 and 5 contacting walls
- 11 Internal loadbearing wall
- 12 Skirting set 5 mm above chipboard deck to ensure there is no contact
- 13 External wall

Sound insulation performance

Floor construction met enhanced requirements.

Airborne $D_{nT,w}$ (dB)	Impact $L'_{nT,w}$ (dB)
54	59
$D_{nT,w} + C_w$	$L'_{nT,w} + C_i$
46	60

Target sound insulation	Airborne $D_{nT,w}$ (dB)	Impact $L'_{nT,w}$ (dB)
Building Regulations	51 min	62 max
Enhanced	54 min	59 max
	$D_{nT,w} + C_w$	$L'_{nT,w} + C_i$
Enhanced+	50 min	57 max

Kuva 5.1.3 Skotlantilaisen puukerrostalon tyyppirakenteita.

Rakennusten ääniteknisten vaatimusten täytyminen tarkastetaan aina valmiissa rakennuksessa. Askeläänitasoa asuntojen pienistä pesutiloista asuinhuoneisiin ei mitata.

1.7.1985 RakMK C1:n mukaan LVIS-laitteiden aiheuttama A-painotettu äänitaso sai olla keittiössä enintään 35 dB ja muissa asuinhuoneissa enintään 30 dB. Uudemman (1.10.1998) RakMK C1:n mukaan keittiöiden keskiäänentaso (ekvivalenttitaso, $L_{A,eq,T}$) saa olla enimmillään 33 dB ja A-painotettu enimmäisäänentaso ($L_{A,max}$) enimmillään 38 dB. Muissa asuinhuoneissa vastaava arvo on 28 dB ($L_{A,eq,T}$) ja 33 dB ($L_{A,max}$).³⁸⁹ Huoneistojen LVIS-asennusten runkoääniä voidaan minimoida käyttämällä viemäreinä raskaita valurautaputkia, ja muissa

³⁸⁹ RakMK C1 (1998), loc.cit.

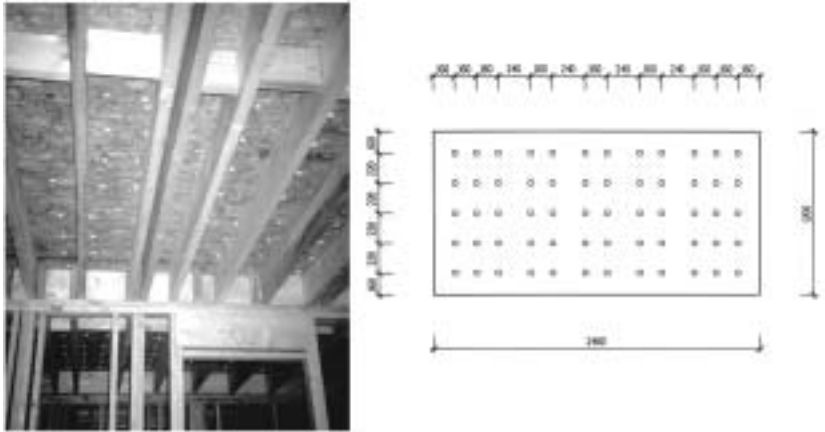
reitityksissä muovisia suojaputkiasennuksia sekä joustavia liitoksia, joilla estetään samalla rakennusrungon mahdollisen painuman aiheuttamat vauriot putkissa.

5.2 Puun äänitekniset ominaisuudet

Puukerrostalojen äänitekniisiin ominaisuuksiin suhtauduttiin heti alusta alkaen kriittisesti, koska tiedostettiin vanhojen kerrostalojen puuvälipohjien ääneneristysongelmat ja niissä käytetyt keinot välipohjien massan kasvattamiseksi ja ääneneristyksen parantamiseksi. Puukerrostalossa ääneneristyksen hallitsemisen keinot (erillisrungot, äänikatkot) ovat haastavia, koska ne ovat toisaalta vastakkaisia rakenteellisen jäykkyyden saavuttamisen keinoihin (jäykistys, liitokset, jatkuvat rakenteet) verrattuna.

Puu on kevyt materiaali, joten sellaisenaan sen ääneneristys ei ole hyvä. Paksu, tiivispintainen ja sileä puurakenne ei myöskään erityisen hyvin vaimenna ääntä, joten puu ei ole yksinään hyvä absorptiomateriaali. Puu johtaa ääntä paremmin syiden pituussuunnassa kuin syitä vastaan kohtisuorassa. Tiivis puurakenne heijastaa ääntä, ja siitä voidaan helposti muodostaa äänen heijastuksia suuntaavia pintoja. Tätä ominaisuutta käytetään hyväksi esimerkiksi soittimissa ja musiikkisaleissa.

Puurakennusten riittävä ääneneristävyys voidaan yleensä saavuttaa rakenteellisin keinoin käyttämällä monikerrosrakenteita. Sijoittamalla levyn tai paneloinnin taakse ilmavälin lisäksi huokoinen absorptiomateriaali, esimerkiksi mineraalivilla, muodostuu niin kutsuttu levyresonaattori, joka värähdellessään vaimentaa tehokkaasti keveille rakenteille ongelmallisia matalia ääniä. Lisäksi tekemällä puisia rimoituksia tai rei'ittämällä puupintoja saadaan aikaan rako- tai reikäresonaattoreita, jotka vaimentavat tehokkaasti myös keskikorkeita ääniä.



Kuvat 5.2.1 ja 5.2.2 Skotlantilaisissa puukerrostaloissa käytetään rei'itettyjä vanerilevyjä. Rei'ityksellä on kaksi tehtävää: poistaa rakennusaikainen vesi levyjen päältä ja parantaa välipohjien ääneneristystä.

5.3 Ääneneristys sivuttaissuunnassa

Sekä Suomen että muiden Pohjoismaiden puukerrostalokohteissa tehtyjen tutkimusten, mittausten ja asukaspalautteen (ks. luku 5.5.) perusteella ilmastueneristys on puukerrostaloasunnoissa ollut sivuttaissuunnassa erinomainen. Puukerrostaloissa yleisesti käytetyt kantavat ja ääntäeristävät huoneistojen väliset kaksoisrunkoseinät ovat täyttäneet reilusti rakenteelle asetetun ilmastueneristävyysvaatimuksen, R'_{w} vähintään 55 dB. Tyypillisesti tällaisen kaksoisrunkoisen seinärakenteen (ilmaväli ≥ 210 mm ja yhden seinäpuoliskon levykerrosten paino yhteensä noin 15 kg/m^2) ilmastueneristys on ollut yli 60 dB. Ääneneristys on ollut riittävä myös matalilla (50 - 100 Hz) taajuuksilla.³⁹⁰

Suomeen rakennettujen puukerrostalojen huoneistojen välisten seinien paksuus on 214 - 339 mm (ks. luku 4.5.3). Tämän vuoksi voidaan esittää kysymys, onko maamme puukerrostaloissa huoneistojen väliset seinät tehty jopa tarpeettoman paksuiksi ja ääneneristysmielessä liian hyväiksi, sillä vaadittava ääneneristävyys on ylitetty keskimäärin noin 5 dB:llä. Jos ääneneristyksessä olisi pysytty vain vähimmäisvaatimuksessa, olisi seinien paksuutta voitu jonkin verran ohentaa ja tällöin saavuttaa säästöjä muun muassa tilakustannuksissa.

5.4 Välipohjien äänitekniset näkökohdat

Suomen nykyiset ääneneristävyysarvot mitataan RakMK C5:n mukaisesti ISO-standardien 140 ja 717 mukaisen vertailukäyrän avulla 100 - 3 150 Hz:n taajuuskaistoilla. Suomi on luopunut uusissa määräyksissä kansallisesta poikkeamasta näissä standardeissa. Poikkeama oli RakMK C5:n niin kutsuttu 12 dB:n sääntö, joka rajoitti yhdellä taajuuskaistalla enimmäispoikkeaman vertailukäyrästä 12 dB:iin. Mittaustavan muutos parantaa jollain rakenteilla saatuja lukuarvoja, mutta useimpiin rakenteisiin muutoksella ei ole merkitystä.³⁹¹

Keveiden puurakenteiden ongelmana ovat matalat äänet eli alle 100 Hz:n taajuudet. Vaikka rakenteet täyttävät ISO-standardin mukaiset ääneneristysarvot, asukkaat voivat pitää askelääneneristystä riittämättömänä. Tämän ovat vahvistaneet ruotsalaiset tutkimukset³⁹² sekä suomalaisista puukerrostaloista kerätty asukaspalaute (ks. luku 5.5.). Ruotsissa on kehitetty 50 - 100 Hz:n askeläänien ongelmataajuuksille mitoitustmenetelmä, jota on ehdotettu käytettäväksi myös Suomessa puurakenteiden askelääneneristävyttä määrittäessä.³⁹³ Tällä niin kutsutulla Bodlundin menetelmällä määrittetystä askeläänitasoluvusta käytetään merkintää L_B . Bodlundin mitoituskäytännön mukaan askeläänitasoluku 62 dB (L_B) vastaa ISO-standardien mukaista askeläänitasolukua 48 - 53 dB ($L'_{n,w}$). Näillä arvoilla myös

³⁹⁰ VTT Rakennustekniikka (2000) Puurunkoisen asuinrakennuksen ääneneristävyden suunnittelu-ohje. Espoo. 10.10.2000: s. 8.

³⁹¹ Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy (1999) RTT. Betonivälipohjien askelääneneristävyys. Osa-projekti 2, raportti 22.10.1999: s. 3.

³⁹² Eriksson, P.-E. (1995) Trästommar i flerbostadshus - Erfarenheter från byggande och förvaltning. Stockholm, Trätek, Rapport P 9504018.

³⁹³ Myös monet muut tutkijat Euroopassa ovat viimeisten vuosikymmenien aikana kehittäneet mitoituskäytäntöjä keveiden välipohjien askelääneneristävyden kriteereiksi. Tutkijoista mainittavia

ilmaääneneristys on tavallisesti riittävä.³⁹⁴

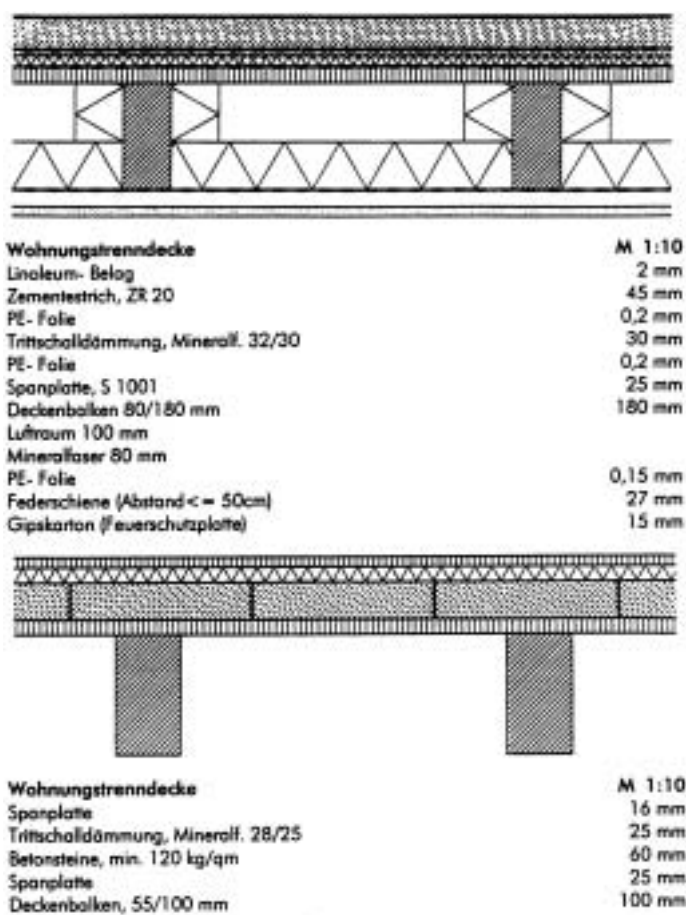
Maamme ensimmäisten puukerrostalojen välipohjien ääniteknisiksi ratkaisuksi suositeltiin seuraavanlaisia rakenteita: Kantavan rakenteen yläpuoliset pintalattiat tehdään kelluvina ja alapuolella käytetään akustista jousi-massaratkaisua, jossa levykerrokset kiinnitetään akustisen metallijousirangan varaan. Kelluvat lattiarakenteet ja välipohjien alapuoliset akustisen jousirangan varaan kiinnitetyt paksut levykerrokset vähentävät myös välipohjien liittymissä äänen sivutiesiirtymää. Tiedossa oli myös tapa parantaa välipohjien ääneneristävyttä (erityisesti askelääneneristystä) lisäämällä niiden massaa, jolloin ei välttämättä tarvita kelluvia pintarakenteita. Amerikkalaisessa rakentamistavassa tämä massan lisäys tehdään tavallisesti paksun kokolattiamaton alle valettavalla 10 - 40 mm:n paksuisella kipsibetonivalulla. Saksalaisissa puukerrostaloissa välipohjien massan lisäyksessä on käytetty myös kuivaa hiekkakerrosta tai erillisiä betonilaattoja³⁹⁵. Massan lisäyksessä toinen käyttökelpoinen tapa on puu-betoni-liittorakenteen hyväksikäyttö siten, ettei betoni ole välipohjakannakkeita rasittavana kuormana ("kuolleena massana"), vaan osana kantavaa rakennetta. Tällaisia välipohjarakenteita on testattu esimerkiksi Oulussa Kiinteistö Oy Puukotkassa ja useissa Puu-Linnanmaan asuntokortteleissa. Puukerrostaloista kerätyn asukaspalautteen mukaan asukkaat ovat pitäneet välipohjia, joissa on käytetty pintakerroksena 40 - 70 mm:n betonivalua, askelääneneristykseltään kevytrakenteisia välipohjia parempina, vaikkakaan ääniteknisissä mittauksissa niiden välillä ei ole havaittu merkittäviä eroja. Myös As Oy Lahden Pinjan rakentamisen yhteydessä tutkittiin yhtenä mahdollisuutena käyttää välipohjatason pintakerroksessa askelääneneristykseen lisäämiseksi kuivaa hiekkaa. Ääniteknisten mittausten perusteella rakenne toimi erinomaisesti (kokeissa parannusvaikutus oli jopa 10 dB), ja sitä olisi haluttu kokeilla todellisessa kohteessa myös Suomessa.³⁹⁶ Hiekkavälipohjarakennetta ei lopulta käytetty Lahdessa lähinnä kokemuksen putteen vuoksi.

ovat muun muassa Fasold (1965), Olnyk and Northwood (1968), Bodlund (1985), Hagberg (1996), Blazier and DuPree (1994) ja Tachibana et al. (1992). Kaikki nämä tutkijat ovat todenneet, että ISO 140-7 tai ISO 717-2 standardit ovat riittämättömiä. Keveiden välipohjien ongelmana ovat askeläännet, matalat taajuudet 32 - 200 Hz. Lähde: Sipari, P., Heinonen, R. & Parmanen, J. (1998) Acoustic properties of wooden floor slabs. VTT publications 345. VTT Technical Research Centre of Finland. Espoo: s. 9.

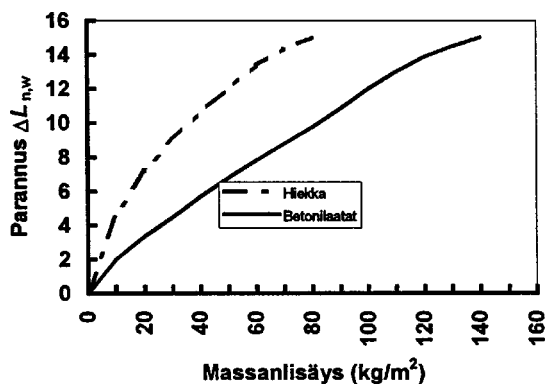
³⁹⁴ Keronen, A. & Kylliäinen, M. (1996) Puuvälipohjan askelääneneristävyys. RIL K175-1996. Puurakentamisen kurssi opettajille - osa 2. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y. Pikapaino Paatelainen Oy: s. 31 - 35.

³⁹⁵ Holtz, F. & Hessinger, J. (1998) Article: Recent developments on the impact sound insulation of timber floors. In: Hammer, P. (edit.) (1998) COST Action E5 Workshop. Acoustic Performance of Medium-Rise Timber Buildings. Dublin, Ireland, December 3 - 4, 1998.

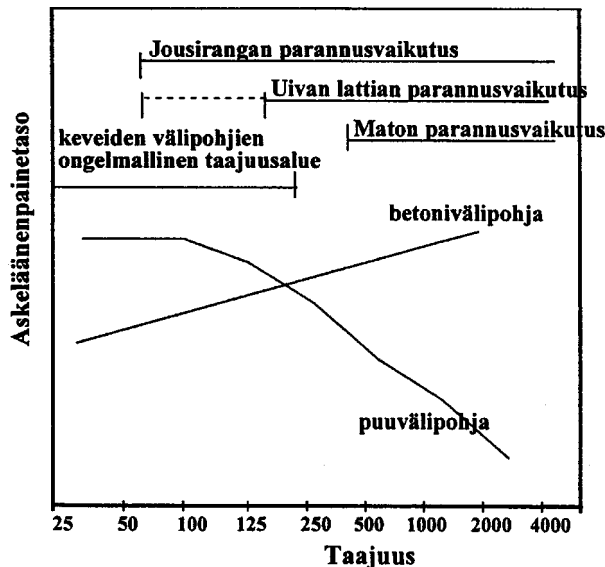
³⁹⁶ Sipari, P. & Parmanen, J. (2000) Puukerrostalon ääneneristävyys todellisuudessa - Johtopäätöksiä mittauksista ja haastatteluista. VTT Rakennustekniikka / TEKES. Sisäinen raportti nro RTE13-IR-26/2000: s. 13 - 15.



Kuva 5.4.1 Saksalaisissa puuvälipohjissa matalia ääniä vaimennetaan sementtikerroksen tai betonilaattojen avulla.



Kuva 5.4.2 Puuvälipohjien massan lisäyksellä vaimennetaan erityisesti matalia ääniä.



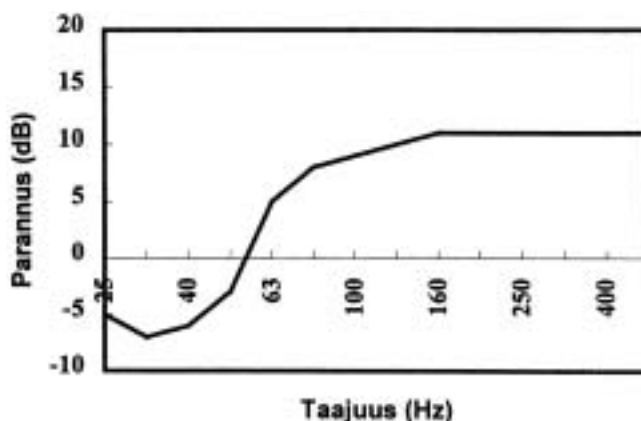
Kuva 5.4.3 Puu- ja massiivivälipohjan askelääneneristävyys ja rakennekerrosten parannusvaikutusalueet.

Ääniteknisten kokeiden mukaan uivan pintalattian avulla saavutetaan keskimäärin noin 5 dB:n parannus ilmaääneneristykseen (R'_{w}) ja noin 10 dB:n parannus rakenteen askelääneneristykseen ($L'_{n,w}$)³⁹⁷. Keveissä levyrakenteisissa ripalaattavälipohjissa kelluvan pintalattian aikaansaama parannus askelääneneristykseen voi olla jopa 20 - 30 dB. Kantavien levyrakenteisten välipohjien ääneneristystä voidaan parantaa jonkin verran lisää rei'ittämällä pintalevyä. 30 %:n rei'ityksellä askelääneneristys matalilla taajuuksilla parantuu keskimäärin 2 dB. Tällaista ratkaisua on käytetty muun muassa skotlantilaisissa ja norjalaisissa puukerrostaloissa. Pintalattian levytyksen massaa kasvattamalla parannetaan rakenteen ääneneristystä, etenkin keveille rakenteille haitallisilla alle 100 Hz:n taajuuksilla. Välipohjien palkkivälitilaan sijoitetulla eristekerroksella ja sen paksuudella on myös vaikutusta rakenteen ääneneristykseen. Jos välipohjien palkkivälitila täytetään kokonaan puhalluseristeellä, rakenteen askelääneneristys paranee noin 3 dB³⁹⁸. Lattian kuormituksen on todettu huonontavan rakenteen askelääneneristystä 4 - 8 dB. Lisäksi puuvälipohjissa askelääneneristys on sitä parempi, mitä suurempi on kattolevytyksen ja välipohjan kannen välinen ilmapäli ja mitä enemmän rakenteessa on joustavia kerroksia.³⁹⁹ Rakenteen ääneneristykseen vaikuttavat siis monet tekijät. Rakenteen muuttaminen voi vaikuttaa askelääniin ja ilmaääniin päinvastaisesti. Kaikki edellä luetellut arvot ovat suuntaa antavia ja osa niistä on laskennallisia. Mittaustuloksiin vaikuttaa oleellisesti myös se, millä taajuuksilla ääniä mitataan.

³⁹⁷ VTT Rakennustekniikka (2000) Puurunkoisen asuinrakennuksen ääneneristävyden suunnitteluohje, op.cit.: s. 17.

³⁹⁸ Keronen, A. (1997), op.cit.: s. 7.

³⁹⁹ VTT Rakennustekniikka (2000) Puurunkoisen asuinrakennuksen ääneneristävyden suunnitteluohje, op.cit.: s. 17 - 18.



Kuva 5.4.4 Periaatekuva jousirangan parannusvaikutuksesta (kevyt puuvälipohja) askelääneneristävyyteen, kun verrataan kattolevyjen kiinnittämistä suoraan palkistoihin tai palkiston alapuolisiin orsiin.

Kantavan rakenteen alapuolinen jousiranka parantaa välipohjarakenteen sekä ilmaääneneristystä että askelääneneristystä noin 10 dB verrattuna siihen, että levyt kiinnitettäisiin kiinteään koolauksen varaan⁴⁰⁰. Levytyksen paksuuden ja massan kasvattamisella on myös ääneneristystä parantava vaikutus. Mikäli alapuolinen kaksinkertainen levytyks muutetaan yksinkertaiseksi, huononee ääneneristys keskimäärin 4 dB. Ripustetun jousirangan toiminta on varmistettava aina siten, etteivät jousirangat kosketa missään seinälevyjä ja että rungossa olevat LVI-asennukset ovat irti levyistä. Ilman putkituksia tehtävät sähköjohdotukset voidaan sitä vastoin tehdä jousirangan varaan. Rakenteiden ääneneristykseen vaikuttaa merkittävästi myös rakenteen ilmatiiviys. Tämän vuoksi metallisen jousirangan varaan asetettavat levytykset on tehtävä siten, että päällekkäin asetettavien levyjen saumat eivät sijoitu kohdakkain. Lisäksi kaksinkertaisissa levytyksissä ylempi levy on hyvä ulottaa puskusaumalla seinälevytyksen pintaa vasten. Alemman kattolevytyksen ja seinälevytyksen väliin tulisi jättää noin 5 mm:n levyinen avosauma, joka täytetään elastisella akustomassalla. Samalla massalla on tiivistettävä myös levytysten kaikki läpiviennit.



Kuva 5.4.5 Puuvälipohjan alapuolisia metallisia akustorankoja.

⁴⁰⁰ Ibid.

Puukerrostalojen ei-kantavista väliseinistä on käyty koerakennusajalla paljon keskusteluja esimerkiksi niiden liittymisestä välipohjien ylä- ja alapuolisiin rakenteisiin. Ensimmäisissä puukerrostalokohteissa ei-kantavat seinät on tehty joko teräspelti- tai puurunkoisina. Keveiden, ei-kantavien kuivien tilojen väliseinät olisi suositeltava rakentaa ääniteknisistä syistä kelluvan lattian päältä ja seinien yläjuoksut kiinnittää katon levytysten alapintaan. Näin keveät väliseinät eivät heikennä välipohjien ääniteknistä toimivuutta. Asennusteknisistä syistä puurunkoisten seinien ylä- ja alajuoksut voidaan tehdä myös peltirankaisina. Asennustapa mahdollistaa sen, että seinien pystyolpat voidaan jättää yläpäästään noin 15 mm seinäkorkeutta lyhyemmiksi. Näin mahdollinen myöhemmin tapahtuva välipohjien painuminen ei aiheuta vauriota, koska väliseinät sallivat painumisen. Ensimmäisissä puukerrostalokohteissa keveiden väliseinien peltirankaa on vierastettu puukerrostalon imagollisista syistä.

Suomen ensimmäisistä puukerrostalokohteista mitattuja keskimääräisiä askelääneneristysarvoja:

<i>Kohde</i>	<i>Rakenne</i>	<i>Mitattu askeläänentasoluku</i>	$(L'_{n,w})$	(L'_B)
Ylöjärvi	kelluva levylattia + kertopuupalkit + jousirankakatto		42	56
Viikki	kelluva levylattia + sahatavarapalkit + jousirankakatto		51	65
Oulu (A, B)	kelluva levylattia + puu-betoni-liittolaatta + jousirankakatto		46	59
Oulu (C)	kelluva levylattia + kevytuumapalkit + jousirankakatto		53	64
Tuusula	kelluva levylattia + ristikkopalkit + jousirankakatto		52	63
Lahti(Pinja)	kelluva levylattia + ristikkopalkit + jousirankakatto		54	65
Porvoo (Fredrika)	kelluva levylattia + ristikkopalkit + jousirankakatto		50	61
Porvoo(Aleksanterinkatu 29). ⁴⁰¹	kelluva betonilaatta(60 mm) + ristikkopalkit + jousirankakatto		50	60

Mittaustuloksista havaitaan, että kaikki ensimmäiset puukerrostalokohteet täyttävät varsin hyvin myös uuden RakMK C1:n (1.10.1998) mukaiset tiukennetut askelääneneristysarvot. (As Oy Lahden Pinjan mittauksessa 1 dB:n ylitys).

Ruotsalaisista ja Norjalaisista puukerrostalokohteista mitattuja askelääneneristysarvoja:

<i>Kohde</i>	<i>Rakenne</i>	<i>Mitattu askeläänentasoluku</i>	$(L'_{n,w})$	(L'_B)
Linköping, (Orgelbänken)	parketti + kipsi- ja hiekkamassa + desibelimatto (5mm) ristikkopalkit + jousirankakatto		48 - 51	57-59 ⁴⁰²
Växjö, (Wälludden)	2 x kipsikartonkilevy + profiloitu teräslevy + kertopuupalkit + jousirankakatto		50 - 51	60 - 61 ⁴⁰³
Trondheim, (Solbakken)	kaksinkertainen kelluva levylattia + kevytuumapalkit + jousirankakatto		46 - 48	65 - 66 ⁴⁰⁴

⁴⁰¹ Mittaustulokset: VTT Rakennustekniikka, akustiikka (Parmanen, J. & Sipari, P.). Pekka Sipari. Puhelinhaastattelu 19.4.2001.

⁴⁰² Hammer, P. (1996) Sound Insulation in a Multistorey Wooden House: Orgelbänken. Lund, Lund Institute of Technology, Department of Engineering Acoustics.

⁴⁰³ Hammer, P. (1996) Sound Insulation in a Multistorey Wooden House: Wälludden. Lund, Lund Institute of Technology, Department of Engineering Acoustics.

Anbefalte hovedkrav til lydforhold for boliger ved prosjektering av innsus i flere etasjer

Kriterier for lydisolasjon og støynivå	Luflydisolasjon etter EN ISO 717-1 $R_w + C_{1,50-2500}$	Trinnlyddriv etter EN ISO 717-2 $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$	Bedrings indeks for trinnlyd L_n	Lydnivå fra tekniske installasjoner $L_{A,max}$
Anbefalt verdi i prosjektet =Trehus i flere etasjer=	≥ 55 dB	≤ 53 dB	≤ 62 dB	≤ 30 dB(A)

Krav til lydforhold i oppholdsrom i boliger (se referanser for detaljkrav)

Minimumskrav etter offentlig regelverk	Luflydisolasjon mellom boenheter etter EN ISO 717-1 R_w^{11}	Trinnlyddriv til boenhet etter EN ISO 717-2 $L'_{n,w}^{12}$	Lydnivå fra tekniske installasjoner (mobilt rom) $L_{A,max} / L_{A,eq,T}$	Lydnivå fra tekniske installasjoner (fastbort rom) $L_{C,max}$	Referanse til nasjonal regelverk
Danmark	≥ 52 dB ¹¹	≥ 58 dB	- (≤ 27 dB(A))	-	BR-95
Finland	≥ 55 dB	≥ 53 dB	≤ 33 dB(A) / -	-	RakM/C1
Norge	≥ 55 dB	≤ 53 dB	≤ 32 dB(A) / -	≤ 47 dB(C)	Teknisk forskrift 97 og NS 9175
Sverige	≥ 52 dB ¹¹	≤ 58 dB ¹²	$\leq 35 / 30$ dB(A)	-	BBR

¹¹ Det anbefales at omgjøringstall for spektrum inkluderes ved bedømmelsen, dvs. $R_w + C_{1,50-2500}$

¹² Det anbefales at omgjøringstall for spektrum inkluderes ved bedømmelsen, dvs. $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$

¹³ Verktøyt er krevet i dB høyere

¹⁴ Inkludert C-korreksjon ($C_{1,50-2500}$ for luflyd og $C_{1,50-2500}$ for trinnlyd)

Kuva 5.4.6 Ääneneristysnormien vertailua eri Pohjoismaiden välillä.

Lydklasser i Norge og Sverige, hovedkrav oppholdsrom i boliger (se referanser for detaljkrav)

Lydklasser for boliger	Luflydisolasjon etter EN ISO 717-1 R_w eller $R_w + C_{1,50-2500}$	Trinnlyddriv etter EN ISO 717-2 $L'_{n,w}$ eller $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$	Referanse til nasjonal standard
Norge	Klasse A: ≥ 63 dB ¹¹ Klasse B: ≥ 54 dB ¹¹ Klasse C: ≥ 55 dB ^{11,14} Klasse D: ≥ 50 dB ¹¹	Klasse A: ≤ 43 dB ¹² Klasse B: ≤ 48 dB ¹² Klasse C: ≤ 53 dB ^{12,14} Klasse D: ≤ 53 dB ¹²	NS 9175
Sverige	Klasse A: ≥ 65 dB ¹¹ Klasse B: ≥ 56 dB ¹¹ Klasse C: ≥ 52 dB ^{11,14} Klasse D: ≥ 48 dB ¹¹	Klasse A: ≤ 50 dB ¹² Klasse B: ≤ 56 dB ¹² Klasse C: ≤ 58 dB ^{12,14} Klasse D: ≤ 62 dB ¹²	SS 02 02 67 (2)

¹¹ $R_w + C_{1,50-2500}$ if Sverige brukes etter siste utgåve frekvensområdet 50 - 3150 Hz, slik som foresatt i ISO 717. ¹² $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$

¹⁴ Omgjøringstall for spektrum er anbefalt inkludert, dvs. $R_w + C_{1,50-2500}$ eller $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$

Øversikt over luft- og trinnlydegenskapene til etasjeskilleme i de nordiske pilotbyggene

Sted	Totaltykkelse, mm (ca.-verdi)	$L'_{n,w}$ dB	$L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$ dB	L_n dB	R_w dB	$R_w + C_{50-5000}$ dB
Casa Nova (Hørsholm)	375	44 - 47	52 - 54	58 - 62	59 - 63	—
Casa Nova (Herring)	375	ca. 50	—	—	ca. 58	—
Ylöjärvi	487	36 - 44	41 - 47	49 - 56	62 - 67	—
Vik/Viikki	400	48 - 53	54 - 58	62 - 67	58 - 62	—
Uleåborg/Oulu (RL-dekke)	407	44 - 49	49 - 54	55 - 62	61 - 65	—
Uleåborg/Oulu (I-bjelke)	505	51 - 54	54 - 57	62 - 66	61 - 65	—
Solbakken	555	46 - 48	58 - 60 ¹¹	65 - 66	62 - 65	58 - 59
Wälludden	439	50 - 52	52 - 54	60 - 62	56 - 58	55 - 56
Orgelbänken	530	48 - 51	50 - 52	57 - 59	60 - 63	56 - 59

¹¹ Lavfrekvensgenskapene ved 50 Hz er relativt dårlige og gir høyt omgjøringstall for spektrum i utvidet frekvensområde.

Øversikt over lydskillevegger i pilotbygg

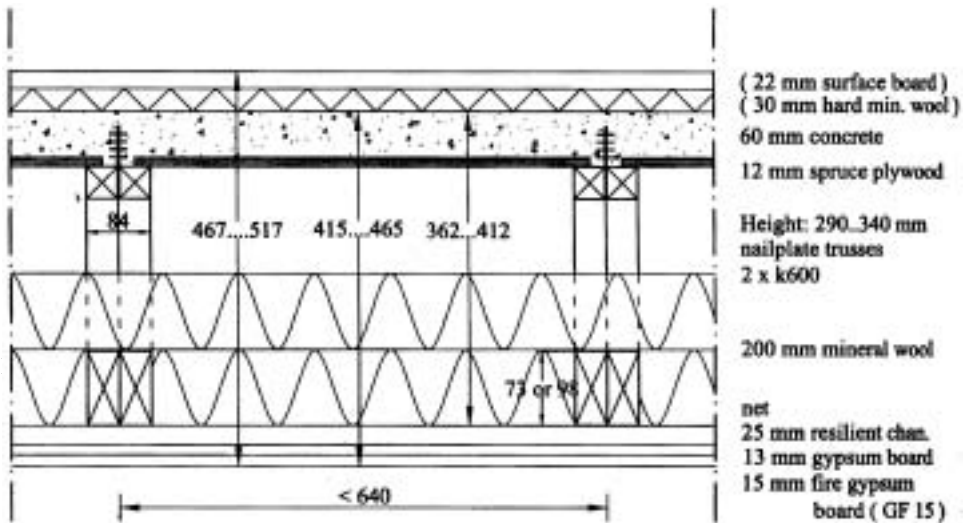
Sted	Plater på hver side (mm)	Dobbelt bindingsverk (mm)	Mineralull i hvert veggskall (mm)	Spalte mellom bindingsverk (mm)	Feltmålt lyd-reduksjonstall R'_{w} (dB)	Hulromsdybde (ca. verdi mm)	Total veggtykkelse (ca.-verdi mm)
Casa Nova	2 x 15 GF	120	120	50	ca. 59	290	350
Ylöjärvi	2 x 13 GN	100	100	25	ca. 63	225	275
Vik/Viikki	2 x 13 GN	122	120	31	ca. 62	275	325
Uleåborg/Oulu	13 GN +12 PL	97	75	20	ca. 65	215	265
Solbakken	15 GF +13 GN	98	100	50	ca. 63	250	300
Orgelbänken	2 x 13 GN	95	100	50	ca. 62	240	290
Wälludden	15 GF +13 GN	120	120	34	ca. 57	275	330

GF = branngips, GN = normal gips, PL = Plywood, SW = Steinull, GW = Glassull

Kuva 5.4.7 Valmiista pohjoismaista puukerrostaloista mitattuja ääneneristyslukuja.

⁴⁰⁴Hveem, S. & Homb, A. (1997) Lydisolasjonsmålinger i fleretasjes hus i tre, Pilotbygg ”Solbakken”, Heimdal, Trondheim. Norges byggforskningsinstitutt.

Tähänastisten kokemusten mukaan puurakenteiset välipohjat saadaan toimimaan ääniteknisesti jopa vaikeilla matalilla taajuuksilla. Ongelmaksi muodostuvat kuitenkin korkeaksi kohoavat kokonaiskustannukset, sillä monikerrosrakenteet lisäävät merkittävästi välipohjien materiaali- ja työkustannuksia. Tämän vuoksi puukerrostalojen välipohjat kaipaavat vielä tuotekehitystä. Viime aikoina markkinoille on tullut uusia mielenkiintoisia välipohjaratkaisuja (esimerkiksi puuristikko-betoni-liittolaattarakaisu / SEPA Oy), joilla on päästy testeissä erittäin hyviin ääneneristystuloksiin ($R_w = 64$ dB ja $L_{n,w} = 51 - 53$ dB).⁴⁰⁵ Rakennetta on testattu Oulun Puu-Linnanmaalle rakenteilla olevassa As Oy Linnanvoudissa.



Kuva 5.4.8 Sepa Oy:n kehittämä puukerrostalon puu-betoni-liittorakenteinen välipohja.

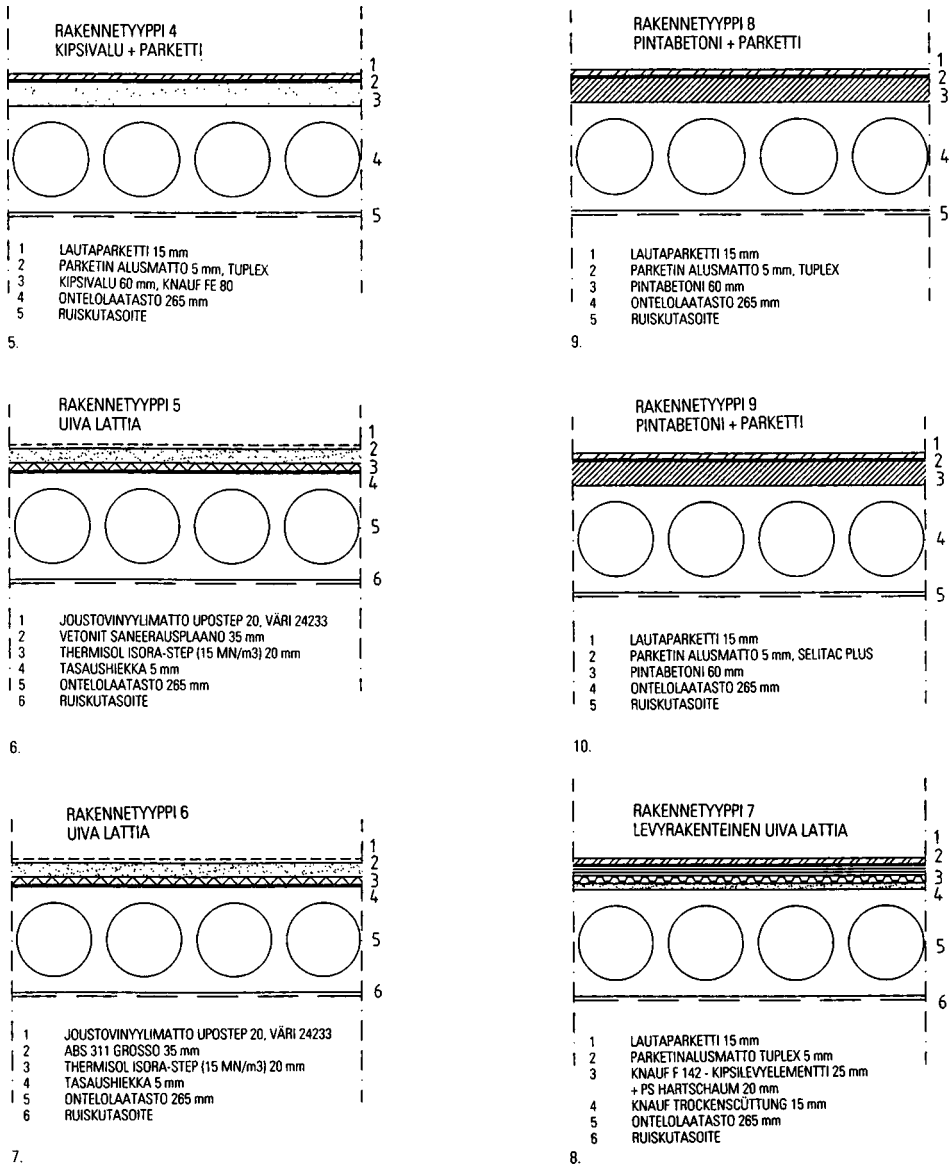
On huomattava, että ääneneristysmääräysten vaatimusten kiristyminen on tuonut uusia rakenneratkaisutarpeita myös betonikerrostalojen välipohjiin. Betonirunkoisten kerrostalojen välipohjissa tiukentunut askelääneneristysvaatimus on saatu täytetyksi muun muassa seuraavilla keinoilla:

- käyttämällä joustavampia muovimattoja
- kelluvilla lattiarakenteilla
- asennuslattioilla, joissa on joustavat välisosat
- alakatoilla, joissa käytetään jousirankaa.⁴⁰⁶

Betonilattioihin nykyisin tarvittavat rakennekerrokset ovat olleet osaltaan tasoittamassa keveille puurakenteille epäedullista puu- ja betonivälipohjien välistä hintaeroa.

⁴⁰⁵ Toratti, T. & Kevarinmäki, A. (2001) Development of Wood-Concrete Composite Floors. In: Innovative Wooden Structures and Bridges, IABSE Conference Lahti, Finland, August 29 - 31, 2001. Report, volume 85. (Book of Abstracts).

⁴⁰⁶ Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy (1999), op.cit.: s. 3.



Kuva 5.4.9 Nykyiset tiukentuneet ääneneristysvaatimukset edellyttävät myös betonilattioihin paksuhkoja pintabetonivaluja tai uivia lattioita. Niinpä puu- ja betonivalipohjien hintaero on tasoittunut.

Välipohjien värähtely

Välipohjan värähtely aiheutuu dynaamisista kuormista, kuten ihmisten liikkumisesta, tavaroiden siirtelystä tai erilaisten koneiden (pyykkikone, linko tms.) käytöstä välipohjan päällä. Liian voimakas värähtely voi aiheuttaa seuraavia haittoja:

- Välipohjien päällä liikkuvasta ihmisestä värähtely tuntuu epämiellyttävältä.
- Välipohjan alapuolella rungon, huonekalujen, kattovalaisinten ym:n värähtelyä ja sen ohessa esiintyvää ääntä pidetään haitallisena.⁴⁰⁷

Yleensä seuraavat perustoteamukset pätevät, kun puhutaan ihmisen herkkyydestä värähtelylle:

- se on verrannollinen värähtelyn aiheuttamaan kiihtyvyyteen (taajuus alle 8 Hz)
- se on verrannollinen värähtelystä aiheutuvaan nopeuteen (taajuus yli 8 Hz)
- se kasvaa värähtelyn kestoajan kasvaessa,
- se pienenee lähteen ollessa lähellä tai ihmisen tietoisuudessa ja
- se pienenee fyysisten toimintojen lisääntyessä.

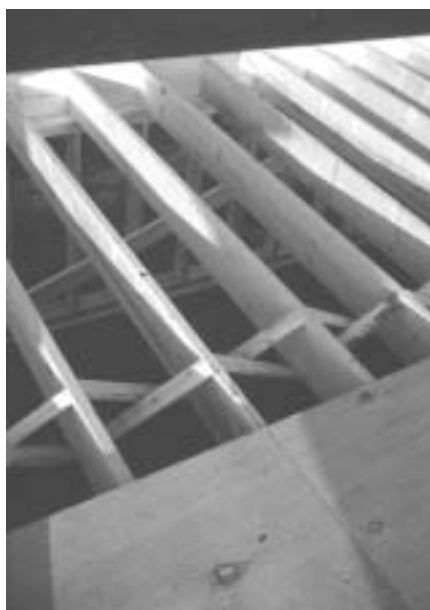
Palkkimaisessa rakenteessa sen ominaistajuutta pienemmillä taajuuksilla värähtelyn suuruuden (värähtelyn nopeus eli amplitudi) määrää täysin jäykkyys ja massa-alueella (ominaistajuutta suuremmat taajuudet) vastaavasti rakenteen massa. Ääneneristykseen suhteen palkkimaisia rakenteita tarkastellaan yleensä vain massavaikutusalueella, jolla jäykkyys vaikuttaa ääneneristävyyteen. Tasapaksuissa laattamaisissa rakenteissa värähtelytehon määrä riippuu varsinkin korkeammilla taajuuksilla sekä laatan massasta että sen jäykkyydestä (massan ja jäykkyyden lisääntyessä värähtelyn nopeus eli amplitudi pienenee). Jäykkyyden lisäämisen edullinen vaikutus jää laattamaisen rakenteen askelääneneristävyyteen suhteutettuna yleensä vähäisemmäksi kuin massan lisäämisen vaikutus, koska jäykkyyden kasvattaminen lisää laattamaisten rakenteiden säteilyä ilmaääneksi.⁴⁰⁸

Välipohjan jäykkyyden lisäämisessä tavoitteena on saada välipohjan ominaisjaksoluvut korkeammiksi kuin värähtelyä aiheuttavien herätteiden jaksoluvut, jottei resonanssi-ilmiötä syntyisi. Värähtelymitoituksen keskeinen tehtävä on välipohjan alimman ominaisjaksoluvun määrittäminen. Alle 8 Hz:n ominaistajuudella värähtelyn kiihtyvyys ei saa nousta liian korkeaksi, ja yli 8 Hz:n ominaistajuudella värähtelyliikkeen nopeutta tulee rajoittaa. Kävelyn aiheuttama jalan dynaaminen kosketusvoima koostuu kahdesta komponentista:

- matalataajuiset komponentit (0 - 8 Hz), jotka syntyvät askeltiliheydestä ja rytmistä,
- korkeataajuiset komponentit (8 - 40 Hz), jotka pääasiassa syntyvät kantapään koskettaessa lattiapintaa.

⁴⁰⁷ Kilpeläinen, M. (1997), op.cit.: s. 75.

⁴⁰⁸ Sipari, P. & Parmanen, J. (2000), op.cit.: s. 21.



Kuva 5.4.10 Puuvälipohjien kannakepalkit on hyvä tukea toisiinsa poikittaistukien avulla. Tällä lisätään puuvälipohjien jäykkyyttä ja estetään välipohjatason haitallista värähtelyä.

Koska lattian alin ominaistaajuus oletetaan suuremmaksi kuin 8 Hz, tätä alemmat taajuuskomponentit voivat aiheuttaa värähtelyjä, joiden amplitudeihin vaikuttaa rakenteen jäykkyys eikä lattian massalla ole merkitystä. Tämän vuoksi Eurocode 5 -normi edellyttää, että alin ominaistaajuus lasketaan ja sen pitää olla vähintään 8 Hz.⁴⁰⁹

Puuvälipohjien värähtelymitoitukseen ei ole tähän saakka ollut yleisesti hyväksyttyä menettelytapaa. Alan kirjallisuudessa esiintyvät laskennalliset värähtelyanalyysit perustuvat yleensä niin kutsutun raakavälipohjan tarkasteluihin. Tällöin välipohjan ylä- ja alapuolisten levykerrosten vaikutusta ei oteta huomioon. Esimerkiksi Oulun puukerrostalon välipohjille tehdyt värähtelymittaukset osoittivat, että raakavälipohjan päältä ja valmiin välipohjarakenteen (uivan lastulevylattian) päältä tehdyt ominaisjaksolukujen mittaustulokset voivat poiketa merkittävästi toisistaan. Tämä on ymmärrettävää, koska värähtelevät jousi-massasysteemit ovat näissä rakenteissa täysin erilaiset.

Koska välipohjan ominaistaajuus ja staattisesta kuormasta aiheutuva taipuma riippuvat välipohjan jäykkyydestä, ominaisjaksolukua voidaan arvioida taipumien perusteella. Esimerkiksi yksinkertaisen palkin alimman ominaisjaksoluvun ja *kokonaiskuormituksen* (oma paino + muuttuva kuorma) aiheuttaman *lyhytaikaistaipuman* välille saadaan seuraavat riippuvuudet:

⁴⁰⁹Ohlsson, S. (1996) Artikkel: STEP-luento A18. Käyttörajatilat - puulattian värähtely. Julkaisussa: STEP 1 Puurakenteet (1996) Suunnitteluperusteet - materiaaliominaisuudet - rakenneosat - liitokset. Valtion teknillinen tutkimuskeskus ja Rakennustieto Oy. Kirjapaino Tammer-Paino Oy. Tampere: s. A18/2 - A18/3.

<i>Jaksoluku (Hz)</i>	<i>Taipuma (mm)</i>
3	28
5	10
8	4
12	1,7 ⁴¹⁰

Tämän vuoksi RakMK B10:ssä on rajoitettu ala- ja välipohjien *hyötykuorman* aiheuttama *lyhytaikaistaipuma* 12 mm:iin. Suomalaisissa rakentamismääräyksissä ei ole muita ohjeita värähtelyn rajoittamiseksi. Eurocode 5:n mukaan valmiin välipohjan ominaisjaksoluvun tulisi olla vähintään 8 Hz.⁴¹¹ Sen lisäksi 1 kN:n pistekuorman aiheuttama taipuma tulisi olla pienempi kuin 1,5 mm pienillä jänneväleillä (alle 3,5 m) ja tästä vain puolet suuremmilla jänneväleillä (6 - 7 m)⁴¹². Lisäksi tulee osoittaa, että värähtelynopeus jää alle sallitun nopeuden. Näihin suureisiin vaikuttavat erityisesti lattian paksuus ja massa⁴¹³. Jos ominaisjaksoluku on alle 8 Hz, on tehtävä tarkempi värähtelyanalyysi.

Jos välipohjan kannattajat mitoitetaan äärirajalle sallitun kokonaistaipuman (L/300) mukaisesti, jää ominaisjaksoluku alhaiseksi eli selvästi alle 8 Hz:n. Värähtelyn rajoittamiseksi tulisi välipohjien hyväksyttävä taipuma rajoittaa alle puoleen puunormien mukaisesta sallitusta arvosta L/300.

Välipohjarakenteen ominaisjaksoluvun nostamiseen ja siten värähtelyn rajoittamiseen on käytettävissä esimerkiksi seuraavia keinoja:

- Välipohjien kannatinpalkkien jäykkyyden lisääminen.
- Välipohjakannattimien jänneväliden lyhentäminen.
- Kannatinpalkkien tekeminen huoneiston sisäisenä jatkuvana 2- tai 3-aukkoisena jatkuvana palkkina. Jatkovaa palkkia ei saa ulottaa huoneistosta toiseen, sillä se heikentää oleellisesti ääneneristystä huoneistojen välillä.
- Välipohjan jäykkyyden lisääminen kannatinpalkkeja vastaan kohtisuorassa suunnassa asentamalla poikittaispalkit välipohjapalkkien väleihin. Tällöin välipohjapalkit jäykistävät toisiaan sivuttaissuunnassa.
- Laattamaisen ja palkkimaisen rakenteen massan lisääminen.⁴¹⁴

Suomalaisissa puukerrostaloissa haitallisimmaksi värähtelyn aiheuttajaksi keveissä puuvälipohjissa pelättiin pyykinpesukonetta. Pesukoneen jaksoluku pesuvaiheessa on varsin matala eikä se aiheuta ongelmia. Linkousvaiheessa värähdysluku voi olla 18 - 20 Hz, eli se osuu puuvälipohjien ominaisjaksolukalueelle. Tällöin resonanssi-ilmiön ennakoitiin aiheuttavan haitallisen suurta värähtelyä rakennuksen rungossa. Ylöjärven puukerrostalojen suunnitteluvaiheessa värähtelyä mitattiin TTKK:ssa koetestien avulla ja kohteen rakennusten pesuhuoneisiin rakennettiin erillinen teräsrunko pyykinpesukoneita varten⁴¹⁵. Muissa Suomen puukerrostalokohteissa ei tällaiseen ratkaisuun ole ryhdytty. Pesukoneen aiheutta-

⁴¹⁰ Kilpeläinen, M. (1997), op.cit.: s. 76

⁴¹¹ Kilpeläinen, M. (1997), op.cit.: s. 75 - 76.

⁴¹² Sipari, P. & Parmanen, J. (2000), op.cit.: s. 23 - 24.

⁴¹³ Ukonmaanaho, A. (1996), op.cit.: s. 21.

⁴¹⁴ Sipari, P. & Parmanen, J. (2000), op.cit.: s. 21 - 24.

man tärinän haittoja voidaan vähentää tekemällä pintalattia riittävän massiiviseksi ja erottamalla se palkkirungosta laakerikerroksella. Näin on toimittu esimerkiksi Viikin, Oulun ja Lahden puukerrostaloissa, joiden äänimittauksissa voitiin havaita, ettei pesukoneista aiheutunut ääniongelmaa. Lisäksi Suomen ensimmäisistä puukerrostaloista kerätyn asukaspalautteen mukaan ennakkoon pelätty pesukoneongelma osoittautui käytännössä kuplaksi. Puukerrostalojen märkätila voidaan tehdä myös tilaelementtinä, joka on mahdollisimman erillään muusta rakennusrungosta ja on näin ääniteknisesti hyvä ratkaisu. Näin on toimittu Porvoon As Oy Aleksanterinkatu 29:ssä.



Kuva 5.4.11 Liittorakenteisen puu-betoni-liittolaatan betonikerroksen valu käynnissä. Massan lisäys on käyttökelpoinen tapa parantaa puuvälipohjien askelääneneristävyyttä.



Kuva 5.4.12 Märkätiloissa tulee käyttää kelluvan betonilattian alapuolella joustinkerroksena umpisoluisia mattoja, jotka eivät ime itseensä vettä. Kuvassa Kiinteistö Oy Puukotkan märkätilan betonilaatta, joka on erotettu paltformvanerista ja seinistä 10 mm:n paksuisella polyeteenivaahtomuovimatolla.

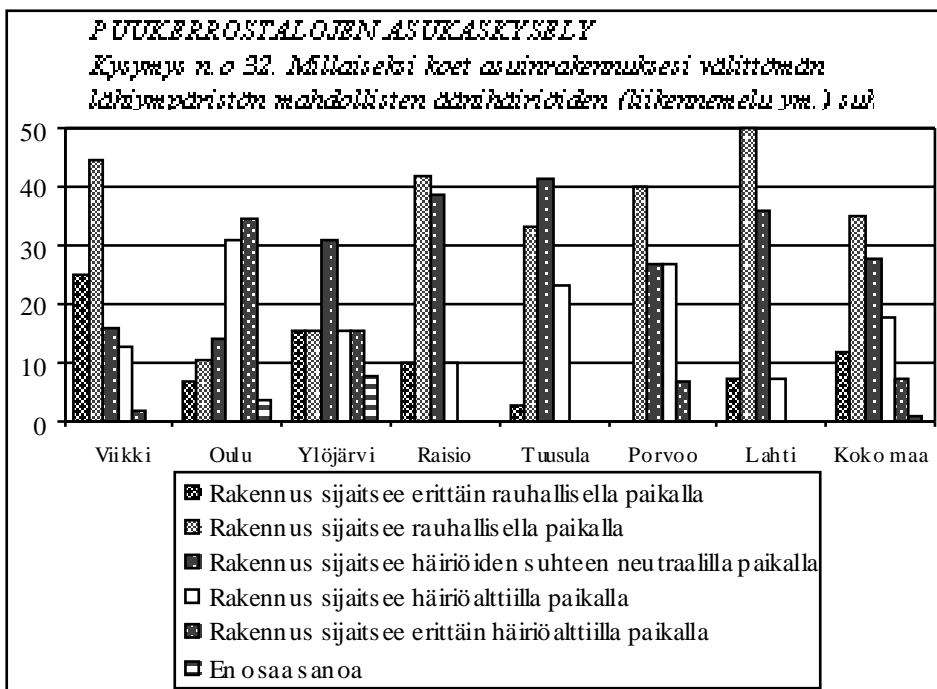
⁴¹⁵ Keronen, A. (1998) Puukerrostalon rakenteet. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Talonrakennustekniikka. Julkaisu 85. Rakennustekniikan osasto. Tampere: s. 50, 73 - 74.

5.5 Asukaspalaute puukerrostalojen ja vertailukohteiden ääneneristyksestä

Puukerrostalojen asukaskyselyssä äänitekniisten kysymysten osuus oli laaja, koska ennakkoon pelättiin keveissä rakenteissa ääniongelmia. Kysymysten asettelua muotoiltiin alan asiantuntijoiden avustuksella pitkään, jotta asukaskyselyssä saataisiin selkeät vastaukset puurakenteiden sekä hyvistä että huonoista ääniteknisistä ominaisuuksista (Liite 2.). Toisaalta pelkona oli myös se, että kysely kirvoittaa asukkaat kuuntelemaan erityisen kriittisesti kaikkia asumiseen liittyviä normaaleja ääniä. Tämä pelko osoittautui kuitenkin aiheettomaksi. Seuraavassa on esitelty tiivistelmä puukerrostalojen ääneneristystä koskevista kysymyksistä ja niiden vastausjakautumista. Lisäksi vertaillaan asukaskyselyn ääneneristystä koskevia tuloksia vertailukohteiden asukaskyselyn tuloksiin sekä joiltain kohdin Ruotsin Wälluddenin puukerrostalossa suoritetun asukaskyselyn sekä ympäristöministeriön teettämän asukasbarometrin⁴¹⁶ tuloksiin.

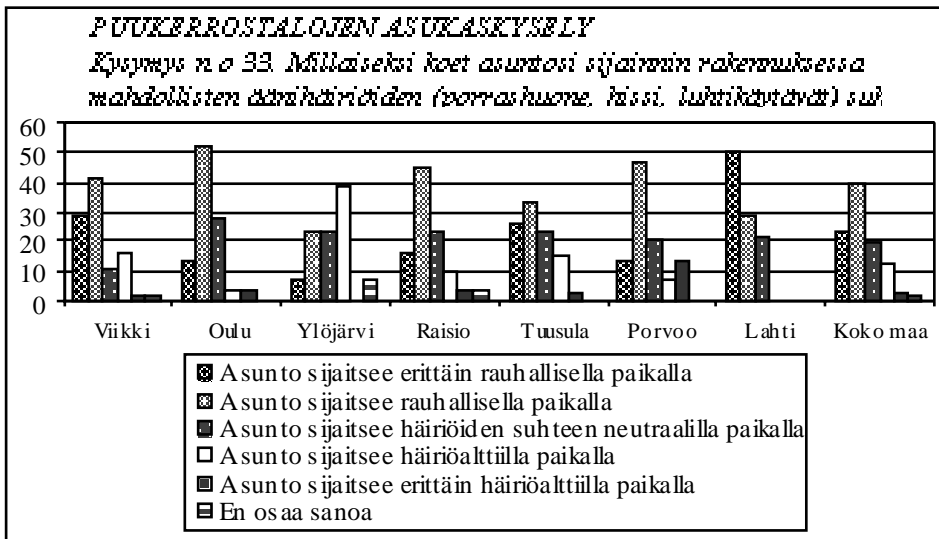
Lähiympäristön äänihäiriöiden arviointi

Puukerrostalojen asukkailta kysyttiin, millaisina he pitivät asuinrakennuksensa välittömän lähiympäristön mahdollisten äänihäiriöitä, kuten esimerkiksi liikennemelua.



Asunnon sijainnin arviointi äänihäiriöiden suhteen

Puukerrostalojen asukkailta kysyttiin myös, millaisena he pitivät asuntonsa sijaintia rakennuksessa mahdollisten äänihäiriöiden, kuten esimerkiksi porrashuoneen, hissien, luhtikäytävän ym. suhteen. Tämän kysymyksen osalta puukerrostalokohteita ei voida eikä ole tarpeen vertailla keskenään. Ylimmän kerroksen asukkaat olivat asuntonsa sijaintiin kaikkein tyytyväisimpiä.

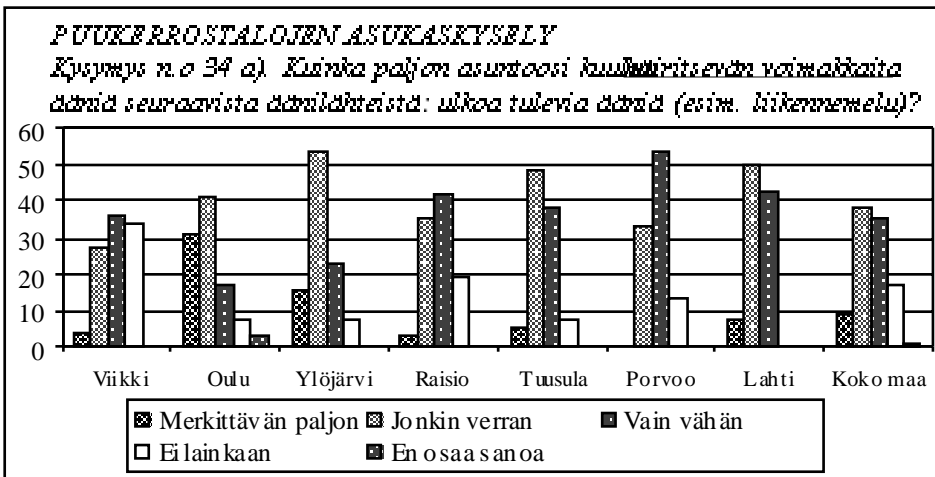


Ulkoa tulevat äänet

Puukerrostalojen asukkaista hieman vajaa puolet oli sitä mieltä, että asuntoon tuli ulkoa häiritsevän voimakkaita ääniä jonkin verran tai merkittävästi. Kaikkein eniten ulkoäänet häiritsivät Oulun kohteen asukkaita.⁴¹⁷ Sanallisissa vastauksissa häiritsevimpänä ulkoäänenä pidettiin liikenteen melua.

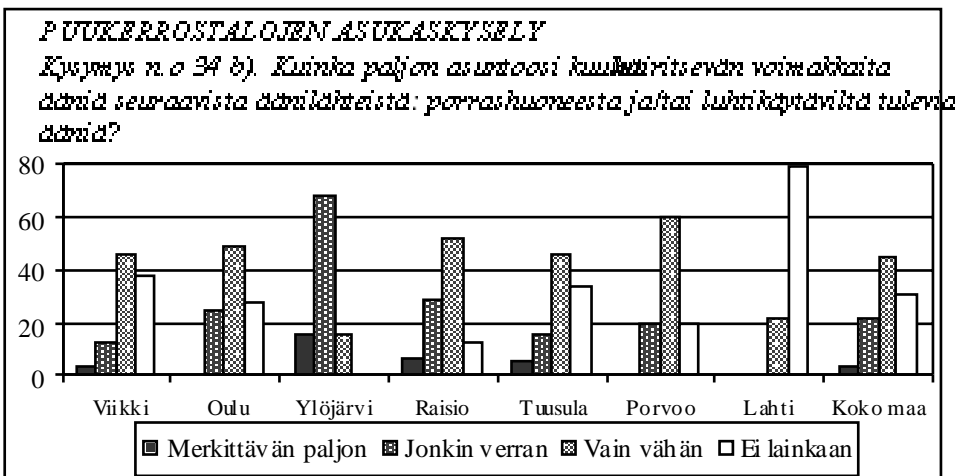
⁴¹⁶ Ympäristöministeriö teki yhteistyössä Tilastokeskuksen kanssa vuonna 1998 laajan asukaskyselyn suomalaisista asuin ympäristöistä. Tällä niin kutsutulla asukasbarometrillä haluttiin saada yleiskuva siitä, mitä mieltä taajamien asukkaat ovat asuin ympäristöstään. Asukkailta kysyttiin myös, millaisissa taloissa ja millaisella alueella he haluaisivat asua. Asukasbarometrin kohdejoukkona oli 2 238 henkeä, jotka poimittiin satunnaisotannalla vähintään 10 000 asukkaan taajamien 15 - 74-vuotiaasta väestöstä. Tästä asukasbarometritutkimuksesta on tuotu esiin niitä tuloksia, jotka ovat yhteneväisiä tai mielenkiintoisella tavalla täydentäviä puukerrostalojen asukaskyselytutkimuksen tuloksiin nähden. Julkaisu: Strandell A. (1999) Asukasbarometri 1998, Asukaskysely suomalaisista asuin ympäristöstä. Suomen ympäristö 343, ympäristöministeriö, alueidenkäytön osasto, asunto- ja rakennusosasto. Vantaa: s. 9.

⁴¹⁷ Anna Strandellin asukasbarometritutkimuksessa talon ulkopuolelta tuleva liikenteen melu häiritsi asunnossa noin joka seitsemättä vastaajaa. Kerrostaloalueilla häiritsevää melua oli enemmän kuin pientaloalueilla. Lähde: Strandell A. (1999), op.cit.: s. 22.



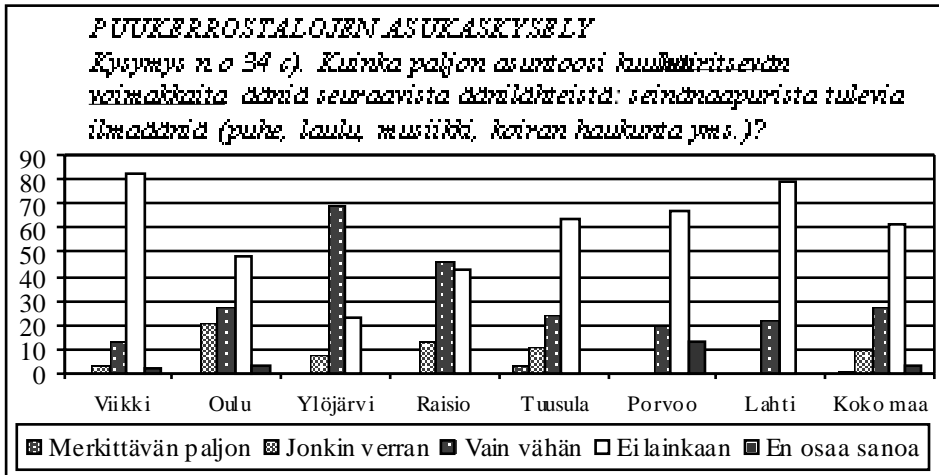
Porrashuoneesta tai luhtikäytäviltä tulevat äänet

Neljäsosa vastaajista ilmoitti asuinrakennuksensa porrashuoneesta tai luhtikäytäviltä kantaautuvan asuntoon häiritsevän voimakkaita ääniä jonkin verran tai merkittävän paljon. Kaikkein eniten porrashuone- ja luhtikäytävä-ääniä pidettiin häiritsevinä Ylöjärvellä. Vähiten nämä äänet häiritsivät Lahdessa.



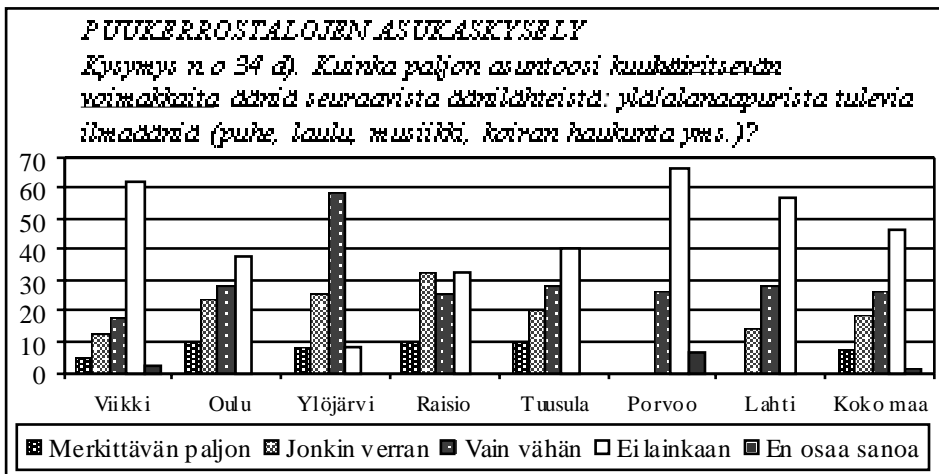
Seinänaapurista tulevat ilmäänet

Puukerrostalojen ääneneristys sivuttaissuunnassa osoittautui asukaskyselyn perusteella erittäin hyväksi, koska noin yhdeksän kymmenestä vastaajista ilmoitti seinänaapurista kuuluvan vain vähän tai ei lainkaan häiritsevän voimakkaita ilmäääniä. Erityisen tyytyväisiä sivuttaissuuntaiseen ilmäääneneristykseen oltiin Viikissä, Lahdessa, Porvoossa ja Tuusulassa.



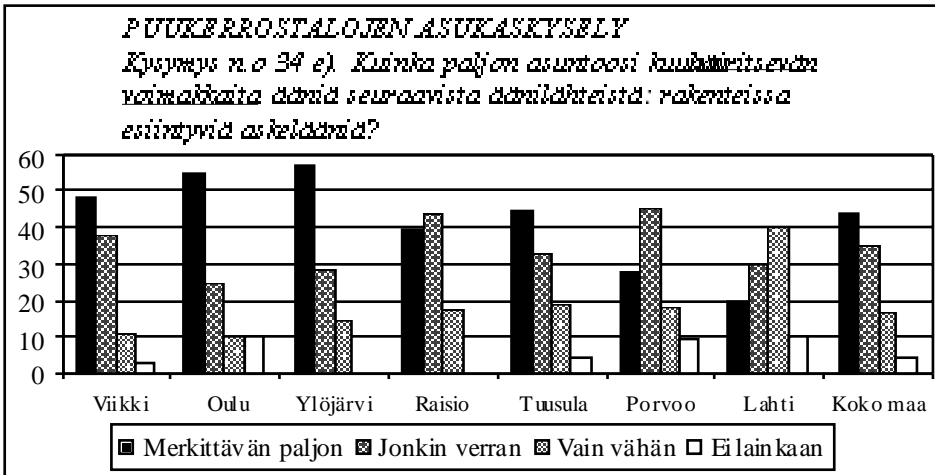
Ylä- tai alanaapurista tulevat ilmäät

Pystysuuntaiseen ilmääneneristykseen oltiin Porvoossa ja Viikissä kaikkein tyytyväisimpiä.



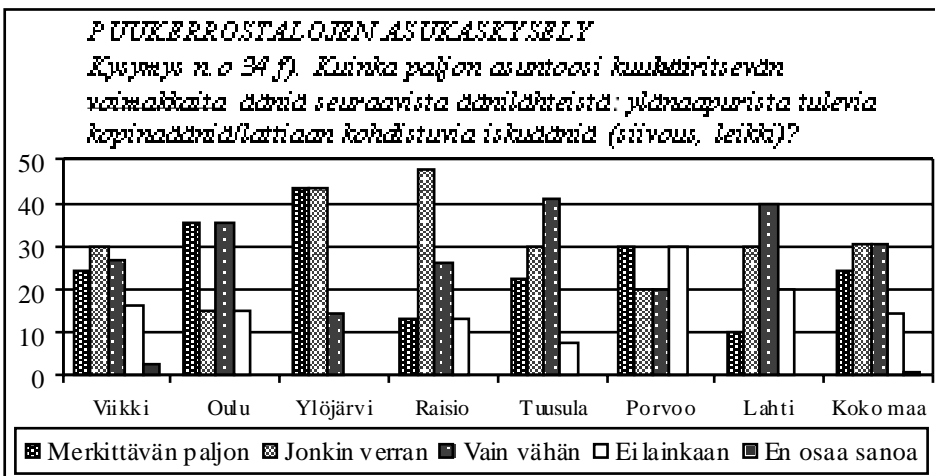
Ylänaapurista tulevat askeläät

Tutkittaessa ylänaapurista tulevia askeläitä tietokoneajoissa poistettiin kunkin kohteen ylimmän kerroksen asunnot. Alimpien kerrosten vastaajista kahdeksan kymmenestä ilmoitti kuulevansa merkittävän paljon (44 %) tai jonkin verran (36 %) häiritsevän voimakkaita askeläitä ylänaapurista. Eniten yläkerran askeläät häiritsevät Ylöjärven kohteessa. Useassa sanallisessa vastauksessa yläkerran naapuria nimitettiin ”kantapääastujaksi” tai ”tömistelijäksi”. Myös lasten leikkimisen ja juoksemisen sanottiin aiheuttavan askeläinimelua.



Koska Oulun puukerrostalokohteessa testattiin kahta erilaista välipohjarakennetyyppiä, oli mielenkiintoista tarkastella niiden välisiä eroja askeläänien kuulemisen ja niihin reagoimisen kannalta. Tulos oli seuraava:

RL-laatta- eli puu-betoni-liittolaattavälipohjataloista (A- ja B-talot) tuli vastauksia yhteensä 22. Kun näistä vastauksista vähennettiin ylimmän kerroksen asunnot, jäi askeläänien tarkasteluun yhteensä 14 vastausta. Näistä 6 (43 %) ilmoitti asuntoonsa kuuluvan ylänaapurista merkittävän paljon häiritseviä askelääniä ja 5 (36 %) jonkin verran. Kevytrakenteisesta Titaniitti-palkki-välipohjatalosta (C-talo) tuli vastauksia yhteensä 7. Kun näistä vähennettiin ylimmän kerroksen asunnot, jäi askeläänien tarkasteluun 5 vastausta. Näistä kaikki viisi ilmoittivat asuntoonsa kuuluvan merkittävän paljon häiritseviä askelääniä.

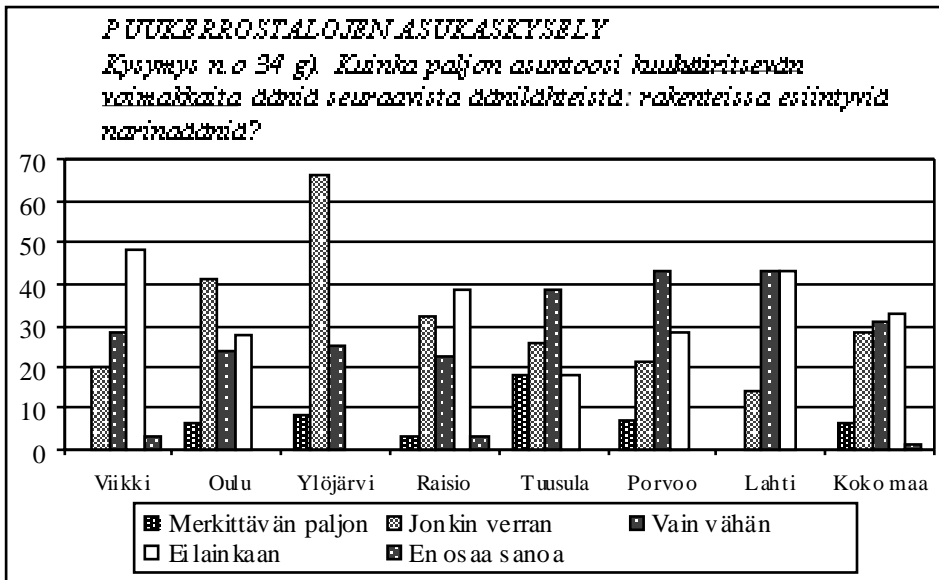


Ylänaapurista tulevat kopinaäänet tai iskuäänet

Myös tämän kysymyksen kohdalla meneteltiin siten, ettei tuloksissa otettu huomioon kunkin kohteen ylimmässä kerroksessa asuvien vastauksia. Alempien kerrosten asukkaista neljännes ilmoitti asuntoonsa kuuluvan merkittävän paljon häiritsevän voimakkaita ylänaapurista tulevia kopinaääniä ja lattiaan kohdistuvia iskuääniä. Kaikista puukerrostalokohteista eniten kopina- ja iskuäänet häiritsivät Ylöjärven kohteessa. Tyytyväisimpiä ääneneristykseen oltiin Lahdessa.

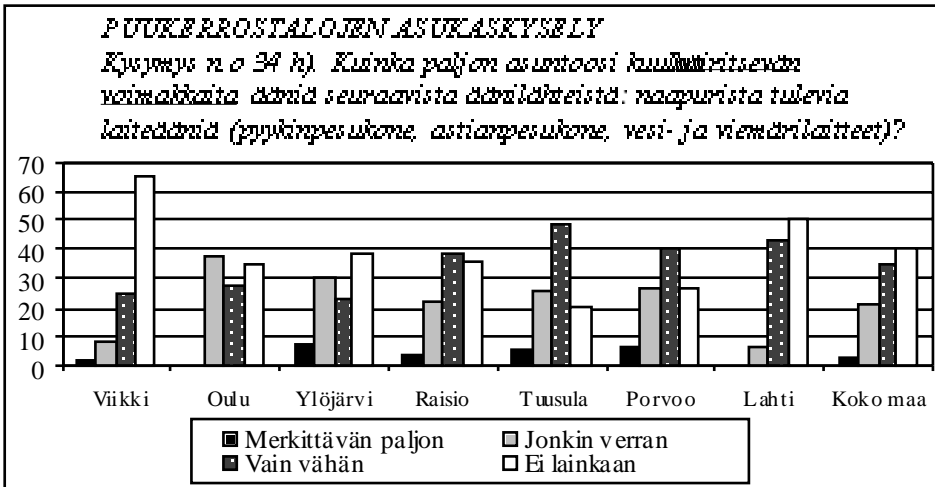
Rakenteissa esiintyvät narinaäänet

Kysyttäessä puukerrostalojen asukailta rakenteiden häiritsevän voimakkaista narinaäänistä, ilmoitti 64 % vastanneista, ettei näitä ääniä kuulu lainkaan tai kuuluu vain vähän. Jonkin verran häiritseväksi narinaäänet ilmoitti kolme kymmenestä vastaajasta.



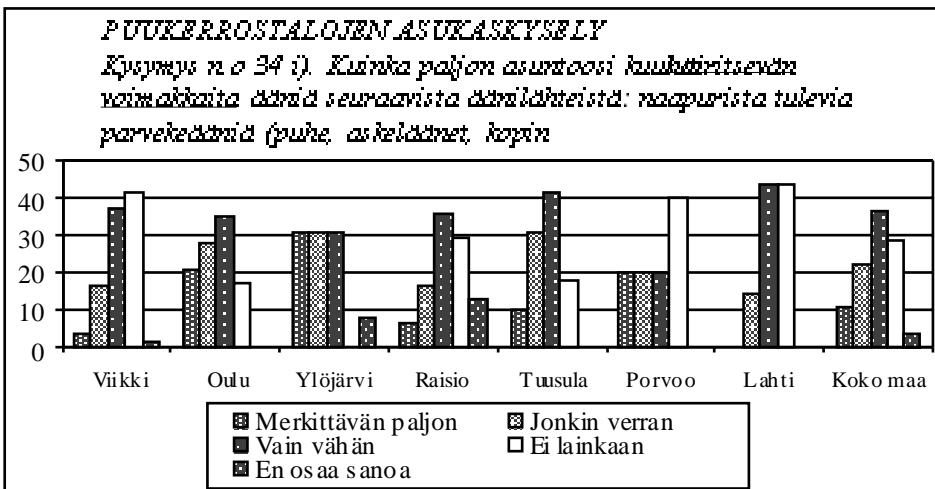
Naapurista tulevat laiteäänet

Laiteääniä koskevia puukerrostalojen asukaskyselyn vastauksia odotettiin kiinnostuneena, sillä etukäteen julkisuudessa oli pelätty pyykinpesukoneesta aiheutuvan ääniongelmia kevytrakenteisissa puuvälipohjissa. Tämä pelko osoittautui kuitenkin täysin aiheettomaksi, sillä yhtä Porvoon vastausta lukuun ottamatta pyykinpesukonetta ei nimetty laiteäänten synnyttäjäksi tai ongelmaksi. Pyykinpesukoneen ääni ei joko kuulunut häiritsevästi naapuriasuntoihin tai sitten ääni on niin luonnollinen, ettei sitä laskettu häiriöksi.



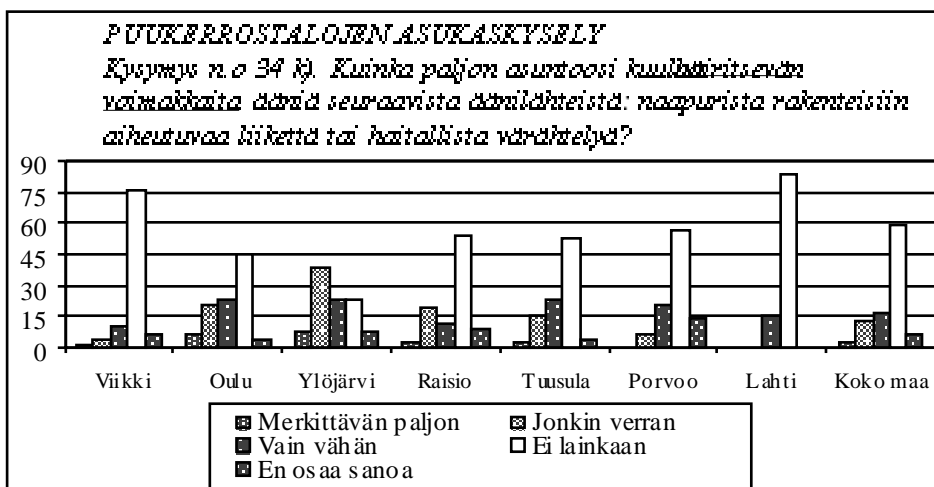
Naapurista tulevat parvekeäänit

Häiritsevän voimakkaita naapurista kantautuvia parvekeääninä ilmoitti kuulevansa jonkin verran tai merkittävän paljon kolmannes kyselyyn vastanneista. Parvekeääninä pidettiin vähiten häiritsevinä Lahdessa ja eniten häiritsevimpinä Ylöjärvellä. Monessa sanallisessa vastauksessa moitittiin naapuriasukkaiden parvekekäyttämistä, esimerkiksi parvekejuhlien ja tästä kantautuvan melun vuoksi.



Naapurista rakenteisiin aiheutuva liike tai haitallinen värähtely

Näitä häiriötä vain vähän tai ei lainkaan ilmoitti tuntevansa vajaa kahdeksan kymmenestä vastaajasta. Tässä asiassa kaikkein tyytyväisimpiä oltiin Lahdessa ja Viikissä.



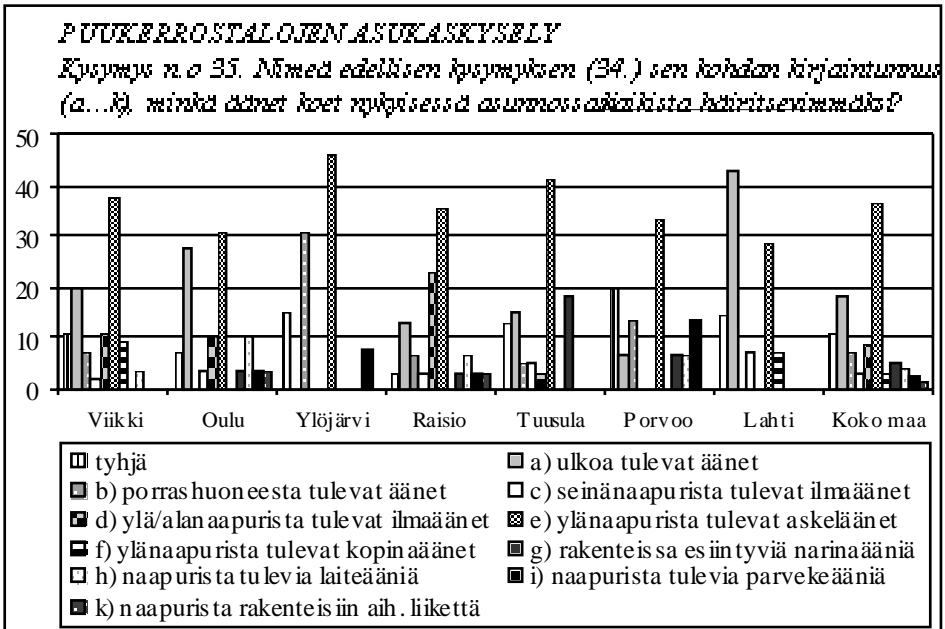
Häiritsevimmän äänen yksilöinti

Puukerrostalojen asukaskyselyssä pyydettiin asukkaita nimeämään puukerrostaloasunnon häiritsevin ääniongelmia. Vastauksissa kaikkein häiritsevimmäksi ääneksi osoittautui joka kohteessa ylänaapurista kantautuvat askeläänet. Seuraavaksi häiritsevimmäksi ilmoitettiin ulkoa tulevat äänet (18 %). Kolmanneksi sijoittui ylä- tai alanaapurista kuuluvat ilmapäänt (9 %). Vaikka kaikki vastaukset olivat mukana, yksilöidyn askeläänt-vastauksen prosentuaalinen osuus oli kaikista suurin eli 37 %. Koska tulos oli näin selvä, oli totuudenmukaisempaa erotella kunkin kohteen ylimmän kerroksen asunton vastaukset erilleen. Tällöin saadut jakaumat olivat seuraavat:

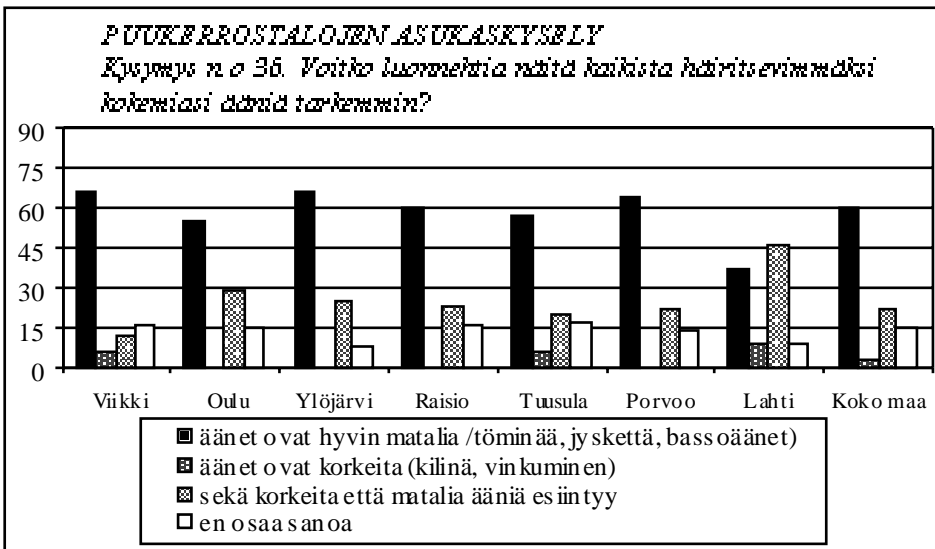
Kys. 35. Nimeä häiritsevin ääniongelmia:

	Askeläänt	Ulkoa tulevat äänt	En osaa sanoa
Kaikki asunnot mukana	37 %	18 %	11 %
Muut paitsi ylimmät asunnot mukana	53 %	10 %	7 %
Vain ylimmät asunnot mukana	38 %	20 %	-

Kunkin kohteen ylimmän kerroksen asukkaiden vastauksissa ulkoa tulevien äänten osuus oli suurin (38 %), seuraavaksi yleisin oli en osaa sanoa -vastaus (20 %), kolmannella sijalla olivat ylä- tai alakerran ilmapäänt (7 %) ja porrashuoneäänt (7 %). Alempien kerrosten vastauksissa yleisin oli askeläänt (53 %) ja seuraavaksi yleisin ulkoa tulevat äänt (10 %), kolmannella sijalla oli en osaa sanoa -vastaukset (7 %). Askeläänten ohella häiritsevimmäksi ääneksi nimettiin ulkoäänt Lahden, Viikin ja Oulun kohteissa. Ylöjärvellä kiusasivat seuraavaksi eniten porrashuoneäänt, Porvoossa porrashuoneesta ja parvekkeilta kantautuvat äänt, Tuusulassa rakenteiden narinaäänt ja Raisiossa ylä- tai alanaapurista kantautuvat ilmapäänt.



Pyydettyessä edelleen tarkentamaan kaikista häiritsevimmäksi koettuja ääniä, ilmoitti kolme viidestä vastaajasta, että äännet ovat hyvin matalia.



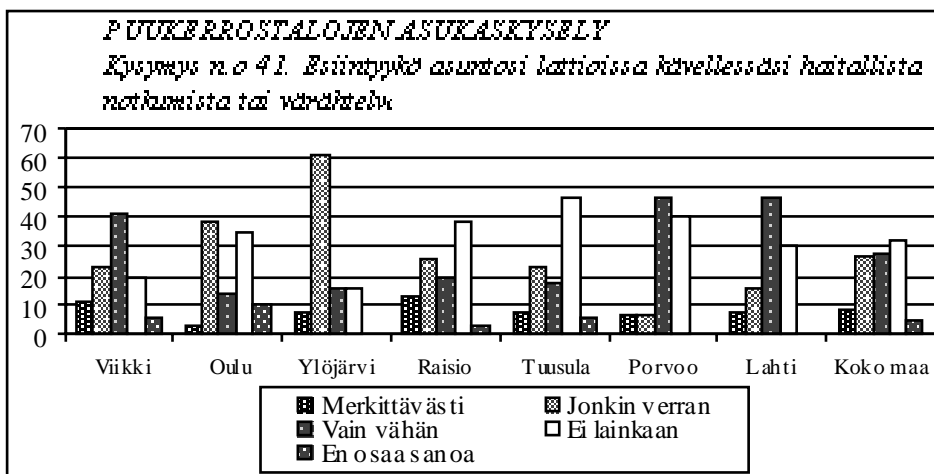
Kysymyksessä n:o 37 selvitettiin, riippuvatko eniten häiriötä aiheuttavat äännet naapurin elintavoista eli onko naapurissa sellaisia tekijöitä, joista saattaa syntyä äänneä normaalia enemmän. Kieleisten vastausten osuus oli suurin kaikkien osatekijöiden kohdalla:

	Kyllä	Ei	En osaa sanoa
leikki-ikäisiä lapsia	28 %	62 %	10 %
musiikinharrastajia	12 %	74 %	14 %
äänekkäitä kotieläimiä	10 %	81 %	9 %

Kysyttäessä häiritsevimpien äänten esiintymisaikaa, saatiin kaikkein yleisimmäksi vastaukseksi ajanjakso klo 18.00 - 22.00.⁴¹⁸

Lattioiden haitallinen notkuminen tai värähtely

Asukaskyselyssä tiedusteltiin myös asukkaiden kokemuksia lattioiden haitallisena pidetystä notkumisesta tai värähtelystä. Kolmannes vastaajista ilmoitti, ettei näitä häiriötä esiinny lainkaan. Merkittävästi tai jonkin verran vastausten yhteisosuus oli suurin Ylöjärven kohteessa (69 %). Ei lainkaan -vastausten määrä oli pienin Tuusulan kohteessa (46 %).

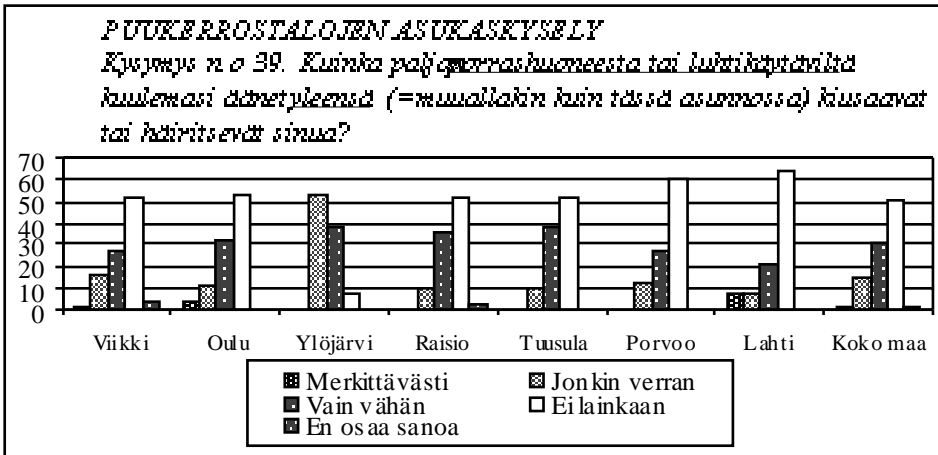


Häiritseviksi koettujen äänten suhteuttaminen

Asuntoon kantautuvien äänten häiritsevyys on syytä myös suhteuttaa. Tämän vuoksi asukkailta kysyttiin, että kuinka paljon porrasuoneesta tai luhtikäytäviltä kuuluvat äänet yleensä (eli muuallakin kuin tässä asunnossa) kiusaavat tai häiritsevät. Ei lainkaan -vastausten osuus oli suurin eli hieman yli puolet. Vain vähän -arvion osuus oli kolmannes vastauksista.⁴¹⁹

⁴¹⁸ Ruotsin Wälludenin puukerrostalokohteessa suoritetussa asukaskyselyssä pyydettiin arvioimaan asuntojen ääneneristystä taulukolla 1 (täysin tyytymätön) - 7 (täysin tyytyväinen). Eri äänihäiriöiden keskiarvotulokset olivat: 4 (askeläänet, kopina, iskuäänet); 6,3 (ilmääneneristys); 6,4 hissiäänet ja 5,6 (porrasuoneäänet). Lähde: Nordic Timber Council, Nordic Wood & Träinformation (1997), op.cit.: s. 165.

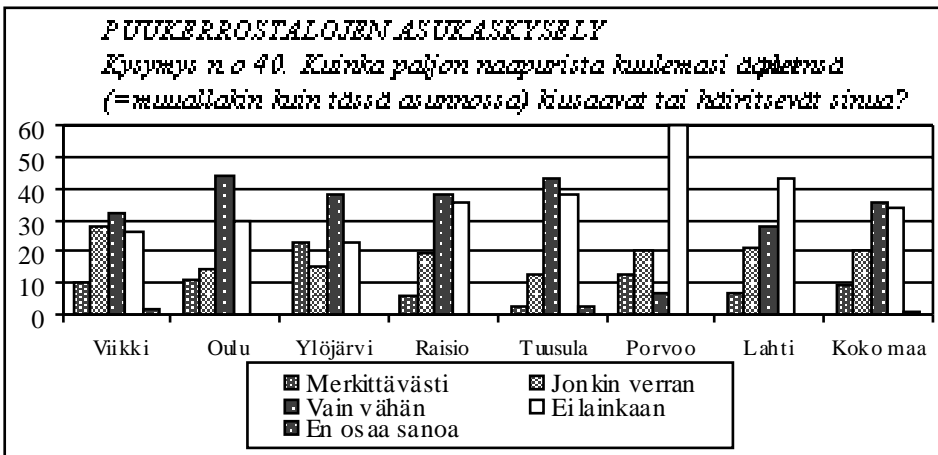
⁴¹⁹ Anna Strandellin asukasbarometritutkimuksessa asunnon ääneneristystä piti riittämättömänä neljännes kaikkien asuntojen asukkaista ja yli kolmannes kerrostaloasukkaista. Uusistakin, 1990-luvulla rakennetuissa taloissa asuvista neljännes piti asuntonsa ääneneristystä riittämättömänä. Lähde: Strandell, A. (1999), op.cit.: s. 94.



Lisäkysymyksenä kysyttiin edelleen, että kuinka paljon naapurista kuulevat äänetylensä kiusaavat tai häiritsevät. Koska askeläänten osuus oli nimetty aiemmin suurimmaksi äänihäiriöksi, otettiin tulostukset, joissa kunkin kohteen ylimmän kerroksen asuntojen vastaukset oli eroteltu erilleen. Saadut tulokset ovat seuraavanlaisia:

Kys. 40. Kuinka paljon naapurista kuulemasi äänetylensä (= muuallakin kuin tässä asunnossa) kiusaavat tai häiritsevät sinua?

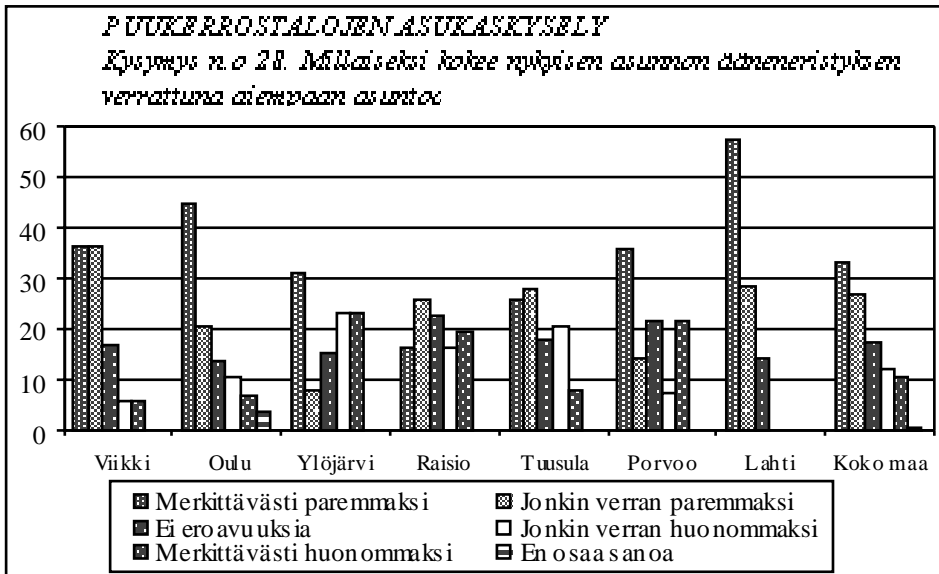
	Merkittävästi	Jonkin verran	Vain vähän	Ei lainkaan	En osaa sanoa
Kaikki asunnot	9 %	20 %	35 %	35 %	1 %
Muut paitsi ylimmät asunnot	9 %	23 %	38 %	29 %	1 %
Vain ylimmät asunnot	8 %	13 %	30 %	47 %	2 %



Tuloksista on mielenkiintoista havaita, että vaikka asiasta puhuttiin yleisesti, niin ylimmän kerroksen asukkaat ilmoittivat naapurista kantautuvat äänet vähemmän häiritseviksi kuin alempien kerrosten asukkaat.

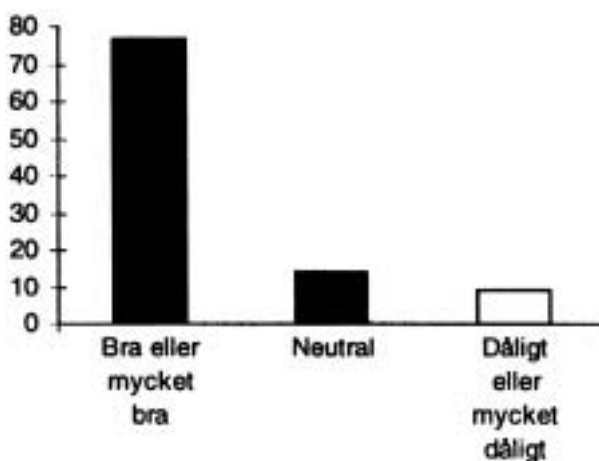
Ääneneristykseen vertaaminen aiempaan asuntoon

Puukerrostalojen asukaskyselyssä kysyttiin asukailta myös, millaisena he pitävät puukerrostaloasuntonsa ääneneristystä verrattuna aiempaan asuntoonsa. Aiempaa asuntoaan paremmaksi puukerrostalon ääneneristykseen mieltä kuusi kymmenestä vastaajasta (33 % merkittävästi paremmaksi ja 27 % jonkin verran paremmaksi).



Tämän kysymyksen kohdalla (kys. n:o 28.) ääneneristys yleensä arvioitiin parhaimmaksi Lahdessa, Viikissä ja Oulussa.⁴²⁰

⁴²⁰ Ruotsin Wälluddenin puukerrostalokohteessa suoritetussa asukaskyselyssä pyydettiin asukkaita vertaamaan asuntonsa ääneneristystä aiemman asuntonsa ääneneristykseen. Vastaajista 43 % oli aiemmin asunut betonikerrostalossa, ja tästä joukosta 78 % oli sitä mieltä, että Wälluddenissa ääneneristys on parempi tai paljon parempi kuin heidän aiemmassa asunnossaan. 11 %:n mielestä ääneneristys oli yhtä hyvä ja 11 %:n mielestä huonompi kuin heidän aiemmassa asunnossaan. Wälluddenin puukerrostalojen kaikista vastaajista 77 % oli sitä mieltä, että asunnon yleinen ääneneristys on hyvä tai erittäin hyvä. 14 % piti ääneneristystä normaalina ja 9 %:n mielestä asunnon yleinen ääneneristys on huono tai erittäin huono. Lähde: Nordic Timber Council, Nordic Wood & Träinformation (1997) Flervånings trähus: s. 165.



Kuva 5.5.1 Ruotsin Wälluddenin puukerrostalojen asukkaita pyydettiin vertaamaan asuntonsa ääneneristystä aiemman asuntonsa ääneneristykseen.

Koska puukerrostalojen ääneneristys osoittautui asukaskyselyn perusteella kaksijakoiseksi ilmaääntien ja askelääntien eristävyuden suhteen, tulostettiin edellä kuvatuista vastauksista sellainen versio, jossa ylimpien asuntojen vastaukset oli poistettu, ja myös tulostus, jossa oli mukana pelkästään ylimmän kerroksen asukkaat. Tuloksia vertailtiin keskenään:

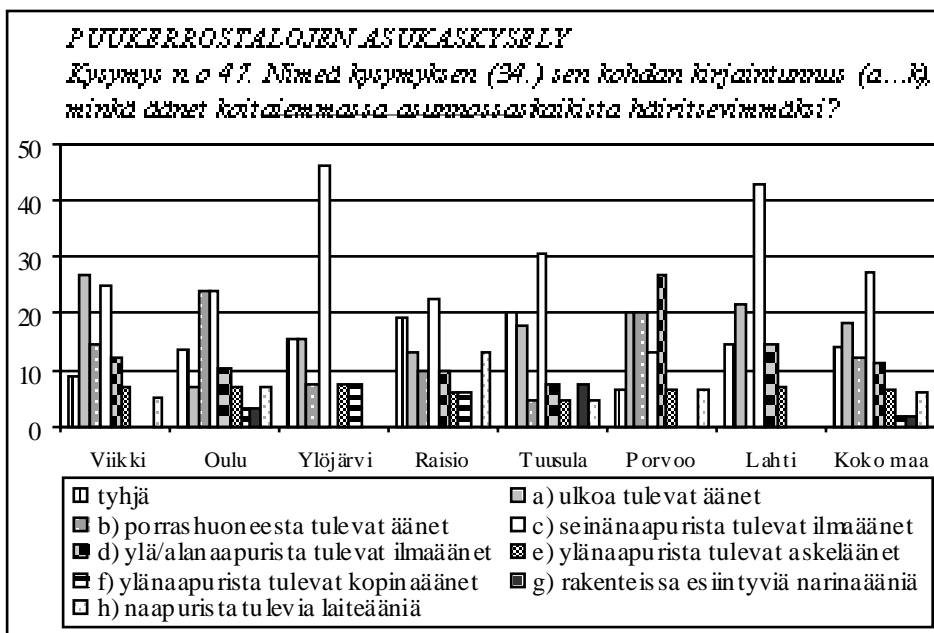
Kys. 28. Millaiseksi koet nykyisen asuntonsi ääneneristyksen verrattuna aiempaan asuntoosi?

	Merkittävästi paremmaksi	Jonkin verran paremmaksi	Ei eroavaisuuksia	Jonkin verran huonommaksi	Merkittävästi huonommaksi	En osaa sanoa
Kaikki asunnot	33 %	27 %	17 %	12 %	10 %	1 %
Muut paitsi ylimmät asunnot	27 %	29 %	20 %	13 %	11 %	0 %
Vain ylimmät asunnot	48 %	22 %	12 %	8 %	8 %	2 %

Tuloksista voidaan havaita, että kunkin puukerrostalokohteen ylimmän kerroksen asukkaista seitsemän kymmenestä pitää asuntonsa ääneneristystä parempana kuin aikaisemmassa asunnossaan ja vastaava luku alempien kerrosten asukkaiden kohdalla on 56 %. Vastaavasti ylimmän kerroksen asukkaista 16 % katsoi asuntonsa ääneneristyksen huonommaksi kuin aikaisemmassa asunnossa, kun taas vastaava osuus alempien kerrosten kohdalla on noin yksi neljäsosa. Tästä voidaan siten päätellä, että puukerrostalojen ääneneristyksen heikko kohta on askelääneneristys (eli tekijä, jota ylimmän kerroksen asukkailla ei ole).

Puukerrostalojen asukkailta kysyttiin myös, mitä ääniä he pitivät aiemmassa asunnossaan kaikista häiritsevimpinä. Suurimman prosentuaalisen osuuden muodostivat tällöin seinä-

naapurista kantautuvat ilmaäänet -vastaukset, joiden osuus oli reilut 27 %. Seuraavaksi eniten häiritsevinä oli pidetty ulkoa tulevia ääniä (18 %). Kolmannella sijalla olivat en osaa sanoa -vastaukset (14 %), ja seuraavaksi häiritsevimmällä sijalla porrashuoneestatai luhtikäytäviltä kantautuvat äänet (12 %).



Asuntojen ääneneristyksen arviointi puukerrostalojen ja vertailutalojen kyselytulosten perusteella

Lähiympäristön äänihäiriöiden arviointi

Vertailutalojen asukaskyselyyn vastanneista sekatekniikkatalojen asukkaista 61 % ja betonitalojen asukkaista 35 % ilmoitti pitävänsä asuinrakennuksensa välitöntä lähiympäristöä rauhallisena tai erittäin rauhallisena mahdollisten äänihäiriöiden kannalta. Puukerrostalojen osalla vastaava osuus oli 47 %. Häiriöalttiilla tai erittäin häiriöalttiilla paikalla sen sijaan ilmoitti asuvansa 17 % sekatekniikkatalojen ja 30 % betonitalojen asukkaista, kun puukerrostalojen osalla vastaava luku oli 25 %. Tuloksista voidaan havaita, että betonitalojen osalla ympäristöä on pidetty kaikkein häiritsevimpänä, ja sekatekniikkatalojen osalla kaikkein rauhallisempänä. Tällä tiedolla on merkitystä lähinnä vain kysymyksessä, jossa on käsitelty ulkoa tulevien äänten häiritsevyyttä.

Äänihäiriöiden arviointi asunnon sijainnin kannalta

Kun kysyttiin asunnon sijaintia rakennuksessa äänihäiriöiden kannalta, rauhallisella tai erittäin rauhallisella paikalla asuntonsa ilmoitti sijaitsevan 55 % sekatekniikkatalojen asukkaista. Vastaava luku betonitalojen osalla oli 53 % ja puukerrostalojen osalla 63 %. Sen sijaan

häiriöaltiltiilla tai erittäin häiriöaltiltiilla paikalla rakennuksessa ilmoitti asuvansa 22 % sekatekniikkatalojen ja 45 % betonitalojen asukkaista, kun taas vastaava luku puukerrostalovastauksissa oli 16 %. Näin ollen myös tässä suhteessa pidettiin asuntojen sijaintia betonitaloissa kaikkein häiritsevimpänä. Sen sijaan puukerrostaloasunnoissa asunnon sijainti äänihäiriöiden kannalta miellettiin kaikkein rauhallisimmaksi. Tällä tiedolla on merkitystä kysymyskohdassa, jossa käsitellään porrashuoneesta tai luhtikäytäviltä tulevien äänten häiritsevyyttä.

Ulkoa tulevat äänet

Sekatekniikkatalojen asukkaista 41 % katsoi, että ulkoa tulee asuntoon häiritsevän voimakkaita ääniä jonkin verran tai merkittävästi. Vastaava osuus betonitalojen osalla oli hieman suurempi eli 49 %, kun taas puukerrostaloissa osuus oli 47 %. Tulokset korreloivat suoraan tuloksiin, joissa betonitalojen asukkaat pitivät ympäristöään kaikkein häiritsevimpänä ja sekatekniikkatalojen asukkaat kaikkein rauhallisimpana. Tämä näkyy tuonempana myös ulkoa tulevien ääniosuuksien vastausten toisessa ääripäässä, sillä ei lainkaan häiritsevän voimakkaita ulkoääniä -vastausten osuus oli suurin sekataloissa, seuraavaksi suurin puukerrostaloissa ja pienin betonitaloissa.

Porrashuoneesta tai luhtikäytäviltä tulevat äänet

37 % sekatekniikkatalojen ja 33 % betonitalojen asukkaista katsoi asuinrakennuksensa porrashuoneesta tai luhtikäytäviltä kantautuvan häiritsevän voimakkaita ääniä jonkin verran tai merkittävän paljon. Vastaava osuus puukerrostalojen kohdalla oli yksi neljäsosa. Ei lainkaan asuntoonsa häiritsevän voimakkaita ääniä kuuluvan ilmoitti 20 % sekatekniikkatalojen, 23 % betonitalojen ja 31 % puukerrostalojen vastanneista. Porrashuone- ja luhtikäytävä-äänten kannalta rauhallisimmuusjärjestys oli vastausten perusteella seuraava: puukerrostalot, betonitalot ja sekatekniikkatalot. Asunnon sijainnin arviointi äänihäiriöiden suhteen -kohdan tulosten perusteella niin ikään puukerrostalojen asukkaat nimesivät asuntonsa sijainnin tässä suhteessa rauhallisimmaksi, joten tulokset korreloivat keskenään, joskin sekatekniikkatalot ja betonitalot vaihtavat paikkaa tämän kohdan järjestykseen verrattuna.

Seinänaapurista tulevat ilmaäänät

Vertailukohteiden vastauksissa 36 % sekatekniikkatalojen ja 30 % betonitalojen asukkaista ilmoitti seinänaapurista kuuluvan jonkin verran tai merkittävästi häiritsevän voimakkaita ilmaäänäitä. Vastaava osuus puukerrostalojen vastauksissa oli selvästi pienempi eli 10 %. Tämä näkyy myös vastaustaulukon toisessa ääripäässä, sillä ei lainkaan häiritsevän voimakkaita ilmaäänäitä katsoi kuuluvan 28 % sekatekniikkatalojen ja 23 % betonitalojen asukkaista, kun puukerrostalojen osuus oli 62 %. Tuloksista näkee selvästi, että puukerrostalojen ilmaääneneristys sivuttaissuunnassa on erittäin hyvä.

Ylä- tai alanaapurista tulevat ilmaäänät

Pystysuunnassa kantautuvia häiritsevän voimakkaita ilmaäänäitä jonkin verran tai merkittävän paljon ilmoitti asuntoonsa kuuluvan 54 % sekatekniikkatalojen ja 38 % betonitalojen kyselyyn

vastanneista. Puukerrostalojen osalla luku oli 26 %. Puukerrostalojen ilmastoineristysten toimivuus pystysuunnassa varmistui entisestään, sillä ei lainkaan häiritsevän voimakkaita ilmastoineristöä ilmoitti kuuluvaksi 46 % puukerrostalojen vastaajista, kun vastaavat osuudet olivat vertailutaloissa selvästi pienemmät eli sekatekniikkataloissa 17 % ja betonitaloissa 18 %. Asukaspalautteen perusteella puukerrostalojen ilmastoineristys osoittautui sekä pystyettä sivuttaissuunnassa vertailukohteita paremmaksi.

Ylänaapurista tulevat askeläänet

Ylänaapurista tulevia askelääniä tarkasteltiin ottamatta huomioon kunkin kohteen ylimmän kerroksen asukkaiden vastaukset. Alempien kerrosten sekatekniikkatalojen asukkaista 50 % ja betonitalojen asukkaista 55 % ilmoitti kuulevansa merkittävän paljon tai jonkin verran häiritsevän voimakkaita ylänaapurin askelääniä, ja puukerrostalokohteissa osuus oli 80 %. Myös vastaustaulukon toinen ääripää osoitti samaa: ei lainkaan häiritsevän voimakkaita askelääniä -vastausten osuus oli sekatekniikkataloissa 28 %, betonitaloissa 25 % ja puukerrostaloissa vain vajaa 4 %. Tulosten perusteella näyttää kiistattomalta, että puukerrostalojen askelääneneristys on huonompi kuin betonirunkoissa vertailutaloissa.

Ylänaapurista tulevat kopinaäänet ja iskuäänet

Niin ikään ylänaapurista tulevien kopina- ja iskuäänten kohdalla ei otettu huomioon kunkin kohteen ylimmissä kerroksissa asuvien vastauksia. 51 % alempien kerrosten sekatekniikkatalojen vastaajista ja 54 % betonitalojen vastaajista ilmoitti asuntoonsa kuuluvan jonkin verran tai merkittävän paljon häiritsevän voimakkaita ylänaapurista tulevia kopinaääniä ja lattiaan kohdistuvia iskuääniä. Vastaava osuus puukerrostalojen osalla oli 56 %. Vastaavasti ei lainkaan kopinaääniä -vastausten osuus oli sekatekniikkataloissa ja betonitaloissa 15 % ja puukerrostaloissa 14 %. Tulosten perusteella voidaan havaita, että kopina- ja iskuäänten kuuluvuuden kannalta sekä puukerrostalot että betonirunkotalot olivat kutakuinkin samanlaisia.

Rakenteissa esiintyvät narinaäänet

Häiritsevän voimakkaita narinaääniä ilmoitti kuulevansa jonkin verran tai merkittävän paljon 11 % sekatekniikkatalojen ja 10 % betonitalojen asukkaista. Puukerrostaloissa osuus oli 35 % vastanneista. Häiritsevän voimakkaita narinaääniä ei kuullut lainkaan 63 % sekatekniikkatalojen, 61 % betonitalojen ja 33 % puukerrostalojen asukkaista. Tuloksista voidaan havaita, että rakenteiden narinaäänet ovat selvästi yleisimpiä puukerrostaloissa kuin betonirunkotaloissa. Sekä betonin että puu- ja levyrakenteiden ominaisuudet tuntien tulokset ovat itsestään selviä.

Naapurista tulevat laiteäänet

Vertailukohteiden asukaskyselyyn vastanneista 34 % sekatekniikkatalojen ja 25 % betonitalojen asukkaista ilmoitti asuntoonsa kuuluvan jonkin verran tai merkittävästi häiritsevän voimakkaita naapurista kantautuvia laiteääniä. Puukerrostalokohteissa vastaava osuus oli 24 %. Vastaustaulukon toisessa äärilaidassa ei lainkaan -vastausten osuus oli sekatekniikkataloissa

24 %, betonitaloissa 23 % ja puukerrostaloissa 41 %. Tulosten perusteella puukerrostalot ovat laiteäänien suhteen betonirunkotaloja selvästi hiljaisempia.

Naapurista tulevat parvekeäänit

Häiritsevän voimakkaita naapurista kantautuvia parvekeäänii ilmoitti kuulevansa jonkin verran tai merkittävän paljon 33 % sekatekniikkatalojen ja 29 % betonitalojen asukaskyselyyn vastanneista. Puukerrostaloissa vastaava osuus oli 33 %. Ei lainkaan häiritsevän voimakkaita parvekeäänii ilmoitti kuuluvan 29 % sekatalojen, 30 % betonitalojen ja 28 % puukerrostalojen vastanneista. Kaikissa talotyypeissä vastausjakaumat olivat yllättävän samanlaisia.

Naapurista rakenteisiin aiheutuva liike tai haitallinen värähtely

Naapurista rakenteisiin aiheutuva liikettä tai haitallista värähtelyä merkittävän paljon tai jonkin verran ilmoitti havaitsevansa 4 % sekatekniikkatalojen ja vajaa 8 % betonitalojen asukkaista. Vastaavan osuuden suuruus puukerrostaloissa oli 16 %. Samaa näytti myös vastaustaulukon toinen ääri-ilmiö, sillä ei lainkaan liikettä tai värähtelyä -vastausten osuus oli puukerrostaloissa pienin eli 60 %, kun taas sekatekniikkataloissa ei lainkaan -vastausten osuus oli 67 % ja betonitaloissa 62 %. Tulosten vertailu on kuitenkin kyseenalaista, koska prosenttiosuudet sisältävät myös ensimmäisten kerrosten vastaukset, joissa osalla vastaajista on asunnon lattiana maanvarainen betonilaatta (Oulu, Tuusula, Raisio, Lahti, Porvoo ja Naantali) ja osalla ryömintätaloinen alapohja (Viikki ja Ylöjärvi).

Häiritsevimmän äänen yksilöinti

Sekä sekatekniikkatalojen että betonitalojen asukkaat nimesivät kaikkein häiritsevimmiksi ääniksi ylä- tai alanaapurista kantautuvat ilmaäänit. Sekatekniikkataloissa pystysuuntaisten ilmaäänien osuus oli 26 % ja betonitaloissa 23 %. Seuraavaksi häiritsevimmäksi arvioitiin niin ikään kummassakin asuntotyyppissä ulkoa tulevat äänit. Ulkoa tulevat äänit kaikkein häiritsevimmiksi nimesi 25 % sekatekniikkatalojen ja 23 % betonitalojen asukkaista. Sekatekniikkataloissa kolmanneksi häiritsevimmällä sijalla olivat seinänaapurista kantautuvat ilmaäänit (12 %). Betonitaloissa kolmannella sijalla olivat niin ikään seinänaapurista kantautuvat ilmaäänit (12 %) ja lisäksi samansuuruisena porrashuoneesta tai luhtikäytäviltä kantautuvat äänit (12 %). Puukerrostaloissa kaikkein häiritsevimpinä pidettiin askelääniä (53 % alempien kerrosten asunnoista), ulkoa tulevia ääniä (18 % kaikista asunnoista) ja ylä- tai alanaapurista tulevia ilmaäänii (11 % kaikista asunnoista). Nämä tulokset korreloivat hyvin varsinaisten ääneneristyskysymysten vastausten kanssa.

Sekatekniikkatalojen kyselyyn vastanneista 37 % ja betonitalojen vastanneista 35 % ilmoittivat, että häiritsevimmät äänit ovat hyvin matalia. Vastaavasti matalien äänien vastausosuus oli puukerrostaloissa 60 %. Häiritsevimmät äänit sekä korkeiksi että mataliksi ilmoittivat 32 % sekatalojen, 42 % betonitalojen ja 22 % puukerrostalojen asukkaista. Tuloksista voidaan havaita, että keveiden puurakenteiden heikkous ovat matalat äänit.

Myös vertailutalojen asukkailta kysyttiin, riippuvatko eniten häiriötä aiheuttavat äänit naapurin elintavoista eli onko naapurissa sellaisia tekijöitä, joista saattaa syntyä ääntä normaalia enemmän. Kielteisten vastausten osuus oli enemmistönä kuten puukerrostaloissakin. Vertailutaloissa vastausten osuudet olivat:

Sekatekniikkatalot

	Kyllä	Ei	En osaa sanoa
leikki-ikäisiä lapsia	21%	68 %	11 %
musiikinharrastajia	20 %	72 %	8 %
äänekkäitä kotieläimiä	23 %	66 %	11 %

Betonitalot

	Kyllä	Ei	En osaa sanoa
leikki-ikäisiä lapsia	32 %	58 %	10 %
musiikinharrastajia	18 %	76 %	6 %
äänekkäitä kotieläimiä	20 %	72 %	8 %

Samoin kuin puukerrostalokohteissa myös vertailutaloissa kaikkein häiritsevimmäksi ajanjaksoksi saatiin klo 18.00 - 22.00.

Häiritseviksi koettujen äänten suhteuttaminen

Vastaavasti kuin puukerrostalojen asukkailtakin, kysyttiin vertailukohteiden kyselykaavakkeessa, kuinka paljon porrashuoneesta tai luhtikäytäviltä kuuluvat äänet yleensä (eli muuallakin kuin tässä asunnossa) kiusaavat tai häiritsevät. Sekatekniikkatalojen vastanneista ei lainkaan -vastauksen antoi 40 % ja betonitalojen vastanneista 28 %. Puukerrostaloissa ei lainkaan -vastausten osuus oli 51 %. Jonkin verran tai merkittävästi häiritseviksi äänet arvioi 24 % sekatekniikkatalojen, 25 % betonitalojen ja 15 % puukerrostalojen asukkaista. Vastausten perusteella porrashuone- ja luhtikäytävä-äänet häiritsivät kaikkein vähiten puukerrostalojen asukkaita ja eniten betonitalojen asukkaita.

Edelleen lisäkysymyksenä kysyttiin, kuinka paljon naapurista kuuluvat äänet yleensä (eli muuallakin kuin tässä asunnossa) kiusaavat tai häiritsevät. Jonkin verran tai merkittävästi häiritseviksi nämä äänet ilmoitti 36 % sekatekniikkatalojen ja 37 % betonitalojen asukkaista. Puukerrostaloissa vastaava osuus oli 29 %. Vastaavasti ei lainkaan -vastausten osuudet olivat sekatekniikkataloissa 24 %, betonitaloissa 22 % ja puukerrostaloissa 35 %. Tulosten perusteella myös naapurista kuuluvat äänet häiritsivät puukerrostalojen asukkaita vähiten ja betonikerrostalojen asukkaita eniten.

Lattioiden haitallinen notkuminen tai värähtely

Myös vertailukohteissa tiedusteltiin asukkaiden kokemuksia lattioiden haitallisena pidetystä notkumisesta tai värähtelystä. Sekä sekatekniikkataloissa että betonitaloissa merkittävästi tai jonkin verran näitä häiriötä ei tuntenut yksikään vastaajista, kun puukerrostalojen osalla vastaava osuus oli 35 % (vaikka kaikissa kohteissa myös 1. kerroksen asunnot olivat tuloksissa mukana). Vastaavasti ei lainkaan -vastausten osuus oli sekatekniikkataloissa 93 %, betonitaloissa 91 % ja puukerrostaloissa tästä vain noin kolmannes eli 32 %. Tulosten perusteella puukerrostalojen puulattioissa esiintyy merkittävästi enemmän haitallista notkumista ja värähtelyä kuin betonirunkotalojen betonivälipohjissa.

Ääneneristyksen vertaaminen aiempaan asuntoon

Aiempaa asuntoansa parempana ääneneristystä piti 45 % sekatekniikkatalojen ja 46 % betonitalojen asukaskyselyyn vastanneista. Vastaava osuus puukerrostalojen kohdalla oli 60 %. Sen sijaan aiempaa asuntoansa huonompaa ääneneristystä piti 32 % sekatekniikkatalojen ja 25 % betonitalojen vastaajista, kun taas puukerrostalojen vastaava osuus oli 22 %. Näiden lukujen valossa ja ottaen huomioon sen, että sekä puukerrostalojen että vertailutalojen asukkaiden aiempien asuntojen rakennustyyppijakauma oli hyvin samantapainen, voidaan puukerrostalojen yleistä ääneneristystä pitää verraten hyvänä.

Kysyttäessä edelleen asukkailta, mitkä äänet he mielsivät aiemmassa asunnossaan kaikkein häiritsevimmäksi, nimettiin vertailutalojen vastauksissa yleensä samat äänet kuin puukerrostalojen vastauksissa. Kun kaikkien talotyyppien (puukerrostalot, sekatekniikkatalot, betonitalot) asukkaiden aiempaa asuntoa koskevat häiritsevin ääni -vastaukset koottiin yhteen, saatiin aikaisemman asunnon häiritsevimmäksi ääniongelmaiseksi: seinänaapurista tulevat ilmaäänet (22 %), ulkoa tulevat äänet (20 %), porrashuoneesta tai luhtikäytäviltä tulevat äänet (12 %) ja ylä- tai alanaapurista tulevat ilmaäänet (12 %). En osaa sanoa -vastausten osuus oli 16 %.

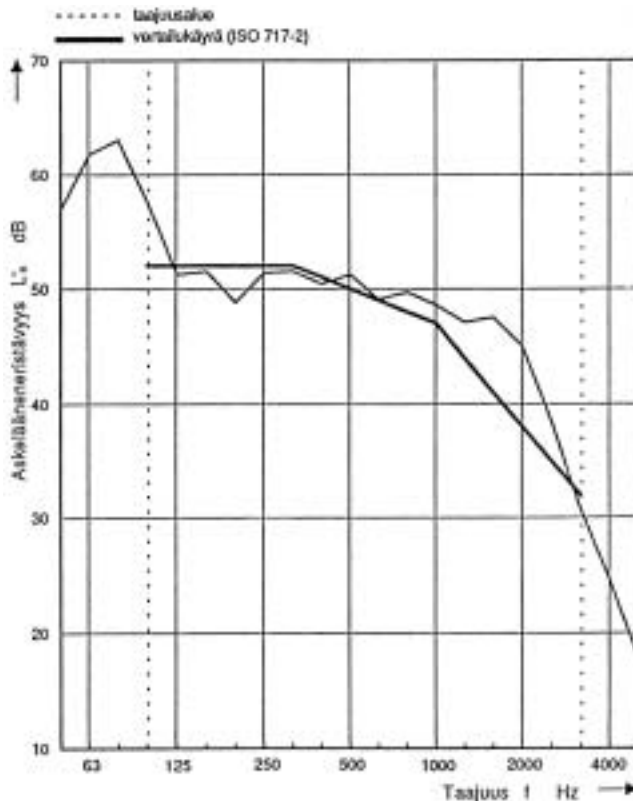
5.6 Johtopäätökset

Tähän saakka Suomeen toteutettujen puukerrostalojen rakenteet ovat sekä laskennallisesti tarkasteltuna että mittauksissa täyttäneet hyvin uudessa RakMK C1:ssä vaaditut ääneneristysmääräykset (ilmaääneneristävyys $R'w$ vähintään 55 dB ja askeläänentasoluku $L'n,w$ enintään 53 dB). Myös asukaskyselyssä puukerrostalojen yleiseen ääneneristykseen on oltu tyytyväisiä. Puukerrostalot ovat osoittautuneet sekä pysty- että vaakasuunnassa ilmaääneneristykseltään erinomaisiksi. Puukerrostalojen asukaskyselyssä kuusi kymmenesosaa vastaajista piti puukerrostalon ääneneristystä yleisesti parempana kuin ääneneristystä heidän aikaisemmassa, yleensä kivirakenteisessa, asunnossaan.

Asukaskyselyssä pääosa asukkaista mielsi asuntonsa lähiympäristön ja asunnon sijainnin rakennuksessa äänihäiriöiden suhteen rauhalliseksi. Toisaalta noin puolet sekä puukerrostalojen että vertailutalojen vastaajista piti ulkoa tulevia ääniä häiritsevinä, joten asuntoalueiden ääneneristystasoon ja ulkoseinien ääneneristykseen on kiinnitettävä asunto-suunnittelussa jatkossakin huomiota.⁴²¹

Asukaskyselyn perusteella puukerrostalojen keveiden välipohjien askelääneneristävyyteen on kiinnitettävä erityistä huomiota. RakMK C1:n mukaisten ääneneristysvaatimusten täyttymistä ei pidetä keveissä puuvälipohjissa välttämättä riittävänä, koska matalia ääniä, kuten töminää ja bassoääniä sekä välipohjien värähtelyä, pidettiin puukerrostaloissa kaikkein häiritsevimpänä.⁴²² Toisaalta on luonnollista, että jokin äänihaitta nousee merkittävimmäksi, jos rakenteet ovat muutoin ääneneristykseltään hyviä ja asunnot hiljaisia. Betonirunkoisissa vertailutaloissa eniten häiritsevät ilmaäänet. Ennakkoon julkisuudessa pelätty puukerrostalojen pyykinpesukoneääniongelma osoittautui aiheettomaksi. Laiteäänien kannalta puukerrostalot olivat betonirunkoisia taloja selvästi hiljaisempia. Keveiden puuvälipohjien askeläänikysymys on helposti ratkaistavissa lisäämällä välipohjien massaa esimerkiksi valamalla puuvälipohjatason päälle noin 60 mm betonia joko liittorakenteeksi tai

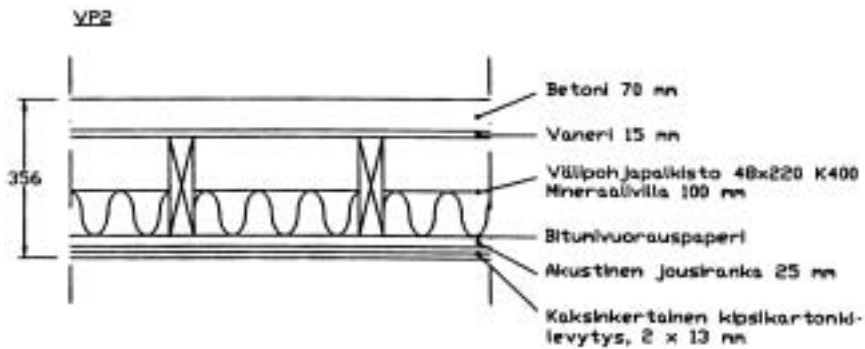
pelkäksi massaksi. Näin on toimittu ensimmäisistä puukerrostalokohteista saadun asukas-palautteen jälkeen. Asukkaiden mukaan ratkaisu on toimiva, vaikkakaan puuvälipohjien paik-kan päällä tehtyjen ääneneristysmittausten arvoissa ei ole ollut merkittäviä eroja kelluvien levyrakenteisten pintalattioiden ja betonikerroksella varustettujen lattioiden välillä. Välipoh- jien haitallista värähtelyä voidaan rajoittaa sekä niiden massaa että jäykkyyttä lisäämällä.



Kuva 5.6.1 Keveiden puurakenteiden ääneneristävyyden on heikoimmillaan alle 100 Hz:n taajuusalueilla. Kuvassa askelääneneristävyyden mittauskäyrä kahden päällekkäin sijaitsevan valmiin asunnon välissä Kiinteistö Oy Puukotkassa Oulussa.

⁴²¹ Ulkoa tuleva sallittu melutaso on määritelty Valtioneuvoston päätöksessä nro 993, jonka mukaan liikenteen tms. aiheuttama suurin sallittu sisämelun keskiäänitaso saa päivällä olla enintään 35 dB ja yöllä enintään 30 dB. Ulkoseinän ääneneristykseen kannalta merkityksellisimmät osat ovat ikkunat, parvekeovet ja ulkoilmaventtiilit. Lähde: VTT Rakennustekniikka (2000) Puurunkoisen asuinrakennuksen ääneneristävyyden suunnitteluohje, op.cit.: s. 6.

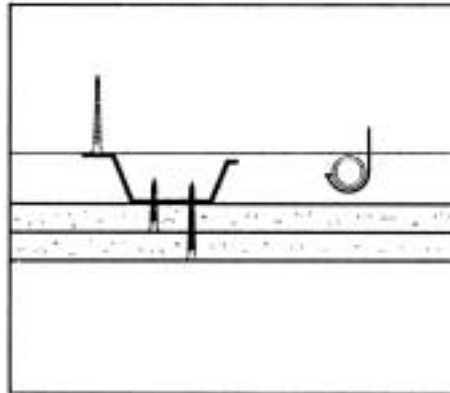
⁴²² Puukerrostalojen koerakennusajalla myös tutkijat ovat kiistelleet siitä, mikä olisi oikea tapa arvioida puuvälipohjien pieniä taajuuksia subjektiivisen kokemuksen kannalta mielekkäällä tavalla. Esimerkiksi VTT on todennut, että puuvälipohjaa ei voida mitoitaa eri osapuolia tyydyttävällä tavalla niin kauan kuin mitoitustapaperusteita ei tunneta tai niistä ei vallitse riittävä yksimielisyyttä. Vielä ei ole saatu kehitetyksi yhtenäistä ja itsenäistä puuvälipohjien äänitekniistä mallia. Lähde: Parmanen, J., Sipari, P. & Uosukainen, S. (1998) Luonnos: Puukerrostalon ääneneristävyyden hallinta - Tutkimusyhteenveto. VTT Rakennustekniikka. Espoo 19.2.1998: s. 3, 4, 18 - 19, ja Juhani Parmasen haastattelu 17.4.1998.



Mittaustulokset olivat seuraavat (mittaustulokset ja vertailukäyrä liite 5):

ILMAN MATTOA (raakavälipohja)	$L_{n,w} = 66$ dB
UPOSTEP 53	$L_{n,w} = 48$ dB
UPOSTEP 40	$L_{n,w} = 48$ dB
UPOSTEP 20	$L_{n,w} = 49$ dB
DLW MARMORETTE	$L_{n,w} = 48$ dB

Kuva 5.6.2 Myös lattian pinnoitteella voidaan vaikuttaa välipohjan askelääneneristävyyteen. Ääneneristysten mittaustuloksia Sodankylän kaksikerroksisten puukerrostalojen välipohjista.

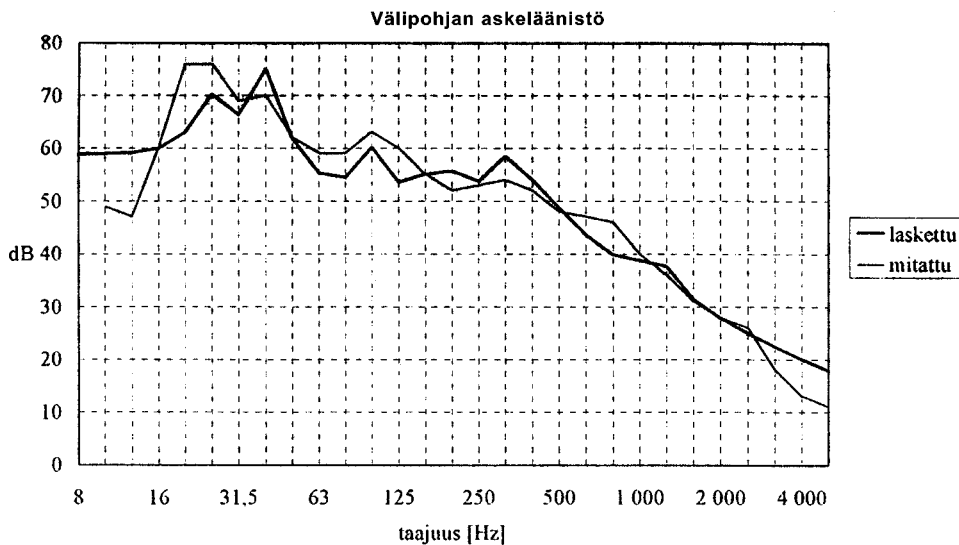


Kuva 5.6.3 Kaksinkertaista levytystä käytettäessä on huomattava, että kummankin levyn kiinnitysruuvit on ulotettava kiinni jousirankaan. Kuvassa sähköputki on oikeaoppisesti irti levytyksestä.

Ääneneristyskokemukset ovat subjektiivisia. Jos asuntojen ääneneristystä parannetaan edelleen, on todennäköistä, että entistä pienempiä ääniä pidetään häiritsevinä. Kerrostalojen ääneneristyskysymyksiä ei saa liioitella, koska niin puukerrostaloissa kuin vertailutaloissakin asukkaat olivat yhtä lailla sitä mieltä, että kerrostaloasumiseen kuuluu luonnollisena osana asuntoon kantautuvat erilaiset äänet, joita ei yleensä pidetty erityisen kiusallisina tai häiritsevinä. Yleensä miellettiin, etteivät häiriöäänet johdu naapurin elintavoista, joskin yksittäisiä valituksia naapureiden häiriökäyttäytymisestä esiintyi jonkin verran. Ääneneristyksen kannalta kaikkein häiritsevimpänä pidettiin ajanjaksoa klo 18.00 - 22.00.

Jatkotutkimushaasteena voidaan pitää keveiden puuvälipohjien EU:n alueella yleisesti hyväksyttävän äänitekniikan mallin kehittämistä. Mallin tulisi olla sellainen, että sen avulla voitaisiin tarkoituksenmukaisella tavalla arvioida myös ääneneristyksen subjektiivista kokemista. Lisäksi puuvälipohjien haitallisen värähtelyn hallitsemiseksi ja arvioimiseksi tulisi tuottaa nykyistä käytännönläheisempiä ohjeita sekä mitoitus- ja mittausten menetelmiä.

Puukerrostalojen välipohjien jatkokehittämisessä haasteita on paljon. Tavoitteena tulisivat olla matalia ääniä ja värähtelyä tehokkaasti vaimentavat, pitkälle elementoidut ja kustannustehokkaat välipohjaratkaisut, jotka mahdollistaisivat myös luontevat LVIS-reititykset. Lisäksi puukerrostalojen tilakustannusten minimoimiseksi tulisi kehittää nykyisten, suhteellisten paksujen kaksoisrunkoisten huoneistojen välisten seinien tilalle mahdollisimman ohuita, mutta kuitenkin vaadittavat äänen- ja paloneristysmääräykset täyttäviä seinäratkaisuja. Tätä tarkoitusta varten on jo kehitelty sekä puusta että teräksestä ohuita ja yksirunkoisia akustorankoja muun muassa Ruotsissa ja maamme terästeollisuudessa.



Kuva 5.6.4 Erään puuvälipohjan askelääneneristävyyden laskennallinen tulos ja vastaava mittaustulos.



Kuva 5.6.5 Kiinteistö Oy Puukotkan välipohjarakenteita.

6 Puukerrostalojen kosteuskysymykset ja kestävyys

6.1 Kosteus- ja vedeneristys

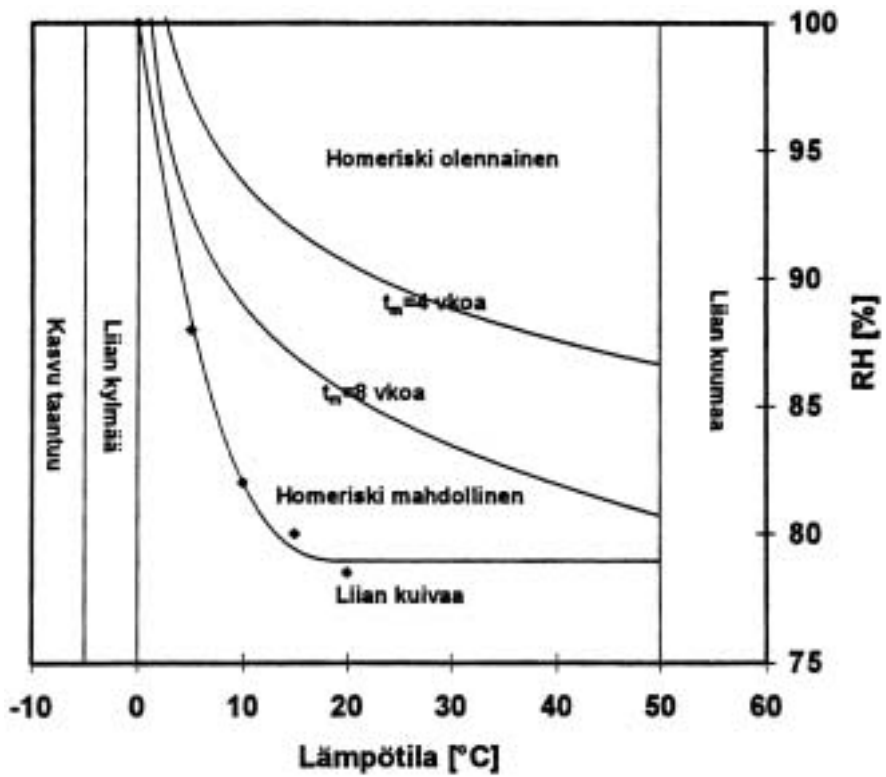
6.1.1 Yleistä, määräysten uudistuminen

Tammikuun 1. päivästä 1999 alkaen astuivat voimaan uudet kosteutta käsittelevät rakentamismääräykset (RakMK C2). Aikaisempia säännöksiä (annettu 12.3.1975) sai kuitenkin soveltaa rakentamiseen, johon oli haettu lupaa 1.7.1999 tai aikaisemmin.⁴²³ Määräysten uusiminen oli tarpeen, koska asuntojen märkätilat ovat tulleet nykyisin merkittävästi aiempaa suuremmille vesirasituksille muun muassa kylpyammeista luopumisen ja huoneistokohtaisten saunojen yleistymisen vuoksi. Lisäksi pesuhuoneita käytetään usein pyykinkuivaustilana. Kosteus- ja homevauriot ovat olleet asuntorakentamisessa riitatapauksineen 1980-luvulta lähtien jatkuvasti esillä.⁴²⁴ Myös puurakentamisen kehittämisessä ”kosteudeltaan hallittu puutalo” on ollut yhtenä Puurakentamisen teknologiaohjelman pääteemana. Kosteusmääräykset tehtiin linjassa uuden maankäyttö- ja rakennuslain kanssa. Uusissa määräyksissä korostuvat tarkastettavuus, vuotojen havaittavuus, korjattavuus, huollettavuus ja muunneltavuus. Arvioiden mukaan uudet kosteusmääräykset aiheuttivat putkiurakan hintoihin 5 - 10 % kustannuslisäyksen.⁴²⁵

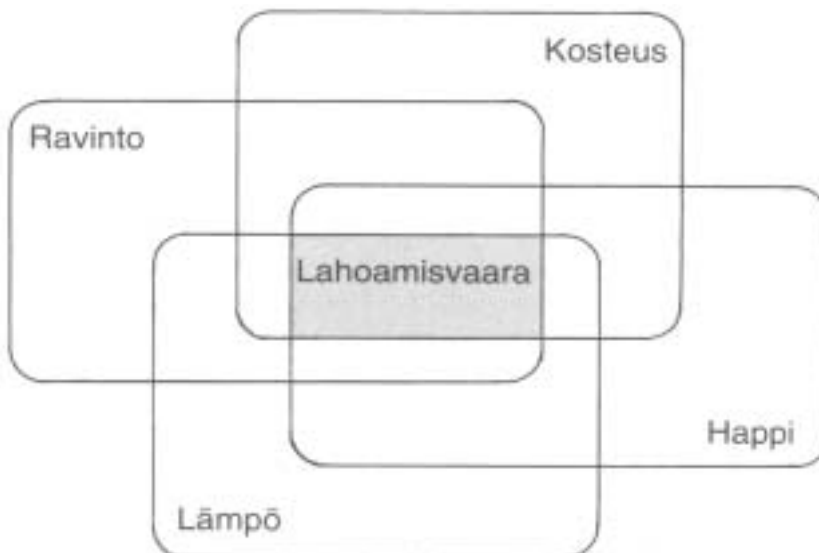
⁴²³ RakMK C2 (1998), loc.cit.

⁴²⁴ Kuntaliiton selvityksen mukaan kosteus- ja homevaurioista 29 % aiheutuu rakennusvirheistä, 27 % suunnitteluvirheistä ja 30 % huolto- ja käyttövirheistä. Lähde: Hautajärvi, H. (2000) Pääkirjoitus: Asumisen onni ja ankaruus. Arkkitehti-lehti n:o 5/2000.

⁴²⁵ Lohi, M. (2000) Artikkel: Kosteusmääräykset tiukkenivat tuntuvasti, tulkinnoissa on vielä hake- mista. Rakennuslehti 16.11.2000 / n:o 38.



Kuva 6.1.1.1 Homeen kasvulle suosiolliset kosteus- ja lämpötilaolot matemaattisena mallina.



Kuva 6.1.1.2 Puun lahoamisvaaraa aiheuttavat tekijät.

6.1.2 Puun kosteustekniset ominaisuudet

Puu on *hygroσκοoppinen* eli vettä imevä aine. Puuhun pääsee vettä kolmella tavalla: nesteenä kapillaarisesti soluonteloiden kautta, höyrynä soluonteloiden kautta sekä molekulaarisena diffuusiona soluseinämän kautta. Puun kosteudella tarkoitetaan siinä olevan veden massan ja vedettömän puuaineksen massan välistä suhdetta. (Esimerkiksi, jos 100 kg:n painoisessa puukappaleessa on vettä 50 kg, on puun kosteusprosentti tällöin 100 %). Vastasahatun puun kosteus on yleensä 40 - 200 %⁴²⁶. Normaalikäytössä puun kosteus vaihtelee 8:n - 25:n painoprosentin välillä ilman suhteellisen kosteuden mukaan. Puun tasapainokosteus on kutakin ilman lämpötilaa ja suhteellista kosteutta vastaava tila, jossa puun kosteus pysyy vakiona. Puun tasapainokosteudesta on huomattava, että se määräytyy ilman suhteellisesta eikä absoluuttisesta kosteudesta. Ilman suhteellinen kosteus ilmoitetaan ilman sisältämän vesimäärän suhteena veden enimmäismäärään vallitsevassa ilman lämpötilassa. Esikuivattu puutavara asettuu tasapainokosteuteen parissa viikossa. Puun syiden kyllästymispisteellä tarkoitetaan puun kosteussuhdetta silloin, kun soluseinämät ovat vedellä kyllästetyt, mutta soluonteloissa ei esiinny vapaata vettä. Puu alkaa kuivuuessaan kutistua, kun sen kosteus vähenee alle kyllästymispisteen. Vastaavasti puun kastuessa laajeneminen loppuu kyllästymispisteessä. Valtapuulajiemme kyllästymispiste +20 °C:ssa on noin 30 %⁴²⁷. Puun kykyä sitoa ja luovuttaa kosteutta (kosteuskapasiteettia) voidaan käyttää rakenteellisesti hyödyksi esimerkiksi käyttämällä rakennuksessa puuaineisia lämmöneristeitä, jotka tasaavat kosteuden kulkua rakenteissa. Tällöin ulkoseinät voidaan toteuttaa ilman muovisia höyrnsulkurakenteita.

Puu kutistuu ja laajenee eri tavoin vuosirenkaiden säteen ja tangentin sekä syiden suunnassa. Ilmiöstä käytetään nimitystä *anisotropia*. Puu kutistuu kuivattaessa sitä täysin määstä absoluuttisen kuivaksi tangentin suunnassa keskimäärin 8 %, säteen suunnassa noin 4 % ja syiden suunnassa vain 0,2 - 0,4 %.⁴²⁸ Sydänpuu on aina kuivempaa kuin pintapu, mikä tekee puun kuivatuksen ongelmalliseksi. Anisotrooppisuudesta ja puun sisäisistä jännityksistä aiheutuu myös puun kieroutuminen kuivattaessa. Puun kosteuseläminen on aina otettava huomioon rakentamisessa. Kosteuseläminen aiheuttaa esimerkiksi rakennuksen rungon painumista. Lisäksi puun suuri kutistuminen tangentin suunnassa aiheuttaa suurikokoisen puutavaran halkeilua. Puu halkeaa yleensä siitä kohdin, missä etäisyys pinnasta ytimeen on lyhin.

Puun tiheyden kasvaessa kosteuden aiheuttama kutistuminen ja laajeneminen yleensä lisääntyvät. Puun kuivuuessa sen lujuusominaisuudet paranevat. Esimerkiksi puun puristus- ja taivutuslujuus lisääntyvät noin kaksinkertaiseksi puun kuivuuessa tuoreesta 12 - 15 %:iin. Puun vetolujuus on suurimmillaan 6 - 12 %:n kosteustilassa. Puuta kuivattaessa sen lujuusominaisuudet paranevat huomattavasti, kun kosteus alittaa syiden kyllästymispisteen. Myös puurakenteiden mitoituksissa on otettava huomioon puun kosteus, koska se vaikuttaa puun lujuuteen. Suomalaisissa puurakenteiden suunnitteluohjeissa erotetaan neljä kosteusluokkaa: sisäkuiva (< 12 %), ulkokuiva (12 % < u < 18 %), kostea (18 % < u < 26 %) ja märkä (26 % < u). Merkintä u tarkoittaa sahatavaran kosteusprosenttia +20 °C:ssa.

⁴²⁶ Manninen, J. (1987), op.cit.: s. 19.

⁴²⁷ Ibid.

⁴²⁸ Kärkkäinen, M. (1985), op.cit.: s. 195.

Yleiseurooppalaisessa puurakenteiden mitoituskäytännössä, Eurocode 5:ssä, kosteusluokkia on vain kolme (olosuhdeluokat 1, 2 ja 3), ja ne määräytyvät ilman suhteellisen kosteuden mukaan. Esimerkiksi olosuhdeluokassa 1 ilman pitkäaikainen suhteellinen kosteus saa olla enimmillään 65 %, jolloin havupuiden tasapainokosteus jää yleensä alle 12 %:n.

Puun vaurioituminen kosteudesta

Puu alkaa vaurioitua, jos sen kosteus pysyy pitkiä aikoja yli 20 %:ssa⁴²⁹. Ympäröivän ilman suhteellinen kosteus on tällöin yleensä yli 80 - 90 %. Puu alkaa homehtua muutamassa kuukaudessa, jos sitä ympäröivän ilman suhteellinen kosteus pysyy tänä aikana yli 80 %:ssa. Ilman 70 %:n suhteellista kosteutta voidaan pitää jo kriittisenä arvona. Ilman suhteellisen kosteuden ylitettyä 90 % puu alkaa lahota. Puun homehtumisen ja lahoamisen edellytyksenä on kuitenkin se, että lämpötila on + 0 - + 40 °C. Vaikka pakkasella ilman suhteellinen kosteus voi olla pitkiä aikoja yli 85 %, puu ei vaurioidu, koska lämpötila ei ole riittävä homeen ja lahon etenemiselle. Homeitiöt ja lahottajasisienet vaativat toimiakseen lisäksi happea ja ravinteita, joita on yleensä riittävästi sekä puussa että ympäröivässä ilmassa. Lahottajasisienistä yleisimmät ovat lattiasieni (*Serpula lacrymans*), kellarisieni (*Coniophora puteana*), saunasieni (*Gloeophyllum trabea*) ja laakakääpä (*Antrodia sinnosa*).

Home ei pysty tunkeutumaan puun pintaa syvemmälle, joten se ei ole puun lujuuden kannalta haitallista⁴³⁰. Homeen levittämät itiöt ovat sen sijaan haitallisia terveydelle, koska ne voivat aiheuttaa ihmisille erilaisia allergisia reaktioita ja lieviä myrkytysoireita, kuten esimerkiksi jatkuvaa nuhaa, huimausta ja päänsärkyä. Tämän vuoksi homeen esiintymiseen on aina suhtauduttava vakavasti. Puun sinistymisen rinnastetaan usein virheellisesti puun homehtumiseen. Puun sinistymisen on sinistäjäisien aiheuttamaa värjäytymistä, joka ulottuu myös syvälle puun rakenteeseen. Sinistäjäisien leviävät itiöinä tai rihmaston kasvuna ja ilmestyvät etenkin varastoituihin havupuuhun. Sinistäjäisien eivät kehity alle +5 °C:n lämpötilassa. Sinistymisen ei vaikuta oleellisesti puun lujuuteen⁴³¹. Puun sinistymistä ehkäistiin sahoilla pitkään sinistymäsuoja-aineilla, erityisesti kloorifenolaateilla, joiden käytöstä maaperää ja vesistöjä on pilaantunut. Nykyisin niiden käytöstä on voitu luopua vähemmän haitallisten kemikaalien ja tehokkaiden keinokuivauskäytäntöjen ansiosta.⁴³²

⁴²⁹ Lahontorjuntayhdistys ry. & Rakennuskirja Oy (1998) Puunsuojaus. Hangon kirjapaino Oy. Hangko: s. 16.

⁴³⁰ Saarelainen, U. (1981), op.cit.: s. 18.

⁴³¹ Manninen, J. (1987), op.cit.: s. 25.

⁴³² Vihavainen, T. (1996) Artikkelit: STEP-luento A16. Puun ympäristönäkökohdat. Julkaisussa: STEP 1 Puurakenteet (1996) Suunnitteluperusteet - materiaaliominaisuudet - rakenneosat - liitokset. Valtion teknillinen tutkimuskeskus ja Rakennustieto Oy. Kirjapaino Tammer-Paino Oy. Tampere: s. A16/5.

	Homesienet	Sinistäjäsenet	Lahottaja sienet
Vesi	Itiöt voivat itää suuressa ilman kosteudessa, RH > 80 — 85 %. Vapaa vesi ei ole aina välttämätön. Puun kosteuspitoisuus 20 — 150 % riittää kasvuun ja itiöiden muodostamiseen. Enemmän riippuvaisia ilman kuin kasvustustan kosteuspitoisuudesta. Itiöt voivat säilyä kuivan kauden yli.	Vapaa vettä itiöiden itämiseen. Puun kosteuspitoisuus 30 — 120 % riittää kasvuun. Eivät kestä pitkäaikaisesta kuivasta. Kestävät pitkiä aikoja vesivarastoissa mutta eivät kasva (hapenpuute veden kylästäessä puussa rajoittava tekijä).	Vapaa vettä itiöiden itämiseen. Puun kosteuspitoisuus 30 — 120 % riittää kasvuun ja lahoamiseen optimi 40 — 80 %:n kosteuspitoisuus. 18 — 20 % voi riittää lattiasienelle, jos vettä voi siirtyä muualta. Kestävät pitkiä kuivakausia.
Lämpötila	Kasvat 0 — +55 °C:n lämpötilassa. Optimi hyvin vaihteleva, yleensä 30 — 35 %. Jotkut itiöt hyvin lämpökkestäviä. Kestävät jäähtymisen. Lämpöä suosivat homeet (termofiilit) kasvavat voimakkaimmin +35 — +40 °C:ssa.	Kasvat -3 — +40 °C:n lämpötilassa. Optimi +22 — +28 °C. Jotkut lajit voivat kasvaa yli +40 °C:ssa. Värimuodotus voi jäädä pois alhaisissa lämpötiloissa mutta alkaa nopeasti lämpötilan kohotessa.	Kasvat 0 — +40 °C:n lämpötilassa. Optimi +25 — +32 °C. Optimi lattiasienelle +21 °C, maksimi +28 °C. Kestävät jäähtyneenä pitkiä ajanjaksoja.
Ravinnon tarve	Hiihydraattien ja pektiinien tarve vaatimaton (vapaina sokereina, jotkut pystyvät pilkkomaan myös selluloosaa). Typpisytykset stimuloivat kasvua. Mineraalisuoloja. Useimmiten vitamiinit eivät ole tarpeellisia.	Hiihydraatit vapaina sokereina pääasiassa typpisoluissa (ydinsäteet). Voimakkaassa sinistymässä voi olla katkolahoa. Typpi: tarve pieni, typerpuute puussa usein rajoittava. Mineraalisuoloja ja hivenaineita. Vitamiinit (jotakin laatuja).	Hiihydraatit, puun selluloosa ja hemiselluloosat (lignini). Typen tarve pieni, useimmiten typerpuute puussa kasvua rajoittava. Mineraalisuoloja. Vitamiini B1.
Happamuusaste	pH 2 — pH 10 kasvuun, optimi tavallisesti pH 5 — 6.	pH 2 — pH 7 kasvuun, optimi noin pH 5,5.	pH 2 — pH 7 kasvuun, optimi pH 5.

Kuva 6.1.2.1 Home-, sinistäjä- ja lahottajasienten kasvuolot.

6.1.3 Puukerrostalojen kosteustekniset näkökohdat

Käsitteitä ja määritelmiä

* *Höyrynsulku*: Rakennusosassa oleva ainekerros, jonka pääasiallinen tehtävä on estää haitallinen vesihöyryn diffusioituminen lämpimältä puolelta kylmemmällä puolella olevaan rakenteen osaan.

* *Ilmansulku*: Rakennusosassa oleva ainekerros, joka estää haitallisen ilmanvirtauksen rakennusosan läpi puolelta toiselle.⁴³³

* *Vesihöyryn diffuusio*: Ilmassa tapahtuva vesimolekyylien liike, joka pyrkii tasoittamaan höyryn osapaine-eroja.

⁴³³ Ympäristöministeriö (2001) RakMK osa C4, op.cit: s. 4.

* *Vesihöyryn konvektio*: Ilman sisältämän vesihöyryn siirtyminen ilmanpaine-eron vaikutuksesta liikkuvan ilman mukana.

* *Tuulensuoja*: Rakennusosassa oleva ainekerros, jonka pääasiallinen tehtävä on estää haitallinen ilmanvirtaus ulkopuolelta sisäpuoliseen rakenteen osaan ja takaisin.⁴³⁴

Yleisimmät puurakennusten kosteustekniset vauriot

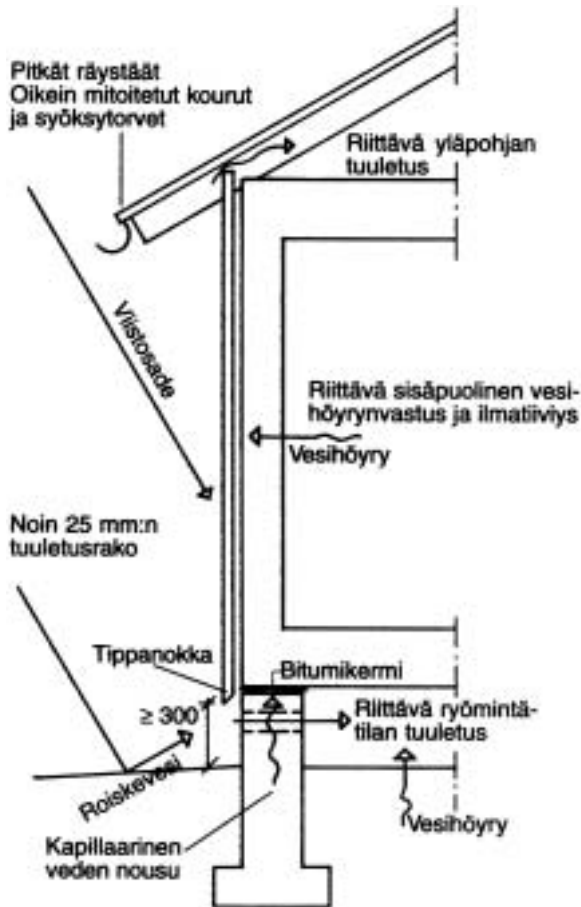
Puu vaurioituu muita rakennusmateriaaleja herkemmin. Puurakenteiden vaurioista noin 80 % on kosteuden aiheuttamia. Vaurion syynä on usein virheellisesti suunniteltu ja tehty rakenne, jossa ei ole riittävästi huolehdittu puun suojaamisesta kosteudelta. Tyypillisimpiä puurakennusten virheitä ovat:

- Puurakenteet sijoitetaan kosketuksiin maan kanssa tai liian lähelle maan pintaa, jolloin lumi ja roiskevesi pääsevät kostuttamaan niitä.
- Puutteellinen ryömintätilan tuuletus.
- Puujulkisivujen riittävästä rakenteellisesta suojauksesta ei huolehdi: esimerkiksi puurakennukseen ei tehdä räystäitä tai räystäät ovat liian lyhyet, jolloin viistosade pääsee haitallisesti kastelemaan julkisivuja.
- Puisten julkisivuverhouksien taakse ei tehdä tuuletusrakoa tai verhoukset pinnoitetaan liian tiiviillä tai paksulla maalikerroksella, jolloin verhoukset ei pääse kuivumaan riittävästi mahdollisen kostumisen jälkeen. Seurauksena on puun lahoaminen ja maalipinnan irtoaminen.
- Säälle alttiit puuverhoukset tehdään liian ohuesta puutavarasta, jolloin ne pääsevät vääntyilemään ja halkeilemaan. Puisten julkisivuverhousten vähimmäispaksuutena voidaan pitää (25) - 28 mm.
- Sateelle alttiit puiset rakennusosat tehdään siten, ettei vesi pääse tippumaan ja valumaan vapaasti pois niiden päältä, vaan imeytyy puuosien pintaan.
- Puuverhouksen jatkoksia, liittymiä ja nurkkia ei suojata riittävästi, jolloin vesi pääsee imeytymään puuverhousten päihin syiden suunnassa.
- Puun kosteuden aiheuttamiin muodonmuutoksiin ei varauduta riittävästi, jolloin seurauksena voi olla puurakenteiden turpoamisvaurioita tai kuivumisrakoilua.
- Kapillaarista vedenkulkua puuhun liittyvistä rakennusosista (esimerkiksi betonista) ei estetä.
- Kylmien ullakkotilojen huono tuuletus.
- Märkätilojen veden- ja kosteudeneristeet ja ilmanvaihto tehdään puutteellisesti, jolloin seurauksena voi olla puurakenteiden home- ja lahovaurioita.^{435 / 436}

⁴³⁴ Kokko, E. (1996) Rakennuksen vaipan kosteusfysiikka. RIL K175-1996. Puurakentamisen kurssi opettajille - osa 2. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y. Pikapaino Paatelainen Oy: s. 37 - 38.

⁴³⁵ Sagot, G. (1996) Artikkel: STEP-luento A14. Puun kestävydestä. Julkaisussa: STEP 1 Puurakenteet (1996) Suunnitteluperusteet - materiaaliominaisuudet - rakenneosat - liitokset. STEP-luento A14. Puun kestävydestä. Valtion teknillinen tutkimuskeskus ja Rakennustieto Oy. Kirjapaino Tammer-Paino Oy. Tampere: s. A14/3 - A 14/4.

⁴³⁶ Manninen, J. (1987), op.cit.: s. 26.



Kuva 6.1.3.1 Puurakennusten pitkäaikaiskestävyys saavutetaan parhaiten rakenteellisen suojauksen keinoin.

Ryömintätilaisen alapohjan kosteustekniset näkökohdat

Ryömintätilaisen alapohjan toimivuuden tärkeimpänä edellytyksenä on alapohjaontelon riittävä kuivuus ja tuuletus. Radonin ja liian kosteuden estämiseksi riittävä tuuletus on noin 0,3 litraa sekunnissa alapohjaneliömetriä kohti. Tämä ilmamäärä saadaan aikaan tuuletusaukoilla, joiden kokonaispinta-ala on 5 - 10 cm² alapohjaneliömetriä kohden. Jos rakennus sijaitsee muuten tuulelta suojaisessa paikassa, tuuletusaukkopinta-alaa tarvitaan enemmän. Tuuletuksen riittävyden varmistamiseksi poistoilma voidaan ohjata myös eristetyn kanavan kautta painovoimaisesti tai koneellisesti vesikaton yläpuolelle. Tuuletusaukot on tarkoituksenmukaisinta sijoittaa riittävän korkealle maanpinnasta ja lähelle rakennuksen nurkkia, jotta ilma pääsee kiertämään vapaasti ryömintätilan jokaisessa kohdassa. Tuuletusaukot on aina suojattava ritilöin tai verkoin, joilla estetään lumen ja pienten eläinten tunkeutuminen alapohjaonteloon. Lisäksi ryömintätilasta on poistettava kaikki orgaaninen maa-aines ja lahoavat rakennusjätteet. Maasta ryömintätilaan haihtuvan kosteuden määrää

voidaan vähentää salaojituksella ja kapillaarisen vedennousun estävällä sora- tai kevytsorakerroksella. Ryömintätilassa maan pinta on kallistettava rakennuksen reunoille päin siten, että sinne mahdollisesti kulkeutunut vesi pääsee valumaan vapaasti pois päin. Ryömintätilallisen alapohjan kosteustekniselle toiminnalle on välttämätöntä, että maanpinta on rakennuksen alla perusmuuria ympäröivää maanpintaa ylempänä ja että rakennuksen ulkopuoleinen maanpinta on kallistettu riittävästi rakennuksesta pois päin. Ryömintätilan korkeuden tulisi olla vähintään 800 mm⁴³⁷.

Ulkoseinien kosteustekniset kysymykset ja ilmatiiviyys

Puurakennusten ilman- ja höyrynsulkukerroksista on käyty rakennusalalla paljon keskusteluja. Muovisen höyrysulun ja mineraalivillojen sekä tervapaperin ja selluvillojen käytölle löytyvät omat puolustajansa. Asia on ollut esillä myös puukerrostalojen rakentamisen yhteydessä keskusteltaessa puukerrostalojen lämmöneristysmateriaaleista, sisäilman terveellisyydestä ja ulkoseinien hengittävydestä.

Uusissa kosteusteknisissä määräyksissä (RakMK C2) määritellään, että vesihöyryn diffuusion haittojen vähentämiseksi tulee lämmöneristyksen sisäpuolisen kerroksen vesihöyrynvastuksen olla lämmityskauden käyttöoloissa vähintään viisinkertainen lämmöneristyksen ulkopuolisen kerroksen vesihöyrynvastukseen verrattuna.⁴³⁸ Puukerrostalojen ilmatiiviyden on oltava parempi kuin perinteisissä pientaloissa, sillä korkeiden rakennuksien yläosissa ovat tuulenpaine sekä savupiippuilmion aiheuttama ilmanpaine-ero suuria. Ulkovaipan sisäpinnan on oltava riittävän ilmatiivis, koska kosteuden tiivistyminen ulkoseinärakenteisiin aiheutuu käytännössä enemmän ilmanvuodoista kuin diffuusion vaikutuksesta. Ulkovaipan ulkopinnan huono ilmatiiviyys aiheuttaa taas vetoa ja epäviihtyisyyttä.

Puukerrostalon rungon epätasainen painuminen ja kosteuseläminen voivat avata liitoksia tuulelle ja sisäpuolisille konvektiovirtauksille. Mitä korkeampi rakennus on ja mitä enemmän siinä on liitoskohtia, sitä suurempi on sen ilmatiiviyden merkitys. Käytännössä rakennuksen tiivis vaippa edellyttää koneellista ilmanvaihtoa, joka on aina toiminnassa. Hyvän ilmatiiviyden avulla saavutetaan rakenteiden hyvä lämpö- ja kosteustieteellinen toimivuus ja energiatalous, koska tällöin pystytään käyttämään rakennuksen ilmastointijärjestelmiä tehokkaasti siten, ettei haitallisia ilmavuoja esiinny. Puukerrostalon ilmatiiviyys saadaan aikaan ilmansulun avulla, joka voi olla erillinen kalvo tai tiiviiksi saumattu ja pinnoitettu sisäverhouslevy.

On todettu, että paksujen mineraalivillatäytteisten seinien sisällä konvektiovirtaus lisääntyy sitä mukaa kuin seiniä paksunetaan ja niiden korkeutta kasvatetaan (savupiippuilmio). Yli 200 mm paksuissa ulkoseinissä sisäinen konvektiovirtaus heikentää seinän lämmöneristävyttä. Lisäksi pystysuuntainen konvektiovirtaus voi aiheuttaa kosteuden tiivistymistä ulkoseinän yläosaan, lämmöneristyskerroksen ulkopintaan.⁴³⁹ Tämä sisäinen konvektio ja savupiippuilmio eliminoituu itsestään platform-tekniikalla rakennetussa puukerrostalossa, koska ulkoseinät katkeavat kerroksittain välipohjien kohdilla. Yli 200 mm paksuissa ja kerrosta korkeammassa ulkoseinissä tulisi lämmöneriste paitsi suojata konvektiolta

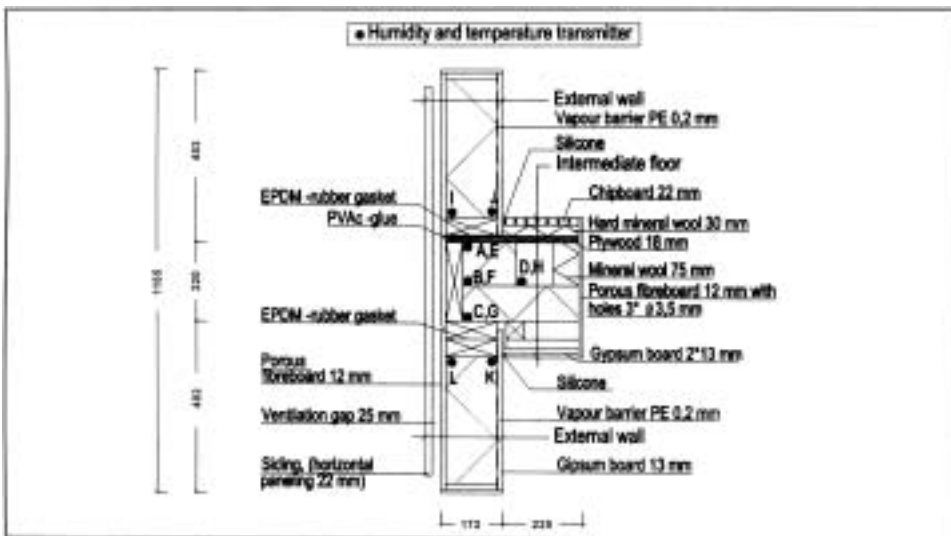
⁴³⁷ RakMK C2 (1998), loc.cit.

⁴³⁸ Ympäristöopas 51 (1999) Kosteus rakentamisessa. RakMK C2 opas. Ympäristöministeriö, Helsinki: s. 31.

⁴³⁹ Kokko, E. (1996), op.cit.: s. 40 - 41.

normaaliin tapaan sisäpinnaltaan ja tuulensuojalevyin ulkopinnaltaan, myös jakaa pystysuunnassa yhdellä tai useammalla konvektiokatkolla näiden pintojen välissä. Konvektiokatkon tulisi olla ilmatiivis, mutta vesihöyryä hyvin läpäisevä ainekerros, esimerkiksi rakennuspaperi. Pystysuuntainen konvektiokatko voidaan taivuttaa yläreunastaan myös vaakasuuntaiseksi estämään savupiippuilmioita. Tällaiset konvektiokatkot tulevat mahdollisesti ajankohtaisiksi lähitulevaisuudessa, kun seinien lämmöneristysvaatimuksia tullaan ennakkotietojen mukaan nykyisestään kiristämään vuoden 2003 alusta lähtien⁴⁴⁰.

Jos ulkoseinien lämmöneristeenä käytetään palamattomia kivivilloja tai lähes palamattomia lasivilloja, joilla ei ole kosteudensitomiskykyä, rakenteen sisäpinta tulee tehdä vesihöyrytiiviiksi. Tämä varmistetaan esimerkiksi sisäpuolisen rakennuslevyn alle sijoitettavan 0,2 mm:n muovikalvon avulla. Muovikalvo voitaisiin korvata tiiviillä rakennuspaperilla, jos puukerrostalojen ulkoseinien lämmöneristeenä olisi mahdollista käyttää palavia puukuitueristeitä. Tällöin esimerkiksi perinteinen tervapaperi (säänkestävä tuulensuojapaperi) yhdessä sisäpuolisen seinälevytyksen kanssa antaisi ulkoseinärakenteelle riittävän höyry- ja ilmatiiviyden. Saunatiloissa höyrynsulkuksi soveltuu parhaiten alumiinitiivistyspaperi. Asuntojen pesutiloissa höyrynsulkuna toimii tavallisesti seinän vedeneristysmateriaali, kuten muovimatto tai seinälaatoituksen alle tehtävä erillinen vedeneristyskerros. Jotta ulkoseinien seinälevyt eivät sauna- ja pesuhuonetilojen kohdalla jäisi kahden tiiviin kerroksen väliin, ei näissä seinissä saa käyttää muovikalvoa.



Kuva 6.1.3.2 Koejärjestely, jossa tarkasteltiin puukerrostalon välipohjan ja ulkoseinän liitoksen lämpö- ja kosteusteknistä toimivuutta.

Jos rakennuksen ulkoseinät ovat kantavia, välipohjien kannatinpalkit menevät ulkoseinän sisään. Tällöin välipohjan ja ulkoseinän liittyminen käytännössä tehtävä ilman höyrynsulku, koska sen tiiviiksi saaminen on lähes mahdotonta. Kyseisen välipohjaliitoksen lämpö- ja kosteusteknistä toimivuutta on tarkasteltu puukerrostalojen koerakentamisen yhteydessä

⁴⁴⁰ Ympäristöministeriö (2001) RakMK C 3, loc.cit.

hyvin kriittisesti sekä teoreettisesti⁴⁴¹, laskennallisesti⁴⁴² että kokeellisesti⁴⁴³. Uusissa kohteissa tätä liitosta on syytä arvioida tapauskohtaisesti.⁴⁴⁴ Rakenteen lämpö- ja kosteusteknistä toimivuutta voidaan parantaa esimerkiksi lisäämällä lämmöneristystä välipohjan reunapalkin ulkopuolelle ja vähentämällä eristystä palkin sisäpuolelta tai eristämällä rakenne sisäpuolelta vesihöyryn kulkua vastustavalla lämmöneristeellä.⁴⁴⁵ Höyrynsulun katkeaminen välipohjapalkkien kohdalla on vältettävissä, jos ulkoseinän sijasta kantavina rakenteina käytetään poikittaisia huoneiston välisiä seiniä. Tällöin välipohjapalkit voidaan sijoittaa ulkoseinän suuntaisesti. Platform-tekniikalla rakennettaessa joudutaan höyrynsulku kuitenkin katkaisemaan tässäkin tapauksessa välipohjalevytyksen kohdalta, koska levy on rungon jäykistyksen vuoksi ulotettava ulko- ja väliseinärunгон alapuolelle.

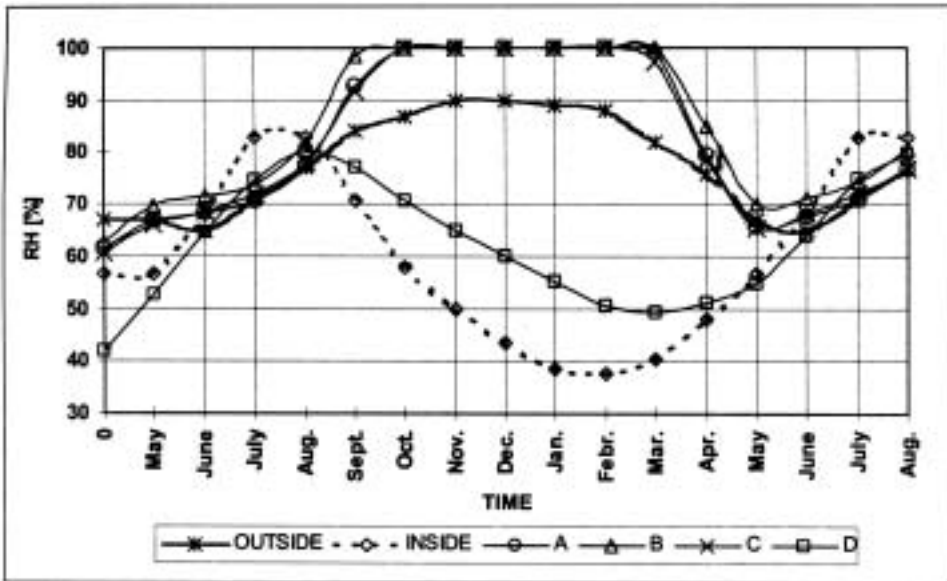
⁴⁴¹ Luukkonen, I. (2000) Puukerrostalon ulkoseinän ja välipohjan liitoksen lämpö- ja kosteustekninen toiminta. Diplomityö. Oulun yliopisto, teknillinen tiedekunta, rakentamistekniikan osasto, rakennetekniikan laboratorio. 4.1.2000: s. 99; ”Liitoksen toimivuuden lähtökohtana voitaneen pitää, että rakennuksessa on koneellinen ilmastointijärjestelmä, joka aiheuttaa sisäpuolisen alipaineen. Jatkuva ylipainetta ei tulisi sallia tutkittavan tyyppin taloissa.”

⁴⁴² VTT Rakennustekniikka (1999) Tutkimuslaskelma nro RTE 10562/99. Puuinfo Oy. Ulkoseinä- ja välipohjaliitoksen kosteustekninen toimivuus - laskennallinen tarkastelu. 7.12.1999: s. 6; ”Tarkastellun rakenneleikkauksen kosteustekninen toimivuus Suomen ilmastossa saattaa sisältää riskejä jo pelkäättään sisäilmasta diffuusiuotoisesti rakenteeseen siirtyvän kosteuden takia. Jatkuva sisäilman virtaus rakenteen kautta ulos aiheuttaa huomattavan kosteusriskin.”

⁴⁴³ Lindberg, R.; Vinha, J. & Käkälä, P. (1999) Tutkimuslaskelma nro 888. Platform-rakenteisen ulkoseinä- välipohjaliitoksen rakennusfysiikan koe. Tampereen teknillinen korkeakoulu, rakennustekniikan osasto, rakennetekniikan laitos, talonrakennustekniikan laboratorio: s. 12 - 13; ”Tarkasteltaessa rakenteen toimintaa syysolosuhteissa voidaan todeta, että rakenne oli homeen kannalta kriittisen RH-alueen rajalla. Todellisuudessa ulkoilman olosuhteet vaihtelevat vuorokauden ja vuodenaikojen mukaan, joten rakenne ei välttämättä joudu pitkiksi ajoiksi kriittisiin RH-olosuhteisiin... Talvitiilanteessa rakenteeseen syntyi kondenssilanne varsin nopeasti, mikä osoittaa, ettei rakenne toimi tyydyttävästi.”

⁴⁴⁴ Tähänastisten selvitysten perusteella voidaan todeta, että tällaisen ulkoseinän ja välipohjan kosteusteknisen toimivuuden tarkastelu sekä laskennallisesti valmiiden, elementtimenetelmään perustuvien tietokoneohjelmien avulla että pienimuotoisten laboratoriokokeiden perusteella ei anna riittävän oikeaa kuvaa asiasta, koska muuttujien määrät ja vaikutusmekanismit ovat todellisuudessa paljon monitahoisempia. Luotettavampaa on tarkastella rakenteen toimivuutta todellisissa kohteissa käytännön olosuhteissa. Rakennusliike Palmberg on mitannut ja tarkastanut kyseisen rakennusosaliitoksen kosteusteknistä käyttäytymistä noin kolmen vuoden ajan Sodankylään toteuttamiensa pienkerrostalojen yhteydessä. Tulosten perusteella voidaan todeta, ettei höyrynsulkukerroksen epäjatkuvuuskohta välipohjan ja ulkoseinän liittymän osalla muodosta käytännössä kosteusvaurioriskiä. Lähde: Veikko Melakari, Rakennus-Palmberg Oy. Puhelinhaastattelu 5.9.2001.

⁴⁴⁵ Kilpeläinen, M.; Luukkonen, I.; Vinha, J. & Kakela, P. (2000) Heat and moisture distribution at the connection of floor and external wall in multi-storey timber frame houses. In: World Conference on Timber Engineering. Whistler Resort, British Columbia, Canada. July 31 - August 3, 2000. Book of Abstracts.



Kuva 6.1.3.3 Laskennallinen suhteellinen kosteus mittauspisteissä A, B, C ja D vuoden aikana eteläsuomalaisessa ilmasto-olosuhteissa.

Sisäpuolelle koolatuissa ristirunkoisissa ulkoseinissä ilmansulkukerros on helppo asentaa pystysuuntaan kantavan seinärungon ja ristikoolauksen väliin. Platform-tekniikalla rakennettavan puukerrostalon kriittisimmät ilmanvuotokohdat ovat yleensä ulkoseinärungon ja välipohjien liittymäkohdissa. Näiden paikkojen lisätiivistyksissä voidaan käyttää esimerkiksi itseliimautuvaa bitumitiivistenauhaa. Esimerkiksi Viikin puukerrostaloissa rakenteiden välisissä tiivistyksissä käytettiin umpisoluisia EPDM-kumitiivisteitä, jotka parantavat myös liitosten akustisia ominaisuuksia.

Ulkoseinien ja perustusten liitoksissa on estettävä kosteuden siirtyminen kapillaarisesti perusmuurista seinärungon alajuoksupuuhun sekä ilmavirtaus rungon ja perusmuurin välistä. Rungon alapohjaliittymän ilmatiiviyteen on kiinnitettävä erityistä huomiota yksirunkoisten ulkoseinien tapauksessa. Käyttökelpoisia eristemateriaaleja ovat esimerkiksi umpisoluiset polyeteenivaahtomuovinauhat tai bitumikermikaistat. Bitumikermieristyksen kanssa on käytettävä lisäksi tilkkeenä esimerkiksi mineraalivillaa.

Yläpohjien kosteustekniset näkökohdat

Savupiippuilmion vuoksi rakennuksen yläpohjiin kohdistuu suurempi sisäpuolinen ilmanpaine kuin ulkoseiniin. Tämän takia puukerrostalon yläpohjarakenteen on oltava erityisen ilmatiivis. Yläpohjien riittävä ilma- ja höyrytiiviyys voidaan saavuttaa esimerkiksi 0,2 mm:n paksuisella polyeteenimuovikalvolla. Muovikalvo tulee sijoittaa lämmöneristeen sisäpintaan siten, että se pysyy mahdollisimman ehjänä. Suositeltava höyrysulun paikka on yläpohjan alapuolisten koolausten yläpuolella, jolloin koolaustilaan voidaan sijoittaa johdotuksia ja sähköasennuksia höyrynsulkua rikkomatta. Höyrynsulun reunat on taitettava seinänvierustoilla alaspäin noin 200 mm seinien ilma- ja höyrynsulun päälle. Yläpohjan

ilmatiiviyys on hyvä varmistaa myös jättämällä yläpohjarakenteen alapinnan levytys reunoiltaan 5 mm avoimeksi, jolloin seinänvierussauma voidaan tiivistää elastisella saumausmassalla.

6.1.4 Märkätilat

Märkätilojen seinät

Uusitun RakMK C2:n mukaan märkätiloihin (esimerkiksi kylpyhuone, suihkuhuone ja sauna) on tehtävä erillinen vedeneristys tai märkätilan seinä- ja lattiapinnoitteen on toimittava vedeneristeinä: ”Vedeneristys tarkoittaa ainekerrosta, joka saumoineen kestää jatkuvaa kastumista ja jonka tehtävänä on estää nestemäisen veden haitallinen tunkeutuminen rakenteeseen painovoiman vaikutuksesta tai kapillaarivirtauksena, kun rakenteen pinta kastuu.” Kosteusmääräysten uusimisen jälkeen asuntojen märkätilojen vedeneristeinä laatoituksen alla on alettu käyttää sivelemällä levitettäviä vedeneristeitä. Siveltävät vedeneristeet sisältävät yleensä polymeerejä, joko puhtaasti polymeerisideaineita tai sementtisideaineita. Osa tuotejärjestelmistä sisältää tukikudoskerroksen joko kokonaan tai vähintään saumojen kohdilla. Tuotteiden tyyppillinen paksuus kovettumisen jälkeen on noin 0,5 - 1,5 mm. Ongelmana on kuitenkin ollut se, että markkinoilla on ollut tuotteita, joiden ominaisuuksista ei ole ollut saatavissa yhtenäistä tietoa eikä tuotteista ole pitkäaikaiskokemuksia. Syksyllä 1998 VTT:llä valmistui tutkimus, jonka perusteella on laadittu nestemuodossa levitettäville vedeneristeille laatuvaatimukset. (taulukko).⁴⁴⁶

Ominaisuus	Yksiköt	Menetelmä	Vaatus
Märkätilanekki	kg/m ²	Painatus	Ilmoitetaan
Ohje kaivokelpoisuus	mm	ISO 2808	Ilmoitetaan
Vesitiivisyys	mm vesipatas	prEN1928 100mm / 14 vk	Vesitiivis
Lattiakaivon ja vedeneristeen liitoksen vesitiivisyys		NKB:n tuotemäärittely nro 17, Product rules for floor gullies	Ilmoitetaan soveltuva kaivo ja laippatiivisyys
Vesitiivisyyttäkyky	kg/m ² /h	prENISO12372 tai DIN 52615 (n.92-95/50%RH)	Ilmoitetaan
Halkeaman silloituskyky ¹	mm	prEN 1962-7 (mod)	Ilmoitetaan, 0,5 tai 1,5
Alkaliskestävyys ²	mm	56 vk, kyl. Ca(OH) ₂ +23°C prEN 1962-7 (mod)	-tiivis - halkeaman silloituskyky, (vaatimukset yllä)
Levysaumojen tai rakenteen vesitiivisyys	vesitiivis	SFS 3930 suihkutuskoee	Seinät: vesitiivis Rakenteet: vesitiivis
³ Kosteuden läpäisy	g/kappale	SF 1737	Painon karuu 10 g

¹Halkeaman silloitusvaatimus on 1,5 mm uusissa betonirakenteissa (≤ 8 kk) tai halkeamattomilla alustoilla. Alustoilla joissa halkeauriakiä ei ole, halkeamansilloituskykyyn tulee olla vähintään 0,5 mm. Halkeamansilloituskykyä edellytetään myös vedeneristetyiltä levysaumoilta

Kuva 6.1.4.1 Nestemuodossa levitettäville märkätilojen vedeneristeille asetettavat vaatimukset.

⁴⁴⁶Rautiainen, L. (2000) VTT Rakennustekniikka. Märkätilojen vedeneristys - sertifioidut tuotteet ja järjestelmät. (moniste 1.8.2000).

Erillisten suihkukaappien käyttö pesuhuoneissa olisi seinien veden- ja kosteudeneristyksen kannalta turvallisin ratkaisu. Kipsikartonkilevyjä parempi kosteudenkesto ja mekaaninen kestävyys voidaan saavuttaa esimerkiksi sementtikuitulevyillä. Sementtikuitulevyjen ongelmana on käytössä ollut niiden saumojen aukeaminen, jolloin seinälaatat rikkoontuvat levysaumojen kohdilta. Tämän vuoksi suihkusyvennyksen ym. vedelle alttiit kohdat tulisi tehdä mahdollisuuksien mukaan vähin levysaumoin, jotta vältetään ajan saatossa saumojen ja laattojen ratkeamisilta sekä mahdollisilta vesi- ja kosteusvaurioilta. Kosteissa tiloissa kaikki levynurkat ja -saumat sekä lävistykset on tiivistettävä huolellisesti ennen laatoitus- tai muuta pinnoitustyötä.

Ensimmäisten puukerrostalojen yhteydessä on keskusteltu paljon märkätilojen luotettavuudesta. Esillä ovat olleet muun muassa asuntorakentamisessa tavanomaisesti käytetyt ratkaisut kiviaineisine väliseinineen tai keveiden seinien alaosiin muurattavine kevytsora- tai kevytbetoniharkkoineen, jotta puurunko ja seinälevytykset saataisiin nostettua ylös kosteudelle alttiista lattiarajasta⁴⁴⁷. Tällaisilla ratkaisuilla on ollut myös epäilijänsä, koska niiden on mielletty sotkevan puukerrostalon puhtasoppista puurunkojärjestelmäajattelua. Yleiseksi kannaksi on muodostunut se, että myös puukerrostaloissa tyydytään tavanomaisiin, markkinoilta saataviin vedeneristystuotteisiin ja -ratkaisuihin. Tukevalla alustalla kiinnitettyjä levyrakenteita ei ole tässä suhteessa pidetty vedeneristyskerrosten alustoina kiviaineisia seiniä huonompina.



Kuva 6.1.4.2 Amerikkalaisissa puukerrostaloissa käytetään lasikuituisia ja muovisia suihkukaukaloita, jotka asennetaan paikoilleen rakennusrunkovaiheessa.

⁴⁴⁷ VTT Rakennustekniikka (2000) Puukerrostalo As Oy Lahden Poppeli, op.cit.: s. 11.

Märkätilojen välipohjat, vedeneristys

Puukerrostaloissa, kuten muissakin rakennuksissa, märkätilojen vedeneristyksen pääperiaatteena tulee olla se, ettei rakenteisiin pääse lainkaan vettä eikä kosteutta. Välipohjien vedeneristyksen kannalta olisi suositeltavaa käyttää pesuhuoneissa erillisiä suihkukaappeja, joiden avulla estetään veden ja kosteuden aiheuttamat rasitukset lattia- ja seinäpinnoille. Lattioiden kallistusten lattiakaivoja kohti on oltava riittävät. Metrin säteellä suihkusta lattioiden vähimmäiskallistuksena voidaan pitää 1:50. Muualla pesutiloissa kallistuksen on oltava vähintään 1:100.

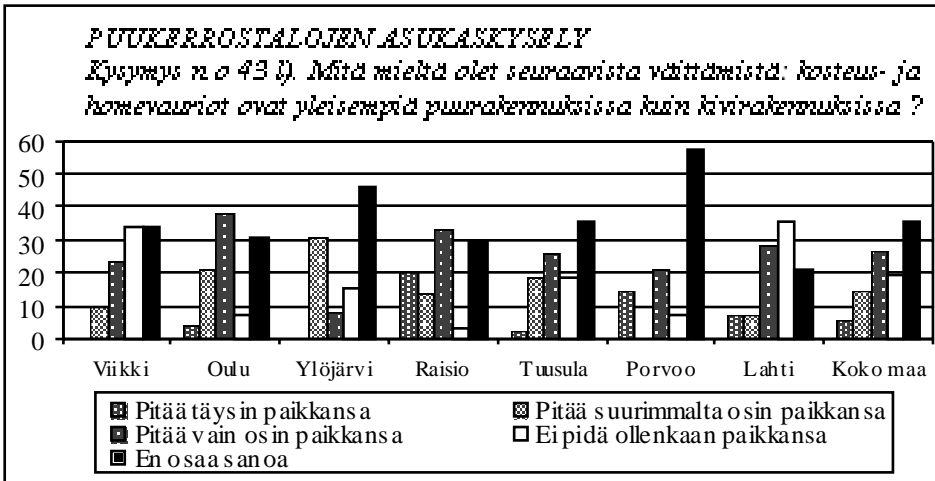
Märkätilojen lattiat voidaan tehdä ääniteknisistä syistä kelluvina, mutta eristekerroksena ei saa tällöin käyttää huokoisia, vettä imeviä ja läpäiseviä kerroksia, kuten esimerkiksi mineraalivilloja, koska mahdollisessa vesivauriutilanteessa niiden kuivaaminen on lähes mahdotonta. Suositeltavaa on tehdä märkätilojen kelluva pintalattia kallistuksineen betonista, joka valetaan esimerkiksi umpisoluisen, laakerina toimivan 10 - 30 mm:n polyeteenivaahdomuovimaton päälle. Tässä ratkaisussa laakerimaton saumat on teipattava huolellisesti, jottei mattosaumoihin pääse muodostumaan äänisiltoja maton alapuoliseen kantavaan välipohjakerrokseen. Pintabetonin kuivumiselle on varattava riittävästi aikaa, sillä lattian vedeneristyksen tekemisen jälkeen betoni ei pääse enää kuivumaan, koska se jää kahden vesitiiviin kerroksen väliin.

Välipohjien vedeneristyksenä tulisi käyttää ensisijaisesti muovimattoja varmempia vedeneristysratkaisuja. Tällaisia ovat esimerkiksi EPDM- tai bitumikermit ja erilaiset vedeneristyssivelyaineet. Nämä vedeneristeet edellyttävät lisäksi mekaanisen suojauksen, kuten lattialaatoituksen käyttöä niiden päällä. Muovimattoa ja eristyslaastikerroksia ei tule käyttää välipohjissa lattialaatoitusten alapuolisena vedeneristyksenä, koska eristyslaastilla on vaikea tiivistää seinän ja lattian liitoskohtaa ja muovimatto kutistuu vanhetessaan, jolloin maton saumat pyrkivät aukeamaan. Lisäksi näiden kunnan tarkkailu laatoituksen alapuolelta on mahdotonta. Mikäli muovimattoa käytetään lattian vedeneristeenä, se tulee sijoittaa samalla lattian päällysteeksi, jolloin sen kunnan tarkkailu ja mahdollinen korjaus on helppoa.

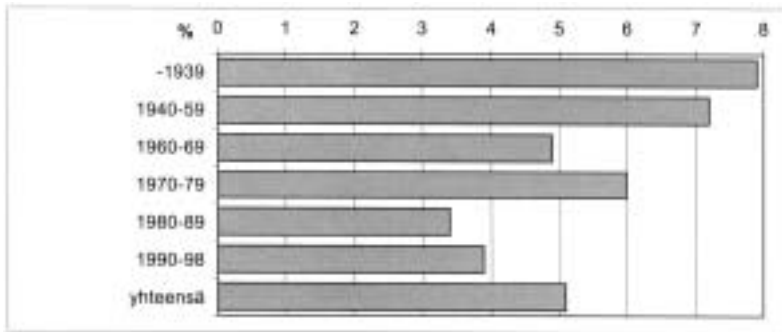
Märkätiloissa käytetään mukavuus- ja lämmityssyistä usein lattialämmitystä. Lattialämmityksen on todettu joissain tapauksissa estävän kosteuden etenemistä lattiarakenteessa ja kuivattavan rakenteita mahdollisten vähäisten vuotojen yhteydessä. Suomen Vakuutusyhtiöiden Keskusliitto suosittelee rakennusten märkätiloihin asennettavaksi erillisiä valvonta- ja hälytysjärjestelmiä mahdollisten kosteusvaurioiden ilmaisemiseksi. Märkätilaratkaisuja ei saa kuitenkaan koskaan laskea lattialämmityksen eikä erillisten kosteusilmaisimien varaan.

6.1.5 Asukkaiden arviot puurakennusten kosteus- ja homevaurioiden yleisyydestä

Asukaskyselytutkimuksessa (Liite 2.) vain yksi viidesosa puukerrostalojen vastaajista arvioi suurimmalta osin tai täysin paikkansa pitäväksi väitteen ”*Kosteus- ja homevauriot ovat yleisempiä puurakennuksissa kuin kivirakennuksissa*”.



Vertailukohteissa saman väitteen katsoi suurimmalta osin tai täysin paikkansa pitäväksi 29 % sekateknikkatalojen ja 29 % betonitalojen vastaajista. Ei pidä ollenkaan paikkansa -vastausten antoi 20 % sekateknikkatalojen, 18 % betonitalojen ja 19 % puukerrostalojen vastaajista. Tämän kysymyksen kohdalla en osaa sanoa -vastausten suhteellinen osuus oli kaikissa talotyypeissä varsin suuri, sillä mielipidettä ei osannut sanoa 27 % sekateknikkatalojen, 26 % betonitalojen ja 35 % puukerrostalojen asukkaista. Tuloksista voidaan havaita, että mielipiteet asiasta olivat kutakuinkin samanlaisia kaikkien talotyypin kohdalla.⁴⁴⁸



Kuva 6.1.5.1 Kosteus- tai homevaurioiden esiintyminen Anna Strandellin asukasbarometrissä talon valmistusvuoden mukaan.

6.2 Puukerrostalojen kestävyys ja kunnossapito

Puurakentamisen teknologiaohjelman yhtenä teemana on ollut myös ”pitkäikäinen ja oikein huollettu puutalo”, minkä vuoksi virheettömään puurakentamiseen on pyritty panostamaan

⁴⁴⁸ Anna Strandellin Asukasbarometrissa 5 % vastaajista ilmoitti asunnossaan olevan vastaushetkellä kosteus tai homevaurioita. Omakotitaloissa asuvilla näiden vastausten osuus oli 4 %, pari- ja rivitaloissa asuvilla 5 % ja kerrostaloissa asuvilla 6 %.

puukerrostalojen rakentamisessa.

Puurakennusten pitkäaikaiskestävyysäännöt ovat hyvin yksinkertaisia ja helposti toteutettavissa. Yleisenä ongelmana on ollut se, ettei näitä yksinkertaisia puurakentamisen nyrkkisääntöjä tunneta tai niistä ei piitata. Rakennusmateriaalina puulla on kieltämättä heikot kohtansa: ominaisuuksien suuri hajonta, lahoaminen kosteuden vaikutuksesta, suuri kosteuseläminen, anisotrooppisuus ja palavuus. Puusta rakennettaessa onkin tunnettava puun biologiset ja fysikaaliset perusominaisuudet ja puurakennusosien käyttäytyminen eri olosuhteissa. Puun suojaamiseen vaurioitumiselta on aina kiinnitettävä erityistä huomiota. Tämä tulee hoitaa ensisijaisesti rakenteellisin keinoin sijoittamalla puu oikeanlujuisena ja -laatusena oikeaan paikkaan. Myös käytettävän puulajin valinnalla voidaan vaikuttaa puurakenteiden ja -rakennusosien kestävyYTEEN sekä ulkonäköön.

Suomalaisen puukerrostalojen maineen ja tulevaisuuden kannalta on pidetty erityisen tärkeänä, että rakennusosat ovat mahdollisimman pitkäaikaiskestäviä. Kaikkien rakennusten tavoin myös puurakennukset tarvitsevat kunnossapitoa. Puurakennuksille on kuitenkin ominaista se, että niiden mahdolliset vauriot ovat yleensä paikallisia ja helposti korjattavissa. Seuraavissa kappaleissa on käyty läpi kestävä puurakentamisen keskeisiä periaatteita.

6.2.1 Oikea puu oikeaan paikkaan

Puun fysikaalisista ominaisuuksista puhuttaessa on muistettava, että puu on elävä luonnonmateriaali. Puuaineksen ominaisuuksien ilmaiseminen täsmällisinä fysikaalisina, kemiallisina ja matemaattisina lukuarvoina ilmoittaa vain tilastollisen keskiarvon. Kullakin puulajilla on omat luontaiset ominaisuutensa, jotka saattavat vaihdella hyvinkin paljon riippuen esimerkiksi puun geneettisestä perimästä, maantieteellisestä sijainnista, kasvuilmastosta ja -alustasta sekä metsän hoidosta. Jopa lähellä toisiaan kasvaneiden puiden fysikaaliset ominaisuudet voivat olla erilaiset, vaikka yksilöt olisivat lähtöisin saman puun siemenistä. Puuainekset eivät ole tasalaatuista myöskään rungon sisällä: pinta- ja sydänpuulla sekä rungon tyvi-, keskiosa- ja latvapuulla on omat ominaisuutensa. Puun ominaisuuksiin vaikuttavat myös sen ikä, oksaisuus, taudit, tuhohyönteiset, kaatoajankohta, kuivatus, käsittelyt jne.

Puun lujuus lisääntyy puun tiheyden kasvaessa. Puun tiheyttä arvioitaessa on aina ilmoitettava, missä kosteustilassa sen massa ja tilavuus on mitattu. Yleisimmin puun tiheys ilmoitetaan ilmakehän kosteudenä, jolloin puun massa ja tilavuus on mitattu puun kosteuden ollessa 15 % (tai 12 %). Tiheys ilmoitetaan usein myös kuiva-tuoretiheytenä, jolloin puun massa on mitattu kuivana, ja tilavuus kyllästymispistettä (noin 30 %) suuremmissa kosteudessa.⁴⁴⁹ Puun tiheyteen ja lujuuteen vaikuttavat myös maantieteelliset erot. Männyn on todettu olevan tiheintä Keski-Suomessa. Männyn tiheys pienenee jonkin verran etelään ja selvästi pohjoiseen mentäessä. Sitä vastoin kuusi on tiheintä Pohjois-Suomessa ja sen tiheys pienenee etelään siirryttäessä.⁴⁵⁰ Puun vuosirenkaassa puuaineksesta vaaleampi kevätpuu on selvästi harvempaa kuin tummempi kesäpuu. Normaallilla mäntypuulla kesäpuun osuus on keskimäärin 25 % ja kuusella noin 15 %⁴⁵¹. Suomalaisilla havupuilla puun lujuuden

⁴⁴⁹ Kärkkäinen, M. (1985), op.cit.: s. 135.

⁴⁵⁰ Ibid.: s. 168.

⁴⁵¹ Manninen, J. (1987), op.cit.: s. 17.

kannalta ihanteellinen vuosirengasväli on 1 - 1,5 mm, jolloin kesäpuun suhteellinen osuus lustosta on suurimmillaan⁴⁵². Puun vuosirengasvälin pienuus ei välttämättä merkitse puun suurta tiheyttä ja lujuutta. Esimerkiksi Lapin männyn vuosikasvusto on lähes yksinomaan harvempaa kevätpuuta, vaikka sen lustojen väli on huomattavan pieni. Tämän vuoksi Pohjois-Suomessa kasvanut mänty on tiheydeltään pienempää ja sen puuaines keveämpää kuin Keski- ja Etelä-Suomessa kasvaneella männyllä. Sydänpuun kestävyys ei johdu sen tiheydestä, koska valtapuulajeillamme männyllä, kuusella ja koivulla puun tiheys lisääntyy ytimestä pintapuuhun mentäessä. Sydänpuun kestävyys selittyy sen suurella hartsi- ja pihkapitoisuudella, joka lisää puun kestävyttä lahoa ja tuhohyönteisiä vastaan⁴⁵³. Puun tiheys ja lujuus vähenevät valtapuulajeillamme jonkin verran tyvestä latvaan mentäessä. Männyllä tämä puun pituussuuntainen tiheysmuutos on suurempi kuin kuusella. Puun tiheys kasvaa iän mukana niillä puulajeilla, joilla tiheys kasvaa ytimestä pintaa kohti⁴⁵⁴.

Puun lujuuteen vaikuttaa oleellisesti se, missä suunnassa syitä vastaan sitä kuormitetaan. Syiden suunnassa taivutuslujuus on suoraan verrannollinen puun tiheyden kanssa. Tasa-aineisella, virheettömällä puulla taivutuslujuus on yhtä suuri kuin vetolujuus. Puun syiden suuntainen vetolujuus on yleensä 10 - 20-kertainen verrattuna puun lujuuteen kohtisuoraan syitä vastaan.⁴⁵⁵ Vetolujuus riippuu myös puun tiheydestä: esimerkiksi männyn kevätpuun vetolujuus on vain 1/6 kesäpuuhun verrattuna. Ilmakuivan puun puristuslujuus on noin puolet vastaavasta vetolujuudesta⁴⁵⁶. Puun leikkauslujuus on 10 - 15 % puun syiden suuntaisesta vetolujuudesta. Leikkauslujuutta heikentävät oksat sekä puussa esiintyvät viat ja halkeamat. Puun kimmisuus ja kulutuskestävyys lisääntyvät puun tiheyden kasvaessa. Puun kimmomoduuli syiden suunnassa voi olla jopa satakertainen verrattuna puun kimmomoduuliin syitä vastaan kohtisuorassa. Säteen suunnassa kimmomoduuli on noin kaksi kertaa niin suuri kuin kimmomoduuli tangentin suunnassa.

Koska puun ominaisuudet voivat vaihdella eri tekijöistä riippuen hyvinkin paljon, puuta on tarkoituksenmukaista lajitella käyttötarpeen mukaan. Lajittelussa voidaan erottaa kaksi pääasiallista tarkastelukriteeriä, jotka ovat puun ulkonäkö ja lujuustekniset ominaisuudet. Puun laatu- ja lujuuslajittelussa noin 90 % laatu-kriteereistä kohdistuu puun oksiin. Lujuuslajittelu voidaan tehdä joko silmävaraisesti tai koneellisesti. Lujuuden mukaan puutavara lajitellaan neljään pääluokkaan: T40, T30, T24 ja T18. Merkintä T tarkoittaa puuta (Trä). Lukuarvo osoittaa puutavaran taivutuslujuuden keskiarvon vähennettynä kaksinkertaisella yksittäisten havaintojen keskihajonnalla. Tällöin vähintään 95 % kunkin lujuusluokan puutavarasta täyttää vaadittavan taivutuslujuuden. Koneellisesti lujuuslajittelun puutavaran laatu-luokat ovat vastaavasti MT40, MT30, MT24 ja MT18. Yleiseurooppalaisessa puurakenteiden mitoituskäytännössä, Eurocode 5:ssä, puutavara lajitellaan yhdeksään luokkaan: C40, C35, C30, C27, C24, C22, C18, C16 ja C14.⁴⁵⁷

⁴⁵² Saarelainen, U. (1981), op.cit.: s. 6.

⁴⁵³ Löyttyniemi, K. (1986) Männyn sydänpuu - luonnon kestopuuta. Männyn sydänpuun luontaisen lahon- ja hyönteistuhokestävyuden hyväksikäytöstä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 231. Metsäteknologian tutkimusosasto, puuntutkimussuunta: s. 7.

⁴⁵⁴ Kärkkäinen, M. (1985), op.cit.: s. 30, 146.

⁴⁵⁵ Saarelainen, U. (1981), op.cit.: s. 36.

⁴⁵⁶ Ibid.: s. 40.

⁴⁵⁷ Siikanen, U. (1998), op.cit.: s. 52.

Ulkonäön perusteella puutavara lajitellaan pohjoismaisen sahatavaran lajitteluohjeiden mukaisesti luokkiin A, B, C ja D. A-luokka jakaantuu lisäksi alaluokkiin A1, A2, A3 ja A4. A-luokan puutavarasta tehdään puusepäntuotteet sekä ulkonäöltään korkeatasoiset listat ja muut sisustustyöt. B-luokka on yleinen puualan tuotteissa sekä näkyvissä rakenteissa ja rakennusosissa. C-luokkaan kuuluvasta puutavarasta tehdään yleensä piiloon jäävät rakenteet tai ulkonäöltään vaatimattomat rakennusosat. D-luokan puutavaraa käytetään esimerkiksi betonimuoteissa, pakkauksissa ja kuormalavoissa.⁴⁵⁸

Käyttökohteet	A				B	C	D
	A1	A2	A3	A4			
Puusepäntuotteet, korkeat ulkonäkövaatimukset	■						
Ikkunaruuveet ja -karnit overkarnit				■	■		
Huonekalut, limselvyt				■	■		
Runkorakenteet, kattoauit, kannatukset				■	■		
Ulkooverhoukset				■	■		
Saustapaneelit			■	■	■		
Listat	■	■					
Rimelaudoitus				■	■		
Lattiat			■	■	■		
Aiusermannot				■	■		
Raakapontti				■	■	■	
Aidat, tuuli- ja lumisuojat				■	■	■	
Betonointimuotit				■	■	■	
Eurolavat				■	■		
Kertakäyttölevyt						■	■
Pakkaukset						■	■
Veneenrakennus	■	■	■				
Käsilyöt, koriste-esineet	■	■	■				
Saunat	■	■	■				

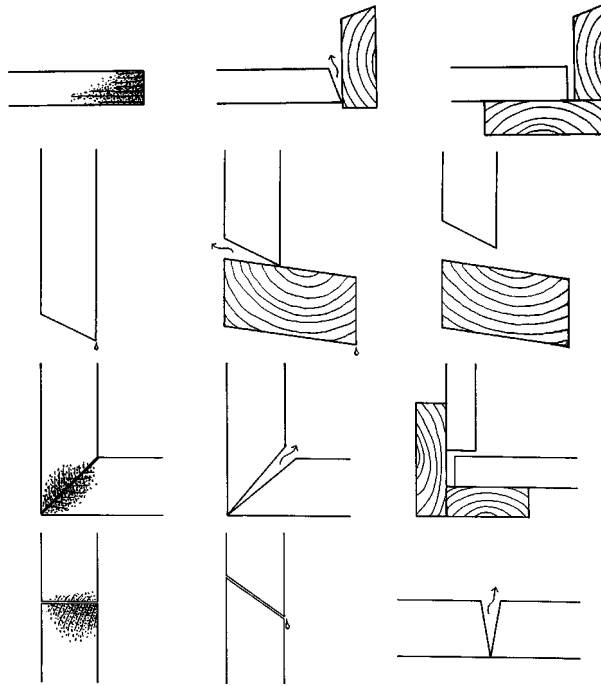
Kuva 6.2.1.1 Pohjoismaisen sahatavaran laatuluokituksessa eri luokkiin kuuluvien sahatavaroiden yleisimmät käyttökohteet.

6.2.2 Puujulkisivujen pitkäaikaiskestävyys

Puurakennuksille on ensisijaisen tärkeää, että niiden julkisivut ym. puiset rakennusosat on suojattu riittävästi rakenteellisin keinoin kosteudelta ja sään haitallisilta vaikutuksilta. Tämä edellyttää riittävän leveitä räystäitä (vähintään 600 mm) ja sitä, ettei rakennuksen ulkooverhouksia uloteta 300 mm:ä lähemmäksi maan pintaa. Puurakennusten kattoihin tulee tehdä reilu kallistus ja ne tulee varustaa mieluiten ulkopuolisella vedenpoistolla. Puiset parvekkeet ja terassit on niin ikään suojattava riittävin katoksin. Myös puujulkisivujen kaikki

⁴⁵⁸ Ibid.: s. 51.

liittymäkohdat ja detaljit tulee suunnitella siten, ettei mahdollinen sadevesi tai lumi jää seisomaan vaakapinnoille ja ettei vesi pääse imeytymään puun pintaan.

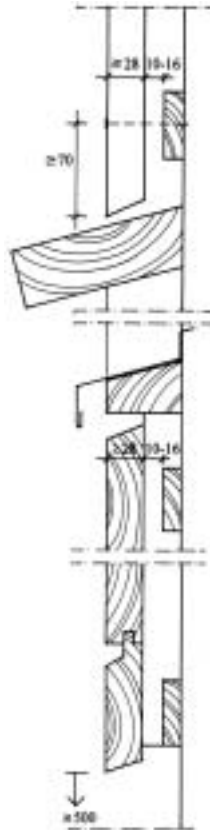


Kuva 6.2.2.1 Puuverhousten liitokset on suunniteltava huolellisesti, jotta ne eivät vaurioidu sateen vaikutuksesta.

Puun halkeilun ja vääntyilyn välttämiseksi puujulkisivuverhousmateriaalien paksuuden on oltava riittävä. Puuainesta haurastuttavat myös kosteuden ja lämpötilan jatkuva vaihtuminen sekä voimakas auringonvalo. Tästä on hyvänä esimerkkinä puupintainen eteläjulkisivu, jonka rapautuminen auringonvalon ja kosteuden vaihtelujen vaikutuksesta etenee noin 3 - 5 mm sadassa vuodessa. Myös tämän vuoksi puujulkisivuverhousmateriaalien paksuuden on oltava riittävä. Riittävänä paksuutena voidaan pitää 28 mm:ä. Julkisivuverhous tulee aina tehdä tuulettuvaksi, millä mahdollistetaan julkisivuverhouksen riittävä kuivuminen mahdollisen kostumisen jälkeen. Puuverhouksen kiinnitysalustan on myös oltava riittävän tukeva, jotta välttyään julkisivuverhouksen haitalliselta vääntyilemiseltä. Puuverhousten naulausohjeiden mukaan puisen ulkoverhouksen kiinnitysalustan paksuuden olisi oltava vähintään 1,5 - 2 kertaa niin paksu kuin verhouslauta. Tätä laskelmaa käyttäen tuuletusvälin paksuus kasvaisi vähintään 50 mm:iin, mikä ei ole suositeltava ratkaisu. Tuuletusväliä ei ole syytä kasvattaa liian suureksi, koska se johtaa puuverhouksen nopeisiin kosteusvaihteluihin. Suositeltava tuuletusraon suuruus on 10 - 16 mm.⁴⁵⁹ Julkisivuverhouslaudat tulee asentaa seinään sydänpuoli ulospäin, jolloin ne kupertuvat pinnaltaan ja lautojen reunat pysyvät mahdollisimman tiiviinä. Pystysuunnassa puiden latvapuoli on asennettava alaspäin. Kuusen

⁴⁵⁹ Soikkeli, A. (1999) Suomalaisten puujulkisivujen pitkäaikaiskestävyys. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio. Kirjapaino Kaleva, Oulu 1999: s. 111.

ja männyn pintapuun solukot käyttäytyvät puun kuivuessa eri tavalla. Männyn pintasolut jäävät kuivuessaan auki-asentoon, mutta kuusen pintasolut sen sijaan sulkeutuvat eli *aspiroituvat*. Kuusta on perinteisesti pidetty paremmin säätä kestävämpänä verhousteriaalina kuin mäntyä, koska kuusen vedenimemiskyky on pienempi ja kosteuseläminen vähäisempää kuin männyllä.



Kuva 6.2.2.2 Anu Soikkelin puujulkisivututkimuksen perusteella suositeltava ratkaisu, jossa verhouslaudan paksuus on vähintään 28 mm, naulaus on tehty vähintään 70 mm:n etäisyydeltä laudan päästä, laudan päät on viistetty tippanokiksi ja laudan päiden etäisyys maasta on vähintään 500 mm. Lisäksi tuuletusrako on kuristettu rimojen avulla 16 mm:iin.

Puuverhouksen kiinnityksessä on käytettävä ruostumattomia tai kuumasinkittyjä kiinnikkeitä. Kiinnikkeet eivät saa olla liian paksuja, jotteivät ne halkaise kiinnitettävää verhousta. Sähkösinkittyjen kiinnikkeiden käyttöä tulisi välttää etenkin silloin, kun julkisivun pintakäsittely ei ole erityisen tiivis ja peittävä. Naulauksen aiheuttaman lautojen halkeilun välttämiseksi naulausta ei saa tehdä 70 mm:ä lähempää laudan päätä⁴⁶⁰. Lautojen avoimet päät on aina käsiteltävä ja mahdollisuuksien mukaan suojattava myös mekaanisesti. Laudoitukset tulisi aina suunnitella siten, ettei lautoja jouduta työmaalla jatkamaan, koska

⁴⁶⁰ Ibid.

julkisivujen vaurioituminen alkaa yleensä lautojen suojaamattomista jatkoskohdista. Tehdasolosuhteissa tehdyt sormijatkosliitokset ovat suositeltava ratkaisu. Puskusaumaan ja jiiriin asennettavien puiden päät on maalattava ennen kuin ne asennetaan vastakkain. Jiirinurkkia on syytä välttää, etenkin alle 25 mm:n paksuisissa verhouksissa, ja vähintään jiirinurkka on tehtävä hyvin tuulettuvaksi.⁴⁶¹ Kaikki julkisivun ulokkeet tulee varustaa riittäväillä tippanokilla. Vaakasuuntaisia suojaamattomia puupintoja tulee välttää. Normaali sahatavara ei sovellu maakosketukseen. Maakosketukseen joutuvat puuosat ja seinien alajuoksulankut on tehtävä painekyllästetystä puusta.



Kuva 6.2.2.3 Jiirinurkka kestää, jos julkisivuverhouslaudoit ovat riittävän paksuja.

Ulkokäyttöä varten on viime vuosina Suomessa kehitetty myös maalattavia ja kuultokäsiteltyjä vanerilevyjä. Vanerilevyseinissä levyreunojen ja kiinnitysreikien sääsuojaukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Parasta olisi käyttää määrämittäisiksi leikattuja ja reunoiltaan tehdaskäsiteltyjä vanerilevyjä. Lisäksi levyreunat on suojattava mahdollisuuksien mukaan mekaanisesti, esimerkiksi puulistoin. Levyjen kosteusliikkeiden eliminoimiseksi levyt on syytä kiinnittää julkisivuverhouspintaan uppokantaruuvein. Maalattavissa levyissä ruuvien kannat on hyvä upottaa noin 3 mm:n syvyyteen, minkä jälkeen ruuvireiät tulisi kitata säänkestävällä kitillä. Levysaumot tulee tehdä noin 3 mm:n levyisinä avosaumoina, jotka myös voidaan täyttää esimerkiksi polyuretaanipohjaisella elastisella tiivistysmassalla ennen levypintojen mahdollista peittomaalausta.

⁴⁶¹ Ibid.: s. 103.

6.2.3 Puun suojaus, pintakäsittely ja modifointi

Puun suojauksen tarkoitus on säilyttää puun ja puutuotteiden hyvät ominaisuudet ja samalla estää mahdolliset laho-, home-, hyönteis- ym. vauriot. Yleensä puu säilyy käsittelemättömänäkin pitkiä aikoja, jos puumateriaalin riittävästä rakenteellisesta suojauksesta huolehditaan. Puun pitkäaikaiskestävyyden edellytys on muun muassa se, että puun kosteus on jatkuvasti alle 20 %. Jos puuta joudutaan sijoittamaan sellaisiin olosuhteisiin, että sen suojaaminen ei ole mahdollista pelkästään rakenteellisin keinoin, voidaan käyttää puun kemiallista suojausta. Tällaisia menetelmiä ovat esimerkiksi ruiskutus tai sively puunsuoja-aineella tai upotus siihen sekä paine- ja tyhjiökyllästys. Ennen kemiallisten menetelmien käyttöönottoa puun suojauskeinoina on käytetty esimerkiksi puun kastamista suolaliuokseen tai puun pinnan hiiltämistä.

Ruiskutettavat ja siveltävät puunsuoja-aineet tunkeutuvat puun pintaan yleensä vain 1 - 2 mm, joten niiden puuta suojaava vaikutus on vähäinen, ellei käsittelyä uusita riittävän usein. Upotusmenetelmällä saadaan kemiallisia aineita uppoamaan pintapuuhun noin 5 mm:n syvyyteen. Uusia puunsuoja-aineita ja -maaleja kehitetään jatkuvasti, ja niiden valintamahdollisuudet ovat varsin laajat. Useimmat puunsuoja-aineet sisältävät pentaklorfenolia, lakkoja ja vettä hylkiviä aineita.

Puun kyllästyksellä pyritään antamaan suoja puun biologista tuhoutumista ja tuhohyönteisiä vastaan. Puun kyllästysluokat määräytyvät käyttökohteen rasituksen mukaan. Käytössä olevat kyllästysluokat heikoimmasta parhaimpaan lueteltuina ovat B, AB, A ja M. Näitä kyllästysluokkia vastaavat standardoidut yleiseurooppalaiset merkinnät ovat P5/HC3, P8/HC3, P8/HC4 ja P8/HC5. Luokan B puutavaran kyllästys tehdään tyhjiökyllästyksenä ja muut painekyllästyksenä. Tyhjiökyllästyksessä pintapuu kyllästyy noin 5 - 10 mm:n syvyyteen. Painekyllästyksessä kyllästysaine tunkeutuu männällä sydänpuuta lukuun ottamatta koko puuhun. Kuusi ei kyllästy 10 mm:ä syvemmältä sen pintapuun aspiroitumisen vuoksi. Luokkien B, AB ja A tyhjiö- ja painekyllästysaineina käytetään yleensä vesiliukoisia suoloja ja öljypohjaisia suojausaineita. Luokan M kyllästysaineena käytetään kreosoottiöljyä. Kyllästysainetta imeytyy puukuutiometrille muutamia kymmeniä kiloja, ja ainemäärät vaihtelevat kyllästysluokittain. M-luokassa kreosoottiöljyä imeytetään puuhun noin 400 kg kuutiometriä kohden. Puun tyhjiö- ja painekyllästyksissä käytetään tehoaineina kromia, kuparia ja arseenia. Kyllästettyä puutavaraa ei saa hävittää polttamalla, sillä edellä luetelluista tehoaineista syntyy puuta poltettaessa haitallisia metallipäästöjä.

B-luokan tyhjiökyllästettyä puutavaraa käytetään esimerkiksi ikkunoiden ja ulko-ovien ulko-osissa. M-luokan kreosoottiöljyllä painekyllästettyä puuta käytetään muun muassa ratapölkkyinä ja siltarakenteina. B- ja M-luokan puutavaraa ei voi ostaa puutavaraliikkeistä, sillä sitä tehdään vain erikoiskohteisiin ja vientiin. AB- ja A-luokan puutavaraa käytetään yleisesti suomalaisessa rakennusteollisuudessa. Näistä AB-luokan osuutta kasvatetaan koko ajan, koska siinä käytetään pääasiallisina tehoaineina kromin ja arseenin sijasta ympäristölle vähemmän haitallisia kupariyhdisteitä. Painekyllästetty havupuu kestää hajoamatta maakosketuksessa noin 30 vuotta, M-luokan puutavara jopa 50 vuotta. Keski-Euroopassa kyllästetään myös lehtipuita, vaikka niillä saavutettava säänkestävyys on varsin heikko. Nykyisin painekyllästettyä puuta on alettu vastustaa sen epäekologisten ominaisuuksien vuoksi.

Tuote	Luokka			
	M	A	AB	B
Vesipohjaiset tuotteet				
– CCA-kyllästeet	x	x		
– CCP-kyllästeet	x	x		
– CC-kyllästeet	x	x		
– C-kyllästeet		x	x	x
Öljypohjaiset tuotteet				
– Kreosootti	x	x	x	x
– Öljykylläste				x

Kuva 6.2.3.1 Puutavaran kyllästeaineet eri kyllästeluokissa.

Puurakennusosien pintakäsittelyaineista ja maaleista on hyvin monenlaista ja osin ristiriitaistakin tietoa. Peruslähtökohdiltaan vastakkain ovat yleensä olleet teollisesti valmistetut maalituotteet ja luonnonmukaiset niin kutsutut perinnemaalit. Esimerkiksi lateksien (muovimaalien) käyttö julkisivuverhouksissa moninaisine vaurioineen on pilannut puun mainetta kestäväenä julkisivumateriaalina⁴⁶². Toisaalta vaurioiden syynä ei ole aina ollut pelkästään muovimaali, vaan myös suunnittelu- ja rakennusvirheet yhdessä huonolaatuisten puun kanssa⁴⁶³. Sen sijaan luonnonmukaiset maalit eivät ole huonontaneet puujulkisivujen mainetta, vaan tuoneet niihin lisäarvoja. Puisten julkisivujen pintakäsittelyn kannalta kaikkein tärkeintä on kuitenkin se, että rakenteet ovat oikein tehtyjä⁴⁶⁴.

Puupintoja on perinteisesti käsitelty lähinnä halutun värin aikaansaamiseksi eikä niinkään puun säänkestävyyden parantamiseksi. Puun pintakäsittelyaineiden ja maalien valinnassa on tärkeää kiinnittää huomiota pinnan huollettavuuteen ja huoltokäsittelyjen oikea-aikaisuuteen. Julkisivuverhouksen pinnan karkeusaste vaikuttaa maalipinnan pysyvyyteen.⁴⁶⁵ Hienosahattu puupinta on useimmiten maalin pysymisen kannalta paras. Kovalle säärasitukselle joutuvissa höylätyissä pinnoissa maali pysyy yleensä heikosti. Toisaalta liian karkeat ja rosoiset puupinnat ovat vaikeita käsitellä ja ne likaantuvat helposti. Puupintojen helppohoitoisuuden kannalta tarkoituksenmukaisimpina voitaneen pitää perinteisiä luonnonmukaisia maaliaineita, kuten tervaa, keitto- ja pellavaöljymaaleja. Esimerkiksi terva ja keittomaalit kuluvat sään vaikutuksesta. Pellavaöljy liituuntuu ja kuluu vastaavalla tavalla. Näin uudelleenmaalaukset eivät paksunna maalikalvoa eivätkä aiheuta liian tiivistä kerrosta





⁴⁶² Kaila, P. (1996), op.cit.: s. 157.

⁴⁶³ Järvinen, K. (1999) Puurakennusten ulkomaalaus. Rakennustieto Oy. Helsinki. Kirjapaino Karisto Oy, Hämeenlinna: s. 39.

⁴⁶⁴ Ruotsissa on tehty 20 vuoden pitkäaikaiskestävyydesti eri julkisivupaneeleille ja maalauskyllästeille. Testin mukaan puujulkisivujen pitkäaikaiskestävyydelle kaikkein tärkeintä on hyvä puun laatu ja oikein tehdyt rakenteet. Maalauskyllästeillä ei havaittu olevan testissä merkittävää vaikutusta puujulkisivujen kestäväyyteen. Lähde: Trätek (2000) Träfasad i längtidstest. Rapport 0010037. Kontenta.

⁴⁶⁵ Järvinen, K. (1999), op.cit.: s. 16.

puun pintaan, joten huolto- ja uusintamaalaus voidaan tehdä ilman työlästä vanhan maalin poistoa. Huoltomaalauksessa tyypillisiä virheitä ovat huoltomaalauksen laiminlyönti tai sen tekeminen liian harvoin, väärän huoltomaalin valinta ja liian märälle tai likaiselle pinnalle maalaaminen.⁴⁶⁶

Luokka	B	AB	A	M		
Tunkeuma	5 mm:n säteen suuntainen tunkeuma pintapuussa ja 50 mm:n pituus-suuntainen tunkeuma pintapuussa	Pintapuu läpikyllästynyt	Pintapuu läpikyllästynyt	Pintapuu läpikyllästynyt		
Kyllästysaineet						
Tyyppi	Tehoaineet	Tuotenimi				
CCA	Kupari, kromi, arseeni	Kemira K33	5 kg/m ²	5 kg/m ²	12 kg/m ²	24 kg/m ²
CC	Kupari, kromi	Kemira KC73	10 kg/m ²	10 kg/m ²	10 kg/m ²	
C	Kupari+kvat.amn.yhd.	Kemira CT86	19 kg/m ²	19 kg/m ²	40 kg/m ²	
Org.	Kvat.amn.yhd.+guata.	Mitrol 48T	8 kg/m ²	8 kg/m ²		
Käyttökohteet, esimerkkejä		Paneeli- ja ikkunarakenteet	Aitarakenteet ulko-verhoukset	Puurakenteet maakosteuksessa	Jäähdytystornit	
Laatumerkintä						
Väritunnus		keltainen	valkoinen	musta	punainen	

Kuva 6.2.3.2 Kyllästetyn puutavaran riskiluokat standardin SFS-EN 335 1-2 mukaan.



Kuva 6.2.3.3 Lateksimaaleilla on taipumus irrota alustastaan aluksi kuplien ja myöhemmin kalvomaisesti repeillen. Lateksimaalit voivat vaurioittaa puujulkisivuja, koska puuhun lautojen saumoista ja maalipinnan ratkeamista tunkeutuva kosteus ei pääse haihtumaan kunnolla kalvopinnan alta.

⁴⁶⁶ Virta, J. (1999) Puu-ulkoverhousten suunnittelu-, rakentamis- ja pintakäsittelyohje. Teknillisen Korkeakoulun talonrakennustekniikan laboratorion julkaisuja 104. Espoo: s. 18.



Kotimainen punamulta on riittoisaa

Kotimainen punamulta on erittäin hienojauhelista, joten sen peittämiskyky on erinomainen. Se on siis Teille halpaa ja sillä siveleminen on helppoa.

Kun rakennukset keväällä maalataan, ostakaa silloin Suomen Punamullan punamultaa. Se on Teille halvinta.

Vaatikaa kaupassa nimenomaan Suomen Punamullan punamultaa.

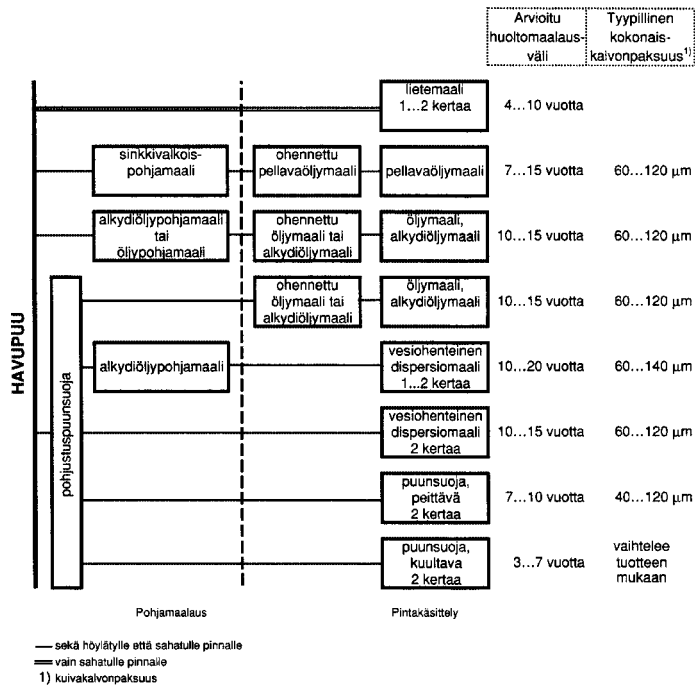


Suomen Punamulta oy

Hanko.

Kotimainen punamulta —
halpa punamulta.
Seatavissa kahtena
värivaihteena.

Kuva 6.2.3.4 Punamulta on perinteinen puujulkisivujen maalauskiitos.



Kuva 6.2.3.5 Maalaus- ja pintakäsittely-yhdistelmät uusille havupuupinnoille.

UUSI ALUSTA	punamulta	pellavaöljy- maali	alkydiöljy- tai öljy- maali	vesiohenteinen dispersiomaali	dispersiomaali, peittävä puunsuoja	alkydiöljypohjainen peittävä puunsuoja	dispersiomaali, kuultava puunsuoja	alkydiöljypohjainen kuultava puunsuoja
punamulta	sopiva							
pellavaöljy- maali	sopiva	sopiva	mahdollinen	mahdollinen	sopiva			
alkydiöljy- tai öljy- maali	mahdollinen	sopiva	mahdollinen	mahdollinen	sopiva			
vesiohenteinen dispersiomaali			sopiva	sopiva				
dispersiomaali, peittävä puunsuoja			sopiva	sopiva				
alkydiöljypohjainen peittävä puunsuoja	mahdollinen	sopiva	sopiva	sopiva	sopiva			
dispersiomaali, kuultava puunsuoja			mahdollinen	mahdollinen			sopiva	
alkydiöljypohjainen kuultava puunsuoja	mahdollinen	mahdollinen	mahdollinen	mahdollinen	mahdollinen	sopiva	sopiva	

Kuva 6.2.3.6 Pintakäsittelyaineiden soveltuvuus puu-ulkoverhouksen huoltomaalaukseen. Huoltomaalin soveltuvuus on aina tarkistettava tuotteen käyttöohjeesta.

Tuhohyönteisten torjunta

Puuta voivat vaurioittaa myös erilaiset hyönteiset. Tuhohyönteiset levittävät puuhun tauteja sekä käyttävät puuta ravinnokseen. Esimerkiksi mäntypistiäisen toukat levittävät sinistäjäsiementä. Hyönteisiä esiintyy enimmäkseen kasvavassa puussa sekä kaadetussa tukissa varastoinnin aikana. Tuhohyönteisiä voi esiintyä myös valmiissa rakennuksissa. Suomessa erityisesti vanhojen puurakennusten yleisimpiä tuholaisia ovat olleet tupajumi (*Anobium punctatum*), kuolemankello (*Hadrobregmus pertinax*), papintappaja (*Callidium violaceum*), hirsikytry (*Ernobius mollis*) ja hevosmuurahainen (*Camponotus herculeanus* ja *Camponotus ligniperda*)⁴⁶⁷. Puun hyönteisvaurioita voidaan välttää parhaiten kaatamalla ja kuivaamalla puu kevättalvella, jolloin tuhohyönteisiä esiintyy vähiten. Suomen uusissa puurakennuksissa tuhohyönteiset eivät ole yleisiä. Tähän on vaikuttanut erityisesti puutavaran lämpö- ja öljykyllästysprosessien käyttöönotto.

Puun modifiointi

Puun ominaisuuksia voidaan muuttaa ja parantaa erilaisilla käsittelyillä. Käyttökohteen asettamien vaatimusten mukaisesti kehitettyä puuta kutsutaan tekniseksi puuksi⁴⁶⁸. ”Teknisen puun tuotteistaminen rakentamisen komponenteiksi” on myös kuulunut osana Puurakentamisen teknologiaohjelman tuoteteemoihin.

Huokoista puuta voidaan jalostaa käyttämällä apuna painetta, lämpöä tai puuhun imeytyviä kemikaaleja. Lehtipuiden modifiointi ja kemiallinen käsittely ovat puun solurakenteen erilaisuuden vuoksi havupuita jonkin verran helpompia. Kemiallisten aineiden, kuten esimerkiksi maleiinihappoanhydridiglyseroli-seoksen, avulla voidaan vähentää puun kosteuselämistä ja parantaa puun lahon- ja palonkestävyyttä. Useat käsittelyaineet ovat kuitenkin suhteellisen kalliita, ja osa niistä tai käsittelyn sivutuotteena syntyvistä kemiallisista aineista on todettu ympäristön kannalta haitallisiksi. Tämän vuoksi puun kemiallista suojausta on alettu vierastaa yleisten ekologisten arvojen kohotessa. Puun tiheyttä ja lujuutta sekä pintakovuutta voidaan lisätä puristamalla puuta kokoon. Lehtipuita voidaan puristaa siten, että niiden tilavuus pienenee jopa 50 %. Havupuilla vastaava luku on noin 40 %. Puristettu puu palautuu kuitenkin alkuperäistilavuuteensa kosteuden vaikutuksesta, ellei sitä stabiloida kemiallisilla aineilla.⁴⁶⁹

Puuta voidaan myös lämpökäsitellä, jolloin sen kosteuseläminen saadaan pieneneeseen 50 - 90 % ja biologinen kestävyys paranemaan. Lämpökäsittelyssä puu aina tummuu. Lisäksi puusta poistuu useita eri uuteaineita, puu kevenee, sen tasapainokosteus laskee ja sen lämmöneristyskyky kasvaa lähes kolmanneksella. Samalla kuitenkin puun jäykkyys pienenee ja lujuusominaisuudet heikkenevät noin 5 - 25 %.⁴⁷⁰ Lämpökäsittelyn puun yhdeksi ongelmaksi on todettu pehmeneminen maakosketuksessa, vaikka itse lahoamisprosessia ei tapahdu⁴⁷¹.

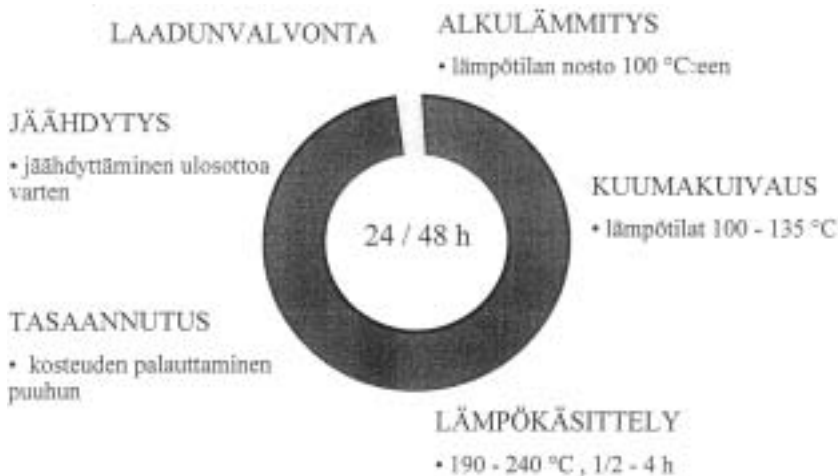
⁴⁶⁷ Lahontorjuntayhdistys ry. & Rakennuskirja Oy (1998), op.cit.: s. 33 - 43.

⁴⁶⁸ Rauhala, T. (1999) Tekninen puu - uusi materiaali puuteollisuudelle, tutkimusprofessori Pentti Viitaniemen haastattelu. VTT Kiila, VTT:n henkilöstö- ja tiedotuslehden asiakasnumero, 9/1999: s. 2.

⁴⁶⁹ Rantala, E. & Ingman, J. (2000) Luentokalvot: Puun maleointi, puristepuu. Puun lämpökäsittely-osaamisella maailmalle. Puun lämpökäsittely -seminaari Innopolissa Espoossa, 19.1.2000.

⁴⁷⁰ Viitaniemi, P. & Ingman, J. (2000) Esitelmätiedote, luentokalvot. Puun lämpökäsittely. Puun lämpökäsittely -seminaari Innopolissa Espoossa, 19.1.2000.

Ellei lämpökäsittelyprosessia tehdä oikein, puun halkeiluriski on korkea. Sisähalkeilua pidettiin ennen lämpökäsittelyn puun pahimpana vikana silloin, kun puutavaraa joudutaan käsittelyn jälkeen työstämään.⁴⁷² Lämpökäsittelyn puun pinta muodostuu hyvin tiiviiksi, joten muun muassa liimaukset ovat vaikeampia ja kuivumisajaltaan tavanomaisia hitaampia käytettäessä normaaleja puuhun imeytyviä PVAc-liimoja⁴⁷³. Sen sijaan maali pysyy paremmin kiinni lämpökäsittelystä puussa⁴⁷⁴. Päätypuun suojaaminen maalaamalla tai listoin on tärkeää myös lämpökäsittelystä puussa, jotta estetään veden imeytyminen syiden suuntaisesti.⁴⁷⁵ Lämpökäsittelystä havupuita pidetään 190 - 250 °C:n lämpötilassa 2 - 4 tuntia ja lehtipuita noin tunnin verran. Puun lämpötila nostetaan kammiossa vähitellen kylläisen vesihöyryn avulla. Koko lämpökäsittelyprosessi kestää noin vuorokauden verran.⁴⁷⁶



Kuva 6.2.3.7 Puun lämpökäsittelyprosessi.

Lämpökäsiteltyä puuta on kehitetty Suomessa 1990-luvulla huomattavasti. Tutkimustoiminnassa aktiivisia ovat olleet erityisesti VTT ja Mikkelin Ympäristötekniikan Instituutti (YTI). Puukerrostalojen rakentamisen yhteydessä lämpökäsittelyn puun käyttökohteiksi on esitetty esimerkiksi kosteiden tilojen sisäverhouksia, kulutuskestävyyttä vaativia lattiapintoja, julkisivuverhouksia, ovien- ja ikkunoiden puuosia, sisustustuotteita, terassirakenteita sekä ulkopuolisia kalusteita ja varusteita. Lämpökäsiteltyä puuta tuotti Suomessa vuoden 2000 loppupuolella kahdeksan tuotantolaitosta, joiden yhteenlaskettu vuosituotanto on ollut noin 50 000 m³. Syksyllä 2001 Soinilahteen avatun uuden yrityksen ansiosta tämä tuotantomäärä tulee tuplaantumaan. Kehitettävänä ovat edelleen lämpökäsittelyn puun laatustandardit.

⁴⁷¹ Kangas, E. (2000) Esitelmätiedote. Lämpökäsittelyn puun tuoteluokitus ja standardisointi. Puun lämpökäsittely -seminaari Innopolissa Espoossa, 19.1.2000.

⁴⁷² Möller, K. & Otranen, L. (1999) Puun lämpökäsittely. Ympäristötekniikan instituutin julkaisuja n:o 4. Mikkelä: s. 49.

⁴⁷³ Ibid.: s. 84.

⁴⁷⁴ Rauhala, T. (1999), op.cit.: s. 2.

⁴⁷⁵ Möller, K. & Otranen, L. (1999), op.cit.: s. 78.

⁴⁷⁶ Ibid.: s. 17.

Suuntauksena on ollut se, että lämpökäsittelyprosessin lämpötiloja ollaan laskemassa. Lisäksi laatuluokituksissa puun tasapainokosteus ja väri ovat tulossa määrääviksi, ei lahonkesto-ominaisuudet, kuten alkuaikoina. Tähän saakka ongelmana on ollut lämpökäsitteltyjen puutuotteiden ja jatkojalosteiden vaikeahko saatavuus, laadun suuri hajonta sekä suhteellisen korkea hinta.⁴⁷⁷

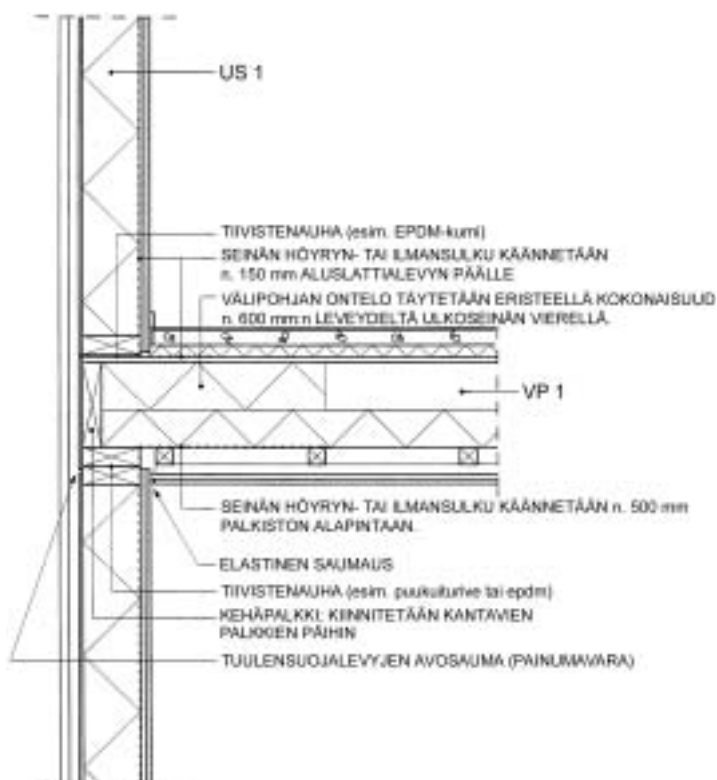
6.3 Johtopäätökset

Rakennusten kosteutta käsittelevät uudet määräykset (RakMK C2, 1.1.1999 -) tulivat tarpeeseen, koska kosteus- ja homevauriot ovat olleet 1980-luvulta lähtien asuntorakentamisessa yleisiä. Kosteus- ja homevaurioiden yleisimpinä syinä ovat olleet märkätilojen puutteellinen ilmanvaihto ja riittämättömät vedeneristykset. Tämä koskee kaikkea asuntorakentamista, eikä ole puurakentamisen erityisongelma. Näin mieltävät myös asukkaat. Puurakennusten kosteuden- ja vedeneristykseen on kuitenkin kiinnitettävä erityistä huomiota, koska puu vaurioituu muita materiaaleja herkemmin. Vaurion syynä on usein virheellisesti suunniteltu ja tehty rakenne, jossa ei ole riittävästi huolehdittu puun suojaamisesta kosteudelta. Esimerkiksi puurakenteisissa rossilattioissa esiintyy usein vaurioita. Ryömintätilaisen alapohjan toimivuuden tärkeimpinä edellytyksinä ovat alapohjaontelon riittävä kuivuus ja tuuletus. Puujulkisivujen pitkäaikaiskestävyyden parhaimmat takeet ovat rakenteellinen suojaus vettä ja kosteutta vastaan, riittävän paksu ja hyvälaatuinen julkisivuverhousmateriaali sekä julkisivuverhouksen taustan tuuletuksen varmistaminen. Lisäksi ulkoverhousten mahdollisten pintakäsittelysten huolto-, kunnostus- ja uusintatyöt on tehtävä riittävän ajoissa ennen alustan vaurioitumista.

Puukerrostalon runkopuutavaran tulee olla kuivaa, jotta rakennusrunko eläisi ja painuisi mahdollisimman vähän. Puukerrostalojen ilmatiiviiden on oltava parempi kuin pientaloissa, sillä korkeiden rakennuksien yläosissa ovat tuulenpaine sekä savupiippuilmion aiheuttama ilmanpaine-ero suuria. Puukerrostaloissa voitaisiin käyttää muovittomia ulkoseinärakenteita, jos lämmöneristeeksi sallittaisiin puukuitueristeet. Puukerrostalojen ekologisen imagon kannalta tämä olisi toivottavaa. Platform-tekniikalla rakennettaessa tulee puukerrostalon välipohjan ja ulkoseinän liitoskohdassa ulkovaipan höyrünsulkuun epäjatkuvuuskohta. Teoreettisissa, laskennallisissa ja kokeellisissa tarkasteluissa liitosta on pidetty lämpö- ja kosteusteknisessä mielessä riskirakenteena. Todellisissa kohteissa tällaisissa välipohjaliitoksissa ei ole kuitenkaan esiintynyt kosteusteknisiä ongelmia.

Märkätilojen kelluvissa pintalattioissa tulee käyttää umpisoluisia laakerikerroksia. Vettä imeviä eristekerroksia, kuten mineraalivilloja, ei pidä käyttää. Puukerrostalojen märkätilojen vedenerisysratkaisut eivät eroa tavanomaisista asuntojen vedenerisysratkaisuista. Märkätiloissa suihkukaappien käyttö olisi suositeltavaa.

⁴⁷⁷ Vartiainen, T. (2001) Esitelmä: Lämpöpuutuotteet. Puurakentaminen ja puun käsittely -seminaarissa Lapinlahdella 24.8.2001.



Kuva 6.3.1 Puukerrostalon välipohjan ja ulkoseinän liitoskohtaa on pidetty lämpö- ja kosteusteknisesti riskirakenteena, koska ulkoseinän höyrinsulkukerros katkeaa välipohjan kohdalla. Valmiista rakennuksista tehtyjen mittausten perusteella liitos on osoittautunut kuitenkin toimivaksi, eikä vaurioita ole esiintynyt.



Kuva 6.3.2 Puuverhoukset turmeltuvat helposti, jos ne ulotetaan liian lähelle maan pintaa.

7 LVIS-tekniikka

7.1 Reititys- ja asennusperiaatteet

Puukerrostalon lämmitys-, vesi-, ilmanvaihto- ja sähköjärjestelmät voidaan toteuttaa samanlaisina kuin muissakin asuinkerrostaloissa. Puukerrostalon suunnittelussa on kuitenkin kiinnitettävä erityistä huomiota LVIS-asennusreitteihin, jotta rakenteiden lämmön-, äänen-, palon-, veden- ja kosteudeneristykset toimisivat moitteettomasti ja rakenteet olisivat riittävän ilmatiiviitä. Asennusten reitityksissä on vältettävä huoneistojen välisten seinien ja välipohjien lävistyksiä. Kaikkien lävistysten reunat on tiivistettävä erityisen huolellisesti. LVI-laitteet on asennettava irti akustisen jousirangan varaan asennetuista kattolevytyksistä, ja lävistysten reunat on varustettava elastisin saumoin.



Kuva 7.1.1 Amerikkalaisessa puukerrostalorakentamisessa LVIS-reititykset näyttävät erittäin vaikeilta. Rungon lävistyksiä ja johdotusten liitoskohtia syntyy tarpeettoman paljon.

Jokaiseen asuntoon tulee sijoittaa yksi tai useampi pystyroilo, jossa voidaan kuljettaa kuhunkin asuntoon johtavat pystysuuntaiset LVIS-syöttölinjat. Rakennuksen pystyroiloihin syöttävät vaakasuuntaiset päärunkolinjat voidaan sijoittaa esimerkiksi rakennuksen ensimmäisen kerroksen lattian alle lämmöneristettyihin muoviputkiin, mahdollisen kellarikerroksen katonrajaan tai alapohjan ryömintätilaan. Ryömintätilaan sijoitettavat asennukset eivät saa haitata itse tilan tuuletusta. Näillä päälinjojen asennusreittivalinnoilla vältetään huoneistojen välisten seinien lävistäminen sekä osin alakattojen rakentaminen. Maanalaisten päälinjojen haaroitus- ja sulkuventtiilit voidaan sijoittaa esimerkiksi asuntojen tuulikaappiin tai vaatehuoneeseen sijoitettavaan venttiilikaivoon.

Puukerrostalon asennukset on hyvä keskittää märkätilojen kohdille, jonne on luonteva tehdä alakatot. Keittiö- ja märkätilojen sijainti huoneistossa vaikuttaa viemäreiden ja sprinkleriputkien asennussuuntaan, koska viemäri- ja sprinkleriputket tulee pyrkiä sijoittamaan pääasiassa välipohjien palkkiväleihin. Vesi- ja lämpöputket sekä sähköjohdotukset voidaan sijoittaa välipohjien ylä- ja alapuolisiin pintakerroksiin. Lattia-asennustapa on suositeltavampi silloin, kun lattiasa on asennustilaa (esimerkiksi kelluva rakenne tai pintavalu), koska se on kattoasennustapaa työteknisesti helpompi ja nopeampi. Välipohjien pintakerroksissa kulkevat johdotukset on hyvä suojata keveiden väliseinien kohdilla esimerkiksi kulmateräsprofiileilla, jottei väliseinien tekovaiheessa lävistettäisi piiloon jääneitä asennuksia. Ulkoseiniin ja huoneistojen välisiin seiniin ei saa tehdä uppoasennuksia, jottei rikota ilmansulkua tai heikennetä ääneneristystä. Ilmanvaihtoasennuksia ei tule sijoittaa palo- ja äänisystä välipohjien palkkiväleihin, vaan ne on parempi sijoittaa huoneistokohtaisesti alakattotilaan. Mikäli ilmanvaihtokanavia joudutaan asentamaan palkkiväleihin, ne on palon- ja ääneneristettävä. Ylimmän kerroksen ilmanvaihtokanavat voidaan sijoittaa mahdollisen ullakkotilan puolelle.



Kuva 7.1.2 Valmiin välipohjatasoon päällä pintalattioihin jäävien johdotusten asentaminen on helppoa.

7.2 Lämmitysjärjestelmät

Puukerrostalon lämmitykseen soveltuvat kaikki tavanomaiset lämmitysjärjestelmät. Jos kaukolämpö on saatavissa, sen käyttö on kustannussyistä perusteltua, koska öljy- ja sähkölämmitystä pidetään kerrostaloissa käyttökustannuksiltaan kaukolämpöä kalliimpina. Sähköllä toimivien säteilylämmityksen ja lattialämmityksen etuna olisi se, että puurakennukseen tulisi tällöin vähemmän vesivaurioille alttiita asennuksia kuin vesilämmitysratkaisuissa. Sähkölämmityksen säätöä pidetään myös muihin lämmitystapoihin verrattuna tarkempina ja nopeampina.

Märkätilojen lämmitystä ei tulisi suunnitella pelkästään lattialämmityksen varaan, koska asukkailla on taipumus säädellä sähkön kulutusta sulkemalla lattialämmitys pois kokonaan, jolloin huoneen lämpötila laskee ja kosteuden tiivistyminen kylmiin rakenteisiin lisääntyy. Lämpimän käyttöveden kiertoon perustuvat patteri- ja lattialämmitykset ovat peseytymistilojen lämmitykseen käyttökelpoisia ratkaisuja, koska niitä ei voi kokonaan sulkea.

Pintavaluun perustuvissa välipohjarakenteissa myös kuiviin asuintiloihin asennettava lattialämmitys on hyvä ratkaisu, sillä kokemusten mukaan lattialämmitys lisää asuinmukavuutta ja eliminoi vedon tunnetta ulkoseinän vierustoilla. Lisäksi päästään eroon seinäpattereista ja niiden mahdollisista pystylinjoista, mitkä ovat ääneneristyksen ja rakennusrungon painumisen kannalta ongelmallisia.⁴⁷⁸

7.3 Vesijohto- ja viemäriverkosto

Jos puukerrostaloissa käytetään uppoasennuksia, on vältettävä vesipisteiden sijoittamista ulkoseinille ja huoneistojen välisille seinille lämpö- ja ääniteknisistä syistä sekä ilmatiiviyssyistä. Vesi- ja viemäriverkoston pystysuuntaiset päälinjat tulee sijoittaa huoneistokohtaisesti pystyroiloihin. Vesijohtoverkoston nousukuilun jälkeen sijoitettava huoneistokohtainen sulkuventtiili ja jakotukki, jotka voidaan sijoittaa pystyroilon läheisyyteen esimerkiksi eteis- tai pesuhuoneiden alakattotiloihin. Jakotukilta voidaan haaroittaa kytkentäjohto jokaiselle vesikalusteelle erikseen. Putkiston suunnittelu ja mitoitus on tehtävä Suomen rakentamismääräyskokoelman D1 mukaan⁴⁷⁹.

Puukerrostalojen vesijohdot on suositeltavaa tehdä lämpölinjojen tapaan muoviputkin ja muovisiin suojaputkiin asennettuina. Muoviputket on helppo ja nopea asentaa lattioiden pintakerrokseen. Muoviputket ovat myös ääniteknisesti hyviä ja sallivat rakennuksen rungon vähäiset liikkeet vaurioitumatta. Muoviputkijärjestelmän ansiosta kaikki vesijohdot voidaan sijoittaa uppoasennuksina suojaputkia ja hanakulmarasioita hyväksi käyttäen. Järjestelmän avulla märkätilat voidaan rakentaa tekemättä vesijohtolävistyksiä lattioihin, koska kaikki vesikalusteiden johtolinjat voidaan tuoda alakattojen ja seinien kautta.

⁴⁷⁸ Oulun puukerrostalon, Kiinteistö Oy Puukotkan, rakennuttajalla, Riihi-säätiöllä on hyviä kokemuksia asuinkeuhkalojen välipohjien pintavaluun asennettavasta vesikiertoisesta lattialämmitysratkaisusta. Säätiön puheenjohtajan, Toivo J. Kannisen haastattelu 23.2.2000.

⁴⁷⁹ RakMK D1 (1987) Suomen rakentamismääräyskokoelma. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö. RT RakMK-20728. Rakennuskirja Oy / VAPK, Helsinki.



Kuva 7.3.1 Putkien asentaminen poikittaissuunnassa välipohjakannakkeihin nähden on ongelmallista. Usein on turvauduttava alaslaskettuihin kattoihin putkilinjojen peittämiseksi.



Kuva 7.3.2 Lämpö- ja vesilinjoja uppoasennuksina Kiinteistö Oy Puukotkan uivan pintalattian villakerroksessa.

Puukerrostalon viemäriasennukset on hyvä asentaa yleensä märkätilojen välipohjien sisään palkkitilaan, jos se on mahdollista. Viemäreitä ei tarvitse palo- eikä äänieristää, jos ne sijaitsevat kantavan välipohjarakenteen palkkiväleihin sijoitetun eristekerroksen yläpuolella. Eristekerroksen alapuolelle tulevat viemärit on paloeristettävä normaalikäytännön mukaisesti esimerkiksi mineraalivillaverkkomatolla, joka toimii samalla ääneneristykseenä. Viemäriverkosto voidaan tehdä joko muovi- tai valurautaviemäreistä. Muoviviemäreiden käyttö on tavanomaisinta. Esimerkiksi Viikin ja Luleån puukerrostaloissa on käytetty myös valurautaviemäreitä niiden hyvän ääneneristävyvyyden vuoksi. Viemäriverkosto edellyttää huolellista reittisuunnittelua, koska viemäreiden suuren koon vuoksi niillä ei voi täysin sattumanvaraisesti lävistää välipohjapalkkeja. Lisäksi märkätilojen kohdalla välipohjapalkit ovat tavallisesti lattian betonivalujen vuoksi normaalia tiheämmässä, jolloin viemäreiden liittäminen toisiinsa palkkivälissä on hankalaa. Ääniteknisistä syistä viemärit on tuettava huolellisesti välipohjapalkkeihin. Märkätilojen vedeneristykseen takia omilla pohjilla varustettujen suihkukaappien käyttö pesutiloissa olisi suositeltavaa. Saunojen lattiakaivojen tulisi olla kuivakaivoja, etenkin silloin kun saunassa on lattialämmitys.



Kuva 7.3.3 Käyttämällä raskaita valuviemäreitä voidaan vaimentaa haitallisia viemäriäänä.

7.4 Ilmanvaihtojärjestelmä

Kerrostalojen ilmanvaihto tehdään nykyisin yleensä poistoilmanvaihtona yhteiskanavajärjestelmää käyttäen. Tällöin ilmanvaihto toimii säädettyinä aikoina (4 - 6 t/vrk) täydellä teholla ja suurimman osan vuorokautta pienemmällä teholla. Pienemmän tehon ilmanvaihto on noin 0,5 kertaa tunnissa, mikä jakautuu keittiön ja märkätilojen kesken.⁴⁸⁰ Seurauksena on se, ettei jatkuva ilmavirta märkätiloissa ole useinkaan riittävä.

⁴⁸⁰ Karjalainen, M. (1997), op.cit.: s. 59.

Puukerrostaloissa on suositeltavaa käyttää huoneistokohtaista poistoilmanvaihtojärjestelmää, vaikka se on kokonaiskustannuksiltaan kalliimpi kuin yhteiskanavajärjestelmä. Huoneistokohtainen poistoilmanvaihto pakkokytketään toimimaan aina ja kaikissa tilanteissa. Tällöin ilmanvaihtojärjestelmä mahdollistaa riittävän ilmanvaihdon myös asuntojen märkätiloissa. Järjestelmä antaa ilmanvaihtuvuudeksi liesituulettimen kautta 20 litraa minuutissa normaalissa ruoanlaittilanteessa, ja vastaavasti ilmanvaihto säätyy keittiössä normaaliin tasoon (3 l/min), kun keittiössä ei valmisteta ruokaa. Tämä poistuva teho saadaan tällöin siirrettyksi asuntojen märkätiloihin. Järjestelmä mahdollistaa myös sen, että kukin asunnonhaltija voi säätää mieleisellään tavalla oman huoneistonsa ilmanvaihdon.⁴⁸¹ Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 edellyttää, että raitis ulkoilma johdetaan ilmanvaihtojärjestelmään tätä tarkoitusta varten valmistettujen säädettävien tuloilmalaitteiden kautta⁴⁸². Säädettävät raitisilmaventtiilit voidaan sijoittaa esimerkiksi ikkunoiden karmirakenteeseen tai ulkoseinien lämpöpattereiden taakse.

Ilmanvaihtokanavat on hyvä sijoittaa pääasiassa huoneistojen märkätilojen alakattojen yläpuolelle piiloon. Ilmanvaihtokanavia ei ole suotavaa viedä rakennuksen välipohjien palkkivälitilaan, koska silloin ne joudutaan palon- ja ääneneristämään, mikä aiheuttaa tarpeettomia lisäkustannuksia. Ilmanvaihdon pystysuuntaiset poistokanavat on hyvä sijoittaa asuntokohtaisiin pystyroiloihin, joista ne voidaan johtaa edelleen rakennuksen vesikatolle rakennettaviin poistopiippuihin. Ylimmän kerroksen ilmanvaihtokanavat ja kanaviston mahdolliset vaakalinjat voidaan sijoittaa rakennuksen ullakkotilaan.



Kuva 7.4.1 Ilmanvaihtoasennuksia puukerrostalon ullakkotilassa. Ristikkoyläpohjissa asennusteknisenä ongelmana on tukevan työalustan puuttuminen.

⁴⁸¹ Ibid.

⁴⁸² RakMK D2 (1987) Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 1987. Ympäristöministeriö. RT RakMK-20736. Rakennustietosäätiö, Helsinki.

7.5 Sähköjärjestelmä

Suomen ensimmäiset koerakennushankkeet osoittavat, että puukerrostalojen sähköistys on ongelmatonta. Sähköurakoitsijoilta kerätyssä palautteessa putketonta asennustapaa on pidetty puukerrostalorakentamiseen hyvin soveltuvana. Lisäksi sähköasennuksia on pidetty lävistyksiltään ja kiinnityksiltään helpompana kuin betonirakentamisessa. Myöskään sähköasennuksia koskevissa määräyksissä puukerrostalorakentaminen ei ole tuonut esille erityiskysymyksiä.

Puukerrostalon sähköasennukset eivät eroa juuri normaalin puurunkoisen pientalon sähköasennuksista. Etuna vastaavankokoisen betonikerrostalon asennuksiin verrattuna on se, ettei sähköasennuksia tarvitse tehdä rakennuksen rungon pystytysvaiheessa sääolosuhteille alttiina. Puukerrostalon sähköasennukset voidaan tehdä suojaosissa sisäolosuhteissa, kun rakennuksen runko on valmis ja hyvin säältä suojattu. Lisäksi kaapeleiden johdotuspituudet lyhenevät, jos asennukset voidaan tehdä vapaasti lattian pintakerroksissa. Arvion mukaan asennustavan helpottumisen ansiosta puukerrostalon sähköistys on noin 10 % edullisempaa kuin vastaavankokoisen betonikerrostalon.⁴⁸³

Puukerrostalon sähköpääkeskus ja mittauskeskukset voidaan sijoittaa normaaliin tapaan rakennuksen yhteistiloihin. Mittauskeskuksista lähtevät nousujohdot asuntokohtaisiin ryhmäkeskuksiin voidaan kuljettaa asuntojen pystyroiloissa. Huoneistokohtaiset ryhmäkeskukset on hyvä sijoittaa pystyroilojen yhteyteen ja mielellään asuntojen eteistiloihin. Huoneistojen sisällä sähkölinjat voidaan tehdä suojaputkettomina johtoasennuksina kelluvien lattioiden eristetilassa tai kantavan välipohjarakenteen alapuolisissa koolaus- ja jousirankaväleissä. Puhelin- ja antennijohdot on kuitenkin asennettava muovisiin suojaputkiin niiden heikon eristekestävyyden ja mekaanisen kestävyuden vuoksi. Samoin kaikki seinälävistyksiset sekä huoneistoihin tulevat nousujohdot on asennettava suojaputkeen ja varustettava joustavalla liitoksella rakennuksen mahdollisen painumisen vuoksi.

Lämmön-, palon- ja ääneneristyksen sekä ilmatiiviyyden vuoksi puukerrostalon ulkoseiniin ja huoneistojen välisiin seiniin ei tule sijoittaa uppoasennuksia. Niihin sijoitettavat asennukset voidaan tehdä pinta-asennuksina käyttämällä lista-asennuskalusteita.

7.6 Paloturvallisuusjärjestelmät

7.6.1 Palovaroitinjärjestelmä

RakMK E1 (1.9.1997) edellyttää, että P2-luokan 3- ja 4-kerroksisiin asuin- ja työpaikkarakennuksiin on asennettava sähköverkkoon kytkettävät palovaroittimet, joissa on lisäksi paristovarmennus. Laitteet on suunniteltava siten, että ne antavat hälytyksen niin nopeasti, että pelastautumiseen jää riittävästi aikaa. Palovaroittimet on syytä asentaa jokaiseen asuinhuoneeseen. Yhden palovaroittimen kustannus on noin 200 mk eli kustannuslisäys asuntoa kohti ei ole kovin merkittävä. Laki palovaroittimien pakollisuudesta tuli 1.9.1999

⁴⁸³ Karjalainen, M. (1997), op.cit.: s. 63.

yleisesti voimaan uuden pelastustoimilain myötä. Palovaroittimien pakollisuuden siirtymäaika päättyi 30.8.2000, minkä jälkeen palovaroitin on oltava jokaisessa asuinhuoneistossa myös betonikerrostalohuoneistoissa.⁴⁸⁴

7.6.2 Kevytsprinklerijärjestelmä

Vuoden 1997 RakMK E1:n mukaan P2-luokan 3- ja 4-kerroksisiin puukerrostaloihin tulee asentaa kuhunkin porrashuoneeseen kuivanousujohto sammutustöitä varten. Kuivanousujohto on palokunnan käyttöön tarkoitettu pystysuuntainen sammutusvesiputki, jossa on liittymähaarat joka kerroksessa. Syöttöhaaran on oltava ulkona maanpinnan yläpuolella noin metrin korkeudella. Paloturvallisuuden kannalta kuivanousujohto porrashuoneissa on hyvä, mutta toisaalta tällaisia turvallisuusjärjestelyjä ei ole aiemmin vaadittu kuin yli 22 metriä korkeilta tai yli 8-kerroksisilta rakennuksilta.

Suomen puukerrostaloihin on laadittu yhdessä Suomen Vakuutusyhtiöiden Keskusliiton ja Suomen Pelastusalan Keskusjärjestön (SPEK) kanssa niin kutsutut kevennetyt sprinklerisäädökset. Puukerrostaloissa käytettävien sprinklereiden tulee olla asuntokäyttöön hyväksytyjä, Residential-tyyppisiä sprinklereitä. Nämä säädökset perustuvat siihen, että enintään neljä suutinta toimii mitoitusalueella samanaikaisesti. Sprinklereiden tulee sijaita samassa asunnossa tai samassa yhtenäisessä paloteknisessä osastossa. Tämä oletus sallii huomattavasti pienemmät putkikoot kuin normaali sprinklerijärjestelmä. Lisäksi kevytsprinkleriputkiston paineeksi riittää normaali vesijohtoverkoston paine, ja näin se voidaan kytkeä suoraan vesijohtoverkoston. Verkosto on tehtävä siten, että se voidaan tarvittaessa huuhdella ja tyhjentää.⁴⁸⁵ Vaatimus sprinklerijärjestelmästä tuo lisäkustannuksen puukerrostalorakentamiseen normaaliin betonikerrostalorakentamiseen verrattuna. Käytettäessä pintasuuttimia hintalisäys on ollut Suomeen toteutetuissa puukerrostaloissa noin 110 mk asuinneliometriä kohden ja upposuuttimilla noin 180 mk. Suhteellisen korkea hinta johtuu kilpailun puutteesta ja asuntosprinklereiden asennusten vähäisyydestä Suomessa. Esimerkiksi Yhdysvalloissa vastaavien asuntosprinklereiden kokonaishinta on noin 63 mk asuinneliometriä kohden.⁴⁸⁶

Sprinklerisuunnittelu on Suomessa auktorisoitujen suunnittelutoimistojen yksinoikeus, joten LVI-suunnitelmissa esitetään yleensä vain suuttimien sijainti ja ohjeelliset putkistoreiit. Piirustuksissa tulee esittää sprinklattava alue sekä keskuksen sijainti. Urakoitsijan on ennen asennustöiden aloittamista hyväksyttävä laatimansa piirustukset rakennuttajan nimeämässä vakuutusyhtiössä. Ennen käyttöönottoa urakoitsijan tulee tehdä laitteistolle hyväksyntäkoee. Koe on tehtävä paikallisten paloviranomaisten ja vakuutuslaitoksen edustajien läsnä ollessa. Kokeesta annetaan todistus, joka luovutetaan tilaajalle vastaanotto-tarkastuksen yhteydessä. Rakennuttajan on nimettävä sprinklerilaitteistolle vastuullinen hoitaja sekä hänelle varamies. Laitteiston kausitarkastus tehdään vuosittain.⁴⁸⁷

⁴⁸⁴ Pelastustoimilaki 30.4.1999 / 561 (astui voimaan 1.9.1999.)

⁴⁸⁵ Luvun tekniset tiedot perustuvat julkaisuun: Suomen Vakuutusyhtiöiden Keskusliitto (1997) Sammutuslaitteistot enintään 4-kerroksisissa P1- ja P2-luokan asuinrakennuksissa.

⁴⁸⁶ Demsey, Mark, P. (2000), loc.cit.



Kuva 7.6.2.1 Amerikkalaisissa puukerrostaloissa käytetään sprinkleriverkostossa muoviputkia.

Residential-tyyppisen sprinklerin suurin sallittu suojausala on 13,4 m². Sprinklerisuuttimien enimmäisetäisyys huonetilan seinistä on 1 800 mm, joten asuntojen pohjasuunnittelun avulla voidaan vaikuttaa huomattavasti suuttimien lopulliseen lukumäärään ja kustannuksiin. Sprinklauksen kannalta huoneen optimikoko on 3 600 mm x 3 600 mm, jolloin siihen riittää yksi suutin. Suuttimien välinen vähimmäisetäisyys huonetilassa on 2 400 mm ja enimmäisetäisyys 3 700 mm. Alaspäin tai ylöspäin asennettavat sprinklerit on sijoitettava siten, että sprinklerin hajotuslevyn etäisyys kattopinnasta on vähintään 25 mm ja enintään 100 mm. Määräysten mukaan alle 5 m²:n kokoisia kylpy- ja WC-tiloja ja alle 2 m²:n suuruisia vaatekomoita ei tarvitse varustaa sprinklerisuuttimilla edellyttäen, että näiden tilojen kattorakenteet täyttävät 60 minuutin palonkestävyysvaatimuksen ja seinärakenteiden palonkestävyysaika on vähintään 15 minuuttia. Vastaava helpotus koskee myös osastoituja, kylmiä, käyttämättömiä ullakoita sekä ulkotilassa olevia ulkokäytäviä, parvekkeita ja portaita. Ilman sprinkleriä olevat tilat eivät saa kuitenkaan ketjuuntua siten, että sprinklaamaton alue kasvaa liian suureksi.

Asuntosprinklerin vesilähteenä voidaan käyttää liitosta yleiseen vesijohtoverkoston joko sellaisenaan tai paineenkorotuksella varustettuna, yläsäiliötä, painesäiliötä tai automaattista pumppuvesilähdettä. Jos ainoana vesilähteenä käytetään rajallista vesivarastoa, vesivaraston koko määritellään 30 minuutin toiminta-ajalle suurimmalla oletetulla mitoitusvirtaamalla.

Suuttimet asennetaan kuiviin tiloihin yleensä uppoasennuksina kattorakenteisiin ja ne varustetaan huomaamattomin peitekansin. Märkätiloissa käytetään pintasuuttimia. Suuttimet laukeavat suutinkohtaisesti, ja laukeamislämpötila on asuinhuoneissa 57 - 77 °C ja saunoissa 120 °C. Pesuhuoneiden suuttimien laukeamislämpötilan on oltava noin 90 °C, koska saunasta siirtyä pesuhuoneeseen lämpöä saunan oven ollessa auki. Sprinklereiden laukeamislämpötila on kuitenkin valittava vähintään 30 °C korkeammaksi kuin korkein tilassa esiintyvä lämpötila. Sprinklerisuuttimen laukeamisen enimmäislämpötila on metalliputkilla 182 °C ja muoviputkilla

⁴⁸⁷ CEA 4001:1998-12 (FI) Comité Européen des Assurances (1998) Sprinklerilaitteistot; Suunnittelu ja asentaminen: s. 10.

77 °C. Palotilanteessa yksi suutin antaa vettä 68 litraa minuutissa. Neljän suuttimen toimiessa samanaikaisesti on vesimäärä yhdestä suuttimesta 56,7 litraa minuutissa. Sprinklerikeskus voidaan tehdä siten, että se antaa palotilanteessa hälytyksen myös aluehälytyskeskukseen. Järjestelmä voidaan varustaa myös siten, että putkiston painehäviöstä lähtee hälytys kiinteistöhuoltoyhtiöön.



Kuva 7.6.2.2 Sprinkleriverkoston pintasuutin Kiinteistö Oy Puukotkan asuntosaunassa.

Suomessa sprinkleriputkistot saa tehdä kupariputkista, sinkitystä teräsputkista tai muoviputkista. Sisäpuoliset NS 50 ja suuremmat putkistot voidaan tehdä LVI 03 040:n (DIN 2448) mukaisista teräsputkista hitsausliitoksien. Pienemmät putkistot voidaan tehdä LVI 04 00:n (DIN 2440) mukaisista teräsputkista kierreltiitoksien tai kupariputkista juotosliitoksien. Esimerkiksi paksuseinäisillä, sinkityillä putkilla varustetussa järjestelmässä rakennuksen pituussuuntaisten putkien sisähalkaisija on 32 mm ja pienempien poikittaissuuntaisten putkien sisähalkaisija on 25 mm. Putkien ulkohalkaisijat ovat vastaavasti 40 ja 32 mm. Muoviputket voidaan tehdä laippaliitoksien, lämpökäsittelyllä hitsaamalla tai liimaamalla. Muoviputkissa tulee olla merkintä niiden hyväksynnästä. Muoviputkia saa käyttää ainoastaan tankoina, märkäjärjestelmissä ja lämpötila-alueella 2 - 65 °C. Tavallisesti käytetään CPVC-muoviputkia. Rakennusrungon mahdolliseen painumiseen on varauduttava tekemällä verkoston pystyputkiin alimman kerroksen kohdalle poikittainen joustomutka. Muoviputkia voidaan käyttää myös nousuputkina nousukuiluissa. Myös maanalaisissa osissa voidaan käyttää muoviputkea PEL NP 10 suojaputkeen asennettuna. Jos on olemassa vaara, että putkisto jäätyy lämmittämättömissä osissa, voidaan näissä osissa käyttää seuraavia suojaustapoja tai komponentteja:

- pakkasnestejärjestelmä
- kuiva- ja kuivakatkojärjestelmä
- ennakkolaukaisujärjestelmä
- hyväksytyjä kuivasuuttimia.

Pakkasnestettä ei saa käyttää sprinklerilaitteistoissa, jotka on liitetty yleiseen vesijohtoverkkoon.⁴⁸⁸

7.6.3 Vértailu, kevytsprinklerilaitteiston käyttö Yhdysvalloissa

Sprinklerilaitteiston käytöllä on noin 100 vuoden historia Yhdysvalloissa. Useimmissa osavaltioissa se tuli pakolliseksi asuinhuoneistoihin noin 10 vuotta sitten. Yhdysvalloissa asuintiloista sprinklataan yleensä oleskeluhuoneet, makuuhuoneet, keittiöt, eteistilat, varastot ja useamman auton autotallitilat. Sen sijaan wc-tiloja, kylpyhuoneita, parvekkeita ja ullakkoja ei tavallisesti varusteta sprinklerilaitteistolla. Sprinkleriverkostoputkina käytetään yleensä muoviputkia. Metalliputkien käyttö on vähäisempää, joten ne tulevat kustannuksiltaan noin 25 % muoviputkia kalliimmaksi. Sprinklerilaitteiston keskimääräinen hinta on 63 mk huoneistoneliötä kohti, mikä on selvästi pienempi kuin Suomen ensimmäisissä puukerrostalokohteissa.⁴⁸⁹ Yhden residential-suuttimen hinta on noin 7 US\$. Parvekkeelle asennettavan kuivasuuttimen hinta on moninkertainen, noin 100 US\$. Yhdysvalloissa on tilastoitu, että vain yksi suutin kuudesta miljoonasta on viallinen eikä toimi palotilanteessa.⁴⁹⁰ Tässä suhteessa tuntuu liioitellulta, että Suomen toiminnallisessa paloturvallisuussuunnittelussa sprinklauksen toimivuudelle on asetettu todennäköisyyskerroin 0,9.⁴⁹¹ Nordic Wood -hankkeessa kehitetyssä puukerrostalojen paloturvallisuuden arvioinnin Indexmenetelmässä sprinklauksen toimivuudelle on asetettu todennäköisyyskerroin 0,96.⁴⁹²

7.6.4 Haasteena vesisumusammutusjärjestelmät

Puukerrostaloihin olisi tarpeellista kehittää myös vaihtoehtoisia sammutusjärjestelmiä, joista vesisumusammutusjärjestelmä on yksi varteenotettava vaihtoehto. Vesisumusammutusjärjestelmässä sammutusvesimäärä on vain noin 1/15 kevytsprinklauksen sammutusvesimäärästä. Hienojakoisen vesisumun sammutusominaisuudet on tunnettu noin 50 vuotta, mutta vesisumuteknologian kaupalliset sovellukset ovat vasta reilun kymmenen vuoden ikäisiä. Vesisumujärjestelmiä alettiin kehittää merkittävästi sen jälkeen kun 1980-luvun lopulla kansainvälinen merenkulkujärjestö (IMO) alkoi vaatia sprinklerilaitteistojen asentamista kaikkiin uusiin laivoihin. Toiseksi YK:n Montrealin pöytäkirjan nojalla (1987) kiellettiin halonien käyttö lähes kokonaan vuoteen 2000 mennessä, jolloin syntyi suuri tarve

⁴⁸⁸ Suomen Vakuutusyhtiöiden Keskusliitto (1997), loc.cit.

⁴⁸⁹ Yhdysvalloissa sprinklerilaitteiston kustannustaso on noin 50 - 100 mk/m². Suomessa saatujen kustannustietojen mukaan laitteisto on tullut maksamaan noin 150 - 200 mk/m². Lähde: Viljakainen, M. (1998) Puukerrostalo, taloudellinen mahdollisuus, op.cit.: s. 107.

⁴⁹⁰ Dempsey, Mark, P. (2000), loc.cit.

⁴⁹¹ Ympäristöministeriö (2001) Paloturvallisuussuunnittelu, luonnos 15.1.2001, op.cit.: s. 35.

⁴⁹² Hultquist, H. & Karlsson, B. (2000) Evaluation of a Fire Risk Index Method for Multistorey Apartment Buildings. Department of Fire Safety Engineering, Lund University, Sweden. Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet. Report 3088, Lund 2000. Research funded by Nordic Wood, NUTEK and SBUF: s. 15.

löytää halonin korvaava sammutuslaite. Nykytietämys vesisumujen sammutustehokkuudesta perustuu paljolti IMO:n piirissä saatuihin kokemuksiin. Vesisumusprinklerijärjestelmän avulla on suojattu esimerkiksi laivojen julkisia tiloja, majoitustiloja, käytäviä, myymälä- ja varastotiloja, autokansia ja koneistotiloja. Laivojen lisäksi vesisumujärjestelmillä on suojattu myös ATK- ja elektroniikkatiloja, syttyvien nesteiden varastoja, muuntamoita ja jopa puukirkkoja. Käytännössä järjestelmien suunnittelun ongelmana ovat korkeat kustannukset, koska vesisumusammutuksia tutkitaan toistaiseksi lähes yksinomaan täysimittakaavaisilla polttokokeilla.⁴⁹³

7.7 Urakoitsijapalaute puukerrostalojen LVIS-tekniikasta

Puukerrostalojen LVIS-tekniikasta ja sen vaikutuksesta rakentamistavan kilpailukykyyn tehtiin esiselvitys vuoden 2000 aikana Oulun yliopiston arkkitehtuurin osastossa Suomen Puututkimus Oy:n toimeksiannosta.⁴⁹⁴ Tämän luvun tiedot perustuvat oheiseen esiselvitykseen sekä maamme ensimmäisistä puukerrostalo-kohteista saatuun LVIS-palautteeseen. Selvitysten perusteella puukerrostalojen LVIS-suunnittelussa ja reitityksissä on vielä kehittämistarvetta.

Puukerrostalo-kohteissa asennussuunnitelmien ja rakennesuunnitelmien välillä on esiintynyt ristiriitoja, mitkä ovat aiheuttaneet pulmatilanteita työmailla. LVIS-suunnitelmat ovat olleet liian ylimalkaisia, ja niissä ei ole täysin hyödynnetty puurakentamistavan suomaa mahdollisuuksia putkitusten reitityksissä. Yksi keskeisimmästä puutteista on ollut se, että muun muassa ala-, väli- ja yläpohjapalkkistojen ja kannakkeiden suuntia ei ole riittävän tarkasti selvitetty eikä otettu huomioon asennusreiteissä. Toisaalta on puuttunut yleisiä ohjeita siitä, kuinka paljon ja mistä kohdin kantavia puurakenteita saa loveta ja rei'ittää. Myös sähkö-, putki- ja ilmanvaihtosuunnitelmissa on esiintynyt asennusten päällekkäisyyttä, toisin sanoen suunnitelmia ei ole riittävästi sovitettu yhteen⁴⁹⁵. Tätä voidaan pitää nykyisen kiireellisen suunnittelun ja rakentamisen yleisenä ongelmana eikä niinkään puurakentamisen erityiskysymyksenä.

⁴⁹³ Vaari, J. (1999) Vesisumut sammutustekniikassa: periaatteet ja käytännön esimerkkejä avoimen ja suljetun tilan kokeista. Palotutkimusraati, paloalan tutkimuksen kehittämisorganisaatio. Palotutkimuksen päivät Helsingissä 25. - 26.8.1999.

⁴⁹⁴ Kuusisto, R. (2000) Puutalon LVIS-tekniikka ja sprinkleritekniikka sekä niiden merkitys puurakentamisen kilpailukykyille. Esiselvitys. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio (moniste 9.11.2000). Selvitys tehtiin haastattelututkimuksena neljän puurakentamiskohteen vastaaville mestareille sekä LVIS-asennuksista vastaaville henkilöille. Selvityskohteina olivat kolme puukerrostalo-kohtetta (As Oy Lahden Poppeli, As Oy Porvoon Aleksanterinkatu 29 sekä As Oy:t Naantalin Aamurusko, Päivärusko ja Aurinkorusko) ja yksi kaksikerroksinen rivitalokohde As Oy Espoon Kotiportti.

⁴⁹⁵ VTT Rakennustekniikka (2000) Puukerrostalo As. Oy Lahden Poppeli, op.cit.: Liite; Kooste LVI-, sähkö- ja sprinkleriurakoitsijoilta saadusta palautteesta.

		As. Oy Poppeli, Lahti	As. Oy Aleksanterinkatu 29, Porvoo	As. Oy Itäruusko, Päihänruko ja Aurinkoruusko, Nantali
Sprinkleriasennukset	Nousut	Homeissa	Homeissa	Homeissa
	Vaaka- vedot	Palkkivälissä, katon kooingissa, katon alaslaskussa, koteloituna pinta- asennuksena, kotelossa kiintokalusteiden päällä	Välipohja- ja kattoristikkoiden välissä	Palkkivälissä, katon alaslaskussa, katon kooingissa, koteloituna pinta-asennuksena, kotelossa kiintokalusteiden päällä
	Materiaalit	Galvanoitu teräsputki	Galvanoitu teräsputki	Galvanoitu teräsputki
Lämpöasennukset	Nousut	Kotelossa kiintokalusteiden takana	Vapaasti huoneilassa, hormissa	Vapaasti huoneilassa
	Vaaka- vedot	Palkkivälissä	Kellarin kalossa	Kellarin kalossa, verhokotelossa
	Materiaalit	Teräsputket ja Betas- letku, levytettii	Teräsputki, levytettii	Teräsputki, levytettii
Vesiohjelmiasennukset	Nousut	Homeissa	Homeissa	Homeissa
	Vaaka- vedot	Katon alaslaskussa, kalustesokkeleissa	Kylpyhuone- elementeissä, kalustesokkeleissa	Kellarin kalossa, katon alaslaskussa, kalustesokkeleissa, vapaasti huoneilassa
	Materiaalit		Kupariputki	Kupariputki
Viemäriasennukset	Nousut	Homeissa	Homeissa	Homeissa
	Vaaka- vedot	Maanvaraisessa laulassa, kylpyhuoneen elementeissä + katon alaslaskussa, kalustesokkeleissa	Maanvaraisessa laulassa, kylpyhuone- elementeissä, kalustesokkeleissa, palkkivälissä	Maanvaraisessa laulassa, palkkivälissä + katon alaslaskussa, kalustesokkeleissa
	Materiaalit	Muoviputki	Muoviputki	Vakumutaputki
Ilmastointiasen- nukset	Nousut	Homeissa	Homeissa	Homeissa
	Vaaka- vedot	Katon alaslaskussa, kotelossa kiintokalusteiden päällä, kattoristikkoiden välissä	Katon alaslaskussa, kotelossa kiintokalusteiden päällä, kylpyhuone-elementtien välillä, katon kattoristikkoiden välissä	Katon alaslaskussa, kotelossa kiintokalusteiden päällä
Sähkiasennukset	Nousut	Homeissa	Homeissa	Kantavissa väliseinissä
	Vaaka- vedot	Katon alaslaskussa, seinäskanteissa, katon koolauksessa	Onteloalan ontelossa ja saumoissa, kaapelihyfytillä, välipohjaristikkoiden välissä, katon alaslaskussa, seinäskanteissa	Onteloalan ontelossa ja saumoissa, kaapelihyfytillä, katon koolauksessa
	Rasiat	Pintarasiat (ulko ja huoneistojen väl. seinillä) ja upporasiat	Pintarasiat (pohjakassa) ja upporasiat	Upporasiat

Kuva 7.7.1 LVIS- ja sprinkleriasennusten reititykset kolmessa puukerrostalokohteessa Ritva Kuusiston tekemän selvitystyön mukaan.

Urakoitsijapalautteen mukaan pystylinjoille varatut hormit suunnitellaan usein liian ahtaiksi, jolloin asennus on työlästä ja putkien kunnollinen eristäminen on lähes mahdotonta⁴⁹⁶. Ristikkorakenteita pidettiin asennusteknisesti hyvinä ratkaisuna, vaikkakin tiheä ristikkojako etenkin välipohjissa tekee pitkien rautaputkien asentamisen välipohjatilaa ristikkosuuntaan nähden poikittain hyvin vaikeaksi. Tilannetta vaikeuttaa myös se, että tavanomaiset kerrostalohuoneistot ovat pieniä ja niiden kantavat seinät levyjäykisteineen ovat paikallaan putkitöitä tehtäessä. Samankaltainen ongelma on esiintynyt myös ristikkorakenteisissa yläpohjissa ilmanvaihtokanava-asennuksissa. Eräs käyttökelpoinen tapa on pitää rakennusten päädyt ullakkotilojen ja välipohjien kohdalta auki, jolloin kanavat voitaisiin työntää ristikkosauvojen väliin mahdollisimman pitkänä pätkinä. Muutoin ristikon suomat asennusmahdollisuudet menevät hukkaan. Keveiden yläpohjien ongelmana pidettiin myös yhtenäisen työtason puuttumista ullakkoasennuksia tehtäessä.

Asentajat olisivat suosineet sprinkleriputkiasennuksissa mieluiten seinän ja katon rajaan sijoitettavia asennuskoteloita ja seinäsuuttimia. Muovisista sprinkleriputkista oltiin kiinnostuneita, mutta niiden varmuutta epäiltiin kokemusten puuttuessa. Putkettoman sähköasennuksen kannalta puurunkorakentamista pidettiin betonirakentamista helpompana. Rakennusteknisten töiden osalta puurunkorakentaminen vaatii betonirunkorakentamista enemmän LVIS-apatöitä, kuten kiinnityskapuloiden ja koolauksien tekemistä rakennusrungon sisään putkien ja laitteiden kiinnittämiseksi. Puurakentamisen etuna pidettiin kuitenkin läpivientien tekoa ja kiinnikkeiden kiinnittämisen helppoutta. Asennusten kiinnityksiä helpottaisi ja nopeuttaisi oleellisesti se, että tavanomaisen kipsikartonkilevyverhouksen takana olisi aina tukevampi kiinnitysalusta, esimerkiksi vanerilevy. Toinen vaihtoehto olisi kipsikartonkilevyyn tehtävien asennuskiinnikkeiden kehittäminen.

7.8 Johtopäätökset

Puukerrostaloissa lämmitys-, vesi-, ilmanvaihto- ja sähköjärjestelmät voidaan toteuttaa asuntorakentamisessa käytettävissä olevin tavanomaisin ratkaisuin. Puukerrostalon erityispiirteenä on palomääräyksissä vaadittava kevytsprinklerijärjestelmä, joka voidaan kytkeä normaaliin vesijohtoverkkoon. Puukerrostalorakentamisen ekologisen imagon kannalta olisi toivottavaa, että tulevaisuudessa siihen liitettäisiin olennaisena osana uudenlaiset ekologiset LVIS-ratkaisut, kuten esimerkiksi viemäroinnin harmaavesijärjestelmä sekä maalämpöä ja aurinkoenergiaa hyväksi käyttävät lämmitysjärjestelmät.

Maamme ensimmäisistä puukerrostalokohteista saatujen kokemusten mukaan puukerrostalojen asennusreititys on suhteellisen helppoa. Lisäksi puurakennuksia on pidetty työympäristönä miellyttävinä. Nykyiset LVIS-urakkahinnoittelut perustuvat kuitenkin vakiintuneen betonikerrostalorakentamisen käytäntöihin (esimerkiksi hinta / sähkörasia), jolloin rakentamistavan mukanaan tuomat edut, kuten esimerkiksi pintalattioiden, alakattojen ja välipohjaonkaloiden ansiosta helpottunut asennustekniikka, lyhyet johdotuspituudet, rakenteiden helppo lävistettävyyden ja kiinnikkeiden kiinnittämisen helppous eivät ole näkyneet toteutettujen puukerrostalojen LVIS-urakkahinnoissa.

Rakentamistavan suomat erityismahdollisuudet LVIS-asennusreitityksissä, lävistyksissä ja kiinnityksissä tulisi selvittää ja hyödyntää tähänastista paremmin. Puukerrostalojen LVIS-

⁴⁹⁶ Ibid.

asennustekniikkaan ja -töihin liittyvä kilpailukyvyyn paraneminen voitaisiin saavuttaa muun muassa LVIS- ja rakennesuunnittelijoiden nykyistä paremmalla yhteistyöllä, teknisten ratkaisujen vakiinnuttamisella sekä uusien puurakentamiskohteiden avulla saavutettavan kokemuksen, harjaantumisen ja rutiinin ansiosta. Laivateollisuudessa yleisesti käytössä olevien vesisumutusprinklereiden mahdollisuudet kannattaisi selvittää myös puukerrostalorakentamisessa, jotta mahdollisissa onnettomuustilanteissa rakenteisiin kohdistuva vesimäärä olisi mahdollisimman pieni.



Kuva 7.7.2 Puukerrostalon LVIS-suunnitelmien yhteydessä on tehtävä yhteistyötä rakennesuunnittelijan kanssa, jotta johdotusten asennusreitit saadaan jouheviksi. Lisäksi voidaan välttää kannatinpalkkien turhia lävistyksiä ja loveuksia.

8 Puukerrostalojen asukaspalaute

8.1 Puukerrostalojen asukaskysely, yleistä

Asukaskyselyn taustaa

Puukerrostalojen asukaskysely nähtiin vuonna 1998 tarpeelliseksi, koska maamme ensimmäisten puukerrostalokohteiden toteuttamisen aikana rakennuksia olivat arvioineet ensisijaisesti monet eri alan asiantuntijat, joiden näkökulma oli usein kapeahko ja ongelmakeskeinen. Ylöjärven puukerrostaloista kerättiin asukaspalautetta jo asuntomessuilla kesällä 1996, mutta tämä kysely oli varsin suppea. Lisäksi ennen Lahden Puu-Paavolan alueen rakentamista tehtiin puukerrostaloista mielikuvakartoitus ja imagoselvitys kiinteistönvälittäjille kohteen markkinointia varten⁴⁹⁷. Oulun puukerrostalon rakentamisesta kerättiin myös palautetta vuosien 1996 ja 1997 vaihteessa rakennuttajalta, suunnittelijoilta, urakoitsijoilta, tavarantoimittajilta, viranomaisilta ja rahoittajilta⁴⁹⁸.



Kuva 8.1.1 As Oy Lahden Pinja Puu-Paavolassa.

⁴⁹⁷Eronen, J. (1996) Raksa '96. Paavolan puutaloalue, kyselytutkimus. Lahden ammattikorkeakoulu. Lahti

⁴⁹⁸Karjalainen, M. (1997), op.cit.: s: 107 - 117.



Kuva 8.1.2 Ylöjärven puukerrostalot kesän 1996 asuntomessuilla.



Kuva 8.1.3 Lahden Puu-Paavolan alueella kysyttiin messukävijöiltä, kiinnostaako puukerrostalossa asuminen.

Vuonna 1997 Oulun yliopiston arkkitehtuurin osaston Puustudiossa päätettiin tarjota mahdollisuus kaikille Suomen ensimmäisten puukerrostalojen asukkaille kertoa mielipiteensä puukerrostaloista ja puurakentamisesta yleensä. Asukaskyselyn avulla haluttiin saada selville, miten maamme ensimmäiset uuden polven puukerrostalot ovat vastanneet asukkaiden tarpeita ja miten niitä tulisi jatkossa kehittää. Erityisesti haluttiin pyytää arvioita asuntojen käyttökelpoisuudesta. Arvioitavaksi asetettiin muun muassa asuinrakennusten asuinturvallisuus, ääneneristys, viihtyisyys, laatutaso ja ulkonäkö.

Puukerrostalojen asukaskyselyn kohteiksi valittiin seitsemän maamme ensimmäistä puukerrostalokohdetta eli Ylöjärven, Viikin, Oulun, Tuusulan, Raision, Lahden ja Porvoon puukerrostalat. Tähän väitöskirjaan sisältyvän asukaskyselytutkimuksen ulkopuolelle on rajattu vuosina 1999 - 2001 valmistuneet puukerrostalokohdet, jotka ovat Porvoon toinen puukerrostalokohde, As Oy Porvoon Aleksanterinkatu 29; Lahden toinen puukerrostalokohde, As Oy Lahden Poppeli ja Naantalin puukerrostalokohde, As Oy:t Naantalin Iltarusko, Aamurusko ja Aurinkorusko. Nämä kohteet on rajattu asukaskyselytutkimuksen ulkopuolelle sen vuoksi, ettei niissä ole ehditty asua riittävän kauan tai niissä ei ole ollut vielä asukkaita tämän tutkimuksen viimeistelyvaiheessa. Puukerrostalojen asukaskyselyn vastausprosentti nousi 81,4 %:iin, joten asukkaat osoittivat suurta kiinnostusta puukerrostalojen kehittämistä kohtaan.

Tässä luvussa käsitellään erityisesti puusta, puurakentamisesta ja puukerrostaloista saatua asukaspalautetta. Myös muissa pääluvuissa (2 - 7) on hyödynnetty asukaskyselyn tuloksia niiltä osin kuin se on ollut tutkimuksen pääpainopistealueiden käsittelyssä tarkoituksenmukaista. Asukaskyselyn käytännön järjestelyt ja tarkempi kuvaus tuloksineen on esitelty liitteenä (Liite 2.).



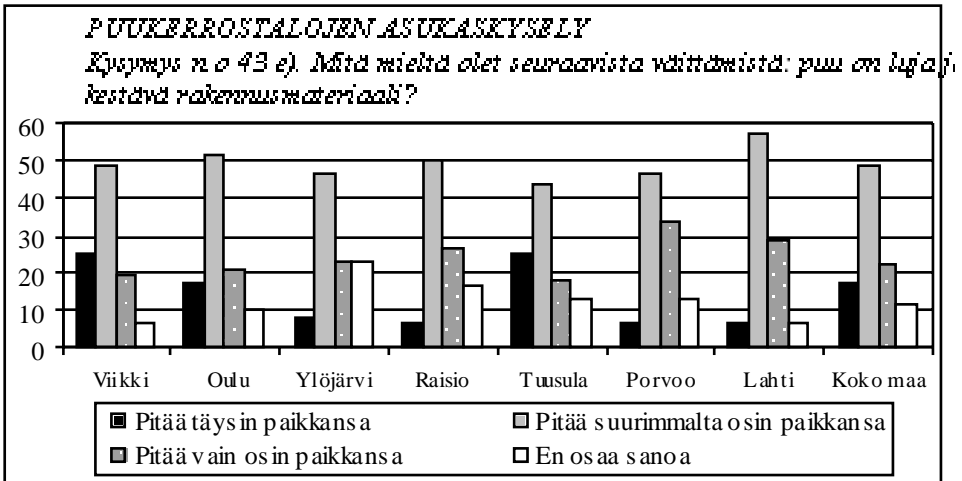
Kuva 8.1.4 Naantalin puukerrostalat.

8.2 Asukkaiden yleiset mielipiteet puusta, puurakentamisesta ja puukerrostaloista

8.2.1 Puu rakennusmateriaalina

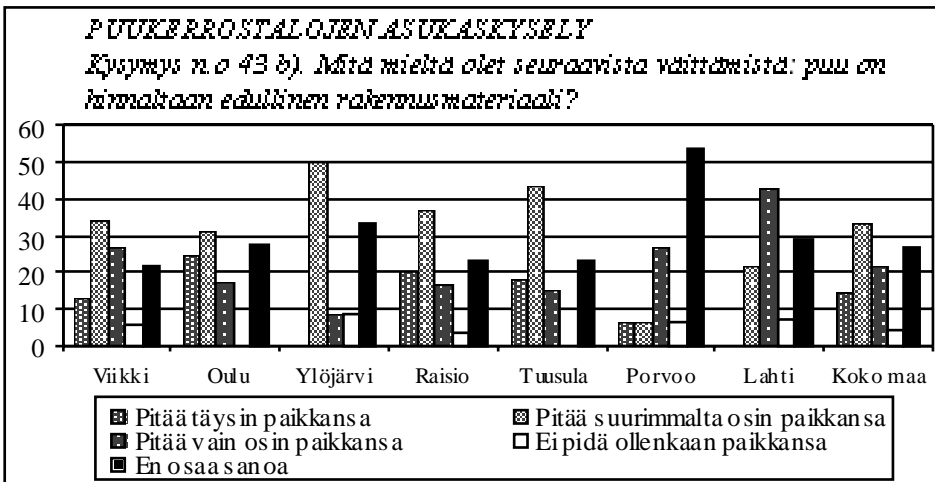
Puun lujuuden ja kestävyuden arviointi rakennusmateriaalina

”Puu on luja ja kestävä rakennusmateriaali” -väitteen allekirjoitti suurimmalta osin tai täysin paikkansa pitäväksi 66 % kyselyyn vastanneista.



Puun hinnan edullisuus rakennusmateriaalina

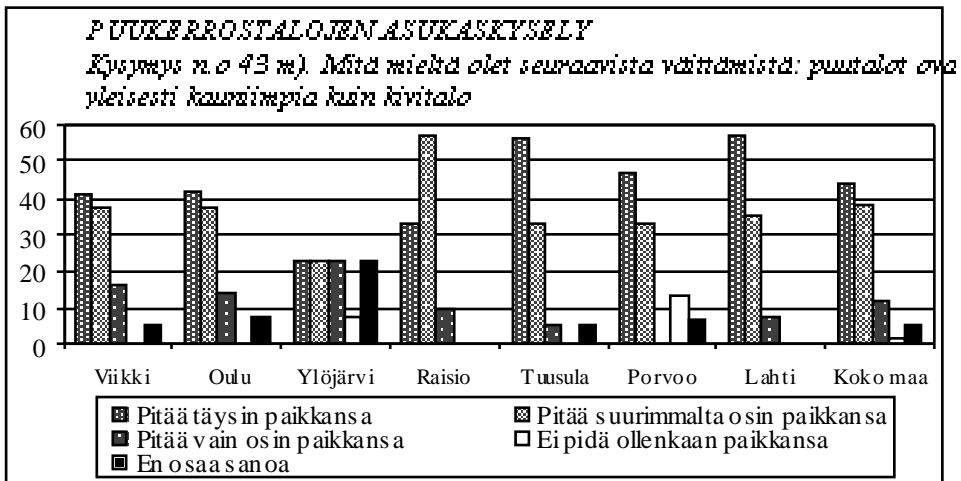
Noin puolet vastanneista mieltä väittämän ”Puu on hinnaltaan edullinen rakennusmateriaali” pitävän suurimmalta osin tai täysin paikkansa.



8.2.2 Kannanotot puurakentamisesta

Puutalojen kauneus

”Puutalot ovat yleisesti kauniimpia kuin kivitallot” -väittämän arvioi täysin tai suurimmalta osin paikkansa pitäväksi yli kahdeksan kymmenestä puukerrostalojen asukaskyselyyn vastanneista.

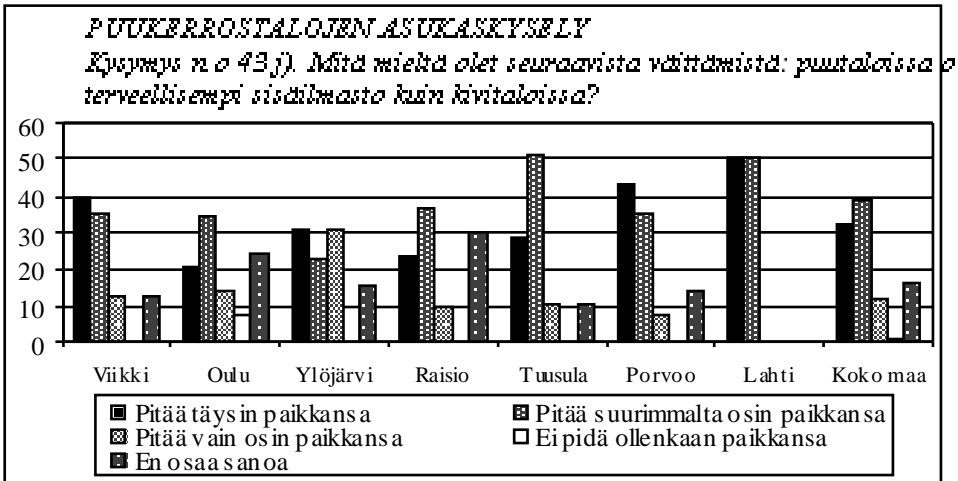


Saman väittämän arvioi täysin tai suurimmalta osin paikkansa pitäväksi myös 67 % sekatekniikkatalojen ja 74 % betonitalojen asukkaista. Sen sijaan vastaustaulukon toisella laidalla ei pidä ollenkaan paikkansa -arvion väittämästä antoi 3 % sekatekniikkatalojen, 5 % betonitalojen ja 1 % puukerrostalojen asukkaista. Vastausten perusteella mielikuvatasolla puurakennuksia pidettiin yleensä muita rakennuksia kauniimpina.

Puutalojen sisäilmaston terveellisyys

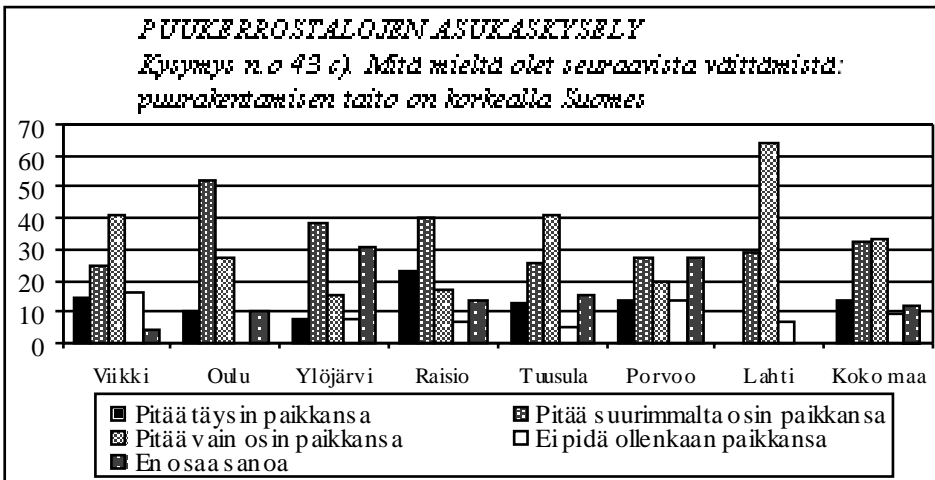
Väittämän ”Puutaloissa on terveellisempi sisäilmasto kuin kivitaloissa” hyväksyi suurimmalta osin tai täysin paikkansa pitäväksi yli seitsemän kymmenestä puukerrostalojen asukaskyselyyn vastanneista.⁴⁹⁹

⁴⁹⁹ VTT:llä on tehty mielenkiintoinen tutkimus puumateriaalin hygroskooppisuudesta ja sen vaikutuksesta huoneilman laatuun. Tutkimuksen perusteella huoneilman puuverhoilulla voidaan vaikuttaa huoneilman kosteustasapainoon ja tätä kautta sisäilman miellyttäväksi kokemiseen. Kun huoneilman suhteellisen kosteuden vaihtelut saadaan hygroskooppisilla materiaaleilla tasatuksi, voidaan huoneilman lämpötilaa laskea ja tällöin saavuttaa säästöjä energiakustannuksissa. Tutkimusta varten rakennettiin neljä eri koemakuuhuonetta neljään eri Euroopan maahan (Suomi, Belgia, Saksa ja Italia). Tutkimuksessa laskennallisten tulosten sekä huoneiloista tehtyjen mittaustulosten (lämpötila ja suhteellinen kosteus) lisäksi sisäilman laatua arvioitiin haastatteleamalla koehenkilöitä nukutun yön jälkeen. Huoneilman laatu oli sekä mittausten että haastattelujen perusteella tavanomaista parempi, jos makuuhuoneiden sisäpinnoissa oli käytetty puuverhouksia. Lähde: Simonson, C. (2001) Esitelmä: Wood based materials' impact on indoor climate. Puumarkkina- ja Puusta-päivät Lahdessa 6. - 7.11.2001.



Puurakentamisen taito Suomessa

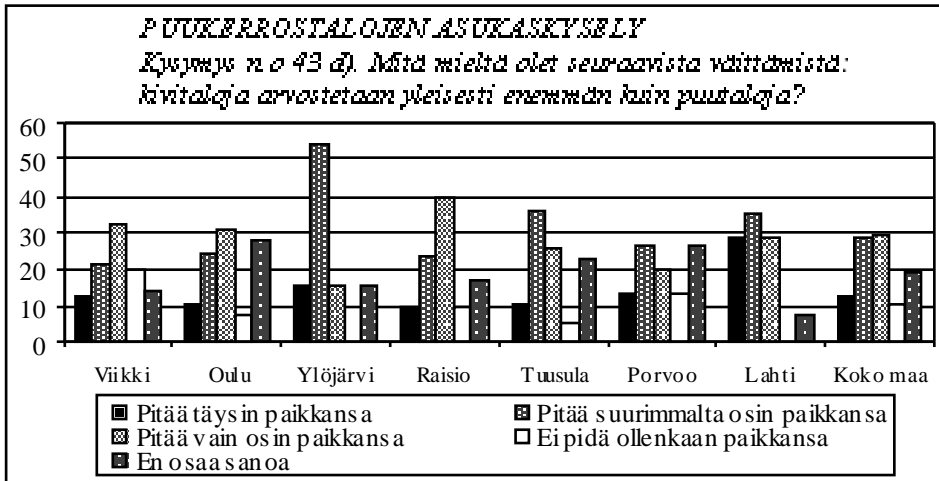
Väittämän ”Puurakentamisen taito on korkealla Suomessa” hyväksyi suurimmalta osin tai täysin paikkansa pitäväksi 46 % puukerrostalojen vastanneista.



Vertailukohteissa saman väittämän hyväksyi suurimmalta osin tai täysin paikkansa pitäväksi 65 % sekatekniikkatalojen ja 56 % betonitalojen vastaajista. Puukerrostalojen asukkaat olivat tässä suhteessa vertailutalojen asukkaita varauksellisempia.

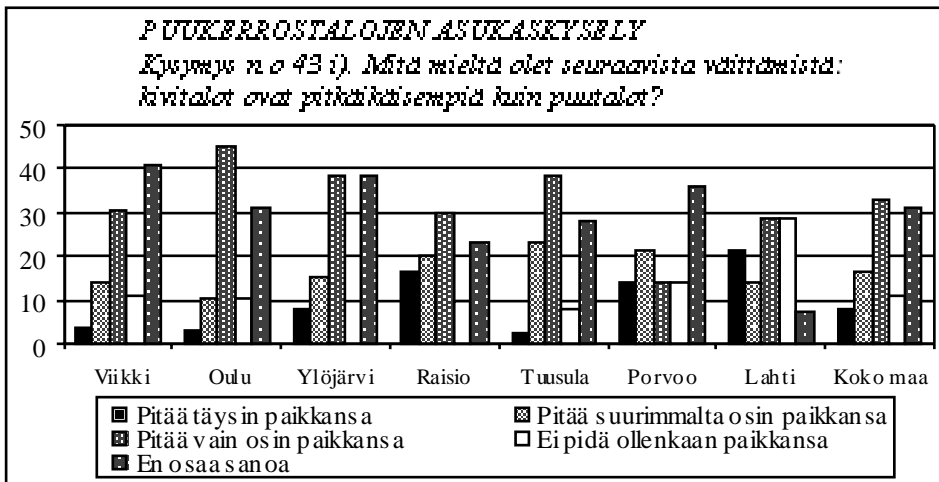
Kivitalojen arvostuksen vertaaminen puutaloihin

”Kivitaloja arvostetaan yleisesti enemmän kuin puutaloja” -väittämään yhtyi suurimmalta osin tai täysin neljä kymmenestä puukerrostalojen asukaskyselyn vastaajista.



Kivi- ja puutalojen pitkäikäisyyden vertailu

Neljäs puukerrostalojen kyselyyn vastanneista arvioi, että väittämä ”Kivitalot ovat pitkäikäisempiä kuin puutalot” pitää suurimmalta osin tai täysin paikkansa.

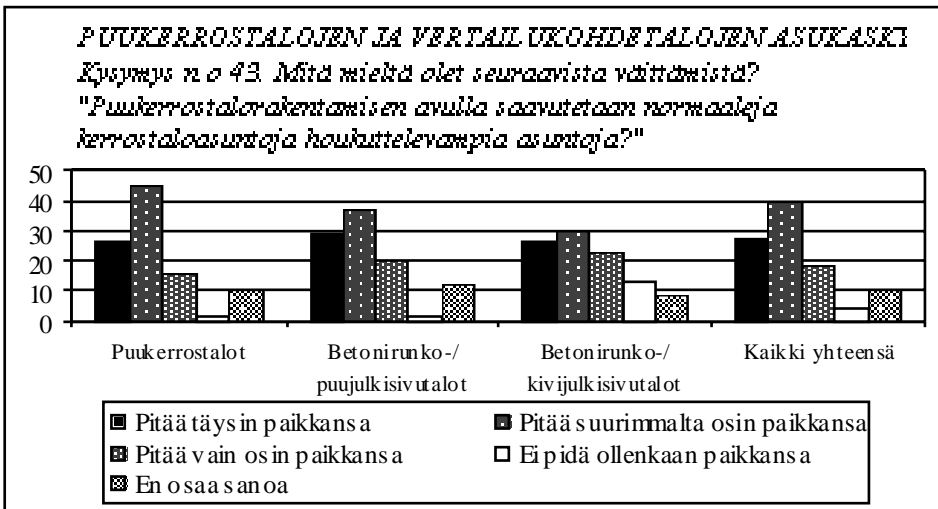
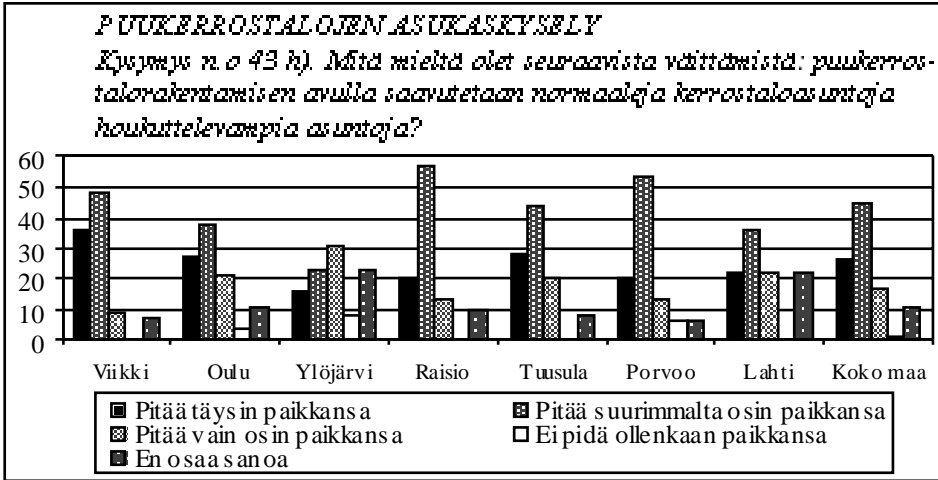


Kyseisen väittämän kohdalla 54 % sekatekniikkatalojen ja 59 % betonitalojen asukaskyselyyn vastanneista arvioi, että väittämä pitää suurimmalta osin tai täysin paikkansa. Sen sijaan en osaa sanoa -arvioiden osuus oli sekatekniikkataloissa 5 %, betonitaloissa 8 % ja puukerrostaloissa peräti 31 %. Puukerrostalojen asukkaat pitivät väittämää hämmentävänä.

8.2.3 Mielipiteet puukerrostaloista

Puukerrostaloasumisen houkuttelevuus

"Puukerrostalorakentamisen avulla saavutetaan normaaleja kerrostaloasuntoja houkuttelevampia asuntoja" -väittämän arvioi suurimmalta osin tai täysin paikkansa pitäväksi yli seitsemän kymmenestä kyselyyn vastanneista puukerrostaloasukkaista.

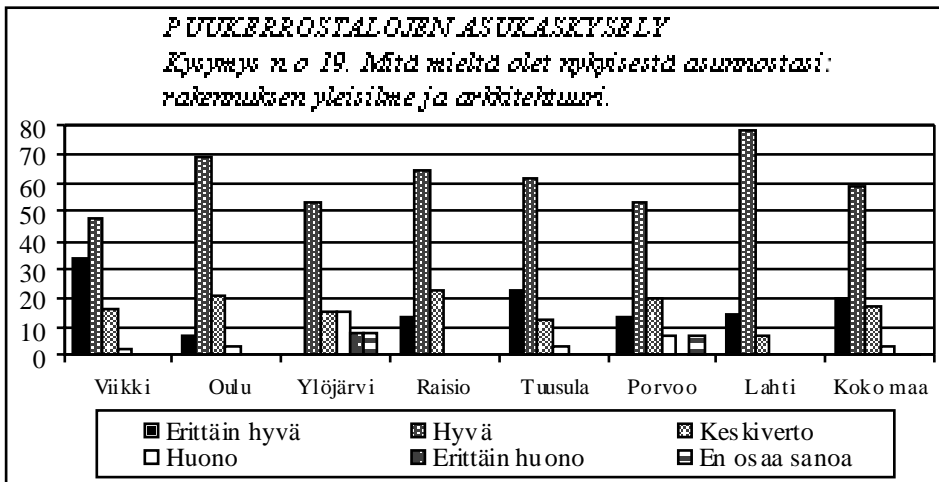


Vastaavan väittämän arvioi suurimmalta osin tai täysin paikkansa pitäväksi myös 67 % sekatekniikkatalojen ja 56 % betonitalojen kyselyyn vastanneista asukkaista. Kun sekatekniikkatalojen asukkaista vain yksi sadasta ja puukerrostalojen asukkaista kaksi sadasta

oli sitä mieltä, ettei väite pidä ollenkaan paikkaansa, betonitalojen asukkaista tämän arvion antoi 13 % vastanneista. Puukerrostalorakentamista ja -asumista pidettiin varsin myönteisenä asiana kaikkien talotyypin kohdalla.

Puukerrostalojen yleisilme ja arkkitehtuuri

Asukaskyselyn kysymykset pyrittiin muotoilemaan siten, että asukkailla oli mahdollisuus antaa myös kirjallisia vastauksia ja huomioita siitä, miten puu materiaalina vaikuttaa rakennusten yleisilmeeseen ja arkkitehtuuriin. Taulukkovastauksissa puukerrostalojen yleisilmettä ja arkkitehtuuria pidettiin useimmiten hyvänä. Hyvän tai erittäin hyvän arvosanan kohteista antoi neljä viidestä kyselyyn vastanneista.

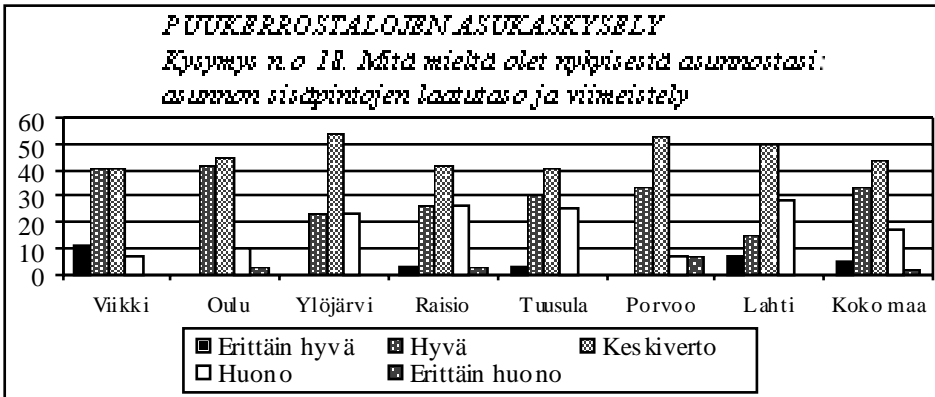


Kirjallisissa vastauksissa puukerrostalojen yleisilmeessä ja arkkitehtuurissa kiiteltiin erityisesti niin kutsuttuja pehmeitä arvoja, kuten lämminhenkisyttä, pehmeyttä, kodikkuutta, ilmeikkyyttä ja ekologisuutta.

Sisäpintojen laatu ja viimeistely

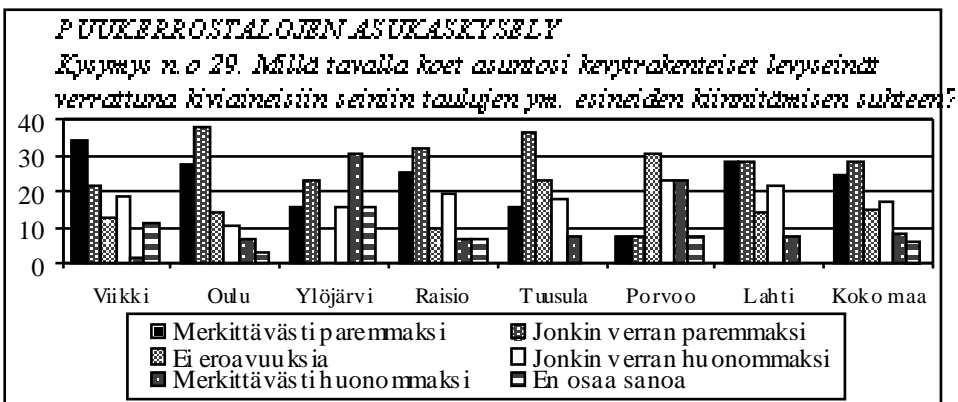
Arviot puukerrostaloasuntojen sisäpintojen lautasosta ja viimeistelystä painottuivat eniten keskivälille, sillä keskiverto-arvosanan antoi 44 % kyselyyn vastanneista. Tyytyväisten osuus oli hieman vajaa neljä kymmenestä. Sanallisissa vastauksissa ylivoimaisesti eniten arvosteltiin suomalaisen rakentamisen viimeistelyjälkeä. Rakennusalan yleinen moraalit ja ammattitaito saivat myös kritiikkiä osakseen.

Samoin kuin puukerrostalokohteissa, arviot vertailukohteiden sisäpintojen lautasosta ja viimeistelystä painottuivat eniten keskivälille. Keskiverto-arvosanan sisäpintojen lautasosta ja viimeistelystä antoi 41 % sekatekniikkatalojen ja 43 % betonitalojen vastaajista, kun vastaava osuus puukerrostalokohteissa oli 44 %. Vastaavasti hyvän tai erittäin hyvän arvosanan antaneiden osuus oli sekatekniikkataloissa 40 %, betonitaloissa 36 % ja puukerrostaloissa 38 %. Tulokset olivat tässä suhteessa eri talotyypeissä hämmästyttävän yhteneväiset, erot olivat vain muutaman prosenttiyksikön luokkaa.



Kevytrakenteiset seinät

Asukkailta kysyttiin myös mielipiteitä asuntojen kevytrakenteisistä levyseinistä verrattuna kiviaineisiin seiniin taulujen ym. esineiden seiniin kiinnittämisen kannalta. Levyseinä piti reilut puolet vastaajista kiviaineisia seiniä merkittävästi tai jonkin verran parempana.



Kaikkein myönteisimmin levyseinä suhtautuivat Oulun vastaajat, joista 66 % arvioi levyseinät tässä mielessä kiviseiniä paremmiksi. (Oulussa asuntojen olohuoneiden ja makuuhuoneiden yhdet seinät on verhoitu lakatulla koivuvanerilla).

Puukerrostalojen yksilöidyt hyvät ja huonot puolet

Asukaskyselyn kysymyksissä 20 - 23 pyydettiin vertaamaan nykyistä puukerrostalorakennusta ja -asuntoa asukkaiden aikaisempaan asuinrakennukseen ja asuntoon sekä yksilöimään näiden paremmat ja huonommat puolet. Vastauksista poimittiin tähän kohtaan vain sellaiset tekijät, joiden arvioinnissa rakentamistavalla ja -materiaaleilla saattaa olla merkitystä.

Tulokset olivat mielenkiintoisen ristiriitaiset. Puukerrostalojen sekä positiivisiksi että negatiivisiksi asioiksi nousivat samat tekijät. Selvästi yleisimpiä näistä olivat arviot, jotka

koskivat kohteiden ääneneristystä ja ulkonäköä. On kuitenkin huomattava, että ääneneristyksessä hyvänä puolena pidettiin tavallisesti ilmaääneneristystä tai ääneneristystä yleensä ja huonona puolena lähes yksinomaan askelääneneristystä eli ”töminää ja kopinaa”. Seuraavassa on taulukko, josta ilmenee puukerrostalokohteista kirjatut yleisimmät aikaisempaa asuntoa paremmat ja huonommat puolet (suluisa oleva luku osoittaa, kuinka monta kertaa tekijä löytyi yksilöitynä kunkin kohteen vastauksista):

<u>Kohde</u>	<u>Parempaa</u>	<u>Huonompaa</u>
* Ylöjärvi	ääneneristys (4) ulkonäkö (3) puun kodikkuus (3)	”töminää” (3) ääneneristys (3) lattianarina / kopina (2)
* Viikki	ääneneristys (17) ulkonäkö (15) puu miellyttävää (10)	”töminää” (4) ulkonäkö (3) ääneneristys (2)
* Oulu	ääneneristys (10) paloturvallisuus (5) ulkonäkö (5)	ääneneristys (5) ulkonäkö (4) ”töminää” (3)
* Tuusula	kodikkuus (15) ääneneristys (8) ulkonäkö (7)	ääneneristys / ”töminää” (8) sprinklaus (5) ulkonäkö (4)
* Raisio	ääneneristys (9) lämmin yleistunnelma (8) ulkonäkö (6)	ääneneristys (6) ”töminää” (4) herkät palovaroittimet (2)
* Lahti	viihtyisyys (7) ääneneristys (6) valoisuus (5)	viimeistelytaso (3) askelääneneristys (3) säilytystilojen pienuus (2)
* Porvoo	ääneneristys (5) viihtyisyys (5) uutuus (4)	tontin ahtaus (4) hissin puute (4) ääneneristys (3)

Puukerrostalojen asukkailta kysyttiin suoraan mielipidettä (kysymys n:o 42) siitä, miten asuminen puukerrostalossa eroaa asumisesta tavanomaisessa kerrostalossa. Viisi tekijää erottui vastauksista erittäin selvästi (suluisa maininnan esiintymismäärä vastauksissa):

- + Lämminhenkisyys, kodikkuus (41 kpl)
- +/- Ei eroa mitenkään (33 kpl)
- + Parempi ääneneristys (32 kpl)
- + Sisäilman laatu parempi (29 kpl)
- - Huono askelääneneristys (16 kpl)

Muut mainitut tekijät eivät esiintyneet kolmea kertaa enempää.

Vastaukset olivat varsin mielenkiintoisia, koska vastaajaa ei johdateltu kysymyksessä mihinkään suuntaan. Huomattavaa on, että myönteisten seikkojen mainitseminen oli yleisempää kuin kielteisten. Tällä voitaneen suhteuttaa myös ääneneristyskysymyksissä askeläänten osuutta negatiivisena tekijänä hieman lievempään suuntaan. Yllättävää oli lisäksi se, ettei rakennusten paloturvallisuutta mainittu tai käsitelty yhdessäkään kysymyksen n:o 42 vastauksessa. Huomattavaa oli lisäksi, että omistusasuntojen (Raisio, Lahti ja Porvoo) ja vuokra-asuntojen (Ylöjärvi, Viikki, Oulu ja Tuusula) vastausjakaumissa ei ollut nähtävissä sellaisia eroja, jotka johtuisivat asunnon omistustavasta.

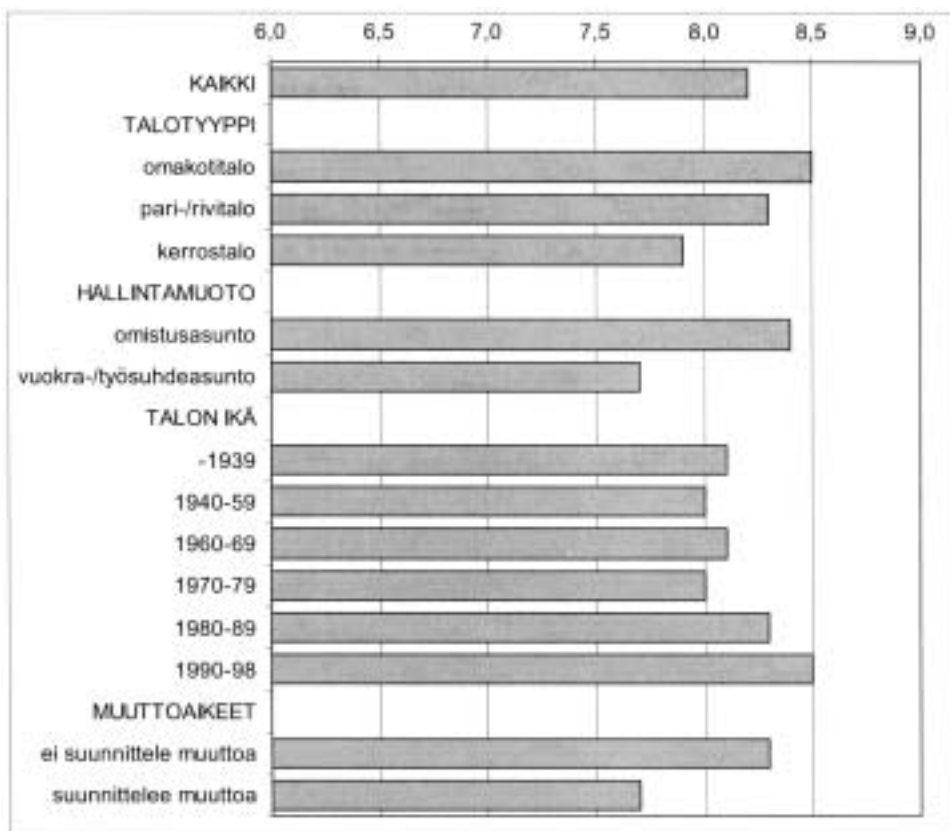
Asukkaiden loppukommentteja

Puurakentaminen ja puu materiaalina saivat varsin myönteiset arviot puukerrostalojen asukkailta. Puukerrostalojen asukaskyselyn viimeinen kohta oli ”Muuta kommentoitavaa”. Tähän kohtaan oli kirjattu suuri määrä yksittäisiä mielipiteitä, kommentteja, kehuja ja moitteita, mitä ei ollut käsitelty tarkemmin kyselykaavakkeiden aiemmissa kohdissa. Yleisimmät kommentit olivat seuraavat (suluissa oleva luku osoittaa maininnan esiintymismäärän vastauksissa):

- Rakentamisessa huono viimeistelyjälki (12)
- Puuta enemmän sisätiloihin (10)
- Lisää puukerrostaloja (8).

Rakentamisen viimeistelyjäljen lisäksi eniten moitteita saivat pysäköintijärjestelyt (7) sekä kiinteistöhuollon toimimattomuus (4). Neljässä vastauksessa mainittiin myönteiseksi se, että asukkailta kerätään palautetta. Parissa vastauksessa esitettiin moitteita palohälyttimien vikahälytyksistä. Muutamassa vastauksessa oltiin hyvin kiinnostuneita asukaskyselyn tuloksista.⁵⁰⁰

⁵⁰⁰ Anna Strandellin asukasbarometritutkimuksessa asunnosta, pihasta ja asuinalueesta keskimäärin parhaan yleisarvosanan sai itse asunto. Toisena tuli asuinalue, ja piha jäi viimeiseksi. Tontin pysäköintipaikkajärjestelyihin oltiin kaikista pihan tekijöistä tyytymättömiä. Erityisesti kerrostalojen pihojen suunnittelun ja viihtyisyyden parantaminen on vastausten perusteella tärkeä kehittämistehtävä. Asuntoon liittyviä merkittäviä ongelmia olivat asunnon säilytystilojen puute ja häiritsevää liikenteen melu. Kerrostaloasukkaista jopa 60 % piti asunnon säilytystiloja riittämättöminä. Asuinalueen yhteistiloja piti riittämättöminä lähes kolmannes asukasbarometrin kaikista vastaajista. Asunto, piha ja asuinalue saivat matalimmat arvostukset kerrostaloissa asuvilta. Lähde: Strandell, A. (1999), op.cit.: s. 35, 94 - 95.



Kuva 8.2.3.1 Vastaajien arvosana asunnoille Anna Strandellin asukasbarometritutkimuksessa.

8.3 Asukkaiden mieltymykset eri asumismuotoihin

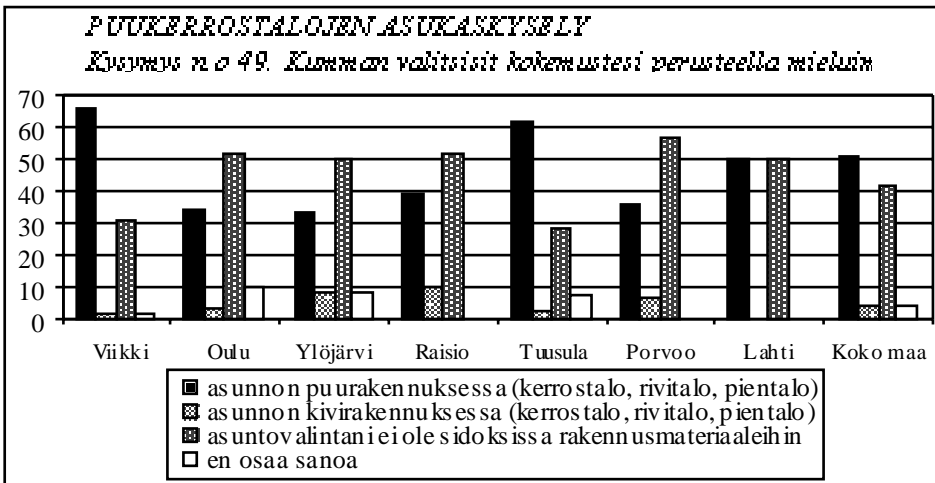
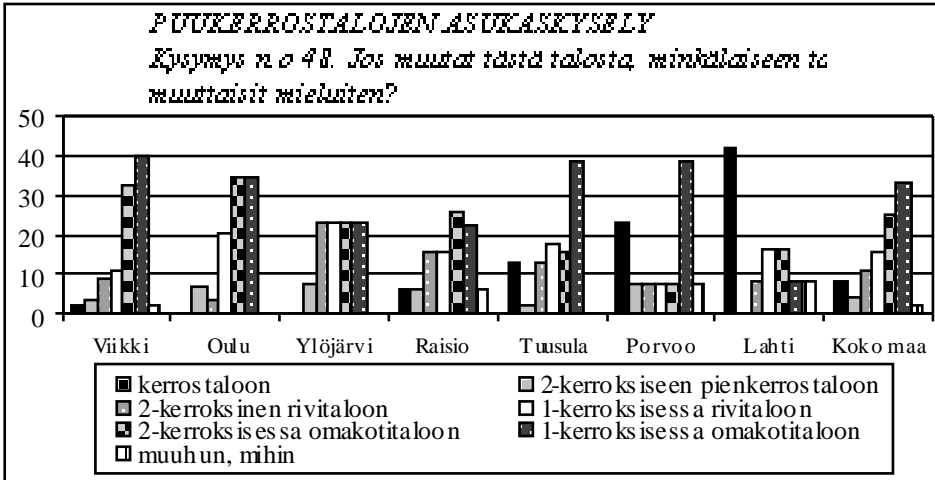
Millaisiin taloihin puukerrostalojen asukkaat haluaisivat muuttaa

Puukerrostalojen asukailta kysyttiin, että minkälaiseen taloon he muuttaisivat mieluiten, jos muuttaisivat nykyisestä talostaan. Vastaukset olivat pientalovoittoisia, koska vain 13 % vastanneista halusi muuttaa kerrostaloihin tai pienkerrostaloihin.⁵⁰¹ Kaksi- tai yksikerroksisen rivitalon valitsisi vajaa 27 %, ja omakotitalon noin kuusi kymmenestä vastaajasta.

Lisäksi asukailta kysyttiin, että valitsisivatko he kokemuksensa perusteella mieluummin asunnon puurakennuksesta vai kivirakennuksesta. Yli puolet vastaajista ilmoitti valitsevansa

⁵⁰¹ Pientaloteollisuus ry:n ja Rakennustutkimus RTS Oy:n teettämän hyvin laajan kirjekysely-, haastattelu-, tilasto- sekä myynti- ja tilauskantatutkimuksen mukaan reilut 80 % vastaajista oli sitä mieltä, että omakotirakentamista tulisi lisätä Suomessa. Suurimmiksi esteiksi pientalorakentamiselle nimettiin tonttipula ja rahoitus. Lähde: Pientaloteollisuus ry. (2001) Pientalobarometri, numero 1. Helmikuu 2001. Rakennustutkimus RTS Oy.

mieluummin asunnon puurakennuksesta ja neljä sadasta asunnon mieluummin kivirakennuksesta. Neljä kymmenestä vastaajasta ilmoitti, ettei heidän asuntovalintansa ole sidoksissa rakennusmateriaaliin.⁵⁰²

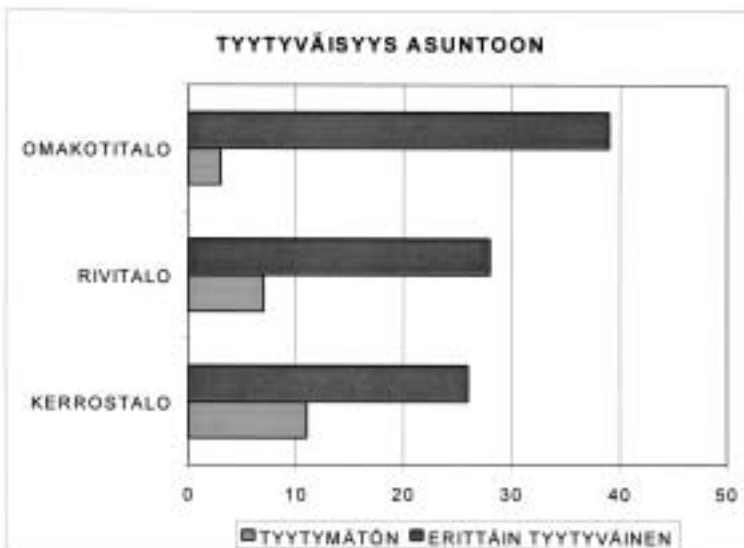
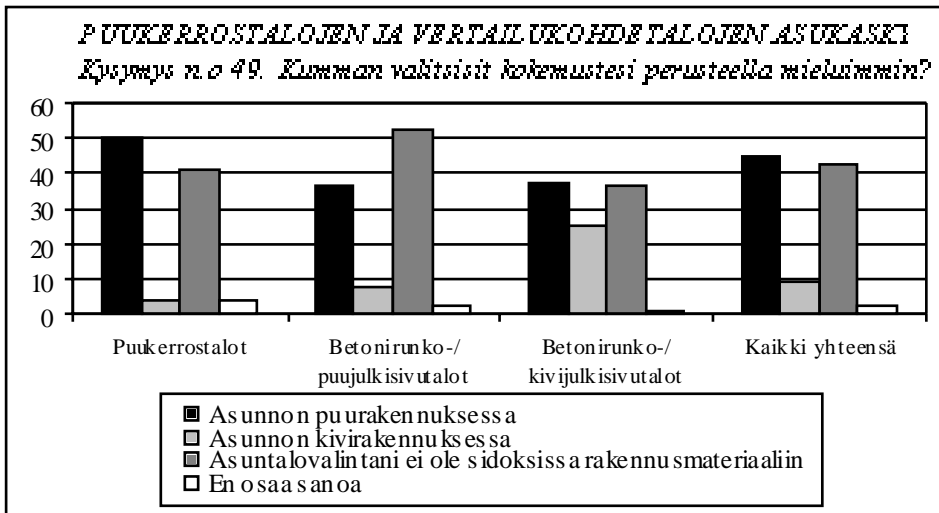


⁵⁰² Anna Strandellin asukasbarometritutkimuksessa yleisin syy asunnosta muuttoon on perheen kokoon nähden liian pieni asunto. Hänen tutkimuksessaan yli kolmannes muuttoa suunnittelevista ilmoitti tämän pääasialliseksi syyksi. Seuraavaksi suurimmat syyt olivat: asunto ei muuten vastaa tarpeita, halu vaihtaa asuntoaluetta tai asunto on perheen kokoon nähden liian suuri. Strandellin tutkimuksessa pyydettiin antamaan yleisarvosana omalle asunnolle kouluasteikolla 4 - 10. Keskimääräiseksi arvosanaksi saatiin 8,2. Asuintalojen ulkonäköön oltiin yleensä tyytyväisiä, erittäin tai melko tyytyväisiä oli yli 90 % vastaajista. Omakotitalojen ulkonäköön oltiin kaikkein tyytyväisimpiä ja kerrostalojen ulkonäköön vähiten tyytyväisiä. Ihannetalotyyppi oli 57 %:lla asukasbarometrin vastaajista omakotitalo. Kerrostaloasunnon valitsi vain viidennes vastaajista. Lähde: Strandell, A. (1999), op.cit.: s. 24 - 25, 30 - 31.

Mielitymykset vertailutaloissa

Myös vertailutalojen asukkailta kysyttiin, että minkälaiseen taloon he muuttaisivat mieluiten, jos olisivat muuttamassa.

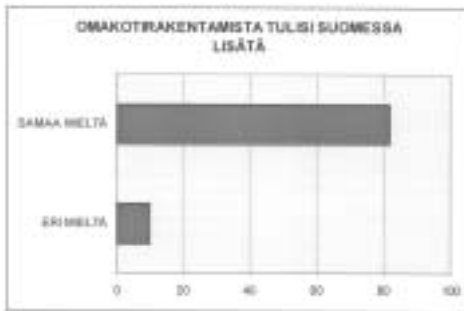
Viidennes sekatekniikkatalojen ja neljännes betonitalojen asukkaista halusi muuttaa kerrostai pienkerrostaloon, kun vastaava osuus puukerrostalojen asukkaiden vastauksissa oli noin 13 %. Kaksi- tai yksikerroksiseen rivitaloon halusi muuttaa 29 % sekatekniikkatalojen, 24 % betonitalojen ja 27 % puukerrostalojen asukkaista. Sen sijaan omakotitalon valitsisi 46 % sekatekniikkatalojen, 49 % betonitalojen ja 58 % puukerrostalojen asukkaista. Kaikkien talotyyppien osalla oli selvästi havaittavissa, että kerrostaloasuminen oli vähemmän tavoiteltavaa kuin rivi- ja omakotitaloasuminen.



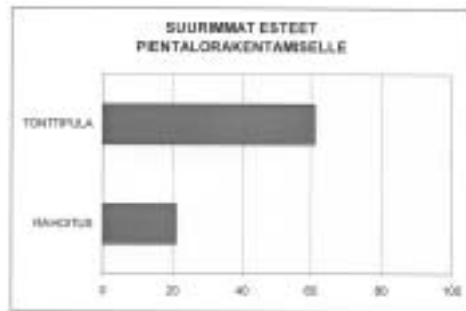
Kuva 8.3.1 Omakotitaloihin ollaan yleisesti tyytyväisempiä kuin kerrostaloihin.

8.4 Johtopäätökset

Asukaskyselytutkimuksen mukaan asukkaat suhtautuivat puurakentamiseen ja puukerrostaloihin yleensä myönteisesti. Pääosa vastaajista oli sitä mieltä, että puu on luja ja kestävä sekä hinnaltaan edullinen rakennusmateriaali. Kahdeksan kymmenestä vastaajasta arvioi, että puutalot ovat yleisesti kauniimpia kuin kivitalot. Lisäksi sisäilmastoa pidettiin puutaloissa terveellisempänä kuin kivitaloissa. Sen sijaan yleisesti oltiin kuitenkin sitä mieltä, että kivitaloja arvostetaan enemmän kuin puutaloja ja että kivitalot ovat pitkäikäisempiä kuin puutalot. Maamme puurakentamisen taitoa pidettiin yleensä hyvänä.



Kuva 8.4.1 Pientaloteollisuus ry:n ja Rakennustutkimus RTS Oy:n tutkimusten mukaan omakotirakentamista tulisi lisätä maassamme.



Kuva 8.4.2 Suurimpina esteinä pientalorakentamiselle pidetään tonttipulaa ja rahoitusta.

Puukerrostalojen yleisilmettä ja arkkitehtuuria pidettiin myös hyvänä. Kevytrakenteisia seinä pidettiin yleensä parempina kuin kiviaineisia seinä taulujen ym. esineiden kiinnittämisen kannalta. Sen sijaan asuntojen sisäpintojen laatutasoa ja viimeistelyä pidettiin yleensä keskinkertaisena niin puukerrostaloissa kuin vertailutaloissakin. Moitteita suomalaisen

⁵⁰³ Pohjois-Karjalan Ammattikorkeakoulussa valmistui keväällä 2001 kirjelytutkimus ihmisten suhtautumisesta puukerrostaloihin. Kohderyhmänä oli 500 hengen otos, johon kuului 18 - 67-vuotiaita henkilöitä Joensuun, Kiteen, Lieksan, Nurmeksen ja Outokummun kaupungeista. Vastausprosentiksi saatiin 48 %. Kyselytutkimuksen tulosten perusteella suhtautuminen puukerrostaloihin ja puukerrostalorakentamiseen oli Pohjois-Karjalassa valtaosaltaan myönteistä. Vastanneiden mielestä Pohjois-Karjalaan tulisi rakentaa puukerrostaloja ja niiden tulisi olla mieluiten 2-kerroksisia sekä sijaita taajama-alueella 2 - 6 talon ryhminä. Puukerrostalojen hyvinä puolina pidettiin niiden ulkonäköä, rakennusmateriaalia, hengittävyyttä, ekologisuutta ja kodikkuutta. Huonoista puolista nousivat esille puukerrostalojen paloturvallisuus, huoltotarve, kestävyys, kosteustekninen kestävyys ja ääneneristävyys. Pääosa vastanneista (68 %) oli sitä mieltä, että puukerrostaloasunnon tulisi maksaa saman verran kuin betonikerrostaloasunnon. Vastaajien mielestä syyt siihen, että Pohjois-Karjalaan ei ollut vielä rakennettu puukerrostaloja, olivat pääosin viranomaiset, rakennusurakoitsijat sekä tiedon ja taidon puute. Lähde: Pirhonen, S. (2001) Pohjois-Karjalassa asuvien ihmisten suhtautuminen puukerrostaloihin. Opinnäytetyö. Pohjois-Karjalan Ammattikorkeakoulu, Puutekniikan koulutusohjelma. Kevät 2001.

asuinrakentamisen taidosta ja viimeistelylajista esiintyi yllättävän paljon. Vastauksissa puukerrostalojen hyvinä puolina pidettiin pehmeitä arvoja, kuten ekologisuutta, kodikkuutta, viihtyisyyttä, lämmihenkisyyttä, miellyttävyyttä ja kaunista ulkonäköä. Myönteisinä asioina mainittiin myös hyvä sisäilman laatu, paloturvallisuus ja ääneneristys yleensä. Noin seitsemän kymmenestä vastaajasta oli sitä mieltä, että puukerrostalorakentamisen avulla saavutetaan normaaleja kerrostaloasuntoja houkuttelevampia asuntoja. Toisaalta suhteellisen moni vastaajista oli sitä mieltä, ettei puukerrostalossa asuminen eroa mitenkään asumisesta tavanomaisessa betonikerrostalossa. Puuta toivottiin lisää näkyväksi verhouksmateriaaliksi asuntojen sisätiloihin.⁵⁰³

Noin puolet vastaajista valitsisi kokemustensa perusteella asunnon mieluummin puurakennuksesta kuin kivirakennuksesta. Toisaalta neljä kymmenestä ilmoitti, ettei heidän asuntovalintansa ole sidoksissa rakennusmateriaaliin. Kerrostalossa asuminen ei ole suosittua, sillä vastaajista yhdeksän kymmenestä muuttaisi mieluiten kaksi- tai yksikerroksiseen rivi- tai omakotitaloon.



Kuva 8.4.3 Miksiköhän kerrostaloasumisesta halutaan pois?

9 Yhteenveto ja diskurssi

9.1 Suomalainen puukerrostalo

9.1.1 Taustat, lähtökohdat ja tavoitteet

Suomi on Euroopan metsäisin valtio. Suomessa metsien hyötykäyttöä voitaisiin lisätä erityisesti rakennus- ja huonekaluteollisuudessa sekä piha- ja ympäristörakentamisessa. Tämä olisi työllisyyden, viennin, kansantalouden ja ekologisuusnäkökohtien kannalta järkevää. 1990-luvulta lähtien maamme kansallisena tavoitteena on ollut puun käytön edistäminen, puurakentamisalan tuotteiden jalostusasteen nostaminen ja viennin kasvattaminen sekä puualan työllisyyden ja koulutuksen lisääminen. Puurakentamisen edistämiseksi on maasamme käynnistetty 1990-luvun alkupuolelta lähtien useita teema- ja toimintaohjelmia. Suomalaisen puutuoteteollisuuden Visio 2010 -linjauksen tavoite on nostaa puu Euroopan johtavaksi materiaaliksi talonrakentamisen järjestelmäratkaisuissa ja laadukkaan asumisen kuluttajatuotteissa.

Suomessa on aina ollut vahva puurakentamisen perinne erityisesti maaseudulla. Puurakennuksia on pidetty kansan keskuudessa lämminhenkisinä ja ihmisläheisinä. Nykyisin Suomessa lähes kaikki vapaa-ajan rakennukset sekä neljä viidesosaa pien- ja rivitaloista tehdään puurakenteisina. Suomessa on 1990-luvulla haluttu selvittää puun käyttömahdollisuudet myös kerrostalorakentamisessa. Keveän ja joustavan puurakentamisen avulla on pyritty yhdistämään kerrostaloasumisen ja pientaloasumisen hyviä puolia, koska tyypillisimmillään puurakentaminen on pienimittakaavaista ja monimuotoista. Puukerrostalojen perustavoitteita ovat lisäksi olleet muun muassa materiaalien tasa-arvoisuus rakentamisessa, asuntorakentamisen hintojen alentaminen, ekologisuus, puun ja puuarkkitehtuurin imagon nostaminen sekä puurakentamisen avulla saavutettavien miljööarvojen esille tuominen. Ekologisten arvojen suhteen Suomessa on kuitenkin ongelmana se, että rakentamisen ja rakennusmateriaalien ympäristövaikutusten pisteyttämiselle ja rakennusten koko elinkaaren ajan tarkasteluille ei ole vielä luotu sellaisia yleisiä pelisääntöjä, jotka vaikuttaisivat käytän-

nössä rakentamismateriaalien ja teknisten ratkaisujen valintoihin.

Puun käyttöä yli kaksikerroksisissa rakennuksissa on rajoitettu maassamme rakentamis- ja palosäädöksin aina 1800-luvulta lähtien. 1960-luvun alkupuolella kaupungeissa ja kerrostalorakentamisessa siirryttiin laajalti betoniteknologian kehittämiseen, jolloin puurakentaminen sai väistyä suurimittakaavaisessa rakentamisessa. Suomen palomääräykset (RakMK E1) muutettiin 1.9.1997, jonka jälkeen on ollut luvallista rakentaa myös 3- ja 4-kerroksisia puurunkoisia ja puujulkisivuisia asuin- ja työpaikkarakennuksia ilman poikkeuslupakäytäntöä. Paine maamme palomääräysten muuttamiseen tuli Suomen liittymisestä EU:hun ja siitä seuranneesta tarpeesta laatia yhtenäiset toiminnalliset palomääräykset ja poistaa rakennusmateriaalikaupan esteitä EU:n sisällä.



Kuva 9.1.1.1 Tuusulan puukerrostalot.

Suomi on yksi Euroopan kerrostalovaltaisimmista maista. Tyypillistä Suomen asuntomarkkinoille ovat myös omistusasuntovaltaisuus (60 %), huoneistokohtaisten saunojen rakentaminen ja kotitalouksien pieni keskikoko. Asumistilastojen valossa puukerrostalojen markkinaosuusmahdollisuudet näyttäisivät varsin potentiaalisilta, koska noin 44 % suomalaisista asuu kerrostaloissa ja kaikista kerrostaloista kolme neljäsosa on alle 5-kerroksisia, eli ne voitaisiin nyky määräysten mukaan toteuttaa puisina. Lisäksi vuokra-asumismuodon yleistyminen on viime vuosina kasvattanut kerrostaloasuntojen osuutta. Nykyisin maamme kerrostalohuoneistoista noin puolet on vuokra-asuntoja.

Suomalaisten puukerrostalojen kehitystyö on tapahtunut ajanjaksona, jolloin maamme rakennussäädöksiä on muutettu merkittävästi. Asunto- ja kerrostalorakentamiseen ovat

Puurakentaminen etenee vain juhlapuheissa

Puun merkitys rakentamisessa on pienentynyt koko sen ajan, kun sen käyttöä on yritetty

D rakentamisen on parantunut viime vuosien aikana, mutta puurakentamisen eteen on vielä paljon työtä. Puurakentamisen eteen on vielä paljon työtä.

Ennakkoluulot istuvat syvässä Saksalaiselle puutalo tarkoittaa parakkia

IRJA WENDSCH
T&T-haastattelu

Ennen on esitetty, että puurakentaminen on vanhaa. Kuitenkin nyt on kukaan ei ole vielä...
...rakentamisesta on...
...rakentamisesta on...

"Noin puolet koko maailman puusta käytetään puurakentamiseen. Suomalaisissa rakentamisessa on...
...rakentamisesta on...
...rakentamisesta on..."

Tähän takoon pyrkii Suomessa yritysostaja...
...rakentamisesta on...
...rakentamisesta on..."

Kerrostaloista tuli puumiesten Waterloo

Kerrostalojen markkinoiden vilkkaudesta tuli yhä merkittävämpi puurakentamisen puuhankinta. Puurakentamisen...
...rakentamisesta on...
...rakentamisesta on..."

Kuusikerroksisissa taloissa ja...
...rakentamisesta on...
...rakentamisesta on..."

Puulla on hyvä maine

Nykyinen näyttää, että puun asema...
...rakentamisesta on...
...rakentamisesta on..."

Puurakentajat ovatkin ottaneet...
...rakentamisesta on...
...rakentamisesta on..."

"Näiden ihmisten...
...rakentamisesta on...
...rakentamisesta on..."

Kuva 9.1.2.1 Puurakentamisen kehittäminen ei ole säästynyt median kritiikiltä.

osaltaan vaikuttaneet muun muassa kerrostalojen kerroskorkeuden muutos (1994 -), uudistuneet palomääräykset (1997 -), tiukentuneet ääneneristysmääräykset (1998 -), uudet kosteusmääräykset ja -ohjeet (1999 -) sekä uusi maankäyttö- ja rakennuslaki (2000 -). Lisäksi puurakenteiden rakennesuunnittelussa ollaan vähitellen siirtymässä RakMK B10:stä yleiseurooppalaisen Eurocode 5:n mukaiseen suunnittelukäytäntöön. Teknisten ratkaisujen kehittämisessä on haettu tietoa ja kokemuksia pohjoisamerikkalaisista ja eurooppalaisista puurakentamiskohteista ja -kehitystyöstä. Puukerrostalojen tutkimusta ja koerakentamista on tehty merkittävästi 1990-luvulta lähtien myös Ruotsissa, Tanskassa ja Norjassa yhteispohjoismaisen *Nordic Wood* -tutkimushankkeen nimissä.

Suomalaisten puukerrostalojen koerakennushankkeisiin on liittynyt olennaisena osana tutkimus, tuotekehitys ja erilaiset toimintamallikokeilut. Valmistuneet puukerrostalot ovat saaneet toimia puurakentamisen kehittämisen ja uusien teknisten ratkaisujen ja rakentamistapojen vaativina kokeilukohteina. Puurakentamisen teknologiaohjelman avulla on samalla pyritty edistämään hyvää, kestäväää ja taloudellisesti kilpailukykyistä puurakentamista sekä luomaan edellytyksiä uudelle puuarkkitehtuurille. Puukerrostalojen suunnittelun ja rakentamisen tavoitteena ovat olleet rakennukset, jotka teknisten ratkaisujensa, pitkäaikaiskestävyytensä ja asuttavuutensa kannalta vastaisivat vallitsevaa suomalaista rakennustapaa tai olisivat sitä parempia.

9.1.2 Rakentamistapa ja tekninen osaaminen

Vuosina 1995 - 2001 Suomeen on rakennettu kymmenen puukerrostalokohdetta, yhteensä 338 asuntoa. Seuraavat kaksi kohdetta valmistuvat vuonna 2002. Puukerrostalojen julkisuus ja palaute on ollut pääasiassa myönteistä. Puukerrostalojen rakentaminen ei ole kuitenkaan tehnyt varsinaista läpimurtoa Suomessa. Tämä on ymmärrettävää, koska rakennusala on konservatiivista, ja vakiintuneiden käytäntöjen muutokset ovat hitaita. Suomalainen puukerrostalo on pyrkinyt saavuttamaan tasoltaan betonikerrostaloteknologian, jota on kehitetty menestyksellisesti maassamme viimeiset 40 vuotta. Puukerrostalot ovat joutuneet vastakkainasetteluun betonikerrostalojen kanssa. Puukerrostalorakentamista ovat myös rasittaneet useat ennakoasenteet sekä koerakentamisen ja kalliin rakentamisen leima. Monet näistä epäilyistä ja ennakkoluuloista ovat olleet liioiteltuja.

Puukerrostalojen suunnittelun ja toteutuksen yhteydessä joudutaan totuttua puurakentamista tarkemmin ottamaan huomioon puumateriaalin tekniset ja fysikaaliset ominaisuudet. Puukerrostalojen rakentamisessa palo-, ääni- ja kosteustekniset kysymykset ovat keskeisiä. Puukerrostaloiksi soveltuvat niin lamelli-, piste-, käytävä- kuin terassitalotkin. Rakentamistapa ei rajoita asutosuunnittelua. Teknisesti suomalaisen puukerrostalon runkojärjestelmäksi soveltuu hyvin levyjäykisteinen kantavat seinät -järjestelmä. Järjestelmä sopii sekä paikalla rakentamiseen että elementoitavaksi. Tätä niin kutsuttua platform-järjestelmää on sovellettu kaikissa Suomen tähänastisissa puukerrostaloissa Ylöjärven pilari-palkkirunkoista kohdetta lukuun ottamatta. Rakenteelliseen ja arkkitehtoniseen rehellisyyteen perustuen puuta on pidetty suomalaisissa puukerrostaloissa myös luontevana julkisivumateriaalina.

Puurakentamiseen tarvittavaa tuotanto-, kuljetus-, nosto- ja työmaakalustoa on maassamme riittävästi, joten puukerrostalorakentaminen ei tarvitse erillisinvestointeja. Puurun-

koinen ja puujulkisivuinen kerrostalo painaa vain viidesosan vastaavan betonikerrostalon painosta. Keveytensä ansiosta puukerrostalorakentaminen soveltuu erityisen hyvin ahtaille tonteille sekä heikkokantoiselle maaperälle. Rakennusosien ja -tarvikkeiden nosto- ja siirtelykalustoksi riittää yleensä kevyt autonosturi tai kurottaja. Puukerrostalojen rakentamisessa erityistä huomiota on kiinnitettävä rakennusrungon painumiseen, välipohjien askelääneneristykseen, rakenteiden tiiviyyteen sekä LVIS-asennusreiteityksiin. Suomalaisen puukerrostalojen koerakentamisaika on osoittanut, että puukerrostalojen tekniset kysymykset, kuten rakentamistekniikka, lämmön-, äänen-, palon-, veden- ja kosteuden-eristyskysymykset sekä LVIS-asennustekniikkaan liittyvät seikat pystytään hallitsemaan. Suomalaisen puukerrostalon avoin rakennusjärjestelmä rakennusosineen ja rakennetyyppineen voidaan katsoa kehitetyksi ja testatuksi. Siksi jatkossa ei tulisi enää puhua puukerrostalojen koerakentamisesta.

MOTIIVI	TYYPPI	TYYPILLINEN TUHOPOLT-TAJA	PÄÄASIALLI-NEN KOHDE	TODENNA-KÖISYYS
Vandalismi	Tahallinen	Miespuolinen nuori	Mikä tahansa, mutta erityisesti koulut ja yleiset rakennukset	Suuri
Tulella leikkiminen	-	Alle 10v lapsi	Asunnot, koulut, roska-astiat	Suuri
Rikoksen peittäminen	a) Ajoneuvori- kos	Nuoret miehet 15-25v	Autot	Suuri
	1. Muu rikos	Eri tekijöitä	Mikä tahansa	Keskinkertainen
Kosto	a) Perhesuhteisiin liittyvä	Kuka tahansa	Asunto	Keskinkertainen
	b) Muu		Mikä tahansa	
Petos	a) Vakuutuspetos	Vakuutuksen ottaja	Liikehuoneisto	Keskinkertainen
	b) Rakennusmääräysten kiertäminen	Kiinteistön omistaja tai hänen puolestaan toimiva		
Poliittinen	a) Terrorismi	Järjestön jäsen	Vähittäiskaupat ym. näkyvät kohteet	Pieni
	b) Protestointi			
	c) Rasismi	Ei tarpeeksi tietoa	Vähemmistöjen kodit ja liikkeet	
	d) Mellakka	Yleensä nuoret miehet	Keskikaupungin rakennukset	
Mielisairaus	-	Kuka tahansa	Mikä tahansa	Pieni

Kuva 9.1.3.1 Puukerrostalojen on pelätty joutuvan jopa tuhopolttojen kohteeksi. Tuhopolttojen muotoutuminen erään brittitutkimuksen mukaan.

9.1.3 Paloturvallisuusasiat

Suomessa kuolee vuosittain noin 100 henkilöä tulipaloissa. Kuolemantapauksista kolme neljästä tapahtuu asuinrakennuksissa. Tutkimusten perusteella uhrin käyttäytymisellä on enemmän vaikutusta palokuolemiin kuin tapahtumapaikan rakenneteknisillä ratkaisuilla.



Kuva 9.1.3.2 Puujulkisivujen leveät palokatkokoukkeet ovat esteettisesti vaikeita hallita.



Kuva 9.1.3.3 Oulun ensimmäisen puukerrostalon, Kiinteistö Oy Puukotkan julkisivuverhouksen tuuletusraon palokatkojen ja julkisivulaudoituksen tekoa.



Kuva 9.1.3.4 Ruotsalaisissa puukerrostaloissa on ulkoverhouksen tuuletusraossa käytetty palokatkoina metallisia teräsreikäprofileja.

Palovaroittimilla ja automaattisella sammutusjärjestelmällä voidaan lisätä rakennusten henkilö- ja paloturvallisuutta. Suomalaisia palomääräyksiä (RakMK E1) on 1990-luvun loppupuolella muutettu yleiseurooppalaiseen suuntaan siten, että ne kohtelevat puuta muihin rakennusmateriaaleihin nähden aikaisempaa tasapuolisemmin. Lisäksi toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu ja riskianalyysitarkastelut ovat yhä enemmän tulossa osaksi rakennusten paloturvallisuuden arviointia RakMK E1:n karkeahkon taulukkonormituksen rinnalle. Tulipalon mallintaminen ja riskien arviointi ovat kuitenkin työläitä ja vaikeita muutujien suuren määrän vuoksi. Suomen palomääräykset tulevat lähitulevaisuudessa vielä muuttumaan, koska niihin tullaan sisällyttämään uudet yleiseurooppalaiset materiaalien paloluokat.



Kuva 9.1.3.5 Lahden puukerrostalot ovat saaneet erityistä kiitosta porrashuoneiden puuverhouksista.



Kuva 9.1.3.6 Näyttäviä puisia keittiökalusteita puukerrostalossa Malmön Bo01-asuntomessualueella.

Suomalaisten puukerrostalojen uuteen rakennustapaan on alkuvaiheessa liittynyt palomääräysten epäselvyyksiä ja tulkintakirjavuutta. Lisäksi puukerrostalojen paloturvallisuusvaatimuksia on pidetty koerakennusajalla yleisesti ylimitoitettuina. Tulkintakirjavuutta on esiintynyt esimerkiksi puukerrostalojen ulkoseinien ja räystäiden palokatkojen sekä luhtikäytävien ja parvekkeiden paloturvallisuusvaatimusten osalla. Käytännössä määräysten laatijat ovat siirtäneet päätäntävaltaa ja vakiintumattomien paloteknisten ratkaisujen hyväksyntää paikallisille viranomaisille, jotka puolestaan ovat ilmaisseet hyväksyvänsä mielellään vain ratkaisuja, joille on hankittu määräysten laatijoiden yleinen hyväksyntä. Näin on päässyt syntymään tilanne, jossa puukerrostalojen paloteknisten ratkaisujen kehittäminen on siirtynyt suunnittelijoiden ja työmaiden harteille, joilla ei välttämättä ole riittävää asiantuntemusta ja uskallusta ratkaista ilmaantuneita epäselvyyksiä.

Esimerkiksi Suomen palosäädöksissä suositeltavat korkeiden puujulkisivujen näkyvät palokatkokoulokkeet eivät käytännössä toimi toivotulla tavalla, ja joissakin tapauksissa ne jopa edistävät julkisivupalon leviämistä. Kuopion Pelastusopistolla suoritetuilla polttokokeilla on osoitettu, että näkyvien palokatkokoulokkeiden sijasta pienehkön julkisivupalon leviämistä voidaan rajoittaa tehokkaasti kaistoittamalla julkisivun taustan tuuletusrakoa sivuttaissuunnassa ja käyttämällä tuuletusraossa vaakasuntaisia rakenteita, joilla tukahdutetaan palon leviäminen tuuletusraossa. Seinästä ulostyöntyviä palokatkokoulokkeita ei voitane pitää puisen ulkoseinärakenteen kokonaisuuden kannalta tarkoituksenmukaisina ratkaisuin, koska polttokokeiden perusteella niiden on oltava noin 200 mm leveitä ennen kuin ne pystyvät irrottamaan liekit seinäpinnasta. Lisäksi palo kiertää palokatkokoulokkeet

yllättävän nopeasti takakautta, etenkin jos seinän lämmöneristeenä on käytetty kuumuudessa nopeasti tuhoutuvia eristeitä, kuten lasivillaa.

Sprinklauksen huoneistopaloa estävä vaikutus tulisi ottaa tähänastista laajemmin huomioon muun muassa puukerrostalojen toiminnallisissa paloturvallisuustarkasteluissa, uudistettavien palomääräysten logiikassa ja palovakuutustariffeissa. Sprinklattujen P2-luokan puukerrostalojen julkisivupaloriskiä ei tulisi liioitella. Palokunnan toiminnan kannalta olennaista on estää palon leviäminen ullakkotilaan. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi ullakon vastaista ulkoseinää ja räystästä osastoimalla. Ulkoisen syttymisen vaaraa voidaan vähentää ohjaamalla ja valvomalla puukerrostalojen suunnittelua ja rakentamista siten, ettei niiden läheisyyteen hyväksytä roskasäiliöitä eikä autokatoksia.

Asukkaat toivovat, että puuta käytettäisiin tähänastista enemmän porrashuoneiden ja asuntojen sisäpintaverhouksissa. Tulevissa yleiseurooppalaisissa palomääräyksissä palosuojakäsitteltyjen B- ja C-luokan puutuotteiden käyttö on tulossa mahdolliseksi, jolloin puukerrostalojen materiaalivalintoja voidaan kehittää sellaisiksi, että puuta ja puutuotteita on mahdollista käyttää tähänastista enemmän näkyvänä materiaalina porrashuoneissa ja asuntojen sisätiloissa. Tätä ei saa tehdä asuinturvallisuutta heikentämällä, vaan esimerkiksi toiminnalliseen paloturvallisuussuunnitteluun perustuen turvallisuuslaitteita, rakenneratkaisuja ja puutuotteiden pintakäsittelyaineita kehittelemällä sekä näiden ratkaisujen kokonaisvaikutusta tarkastelemalla. Vaatimus automaattisesta kevytsprinklerijärjestelmästä voitaisiin henkilöturvallisuuden parantamiseksi kohdistaa tasapuolisesti kaikkiin asuinrakennuksiin riippumatta siitä, ovatko rakennukset puu-, betoni- vai teräsrakenteisia.

9.1.4 Tilakustannustekijä

Suomessa rakennusoikeuden määräytyminen perustuu kerrosalaan. Tilakustannus on lisäkustannus, joka aiheutuu rakenteiden paksuntamisesta. Tilakustannus rakenteisiin menetettyinä tilan myynti- tai vuokratilakustannuksina on suuri asuntorakentamisessa, koska sekä asuntotuotannon rahoituskäytännöt että asunnoista saatava vuokra- tai myyntituotto perustuvat huoneistoalaan ja koska rakennusoikeuden määrä on yleensä kaavoituksella rajoitettu. Tilakustannusta aiheutuu myös pystysuunnassa, mikä ei ole kuitenkaan merkittävää, koska tilakustannus ei kohdistu lattian pinta-alaneliöihin, eikä siitä aiheudu tällöin spekulatiivista myynti- tai vuokratulojen menetyksiä. Rakennuksen talotyyppiratkaisun, runkojärjestelmän ja rakennetyyppien valinnoilla voidaan vaikuttaa kantavien rakenteiden määrään ja tätä kautta myös tilakustannuksiin.

Suomalaisessa rakentamisessa ulkoseinien osalle on 1.1.2000 voimaan tullessa uudessa maankäyttö- ja rakennuslaissa määritelty niin kutsuttu 250 mm:n sääntö, joka tarkoittaa sitä, että kaavassa määritellyn rakennusoikeuden saa ylittää sen verran kuin ulkoseinän paksuus ylittää 250 mm. Maankäyttö- ja rakennuslaissa on lisäksi annettu kunnan rakennusvalvontaviranomaisille oikeus myöntää vähäinen poikkeaminen rakentamista koskevista rajoituksista, kuten rakennusoikeuden määrästä. Tulkinnat kuitenkin vaihtelevat eri paikkakunnilla.

Suomen ensimmäisistä puukerrostaloista tehtyjen tilakustannuslaskelmien perusteella on nähtävissä, että puukerrostaloissa kaksoisrunkoiset huoneistojen väliset seinät ovat

tilakustannusten kannalta varsin epäedullisia, vaikkakin ratkaisulla saavutetaan erittäin hyvä ääneneristävyys. Myös huoneiston sisäiset kantavat väliseinät aiheuttavat tilakustannuksia. Sen sijaan puukerrostalojen ulkoseinät olisivat tilakustannusten kannalta paksuja kiviaineisia ulkoseiniä edullisempia, ellei maankäyttö- ja rakennuslaissa osoitettu 250 mm:n sääntö poistaisi puu-ulkoseiniltä tätä etua. Tämän johdosta voidaan kysyä miksei huoneistojen välisille seinille ja kantaville väliseinille voisi määrittää samanlaista rakennusoikeuteen luettavan paksuuden tai määrän enimmäissääntöä kuin on ulkoseinillä?

Tilakustannustekijän huomioon ottaminen puukerrostalon suunnittelussa on keskeinen asia rakentamistavan kilpailukyvyn kannalta. Nykyisin teknisin ratkaisuin kantaviin väliseiniin ja lyhyihin jänneväleihin perustuvalla runkojärjestelmällä puukerrostalorakentaminen on tilakustannuksiltaan tavanomaista pitkälaattavälipohjaista betonirunkokerrostalorakentamista epäedullisempaa, kun käytetään nykyistä kerrosalaan perustuvaa rakennusoikeuden määritelmää. Eri rakennusmateriaaleilla ja runkojärjestelmillä toteutettavat rakentamistavat tulisivat nykyistä tasa-arvoisemmiksi, jos rakennusoikeuden käsite muutettaisiin *nettoalaan* (huonealojen summaan) perustuvaksi. Tämä lisäisi kilpailua ja alentaisi rakentamisen kokonaiskustannuksia. Nettoalaan perustuva rakennusoikeus olisi myös asukkaiden kannalta oikeudenmukaisiin käytäntö, koska nykyisin asukkaat maksavat huoneistoissaan myös eikantavien seinien pinta-alaosuudesta.

9.1.5 Puukerrostaloista sadut kokemukset ja palaute

Suunnittelija- ja urakoitsijapalaute rakentamistavasta

Puukerrostalojen suunnittelija- ja urakoitsijapalautteen mukaan rakentamistapa on vaatinut tähän saakka paljon kokeiluja ja harjoittelua, mikä on nostanut rakentamistavan kokonaiskustannuksia rutinoituneeseen betonikerrostalorakentamiseen verrattuna. Useat urakoitsijat ovat leimanneet puukerrostalorakentamisen normaaliin betonikerrostalorakentamiseen verrattuna työvaltaiseksi ja tämän vuoksi kalliiksi. Kohteita on kuitenkin ollut vähän ja ne ovat olleet tekijöilleen koerakentamishankkeita. Ensimmäisistä kohteista saatuja kokemuksia ei ole myöskään riittävästi hyödynnetty uusissa puukerrostalohankkeissa. Lisäksi puukerrostalorakentamisen taloudellisuustarkasteluissa on keskitytty paljolti vain runkotöiden osuuteen, vaikka puukerrostalon runkokustannukset töineen ovat vain noin 20 % rakentamisen kokonaiskustannuksista. Puukerrostalorakentamista koskevien viranomaiskäytäntöjen selkiintymättömyys on myös aiheuttanut epävarmuutta puukerrostalojen rakentamiseen.

Ensimmäisten puukerrostalojen suunnitteluun on kulunut huomattavasti enemmän aikaa kuin vastaavan betonikerrostalon suunnitteluun. Tämä johtuu suunnittelu- ja rakentamiskäytäntöjen vakiintumattomuudesta. Platform-runkojärjestelmää ja sen suomalaista sovellutusta, avointa puurakentamisjärjestelmää, on kuitenkin pidetty yleisesti ongelmattomana, helppona ja nopeana. Urakoitsijoiden mukaan puukerrostalojen välipohjat kaipaavat vielä tuotekehittelyä, jotta ne tulisivat nykyistä yksinkertaisemmiksi, taloudellisemmiksi ja askelääneneristykseltään paremmiksi. Puukerrostalotyömailla logistiikka on ensisijaisen

tärkeää. Puukerrostalojen rakentamistapa vaatii vielä jatkuvuutta, harjaantumista ja koulutantumista niin suunnittelijoilta, urakoitsijoilta, tavarantoimittajilta kuin viranomaisiltakin. Tähänastisissa kohteissa puurakentamisen keveyttä ei ole kyetty vielä riittävästi hyödyntämään perustuksissa eikä nostokalustossa. Puukerrostalorakentamiselta puuttuu vielä taloudellinen uskottavuus, minkä vuoksi rakennusliikkeet ovat suhtautuneet varauksellisesti betonikerrostalotuotannon korvaamiseen puukerrostalorakentamisella. Rakennustyömiehet ovat suhtautuneet puurakentamiseen yleensä myönteisesti.

ARAVA- JA KORKOTUETUT ASUNTOALOITUKSET V. 2000				
	KAIKKI ALOITUKSET V. 2000 KPL	ARAVA/ KORKOTUETUT V. 2000 KPL	TUETTUJA V. 2000 %	ARAVA/ KORKOTUETUT V. 2001 KPL
OMAKOTITALOT	12 300	800	7	1 000
RIVITALOT	6 000	3 000	50	3 000
KERROSTALOT	17 000	6 700	39	6 000
YHTEENSÄ	35 300	10 500	30	11 000

ASUNTOJEN KESKIMÄÄRÄISET HANKINTAHINNAT V. 2000			
	PK-SEUTU	MUU UUSIMAA	MUU MAA
	MK/M²	MK/M²	MK/M²
UUSI OMAKOTITALO OMATOIMISESTI RAKENTAMALLA*	7 250	5 650	5 200
UUSI PIENTALOASUNTO OSTETTUNA	14 100	11 000	9 400
UUSI KERROSTALOASUNTO	13 800	11 000	10 300
VANHA RIVITALOASUNTO	10 600	8 200	6 300
VANHA KERROSTALOASUNTO	12 600	6 950	6 500

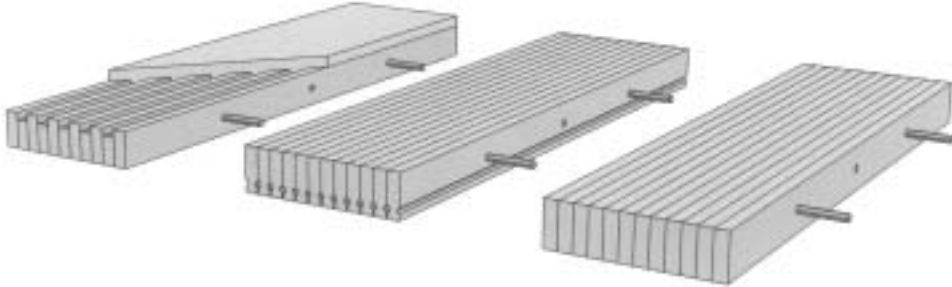
Kuva 9.1.5.1 Suomalaisia asumistilastoja vuodelta 2000. Suomi on kerrostalovaltainen maa.

Kokemukset ja palaute LVIS-tekniikasta

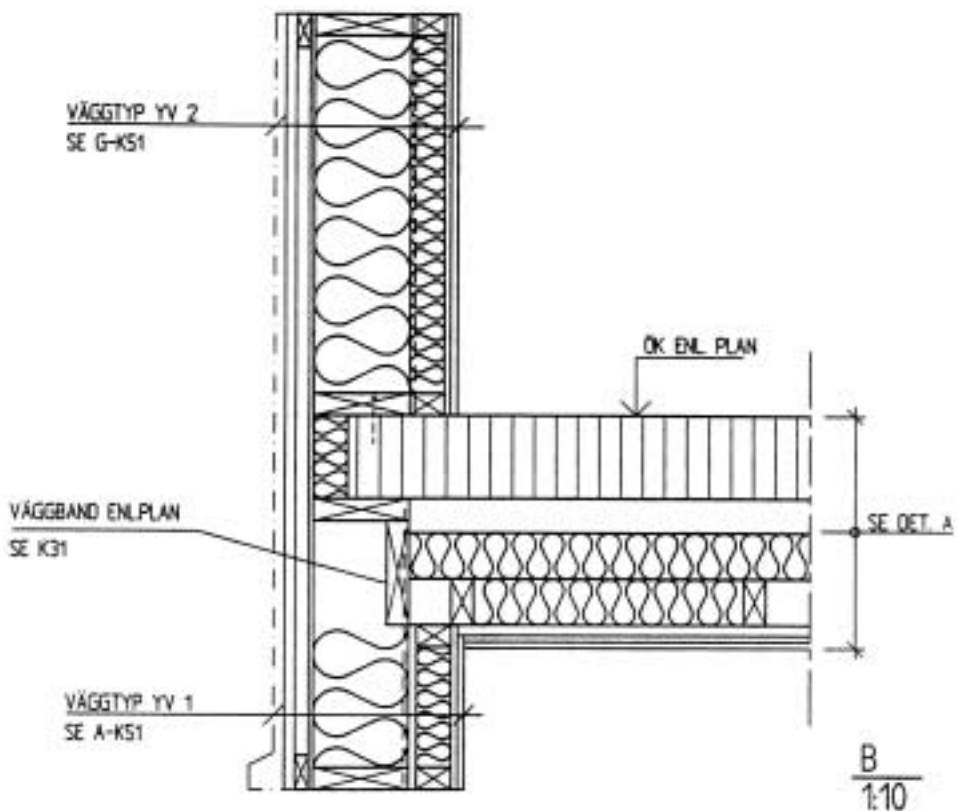
Maamme ensimmäisistä puukerrostalokohteista saatujen kokemusten mukaan puukerrostalojen asennusreititys on suhteellisen helppoa. Välipohjien kannakevalinta ja kokonaisrakenne vaikuttavat oleellisesti LVIS-järjestelmien asennustekniikkaan. Tiheä kannakejako vaikeuttaa asennuksia ja välipohjakannakkeita vastaan kohtisuorassa kulkevat johtolinjat ovat työteknisesti vaikeita. Ristikkorakenteet ja paksut pintalattiat helpottavat asennuksia. Puukerrostaloissa lämmitys-, vesi-, ilmanvaihto- ja sähköjärjestelmät voidaan toteuttaa asuntorakentamisessa käytettävissä olevin tavanomaisin ratkaisuin. Puukerrostalon erityisominaisuutena on palomääräyksissä vaadittava kevytsprinklerijärjestelmä, joka voidaan kytkeä normaaliin vesijohtoverkkoon. Työympäristönä puurakennuksia on pidetty miellyttävinä.

Tutkimuksen perusteella puukerrostalojen LVIS-tekniikassa on kuitenkin vielä kehittämistarvetta. Puukerrostalojen LVIS-suunnitelmat ovat olleet liian ylimalkaisia, eikä niissä ole täysin hyödynnetty puurakentamistavan suomaisia erityismahdollisuuksia putkitusten

reitityksissä. Esimerkiksi ala-, väli- ja yläpohjapalkkistojen ja kannakkeiden suuntia ei ole riittävän tarkasti selvitetty ja otettu huomioon asennusreiteissä. Toisaalta on esiintynyt epäselvyyttä siitä, kuinka paljon ja mistä kohdin kantavia puurakenteita saa lovetta ja rei'ittää.



Kuva 9.1.5.2 Nordic Wood -tutkimusohjelmassa on haluttu edistää myös massiivipuurakenteiden käyttöä puukerrostalojen rakentamisessa.



Kuva 9.1.5.3 Kokkolaan rakennettavassa Nordic Wood -tutkimusohjelman massiivipuुरakentamisen pilottikohteessa välipohjatasot tehdään massiivipuuelementeistä, jotka on koottu syrjä-lankkutekniikalla.



Kuva 9.1.5.4 Massiivipuisia kantavia väliseiniä itävaltalaisessa puukerrostalokohteessa.

Ristikkorakenteita on pidetty asennusteknisesti hyvinä ratkaisuinä, vaikkakin tiheä ristikkojako etenkin välipohjissa tekee pitkien rautaputkien asentamisen välipohjatilaan ristikkosuuntaan nähden poikittain hyvin vaikeaksi. Muovisista sprinkleriputkista ollaan kiinnostuneita, mutta niiden varmuutta epäillään kokemusten puuttuessa. Putkettoman sähköasennuksen kannalta puurunkorakentamista on pidetty betonirakentamista helpompana. Rakennusteknisten töiden osalta puurunkorakentaminen vaatii betonirunkorakentamista enemmän LVIS-apatöitä, kuten kiinnityskapuloiden ja koolauksien tekemistä rakennusrungon sisään putkien ja laitteiden kiinnittämiseksi. Asennusten kiinnityksiä helpottaa ja nopeuttaa oleellisesti se, jos tavanomaisen kipsikartonkilevyverhouksen takana on tukeva kiinnitysalusta, esimerkiksi vanerilevy.

Nykyiset LVIS-urakkahinnoittelut perustuvat vakiintuneen betonikerrostalo-rakentamisen käytäntöihin (esimerkiksi hinta / sähkörasia), jolloin puukerrostalojen rakentamistavan mukanaan tuomat edut, kuten esimerkiksi pintalattioiden, alakattojen ja välipohjaonkaloiden ansiosta helpottunut asennustekniikka, lyhyet johdotuspituudet, rakenteiden helppo lävistettävyyys ja kiinnikkeiden kiinnittämisen helppous, eivät ole näkyneet toteutettujen puukerrostalojen LVIS-urakkahinnoissa. Puukerrostalojen LVIS-asennusteknistä kilpailukykyä voidaan parantaa muun muassa LVIS- ja rakennesuunnittelijoiden nykyistä paremmalla yhteistyöllä, teknisten ratkaisujen vakiinnuttamisella sekä uusien puurakentamiskohteiden avulla saavutettavan kokemuksen, harjaantumisen ja rutiinin avulla.

Asukaspalaute

Suomen seitsemään ensimmäiseen puukerrostalokohteeseen (yhteensä 242 asuntoa) on tehty laaja asukaskysely. Asukaskyselyyn vastanneista kolme viidestä oli naisia. Pääosa vastaajista

oli alle 40-vuotiaita. Talouden koon mukaan tarkasteltuina lapsettomat pariskunnat ja yksin asuvat olivat kaikkein yleisimpiä vastaajia. Pääosa asukkaista oli asunut aiemmin kivirakenteisessa kerrostalossa tai 2-kerroksisessa pienkerrostalossa.



Kuva 9.1.5.5 Asukaspalautteen mukaan puu on kerrostalorakentamiseen tervetullut materiaali. Toisaalta ihmiset haluaisivat asua kaikkein mieluiten pientaloissa. Millaisia asuntoja tulisikin rakentaa?

Asukaskyselytulosten perusteella puukerrostalorakentamiseen suhtaudutaan yleisesti myönteisesti. Asukkaat olivat asuinrakennuksensa lähiympäristöön ja asunnon sijaintiin rakennuksessa yleensä hyvin tyytyväisiä. Puukerrostalojen yleisilmettä ja arkkitehtuuria pidettiin myös hyvänä. Mielenpitoisissa tontin liikenne- ja pysäköintijärjestelyistä esiintyi suurta hajontaa huonon tai erittäin huonon arvosanan antoi jopa neljännes vastaajista. Vastaavanlaista hajontaa esiintyi rakennuksen lämmöneristyksen ja vedon tunteen arvioinnissa. Kosteus- ja homevaurioita ei uskottu esiintyvän puutaloissa sen enempää kuin

kivitaloissakaan. Asuntojen toimivuuteen kuin myös yhteis- ja aputilojen toimivuuteen oltiin yleensä tyytyväisiä. Myös asuntojen kalusteiden ja laitteiden määrää ja laatutasoa pidettiin hyvänä. Kevytrakenteiset seinät miellettiin yleensä paremmiksi kuin kiviaineiset seinät taulujen ym. esineiden kiinnittämisen kannalta. Sen sijaan asuntojen sisäpintojen laatutasoa ja viimeistelyä pidettiin tavallisesti keskinkertaisena. Moitteita suomalaisen asuinrakentamisen taidosta ja viimeistelyjäljestä esiintyi yllättävän paljon. Asukaspalautteessa puukerrostalojen hyvinä puolina pidettiin pehmeitä arvoja, joiksi nimettiin muun muassa kodikkuus, viihtyisyys, lämminhenkisyys, miellyttävyys, ekologisuus ja kaunis ulkonäkö. Positiivisina asioina mainittiin myös hyvä sisäilman laatu, paloturvallisuus ja ääneneristys yleensä.

Asukkaista kahdeksan kymmenestä piti puukerrostalon paloturvallisuutta turvallisuuslaitteiden ansiosta parempana kuin paloturvallisuutta heidän aikaisemmassa, pääasiassa kivirakenteisessa, asunnossaan. Toisaalta noin puolet vastaajista oli sitä mieltä, että automaattinen vesisammutusjärjestelmä lisää kuitenkin jonkin verran kosteusvaurioriskiä rakennuksessa. ”Ei kokemusta” ja ”en osaa sanoa” -arvioita ja huomautuksia esiintyi hyvin paljon henkilöturvallisuutta ja tulipalon omaisuusvahinkoja käsittelevissä kysymyksissä. Asuntorakentamisen uudet paloturvallisuuslaitteet kaipaavat lisätiedottamista.

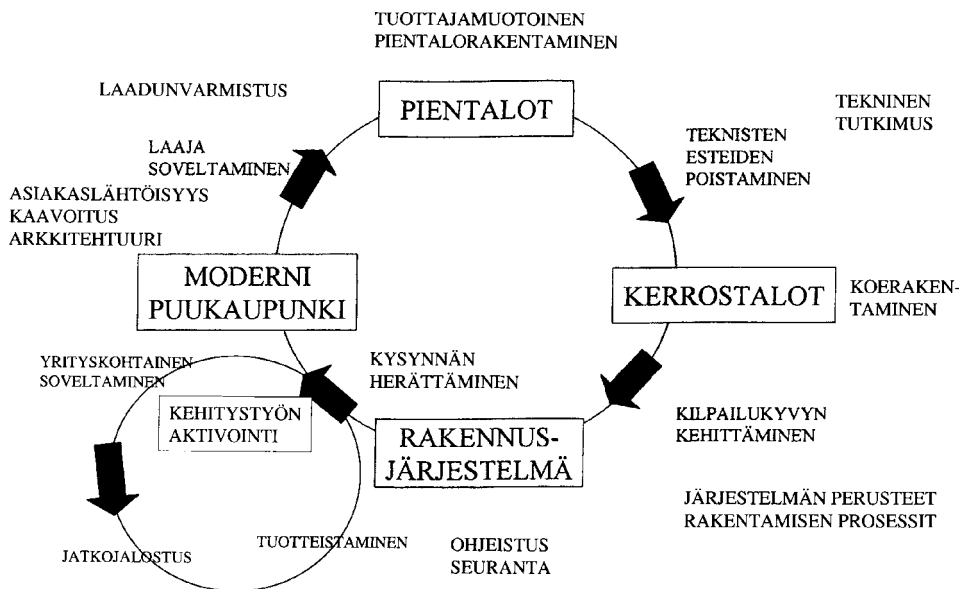
Puukerrostalojen asukkaista kuusi kymmenestä piti asuntonsa yleistä ääneneristystä parempana kuin ääneneristystä heidän aikaisemmassa asunnossaan. Puukerrostalojen ilmaääneneristystä pidettiin sekä pysty- että vaakasuunnassa erinomaisena. Ääneneristyksessä huonoimpana puolena pidettiin kaikkein yleisimmän välipohjien askelääneneristystä ja niiden haitallista värähtelyä. Toisaalta on luonnollista, että jokin äänihaitta nousee merkittävimmäksi, jos rakenteet ovat muutoin ääneneristykseltään hyviä ja asunnot hiljaisia. Betonirunkoisissa vertailutaloissa eniten häiritsevät ilmaääneneristykset. Puukerrostaloissa häiritsevimmiksi ääniksi yksilöitiin matalat äänet, kuten töminä ja bassoääneneristykset ovat subjektiivisia. Jos asuntojen ääneneristystä parannetaan edelleen, on todennäköistä, että tällöin entistä pienempiä ääniä pidetään häiritsevinä. Kerrostalojen ääneneristyskysymyksiä ei saa liioitella, koska niin puukerrostaloissa kuin vertailutaloissakin asukkaat olivat yhtä lailla sitä mieltä, että kerrostaloasumiseen kuuluu luonnollisena osana asuntoon kantautuvat erilaiset äänet, joita ei yleensä pidetty erityisen kiusallisina tai häiritsevinä.

Suurin osa asukkaista oli sitä mieltä, että puutalot ovat yleisesti kauniimpia kuin kivitalot ja puukerrostalorakentamisen avulla saavutetaan normaaleja kerrostaloasuntoja houkuttelevampia asuntoja. Toisaalta suhteellisen moni vastaajista oli sitä mieltä, ettei puukerrostalossa asuminen eroa juuri mitenkään tavanomaisessa betonikerrostalossa asumisesta. Puuta toivottiin lisää näkyväksi verhouksmateriaaliksi porrashuoneisiin ja asuntojen sisätiloihin. Yli yhdeksän kymmenestä vastaajasta katsoi, että puun käyttöä tulisi lisätä Suomessa. Noin puolet vastaajista valitsisi kokemustensa perusteella asunnon mieluummin puurakennuksesta kuin kivirakennuksesta. Toisaalta neljä kymmenestä ilmoitti, ettei heidän asuntovalintansa riipu rakennusmateriaalista. Kerrostalossa asuminen ei ole yleisesti suosittua, sillä yhdeksän kymmenestä vastaajasta muuttaisi mieluiten kaksi- tai yksikerroksiseen rivi- tai omakotitaloon. Puun tuomista kerrostalorakentamiseen pidettiin kuitenkin tervetulleena.

9.2 Puukerrostalojen tulevaisuuden haasteet

9.2.1 Lähtökohta tulevaisuudelle

Suomalaisen puukerrostalon lähtökohdat ja tavoitteet ovat olleet selkeät, ja niitä on pyritty tuomaan esille myös tämän väitöskirjatutkimuksen avulla. Tähänastisilla tutkimuksilla, selvityksillä ja toimenpiteillä on poistettu puukerrostalorakentamisen ennakkoluuloja ja teknisiä esteitä. Rakentamismääräykset on saatu muutetuksi puiset kerrostalot salliviksi, ja teknisiä ratkaisuja on saatu kehitetyksi ja testatuksi todellisissa koerakentamiskohteissa. Puukerrostalojen kilpailukyvyn kehittämiseksi on luotu myös avoin suomalainen puurakentamisjärjestelmä mittastandardeineen. Tämän tueksi ja rakennuskohteiden laadun varmistamiseksi on pyritty tuottamaan myös ohjeistusta. Samalla on tehty seurantaa ja kerätty palautetta uusista kehittämistarpeista. Rakentamistavan edistämiseksi ja harjaantumisen hyödyn saavuttamiseksi rakentamistavassa tarvitaan nyt jatkuvuutta. Siksi puurakentamiselle on pyritty herättämään kysyntää ja käynnistämään uusia kohteita. Tätä palvelee muun muassa valtakunnallinen Moderni puukaupunki -hanke, joka tähtää puun käytön edistämiseen puumiljöötavoitteiden, arkkitehtuurin, asiakaslähtöisyyden, uudenlaisen kaavoituksen ja aluerakentamismallin keinoin. Vaikka suomalaisten puukerrostalojen varsinaisen koerakentamisajan voidaan katsoa päättyneen, kilpailukyvyn parantamiseksi puurakentamisen kehittämistyötä tulee vielä jatkaa.



Kuva 9.2.1.1 Suomalaisen puurakentamisen kehittämissuorissa eri osa-alueet tukevat toisiaan.

Tässä väitöskirjatutkimuksessa on tuotu esiin tekijöitä, jotka selvittämällä ja kuntoon saattamalla puukerrostalojen kilpailukykyä voidaan lisätä. Tutkimuksen tiedot ja johtopäätökset ovat käyttökelpoisia lähtötietoja puukerrostalojen jatkokehittämisen tueksi. Seuraavissa kappaleissa on esitetty lyhyesti tämän tutkimuksen perusteella linjatut puukerrostalorakentamisen jatkokehittämishaasteet.



Kuva 9.2.2.1 Suomen ensimmäiset puukerrostalot ovat olleet ulkoasultaan varsin maltillisia. Ovatko ne saaneet ulkoasunsa liiaksi vallitsevasta betonikerrostalotuotannosta? Kuvassa Porvoon toinen puukerrostalo, As Oy Aleksanterinkatu 29.

9.2.2 Tutkimus, tuotekehitys, normitus ja ohjeistus

Tutkimus ja tuotekehitys

- Puurakentamisen mahdolliset ekologia-, energia- ja elinkaarihyödyt tulisi selvittää yksityiskohtaisesti ja saattaa tulokset kansantajuudessa muodossa laajaan levitykseen Suomessa.
- Lämmöneristysmääräysten mahdollisesta kiristymisestä (2003 -) aiheutuvat muutokset avoimen puurakennejärjestelmän rakenne- ja rakennusosaratkaisuihin tulisi selvittää hyvissä ajoin ennen uusien määräysten voimaantuloa.
- Puukuitueristeiden käyttömahdollisuudet puukerrostalojen lämmöneristysmateriaalina tulisi selvittää toiminnalliseen paloturvallisuussuunnitteluun perustuen, jotta ulkoseinärakenteet

saataisiin puukerrostaloissa muovittomiksi. Tätä kautta voitaisiin myös lisätä puukerrostalojen ekologista imagoa.

- Puukerrostaloihin tulisi kehittää uusien euronormien mukaisia kuultokäsiteltyjä ja palosuojattuja (B- ja C-luokan täyttäviä) pintaverhouk- ja sisustustuotteita, jotta puuta saataisiin tähänastista enemmän näkyväksi materiaaliksi asuintiloihin ja porrashuoneisiin.

- EU:n alueelle tulisi kehittää yleisesti hyväksyttävä puuvälipohjien äänitekninen malli. Mallin tulisi olla sellainen, että sen avulla voitaisiin tarkoituksenmukaisella tavalla arvioida myös ääneneristyksen subjektiivista kokemista.

- Puukerrostalon välipohjan ja ulkoseinän liitoskohtaan muodostuu käytännössä höyrinsulun epäjatkuvuuskohta. Rakenteen lämpö- ja kosteusteknisestä toimivuudesta tarvitaan lisää mittauksia ja seuranta valmiista kohteista.

- Koerakentamisajalla esiintyneiden epäilyjen hälventämiseksi tulee osoittaa avoimessa puurakentamisjärjestelmässä kahden lappeellaan olevan yläsidepuun rakenteellinen toimivuus.

- Maamme ensimmäiset puukerrostalokohteet ovat olleet arkkitehtuuriltaan, massoitteeltaan ja yleisilmeeltään varsin maltillisia. Tässä mielessä puukerrostalot voisivat tarjota enemmän.

- Puukerrostalojen välipohjat kaipaavat edelleen tuotekehitystä, koska ne ovat vielä liian monimutkaisia, työvaltaisia ja kalliita. Puukerrostalojen välipohjien jatkokehittämisessä tavoitteina tulisivat olla matalia ääniä ja värähtelyä tehokkaasti vaimentavat, pitkälle elementoidut ja kustannustehokkaat välipohjaratkaisut, jotka mahdollistaisivat myös luontevat LVIS-reiitykset.



Kuva 9.2.2.2 Keveät puuvälipohjat ovat ääniteknisesti haastavia. Erityisesti matalien äänten ja värähtelyn vaimentamiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota.

- Jos rakennusoikeuden määritelmä pysyy nykyisellään, tilakustannusten minimoimiseksi puukerrostalojen välipohjiksi tulee kehittää pitkälaattaratkaisuja tai vaihtoehtoisesti käyttää välipohjien välitukina pilari-palkkikehää.
- Puukerrostalojen tilakustannusten vuoksi tulisi myös kehittää nykyisten suhteellisen paksujen kaksoisrunkoisten huoneistojen välisten seinien tilalle mahdollisimman ohuita, mutta kuitenkin vaadittavat äänen- ja paloneristysmääräykset täyttäviä väliseinäratkaisuja.
- Puukerrostalojen LVIS-urakkakäytäntöjä ja -ratkaisuja tulisi kehittää hyödyntämään tehokkaammin puukerrostalojen rakentamistapaa ja sen omia mahdollisuuksia (esimerkiksi asennusreititys).
- Puukerrostalojen ekologisen imagon kannalta olisi toivottavaa, että rakentamistapaan tulisivat mukaan luontevana osana myös ekologiset LVIS-ratkaisut, kuten esimerkiksi viemäröinnin harmaavesijärjestelmä sekä maalämpöä ja aurinkoenergiaa hyväksi käyttävät lämmitysjärjestelmät.
- Laivoteollisuudessa yleisesti käytössä olevien vesisumuspinklereiden mahdollisuudet tulisi selvittää myös puukerrostalorakentamisessa, jotta mahdollisissa onnettomuustapauksissa sprinklereiden kautta tuleva vesimäärä olisi mahdollisimman pieni.

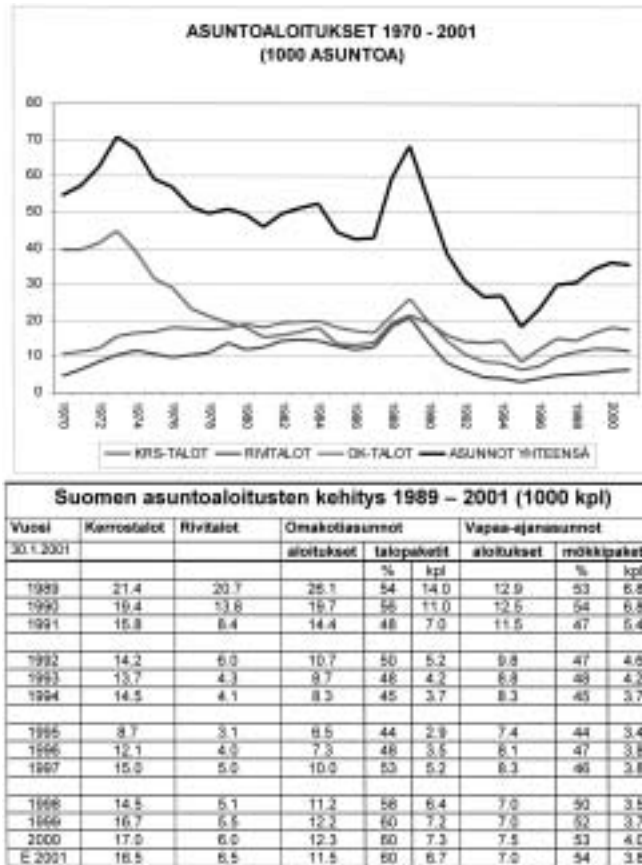
Normitus ja ohjeistus

- Puuvälipohjien haitallisen värähtelyn hallitsemiseksi ja arvioimiseksi tulisi tuottaa nykyistä käytännönläheisempiä ohjeita sekä mitoitus- ja mittausten menetelmiä.
- Puukerrostaloja koskevia palomääräyksiä tulisi tarkentaa siten, että palosäädökset olisivat loogisia ja niiden tulkinnat eri paikkakunnilla yhtenäisiä. Esimerkiksi puukerrostalojen ulkoseinien julkisivupalonormit, parvekkeita ja luhtikäytäviä koskevat vaatimukset sekä säädökset tiiviisti (rakennusten välinen etäisyys < 8 m) rakennettavista puumiljöistä kaipaavat valtakunnallisesti nykyistä yhtenäisempiä pelisääntöjä.
- Tulevissa euronormeissa tulisi selkeyttää sisäverhouksien käytössä ja palomitoituksissa nyt epäselvyyttä aiheuttavat käsitteet ”suojaverhoukset” ja ”palosuojaus”.
- Toiminnallisia palomääräyksiä tulisi yksinkertaistaa ja saada aikaan rohkaisevia, käytännönläheisiä esimerkkejä niiden soveltamisesta. Puukerrostalojen paloturvallisuutta tulisi tarkastella toiminnalliseen paloturvallisuussuunnitteluun perustuen tähänastista kokonaisvaltaisemmin.
- Puun käyttömahdollisuudet ja sen tuomat mahdolliset lisäarvot myös P1-luokan betonirunkoisten kerrostalojen sisä- ja julkisivuverhouksissa kannattaisi selvittää.

9.2.3 Kilpailukyky, uskottavuus ja markkinointi

Pohjois-Amerikassa yli 90 % kaikista kerrostaloista tehdään puurunkoisina, koska puurakentaminen on siellä 120 vuoden kokemuksen perusteella sikäläistä betonirakentamista edullisempaa. Samoin tänä päivänä Skotlannissa noin 60 % uusista kerrostaloista tehdään puurunkoisina, koska puurunko lyhentää rakennusaikaa ja alentaa siten rakentamisen kokonaiskustannuksia. Pohjois-Amerikassa ja Skotlannissa puurakentamisen edullisuus johtuu myös kehittyneestä rakentamistavasta ja rakentamisprosessin kokonaisvaltaisesta hallinnasta. Molemmilla alueilla puukerrostalojen rakenne- ja rakennusosaratkaisut ovat yleis-

sesti käytössä. Keski-Euroopassa puurakentamista suositetaan erityisesti ekologisin perustein. Puukerrostalorakentamisen kilpailukyvyyn tekijät tulisi aiempaa kokonaisvaltaisemmin määritellä myös Suomessa.



Kuva 9.2.3.1 Suomalaisen asuntorakentamisen volyymit ja kehitys.

Tähänastisten kokemusten perusteella puukerrostalojen rakentamista hyväksi puoliksi on nimetty muun muassa hyvä ilmastoineristys, paloturvallisuus, joustavuus, lyhyt rakennusaika, talvirakentamisystävällisyys, edullinen runkomateriaali, edulliset ulkoseinät ja yläpohjat, helppo kiinnitys-, liitos- ja LVIS-asennustekniikka, paikkaus- ja tasoitustöiden vähäisyys, keveät perustukset, keveät rakenteet ja vähäinen nostokaluston tarve runko-vaiheessa. Saadun ammattilaispalautteen mukaan puukerrostalorakentamista tulisi markkinoida Suomessa muilla argumenteilla kuin hintakysymyksillä. Tätä vahvistaa osaltaan myös se, että asuntorakentamisen käytäntöjen muuttaminen ja hintojen alentaminen ei näytä juurikaan olevan rahoittajien ja urakoitsijoiden intressinä.

Toisaalta puukerrostalojen menestymistä ei jatkossa takaa sekään, että niitä koskevat tekniset ja tuotannolliset ongelmat ratkaistaan tai että niitä kyetään rakentamaan edullisesti. Tarkastelu pelkkänä itsetarkoituksellisena materiaalivalintana ei myöskään tuo puurakentamisen mahdollisuuksia vielä uskottavasti esille. Jotta puukerrostalorakentamisesta muodostuisi asukkaita ja urakoitsijoita houkutteleva vaihtoehto, on myös vastaisuudessa

paneuduttava puukerrostalojen arkkitehtuuriin ja asuinmiljöiden viihtyisyyteen. Myös suunnitteluratkaisujen ja toteutuksen virheettömyyteen sekä rakennusten huollettavuuteen ja pitkäaikaiskestävyyteen on puurakentamisen - kuten muunkin rakentamisen - yhteydessä kiinnitettävä erityistä huomiota. Kilpailukykyä tulisi käsitellä laajempaan kysymyksenä kuin pelkkänä rakennuksen toteuttamishintana.

Jatkossa puurakentamisen ekologisuutta ja elinkaarimarkkina-arvoa tulisi pystyä hyödyntämään tähänastista enemmän, vaikkakaan nykyiset vakiintuneet rakentamisen käytännöt ja rahoituskuviot eivät vielä tue tällaista kehitystä. Puurakentamisella olisi mahdollista uudistaa suomalaisten asuinrakennusten tuotantotapaa uuden maankäyttö- ja rakennuslain hengessä nykyistä asukaslähtöisempään suuntaan. Puurakentamisella voitaisiin tarjota lisäarvoja, uusia valintoja ja joustavuutta asuntojen tarvitsijoille. Tässä suhteessa puukerrostalojen positiivista asukaspalautetta tulisi hyödyntää aiempaa enemmän. Puurakentamisen uskottavuutta voidaan vahvistaa myös hyvien, jo toteutettujen esimerkki-kohteiden avulla. Lisäksi puun käytön menekinedistämässä on tärkeää vaikuttaa suoraan kaavoittajiin, päättäjiin, rakennuttajiin ja rahoittajiin, jotka ovat keskeisessä asemassa asuntotuotantoketjun alkupäässä.

9.2.4 Puumiljö- ja aluerakentamisen mahdollisuudet

Uusia asuinalueita kaavoitettaessa puu on nyt mahdollinen vaihtoehto aina 4-kerroksisiin kerrostaloihin saakka. Kerrostalojen sijasta matalaa, tiivistä asuntorakentamista on viime aikoina alettu arvostaa Suomessa yhä enemmän. Myös valtion asuntopolitiikassa on haluttu suosia tiivistä ja matalaa rakentamista, ja tällä alueella puu on rakennusmateriaalina jo nyt valta-asemassa. Asukkaiden varallisuuden kasvaessa kerrostaloista halutaan tietävästi pois, ja ihanteena ovat omakotitalot, rivitalot ja kaksikerroksiset pienkerrostalot. Tämän tiedon perusteella on todennäköistä, että tulevaisuuden kerrostaloista suurin osa rakennetaan enintään kaksikerroksisiksi pienkerrostaloiksi. Puurakentamisessa tähän ohjaavat osaltaan myös palomääräyksemme, koska puurakennusten turvallisuusvaatimukset tiukentuvat merkittävästi kerrosluvun noustessa kahdesta kerroksesta kolmeen tai neljään.

Huomion kiinnittäminen yksittäisistä rakennuksista miljöökysymyksiin ja kaavoitukseen sekä aluerakentaminen ja uudet urakointimuodot voisivat tarjota puurakentamiselle uusia mahdollisuuksia. Puulla ja pienimuotoisella puurakentamisella voisi olla annettavaa myös 1960- ja 1970-lukujen huonomaineisten betonilähiöidemme pehmentämisessä niin lisä- ja täydennysrakentamisen kuin korjausrakentamisenkin yhteydessä. Uudenlaista ihmisläheistä ja tiivistä puumiljö- ja aluerakentamista voisivat harjoittaa sekä talotehtaat että rakennusliikkeet. Sekä puisia pientaloja että kerrostaloja voivat rakentaa myös pienet kirvesmiestyöryhmät. Tämä voisi olla puurakentamisen vahvuus etenkin pienillä paikkakunnilla. Näiden lisäarvotekijöiden hyväksi käyttäminen vaatii kuitenkin uskallusta ja tahtoa poiketa kaavoituksen, rakennuttamisen, rahoituksen, urakoinnin ja asuntomarkkinoinnin vakiintuneista toimintamalleista. Näihin puu-, asunto- ja aluerakentamisen uusiin haasteisiin pyritään vastaamaan muun muassa valtakunnallisen Moderni puukaupunki -hankkeen avulla.

Tämän tutkimuksen perusteella puurakentamisen uudelle tulemiselle näyttäisi olevan kysyntää. Nyt pitäisi osata järjestää kysyntää vastaavaa tarjontaa. Puurakentamisessa ei

tulisikaan enää keskittyä niinkään itse rakentamisprosessiin, vaan valmiin rakennuksen ja asuinmiljöön ominaisuuksiin, jotka ovat keskeisiä asukkaiden kannalta ja jotka tulevat olemaan nykyistä tärkeämmällä sijalla markkinointitilanteessa. Asuinrakennuksia ja asuntoja tulee rakentaa ensisijaisesti asukkaita varten tässä mielessä suomalaisten puukerrostalojen rakentamisessa metsää ei ole nähty vielä puilta.



Kuva 9.2.4.1 Puu on suomalaisille puukerrostaloille luonteva julkisivumateriaali. Puumiljöötä Oulun Puu-Linnanmaalla, Kiinteistö Oy Linnakotka.

10 English summary

10.1 Finnish timber multi-story apartment building

10.1.1 Background, principles and objectives

Finland is the most forested country in Europe. Utilisation of Finland's forests could be increased, especially in the construction and furniture industries and in yard and environmental construction. This would be sensible from the standpoint of employment, exporting, national economy and ecology. Since the 1990s Finland's national objective has been to promote the use of wood, raise the degree of refinement of timber construction products, expand exporting and increase employment and training in the field of timber. To promote timber construction, several theme and activity-based programs have been started in Finland since the early 1990s. Finland's timber industry's vision for 2010 is to make wood Europe's primary material in the system designs of housing construction and in consumer products for quality living.

Finland has always had a strong timber construction heritage, especially in rural areas. People have felt wooden buildings have a warm, human atmosphere. Today nearly all of Finland's leisure-time buildings and four fifths of the single-family and row houses are made out of wood. Studies were conducted in Finland in the 1990s to determine the possibilities of also using wood in multi-story apartment building construction. Light, flexible timber construction has been used to combine the good sides of apartment building living and single-family home living, because timber construction is most typically small-scale, diversified construction. Other basic goals of multi-story timber apartment buildings have included equality of materials used in construction, lowering the cost of housing construction, ecology, raising the image of wood and timber architecture, and bringing forth the milieu values achievable with timber construction. As far as ecological values are concerned, the problem in Finland is that common rules of the game have not yet been created with which the environmental impact of construction and building materials and the entire life span of

buildings can be evaluated, which would thereby have a practical effect on the choice of construction materials and technical designs.

Construction and fire codes have limited the use of wood in buildings over two stories high in Finland since the 1800s. Concrete technology began to be developed widely for use in towns and multi-story apartment buildings in the early 1960s, whereupon timber construction was left aside in large-scale construction. The Finnish fire code (RakMK E1) was modified on Sep. 1, 1997 to allow construction of three and four-story residential and commercial buildings with timber frames and wooden façades without exceptional permit procedures. Pressure to change Finland's fire code came when Finland joined the EU and it became necessary to compile uniform functional fire codes and remove barriers to material trade within the EU.

Finland has one of the highest percentages of multi-story apartment buildings in Europe. Finland's housing market is also characterised by the percentage of privately-owned housing (60 %), construction of private saunas in housing units and the small average size of households. In light of housing statistics, the possible market share of multi-story timber apartment buildings seems to have considerable potential, as around 44 % of Finns live in multi-story apartment buildings, of which three fourths are less than five stories high, meaning that according to current regulations they could be constructed out of wood. Also, the growing popularity of living in rental housing has increased the share of multi-story apartment buildings. Today around half of the apartments in Finland's multi-story apartment buildings are rented.

Finnish multi-story timber apartment buildings have been developed during a period when Finland's building regulations have undergone considerable changes. Housing and multi-story apartment building construction have been affected by a change in the story height of multi-story apartment buildings (1994 -), a renewed fire code (1997 -), stiffer sound insulation requirements (1998 -), new moisture regulations and instructions (1999 -) and a new land use and construction law (2000 -). Also, the structural design of timber structures is changing from RakMK B10 to pan-European Eurocode 5 design practice. In developing technical solutions information and experience have been obtained from North American and European timber construction sites and development work. Research and experimental construction related to multi-story timber apartment buildings has also been done since the 1990s in Sweden, Denmark and Norway in conjunction with a pan-Scandinavian *Nordic Wood* research project.

Finland's experimental multi-story timber apartment building construction projects have included research, development and various experimental operating models. The completed multi-story timber apartment buildings have functioned as demanding pilot sites for timber construction development and new designs and construction methods. The timber construction technology program has strived to promote good-quality, durable and economically competitive timber construction and to create prerequisites for modern timber architecture. The goal of multi-story timber apartment building design and construction has been to make buildings whose technical designs, long-term durability and living comfort are on par with or better than current Finnish construction methods.

10.1.2 Construction method and technical know-how

Ten multi-story timber apartment building sites with 338 apartments have been constructed in Finland in 1995 - 2001. The next two sites will be ready in 2002. The publicity and feedback related to multi-story timber apartment building have mainly been positive. However, multi-story timber apartment building construction has not made an actual breakthrough in Finland. This is understandable, because the construction field is conservative, and changes are slow to come to established practices. The Finnish multi-story timber apartment building is trying to reach a position alongside multi-story concrete apartment buildings, which have been successfully developed during the past 40 years in Finland. Multi-story timber apartment buildings and multi-story concrete apartment buildings are at odds with each other. Multi-story timber apartment building construction has also been hindered by many biased opinions and a label of experimental, expensive construction. Many of these doubts and biased opinions have been exaggerated.

In designing and constructing multi-story timber apartment buildings it is necessary to pay closer attention to the technical and physical properties of wood than in conventional timber construction. Questions of fire safety, sound insulation and moisture are of primary concern in multi-story timber apartment building construction. Lamella, single-point, hallway and terrace buildings are all suitable as multi-story timber apartment buildings. Housing design is not limited by the manner of construction. A load-bearing frame system that employs plywood sheathing as a stiffener is technically suitable as a frame system in Finnish multi-story timber apartment buildings. Such a system lends itself to both on-site construction and element construction. This platform system has been applied in all the Finnish multi-story timber apartment buildings to date with the exception of the Ylöjärvi site with its pillar-beam frame. Because of its structural and architectural integrity, wood has also been held as a natural façade facing material in Finnish multi-story timber apartment buildings.

Finland has sufficient production, transportation, lifting and job site equipment needed in timber construction, so multi-story timber apartment building construction does not entail separate investments. A multi-story apartment building with a timber frame and wooden façade weighs only 1/5 of a similar multi-story concrete apartment building. Because of its lightness, multi-story timber apartment building construction is especially suitable on small lots and on earth with a poor load-bearing capacity. A truck-mounted crane or boom is usually sufficient for lifting and moving building components and materials. However, in multi-story timber apartment building construction special attention must be paid to settling of the building frame, impact sound insulation of intermediate floors, structural tightness and routing of HVAC installations. The period of experimental multi-story timber apartment building construction in Finland has indicated that the technical questions related to multi-story timber apartment buildings, such as construction engineering and heat, sound, fire, water and moisture insulation, as well as HVAC installation, are manageable. The open construction system of Finnish multi-story timber apartment buildings with its building components and structural types has been developed and tested. Therefore, it is no longer necessary to speak of experimental multi-story timber apartment building construction.

10.1.3 Fire safety

Around 100 people a year perish in fires in Finland. Three fourths of the deaths occur in residential buildings. Studies have shown that the victim's behaviour has a greater effect on the start of the fires than the structural design of the site of the fire. Fire alarms and automatic sprinkling systems increase the personal and fire safety of buildings. The Finnish fire code (RakMK E1) was modified at the end of the 1990s in a European direction that treats wood more equally with other construction materials. Also, operational fire safety planning and risk assessment inspections are increasingly being implemented alongside RakMK E1's rather roughly tabulated norms as a part of a building's fire safety evaluation. However, due to the large number of variables, modelling of fires and risk assessment are arduous and difficult. Finland's fire code will be modified even more in the future, because they will include the new pan-European fire classification for materials.

The new construction procedure of Finnish multi-story timber apartment buildings initially included unclarities and mixed interpretations related to fire codes. Furthermore, during the period of experimental construction the fire safety requirements of multi-story timber apartment buildings were commonly overly cautious. Variations in interpretation have shown up in the fire safety regulations governing fire stops of the façades, eaves, balcony walkways and balconies of multi-story timber apartment buildings. In practice, the compilers of the regulations have transferred decision-making authority and approval of unestablished fire-related solutions to local authorities, who in turn have indicated that they would be ready to approve only such solutions that have been universally approved by the compilers of the regulations. This has resulted in a situation where development of fire-related designs of multi-story timber apartment buildings has been the job of designers and builders, who do not necessarily have sufficient experience or courage to decide on uncertainties that arise.

For example, the visible fire stops recommended by the Finnish fire code for high wooden façades do not function as intended in practice, and in some cases they even contribute to the spread of a façade fire. Fire tests performed at the Kuopio Rescue College have indicated that instead of using visible protruding fire stops, the spread of small façade fires can be effectively limited by partitioning the air space behind the façade in the horizontal direction and by using horizontal structures in the air space that choke the spread of a fire in the air space. From the overall viewpoint, protruding fire stops are not a suitable solution, because the fire tests showed that the fire stops have to be about 200 mm wide before they can guide a flame away from the surface of the wall. Also, a fire bypasses protruding fire stops from behind surprisingly quickly, especially if a type of insulation that is quickly destroyed by heat, like fibreglass insulation, is used.

The overall effect of sprinkler systems in preventing the spread of an apartment fire should be taken into consideration more extensively than is presently done in operational fire safety inspections of multi-story timber apartment buildings, the logic behind fire code renewal and fire insurance tariffs. The façade fire risk of a class P2 multi-story timber apartment building equipped with a sprinkler system should not be exaggerated. From the standpoint of firemen's work, the spread of a fire into the attic should be prevented. This can be achieved by partitioning the exterior wall and eaves facing the attic. The danger of external ignition can be reduced by directing and supervising the design of multi-story timber apartment buildings to avoid placement of waste containers and car garages in their close vicinity.

Residents wish wood would be used more than is currently used in stairways and interior facing in the apartments. In future pan-European fire codes the use of treated fire-resistant class B and C wood products will be possible, whereupon the design and material choices of multi-story timber apartment buildings can be developed so that wood and wood products can be used more visibly in stairways and inside the apartments. This should not be done in a way that compromises living safety, but rather on the basis of operational fire safety planning, by developing safety devices, structural solutions and surface treatment materials of wood products, and by comprehensive examination of these solutions. To improve personal safety, the requirement of an automatic sprinkling system could be applied equally to all residential buildings regardless of whether they are constructed out of wood, concrete or steel.

10.1.4 Space cost factor

In Finland, permitted building volume is based on gross floor area. Space cost is an additional cost caused by thickening of structures. Because both financing of housing production and income from the sale or rent of housing are based on gross floor area, and because permitted building volume is usually limited by the town plan, space cost in the form of sale or rent cost lost to structures is high in housing construction. Space cost is also formed in the vertical direction, which is, however, not significant, because this space cost does not apply to floor area, and therefore does not result in a speculative loss of sale or rent income. The choice of the type of building, the frame system and type of structure has an effect on the number of load-bearing structures, and thereby on space cost.

A new land-use and construction law that became effective in Finland on January 1, 2000 specifies a 250 mm ruling concerning exterior walls, which means the permitted building volume allowed by the town plan can be exceeded by the amount that the thickness of the exterior wall exceeds 250 mm. The land-use and construction law also grants the building inspection authorities the right to permit minor deviations from specified construction limits, such as permitted building volume. Interpretations vary by locality, though.

On the basis of space cost calculations made of Finland's first multi-story timber apartment buildings, it is apparent that double-frame walls between apartments in multi-story timber apartment buildings are quite disadvantageous from the standpoint of space cost, even though the structure offers very good sound insulation. The load-bearing interior walls of apartments also cause space cost. But, from the standpoint of space cost, the exterior walls of multi-story timber apartment buildings would be less expensive than thick stone exterior walls if the 250 mm ruling in the land-use and construction law did not negate this advantage of timber exterior walls. Therefore, the question is raised why can't the same type of maximum thickness that is included in permitted building volume be specified for walls between apartments and load-bearing walls as is specified for exterior walls?

Taking space cost into consideration when designing a multi-story timber apartment building is one of the most important matters from the standpoint of the competitiveness of this type of construction. When the current permitted building volume based on gross floor area is applied, multi-story timber apartment buildings constructed using current designs that incorporate a frame system consisting of load-bearing interior walls and short spans

have a less advantageous space cost than conventional concrete frame multi-story apartment buildings with long-slab intermediate floors. Construction methods that use different building materials and frame systems would be on a more equal footing of the concept of permitted building volume were based on *net floor area* (total room floor area). This would increase competition and lower the overall cost of construction. Permitted building volume based on net floor area would also be more fair to residents, as they currently pay for the floor area of the non-load-bearing walls in their apartments.

10.1.5 Experiences and feedback related to multi-story timber apartment buildings

Designer and contractor feedback concerning the method of construction

According to feedback from the designers and contractors of multi-story timber apartment buildings, until now this construction method has required considerable experimentation and practice, which has raised the overall cost compared to routine multi-story concrete apartment building construction. Many contractors have called multi-story timber apartment building construction labour-intensive, and therefore expensive, compared to multi-story concrete apartment building construction. But, the number of sites has been small and they have been experimental sites for the builders. Also, the experiences gained from the first sites have not been utilised sufficiently in new multi-story timber apartment building projects. Furthermore, in examining the economics of multi-story timber apartment building construction, the focus has to a large degree been on frame work, even though the frame cost of a multi-story timber apartment building is only about 20 % of the total cost of construction. The unclear practice of the authorities concerning multi-story timber apartment building construction has also caused unsureness in multi-story timber apartment building construction.

The designing of the first multi-story timber apartment buildings took considerably more time than the designing of similar multi-story concrete apartment buildings. This is because the design and construction practices have not yet become established. The platform frame system and its Finnish variation, an open timber construction method, is generally considered to be problem-free, easy and quick. According to contractors, the intermediate floors of multi-story timber apartment building still need development to make them more simple, economical and better insulators of impact sound. Logistics at a multi-story timber apartment building construction site or of primary importance. The multi-story timber apartment building construction method requires continuity, practice and training on the part of the designers, contractors, material suppliers and authorities. It has not been possible to sufficiently exploit the lightness of timber construction at the sites thus far, neither in the foundations nor in lifting equipment. Multi-story timber apartment building construction still lacks economic credibility, and for this reason construction companies are dubious about multi-story timber apartment building construction replacing multi-story concrete apartment building construction. Construction workers mainly have a positive attitude toward timber construction.

Experience and feedback concerning HVAC

Based on experience obtained from Finland's first multi-story timber apartment building sites, routing of technical installations is relatively easy. The choice of carrier brackets in the intermediate floors and the overall structure significantly affect the installation of HVAC systems. Closely spaced carrier brackets make installation difficult and lines that travel perpendicular to the intermediate floor carrier brackets are difficult to install. Truss structures and thick surface floors make installation easier. Heating, water, ventilation and electric systems in multi-story timber apartment buildings can be implemented using available conventional solutions. A special system in multi-story timber apartment buildings is the sprinkling system required by the fire code. It can be connected to the normal water system. A timber building is felt to be a pleasant working environment.

On the basis of the study there is, however, still room for development in the HVAC technology of multi-story timber apartment buildings. The HVAC plans of multi-story concrete apartment buildings have been too general and they have not fully exploited the special possibilities offered by timber construction for routing piping. For example, the direction of bottom, intermediate and top floor beams and carrier brackets has not been examined closely enough and taken into consideration in routing technical installations. On the other hand, it has been unclear how many slots and holes can be made in load-bearing timber structures and where they should be located. Truss structures are considered to be a good solution because they are easy to install, although closely spaced trusses, especially in the intermediate floors, make it very difficult to install long iron pipes in the intermediate floor space in a direction perpendicular to the direction of the trusses. There is interest in plastic sprinkler pipes, but due to a lack of experience, their reliability is doubted. From the standpoint of electrical wiring without protective tubing, timber frame construction is considered easier than concrete construction. Timber frame construction requires more auxiliary HVAC work than concrete frame construction, such as installation of wood blocks and battens inside the frame to allow fastening of piping and accessories. Installation is much easier and quicker if there is a sturdy base, such as a plywood sheeting, behind the gypsum sheeting commonly used on the surface.

Current HVAC contract prices are based on established multi-story concrete apartment building construction practice (e.g., price / electric outlet). Therefore, the advantages brought by multi-story timber apartment building construction, such as simplified installation due to surface floors, ceilings and gaps in intermediate floors, short routing distances, ease of penetration of structures, and ease of installation of fasteners, do not appear in the HVAC contract prices of completed multi-story timber apartment buildings. The competitiveness of HVAC installation and work in multi-story timber apartment buildings can be improved, for example, through better co-operation between HVAC and structural designers, establishment of technical solutions, and experience, practice and routine obtained with the help of new timber construction sites.

Resident feedback

An extensive resident survey has been completed at the first seven multi-story timber apartment building sites in Finland (a total of 242 apartments). Three out of five respondents were women. Most were under 40 years old. According to the size of the household, childless

couples and single residents were the most common. Most of the residents had previously lived in a concrete multi-story or two-story apartment building.

Based on the resident survey, people generally have a positive attitude toward living in a multi-story timber apartment building. The residents were for the most part very satisfied with the immediate surroundings of the building and the location of their apartment. The general appearance and architecture of multi-story timber apartment buildings was also considered to be good. There was considerable deviation in the opinions on the traffic and parking arrangements of the plot – as many as a quarter of the respondents graded them as poor or very poor. Similar deviation was noticed in the evaluation of the buildings' thermal insulation and draughtiness. The residents felt the occurrence of moisture and mildew damage was no higher in a timber building than in a concrete building. They were generally satisfied with the functionality of the apartments and the common and auxiliary spaces. The quantity and quality of the furnishings and appliances of the apartments was also considered to be good. Lightweight walls are considered better than stone walls because it is easier to fasten paintings and other objects on the walls. But, as a rule the quality and finish of the interior surfaces of the apartments was considered to be only average. There were surprisingly many complaints about the skill and quality of finish of Finnish housing construction. In the feedback from the residents, the good sides of a multi-story timber apartment building were soft values, such as cosiness, comfort, warmth, pleasantness, ecology and a beautiful appearance. Other positive issues included good indoor climate, fire safety and sound insulation in general.

Eight out of ten residents felt that, due to the safety equipment, the fire safety of the multi-story timber apartment building is better than it was in their previous apartment, mainly in a multi-story concrete apartment building. On the other hand, around half of the respondents felt the automatic –water-sprinkling system slightly increases the risk of moisture damage in the building. Many "no experience" and "I don't know" evaluations and notes were given in response to questions dealing with personal safety and property damage caused by fire. Additional information about fire safety equipment new to housing construction needs to be distributed.

Six out of ten residents of multi-story timber apartment buildings felt the general sound insulation of their apartment was better than that of their previous apartment. The airborne sound insulation of the multi-story timber apartment buildings in the vertical and horizontal directions was excellent. The impact sound insulation and vibration of the intermediate floors were considered to be the worst aspect of sound insulation. On the other hand, it is natural that a certain sound will bother more of the structures are otherwise well insulated and the apartments are quiet. In reference multi-story timber concrete buildings, airborne sounds bothered the inhabitants the most. In multi-story timber apartment buildings the most bothersome sounds were low sounds like thumping and bass frequencies. Sound insulation is experienced subjectively. If the sound insulation of apartments is further improved, it is probable that even smaller sounds will be considered bothersome. The question of sound insulation in apartment buildings shouldn't be exaggerated, as the residents of both multi-story timber apartment buildings and reference buildings were of the mind that various sounds are a natural part of living in a multi-story apartment building, and they were not generally felt to be particularly bothersome or disturbing.

Most of the residents felt that wooden buildings are generally more beautiful than stone buildings, and multi-story timber apartment building construction results in more enticing

apartments than normal multi-story apartment buildings. On the other hand, relatively many respondents felt that living in a multi-story timber apartment building did not differ much from living in an ordinary multi-story concrete apartment building. They wished for more wood as a visible facing material in the stairways and interiors of the apartments. Over eight out of ten of the respondents felt the use of wood should be increased in Finland. Based on their experience, about half of the respondents would choose an apartment in a timber building rather than a concrete building. On the other hand, four out of ten said their choice of an apartment doesn't depend on the construction material. Living in a multi-story apartment building is not favoured; nine out of ten respondents would rather move into a one or two-story row house or single-family home. Nevertheless, they welcomed the introduction of wood to multi-story apartment building construction.

10.2 Future challenges facing multi-story timber apartment buildings

10.2.1 Starting point for the future

The starting points and goals of Finnish multi-story timber apartment buildings have been clear-cut, and they have also been brought forth by means of the research related to this doctoral thesis. The research, studies and activity completed to date have removed the biases and technical obstacles of multi-story timber apartment building construction. Construction regulations have been changed to allow construction of multi-story timber apartment buildings and technical designs have been developed and tested at actual experimental construction sites. In order to improve the competitiveness of multi-story timber apartment buildings, a Finnish open timber construction system and dimensional standards have been created. To support this and to ensure the quality of construction sites, guidelines have also been compiled. At the same time, follow-up studies have been conducted and feedback has been collected regarding new development needs. Now, continuity is needed to advance this type of construction and to be able to benefit from practice. For this reason, there has been an attempt to awaken demand and start up new sites. The national Modern Wooden Town project also serves this purpose. It aims to promote the use of wood using methods of wood milieu goals, architecture, resident-orientedness, new town planning models and area construction models. Although the actual period of experimental construction of Finnish multi-story timber apartment building has ended, to improve competitiveness the development of timber construction should be continued.

This doctoral research has brought forth factors which, when studied and refined, will increase the competitiveness of multi-story timber apartment buildings. The information and conclusions of this thesis serve as usable source material in the further development of multi-story timber apartment buildings. The following paragraphs briefly present the continuation development challenges outlined on the basis of this thesis.

10.2.2 Research, development, norms and guidelines

Research and development

- The potential ecological, energy and life-span benefits of timber construction should be studied in detail, and the results should be widely spread in an understandable form in Finland.
- Changes in the structural and building component designs of the open timber construction system resulting from a possible tightening of thermal insulation regulations (2003 -) should be examined well in advance before the new regulations become effective.
- To make it possible to construct the exterior walls of multi-story timber apartment buildings without plastic vapour barriers, the possibility of using wood fibre insulation as an insulation material in multi-story timber apartment buildings should be studied on the basis of operational fire safety planning. This would also improve the ecological image of multi-story timber apartment buildings.
- Fire resistant (class B and C) facing materials and interior materials with transparent surface coatings that meet the new Euronorms should be developed, so that wood can be a more visible material in apartments and stairways.
- A universally approvable sound-related model for intermediate floors should be developed for the EU area. The model should also be suitable for evaluating sound insulation subjectively.
- In practice, there is a break in the vapour barrier at the joint between the intermediate floor and exterior wall of a multi-story timber apartment building. More measurements and follow-up of completed sites are necessary to determine the thermal and moisture functionality of the structure.
- To dispel doubts that arose during the period of experimental construction, the structural functionality of two flat upper timbers in the open timber construction system should be demonstrated.
- Finland's first multi-story timber apartment buildings were quite conservative in their architecture, arrangement of building mass and general appearance. In this sense, multi-story timber apartment buildings could offer more.
- Because they are too complicated, labour-intensive and expensive, the intermediate floors of multi-story timber apartment building still require development. The goals of further development of the intermediate floors of multi-story timber apartment buildings should be to insulate low sounds and reduce vibration, and to design cost-effective intermediate floor elements that allow easy routing of HVAC installations.
- If the definition of permitted building volume does not change, the space cost of multi-story timber apartment buildings should be minimised by developing a long-slab design or alternatively by using pillar-beam frames to support intermediate floors.
- Because of the space cost of multi-story timber apartment buildings, thin intermediate walls that meet sound and fire insulation requirements should be developed to replace currently used relatively thick double-frame walls between apartments.
- The HVAC contract practice and designs of multi-story timber apartment buildings should be developed to better exploit the advantages of multi-story timber apartment buildings construction methods (e.g., routing of HVAC installations).

- From the standpoint of the ecological image of multi-story timber apartment buildings, it would be desirable that the method of construction would naturally include ecological HVAC solutions, such as separation of grey waste water and heating systems that use ground heat and solar energy.
- The application in multi-story timber apartment building construction of water fog sprinklers used in the shipbuilding industry should be studied to minimise the amount of water sprayed in case of an accident.

Norms and guidelines

- To control and evaluate the disturbing vibration of timber intermediate floors, more practical instructions and dimensioning and measurement methods should be compiled.
- Fire codes related to multi-story timber apartment buildings should be specified in more detail to make the regulations logical and to unify their interpretation in different localities. For example, façade fire issues, regulations concerning balconies and balcony walkways, and regulations related to closely built wood milieus (distance between buildings < 8 m) need more uniform national rules of the game.
- Future Euronorms should clarify the terms "protective facing" and "fire protection", which currently cause uncertainty in the use and fire-related design of interior sheeting.
- Operational fire regulations should be simplified, and encouraging practical examples of their application should be created. The fire safety of multi-story timber apartment buildings should be examined more broadly on the basis of operational fire safety planning.
- The possibilities of using wood and the possible additional value it brings to the interior and exterior facing of class P1 concrete frame multi-story apartment buildings should be studied.

10.2.3 Competitiveness, credibility and marketing

Over 90 % of all multi-story apartment buildings in North America are made with timber frames, because 120 years of experience have shown that timber construction is less expensive than concrete construction. Likewise, around 60 % of new multi-story apartment buildings in Scotland today are made with timber frames, because a timber frame shortens construction time and thereby lowers construction costs. The advantageousness of timber construction in North America and Scotland also results from developed construction methods and overall control of the construction process. In both areas the structural and building component designs are commonly used. Timber construction is popular in central Europe especially for ecological reasons. Factors affecting the competitiveness of multi-story timber apartment building construction should be defined more extensively in Finland, also.

On the basis of experiences obtained to date, the good aspects of multi-story timber apartment building construction include: good airborne sound insulation, fire safety, flexibility, short construction time, suitability for wintertime construction, inexpensive frame material, inexpensive exterior walls and ceilings, easy fastening, joining and HVAC installation technology, minimal patching and smoothing work, light foundations, light structures and

little need for lifting equipment during the frame construction phase. Based on feedback obtained from professionals, multi-story timber apartment building construction should be marketed in Finland on the basis of other arguments than price. This is supported by the apparent fact that financiers and contractors are not interested in changing housing construction practice or lowering prices.

On the other hand, the future success of multi-story timber apartment buildings will not be guaranteed only because technical and production problems are solved or that they can be constructed inexpensively. Neither will an examination of the choice of materials as an end in itself credibly bring forth the possibilities of timber construction. To make multi-story timber apartment building construction an enticing alternative for contractors and residents, it is necessary in the future to also concentrate on the architecture of multi-story timber apartment buildings and the pleasantness of living milieus. Particular attention also has to be paid in timber construction – as in other construction – to error-free designs and implementation as well as maintainability and long-term durability. Competitiveness should be dealt with as a broader question than merely the cost of producing a building.

In the future, the ecology and market value of the life span of timber construction should be exploited more than they currently are, even though current established practice and financing do not support this development. With timber construction it would be possible to renew the method of producing Finnish housing to make it more resident-oriented in the spirit of the new land-use and construction law. With timber construction it would be possible to offer additional values, new choices and flexibility to those who need housing. In this sense the positive feedback received from residents should be exploited more. The credibility of timber construction could be strengthened with the help of well-implemented example sites. Also, in promoting the demand for the use of wood it is important to directly influence town planners, decision-makers, developers and financiers, who have a central role at the beginning of the housing production chain.

10.2.4 Possibilities of wood milieus and area construction

When new residential areas are being planned, wood is one alternative that can be used in multi-story timber apartment buildings up to four stories high. However, instead of multi-story apartment buildings, low-lying, closely-spaced housing construction has increasingly been given more value in Finland lately. Government housing policy also favours closely-spaced, low-lying construction, in which area wood is presently the dominating construction material. As the prosperity of residents increases, they desire to leave multi-story apartment buildings, and they dream of living in a single-family home, a row house or a two-story apartment building. Based on this information, it is probable that most future apartment buildings will be constructed as no more than two-story apartment buildings. In timber construction, Finland's fire code also encourages this, as the safety requirements of wooden buildings get considerably tighter as the number of stories increases from two to three or four.

As attention shifts from individual buildings to milieus and town planning, both area construction and new forms of contracting could offer timber construction new possibilities. Wood and small-scale timber construction could also have something to offer in conjunction

with fill-in and supplementary construction and renovation to soften Finland's notorious concrete suburbs of the 1960s and 1970s. Both building element plants and construction companies could practice a new type of human, close wood milieu and area construction. Small teams of carpenters could build both single-family homes and multi-story timber apartment buildings. This could be the strength of timber construction, especially in small localities. Nevertheless, utilisation of these factors of additional value requires courage and the will to deviate from established operating models in town planning, developing, financing, contracting and housing marketing. The national Modern Wooden Town project, for one, is attempting to meet these new challenges in timber, housing and area construction.

Based on this research, there appears to be a demand for a revival of timber construction. Now we need to be able to answer to this demand. Timber construction in the future should not concentrate so much on the construction process itself, but rather on the characteristics of the completed building and milieu, which are most important from the standpoint of the residents and which will be more important in the future in the marketing situation. Residential buildings and apartments should be constructed primarily for the residents – in this sense, in Finnish multi-story timber apartment building construction we have not been able to see the forest for the trees.

Lähteet

Kuvaluettelo

- Kuva 0.1 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 0.2 Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio.
- Kuva 0.3 Markku Karjalainen.
- Kuva 0.4 Risto Suikkari.
- Kuva 1.1.1 Lehtiotsikkokooste, Markku Karjalainen.
- Kuva 1.1.2 Markku Karjalainen.
- Kuva 1.1.3 Markku Karjalainen.
- Kuva 1.5.1 TEKES (2000) Puurakentaminen 1995 - 1998. Teknologiaohjelmaraportti 12/2000. Loppu- ja arviointiraportti. Paino-Center Oy, Helsinki: s. 6.
- Kuva 1.5.2 TEKES (2000) Puurakentaminen 1995 - 1998. Teknologiaohjelmaraportti 12/2000. Loppu- ja arviointiraportti. Paino-Center Oy, Helsinki: s. 14.
- Kuva 1.5.3 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 1.5.4 Arkkitehtitoimisto Erkki Helamaa ja Keijo Heiskanen Oy.
- Kuva 1.5.5 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 1.6.1 Puuinfo Oy (1999) Avoin puurakennejärjestelmä, rakennesuunnittelu. Puuinfo Oy. Vammalan kirjapaino Oy: s. 2.
- Kuva 1.6.2 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 2.1.1.1 Karjalainen, M., Heikkilä, J., Koiso-Kanttila, J. & Kilpeläinen, M. (1997) Suomalainen puukerrostalo. Opetushallitus. Hakapaino Oy, Helsinki: s. 12.
- Kuvat 2.1.1.2 Sihvonon, M. (2001) ”Puu Eurooppa” – kehitystrendit ja niihin vastaaminen. Julkaisussa: Hellström, E. & Ojala, E. (toim.) (2001) Päättäjien metsäakatemia 10. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä: s. 26.
- Kuvat 2.1.1.3 Sihvonon, M. (2001) ”Puu Eurooppa” – kehitystrendit ja niihin vastaaminen. Julkaisussa: Hellström, E. & Ojala, E. (toim.) (2001) Päättäjien metsäakatemia 10. Kirkkonummi 29.5.2000. Lappi 27. – 29.9.2000. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä: s. 25.
- Kuva 2.1.1.4 Juslin, H. & Neuvonen, H. (1997) Metsäteollisuustuotteiden markkinointi.

- Opetushallitus. Hakapaino Oy, Helsinki: s. 63.
- Kuva 2.1.2.1 Markku Karjalainen.
- Kuva 2.1.2.2 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 2.2.1.1 Kiinteistö ja rakennusala (2001) Kiinteistö ja rakennuskluusterin visio 2010. Hyvän elämän puitteet. Raportti 1. 30.5.2001: s. 29.
- Kuva 2.2.1.2 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 2.2.1.3 Viljakainen, M. (1998) Puukerrostalo, taloudellinen mahdollisuus. Julkaisu 24. Tampereen teknillinen korkeakoulu, arkkitehtuurin osasto, rakennussuunnittelun laitos. Tampere: s. 47.
- Kuva 2.2.3.1 Lilius, H (1985) Suomalainen puukaupunki. Anders Nyborg A/S, Akateeminen kirjakauppa, Rungsted Kyst, Denmark: s. 87.
- Kuva 2.2.3.2 Kairamo, M. (2000) Kuva artikkelissa: Perinteinen kylä. Julkaisussa: Paloheimo, E (toim.)(2000) Metsä ja Puu VI – Puu ja ympäristö. Teknillinen korkeakoulu / Puurakentaminen. Rakennustieto Oy. Tammer-Paino Oy, Tampere: s. 91.
- Kuva 2.2.3.3 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 2.2.3.4 Heikkilä, J. (1996) Parveke suomalaisen kerrostalon asuntokohtaisena ulkotilana. Väitöskirjatyö. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto. Acta Universitatis Ouluensis C Technica 91: s. 42.
- Kuva 2.2.3.5 Rakennustekniikan käsikirja (1977) osa 6: s.433.
- Kuva 2.2.3.6 Mäkiö, E., Malinen, M., Neuvonen, P., Sinkkilä, J., Tuunanen, A-M. & Saarenpää, J. (1990) Kerrostalot 1940 - 1960. Rakennustietosäätiö, Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen rakennuslaboratorio ja Rakennuskirja Oy. WSOY:n graafiset laitokset, Porvoo: s.145.
- Kuva 2.2.3.7 Heikkilä, J. (1996) Parveke suomalaisen kerrostalon asuntokohtaisena ulkotilana. Väitöskirjatyö. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto. Acta Universitatis Ouluensis C Technica 91: s. 83.
- Kuva 2.2.3.9 Suomen Ilmakuva Oy.
- Kuva 2.3.1.1 Markku Karjalainen.
- Kuva 2.3.1.2 Markku Karjalainen.
- Kuva 2.3.1.4 Markku Karjalainen.
- Kuva 2.3.1.5 Markku Karjalainen.
- Kuva 2.3.1.6 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 2.3.1.7 Markku Karjalainen.
- Kuva 2.3.1.8 Markku Karjalainen.
- Kuva 2.3.2.1 Markku Karjalainen.
- Kuva 2.3.2.2 Markku Karjalainen.
- Kuva 2.3.3.1 Markku Karjalainen.
- Kuva 2.3.3.2 Laitinen, E. (toim.) (1995) Teollinen puurakentaminen. Tampereen teknillinen korkeakoulu ja Rakennustieto Oy. Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala: s. 90.
- Kuva 2.3.3.3 Markku Karjalainen.
- Kuva 2.3.4.1 Markku Karjalainen.
- Kuva 2.3.4.2 Markku Karjalainen.
- Kuva 2.3.4.3 Hveem, S (2000) Trehus i flere etasjer. Lydteknisk projektering. Anvisning 37 – 2000. Byggforsk, Norges byggforskningsintititt / Nordic Wood: s. 34.

- Kuva 2.3.4.4 Markku Karjalainen.
- Kuva 2.4.3.1 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 2.4.3.2 Markku Karjalainen.
- Kuva 2.4.3.3 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 2.4.3.4 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 2.4.3.5 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 2.4.3.6 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 2.4.3.7 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 2.4.3.8 Anu Soikkeli.
- Kuva 2.4.3.9 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 2.4.3.10 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 2.4.3.11 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 2.4.3.12 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 2.4.3.13 Sanomalehti Kaleva 20.7.1998.
- Kuva 2.4.3.14 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 2.4.3.15 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 2.4.4.1 TEKES (2000) Puurakentaminen 1995 - 1998. Teknologiaohjelmaraportti 12/2000. Loppu- ja arviointiraportti. Paino-Center Oy, Helsinki: s. 44.
- Kuva 2.4.4.2 VTT Rakennus- ja yhdyskuntateknikka (2001) Esitutkimus: Kansainvälisesti menestyvät laadukkaan asumisen puutuotteet. Loppuraportti. 15.5.2001: s. 46.
- Kuva 2.4.4.3 Hveem, S (2000) Trehus i flere etasjer. Lydteknisk projektering. Anvisning 37-2000. Byggforsk, Norges byggforskinstituttt / Nordic Wood: s. 34.
- Kuva 2.4.4.4 Skogsindustrierna (ilman vuotta) Esite: Forests and the climate. Elanders Gummessons, Falköping. s. 15.
- Kuva 2.4.4.5 Erat, B. (1994) Ekologia, ihminen, ympäristö. Rakennusalan Kustantajat RAK, Kustannus Sarmala Oy. Opetushallitus. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä: s. 105.
- Kuva 2.4.4.6/a Canadian Wood Council (1995) Environmental effects of building materials. Wood the Renewable Resource No. 2: s. 4.
- Kuva 2.4.4.6/b Canadian Wood Council (1997) A Case Study: Comparing the environmental effects of building systems. Wood the Renewable Resource No. 4: s. 7.
- Kuva 2.4.4.6/c Canadian Wood Council (1997) A Case Study: Comparing the environmental effects of building systems. Wood the Renewable Resource No. 4: s. 6.
- Kuva 2.4.4.7 Canadian Wood Council (1999) A Case Study: Life cycle analysis for residential buildings. Wood the Renewable Resource No. 5: s. 4.
- Kuva 2.4.4.8/a Leppänen, P., Pulakka, S., Saari, M. & Viitanen, H. (1999) Life-cycle-cost optimised wooden multi-storey apartment building. Nordic Wood, Phase 2, Project P-2, Final report. VTT, Technical Research Centre of Finland, Espoo: s. 54.
- Kuva 2.4.4.8/b Leppänen, P., Pulakka, S., Saari, M. & Viitanen, H. (1999) Life-cycle-cost optimised wooden multi-storey apartment building. Nordic Wood, Phase 2, Project P-2, Final report. VTT, Technical Research Centre of Finland, Espoo: s. 56.

- Kuva 2.4.4.8/c Leppänen, P., Pulakka, S., Saari, M. & Viitanen, H. (1999) Life-cycle-cost optimised wooden multi-storey apartment building. Nordic Wood, Phase 2, Project P-2, Final report. VTT, Technical Research Centre of Finland, Espoo: s. 55.
- Kuvat 2.4.5.1 ja 2.4.5.2 Karjalainen, M., Heikkilä, J., Koiso-Kanttila, J. & Kilpeläinen, M. (1997) Suomalainen puukerrostalo. Opetushallitus. Hakapaino Oy, Helsinki: s. 145.
- Kuva 2.4.5.3 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 2.4.5.6 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 2.4.5.11 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuvat 2.4.5.12 ja 2.4.5.13 Viljakainen, M. (1998) Puun käytön mahdollistamat lisäarvot kerrostalorakentamisessa. Julkaisu 25. Tampereen teknillinen korkeakoulu, arkkitehtuurin osasto, rakennussuunnittelun laitos. VTT Rakennustekniikka; Puutalon rakentamistapojen vertailu ja kehittäminen. Tampere: s. 66.
- Kuva 2.4.5.14 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 2.4.5.16 Viljakainen, M. (1998) Puun käytön mahdollistamat lisäarvot kerrostalorakentamisessa. Julkaisu 25. Tampereen teknillinen korkeakoulu, arkkitehtuurin osasto, rakennussuunnittelun laitos. VTT Rakennustekniikka; Puutalon rakentamistapojen vertailu ja kehittäminen. Tampere: s. 73.
- Kuva 2.4.5.18 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 2.4.5.20 Viljakainen, M. (1998) Puun käytön mahdollistamat lisäarvot kerrostalorakentamisessa. Julkaisu 25. Tampereen teknillinen korkeakoulu, arkkitehtuurin osasto, rakennussuunnittelun laitos. VTT Rakennustekniikka; Puutalon rakentamistapojen vertailu ja kehittäminen. Tampere: s. 75.
- Kuva 2.4.5.22 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuvat 2.4.5.23 ja 2.4.5.24 Viljakainen, M. (1998) Puun käytön mahdollistamat lisäarvot kerrostalorakentamisessa. Julkaisu 25. Tampereen teknillinen korkeakoulu, arkkitehtuurin osasto, rakennussuunnittelun laitos. VTT Rakennustekniikka; Puutalon rakentamistapojen vertailu ja kehittäminen. Tampere: s. 77.
- Kuva 2.4.5.25 Markku Karjalainen.
- Kuva 2.4.5.26 Ritva Kuusisto.
- Kuva 2.4.5.27 Markku Karjalainen.
- Kuva 2.4.5.31 Ritva Kuusisto.
- Kuva 3.1.1 Lehtileikekooste, Markku Karjalainen.
- Kuva 3.2.3.1 RakMK E1 (1997) Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 1997. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto, Helsinki: s. 13.
- Kuva 3.2.3.2 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 3.2.3.3 Markku Karjalainen.
- Kuva 3.2.3.4 Markku Karjalainen.
- Kuvat 3.2.4.1 ja 3.2.4.2 Hakkarainen, T. & Kokkala, M. (2001) SBI-testin lämmöntuoton mallinnus. Palontutkimusraati, paloalan tutkimuksen kehittämisorganisaatio. Palotutkimuksen päivät Espoossa 22. – 23.8.2001: s. 2.

- Kuva 3.2.4.3 Markku Karjalainen.
- Kuva 3.2.4.4 Hietaniemi, J. (2001) Puun palosuojausvaikutus suljetussa tilassa kehittyvään paloon: kokeellinen todennus ja koetulosten soveltamisesimerkki. Palontutkimusraati, paloalan tutkimuksen kehittämisorganisaatio. Palontutkimuksen päivät Espoossa 22. – 23.8.2001: s. 4.
- Kuva 3.3.1.1 Keski-Rahkonen, O. & Björkman, J. (1999) Palotilastoja Suomesta ja ulkomailta toiminnallisten palosäädösten perusteiksi. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. VTT Tiedotteita n:o 1990, Espoo: s. 14.
- Kuva 3.3.1.2 Tillander, K. & Keski-Rahkonen, O. (2001) Palojen syttymistäajuus Suomessa 1996-99. Palontutkimusraati, paloalan tutkimuksen kehittämisorganisaatio. Palontutkimuksen päivät Espoossa 22. – 23.8.2001: s. 8.
- Kuva 3.3.1.3 Nurmi, V-P. (2001) Sähköiset paloriskit. Palontutkimusraati, paloalan tutkimuksen kehittämisorganisaatio. Palontutkimuksen päivät Espoossa 22. – 23.8.2001: s. 5.
- Kuva 3.3.4.1 Kokkala, M. (2001) Paloturvallisuussuunnittelu: Topa-projekti ja mitä sen jälkeen. Palontutkimusraati, paloalan tutkimuksen kehittämisorganisaatio. Palontutkimuksen päivät Espoossa 22. – 23.8.2001: s. 4.
- Kuva 3.3.4.2 Kokkala, M. (2001) Paloturvallisuussuunnittelu: Topa-projekti ja mitä sen jälkeen. Palontutkimusraati, paloalan tutkimuksen kehittämisorganisaatio. Palontutkimuksen päivät Espoossa 22. – 23.8.2001: s. 3.
- Kuva 3.3.4.3 Trätec (2000) Brandrisker i flervånings bustadshus – ny indexmetod. Nordic Wood, Trätec, Lunds universitet. Rapport 0009024. Kontenta: s. 6.
- Kuva 3.3.5.1 Enjily, V. (2001) The fire performance on six storey timber frame building at the BRE Cardington (GB). Paper for conference 23 – 24 October 2001, Wurzburg, Germany: s. 1.
- Kuva 3.3.5.2 Lennon, T., Bullock, M.J. & Enjily, V. (2000) Article: The fire resistance of medium-rise timber frame buildings. In: World Conference on Timber Engineering. Whistler Resort, British Columbia, Canada. July 31 – August 3, 2000. Book of Abstracts: s. 4.
- Kuva 3.3.5.3 Piela, N. (1997) Aluepalon estäminen puukerrostaloalueella. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan osasto, Talonrakennustekniikka, Palo- ja turvallisuustekniikka 12.12.1997: s. 141.
- Kuva 3.3.5.4 Puu-Linnanmaan pelastusreitit. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio.
- Kuva 3.4.1.1 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 3.4.1.2 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 3.4.2.1 Markku Karjalainen.
- Kuva 3.4.2.2 Markku Karjalainen.
- Kuva 3.4.2.3 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 3.4.3.1 VTT Building Technology (1999) Fire Technology. Fire test of a wooden facade and comparisons with earlier tests. Draft version, 3.6.1999: s. 5.
- Kuva 3.5.1 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 3.7.1 Markku Karjalainen.
- Kuva 3.7.2 Laaksonen, J-P. (2001) Mitä maksaa minuutti rakennuspalossa? Palontutkimusraati, paloalan tutkimuksen kehittämisorganisaatio. Palontutkimuksen päivät Espoossa 22. – 23.8.2001: s. 9.
- Kuva 3.7.3 Hakkarainen, T., Oksanen, T. & Mikkola, E. (1997) Fire Behaviour of facades in multi-storey woodframed houses. Technical Research Centre of Finland,

- Espoo: s. 40.
- Kuva 3.7.4 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 3.7.5 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 3.7.6 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 3.7.7 Tanja Rytkönen; Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio.
- Kuva 3.7.8 Markku Karjalainen.
- Kuva 4.2.1.1 Markku Karjalainen.
- Kuva 4.2.1.2 Ritva Kuusisto.
- Kuva 4.2.1.3 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 4.2.4.1 Markku Karjalainen.
- Kuva 4.2.4.2 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 4.2.4.3 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 4.2.4.4 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 4.2.4.5 Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio.
- Kuva 4.2.5.1 Markku Karjalainen.
- Kuva 4.2.5.2 Markku Karjalainen.
- Kuva 4.3.1.2 Puuinfo Oy (1999) Avoin puurakennejärjestelmä, arkkitehtisuunnittelu. Puuinfo Oy. Vammalan kirjapaino Oy: s. 6.
- Kuva 4.3.1.3 Carriden Sawmills (1999) Walker Timber Frame. Timber Frame Construction: Standard Technical Detail Manual (Flats): WTF/99/GF/195mm.
- Kuva 4.3.1.4 Carriden Sawmills (1999) Walker Timber Frame. Timber Frame Construction: Standard Technical Detail Manual (Flats): WTF/99/SCAFFOLD 1of2.
- Kuva 4.3.1.5 Jari Heikkilä.
- Kuva 4.3.1.6 Leskelä, J. & Kilpeläinen, M. (1996) Puukerrostalon seinä- ja jäykistysra kenteiden mitoitus, case: Kiinteistö Oy Puukotka. Oulun yliopisto, rakentamistekniikan laboratorio, julkaisu 52, Oulu: s. 29.
- Kuva 4.3.5.1 Puuinfo Oy (1999) Avoin puurakennejärjestelmä, rakennesuunnittelu. Puuinfo Oy. Vammalan kirjapaino Oy: s. 3.
- Kuva 4.3.5.2 Puuinfo Oy (1999) Avoin puurakennejärjestelmä, arkkitehtisuunnittelu. Puuinfo Oy. Vammalan kirjapaino Oy: s. 20.
- Kuva 4.3.5.3 Vinnova (2000) WIS. Wood Interface System. Ett öppet träbyggnadssystem. Vinnova. Verket för innovationssystem: s. 37.
- Kuva 4.3.6.1 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 4.3.6.2 Aila Asikainen.
- Kuva 4.4.3.1 Hirviniemi, J. (2000) Artikkel: Uusi runkojärjestelmä huoneistojen välisiin seiniin. Teräsrakenne-lehti 3/2000: s. 17.
- Kuva 4.5.2.1 Puuinfo Oy (1999) Avoin puurakennejärjestelmä, arkkitehtisuunnittelu. Puuinfo Oy. Vammalan kirjapaino Oy: s. 10.
- Kuva 4.5.2.2 Insinööri-toimisto Magnus Malmberg Oy.
- Kuva 4.5.2.3 Oulun yliopisto, rakentamistekniikan osasto.
- Kuva 4.5.2.4 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 4.5.2.5 Markku Karjalainen.
- Kuva 4.5.2.6 Markku Karjalainen.
- Kuva 4.5.2.7 Sven Thelandersson.
- Kuva 4.5.3.1 Markku Karjalainen.
- Kuva 4.5.3.2 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 4.5.4.1 Pertti Rautamäki.

- Kuva 4.5.4.2 Oulun yliopisto, rakentamistekniikan osasto.
- Kuva 4.5.4.3 Oulun yliopisto, rakentamistekniikan osasto.
- Kuva 4.5.4.4 Markku Karjalainen.
- Kuva 4.5.4.5 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 4.5.4.6 Insinööritoimisto Pekka Heikkilä Oy.
- Kuva 4.5.5.1 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 4.6.2 Ratia, P. (1999) Platform-työmaaseuranta. Kokemukset ja kehitystarpeet. VTT Rakennustekniikka, Tampere 1999: s. 49.
- Kuva 4.6.3 Ari-Matti Jänkälä.
- Kuva 4.6.4 Rakennustieto Oy (2000) Rakennusosien kustannuksia. Rakennustieto Oy. Tammer-Paino Oy: s. 13.
- Kuva 4.6.5 Sven Thelanderesson.
- Kuva 4.6.6 Laine, P. (2000) Naantalın puukerrostalot, koerakennushankkeen loppuraportti. 12.11.2000. Projektinjohtokonsultointi Pertti Laine Oy / PL-projektit: s. 18.
- Kuva 5.1.2 TRADA (2000) Acoustic performance of party floors and walls in timber framed buildings. TRADA Technology Report 1/2000: s. 6.
- Kuva 5.1.3 TRADA (2000) Acoustic performance of party floors and walls in timber framed buildings. TRADA Technology Report 1/2000: s. 13.
- Kuva 5.2.1 Markku Karjalainen.
- Kuva 5.2.2 Carriden Sawmills (1999) Walker Timber Frame. Timber Frame Construction: Standard Technical Detail Manual (Flats): WTF/99/F090.
- Kuva 5.2.10 IABSE (toim.) (2001) IABSE conference Lahti 2001. Innovative Wooden Structures and Bridges. IABSE Reports volume 85: s. 514.
- Kuva 5.2.11 Helimäki, H. & Kylliäinen, M. (2000) Artikkel: Ääneneristysmääräykset edellyttävät uusia betonivälipohjarakenteita. Betoni-lehti 3/2000: s. 34.
- Kuva 5.4.1 Architekten Fink+Joher (1995) System und Element. Julkaisussa: Wohnungen 3- geschossig in Holz gebaut. Holzbauseminarie '95, Nurnberg, Munchen: s. 11.
- Kuva 5.4.2 Sipari, P. & Parmanen, J. (2000) Puukerrostalon ääneneristävyys todellisuudessa – Johtopäätöksiä mittauksista ja haastatteluista. VTT Rakennustekniikka / TEKES. Sisäinen raportti nro RTE13-IR-26/2000: s. 23.
- Kuva 5.4.3 VTT Rakennustekniikka (2000) Puurunkoisen asuinrakennuksen ääneneristävyuden suunnitteluohje. Espoo. 10.10.2000: s. 12.
- Kuva 5.4.4 VTT Rakennustekniikka (2000) Puurunkoisen asuinrakennuksen ääneneristävyuden suunnitteluohje. Espoo. 10.10.2000: s. 17.
- Kuva 5.4.5 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 5.4.6 Hveem, S. (2000) Trehus i flere etasjer. Lydteknisk projektering. Anvisning 37 – 2000. Byggforsk, Norges byggforskningsinstitutt / Nordic Wood: s. 16.
- Kuva 5.4.7 Hveem, S (2000) Trehus i flere etasjer. Lydteknisk projektering. Anvisning 37 – 2000. Byggforsk, Norges byggforskningsinstitutt / Nordic Wood: s. 41.
- Kuva 5.4.10 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 5.4.11 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 5.4.12 Jouni Koiso-Kanttila.

- Kuva 5.5.1 Nordic Timber Council, Nordic Wood & Träinformation (1997) Flervånings trähus: s. 165.
- Kuva 5.6.1 Karjalainen, M., Heikkilä, J., Koiso-Kanttila, J. & Kilpeläinen, M. (1997) Suomalainen puukerrostalo. Opetushallitus. Hakapaino Oy, Helsinki: s. 113.
- Kuva 5.6.2 Palmberg-Rakennus Oy (1998) Sodankylän puukerrostalot, Kiinteistö Oy Asentopuulaaki Pilotti 2; Koerakennushankkeen loppuraportti. Projekti: Puurakentamisen teollinen standardisointi. Tuotekehitysavustussopimus TEKES / Palmberg-Rakennus Oy nro 177/98 (9.2.1998), Dnro 1292/480/97: s. 4.
- Kuva 5.6.3 Karjalainen, M.; Heikkilä, J.; Koiso-Kanttila, J. & Kilpeläinen, M. (1997) Suomalainen puukerrostalo. Opetushallitus. Hakapaino Oy, Helsinki: s. 109.
- Kuva 5.6.4 Parmanen, J., Sipari, P. & Uosukainen, S. (1998) Luonnos: Puukerrostalon ääneneristävyyden hallinta – Tutkimusyhteenvedo. VTT Rakennustekniikka. Espoo 19.2.1998: s. 11.
- Kuva 5.6.5 Jari Heikkilä.
- Kuva 6.1.1.1 Heikkilä, J. (toim.) (1998) Uutta puututkimusta, Puurakentamisen tutkimushankkeiden esittelyä. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio. Oulun yliopistopaino, Oulu: s. 10.
- Kuva 6.1.2.1 Lahontorjuntayhdistys r.y. & Rakennuskirja Oy (1998) Puunsuojaus. Hangon kirjapaino Oy, Hanko: s. 19.
- Kuva 6.1.1.2 Siikanen, U. (1998) Puurakennusten suunnittelu. 4. painos. Rakennustieto Oy. Vammalan kirjapaino Oy, Vammala: s. 60.
- Kuva 6.1.3.1 Siikanen, U. (1998) Puurakennusten suunnittelu. 4. painos. Rakennustieto Oy. Vammalan kirjapaino Oy, Vammala: s. 70.
- Kuva 6.1.3.2 Kilpeläinen, M., Luukkonen, I., Vinha, J. & Kakela, P. (2000) Heat and moisture distribution at the connection of floor and external wall in multi-storey timber frame houses. In: World Conference on Timber Engineering. Whistler Resort, British Columbia, Canada. July 31 – August 3, 2000. Book of Abstract: s. 5.
- Kuva 6.1.3.3 Kilpeläinen, M., Luukkonen, I., Vinha, J. & Kakela, P. (2000) Heat and moisture distribution at the connection of floor and external wall in multi-storey timber frame houses. In: World Conference on Timber Engineering. Whistler Resort, British Columbia, Canada. July 31 – August 3, 2000. Book of Abstract: s. 8.
- Kuva 6.1.4.1 Rautiainen, L. (2000) VTT Rakennustekniikka. Märkätilojen vedeneristys – sertifioidut tuotteet ja järjestelmät (moniste 1.8.2000): s. 3.
- Kuva 6.1.4.2 Markku Karjalainen.
- Kuva 6.1.5.1 Strandell, A. (1999) Asukasbarometri, Asukaskysely suomalaisista asuinympäristöistä. Suomen ympäristö 343, ympäristöministeriö, alueiden käytön osasto, asunto- ja rakennusosasto. Vantaa: s. 21.
- Kuva 6.2.1.1 Laitinen, E. (toim.) (1995) Teollinen puurakentaminen. Tampereen teknillinen korkeakoulu ja Rakennustieto Oy. Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala: s. 25.
- Kuvat 6.2.2.1 Soikkeli, A. (1999) Suomalaisten puujulkisivujen pitkäaikaiskestävyys. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio. Kirjapaino Kaleva, Oulu: s. 104.

- Kuva 6.2.2.2 Soikkeli, A. (1999) Suomalaisten puujulkisivujen pitkäaikaiskestävyys. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio. Kirjapaino Kaleva, Oulu: s. 112.
- Kuva 6.2.2.3 Anu Soikkeli.
- Kuva 6.2.3.2 Siikanen, U. (1998) Puurakennusten suunnittelu. 4. painos. Rakennustieto Oy. Vammalan kirjapaino Oy, Vammala: s. 74.
- Kuva 6.2.3.3 Soikkeli, A. (1999) Suomalaisten puujulkisivujen pitkäaikaiskestävyys. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio. Kirjapaino Kaleva, Oulu: s. 44.
- Kuva 6.2.3.5 Virta, J. (1999) Puu-ulkoverhousten suunnittelu-, rakentamis- ja pintakäsittelyohje. Teknillisen Korkeakoulun talonrakennustekniikan laboratorion julkaisuja 104. Espoo: s. 38.
- Kuva 6.2.3.6 Virta, J. (1999) Puu-ulkoverhousten suunnittelu-, rakentamis- ja pintakäsittelyohje. Teknillisen Korkeakoulun talonrakennustekniikan laboratorion julkaisuja 104. Espoo: s. 45.
- Kuva 6.2.3.7 Mikkelin Ympäristötekniikan Instituutti YTI (ei vuotta) Puun lämpökäsittely. Moniste: liite 5.
- Kuva 6.3.2 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 7.1.1 Markku Karjalainen.
- Kuva 7.1.2 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 7.3.1 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 7.3.2 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 7.3.3 Ritva Kuusisto.
- Kuva 7.4.1 Ritva Kuusisto.
- Kuva 7.6.2.1 Markku Karjalainen.
- Kuva 7.6.2.2 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 7.7.1 Kuusisto, R. (2000) Puutalon LVIS- ja sprinkleritekniikka, sekä niiden merkitys puurakentamisen kilpailukyvyllä. Esiselvitys. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio. 9.11.2000: liite 2.
- Kuva 7.7.2 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 8.1.1 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 8.1.2 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 8.1.3 Nummi, J. (1998) Puisten asuinrakennusten kilpailukyky. RTE24. Moniste 20.3.1998: s. 1.
- Kuva 8.1.4 Ritva Kuusisto.
- Kuva 8.2.3.1 Strandell, A. (1999) Asukasbarometri, Asukaskysely suomalaisista asuinympäristöistä. Suomen ympäristö 343, ympäristöministeriö, alueiden käytön osasto, asunto- ja rakennusosasto. Vantaa: s. 25.
- Kuva 8.3.1 Pientaloteollisuus ry. (2001) Pientalobarometri, numero 1. Helmikuu 2001. Rakennustutkimus RTS Oy: s.11.
- Kuva 8.4.1 Pientaloteollisuus ry. (2001) Pientalobarometri, numero 1. Helmikuu 2001.
- Kuva 8.4.2 Rakennustutkimus RTS Oy: kansi.
- Kuva 8.4.3 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 9.1.1.1 Jouni Koiso-Kanttila.
- Kuva 9.1.2.1 Lehtileikekooste, Markku Karjalainen.
- Kuva 9.1.3.1 Laitinen, A. (2001) Tuhopoltojen torjuntaohjelmat eri maissa. Palontutkimusraati, paloalan tutkimuksen kehittämisorganisaatio. Palontutkimuksen päivät Espoossa 22. – 23.8.2001: s. 2.

Kuva 9.1.3.2	Jouni Koiso-Kanttila.
Kuva 9.1.3.4	Jouni Koiso-Kanttila.
Kuva 9.1.3.5	Voitto Niemelä.
Kuva 9.1.3.6	Markku Karjalainen.
Kuva 9.1.5.1	Pientaloteollisuus ry. (2001) Pientalobarometri, numero 1. Helmikuu 2001. Rakennustutkimus RTS Oy: s. 8.
Kuva 9.1.5.2	Trätek (2000) Esite: Massivträ, teknisk beskrivning: s. 8.
Kuva 9.1.5.3	Stenman, N-E. (2001) Palvelutalo psyykkisesti vajaakuntoisille Kokkolaaan, rakenteita ja liittymiä. Moniste: s. 2.
Kuva 9.1.5.4	Markku Karjalainen.
Kuva 9.1.5.5	Jouni Koiso-Kanttila.
Kuva 9.2.1.1	Nurro, P. (ei vuotta) Kaavio: Puurakentamisen kehityssykli. Suomen Puututkimus Oy / WoodFocus Oy.
Kuva 9.2.2.1	Markku Karjalainen.
Kuva 9.2.2.2	Jouni Koiso-Kanttila.
Kuva 9.2.3.1	pientaloteollisuus ry. (2001) Pientalobarometri, numero 1. Helmikuu 2001. Rakennustutkimus RTS Oy: s. 14.
Kuva 9.2.4.1	Jouni Koiso-Kanttila.
Kuva C.2.1	Jouni Koiso-Kanttila.
Kuva C.2.2	Jouni Koiso-Kanttila.

Lähteet ja kirjallisuus

Kirjat ja julkaisut

- Affentranger, C. (1999) Article: Contemporary wooden architecture in Switzerland. In: Gerber, C. & Sigrist, C. (edit.) (1999) 6. Cost E5 Workshop. Fri/Sat, 22 - 23 October, 1999. Workshop on Architecture and Timber Construction. Proceedings.
- Alakärppä, R. (1995) Artikkelit: Pienelementtijärjestelmä. Julkaisussa: Laitinen, E. (toim.) (1995) Teollinen puurakentaminen. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Rakennustieto Oy. Vammalan Kirjapaino Oy.
- Andersson, K. & Junto, A. (toim.) (1993) Asumisen tulevaisuus, Asuntopolitiikan ja rakentamisen vaihtoehdot. Asuntohallitus, Rakennusalan kustantajat. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Arvidson, M. (1998) Bostadsprinkler, en sammanställning av erfarenheter från USA. Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut. FoU rapport. Räddningsverket, Karlstad.
- Asuntohallitus (1993) Asuntotoimi Suomessa. Painatuskeskus, Helsinki.
- Aura, S., Katainen, J. & Suoranta, J. (2001) Arkkitehtuuri: teoria, tutkimus ja käytäntö. Näkökulmia arkkitehtuurin jatkokoulutukseen. Tampereen teknillinen korkeakoulu, arkkitehtuurin osasto. Suunnitteluperusteet, julkaisuja 3. Tampere 2001.
- Boren, H. (2000) Pienpuun käytön lisääminen mekaanisessa puunjalostuksessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 761, 2000. Esiselvityksen loppuraportti. METLA, Joensuun tutkimusasema.
- CEA 4001: 1998-12 (FI) Comité Européen des Assurances (1998) Sprinklerilaitteistot; Suunnittelu ja asentaminen.
- Enjily, V. (2001) The fire performance of a six-storey timber frame building at the BRE Cardington (GB). Paper for conference 23 - 24 October 2001, Wurzburg, Germany.
- Erat, B. (1994) Ekologia, ihminen, ympäristö. Rakennusalan Kustantajat RAK, Kustannus Sarmala Oy. Opetushallitus. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Geoffrey, C.T. (1991) The Feasibility of Multistorey Light Timber Frame Buildings. Research

- report. June 1991. 91-2. Department of Civil Engineering. University of Canterbury, Christchurch, New Zealand.
- Hartl, H. (1996) Artikkel: STEP-luento A13. Puu ja puutuotteet tulipalossa. Julkaisussa: STEP 1 Puurakenteet (1996) Suunnitteluperusteet - materiaaliominaisuudet - rakenneosat - liitokset. Valtion teknillinen tutkimuskeskus ja Rakennustieto Oy. Kirjapaino Tammer-Paino Oy, Tampere.
 - Hakanen, M. (1993) Artikkel: Asuminen ja ekologia. Julkaisussa: Andersson, K. & Juntto, A. (toim.) (1993) Asumisen tulevaisuus, asuntopolitiikan ja rakentamisen vaihtoehdot. Asuntohallitus ja Rakennusalan kustantajat. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.
 - Hakkarainen, T., Oksanen, T. & Mikkola, E. (1996) Puujulkisivujen paloturvallisuus sprinklatuissa kerrostaloissa. VTTTiedotteita n:o 1736. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Espoo.
 - Hakkarainen, T., Oksanen, T. & Mikkola, E. (1997) Fire Behaviour of facades in multi-storey wood-framed houses. Technical Research Centre of Finland, Espoo.
 - Hammer, P. (1996) Sound Insulation in a Multistorey Wooden House: Orgelbänken. Lund, Lund Institute of Technology, Department of Engineering Acoustics.
 - Hammer, P. (1996) Sound Insulation in a Multistorey Wooden House: Wälludden. Lund, Lund Institute of Technology, Department of Engineering Acoustics.
 - Heikkilä, J. (1996) Parveke suomalaisen kerrostalon asuntokohtaisena ulkotilana. Väitöskirjatyö. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto. Acta Universitatis Ouluensis C Technica 91.
 - Heikkilä, J. (1999) Puukerrostalon kilpailuttaminen, urakkakilpailumenettelyn kehittäminen Kiinteistö Oy Linnakotkan rakennushankkeen yhteydessä. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio. Oulun yliopistopaino, Oulu.
 - Heikkilä, J. (2000) Kiinteistö Oy Linnakotka; koerakentamishankkeen raportti. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio. Nordic Wood. Oulun yliopistopaino, Oulu.
 - Heikkilä, J. (2001) Hirsi kaupunkiympäristössä. Hirsiarkkitehtuurin kehittämishankkeen raportti. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio. Oulun yliopistopaino, Oulu.
 - Heikkinen, P. (2000) Artikkel: Kevyillä puurakenteilla avoimeen rakentamiseen. Julkaisussa: Paloheimo, E. (toim.) (2000) Metsä ja puu II - Tukista tuotteeksi. Teknillinen korkeakoulu / Puurakentaminen. Rakennustieto Oy. Tammer-Paino Oy, Tampere.
 - Hoffmeyer, P. & Fynholm, P. (1999) Truse i Massivt Truse. Forprojekt ved Danmarks Tekniske Universitet. Institut for Bærende Konstruktioner og Materialer. Teknologisk Institut, Truse teknik. 1/3-1999.
 - Holtz, F. & Hessinger, J. (1998) Article: Recent developments on the impact sound insulation of timber floors. Hammer, P. (edit.) (1998) COST Action E5 Workshop. Acoustic Performance of Medium-Rise Timber Buildings. Dublin, Ireland, December 3 - 4, 1998.
 - Hultquist, H. & Karlsson, B. (2000) Evaluation of a Fire Risk Index Method for Multistorey Apartment Buildings. Department of Fire Safety Engineering, Lund University, Sweden. Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet. Report 3088, Lund 2000. Research funded by Nordic Wood, NUTEK and SBUF.
 - Hveem, S. & Homb, A. (1997) Lydisolasjonsmålinger i fleretasjes hus i tre, Pilotbygg ”Solbakken”, Heimdal, Trondheim. Norges byggforskningsinstitutt.
 - Hveem, S. (2000) Trehus i flere etasjer. Lydteknisk projektering. Anvisning 37 - 2000. Byggforsk, Norges byggforskningsinstitutt / Nordic Wood.
 - Jordow, N. & Enockson, P. (1996) Fuktrörelser och deformationer i stomsystem av trä. Tekniska Högskolan i Lund. Avdelningen för Bärande Konstruktioner. Lund.
 - Juntto, A. (1990) Asuntokysymys Suomessa, Topeliuksesta tulopolitiikkaan. Sosiaalipoliittisen yhdistyksen julkaisu n:o 50. Valtion painatuskeskus, Asuntohallitus. Helsinki.
 - Juslin, H. & Neuvonen, H. (1997) Metsäteollisuustuotteiden markkinointi. Opetushallitus. Hakapaino Oy, Helsinki.
 - Järvinen, K. (1999) Puurakennusten ulkomaalaus. Rakennustieto Oy. Helsinki. Kirjapaino Karisto Oy, Hämeenlinna.
 - Kahri, E. & Pyykkönen, H. (1994) Asuntoarkkitehtuuri ja -suunnittelu. Rakennustieto Oy. Yliopistopainon Pikapaino, Helsinki.
 - Kaila, P. (1987) Artikkel: Rakentamisen vuosisadat. Julkaisussa: Kaila, P., Pietarila, P. & Tomminen, H. Talo kautta aikojen; Julkisivujen historia. Rakentajain Kustannus Oy, Helsinki.
 - Kaila, P. (1987) Artikkel: Hirsipinnasta höyläpaneeliin. Julkaisussa: Kaila, P., Pietarila, P. & Tomminen,

- H. Talo kautta aikojen; Julkisivujen historia. Rakentajain Kustannus Oy, Helsinki.
- Kaila, P. (1996) Artikkel: Laavusta lastulevyyn - suomalaisen puutalon kehitys. Julkaisussa: Rakennettu puusta, Timber Construction in Finland. Suomen rakennustaiteen museo ja Puuinformaatio ry.
 - Kaila, P. (2000) Kevät toi maalarin, perinteinen ulkomaalaus. Rakennusalan Kustantajat RAK. Kustantajat Sarmala Oy. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.
 - Kaipiainen, M. (1993) Artikkel: Asumisen laatu uustuotannossa 1990-luvulla. Julkaisussa: Andersson, K. & Juntto, A. (toim.) (1993) Asumisen tulevaisuus, asuntopolitiikan ja rakentamisen vaihtoehdot. Asuntohallitus. Rakennusalan kustantaja. Gummerus Kirjapaino Oy.
 - Kaipiainen, M. (1998) Tiivis ja matala puurakentaminen. Suomen ympäristö 270. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. Oy Edita Ab, Helsinki.
 - Kairamo, M. (2000) Artikkel: Perinteinen kylä. Julkaisussa: Paloheimo, E. (toim.) (2000) Metsä ja Puu VI - Puu ja ympäristö. Teknillinen korkeakoulu / Puurakentaminen. Rakennustieto Oy. Tammer-Paino Oy, Tampere.
 - Kalliola, T. (1995) Artikkel: Suurelementtijärjestelmä. Julkaisussa: Laitinen, E. (toim.) (1995) Teollinen puurakentaminen. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Rakennustieto Oy. Vammalan Kirjapaino Oy.
 - Karjalainen, M. (1997) Oulun puukerrostalo, Kiinteistö Oy Puukotka. Koerakennushankkeen loppuraportti. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio. Oulun yliopistopaino, Oulu.
 - Karjalainen, M., Heikkilä, J., Koiso-Kanttila, J. & Kilpeläinen, M. (1997) Suomalainen puukerrostalo. Opetushallitus. Hakapaino Oy, Helsinki.
 - Karjalainen, M., Suikkari, R. & Koiso-Kanttila, J. (1999) Moderni puukaupunki -hanke. Uusien puumiljöiden kehittäminen, TEKES-hankkeen loppuraportti 2/99. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio. Oulun yliopistopaino, Oulu.
 - Karlsson, B. (2000) Fire Risk Index Method - Multistorey Apartment Buildings. Rapport. Frim-Mab. Version 1.2. Trätek. Institutet för Träteknisk Forskning.
 - Kellomäki, S. (2000) Artikkel: Maapallon ilmasto muuttuu. Julkaisussa: Paloheimo, E. (toim.) (2000) Metsä ja puu I - Elävä puu. Teknillinen korkeakoulu / Puurakentaminen, Rakennustieto Oy. Tammer-Paino Oy, Tampere.
 - Keronen, A. & Kylliäinen, M. (1996) Puuväliohjan askelääneneristävyys. RIL K175-1996. Puurakentamisen kurssi opettajille - osa 2. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y. Pikapaino Paatelainen Oy.
 - Kilpeläinen, M. (1997) Luku: Rakennusrungon lujustechninen suunnittelu. Teoksessa: Karjalainen, M., Heikkilä, J., Koiso-Kanttila, J. & Kilpeläinen, M. (1997) Suomalainen puukerrostalo. Opetushallitus. Hakapaino Oy, Helsinki.
 - Kilpeläinen, M., Luukkonen, I., Vinha, J. & Kakela, P. (2000) Heat and moisture distribution at the connection of floor and external wall in multi-storey timber frame houses. In: World Conference on Timber Engineering. Whistler Resort, British Columbia, Canada. July 31 - August 3, 2000. Book of Abstract.
 - Kokko, E. (1996) Rakennuksen vaipan kosteusfysiikka. RIL K175-1996. Puurakentamisen kurssi opettajille - osa 2. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Pikapaino Paatelainen Oy.
 - Kokko, E. (1998) Artikkel: Kosteus ja puurakenteet; Toiminnalliset vaatimukset ja vaikutus sisäilmaan. Julkaisussa: Heikkilä, J. (toim.) (1998) Uutta puututkimusta. Puurakentamisen tutkimushankkeiden esittelyä. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio.
 - Kärkkäinen, M. (1985) Puutiede. Sallisen kustannus Oy. Arvi A. Karisto Oy:n kirjapaino, Hämeenlinna.
 - Lahontorjuntayhdistys ry. & Rakennuskirja Oy (1998) Puunsuojaus. Hangan kirjapaino Oy, Hanko.
 - Lennon, T., Bullock, M.J. & Enjily, V. (2000) Article: The fire resistance of medium-rise timber frame buildings. In: World Conference on Timber Engineering. Whistler Resort, British Columbia, Canada. July 31 - August 3, 2000. Book of Abstract.
 - Leppänen, P., Pulakka, S., Saari, M. & Viitanen, H. (1999) Life-cycle-cost optimised wooden multi-storey apartment building. Nordic Wood, Phase 2, Project P-2, Final report. VTT, Technical Research Centre of Finland, Espoo.
 - Lilius, H. (1985) Suomalainen puukaupunki. Anders Nyborg A/S, Akateeminen kirjakauppa, Rungsted Kyst, Denmark.
 - Löyttyniemi, K. (1986) Männy sydänpuu - luonnon kestopuuta. Männy sydänpuun luontaisen

- lahon- ja hyönteistuhokestävyuden hyväksikäytöstä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 231. Metsäteknologian tutkimusosasto, puuntutkimussuunta.
- Mackay, Hugh, J. (1999) Article: Multi-storey timber construction trends in the UK. Pp. 1-7. In: Walford, G.B.; Gaunt, D.J. (ed.) Proceedings of the Pacific Timber Engineering Conference Volume 1, 14-18 March 1999, Rotorua, New Zealand. New Zealand Forest Research Institute, Forest Research Bulletin No. 212.
 - Manninen, J. (1987) Puu ja puutuotteet rakennustarvikkeina. Puuinformaatio ry. & Rakentajain Kustannus Oy, Helsinki.
 - Mikkola, E. (1990) Puun hiiltyminen. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tutkimuksia 689. VTT Offsetpaino, Espoo.
 - Mikkola, E. (1989) Puupinnan syttyminen. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 1057. VTT Offsetpaino, Espoo.
 - Mäkiö, E., Malinen, M., Neuvonen, P., Sinkkilä, J., Tuunanen, A.-M. & Saarenpää, J. (1990) Kerrostalot 1940 - 1960. Rakennustietosäätiö, Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen rakennuslaboratorio ja Rakennuskirja Oy. WSOY:n graafiset laitokset, Porvoo.
 - Niiranen, T. (1994) Rakentamisen virheet. Helsingin kaupunki, rakennusvalvontavirasto, Julkaisu 4. Helsingin kaupungin hankintakeskus, Helsinki.
 - Ohlsson, S. (1996) Artikkelit: STEP-luento A18. Käyttöraajatilat - puulattian värähtely. Julkaisussa: STEP 1 Puurakenteet (1996) Suunnitteluperusteet - materiaaliominaisuudet - rakenneosat - liitokset. Valtion teknillinen tutkimuskeskus ja Rakennustieto Oy. Kirjapaino Tammer-Paino Oy, Tampere.
 - Olkkonen, T. (1993) Johdatus teollisuustalouden tutkimustyöhön. Teknillinen korkeakoulu, tuotantotalouden laitos, teollisuustalouden laboratorio. TKK Offset, Otaniemi.
 - Paloheimo, E. (2000) Artikkelit ja (toim.): Maailma ja metsät. Julkaisussa: Metsä ja puu I - Elävä puu. Teknillinen korkeakoulu / Puurakentaminen; Rakennustieto Oy. Tammer-Paino Oy, Tampere.
 - Parkkinen, P. (1990) Asuntovarallisuus vuosina 1900 - 2030. Taloudellinen suunnittelukeskus. Valtion painatuskeskus, Helsinki.
 - Parviainen, J. (2000) Artikkelit: Metsien Eurooppa. Julkaisussa: Paloheimo, E. (toim.) (2000) Metsä ja puu IV - Puu ja ympäristö. Teknillinen korkeakoulu / Puurakentaminen, Rakennustieto Oy. Tammer-Paino Oy, Tampere.
 - Puuinfo Oy (1999) Avoin puurakennejärjestelmä, rakennesuunnittelu. Puuinfo Oy. Vammalan kirjapaino Oy.
 - Puuinfo Oy (1999) Avoin puurakennejärjestelmä, arkkitehtisuunnittelu. Puuinfo Oy. Vammalan kirjapaino Oy.
 - Rakennustieto Oy (2000) Rakennusosien kustannuksia. Rakennustieto Oy. Tammer-Paino Oy.
 - Ranta-Maunus, A. (1996) Artikkelit: STEP-luento A9. Viilupuun ja muut uudet rakenteelliset puutuotteet. Julkaisussa: STEP 1 Puurakenteet (1996) Suunnitteluperusteet - materiaaliominaisuudet - rakenneosat - liitokset. Valtion teknillinen tutkimuskeskus ja Rakennustieto Oy. Kirjapaino Tammer-Paino Oy, Tampere.
 - Saanilahti, K. (1996) Arkkitehdin kahleet vai ohjaket; Tutkimus rakentamissäännösten vaikutuksista asuinkerrostalojen julkisivuarkkitehtuuriin. Esimerkkinä helsinkiläiset kerrostalot vuosina 1860 - 1990. Väitöskirjatyö. Teknillisen korkeakoulun arkkitehtiosaston tutkimuksia 1996/10. Arkkitehtiosasto, Teknillinen korkeakoulu, Espoo.
 - Saarelainen, U. (1981) Puurakenteet I. Puu materiaalina. Puuinformaatio ry. ja Rakentajain Kustannus Oy, Helsinki.
 - Sagot, G. (1996) Artikkelit: STEP-luento A14. Puun kestävydestä. Julkaisussa: STEP 1 Puurakenteet (1996) Suunnitteluperusteet - materiaaliominaisuudet - rakenneosat - liitokset. Valtion teknillinen tutkimuskeskus ja Rakennustieto Oy. Kirjapaino Tammer-Paino Oy, Tampere.
 - Siikanen, U. (1998) Puurakennusten suunnittelu. 4. painos. Rakennustieto Oy. Vammalan kirjapaino Oy, Vammala.
 - Sipari, P., Heinonen, R. & Parmanen, J. (1998) Acoustic properties of wooden floor slabs. VTT publications 345. VTT Technical Research Centre of Finland. Espoo.
 - Soikkeli, A. (1999) Suomalaisen puujulkisivujen pitkäaikaiskestävyys. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio. Kirjapaino Kaleva, Oulu.
 - STEP 1 Puurakenteet (1996) Suunnitteluperusteet - materiaaliominaisuudet - rakenneosat - liitokset. Valtion teknillinen tutkimuskeskus ja Rakennustieto Oy. Kirjapaino Tammer-Paino Oy, Tampere.

- Stone, G & Stone, P. (2000) Flervånings trähus; Kostnadsjämförelse mellan alternativa byggmetoder. Avdelningen för Konstruktionsteknik. Lunds Tekniska Högskola, Lund Universitet. Nordic Industrial Fund. Nordic Wood, delrapport Q Ekonomi. Rapport TVBK-3040. Lund 2000.
- Strandell, A. (1999) Asukasbarometri, Asukaskysely suomalaisista asuin ympäristöstä. Suomen ympäristö 343, ympäristöministeriö, alueiden käytön osasto, asunto- ja rakennusosasto. Vantaa.
- Suikkari, R. (1999) Artikkel: Suomalainen puukaupunkiperinne. Julkaisussa: Karjalainen, M. (toim.) Puuarkkitehtuuri, puukaupungit. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio. Oulun yliopistopaino, Oulu.
- Syrjänen, O. (1993) Artikkel: Tulevaisuuden haasteet suomalaiselle asuntopolitiikalle. Julkaisussa: Andersson, K. & Junto, A. (toim.) (1993) Asumisen tulevaisuus, asuntopolitiikan ja rakentamisen vaihtoehdot. Asuntohallitus. Rakennusalan kustantajat. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- TEKES (2000) Puurakentaminen 1995 - 1998. Teknologiaohjelmaraportti 12/2000. Loppu- ja arviointiraportti. Paino-Center Oy, Helsinki.
- Toratti, T. (2001) Puurakenteiden seisminen suunnittelu. VTT Tiedotteita n:o 2091, Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Espoo.
- Toratti, T. & Kevarinmäki, A. (2001) Development of Wood-Concrete Composite Floors. In: Innovative Wooden Structures and Bridges, IABSE Conference Lahti, Finland, August 29 - 31, 2001. Report, volume 85. (Book of Abstracts).
- Vihavainen, T. (1996) Artikkel: STEP-luento A16. Puun ympäristönäkökohdat. Julkaisussa: STEP 1 Puurakenteet (1996) Suunnitteluperusteet - materiaaliominaisuudet - rakenneosat - liitokset. Valtion teknillinen tutkimuskeskus ja Rakennustieto Oy. Kirjapaino Tammer-Paino Oy, Tampere.
- Viljakainen, M. (1998) Platform-frame, Pohjoisamerikkalainen puurakennusjärjestelmä. TTKK, Arkkitehtuurin osasto, Rakennussuunnittelun laitos, Julkaisu No 20. Tampere. Tekes, Mikkelin yksikkö. Vammalan Kirjapaino.
- Viljakainen, M. & Määttänen, T. (1998) Platform-järjestelmätutkimus, ehdotus avoimen puurakentamisjärjestelmän perusteiksi. Julkaisu 23. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Arkkitehtuurin osasto, Rakennussuunnittelun laitos. Tampere.
- Viljakainen, M. (1997) Puukerrostalo. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Puuinfo Oy. Rakennustieto Oy. Tammer-Paino Oy, Tampere.
- Viljakainen, M. (1998) Puukerrostalo, taloudellinen mahdollisuus. Julkaisu 24. Tampereen teknillinen korkeakoulu, arkkitehtuurin osasto, rakennussuunnittelun laitos. Tampere.
- Viljakainen, M. (1998) Puun käytön mahdollistamat lisäarvot kerrostalorakentamisessa. Julkaisu 25. Tampereen teknillinen korkeakoulu, arkkitehtuurin osasto, rakennussuunnittelun laitos. VTT Rakennustekniikka; Puutalon rakentamistapojen vertailu ja kehittäminen. Tampere.
- Virta, J. (1999) Puu-ulkoverhousien suunnittelu-, rakentamis- ja pintakäsittelyohje. Teknillisen Korkeakoulun talonrakennustekniikan laboratorion julkaisuja 104. Espoo.
- Virtanen, E. (2000) Artikkel: Elinkeinopolitiikka osana puutuoteteollisuuden edistämistä. Julkaisussa: Hellström, E., Jalaskoski, T. & Ojala, E. (toim.) Päättäjien Metsäakatemia 9. Kirkkonummi 29.5.2000. Keski-Pohjanmaa 7. - 9.6.2000. Suomen Metsäyhdistys ry. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Ympäristöministeriö (1997) Asumisen ekokirjo. Ympäristöministeriö ja Rakennustieto Oy. Kirjapaino Tammer-Paino Oy, Tampere.
- Ympäristöopas 39 (1998) Rakennusten paloturvallisuus & Paloturvallisuus korjausrakentamisessa. Ympäristöministeriö, Helsinki.
- Ympäristöopas 51 (1999) Kosteus rakentamisessa. RakMK C2 opas. Ympäristöministeriö, Helsinki.
- Ympäristöopas 72 (2000) Kerrosalan laskeminen. Ympäristöministeriö, Helsinki.

Muut painetut lähteet

- Eriksson, P.-E. (1995) Trästommar i flerbostadshus - Erfarenheter från byggande och förvaltning. Stockholm, Trätek, Rapport P 9504018.
- Eurocode 5, Design of Timber Structures. Part 1-2. General Rules - Structural Fire Design. First

- (Stage 32). Document CEN/TC 250/SC 5 N 137. Draft prEN 1995-1-2. / 2000-10-10.
- Gyproc Oy (2000) 13 - 02. Tyypihyväksytyt Gyproc-rakenteet. Palonkestävyys. Heinäkuu - 2000.
 - Hautajärvi, H. (2000) Pääkirjoitus: Asumisen onni ja ankaruus. Arkkitehti-lehti n:o 5/2000.
 - Häkkinen, A. (2000) Artikkel: Uudet energiamääräykset voimaan vuoden 2003 uudisrakentamisessa; Energianormeihin tulee 30 prosentin kiristys. Rakennuslehti 26.10.2000 / n:o 34.
 - Keski-Rahkonen, O. & Björkman, J. (1999) Palotilastoja Suomesta ja ulkomailta toiminnallisten palosäädösten perusteiksi. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. VTT Tiedotteita n:o1990, Espoo.
 - Kiinteistö- ja rakennusala (2001) Kiinteistö ja rakennuskluusterin visio 2010. Hyvän elämän puitteet. Raportti 1. 30.5.2001.
 - Koerakentamisohjelma-esite (1996) TEKES, KTM, YM, ARA.
 - Kokkala, M. (2000) Rakennusten paloturvallisuussuunnittelu; Toiminnallinen lähestymistapa. VTT Tiedotteita, n:o 2028. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Otamedia Oy, Espoo.
 - Laine, P. (2000) Naantalin puukerrostalot, koerakennushankkeen loppuraportti. 12.11.2000. Projektinjohtokonsultointi Pertti Laine Oy / PL-projektit.
 - Leivo, M., Nupponen, A. & Pitänen, J. (1997) Eurocode 5, Esimerkkilaskelmat. Eurocode 1, Eurocode 5, Yleisimpien puurakenteiden vertailulaskelmat B 10 ja Eurocode 5. Mitoitusohjelmat. Kymenlaakson AMK. Kotka.
 - Leppänen, P. (2000) Artikkel: Energiaa säästävä talo. Julkaisussa: RakAs, Ekologisen rakentamisen ja asumisen yhdistys ry., Verkostolehti n:o 2/2000.
 - Lohi, M. (2000) Artikkel: Kosteusmääräykset tiukkenivat tuntuvasti, tulkinnoissa on vielä hakemista. Rakennuslehti 16.11.2000 / n:o 38.
 - Maankäyttö- ja rakennuslaki (1999) Suomen säädöskokoelma 132/1999/115§/Kerrosala. RT YM1-21107. Rakennustietosäätiö, Helsinki.
 - Marsh, R., Luring, M. & Petersen, E.H. (2000) Artikkel: ja esitelmä: A Parametric Environmental Analysis of Lightweight Timber-based and Heavyweight Concrete-based Housing Forms. Architecture and Materials, the symposium of Nordic Association for Architectural Research in Oulu in Hailuoto 28. - 30.4.2000. Teoksessa: Mäntysalo, R. & Nyman, K. (toim.) (2001) Proceedings of the Nordic Research Symposium Architecture and Materials. Oulu and Hailuoto, April 28th - 30th, 2000. University of Oulu, Department of Architecture, Publication B 20. Oulu University Press, Oulu 2001.
 - Mikkola, E. (1999) Artikkel: Euroluokat tulevat rakennusmateriaalien palo-ominaisuuksien testaukseen. Julkaisussa: Halme, S. (toim.) VTT Rakennustekniikka. Rakentavaa tietoa 25.11.1999.
 - Nordic Timber Council, Nordic Wood & Träinformation (1997) Flervånings trähus.
 - Nordic Timber Council (1998) Marknadsstudie; Flervånings trähus i Tyskland och Japan. Sammanfattning. Oktober 1998.
 - Nordic Wood (1999) Brandsäkra trähus, Kunskapsöversikt och vägledning för lättbyggsystem i Norden. Trätekn. Byggeforsk Rapport O 7966.
 - Nummi, J. & Ratia, P., (1999) Koski H. (toim.) Puura-kehitysprojekti 1996 - 1998. Puukerrostalojen rakentamistavat ja hintakilpailukyky Kokemuksia ensimmäisistä suomalaisista puukerrostalohankkeista VTT Rakennustekniikka, Tampere 1999.
 - Pajakkala, P. & Lehtinen, E. (2000) Artikkel: Euroopan asuntotuotanto omakotitalojen suuntaan, vain Suomessa painopiste kerrostaloissa. VTT Rakennustekniikka, Tampere. Rakennuslehti 29.6.2000 / n:o 23.
 - Pelastustoimilaki 30.4.1999 / 561 (astui voimaan 1.9.1999.)
 - Pientaloteollisuus ry. (2001) Pientalobarometri, numero 1. Helmikuu 2001. Rakennustutkimus RTS Oy.
 - Pohjoisen puuviesti (1999) Pohjois-Suomen puutietoverkoston julkaisu, n:o 1/1999. Kehittäminen. Valtakunnallinen Puutuotealan osaamiskeskus: Tekemiseen tietämistä ja tietämiseen tekemistä.
 - RakMK B1 (1998) Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakenteiden varmuus ja kuormitukset. Määräykset. 1998. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto, Helsinki. RT RakMK-21069.
 - RakMK B10 (1990) Suomen rakentamismääräyskokoelma. Puurakenteet. Ohjeet 1983, muutettu 1990. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto, Helsinki.
 - RakMK C1 (1985) Ääneneristys. Määräykset. Ympäristöministeriö. RT RakMK-20596. Rakennustietosäätiö, Helsinki.
 - RakMK C1 (1998) Äänieristys ja meluntorjunta rakennuksissa. Määräykset ja ohjeet.

- Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. RT RakMK-21090. Rakennustietosäätiö, Helsinki.
- RakMK C2 (1998) Suomen rakentamismääräyskokoelma. Kosteus. Määräykset ja ohjeet 1998. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto, Helsinki. RT RakMK-21099.
 - RakMK C3 (1985) Suomen rakentamismääräyskokoelma. Lämmöneristys. Määräykset 1985. Ympäristöministeriö, Kaavoitus- ja rakennusosasto. RT RakMK-20553. Rakennustietosäätiö, Helsinki.
 - RakMK D1 (1987) Suomen rakentamismääräyskokoelma. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö. RT RakMK-20728. Rakennuskirja Oy / VAPK, Helsinki.
 - RakMK D2 (1987) Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 1987. Ympäristöministeriö. RT RakMK-20736. Rakennustietosäätiö, Helsinki.
 - RakMK G1 (1994) Suomen rakentamismääräyskokoelma. Asuntosuunnittelu. Määräykset. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. RT RakMK-20941. Rakennustietosäätiö, Helsinki.
 - RakMK E1 (1981) Rakenteellinen paloturvallisuus. Määräykset. Sisäasiainministeriö. RT RakMK-20702. Rakennustietosäätiö, Helsinki.
 - RakMK E1 (1997) Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 1997. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto, Helsinki.
 - RakMK F1 (1997) Suomen rakentamismääräyskokoelma. Liikuntaesteetön rakentaminen. Määräykset ja ohjeet 1997. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. RT RakMK-21049. Rakennustietosäätiö, Helsinki.
 - RakMK F2 (1983) Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten käyttö- ja huoltoturvallisuus. Ohjeet 1983. Sisäasiainministeriö. RT RakMK-20467. Rakennustietosäätiö, Helsinki.
 - Rannila, Rautaruukki Group. Esite: SteelInside, Rannila sisärakenteet. Rannila AWS huoneistojen välinen seinä.
 - Ratia, P. (1999) Platform-työmaaseuranta. Kokemukset ja kehitystarpeet. VTT Rakennustekniikka, Tampere 1999.
 - Ratia, P. (2000) Viranomaismääräykset ja stabiliteetti puukerrostaloissa. VTT Rakennustekniikka. Tuotantotalous ja tekniikka. RTE 24. Tampere.
 - Rauhala, T. (1999) Tekninen puu - uusi materiaali puuteollisuudelle, tutkimusprofessori Pentti Viitaniemen haastattelu. VTT Kiila, VTT:n henkilöstö- ja tiedotuslehden asiakasnumero.
 - RIL 205-1997 (1997) Puurakenteiden suunnittelunormi, Euronormi. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Pikapaino Paatelainen Oy, Helsinki.
 - Rintala, K. (1998) Verkostot puurakentamisessa. VTT Rakennustekniikka.
 - RT 12-10277 (1985) Rakennuksen pinta-alat. Rakennustietosäätiö, Helsinki.
 - RT X66-35540 (Konehuoneeton Schindler Smart MRL™ 001 -hissi / Schindler Oy)
 - RT 82-10678 (1998) Avoin puurakennearjestelmä, Rakennustietosäätiö, Helsinki.
 - RT 82-10679 (1998) Puukerrostalon rakenteet 1, Avoin puurakennearjestelmä.
 - RT 93-10546 (1994) Asuinrakennusten porrashuoneet ja kulkutilat. Rakennustietosäätiö, Helsinki.
 - Stone, G. (1999) Artikkelit: Kostnadsjämförelse 4-våninghus i trä. Julkaisussa: Träinformation, En tidning om trä, Nr 2/99.
 - Suomen Metsäyhdistys (2000) Vuosirengas-esite.
 - Suomen säädöskokoelma 132/1999. Maankäyttö- ja rakennuslaki. RT YM1-21107. Rakennustietosäätiö, Helsinki.
 - Suomen Vakuutusyhtiöiden Keskusliitto (1997) Sammutuslaitteet enintään 4-kerroksisissa P1- ja P2-luokan rakennuksissa.
 - Suominen, T. (1990) Rakennusoikeuden määrittely. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Rakentamistalous 1990/2, Tampere.
 - Södra Timber AB (2000) Specialprodukter. SödraSinus / En spårad träregel med extremt goda ljudegenskaper. Mars 2000.
 - Södra Timber (2000) Esite: Wälludden. Multi-storey timber frame building.
 - TEKES (2000) Esite: Puutuotteille lisää jalostusarvoa. Tukista tuplasti -teknologiaohjelma 1998 - 2003.
 - TRADA (2000) Acoustic performance of party floors and walls in timber framed buildings. TRADA Technology Report 1/2000.
 - Träinformation (1999) En tidning om trä, Nr 2/99, Tema: Flervåningshus.
 - Träteknik (1999) Nyhetsbrev från institutet för träteknisk forskning i Stockholm, Jönköping och Skellefteå. Nro 4/99. Aktuellt med svenska boendesprinkler.

- Trätek (2000) Träfasad i långtidstest. Rapport 0010037. Kontenta.
- Trätek (2000) Brandrisker i flervånings bustadshus - ny indexmetod. Nordic Wood, Trätek, Lunds universitet. Rapport 0009024. Kontenta.
- Vesa, J. (1999) Calculation of the Vertical Deformations of Paltform-type Timber Framed Buildings. Helsinki University of Technology, Laboratory of Structural Engineering and Building Physics. Report no: TRT300599JV. Part of Nordisk Industrifond's Nordic Wood Research Program. Otaniemi, Finland 23.12.1999.
- Viljakainen, M., Sabelström, P., Määttänen, T. & Keronen, A. (1997) Puu-Paavola; kokemuksia tuoteosarakentamisesta. "Viitesuunnitelmia eri tuoteosakombinaatioille" -tutkimusraportti. TTKK, Arkkitehtuurin osasto, rakenussuunnittelun laitos. Julkaisu No 21. Tekes, Suomen Puututkimus Oy. Tampere.
- Vinnova (2000) WIS. Wood Interface System. Ett öppet träbyggnadssystem. Vinnova. Verket för innovationssystem.
- VTT Rakennustekniikka (1995), testausseleste Nro RTE 11083/95 (13.11.1995), välipohjarakenteen polttokoe 13.9.1995.
- VTT Rakennustekniikka (1996), testausseleste nro RTE 11135/95 (26.1.1996). Kuormitetun, osastoivan seinän palonkestävyyskoe standardin SFS 4193 mukaan. Koepäivä 20.9.1995.
- VTT Rakennustekniikka (1999) Eurocode 5 (ENV 1995-1-2) muutostyö esistandardiksi.
- VTT Rakennustekniikka (1999) Tutkimusselestus nro RTE 10562/99. Puuinfo Oy. Ulkoseinä- ja välipohjaliitoksen kosteustekninen toimivuus – laskennallinen tarkastelu. 7.12.1999.
- VTT Rakennustekniikka (2000) Puukerrostalo As. Oy Lahden Poppeli; Lahden puukerrostalo-seuranta. VTT ja Skanska Oy. Tampere 29.2.2000.
- VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Tutkimusselestus nro RTE3060/01. 13.09.2001. Asunto Oy Kotkan Kotkanpesän palotekninen arvio.
- Weck, Tor-Ulf (1990) Artikkel: Rakennusoikeuden laskentatavan kehittäminen. Tiili-lehti 1/90.
- Weckman, H. (1997) Ihmisten käyttäytyminen poistumistilanteissa. Rakentavaa tietoa. VTT Rakennustekniikka. 19/10.97.
- FoodFocus / Puuinfo (2001) Esite: PuuSuomi-toimintaohjelma 1998 - 2005 puutuoteteollisuuden kehittämiseksi. Vammalan Kirjapaino Oy.
- Ympäristöministeriö (1993) Radonin torjuminen pien- ja rivitaloissa; Maanvastaisten rakenteiden radontekninen suunnittelu. Opas 2/1993. Ympäristöministeriö, kaavoitus- ja rakennusosasto / alueidenkäytön osasto. Painatuskeskus, ympäristöministeriö.
- Östman, B. (2000) Höga träfasader. Trätek – Institutet för Träteknisk Forskning -esite.

Painamattomat lähteet

- Arkkitehtitoimisto Ahto Ollikainen Oy (1998) Suunnittelu- ja muuntojoustavuus puurakenteissa. Loppuraportti - 3.12.1998. Puutalon rakentamistapojen vertailu ja kehittäminen. "Puura".
- Arkkitehtitoimisto ARK-VE Oy (1995) Kiinteistö Oy Ylönjärven Vuokratalot, Lehmustanhua 1. Rakennusselestus 22.12.1995 / kohteen suunnitelmat.
- Arkkitehtitoimisto Pauli Lindström Oy (1997) As Oy Lahden Pinja. Rakennusselestus 30.4.1997 / kohteen suunnitelmat.
- Arkkitehtisuunnittelu Pauli Lindström (1998) As Oy Lahden Poppeli. Rakennusselestus 9.10.1998 / kohteen suunnitelmat.
- Arkkitehtuuritoimisto Launos Oy (1997) As Oy Porvoon Fredrika. Rakennusselestus 14.8.1997 / kohteen suunnitelmat.
- Arkkitehtuuritoimisto Launos Oy (1998) As Oy Porvoon Aleksanterinkatu 29. Rakennusselestus 28.12.1998 / kohteen suunnitelmat.
- Arkkitehtuuritoimisto Mauri Mäki-Marttunen Ky (1996) Asoasunnot Oy Pähkinämäentie 231 / VVO Pähkinämäentie 235. Rakennusselestus 3.9.1996 / kohteen suunnitelmat.
- Arkkitehtuuritoimisto Mauri Mäki-Marttunen Ky (1996) Jerenpihan puukerrostalo. Rakennusselestus

12.11.1996 / kohteen suunnitelmat.

- Arkkitehtuuritoimisto Mauri Mäki-Marttunen Ky (1996) Kiinteistö Oy Viikinmansio. Rakennusselitys 19.1.1996 / kohteen suunnitelmat.
- Arkkitehtuuritoimisto Mauri Mäki-Marttunen Ky (1999) Naantalin puukerrostalot; As Oy Naantalin Aurinkorusko, As Oy Naantalin Päivärusko ja As Oy Naantalin Iltarusko. Rakennusselitys 1.7.1999 / kohteen suunnitelmat.
- Demsey, Mark, P. (2000) Esitelmä: North American systems and experiences. ”Boendesprinkler räddar liv” -seminaarissa Tukholmassa 19.1.2000.
- Dragheim, A. (2001) Esitelmä: Multi-storey housing in Denmark. Konferenssissa: The First European Conference on Wood Architecture and Construction. Malmö, Sweden 29 - 30 May 2001.
- Eronen, J. (1996) Raksa '96. Paavolan puutaloalue, kyselytutkimus. Lahden ammattikorkeakoulu. Lahti.
- Eskola, T. (1996) Puukerrostalon ajallinen tuotannonohjaus. Case: Kiinteistö Oy Puukotka. Diplomityö. Oulun yliopisto, rakentamistekniikan osasto. 23.10.1996.
- Fredriksson, P. (2000) Asuttopoliittinen strategia 2000 - 2003, selvitysmiehen ehdotus. Suomen ympäristö 382. Ympäristöministeriö. Asunto- ja rakennusosasto, Helsinki 2000.
- Hakkarainen, T. & Kokkala, M. (2001) SBI-testin lämmöntuoton mallinnus. Palotutkimusraati, paloalan tutkimuksen kehittämisorganisaatio. Palotutkimuksen päivät Espoossa 22. - 23.8.2001.
- Hassinen, J.-P. (2001) Sprinklerilaitteiston luotettavuusanalyysi luotettavuusmallin laatiminen. Palotutkimusraati, paloalan tutkimuksen kehittämisorganisaatio. Palotutkimuksen päivät Espoossa 22. - 23.8.2001.
- Hietanen, T. (1999) Esitelmä: Seinät, katot, pilarit ja palkit - Runkorakenteet. Muuttuva paloluokitus ja testimenetelmät. Tiedotustilaisuus VTT:llä, Espoossa 2.11.1999.
- Hietaniemi, J. (1999) Puutuotteiden palosuojaus. Palotutkimusraati, paloalan tutkimuksen kehittämisorganisaatio. Palotutkimuksen päivät Helsingissä 25. - 26.8.1999.
- Hietaniemi, J. (2001) Puun palosuojauksen vaikutus suljetussa tilassa kehittyvään paloon: kokeellinen todennus ja koetulosten soveltamisesimerkki. Palotutkimusraati, paloalan tutkimuksen kehittämisorganisaatio. Palotutkimuksen päivät Espoossa 22. - 23.8.2001.
- Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy (1999) RTT. Betonivälipohjien askelääneneristävyyden Osaprojekti 2, raportti 22.10.1999.
- Kangas, E. (2000) Esitelmätiedote. Lämpökäsittelyn puun tuoteluokitus ja standardisointi. Puun lämpökäsittely -seminaari Innopolissa Espoossa, 19.1.2000.
- Keronen, A. (1997) Esitelmä ja artikkeli: Puukerrostalon rakenteet. Puurakentaminen-seminaari Valkealassa 10.12.1997.
- Keronen, A. (1998) Puukerrostalon rakenteet. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Talonrakennustekniikka. Julkaisu 85. Rakennustekniikan osasto. Tampere.
- Kuittinen, K. (1997) Artikkelit: Rakentaminen. Raportissa: Nordic Wood, Trähus i flera våningar. Pilottiprojekti 5: Viikin puukerrostalot. Loppuraportti.
- Kuusisto, R. (2000) Hirren rakennustekninen ja kaupunkikuvallinen soveltuvuus nykyaikaiseen kaupunkirakentamiseen. Syventävien opintojen tutkielma. Oulun yliopisto, Arkkitehtuurin osasto. 18.5.2000.
- Kuusisto, R. (2000) Puutalon LVIS- ja sprinkleritekniikka, sekä niiden merkitys puurakentamisen kilpailukyvyille. Esiselvitys. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio. 9.11.2000.
- Laaksonen, J.-P. (2001) Mitä maksaa minuutti rakennuspalossa? Palotutkimusraati, paloalan tutkimuksen kehittämisorganisaatio. Palotutkimuksen päivät Espoossa 22. - 23.8.2001.
- Laapotti, J. (1974) Asuntosuunnittelu I. Kurssi 9.52.01. Luentomoniste. Julkaisu B7. Teknillinen korkeakoulu. Arkkitehtiosasto. Rakennussuunnittelun laitos. Otaniemi.
- Leskelä, J. (1999) Metsäteollisuus ry. Puurakentamisen standardisointi.
- Leskelä, J. (1999) Esitelmä: Rakennusmateriaalien eurooppalainen paloluokitus. Muuttuva paloluokitus ja testimenetelmät. Tiedotustilaisuus VTT:llä, Espoossa 2.11.1999.
- Leskelä, J. (1999) Metsäteollisuus ry. Puurakenteiden palotekninen tukiryhmä. Pöytäkirja 1.10.1999.
- Leskelä, J. (2000) Metsäteollisuus ry. Puurakenteiden palotekninen tukiryhmä. Pöytäkirja 14.1.2000.
- Leskelä, J. (2000) Metsäteollisuus ry. Puurakenteiden palotekninen tukiryhmä. Pöytäkirja 17.11.2000. Liite.
- Leskelä, J. (1996) Puurakenteisen hallin ja kerrostalon levyjäykistys. Oulun yliopisto,

rakentamistekniikan osasto, Oulu.

- Leskelä, J. & Kilpeläinen, M. (1996) Puukerrostalon seinä- ja jäykistysrakenteiden mitoitus, case: Kiinteistö Oy Puukotka. Oulun yliopisto, rakentamistekniikan laboratorio, julkaisu 52, Oulu.
- Lindberg, R., Vinha, J. & Käkelä, P. (1999) Tutkimuselostus nro 888. Platform-rakenteisen ulkoseinävälipohjaliitoksen rakennusfysikaalinen koe. Tampereen teknillinen korkeakoulu, rakennustekniikan osasto, rakennetekniikan laitos, talonrakennustekniikan laboratorio.
- Lindblom, T., Tillander, K. & Keski-Rahkonen, O. (2001) Taloudelliset palovahingot Suomessa. Palotutkimusraati, paloalan tutkimuksen kehittämisorganisaatio. Palotutkimuksen päivät Espoossa 22. - 23.8.2001.
- Lonka, H. (1999) Amerikkalaisen puukerrostalon kustannusarvio. Raportti 12.6.1999.
- Luja-Talo Oy (1999) As Oy Linnanmaahisen suunnitelmat. Arkkitehtitoimisto Jouni Salokannel Oy. Arkkitehti Tomi Jänkkälä.
- Luukkonen, I. (2000) Puukerrostalon ulkoseinän ja välipohjan liitoksen lämpö- ja kosteustekninen toiminta. Diplomityö. Oulun yliopisto, teknillinen tiedekunta, rakentamistekniikan osasto, rakennetekniikan laboratorio. 4.1.2000.
- Mackay, Hugh, J. (1996) Esitelmä ja artikkeli: Multi-Storey Timber Frame in the UK. Seminaarissa: Timber Frame Buildings Systems 18 - 19 April 1996. Växjö, Sweden.
- Martikainen, J., Pirinen, J. & Sipilä, J. (1997) Taloudelliset puurakenteet kerrostalorakentamisessa. Case: Kiinteistö Oy Puukotka. Oulun yliopisto, rakentamistekniikan osasto, rakentamistalouden laboratorio. Julkaisu n:o 108. Oulun yliopistopaino, Oulu.
- Metsäteollisuus (2000) Metsäteollisuuden tuotanto Suomessa vuonna 2000.
- Mikkola, E. (1999) Kirjelmä: Muutosehdotuksia Suomen rakentamismääräyskokoelman osaan E1, Rakennusten paloturvallisuus, Määräykset ja ohjeet. VTT Rakennustekniikka.
- Möller, K. & Otranen, L. (1999) Puun lämpökäsittely. Ympäristötekniikan instituutin julkaisuja n:o 4. Mikkeli.
- Nummi, J. (1998) Puisten asuinrakennusten kilpailukyky. RTE24. Moniste 20.3.1998.
- Oulun yliopisto, arkkitehtuurin osasto, Puustudio (1996) Kiinteistö Oy Puukotka. Rakennusselitys 20.5.1996 / kohteen suunnitelmat.
- Palmberg-Rakennus Oy (1998) Sodankylän puukerrostalot, Kiinteistö Oy Asentopuulaaki Pilotti 2; Koerakennushankkeen loppuraportti. Projekti: Puurakentamisen teollinen standardisointi. Tuotekehitysavustussopimus TEKES / Palmberg-Rakennus Oy nro 177/98 (9.2.1998), Dnro 1292/480/97.
- Palotekninen Insinööri-toimisto Markku Kauriala Oy (1995) Esitys Ylöjärven puukerrostalon paloteknisistä ratkaisuista. Espoo, 26.7.1995.
- Parmanen, J., Sipari, P. & Uosukainen, S. (1998) Luonnos: Puukerrostalon ääneneristävyyden hallinta - Tutkimusyhteenveto. VTT Rakennustekniikka. Espoo 19.2.1998.
- Perälä, A.-L., Rintanen, R. & Ratia, P. (1998) Puukerrostalon runkorakenteiden ympäristövertailut. Puura-projekti. VTT Rakennustekniikka, Helsinki.
- Piela, N. (1997) Aluepalon estäminen puukerrostaloalueella. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan osasto, Talonrakennustekniikka, Palo- ja turvallisuustekniikka 12.12.1997.
- Pirhonen, S. (2001) Pohjois-Karjalassa asuvien ihmisten suhtautuminen puukerrostaloihin. Opinnäytetyö. Pohjois-Karjalan Ammattikorkeakoulu, Puutekniikan koulutusohjelma. Kevät 2001.
- Pirinen, J. & Sipilä, J. (1997) Puukerrostalon kustannukset. Case: Kiinteistö Oy Puukotka. Oulun yliopisto, rakentamistekniikan osasto, rakentamistalouden laboratorio. Julkaisu n:o 109. Oulun yliopistopaino, Oulu.
- Poutanen, T. (1998) Esitelmä: Puutuoteollisuus, nykytila ja arvioita kehitysmahdollisuuksista. Puurakenteiden suunnittelijoiden pätevytymiskoulutus. Tampereen teknillinen korkeakoulu, 3.11.1998.
- Rahikainen, J. & Keski-Rahkonen, O. (1999) Palokuolemat Suomessa 1988 - 97. Palotutkimusraati, paloalan tutkimuksen kehittämisorganisaatio. Palotutkimuksen päivät Helsingissä 25.-26.8.1999.
- Rantala, E. & Ingman, J. (2000) Luentokalvot: Puun maleointi, puristepuu. Puun lämpökäsittelyosaamisella maailmalle. Puun lämpökäsittely -seminaari Innopolissa Espoossa, 19.1.2000.
- Rautamäki, P. (1997) Artikkelit: Rakenteet. Raportissa: Nordic Wood, Trähus i flera väningar. Pilottiprojekti 5: Viikin puukerrostalot. Loppuraportti.
- Rautiainen, L. (2000) VTT Rakennustekniikka. Märkätilojen vedeneristys - sertifioidut tuotteet ja

järjestelmät (moniste 1.8.2000).

- Räddningsverket (2000) Dödsbränder 1999. Rapport. Räddningsverket, Karlstadt. Räddningsstjänstavdelningen. Enheten för olycksförebyggande verksamhet.
- Simonson, C. (2001) Esitelmä: Wood based materials' impact on indoor climate. Puumarkkina- ja Puusta-päivät Lahdessa 6. - 7.11.2001.
- Sipari, P. & Parmanen, J. (2000) Puukerrostalon ääneneristävyys todellisuudessa - Johtopäätöksiä mittauksista ja haastatteluista. VTT Rakennustekniikka / TEKES. Sisäinen raportti nro RTE13-IR-26/2000.
- Stone, G. (2001) Esitelmä "The development of multi-storey timber-framed buildings in Sweden". 22.5.2001, Technische Universität Graz, Austria.
- Skanska Etelä-Suomi Oy (1998) Projektitiedote 12.3.1998.
- STUK (1998) Säteilyselvitys. Kalvosarja; Asunnossa on useita radonlähteitä. 99-21/AVO/9.11.1998.
- Suikkari, R. (2001) Suomen puukaupunkipalot - menneisyyden peikko vai tulevaisuuden uhka? Palotutkimusraati, paloalan tutkimuksen kehittämisorganisaatio. Palotutkimuksen päivät Espoossa 22. - 23.8.2001.
- Suomen Puututkimus Oy (1995) Puukerrostalo; suunnitteluperusteet, rakennedetailit. 10.1.1995.
- Taskinen, R. & Voutilainen, J. (1998) Ulkoverhouksen palokatkot P2-luokan puukerrostaloissa. Opinnäytetyö. Pelastusopisto, Päälystökurssi 5. Kuopio 4.12.1998.
- Thelandersson, S. (2001) Esitelmä: Wood in structural systems for multi-storey buildings. Konferenssissa: The First European Conference on Wood Architecture and Construction. Malmö, Sweden 29 - 30 May 2001.
- Tilastokeskus (2000) Suomen asumistilastoja.
- Törmänen, J. (1996) Puurakenteiden suunnitteluohjeiden täydentäminen. Diplomityö. Oulun yliopisto, rakentamistekniikan osasto, rakennetekniikan laboratorio. 4.11.1996. Oulu.
- Törmänen, J. & Leskelä, M.V. (1996) Tutkimusraportti RTL 0021. Kantavien puurakenteiden vaurioselvitys. Puurakenteiden suunnitteluohjeiden nykytilanne. Oulun yliopisto, rakentamistekniikan osasto, rakennetekniikan laboratorio, Oulu.
- Ukonmaanaho, A. (1996) Yleiseurooppalaisen (Eurocode 5) ja suomalaisen puurakenteiden mitoituskäytännön vertailu. Oulun teknillinen oppilaitos. Rakennusosasto. Insinöörityö, 1996.
- Vaara, I. (1996) Tilastotutkimus puisten asuinrakennusten paloturvallisuudesta. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, Rakennus- ja maanmittaustekniikan osasto, Talonrakennustekniikka, Palo- ja turvallisuustekniikka. 30.10.1996.
- Vaari, J. (1999) Vesisumut sammutustekniikassa: periaatteet ja käytännön esimerkkejä avoimen ja suljetun tilan kokeista. Palotutkimusraati, paloalan tutkimuksen kehittämisorganisaatio. Palotutkimuksen päivät Helsingissä 25. - 26.8.1999.
- Valtion asuntorahasto (1997) Asumistilastoja.
- Vartiainen, T. (2001) Esitelmä: Lämpöpuutuotteet. Puurakentaminen ja puun käsittely -seminaarissa Lapinlahdella 24.8.2001.
- Viitaniemi, P. & Ingman, J. (2000) Esitelmätiedote, luentokalvot. Puun lämpökäsittely. Puun lämpökäsittely -seminaari Innopolissa Espoossa, 19.1.2000.
- VTT Building Technology (1999) Fire Technology. Fire test of a wooden facade and comparisons with earlier tests. Draft version, 3.6.1999.
- VTT Rakennustekniikka (2000) Puurunkoisen asuinrakennuksen ääneneristävyyden suunnitteluohje. Espoo. 10.10.2000.
- VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka (2001) Esitutkimus: Kansainvälisesti menestyvät laadukkaan asumisen puutuotteet. Loppuraportti. 15.5.2001.
- WoodFocus Oy (2000) Havusahatavaran käyttötilastoja.
- Ympäristöministeriö (2000) Hallituksen asuntopoliittinen strategia. 21.6.2000.
- Ympäristöministeriö (2001) Paloturvallisuussuunnittelu, luonnos 15.1.2001. (Asetettu lausuntokierrokselle 17.1.2001)
- Ympäristöministeriö (2001) RakMK C 3, ehdotus 16.5.2001. Rakennuksen lämmöneristys ja tilojen lämmityksen tehon- ja nettoenergian tarve. Määräykset 2003. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto.
- Ympäristöministeriö (2001) RakMK osa C4, ehdotus 16.5.2001. Lämmöneristys, ohjeet 2003. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto.

Henkilöhaastattelut

- Aarnio, Petri. Arkkitehtitoimisto Jouni Koiso-Kanttila Oy. Haastattelu 17.2.1998.
- Angeria, Tauno. Skanska Etelä-Suomi Oy. Haastattelu 12.6.2001.
- Currie, Jamie. Stewart Milne Timber Systems. Haastattelu 1.6.2000.
- Dalgarno, Stewart. Stewart Milne Timber Systems. Haastattelu 1.6.2000.
- Demsey, Mark P. PE. KPT. Fire Protection Engineers, Building and Life Safety Code Consultants. Haastattelu 19.1.2000.
- Fischer, Jörg. Hochschule für Technik Wirtschaft und Verwaltung Zürich. Haastattelu 31.5.2001.
- Grant, Charles. Walker Timber Ltd. Haastattelu 5.6.2000.
- Gutiérrez, Andrés. Technische Universität Wien. Haastattelu 30.5.2001.
- Hopslagare, Mikko. Säkkiväline Oy. Puhelinhaastattelu 17.11.1998.
- Hyytiä, Ilpo. Lahden Talohuolto Oy. Haastattelu 4.5.2000.
- Kanninen, Toivo, J. Riihi-säätiö ry. Haastattelut 21.8.1998, 13.6.2000 ja 23.2.2000.
- Koljonen, Antti. Kantakaupungin Isännöinti Oy. Haastattelu 17.9.1998.
- Konttila, Mauri. Konstru Oy. Haastattelu 17.11.2000 ja puhelinhaastattelu 10.1.2001.
- Kukkonen, Tuomo. Oulun palo- ja pelastuslaitos. Haastattelu 19.1.2000 ja puhelinhaastattelu 10.4.2000.
- Laine, Pertti. Skanska Itä-Suomi Oy. Haastattelu 17.10.2001.
- Leimala, Seppo. Gyproc Oy. Haastattelu 17.11.2000.
- Leivo, Mika. Puutuotealan osaamiskeskus. Haastattelu 15.1.2001.
- Liikanen, Kari. Porvoon Puurakennus Oy. Puhelinhaastattelu 14.11.2000 ja haastattelu 22.3.2001.
- Lindström, Pauli. Arkkitehtitoimisto Pauli Lindström Oy. Haastattelu 19.1.2000.
- Lukkari, Anna-Maija. Helsingin yliopisto. Haastattelu 15.9.1998.
- Macfarlane, Robert L. Torwood Homes. Haastattelu 2.6.2000.
- Melakari, Veikko. Palmberg-Rakennus Oy. Puhelinhaastattelu 5.9.2001.
- Mäki-Hoimela, Jarmo. VVO-Kiinteistövästuu Oy. Haastattelu 18.9.1998.
- Nevalainen, Kalevi. As Oy Lahden Poppeli, valvoja. Haastattelu 4.5.2000.
- Nikula, Seija. VVO-Kiinteistövästuu Oy. Puhelinhaastattelu 19.4.2000.
- Nurro, Pekka. Suomen Puututkimus Oy / WoodFocus Oy. Haastattelu 4.5.2001.
- Parmanen, Juhani. VTT Rakennustekniikka / akustiikka. Haastattelu 17.4.1998.
- Punna, Juha. Masa Oy, Siivouspalvelut ja kiinteistöhuolto. Haastattelu 14.1.2000.
- Pyykkönen, Marko. ASO-Aasunnot Oy. Puhelinhaastattelu 28.11.2000.
- Railio, Matti. Ylöjärven kunta. Puhelinhaastattelu 6.5.1998.
- Risberg, Wilhelm. Lindbäcks Bygg Ab. Haastattelu 26.3.1997.
- Ritchie, Mark. Stewart Milne Timber Systems. Haastattelu 1.6.2000.
- Rytönen, Tanja. Arkkitehtitoimisto Jouni Koiso-Kanttila Oy. Puhelinhaastattelu 24.7.2001.
- Sievänen, Reijo. Kiinteistöhuolto Sievänen. Haastattelu 11.5.1998.
- Saarinen, Jouni. Arkkitehtuuritoimisto Mauri Mäki-Marttunen Ky. Haastattelu 3.12.1998 ja puhelinhaastattelu 17.1.2000.
- Salonen, Pekka. Puu-Suomi-toimintaohjelma. Haastattelu 21.2.2000.
- Siika-aho, Jouni. Insinööritoimisto Pekka Heikkilä Oy. Sähköpostihaastattelu 3.9.2001.
- Sipari, Pekka. VTT Rakennustekniikka / akustiikka. Puhelinhaastattelu 19.4.2001.
- Sipilä, Juha. Tarveasunnot Oy / Turku. Puhelinhaastattelu 5.11.1998.
- Sokka, Pekka. Skanska Etelä-Suomi Oy. Haastattelu 15.5.2001.
- Stenman, Nils-Erik. Kokkolan kaupunki. Haastattelu 11.1.2001.
- Thelandersson, Sven. Lund University. Haastattelut 6.2.1997 ja 30.5.2001.
- Tiensuu, Ilkka. VVO-Yhtymä Oy. Haastattelu 17.9.1998.
- Winter, Wolfgang. Technische Universität Wien. Haastattelu 30.5.2001.
- Åkerberg, Kenneth. Porvoon seudun OP-Kiinteistökeskus Oy. Haastattelu 11.1.2000.

Liite 1 Polttokoesarja Kuopion Pelastusopistolla

Yleistä

Vuoden 1998 aikana Kuopion Pelastusopistolla suoritettiin rakennusmestari Risto Taskisen ja rakennusinsinööri Juhani Voutilaisen päällystökurssin lopputyön osana puujulkisivujen polttokoesarja, jossa tutkittiin puujulkisivujen erilaisia palokatkoratkaisuja. Polttokokeita tehtiin Pelastusopiston harjoitusalueella yhteensä seitsemän.⁵⁰⁴ Tässä liitteessä esitellään polttokokeiden kulku ja tulokset. Polttokokeiden johtopäätökset on esitetty tämän väitöskirja-tutkimuksen luvussa 3.4.2.

Suomalaisen puukerrostalojen kirjavan vaatimus- ja toteutumiskäytännön takia polttokokeiden lähtökohdiksi määriteltiin seuraavat seikat:

Puukerrostalojen ulkoseinät tehdään puuverhoiltuina. Palamattomien ulkoverhousten ja puun palonestokäsittelyiden käyttöä ei tutkita näissä kokeissa.

Testiseinissä käytetään vähintään 25 mm:n paksuista julkisivuverhouslautaa siten, että julkisivuverhouksen tausta on kaikissa testiseinissä tuuletettu.

Pidetään itsestään selvänä, että puujulkisivu palaa kun se sytytetään! Kokeissa tutkitaan erilaisien palokatkojen ja räystäiden käyttäytymistä silloin, kun seinän alaosa sytytetään tahallaan tuleen pienehkön lisäpalokuorman avulla (pyromaani-tilanteen simulointi).

Kokeet tehdään ulko-olosuhteissa toteutettujen puukerrostalokohteiden ulkoseinäratkaisuja soveltaen. Täten pyritään mahdollisimman hyvin jäljittelemään todellista palotilannetta. Tunustetaan, että kokeissa on monta muuttujaa, mutta tiedostetaan, että näin on aidossakin syttymis- ja palotilanteessa. Palavan naapurirakennuksen säteilylämmön aiheuttamaa seinän syttymistä ei tutkita näissä kokeissa.

⁵⁰⁴ Suomen Puututkimus Oy ja Puuinfo Oy rahoittivat polttokokeet materiaalihankintoineen. Myös Gyproc Oy, Rannila Steel Oy ja Aislo Oy osallistuivat materiaalitoimituksiin. Polttokokeita seurasi heidän lisäksi myös Oulun palo- ja pelastuslaitoksen sekä rakennusvalvontaviraston edustajat ja Oulun ensimmäisten puukerrostalokohteiden rakennuttaja.

Testataan sekä toteutettuja että toteuttamattomia puujulkisivujen palokatkoratkaisuja. Testisarjan tavoitteeksi asetettiin sellaisten ratkaisujen etsiminen, joita kannattaa jatkossa tutkia tarkemmin, jotta saataisiin aikaan ainakin yksi valtakunnallisesti yleisesti hyväksyttävä puukerrostalojen ulkoseinien palokatko- ja räystäsratkaisu. Sovittiin myös, että ratkaisu ei saa olla epäkäytännöllinen, ruma, kustannuksiltaan kohtuuton, eikä estää rakenteiden tuulettumista tai edistää julkisivujen kastumista ja puuverhosten vaurioitumista.

Polttokokeet

Poltetut testiseinät olivat 3,0 m leveitä ja 4,2 m korkeita. Jokaisen testatun seinäelementin keskiosaan oli sijoitettu 1 m x 1 m -kokoinen kolminkertainen umpiolasi-ikkuna. Seinäelementtien julkisivuverhouksessa käytettiin 25 mm:n paksuisia hienosahattuja kuusilautoja, joita oli säilytetty noin kolme kuukautta tapuloituna suojakatoksessa. Puutavara oli ulkokuivaa, kosteus arviolta 12 - 18 %.

Julkisivuverhouslaudat maalattiin kertaalleen Vinha-puunsuojalla (= vesiohenteinen puunsuoja, jonka sideaineena on alkydivahvisteinen akrylaattilateksi). Kunkin koeseinän alkupalo sytytettiin seinän alareunan keskikohdasta siten, että julkisivupinnan ja tuuletusraon alapinta olivat alttiina liekeille. Palokuormana käytettiin kussakin kokeessa 3 - 4 kpl reilun metrin mittaisia puusoiroja kooltaan 50 mm x 100 mm, 9 mm:n lastulevypalasia ja polttoöljyä vajaan litran verran. Palokuorma sytytettiin kaasupolttimella. Kokeissa 3, 5 ja 7 lisättiin palokuormaa kokeen aikana, jotta testit saatiin loppuun tarkoituksenmukaisella tavalla. Lämpötiloja mitattiin viidellä seinäelementtiin sijoitetulla lämpötila-anturilla ja kokeet tallennettiin kahdella video- ja useammalla valokuvakameralla sekä tekemällä havainnoista muistiinpanoja.

Kuopion Pelastusopiston seitsemän polttokokeen lisäksi Oulun Puustudion edustajat tekivät kaksikerroksisen luhtikäytäväsäleikön polttokokeen Oulussa Kemiran teollisuusalueella 4.11.1998. Tämän polttokokeen (n:o 8) kulku on esitetty tämän liitteen lopussa.

Polttokoe n:o 1

* Aika: keskiviikko 13.5.1998 klo 13.00 - 14.40

* Rakenne:

ns. Oulun ulkoseinämalli, jossa ei ole ulkopuolista näkyvää palokatkoa

- tuulensuojana kipsikartonkilevy 9 mm, pintakerrosluokka 1/I, ”ullakkoa” vasten kipsikartonkilevy 2 x 9 mm (EI 30)

- runkotolppien kohdalla tuulensuojakipsikartonkilevyn päällä pystykoolaus 10 x 50 c 600 sekä vaakakoolaus 19 x 100 c 600, joiden välit on kapuloitu umpeen c 600 - 1200 tarkoituksena vaakakoolausten välisen pystytilan tukkiminen siten, että yhtenäiset pystysuuntaiset tuuletusrakokaistat ovat enintään 1 200 mm leveitä

- pystysuuntainen ulkoverhouslautoitus, UVL 25 x 120

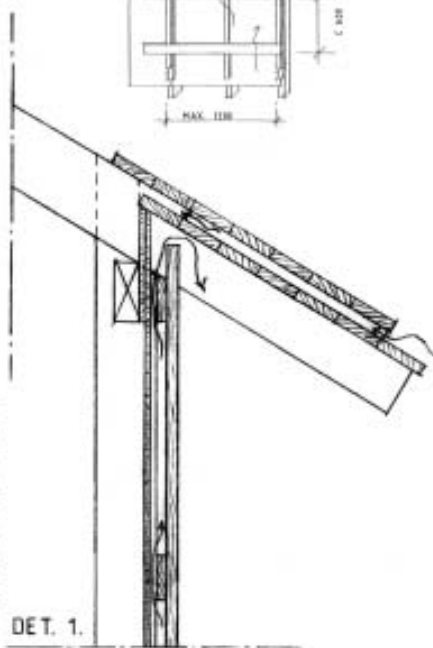
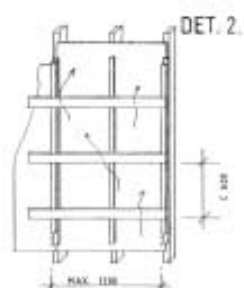
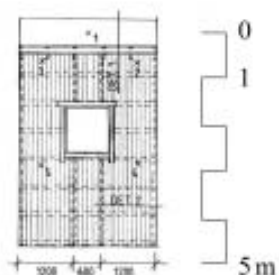
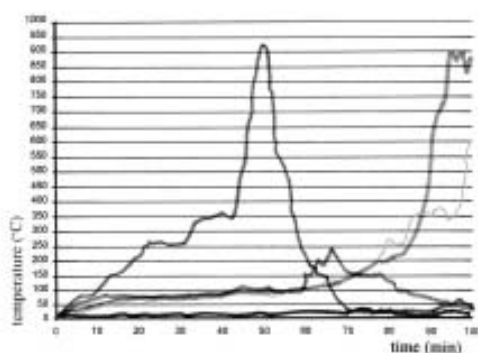
- räystäänä ns. kaksoisräystäsrakenne, pituus 600 mm. ”Ullakon” tuuletus on järjestetty

FIRE TEST 1



time: 40 min.

- thermometer 1 ⊙ on the facade
- thermometer 2 × in the air space
- thermometer 3
- thermometer 4
- thermometer 5



räystään päältä noin 100 mm räystäään ulkoreunalta sisäänpäin

- tuuletusraon palokatkoistaisten leveys ikkunan alla 600 mm ja seinän reunoilla 1 200 mm

* Sääolosuhteet:

- aurinkoinen sää

- ilman lämpötila +13°C

- tuulen nopeus 0 - 2 m/s, tuulen suunta 45° elementin edestä oikealta koekappaleen julkisivupintaan päin katsottaessa

- ilman suhteellinen kosteus 53 % (rh)

- ilmanpaine 1 030 mbar

* Polttokokeen kulku:

- seinä syttyi aluksi hyvin, mutta pian liekit vetäytyivät seinän alaosaan pieneksi paloksi

- 15 min: palo pysytteli ikkunan alapuolella, räystäään alta purkautui vaaleita kylmiä savukaasuja
- 30 min: palo pysytteli ikkunan alapuolella eikä näyttänyt leviävän sivuttaissuunnassa
- 32 min: liekkirintama oli seinän oikealla laidalla noin metrin korkeudella, vasemmalla reunalla noin 1,6 metrin korkeudella
- 60 min: palo oli edennyt ikkunan sivuille saakka
- 67 min 15 s: ikkuna särkyi railoille
- 75 min: palo oli edennyt seinän kummallakin reunalla ikkunan yläreunan tasalle
- 84 min 45 s: kaksoisräystäään alapinta syttyi tuleen
- 92 min: palo syttyi tuuletusraossa kaksoisräystäällä
- 98 min: kaksoisräystäään tuuletusrako paloi täysin
- 100 min: polttokoe keskeytettiin ja seinä sammutettiin

* *Alustavat johtopäätökset 1. polttokokeesta:*

- Seinä paloi ennakoitua paljon hitaammin. Perussyiksi arvioitiin julkisivuverhouksen tuuletusraon kuristuminen 29 mm:stä 10 mm:iin 600 mm:n välein pystysuunnassa. Kuristumat muodostavat savuhyllyjä, jotka hidastavat ilmavirtauksia ja paloa tuuletusraossa. Lisäksi palo tukahtuu tuuletusraossa, koska se ei saa riittävästi palamishapetta.

- Kaksoisräystääs toimi siten, ettei palo levinnyt räystäään yli, vaan pysytteli räystäään alapuolella. Kuitenkin kaksoisräystääs pidätteli palon leviämistä ullakolle yllättävän vähän aikaa (noin 7 minuuttia).

Polttokoe n:o 2

* Aika: keskiviikko 13.5.1998 klo 16.00 - 16.20

* Rakenne:

- 30 mm:n palokatkoaloke teräspellistä

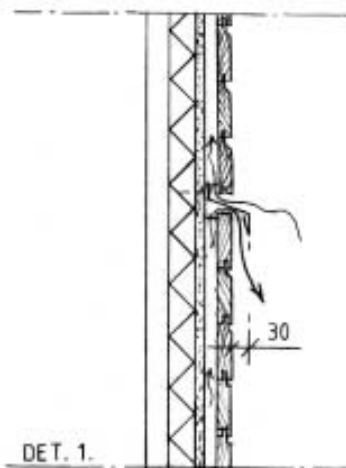
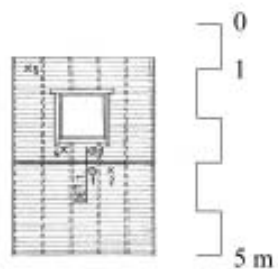
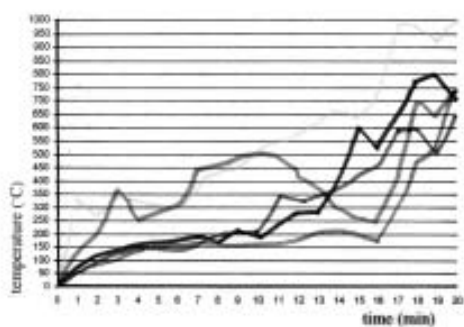
- seinän runkotilassa 50 mm lasivillaa

FIRE TEST 2



time: 5,5 min

- thermometer 1
- thermometer 2
- thermometer 3
- thermometer 4
- thermometer 5



- tuulensuojana 11 mm:n puolikova kuitulevy, pintakerrosluokka 2/- (tiheys yli 600 kg/m³)
- pystykoolaus 22 x 100 c 600 / tuuletusrako
- vaakasuuntainen ulkoverhouslaudoitus, UVL 25 x 120
- seinässä vaakapalokatkona on noin 600 mm ikkunan alapuolella 1 mm:n teräspellistä muotoiltu pelti, joka ulkonee seinäpinnasta noin 30 mm; palokatkopelti on kiinnitetty tuulensuojalevyn pintaan ja katkaisee näin tuuletusraon. Tuuletusrako saa korvausilmaa palokatkon yläpuolelta
- ei räystästä, seinä avoin ylhäältä

* Sääolosuhteet:

- aurinkoinen sää
- ilman lämpötila +13,5°C
- tuulen nopeus 0 - 2 m/s, tuulen suunta 45° elementin takaa oikealta koekappaleen julkisivupintaan päin katsottaessa
- ilman suhteellinen kosteus 52 % (rh)
- ilmanpaine 1 033 mbar

* Polttokokeen kulku:

- seinä syttyi erittäin nopeasti

- 1 min: palo levisi tuuletusraossa hyvin nopeasti palokatkon alapintaan saakka, liekkien kärjet näkyivät palokatkopellin alapuolelta
- 2 min: liekit kiersivät palokatkopellin ulkopuolelta ja saavuttivat palokatkon yläpuolisen seinäosan alareunan
- 3 min: ikkuna särkyi railoille, palokatkon yläpuolella olevan seinäosan alareuna syttyi tuleen, palokatkon alapuolella olevassa seinäosassa liekit vetäytyivät seinän alareunaan
- 4 min: julkisivu paloi voimakkaasti kahtena rintamana: seinän alaosa sekä palokatkon yläpuolisen seinän alaosa
- 5 min 30 s: ikkuna särkyi kokonaan ja lasiruudut putosivat alas
- 6 min: palokatkon alta tuli voimakkaita liekkiä, jotka nousivat ikkunan ylälaidan korkeuteen saakka, seinän alaosassa liekkirintama oli noin 0,5 m:n korkeudella
- 7-9 min: julkisivu paloi hyvin voimakkaasti, tuulensuojalevyn taustalla olevat lasivillalevyt sulivat ja syttyivät tuleen
- 10 min: seinän alaosan liekkirintama oli noin 1 metrin korkeudella julkisivupinnassa
- 15 min: seinän alaosa oli palanut kokonaan palokatkoon saakka
- 20 min: koeseinä oli palanut lähes kokonaan, seinä sammutettiin ja polttokoe keskeytettiin

* *Alustavat johtopäätökset 2. polttokokeesta:*

- Seinä paloi ennakoitua hyvin paljon nopeammin, suorastaan räjähdysmäisesti.
- Palon nopean leviämisen syiksi oletettiin palava tuulensuojalevy, suurehko yhtenäinen 22 mm:n tuuletusrako sekä se, että vaakasuuntaisen palokatkokouloksen ala- ja yläpuolelta (tuuletus) virtaa tuuletusrakoon paloa edistävää palamishappia.
- 30 mm:n nimellinen palokatkokouloke ei hidasta palon leviämistä julkisivupinnassa.

Polttokoe n:o 3

* Aika: torstai 28.5.1998 klo 10.20 - 11.20

* Rakenne:

- 100 mm:n palokatkouloke teräspellistä
- seinän runkotilassa 50 mm lasivillaa
- tuulensuojana kipsikartonkilevy 9 mm, pintakerrosluokka 1/I
- pystykoolaus 22 x 100 c 600 / tuuletusrako
- vaakasuuntainen ulkoverhouslauditus, UVL 25 x 120
- seinässä vaakapalokatkona noin 600 mm ikkunan alapuolella 1 mm:n teräspellistä muotoiltu pelti, joka ulkonee seinäpinnasta 100 mm. Palokatkopelti on kiinnitetty tuulensuojalevyn pintaan ja katkaisee näin tuuletusraon, tuuletusrako saa korvausilmaa palokatkon yläpuolelta, palokatkoprofiilin sisällä lisäksi 50 mm lasivillaa
- ”räystääänä” 125 mm:n levyinen päällyslauta, joka estää ulkoverhouksen tuuletusraossa vapaan hormi-ilmiön ylöspäin

* Sääolosuhteet:

- pilvinen sää
- ilman lämpötila +14 °C
- tuulen nopeus 0 - 1 m/s, tuulen suunta 45° elementin edestä vasemmalta koekappaleen - - julkisivupintaan päin katsottaessa
- ilman suhteellinen kosteus 58 % (rh)
- ilmanpaine 026 mbar

* Polttokokeen kulku:

- seinä syttyi suhteellisen huonosti

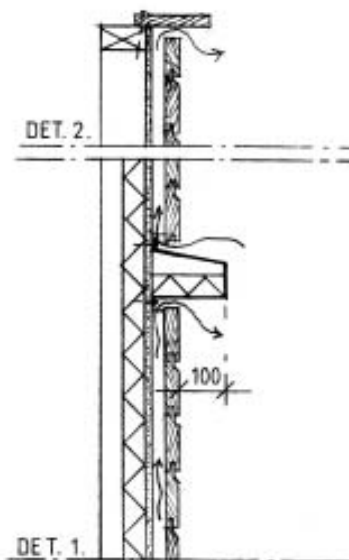
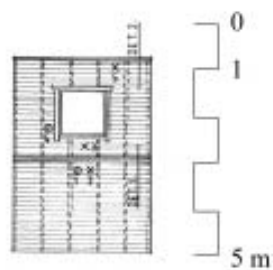
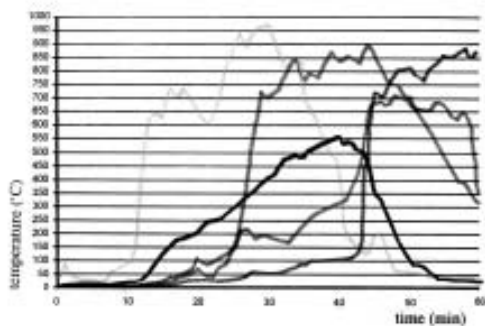
- 1 min: palo pysytteli seinän alaosassa, jonkin verran savua purkautui palokatkon alta
- 2 - 5 min: palo pysytteli edelleen seinän alaosassa, seinä paloi huonosti, vaaleita palokaasuja tuli palokatkon alta
- 7 min: palo eteni hitaasti ylöspäin vain yhdessä 600 mm:n levyisessä tuuletusrakokaistassa
- 9 min: lisättiin palokuormaa ja levitettiin palo toiseenkin tuuletusrakokaistaan
- 9 min 20 s: palo voimistui huomattavasti, liekkejä tuli palokatkon alta tuuletusraosta, palokatkopelti taipui hieman kuumuudesta
- 10 - 17 min: voimakkaita liekkejä tuli palokatkon alta, liekit suuntautuivat palokatkon alta seinäpinnasta ulospäin, julkisivupinta ei vielä syttynyt
- 20 min: seinän alaosassa kipsikartonkilevyt alkoivat murentua ja lasivillalevyt syttyivät tuleen
- 25 min: ikkuna rikkoutui palokatkon yläpuolella, palokatkon yläpuolinen seinäosa syttyi tuleen
- 30 min: palokatkopelti väännyli kuumuudesta ja tukki osittain tuuletusraon palokatkon yläpuolelta, jolloin ylemmän seinäosan

FIRE TEST 3



time: 15 min

- thermometer 1 ⊙ on the facade
- thermometer 2 × in the air space
- thermometer 3
- thermometer 4
- thermometer 5



- palaminen hidastui
- 34 min: palo oli edennyt ikkunan sivuille saakka
 - 35 - 36 min: savua ja liekkejä tuli seinän yläpäästä
 - 43 - 45 min: palo eteni tuuletusraossa ikkunan yläreunan tasalle, liekkejä ei näkynyt juurikaan seinän ulkopinnassa
 - 50 min: palo ei näyttänyt etenevän sivuttaissuunnassa tuuletusraon pystykoolauspuiden yli
 - 60 min: polttokoe keskeytettiin ja seinä sammutettiin

* *Alustavat johtopäätökset 3. polttokokeesta:*

- Tuuletusraon sivuttaissuunnassa katkaisevat pystykoolauspuut estävät käytännössä palon leviämisen julkisivuverhouksessa sivuttaissuunnassa.
- Yli 100 mm:n levyinen palokatkouloke riittävän paksusta pellistä riittää hidastamaan pystysuuntaista julkisivupaloa noin 15 - 25 minuuttia kerrosta kohden.

Polttokoe n:o 4

* Aika: torstai 28.5.1998 klo 12.00 - 12.40

* Rakenne:

- 200 mm:n palokatkouloke vanerista
- 100 mm lasivillaa seinärungon alaosassa ja 50 mm seinärungon yläosassa
- tuulensuojana kuusivaneri 9 mm, pintakerrosluokka 2/-
- pystykoolaus 22 x 100 c 600 / tuuletusrako
- vaakasuuntainen ulkoverhouslauditus, UVL 25 x 120
- seinässä vaakapalokatkona noin 600 mm ikkunan alapuolella 18 mm:n havuvanerista muotoiltu palokatko, joka ulkonee seinäpinnasta 200 mm. Palokatkon yläpuolisena vesipeltinä on 1 mm:n teräspelti, joka on kiinnitetty tukevasti kiinni tuulensuojalevyypintaan. Palokatko katkaisee ulkoseinän tuuletusraon ja palokatkon yläpuolinen seinäosa saa korvausilmaa palokatkon yläpuolelta
- ”räystäänä” 200 mm:n levyinen vanerilevy, joka estää ulkoverhouksen tuuletusraossa vapaan hormi-ilmiön ylöspäin

* Sääolosuhteet:

- pilvinen sää
- ilman lämpötila +16 °C
- tuulen nopeus 1 - 3 m/s, tuulen suunta 45° elementin edestä oikealta koekappaleen julkisivupintaan päin katsottaessa
- ilman suhteellinen kosteus 62 % (rh)
- ilmanpaine 1 026 mbar

* Polttokokeen kulku:

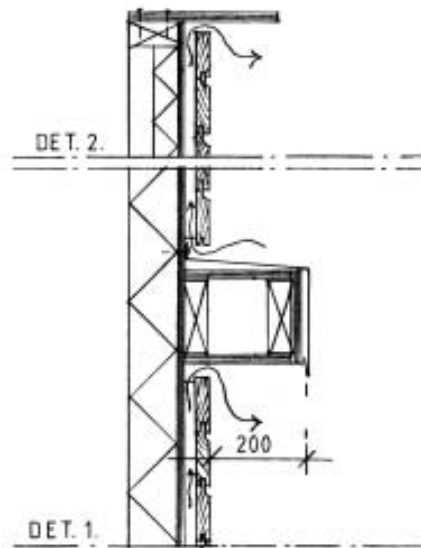
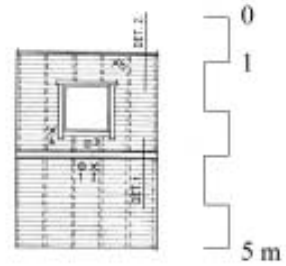
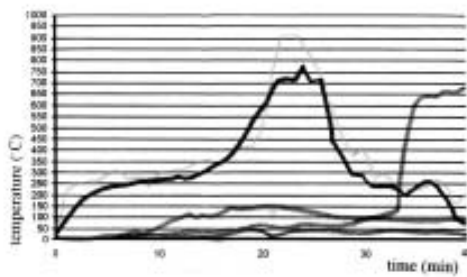
- seinä syttyi hyvin

FIRE TEST 4



time: 15 min

- thermometer 1 ⊙ on the facade
- thermometer 2 × in the air space
- thermometer 3
- thermometer 4
- thermometer 5



- 1 min: savua tuli palokatkon alta
- 2 - 3 min: palo pysytteli seinän alaosassa, savua tuli huomattavasti palokatkon alta
- 4 min: liekkejä tuli esiin palokatkon alta
- 5 - 6 min: seinän alaosassa tuulensuojavaneri oli palanut puhki, voimakkaita liekkejä tuli palokatkon alta
- 10 min: puinen palokatko syttyi tuleen
- 12 min: palokatkopelti vääntyili kuumuudesta, ikkuna halkesi
- 14 min: seinän alaosa oli kauttaaltaan liekeissä, palokatko suuntasi liekit seinäpinnasta ulospäin
- 16 min: palokatkon puuosan yläpinta syttyi tuleen, mutta vesipelti pidätti palon leviämistä ylöspäin, seinän alaosassa lasivillalevyt sulivat
- 19 min 30 s: palokatkon yläpuolinen seinäosa käväisi tuleessa, mutta sammui
- 31 min: tuli kiersi palokatkon takakautta tuulensuojavanerin palaessa, palokatkon yläpuolinen seinäosa alkoi palaa vasemmalta reunalta
- 38 min: tuli eteni tuuletusraossa palokatkon yläpuolella, seinän alaosa alkoi olla palanut puhki
- 40 min: polttokoe keskeytettiin ja seinä sammutettiin

** Alustavat johtopäätökset 4. polttokokeesta:*

- 200 mm:n levyinen palokatkokouloke pidättää julkisivupaloa hyvin.
- Palava-aineiset tuulensuojalevyt ovat palokatkoa heikompi kohta: tuli kiertää palokatkon takakautta.
- Palokatkon puuosat sekä palava-aineinen tuulensuojalevy muodostavat lisäpalokuormaa ja edistävät julkisivupalon kehittymistä.

Polttokoe n:o 5

* Aika: torstai 28.5.1998 klo 14.30 - 14.55

* Rakenne:

- 300 mm:n palokatkokouloke teräspellistä
- 100 mm lasivillaa seinärungon alaosassa ja 50 mm seinärungon yläosassa
- tuulensuojana kipsikartonkilevy 9 mm, pintakerrosluokka I/I
- pystykoolaus 22 x 100 c 600 / tuuletusrako
- vaakasuuntainen ulkoverhouslaudointus, UVL 25 x 120
- seinässä vaakapalokatkona noin 600 mm ikkunan alapuolella 1 mm:n teräspellistä muotoiltu pelti, joka ulkonee seinäpinnasta 300 mm, palokatkopelti on kiinnitetty tuulensuojalevyn pintaan ja katkaisee näin tuuletusraon, tuuletusrako saa korvausilmaa palokatkon yläpuolelta

* Sääolosuhteet:

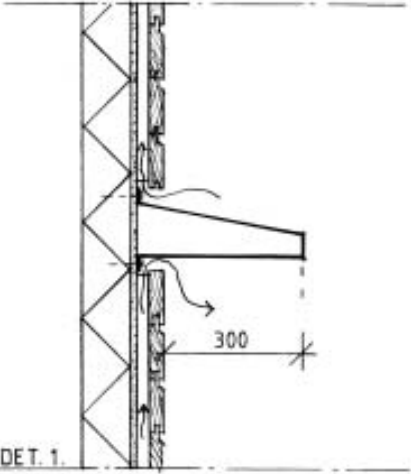
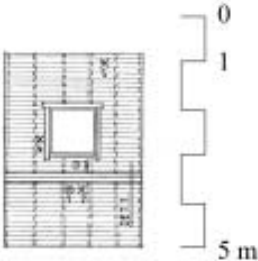
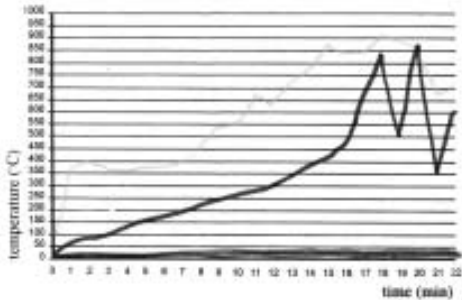
- pilvinen sää
- ilman lämpötila +14 °C
- tuulen nopeus 2 - 4 m/s, puuskittaista tuulta, jonka suunta on 45° elementin edestä oikealta

FIRE TEST 5



time: 20 min

- thermometer 1 ⊙ on the facade
- thermometer 2 × in the air space
- thermometer 3
- thermometer 4
- thermometer 5



koekappaleen julkisivupintaan päin katsottaessa

- ilman suhteellinen kosteus 77 % (rh)

- ilmanpaine 1 027 mbar

* Polttokokeen kulku:

- järjestettiin enemmän palokuormaa kuin aiemmissa polttokokeissa, koska pääteltiin, etteivät liekit ylitä pienellä palokuormalla näin leveää palokatkoa

- seinä syttyi erittäin hyvin

- 1 min: savua tuli voimakkaasti palokatkon alta
- 3 min: liekkiä tuli esiin palokatkon alta
- 5 - 6 min: voimakkaita liekkiä tuli ulos palokatkon alta
- 10 min: seinän alaosassa tuulensuojakipsikartonkilevy alkoi murentua
- 15 min: palokuormaa lisättiin seinän alaosaan, palopelti vääntyili kuumuudesta, liekkiä pääsi osittain palokatkoprofiilin sisään
- 19 min 15 s: uloin ikkunalasi rikkoontui, lisättiin edelleen palokuormaa seinän alaosaan, koska oli nähtävissä, etteivät liekit voi kiertää palokatkoa
- 22 min: polttokoe keskeytettiin ja seinä sammutettiin, koska palokuorma loppui seinän alaosasta (seinä paloi puhki)

* *Alustavat johtopäätökset 5. polttokokeesta:*

- 300 mm leveä teräspeltinen palokatkokouloke toimii erittäin hyvin

- Noin 30 minuutin kuluttua palokatolla ei ole julkisivupalossa juuri merkitystä, koska palo leviää jo seinärakenteeseen siten, että muun muassa kipsikartonkilevy murenee ja lasivilla palaa tai sulaa. Tällöin tuuletusraon palo leviää palokatkon ohi takakautta.

Polttokoe n:o 6

* Aika: perjantai 21.8.1998 klo 11.30 - 13.55

* Rakenne:

- *ei näkyvää palokatkoa*

- seinän runkotilassa 100 mm Aislo Oy:n Vital-puukuitueristelevyä, seinärungon taustalla seinän alaosassa lisäksi 13 mm:n kipsikartonkilevy

- tuulensuojana kipsikartonkilevy 13 mm, paloluokka 1/I

- pystykoolaus 22 x 100 c 600 / tuuletusrako, joka on 900 mm:n välein kuristettu vaakasuuntaisilla z-teräsreikäpeltiprofiileilla (pyöreät reiät halk. 3 mm, reikien osuus 15 %), yht. 5 kpl tällaista vaakasuuntaista tuuletusraon palokatkoa

- vaakasuuntainen ulkoverhouslauditus, UVL 25 x 120

- kaksoisräystäsrakenne, jota on palosuojattu räystäään alapuolisen umpilaudituksen päälle asennetulla 9 mm:n tuulensuojakipsikartonkilevyllä. ”Ullakon” tuuletus on järjestetty räystäään nokalta koko julkisivun matkalta.

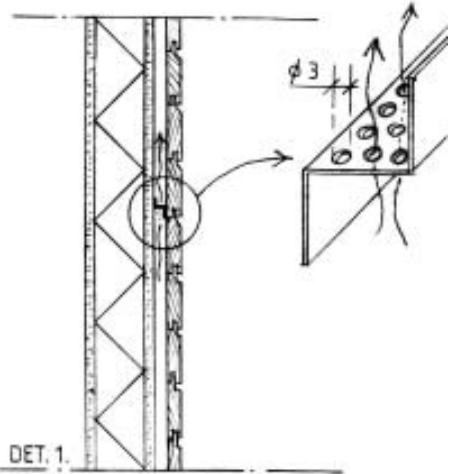
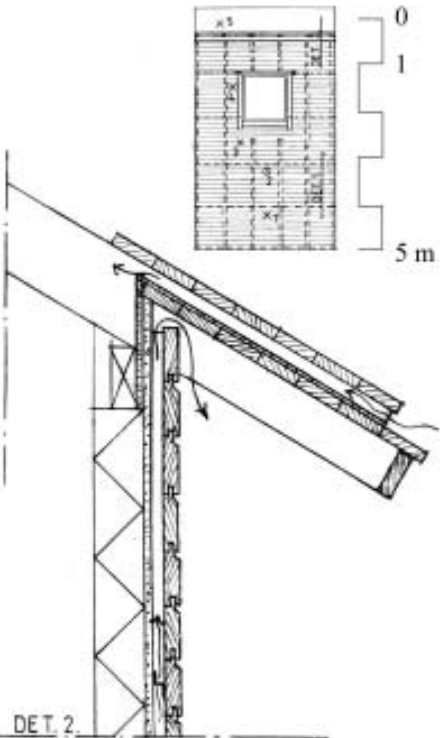
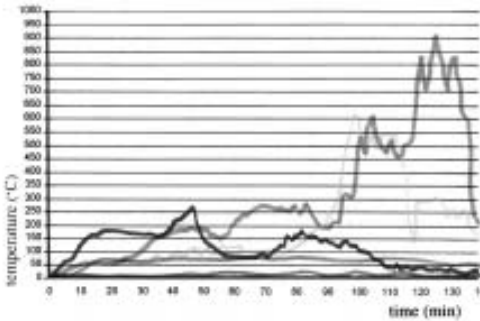
- seinässä ei ole näkyviä palokatkoja

FIRE TEST 6



time: 100 min

- thermometer 1 ⊙ on the facade
- thermometer 2 × in the air space
- thermometer 3
- thermometer 4
- thermometer 5



* Sääolosuhteet:

- pilvinen ja kokeen loppuvaiheessa hiukan tihkusateinen sää
- ilman lämpötila +14,5 °C
- tuulen nopeus 1 - 3 m/s, tuulen suunta 45° elementin edestä oikealta koekappaleen julkisivupintaan päin katsottaessa
- ilman suhteellinen kosteus 70 % (rh)
- ilmanpaine 1 005 mbar

* Polttokokeen kulku:

- 1 min: seinän alaosa syttyi hyvin
- 4 min: alimmainen z-teräsreikäpelti käyrityksi kuumuudesta, 1 metrin korkeudelta tuli savua tuuletusraosta lautojen jatkosten kohdalta
- 6 min: palo pysytteli pienenä seinän alalaidassa
- 8 - 11 min: palo pysytteli edelleen seinän alalaidassa, savua tuli jonkin verran ikkunanpielistä
- 15 min: palo pysytteli edelleen seinän alaosassa noin 0,5 metrin korkeudella
- 20 min: palo pysyi edelleen seinän alaosassa noin 0,7 metrin korkeudella, tuuletusraon z-teräsreikäpeltipalokatkot näyttivät toimivat hyvin
- 30 - 35 min: liekkien yläkärki pysytteli alle metrin korkeudella ulkoseinäpinnassa
- 40 - 45 min: liekkien yläkärki ylitti metrin korkeuden ulkoseinäpinnassa
- 50 - 55 min: liekkien yläkärki pysytteli noin 1,2 metrin korkeudella, mutta seinä oli mustunut noin 1,5 metrin korkeudelta
- 60 min: seinän alaosa oli palanut noin metrin korkuiselta osalta, liekkien yläkärki oli noin 1,5 metrin korkeudella, palo ei levinnyt sivuttaissuunnassa julkisivupinnassa tuuletusraon pystykoolauspuiden yli
- 70 min: seinän alaosa oli palanut noin metrin korkeudelta ja palaneet laudat olivat tippuneet pois, palo eteni vasenta 600 mm:n tuuletusrakokaistaa ylöspäin noin 1,8 metrin korkeudella, seinärungon takana kipsikartonkilevyn kartonki mustui ja paloi hitaasti
- 76 - 90 min: liekkien kärki oli ikkunan vasemmalla puolella noin 2 metrin korkeudella, puukuituvillalevyt paloivat kytemällä seinän taustalla
- 110 min: liekit nuolivat ikkunan vasenta alalaitaa
- 138 min: uloin ikkunalasi halkesi alalaidasta, liekit etenivät hyvin hitaasti ikkunan sivuilla
- 141 min: seinä sammutettiin ja polttokoe keskeytettiin liekkien kärjen ollessa noin 2,9 metrin korkeudella, päätettiin säästää kaksoisräystästä seuraavaan polttokokeeseen.

* Alustavat johtopäätökset 6. polttokokeesta:

- Puujulkisivut eivät välttämättä tarvitse näkyviä vaakasuuntaisia palokatkoja, vaan

julkisivupalon etenemistä voidaan hidastaa julkisivuverhouksen taakse sijoitettavilla z-teräsreikäpeltiprofiileilla, jotka kuristavat tuuletusrakoa pystysuunnassa. Palon käyttäytymistä arvioitaessa näyttää siltä, ettei tällaisia julkisivuverhouksen tuuletusraon kuristuskohtia tarvitsisi olla näin (c 900 mm) tiheässä.

Polttokoe n:o 7

* Aika: maanantai 28.9.1998 klo 12.45 - 14.20

* Rakenne:

- 100 mm:n ja 150 mm:n palokatkoulouke puusta

- seinän runkotilassa 100 mm kivivillaa, seinärungon taustalla seinän alaosassa lisäksi 9 mm:n kipsikartonkilevy 1 200 mm:n korkeuteen

- tuulensuojana kipsikartonkilevy 9 mm, paloluokka 1/1

- pystykoolaus 22 x 100 c 600 / tuuletusrako

- vaakasuuntainen ulkoverhouslaudoitus, UVL 25 x 120

- kaksoisräystäsrakenne, jota on varmennettu räystäään alapuolisen umpilaudoituksen päälle asennettavalla 9 mm:n tuulensuojakipsikartonkilevyllä. ”Ullakon” tuuletus on järjestetty räystäään nokalta koko julkisivun matkalta.

- seinässä vaakapalokatkona noin 600 mm ikkunan alapuolella massiivipuinen palokatko, joka ulkonee seinäpinnasta seinän vasemmassa puoliskossa 100 mm ja seinän oikeassa puoliskossa 150 mm, palokatkopuun päälle on asennettu vesipelliksi 0,5 mm:n paksuinen muovipinnoitettu teräspelti. Puinen palokatko ja vesipelti on kiinnitetty tiiviisti tuulensuojalevyn pintaan, ja ne katkaisevat näin tuuletusraon. Tuuletusrako saa korvausilmaa palokatkon yläpuolelta.

* Sääolosuhteet:

- pilvinen sää

- ilman lämpötila +10°C

- tuulen nopeus 0 - 3 m/s, puuskittaista tuulta, jonka suunta on 45° elementin takaa oikealta koekappaleen julkisivupintaan päin katsottaessa

- ilman suhteellinen kosteus 56 % (rh)

- ilmanpaine 1028 mbar

* Polttokokeen kulku:

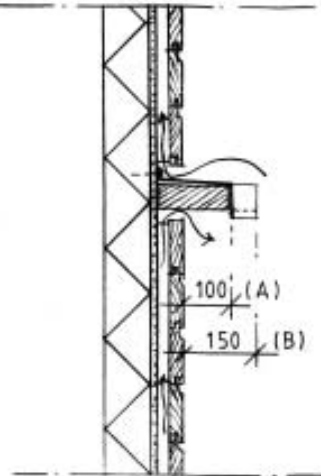
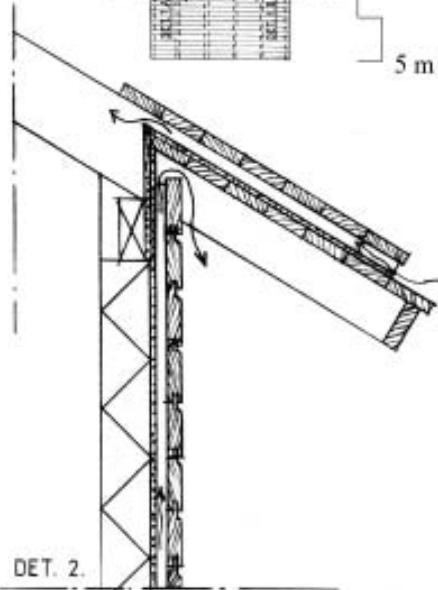
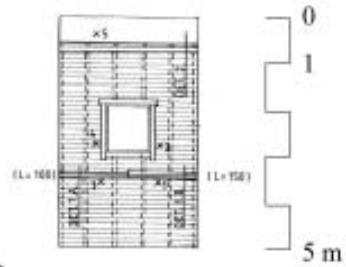
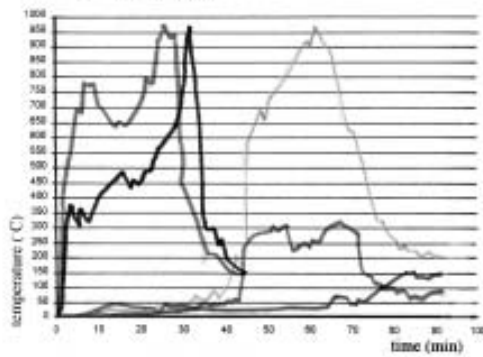
- 1 min: seinä syttyi hyvin
- 2 min: palo kehittyi seinän alaosassa
- 3 - 4 min: palokatkouloukteen alta tuli runsaasti savua, palokatkon vesipelti kupruili kuumuudesta
- 5 min: palokatkouloukteen alta tuli savua ja kipinöitä
- 6 min 50 s: ensimmäiset liekit tulivat ulos palokatkouloukteen alta
- 7 - 9 min: erittäin tummia savukaasuja tuli palokatkouloukteen alta
- 9 min 21 s: voimakkaita liekkejä tuli palokatkouloukteen alta

FIRE TEST 7



time 16 min

- thermometer 1
 - thermometer 2
 - thermometer 3
 - thermometer 4
 - thermometer 5
- ⊙ on the facade
 × in the air space



DET. 1. A / B

- 15 min: vain kaksi lautakertaa oli palanut näkyvästi seinän alaosassa, voimakkaita liekkejä tuli ulos palokatkokouloksen alta
- 20 min: palokatkon vesipelti vääntyili, mutta pysyi kuitenkin paikoillaan, vesipellin muovipinnoite ei levittänyt paloa, vaan hiiltyi kuumuudesta pellin pintaan
- 25 min: palokatko pidätteli edelleen paloa seinän alaosassa
- 27 min: liekit kiersivät palokatkon yli seinän vasemmassa puoliskossa
- 32 min: ikkunan alapuoli syttyi tuleen palokatkon yläpuolella, osin liekkejä tuli myös ikkunan vesipellin alta, palokuorma alkoi loppua palokatkokouloksen alapuolelta
- 38 min: ikkunan alaosa paloi jonkin verran, seinän alaosa alkoi olla palanut kokonaan
- 41 min: lisättiin palokatkokouloksen päälle polttoöljyssä kasteltuja laudanpalasia, jotta palo levisi räystäälle asti, ja saatiin näin testattua kipsikartonkilevyllä varmennettua kaksoisräystäsrakennetta
- 55 min: palo eteni seinäpinnassa yllättävän hitaasti, hyvin tummia savukaasuja tuli esiin räystäään alta
- 58 min: ikkunalasit särkyivät ja putosivat alas, julkisivupinta oli palanut näkyvästi ikkunan yläreunan tasalle
- 60 min: ensimmäiset liekit ilmaantuivat esiin tuuletusraosta räystäään alapuolella
- 66 min: räystäään alapinta paloi voimakkaasti
- 75 min: palokuorma alkoi loppua seinän sivuilta räystäään alapuolella
- 80 min: kaksoisräystäään tuuletusraossa seinän vasemmassa puoliskossa kipsikartonkilevyn yläpinta alkoi mustua ja hiiltyä kuumuuden vaikutuksesta
- 85 min: kaksoisräystäään varmentaminen kipsikartonkilevyllä näytti toimivan hyvin, sillä vaikka räystäään alapuoli liekehti voimakkaasti, ei palo levinnyt räystäään tuuletusrakoon
- 88 min: räystääs notkahti hieman, sillä sen oikean puoleinen vinotuki paloi poikki
- 92 min: ensimmäiset liekit ilmaantuivat kaksoisräystäään kipsikartonkilevyn yläpuolelle tuuletusrakoon, polttokoe lopetettiin ja seinä sammutettiin.

** Alustavat johtopäätökset 7. polttokokeesta:*

- Puinen massiivinen 100 - 150 mm:n palokatkokouloke toimi yllättävän hyvin. Samoin tukevalla alustalla ja hyvin kiinnitetty ohut muovipinnoitettu pelti kesti hyvin palotilanteessa. Pellin ohut muovipinta ei levittänyt paloa, vaan hiiltyi pellin pintaan. Kipsikartonkilevyllä palosuojattu kaksoisräystääs toimi myös hyvin palotilanteessa, koska räystääs rakenne pidatti alapuolista paloa noin 32 minuuttia ennen kuin liekit levisivät räystäään tuuletusrakoon.

Polttokoe n:o 8 Oulussa Kemiran teollisuusalueella

* Aika: keskiviikko 4.11.1998 klo 10.05 - 11.30

* Rakenne:

- Kaksikerroksista luhtikäytäväsäleikköä, korkeus 6,0 m, vaakasäleikköseinän pituus 3,0 m ja pystysäleikköseinän pituus 2,4 m, luhtikäytävän leveys 1,2 m; vaakasäleikköpuut 50 x 150 c 150 ja pystysäleikköpuut 50 x 100 c 150
- luhtikäytävän toisella reunalla seinäpintana 6 mm:n havuvaneri, pintakerrosluokka 2/-
- luhtikäytävätason alapinnassa 6 mm:n sementtikuitulevy, pintakerrosluokka 1/I
- luhtikäytävätason yläpinnassa 15 mm:n havuvaneri, pintakerrosluokka 2/-
- vaakasäleikköpuiden kosteus mitattiin koelaboratoriossa uunikuivatuksen avulla, koekappaleiden kosteus oli välillä 21,5 - 23,2 %.

* Sääolosuhteet:

- pilvinen, lähes tyyni sää
- ilman lämpötila -8 °C
- tuulen nopeus 0,5 - 1 m/s
- ilman suhteellinen kosteus 93 % (rh)
- ilmanpaine 1 001 mbar

* Polttokokeen kulku:

I-osa:

- koeseinän vaakasäleikköpuoli sytytettiin 600 litran lasikuituisella jäteastialla, joka oli täynnä normaalia taloussekajätettä. Sytykkeenä käytettiin lisäksi noin kaksi litraa polttoöljyä. Alkupalo sytytettiin nestekaasupolttimella.
- jätesäiliö syttyi hyvin ja roskat paloivat erittäin kuumalla liekillä, tuli levisi vaakasäleikköpuihin, ja liekit nousivat enimmillään noin 2,5 metrin korkeuteen, voimakasta savunmuodostusta
- vaakasäleikköpuut eivät pystyneet ylläpitämään paloa, vaan vaakapuiden alkaessa hiiltä liekit vetäytyivät alas ja pysyttelivät jätesäiliön palokuorman ympärillä
- säleikköpuiden palaminen ja hiiltyminen ylsi vain noin 1,5 metrin korkeuteen 1 tunnin ja 25 minuutin aikana, jolloin jätesäiliö rosGINEEN oli kokonaan palanut ja palo sammui. Polttokoe keskeytettiin.

II-osa:

- koeseinän kaksikerroksisen pystysäleikköosan alalaitaan kasattiin palokuormaksi puusoiroja, pahvia, lastulevyä ja noin kaksi litraa polttoöljyä. Alkupalo sytytettiin nestekaasupolttimella
- alkupalo syttyi hyvin, ja liekit kohosivat noin 1,2 metrin korkeuteen pystysäleikköpuita vasten
- massiiviset pystysäleikköpuut eivät kyenneet ylläpitämään eivätkä levittämään paloa, vaan säleikköpuiden alkaessa hiiltä liekit sammuiivat ja palo hiipui seinän alosaan.
- Alkupalo sammui ja koe keskeytettiin tunnin kuluttua sytytyksestä. Pystysäleikköpuut olivat palaneet ja hiiltyneet enimmillään noin 0,8 metrin korkeudelta säleikön alareunasta.

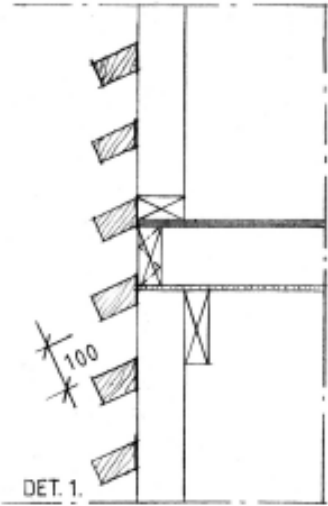
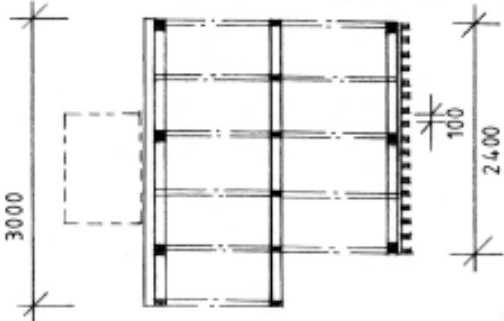
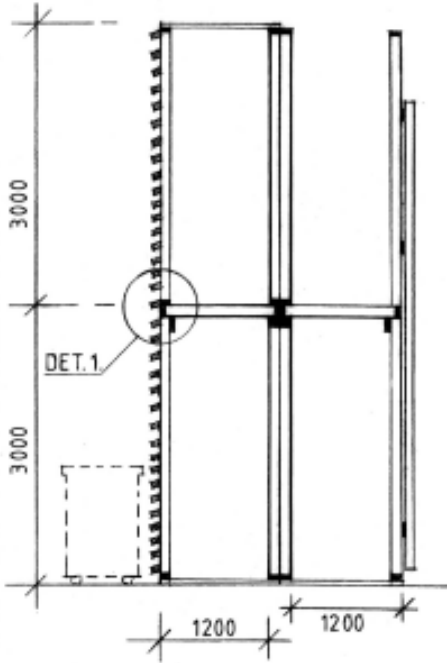
* *Alustavat johtopäätökset 8. polttokokeesta:*

- Riittävän massiiviset säleikköpuut riittävän harvassa eivät pysty ylläpitämään ja levittämään

FIRE TEST 8



time: 0,5 min



pienehköä tai keskisuurta paloa. Massiiviset puut hidastavat hiiltyessään palon leviämistä. Lisäksi säleikkörakenteessa ei pääse muodostumaan hormi-ilmiötä eikä korkeita lämpötiloja, jotka edistäisivät palon kehittymistä.

- Säleikköpuiden koolla ja keskinäisellä etäisyydellä on oleellinen merkitys palon leviämiseen avoimessa säleikkörakenteessa.



Liite 2 Puukerrostalojen asukaskysely (Ylöjärvi, Viikki, Oulu, Tuusula, Raisio, Lahti, Porvoo)

Puukerrostalojen asukaskyselyn keskeisimmät tulokset sisältyvät tämän väitöskirjatutkimuksen tekstin päälukuihin. Tässä asukaskyselyliitteessä esitellään puukerrostalojen (A) sekä vertailukohteiden (C) asukaskyselyjen käytännön järjestelyt ja ne tulokset, joilla ei ole ollut tutkimuksen painopistealueiden kannalta erityisen suurta merkitystä. Lisäksi tässä liitteessä esitellään puukerrostalojen asukaskyselyä täydentävien henkilöhaastattelujen (B) sekä Tuusulan puukerrostalojen uusinta-asukaskyselyn (D) tulokset.

A Puukerrostalojen asukaskysely

A.1 Asukaskyselyn kohteiden ja tutkimustavan valinta

Asukaskyselytutkimuksen suunnitteluvaiheessa esillä olivat seuraavat vaihtoehdot: haastattelututkimus puhelimitse, haastattelututkimus paikan päällä ja kirjallinen kysely postitse. Kyselytutkimuksen pääasiantuntijat⁵⁰⁵ arvioivat eri kyselytutkimustapoja seuraavasti:

* Aiotussa laajuudessa asukaskysely on niin laaja, että se vie vastausaikaa noin 25 - 35 minuuttia. Tämän vuoksi kyselyä ei ole järkevää hoitaa puhelimitse. Lisäksi puhelimen välityksellä tapahtuva kysely antaa markkinointitutkimuksen leiman, mikä ei ole asian kannalta tavoiteltavaa. Kokemuksen mukaan ihmiset suhtautuvat myös useimmiten kielteisesti puhelinhaastatteluihin ja -kyselyihin.

* Haastattelututkimus paikan päällä antaisi mahdollisuuden tarkkailla haastateltavaa ja tehdä huomiota hänen vastaamiskäyttäytymisestään, joten tällä tavalla suoritettu haastattelu olisi ehkä kaikkein luotettavin. Toisaalta haastattelututkimus paikan päällä, kuten haastattelu puhelimen välitykselläkin, loukkaa asukkaan henkilöllisyyttä ja voi täten vaikuttaa

vastauskäyttäytymiseen. Lisäksi kyselytapa on esitetystä vaihtoehdoista työläin, aikaa vievin ja kallein ratkaisu.

* Kirjallinen kysely postitse on yleisin käytössä olevin tapa vastaavanlaajuisissa kyselytutkimuksissa. Kirjallinen postikysely ei loukkaa vastaajan henkilösalaisuutta ja lisäksi antaa parhaimman mahdollisuuden asiaan rauhassa perehtymiseen ja vastaamiseen. Postin välityksellä tapahtuva kysely perustuu näistä kolmesta vaihtoehdosta eniten vapaaehtoisuuteen, mikä on yleensä myös sen heikoin puoli - vastausprosentti jää useimmiten alhaiseksi. Yleensä kirjalliseen kyselyyn vastaa noin 40 - 50 % asukkaista. Kokemuksen mukaan vastausprosenttia saadaan lisättyä mielenkiintoa herättävän ennakkokirjelmän avulla noin 10 % ja karhukirjeen avulla keskimäärin 10 - 20 %. Kirjallisessa asukaskyselyssä 70 %:n vastausprosenttia voidaan pitää jo erinomaisena.⁵⁰⁶

Näiden näkökohtien perusteella puukerrostalojen kyselytutkimustavaksi päätettiin valita kolmivaiheinen kirjallinen asukaskysely. Puukerrostalojen asukaskyselyä päätettiin täydentää lisäksi haastattelututkimuksen avulla (luku B) ja betonirunkoisten vertailukohteiden (luku C) asukaskyselyn avulla. Ylöjärven, Viikin, Oulun, Tuusulan ja Raision asukaskyselyn rahoittivat VTT:n Puura-projekti sekä yhteispohjoismainen Nordic Wood -hanke Suomen Puututkimus Oy:n kautta. Lahden ja Porvoon puukerrostalojen asukaskysely suoritettiin valtakunnallisen Puutuotealan osaamiskeskus -verkoston perusrahoituksen turvin.

A.2 Kyselykaavakkeen laadinta, asiantuntijat

Asukaskyselykaavakkeen laadinta aloitettiin Oulun yliopiston arkkitehtuurin osastossa loppukesällä 1997. Asukaskyselykaavakkeesta pyydettiin aluksi kommentteja Ylöjärven, Viikin, Oulun, Tuusulan ja Raision puukerrostalojen arkkitehti- ja rakennesuunnittelijoilta, rakennuttajilta sekä urakoitsijoilta. Näiltä saatu palaute jäi varsin vähäiseksi, joskin kyselystä saatavista tuloksista oltiin kiinnostuneita. Lisäksi asukaskyselyn suorittamiseen liittyvissä asioissa konsultoitiiin Oulun yliopiston informaatiotutkimuksen ja sosiologian laitosta sekä Helsingin yliopiston metsäekonomian laitosta. Asukaskyselykaavakkeeseen pyydettiin myös kommentteja muun muassa TTKK:lta, VTT:ltä, TEKESiltä, Suomen Puututkimus Oy:ltä ja Puuinfo Oy:ltä. Asukaskyselykaavaketta käsiteltiin myös valtakunnallisissa puurakentamisen johtoryhmissä, kuten Moderni puukaupunki -hankkeen ja VTT:n Puura-projektin johtoryhmissä.⁵⁰⁷ Varsinaisten asiantuntijakommenttien jälkeen työstetty kyselykaavake koetätettiin ja testattiin vielä viidellä kerrostaloasukkaalla, minkä perusteella kaavakkeeseen tehtiin vielä pieniä tarkennuksia.

⁵⁰⁵ Haastattelututkimuksen keskeisimpinä asiantuntijoina kuultiin Heikki Juslinia Helsingin yliopiston metsäekonomian laitoksesta sekä Kalle Reinikaista Oulun yliopiston informaatiotutkimuksen ja sosiologian laitoksesta.

⁵⁰⁶ Anna Strandellin raportoima asukasbarometritutkimus tehtiin puhelinkyselynä. Kyselyn kesto oli noin 18 minuuttia. Lopullinen vastausprosentti oli 83,1 %. Naiset vastasivat kyselyyn aktiivisemmin kuin miehet. Lähde: Strandell, A. (1999), op.cit.: s. 9.

⁵⁰⁷ Asukaskyselyyn ja asukaskyselykaavakkeen laadintaan antoivat hyödyllisiä kommentteja seuraavat henkilöt: Jari Heikkilä, Oulun yliopiston arkkitehtuurin osasto; Pertti Hämäläinen, Puuinfo Oy; Heikki Juslin, Helsingin yliopiston metsäekonomian laitos; Leena Kallioniemi, Oulun yliopiston arkkitehtuurin osasto; Jouni Koiso-Kanttila, Oulun yliopiston arkkitehtuurin osasto; Keijo Kolu, Schau-

A.3 Puukerrostalojen asukaskyselyn käytännön järjestelyt

Puukerrostalojen asukaskyselyn vastausprosentti pyrittiin saamaan mahdollisimman korkeaksi, joten kirjallinen asukaskysely suoritettiin kolmivaiheisena seuraavasti:

1. Ennakkokirje, jossa perusteltiin kyselyn tarpeellisuus (Liite 2.1.)
2. Kyselyn saatekirjelmä kyselykaavakesivuineen (Liite 2.2.)
3. Karhukirjelmä niihin asuntoihin, jotka eivät vastanneet ensimmäiseen kyselyyn (Liite 2.3.)

Asukaskyselyt koottiin Oulun yliopiston arkkitehtuurin osaston Puustudiossa. Kyselykuoret varustettiin koodatuilla vastauskuorilla, joiden avulla karhukirjelmat ja uudet vastauskaavakkeet jaettiin vain niihin asuntoihin, jotka eivät vastanneet ensimmäiseen kyselyyn. Kirjekuoria ei toimitettu postitse, vaan Markku Karjalainen yhdessä Puustudion työntekijöiden kanssa jakoivat ennakkokirjeet, kyselyt ja karhukyselyt suoraan asuntoihin seuraavasti:

<u>Kohde (asuntolkm.)</u>	<u>Ennakkokirje</u>	<u>Kysely</u>	<u>Karhukysely</u>
Ylöjärvi (19)	16.1.1998	3.2.1998	5.3.1998
Viikki (65)	17.1.1998	2.2.1998	24.2.1998
Oulu (33)	16.1.1998	30.1.1998	25.2.1998
Tuusula (46)	17.1.1998	2.2.1998	24.2.1998
Raisio (42)	16.1.1998	2.2.1998	5.3.1998
Lahti (18)	29.4.1999	10.5.1999	14.6.1999
Porvoo (19)	28.4.1999	10.5.1999	10.6.1999

Puukerrostalojen asukaskysely jaettiin yhteensä 242 asuntoon. Samalla kohteita valokuvattiin ja dokumentoitiin.

A.4 Puukerrostalojen asukaskyselyn tuloksia

Asukaskyselyn tuloksiin ovat vaikuttaneet samanaikaisesti monet muuttajat, joista suurta osaa ei voi nähdä suoraan vastauksista tai jotka eivät ole suoraan pääteltävissä. Tämän vuoksi eri puukerrostalo-kohteiden tai talotyyppien välisten suorien syy-seuraus-johtopäätösten tekemisessä ja yleistyksissä on oltu tietoisesti varovaisia. Tässä tutkimuksessa on pyritty esittämään asukaskyselyn tulokset ja niistä tehdyt johtopäätökset mahdollisimman objektiivisesti.

man Wood Oy; Kari Makkonen, UPM Kymmene Timber; Pekka Nurro, Suomen Puututkimus Oy; Jouni J. Särkijärvi, Ympäristöministeriö; Juhani Parmanen, VTT, Helsinki; Pekka Peura, Puurakentamisen teknologiaohjelma; Matti Railio, Ylöjärven kunta; Kalle Reinikainen, Oulun yliopiston informaatiotutkimuksen ja sosiologian laitos; Tanja Rytkönen, Oulun yliopiston arkkitehtuurin osasto ja Jussi Vepsäläinen, Arkkitehtitoimisto ARKVE Oy.

A.4.1 Vastaajat

Vastausprosentit

Puukerrostalojen asukaskyselyyn vastasi 197 huoneistoa 242:sta. Kokonaisvastausprosentti kohosi tällöin 81,4 %:iin. Vastausprosentin suuruutta voidaan pitää erittäin hyvänä. Tämä osoitti asukkaiden kiinnostusta puukerrostalojen kehittämiseen. Puukerrostalojen kohdekohtaiset vastausprosentit olivat seuraavat:

<u>Kohde</u>	<u>Asuntojen lkm.</u>	<u>Vastauksia</u>	<u>Vastausprosentti</u>
Ylöjärvi	19	13	68,4%
Viikki	65	56	86,2%
Oulu	33	29	87,9%
Tuusula	46	39	84,8%
Raisio	42	31	73,8%
Lahti	18	14	77,8%
<u>Porvoo</u>	<u>19</u>	<u>15</u>	<u>78,9%</u>
Yhteensä:	242	197	81,4%

Pienin vastausprosentti saatiin Ylöjärveltä, jossa myös asuntojen lukumäärä on suhteellisen pieni. Tämä on syytä ottaa huomioon asukaskyselyn prosentuaalisia tuloksia tarkasteltaessa, sillä yhden Ylöjärven vastaajan prosentuaalinen osuus on 7,7 % (= 1/13) kohteen kaikista vastaajista, kun vastaava luku esimerkiksi Viikissä on vain 1,8 % (= 1/56). Ylöjärven yhden vastaajan prosentuaalinen vaikutus kohteen vastausjakaumiin on siten selvästi suurempi kuin muissa kohteissa.

Sukupuolijakauma

Kuten yleensä, asukaskyselyyn vastasivat useimmiten naiset. Puukerrostalojen asukaskyselyn vastaajista kuusi kymmenestä oli naisia. Oulun kohde oli puukerrostaloista ainoa, jossa vastaajakunta oli miesvoittoinen (miehiä 55 %). Suurin naisvoittoisuus oli Ylöjärven kohteessa, jossa vastaajista lähes seitsemän kymmenestä oli naisia. Yksi Raision vastaajista ei ilmoittanut sukupuoltaan.

Ikäjakauma

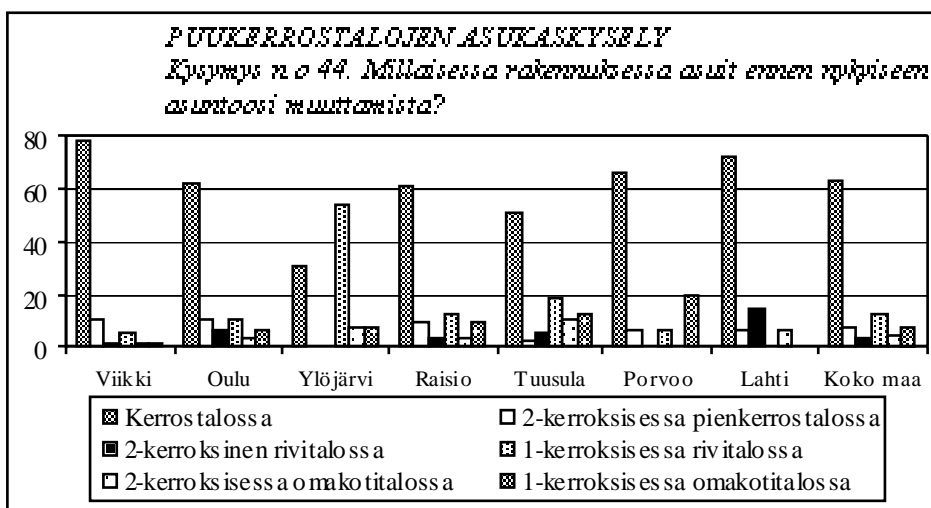
Yli kuusi kymmenestä vastaajasta oli iältään suhteellisen nuoria eli alle 40-vuotiaita. Alle 30-vuotiaita oli kolme kymmenestä, myös 30 - 39-vuotiaiden osuus oli kolme kymmenestä. Raision kohteessa vastaajakunta oli kaikista nuorinta, koska alle 30-vuotiaiden osuus oli seitsemän kymmenestä. Viikissä 30 - 39-vuotiaiden osuus oli kaikkein suurin, noin puolet kaikista vastaajista. Iäkkäin vastaajakunta oli Porvoon kohteessa, jossa kuusi kymmenestä vastaajista oli yli 50-vuotiaita. Yhdet vastaajat sekä Tuusulasta että Ylöjärveltä eivät ilmoittaneet ikäänsä.

Talouden koko

Puukerrostalojen asukaskyselyyn vastanneista talouksista jopa seitsemän kymmenestä oli lapsettomia. Lapsiperheiden osuus oli täten vajaa kolmannes. Yksin asuvien osuus oli noin neljä kymmenestä. Yksinhuoltajaperheiden osuus oli 7 %. Yksin asuvien ja lapsettomien pariskuntien prosentuaalinen osuus oli suurin Porvoon kohteessa (yht. 87 %) ja seuraavaksi suurin Lahden kohteessa (86 %). Prosentuaalisesti eniten lapsiperheitä oli Ylöjärvellä (46 %) ja seuraavaksi eniten Viikissä (36 %). Yksinhuoltajaperheitä oli eniten Ylöjärvellä (23 %).

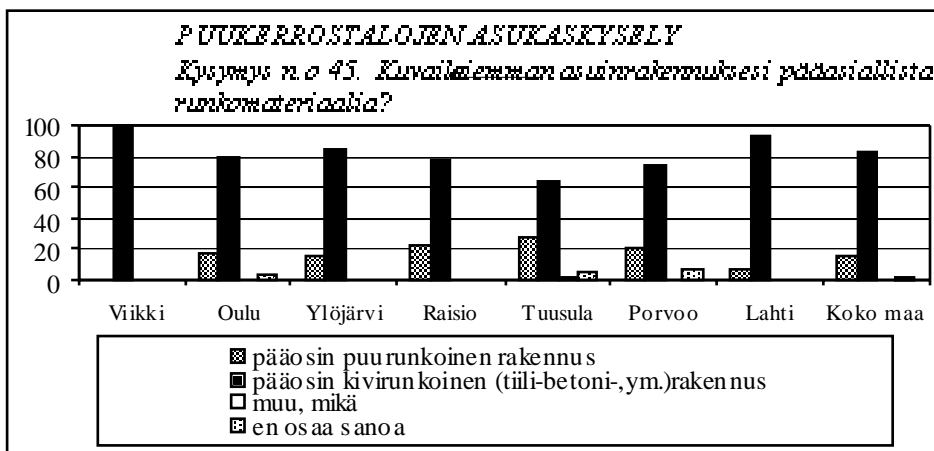
Asukkaiden aiemmat asunnot

Koska kyselyssä pyydettiin asukkaita vertaamaan nykyisen puukerrostaloasuntonsa ominaisuuksia heidän aiempaan asuntoonsa, oli tärkeää selvittää, millaisissa asunnoissa asukkaat olivat aiemmin asuneet. Asukaskyselyyn vastanneista noin seitsemän kymmenestä oli aiemmin asunut kerrostalossa tai 2-kerroksisessa pienkerrostalossa. Aiemmin kerrostaloissa asuneiden osuus oli kaikkein suurin Viikin kohteessa (89 %) ja seuraavaksi suurin Lahden kohteessa (79 %). Sen sijaan aiemmin rivi- tai omakotitaloissa asuneiden osuus oli suurin Ylöjärvellä, jossa aiemman asuntonsa rivi- tai omakotitaloksi ilmoitti peräti seitsemän kymmenestä kyselyyn vastanneista. Tämä osaltaan selitti sitä, että Ylöjärven vastaajat olivat kerrostaloasuntoonsa selvästi kaikkein kriittisimpiä.

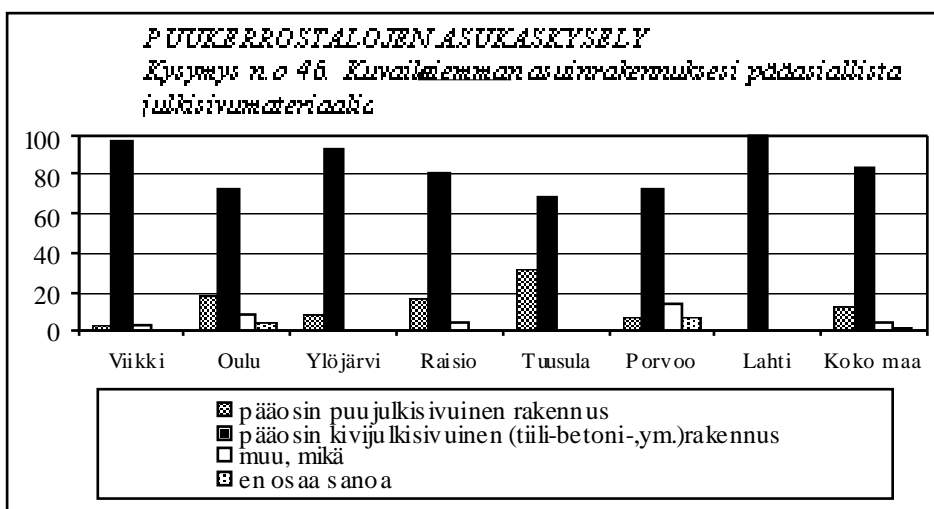


Kysyttäessä aiemman asuinrakennuksen pääasiallista runkomateriaalia ilmoitti 83 % vastanneista asuneensa aikaisemmin tiili-, betoni- tai muussa kivirunkoisessa rakennuksessa. Aiemman asuinrakennuksen pääasialliseksi runkomateriaaliksi puun ilmoitti vajaa yksi seitsemäsosa

asukkaista. Viikin asukkaista kaikki ilmoittivat aiemman asuinrakennuksensa pääasialliseksi runko-
materiaaliksi tiilen tai betonin. Aiemmin puurunkoisissa rakennuksissa asuneiden osuus oli
suurin Tuusulassa.



Niin ikään kiviaineet olivat enemmistönä, kun asukkailta kysyttiin heidän aiemman asuntonsa
pääasiallista julkisivumateriaalia. Tiili-, betoni- tai muussa kivijulkisivuisessa rakennuksessa
aiemmin ilmoitti asuneensa 83 % vastanneista. Puujulkisivujen osuus oli 13 %. Lahden
vastaajista kaikki ilmoittivat asuneensa aiemmin kivijulkisivuisessa rakennuksessa. Puun
prosentuaalinen osuus oli suurin Tuusulassa, jossa vastaava osuus oli hieman vajaa
kolmannes.



A.4.2 Asunto, yleistä

Sauna

Huoneistokohtainen sauna on seitsemässä kymmenestä asunnosta eli kaikissa Oulun, Tuusulan, Ylöjärven, Porvoon ja Lahden huoneistoissa sekä myös yhtä huoneistoa lukuun ottamatta kaikissa Raision kohteen asunnoissa, jotka vastasivat kyselyyn. Viikin kohde on rakennettu ilman huoneistokohtaisia saunatiloja, ja sen yhteinen talosauna sijaitsee piha-rakennuksessa.

Asunnon sijainti rakennuksessa

Puukerrostalojen asukaskyselyyn vastanneista huoneistoista 32 % ilmoitti asuntonsa sijaitsevan ensimmäisessä kerroksessa, 33 % toisessa kerroksessa ja 25 % kolmannessa kerroksessa ja loput, noin 10 %, neljännessä kerroksessa. 4-kerroksisia rakennuksia ei ole Oulun, Ylöjärven eikä Porvoon kohteissa. Raision kohteessa kerrosluvun ilmoittamisessa oli jonkin verran sekaannusta, sillä Raision puukerrostalojen sisääntulotasoa voidaan pitää ylärinteen puolelta ensimmäisenä kerroksena, mutta toisaalta alarinteen puolelta kyseessä on jo toinen kerros. Osa alimman kerroksen asukkaista kirjasi asuntonsa olevan pohjakerroksessa, 0-kerroksessa tai 1. kerroksessa. Vastaavasti ylintä kerrosta pidettiin joko kolmantena kerroksena tai neljäntenä kerroksena. Tämän vuoksi Raision kohteessa myös välikerroksissa esiintyi epäselvyyttä kerrosluvun kirjaamisessa.

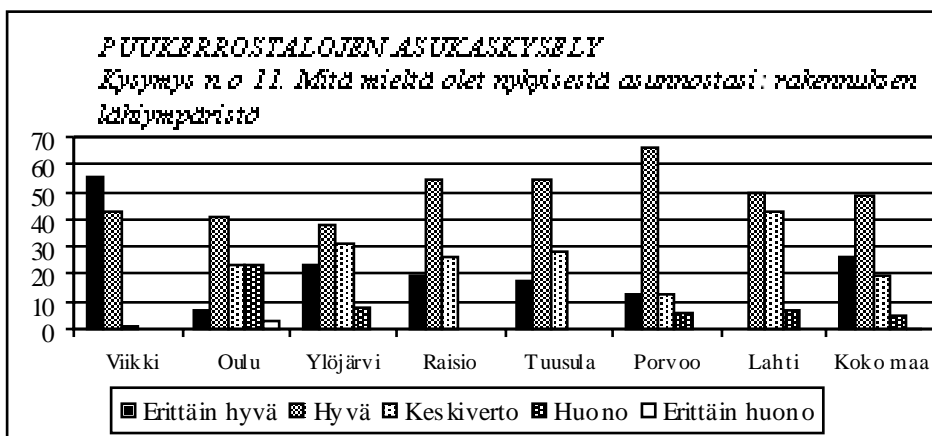
Hissillisuus

Puukerrostalokohteiden kaikista vastaajista 53 % ilmoitti asuvansa hissillisessä rakennuksessa ja 47 % hissittömässä rakennuksessa. Oulun, Tuusulan ja Lahden kohteiden kaikkia huoneistoja palvelee hissi. Sen sijaan Raision kaikki kolme puukerrostaloa ovat hissittömiä. Asukaskyselyyn vastanneista Viikin kohteen asukkaista 21 % ilmoitti asuvansa hissillisessä rakennuksessa ja loput 79 % hissittömässä rakennuksessa. Ylöjärven kohteen vastanneista 23 % asui hissillisessä ja 77 % hissittömässä rakennuksessa. Porvoon kohteen vastaajista neljä viidestä asui hissillisen ja yksi viidestä hissittömän porrashuoneen yhteydessä.

A.4.3 Tyytyväisyys nykyiseen asuntoon

Lähiympäristö

Puukerrostalojen asukkaista kolme neljästä piti asuinrakennuksensa lähiympäristöä hyvänä tai erittäin hyvänä. Huonoksi tai erittäin huonoksi asuinympäristönsä arvioi vain kuusi sadasta asukkaasta. Ylivoimaisesti tyytyväisimpiä oltiin Viikin ja Porvoon puukerrostalojen lähiympäristöön, sillä Viikin vastaajista jopa 98 % ja Porvoon vastaajista neljä viidestä piti rakennuksensa lähiympäristöä hyvänä tai erittäin hyvänä. Sen sijaan tyytymättömiä oltiin Oulun kohteen lähiympäristöön. Oulun kohteen ympäristöhäiriöksi yksilöitiin muun muassa ahdas tontti sekä vilkkaan tien ja ostoskeskuksen läheisyys.



Sanallisissa vastauksissa asukkaat arvioivat lähiympäristönsä laadukkuutta kaikkein yleisimmin viihtyisyyden, turvallisuuden, rauhallisuuden, palvelujen sekä liikenneturvallisuuden ja liikenteen häiritsevyyden (vilkkauden) perusteella.

Asunnon sijainti rakennuksessa

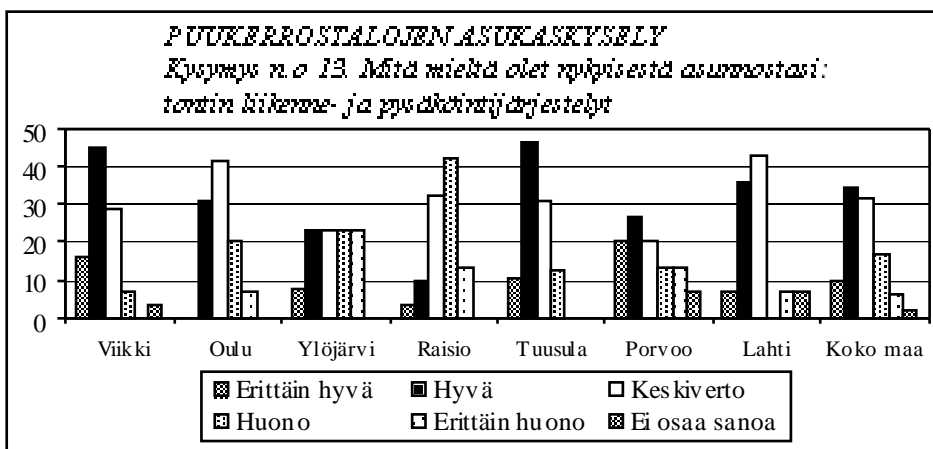
Kysyttäessä tyytyväisyyttä asunnon sijaintiin rakennuksessa puukerrostalojen asukkaista antoivat hyvän tai erittäin hyvän arvosanan noin neljä viidestä vastaajasta. Huonoksi tai erittäin huonoksi asuntopaikkain rakennuksessa arvioi vain kolme sadasta asukkaasta.

Kaikkein tyytyväisimpiä asiaan oltiin tyytyväisyysjärjestyksessä Lahden, Tuusulan, Raision ja Oulun kohteen asunnoissa. Ylöjärvellä erittäin hyvän arvosanan antaneiden osuus oli puukerrostalokohteista suurin eli neljä kymmenestä, vaikkakin toisaalta asunnon sijainnin rakennuksessa arvioi huonoksi tai erittäin huonoksi vajaa kuudennes asukkaista eli suhteessa selvästi enemmän kuin muissa puukerrostalokohteissa. Lahden kohteessa kaikki arvostamat asunnot asettuivat erittäin hyvän ja hyvän puolelle. Kaikkein tyytyväisimpiä asuntonsa sijaintiin rakennuksessa olivat ylimmän kerroksen ja päätyhuoneistojen asukkaat.

Tonttijärjestelyt

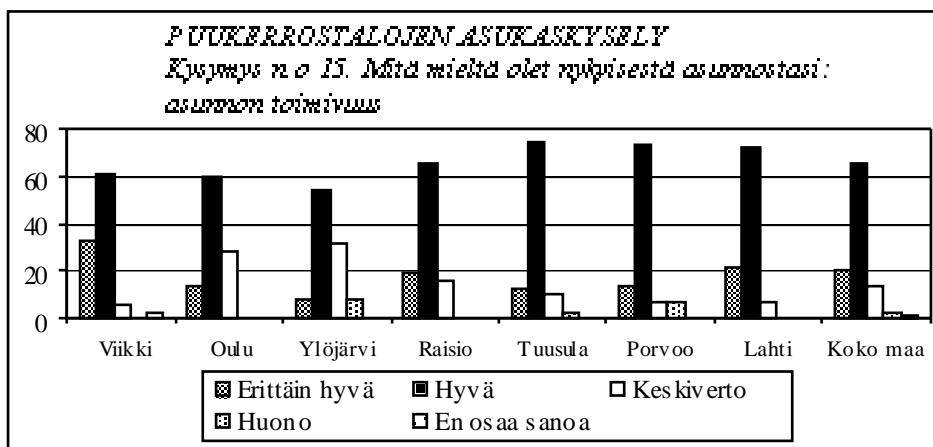
Mielipiteissä tontin liikenne- ja pysäköintijärjestelyistä esiintyi suurta hajontaa. Kaikista vastanneista vajaa puolet piti tontin järjestelyjä hyvinä tai erittäin hyvinä. Keski-verta oli kolmannes, ja huonoksi tai erittäin huonoksi tontin liikenne- ja pysäköintijärjestelyt arvioi noin neljäs vastanneista. Kaikkein tyytyväisimpiä asiaan oltiin Viikissä ja Tuusulassa. Tyytymättömiä oltiin Raisiossa, jossa tonttijärjestelyistä huonon tai erittäin huonon arvosanan antoi 55 % vastanneista.

Tonttijärjestelyjä koskevista sanallisista arvioista suurin osa keskittyi tontin pysäköintijärjestelyihin sekä leikki- ja oleskelupaikkojen turvallisuuteen ja viihtyisyyteen.



Yhteis- ja aputilat

Puukerrostalokohteiden yhteis- ja aputilojen toimivuuteen oltiin yleensä tyytyväisiä. Erittäin hyvän tai hyvän arvosanan näistä tiloista antoi yli kolme viidestä vastaajasta. Huonojen tai erittäin huonojen arvosanojen osuus oli kuusi sadasta. En osaa sanoa -arvionsa antoi neljä sadasta vastaajasta. Kaikkein tyytyväisimpiä yhteis- ja aputilojen toimivuuteen oltiin Viikissä ja Raisiossa, joissa hyvän tai erittäin hyvän arvosanan antoi noin seitsemän kymmenestä vastaajasta. Tuusulan ja Lahden kohteet olivat ainoita, jotka eivät saaneet yhtään kielteistä arvosanaa yhteis- ja aputiloista. Sanallisissa arvioissa toivottiin enemmän yhteistiloja muun muassa nuorisoon käyttöön.



Asunnon toimivuus

Myös asunnon toimivuuteen oltiin puukerrostalokohteissa tyytyväisiä. Hyvän tai erittäin hyvän arvosanan asunnon toimivuudesta antoi jopa 85 % kyselyyn vastanneista asukkaista.

Tyytyväisten osuus oli pienin sekä keskiverron osuus suurin Ylöjärvellä ja seuraavaksi Oulun kohteessa.

Asuntojen toimivuuteen kohdistuvissa sanallisissa vastauksissa eniten myönteisiä arvioita saivat asuntojen parvekkeet. Asuntojen toimivuudessa eniten valituksia saivat huonetilojen pienuus ja ahtaus.

Kalusteiden ja laitteiden määrä

Asuntonsa kalusteiden ja laitteiden määrän arvioi hyväksi tai erittäin hyväksi 67 % puukerrostalojen asukaskyselyyn vastanneista. Keskiverto-arvion antoi noin kolmannes vastaajista. Tyytymättömien eli huonon tai erittäin huonon arvosanan antajien osuus oli suurin Ylöjärvellä (15 %) ja toiseksi suurin Tuusulassa (8 %). Sanallisissa vastauksissa valitettiin eniten säilytystilojen vähyyttä.

Kalusteiden ja laitteiden laatutaso

Kysyttäessä mielipidettä puukerrostaloasuntojen kalusteiden ja laitteiden laatutasosta hyvän tai erittäin hyvän arvosanan antoi reilut seitsemän kymmenestä kyselyyn vastanneista. Huonon tai erittäin huonon arvosanan antoi vain vajaa yksi viideskymmenesosa asukkaista. Raision kohteen kalusteiden ja laitteiden laatutaso arvioitiin kaikista parhaimmaksi, sillä siellä hyvän tai erittäin hyvän arvosanan antoi jopa 83 % asukkaista. Tyytyväisten osuus oli pienin sekä keskiverron osuus suurin Ylöjärven kohteessa.

A.5 Asukaskyselytutkimuksen jatkotoimenpiteet

Puukerrostalojen asukaskysely on tarkoitus suorittaa myös Oulun Puu-Linnanmaan koerakennusalueella sen jälkeen kun alue saadaan rakennettua valmiiksi ja asukkaat ovat asuneet alueella vähintään vuoden. Kyselyn arvioitu ajankohta on loppuvuodesta 2002. Jatkotutkimuksissa selvitetään erityisesti puumiljöön ja tavanomaista tiiviimmän asuin ympäristön arvostusta. Tämän tutkimuksen asukaskyselyssä käytetyt kyselykaavakkeet ovat käytettävissä uusien puukerrostalokohteiden asukaspalautteen keräämisessä. Oulun Puustudioon on tullut useita yhteydenottoja asukaspalautteen keräämisestä uusissa P2- ja P3-luokan puukerrostalokohteissa.

B Puukerrostalojen asukaskyselytutkimusta täydentävät haastattelut

B.1 Yleistä

Puukerrostalojen asukaskyselyn tietoja haluttiin täydentää puukerrostalojen kiinteistön hoidosta vastaavien henkilöiden sekä kohteiden rakennuttajatahojen henkilökohtaisin haastatteluin. Haastattelussa kysyttiin vastaavia kysymyksiä kuin puukerrostalojen asukkailta (Liite 2.2.). Lisäksi kartoitettiin tietoja puukerrostalojen energian kulutuksesta, korjaus- ja huoltotoimenpiteistä sekä kyselytutkimuksessa mukana olevien puukerrostalojen mahdollisista erityiskysymyksistä tai -ongelmista.

B.2 Haastattelujen tulokset

Tässä tutkimuksessa on katsottu tarkoituksenmukaiseksi olla tässä kohdassa ilmoittamatta haastateltujen henkilöiden nimiä. Vastauksissa on syytä kiinnittää huomiota kunkin vastaajan ammattipainotteiseen näkökantaan. Huomioitava on myös haastattelujen ajankohta; suurin osa haastatteluista on tehty koerakennusajan alkupuolella ensimmäisten puukerrostalokohteiden valmistumisen jälkeen. Näiden haastattelujen jälkeen puukerrostalorakentamisen taito ja osaaminen on vahvistunut Suomessa oleellisesti.

B.2.1 Ylöjärvi

Rakennuttajatahon edustaja

Asuntomessujen aikana kohteessa oli pieniä ongelmia sprinklerilaitteiston kanssa, sillä yhdessä varastossa liitos pääsi vuotamaan. Muutoin kohteessa ei ole ollut mainittavia

erityisongelmia. Rakennusten levyrakenteisissa luhtikäytävissä ja portaissa on esiintynyt jonkin verran vesivahinkoja (levyt ovat kupruilleet ja kallistukset ovat muuttuneet väärään suuntaan). Osin on valitettu myös kevytrakenteisista portaista ja luhtikäytävistä asuntoihin kantautuvista äänistä.

Kiinteistöhuoltoyhtiön edustaja

Kohteen lähiympäristö saa erittäin hyvän arvosanan, ja myös rakennuksen yhteis- ja aputiloja on pidetty hyvinä. Kiinteistöhuollon kannalta kohteen liikenne- ja pysäköintijärjestelyt sekä porrashuoneratkaisut eivät ole täysin onnistuneita. Porrashuoneiden ulkonäkö, rakenteet ja pinnat saavat moitteita. Sprinkleriputkien tekeminen kuparista ei tunnu parhaalta mahdolliselta ratkaisulta, koska putkijatkosten saaminen täysin tiiviiksi on silloin vaikeampaa kuin teräspankilla. Puurakentaminen ja puukerrostalot ovat tervetulleita, mutta sinällään puukerrostalossa asuminen ei liene sen kummempaa kuin asuminen tavanomaisessa kerrostalossakaan. Selluvillan käyttö seinärakenteissa olisi toivottavaa. Kohteeseen asennetut kosteushälytinallaitteet ovat osoittautuneet toimiviksi, ja ne ovat osoittaneet jo pariin kertaan tarpeellisuutensa hälyttämällä alkaneista vesivuodoista. Vastaisuudessa kohteiden pitkäaikaiskestävyys ja huolto tulisi ottaa nykyistä paremmin huomioon. Puurakentamisen mainetta ei saa pilata huonoilla ratkaisuilla. Puukerrostalojen turvalaitteet eivät ole ylimitoitettuja, koska asuinturvallisuus on kaikkein tärkein asia.

B.2.2 Viikki

Rakennuttajatahon edustaja

Rakennuttajalla oli hankkeessa hyvä yhteistyö Helsingin kaupungin kaavoitustoimen kanssa, sillä projekti on ollut osa Viikin ekologisen rakentamisen alueprojektia. Molempien keskeisiä päämääriä ovat olleet ekologiset arvot sekä puun käytön monipuolistaminen normaalissa asuntorakentamisessa. Viikin puukerrostaloista saatu palaute on ollut valtaosaltaan myönteistä, vaikkakin asuminen puukerrostaloissa ei sinällään eroa merkittävästi normaalista kerrostaloasumisesta. Asukkaat ovat olleet pääasiassa tyytyväisiä, ja kohteessa on käynyt paljon vierailijoita.

Uusi rakentamistapa ei ole merkinnyt rakennuttajalle riskiä, sillä kaikki palo- ja ääneneristysasiat sekä märkätilojen vedeneristysratkaisut tutkittiin ja selvitettiin huolella ennen rakentamiseen ryhtymistä. Yksittäisenä erityisasiana voidaan mainita puukerrostalojen rakentamistavan mahdollistama huoneistokohtainen lämmönsäätöjärjestelmä, jonka rakennuttaja halusi toteuttaa Viikin kohteessa. Vastaavissa uusissa kohteissa olisi toivottavaa, että puukerrostalojen julkisivujen pitkäaikaiskestävyydestä, maalaus käsittelyistä sekä paloteknisistä ratkaisuista saataisiin julkisuuteen kokemustietoa, jolloin käytännön ratkaisuja voitaisiin kehittää edelleen paremmiksi. Viikin koerakennusprojektin kokemukset osoittivat, että uusien asioiden käytännön järjestelyt vaativat normaalia parempaa organisointia hankkeen kaikissa vaiheissa.

Isännöitsijä

Viikin koerakennuskohteen arava-laatuso oli väärä lähtökohta, koska laatutasoa haluttiin nostaa projektin edetessä. Lisäksi arava-asumisen tulotaso aiheuttaa jatkuvasti selvityksiä asukasvalinnoissa. Muutoin Viikin rakennusprojektin toteutuksen voidaan katsoa menneen hyvin, olihan kohteessa mukana ammattirakennuttaja eli Helsingin kaupungin asuntotuotantotoimisto (ATT).

Kohde on teknisesti hyvin onnistunut, sillä vuositakuukorjauksia on ollut vähän. Esimerkiksi sisätilojen nurkkien ratkeamisia ja kutistumishalkeamia on ollut betonikerrostaloihin verrattuna vähemmän. Sen sijaan asuntojen parvekeovien tarkistustöitä on ollut normaalia enemmän, joskaan tämän ei ole todettu aiheutuvan rakentamistavasta. Rakennuksen paloturvallisuuslaitteet ovat toimineet hyvin, eikä niistä ole tullut valituksia. Asukkaiden kommentit rakennuksen ääneneristyksestä ovat olleet myönteisiä. Yksittäisenä huonona puolena kohteesta voidaan mainita porrashuoneiden tarkastusluukut, jotka ovat olleet vaikeasti irrotettavia sekä helposti kolhiintuvia ja likaantuvia. Lisäksi osa asukkaista on pitänyt kylpyhuoneiden lattiakallistuksia riittämättöminä.

Kohteen isännöitsijä ja kiinteistöhuolto eivät näe rakentamistavassa mitään erityisongelmia, joskin uusien teknisten ratkaisujen mahdolliset ongelmakohdat ilmaantuvat yleensä vasta noin viiden vuoden kuluttua kohteen valmistumisesta. Rakentamistavalle toivotaan menestystä. Asukkaiden pitäisi saada jatkossa vaikuttaa normaalitapaa enemmän suunnitteluun ja erityisesti sisätilojen materiaalivalintoihin, muun muassa puuta toivottaisiin lisää sisätilojen näkyväksi pintaverhousmateriaaliksi. Puu ei saa kuitenkaan olla rakentamisessa itsetarkoitus. Todennäköisesti jatkossa sekatekniikalla toteutettavat talot ovat puhtaita puukerrostaloja yleisimpiä.

*B.2.3 Oulu**Rakennuttajan edustaja*

Rakennuksen yleisilme ja arkkitehtuuri ovat korkeatasoisia. Puukerrostalorakentamisen saama julkisuus on ollut myönteistä. Jatkossa puukerrostalorakentaminen ei tule yleistymään, jos rakentamisen kustannuksia ei saada pienemmäksi verrattuna tavanomaiseen betonikerrostalorakentamiseen ja keveiden välipohjien askeläänikysymystä ei saada ratkaistua. Välipohjat kaipaavat edelleen tuotekehittelyä. Puukerrostalorakentamisella saavutettava rakennusajan lyhentymisen ja kustannusetu ovat vielä toteen näyttämättä. Sprinklaus on turha rasite puukerrostalorakentamisessa. Rakennuttajalla on vesivahingon pelko.⁵⁰⁸

Kiinteistöhuoltoyhtiön edustaja

Asukkaat ovat valittaneet jonkin verran asuntojen kylmyyttä. Eniten valituksia on tullut A-talon 1. kerroksen asunnoista sekä C-talon perheasuntopäädyn kaikista kerroksista. Osa-

⁵⁰⁸ Karjalainen, M. (1997), op.cit.: s. 109.

syynä tähän voi olla lämmitystavaksi valittu yksiputkijärjestelmä, joka ei ole tasaisen lämmön saavuttamiseksi paras mahdollinen ratkaisu. Sprinkleriverkostossa ei ole ollut ongelmia lukuun ottamatta paria turhaa palohälytystä, jotka ovat aiheutuneet vesijohtoverkossa tapahtuneista paineen vaihteluista. Kylmyysongelmia lukuun ottamatta asukkaat ovat ilmaisseet olevansa asumiseensa tyytyväisiä. Joitakin asuntoja on jouduttu käymään koekävelemässä alanaapuriin kantautuvien askeläänihäiriöiden vuoksi. Osa asukkaista tekee kolmivuorotyötä, joten asuntojen ääneneristysasioihin on kiinnitettävä huomiota.

Rakennuksen ulkoilme on normaalia betonikerrostaloa nämpi ja viimeistellympi. Rakentamistapa lienee suhteellisen ongelmaton, koska sitä on tutkittu paljon. Puujulkisivut vaativat kivijulkisivuihin verrattuna enemmän huolenpitoa. Kiinteistöhuollolle rakentamistapa ei tuo oleellisia lisätöitä. Mainittakoon, että sprinkleriverkko on testattava kerran kuukaudessa testikokeella yhteistyössä aluehälytyskeskuksen kanssa. Testisuoritus sekä siihen liittyvät kaksi puhelinsoittoa aluehälytyskeskukseen vievät aikaa yhteensä noin 15 minuuttia. Lisäksi testi aiheuttaa rakennuksen porrashuoneen julkisivupinnassa olevan sprinklerihälytyskellon soimisen, mikä on joskus ihmetyttänyt asukkaita. Tämän vuoksi testi koe pyritään tekemään aina päiväsaikaan.

B.2.4 Tuusula

Rakennuttajan edustaja

VVO-Yhtymä Oy lähti mukaan puukerrostalojen rakentamiskokeiluun näkökohtinaan rakentamistavan kustannusedullisuus, uutuus- ja julkisuusarvo sekä ekologisuustekijät. Lisäksi Tuusulan kohteessa haluttiin etsiä käytännönläheisesti uuden rakennustavan tuomia mahdollisia etuja, koska rakennuttajalla oli samaan aikaan rakenteilla lähialueella vastaavan kokoisia betonikerrostalokohteita, joita vertailtiin keskenään.

Tuusulan kohteen toteutuksessa näkyi puukerrostalojen rakentamisen know-how-tiedon puute joka vaiheessa, niin suunnittelussa kuin toteutuksessakin. Tämä peilautui rakentamiskustannuksiin, ja niinpä esimerkiksi puukerrostalojen kokonaiskustannusten suuruus oli rakennuttajalle pettymys. Toisena huonona asiana Tuusulan kohteesta voidaan mainita ongelmat sprinkleriverkostossa, sillä kohteessa on tapahtunut jo kaksi vesivahinkoa. Osittain näiden vahinkojen vuoksi rakennuttajalle on muodostunut käsitys, että automaattinen vesisammutusjärjestelmä on puukerrostaloille kosteusvaurioiden kannalta todellinen lisäriskitekijä. Sen sijaan paloturvallisuuden kannalta rakentamistapaa ei ole nähty eikä koettu riskialttiiksi. Lisäksi rakentamisen aikana pelättiin ennakkoon välipohjien ääniongelmia, joita ei ole kuitenkaan esiintynyt.

VVO-Yhtymä Oy ei ole näillä näkymin lähtemässä uusiin puukerrostalokokeiluihin, vaan se tarkkailee ja odottaa rakentamistavan kehittymistä. Tulevaisuuden toteutukset ovat kaikkein todennäköisimmin sekatekniikkaratkaisuja, vaikkakin myös niiden toteutukset sprinklattuina (= 3-kerroksisina) ovat osoittautuneet koekohteina tarpeettoman kalliiksi. Jatkossa toivotaan kiinnitettävän erityistä huomiota märkätilojen ja julkisivujen tekniisiin ratkaisuihin, koska rungon elämistä ja julkisivujen korkeita huoltokustannuksia pelätään vielä. Puukerrostalojen rakentamiseen suhtaudutaan kuitenkin myönteisesti, jos niille on aitoa kysyntää.

Isännöitsijä

Puukerrostalojen rakentaminen on ollut myönteinen asia ja hyvä vastapaino totutulle betonielementtilähiörakentamiselle. Yksittäisinä ominaisuuksina voidaan mainita esimerkiksi ekologisuus ja pienimittakaavaisuus. Asukkaat ovat myös ilmaisseet selvää myötämielisyyttä puuta kohtaan ja toivoneet, että puuta käytettäisiin nykyistä enemmän asuntorakentamisessa.

Kohteen 1-vuotistakuun tarkastuslista oli suhteellisen pitkä, sillä osa takuutarkastusasioista on itse asiassa jo vastaanottotarkastuksessa listattuja korjauksia ja puutteita, joita ei ollut vielä hyväksytysti korjattu. Tätä ei voida kuitenkaan pitää rakentamistavan syynä, vaan asia juontunee kohteen urakkahinnan ylittymisestä ja tästä aiheutuvista seuraamuksista. Yleiseksi käsitykseksi on muodostunut, ettei kohteen suunnittelussa ja rakentamisessa ole ollut vielä sitä riittävää taitotietoa, mitä uuden rakentamistavan kokeilu olisi vaatinut. Suurimmat murheet ovat olleet kaksi sprinkleriverkostossa tapahtunutta vauriota ja niiden aiheuttamat vesivahingot, jotka ovat aiheuttaneet joitain kielteisiä tunteuksia puukerrostalorakentamista kohtaan.

Kohteesta on tehty tarkat lämpökamerakuvaukset, joissa on havaittu joitakin paikallisia lämpövuotoja. Yleisimmät lämpövuotopaikat ovat olleet ovien ja ikkunoiden pielirakenteissa. Kohteen lämmönkulutus on ollut normaalia. Rakennuksen ääneneristystä on keuhuttu hyväksi. Kiinteistöhuollossa ei ole ilmaantunut vielä normaalista poikkeavia kunnostustarpeita, joskin nämä asiat ilmaantuvat yleensä vasta noin viiden vuoden sisällä rakennuksen valmistumisesta.

Puukerrostaloihin asennettava sprinkleriverkosto on tarpeellinen, koska se lisää oleellisesti rakennuksen paloturvallisuutta. Puukerrostalojen rakentamista lisää jonkin verran tekniikkaa ja tätä kautta valvontaa ja mahdollisia kunnostustoimenpiteitä isännöitsijälle ja kiinteistöhuoltoyhtiölle. Kiinteistöjen hoidossa on Suomessa yleisesti parantamisen varaa. Nykyisin kiinteistöhoidon palkkiot on kilpailutettu niin alas, ettei kunnollisesta kiinteistöhoidosta voida puhua. Asia koskee kaikkea rakentamista. Lisäksi asuntorakentamisessa tulisi nykyistä enemmän kiinnittää huomiota märkätilojen ja ilmanvaihdon teknisiin ratkaisuihin.

B.2.5 Raisio

Rakennuttajan edustaja

Tarveasunnot Oy:llä ei ollut aluksi lähtökohtanaan puukerrostalorakentaminen, vaan tämä toteutus asuntomessukokeiluna tuli mukaan urakoitsijan eli Rakennusliike Palmberg Oy:ltä. Normaaliin asuntorakentamiseen verrattuna kohteen kustannustaso oli noin tuhat markkaa huoneistoneliötä kohden tavanomaista kalliimpi, mutta tämä ei luonnollisesti johtunut pelkästään puukerrostalorakentamisesta, vaan siitä, että kohde oli asuntomessukohde, jossa laatutaso asetettiin tietoisesti korkealle.

Kohteen toteutus edellytti neuvotteluja teknisistä ratkaisuista muun muassa paikallisten paloviranomaisten kanssa. Rakennuttajalla oli ennen toteutusta eniten epäilyjä puukerrostalojen ääneneristyksestä, koska siitä oli ennakkoon julkisuudessa puhuttu paljon. Valmiista rakennuksesta on rakennuttajalle kantautunut kohteen ääneneristyksestä pelkästään

myönteisiä kommentteja. Takuutarkastuksessa on ilmaantunut jonkin verran välipohjaristikoiden hiipumaa, mikä on aiheuttanut seinän ja katon nurkkakohtiin ratkeamia lähinnä märkätiloissa, missä ristikoita rasittaa suurin kuorma (= märkätilojen kallistusbetonivalu). Muutoin takuutarkastuksessa ei ole ilmaantunut mitään tavanomaisesta rakentamisesta poikkeavaa korjattavaa.

Kohteen valmistuttua ilmaantui muutama turha palohälytys, kun asuntojen palovaroittimet hälyttivät ruokaa laitettaessa. Aluksi asukkaita ihmetyttivät myös asuinparvekkeiden lattioihin asennetut hätäpoistusmislukut. Muita paloturvallisuuslaitteisiin liittyviä erityisongelmia ei ole ilmaantunut.

Jatkossa puukerrostalorakentamisessa tulee keskittyä muun muassa rungon painumien hallitsemiseen, työvoiman kouluttamiseen rakennustapaan sekä kustannusten saamiseen samalle tasolle tavanomaisen betonirakentamisen kanssa. Tosiasia on kuitenkin, että puukerrostalojen julkisivujen hoitokustannukset ovat suurempia kuin esimerkiksi tiilijulkisivujen, mikä aiheuttaa jonkin verran kielteisiä tunteuksia rakennustapaa kohtaan. Näillä näkymin Tarveasunnot Oy:llä ei ole näköpiirissä Turun seudulla uusia puukerrostalokohteita.

Isännöitsijä

Asukkaat ovat kehuneet huoneistojen välisten seinien ääneneristystä hyväksi. Joissain huoneistoissa pyykinpesukone aiheuttaa jonkin verran värinää rakenteisiin. Välipohjissa on ilmaantunut liikaa painumisen aiheuttamia nurkka- ja saumaratkeamia, etenkin märkätiloissa. Lisäksi ovien ja ikkunoiden käyntejä ja asennuksia on jouduttu tarkistamaan tavanomaista enemmän. Toteutettu kohde ei antanut vielä täysin vakuuttavaa kuvaa puukerrostalorakentamisen hallitsemisesta. Osaamisessa on vielä kehittämisen varaa, etenkin rakennusrungon painuma-asiat on saatettava tulevaisuudessa paremmin hallintaan.

Puukerrostalojen rakentamistapa tuo varmasti lisäkustannuksia sekä rakentamiseen että ylläpitoon. Näistä mainittakoon esimerkiksi sprinkleriverkoston rakentamisen ja ylläpidon sekä puujulkisivujen huoltotoimenpiteiden aiheuttamat lisäkustannukset. Muutoin puukerrostalon paloturvallisuuteen ja ääneneristysasioihin ei ole suhtauduttu epäilevästi. Jatkossa on toivottavaa, että välipohjia kehitetään edelleen (painumat hallintaan ja välipohjaan massaa lisää). Paloturvallisuusasioita on vaikea kuvitella ennakoon, koska ei ole kokemuksia esimerkiksi sprinkleriverkoston toimivuudesta. Sprinkleriverkoston aiheuttamien vesi- ja kosteusvaurioiden pelko on kuitenkin olemassa.

Asukkaiden kannalta puukerrostaloissa asuminen ei ole tuonut oikeastaan kielteisiä, mutta ei myöskään erityisiä myönteisiä tunteuksia. Puun näkyminen sisätiloissa ja porrashuoneissa on minimaalista, joten varsinaista puutalon tuntua ei ole kohteessa nähtävissä. Rakentamistapaan suhtaudutaan vielä varauksellisesti.

B.2.6 Lahti (As Oy Lahden Pinja)

Asukkaiden edustaja ja valvoja

Uuden asuntokauppalaan mukaisesti asukkailla on ollut oma edustaja työmaalla kohdetta rakennettaessa. Asukkaiden edustaja on ollut tiettyinä vakioaikoina työmaalla, jolloin asukkaita voitiin käyttää tutustuttamassa työmaahan ja kohteeseen liittyviä kysymyksiä voitiin tuoda esiin. Käytäntö osoittautui hyväksi ja palveli myös puukerrostalojen rakentamiseen liittyvää tiedonlevitystä. Kohteen työnjohto ja toteutus oli hyvin organisoitu, mutta työmaatoteutuksessa näkyi kuitenkin eräiltä kohdin rakentamistavan kokemattomuus ja harjaantumisen puute. Märkätilojen toteutukset olivat teknisesti vaikeita, ja niissä esiintyi epävarmuutta. Kohde oli koko rakentamisajan paljon esillä mediassa, myös yleisönosastolla. Puukerrostalojen palotekniset (viranomaismääräykset) ja rakennustekniset ratkaisut kaipaavat Suomessa vielä nykyistä yhtenäisempiä pelisääntöjä. Jatkossa ensisijaisesti asukkaiden tahto ratkaisee puukerrostalojen yleistymisen; näillä näkymin tulevaisuus näyttää lupaavalta.

Asukkailta saadun palautteen mukaan puukerrostaloissa viehättää erityisesti lämmin yleistunnelma, niin kutsutut pehmeät arvot, kuten kodikkuus, hiljaisuus ja puun myönteinen imago. Arkisempaan tosiasiana voidaan kuitenkin mainita se, että asunnon hinta ja sijainti ovat tärkeimpiä ostopäätökseen vaikuttavia tekijöitä. Asukkaat halusivat puuta käytettävän nykyistä enemmän asunnon sisätiloissa. Kohteen porrashuoneen puupinnat ovat saaneet erityistä kiitosta. Rakentamisvaiheessa asukkaille oudot paloturvallisuuslaitteet (sprinklaus, porrashuoneiden kuivanousujohdot) askarruttivat aluksi asukkaita, koska niistä ei ollut aiempia kokemuksia. Asukkaat pitivät näistä laitteista saatua informaatiota tärkeänä. Kohteen valmistumisen jälkeen paloturvallisuuslaitteita on pidetty periaatteessa hyväksyttävänä, mutta niiden vaikutusta asunnon hintaan pidetään turhan korkeana. Toisaalta tämä ei ole muodostunut kynnykseksi asunnon hankkimisessa. Kohteen ääneneristys on saanut erityistä kiitosta.

Kiinteistöhuoltoyhitiön edustaja

Puukerrostalojen miellyttävä ulkonäkö on niiden parasta antia. Myös puurakentamisen tekninen kehittäminen on ollut Suomen puun käytön edistämisen kannalta tavoiteltavaa. Puukerrostalojen rakentaminen ei ole kiinteistönhoidon kannalta arveluttavaa, jos ratkaisuisissa tiedostetaan kunnossapidon ja huollon merkitys. Puutaloja on helppo korjata. Asukkaiden ääntä tulee kuunnella kaikkein eniten. Saadun palautteen mukaan puuta tulisi käyttää rakennusten julkisivuissa ja sisätiloissa. Sprinklerilaitteisto on asukasturvallisuuden kannalta hyvä ratkaisu. Suomalaisessa asuntorakentamisessa tulisi nykyistä enemmän kiinnittää huomiota teknisiin ratkaisuihin, ääneneristykseen, kohteiden hankkeistamiseen ja lopputuloksen laatuun. Rakentamisen aikataulut ovat nykyisin liian tiukkoja. Puukerrostalot eivät saa jatkossa muodostua tavanomaista betonirakentamista kalliimmiksi. Rakentamistapaa on rasittanut tähänastinen lyhyt kokemus. Isännöinnin ja kiinteistönhoidon kannalta ei ole erityistä merkitystä sillä, mistä rakennusaineesta talot on tehty. Ekologiset arvot tulevat vaikuttamaan rakentamisen materiaalivalintoihin tulevaisuudessa nykyistä enemmän.

B.2.7 Porvoo (As Oy Porvoon Fredrika)

Isännöitsijä

Isännöitsijätaho on seurannut muun muassa sanomalehdistä puurakentamisen, erityisesti suurimittakaavaisten puurakennusten kehittymistä Suomessa. Koska puurakentamista kohtaan ei ole olemassa ennakkoluuloja, kohdetta markkinoitiin puukerrostalokohteena, ja asuntojen markkinoinnissa ei ollut ongelmia. Porvoon ensimmäinen puukerrostalokohde on toteutettu liian ahtaalle tontille, autopaikkajärjestelyt ovat osoittautuneet vaikeiksi ja kalliiksi ratkaisuksi. Naapurirakennuksen läheisyys vaikeutti viimeisten asuntojen markkinointia. Maanalaisessa autotallissa on esiintynyt vesivuotoja. Kohteen lämmityskulut ovat olleet normaaleja, mutta lämmityspattereiden taakse sijoitetut raitisilmaventtiilit ovat osoittautuneet käytön kannalta yllättävän hankaliksi. Rakennuksessa ei ole esiintynyt vedon tunnetta, ja lämmitykseen on oltu tyytyväisiä. Vuositakuutarkastuksissa on ilmaantunut suhteellisen paljon levyseiniä nurkkaratkeamia. Nurkkien levysaumojen kittaukset on tehty joko huonosti tai rakennusrunko on liikkunut ennakoitua enemmän. Seinien ja kattojen nurkat olisi kannattanut listoittaa. Rakennuksen ulkonäkö saa kehuja, ulkoverhoustyöt on tehty erityisen hyvin. Puukerrostalojen rakentamistapa ei tuo rakennuksen isännöintiin mitään erityisiä lisäkustannuksia tai -vaikeutta. Asukkaat ovat olleet asumiseen hyvin tyytyväisiä, erityisesti huoneistojen väliseen ääneneristykseen on oltu hyvin tyytyväisiä. Suurin osa asukkaista on hyvin rauhallisia ja iäkkäitä ihmisiä. Muutama valitus on tullut rakennuspäädyn ulkoportaasta liukkaudesta, koska tämä ulkoporras ei ole katettu. Puujulkisivut eivät ole isännöinnin tai huollon kannalta lainkaan ongelmallisia, jos huoltotoimenpiteet tehdään riittävän ajoissa. Kokemuksen mukaan betonijulkisivutkaan eivät ole ikuisia. Puujulkisivujen osalta voidaan mainita isännöitsijän kannalta myönteisenä se, että asukkaat ymmärtävät helposti puujulkisivujen huoltotoimenpiteiden tärkeyden, jolloin huoltotoimenpiteiden tekemisestä ei tarvitse yleensä riidellä. Lisäksi puujulkisivujen huoltotoimenpiteet ovat helppoja. Puukerrostalojen rakentamistavassa ei tunnu olevan mitään merkittäviä asukkaiden ja isännöitsijän kannalta.

Kiinteistöhuollon edustaja

Alkuaikoina kohde oli kiinteistöhuoltoyhtiölle rasite, koska lähes joka viikko ilmaantui vikahälytyksiä sähköverkkoon kytketyistä palohälyttimistä. Nyt verkoston viat on korjattu ja vikahälytyksiä ei ole tullut kiinteistöhuoltoyhtiön päivystykseen. Kiinteistöhuollon kannalta tontin ahtaus on suurin ongelma: muun muassa lumen läjityspaikat puuttuvat kokonaan, mikä lisää käsiin tehtävien lumitöiden määrää. Myös kellariin johtava ajoluiska on osoittautunut sähkösulatuksineen käyttökustannuksiltaan kalliiksi ratkaisuksi. Lisäksi maanalaisen pysäköintitilan vesivuodot ovat olleet kiusallisia. Kohteen julkisivujen palokatkokoulokeissa on ollut paljon puluja, minkä vuoksi on pitänyt asentaa palokatkojen päälle puluja karkoittavia piikkimattoja. Muutoin kohteen ulkoverhouksessa ei ole esiintynyt ongelmia. Sinällään puukerrostalojen rakentamistapa ei aiheuta kiinteistöhuollolle erityisvaatimuksia. Sprinklerilaitteisto vaatii koestuksen joka kuukausi, mutta tämä ei vie aikaa kuin 15 minuuttia. Puukerrostalojen rakentamistapa ei lisää kiinteistöhuollon kustannuksia, koska tekniikaltaan

kohteet ovat kutakuinkin vastaavanlaisia kuin muutkin asuinrakennukset. Talotekniikan kehittyminen, palovaroittimet ja sprinklerilaitteistot mukaan lukien, nähdään pelkästään myönteisenä. Turvallisuuden lisääntyminen on asukkaiden kannalta hyvä asia. Kiinteistöhuollon kannalta talotekniikan ja automaattivalvonnan kehittyminen on hyvä, koska kiinteistöhuoltotoimi on erityisen kilpailutettu nykyisin. Automaation avulla laitteiden tarkkailu, vikojen paikallistaminen ja varauduttava mahdollisiin uusiin talotekniikka-asennuksiin. Puukerrostalot eivät eroa kiinteistöhuollon kannalta tavanomaisista kerrostaloista.

C Vertailukohteiden asukaskysely

C.1 Yleistä

Jotta puukerrostaloista saatu palaute ei jäisi irralliseksi, haluttiin asukaskyselyä laajentaa vertailun sekä tulosten suhteuttamisen vuoksi myös sekatekniikalla toteutettuihin kerrostaloihin, joissa runko on betonia ja julkisivut puuta sekä normaaleihin kivikerrostaloihin, joissa runko on betonia ja julkisivut ovat betonia tai tiiltä. Perustavoitteeksi asetettiin, että myös kaikki vertailukohteet edustavat tämän päivän hyvää rakentamistapaa. Kohteiksi pyrittiin valitsemaan suhteellisen uusia asuinkerrostaloja, joissa asui myös lapsiperheitä. Koska koerakennusajalla puukerrostalojen ulkoasuun oli tietoisesti panostettu paljon, oli tarkoituksenmukaista valita myös vertailukohteiksi keskimääräistä edustavampia asuinkerrostaloja.

Vertailukohteista yli kaksikerroksisten sekatekniikkatalojen löytäminen oli vaikeaa, koska maamme palomääräykset ovat aiemmin kieltäneet yli kaksikerroksisten puujulkisivuisten rakennusten rakentamisen. Valituista kohteista varsinaisia sekatekniikkataloja puhtaimmillaan edustavat Raision asuatomessualueelle rakennetut kolme 3-kerroksista asuinkerrostaloa. Toiseksi sekatekniikkakohteeksi valittiin Oulun Toppilaan 1996 - 1997 rakennettu 5-kerroksinen asuinkerrostalo, joka suunniteltiin ja rakennettiin ennen uusien (1.9.1997) palomääräysten voimaantuloa. Tämän vuoksi erityismääräyksen oli mahdollista rakentaa näinkin korkea kerrostalo suurelta osin puujulkisivuisena. Muut sekatekniikalla toteutetut vertailukohteet eli Vaasan, Hämeenlinnan ja Oulun Heinäpään kerrostalot ovat kaksikerroksisia, koska etsimisestä huolimatta maastamme ei löytynyt uudehkoja, yli kaksikerroksisia puujulkisivuisia asuinkerrostaloja. Kaikki nämä kaksikerroksiset puujulkisivuiset asuinkerrostalot valittiin sen vuoksi, että ne edustavat hyvää uutta puuarkkitehtuuria. Lisäksi ne sijoittuvat vanhaan puukaupunkimiljööseen ja edustavat onnistunutta puukaupunkien täydennysrakentamista ja eheyttämistä.

Kivikerrostaloiksi pyrittiin valitsemaan suhteellisen uusia ja edustavia asuinkerrostaloja samoilta paikkakunnilta, missä valitut puukerrostalo- ja sekatekniikkatalot sijaitsivat. Vaasan betonikerrostalo valittiin myös sen vuoksi, että siinä oli samanlainen asukasedustus kuin lähikortteleissa sijaitsevissa asukaskyselykohteiksi valituissa sekatekniikkataloissa. Lisäksi

kohteiden arkkitehtisuunnittelija oli sama, ja häntä kiinnosti erityisesti ihmisten asuinviihtyisyyden ja kohteiden vertailu asukaskyselyn perusteella. Myös Hämeenlinnan betonikerrostalo valittiin läheisyysperiaatteen mukaisesti Hämeenlinnan ruutukaava-alueelta, jonka laidalla sijaitsi Hämeenlinnan sekatekniikkataloksi valittu kohde. Oulun Kaijonharjun kivikerrostalo valittiin asukaskyselyn kohteeksi, koska se oli kustannus- ja rakennustapavertailukohteena Oulun ensimmäisen puukerrostalon, Kiinteistö Oy Puukotkan, kanssa jo kumpaaakin kohdetta rakennettaessa. Oulun Myllytullin ja Tampereen kivikerrostalot edustavat keskitasoa parempaa asuinkerrostalotuotantoa. Vaasan kohdetta lukuun ottamatta vertailukohteiksi valitut kivikerrostalot ovat tiilijulkisivuisia. Vaasan kohteen julkisivut ovat betonia.

Vertailukohteeksi valittujen asuntojen kokonaismäärä oli 360 asuntoa, joista 167 sijaitsi sekatekniikkataloissa (puujulkisivut, betonirunko) ja 193 kivirakenteisissa taloissa (betonitai tiilijulkisivut, betonirunko). Vertailutalojen suuren asuntomäärän, vähäisten resurssien ja kireän aikataulutavoitteen vuoksi ei katsottu tutkimuksen kannalta välttämättömäksi suorittaa vertailutalojen kyselyä kolmivaiheisena, vaan päädyttiin tyytyä tältä osalta yksivaiheiseen kirjalliseen kyselyyn. Kyselyt jaettiin vertailukohteisiin seuraavasti:

<u>Kohde (asuntolkm)</u>	<u>Kyselyn jakopvm.</u>
<u>Sekatekniikkatalot (167)</u>	
Raisio (30)	5.3.1998
Oulu, Toppila (62)	26.3.1998
Oulu, Heinäpää (30)	26.3.1998
Hämeenlinna(16)	3.4.1998
Vaasa (29)	5.4.1998
<u>Kivirakenteiset talot (193)</u>	
Oulu, Kaijonharju (48)	26.3.1998
Oulu, Myllytulli (51)	3.4.1998
Hämeenlinna(22)	3.4.1998
Tampere (36)	4.4.1998
Vaasa (36)	5.4.1998

Kyselyjen jaon yhteydessä kohteita valokuvattiin ja dokumentoitiin.

C.2 Vertailukohteiden esittely

Sekatekniikkatalot

- Raisio: Raision Vuokra-asunnot Oy / Jerenpiha, osoite: Jerenpiha, 21120 Raisio. Arkkitehtisuunnittelu: Arkkitehtitoimisto Vahtera Arkkitehdit Ky, Turku. Kohde on rakennettu vuosina 1996 - 1997.



Kuva C.2.1 Raision Vuokra-asunnot Oy / Jerenpiha.

- Oulu, Toppila: Kiinteistö Oy Sellukotka, osoite: Paalinkatu 18, 90520 Oulu. Arkkitehtisuunnittelu: Arkkitehtitoimisto Jouni Koiso-Kanttila Oy, Oulu. Kohde on rakennettu vuosina 1997 - 1998.



Kuva C.2.2 Kiinteistö Oy Sellukotka.

- Oulu, Heinäpää: Kiinteistö Oy Oulun Tervatalot / Tarkka, osoite: Puistokatu 16, 90120 Oulu. Arkkitehtisuunnittelu: Arkkitehtitoimisto Karhula Oy, Oulu. Kohde on rakennettu vuosina 1994 - 1995.



Kuva C.2.3 Kiinteistö Oy Oulun Tervatalot / Tarkka.

- Hämeenlinna: As Oy Tawastinlinna, osoite: Niittykatu 3, 13100 Hämeenlinna. Arkkitehtisuunnittelu: Arkkitehtitoimisto KSOY, Tampere. Kohde on rakennettu vuosina 1984 - 1986. Sekä: As Oy Hämeen Linnan Portti, rakennus n:o 4, osoite: Koulukatu 4, 13100 Hämeenlinna. Talo on rakennettu vuosina 1983 - 1985.



Kuva C.2.4 As Oy Tawastinlinna.

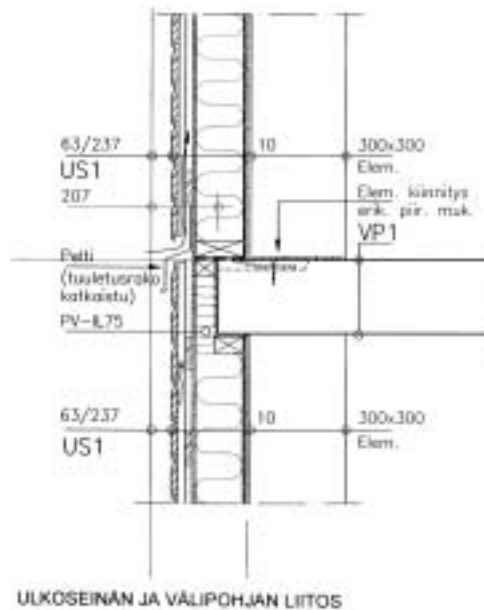


Kuva C.2.5 As Oy Hämeen Linnan Portti.

- Vaasa: Kiinteistö Oy Sekahaku II, osoite: Ajurinkatu, 65100 Vaasa. Arkkitehtisuunnittelu: Arkkitehtitoimisto Gerd Hytönen, Vaasa. Kohde on rakennettu vuosina 1989 - 1991.



Kuva C.2.6 Kiinteistö Oy Sekahaku II.



Kuva C.2.7 Tyypillinen betonirunkoisen ja puujulkisivuisen asuinkerrostalon (= sekatekniikkatalon) ulkoseinän ja välipohjan liitosdetalji.

Kivirakenteiset talot

- Oulu, Kaijonharju: Kiinteistö Oy Oulun Kaijonkotka, osoite: Kalevalantie 17, 90570 Oulu. Arkkitehtisuunnittelu: Arkkitehtitoimisto Jouni Salokannel Oy, Oulu. Kohde on rakennettu vuosina 1995 - 1996.



Kuva C.2.8 Kiinteistö Oy Oulun Kaijonkotka.

- Oulu, Myllytulli: As Oy Oulun Tullisato, osoite: Puusepänkuja 8, 90100 Oulu. Arkkitehtisuunnittelu: Arkkitehtitoimisto Martti Väisänen Ky, Oulu. Kohde on rakennettu vuosina 1991 - 1992.



Kuva C.2.9 As Oy Oulun Tullisato.

- Hämeenlinna: As Oy Birger Jaarlinkatu 18, osoite Birger Jaarlinkatu 18, 13100 Hämeenlinna. Arkkitehtisuunnittelu: Arkkitehtitoimisto Wegelius-Kiili, Espoo. Talo on rakennettu vuonna 1984.



Kuva C.2.10 As Oy Birger Jaarlinkatu 18.

- Tampere: VTS-Vaakonraitti, osoite: Vaakonraitti, 33270 Tampere. Arkkitehtisuunnittelu: Arkkitehtitoimisto Erkki Helamaa ja Keijo Heiskanen Oy, Tampere. Kohde on rakennettu vuosina: 1996 - 1997.

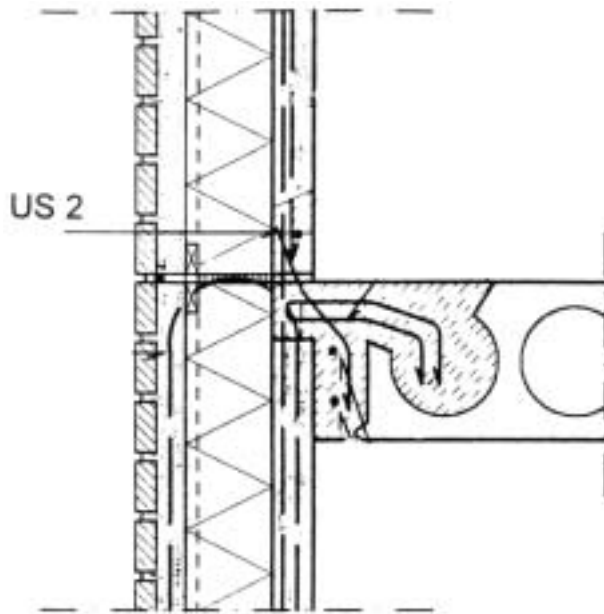


Kuva C.2.11 VTS-Vaakonraitti.

- Vaasa: Kiinteistö Oy Sekahaku III, osoite: Klemetinkatu, 65100 Vaasa. Arkkitehtisuunnittelu: Arkkitehtitoimisto Gerd Hytönen, Vaasa. Kohde on rakennettu vuosina 1993 - 1995.



Kuva C.2.12 Kiinteistö Oy Sekahaku III.



Kuva C.2.13 Tyypillinen betonirunkoisen ja sandwich-elementtjulkisivuisen asuinkerrostalon ulkoseinän ja välipohjan liitosdetalji.

C.3 Puukerrostalojen ja vertailukohteiden asukaskyselyn tulosten vertailua

C.3.1 Yleistä

Asukaskyselyn päätarkoituksena oli kerätä palautetta nimenomaan puukerrostalojen asukkailta. Puukerrostalot haluttiin kuitenkin suhteuttaa muuhun rakentamiseen, jolloin nähtiin perustelluksi ottaa myös vertailukohteita mukaan kyselytutkimukseen. Vertailukohteiden tulokset on tarkoituksella kirjattu omaan lukuunsa (C) puukerrostalovastauksista erilleen, jottei sekatekniikkatalojen ja betonitalojen osuus painottuisi liikaa. Puukerrostalojen ja vertailukohteiden tuloksia on vertailtu keskenään vain niiltä osin kuin rakennustavalla, rakenteilla ja materiaaliratkaisuilla sekä niistä aiheutuvilla mahdollisilla mielikuvilla ja arvostuksilla on arvioitu olevan vaikutusta saatuihin tuloksiin. Esimerkiksi eri kohteiden kalusteiden ja laitteiden määrää ja laatutasoa ei ole vertailtu keskenään, koska talotyypillä (puukerrostalot / sekatekniikkatalot / betonitalot) ei ole katsottu olevan merkitystä tässä suhteessa. Sen sijaan eri talotyyppien tuloksista on otettu vertailuun muun muassa arkkitehtuuri ja ulkoasu, ääneneristyskysymykset sekä puuhun ja puurakentamisen liittyvät mielikuvakysymykset.

Tutkimuksen kannalta keskeisimmät tulokset ja vertailut on sisällytetty tämän väitöskirjan tekstin päälukuihin. Asukaskyselyliitteen tässä kohdassa esitetään puukerrostalojen ja vertailutalojen asukaskyselyjen tulosten vertailua niiltä osin kuin se ei ole ollut tutkimuksen sisällön kannalta erityisen oleellista.

C.3.2 Vastaajat

Vastausten lukumäärä

Vertailukohteiden asukaskysely (Liite 2.4.) jaettiin viiteen sekatekniikkataloon (= betonirunko + puujulkisivut), joissa oli yhteensä 167 asuntoa, sekä viiteen kivirakenteiseen kerrostaloon (= betonirunko + tiili- tai betonijulkisivut), joissa oli yhteensä 193 asuntoa. Sekatekniikkataloista vastauksia saapui yhteensä 76 kpl (= 45,5 %) ja betonitaloista 80 kpl (= 41,5 %). Vertailutalojen asukaskyselyyn vastasi siis yhteensä 156 asuntoa 360:stä eli 43,3 % asunnoista. Vertailutalojen kohdekohtaiset vastausprosentit olivat seuraavat:

<u>Kohde</u>	<u>Asuntojen lkm.</u>	<u>Vastauksia</u>	<u>Vastausprosentti</u>
--------------	-----------------------	-------------------	-------------------------

A. Sekatekniikkatalot

Hämeenlinna	16	9	56,3 %
Oulu, Heinäpää	30	20	66,7 %
Oulu, Toppila	62	25	40,3 %
Raisio	30	13	43,3 %
Vaasa	29	9	31,0 %
Yhteensä:	167	76	45,5 %

B. Betonitalot

Hämeenlinna	22	10	45,5 %
Oulu, Kaijonharju	48	19	39,6 %
Oulu, Myllytulli	51	25	49,0 %
Tampere	36	14	38,9 %
Vaasa	36	12	33,3 %
Yhteensä:	193	80	41,5 %

Vertailutalojen vastausprosentti jäi selvästi alhaisemmaksi kuin puukerrostalojen. Osasyynä tähän oli se, että vertailukohteiden kysely tehtiin vain yksivaiheisena. Sen sijaan puukerrostalojen vastausprosentin suuruuden osa-ansioksi voidaan lukea kyselyn kolmivaiheisuuden lisäksi puukerrostalorakentamisen ajankohtaisuus ja julkisuus.

Vastaajien sukupuolijakauma

Samoin kuin puukerrostalokohteissa, vertailutalojen asukaskyselyyn vastanneista suurin osa oli naisia. Kun puukerrostalokohteissa naisten yhteisosuus oli kuusi kymmenestä, oli naisten osuus sekatalojen vastanneista jopa kahdeksan kymmenestä. Betonitaloissa kyselyyn vastanneista naisten osuus oli pienin eli 54 %.

Vastaajien ikäjakauma

Myös vertailukohteissa kyselyyn vastanneet olivat iältään suhteellisen nuoria. Sekataloissa alle 40-vuotiaiden osuus oli 67 %, kun puukerrostalokohteissa vastaava luku oli 62 %. Betonitaloissa alle 40-vuotiaiden prosentuaalinen osuus oli hieman pienempi eli 60 %, joskin betonitaloissa alle 30-vuotiaiden osuus oli talotyypeistä kaikkein suurin eli 41 %. Betonitaloissa myös kaikkein iäkkäinten suhteellinen osuus oli kaikkein suurin, sillä yli 50-vuotiaiden osuus betonitaloissa oli 29 %, kun vastaava osuus oli sekatekniikkataloissa 20 % ja puukerrostaloissa 22 %.

Vastaajien talouden koko

Vertailutalojen asukaskyselyyn vastanneista 70 % sekatekniikkatalojen ja 74 % betonitalojen talouksista oli lapsettomia. Vastaava osuus puukerrostaloissa oli 70 %. Yksin asuvien osuus oli sekatekniikkataloissa 38 %, betonitaloissa 39 % ja puukerrostaloissa 41 %. Tuloksista voidaan havaita, että kaikkien talotyyppien taloudet olivat hyvin samankaltaisia, talouksista suurin osa oli lapsettomia pariskuntia tai yksin asuvia. Yksinhuoltajalapsiperheiden osuus oli sekatekniikkataloissa 12 %, betonitaloissa 5 % ja puukerrostaloissa 7 %.

Vertailutalojen asukkaiden aiemmat asunnot

Vertailukohteiden asukaskyselyyn vastanneista 68 % sekatekniikkatalojen ja 65 % betonitalojen asukkaista oli aiemmin asunut kerrostalossa tai 2-kerroksisessa pienkerrostalossa. Puukerrostalojen asukkaiden kohdalla vastaava osuus oli 71 %. Aiemmin rivitaloissa asuneiden osuus oli sekatekniikkataloissa 16 % ja betonitaloissa 10 %, kun puukerrostaloissa vastaavien asukkaiden osuus oli 17 %. Sen sijaan aiemmin omakotitaloissa asuneiden osuudet olivat sekatekniikkataloissa 16 %, betonitaloissa 23 % ja puukerrostaloissa 12 %. Tulosten perusteella suurin osa kaikkien talotyyppien kyselyyn vastanneista oli asunut aiemmin kerrostalossa tai 2-kerroksisessa pienkerrostalossa.

Kysyttäessä aiemman asunnon runkomateriaalia, ilmoitti 71 % sekatekniikkatalojen ja 68 % betonitalojen vastanneista asuneensa aikaisemmin tiili-, betoni- tai muussa kivirunkoisessa rakennuksessa. Puukerrostalojen asukkaiden kohdalla saman vastauksen antoi 83 % kyselyyn vastanneista. Aiemman asuinrakennuksen pääasialliseksi runkomateriaaliksi puun ilmoitti 25 % sekatekniikkatalojen, 29 % betonitalojen ja 15 % puukerrostalojen vastaajista. Tulosten perusteella kokemuksia puurungosta aiemmassa asunnossa oli eniten betonitalojen ja vähiten puukerrostalojen asukkailla.

Kiviaineet olivat myös enemmistönä, kun asukkailta kysyttiin aiemman asunnon pääasiallista julkisivumateriaalia, sillä tiili-, betoni- tai muussa kivijulkisivuisessa rakennuksessa ilmoitti asuneensa 69 % sekatekniikkatalojen, 71 % betonitalojen ja 83 %

puukerrostalojen asukkaista. Aiemman asuntonsa pääasialliseksi julkisivumateriaaliksi puun ilmoitti 25 % sekatekniikkatalojen, 25 % betonitalojen ja 13 % puukerrostalojen asukkaista. Mielenkiintoista on havaita, että vertailutalojen asukkaiden aiemmista asunnoista oli suurempi osa puujulkisivuisia kuin puukerrostalojen asukkaiden aiemmissä asunnoissa.

C.3.3 Tyytyväisyys nykyiseen asuntoon

Rakennuksen yleisilme ja arkkitehtuuri

Kun puukerrostalojen asukkaiden arviot rakennuksensa yleisilmeestä ja arkkitehtuurista painottuivat selvästi hyvän ja erittäin hyvän puolelle (erittäin hyvä tai hyvä -arvosanojen yhteisosuus 79 %), kohdistuivat sekatekniikkatalojen asukasarviot enemmän hyvän ja keskiverron puolelle (hyvä tai keskiverto -arvosanojen yhteisosuus oli 75 %). Betonitalojen arviot painottuivat sen sijaan eniten keskivälille (keskiverto-arvioiden osuus oli 50 %).

Vertailutalojen yksilöidyt hyvät ja huonot puolet

Myös vertailukohteiden asukkaita pyydettiin vertaamaan nykyistä asuinrakennustaan ja asuntoaan aiempaan asuinrakennukseen tai asuntoon sekä yksilöimään näiden paremmat ja huonommat puolet. Vastauksissa esiintyi suurta hajontaa, ja lähes kaikki vastauksista olivat sellaisia, ettei niillä ollut tekemistä rakentamistavan tai rakennusmateriaalien kanssa. Tämän vuoksi näiden vastausten perusteella ei ollut tarkoituksenmukaista vertailla eri talotyyppejä keskenään.

Yleisimmät myönteiset kommentit käsittelivät omaa saunaa ja parvekettä sekä asunnon uutuutta ja uusia materiaaleja. Negatiivisista kommentteista yleisimmät olivat huoneiden pienuus, autopaikkojen puute, asumisen kalleus ja huono viimeistelyjälki. Sekä myönteiseltä että kielteiseltä puolelta löytyi kommentteja asunnon sijainnista, huonejärjestelyistä, yhteistiloista, kalusteista, pintamateriaaleista, ääneneristyksestä, lämmöneristyksestä ja ilmanvaihdesta.

Vertailukohteiden asukkaiden loppukommentteja

Vertailutalojen loppukommentit olivat yleensä kielteisissävytteisiä. Asukkaiden yleisimmät valituskohdat käsittelivät samoja asioita, jotka on esitelty kohdassa ”vertailutalojen yksilöidyt hyvät ja huonot puolet”. Lisäksi tyypillisiä valitusaiheita olivat häiritsevät ja meluavat naapurit sekä rakentamisen viimeistelyjäljen ja suunnittelun arvostelu.

Yleisesti voidaan todeta, että puukerrostalojen asukkaat suhtautuvat puuhun ja puurakentamiseen kaikkein myönteisimmin ja betonitalojen asukkaat sen sijaan kaikkein varauksellisimmin.

C.3.4 Kannanotot puusta ja puurakentamisesta

Puun hinnan edullisuus rakennusmateriaalina

52 % sekatekniikkatalojen ja 41 % betonitalojen vastaajista katsoi väittämän ”*Puu on hinnaltaan edullinen rakennusmateriaali*” pitävän suurimmalta osin tai täysin paikkansa. Vastaava osuus puukerrostalojen osalla oli 48 %. Sekatekniikkatalon asukkaista 23 % ja betonitalojen asukkaista 36 % oli sitä mieltä, että väite pitää vain osittain paikkansa. Puukerrostalojen asukkaista 21 % arvioi väitteen vain osittain paikkansa pitäväksi.

Kivitalojen arvostuksen vertaaminen puutaloihin

”*Kivitaloja arvostetaan yleisesti enemmän kuin puutaloja*” -väittämään yhtyi suurimmalta osin tai täysin 51 % sekatekniikkatalojen ja 50 % betonitalojen vastaajista. Puukerrostalojen asukkaiden vastausten osuus oli 41 %. Vastaavasti ei pidä ollenkaan paikkansa -arvion väittämästä antoi 12 % sekatekniikkatalojen, 14 % betonitalojen ja 10 % puukerrostalojen asukkaista.

Puun lujuuden ja kestävyysarviointi rakennusmateriaalina

”*Puu on luja ja kestävä rakennusmateriaali*” -väitteen allekirjoitti suurimmalta osin tai täysin paikkansa pitäväksi 69 % sekatekniikkatalojen ja 60 % betonitalojen vastaajista. Vastaava osuus puukerrostalojen vastauksissa oli 66 %. Vastausten perusteella puu sai väittämään hyvin myötämielisen suhtautumisen kaikkien talotyyppien asukkailta.

Puutalon sisäilman terveellisyys

Puutalojen sisäilman terveellisyys sai yksimielisen kannatuksen kaikkien talotyyppien asukkailta, sillä väittämän ”*Puutaloissa on terveellisempi sisäilmasto kuin kivitaloissa*” hyväksyi suurimmalta osin tai täysin paikkansa pitäväksi 61 % sekatekniikkatalojen ja 71 % sekä betoni- että puukerrostalojen asukkaista. Ei pidä ollenkaan paikkansa -vastausten osuus oli sekatekniikkataloissa 5 %, betonitaloissa 3 % ja puukerrostaloissa 1 %.

D Tuusulan puukerrostalojen uusinta-asukaskysely

D.1 Uusinta-asukaskyselyn taustat

Vuoden 1999 kuluessa Tuusulan puukerrostalokohteesta saatiin kielteistä asukaspalautetta erityisesti ASOAsunnot Oy Pähkinämäentie 231:n huoneistojen huonosta ääneneristävydestä. Osa asukkaista oli asunut kohteessa sen valmistumisesta saakka, ja he antoivat isännöitsijälle arvioita siitä, että kohteen ääneneristys olisi huonontunut ajan saatossa. Tämän vuoksi kohteen ääneneristystä mitattiin ja arvioitiin uudelleen VTT:n ääniteknisen laboratorion tutkijan, Pekka Siparin, johdolla. Lisäksi päätettiin, että kohteessa tehdään uusinta-asukaskysely, jonka perusteella saatuja tuloksia voidaan verrata vuoden 1998 asukaskyselyn tuloksiin. Erityisen kiinnostavaksi uusintakysely todettiin sen vuoksi, että aikaisemmassa asukaskyselyssä Tuusulan kohteen ääneneristys sai keskimäärin paremmat arviot kuin muut asukaskyselyssä mukana olleet puukerrostalokohteet.

Tuusulan puukerrostalojen uusinta-asukaskyselyn teki tammi-helmikuun 2000 vaihteessa isännöitsijä Seija Nikula (VVO Kiinteistövastuu Oy). Uusintakyselyssä käytettiin samoja kyselykaavakkeita kuin vuoden 1998 kyselyssä. Kyselykaavakkeissa päätettiin erotella tarvittavilta osin ASOAsunnot Oy Pähkinämäentie 231:n ja VVO Pähkinämäentie 235:n vastaukset erilleen, koska jälkimmäisestä kohteesta ei ole saatu vastaavanlaista kielteistä ääneneristyspalautetta.

HUOM!

Jäljempänä tässä tekstissä näistä kohteista käytetään lyhennyksiä ASO (Pähkinämäentie 231) ja VVO (Pähkinämäentie 235). Vuoden 1998 asukaskyselystä käytetään lyhennettä Vuosi 1998 ja myöhemmin suoritetusta uusinta-asukaskyselystä lyhennettä Vuosi 2000.

Tuusulan puukerrostalokohteen uusinta-asukaskyselyn tulosten arvioinnissa päätettiin keskittyä ensisijaisesti vastauksiin, joiden avulla voidaan arvioida kohteen ääneneristävyttä ja siinä tapahtuneita mahdollisia muutoksia sekä tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa kohteen ääneneristyksen arviointiin ja sen suhteuttamiseen.

D.2 Uusinta-asukaskyselyn tulokset ja vertailu aiemman asukaskyselyn tuloksiin

Tuusulan puukerrostaloissa on yhteensä 46 asuntoa, ja kummassakin talossa (ASO ja VVO) on 23 huoneistoa. Vuonna 1998 asukaskyselyyn vastasi 39 huoneistoa, jolloin vastausprosentiksi muodostui 84,8 %. Uusintakyselyyn vastasi 33 huoneistoa, joten vastausprosentti jäi 71,7 %:iin. (ASO:n vastauksia oli 18 kpl ja VVO:n vastauksia 15 kpl. Talokohtaiset vastausprosentit olivat tällöin: ASO 78,2 % ja VVO 65,2 %).

Vastaajien sukupuoli

Vuonna 1998: Naisia 61,5 % Miehiä 38,5 %

Vuonna 2000: Naisia 51,5 % Miehiä 48,5 %

Sekä ASO:ssa että VVO:ssa miehet ja naiset olivat vastanneet uusintakyselyyn kutakuinkin tasavertaisesti.

Vastaajien ikäjakauma

	Vuonna 1998		Vuonna 2000	
	ASO	VVO	ASO	VVO
alle 30 v.	21,1 %	18,8 %	23,5 %	13,3 %
30 - 39 v.	31,6 %	34,4 %	23,5 %	46,7 %
40 - 49 v.	13,2 %	12,5 %	6,0 %	20,0 %
50 - 59 v.	21,1 %	21,9 %	35,3 %	6,7 %
60 v. ja yli	13,2 %	12,5 %	11,8 %	13,3 %

Vuodesta 1998 vastaajien ikäjakauma on pysytellyt aika tarkkaan samanlaisena. Vuoden 2000 vastausjakauman perusteella ASO:ssa asuu enemmän iäkkäitä kuin VVO:ssa.

Vuonna 1998 yksin asuvat ja lapsettomat pariskunnat edustivat suurinta osaa vastaajatalouksista (yht. 71,8 %). Vuonna 2000 vastaava osuus oli 60,6 %, eli lapsiperheiden osuus on hieman lisääntynyt.

Asukaskyselyn kysymyksessä 28 kysyttiin ”*Millaiseksi koet nykyisen asuntosi ääneneristyksen verrattuna aiempaan asuntoosi?*” Vastaukset olivat seuraavat:

	Vuonna 1998		Vuonna 2000	
	ASO	VVO	ASO	VVO
Merkittävästi paremmaksi	25,6 %	15,2 %	11,1 %	20,0 %
Jonkin verran paremmaksi	28,2 %	18,2 %	5,6 %	33,3 %
Ei eroavaisuuksia	17,9 %	12,1 %	11,1 %	13,3 %
Jonkin verran huonommaksi	20,5 %	18,2 %	27,8 %	6,7 %
- Merkittävästi huonommaksi	7,7 %	36,4 %	44,4 %	26,7 %
En osaa sanoa	0 %	0 %	0 %	0 %

Vastauksista voidaan päätellä, että kohteen yleiseen ääneneristykseen ollaan nyt merkittävästi tyytymättömpiä kuin vuonna 1998. Yleinen ääneneristys arvioitiin nyt ASO:ssa selkeästi huonommaksi kuin VVO:ssa. (HUOM! On syytä huomata, että kysymyksessä verrataan kohteen ääneneristystä asukkaan aiempaan asuntoon, joten tässä suhteessa ASO:n ja VVO:n keskinäinen vertailu ei ole tarkoituksenmukaista).

Mielipiteet asuinrakennuksen sijainnista mahdollisten äänihäiriöiden kannalta jakautuivat seuraavasti:

	Vuonna 1998	Vuonna 2000
* erittäin rauhallinen paikka	2,6 %	0 %
* rauhallinen paikka	33,3 %	30,3 %
* neutraalipaikka	41,0 %	36,4 %
* häiriöaltis paikka	23,1 %	21,2 %
* erittäin häiriöaltis paikka	0 %	12,1 %
* en osaa sanoa	0 %	0 %

ASO:ssa ja VVO:ssa vastausjakaumat olivat hyvin samanlaisia, joten talokohtaisia osuuksia ei eroteltu. Vastausten perusteella asuinrakennuksen lähiympäristön äänihäiriöihin suhtaudutaan nyt jonkin verran kriittisemmin kuin vuonna 1998.

Mielipiteet asunnon sijainnista mahdollisten äänihäiriöiden suhteen jakautuivat seuraavasti:

	Vuonna 1998	Vuonna 2000
* erittäin rauhallinen paikka	25,6 %	12,1 %
* rauhallinen paikka	33,3 %	36,4 %
* neutraalipaikka	23,1 %	42,4 %
* häiriöaltis paikka	15,4 %	6,0 %
* erittäin häiriöaltis paikka	2,6 %	3,0 %
* en osaa sanoa	0 %	0 %

ASO:ssa ja VVO:ssa vastausjakaumat olivat hyvin samanlaisia, joten talokohtaisia osuuksia ei eroteltu. Vuoden 1998 tuloksiin nähden suhtautuminen asunnon sijaintiin rakennuksessa äänihäiriöiden kannalta (porrashuone, hissi ym.) on muuttunut jonkin verran myönteisemmäksi.

Asukaskyselyn kysymyksessä 34 kysyttiin ”*Kuinka paljon asuntoosi kuuluu häiritsevän voimakkaita ääniä seuraavista äänilähteistä?*”

ASO:ssa ja VVO:ssa vastausjakaumat olivat kutakuinkin samanlaisia, joten talokohtaisia osuuksia ei eroteltu.

HUOM! e) ja f) kohdan vastauksista on poistettu ylimpien kerrosten huoneistojen vastaukset.

	Merkittävän paljon	Jonkin verran	Vain vähän	Ei lainkaan	En osaa sanoa
a) ulkoa tulevia ääniä (esim. liikennemelu)					
* Vuonna 1998	5,1 %	48,7 %	38,5 %	7,7 %	0 %
* Vuonna 2000	21,2 %	39,4 %	30,3 %	9,1 %	0 %

Tulos vahvistaa päätelmän, että kohteen lähiympäristön äänihäiriöihin suhtaudutaan nyt jonkin verran kriittisemmin kuin vuonna 1998.

b) porrashuoneesta tai luhtikäytäviltä tulevia ääniä

* Vuonna 1998	5,1 %	15,4 %	46,2 %	33,3 %	0 %
* Vuonna 2000	6,3 %	31,3 %	34,4 %	28,1 %	0 %

Tulosten mukaan vastausten ääripäät ("merkittävän paljon" ja "ei lainkaan") ovat pysyneet hyvinkin samansuuruisina. Sen sijaan "jonkin verran" -vastausten osuus on tuplaantunut verrattuna vuoden 1998 tuloksiin, eli porrashuoneesta kuuluviin ääniin suhtaudutaan nyt kriittisemmin kuin vuonna 1998.

c) seinänaapurista tulevia ilmaääniä (puhe, laulu, musiikki, koiran haukunta yms.)

* Vuonna 1998	2,6 %	10,5 %	23,7 %	63,2 %	0 %
* Vuonna 2000	0 %	24,2 %	15,2 %	60,6 %	0 %

Tulosten mukaan vastausten ääripäät ("merkittävän paljon" ja "ei lainkaan") ovat pysyneet hyvinkin samansuuruisina. Sen sijaan "jonkin verran" -vastausten osuus on tuplaantunut verrattuna vuoden 1998 tuloksiin, eli seinänaapurista kantautuviin ilmaääniin suhtaudutaan nyt kriittisemmin kuin vuonna 1998.

d) ylä- tai alanaapurista tulevia ilmaääniä (puhe, laulu, musiikki, koiran haukunta yms.)

* Vuonna 1998	10,3 %	20,5 %	28,2 %	41,0 %	0 %
* Vuonna 2000	6,0 %	21,2 %	33,3 %	39,4 %	0 %

Vastausjakauman perusteella ylä- tai alanaapurista kantautuvien ilmaäänten suhteen ei ole tapahtunut oleellisia muutoksia vuoteen 1998 verrattuna.

e) ylänaapurista tulevia askelääniä (kävely, töminä)

* Vuonna 1998	44,4 %	33,3 %	18,5 %	3,7 %	0 %
* Vuonna 2000	47,8 %	26,1 %	21,7 %	4,3 %	0 %

Ylänaapurista kantautuvien askeläänten kannalta vuoden 1998 vastausjakaumaan verrattuna ”jonkin verran” -vastausten osuudesta on siirtynyt osa ”merkittävän paljon” -puolelle ja osa ”vain vähän ja ei lainkaan” -puolelle. Niinpä kokonaisuutena askeläänten häiritsevyydessä ei ole tapahtunut oleellisia muutoksia. On kuitenkin todettava, että jo vuonna 1998 askeläänten kuuluvuutta huoneistosta toiseen on pidetty kaikkein häiritsevimpänä tekijänä suurimmassa osassa vastauksista.

f) ylänaapurista tulevia kopinaääniä /
lattiaan kohdistuvia iskuääniä
(siivous, leikki)

* Vuonna 1998	22,2 %	29,6 %	40,7 %	7,4 %	0 %
* Vuonna 2000	47,8 %	21,7 %	21,7 %	8,7 %	0 %

Vastausten perusteella ylänaapurista tulevien kopinaäänten ja lattiaan kohdistuvien iskuäänten osuus on lisääntynyt todella merkittävästi vuoteen 1998 verrattuna. Tämä selittyyne osaltaan lapsiperheiden osuuden lisääntymisellä.

	Merkittävän paljon	Jonkin verran	Vain vähän	Ei lainkaan	En osaa sanoa
--	-----------------------	------------------	---------------	----------------	------------------

g) rakenteissa esiintyviä
narinaääniä

* Vuonna 1998	17,9 %	25,6 %	38,5 %	17,9 %	0 %
* Vuonna 2000	9,4 %	40,6 %	28,1 %	21,9 %	0 %

Rakenteissa esiintyvien narinaäänten kannalta vuoden 1998 vastausjakaumaan verrattuna ”merkittävän paljon” ja ”vain vähän” -vastausten osuuksista on siirtynyt suuri osa ”jonkin verran” -puolelle. Niinpä keskimääräisesti narinaäänten häiritsevyydessä ei ole tapahtunut oleellisia muutoksia.

h) naapurista tulevia laiteääniä
(pyykinpesukone, astianpesukone,
vesi- ja viemärlaitteet)

* Vuonna 1998	5,1 %	25,6 %	48,7 %	20,5 %	0 %
* Vuonna 2000	6,0 %	30,3 %	36,4 %	27,3 %	0 %

Naapurista kantautuvien laiteäänten kannalta vuoden 1998 vastausjakaumaan verrattuna ”vain vähän”-vastausten osuudesta on siirtynyt suuri osa ”jonkin verran” ja ”ei lainkaan” -puolelle. Keskimääräisesti laiteäänten häiritsevyydessä ei siten ole tapahtunut oleellisia muutoksia.

i) naapurista tulevia parvekeääniä
(puhe, askeläänet, kopina)

* Vuonna 1998	10,3 %	30,8 %	41,0 %	17,9 %	0 %
* Vuonna 2000	12,1 %	48,5 %	24,2 %	15,2 %	0 %

Vastausten perusteella naapurista kantautuviin parvekeääniin suhtaudutaan nyt paljon kriittisemmin kuin vuonna 1998.

k) naapurista rakenteisiin aiheutuva liikettä tai haitallista värähtelyä

* Vuonna 1998	2,6 %	15,4 %	23,1 %	53,8 %	5,1 %
* Vuonna 2000	6,0 %	21,2 %	18,2 %	51,5 %	3,0 %

Vastausten perusteella kriittisyys naapurista rakenteisiin aiheutuvaan liikkeeseen ja haitalliseen värähtelyyn on lisääntynyt vuoteen 1998 verrattuna.

Kysymyksessä 35 pyydettiin yksilöimään asunnon kaikkein häiritsevin ääniongelma. On huomattava, että jakaumassa ovat mukana kaikkien huoneistojen vastaukset (myös ylimpien kerrosten vastaukset). Vastausjakaumat olivat seuraavat:

	Vuonna 1998	Vuonna 2000
- Askeläänet	41,0 %	34,3 %
- Narinaäänet	17,9 %	11,4 %
- Ulkoa tulevat äänet	15,4 %	14,3 %
- Ylänaapurin kopina- tai iskuäänet	0 %	17,1 %

Vuoden 1998 vastauksiin nähden samoja äänitekijöitä nimettiin kaikkein häiritsevimmäksi. Merkittävänä poikkeuksena oli se, että vuonna 1998 ylänaapurista lattiaan kohdistuvia kopina- ja iskuääniä ei nimetty lainkaan häiritseviksi, mutta nyt niiden osuus oli toiseksi suurin heti askeläänten jälkeen. ASO:n ja VVO:n vastausjakaumissa ei ollut eroja.

Kysymyksessä 36 pyydettiin luonnehtimaan häiritseviä ääniä. Vastausjakaumat olivat seuraavat:

	Vuonna 1998	Vuonna 2000
- Äänet ovat hyvin matalia	57,1 %	65,5 %
- Äänet ovat korkeita	5,7 %	0 %
- Sekä korkeita että matalia ääniä esiintyy	20,0 %	20,7 %
- En osaa sanoa	17,1 %	13,8 %

Sekä vuoden 1998 että nyt suoritettu uusintakysely vahvistavat sen, että matalat äänet (töminä, jyske, bassoäänet) ovat keveiden välipohjien ongelmallisinta aluetta. Myös tässä suhteessa ASO:n ja VVO:n vastausjakaumat olivat samanlaisia.

Kysymyksessä 37 kysyttiin ”*Riippuvaiko eniten häiriötä aiheuttavat äänet mielestäsi naapurisi elintavoista eli onko naapurissasi sellaisia tekijöitä, joista saattaa syntyä ääntä normaalia enemmän?*” Vastausjakaumat olivat seuraavat:

	Kyllä	Ei	En osaa sanoa
a) leikki-ikäisiä lapsia			
* Vuonna 1998	21,6 %	62,2 %	16,2 %
* Vuonna 2000	45,8 %	45,8 %	8,3 %
b) musiikin harrastajia			
* Vuonna 1998	13,5 %	75,7 %	10,8 %
* Vuonna 2000	9,5 %	76,2 %	14,3 %
c) äänekkäitä kotieläimiä			
* Vuonna 1998	2,7 %	86,5 %	10,8 %
* Vuonna 2000	0 %	85,7 %	14,3 %

d) muuta; vuoden 2000 vastauksista viidessä nimettiin yläpuolella asuva naapuri ”kantapääastujaksi”.

Vastausten perusteella leikki-ikäisten lasten ja ”kantapääastujien” osuus on merkittävästi lisääntynyt vuoteen 1998 verrattuna. ASO:n ja VVO:n vastausjakaumat olivat tässä suhteessa täysin samanlaiset.

Häiritsevien äänen suhteuttaminen

ASO:n ja VVO:n vastausjakaumat olivat samanlaisia, joten talokohtaisia vastauksia ei eroteltu. Kysymyksessä 39 kysyttiin ”*Kuinka paljon porrashuoneesta tai luhtikäytäviltä kuulemasi äänet yleensä (= muuallakin kuin tässä asunnossa) kiusaavat tai häiritsevät sinua?*” Vastaukseksi saatiin seuraavat määrät:

	Vuonna 1998	Vuonna 2000
* Merkittävästi	0 %	0 %
* Jonkin verran	10,3 %	3,0 %
* Vain vähän	38,5 %	48,5 %
* Ei lainkaan	51,3 %	48,5 %
* En osaa sanoa	0 %	0 %

Kysymyksessä 40 kysyttiin ”*Kuinka paljon naapurista kuulemasi äänet yleensä (= muuallakin kuin tässä asunnossa) kiusaavat tai häiritsevät sinua?*” Vastaukset olivat seuraavanlaisia:

	Vuonna 1998	Vuonna 2000
* Merkittävästi	2,6 %	0 %
* Jonkin verran	12,8 %	9,1 %
* Vain vähän	43,6 %	42,4 %
* Ei lainkaan	38,5 %	48,5 %
* En osaa sanoa	2,6 %	0 %

Kysymysten 39 ja 40 vastauksista voidaan havaita, että ihmiset lopulta kuitenkin mieltävät kerrostaloasumiseen kuuluvan jonkin verran ääniä, eikä porrashuoneesta ja naapureista kantautuvia ääniä pidetä yleisesti erityisen häiritsevinä tai kiusallisina.

Kysymyksessä 41 kartoitettiin ”*Esiintyykö asuntosi lattioissa kävellessäsi haitallista notkumista tai värähtelyä?*” Vastausjakaumat olivat seuraavat:

	Vuonna 1998	Vuonna 2000
* Merkittävästi	7,7 %	18,2 %
* Jonkin verran	23,1 %	18,2 %
* Vain vähän	17,9 %	21,2 %
* Ei lainkaan	46,2 %	42,4 %
* En osaa sanoa	5,1 %	0 %

Vastausten perusteella asukkaat suhtautuvat nyt jonkin verran kriittisemmin lattioiden notkumiseen ja värähtelyyn kuin vuonna 1998.

Vieläkö kerrostalot ja puutalot kiinnostavat asumismuotona?

Kysymyksissä 48 ja 49 kartoitettiin asukkaiden toiveita ja mieltymyksiä asuntovalinnasta. Vuoden 1998 kyselyssä Tuusulan asukkaista 12,8 % oli valmis muuttamaan edelleen kerrostaloasuntoon. Nyt suoritetussa uusintakyselyssä kerrostalon kannattajia oli 10,8 %. Kysymykseen ”*Kumman valitsisit kokemuksesi perusteella mieluummin?*” saatiin seuraavat tulokset:

	Vuonna 1998	Vuonna 2000
- asunnon puurakennuksessa	61,5 %	39,4 %
- asunnon kivirakennuksessa	2,6 %	9,1 %
- asuntovalintani ei ole sidoksissa rakennusmateriaaliin	28,2 %	45,5 %
- en osaa sanoa	7,7 %	6,1 %

Vastausten perusteella puurakennusten kannattajajoukko on pienentynyt sitten vuodesta 1998.

D.3 Johtopäätökset uusinta-asukaskyselyn tuloksista

Vuonna 1998 suoritettun ja vuoden 2000 uusinta-asukaskyselyn tulosten perusteella voidaan todeta, että Tuusulan puukerrostalokohteen huoneistojen ääneneristykseen ollaan nyt jonkin verran tyytymättömämpiä ja äänihäiriöihin suhtaudutaan yleisesti kriittisemmin kuin vuonna 1998. ASO:ssa ja VVO:ssa vastausjakaumat olivat hyvin samanlaisia, joten

ääneneristysmielessä Tuusulan kohteessa ei ole selkeästi nähtävissä talokohtaisia eroja.

Sekä vuoden 1998 että vuoden 2000 asukaskyselyjen vastausten analysoinnin perusteella näyttäisi siltä, että kohteessa on lisääntynyt lapsiperheiden osuus, jolloin keveisiin välipohjiin kohdistuvat häiriöäänet ovat lisääntyneet. Vastausten mukaan erityisesti kopinaäänet, lattiaan kohdistuvien iskuäänet, parvekeäänet ja lattioiden värähtely sekä niiden aiheuttama häiritsevyys on lisääntynyt merkittävästi.

Uusinta-asukaskyselyn perusteella puukerrostalojen ääneneristävyyden kaksiteräinen miekka vahvistuu entisestään: puukerrostalot ovat ilmaääneneristykseltään hyviä, mutta keveiden välipohjien vuoksi askelääneneristävyydeltään riittämättömiä. Toisaalta useissa kohteissa on todettu, että mitä hiljaisemmaksi talot saadaan, sitä pienempiä ääniä pidetään häiritsevinä.

Ääneneristyksen ja äänihäiriöiden subjektiivinen kokeminen on hyvin moniulotteinen asia, joten sen analysointi ja suhteuttaminen pelkkien lukuarvojen avulla on vaikeaa. Asumiskäyttötymistäkin on monenlaista. Puukerrostalojen osalta on ollut nähtävissä seuraava luonnollinen ilmiö: mitä enemmän äänihäiriöistä valitetaan, sitä enemmän niistä keskustellaan ja sitä enemmän asunnon äänimailmaa tarkkaillaan ja tällöin yhä pienempiäkin ääniä pidetään häiritsevinä. Keveiden välipohjien matalien äänten eristävyysongelmaa (askeläänet, töminä, jyske, bassoäänet) ei saa kuitenkaan aliarvioida. Tämän vuoksi jälkimmäisissä koerakennusajan (1995 - 2001) suomalaisissa puukerrostaloissa on siirrytty betonin käyttöön puuvälipohjien pintalatioissa.

Liitteitä:

Liite 2.1. Puukerrostalojen asukaskyselyn ennakkokirjelmä

Liite 2.2. Puukerrostalojen asukaskyselyn saatekirjelmä ja kyselykaavakesivut

Liite 2.3. Puukerrostalojen asukaskyselyn karhukirjelmä

Liite 2.4. Vertailukerrostalojen asukaskyselyn saatekirjelmä ja kyselykaavakesivut



YMPÄRISTÖMINISTERIÖ

**Liite 2.1.**

14.1.1998

Arvoisa asukas!

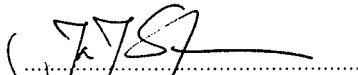
Rakennus, jossa asutte, on yksi ensimmäisistä Suomeen rakennetuista uuden polven puurunkoisista ja puujulkisivuisista asuinkerrostaloista. Näistä ns. puukerrostaloista suurin osa on rakennettu koerakennushankkeina vuosina 1995 - 1997.

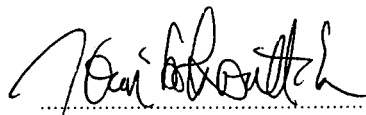
Maamme palomääräykset muuttuivat 1.9.1997 alkaen siten, että niiden mukaan on mahdollista rakentaa ilman poikkeuslupakäytäntöä 3- ja 4-kerroksisia puurunkoisia ja puujulkisivuisia asuin- ja työpaikkarakennuksia. Puurakentamisen kehitystyön suuntaamisen vuoksi halutaan nyt saada selville, miten nämä ensimmäiset puukerrostalot ovat vastanneet asukkaiden tarpeita ja miten niitä tulisi jatkossa kehittää.

Parin viikon kuluessa asuntoonne tullaan jakamaan asukaskyselykaavake, jossa esitetään kysymyksiä koskien kokemuksiasi puukerrostaloista sekä mielipiteitäsi puurakentamisesta yleensä. Arviointikriteereinä ovat mm. asuinrakennuksen asuinturvallisuus, ääneneristys, viihtyisyys, laatuaso ja ulkonäkö. Sama asukaskysely jaetaan Viikin, Oulun, Ylöjärven, Raision ja Tuusulan puukerrostaloihin kaikkiin huoneistoihin (yht. 205 huoneistoa).

Asukaskyselyn suorittaa Oulun yliopiston arkkitehtuurin osastolla työskentelevä arkkitehti Markku Karjalainen, joka tekee väitöskirjatyötä suomalaisesta puukerrostalorakentamisesta. Kysely on myös osa käynnissä olevaa valtakunnallista Moderni puukaupunki -kehittämishanketta. Asukaskyselyn taustatahoina ovat TEKES, Oulun yliopisto, Puuinfo Oy, Suomen Puututkimus Oy, VTT ja Ympäristöministeriö.

Asukkaat ovat puukerrostaloasumisen merkittävimmät asiantuntijat. Tämän vuoksi on ensisijaisen tärkeää, että uhraisitte hetken aikaanne ja vastaisitte asuntoonne lähiaikoina jaettavaan kyselyyn.


 Jouko J. Särkijärvi,
 ylläpitäjä
 Ympäristöministeriö


 Johni Koiso-Kanttila,
 professori
 Oulun yliopisto



Liite 2.2.

PUUKERROSTALOJEN ASUKASKYSELY

Viikin, Oulun, Ylöjärven, Raision ja Tuusulan puukerrostalojen asukkaille.

Arvoisa puukerrostalon asukas!

Kuten pari viikkoa sitten asuntoonne jaetussa kirjeessä todettiin, on rakennus, jossa asutte yksi ensimmäisistä Suomeen rakennetuista uuden polven puurunkoisista ja puujulkisivuisista asuinkerrostaloista. Nyt halutaan saada selville, miten nämä maamme ensimmäiset puukerrostalot ovat vastanneet asukkaiden tarpeita ja miten niitä tulisi jatkossa kehittää. Tässä tarvitsemme apuasi!

Lähetämme ohessa vastattavaksi kyselylomakkeen, jossa esitämme kysymyksiä koskien kokemuksiasi uusista puukerrostaloista sekä mielipiteitäsi puurakentamisesta yleensä. Erityisesti pyydämme sinulta arvioitejasi asutosi käyttökelpoisuudesta. Arviointikriteereinä ovat mm. asuinrakennuksesi asuinturvallisuus, ääneneristys, viihtyisyys, laatu ja ulkonäkö. Toivomme, että suhtaudut myönteisesti tutkimukseenne ja uhraat hetken aikaasi vastaamalla kyselyyn.

Tämä asukaskysely on jaettu Viikin, Oulun, Ylöjärven, Raision ja Tuusulan puukerrostalojen kaikkiin huoneistoihin (yht. 205 huoneistoa). Vastaukset käsitellään nimettöminä ja täysin luottamuksellisesti. Kyselyn tulokset kootaan tietokoneavusteisesti ja esitetään tilastollisina yhteenvetoina.

Tämän asukaskyselyn taustatahoina ovat Oulun yliopisto, TEKES, Suomen Puututkimus Oy, Puuinfo Oy, VTT ja Ympäristöministeriö. Asukaskyselyn suorittaa Oulun yliopiston arkkitehtuurin osastolla työskentelevä arkkitehti Markku Karjalainen, joka tekee väitöskirjatyötä suomalaisesta puukerrostalarakentamisesta. Häneltä saa tarvittaessa lisätietoja, puh./fax. 08- 553 4971.

Asukkaat ovat puukerrostaloasumisen merkittävimmät asiantuntijat, joten kyselyyn vastaamisella on ensisijarvoisen tärkeää puukerrostalojen kehitystyön suuntaamiselle ja puurakentamisen tulevaisuudelle. Toivomme, että palauttaisitte täytetyn vastauslomakkeen 15.2.1998 mennessä oheisessa palautuskuoressa, jonka postimaksu on maksettu puolestanne.

Yhteistyöstä jo etukäteen kiittäen

Jouko Koiso-Kanttila
professori

Markku Karjalainen
arkkitehti

Mitä puukerrostalot ovat?

Uuden polven puukerrostalot ovat puurunkoisia ja puujulkisivuisia asuinkerrostaloja. Suomen ensimmäiset puukerrostalot on rakennettu koerakennushankkeina vuosina 1995 - 1997. Maamme palomääräykset muuttuivat 1.9.1997 alkaen siten, että niiden mukaan on nyt mahdollista rakentaa ilman poikkeuslupakäytäntöä 3- ja 4-kerroksisia puurunkoisia ja puujulkisivuisia asuin- ja työpaikkarakennuksia. Valtakunnalliseen Moderni puukaupunki -kehittämishankkeeseen liittyen Suomeen on tällä hetkellä suunnitteilla useita uusia puukerrostalokehityksiä. Puukerrostaloista saat halutessasi lisätietoa mm. Internet- osoitteesta:
www.edu.fi/oppimateriaalit/puukerrostalo

KYSELYLOMAKEViikki / Oulu / Ylöjärvi / Raisio / Tuusula

Vastaa näiden kyselylomakesivujen kysymyksiin ympäröimällä mielestäsi oikean vaihtoehdon numero tai sanallisesti, milloin sitä varten on varattu tila. Mikäli haluat vastata laajemmin tai antaa muita lisätietoja, kirjoita ne erilliselle paperille ja liitä se vastauksesi mukaan.

1. Vastauspvm: _____ kuuta 1998.

2. Vastajan sukupuoli:

- 1 nainen
2 mies

3. Vastajan ikä: _____ vuotta

4. Vastajan talouden koko: _____ aikuista, _____ lasta

5. Asunnon koko: _____ h + k/kk + kh + parveke/terassi

6. Kuuluuko asuntoon huoneistokohtainen sauna?

- 1 kyllä
2 ei

7. Asunto sijaitsee _____:ssa kerroksessa.

8. Onko rakennus, jossa asuntosi sijaitsee varustettu hissillä?

- 1 kyllä
2 ei

9. Muita tietoja asunnosta:

(Huom! vastaus voi sisältää useita vaihtoehtoja)

- 1 asuntoon on käynti suoraan porrashuoneesta
2 asuntoon on käynti luhtikäytävältä
3 asuntoon on käynti suoraan maantasosta
4 asunto sijaitsee rakennuksen päädyssä
5 asunto sijaitsee ylimmässä kerroksessa

10. Kuinka kauan olet asunut nykyisessä asunnossasi? _____ kuusta 19 _____ lähtien.

Mitä mieltä olet nykyisestä asunnostasi?

	Erittäin hyvä	Hyvä	Keski- veto	Huono	Erittäin huono	En osaa sanoa
11. Rakennuksen lähiympäristö:	1	2	3	4	5	9
12. Asunnon sijainti rakennuksessa:	1	2	3	4	5	9
13. Tontin liikenne- ja pysäköintijärjestelyt:	1	2	3	4	5	9

	Erittäin hyvä	Hyvä	Keski- verta	Huono	Erittäin huono	En osaa sanoa
14. Rakennuksen yhteis- ja aputilojen toimivuus:	1	2	3	4	5	9
15. Asunnon toimivuus:	1	2	3	4	5	9
16. Asunnon kalusteiden ja laitteiden määrä:	1	2	3	4	5	9
17. Asunnon kalusteiden ja laitteiden laatu- taso:	1	2	3	4	5	9
18. Asunnon sisäpintojen laatu- taso ja viimeistely:	1	2	3	4	5	9
19. Rakennuksen yleis- ilme ja arkkitehtuuri:	1	2	3	4	5	9

Asuinrakennus:

20. Mikä on nykyisessä asuinrakennuksessasi parempaa kuin rakennuksessa, jossa aiemmin asuit?

21. Mikä on nykyisessä asuinrakennuksessasi huonompaa kuin rakennuksessa, jossa aiemmin asuit?

Asunto:

22. Mikä on nykyisessä asunnossa parempaa kuin aiemmassa asunnossasi?

23. Mikä on nykyisessä asunnossa huonompaa kuin aiemmassa asunnossasi?

Yli 2-kerroksiset puukerrostalot on varustettu automaattisella sähköverkkoon kytketyllä palovaroitinjärjestelmällä ja vesisammutus(=sprinkler)järjestelmällä.

	Merkittävästi	Jonkin verran	Ei vaikutusta	Vähän	Ei lainkaan	En osaa sanoa				
24. Miten koet automaattisen palovaroitinjärjestelmän edistävän asuinturvallisuutta?	1	2	3	4	5	9				
25. Miten koet automaattisen vesisammutusjärjestelmän parantavan rakennuksen paloturvallisuutta?	1	2	3	4	5	9				
26. Miten koet automaattisen vesisammutusjärjestelmän lisäävän rakennuksen kosteusvaurioriskiä?	1	2	3	4	5	9				
	Merkittävästi paremmaksi	Jonkin verran paremmaksi	Ei eroavaisuuksia	Jonkin verran huonommaksi	Merkittävästi huonommaksi	En osaa sanoa				
27. Millaiseksi koet nykyisen asutosi paloturvallisuuden verrattuna aiempaan asuntoosi?	1	2	3	4	5	9				
28. Millaiseksi koet nykyisen asutosi ääneneristyksen verrattuna aiempaan asuntoosi?	1	2	3	4	5	9				
29. Millä tavalla koet asutosi kevytrakenteiset levyseinät verrattuna kiviaineisiin seinäin taulujen ym. esineiden seinäin kiinnittämisen suhteen?	1	2	3	4	5	9				
30. Millaiseksi koet asutosi lämmöneristyksen verrattuna aiempaan asuntoosi?	1	2	3	4	5	9				
31. Esiintyykö asunnossasi vedon tunnetta?	1	merkittävän paljon	2	jonkin verran	3	vain vähän	4	ei lainkaan	9	en osaa sanoa

32. Millaiseksi koet asuinrakennuksesi välittömän lähiympäristön mahdollisten äänihäiriöiden (liikennemelu ym.) suhteen?

1	rakennus sijaitsee erittäin rauhallisella paikalla
2	rakennus sijaitsee rauhallisella paikalla
3	rakennus sijaitsee häiriöiden suhteen neutraalilla paikalla
4	rakennus sijaitsee häiriöltäällä paikalla
5	rakennus sijaitsee erittäin häiriöltäällä paikalla
9	en osaa sanoa

33. Millaiseksi koet asuntoosi sijainnin rakennuksessa mahdollisten äänihäiriöiden (porrashuone, hissi, luhtikäytävät) suhteen?

1	asunto sijaitsee erittäin rauhallisella paikalla
2	asunto sijaitsee rauhallisella paikalla
3	asunto sijaitsee häiriöiden suhteen neutraalilla paikalla
4	asunto sijaitsee häiriöltäällä paikalla
5	asunto sijaitsee erittäin häiriöltäällä paikalla
9	en osaa sanoa

34. Kuinka paljon asuntoosi kuuluu häiritsevän voimakkaita ääniä seuraavista äänilähteistä?

	Merkittävän paljon	Jonkin verran	Vain vähän	Ei lainkaan	En osaa sanoa
a) ulkoa tulevia ääniä (esim. liikennemelu)	1	2	3	4	9
b) porrashuoneesta ja/tai luhtikäytäviltä tulevia ääniä	1	2	3	4	9
c) <u>seinänaapurista</u> tulevia ilmaääniä (puhe, laulu, musiikki, koiran haukunta yms.)	1	2	3	4	9
d) <u>ylä/alanaapurista</u> tulevia ilmaääniä (puhe, laulu, musiikki, koiran haukunta yms.)	1	2	3	4	9
e) ylänaapurista tulevia askelääniä (kävely, töminä)	1	2	3	4	9
f) ylänaapurista tulevia kopinaääniä / lattiaan kohdistuvia iskuääniä (siivous, leikki)	1	2	3	4	9
g) rakenteissa esiintyviä narinaääniä	1	2	3	4	9
h) naapurista tulevia laiteääniä (pyykinpesukone, astianpesukone, vesi- ja viemärlaitteet)	1	2	3	4	9
i) naapurista tulevia parvekeääniä (puhe, askelänet, kopina)	1	2	3	4	9
k) naapurista rakenteisiin aiheutuvaa liikettä tai haitallista värähtelyä	1	2	3	4	9

35. Nimeä edellisen kysymyksen (34.) sen kohdan kirjaintunnus (a...k), minkä äänet koet *nykyisessä asunnossasi* kaikista häiritsevimmäksi:

Koen kaikista häiritsevimmäksi kohdan _____ äänet.

36. Voitko luonnehtia näitä kaikista häiritsevimmäksi kokemiasi ääniä tarkemmin?

- | | |
|---|--|
| 1 | äänet ovat hyvin matalia (töminää, jyskettä, bassoäänet) |
| 2 | äänet ovat korkeita (kilinä, vinkuminen) |
| 3 | sekä korkeita että matalia ääniä esiintyy |
| 9 | en osaa sanoa |

37. Riippuvatko eniten häiriötä aiheuttavat äänet mielestäsi naapurisi elintavoista eli onko naapurisiasi sellaisia tekijöitä, joista saattaa syntyä ääntä normaalia enemmän?

	Kyllä	Ei	En osaa sanoa
a) leikki-ikäisiä lapsia	1	2	9
b) musiikinharrastajia	1	2	9
c) äänekkäitä kotieläimiä	1	2	9
d) muuta, mitä?	_____		

38. Mihin ajankohtaan asuntosi äänihaitat ovat pahimpia?

Klo _____, _____ välisenä aikana.

	Merkittävästi	Jonkin verran	Vain vähän	Ei lainkaan	En osaa sanoa
39. Kuinka paljon <u>porrashuoneesta</u> tai <u>luhtikäytäviltä</u> kuulemasi äänet <u>yleensä</u> (=muuallakin kuin tässä asunnossa) kiusaavat tai häiritsevät sinua?	1	2	3	4	9
40. Kuinka paljon <u>naapurista</u> kuulemasi äänet <u>yleensä</u> (=muuallakin kuin tässä asunnossa) kiusaavat tai häiritsevät sinua?	1	2	3	4	9
41. Esiintyykö asuntosi lattioissa kävellessäsi haitallista notkumista tai värähtelyä?	1	2	3	4	9
42. Millä tavoin asuminen puukerrostalossa eroaa mielestäsi asumisesta tavanomaisessa kerrostalossa?	_____				

43. Mitä mieltä olet seuraavista väittämistä?

Ympäriöi kultakin riviltä omaa käsitystäsi lähinnä oleva vaihtoehto.

Väite:	Pitää täysin paikkansa	Pitää suurimmalta osin paikkansa	Pitää vain osittain paikkansa	Ei pidä ollenkaan paikkaansa	En osaa sanoa
a) Puu on ympäristöystävällinen materiaali	1	2	3	4	9
b) Puu on hinnaltaan edullinen rakennusmateriaali	1	2	3	4	9
c) Puurakentamisen taito on korkealla Suomessa	1	2	3	4	9
d) Kivitaloja arvostetaan yleisesti enemmän kuin puutaloja	1	2	3	4	9
e) Puu on luja ja kestävä rakennusmateriaali	1	2	3	4	9
f) Henkilöturvallisuus palon syttyessä on parempi puukerrostalossa kuin kivirakenteisessa kerrostalossa	1	2	3	4	9
g) Omaisuusvahingot tulipalossa ovat suuremmat puutalossa kuin kivitalossa	1	2	3	4	9
h) Puukerrostalorakentamisen avulla saavutetaan normaaleja kerrostaloasuntoja houkuttelevampia asuntoja	1	2	3	4	9
i) Kivitalot ovat pitkäikäisempiä kuin puutalot	1	2	3	4	9
j) Puutaloissa on terveellisempi sisäilmasto kuin kivitaloissa	1	2	3	4	9
k) Puutaloissa asuminen on ekologisempaa kuin kivitaloissa asuminen	1	2	3	4	9
l) Kosteus- ja homevauriot ovat yleisempiä puurakennuksissa kuin kivirakennuksissa	1	2	3	4	9

Väite:	Pitää täysin paikkansa	Pitää suurimmalta osin paikkansa	Pitää vain osittain paikkansa	Ei pidä ollenkaan paikkaansa	En osaa sanoa
m) Puutalot ovat yleisesti kauniimpia kuin kivitalot	1	2	3	4	9
n) Puun käyttöä tulisi lisätä Suomessa	1	2	3	4	9

44. Millaisessa rakennuksessa asuit ennen nykyiseen asuntoosi muuttamista?

- 1 kerrostalossa _____-kerroksessa
- 2 2-kerroksisessa pienkerrostalossa _____-kerroksessa
- 3 2-kerroksisessa rivitalossa (=asunto kahdessa kerroksessa)
- 4 1-kerroksisessa rivitalossa
- 5 2-kerroksisessa omakotitalossa
- 6 1-kerroksisessa omakotitalossa

45. Kuvaile aiemman asuinrakennuksesi pääasiallista runkomateriaalia:

- 1 pääosin puurunkoinen rakennus
- 2 pääosin kivirunkoinen (tiili-, betoni- ym.) rakennus
- 3 muu, mikä? _____
- 9 en osaa sanoa

46. Kuvaile aiemman asuinrakennuksesi pääasiallista julkisivumateriaalia:

- 1 pääosin puujulkisivuinen rakennus
- 2 pääosin kivijulkisivuinen (tiili-, betoni- ym.) rakennus
- 3 muu, mikä? _____
- 9 en osaa sanoa

47. Nimeä kysymyksen (34.) sen kohdan kirjaintunnus (a..k), minkä äänet koit aiemmassa asunnossasi kaikista häiritsevimmäksi:

Aiemmassa asunnossani koin kaikista häiritsevimmäksi kohdan _____ äänet.

48. Jos muutat tästä talosta, minkälaiseen taloon muuttaisit mieluiten?

- 1 kerrostaloon
- 2 2-kerroksiseen pienkerrostaloon
- 3 2-kerroksiseen rivitaloon (=asunto kahdessa kerroksessa)
- 4 1-kerroksiseen rivitaloon
- 5 2-kerroksiseen omakotitaloon
- 6 1-kerroksiseen omakotitaloon
- 7 muuhun, mihin? _____

49. Kunnan valitsisit kokemustesi perusteella mieluisimmin?

- 1 asunnon puurakennuksessa (kerrostalo, rivitalo, pientalo)
- 2 asunnon kivirakennuksessa (kerrostalo, rivitalo, pientalo)
- 3 asuntovalintani ei ole sidoksissa rakennusmateriaaliin
- 9 en osaa sanoa

50. Muuta kommentoitavaa: (Jatka tarvittaessa paperin toiselle puolelle)



Liite 2.3.

4.3.1998

Arvoisa asukas!

Asuntoosi jaettiin noin kuukausi sitten vastattavaksi kyselylomake, jossa esitimme kysymyksiä puukerrostaloista ja puurakentamisesta yleensä.

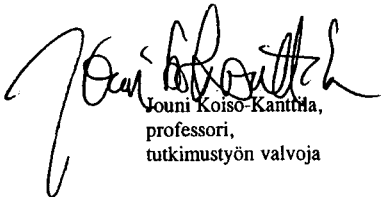
Oletko vastannut asukaskyselyyn ja palauttanut sen? **Jos olet, tämä muistutus on aiheeton.**

Jos et ole vielä vastannut kyselyymme, toivoisimme kohteliaimmin, että hakisit kyselyn käsiisi ja vastaisit siihen. (Mikäli olet hävittänyt aikaisemman lähetyksemme, ohessa on samat kyselysivut kopioituna uudelleen). Jokainen vastaus on tärkeä, sillä saadun palautteen avulla maamme puukerrostalojen ja puurakentamisen kehitystyön suuntalinjoja määritellään uudelleen.


* (Asukaskyselyn vastausprosentti oli 4.3.1998 mennessä noin 70%).

Kyselylomakkeen voit palauttaa maksutta kyselyn mukana olevassa vastauskuoressa.

Yhteistyöstä ja avusta kiittäen



Jouni Koiso-Kanttila,
professori,
tutkimustyön valvoja



Markku Karjalainen,
arkkitehti,
puukerrostalojen tutkija



Liite 2.4.

2.4.1998

KERROSTALOJEN ASUKASKYSELY

Arvoisa kerrostaloasukas!

Tämän asukaskysely liittyy valtakunnalliseen tutkimukseen, jonka avulla halutaan saada selville, miten maamme nykyiset kerrostalot vastaavat asukkaiden tarpeita ja miten niitä tulisi jatkossa kehittää.

Tässä tarvitsemme apuasi!

Lähetämme ohessa vastattavaksi kyselylomakkeen, jossa esitämme kysymyksiä koskien kokemuksiasi kerrostaloasumisesta. Erityisesti pyydämme sinulta arvioitejasi asuntosi käyttökelpoisuudesta. Arviointikriteereinä ovat mm. asuinrakennuksen toimivuus, ääneneristys, viihtyisyys, laatuso ja ulkonäkö. Tarkastelun kohteeksi on valittu yhteensä 15 kerrostalokohdetta, jotka sijaitsevat eri puolilla Suomea: Oulussa, Raisiossa, Helsingissä, Tuusulassa, Ylöjärvellä, Tampereella, Vaasassa ja Hämeenlinnassa. Asukaskysely on jaettu yhteensä 605:een huoneistoon.

Koska 1.9.1997 lähtien maahamme on ollut luvallista rakentaa myös ns. puukerrostaloja eli puurunkoisia ja puujulkisivuisia asuinrakennuksia, esiintyy kysymyskaavakkeessa myös puurakentamiseen liittyviä yleisiä kysymyksiä.

Toivomme, että suhtaudut myönteisesti tutkimukseemme ja uhraat hetken aikaasi vastaamalla kyselyyn. Vastaukset käsitellään nimettöminä ja täysin luottamuksellisesti. Kyselyn tulokset kootaan tietokoneavusteisesti ja esitetään tilastollisina yhteenvetoina.

Tämän asukaskyselyn taustatahoina ovat Oulun yliopisto, TEKES, Suomen Puututkimus Oy, Puuinfo Oy, VTT ja Ympäristöministeriö. Asukaskyselyn suorittaa Oulun yliopiston arkkitehtuurin osastolla työskentelevä arkkitehti Markku Karjalainen, joka tekee väitöskirjatyötä suomalaisesta kerrostaloasumisesta. Häneltä saa tarvittaessa lisätietoja, puh./fax. 08- 553 4971.

Asukkaat ovat kerrostaloasumisen merkittävimmät asiantuntijat, joten kyselyyn vastaamisesi on ensiarvoisen tärkeää suomalaisen rakentamisen laadun parantamiselle ja kerrostalojen kehitystyön suuntaamiselle. Toivomme, että palauttaisitte täytetyn vastauslomakkeen parin viikon kuluessa oheisessa palautuskuoressa, jonka postimaksu on maksettu puolestanne.

Yhteistyöstä jo etukäteen kiittäen

Jouhi Koiso-Kanttila
professori,
tutkimustyön valvoja

Markku Karjalainen
arkkitehti,
tutkimustyön suorittaja

KYSELYLOMAKE

Vaasa

Vastaa näiden kyselylomakesivujen kysymyksiin ympäröimällä mielestäsi oikean vaihtoehdon numero tai sanallisesti, milloin sitä varten on varattu tila. Mikäli haluat vastata laajemmin tai antaa muita lisätietoja, kirjoita ne erilliselle paperille ja liitä se vastauksesi mukaan.

1. Vastauspvm: _____ kuuta 1998.

2. Vastaaajan sukupuoli:

- 1 nainen
2 mies

3. Vastaaajan ikä: _____ vuotta

4. Vastaaajan talouden koko: _____ aikuista, _____ lasta

5. Asunnon koko: _____ h + k/kk + kh + parveke/terassi

6. Kuuluuko asuntoon huoneistokohtainen sauna?

- 1 kyllä
2 ei

7. Asunto sijaitsee _____:ssa kerroksessa.

8. Onko rakennus, jossa asuntosi sijaitsee varustettu hissillä?

- 1 kyllä
2 ei

9. Muita tietoja asunnosta:

(Huom! vastaus voi sisältää useita vaihtoehtoja)

- 1 asuntoon on käynti suoraan porrashuoneesta
2 asuntoon on käynti luhtikäytävältä
3 asuntoon on käynti suoraan maantasosta
4 asunto sijaitsee rakennuksen päädyssä
5 asunto sijaitsee ylimmässä kerroksessa

10. Kuinka kauan olet asunut nykyisessä asunnossasi? _____ kuusta 19 _____ lähtien.

Mitä mieltä olet nykyisestä asunnostasi?

	Erittäin hyvä	Hyvä	Keski- veto	Huono	Erittäin huono	En osaa sanoa
11. Rakennuksen lähiympäristö:	1	2	3	4	5	9
12. Asunnon sijainti rakennuksessa:	1	2	3	4	5	9
13. Tontin liikenne- ja pysäköintijärjestelyt:	1	2	3	4	5	9

	Erittäin hyvä	Hyvä	Keski- veto	Huono	Erittäin huono	En osaa sanoa
14. Rakennuksen yhteis- ja aputilojen toimivuus:	1	2	3	4	5	9
15. Asunnon toimivuus:	1	2	3	4	5	9
16. Asunnon kalusteiden ja laitteiden määrä:	1	2	3	4	5	9
17. Asunnon kalusteiden ja laitteiden laatu:	1	2	3	4	5	9
18. Asunnon sisäpintojen laatu ja viimeistely:	1	2	3	4	5	9
19. Rakennuksen yleisilme ja arkkitehtuuri:	1	2	3	4	5	9

Asuinrakennus:

20. Mikä on nykyisessä asuinrakennuksessasi (vrt. kysymys 22.) parempaa kuin rakennuksessa, jossa aiemmin asuit?

21. Mikä on nykyisessä asuinrakennuksessasi (vrt. kysymys 23.) huonompaa kuin rakennuksessa, jossa aiemmin asuit?

Asunto:

22. Mikä on nykyisessä asunnossa parempaa kuin aiemmassa asunnossasi?

23. Mikä on nykyisessä asunnossa huonompaa kuin aiemmassa asunnossasi?

	Merkittävästi paremmaksi	Jonkin verran paremmaksi	Ei eroavaisuuksia	Jonkin verran huonommaksi	Merkittävästi huonommaksi	En osaa sanoa
24. Millaiseksi koet nykyisen asuntosi paloturvallisuuden verrattuna aiempaan asuntoosi?	1	2	3	4	5	9
25. Millaiseksi koet nykyisen asuntosi äänen-eristyksen verrattuna aiempaan asuntoosi?	1	2	3	4	5	9
26. Millä tavalla koet asuntosi kevytrakenteiset levyseinät verrattuna kiviaineisiin seiniin taulujen ym. esineiden seiniin kiinnittämisen suhteen?	1	2	3	4	5	9
27. Millaiseksi koet asuntosi lämmöneristyksen verrattuna aiempaan asuntoosi?	1	2	3	4	5	9
28. Esiintyykö asunnossasi vedon tunnetta?	1	merkittävän paljon				
	2	jonkin verran				
	3	vain vähän				
	4	ei lainkaan				
	9	en osaa sanoa				
29. Millaiseksi koet <u>asuinrakennuksesi välittömän lähiympäristön</u> mahdollisten äänihäiriöiden (liikennemelu ym.) suhteen?	1	rakennus sijaitsee erittäin rauhallisella paikalla				
	2	rakennus sijaitsee rauhallisella paikalla				
	3	rakennus sijaitsee häiriöiden suhteen neutraalilla paikalla				
	4	rakennus sijaitsee häiriöalttiilla paikalla				
	5	rakennus sijaitsee erittäin häiriöalttiilla paikalla				
	9	en osaa sanoa				
30. Millaiseksi koet <u>asuntosi sijainnin rakennuksessa</u> mahdollisten äänihäiriöiden (porrashuone, hissi, luhtikäytävät) suhteen?	1	asunto sijaitsee erittäin rauhallisella paikalla				
	2	asunto sijaitsee rauhallisella paikalla				
	3	asunto sijaitsee häiriöiden suhteen neutraalilla paikalla				
	4	asunto sijaitsee häiriöalttiilla paikalla				
	5	asunto sijaitsee erittäin häiriöalttiilla paikalla				
	9	en osaa sanoa				

31. Kuinka paljon asuntoosi kuuluu häiritsevin voimakkaita ääniä seuraavista äänilähteistä?

	Merkittävän paljon	Jonkin verran	Vain vähän	Ei lainkaan	En osaa sanoa
a) ulkoa tulevia ääniä (esim. liikennemelu)	1	2	3	4	9
b) porrashuoneesta ja/tai luhtikäytäviltä tulevia ääniä	1	2	3	4	9
c) <u>seinänaapurista</u> tulevia ilmaääniä (puhe, laulu, musiikki, koiran haukunta yms.)	1	2	3	4	9
d) <u>ylä/alanaapurista</u> tulevia ilmaääniä (puhe, laulu, musiikki, koiran haukunta yms.)	1	2	3	4	9
e) ylänaapurista tulevia askelääniä (kävely, töminä)	1	2	3	4	9
f) ylänaapurista tulevia kopinaääniä / lattiaan kohdistuvia iskuääniä (siivous, leikki)	1	2	3	4	9
g) rakenteissa esiintyviä narinaääniä	1	2	3	4	9
h) naapurista tulevia laiteääniä (pyykinpesukone, astianpesukone, vesi- ja viemärlaitteet)	1	2	3	4	9
i) naapurista tulevia parvekeääniä (puhe, askeläät, kopina)	1	2	3	4	9
k) naapurista rakenteisiin aiheutuvaa liikettä tai haitallista värähtelyä	1	2	3	4	9

32. Nimeä edellisen kysymyksen (31.) sen kohdan kirjaintunnus (a..k), minkä äänet koet *nykyisessä asunnossasi* kaikista häiritsevimmäksi:

Koen kaikista häiritsevimmäksi kohdan _____ äänet.

33. Voitko luonnehtia näitä kaikista häiritsevimmäksi kokemiasi ääniä tarkemmin?

- | | |
|---|--|
| 1 | äänet ovat hyvin matalia (töminää, jyskettä, bassoäänet) |
| 2 | äänet ovat korkeita (kilinä, vinkuminen) |
| 3 | sekä korkeita että matalia ääniä esiintyy |
| 9 | en osaa sanoa |

34. Riippuvatko eniten häiriötä aiheuttavat äänet mielestäsi naapurisi elintavoista eli onko naapurissasi sellaisia tekijöitä, joista saattaa syntyä ääntä normaalia enemmän?

	Kyllä	Ei	En osaa sanoa
a) leikki-ikäisiä lapsia	1	2	9
b) musiikinharrastajia	1	2	9
c) äänekkäitä kotieläimiä	1	2	9
d) muuta, mitä? _____			

35. Mihin ajankohtaan asuntosi äänihaitat ovat pahimpia?

Klo _____ välisenä aikana.

	Merkit- tävästi	Jonkin verran	Vain vähän	Ei lainkaan	En osaa sanoa
36. Kuinka paljon porrashuoneesta tai luhtikäytäviltä kuulemasi äänet yleensä (=muuallakin kuin tässä asunnossa) kiusaavat tai häiritsevät sinua?	1	2	3	4	9
37. Kuinka paljon naapurista kuulemasi äänet yleensä (=muuallakin kuin tässä asunnossa) kiusaavat tai häiritsevät sinua?	1	2	3	4	9
38. Esiintyykö asuntosi lattioissa kävellessäsi haitallista notkumista tai värähtelyä?	1	2	3	4	9

39. Mitä mieltä olet seuraavista väittämistä?

Ympäroi kultakin riviltä omaa käsitystäsi lähinnä oleva vaihtoehto.

Väite:	Pitää täysin paikkansa	Pitää suurimalta osin paikkansa	Pitää vain osittain paikkansa	Ei pidä ollenkaan paikkaansa	En osaa sanoa
a) Puu on ympäristöstä- välinen materiaali	1	2	3	4	9
b) Puu on hinnaltaan edul- linen rakennusmateriaali	1	2	3	4	9
c) Puurakentamisen taito on korkealla Suomessa	1	2	3	4	9

Väite:	Pitää täysin paikkansa	Pitää suurimmalta osin paikkansa	Pitää vain osittain paikkansa	Ei pidä ollenkaan paikkaansa	En osaa sanoa
d) Kivitaloja arvostetaan yleisesti enemmän kuin puutaloja	1	2	3	4	9
e) Puu on luja ja kestävä rakennusmateriaali	1	2	3	4	9
f) Henkilöturvallisuus palon syttyessä on parempi puu-kerrostalossa kuin kivirakenteisessa kerrostalossa	1	2	3	4	9
g) Omaisuusvahingot tulipalossa ovat suuremmat puutalossa kuin kivitalossa	1	2	3	4	9
h) Puukerrostalorakentamisen avulla saavutetaan normaaleja kerrostaloasuntoja houkuttelevampia asuntoja	1	2	3	4	9
i) Kivitalot ovat pitkäikäisempiä kuin puutalot	1	2	3	4	9
j) Puutaloissa on terveellisempi sisäilmasto kuin kivitaloissa	1	2	3	4	9
k) Puutaloissa asuminen on ekologisempaa kuin kivitaloissa asuminen	1	2	3	4	9
l) Kosteus- ja homevauriot ovat yleisempiä puurakennuksissa kuin kivirakennuksissa	1	2	3	4	9
m) Puutalot ovat yleisesti kauniimpia kuin kivitalot	1	2	3	4	9
n) Puun käyttöä tulisi lisätä Suomessa	1	2	3	4	9
40. Millaisessa rakennuksessa asuit ennen nykyiseen asuntoosi muuttamista?					
1	kerrostalossa _____-kerroksessa				
2	2-kerroksisessa pienkerrostalossa _____-kerroksessa				
3	2-kerroksisessa rivitalossa (=asunto kahdessa kerroksessa)				
4	1-kerroksisessa rivitalossa				
5	2-kerroksisessa omakotitalossa				
6	1-kerroksisessa omakotitalossa				

41. Kuvaile aiemman asuinrakennuksesi pääasiallista *runkomateriaalia*:

- 1 pääosin puurunkoinen rakennus
- 2 pääosin kivirunkoinen (tilli-, betoni- ym.) rakennus
- 3 muu, mikä? _____
- 9 en osaa sanoa

42. Kuvaile aiemman asuinrakennuksesi pääasiallista *julkisivumateriaalia*:

- 1 pääosin puujulkisivuinen rakennus
- 2 pääosin kivijulkisivuinen (tilli-, betoni- ym.) rakennus
- 3 muu, mikä? _____
- 9 en osaa sanoa

43. Nimeä kysymyksen (31.) sen kohdan kirjaintunnus (a...k), minkä äänet koit aiemmassa asunnossasi kaikista häiritsevimmäksi:

Aiemmassa asunnossani koin kaikista häiritsevimmäksi kohdan _____ äänet.

44. Jos muutat tästä talosta, minkälaiseen taloon muuttaisit mieluiten?

- 1 kerrostaloon
- 2 2-kerroksiseen pienkerrostaloon
- 3 2-kerroksiseen rivitaloon (=asunto kahdessa kerroksessa)
- 4 1-kerroksiseen rivitaloon
- 5 2-kerroksiseen omakotitaloon
- 6 1-kerroksiseen omakotitaloon
- 7 muuhun, mihin? _____

45. Kumman valitsisit kokemustesi perusteella mieluummin?

- 1 asunnon puurakennuksessa (kerrostalo, rivitalo, pientalo)
- 2 asunnon kivirakennuksessa (kerrostalo, rivitalo, pientalo)
- 3 asuntovalintani ei ole sidoksissa rakennusmateriaaliin
- 9 en osaa sanoa

46. Muuta kommentoitavaa: *(Jatka tarvittaessa paperin toiselle puolelle)*

KIITOS AVUSTASI!