



UNIVERSITY
OF OULU

Blenderin uudelleenmallinustekniikoiden käyttäjäkokemukset

Oulun yliopisto
Tietojenkäsittelytieteiden laitos
Pro gradu -tutkielma
Paula Häyrynen
2022

Esipuhe

Tutkielmassa käydään läpi Blenderin neljä erilaista uudelleenmallintamisessa käytettävää tekniikkaa sekä niiden käytettävyyttä ja käyttäjäkokemusta. Tekniikat ovat manuaalinen tekniikka, jossa henkilö itse suorittaa uudelleenmallintamisen, remesher joka on Blenderin oma työkalu ja joka automaattisesti uudelleenmallintaa halutun mallin, shrink wrap modifieri, jossa lupauksena on uudelleenmallintamisen olevan parhaimmillaan yhdeksän kertaa nopeampi tapa kuin manuaalinen uudelleenmallinnus ja jäljen olevan parempaa kuin Blenderin omassa automaattisessa uudelleenmallintamistyökalulla ja viimeisenä kolmannen osapuolen tarjoamat lisäosat. Kiitos ohjaajalleni Netta Iivarille ohjauksesta ja kommentteista sekä toiselle tarkastajalle Mikko Rajaselle kommentteista, joiden avulla pystyin parantamaan työtäni.

Avainsanat

Blender, uudelleenmallinnus, käyttäjäkokemus, käytettävyys, OSS

Ohjaaja

Professori, Netta Iivari

Tiivistelmä

Käytettävyys ja käyttäjäkokemus ovat nousseet todella tärkeiksi aiheiksi ohjelmistoja tehdessä ja ne voivat olla valttikortti ohjelmistojen myynnissä. Kuitenkin avoimen lähdekoodin ohjelmistoissa eli open source software -projekteissa käyttäjäkokemus voi olla huono, sillä ohjelmaa käyttävät kehittäjät eivät välttämättä ymmärrä miten tavalliset käyttäjät käyttävät kyseistä ohjelmaa, joten he eivät välttämättä näe samoja ongelmia, joita tavalliset käyttäjät kokevat. Tutkimuksissa on myös havaittu, että sellaiset avoimen lähdekoodin ohjelmisto projektit, joissa on mukana sellaisia ohjelmoijia, jotka ymmärtävät käytettävyyden ja käyttäjäkokemuksen päälle, menestyvät todennäköisemmin.

Kolmiulotteisia (Three-dimensional, 3D) malleja luotaessa luodaan yleensä aluksi high-polygon eli todella korkean tason 3D -malli, joka on hyvin tarkka kuva mallista ja sisältää todella paljon polygoneja. Tällaiset ovat yleensä raskaita pyörittää ja vaativat laitteelta todella paljon tehoja, jonka takia kyseisestä mallista tehdäänkin matalamman tason eli low-polygon versio, joka mukaillee mahdollisimman paljon alkuperäistä versiota, mutta polygonien määrä on huomattavasti pienempi. Low-poly malleja käytetäänkin paljon esimerkiksi animaatio- ja peliteollisuudessa. Jotta high-poly versiosta saadaan low-poly versio, on uudelleenmallinnus tärkeä vaihe. Avoimen lähdekoodin 3D -mallinnusohjelma Blender tarjoaa erilaisia uudelleenmallinnustekniikoita käytettäväksi.

Tämä tutkielma perehtyy siihen, mikä uudelleenmallinnustekniikka on suosituin Blenderin käyttäjien mielestä, mitä hyvää tai kehitettävää kyseisessä tekniikassa on. Tutkielmaa varten luotiin kysely, jossa oli suljettuja ja avoimia kysymyksiä liittyen Blenderin uudelleenmallinnustekniikkoihin. Kyselyyn vastasi 19 henkilöä.

Tuloksissa käy ilmi, että suosituin uudelleenmallinnustekniikka on manuaalinen uudelleenmallinnus, jota käytti 11 vastaajaa. Seuraavaksi suosituin tekniikka oli kolmannen osapuolen tarjoamat lisäosat, kolmanneksi Blenderin oma remesher -työkalu ja viimeisenä shrink wrap modifier. Manuaalisen uudelleenmallinnuksen parhaita puolia olivat käyttäjien täydellinen kontrolli sen suhteen, miltä uusi topologia näyttää, tosin negatiivisena asiana käyttäjät kokivat tekniikan hitauden. Remesher -työkalun käyttäjäkokemukset olivat positiivisia sen helppouden, nopeuden ja luotettavuuden takia. Shrink wrapin käyttäjä arvosti, että hänellä on kontrolli topologian suhteen, mutta modifieri hoiti muodon oikeanlaiseksi. Kolmannen osapuolen lisäosat ovat tehokkaita ajallisesti ja käyttäjät pitivät tapaa tehokkaana, nopeana ja helppona. Ainoa negatiivinen asia oli, että ohjelmat ovat yleensä täysin automatisoituja, joten käyttäjällä ei ole paljoa kontrollia topologian suhteen. Kaikki tekniikat olivat käytettävyydeltään hyviä ja niillä saa tehtyä sen mitä pitääkin.

Aiempia tutkimuksia ei juurikaan ole kyseisestä aiheesta. Tutkielma voi antaa ohjelmien kehittäjille ajatusta, mitä voisi parantaa eri uudelleenmallinnustekniikoista ja mistä käyttäjät ovat pitäneet ja näin kehittää ohjelmiaan. Aiheesta saa myös erilaisia jatkotutkimuksen aiheita, kuten miettiä kuinka hyvin tekniikat toimivat juurikin suurissa ja yksityiskohtaisissa 3D -malleissa tai voidaan vertailla kolmannen osapuolen tarjoamia lisäosia keskenään käytettävyyden tai käyttäjäkokemuksen kautta.

Sanasto

3D	Three-dimensional eli kolmiulotteinen.
High-poly malli	3D -malli, jossa on todella paljon polygoneja.
Low-poly malli	3D -malli, jossa on suhteellisen pieni määrä polygoneja. Esimerkiksi mobiilisovelluksissa luku voi olla 300-1500 polygonin välillä ja tietokonepeleissä 1500-4000 välillä.
UV-pakkaus	3D -malli avataan 2D -muotoon, jolloin saadaan luotua 2D -tekstuuri. U ja V ovat akseleita, sillä X, Y ja Z akseleita käytetään jo 3D -mallin puolella.
Baking	Prosessi, jossa tallennetaan 3D -verkkoon liittyviä tietoja tekstuuritiedostoon.
Renderöinti	Tiettyjen kappaleiden tai kuvien esittämistä näytöllä
Verteksi	3D -mallissa oleva kärkipiste
Edge	3D -mallissa oleva reunaviiva
Face	3D -mallissa oleva sivu, joka muodostuu vertekseistä ja edgeistä.
(3D-)verkko	3D -mallin rakennelma, joka koostuu polygoneista. Verkko käyttää viitepisteitä X-, Y-, ja Z-akselilla korkeuden, leveyden ja syvyyden muotojen määrittämiseen,

Sisällysluettelo

Esipuhe	2
Tiivistelmä	3
Sanasto	4
Sisällysluettelo	5
1. Johdanto	6
1.1 Tutkimuksen tausta ja motivaatio	6
1.2 Tutkimuskysymykset ja -menetelmät	7
1.3 Tutkielman rakenne	7
2. Kirjallisuuskatsaus	8
2.1 Käytettävyys ja käyttäjäkokemus	8
2.2 Käytettävyyden ja käyttäjäkokemuksen arviointi	10
2.3 OSS käytettävyys ja käyttäjäkokemus	12
2.4 Blender	13
2.5 Mallintaminen ja uudelleenmallintaminen	13
2.5.1 Mallintaminen yleisesti	14
2.5.2 Eri mallintamistavat	14
2.5.3 Topologia	16
2.5.4 Uudelleenmallintaminen	17
2.6 Yhteenveto	18
3. Tutkimusmenetelmät	21
3.1 Tutkimusmenetelmän valinta	21
3.2 Tutkimusaineiston keruu	22
3.3 Kyselylomake	22
3.4 Tutkimusaineiston analyysi	23
4. Tulokset	25
4.1 Yleisesti	25
4.2 Manuaalinen uudelleenmallintaminen	26
4.3 Blenderin oma remesher -työkalu	28
4.4 Shrink wrap	30
4.5 Kolmannen osapuolen lisäosat	31
4.6 Muiden kuin oman käytetyimmän tekniikan arviointi	33
4.7 Vertailu	33
5. Pohdinta	36
5.1 Millaisia käyttäjäkokemuksia Blenderin käyttäjillä on erilaisista uudelleenmallinnustekniikoista?	36
5.2 Kuinka käytettäviä eri tekniikat ovat?	38
5.3 Onko jokin tekniikka muita suositumpi ja miksi?	42
6. Lopuksi	44
Lähteet	46
Liite 1: Kyselyn kysymykset	50

1. Johdanto

1.1 Tutkimuksen tausta ja motivaatio

Nykyään yksi pelien tärkeä valttikortti myynnissä on niiden visuaalinen ilme. Tarkat, jopa fotorealistiset kolmiulotteiset eli three-dimensional (3D) -mallit nostavat pelikokemusta (Pant ym., 2021). Yksityiskohtaiset ja tarkat 3D -mallit ovat korkeatasoisia eli high-polygon (high-poly) versioita ja toimivat referaatteina lopulliselle versiolle (Yli-Pentti, 2021). Nämä versiot ovat jo yksinään todella raskaita renderöidä eikä näitä versioita käytetä muuhun kuin hahmon visuaaliseen ilmeeseen tarkkaan kuvaukseen. High-poly versiosta luodaan uudelleenmallinnuksen avulla matalamman tason, low-polygon (low-poly) versio, joka on huomattavasti kevyempi versio aiemmasta. Näitä versioita käytetään esimerkiksi animaatioissa ja peleissä. (Pokorny, 2010.)

Uudelleenmallintaminen on tärkeä vaihe 3D -mallintamisessa, koska silloin high-poly mallista tehdään low-poly versio, jossa polygonien määrää vähennetään huomattavasti, mutta samalla yritetään pitää mallin laatu mahdollisimman hyvänä (Pokorny, 2010). Monet animaatiot ja pelit käyttävät näitä low-poly malleja, koska järjestelmät, kuten vaikka tietokone, pystyvät pyörittämään näitä versioita paremmin kuin raskaita high-poly malleja, jolloin esimerkiksi hahmon animointi on huomattavasti helpompaa (Pant ym., 2021).

Yksi suosituimmista avoimen lähdekoodin eli open source software (OSS) 3D -mallinnusohjelmista on ollut Blender. Ohjelma tarjoaa kattavasti kaiken tarpeellisen, jota tarvitaan 3D -mallien tekemiseen alusta loppuun asti (Guevarra, 2020). Tämä ohjelma on myös itselleni tuttu, jonka takia se valikoitui tutkielmani kohteeksi.

Yleensä OSS -projektien käytettävyys voi olla heikkoa, koska ohjelmoija-käyttäjät ohjelmoivat sovelluksen vain omiin tarpeisiinsa nähden, eivätkä välttämättä ymmärrä, miten tavalliset käyttäjät käyttävät ohjelmaa. Kuitenkin nykyään myös käytettävyys ja käyttäjäkokemus ovat eräänlaisia myyntivaltteja ja OSS -projekti voi menestyä, jos tähän asiaan ohjelmoijat kiinnittävät huomiota. (Raza ym., 2012.)

Käytettävyys on yksi osa-alue ohjelman laatua ja sisältyy myös käyttäjäkokemukseen (Raza ym., 2012). Käytettävyydelle ei ole olemassa yhtä täydellistä määritelmää (Petrie & Bevan, 2009). Tässä tutkielmassa käytettävyyden määrittämiseen on käytetty ISO -standardia, Nielsenin heuristiikkoja ja Shneidermanin kahdeksan kultaista sääntöä. Käyttäjäkokemus painottuu käytettävyyttä enemmän käyttäjän subjektiivisiin havaintoihin ja reaktioihin ohjelman käytöstä (ISO, 2019c).

Tämän tutkimuksen tarkoitus on tarkastella neljä erilaista uudelleenmallinnustekniikan käyttäjäkokemuksia nettikyselyn avulla.

Uudelleenmallinnustavat ovat:

- Manuaalisesti suoritettavaa uudelleenmallinnus.
- Blenderin oma automaattinen uudelleenmallinnustyökalu,
- Shrink wrap
- Kolmannen osapuolen tarjoamat lisäosat

Tutkimus on aiheellinen, koska Blenderissä käytettäviä erilaisia uudelleenmallinnustekniikoita ei ole aiemmin juurikaan tutkittu käytettävyyden ja käyttäjäkokemuksen näkökulmasta. Tutkielma voi tarjota ohjelmien kehittäjille tietoa siitä, mitä hyvää ja huonoa eri tekniikoissa on ja kuinka niitä voisi mahdollisesti parantaa. Lisäksi aiheesta saa erilaisia jatkotutkimuksen aiheita, joista omia ehdotuksiani esittelen viimeisessä luvussa.

1.2 Tutkimuskysymykset ja -menetelmät

Tämän pro gradu -tutkielman tutkimuskysymykset ovat:

- Millaisia käyttäjäkokemuksia Blenderin käyttäjillä on erilaisista uudelleenmallinnustekniikoista?
- Kuinka käytettäviä eri tekniikat ovat?
- Onko jokin tekniikka muita suositumpi ja miksi?

Aihetta lähdetään selvittämään kirjallisuuskatsauksen ja kyselyn avulla.

1.3 Tutkielman rakenne

Tutkielma alkaa kirjallisuuskatsauksella, jossa käydään läpi käytettävyyttä ja käyttäjäkokemusta yleisesti sekä OSS -projekteissa. Tämän jälkeen tutustutaan Blenderiin sekä käydään läpi mallintamista, erilaisia mallintamistapoja, topologian tärkeyttä sekä uudelleenmallintamista ja uudelleenmallintamistekniikoita. Seuraavassa osiossa kerron käytetystä tutkimusmenetelmästä, aineiston keruusta ja rajoitteista. Tämän jälkeisessä kappaleessa saatu tutkimusaineisto tuodaan esille ja analysoidaan ja viimeisessä luvussa pohditaan saatuja tuloksia.

2. Kirjallisuuskatsaus

ISO/IEC 9126-1 mukaan on olemassa kuusi kategoriaa, joiden avulla voidaan arvioida ohjelman laatua. Nämä kuusi kategoriaa ovat funktionaalisuus, luotettavuus, käytettävyys, tehokkuus, ylläpidettävyys ja siirrettävyys. Käyttäjäkokemus on yksi laajempi kokonaisuus, johon liittyy käytettävyys. OSS -projekteissa käytettävyyttä tai käyttäjäkokemusta ei vielä arvosteta yhtä suuresti kuin yrityksissä. (Raza ym., 2012.) Kirjallisuuskatsausosiossa käsitellään aluksi käytettävyyttä ja käyttäjäkokemusta yleisesti ja kuinka näihin kiinnitetään huomiota OSS -projekteissa. Mukana on myös käytettävyyden ja käyttäjäkokemuksen arvioinnista, koska tässä tutkielmassa on kerätty dataa käyttäjiltä heidän käyttökokemuksistaan Blenderin uudelleenmallinustekniikoiden suhteen.

3D -mallien uudelleenmallintaminen on yleinen tapa saada 3D -mallista kevyempi ja paremmin käsiteltävissä oleva versio. Sekä mallintamiseen, että uudelleenmallintamiseen on olemassa useita erilaisia tapoja ja tämä kirjallisuuskatsaus kertoo mallintamisesta yleisempiä tekniikoita ja käydään myös läpi Blenderillä käytettäviä uudelleenmallinustekniikoita sekä perehdytään hieman topologian tärkeyteen ja tutustutaan Blenderiin ohjelmana.

2.1 Käytettävyys ja käyttäjäkokemus

Käytettävyydelle ei ole olemassa täydellistä määritelmää. Se on suhteellinen kokemus käyttäjille riippuen tavoitteista ja käyttökontekstista (Petrie & Bevan, 2009). ISO 9241-11 -standardi määrittelee käytettävyyden seuraavanlaisesti: "Se vaikuttavuus, tehokkuus ja tyytyväisyys, jolla tietyt määritellyt käyttäjät saavuttavat määritellyt tavoitteet tietyssä ympäristössä" (Raza ym., 2012; Petrie & Bevan, 2009). Tässä yhteydessä tehokkuus on resurssi, joka tekee ohjelmasta riittävän tarkan ja hyvän, jotta käyttäjät voivat saavuttaa ohjelmalla tietyt tavoitteet. Tyytyväisyys on määritelty niin, että se on vapaus epämuikavuudesta ja sillä on positiivisia vaikutuksia tuotteen käyttöä kohtaan.

Myös seuraavat käytettävyyteen liittyvät näkökohdat ovat tärkeitä, vaikka niitä ei ole erikseen listattuna ISO -standardiin: Joustavuus, opittavuus, muistettavuus ja turvallisuus. Joustavuus on sitä, että ohjelma pystyy tietyissä määrin vastaamaan käyttäjän haluamaan muutokseen. Opittavuus on sitä, että kuinka helposti ohjelman pystyy oppimaan, muistettavuuden määritelmä on, että kuinka paljon aikaa ja vaivaa pitää nähdä tietyssä ajassa, jotta käyttäjä oppii muistamaan ohjelman toiminnot. Turvallisuus määritellään niin, että kuinka ohjelma suojaa käyttäjää vaarallisilta olosuhteilta ja ei-toivotuilta tilanteilta. (Petrie & Bevan, 2009.)

Onkin tärkeää, että ohjelmat suunnitellaan käyttäjakeskeisesti niin, että otetaan huomioon mahdollisten käyttäjien tarpeet ja kyvyt (Issa & Isaias, 2022), keitä tulevat käyttäjät ovat, mitä he haluavat saavuttaa ohjelman käytöllä, mitä he tarvitsevat ohjelmalta saavuttaakseen haluamansa ja kuinka järjestelmä voisi käyttäjiä auttaa (Ferre ym., 2001). Tällöin käyttäjät voivat käyttää ohjelmia tehokkaasti ja saataisiin käyttäjälle positiivinen kokemus ohjelman käytöstä.

Kymmenen käytettävyyden heuristiikkaa on luonut Nielsen (2005) Nämä yleiset heuristiikat ovat seuraavat:

- järjestelmän tilan näkyvyys,

- yhtenevyys järjestelmän ja tosielämän välillä,
- käyttäjän kontrolli ja vapaus,
- yhteneväisyys ja standardit,
- virheiden estäminen,
- ennemmin tunnistaminen kuin muistaminen,
- käytön joustavuus ja tehokkuus,
- esteettinen ja minimalistinen suunnittelu,
- auta käyttäjää tunnistamaan, määrittelemään ja toipumaan virhetilanteista sekä
- opastus ja dokumentaatio.

Näitä heuristiikkoja on käytetty todella paljon, mutta nykyisin näitä käytetään enemmän pohjana, kun luodaan uusia käytettävyyden heuristiikkoja. Nielsenin heuristiikoissa on se ongelma, että ne ovat vain yleisiä ohjeita ohjelman käytettävyyteen liittyen. Paremmat tulokset ohjelman käytettävyyteen saa silloin, jos käytettävyyden arvioinnin heuristiikkoihin on otettu huomioon ohjelman ominaispiirteet. (Jimenez ym., 2016.)

Myös Shneidermanin kahdeksan kultaista sääntöä on paljon käytetty, sillä se tarjoaa hyvän yhteenvedon suunnitteluprosessista ja näitä sääntöjä voidaan käyttää myös sekä suunnitteluvaiheessa kuin myös silloin, kun arvioidaan käyttöliittymää. Shneidermanin kahdeksan kultaista sääntöä ovat:

- johdonmukaisuus,
- salli käyttäjän käyttää pikakomentoja,
- tarjoa informatiivista palautetta käyttäjälle,
- suunnittele dialogit, jotta ne johdattavat lopputulokseen,
- tarjoa yksinkertaista virheenkäsittelyä,
- salli toimintojen helppo peruminen,
- tue käyttäjän kontrollin tunnetta ja
- rajoita käyttäjän lyhytkestoisen muistin kuormittamista. (Mazumder & Das, 2014.)

Käyttäjän saamaan reaktioon ohjelman käytettävyydestä vaikuttaa käyttäjän ominaisuudet, kuten tieto, harkintavalta ja motivaatio ohjelman käyttöön, ohjelman ominaisuudet, kuten kuinka helppo ohjelmaa on käyttää tai oppia ja kuinka sillä voi tehdä tarvittavia toimintoja, joihin se on suunniteltu ja viimeisenä tehtävän ominaisuudet kuten toistuvuus ja avoimuus. Näiden perusteella käyttäjän reaktio kokemukseen voi olla positiivinen tai negatiivinen. (Issa & Isaias, 2022.) Ohjelman kehittäjien olisi hyvä ottaa huomioon heti projektin alussa käyttäjän ja ohjelman vuorovaikutus, sillä heidän ymmärryksensä tästä vuorovaikutuksesta vaikuttaa ohjelman käytettävyyteen (Ferre ym., 2001).

Feizi ja Wong (2012) vertailivat graafisen käyttöliittymän (GUI) ja komentorivin käyttöliittymän käytettävyyttä Adobe Flash CS4 kuvankäsittelyohjelmalla. Tutkimuksen tuloksissa huomattiin, että GUI oli paljon tehokkaampi tehtävien suhteen, sen kanssa meni paljon vähemmän aikaa tehtävien tekemiseen, siinä oli pienempi virheprosentti ja tutkimukseen osallistujat tarvitsivat vähemmän apua tehtävien teossa, kuin komentorivin käyttöliittymää käytettäessä. Myös kysely osoitti, että tehtävien tekeminen GUI:n avulla on paljon miellyttävämpää kuin komentorivillä. Vaikka tämä tutkimus osoitti GUI:n miellyttävämmän käytön, on tärkeää, että ohjelmoijat ja suunnittelijat ottavat huomioon käytettävyyden, jotta se vastaa potentiaalisten käyttäjien tarpeita ja käytettävyyden olisi miellyttävää.

Myös Hasan ja Ahmed (2007) vertailivat menu-pohjaisia ja komentorivin käyttöliittymiä siitä näkökulmasta kuinka helppo käyttöliittymää on käyttää, kuinka hyödyllinen se on ja kuinka sen kanssa käyttäydytään, johon vaikuttaa käytön helppous ja hyödyllisyys. Tutkimuksessa havaittiin, että käyttöliittymän tyyllillä on merkittävä vaikutus siihen, onko järjestelmää helppo käyttää. Menu-pohjaista käyttöliittymää oli miellyttävämpi käyttää kuin komentorivin käyttöliittymää. Samoin myös hyödyllisyys oli parempi menu-pohjaisessa. Käyttäytymisaikomuksiin käyttöliittymällä ei ollut vaikutusta, mutta koska käyttöliittymän tyyllillä oli vaikutuksia käytön helppouteen ja hyödyllisyyteen niin tutkijat arvioivat käyttöliittymän vaikuttavan epäsuorasti käyttäytymistarkoituksiin. Ohjelmistojen käytettävyyteen onkin kiinnitetty enemmän huomiota, koska se nostaa käyttäjän tyytyväisyyttä, tuottavuutta ja auttaa käyttäjää suoriutumaan tehtävistään paremmin, myös niiden käyttäjien osalta, joilla ei ole aikaa tutustua järjestelmään tai käyttäjän tietokonetaidot ovat vähäiset. (Mazumder & Das, 2014.)

Käyttäjäkokemus on laaja termi, jonka alle kuuluvat muun muassa käytettävyyys, ohjelman kauneus, hedonistisuus, erilaiset tunteet ja kokemukset tietyn teknologian käytöstä (Hassenzahl & Tractinsky, 2006). Käyttäjäkokemukset painottuu käyttäjien subjektiivisiin reaktioihin käytön aikana, joita ovat käyttäjän ja ohjelman välinen vuorovaikutus, käyttäjän myönteiset kokemukset ohjelman käytöstä, joka tarkoittaa ohjelman miellyttävää käyttöä, ohjelman tuottamaa ilo käytön aikana, luotettavuuden tunne ja ohjelman käyttömukavuus, sekä näiden positiivisten tunteiden maksimointi käyttäjälle (Petrie & Bevan, 2009). Rajeshkumar ym. (2013) määrittelee käyttäjäkokemukseen kuuluvan käyttäjän tunteiden lisäksi käyttäjän uskomukset, mieltymykset, havainnot, fyysiset ja psyykkiset reaktiot sekä käyttäjän käyttäytyminen ja saavutukset, jotka tapahtuvat ennen ohjelman käyttöä, käytön aikana tai käytön jälkeen. Käyttäjäkokemuksen avulla halutaan ymmärtää se, mitä käyttäjät tekevät ja mitä he haluavat sekä tunnistaa, ehdottaa ja vastata käyttäjien kokemuksiin tunteisiin.

On myös tärkeää miettiä mitä käyttäjä haluaa saavuttaa ohjelman käytöllä ja millainen prosessi se on, kun käyttäjä käyttää ohjelmaa (Hassenzahl & Tractinsky, 2006; Petrie & Bevan, 2009). ISO 9241-210:2019 -standardi määrittelee käyttäjäkokemuksen olevan käyttäjien havaintoja ja reaktioita, jotka johtuvat tuotteen, palvelun tai järjestelmän käytöstä tai odotetusta käytöstä (ISO, 2019c). Jos ohjelman käytettävyyys on huono, ohjelmointiyritys voi myös menettää asiakkaitaan muille yrityksille (Mazumder & Das, 2014).

2.2 Käytettävyyden ja käyttäjäkokemuksen arviointi

Käytettävyyden arviointi on nykyisin todella tärkeää ja monet tutkimukset ovatkin osoittaneet, että jos käytettävyyden ongelmat havaitaan aikaisessa vaiheessa tuotekehitystä, se auttaa parantamaan ohjelman laatua, vähentämään erilaisia kustannuksia ja säästämään rahaa (Jimenez ym., 2016). Kaikista tutuin arviointitapa on heuristinen arvio, jossa arvioijat käyttävät hyvin tunnettuja heuristisia suunnitteluperiaatteita löytääkseen käytettävyysongelmia ohjelmasta. Heuristisen arvioinnin etuja ovat muun muassa sen halpuus, se on intuitiivinen, ihmisiä on helppo motivoida siihen, se ei vaadi ennakkosuunnittelua ja sitä voidaan käyttää jo varhaisessa vaiheessa kehitysprosessia. Haittapuolia ovat, että joskus heuristinen arvio tunnistaa käytettävyysohjelman, mutta ei anna suoraa ehdotusta sen ratkaisemiseksi (Nielsen & Molich, 1990.) Valittu heuristinen tapa voi vaikuttaa tuloksiin (Jimenez ym., 2016). Muita käytettävyyttä ja käyttäjäkokemusta arvioivia eri menetelmiä ovat automaattinen arviointi, ohjeiden ja standardien noudattamiseen, asiantuntijoiden arvioinnit, arviointi käyttäen apuna malleja ja simulaatioita, käytettävyytestaus ja käytön aikana kerätyn tiedon arviointi (Petrie & Bevan, 2009).

Automaattista arviointia tulee käyttää silloin, kun halutaan varmistus, että alustava prototyyppi tai versio ohjelmasta kohtaa yleiset käytettävyyssstandardit, ja ettei lopulliseen versioon tulisi ongelmia saatavuuden tai käytettävyyden suhteen. (Petrie & Bevan, 2009)

Asiantuntijat pystyvät arvioimaan onko ohjelmassa monia saavutettavuus- tai käytettävyyso ongelmia ja ne voidaan näiden arvioiden avulla vielä korjata. He pystyvät myös arvioimaan paremmin, jos ohjelmassa on liian monta sivua tai ikkunaa, jotka vaativat arviointia, mutta eivät mahdu mukaan käyttäjä -pohjaiseen arviointiin tai on ongelmallista löytää potentiaalisia käyttäjiä arvioimaan ohjelmaa. Asiantuntijat voivat myös kouluttaa ohjelmoijia saavutettavuuden ja käytettävyyden suhteen, jotta ongelmia ilmenisi vähemmän. (Petrie & Bevan, 2009.)

Mallien ja simulaatioiden käyttö arvioinnissa on silloin suotavaa, jos tehtävien suorittamiseen käytettävä aika on tiukassa esimerkiksi taloudellisista tai turvallisuuteen liittyvistä syistä. Tämä tapa on kustannustehokas tapa sellaisissa tilanteissa, joissa muut menetelmät eivät ole käyttökelpoisia tai mallin tarjoama tieto on kustannustehokas tapa hallita asioita, mutta muutoin tapa vaatii paljon aikaa, jolloin kustannustehokkuus kärsii. Arviointi käyttäjien kanssa on hyvä tapa saada tietoa, millainen on ohjelman käytettävyys oikeassa käytössä ja se tarjoaa ohjelmoijille tietoa siitä, kuinka hyvä tai huono on ohjelman saavutettavuus tai käytettävyys. (Petrie & Bevan, 2009.)

Käytön aikana kerätyn tiedon arviointia voidaan käyttää silloin, kun halutaan parantaa nykyistä järjestelmää. Tämä tapa tarjoaa tietoa kuinka käyttäjät käyttävät ohjelmaa nykyisin ja se ei ole yhtään tungetteleva. Tämä voidaan toteuttaa erilaisilla tyytyväisyyskyselyillä, web-palvelun lokitietojen analyysin avulla tai sovellusinstrumentoinnin avulla, jossa datapisteet rakennetaan koodiin, joka laskee, kun tietty tapahtuma tapahtuu. (Petrie & Bevan, 2009.)

Käytettävyyden arvioimiseen käytetään paljon myös kyselyitä, joiden avulla saadaan kerättyä käyttäjien subjektiivisia kokemuksia. Etenkin System Usability Scale -menetelmä on nopea mittausmenetelmä, jonka avulla saadaan selville, miten käyttäjät kokevat ohjelman käytettävyyden. (Wahyuningrum ym., 2020.) Käyttäjäkokeuskysely voi auttaa arvioimaan tai täydentämään saatua dataa, koska siinä kerätään käyttäjien subjektiivisia kokemuksia ja kysymykset on voitu asettaa sellaiseen muotoon, että se auttaa vastaajia jakamaan tunteita, ajatuksia tai asenteita ohjelmistoa kohtaan (Darmawan ym., 2021).

Jotta käyttäjäkokeumusta voidaan tutkia ja mitata, tarvitaan käyttäjiltä palautetta. Käyttäjäkokeuksen mittauksen työkaluja ovat kyselyt, haastattelut, asiantuntija-arviot, käyttäjän profiili, havainnoiminen, prototyypit, yksityiskohtaiset dokumentit, kohderyhmät, ääneen ajattelu, kokemusraportti, käyttäjien antama palaute ja mahdolliset päiväkirjat. Yleisimmin käytetyt ovat käyttäjäkokeuskysely ja heuristinen arviointi. (Lopez-Aguilar ym., 2021.)

Siinä missä käytettävyyssitestit keskittyvät tehtävien tekemiseen, käyttäjäkokeuksessa keskitytään enemmän eläviin kokemuksiin. Erilaisia käyttäjäkokeumusta mittaavia metodeja on olemassa todella paljon. Ensimmäiset käyttäjäkokeumusta tarkastelevat menetelmät listasi Patrick Jordan. Näiden metodien avulla mahdollistettiin miellyttävien ohjelmien suunnittelu. Euroopan Unionin (EU) ENGAGE -projektissa on kerätty erilaisia käyttäjäkokeuksen suunnittelu- ja arviointimenetelmiä, jotka voidaan kategorisoida generatiivisiin eli kielentutkimukseen sekä arvioivaan. Arvioiva jaetaan edelleen kolmeen ryhmään sen mukaan millaisia mittausmenetelmiä niissä käytetään: sensorisiin ominaisuuksiin, ilmaisuihin tai merkityksiin ja tunnereaktioihin. EU:n HUMANE -projekti on kerännyt ja kehittänyt erilaisia suunnittelu- ja arviointitapoja interaktiivisille järjestelmille. Isomursu ym. on luokitellut viisi käyttäjäkokeuksen arviointitapaa, joiden avulla voidaan

ymmärtää paremmin käyttäjien tunteita silloin, kun he ovat vuorovaikutuksessa ohjelman kanssa. (Vermeeren, 2010.)

2.3 OSS käytettävyys ja käyttäjäkokemus

OSS eli avoimen lähdekoodin sovellus (open source software) tarkoittaa, että lähdekoodi on kaikkien saatavilla ja jokainen voi muokata sitä omiin henkilökohtaisiin tarpeisiin. Ohjelman kehityksen pohjana toimiikin se, että yhteisö auttaa kehittämään ohjelmaa eteenpäin ja korjaamaan bugeja ohjelmistosta. Myös jotkin yritykset käyttävät avoimen lähdekoodin ohjelmia hyväkseen liiketoiminnassaan. (Rajanan & Iivari, 2010.) Tyypillisesti OSS -projekteissa on johtava kehittäjä tai pieni ryhmä kehittäjiä, joka kontrolloi koko projektia ja muut kehittäjät osallistuvat käymällä koodia lävitse ja tekemällä sinne muutoksia (Hedberg ym., 2007).

Yleinen syy OSS -projektien käytettävyyteen on se, että ne jotka ohjelmoivat ja käyttävät ohjelmaa itse eivät välttämättä ymmärrä miten tavalliset käyttäjät käyttävät ohjelmaa. Käyttäjäkokemukset ovat myös subjektiivisia kokemuksia, jolloin korostuu ero ohjelmoija-käyttäjän ja tavallisen käyttäjän välillä. OSS -projekteissa päätavoite ei ole ohjelman käytettävyys eikä välttämättä OSS -projekteissa olevat ohjelmoijat tiedä tarkasti, kuinka tärkeä asia käytettävyys ohjelmissa on. (Raza ym., 2012.) Käytettävyys on kuitenkin alkanut nousemaan tärkeäksi aiheeksi OSS -projekteissa, koska niitä on alkanut yhä enemmän käyttämään myös tavalliset ihmiset, joilla ei välttämättä ole ohjelmointitaitoja (Hedberg ym., 2007). Onkin todettu, että jos OSS -projektin kehityksessä on mukana sellaisia ohjelmoijia, jotka hallitsevat käytettävyyden, tietävät arkkitehtuureista, tyyleistä, patterneista ja arviointimenetelmistä, niin silloin OSS -projekti todennäköisesti menestyy ja voi saavuttaa korkean laadun tason (Raza ym., 2012). Käytettävyysasiantuntijan olisikin hyvä olla heti alusta alkaen mukana OSS -projektissa. On kuitenkin normaalia, että käytettävyysasiantuntijat tulevat OSS -projektiin mukaan vasta myöhemmin, jolloin henkilön täytyy enemmän panostaa kyseiseen OSS -projektiin, jotta pääsee kulttuuriin mukaan sekä tutustua projektiin perinpohjaisesti, jotta hän ymmärtäisi todella hyvin kehitettävää tuotetta, löytää syyt miksi käytettävyys on tärkeää ja miksi siihen tulisi panostaa kyseisen ohjelman kohdalla sekä tunnistaa ja olla yhteydessä sen tahon kanssa, joka tekee päätökset siitä, kuinka ohjelmaa rakennetaan (Iivari ym., 2014.)

Raza ym. (2012) tekivät tutkimuksen OSS -projektien käytettävyydestä käyttäjän näkökulmasta ja tekivät laajan kyselyn OSS -projekteissa olleille kehittäjille. Näistä 41% oli samaa mieltä ja 30% eri mieltä siitä, kuuluisiko OSS -projektin seurata yleisiä standardeja ja normeja, jotta ne olisi helppokäyttöisiä. Toisaalta 78% vastaajista oli kuitenkin sitä mieltä, että avoimen lähdekoodin sovelluksia pitää voida käyttää myös sellaiset henkilöt, joilla ei ole niin paljoa teknistä osaamista, mutta vain 36% vastaajista oli sitä mieltä, että käyttäjiltä tarvitaan palautetta käytöstä. 31% suhtautui asiaan neutraalisti ja 33% oli eri mieltä asiasta.

Rajanan & Iivari (2010) ovat tutkineet käytettävyyden hyötyjä ja kuluja OSS -projekteissa. Toinen projekti oli yhteisön OSS -projekti ja toinen yrityksen OSS -projekti. Käytettävyyden hyödyt näissä olivat suurempi suosio ja jakelu, jolloin aktiivisten ohjelmoija-käyttäjien ja tavallisten käyttäjien määrä kasvaa ja näiden tyytyväisyys ohjelmaa kohtaan paranee, pienemmät ohjelmointikustannukset eli kehittäjille tulee vähemmän painetta uudelleensuunnittelusta sekä muutospyyntöistä mikä johtaa siihen, että uudelleensuunnittelu on järjestelmällisempää, ja viimeisenä oppimis- ja tukimaksut pienenevät, koska yhteisön OSS -projekteissa käyttäjillä on vähemmän tarvetta kysyä apua foorumilla ja yrityksen OSS -projekteissa, joissa yritys tarjoaa koulutusta ja tukea, niin niitä tarvitaan vähemmän. Hyötyjen lisäksi käytettävyyteen panostamisessa on kustannuksia ja OSS -projekteissa nämä kustannukset ovat kertaluonteisia maksuja, toistuvat

kulut, uudelleensuunnittelukustannukset. Yhteisöllisessä OSS -projektissa kertaluonteisia kuluja ovat käytettävyyden internet-pohjaisen infrastruktuurin luominen, johon kuuluvat käytettävyydsfoorumit, ohjeet, menetelmät ja muut vastaavat mutta ei ole tarvetta fyysiselle infrastruktuurille, koska tyypillisesti ohjelmointi on hajautettua. Toistuvia kuluja on käytettävyydsasiantuntijoiden aika ja panos projektiin, mutta voi olla vaikea saada näitä asiantuntijoita mukaan OSS -projektiin. Yrityksen OSS -projektissa kertaluonteinen maksu koostuu fyysisestä käytettävyyden infrastruktuurista sekä internet-pohjaisesta käytettävyyden infrastruktuurista, kuten versionhallinnasta, bugien raportoimisesta ja keskustelufoorumeista. Yhteisö voi auttaa osallistumalla testaukseen ja uudelleensuunnitteluun, mutta suunnittelussa kuitenkin tarvitaan oikeita käytettävyydsasiantuntijoita. (Rajanan & Iivari, 2010.) Yhteisöllisiin OSS -projekteihin voi toisaalta olla vaikea saada mukaan käytettävyydsasiantuntijoita, koska heidän on vaikea osoittaa ansioitaan, rakentaa mainettaan OSS -projekteissa ja työ voi olla eristäytynyttä muista (Rajanan & Iivari, 2013). Käytettävyydsasiantuntijat voivat myös kokea vieraantuneisuutta projektissa ja ovat vailla päätäntävaltaa (Iivari ym., 2014).

Hyödyt käytettävyyden suunnittelussa OSS -projekteissa olivat alentuneet kustannukset tuen tarpeisiin sekä ohjelmointikustannuksiin, sillä foorumin käyttäjiltä tuli vähemmän muutosehdotuksia ja uudelleensuunnittelu oli myös systemaattisempaa. Myös aktiivisten käyttäjien ja käyttäjä-ohjelmoijien määrä nousi ja yritys jopa maksoi osalle ohjelmoija-käyttäjille palkkaa. Myös näiden kahden käyttäjäryhmän tyytyväisyys ohjelmaan kasvoi (Rajanan & Iivari, 2010.)

2.4 Blender

Blender on OSS 3D -mallinnusohjelma, jossa on paljon erilaisia graafisia työkaluja, joiden avulla voi mallintaa, varjostaa, UV-pakata, renderöidä, luoda yksinkertaisia ja monimutkaisia animaatioita, työskennellä fysiikan ja partikkeleiden kanssa, kuvantaa ja kompostioida 3D -mallia (Guevarra, 2020). Blender käyttää ohjelmassaan monikulmioita eli polygoneja ja analyttisiä esitystapoja (Pokorny, 2010). Blenderillä on monia etuja kilpaileviin 3D -mallinnusohjelmiin nähden, kuten sisäänrakennetut “add-ons” osat, joita käyttäjä voi tarvittaessa aktivoida. Näistä löytyy niin maksullisia kuin ilmaisversioita, joita Blender-yhteisö on tehnyt, mutta nämä voivat olla erikseen ladattavia osia. Blender myös käynnistyy todella nopeasti, vaikka toinen ohjelma pyörii taustalla. Tämä johtuu siitä, että Blenderillä on pienet muisti- ja asemavaatimukset verrattuna muihin 3D -ohjelmiin. Käyttäjä voi kustomoida käyttöliittymänäkymän mieleisekseen, ohjelmaan tulevat päivitykset ovat yleensä isoja ja sisältävät paljon korjauksia ja uusia kehityksiä. Kunhan käyttäjä oppii Blenderin pikanäppäimet ja tulee ohjelman kanssa tutuksi, sillä on tehokasta mallintaa 3D -objekteja. Lisäksi Blenderissä on sisäänrakennettu Cycles renderöijä, joka perustuu polkujäljitysmoottoriin (pathtracing engine) ja se simuloi kameran toimintaa todellisessa maailmassa. Blender on optimoinut kyseisen toiminnon juuri grafiikkasuorittimen (Graphics Processing Unit, GPU) animaatioihin ja renderointiin. Myös laaja yhteisö on Blenderin yksi etu ja tällä yhteisöllä on olemassa erilaisia sivustoja, joilla on omat tarkoituksensa. Lisäksi yhteisöjä löytyy myös eri some-kanavista. (Guevarra, 2020.) Blender toimii Linuxilla, macOSlla ja Windowsilla ja sen käyttöliittymässä käytetään OpenGL, jotta voidaan tarjota yhtenäinen käyttökokemus kaikille tuetuille laitteille ja alustoille (Blender, viitattu 2022).

2.5 Mallintaminen ja uudelleenmallintaminen

Monet pelifirmat ovat viime vuosina pitäneet graafista ilmettä ja fotorealisuutta myyntivaltteina peleilleen (Pant ym., 2021). 3D -malleja käytetään myös lisätyssä todellisuudessa (AR), virtuaalisessa todellisuudessa (VR), elokuvissa, historiallisten jäänteiden säilyttämisessä ja paljon

muussakin (Pan ym., 2018). Yksityiskohtaiset 3D -hahmot ja mallit kiinnittävät pelaajien huomion ja tempaavat pelaajan mukaansa paljon paremmin kuin aiemmin (Pant ym., 2021). Esimerkiksi Red Dead Redemption 2 -peliä on ylistetty yksityiskohtaisuudestaan. Tosin korkealaatuiset 3D -mallit aiheuttavat myös negatiivisia vaikutuksia kuten pelissä olevien mallien koon kasvaminen, joka aiheuttaa sekä lataus- että renderöintiajan kasvamisen (Pant ym., 2021).

2.5.1 Mallintaminen yleisesti

3D -malleja voi esittää kahdella eri tavalla, jotka ovat pintaesittäminen (surface representation) ja tilavuusesittäminen (volumetric representation) (Borah & Borah, 2016). Pintaesittämisessä rajat esitetään joko analyttisesti tai polygonien avulla. Analyttinen rajojen esittäminen perustuu käyrien ja pintojen teoriaan, kun taas polygonit ovat yleensä kolmioita, mutta monet 3D -mallinnusohjelmat tukevat myös muita monikulmioita (Pokorny, 2010.) Näistä kahdesta polygonien avulla esittäminen on yleisempi tapa (Borah & Borah, 2016).

Jos 3D -malli menee johonkin sovellukseen, kuten esimerkiksi tietokonepeliin, tulee sen olla hyvin optimoitu visuaalisen ulkonäkönsä lisäksi. Tämä tarkoittaa sitä, että polygonien määrän tulee olla mahdollisimman pieni, jotta sen renderöinti olisi nopeampaa, sillä mitä enemmän 3D -mallissa on polygoneja, sitä enemmän se vaatii esimerkiksi tietokoneelta tehoja. Yhdessä tietokonepelissä näitä 3D -objekteja voi olla tuhansia ja nämä objektit pitää koneen pystyä renderöidä reaaliajassa. Yleensä polygonien määrän vähentäminen vaikuttaa 3D -mallin laatuun, jonka takia tulee pystyä tasapainottelemaan molempien suhteen niin, että polygonien määrä on riittävän alhainen niin ettei laatu kärsi liikaa. Yleensä onkin tehty kaksi versiota kyseisestä mallista: high-poly versio ja low-poly versio.

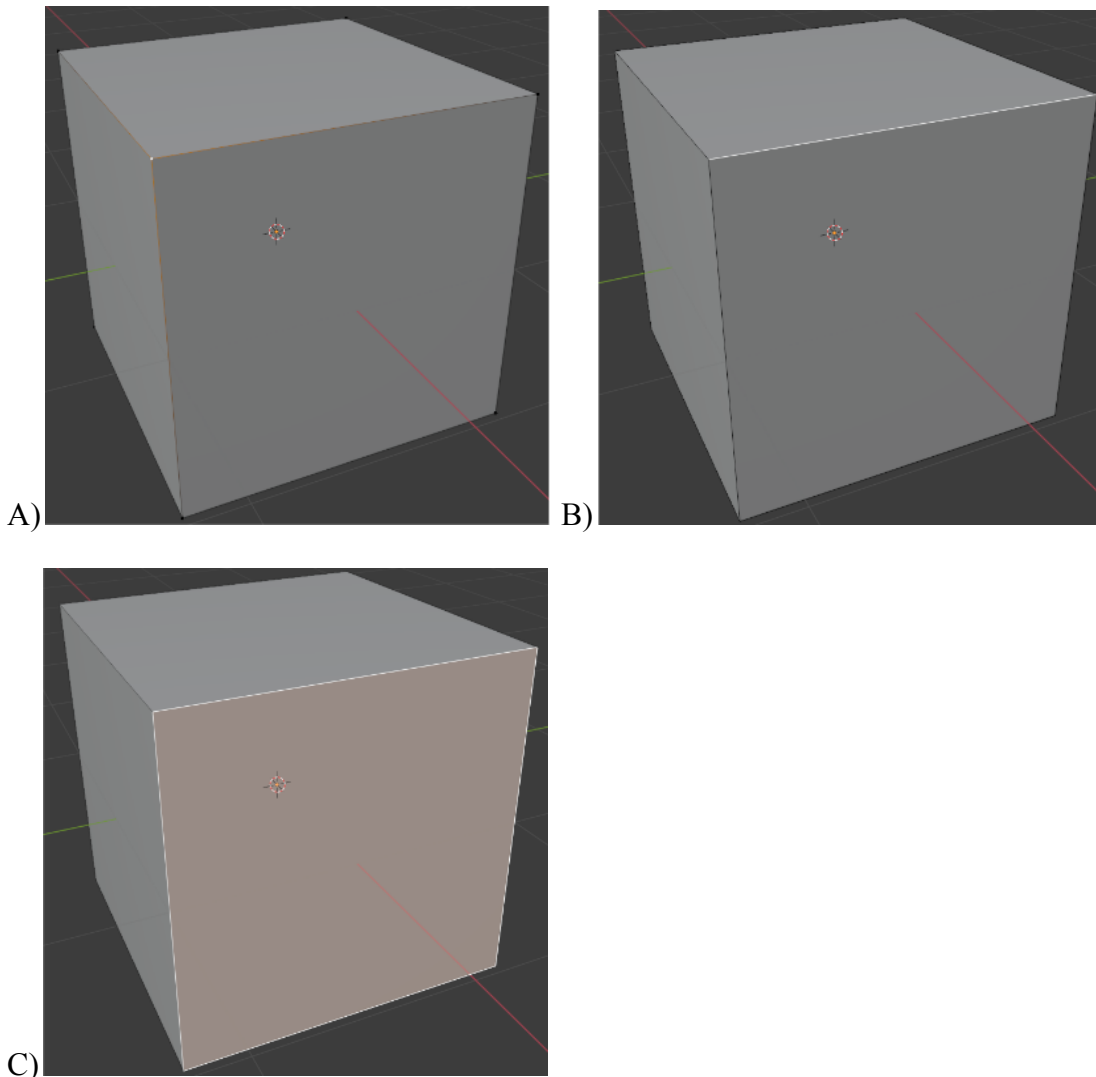
High-poly versiossa on todella paljon polygoneja. Tämä versio on täydellinen ja yksityiskohtainen versio mallista (Pokorny, 2010). High-poly versio on 3D -mallin korkealaatuinen referaatti siitä, miltä esimerkiksi 3D -hahmon tulis näyttää ja sen avulla voidaan määrittellä tekstuuriin yksityiskohdat, joita käytetään myöhemmin low-poly versiossa (Yli-Pentti, 2021).

Kun kaikki yksityiskohdat ovat high-poly mallissa kohdillaan, siitä tehdään low-poly versio uudelleenmallintamisen avulla. Low-poly versio on yleensä yksinkertaisempi versio, mutta siihen saa lähes samanlaiset tekstuurit, mitä high-poly versiossa on. (Pokorny, 2010.) Low-poly versio on optimoitu malli, jota esimerkiksi pelimoottori voi pyörittää reaaliajassa. Tähän versioon voi lisätä tekstuurit, luurangon ja animaatiot. Tämän version pitäisi olla lähellä high-poly versiota, mutta omata silti huomattavasti vähemmän polygoneja. Sen sijaan, että tekisi low-poly mallin alusta alkaen, kuten laatikkomallintamisessa tehdään, on suotavampaa tehdä aluksi high-poly malli ja uudelleenmallintaa se sitten low-polyksi, johon high-poly version yksityiskohdat heijastetaan ja laitetaan ylös tekstuureihin, tätä menetelmää kutsutaan bakingiksi. Tällöin on tärkeää, että molemmat mallit ovat muodoiltaan samanlaiset ja verteksien normaalit on eroteltu sieltä missä siihen on ollut tarvetta. (Yli-Pentti, 2021.)

2.5.2 Eri mallintamistavat

Polygonimallintaminen on perinteisin mallintamisen menetelmä, joka on helposti ymmärrettävissä ja sen oppiminen on melko vaivatonta myös aloittelijoille. Lisäksi se antaa enemmän tilaa mielikuvitukselle ja 3D -mallia on helppo tarkastella mallintamisen aikana. (Wang & Zhang, 2008.) Polygonien avulla saadaan myös helposti esitettyä monimutkaisia muotoja ja ovat helposti käsiteltävissä (Ulucay & Ertürk, 2004). Polygonimallintamisessa työskennellään verteksien ja

edgien kanssa. Nämä muodostavat yhden sivun (facen). Nämä 3 yhdessä muodostavat polygonin. (Russo, 2006, s. 3; Ulucay & Ertürk, 2004.) Mallintaessa voi valita verteksin, edgen tai facen, jolle haluaa tehdä muutoksia (Russo, 2006, s. 8).



Kuva 1. A) verteksi eli kärkipiste valkoisena. B) edge eli reunaviiva valkoisena ja C) face eli sivu vaaleanoranssilla.

Polygonimallintamiseen kuuluvat myös orgaaninen mallintaminen ja hard surface mallintaminen, joita käytetään erottamaan toisistaan kaksi erilaista mallinnustekniikkaa. Orgaanisessa mallintamisessa mallinnetaan yleensä eläviä olentoja, kuten ihmisiä, kasveja tai eläimiä, kun taas hard surface mallinnuksessa mallinnetaan epäorgaanisia asioita, kuten rakennuksia, aseita tai huonekaluja. Orgaanisia malleja käytetään myös paljon animaatioissa, joten on tärkeää, että niiden rakenne koostuu neliöistä. Hard surface mallintaminen on yleensä anteeksiantavampi, mitä orgaaninen mallintaminen, koska orgaanisessa mallintamisessa tulee tietää paljon esimerkiksi ihmisen anatomiasta. Lisäksi hard surface mallit ovat yleensä staattisia. Yleensä ihmiset aloittavat hard surface tavalla 3D -mallintamisen. (Denham, 2015.)

Yksi tunnetuimmista polygon -mallinnustavoista on laatikkomallintaminen (Russo, 2006, s. 11), joka voidaan tuntea myös nimellä subdivision-mallintaminen. Tässä tekniikassa mallintaminen aloitetaan yksinkertaisesta muodosta, kuten kuutiosta ja siinä lisätään polygoneja jakamalla

polygonit uusiin polygoneihin esimerkiksi subdivision modifierilla ja tällä tavoin edetään kohti yksityiskohtaisempaa ja tarkempaa muotoa. (Hänninen, 2015, s. 3). Tämä tapa vaatii kuitenkin hyvin suunnitellun topologian (Russo, 2006, s. 11) ja tarkan 3D -mallin tekeminen, kuten ihmisen mallintaminen on saattanut viedä useita viikkoja tai kuukausia. Toinen yleinen polygoni-mallinnustapa on edge-mallinnus, jossa muoto rakennetaan rajaamalla halutun muodon reunat ja rajat, jonka jälkeen paikataan reiät ja rakennetaan muoto reunoista sisäänpäin. Tekniikan etu on siinä, että monimutkaisemman muodon pystyy helposti mallintamaan ja se auttaa lopun mallin rakentamisessa. Tällä tavalla ei kuitenkaan lisätä mitään malliin. (Hänninen, 2015, s. 4.)

Digitaalinen veistäminen (sculpting) on myös yksi suosittu tapa, vaikka se lukeutuukin uusimpien tekniikkojen joukkoon. Tämä tekniikka mahdollistaa orgaanisten asioiden, kuten ihmisen mallintamisen yksityiskohtaisemmin ja tekniikan oppii vielä helpommin kuin polygon-mallinnuksen ja se muistuttaa saven veistämistä. Tekniikan avulla monista 3D -malleista onkin saatu paljon tarkempia ja realistisempia. Tämä tekniikka myös nopeutti mallinnusprosessia. (Hänninen, 2015, s.7-8.)

NURBS-mallinnuksessa (Non-uniform rational basis spline -mallintaminen) mallinnetaan tarkkoja pintoja ja koneen osia. Tässä mallinnustavassa ei ole verteksejä tai edgejä vaan mallia manipuloidaan "bezier splineillä", jotka ympäröivät mallia. Myös tässä tekniikassa tarkempi malli saadaan lisäämällä osia ja jakamalla osat pienempiin alueisiin. NURBS-mallinnuksessa monimutkaisten ja yksityiskohtaisten mallien tekeminen on haastavaa, sillä muotoja ei voi suoraan manipuloida. (Hänninen, 2015, s. 5.) NURBS-mallintamisen ideana on luoda useita NURBS käyriä ja kun käyrät yhdistetään niin ne luovat tarvittavan pintaobjektin (Wang & Zhang, 2008).

Proseduraalisessa mallinnuksessa mallit tehdään algoritmeilla niin, että rakentuminen tapahtuu sääntöjen ja parametrien perusteella, jotka koodaajat tekevät esimerkiksi peleihin. Tätä mallinnustapaa käytetään yleensä luonnon ja ympäristön mallintamiseen ja tällä voikin rakentaa maailmoja, jotka näyttävät realistisilta peleissä. (Hänninen, 2015, s. 5.)

Image based -mallinnus on algoritmisesti 2D -kuvista mallintamista. Vaikka tämä mallinnustapa on kehittynyt viime vuosina, sen tuotokset ovat edelleen laaduttomampia ja vaikeammin muokattavissa olevia malleja. Yleensä tätä tapaa käytetäänkin mallin aloittamiseen tai ympäristön ja taustan mallintamiseen. (Hänninen, 2015, s. 6.)

3D -skannaus on käytetty tapa elokuva-alalla. Tässä tavassa skannataan oikea asia, kuten esimerkiksi ihminen, joka rakennetaan algoritmien avulla verkoksi 3D -ohjelmaan, jolloin saadaan mahdollisimman fotorealistinen kuva. Ongelmana tässä mallinnustavassa on se, että sillä voi kuvata vain olemassa olevia asioita ja 3D -verkko vaatii vielä paljon muokkaamista ja korjailua. (Hänninen, 2015, s. 7.) Toinen ongelma on se, että skannattu 3D -objekti voi sisältää miljoonia kärkipisteitä, joka tekee objektista todella raskaan käsiteltäväksi (Ulucay & Ertürk, 2004) ja ne voivat olla epäsäännöllisiä, sisältää tarpeettomia polygoneja sekä sotkuisen rakenteen (Pan ym., 2018).

2.5.3 Topologia

Topologialla tarkoitetaan 3D -mallin verteksien, edgejen ja facejen muodostamaa objektin rakennetta, jonka tulisi olla mahdollisimman hyvin organisoitu ja rakennettu, jotta 3D -malli olisi mahdollisimman tehokas, siisti ja yksityiskohtainen (Danan, 2016) ja polygonien määrä pysyisi mahdollisimman pienenä, jolloin malli vie vähemmän muistia (Slick, 2020; Danan, 2016). Hyvä topologia on erityisen tärkeä 3D -malleissa ja sillä on monia etuja. 3D -mallin oikeanlainen

topologia voi auttaa suunnitteluongelmien ratkaisuisissa ja se tarjoaa työkalun muotojen suunnitteluun, jotka vastaavat käyttäjien rakenteellisia tarpeita käyttäen samalla minimaalisesti resursseja 3D -mallien rakentamiseen (Christiansen ym., 2015). Oikeanlainen topologia helpottaa työskentelemistä 3D -mallin parissa, sillä se vaikuttaa esimerkiksi hahmon liikkumiseen, animation tekemiseen, tekstuuriin ja pelin suorituskykyyn (Turppa & Kuismin, 2020). Hyvän topologian omaavasta 3D -mallista ei löydy outoja artefakteja tai verteksit eivät mene toistensa päälle (Danan, 2016) tai aiheuta z-tappelua, jossa kaksi polygonia ovat päällekkäin ja grafiikkakortti yrittää renderöidä ne samaan paikkaan, jolloin kaksi polygonia alkaa vilkkumaan (Turppa & Kuismin, 2013). Hyvässä topologiassa, erilaiset modifierit kuten SubSurf toimivat niin kuin pitääkin, kun taas huonossa topologiassa modifierit voivat käyttäytyä odottamattomalla tavalla ja aiheuttaa päänvaivaa.

Suurin haaste mallintamisessa on pitää polygonien määrä sellaisena, että yksityiskohdat säilyvät, mutta 3D -malli on edelleen helposti renderöitävissä. Tähän vaikuttavat muun muassa missä 3D -mallia käyttää, sillä esimerkiksi peleissä hahmon topologiaan vaikuttaa myös peliympäristö ja kuinka peliä pelataan, koska pelissä olevan kameran sijainti 3D -malliin nähden vaikuttaa näytettävien polygonien määrään. Kun luodaan 3D -mallille topologiaa on hyvä miettiä mitä osia pitää animoida, kuinka hahmo liikkuu ja kuinka liike pitäisi animoida, onko jotkin osat enemmän näkyvissä kuin toiset tai ovatko toiset osat tärkeämpiä kuin toiset. Näiden avulla voi luoda jo mielikuvaa siitä, missä pitää olla enemmän polygoneja ja minne riittää vähemmän, sillä esimerkiksi mekaaniset 3D -mallit, kuten robotit, tarvitsevat vähemmän polygoneja kuin orgaaniset 3D -mallit..(Turppa & Kuismin, 2013.)

Topologiaa tehdessä kannattaa käyttää nelisivuisia polygoneja, jotka ovat neliön näköisiä (Slick, 2020). Neliöt auttavat myös hahmottamaan ongelmakohdat 3D -mallissa ja 3D -malli on helpommin hahmotettavissa kuin jos se olisi tehty esimerkiksi kolmioilla. Kun 3D -malli sitten lisätään peliin, niin yleensä pelimoottori automaattisesti muuttaa neliöt kolmioiksi, mutta toisinaan se saattaa aiheuttaa ei toivottuja vaikutuksia, jolloin muutoksen voi tehdä myös manuaalisesti. (Turppa & Kuismin, 2013.)

2.5.4 Uudelleenmallintaminen

Uudelleenmallintamista käytetään paljon ja sillä pyritään polygonien määrän vähentämiseen, 3D -mallin pinnan tasoittamiseen, verkon muokkaamiseen ja säännöllistämiseen (Pan ym., 2018). Pant ym. (2021) esittelevät paperissaan kuinka luodaan high-poly mallista low-poly versio. Ensimmäinen vaihe prosessissa on high-poly mallin uudelleenmallintaminen, jossa kolmion muotoiset polygonit vaihtuvat neliön muotoisiin ja samalla polygonien määrä vähenee huomattavasti. Tämän jälkeen tapahtuu UV purkaminen ja tekstuureiden bakingi. Uudelleenmallintamisessa 3D -mallille tehdään uusi 3D -verkko entisen tilalle, niin, että uusi verkko on siistimpi, järjestyksessä ja polygonien määrä on pienempi (Borah & Borah, 2016).

Blenderissä on erilaisia uudelleenmallintamistekniikoita kuten manuaalinen uudelleenmallintaminen, Blenderin oma automaattinen uudelleenmallintamistyökalu ja shrink wrap. Blenderiin on myös mahdollista ottaa käyttöön kolmannen osapuolen tekemiä lisäosia, jotka automaattisesti luovat uuden topologian 3D -mallille. Näistä löytyy sekä ilmaisia, että maksullisia versioita. Osa saa suoraan Blenderiin lisättyä ja osa on omia ohjelmiaan.

Manuaalinen uudelleenmallintamistekniikka on sitä, että 3D -mallin tekijä käy itse koko mallin läpi ja muuttaa kaikki polygonit neliöiksi. Tämä on yleensä aikaa vievä tapa ja vaatii ihmisen tekemään

tämän, mutta samalla malliin pystyy vielä tekemään mahdollisia muutoksia ja pelien ei tarvitse renderöidä high-poly malleja, jolloin ei tarvitse ostaa kallista laitteistoa renderöimiseen. (Pant ym., 2021.)

Blenderin oma automaattinen uudelleenmallinnustyökalu on Voxel Remesher, joka käyttää OpenVDB:tä luodakseen uuden 3D -verkon nykyisen tilalle (Blender, 2022). OpenVDB on avoimen lähdekoodin ohjelmistokirjasto, jossa on hierarkkinen tietorakenne ja joukko työkaluja, joiden avulla voidaan käsitellä tehokkaasti tilavuusdataa (OpenVDB, 2022). Monissa CGI ohjelmistoissa tuetaan OpenVDB:tä. OpenVDB:n avulla uusi verkko saa tasalaatuisesti jakautuneen topologian. Tämä auttaa etenkin kuvan veistämisessä, sillä sillä voidaan sekä lisätä, että vähentää polygonien määrää. Tässä tavassa 3D -mallin yksityiskohtaisuus riippuu siitä, kuinka ison tai pienen resoluution asettaa voxelille. Mitä pienempi luku on, sitä enemmän polygoneja ja päinvastoin mitä isompi luku on sitä vähemmän on polygoneja. (Blender, 2022.)

Toinen automaattinen uudelleenmallintamistyökalu Blenderissä on Quad, joka Quadriflow algoritmin avulla luo uuden Quad-pohjaisen verkon entisen tilalle seuraten pinnan kaarevuutta. Tämä tekniikka on hitaampi, mutta saa aikaseksi korkealaatuisemman topologian (Blender, 2022.) Quadriflow algoritmi ottaa syötteenä verkon, joka on polygoneina tai kolmioina ja palauttaa verkon, jossa on pääasiassa nelikulmioita, jotka noudattavat luonnollisuutta. Kyseinen tekniikka on käytössä Blenderin lisäksi myös Autodeskin 3ds Maxissa, Mayassa ja Fusion360ssa, Modossa ja Houdinissa. (QuadRemesher, 2022.) Tätä uudelleenmallintamistekniikkaa ei ole kyselyssä mukana.

Shrinkwrap modifieri antaa toisen objektin sulautua toisen objektin pintaan. Esimerkiksi Blenderissä oleva "plane" -verkko voidaan sulauttaa pallon päälle, jolloin plane hakee pallon muodot parhaalla mahdollisella tavalla. Tällä modifierillä on olemassa neljä erilaista metodia, joiden avulla toinen objekti sulautetaan toisen objektin päälle. Nämä metodit ovat "Nearest Surface Point", "Nearest Vertex", "Target Normal Project" ja "Project". Nearest Surface Point metodissa ohjelma valitsee lähimmät pisteet sulautetun objektin pinnasta. Projectissa heijastetaan verteksejä pitkin valittua akselia (x, y tai z) kunnes kosketetaan sulautettavaa kohdetta. Ne verteksit, jotka eivät kosketa sulautettavaa objektia jätetään niiden alkuperäiseen asentoon. Nearest Vertexissä laitetaan yhteen toisiaan lähinnä olevat verteksit sulautettavan ja sulauttajan pinnoilta. Target Normal Projectissa etsitään lähin piste, jonka interpoloitu tasainen piste, joka osoittaa joko kohti tai pois päin alkuperäisestä kärkipisteestä. (Blender, 2022.)

2.6 Yhteenveto

Käytettävyys on ISO9241-11 -standardin mukaan sitä, että ohjelmalla pitää pystyä tiettyjen käyttäjien saavuttamaan tietyt tavoitteet tietyssä ympäristössä ja se on tehokas, vaikuttava ja luo käyttäjille tyytyväisyyttä. Toisaalta käytettävyyteen liittyy myös muitakin määritelmiä, kuten joustavuus, opittavuus, muistettavuus ja turvallisuus. Käyttäjäkokemus taasen on todella laaja termi ja se painottuu enemmän käyttäjien subjektiivisiin kokemuksiin ohjelman käytön aikana. Käyttäjäkokemuksen kannalta olisi tärkeä luoda positiivisia tunteita käyttäjälle ohjelman käytöstä, kuten ilon tunnetta ohjelman käytöstä, ohjelman miellyttävää käyttämistä ja luotettavuuden tunnetta. (Petrie & Bevan, 2009.) Myös käytettävyys on osa käyttäjäkokemusta (Hassenzahl & Tractinsky, 2006).

Käyttäjäkokemus ja käytettävyys ovat nousseet viime vuosina merkittäviksi myyntivalteiksi ohjelmistoissa ja ohjelmistoyritykset voivat saada lisää asiakkaita tai hävitä asiakkaita muille

yrittäjille ihan vaan ohjelman käyttäjäkokemuksen tai käytettävyyden takia (Mazumder & Das, 2014). Tästä huolimatta useissa OSS -projekteissa hyvää käytettävyyttä tai käyttäjäkokemusta ei arvosteta niin suuresti, sillä ohjelmoijat voivat ajatella tekevänsä ohjelmaa toisille ohjelmoijille, vaikkakin nykyään myös tavalliset ihmiset käyttävät paljon OSS -ohjelmia. Lisäksi, koska käyttäjäkokemus on subjektiivinen kokemus, voi ohjelmoija-käyttäjä käyttää erillä tavalla ohjelmaa kuin mitä tavallinen käyttäjä sitä käyttää ja silloin ohjelmoija-käyttäjä ei näe sitä, kuinka tavallinen käyttäjä käyttää ohjelmaa (Raza ym., 2012; Hedberg ym., 2007). Olisi myös tärkeää kiinnittää käyttäjäkokemukseen ja käytettävyyteen huomiota jo ohjelman luonnin alkuvaiheessa, jolloin säästyä resursseja muihin tarkoituksiin, mutta ongelmina OSS -projekteilla on se, että niillä voi olla vaikea saada mukaan käytettävyyden asiantuntijoita jo heti projektin alkuvaiheessa ja myöhemmin tulleella asiantuntijalla on vaikea päästä projektiin sisään ja saada parannusehdotuksensa käytettävyyden parantamiseksi läpi. (Iivari ym., 2014.)

Käytettävyyttä ja käyttäjäkokemusta voidaan arvioida monilla eri tavoilla, kuten heuristisella arviolla, automaattisella arvioinnilla, asiantuntijoiden arvioinneilla, tehdä arvioinnit käyttäen apuna malleja ja simulaatioita, käytettävyydestä ja käytön aikana kerätyn tiedon arvioinnilla (Petrie & Bevan, 2009). Mitä aiemmin käytettävyyttä arvioidaan ja ongelmat käytettävyydessä havaitaan, sitä halvemmaksi tulee näiden ongelmien korjaus ja ohjelman laatu paranee (Jimenez ym., 2016).

Yksityiskohtaiset ja realistiset 3D -mallit ovat esimerkiksi peleissä myyntivaltti (Pant ym., 2021). Blender on avoimen lähdekoodin 3D -mallinnusohjelma, jonka avulla voidaan luoda erilaisia 3D -malleja ja ohjelma tarjoaa kaiken tarvittavan mallintamisesta ja veistämisestä tekstuuriin, animointiin ja renderointiin asti. Kun lähdetään luomaan jotain 3D -mallia, kuten vaikka ihmisestä, niin aluksi siitä tehdään high-poly versio. Tässä versiossa on todella paljon polygoneja ja se on todella yksityiskohtainen kuvaus tulevasta hahmosta. Tämä versio on myös todella raskas pyörittää tehokkaallakin koneella jo yksikseen, puhumattakaan tuhansista samanlaisista malleista pelissä. (Pokorny, 2010.) Tämän takia high-poly versiosta, tekstuureiden ja bakingin jälkeen, tehdään vielä low-poly versio uudelleenmallintamisen avulla. Low-poly versiossa pyritään mahdollisimman pieneen polygonien määrään, mutta pyritään silti pitämään hahmon yksityiskohdat tallella niin hyvin kuin mahdollista. (Yli-Pentti, 2021.)

Mallintamiseen on erilaisia tapoja, kuten laatikkomallintaminen, jota käytetään paljon, kun luodaan hard surface malleja (Russo, 2006, s. 11), digitaalinen veistäminen, jota käytetään paljon, kun luodaan orgaanisia malleja, NURBS-mallinnus, jolla yleensä mallinnetaan tarkkoja pintoja tai koneen osia, proseduraalinen mallinnus, jossa malli tehdään algoritmeilla, image based mallinnus, joka tehdään 2D -kuvista algoritmin avulla ja viimeisenä 3D -skannaus, jossa skannataan haluttu objekti ja sen jälkeen skannattu objekti rakennetaan 3D -verkoksi algoritmin avulla. (Hänninen, 2015, s.7-8.)

Blender tarjoaa uudelleenmallinnukseen erilaisia tekniikoita, kuten manuaalisen uudelleenmallinnuksen, jossa käyttäjä itse käy mallin läpi uudestaan ja muuttaa kaikki polygonit neliöiksi (Pant ym., 2021). Toinen tapa on käyttää Blenderin tarjoamaa Voxel Remesher työkalua, joka käyttää OpenVDB:tä uuden 3D -verkon tekemiseen tai Quadia, joka luo Quadriflow'n algoritmin avulla uuden 3D -verkon. Quadin etu verrattuna Voxel Remesheriin on sen luoma parempi topologia, mutta huonous on taas sen hitaus verrattuna toiseen. Blenderissä on myös olemassa Shrinkwrap modifieri, jonka avulla voidaan sulauttaa toinen objekti toisen päälle. (Blender, 2022). Myös kolmannen osapuolen tarjoamia lisäosia voidaan käyttää uudelleenmallinnuksessa. Jotkin näistä lisäosista ovat maksullisia ja osa ilmaisia.

Mallinnuksessa ja uudelleenmallinnuksessa on tärkeää oikeanlainen topologia. Hyvin organisoitu ja rakennettu topologia tekee mallista mahdollisimman tehokkaan, auttaa ratkaisemaan suunnitteluongelmia, helpottaa työskentelyä 3D -mallin parissa, modifierit toimivat niin kuin pitääkin ja grafiikkakortti osaa näyttää hahmon oikein, ilman outoja efektejä. (Danan, 2016; Slick, 2020.) Hyvä topologia perustuu neliön näköisiin polygoneihin, jotka ovat helpommin hahmotettavissa kuin kolmiot ja ne yleensä auttavat hahmottamaan ongelmakohtat (Turppa & Kuismin, 2013).

3. Tutkimusmenetelmät

Tämän opinnäytetyön tutkimusmenetelmänä on empiirinen tutkimus. Ensimmäisessä aluvussa käydään läpi mitä empiirinen tutkimus on ja miksi se on valittu tämän opinnäytetyön tutkimusmenetelmäksi. Seuraavassa aluvussa kerron, kuinka tutkimusaineistoa on kerätty. Kolmannessa aluvussa kerron tarkemmin itse kyselylomakkeesta ja miksi sinne on valittu tiettyjä kysymyksiä. Viimeisessä aluvussa kerron kuinka lähdin analysoimaan tuloksia ja mitä toimia niille on tehty ja miksi.

3.1 Tutkimusmenetelmän valinta

Tutkimusmenetelmän valintaan vaikuttaa se, että menetelmä sopii tutkimuskysymyksen analysointiin tai menetelmä sopii tutkijan omiin epistemologisiin oletuksiin. Laadullinen tutkimus sopii hyvin prosessien ja ilmiöiden monipuoliseen kuvaamiseen. On myös tärkeää huomata, että laadullisia tutkimusmenetelmiä on erilaisia, sillä osa keskittyy subjektiivisiin kokemuksiin ja osalla menetelmistä on enemmän samankaltaisuuksia määrällisen tutkimusmenetelmätavan kanssa. (Harper, 2011.) On tärkeää, että kerätty ja analysoitu data on laadullista, määrällistä tai näitä molempia (Vogt, 2008).

Kyselyt on yleensä kategorisoitu määrällisenä tutkimusmenetelmänä, mutta oikeasti ne ovat myös laadullista tutkimusta, koska kysymyksissä ei välttämättä ole mitään, mitä voisi määrällisesti laskea ja kyselyissä on yleensä myös avoimia kysymyksiä, joiden avulla selvitetään vastaajien omia asenteita, uskomuksia tai mielipiteitä. Nämä ovat laadullisia dataa, jota voidaan analysoida laadullisella menetelmällä, vaikkakin kyselyissä voi olla myös sellaisia kysymyksiä, joita voidaan arvioida määrällisellä menetelmällä. (Vogt, 2008.)

Tämän opinnäytetyön tutkimusmenetelmä on laadullinen tutkimus, jossa analysoidaan Blenderin käyttäjien kokemuksia erilaisista uudelleenmallintamistekniikoista. Laadullinen tutkimus sopii käyttäjäkokemusten arviointiin, koska voidaan tarkastella erilaisten käyttäjien käyttäjäkokemuksia eri uudelleenmallinnustekniikoista ja voidaan analysoida vastausten perusteella mikä eri tekniikoissa on hyvää ja mikä huonoa tai miksi käyttäjä käyttää kyseistä tekniikkaa.

Valitsin datan keräämiseen kyselyn, koska ajatuksena oli, että käyttäjien olisi helppo ja nopea vastata kyselyyn oman aikataulunsa mukaisesti ja pystyin kyselyn toteuttamaan englanniksi eikä ongelmaksi tullut kielimuuri samalla tavoin, jos olisin ottanut haastatteluun ihmisiä. Lisäksi kyselyä pystyy levittämään Blenderin eri yhteisöissä ja sosiaalisen median (some) kanavilla, kuten Facebookissa. Tällä tavoin pystyin myös helpommin saamaan vastauksia eri tekniikoiden käyttäjiltä ja keräämään paljon dataa, jota myöhemmin sitten analysoin.

Kyselyssä on mukana sekä suljettuja, että avoimia kysymyksiä uudelleenmallintamistekniikoiden käytöstä. Kyselyn vastaajien määrä jäi pieneksi ja alle oletetun tason, joten kovin hyvää määrällistä tutkimusta kyseisestä aineistosta ei saa.

3.2 Tutkimusaineiston keruu

Kysely sisälsi perustietoihin liittyviä kysymyksiä, suljettuja kysymyksiä ja avoimia kysymyksiä, joista osa oli vielä tarkentavia kysymyksiä liittyen Blenderin eri uudelleenmallintamistekniikkojen hyviin ja huonoihin puoliin sekä käyttäjäkokemukseen ja uudelleenmallinnustekniikan ongelmiin. Ajatuksena oli, että kyselyyn vastaajat voivat itse kertoa, kuinka he kokevat sen uudelleenmallinustekniikan, joka on heille kaikkein tutuin, niin laajasti kuin haluavat. Osa vastaajista perusteli vastauksensa hyvin ja osalta vastaajista tuli lyhyt vastaus avoimeen kysymykseen. Kysely luotiin Webropol-kyselytutkimustyökalun avulla ja kyselyn linkkiä jaettiin blenderartists -sivustolla, redditissä ja Facebookin eri Blender yhteisöissä, joissa ylläpitäjät hyväksyivät julkaisun. Vastauksia kerättiin touko-elokuussa 2022. Kyselyyn vastasi 19 henkilöä. Kyselylomake löytyy liitteenä (Liite 1) tutkielman lopusta.

3.3 Kyselylomake

Kyselyn kysymykset olivat englanniksi, jotta mahdollisimman moni voisi halutessaan osallistua kyselyyn. Kysymyksistä ensimmäiset 11 kysymystä olivat pakollisia ja loput kuusi vapaaehtoisia. Näistä kuusi kysymystä oli suljettuja kysymyksiä, joissa kysyttiin vastaajan sukupuolta, ikää, kuinka monta vuotta on mallintanut, kuinka monta vuotta on käyttänyt Blenderiä, mitä eri uudelleenmallinnustekniikoita on käyttänyt ja mikä on paras uudelleenmallinnustekniikka ja kuinka kauan uudelleenmallinnus kestää kyseisellä tekniikalla.

Suljettujen kysymysten avulla keräsin vastaajista perustietoja analyysia varten ja halusin tarkastella sitä, oliko heillä kokemusta myös muista uudelleenmallinnustekniikoista vai vain siitä ainoasta, jota käyttivät kaikkein eniten. Käytettävyyden kannalta koin myös tärkeäksi tietää kuinka kauan uudelleenmallinnus milläkin tekniikalla kestää eri vastaajilla.

Avoimissa kysymyksissä kysyttiin aluksi yleisellä tasolla käyttäjäkokemusta kuten, miksi vastaaja käyttää juuri tätä kyseistä tekniikkaa, mitä hyvää ja huonoa kyseisessä tekniikassa on ja millainen on kyseisen tekniikan käytettävyyden. Tämän jälkeen tuli vielä tarkentavia kysymyksiä, kuten kuinka hyvin vastaaja pystyy tekemään sen, mitä pitääkin saada tehtyä, onko käyttäjän mielestä uudelleenmallinnus tarpeeksi tehokasta tällä tekniikalla, kuinka miellyttävää kyseistä tekniikkaa on käyttää ja miksi, onko joitain käytettävyysongelmia kyseisessä tekniikassa, mitä parannettavaa käytettävyyden suhteen olisi, onko käyttäjällä ollut muita käyttäjäkokemukseen liittyviä ongelmia, joita haluaisi korostaa ja mitä mieltä käyttäjä on muista tekniikoista, jos on niitä käyttänyt.

Edellä kuvatut avoimet kysymykset valikoituivat siksi avoimiksi kysymyksiksi, koska halusin vastaajien kertovan omin sanoin miksi käyttävät tekniikkaa ja millaisia käyttäjäkokemuksia heillä oli suosimastaan tekniikasta. Ensimmäiset avoimet kysymykset olivat yleisluonteisia, eli vastaajien ei tarvinnut tarkasti miettiä käytettävyyttä tai käyttäjäkokemusta. Näitä tarkempia kysymyksiä kysyttiin kyselylomakkeen lopussa, joihin vastaaja saattoi halutessaan perehtyä tarkemmin.

Kyselylomake eteni loogisessa järjestyksessä, mutta sisälsi myös virheitä. Esimerkiksi uudelleenmallinnukseen menevä aika riippuu todella paljon myös siitä, millainen 3D -malli pitää uudelleenmallintaa. Manuaalisellakin tavalla voidaan nopeasti uudelleenmallintaa jokin yksinkertainen 3D -objekti, mutta monimutkaisten, kuten orgaanisten 3D -mallien uudelleenmallintamiseen voi manuaalisella tavalla saada kulutettua useammankin tunnin. Kyselylomakkeen avointen kysymysten määrä saattoi vaikuttaa kyselyyn vastanneiden määrään, sillä kyselyyn vastaamisen aloitti 37 ihmistä, mutta vain 19 heistä suoritti kyselyn loppuun asti.

3.4 Tutkimusaineiston analyysi

Laadullisen aineiston analyysin avulla halutaan luoda kerättyyn aineistoon selkeyttä ja siten tuottaa samalla uutta tietoa tutkittavasta ilmiöstä. Analyysin avulla halutaan tiivistää dataa tekemällä hajanaisesta aineistosta selkeää ja mielekästä luettavaa, joka sisältää silti tärkeän informaation. Analysoitava aineisto on hyvä tuntee perinpohjaisesti ja siksi onkin hyvä käydä aineistoa useamman kerran lävitse. (Eskola & Suoranta, 1998.)

Aineistoa voidaan lähteä analysoimaan kolmella eri tavalla. Ensimmäisessä tavassa aineisto puretaan ja tutkija etenee oman intuition mukaan analyysin suhteen. Toisessa tavassa aineisto puretaan, koodataan ja sen jälkeen analysoidaan koodattu aineisto. Kolmannessa tavassa on yhdistetty purkamis- ja koodausvaiheet, joiden jälkeen tutkija siirtyy analyysin tekoon. (Eskola & Suoranta, 1998.)

Koodauksessa on olemassa kaksi erilaista tapaa. Toisessa tavassa lähdetään analysoimaan aineistoa aineistolähtöisesti ilman teoreettisia etukäteisolettamuksia. Toisessa tavassa hyödynnetään joko jotain teoriaa tai sitten enemmän tai vähemmän teoreettisesti perusteltua näkökulmaa. Koodaus on koodien liittämistä aineiston määriteltyihin tekstijaksoihin, jotka tutkija on tulkinnut itselleen tärkeiksi. Koodauksessa käytetään koodimerkkejä ja indeksejä, joilla on erilaisia tehtäviä. Koodimerkeillä tai indekseillä voidaan kirjoittaa tekstin sisään muistiinpanoja kyseiselle tekstikohdalle annetusta tulkinnasta, koodimerkkien avulla voidaan jäsenellä tulkintoja. Indeksit ovat apuna tekstin kuvailuun ja ne auttavat selvittämään onko jäsenitys toimiva ja samalla toimivat eräänlaisina osoitteina, joiden avulla voidaan etsiä tarvittava kohta analyysia varten. Koodaaminen helpottaa aineiston käymistä läpi uudelleen ja on helpompi löytää tietty aihepiiri aineistosta. (Eskola & Suoranta, 1998.)

Vastauksissa on tarkasteltu vastaajien ikää, sukupuolta, kuinka kauan vastaaja on käyttänyt Blenderiä ja kuinka kauan harrastanut 3D -mallinnusta, mitä eri uudelleenmallinnustekniikkaa vastaaja on käyttänyt ja mikä on suosituin uudelleenmallinnustekniikka sekä mitä on vähiten käytetty. Kuinka kauan vastaajilla on kestänyt uudelleenmallinnus kyseisellä tekniikalla -kysymyksen vastaukset ja avointen kysymysten vastaukset on koodattu niin, että vastaukset ovat oikean uudelleenmallintamistekniikan vastauksia, joihin on on perehdytty analyysi -osiossa. Avoimet kysymykset liittyivät siihen miksi käyttäjä käyttää kyseistä työkalua ja mitä hyvää tai huono siinä on, millainen käytettävyys on ja onko joitain muita ongelmia kyseisen tekniikan käytössä. Omassa koodauksessani apunani oli Webropolin tarjoama työkalu, jonka avulla pystyin tarkastelemaan eri uudelleenmallinnustekniikoiden vastauksia keskenään.

Käytän analyysin teossa hyväksi myös asiantuntija-arviointia. Asiantuntija-arviointi on yksi käytettävyyden arviointimenetelmä. Sen voi suorittaa yksi asiantuntija, mutta suositeltavaa on, että arvioinnin tekee asiantuntijaryhmä, jossa on 3-5 asiantuntijaa. On havaittu, että yksittäinen arvioija havaitsee vain 35% käytettävyysongelmista. Yleensä arvioinnin tekijät ovat käytettävyyssalan asiantuntijoita, mutta se ei ole välttämätöntä, vaan myös aihealueeseen perehtyneet voivat tehdä arviointia. Näin voidaan samalla löytää erilaisia käytettävyysongelmia. Asiantuntija-arvioinnit eivät vaadi suuria etukäteisvalmisteluita ja ne voidaan suorittaa nopeimmillaan päivässä. Asiantuntija-arvioinneissa käytetään apuna erilaisia heuristiikkoja, kuten Nielsenin heuristiikkoja ja Shneidermanin kahdeksan kultaista sääntöä. On suositeltavaa arvioida käyttöliittymä tai sovellus vähintään kaksi kertaa, koska ensimmäisellä kerralla arvioija saa yleiskuvan sovelluksesta ja toisella kerralla arvioija voi keskittyä yksityiskohtiin ja kuinka nämä toimivat kokonaisuuden kannalta. Arvioinnin voi suorittaa täysin itsenäisesti ja löydökset voi kirjoittaa muistiin suorituksen lomassa

tai arvioija voi joko äänittää omaa puhettaan tai joku toinen voi kirjata ylös arvioijan kommentit, jolloin arvioija voi keskittyä paremmin arviointiin. Ongelmien lisäksi on hyvä kirjoittaa ylös myös ne asiat, jotka toimivat käyttöliittymässä tai ovat myönteisiä asioita. (Korvenranta, 2006. 111-115.)

Asiantuntija-arviointien vahvuudet ovat siinä, että ne ovat nopeita, intuitiivisia, kustannustehokkaita ja soveltuvat tuotteen eri kehitysvaiheisiin. Resursseja ei mene esimerkiksi testikäyttäjien rekryointiin, etukäteissuunnittelujen tekemiseen, ellei sitten jo olemassa olevat heuristiikat sovellu arvioinnin tekemiseen, eikä käytettävyysslaboratorion varaamiseen. Heikkouksena asiantuntija-arvioinnissa on, ettei tuotteen todelliset käyttäjät ole mukana arvioinnissa, jolloin ei nähdä käyttäjän ja ohjelman todellista vuorovaikutusta ja todellisessa käytössä ilmenevät ongelmat saattavat jäädä huomaamatta. Yleensä myös asiantuntija-arvioinneissa tuloksena on vain lista ongelmista, mutta ei kerrota miksi kyseinen ongelma on käytettävyysongelma ja miten sen voisi korjata. (Korvenranta, 2006. 120-122.)

Asiantuntija-arvioinnin avulla halusin laajentaa analyysia ja arvioida sen, kuinka käytettäviä eri uudelleenmallinnustekniikat ovat Nielsenin, Shneidermanin ja ISO -standardin mukaan. Asiantuntija-arviointi ei ole täysin ohjeistuksen mukaan, sillä tein arvioinnin itsenäisesti enkä ryhmässä, jolloin arvioinnista olisi tullut parempi.

4. Tulokset

Tässä luvussa käydään läpi kyselyn vastaukset ja tarkastellaan miten käyttäjät kokevat erilaiset uudelleenmallinnustekniikat, mitä hyvää ja huonoa niissä on ja mikä on yleisin uudelleenmallinnustekniikka ollut näiden vastaajien perusteella. Vastauksissa käydään aluksi perustiedot läpi, eli kuinka paljon ihmisiä edusti mitäkin ikäryhmää tai sukupuolta, kuinka kauan ovat harrastaneet 3D -mallinnusta ja kuinka kauan ovat käyttäneet Blenderiä. Nämä perustiedot katsotaan ensin läpi kokonaisuudessaan ja sitten se, kuinka ne jakautuvat eri uudelleenmallinnustekniikoiden välillä. Näiden jälkeen analyysissä tarkastellaan erikseen eri uudelleenmallinnustekniikoiden vastauksia siihen, kuinka kauan vastaajilla on mennyt aikaa kyseisellä uudelleenmallinnustekniikalla sekä avointen kysymysten vastaukset kyseiseen tekniikkaan.

4.1 Yleisesti

Perustiedoissa kysyttiin käyttäjien sukupuolta ja ikää. Kyselyyn vastanneista 19 ihmisestä 15 oli miehiä, kolme naista ja yksi ei halunnut kertoa sukupuoltaan. Kyselyyn vastasi monesta eri ikäryhmästä. Vastaajista yksi oli alle 18 vuotias, 18-24 vuotiaita oli kaksi, 25-29 vuotiaita oli kolme, 30-34 vuotiaita oli viisi, 35-39 vuotiaita oli kolme, 40-44 vuotiaita ei ollut yhtään, 45-50 vuotiaita oli yksi ja yli 50 vuotiaita oli neljä.

Vastaajat olivat harrastaneet 3D -mallinnusta vuodesta yli viiteen vuoteen. Yhdestä kahteen vuotta harrastaneista oli neljä ihmistä, kolmesta neljään vuotta harrastaneita oli seitsemän ihmistä, neljästä viiteen vuotta harrastaneita oli kaksi ihmistä ja yli viisi vuotta harrastaneita kuusi ihmistä. Vastaajien kokemus Blenderin käytöstä poikkesi hieman siihen verrattuna, kuinka monta vuotta oli harrastanut 3D -mallinnusta. Blenderiä oli käyttänyt yhdestä kahteen vuotta kuusi ihmistä, kolmesta neljään vuotta kahdeksan ihmistä, neljästä viiteen vuotta yksi ihminen ja yli viisi vuotta neljä ihmistä.

Kysymyksessä mitä uudelleenmallinnustekniikoita vastaajat ovat käyttäneet, vastaajat pystyivät valitsemaan useamman vaihtoehdon, josta myös informoitiin heitä. 15 ihmistä oli käyttänyt manuaalista uudelleenmallinnustekniikkaa, 11 Blenderin omaa remesher -työkalua, 10 shrink wrap modifieria ja kuusi oli käyttänyt kolmannen osapuolen tarjoamaa lisäosaa.

Seuraavassa kysymyksessä kysyttiin mitä tekniikkaa vastaaja käyttää eniten. Näistä 19 ihmisestä 11 käyttää manuaalista uudelleenmallinnustekniikkaa eniten. Blenderin omaa remesher -työkalua käytti kaksi ihmistä, shrink wrapia käytti yksi henkilö ja kolmannen osapuolen tarjoamaa lisäosaa käytti neljä ihmistä. Yksi henkilö ilmoitti ettei hän käytä uudelleenmallintamista ollenkaan, mutta valitsi manuaalisen uudelleenmallinnuksen, jota käyttää eniten.

Tämän jälkeen kysyttiin kuinka kauan uudelleenmallintaminen vie valitulla tekniikalla. Manuaalinen uudelleenmallintaminen vei käyttäjiltä parhailtaan alta tunnin ja joillakin se vei yli 42 tuntia. Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan kunkin eri uudelleenmallintamistekniikan vastauksia erillään toisistaan.

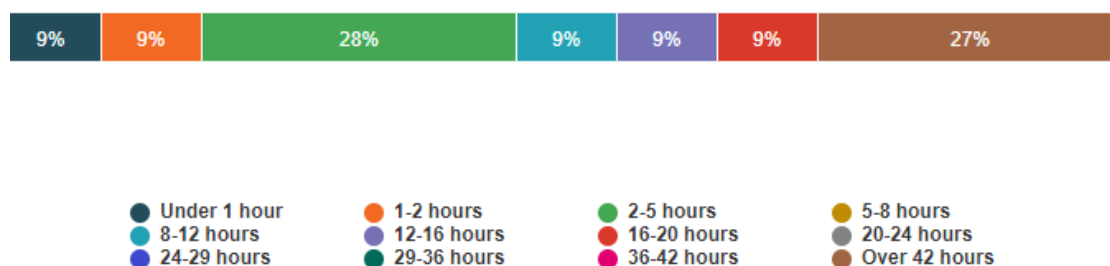
4.2 Manuaalinen uudelleenmallintaminen

Tarkemmassa tarkastelussa huomataan, että manuaalisen uudelleenmallinnustekniikan käyttäjistä yhdeksän oli miehiä, yksi nainen ja yksi ei halunnut ilmoittaa sukupuoltaan. Iältään vastaajista kaksi oli 25-29 vuotta, neljä henkilöä oli 30-34 vuotta, kaksi henkilöä 35-39 vuotta ja kaksi yli 50 vuotiasta.

Manuaalisessa uudelleenmallinnuksessa vastaajista kaksi oli harrastanut 3D -mallinnusta yhdestä kahteen vuotta, kolme puolestaan kolmesta neljään vuotta, yksi neljästä viiteen vuotta ja viisi henkilöä yli viisi vuotta. Blenderin käytön suhteen tulokset poikkesivat 3D -mallintamisesta jonkin verran. Neljä henkilöä oli mallintanut Blenderillä yhdestä kahteen vuotta, kolme henkilöä kolmesta neljään vuotta, yksi henkilö neljästä viiteen vuotta ja kolme henkilöä yli viisi vuotta.

He jotka käyttivät enimmäkseen manuaalista uudelleenmallinustekniikkaa, olivat myös käyttäneet muitakin tapoja. Kuusi vastaajaa oli käyttänyt Blenderin omaa remeshig -työkalua, kuusi vastaajaa oli käyttänyt shrink wrapia ja kaksi vastaajaa oli käyttänyt jotain kolmannen osapuolen tarjoamaa lisäosaa.

Kuvassa 1 näkyy kuinka kauan vastaajilla meni aikaa työnsä uudelleenmallintamisessa manuaalisella tavalla. Vastaajilla kesti parhaimillaan uudelleenmallinnus tällä tekniikalla alta tunnin, tosin vain yhdeltä henkilöltä, 1-2 tuntia myös yhdeltä henkilöltä. Kolmelta henkilöltä meni aikaa kahdesta viiteen tuntia uudelleenmallintaa työnsä. Yksittäisillä vastaajilla kesti 8-12 tuntia, 12-16 tuntia tai 16-20 tuntia uudelleenmallintamisessa. Yli 42 tuntia kesti kolmella henkilöllä.



Kuva 1. Kuinka kauan ihmisillä meni aikaa uudelleenmallinnuksessa, kun he tekivät uudelleenmallinnuksen manuaalisesti. Vastaajia oli 11. Yhdellä vastaajalla meni aikaa alle tunti, toisella vastaajalla yhdestä kahteen tuntia, kolmella henkilöllä aikaa meni kahdesta viiteen tuntia. Seuraavilla kolmella henkilöllä meni aikaa kahdeksasta kahteentoista tuntia, 12-16 tuntia ja 16-20 tuntia. Kolmella henkilöllä meni yli 42 tuntia.

Kun käyttäjiltä kysyttiin, miksi he mielellään käyttivät manuaalista uudelleenmallinnusta, suurin osa vastasi, että he saavat parhaimman lopputuloksen aikaan kyseisellä tekniikalla. Eräs vastaajista kertoikyseisen tekniikan olevan helppo ja tehokas ja toisen yksittäisen vastaajan mielestä kyseisen tekniikan vapaus topologian toteuttamiseen oli tärkeää. Yksi vastaajista kertoi, että hän käyttää manuaalista uudelleenmallintamista silloin, jos animoi 3D -mallinsa, koska saa silloin paremman kontrollin animointiin. Erään vastaajan mielestä kyseinen tapa on kaikkein standardi tapa hoitaa uudelleenmallinnus. Vastaajien mielestä manuaalisen uudelleenmallinnuksen hyviä puolia ovat laatu, helppous ja vapaus. Kaikkein eniten vastaajat kuitenkin pitivät siitä, että manuaalisella uudelleenmallinnuksessa heillä on täydellinen kontrolli luoda 3D -mallilleen uusi topologia.

Manuaalisen uudelleenmallinnuksen huonoja puolia olivat vastaajien mielestä tekniikan hitaus. Lisäksi eräs vastaaja mainitsi, että usein lopputuloksessa voi olla sellaisia kohtia, joissa vertikaalit eivät ole hyvässä järjestyksessä. Parin vastaajan mielestä tekniikalla ei ollut huonoja puolia. Manuaalisen uudelleenmallintamisen käytettävyyden suhteen käyttäjät olivat tyytyväisiä ja eräskin vastaaja kertoi, että tekniikalla saa Blenderissä tehtyä sen mitä pitääkin. Toinen vastaaja kertoi tekniikan olleen aluksi haastava, mutta opettelemisen jälkeen piti käytettävyyttä hyvänä. Vastaajista suurin osa arvioi tekniikan olevan tehokas, tosin eräs mainitsi, että ajallisesti kyseinen tekniikka ei ole tehokas, mutta parhaimman lopputuloksen suhteen taasen on, kun taas toinen vastaaja korosti oikeanlaisen topologian tärkeyttä, jotta kyseinen tekniikka olisi tehokas. 11 henkilöstä yksi vastaaja oli sitä mieltä, ettei kyseinen tekniikka ollut tehokas ja toinen vastaaja mainitsi, että tekniikka voisi olla paljon tehokkaampi, jos käyttäisi samanlaisia tekniikoita kuin “topogun” tai “3D-coat”.

Manuaalinen uudelleenmallintamisen miellyttävä käyttö jakoi neljän vastaajan mielipiteet. Eräs vastaaja ei pitänyt käytöstä sen takia, koska se vei paljon aikaa, mutta piti siitä, että tiesi tekniikan toimivaksi. Toisen vastaajan mielestä manuaalinen uudelleenmallintaminen on erittäin hankala ja tylsä käyttää. Kolmas vastaaja kertoi, että hänellä riippuu päivästä se, kuinka kokee tekniikan käytön. Kiireisinä päivinä häntä saattaa turhauttaa ohjelman käyttö, mutta yleensä se on rentouttavaa ja mukavaa puuhaa. Neljännen vastaajan mielestä käyttö on miellyttävää ja hän saavuttaa sen mitä haluaakin kyseisellä tekniikalla. Vastaajat kertoivat käytettävyysongelmiksi hitauden, käyttäjän aiheuttamat virheet monimutkaisissa 3D -malleissa ja, että vertikaalit pitää manuaalisesti laittaa aluksi paikoilleen, jonka jälkeen facet pitää liittää niihin. Käyttäjäkokemuksen ongelmaksi eräs vastaaja koki sen, ettei Blenderi jaksanut kunnolla pyörittää todella raskaita, yli 30 miljoonan polygonin omaavia malleja. (Taulukko 1).

Taulukko 1. Vastauksia kyselyn kysymyksiin liittyen manuaaliseen uudelleenmallinnukseen. Kaikkia vastauksia tai kysymyksiä ei ole taulukossa. Taulukossa harmaalla pohjalla on kysymys ja valkoisella vastaukset kysymykseen, jotka on jaoteltu omiin osioihinsa sen mukaan moniko on vastannut samalla tavalla.

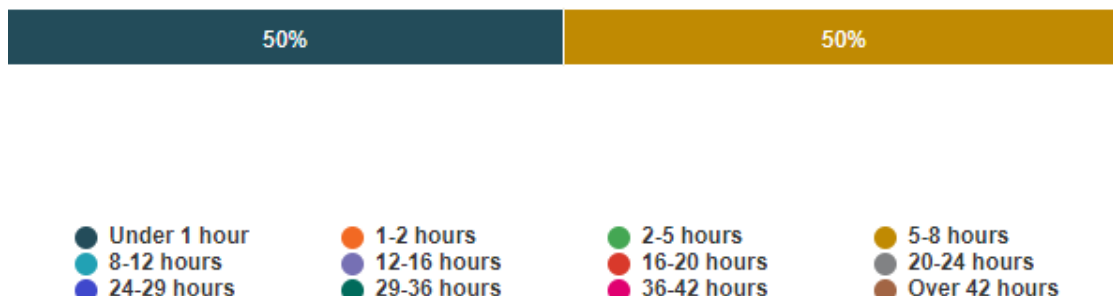
Manual retopology
Why are you using that technique?
its easy and effective
better (full) control for animated objects if i need rigged model. If not - then i use remesher/instant mesh/quad mesh etc. semi-automatic or automatic remeshing or just dynamicsculpt to reduce polygons and some time decimation modifier.
Because there is no other way, is the most standard.
I have freedom to do what I want and I get that topology what I want
Doing manually is the most certain way to get perfect result I think, that is best result. I get the best result with that Because I can do topology by my own and confirm it is good. Other techniques are more and less automated and I think I don't get good mesh with them Gives me confidence of good result.
What is good about that technique?
quality

<p>full control for rigged topology loops. 100% control. You can control all of the results 100% manually. I'm in full control Full control to get right topology I can do topology by my own. Mesh is good when I do it.</p>
Its easy
Freedom
What is bad about that technique?
The only problem is that is really time consuming and the result is often "noisy" (not nicely arranged vertices).
<p>Takes too much time sometimes Take a lot of time Sometimes it take a lot of time May take some time. Big model, lot of work, slow</p>
<p>nothing So far nothing.</p>
How pleasant is it to use that technique and why?
<p>Unpleasant to sink the time. Pleasant to know it works.</p>
Is very cumbersome and boring to use.
<p>Depends on the day. In rush it is quite depressing but otherwise very relaxing and comfy. Mostly good. Sometimes I get frustrated</p>
I achieve what I intended, so i guess it is perfect. Very.
Are there any usability issues with this technique?
it is slow and user errors are very likely with complex object
No
That all vertices have to be manually placed first, then faces joined, etc...
Yes

4.3 Blenderin oma remesher -työkalu

Kaksi vastaajaa olivat käyttäneet eniten Blenderin omaa remesher -työkalua. Molemmat vastaajista olivat miehiä, toinen alle 18 vuotias ja toinen yli 50 vuotias. Toinen oli harrastanut 3D -mallinnusta ja käyttänyt Blenderiä yhdestä kahteen vuotta ja toinen kolmesta neljään vuotta. Vastaajista toinen oli remesher -työkalun lisäksi käyttänyt shrink wrapia aiemmin. Manuaalista uudelleenmallinnusta tai kolmannen osapuolen tarjoamaa lisäosaa ei ollut kumpikaan käyttänyt. Kuvassa 2 näkyy kahden vastaajan käyttämät ajat, kun he uudelleenmallintavat Blenderin omalla remesher -työkalulla 3D

-mallin. Ensimmäisellä vastaajalla on mennyt uudelleenmallintamiseen alle tunti aikaa ja toisella viidestä kahdeksaan tuntia.



Kuva 2. Kuinka kauan käyttäjillä meni aikaa, kun he käyttivät uudelleenmallintamiseen Blenderin omaa työkalua. Ensimmäisellä vastaajalla meni aikaa alle tunti ja toisella vastaajalla meni viidestä kahdeksaan tuntia kun he käyttivät Blenderin omaa remesher -työkalua.

Blenderin remesher -työkalun käyttäjistä toinen kertoi, että käyttää kyseistä työkalua uudelleenmallintamiseen, koska kokee sen hyväksi, mutta ei ole myöskään testannut muita tekniikoita, kun taas toinen kertoi olevansa laiska tekemään sen muutoin. Remesher -työkalun hyviksi ominaisuuksiksi vastaajat kertoivat sen olevan helppo, nopea ja luotettava. Toinen vastaajista ei löytänyt mitään pahaa kyseisestä työkalusta ja toinen mietti, että voisi saada manuaalisella uudelleenmallinnuksella paremman tuloksen. Käytettävyys kyseisellä työkalulla oli hyvä vastaajien mielestä. Toinen arvioi, että asteikolla yhdestä viiteen käytettävyys oli kolme ja puoli. Toinen vastaaja piti työkalun luotettavuudesta ja helppoudesta. Vastaajista toinen kertoi, että hänen 3D -mallinsa ovat yksinkertaisia ja uudelleenmallinnus ei ole niin kriittistä, joten hän koki, että saa tehtyä tarpeeksi hyvää jälkeä kyseisellä tekniikalla. Myös toinen vastaajista koki pystyvänsä tekemään sen mitä pitääkin Blenderin omalla Remesher -työkalulla. Uudelleenmallinnus kyseisellä tekniikalla koettiin tehokkaaksi ja sen käyttö oli mieluisaa. (Taulukko 2).

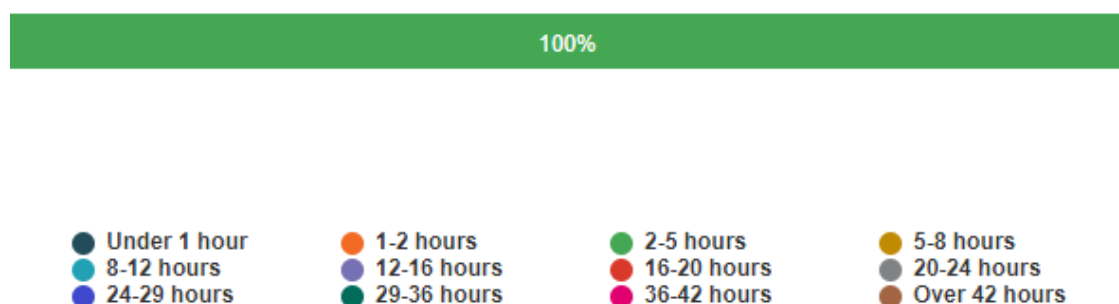
Kumpikaan vastaajista ei ollut kokenut ongelmia kyseisellä tekniikalla ja ainoa käyttäjäkokemusongelma, josta toinen mainitsi, oli se, kun Blenderin uusimissa versioissa eri parametrit vaihtavat paikkaa käyttöliittymässä. Vastaaja koki, että näiden uusien ominaisuuksien ja parametrien uusien paikkojen oppiminen on tympeää. Toinen vastaaja kertoi, että manuaalisella uudelleenmallinnustavalla voisi varmaan saada paremman tuloksen aikaiseksi. (Taulukko 2).

Taulukko 2. Vastauksia kyselyn kysymyksiin liittyen Blenderin omaan remesher -työkaluun. Taulukossa harmaalla pohjalla on kysymys ja valkoisella vastaukset kysymykseen, jotka on jaoteltu omiin osioihinsa sen mukaan moniko on vastannut samalla tavalla.

Blender's remeshing tool
Why are you using that technique?
I am too lazy to do it otherwise:)
It's just that good and i haven't tested others
What is good about that technique?
It is simple.
It's fast and reliable to use.
What is bad about that technique?
Well, manually one would get better results, I believe.
There isn't anything bad
How pleasant is it to use that technique and why?
It is quite pleasant. Not that many parameters to tune.
Are there any usability issues with this technique?
Have not faced any. Nothing that i have encountered

4.4 Shrink wrap

Shrink wrap modifieria oli vain yksi vastaaja käyttänyt kaikkein eniten. Vastaaja on 35-39 vuotias mies. Tällä tekniikalla hänellä kestää 2-5 tuntia uudelleenmallintaa 3D -mallinsa (Kuva 3). Vastaaja on harrastanut 3D -mallintamista ja käyttänyt Blenderiä yli viisi vuotta. Hän on shrink wrapin lisäksi käyttänyt myös manuaalista uudelleenmallinnusta ja Blenderin omaa remesher -työkalua.



Kuva 3. Shrink wrapin avulla uudelleenmallintamiseen mennyt aika vastaajalla. Vastaajalla meni kahdesta viiteen tuntia aikaa uudelleenmallintaa 3D mallinsa Shrink wrap -modifierilla.

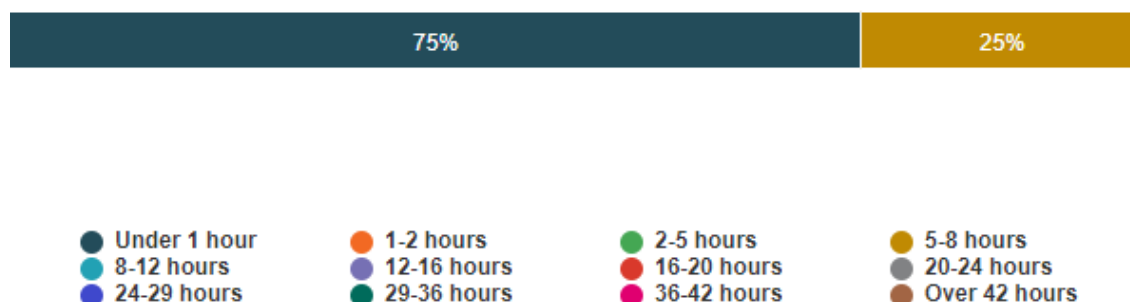
Vastaaja käyttää tätä tekniikkaa, koska kokee sen olevan paras tapa kontrolloida lopputulosta ja hyviä puolia kyseisessä tekniikassa on se, että Blenderi pitää huolen mallin muodosta ja hän voi keskittyä topologiaan. Ainoana huonona puolena vastaaja keksi sen, että modifieri on ehkä hieman liian hidasta, tai ainakin se voisi olla nopeampi. Käytettävyyden ja käyttäjäkokemus olivat ihan hyvät vastaajan mielestä, ja hän piti siitä, että hänellä oli täydellinen kontrolli lopputulokseen. Tehokkuus ei ollut kuitenkaan hyvä tässä uudelleenmallintamistekniikassa, koska vastaaja uskoi, että modifieri voisi olla vielä enemmän automatisoitu. Nyt kyseinen tekniikka on hieman hidasta ja siinä on paljon toistoa. Käytettävyyden mielekkyys oli hyvä, mutta vastaaja painotti, että pitää tietää mitä on tekemässä ja pitää osata määrittellä järjestelmä oikein. Tähänkin hän ehdotti yhtenä parannusehdotuksena Blenderiin uutta välilehteä, jossa määriteltäisiin automaattisesti asetukset shrink wrap modifierille uudelleenmallintamista varten. Mitään isompia ongelmia käyttäjä ei käytettävyydestä löytänyt ja käyttäjäkokemuksessa hän mainitsi shrink wrapin hitauden. (Taulukko 3).

Taulukko 3. Vastauksia kyselyn kysymyksiin liittyen Shrink wrap -modifieriin. Taulukossa harmaalla pohjalla on kysymys ja valkoisella vastaukset kysymykseen, jotka on jaoteltu omiin osioihinsa sen mukaan moniko on vastannut samalla tavalla.

Shrink wrap
Why are you using that technique?
It has the best ways to control the end result
What is good about that technique?
Blender will take care of the shape and I can focus only on the topology.
What is bad about that technique?
I guess could be little faster.
How pleasant is it to use that technique and why?
It's ok as long as you know what you are doing and know how to set up the system properly. Would help if there was a workplace / tab for retopology with all settings automatically done right.
Are there any usability issues with this technique?
Nothing is perfect.

4.5 Kolmannen osapuolen lisäosat

Kolmannen osapuolen tarjoamia lisäosia käytti neljä kyselyyn vastanneista. Vastaajista kolme oli miehiä ja yksi nainen. Kaksi heistä oli iältään 18-24 vuotiaita, yksi 25-29 vuotias ja yksi 30-34 vuotias. 3D -mallintamista heistä yksi oli harrastanut yhdestä kahteen vuotta, kaksi taas kolmesta neljään vuotta ja yksi neljästä viiteen vuotta. Blenderiä oli käyttänyt yksi henkilö yhdestä kahteen vuotta ja kolme muuta kolmesta neljään vuotta. Kolmella heistä meni alle tunti aikaa uudelleenmallinnuksella tällä tavalla ja yhdellä meni viidestä kahdeksaan tuntia (kuva 4). Vastaajista pari oli käyttänyt aiemmin myös kaikkia muitakin kyselyssä olleita tekniikoita.



Kuva 4. Kolmannen osapuolen tarjoamat lisäosat. Kolmella vastaajalla meni alle tunti aikaa uudelleenmallintamisessa ja yhdellä vastaajalla meni viidestä kahdeksaan tuntia uudelleenmallintaa kolmannen osapuolen lisäosalla.

Vastaajat käyttivät kolmannen osapuolen tarjoamia lisäosia, koska ne olivat helppokäyttöisiä, säästävät aikaa ja lisäosilla saa aikaiseksi siistin 3D -verkon. Eräs vastaajista kertoi, ettei pitänyt muista tekniikoista. Lisäosien hyväksi puoliksi käyttäjät nostivat helppouden, nopeuden ja tehokkuuden. Käyttäjällä on pienempi vaiva luoda hyvä 3D -verkko ja saada samalla hyvä topologian aikaiseksi. Eräs henkilö kertoi, että lisäosan avulla hän pystyy luomaan UV -kartan ja aloittamaan seuraavan vaiheen todella nopeasti. Huonona puolena eräs vastaaja kertoi, että koska uudelleenmallinnus on automatisoitu, niin hän ei pysty vaikuttamaan yksityiskohtiin, mutta voi tehdä kyseiset kohdat jälkikäteen manuaalisesti. Käytettävyys kolmannen osapuolen lisäosissa on ollut hyvä parin vastaajan mielestä ja kyseisellä tekniikalla saa tehtyä juuri sen mitä haluaakin ja se on tehokasta sillä tavoin. Käytön miellyttävyys oli käyttäjien mielestä todella hyvä ja eräs vastaaja piti käyttämänsä lisäosaa parempana uudelleenmallintamistekniikkana kuin shrink wrapia tai Blenderin tarjoamaa omaa remesher -työkälua. Ainoa käytettävyysongelma oli se, että hitaammalla GPUlla voi olla hieman ongelmia luoda uusi topologia 3D -mallille. (Taulukko 4).

Taulukko 4. Vastauksia kyselyn kysymyksiin liittyen kolmannen osapuolen tarjoamaan lisäosaan. Taulukossa harmaalla pohjalla on kysymys ja valkoisella vastaukset kysymykseen, jotka on jaoteltu omiin osioihinsa sen mukaan moniko on vastannut samalla tavalla.

Kolmannen osapuolen lisäosa
Why are you using that technique?
I use bsurface and f2 add-ons because they are so easy to create mesh with flow and save me a lot of time.
I don't like do manually retopology and other ways are too bad.
I mainly use quad remesher to get the first iteration fast and then do some corrections afterwards. I use it because it's easy and fast.
to clean up the mesh, make it usable to subd modelling. Most of the time it's not needed to do retopology for me.
What is good about that technique?
Easiness, speed and less effort creating mesh

Easy and fast. Can get straight to uv and rigging process. really fast
It is effective and do good topology for my 3D models
What is bad about that technique?
Nothing literally nothing for my use cases. it's automatic so I can't choose the details, but I can just do parts manually.
The whole process could be almost fully automated. There are no premade joint seams in quad remesher.
How pleasant is it to use that technique and why?
Very well Very pleasant, I dont have to think too much about it.
Yes it is. Better than shrink wrap or Blender's own remeshing tool.
Are there any usability issues with this technique?
Slower GPU might struggle a bit.

4.6 Muiden kuin oman käytetyimmän tekniikan arviointi

Vastaajilta kysyttiin myös, mitä mieltä he ovat muista tekniikoista, joita olivat testanneet. Eräs vastaaja kertoi, että remesher -työkalu ja decimation modifier ovat hyviä staattisiin 3D -malleihin. Dynatopo toimii taasen raskaisiin 3D -skannauksiin, mutta yli 30 miljoonan polygonin omaavat skannaukset ovat raskaita pyörittää Blenderillä. Shrink wrap on hyvänä apuna manuaaliselle uudelleenmallintamiselle.

Kolmannen osapuolen tarjoamista ratkaisuista vastaaja suosittelee topogun ja 3d-coat lisäosia, koska ne tarjoavat hyvän joustavuuden ja nopeuden high-poly malleille. Zbrush ja Zremesher ovat myös hyviä vaihtoehtoja. mutta niissä käyttäjällä on vähemmän hallintaa. Bsurface on myös yksi Blenderin työkalu uudelleenmallinnukseen, mutta vastaajan mielestä sitä tulisi päivittää. koska nykyinen tuntuu vanhanaikaiselta ja on rajoittunut.

4.7 Vertailu

Manuaalinen uudelleenmallinnus oli selvästi suosituin tekniikka, seuraavaksi suosituin tekniikka oli kolmannen osapuolen tarjoamat lisäosat, kolmanneksi suosituin Blenderin oma remesher -työkalu ja viimeisenä shrink wrap modifieri. Tässä luvussa vertaillaan tekniikat suosituimmasta vähiten suosituimpaan.

Manuaalisen uudelleenmallintamisen käyttäjien ikähaarukka jakaantui alle 18 vuotiaasta yli 50 vuotiaisiin asti, joista 30-34 vuotiaat olivat suurin edustettu ikäryhmä viidellä ihmisellä ja toiseksi suurin oli yli 50 vuotiaat neljällä ihmisellä. Käyttäjät, jotka käyttävät kolmannen osapuolen tarjoamia lisäosia olivat iältään 18-34 vuotiaita, joista suurin edustettu ikähaarukka oli 18-24 vuotiaat. Blenderin omaa remesher -työkalua käyttivät sellaiset henkilöt, joista toinen oli alle 18 vuotias ja toinen yli 50 vuotias. Shrink wrapin käyttäjä oli 35-39 vuotias.

Manuaalista uudelleenmallintamista käyttivät ne vastaajat, jotka olivat harrastaneet 3D -mallintamista vuodesta yli viiteen vuoteen ja käyttäneet Blenderiä vuodesta yli viiteen vuoteen. Kolmannen osapuolen tarjoamia lisäosia käyttivät sellaiset henkilöt, jotka olivat harrastaneet 3D -mallintamista ja käyttäneet Blenderiä vuodesta viiteen vuoteen. Blenderin omaa remesher -työkalua käyttivät taasen ne ihmiset, jotka olivat harrastaneet 3D -mallinnusta Blenderillä vuodesta neljään vuoteen ja shrink wrapia käyttänyt henkilö oli harrastanut 3D -mallinnusta ja käyttänyt Blenderiä yli viisi vuotta.

Manuaalisella uudelleenmallintamistekniikalla suurimmalla osalla vastaajista meni kahdesta viiteen tuntia tai yli 42 tuntia. Kolmannen osapuolen tarjoamilla lisäosilla suurimmalla osalla vastaajista meni alle tunti uudelleenmallintamiseen. Blenderin omalla remesher -työkalulla uudelleenmallinnukseen meni toisella vastaajalla alle tunti ja toisella viidestä kahdeksaan tuntia. Shrink wrapin käyttäjällä meni uudelleenmallintamisessa kahdesta viiteen tuntia. Manuaalinen uudelleenmallintaminen vei kaikkein eniten aikaa vastaajilla ja vähiten aikaa vei kolmannen osapuolen tarjoama lisäosa, vaikkakin myös remesher -työkalulla meni toisella vastaajalla alta tunti aikaa. Tässä on kuitenkin hyvä huomioda se, että vastaajilta ei kysytty, kuinka suurina tai teknisesti haastavina 3D -malleja he yleensä ovat uudelleenmallintaneet tai annettu mitään tiettyä esimerkkiä, jonka mukaan olisi pitänyt arvioida, kuinka kauan uudelleenmallintaminen kestää. Uudelleenmallinnuskohteita saattoi siis olla laidasta laitaan, joka saattoi myös vaikuttaa siihen, että manuaalisessa uudelleenmallintamisessa oli paljon variaatiota siitä, kuinka kauan vastaajilla kesti uudelleenmallintamisessa.

Jotkut henkilöt, jotka käyttivät enimmäkseen manuaalista tapaa, olivat käyttäneet myös muitakin tekniikoita. Myös kolmannen osapuolen tarjoaman lisäosien käyttäjistä osa olivat käyttäneet muitakin tekniikoita. Blenderin oman remesher -työkalun käyttäjistä vain toinen oli aiemmin käyttänyt myös shrink wrapia. Shrink wrapin käyttäjä on käyttänyt myös manuaalista uudelleenmallintamistekniikkaa ja Blenderin omaa remesher -työkalua. Osalla vastaajista oli siis kokemusta myös muista tekniikoista.

Positiiviset kokemukset

Manuaalisessa uudelleenmallinnuksessa nousi esille se, että käyttäjällä itsellä on täysi kontrolli topologian luomisessa ja käyttäjät kokivat, että tällä tavalla he saavat parhaimman topologian aikaiseksi Blenderissä. Eräs käyttäjä koki manuaalisen uudelleenmallintamisen rentouttavaksi ja mukavaksi, jos ei ollut kiire.

Kolmannen osapuolen tarjoamia lisäosia käyttäneet kokivat tämän tavan olevan helppo, nopea ja tehokas tapa. Lisäosaa on myös mieluisa käyttää ja sillä saa vähällä vaivalla aikaiseksi hyvän 3D -verkon sekä topologian ja voi jopa siirtyä heti seuraavaan vaiheeseen mallintamisessa.

Blenderin oma remesher -työkalu oli käyttäjien mielestä yksinkertainen, nopea ja luotettava. Myös käyttö oli yhden vastaajan mielestä ihan miellyttävää, koska ei siinä ei ollut liikaa parametrejä, joita olisi pitänyt alkaa säätämään.

Shrink wrapin käyttäjä koki, että kyseinen tekniikka on paras tapa kontrolloida lopputulosta ja koska Blenderi hoitaa muodon oikeanlaiseksi, käyttäjä itse saa keskittyä topologian tekoon.

Yhteneväisyyksiä positiivisissa kokemuksissa oli manuaalisella uudelleenmallintamisella ja shrink wrapilla se, että käyttäjät saivat itse kontrolloida lopputulosta ja saada haluamansa topologia.

Kolmannen osapuolen tarjoamalla lisäosalla oli yhteneväisyyksiä Blenderin oman remesher -työkalun kanssa, koska molempia käyttäjät kuvasivat nopeiksi

Negatiiviset kokemukset

Manuaalisen uudelleenmallinnuksen negatiivisina puolina pidetään sitä, että se vie paljon aikaa sen käyttäjiltä. Lisäksi eräs käyttäjä mainitsi, että kyseisessä tekniikassa voi tulla käyttäjältä virheitä, etenkin monimutkaisissa 3D -malleissa. Eräs vastaaja koki manuaalisen uudelleenmallinnustavan hankalaksi ja tylsäksi.

Kolmannen osapuolen tarjoamista lisäosista käyttäjät kertoivat etteivät koe siinä olevan mitään huonoa, ainoa huomautus tuli, ettei yksityiskohtien määrää voi valita, mutta sen voi tehdä sitten manuaalisesti. Lisäksi hitaammalla GPUlla voi olla hankaluuksia uudelleenmallintamisessa. Toinen kertoi, että quad remesher -työkalu voisi olla melkein kokonaan automatisoitu.

Blenderin omasta remesh -työkalusta kahdella vastaajista ei ollut ongelmia ja he eivät ole kokeneet mitään huonoa kyseisestä työkalusta. Ainoa käyttäjäkokemukseen liittyvä ongelma oli se, että parametrit olivat vaihtaneet paikkoja, jolloin uusien paikkojen opetteleminen oli tympäännyttävää.

Shrink wrap oli vastaajan mielestä hieman liian hidas ja tehokkuus voisi olla parempi, koska nykyisen kanssa siinä on liian paljon toistoa. Negatiivisissa tunteissa manuaalisella uudelleenmallinnustavalla ja shrink wrapilla yhtäläisyyksenä oli hitaus.

5. Pohdinta

Tässä osiossa on tarkoitus vastata tutkimuskysymyksiin ja pohtia aihetta kirjallisuuskatsauksen ja saatujen vastausten perusteella. Tutkimuskysymykset ovat jokainen oma alaotsikkonsa, joista löytyy pohdinta kyseiseen kysymykseen. Pohdinnan apuna on käytetty Nielsenin (2005) kymmentä heuristiikkaa, Shneidermanin kahdeksan kultaista sääntöä, ISO -standardia ja Petrie & Bevanin (2009) esittämiä määritelmiä.

5.1 Millaisia käyttäjäkokemuksia Blenderin käyttäjillä on erilaisista uudelleenmallinnustekniikoista?

Käyttäjäkokemus painottuu subjektiivisiin reaktioihin käytön aikana. Tähän liittyy käyttäjän kokemat myönteisiä tunteet käytön aikana, kuten ohjelman tuottama ilo, luotettavuuden tunne ja ohjelman käyttömukavuus. Myös se, mitä käyttäjä haluaa saavuttaa ohjelman käytöllä ja millainen prosessi se on vaikuttavat käytettävyyteen. (Petrie & Bevan, 2009). Käyttäjäkokemukseen kuuluu myös ohjelman kauneus ja hedonistisuus sekä käytettävyyttä. Tässä luvussa perehdyn ohjelman kauneuteen ja hedonistisuuteen sekä käyttäjien subjektiivisiin kokemuksiin ja seuraavassa kappaleessa käyn tarkemmin lävitse ohjelma käytettävyyttä.

Ohjelman kauneus ja hedonistisuus

Kyselyyn vastanneet eivät itse kommentoineet eri tekniikoiden kauneutta tai hedonistisuutta, mutta voidaan olettaa, että ne ovat olleet hyviä, sillä mitään vikaa vastaajat eivät niistä maininneet. Kolme neljästä uudelleenmallinnustekniikasta olivat Blenderissä itsessään. Kolmannen osapuolen tarjoamat lisäosat saattavat olla joko sellaisia, jotka saa Blenderiin tai ne voivat olla ulkopuolisia ohjelmia, jolloin niiden kauneus ja hedonistisuus ovat pitkälti ohjelman kehittäjistä kiinni. Blenderin nykyinen versio on tummanpuhuva. Blenderin käyttöliittymää on pyritty parantamaan ajan saatossa, sillä aiemmin se on ollut vaikeakäyttöinen (Wikipedia, 2022).

Käyttäjien subjektiiviset kokemukset

Manuaalisessa uudelleenmallintamisessa käyttäjät pitivät siitä, että heillä oli täysi kontrolli sen suhteen, minkälaisen topologian he saavat luotua ohjelmassa ja kyseisellä tekniikalla saa myös vastaajien mielestä parhaimman lopputuloksen aikaiseksi, joka osoittaa sen, että ohjelmalla saavuttaa sen, mitä käyttäjä haluaakin saavuttaa sillä. Manuaalinen uudelleenmallintaminen sai myös kritiikkiä sen suhteen, että se vei todella paljon aikaa ja isojen mallien kohdalla työskentely oli hidasta. Myös Pant ym. (2021) artikkeli kertoi manuaalisen uudelleenmallintamisen olevan hidasta, koska käyttäjän pitää itse käydä koko malli läpi ja muuttaa kaikki polygonit neliöiksi. Prosessi lopputuloksen saavuttamiseksi on siis aikaa vievää ja voi aiheuttaa käyttäjissä negatiivisia tunteita, kuten turhautumista ja tylsistymistä.

Blenderin remesher -työkalusta käyttäjät pitivät sen takia, koska se oli helppo, nopea ja luotettava käyttää ja käyttö oli toisen vastaajan mielestä miellyttävää. Kumpikaan käyttäjistä ei ole kokenut negatiivisia tunteita käytössä, paitsi siinä kohtaa, kun erään päivituksen mukana parametrien paikat muuttuivat. Remesher -työkalulla käyttäjät saivat tehtyä sen mitä pitääkin, vaikkakin toinen

vastaajista kertoikin, että hänen mallinsa ovat yksinkertaisia ja uudelleenmallinnus ei ollut niin kriittistä, etteikö sitä kyseisellä työkalulla saanut tehtyä.

Shrink wrappia käytti kyselyssä vain yksi henkilö. Hänelle positiivisia tunteita tuotti se, että hän pystyi itse keskittymään topologian tekemiseen samalla, kun Blender hoiti muodon oikeanlaiseksi. Negatiivisten tunteiden kohtaaminen oli vähäinen, sillä henkilö mielti, että ohjelma voisi olla vähän nopeampi, mutta hän ei suoraan kuitenkaan todennut käytön olevan hidasta. Shrink wrappia on myös miellyttävä käyttää, mutta vastaaja painotti, että käyttäjän pitää tietää mitä on tekemässä ja osata laittaa päälle oikeanlaiset asetukset. Vastaaja itse oli harrastanut 3D -mallinnusta ja käyttänyt Blenderiä yli viisi vuotta, joten ehkä uusille käyttäjille tämä tekniikka voi olla haastava. Tähän voi viitata myös se, että vastaajia tässä otannassa oli vain yksi henkilö tämän tekniikan kohdalla.

Kolmannen osapuolen lisäosien käyttäjät kokivat positiivisiksi ominaisuuksiksi helppouden, nopeuden ja tehokkuuden. Tämä tekniikka oli toiseksi suosituin vastaajien perusteella, joka kertoo sen, että kyseisestä tekniikasta käytetään mielellään. Lisäosia on myös miellyttävä käyttää, erään käyttäjän mielestä miellyttävämpi kuin shrink wrapin tai remesher -työkalun käyttö. Käyttäjät eivät ole kokeneet lisäosien kanssa negatiivisia kokemuksia, ellei lasketa mukaan sitä, että eräs vastaaja mainitsi, ettei joutuu jälkikäteen lisäämään yksityiskohtia työhön. Lisäosat tarjoavat eri tasoille käyttäjille hyviä käyttökokemuksia uudelleenmallintamiseen, koska kyselyyn vastanneista henkilöt olivat harrastaneet 3D -mallintamista tai käyttäneet Blenderiä yhdestä neljään vuotta.

Blenderin käyttäjillä oli enimmäkseen positiivisia kokemuksia eri uudelleenmallinnustekniikoista. Kaikkein positiivisimmat kokemukset oli kolmannen osapuolen tarjoamista lisäosista ja remesher -työkalusta. Shrink wrap ja manuaalinen uudelleenmallinnus saivat kritiikkiä hitaudesta ja lisäksi manuaalisessa uudelleenmallintamisessa riskinä ovat käyttäjän tekemät omat virheet monimutkaisten 3D -mallien kanssa. Molemmat vaativat myös topologian tuntemusta onnistuakseen käyttäjältä.

Eri tekniikoissa korostui eri asiat positiivisina asioina, joiden takia vastaajat käyttivät tiettyä tekniikkaa uudelleenmallintamisessa. Esimerkiksi manuaalisessa uudelleenmallinnuksessa korostui käyttäjän täysi kontrolli, kun taas kolmannen osapuolen tarjoamista lisäosista tällainen kontrolli puuttuu, mutta lisäosien käyttäjät pitivät tekniikan helppoudesta ja nopeudesta. Eri tekniikoilla oli siis omat juttunsa, joiden takia eri käyttäjäryhmät kokivat positiivisia käyttäjäkokemuksia ja pitivät kyseisistä tekniikoista. Tämä kertoo siitä, että on olemassa erilaisia käyttäjiä, joiden tarpeet voivat poiketa hyvinkin paljon toisistaan. Toiset voivat haluta tehdä koko homman itse, kun taas toiset arvostavat ajan säästämistä ja pääsemistä seuraavaan vaiheeseen.

Kirjallisuuskatsauksessa kerrottiin, kuinka OSS -projektien käyttäjäkokemukset ovat yleensä negatiivisia, koska tavallisia käyttäjiä ei välttämättä ajatella ohjelmaa tehdessä. Tämän kyselyn perusteella voidaan kuitenkin todeta, että Blenderissä eri tekniikoiden käyttäjät ovat olleet tyytyväisiä näihin uudelleenmallinnustekniikoihin, vaikka heillä olisi ollut kokemusta Blenderin käytöstä vain pari vuotta tai vähemmän. Blenderissä käyttäjien määrä on valtaisa ja yhteisöjä on eri some -alustoilla ja nettisivuilla, jolloin käyttäjien on helppoa saada apua eri uudelleenmallinnustekniikoiden kanssa. Blenderille on tehty myös paljon erilaisia opetusvideoita esimerkiksi Youtubeen ja lisäksi löytyy sivuja, dokumentteja ja lehtiä eri aihealueista, kuten uudelleenmallintamisesta.

5.2 Kuinka käytettäviä eri tekniikat ovat?

ISO 9241-11 -standardin määrittelee käytettävyyden seuraavanlaisesti: "Se vaikuttavuus, tehokkuus ja tyytyväisyys, jolla tietyt määritellyt käyttäjät saavuttavat määritellyt tavoitteet tietyssä ympäristössä". On myös olemassa muita käytettävyyden määritelmiä, kuten joustavuus, opittavuus, muistettavuus ja turvallisuus, Nielsenin kymmenen käytettävyyden heuristiikkaa ja Shneidermanin kahdeksan kultaista sääntöä. Koska Nielsenin heuristiikoissa ja Shneidermanin säännöissä on samankaltaisuuksia, jää Shneidermanin säännöistä pois "tarjoa yksinkertaista virheidenkäsittelyä" ja "tue käyttäjän kontrollin tunnetta". Näiden määritelmien ja kyselyn vastaajien perusteella käydään lävitse eri tekniikoiden käytettävyyttä. Pitää myös ottaa huomioon se, että koska lisäosia on tarjolla paljon Blenderille, joten kaikki eivät välttämättä vastaa samalla tavoin vaatimuksiin, mitä tässä tutkielmassa niitä yleisesti arvioidaan. Arviot pohjautuvat kyselyn vastauksiin ja Russel Midfieldin videoon, jossa hän arvosteli muutamaa lisäosaa.

ISO 9241-11 -standardin mukaan

Manuaalinen uudelleenmallintaminen on käytettävyydeltään hyvä. ISO -standardin tehokkuuden määritelmän mukaan käyttäjät saavuttavat tavoitteensa, eli kunnollisen uuden topologian 3D -mallilleen tietyssä ympäristössä, vaikka se saattaa viedä aikaa jopa yli 42 tuntia, riippuen siitä kuinka monimutkaisesta 3D -mallista on kyse. Tekniikka on tarkka ja hyvä, jos käyttäjä tosiaan osaa itse tehdä kunnollisen topologian. Käyttäjät ovat myös pääasiassa tyytyväisiä ohjelmaan ja kokevat positiivisia tunteita käytön aikana. Tosin koska manuaalinen uudelleenmallintaminen on vastaajien mukaan hidasta hommaa, saattaa se aiheuttaa negatiivisia tunteita, kuten turhautumista ja tylsistymistä, koska käyttäjän pitää itse tehdä kaikki alusta loppuun. Toisaalta tekniikan hitaus ei kaikkia käyttäjiä haittaa, sillä eräskin vastaajista kertoi tekniikan olevan rentouttavaa, jos ei ole kiire saada työtä valmiiksi. Joustavuus on kunnossa manuaalisessa uudelleenmallintamisessa. Muistettavuus voi olla aika hyvä, sillä hommassa toistetaan samaa kaavaa koko ajan. Opittavuus riippuu siitä, miltä kantilta asiaa katsoo. Tekniikan oppii itsessään nopeaa, mutta kuinka nopeasti käyttäjä oppii tekemään hyvän topologian tällä tekniikalla on sitten eri asia. Ennen topologian oppimista käyttäjillä saattaa tulla paljon erilaisia virheitä, etenkin monimutkaisissa 3D -malleissa. Turvallisuus on hyvä, sillä käyttäjä pystyy koko ajan seuraamaan edistystä, on itse kontrollissa ja pystyy tarvittaessa kumoamaan toimintoja, tosin rajallisen määrän

Remesher -työkalua vastaajat pitivät helppona, nopeana ja luotettavana. Toisella vastaajalla meni ajallisesti alle tunti aikaa uudelleenmallintamiseen remesher -työkalulla ja toisella viidestä kahdeksaan tuntia. Näistä tekniikoista tämä työkalu on ihan kohtuu tehokas, jos sitä mietitään ajallisesti. Toinen vastaajista arvioi käytettävyyden olevan kolme ja puoli, jos asteikko olisi yhdestä viiteen eli paremman puolella olevan. Voidaankin sanoa, että remesher -työkalu on vaikuttava, tehokas ja saa käyttäjät tyytyväiseksi. Toki monimutkaisten 3D -mallien kanssa asia voi olla hieman erilainen, tässä kyselyssä ainakin toinen vastaaja kertoi tekevänsä sen verran yksinkertaisia malleja, että uudelleenmallinnus ei ollut niin kriittistä. Remesher työkalu ei ole samalla tavalla joustava kuin manuaalinen uudelleenmallinnus, mutta siinä voi valita uudelleenmallintamisen voxelilla tai quadilla, määritellä näiden koon sekä sopeutumiskyvyn ja lisäksi on muutamia ruksattavia laatikkoja sen mukaan, mitä haluaa 3D -mallilleen.

Shrink wrapilla yhdellä vastaajalla meni uudelleen mallintamiseen kahdesta viiteen tuntia aikaa. Tämä tapa on siis tehokkaampi kuin manuaalinen uudelleenmallinnus, vaikka vastaajan mielestä se voisi olla vielä hieman tehokkaampi. Shrink wrapin käytettävyyden vastaajan omasta mielestä oli

hyvä. Shrink wrap vaatii myös opettelua itse modifierin osalta, että topologian osalta, jos sillä haluaa saada aikaiseksi hyvän low-poly mallin.

Kolmannen osapuolen tarjoamissa lisäosissa uudelleenmallintaminen kävi alle tunnissa kolmella vastaajalla ja yhdellä vastaajalla kesti viidestä kahdeksaan tuntia. Tämä tapa vaikuttaisi olevan kaikkein tehokkain tapa uudelleenmallinnukselle. Myös käyttäjät itse pitivät tapaa helppona, nopeana ja tehokkaana. Jotkin lisäosat luovat yhtä hyvän tai paremman topologian 3D -mallille, kuin mitä Blenderin oma remesher työkalu. Tästä todisteena on käyttäjän Russel Midfield video, jossa hän arvostelee joitain automaattisia uudelleenmallinnukseen tarkoitettuja lisäosia.

Nielsenin heuristiikkojen mukaan

Nielsenin heuristiikkojen mukaan järjestelmän tilan näkyvyys tulee olla hyvä ja manuaalisessa uudelleenmallintamisessa tämä toteutuu ja käyttäjä näkee koko ajan, kuinka työ etenee. Yhtenevyys järjestelmän ja tosielämän välillä on manuaalisessa uudelleen mallintamisessa on ihan hyvä samoin kuin yhteneväisyyden ja standardit. Ohjelmassa käytetään sellaista kieltä, joka kuvaa hyvin tosielämän asioita ja käytetään sellaisia ikoneja tai symboleja, jotka kuvaavat hyvin sen. mitä niillä tehdään. Toki ohjelmassa on mukana myös omia modifiereita ja työkaluja, jotka ovat Blenderille tai vain 3D -mallinnusohjelmille ominaisia. Manuaalisessa uudelleenmallinnuksessa käyttäjällä on myös vapaus ja täysi kontrolli sen suhteen, miltä uusi topologia tulee näyttämään. Virheiden estäminen manuaalisessa uudelleenmallinnuksessa ei toteudu, jos ajatellaan topologiaa. Uusi käyttäjä, joka vasta opettelee manuaalista uudelleenmallintamista ja topologiaa voi tehdä paljonkin virheitä. Ohjelma toki estää sellaisten virheiden tekemisen, jotka on kielletty, mutta esimerkiksi polygonien päällekkäisyyksiä tai outoja artefaktoja työssä se ei estä. Nykyään Blenderissä on selkeitä ikonia ja tekstiä, joissa kerrotaan mitä tietyllä työkalulla voi tehdä. Ne vain pitää osata löytää eri paikoista. Toki Blenderillä on käytössä pikanäppäinkomennot, mutta niitä on paljon ja aiemmin käyttäjät ovat antaneet asiasta negatiivista palautetta. Mutta manuaalisen uudelleenmallintamisen suhteen, kaikki tarpeelliset työkalut ovat selkeästi nimetty ja ikoneja löytyy, joten käyttäjän on helppo tunnistaa eri työkalut. Käytön joustavuus ja tehokkuus ovat hyvät manuaalisessa uudelleenmallintamisessa. Blenderi tarjoaa kokeneille käyttäjille pikakomentonäppäimiä sujuvampaan työskentelyyn topologian parissa, mutta nämä samat ovat tarjolla käyttöliittymässä noviiseille käyttäjille, jotka vasta opettelevat manuaalista uudelleenmallintamista. Vaikka Blenderin käyttöliittymää on parannettu vuosien saatossa, sen ulkoasua ei voi kuvailla sanoilla esteettinen tai minimalistinen. Tämä johtuu pitkälti siitä, että kehittäjät ovat tehneet Blenderistä sellaisen 3D -mallinnusohjelman, joka kattaa 3D -mallinnuksen kaikki vaiheet, joten sieltä löytyy todella paljon erilaisia toimintoja. Virheellisestä käytöstä Blenderi ilmoittaa käyttäjälle, mutta virheellisesti tehdystä topologiasta tai päällekkäisistä vertekseistä tai polygoneista ohjelma ei ilmoita manuaalisessa uudelleenmallintamisessa. Tällainen virhe voi näkyä vasta pitkän ajan päästä ja se voi olla siinä vaiheessa jo hankala korjata. Manuaaliseen uudelleenmallintamiseen löytyy lisäksi paljon dokumentaatiota netistä niin kirjoitettuna kuin videoiden muodossa, jotka auttavat ihmisiä pääsemään alkuun manuaalisessa uudelleenmallintamisessa. Lisäksi käyttäjät saavat apua erilaisista yhteisöistä eri some -kanavilla.

Remesher löytyy Blenderistä omalta välilehdeltään ja siellä on kaikki tarpeelliset esillä. Ja kunhan järjestelmä on tehnyt uudelleenmallintamisen, tulos näkyy käyttäjän ruudulla. Dialogit ovat kuvaavia ja puhuvat samaa kieltä käyttäjän kanssa. Käyttäjän kontrolli rajoittuu remesher työkalussa siihen, että hän saa valita tilaksi joko “voxelin” tai “quadin”. Voxelin valitessaan käyttäjä pystyy määrittelemään voxelin koon ja määrittämään sopeutumiskyvyn sekä päättämään käyttäkö remesherissä eri korjauksia, kuten pehmentämistä, raksi ruutuun menetelmällä. Quadin valittaessa

käyttäjä saa valittavakseen eri toimintoja mitä voxelissa oli. Käyttäjä voi myös perua tai toistaa toimintoja uudelleen. Remesherin yhteneväisyys ja standardit noudattavat yleisiä normeja, mutta voivat olla uusille käyttäjille vähän arvoituksia, että mitä joillain työkaluilla tarkoitetaan. Virheiden tekemistä työkalu ei välttämättä estä, mutta ne saa aina peruutettua. Remesher työkalussa käytetään käyttäjälle suunnattua kieltä, mutta se mitä ne tekee, voi olla vaikea tunnistaa, joten käyttäjältä vaaditaan tämän suhteen enemmän muistamista kuin tunnistamista. Vastaajat pitivät remesher -työkalua tehokkaana, mutta joustavuudesta ei yksikään vastaaja kertonut sanallakaan. Remesher -työkalu on suunniteltu yksinkertaiseksi jossa on vain muutama kohta, jotka käyttäjän tarvitsee tietää. Virheellistä käyttöä on estetty Blenderissä hyvin. Remesher -työkalulle löytyy dokumentaatiota Blenderin omasta manuaalista sekä erilaisilta nettisivustoilta ja some -kanavilta, kuten Youtube videoista.

Kuten aiemmissakin myös shrink wrapilla tilan näkyvyys on hyvä. Käyttäjä näkee kuinka shrink wrap modiferi toimii ja käyttäjän tekemät muutokset näkyvät Blenderissä heti. Shrink wrap -modifierin valikko kohdat on käyttäjän helppo ymmärtää. Modifier on toiseksi paras kontrollin ja vapauden suhteen, se on samankaltainen kuin manuaalisessa uudelleenmallinnuksessa, mutta 3D -mallin pintamuotoihin käyttäjä ei pysty paljoa vaikuttamaan. Käyttäjä voi myös perua tai toistaa toimintoja uudelleen. Virheiden tekemisen Blender on hyvin estänyt, mutta topologiaan liittyvät virheet jäävät käyttäjän vastuulle. Shrink wrap -modifier löytyy aakkostetusta modifier listalta. Ohjelma ei erikseen kerro, mitä modifierin eri toiminnot ovat, mutta toisaalta niiden nimet ovat hyvin kuvaavia. Shrink wrap on käyttäjän mielestä kohtuu tehokas, vaikka voisi olla tehokkaampikin. Modifieri joustavuudesta käyttäjä ei ole maininnut mitään. Modifierissa on vain tarvittavat asiat esillä, joten sen ulkoasua voidaan pitää minimalistisena. Mahdollisista virheistä ohjelma kertoo käyttäjälle sanallisesti. Shrink wrapin käyttöön löytyy Blenderin manuaalista ohjeet ja lisäksi on olemassa erilaisia nettisivuja ja some -kanavia, kuten erityisesti Youtube videoita, joiden kautta käyttäjä voi tutustua tähän modifieriin ja saada apua sen käytössä.

Kolmannen osapuolen tarjoamissa lisäosissa tilan näkyvyys on hyvä. Nämä yleensä automatisoidut uudelleenmallinuso-ohjelmat ovat yleensä todella nopeita ja käyttäjä saa vastauksen, eli uudelleenmallinnetun 3D -mallin hyvinkin nopeaa, tosin mallinnus aika voi riippua siitä, millainen tietokone on käytössä, jolla ohjelmaa pyöritetään ja kuinka iso on uudelleenmallinnettava 3D -malli. Yksi vastaaja kertoi, että hänellä menee kolmannen osapuolen tarjoamalla lisäosalla viidestä kahdeksaan tuntia uudelleenmallinnus. Toisaalta, tästä lisäosasta ei ole mitään tietoa, joten ei voi varmana sanoa, kuinka automaattinen työkalu kyseinen lisäosa oli. Lisäosat ovat yleensä helposti ymmärrettävissä ja niiden toiminnot on selkeästi nimetty. Ohjelmissa pystyy yleensä perumaan toimintoja tai tekemään ne uudestaan, mutta kontrollia topologiaan käyttäjällä ei ole, vaan hänen pitää luottaa ohjelmaan ja mahdolliset korjaukset tai yksityiskohtien lisäykset tulee tehdä jälkikäteen. Yhteneväisyys ja standardit eivät välttämättä toteudu eri lisäosissa ja ne saattavat hyvinkin poiketa toisistaan ja samaa tarkoittavat toiminnot on voitu nimetä eri tavoilla eri lisäosissa. Myös käyttö voi poiketa paljonkin eri lisäosissa. Lisäosat ovat yleensä yksinkertaisesti suunniteltuja ja niissä on pyritty siihen, ettei käyttäjä pääse tekemään isoja virheitä. Toiminnot ovat näkyvillä käyttäjälle selkeästi, tosin joissakin ohjelmissa voi toiminnot olla esitettynä pelkällä ikonin kuvalla, kuten Russell Midfieldin videolla esitetyssä Dust3D -ohjelmassa oltiin 3D -mallin hakeminen ja tallennus mahdollisuudet esitetty ikonien kuvilla, tosin ikonit olivat sellaisia, jotka voi tunnistaa muista yleisistä ohjelmista. Lisäosat ovat yleensä tehokkaita uudelleenmallinnuksessa. Virhetilanteissa auttaminen riippuu täysin ohjelmasta. Ohjeita ja dokumentteja löytyy yleensä lisäosien tarjoajien sivuilta ja joillekin suosituille lisäosille voi olla omia ohjeita vielä eri some -kanavissa, kuten Youtubessa.

Shneidermanin kahdeksan kultaisen säännön mukaan

Shneidermanin kahdeksan kultaisen sääntöihin perustuen voidaan sanoa, että manuaalinen uudelleenmallintaminen on kohtuullisen johdonmukaista, koska tarvittavat työkalut löytyvät ohjelmasta ja ne ovat selkeästi nimettyjä ja niistä löytyy ikoneita. Käyttäjälle tarjotaan myös pikakomentoja ja käyttäjä saa palautetta toiminnastaan, jolloin hän pystyy arvioimaan, kuinka edetä työssä eteenpäin. Työkalujen nimet on selkeästi nimetty ja ohjelma kertoo mitä niillä saa aikaan. Myös dialogi toiminnassa on simppelempi, kunhan käyttäjä tietää sen, mistä lähtee liikkeelle uudelleenmallintamisessa. Toimintoja pystyy perumaan aina tiettyyn pisteeseen asti ohjelmassa, joten käyttäjän on hyvä huomata mahdollinen virhe ajoissa voidakseen perua sen. Manuaalinen uudelleenmallintaminen voi aluksi kuormittaa käyttäjän muistia, mutta kokeneilla on helpompi muistaa mistä löytyy tarpeelliset työkalut ja toiminnot. Toki topologian suhteen pitää käyttäjien muistaa erilaisia sääntöjä ja vinkkejä siitä, kuinka jokin asia kannattaa tehdä.

Tarkasteltaessa remesher -työkalua näiden kahdeksan kultaisen säännön mukaan, voidaan todeta, että johdonmukaisuus ei ole aivan parasta. Esimerkiksi valittaessa voxelin ja quadin väliltä käyttäjä pääsee voxelissa heti valitsemaan itselleen sopivat vaihtoehdot, mutta quadissa hän joutuu tekemään yhden ylimääräisen klikkauksen avatakseen "QuadriFlow Remesher" -työkalun ja vasta sitten hän saa valita mieleiset ominaisuudet. Työkalussa ei ole myöskään pikakomentonäppäimiä käytössä. Käytöstä saatu palaute näkyy Blenderissä niin, että hän näkee millaiseksi hänen uudelleenmallinnettu 3D -malli on muuttunut. Toiminnot on helppo perua ohjelmassa, mutta toisinaan ei riitä se, että ottaa vain raksin pois ruudusta, vaan pitää perua ihan kaikki muutokset, Lyhytkestoista muistia työkalu ei kuormita.

Shrink wrap -modifier on helposti löydettävissä ja sen toiminnot on kirjoitettu loogisesti, joten se voidaan todeta olevan johdonmukainen. Pikakomentoja kyseisessä modifierissä ei ole käytössä itsessään, mutta samanlaiset pikanäppäimet, joita käytetään manuaalisessa uudelleenmallintamisessa toimivat myös, kun uudelleenmallinnus tehdään tämän modifierin avulla. Käyttäjällä saa palautetta nopeasti toiminnastaan samalla tavoin kuin manuaalisessa uudelleenmallintamisessa. Shrink wrapissa dialogi toimii ja käyttäjä itse on keskiössä aloituksessa, keskivaiheessa ja lopetuksessa. Toiminnot voidaan perua. Muistin kuormitus on samankaltainen mitä manuaalisessa uudelleenmallintamisessa, ainoana erona se, ettei käyttäjän tarvitse miettiä 3D -mallinsa muotoja, koska modifier pitää siitä huolen.

Lisäosat ovat yleensä aika johdonmukaisia, sillä ne on rakennettu yleensä yksinkertaisiksi, jolloin käyttäjällä ei ole montaa toimintoa tehtävänä. Pikakomentoja ne eivät välttämättä sisällä. Palaute on yleensä hyvä, sillä käyttäjä saa nähdä lopputuloksen uudelleenmallinnuksesta ja voi tarvittaessa muokata sitä tai tallentaa sen. Käyttäjälle on myös selkeä dialogi siitä, kuinka homma etenee lisäosassa, kunhan tulee työkalut tutuiksi. Toiminnot on yleensä helppo perua. Automaattisen uudelleenmallinnuksen, yksinkertaisen ulkoasun ja selkeiden toimintojen ansiosta lisäosat eivät yleensä kuormita käyttäjän muistia.

Eri käytettävyyden osa-alueet korostuivat eri tekniikoissa. Manuaalisessa uudelleenmallintamisessa korostuu joustavuus, tyytyväisyys, turvallisuus ja kontrolli. Remesher työkalussa korostui opittavuus, tehokkuus ja tyytyväisyys. Shrink wrapilla korostui kontrolli ja tehokkuus. Kolmannen osapuolen tarjoamissa lisäosissa korostui tehokkuus, tyytyväisyys, opittavuus ja muistettavuus. Kaikista tekniikoista löytyy myös netistä erilaisia dokumentteja nettisivujen ja videoiden muodossa sekä laaja yhteisö, jota löytyy eri some -kanavista kattavat määrät, joten tukea tai apua eri tekniikoille käyttäjät saavat eri tekniikoille.

Tässä kappaleessa tarkastellaan sitä, että vaikuttiko sukupuoli mitenkään vastauksiin siitä, miksi vastaajat käyttivät tiettyä tekniikkaa. Manuaalisessa uudelleenmallinnuksessa molemmat sukupuolet korostivat kontrollia sen suhteen, että saivat tehdä itse koko topologian. Miesten vastauksissa nousi esille myös se, että kyseisellä tekniikalla saa aikaseksi parhaimman tuloksen. Toisaalta tässä pitää ottaa huomioon se, että miesten vastauksia oli yhdeksän ja naisilta oli yksi vastaus, toinen vastaus oli ettei käytä tätä tapaa. Remesher -työkaluun olivat valinneet vain kaksi miestä, ei yksikään nainen. Miehet kokivat tekniikan hyväksi, koska se oli ensimmäisen vastaajan mielestä yksinkertainen ja toisen mielestä nopea ja luotettava Shrink wrappia oli käyttänyt vain yksi mies ja ei yhtään naista. Miehen mielestä kyseinen tapa on paras tapa kontrolloida lopputulosta. Kolmannen osapuolen lisäosia käytti kolme miestä ja yksi nainen. Miesten vastaukset kertoivat lisäosista positiivisesti, että ne ovat helppoja ja nopeita ja niillä saa siistittyä verkon. Nainen taas kertoi sen olevan tehokas ja saavan aikaiseksi hyvän topologian, hän myös mainitsi ettei pidä manuaalisesta uudelleenmallintamisesta ja muut tavat ovat hänen mielestään huonoja. Näistä tuloksista sukupuolten välisiä eroja ei voi lähteä vielä yleistämään, sillä naisten osallistuminen kyselyyn jäi pieneksi. Voidaan kuitenkin todeta, että joitakin eroja on havaittavissa miesten ja naisten vastauksissa.

Kirjallisuuskatsauksessa käytiin läpi, kuinka OSS projekteissa käytettävyydellä on huono maine juurikin sen takia, koska niitä ei ole suunniteltu tavallisille käyttäjille ja ohjelmoijat eivät ole välttämättä tietoisia siitä, kuinka tärkeää käytettävyys on, jos haluaa ohjelman menestyvän. Blenderiä on kuitenkin aikanaan pidetty vaikeakäyttöisenä ohjelmana, mutta kehittäjät ovat parannelleet käyttöliittymää loogistamalla sitä ja tekemällä siitä helppokäyttöisen. niin ettei käyttäjän tarvitse muistaa jokaista pikanäppäin komentoa edetäkseen mallintamisessa (Wikipedia, 2022). Tämä tutkimus osoittaa sen, että Blenderin käytettävyys on parempi, sillä harva vastaaja koki mitään isompia ongelmia eri uudelleenmallinnustekniikoissa. Toki manuaalisen uudelleenmallinnuksen tehokkuus ei ole parasta mahdollista, koska se vie käyttäjiltä paljon aikaa. Lisäksi kaikkien kolmannen osapuolen tarjoamat lisäosat eivät välttämättä ole kaikkein helppokäyttöisempiä tai niillä saatava uusi topologia voi sisältää virheitä, mutta tämän tutkimuksen kyselyyn vastanneista neljästä henkilöstä lisäosat ovat olleet todella hyviä käytettävyydeltään.

5.3 Onko jokin tekniikka muita suositumpi ja miksi?

19 vastaajasta 11 vastaajaa käyttivät eniten manuaalista uudelleenmallinnusta. Tärkeäksi tästä teki sen, että käyttäjät itse pystyvät vaikuttamaan todella paljon lopputulokseen ja heillä oli täysi kontrolli koko ajan. Ja kuten eräs vastaaja sanoi, se on standardi tapa tehdä uudelleenmallinnus. Lisäksi sillä saa parhaimman tuloksen aikaiseksi, kunhan tekniikan oppii ensin (Russel Midfield, 2021). Monet mallintajat suosittelivat ainakin tutustumaan manuaaliseen uudelleenmallinnukseen ja vastaajistakin 15 ihmistä oli joskus käyttänyt manuaalista uudelleenmallinnusta, mutta pitäneet sitten toista tekniikkaa heille parempana vaihtoehtona. Vaikka manuaalinen uudelleenmallinnus on aikaa vievää puuhaa, sen positiivisia puolia arvostetaan niin paljon, että käyttäjät ovat valmiita uhraamaan aikansa paremman topologian puolesta. Myös keskustelupalstoilla monet suosittelivat manuaalista uudelleenmallinnusta silloin, jos aikoo peleihin tekemään hahmoja.

Jos vastauksia jaotellaan sen mukaan kuinka kauan vastaajat ovat harrastaneet 3D -mallinnusta niin yhdestä kahteen vuoteen mallintaneista neljästä henkilöstä kaksi käytti manuaalista uudelleenmallinnusta, yksi Blenderin omaa remesher työkalua ja yksi kolmannen osapuolen tarjoamaa lisäosaa. Kolmesta neljään vuotta mallintaneista neljä käytti manuaalista uudelleenmallintamista, kaksi kolmannen osapuolen tarjoamia lisäosia ja yksi remesher -työkalua. Neljästä viiteen vuotta mallintaneita oli kaksi, joista ensimmäinen käytti manuaalista uudelleenmallintamista ja toinen

kolmannen osapuolen tarjoamaa lisäosaa. Yli viisi vuotta 3D -mallintamista harrastaneita oli kuusi henkilöä, joista viisi käytti manuaalista uudelleenmallintamista ja yksi shrink wrappia.

Jos vastaukset taasen jaotellaan sen mukaan kuinka kauan vastaajat olivat käyttäneet Blenderiä niin yhdestä kahteen vuotta käyttäneitä oli kuusi henkilöä, joista neljä käytti manuaalista uudelleenmallintamista, yksi remesher -työkalua ja yksi kolmannen osapuolen tarjoamaa lisäosaa. Kolmesta neljään vuotta käyttäneistä neljä käytti manuaalista uudelleenmallintamista, kolme kolmannen osapuolen tarjoamia lisäosia ja yksi remesher -työkalua. Neljästä viiteen vuotta käyttäneitä oli yksi ja hän käytti manuaalista uudelleenmallintamista. Blenderiä yli viisi vuotta käyttäneitä oli neljä ihmistä, joista kolme käytti manuaalista uudelleenmallintamista ja yksi shrink wrappia.

Sukupuolellisesti jaoteltuna 15 miehestä yhdeksän käytti manuaalista uudelleenmallinnusta, kaksi käytti remesher -työkalua, yksi shrink wrapia ja kolme kolmannen osapuolen lisäosaa. Kolmesta naisesta kaksi käytti manuaalista uudelleenmallinnusta ja yksi kolmannen osapuolen lisäosaa. Yksi vastaaja, joka ei halunnut sukupuoltaan ilmoittaa, käytti manuaalista uudelleenmallinnusta.

6. Lopuksi

Tämä pro gradu -työ tutki käytettävyyttä ja käyttäjäkokemusta Blenderin eri uudelleenmallinnustekniikoiden suhteen. Tutkimuksessa käydään läpi millaisia käyttäjäkokemuksia ja käyttäjillä on eri tekniikoista ja miten käytettäviä nämä eri tekniikat ovat ja onko jokin tekniikka muita suositumpi ja miksi.

Näitä Blenderissä käytettäviä eri uudelleenmallintamistekniikoita ei ole aiemmin juurikaan tutkittu, joten tästä aiheesta voisi saada monia jatkotutkimuksen aiheita. Voidaan tutkia esimerkiksi erilaisten kolmannen osapuolen tarjoamien lisäosien käytettävyyttä tai käyttäjäkokemusta, kuinka saadaan aikaiseksi parempi topologia automaattisilla ohjelmilla, kuinka käytettäviä nämä eri tekniikat ovat juurikin joko monimutkaisten tai yksinkertaisten 3D -mallien kanssa tai miten voidaan parantaa manuaalisen uudelleenmallinnuksen käyttäjäkokemusta. Tutkimuksesta on myös hyötyä näiden tekniikoiden kehittäjille, koska he näkevät kuinka tärkeänä ihmiset pitävät erilaisia ominaisuuksia eri uudelleenmallintamistekniikoissa ja voivat lähteä parantamaan tekniikkaa vastausten perusteella. Esimerkiksi voisi miettiä, miten manuaalista uudelleenmallintamista voisi nopeuttaa tai vastausten pohjalta voidaan lähteä kehittämään sellaista lisäosaa, jossa käyttäjällä on enemmän kontrollia tai topologia voisi olla entistä parempi. 3D -mallintamista harrastavat taasen saavat tietoa siitä, mitä erilaisia uudelleenmallinnustekniikoita on ja mitä muut ovat niistä pitäneet ja voisiko joku näistä sopia omiin tarkoituksiin.

Tutkimuksen kirjallisuuskatsausosuuden rajoituksena oli se, ettei Blenderin eri uudelleenmallintamistekniikoista tai niiden vertailusta löytynyt kovin montaa tieteellistä lähdettä. Myös kyselyyn vastanneiden määrä jäi odotettua alhaisemmaksi, jolloin ei voida yleistää saatuja tuloksia. Kyselyssä ei myöskään otettu huomioon sitä, millaisia 3D -malleja vastaajat yleensä tekevät ja uudelleenmallintavat eri tekniikoilla. Analysoinnissa rajoitteena on se, että kyselyn vastauksia analysoi vain yksi henkilö, jolloin riskinä ovat virheet ja subjektiiviset päätelmät.

Vaikka kirjallisuuskatsauksessa käytiin läpi, että OSS -projekteilla on huono maine käytettävyyden tai käyttäjäkokemuksen suhteen, niin Blenderin käyttäjillä oli pääasiassa positiivisia käyttäjäkokemuksia eri uudelleenmallinnustekniikoista ja jokaisessa korostui hieman eri asiat, joita käyttäjät arvostavat kyseisissä tekniikoissa. Manuaalisessa uudelleenmallinnuksessa korostui käyttäjien saama kontrolli ja parhaimman topologian aikaansaaminen, mutta kyseinen tekniikka aiheutti myös negatiivisia tunteita, koska se vei paljon aikaa. Blenderin remesher -työkalua kuvailtiin helpoksi, nopeaksi ja luotettavaksi. Negatiivisia tunteita kyseinen työkalu ei ollut herättänyt vastaajissa. Shrink wrap -modifierin etuna vastaaja kertoi olevan se, että hän sai keskittyä topologian tekemiseen samalla kun Blender hoiti muodon oikeanlaiseksi. Tässä tekniikassa hyvänä oli myös sen antama vapaus ja kontrolli. Vastaajan mielestä kuitenkin käyttö voisi olla nopeampaa. Kolmannen osapuolen lisäosissa käyttäjät kokivat positiivisina asioina ohjelmien helppouden, nopeuden ja tehokkuuden. Ainoana hieman negatiivisena asiana eräs käyttäjä koki sen, että joutuu lisäämään yksityiskohtia jälkikäteen uudelleenmallinnettuun työhön.

Käytettävyyttä arvioitiin ISO -standardin, Nielsenin heuristiikkojen ja Shneidermanin kahdeksan kultaisen säännön mukaan. Manuaalinen uudelleenmallinnus on eri käytettävyyden määritelmien mukaan hyvä käytettävyydeltään, vaikka voikin aiheuttaa negatiivisia tunteita käyttäjässä, käyttäjä voi tehdä virheitä topologian suhteen ja mallintaminen on tällä tavalla hidasta. Lisäksi ohjelman

ulkoasua ei voida pitää minimalistisena. Remesher -työkalun käytettävyyden arvioi yksi vastaaja olevan hyvä. Myös eri arviointimenetelmien mukaan käytettävyys kyseisellä työkalulla on hyvä, vaikka remesher -työkalun käytettävyys poikkesi manuaalisesta uudelleenmallintamisesta jonkin verran. Kritiikkiä remesher -työkalu sai johdonmukaisuudesta, yhteneväisyydestä ja standardeista sekä siitä, että käyttäjä joutuu käyttämään muistia. Shrink wrap -modifierin käytettävyyttä ainut vastaaja piti hyvänä ja määritelmät puolsivat tämän puolesta. Shrink wrap -modifierin käytettävyys oli samankaltainen manuaalisen uudelleenmallinnuksen kanssa, tosin tehokkaampi. Kolmannen osapuolen lisäosat vaikuttivat olevan kaikkein tehokkain tapa uudelleenmallintamisessa ja jotkin lisäosat jopa loivat paremman topologian 3D -mallille, mitä Blenderin omat työkalut. Kritiikkinä lisäosille oli, että ne eivät välttämättä noudata yhteneväisyyksiä tai standardeja.

Kaikista suosituin tekniikka näistä uudelleenmallinnustavoista oli manuaalinen uudelleenmallinnus, jonka oli valinnut 11 vastaajaa 19. Tämä korostui myös silloin, kun tarkastelin vastaajien 3D -mallintamisen harrastuneisuutta tai Blenderin käyttöä vuosina tai kun tarkasteltiin sukupuolen mukaan. Tämä voi johtua siitä, että tällä tekniikalla käyttäjä saa aikaan parhaimman lopputuloksen, hän saa itse olla kontrollissa koko ajan, jolloin hän voi päättää sen, missä kohden työtä on enemmän yksityiskohtia ja missä vähemmän sekä varmistua siitä, että topologiasta tulee hyvä. Toisaalta, monissa some -kanavissa ihmisille kerrotaan, että manuaalinen uudelleenmallintaminen kannattaa opetella ja korostetaan oikeanlaisen topologian tärkeyttä, jota ei välttämättä saada aikaiseksi vielä muilla tekniikoilla.

Lähteet

- Blender. (2022). *Blender* Haettu 09.08.2022.osoitteesta <https://www.blender.org/about/>
- Blender. (2022). *Blender 3.3 Manual. Retopology*.
<https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/meshes/retopology.html>
- Blender (2022). *Blender 3.3 Manual. Shrinkwrap Modfier*.
<https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/modifiers/deform/shrinkwrap.html>
- Borah, S., & Borah, B. (2016). A survey on feature remeshing of 3D triangular boundary meshes. *Proceedings of the International Conference on Accessibility to Digital World, ICADW* , 57-62.
<https://doi.org/10.1109/ICADW.2016.7942513>
- Christiansen, A. N., Bærentzen, J. A., Nobel-Jørgensen, M., Aage, N., & Sigmund, O. (2015). Combined shape and topology optimization of 3D structures. *Proceedings of the Computers & Graphics*, 46, no. 0, 25-35. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2014.09.021>
- Danan. (2016). Why Do We Need Topology in 3D Modeling [blogikirjoitus]. *Thilakanathan Studios*. <https://thilakanathanstudios.com/2016/09/why-do-we-need-topology-in-3d-modeling/>
- Darmawan, A. K., Hamzah, M. A., Bakir, B., Walid, M., Anwari, A., & Santosa, I. (2021, October). Exploring Usability Dimension of Smart Regency Service with Indonesian Adaptation of The System Usability Scale (SUS) and User Experience Questionnaire (UEQ). *Proceedings of International Conference on Computer Science, Information Technology, and Electrical Engineering (ICOMITEE)*, Oct. 2021,74–79.
<https://doi.org/10.1109/ICOMITEE53461.2021.9650086>
- Denham, T. (2015). *What is 3D Hard Surface & Organic Modeling?* Concept Art Empire.
<https://conceptartempire.com/hard-surface-organic-modeling/>
- Eskola, J. & Suoranta, J. (1998). *Johdatus laadulliseen tutkimukseen*. Vastapaino.
- Feizi, A., & Wong, C. Y. (2012). Usability of user interface styles for learning a graphical software application. *Proceedings of International Conference on Computer & Information Science (ICCIS)*. 1089-1094. <https://doi.org/doi:%2010.1109/ICCISci.2012.6297188>
- Ferre, X., Juristo, N., Windl, H. & Constantine, L. (2001) Usability basics for software developers. *Proceedings of IEEE Software*. vol. 18(1), 22-29. <https://doi.org/10.1109/52.903160>
- Guevarra, E. T. M. a. (2020). *Modeling and Animation Using Blender: Blender 2.80: The Rise of Eevee* (1st ed. 2020.). Apress.

Harper, D. (2011) 'Choosing a qualitative research method', in Harper, D. and Thompson, A. R. (eds.) *Qualitative research methods in mental health and psychotherapy: Wiley-Blackwell*, pp. 83-98.

Hasan, B., & Ahmed, M. U. (2007). Effects of interface style on user perceptions and behavioral intention to use computer systems. *Computers in Human Behavior*, 23(6), 3025-3037.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2006.08.016>

Hassenzahl, M. & Tractinsky, N. (2006) User experience - a research agenda. *Behaviour & Information Technology*, 25(2), 91-97. <https://doi.org/10.1080/01449290500330331>

Hedberg, H., Iivari, N., Rajanen, M., & Harjumaa, L. (2007). Assuring quality and usability in open source software development. *Proceedings of First International Workshop on Emerging Trends in FLOSS Research and Development (FLOSS'07: ICSE Workshops 2007)* 20-26, . 2-6.
<https://doi.org/10.1109/FLOSS.2007.2> .

Hänninen, J. (2015). *Polymallinnuksen ja digitaalisen veistäamisen käyttö pelimallinnuksessa*. [opinnäytetyö, Metropolia Ammattikorkeakoulu]. THESUS *Ammattikorkeakoulujen opinnäytetyöt ja julkaisut*.. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201504305645>

Iivari, N., Rajanen, M., & Hedberg, H. (2014). Encouraging for Enculturation—An Enquiry on the Effort of Usability Specialists Entering OSS Projects. *Proceedings of the 25th Australasian Conference on Information Systems, Auckland, New Zealand, 2014*, pp. 1–10.
<http://hdl.handle.net/10292/8074>

International Organization for Standardization (2019c). *Ergonomics of humansystem interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems* (ISO Standard 9241-210:2019 3.15). Haettu 09.08.2022. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-210:ed-2:v1:en>

Issa, T., & Isaias, P. (2022). Usability and human computer interaction (HCI). In *Sustainable design* (pp. 23-40). Springer, London. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-7513-1_2

Jimenez, C., Lozada, P., & Rosas, P. (2016, September). Usability heuristics: A systematic review. *Proceedings of the IEEE 11th Colombian Computing Conference (CCC)* 1-8.
<https://doi.org/10.1109/ColumbianCC.2016.7750805>

Korvenranta, H. (2006). Asiantuntija-arvioinnit. Teoksessa Saila Ovaska, Anne Aula & Päivi Majaranta (toim.), *Käytettävyytutkimuksen menetelmät*. Tampere: Tampereen Yliopistopaino Oy. 111–124.

Lopez-Aguilar, A. A., Bustamante-Bello, R., and Navarro-Tuch, S. A. (2021). Advanced System to Measure UX in Online Learning Environments. *Proceedings of the 2021 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. 774-777.
<https://doi.org/10.1109/EDUCON46332.2021.9454083>

Nielsen, J. (2005). Ten usability heuristics. doi:
http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic_list.html

- Nielsen, J., & Molich, R. (1990). Heuristic evaluation of user interfaces. *Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems*. 249-256.
<https://doi.org/doi:10.1145/97243.97281>
- Mazumder, F. K., & Das, U. K. (2014). Usability guidelines for usable user interface. *Proceedings of the International Journal of Research in Engineering and Technology*. 3(9), 79-82.
- OpenVDB. (2022). *OpenVDB*. Haettu 09.08.2022. <https://www.openvdb.org/>
- Pan, Z., Di, M., Zhang, J., & Ravi, S. (2018). Automatic Re-Topology and UV Remapping for 3D Scanned Objects Based on Neural Network. *Proceedings of the 31st International Conference on Computer Animation and Social Agents (CASA) Association for Computing Machinery*. 48-52.
<https://doi.org/10.1145/3205326.3205356>
- Pant, S., Negi, K., & Srivastava, S. K. (2021). 3D Asset Size Reduction using Mesh Retopology and Normal Texture Mapping. *Proceedings of the 2021 3rd International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICAC3N)*.1061-1065.
<https://www.doi.org/10.1109/ICAC3N53548.2021.9725549>
- Petrie, H., & Bevan, N. (2009). The Evaluation of Accessibility, Usability, and User Experience. *The universal access handbook, 1*, 1-16.
- Pokorný, P. (2010). The creating and preparing 3d graphics models to use them in the real-time application. *Proceedings of the International DAAAM Symposium*. . Danube Adria Association for Automation and Manufacturing (DAAAM). 611-612
- QuadRemesher. (ei pvm.). *QuadRemesher™ – User Documentation*.
http://www.exoside.com/quadremesherdata/QuadRemesher_1.0_UserDoc.pdf
- Rajanen, M., & Iivari, N. (2010). Traditional usability costs and benefits: fitting them into open source software Development. *Proceedings of the 18th European Conference on Information Systems (ECIS), Pretoria, SA*. 1-12. <https://aisel.aisnet.org/ecis2010/154>
- Rajanen, M., & Iivari, N. (2013, October). Open source and human computer interaction philosophies in open source projects: Incompatible or co-existent? *Proceedings of International Conference on Making Sense of Converging Media (AcademicMindTrek '13)*. Association for Computing Machinery, New York, NY. 67-74. <https://doi.org/10.1145/2523429.2523463>
- Rajeshkumar, S., Omar, R., & Mahmud, M. (2013). Taxonomies of User Experience (UX) evaluation methods. *Proceedings of the 2013 International Conference on Research and Innovation in Information Systems (ICRIIS)*. 533-538. <https://doi.org/10.1109/ICRIIS.2013.6716765>
- Raza, A., Capretz, L. F., & Ahmed, F. (2012). Users' perception of open source usability: an empirical study. *Engineering with Computers*, 28(2), 109-121.
<https://doi.org/10.1007/s00366-011-0222-1>
- Russell Midfield (2.12.2021). *The ULTIMATE Automatic Retopology Guide for Blender!* [video]. YouTube <https://youtu.be/CviZw41IbMg?t=431>
- Russo, M. (2006). *Polygonal modeling: basic and advanced techniques*. Jones & Bartlett Learning.

- Slick, J. (2020). *The Definition of Topology and Its Purpose in 3D Animation*. Lifewire. <https://www.lifewire.com/topology-in-3d-animation-2181>
- Turppa, M., & Kuismin, H. (2013). *Optimizing the 3D Character Modeling Process for Game Development* [Opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu]. THESUS Ammattikorkeakoulujen opinnäytetyöt ja julkaisut. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201305169075>
- Ulucay, Ö., & Ertürk, S. (2004). 3-dimensional object modeling with mesh simplification based resolution adjustment. *Proceedings of the 2nd International Symposium on 3D Data Processing, Visualization, and Transmission*. 3DPVT 2004, 132-138. <https://doi.org/10.1109/TDPVT.2004.1335186>
- Vermeeren, A. P. O. S., Law, E. L. C., Roto, V., Obrist, M., Hoonhout, J. and Väänänen-Vainio-Mattila, K. (2010). User experience evaluation methods: current state and development needs. In *Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Extending Boundaries (NordiCHI '10)*. Association for Computing Machinery. New York, NY, USA. 521–530. <https://doi-org.pc124152.oulu.fi:9443/10.1145/1868914.1868973>
- Vogt, W. P. (2008). The dictatorship of the problem: Choosing research methods. *Proceedings of the Methodological Innovations Online*, 3(1), 1-17. <https://doi.org/10.4256/mio.2008.0006>
- Wahyuningrum, T., Kartiko, C., & Wardhana, A. C. (2020). Exploring e-Commerce Usability by Heuristic Evaluation as a Compelement of System Usability Scale. *Proceedings of the 2020 International Conference on Advancement in Data Science, E-learning and Information Systems (ICADEIS)*. 1-5. <https://doi.org/10.1109/ICADEIS49811.2020.9277343>
- Wang, L., & Zhang, J. (2008). A fast and efficiency character model method for 3D game. *Proceedings of the ICICSE 2008 - 2008 International Conference on Internet Computing in Science and Engineering*, 118-121. <https://doi.org/10.1109/ICICSE.2008.57>
- Wikipedia (2022). Blender (ohjelmisto). Haettu 22.11.2022 osoitteesta [https://fi.wikipedia.org/wiki/Blender_\(ohjelmisto\)](https://fi.wikipedia.org/wiki/Blender_(ohjelmisto))
- Yli-Pentti, M. (2021). *On production of 3D character models for games* [Opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu]. THESUS Ammattikorkeakoulujen opinnäytetyöt ja julkaisut. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2021120423795>

Liite 1: Kyselyn kysymykset

Gender:

Man, Woman, Other, Prefer not to say

Age:

Under 18, 18-24, 25-29, 30-34, 35-39, 40-44, 45-49, over 50

How many years have you been modelling 3D objects?

Under a year, 1-2 years, 3-4 years, 4-5 years, over 5 years

How many years have you used Blender?

Under a year, 1-2 years, 3-4 years, 4-5 years, over 5 years

Which of the following retopology methods have you used? You can choose from several options.

Manual retopology

Blender's remeshing tool

Shrink Wrap

How long will it take you to remeshing with that technique?

Under 1 hour, 1-2 hours, 2-5 hours, 5-8 hours, 8-12 hours, 12-16 hours, 16-20 hours, 20-24 hours, 24-29 hours, 29-30 hours, 30-36 hours, 36-42 hours, over 42 hours

Why are you using that technique?

What is good about that technique?

What is bad about that technique?

What is the usability of this technique?

How well can you do what you need with that technique?

Do you think remeshing is effective with that technique?

How pleasant is it to use that technology and why?

Are there any usability issues with this technique?

What needs to be improved in terms of usability?

Are there any other user experience issues you want to highlight?

What do you think of the other techniques included in the survey, if you have tried them?

The survey is part of Paula Häyrysen's master's thesis, which is a master's degree in computer science. Aim of the study is to investigate the user experiences of 3 different retopology methods by using a survey. The purpose of the study is to obtain information about the kind of user experiences users have of the retopology methods of Blender.

Duration of the study: The data is retained until the master's thesis is approved and then data will be destroyed. It takes an estimated 10-20 minutes to complete the survey.

Confidentiality: Participation in this study is completely confidential. The survey does not collect personal information from respondents.

Participation and the right to suspend: Participation is completely voluntary and you can quit your participation whenever. There will be no negative consequences from quitting of participation.

By submitting responses, you consent to the use of your responses in the master's thesis.