



OULUN YLIOPISTO
UNIVERSITY of OULU

Ajoneuvojen sisäisten tietojärjestelmien käyttöliittymien vaikutus ajoturvallisuuteen

Oulun Yliopisto
Tieto- ja sähkötekniikan tiedekunta
Kandidaatin tutkielma
Janita Perunka
28.4.2019

Tiivistelmä

Useimmissa ajoneuvoissa on erilaisia ajoneuvotietojärjestelmän käyttöliittymiä, joiden tarkoitus on parantaa ajoturvallisuutta ja helpottaa auton hallintaa. Niiden ulkoasu, sijainti ja käyttötapa ovat vaihtelevia. Tämän tutkielman tarkoituksena on selvittää ajoneuvojen tietojärjestelmiin liittyvien käyttöliittymien merkitystä etenkin ajoturvallisuuden kannalta. Tutkimusmenetelmänä on kirjallisuuskatsaus, jossa tavoitteena on tarkastella analyyttisesti kyseiseen aihepiiriin liittyviä tutkimuksia. Kirjallisuuskatsaus luo teoreettisen kehyksen pohtia ajoturvallisuutta eri käyttäjäryhmien kannalta. Vaikka auton tietojärjestelmät tarjoavat kuljettajalle paljon hyödyllistä tietoa, ne voivat myös häiritä kuljettajan keskittymistä ajon aikana ja näin vaarantaa ajoturvallisuuden. Tietojärjestelmän käyttöliittymällä on suuri vaikutus käytettävyyteen ja sitä kautta myös ajoturvallisuuteen.

Avainsanat

IVIS, ajoturvallisuus, käyttöliittymä, käytettävyys

Ohjaaja

Mari Karjalainen

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	2
Sisällysluettelo	3
1. Johdanto.....	4
2. Ajoneuvojen sisäiset tietojärjestelmät	6
2.1 Käytettävyys	6
2.2 Kuljettajan keskittymisen häiriintyminen	7
3. IVIS-järjestelmän suunnittelun ja kehittämisen haasteet	8
3.1 Informaation esittämis- ja syöttötavat.....	8
3.1.1 HUD-näyttö	10
3.1.2 ARHUD	11
3.1.3 Multimodaalinen käyttöliittymä	11
3.2 Ajoneuvon sisäisen tietojärjestelmän suunnittelu.....	13
3.2.1 Suunnittelua tukevat ohjenuorat	13
3.2.2 Iän ja aistihäiriöiden huomioiminen suunnittelussa	13
3.3 Käyttöliittymien arviointi	14
3.3.1 Arviointimenetelmien ja mittaustapojen kehittäminen.....	14
3.3.2 Ajosimulaattorin pätevyys arvioinnissa.....	14
4. Pohdinta.....	16
5. Yhteenveto.....	19
Lähteet.....	20

1. Johdanto

Mediassa puhutaan paljon ajon aikana tapahtuvasta puhelimen käytöstä, kuten tekstiviestien lähettämisestä ja puhelimeen puhumisesta ja kuinka se on ollut osana monissa auto-onnettomuuksissa. Kuitenkin myös auton omat tietojärjestelmät voivat viedä kuljettajan keskittymiskyvyn ajamisesta muualle. Digitalisaation myötä kuluttajat ovat yhä vaativampia ja myös ajoneuvovalmistajat tuovat markkinoille yhä enemmän autoja, joista löytyy erilaisia teknisiä apuvälineitä, kuten navigaattori, musiikkisoitin ja auton sisäinen puhelin. Ajoneuvovalmistajat pyrkivät tuomaan tarjontansa nykyaikaan, esimerkiksi kehittelemällä älyautoja. Monissa nykyajan autoissa löytyy keskikonsolista jonkinlainen näyttö ja myös kojelaudassa voi olla nopeus-, kierros- ja bensalukumittarin lisäksi muita näyttöjä.

Ajoneuvoa ajaessaan ihminen hyödyntää monia aistejaan. Kaikista aisteista näkökyky ja siihen liittyen tarkkaavaisuus ovat luonnollisesti ehdottoman tärkeitä ajamisen sujumisen kannalta. Tarkkaavaisuus ajaessa voi herpaantua, jos esimerkiksi kuljettaja joutuu samaan aikaan katsomaan sekä navigaattorin karttaa että ajotietä. Stuttsin, Reinfurtin, Staplinin ja Rodgmanin (2001) mukaan keskittyminen häiriintyy, kun kuljettaja ei saa ajoissa turvalliseen ajamiseen tarvittavaa informaatiota. Hänen keskittymistään muualle voi viedä esimerkiksi esine tai henkilö ajoneuvon ulko- tai sisäpuolella.

Tämän tutkielman tarkoituksena on perehtyä ajoneuvojen tietojärjestelmien käyttöliittymien merkitykseen ajoturvallisuuden kannalta. Tietojärjestelmät (In-vehicle information systems, IVIS), tarjoavat kuljettajalle käyttöliittymän kautta sellaista tietoa, jota hänen on muutoin vaikea tai mahdoton tavoittaa (Vashitz, Shinar & Blum, 2007). Näitä tietoja voivat olla esimerkiksi auton polttoaineen määrä, eri autonosien toimivuus, navigointiohjeet ja sen hetkiset liikenneolosuhteet. Tutkielmassa perehdytään aiheeseen liittyviin tutkimuksiin ja tehdään yhteenvetoa tutkimustuloksista. Aiempien tutkimusten tuloksia vertaillaan toisiinsa ja pyritään selvittämään millaiset ajoneuvotietojärjestelmän käyttöliittymien piirteet edistävät ajoturvallisuutta ja käytettävyyttä. Lisäksi perehdytään siihen, millaisia eri arviointi- ja mittaustapoja on käytettävissä ajoneuvotietojärjestelmien arvioinnissa ajoturvallisuuden näkökulmasta.

Rajasin aiheeni koskemaan vain henkilöautoja ja jätin muun muassa raskasliikenne ajoneuvot ja kaksipyöräiset ajoneuvot tarkastelun ulkopuolelle. Perustelen aiheen rajauksen, sillä, että henkilöautot ovat liikenteessä yleisimpiä. Kuitenkin uskon, että henkilöautojen sisäisten järjestelmien käyttöliittymien suunnitteluperiaatteista on myös hyötyä muiden ajoneuvojen sisäisten käyttöliittymien suunnittelussa. Kuitenkin isojen kuorma-autojen sisäisten käyttöliittymien suunnittelussa tulee ottaa erilaisia asioita huomioon verrattuna henkilöautoihin, sillä kyseessä on paljon isompi ajoneuvo.

Aiheeseen liittyvää kirjallisuutta ja tutkimusta hain käyttäen enimmäkseen Scopusta ja Sciencedirectiä. Aineistoa etsiessäni käytin hakusanoina ”IVIS” AND ”usability” AND ”safety”. Hakiessani enemmän tietoa eri ikäryhmistä ja keskittymisen häiriintymisestä, käytin lisänä myös hakusanoja ”older drivers”, ”age groups” ja ”distraction”.

Luvussa kaksi määrittelen aiheeseen liittyviä tekijöitä. Luvussa kolme käsittelen, mitä asioita tulee ottaa huomioon ajoneuvon sisäisen tietojärjestelmän suunnittelussa. Käyn läpi myös tutkimuksia, jotka liittyvät erilaisiin tapoihin toteuttaa ajoneuvon sisäisten tietojärjestelmien käyttöliittymiä ja joista esimerkkinä voidaan mainita muun muassa informaation esittämisen- ja syöttötavat. Lisäksi otan esille myös kuljettajan iän ja sen mahdollisen vaikutuksen suunnitteluun. Luvussa neljä käsittelen ajoneuvon sisäisen

tietojärjestelmän arviointia eri arviointi- ja mittaustavoilla. Käsittelen kyseisessä luvussa lisäksi ajosimulaation pätevyyttä testauksessa. Viides luku on pohdintaluku, jossa teen yhteenvetoa tutkimusten tuloksista. Pohdin myös sitä, mitä kaikkea voidaan tulevaisuuden ajoneuvojen sisäisiä tietojärjestelmiä suunniteltaessa ottaa huomioon ajoturvallisuuden näkökulmasta.

2. Ajoneuvojen sisäiset tietojärjestelmät

Ajoneuvojen sisäiset tietojärjestelmät (In-Vehicle Information System, IVIS) voivat avustaa kuljettajaa nostamalla sekä ajoturvallisuutta että tehokkuutta (Peng, Boyle & Lee, 2014). Ne tarjoavat kuljettajalle hyödyllistä tietoa, kuten varoittavat häntä tiellä olevista vaaroista tai näyttävät lyhimmän reitin haluttuun määränpäähän GPS:n (Global Positioning System) avulla. Tässä luvussa määrittelen käytettävyyden ja kuljettajaa häiritseviä tekijöitä sekä käsittelen näiden yhteyttä ajoneuvon IVIS-järjestelmään.

2.1 Käytettävyys

Käytettävyys ISO 9241-11 -standardin mukaan määritetään alueeksi, jolla tietyt käyttäjät voivat käyttää järjestelmää, tuotetta tai palvelua tiettyjen tavoitteiden saavuttamiseksi tuottavasti, tehokkaasti ja miellyttävästi tietyssä käyttöyhteydessä. ISO 9241-11:1998 -standardi on korvattu tuoreemmalla ISO 9241-11:2018 standardilla. Muutoksia on tullut muun muassa tehokkuuden (efficiency) ja miellyttävyyden (satisfaction) määritelmään. ISO 9241-11:2018 standardin mukaan tuottavuus (effectiveness) tarkoittaa määriteltyjen tavoitteiden täyttymistä täydellisesti ja virheettömästi. Tehokkuudella (efficiency) tarkoitetaan resursseja suhteessa tuloksiin. Miellyttävyys (satisfaction) kertoo siitä, missä määrin tuote tai palvelu pystyy täyttämään käyttäjän tarpeet ja odotukset fyysisen, kognitiivisen ja emotionaalisen vasteen huomioiden. Lisäksi käytettävyys on kontekstisidonnaista (context of use), joka on kombinaatio käyttäjistä, päämääristä, tehtävistä, resursseista ja ympäristöstä. (ISO 9241-11:2018.)

Kun tarkastellaan ajoneuvojen IVIS-järjestelmien käyttöliittymiä suhteessa käytettävyyden määritelmään, voidaan huomata, kuinka tärkeä osa-alue käytettävyyden huomioiminen on osana turvallisen ajoneuvon suunnittelua. Kuljettajan tavoitteiden täyttymistä käytettävyyden näkökulmasta voidaan esimerkiksi tarkastella sillä, kuinka tavallisimmat ajamisen aikana välttämättömät tehtävät täyttyvät.

Ajamisessa kuljettajan huomion tulisi ennen kaikkea olla ympäröivässä liikenteessä, joten esimerkiksi tieto siitä, mikä on kuljettajan sen hetkinen ajonopeus, tulee olla helposti havaittavissa. Ajoneuvon nopeus on monesti nähtävillä auton kojelaudalla olevasta nopeusmittarista, joka on monissa henkilöautoissa sijoitettu ratin taakse. Jotta nopealla silmäyksellä nopeusmittariin saavutettaisiin tavoite nopeuden informaatiosta, nopeusmittari tulee olla selkeä ja kuljettajan helposti ymmärrettävissä. Toisin sanoen tässä tehtävässä käytettävyyden *tuottavuus* ilmenee sillä, kuinka tarkasti nopeusmittarissa ilmaistaan ja kuinka hyvin nopeusmittarin lukema täsmää todellista nopeutta. *Tehokkuus* tässä tehtävässä näkyy siinä, kuinka paljon vaivaa käyttäjän täytyy tehdä, jotta saa nopeuden luettua mittarista. Tässä nopeusmittarin sijoittelulla ja sen ulkonäöllä on suuri merkitys. Jos nopeusmittari olisi sijoiteltuna esimerkiksi niin matalalle autossa, että kuljettajan pitäisi kääntää päänsä alas nähdäkseen sen, tehokkuus kärsisi selvästi. *Miellyttävyys* nopeusmittarin katsomisessa syntyy esimerkiksi siitä, kokeeko käyttäjä, että saa nopeuden katsottua ilman tehtävää vaikeuttavia tekijöitä.

Nopeusmittarin lukemistehtävästä voi hyvin huomata sen, että käytettävyyden määritelmässä tehtävän suorittaminen tuottavasti, tehokkaasti ja miellyttävästi vaatii näiden kaikkien kolmen osan ilmentymistä. Ne ovat sidoksissa vahvasti toisiinsa, esimerkiksi jos tehtävän suorittaminen ei onnistu käyttäjän mielestä tehokkaasti, se laskee käytön miellyttävyyttä.

Ajoneuvojen sisäisiä tietojärjestelmiä käytetään käyttöliittymän kautta, ja käyttöliittymän käytettävyydellä on suuri merkitys sille, miten helppoa ja vaivatonta käyttö kuljettajalle on. Liian monimutkainen käyttöliittymä vaikeuttaa IVIS-järjestelmän käyttöä, joka voi heijastua kuljettajan ajosuoritukseen ja siten pahimmassa tapauksessa myös ajoturvallisuuteen.

2.2 Kuljettajan keskittymisen häiriintyminen

Autoillessa kuljettajalta vaaditaan tarkkaa näkökykyä. Kuljettajan on koko ajan tiedettävä, mitä hänen ympärillään tapahtuu ja hänen on pystyttävä pitämään ajoneuvo vakaassa hallinnassaan. Keskittymiskyvyn tulisi siis pysyä ajamisessa, mutta erilaiset häiriötekijät voivat vaikeuttaa tätä. Kuljettajaa häiritseväksi toiminnaksi on määritelty sellainen aktiviteetti, joka vie kuljettajan huomiota pois ajon kannalta turvallisesta toiminnasta tai kilpailee hänen huomiostaan ajon aikana (Regan, Hallet & Gordon, 2011). Kuljettajaa häiritseviä aktiviteetteja voi olla useita, esimerkiksi kanssamatkustavien ajoa häiritsevät toiminnot, kuljettajan älylaitteet ja vaikkapa tien vierustoilla olevat rakennelmat ynnä muut vastaavat tekijät. Syytä on myös huomata, että IVIS-järjestelmä voi olla yksi tällainen tekijä, joka häiritsee kuljettajan turvallisen ajon kannalta kriittisiä toimintoja ja turvallista ajoa.

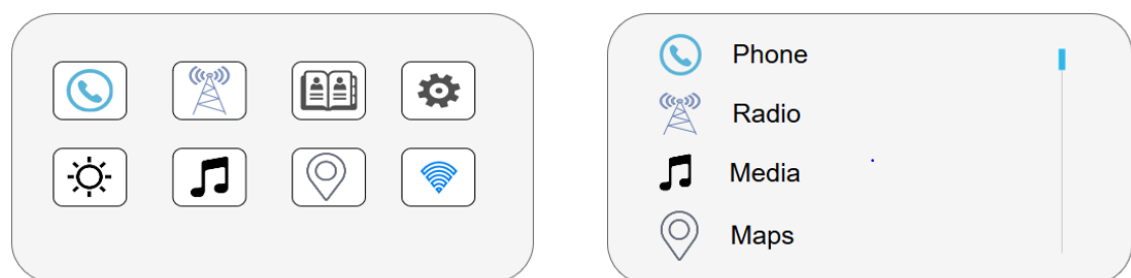
3. IVIS-järjestelmän suunnittelun ja kehittämisen haasteet

IVIS-järjestelmän suunnittelussa tulee ottaa huomioon useita tekijöitä, kun halutaan tehdä järjestelmä, joka on mahdollisimman turvallinen käyttää myös ajon aikana. Suunnitteluratkaisut, kuten IVIS-järjestelmän ohjaustavat (esimerkiksi visuaalismanuaalinen tai puheohjaus), informaatioformaatit (esimerkiksi kaavio, luettelo) ja tekstin ominaisuudet (esimerkiksi merkkien määrä, fontti ja väri) voivat kaikki osaltaan vaikuttaa ajosuoritukseen (Peng et al., 2014). Tapa, jolla informaatio esitetään kuljettajalle ja miten kuljettaja syöttää tietoja järjestelmään (esimerkiksi katuosoitteen) voivat määrittää sitä, kuinka paljon kuljettajan huomio kääntyy pois ajamisesta.

Tässä luvussa tarkastelen tutkimuksia, joissa on selvitetty informaation esittämisen ja syöttötapoja ajoneuvojen sisäisissä tietojärjestelmissä sekä niiden vaikutusta ajosuoritukseen ja siten myös ajoturvallisuuteen.

3.1 Informaation esittäminen- ja syöttötavat

Käyttöliittymän ulkoasulla on merkittävä vaikutus siihen, miten nopeasti ja vaivattomasti järjestelmää voi käyttää. Ulkoasun vaikutusta tarkastelleet Li, Chen, Shan ja Lu (2017) selvittivät kahden eri simuloitun käyttöliittymän ulkoisen asettelutyyppin vaikutusta 24 koehenkilön ajosuoritukseen. Asettelutyyppit, joiden käyttöä testattiin koehenkilöiden ajaessa eri ajonopeuksilla, olivat ruutukuvio-layout (checkerboard layout) ja hierarkkinen-layout (hierarchical layout) (Kuva 1.). Koehenkilöiden suoritumista mitattiin tehtävän suoritumisajan, virheiden määrän, NASA-TLX:n (subjektiivisen työmäärän arviointityökalun), sekä ajosuorituksen jälkeen täytettävän subjektiivisen arviointilomakkeen (The System Usability Scale, SUS) avulla. Lisäksi mitattiin sydämen syketeheyttä ja silmänliikkeitä, kuten keskimääräistä silmäilyaikaa (mean glance time), keskimääräisen silmäilyn määrää (mean number of glances) ja silmän räpsäytyksien tiheyttä (blink frequency). Tutkimuksessa kävi ilmi, että hierarkkinen-layout oli tehokkaampi matalammilla nopeuksilla (0 ja 30 km/h) kun taas ruutukuvio-layout korkeammilla nopeuksilla (60 ja 80 km/h).



Kuva 1. Vasemmalla ruutukuvio-layout ja oikealla hierarkkinen-layout

Kaikissa tutkimuksissa ei kuitenkaan ole löydetty merkittävää eroa eri käyttöliittymien ulkoasun vaikutuksesta ajosuoritukseen. Esimerkiksi Mitsopoulos-Rubens, Trotter ja Lenné (2011) selvittivät tutkimuksessaan, miten musiikkisoittimen eri käyttöliittymäkonseptit vaikuttavat koehenkilöiden ajosuoritukseen. Koehenkilöille annettiin tehtäväksi valita musiikkikappale samalla, kun he ajoivat autoa. Ajosuoritusta arvioitiin ”Lane Change Test” -testin (LCT) avulla, joka on menetelmä, jolla arvioidaan häiriötilanteita liittyen ajoneuvon sisällä tapahtuvien tehtävien suorittamiseen (ks. Mattes,

2003). Tutkimuksessa kävi ilmi, että musiikkisoittimen käytöllä on yleisesti heikentävä vaikutus ajosuoritukseen, mutta tutkimuksessa käytettyjen eri käyttöliittymäkonseptien eroavaisuuksilla ei kuitenkaan ollut merkittävää vaikutusta ajosuoritukseen.

Ajaessa kuljettajan keskittyminen tulisi olla suurimman osan ajasta vain tiessä ja itse ajamisessa. Peng et al. (2014) käsittelivät tutkimuksessaan tekstin syöttämistä ajon aikana. Tutkimuksessaan he huomasivat, että tekstinkäsittelyä koskevan tehtävän suorittamisajalla näyttäisi olevan yhteys ajosuoritukseen. Heidän tutkimuksensa tulosten mukaan näytti siltä, että mitä lyhyempi aika kuljettajalla kuluu tekstin syöttämiseen tai lukemiseen, sitä vähemmän se vaikuttaa ajoon häiritsevästi.

Ajoneuvon sisäisiä järjestelmiä voidaan suunnitella ohjattavaksi perinteisillä manuaalisilla painikkeilla ja tapeilla, äänikomennoilla tai kosketusnäytöllä. Kosketusnäytöt näyttävät olevan vielä yleisempiä mobiiliteknologian puolella, mutta markkinoilla on myös paljon uusia ajoneuvoja, joissa on kosketusnäyttö.

Kim, Kwon, Heon, Lee ja Chung (2014) tutkivat kosketusnäppäimen eri kokojen vaikutusta ajoturvallisuuteen ja IVIS-järjestelmän käytettävyyteen. Tutkimuksessa kosketusnäppäimen koon vaikutusta ajoturvallisuuteen mitattiin keskipoikkeavuudella kaistan sijainnista, nopeuden muutoksilla, yhteenlasketulla silmäilyajalla, keskimääräisellä katseajalla, keskimääräisellä silmäysten välisellä ajalla ja silmäilykertojen keskiarvolla. Vaikutusta käytettävyyteen mitattiin tehtävän suorittamisajalla, virheiden määrällä, subjektiivisella mieltymyksellä ja NASA-TLX:n avulla. Tutkimuksessa koehenkilöiden tehtävä oli syöttää viisinumeroinen numeroyhdistelmä eri kokoisilla kosketusnäppäimillä samalla, kun he ajoivat simulaatiossa eri ajonopeuksilla. Kim et al. (2014) tutkimuksessa huomattiin sekä ajoturvallisuuden että IVIS-järjestelmän käytettävyyden parantuvan sitä mukaa, kun kosketusnäppäimen kokoa suurennettiin.

Myös se, miten IVIS-järjestelmä sijoitetaan ajoneuvon sisälle, on hyvä ottaa huomioon ajoturvallisuutta tarkasteltaessa ja suunniteltaessa. IVIS-laite ei saisi olla sellaisella paikalla, joka häiritsee kuljettajaa liikaa. Tällainen tilanne voi olla esimerkiksi silloin, kun laite peittää näkyvyyttä ulos. Kuitenkin on hyvä ottaa huomioon myös se, että laite ei ole kuljettajalta piilossa, jotta IVIS-laitteen käytöstä ei koituisi häiritsevää työmäärää ajamisen oheen.

Xie, Zhu, Guo ja Zhang (2013) käsittelivät tutkimuksessaan kuljettajan katsekäyttäytymisen ja ajoturvallisuuden välistä suhdetta. Tutkimuksessa verrattiin navigointilaitteen kolmen eri sijoituspaikan vaikutusta koehenkilöillä. Lisäksi tutkimuksessa selvitettiin sitä, onko ääniohjeistuksella ja ilman ääniohjeistusta toimivien navigaattoreiden välillä mahdollisesti eroavaisuutta. Ilmeni, että koehenkilöt kokivat tuulilasilla sijaitsevan navigaattorin miellyttävimmäksi paikaksi ja samoin huomattiin, että kyseinen sijoituspaikka aiheutti vähemmän mentaalista kuormitusta. Tuloksissa ilmeni myös, että ääniohjauksellinen navigointilaitte vähensi kuljettajan visuaalista työmäärää.

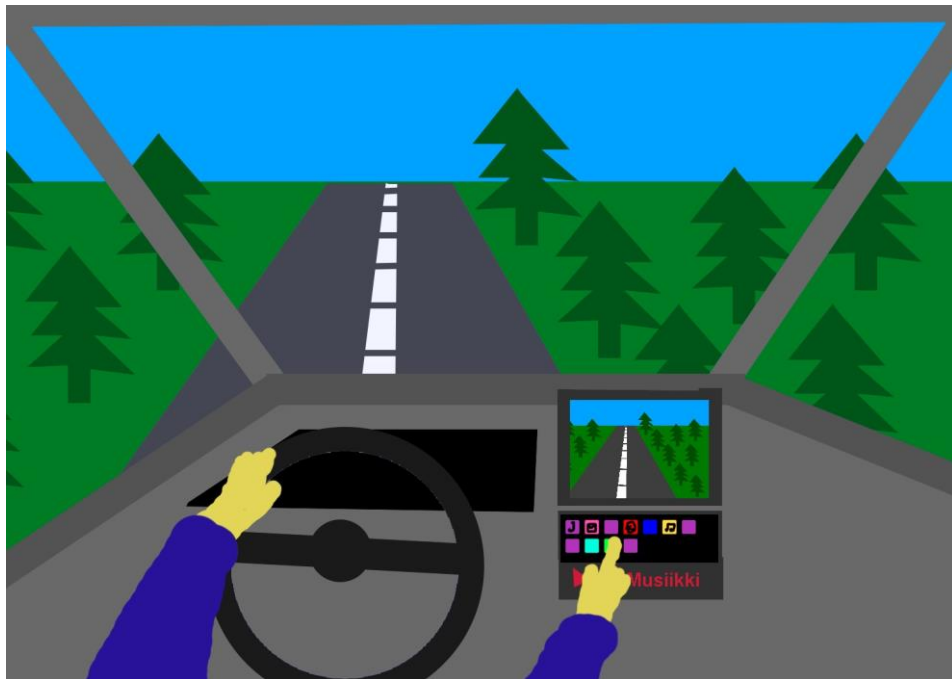
IVIS-järjestelmän sijoittamispaikan lisäksi, voidaan ottaa huomioon myös informaation tärkeys kuljettajalle ja sijoittaa järjestelmä ajoneuvon sisällä sen mukaan. Olaverri-Monreal, Lehsing, Trübswetter, Schepp ja Bengler (2013) käsittelivät tutkimuksessaan sitä, mikä informaatio on tärkeintä, miten se olisi hyvä sijoittaa eri näyttöihin ajoneuvon sisällä ja missä kuljettajat haluavat mieluiten tärkeän informaation sijaitsevan. Tutkimuksessa kävi ilmi, että kuljettajat pitivät mieluisampana sitä, että tärkeä

informaatio sijaitsee suoraan kuljettajan etunäkymässä ja vähemmän tärkeä informaatio keskikonsolissa tai lähellä sitä.

3.1.1 HUD-näyttö

HUD-näytöt (Head-up displays) ovat yksi tämän päivän ratkaisuihin, joiden tarkoituksena on vähentää kuljettajan virheitä ajon aikana. HUD-näyttöillä informaatio pystytään esittämään kuljettajalle suoraan kuljettajan etunäkymässä. HUD-näytöt vähentävät katseen kestoa ja määriä HDD-näyttöihin (Head-down displays), eli tuulilasilla sijaitseviin näyttöihin, joita tarkastellakseen kuljettajan on käännettävä päätään ja katsetaan alas. (Dicke, Jakus & Sodnik, 2013.) Kuten Xie et al. (2013) olivat tutkimuksessaan huomanneet tuulilasilla sijaitsevan navigaattorin aiheuttavan vähemmän mentaalista kuormitusta, HUD-näytöt näyttävät tarjoavan kuljettajalle vaivattoman tavan olla vuorovaikutuksessa IVIS: n kanssa.

Buchhop et al. (2017) tutkivat miten HUD-näytön hyötyjä ajoturvallisuuden parantamisessa voisi hyödyntää uudella lähestymistavalla, jossa kosketusnäytöllisen IVIS-järjestelmän yläpuolelle sijoitetaan erillinen näyttö, josta näkyy suoratoistolähetyksenä edessä oleva tie (Kuva 2.). Tutkimuksessa haluttiin selvittää, voiko tällainen lähestymistapa parantaa HDD-näyttöjen kanssa tapahtuvaa vuorovaikutusta.



Kuva 2. Kosketusnäytön yläpuolelle sijoitettu erillinen auton etunäkymää näyttävä näyttö.

Tutkimuksessa laadulliset mittaukset osoittivat kosketusnäytön yläpuolelle sijoitetun etunäkymänäytön olevan potentiaalia parantaa vuorovaikutusta IVIS: n kanssa, mutta kvantitatiiviset mittareiden erot eivät olleet tilastollisesti merkittäviä. Tutkijat huomauttivat kuitenkin tutkimuksessa olleen yksinkertaistuksia ja rajoituksia, jotka saattoivat osaltaan vaikuttaa testituloksiin. Moni koehenkilö muun muassa kuvasi tämän lähestymistavan olevan heille outo ja siten luottaminen suoratoistolähetykseen oli vaikeaa. Lisäksi yksinkertaistettu ajosimulaattori ei välttämättä anna niin luotettavia tuloksia kuin laadukkaammat ajosimulaattorit tai oikea ajotilanne.

3.1.2 ARHUD

Lisätty todellisuus eli AR (Augmented Reality) on yksi ajankohtaisista aiheista myös ajoneuvojen sisäisten järjestelmien käyttöliittymien kehittämisessä. AR mahdollistaa sen, että käyttäjä näkee oikean maailman, jonka päällä on virtuaalisia objekteja (Azuma, 1997). AR:n yhdistäminen HUD-näytön kanssa (ARHUD) on Walterin, Seitzin ja Benglerin (2018) mukaan lupaavin tapa hyödyntää AR-teknologiaa kuljettajan ajotehtävän avustamisessa.

ARHUD heijastaa informaation tuulilasille virtuaalisena kuvana, joka voi yhdistyä esimerkiksi edessä olevaan tiehen tai edessä olevaan objektiin (Walter et al., 2018). Walter et al. (2018) halusivat tutkimuksessaan tutkia sitä, voisivatko kuljettajat kokea AR-sisällön häiritsevänä tai käytettävyyteen vaikuttavana tai mentaalisenä työkuormana, kun virtuaalinen kuva menee edessä olevan auton päälle. Koe toteutettiin niin, että 24 koehenkilöä istuivat paikallaan olevassa autossa. Heille näytettiin kuvaa, jossa auto ajaa heidän edessään. Edessä oleva auto kuvattiin kolmella eri etäisyydellä koehenkilöille. Pisimmällä etäisyydellä AR-sisältö ei mene auton päälle ja lähimmällä etäisyydellä AR-sisältö on täysin edessä olevan auton päällä. Tuloksista kävi ilmi, että virtuaalisen kuvan menemisellä oikean maailman kohteen päälle ei ole merkittävää vaikutusta käytettävyyteen tai reaktioaikoihin.

3.1.3 Multimodaalinen käyttöliittymä

Multimodaalinen käyttöliittymä tarjoaa kuljettajalle eri tapoja käyttää IVIS-järjestelmää. Joustavan multimodaalisen käyttöliittymän avulla käyttäjät voivat hyödyntää useampaa kuin yhtä kommunikointitapaa vuorovaikutukseen järjestelmän kanssa valiten parhaiten sopivimman tavan tai yhdistelmän kyseiseen tilanteeseen tai tehtävään (Cohen & McGee, 2004). Multimodaalisen käyttöliittymän käyttäminen ei välttämättä vaadi sitä, että kuljettaja katsoo näyttöön vaan hän voi pitää katseena edessä olevassa tiessä samalla, kun hän käyttää järjestelmää esimerkiksi puheen ja eleiden avulla.

Tutkimuksessaan Dicke et al. (2013) arvioivat yksimodaalisten (visuaalinen käyttöliittymä ja auditiivinen käyttöliittymä) sekä multimodaalisten (visuaalis-auditiivinen käyttöliittymä) käyttöliittymien vaikutusta ajosuoritukseen. Tutkimuksessa selvisi, että auditiivinen käyttöliittymä on turvallinen, mutta ei yhtä tehokas kuin HUD (visuaalinen käyttöliittymä). Tutkimuksessa ei kuitenkaan löydetty merkittäviä hyötyjä multimodaalisesta käyttöliittymästä, mutta suurin osa koehenkilöistä suhtautui siihen positiivisesti.

Kim, Ryu ja Han (2015) esittelivät oman ehdotuksena multimodaalisesta käyttöliittymästä, joka käyttää puhetta, kierrettävää nuppia ja eleiden tunnistamista ilman kosketusnäyttöä. He toteuttivat tutkimuksen, jossa kaksi testiryhmää (kokeneet kuljettajat ja kokemattomat kuljettajat) käyttivät sekä tutkijoiden ehdottamaa multimodaalista käyttöliittymää (ilman kosketusmahdollisuutta) ja pelkästään kosketusnäytöllä toimivaa käyttöliittymää. Tuloksissa ilmeni, että kokeneilla kuljettajilla ilmeni vähemmän häiritsevyyttä ja nopeampia reaktioaikoja, kun he käyttivät multimodaalista käyttöliittymää. Lisäksi kun kuljettajat käyttivät kosketusnäyttöä he joutuvat katsomaan näyttöä useita kertoja löytääkseen kosketuskohdan. Kokemattomilla kuljettajilla puolestaan ilmeni kokeen aikana enemmän lyhyitä (alle 2 sekunnin mittaisia) häiriöitä multimodaalisen käyttöliittymän kanssa kuin kosketusnäytön kanssa. Toisaalta kokemattomilla kuljettajilla oli vähemmän pitkiä (yli 2 sekunnin mittaisia) häiriöitä ajamisen aikana, kun he käyttivät multimodaalista käyttöliittymää. Kim et al. (2015)

selittävät tämän johtuvat siitä, että kokemattomat kuljettajat kokivat esitellyn multimodaalisen käyttöliittymän vieraaksi heille ja uskovat käyttöliittymän soveltuvan heille vielä paremmin, kun he tulevat kokeneemmiksi sen käyttämisessä.

Graichen, Graichen ja Krems (2019) saivat myös tutkimuksessaan samansuuntaisia tuloksia kuin Kim et al. (2015). Graichen et al. (2019) vertasivat tutkimuksessaan eleperustaisen ja kosketusperustaisen käyttöliittymän vaikutusta keskittymisen häiriintymiseen ja käyttäjäkokemukseen. Tuloksena koehenkilöt kokivat eleperustaisen käyttöliittymän ajoturvallisuuden kannalta paremmaksi ja työmäärän pienemmäksi. Eleperustaista käyttöliittymää käytettäessä koehenkilöt katsoivat näyttöä merkittävästi vähemmän ja katseen kestot näyttöä kohti olivat paljon lyhyemmät.

3.2 Ajoneuvon sisäisen tietojärjestelmän suunnittelu

Markkinoille on tuotu ja tuodaan jatkuvasti ominaisuuksiltaan monipuolisia IVIS-järjestelmiä, joiden ohjaaminen voi tapahtua myös muuten kuin ajoneuvon omilla fyysisillä painikkeilla, kuten esimerkiksi autoon liitettyllä älypuhelimella. Erityisesti älypuhelimien liittäminen autoon antaa myös muille valmistajille kuin itse ajoneuvonvalmistajille mahdollisuuden kehittää applikaatioita, joita voidaan käyttää ajoneuvossa. Kolmannen osapuolen sovellusvalmistajat näyttävät kuitenkin usein sivuuttavan potentiaalisen häiritsevyystekijän, joka sovelluksen käytöstä voisi koitua ja häiritä näin kuljettajan ajamista (Purucker, Naujoks, Prill & Neukum, 2017). Tämän vuoksi tietojärjestelmien suunnitteluun on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Suunnitteluvaiheessa toiminnallisten prototyyppien testaus voi vaatia yrityksiltä paljon aikaa, työvoimaa ja rahaa. Tämä puolestaan voi aiheuttaa sen, että yritykset ohittavat testausvaiheen järjestelmän kehittämisen aikana. Olisi tärkeää, että suunnittelijat ottaisivat huomioon mahdolliset häiriötekijät, jotta ajon aikana tapahtuva järjestelmien käyttö veisi mahdollisimman vähän kuljettajan huomiota pois itse ajamisesta. Tarkastelen seuraavissa alaluvuissa suunnittelua tukevia ohjenuoria ja eri käyttäjäryhmien huomiointia suunnittelussa.

3.2.1 Suunnittelua tukevat ohjenuorat

On olemassa ajoneuvojen sisäisten järjestelmien suunnittelua tukevia ohjenuoria, jotka keskittyvät vähentämään visuaalista vaatimusta, kun kuljettaja on vuorovaikutuksessa visuaalis-manuaalisen käyttöliittymän kanssa. The Alliance of Automobile Manufacturers ja National Highway Traffic Safety Administration ovat kehittäneet omat ohjenuoransa, joiden tarkoituksena on ohjata suunnittelijoita luomaan ajoneuvojen sisälle näyttöjä, jotka eivät vaadi kuljettajalta paljon visuaalista tarvetta. Kuljettajan ei tarvitsisi kuin enintään vilkaista näyttöä ymmärtääkseen ja voidakseen käyttää sitä. Molemmissa ohjenuorissa mitataan silmien katseen kestoa, kun järjestelmille tehdään ”hyväksyntätestausta”. The Alliancen ohjenuorassa mitataan katseen kestoa kohti näyttöä, kun taas NHTSA:n ohjenuorassa mitataan katseen kestoa poissa tieltä. (Kidd, Dobres, Reagan, Mehler & Reimer, 2017.)

3.2.2 Iän ja aistihäiriöiden huomioiminen suunnittelussa

Väestön ikääntyessä myös autoilevan väestön keski-ikä nousee. Tilastojen mukaan vanhuksat ovat mukana harvassa auto-onnettomuudessa, mutta heidän vanhuudestaan johtuvan fyysisen haurauden vuoksi he kuuluvat suurimpaan riskiryhmään etenkin vakavia vammoja aiheuttavissa tai kuolemaan johtavissa onnettomuuksissa (Koppel, Bohensky, Langford & Taranto, 2011). Heidän turvallisuutensa liikenteessä on näin ollen yhteiskunnallinen huolenaihe. HMI-ohjenuorassa (”Human Machine Interface”) ei huomioida vanhempien kuljettajien fyysisiä ja kognitiivisia rajoitteita, jolloin suunnittelijoilta puuttuu selkeät ohjeet, miten heidän tulisi käytännössä ottaa nämä rajoitteet huomioon ajoneuvon sisäisten teknologioiden suunnittelussa (Young, Koppel & Charlton, 2017).

Kim ja Son (2011) arvioivat tutkimuksessaan iäkkäämpien kuljettajien työmäärää ajon aikana, kun heidät piti suorittaa ajon aikana tavallisia tehtäviä. Tutkimuksessa koehenkilöiden tuli aktivoida suuntavilkku, säätää radion äänenvoimakkuutta, lukea ajonopeus, vaihtaa radiokanava ja asettaa oikea lämpötila käyttäen valikkopohjaista ohjausnäyttöä. Tutkimuksessa havaittiin vanhempien kuljettajien tarvitsevan enemmän aikaa tehtävien suorittamiseen kuin nuorempien (noin 20-vuotiaiden) kuljettajien. Lisäksi vanhemmat kuljettajat yleensä ylittivät häiriötekijöitä koskevien National Highway Traffic Safety Administrationin kehittämän ohjenuoran asettamat hyväksyttävät arvot, kun suorittivat suhteellisen monimutkaisia tehtäviä.

Suunniteltaessa IVIS-järjestelmää vanhuksille tai lievistä aistihäiriöistä poteville henkilöille, kuten värisokeille, voitaisiin hyödyntää multimodaalista käyttöliittymää ja sen suomia mahdollisuuksia aistikanavien monipuoliseen hyödyntämiseen. Esimerkiksi jos henkilöllä on puna-vihersokeus, sen mahdollista haittaa voidaan kompensoida auditiivisella informaatiota välittävällä käyttöliittymällä. Toisaalta, jos henkilöllä on huono kuulo, sitä voidaan kompensoida visuaalisesti välitettävällä informaatiolla.

3.3 Käyttöliittymien arviointi

Käyttöliittymien arviointi on tärkeää IVIS-järjestelmän luotettavan toiminnan edistämiseksi. Tarkastelen seuraavissa luvuissa käyttöliittymien arviointiin liittyviä seikkoja.

3.3.1 Arviointimenetelmien ja mittauksten kehittäminen

Purucker et al. (2017) tarkastelivat tutkimuksessaan, miten IVIS-järjestelmän suunnitteluvaiheessa voidaan arvioida sen häiritsevyyttä ajon aikana esittelemällä arviointimenetelmän, joka yhdistää empiirisiä ja analyttisiä menetelmiä. Esitetyssä menetelmässä laajennetaan analyttistä KLM-mallia (Keystroke-Level Model) ennustamaan aikaa, jolloin käyttäjän katse on pois tiestä (TEORT – total eyes-off-road times). Purucker et al. (2017) ottivat laajennetussa KLM -lähestymistavassaan huomioon sen, että järjestelmää käytetään ajaessa, eikä pysähtyneessä olosuhteessa, niin kuin perinteisesti KLM:ää käytetään ennustamaan tehtävien kestoa järjestelmää käytettäessä.

Purucker et al. (2017) perustelevat kehitetyn lähestymistavan auttavan valmistajia suunnittelemaan liikenneturvallisuusvaatimuksia täyttäviä järjestelmiä, kuitenkin yhdessä muiden käytettyjen menetelmien tukena. On tärkeää jatkaa menetelmien kehittämistä ja saada testausmenetelmät sopimaan paremmin nykypäivän uusien järjestelmien tutkimiseen. Teknologian kehitys on kuitenkin nopeaa ja uusia ratkaisuja keksitään tiuhaan tahtiin, joten on tärkeää huomioida myös näiden uusien ratkaisujen mahdollisia ajoturvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä.

3.3.2 Ajosimulaattorin pätevyys arvioinnissa

Monissa ajoturvallisuutta ja IVIS-järjestelmän käyttöliittymää tarkastelevissa tutkimuksissa tutkimuskoe toteutetaan ajosimulaation avulla muun muassa koehenkilöiden oman turvallisuuden vuoksi, eikä kokeita tehdä oikeassa liikenteessä. Goodmanin et al. (1997) mukaan ajosimulaattorit vaihtelevat huomattavasti niiden ominaisuuksiltaan. Osa simulaattoreista tarjoaa vakuuttavan realistisen visuaalisen näkymän, kun taas osassa simulaattoreissa visuaalisen näkymän realismi jää

heikommaksi. Goodman et al. (1997) mainitsevat etenkin näkökyvyn olevan merkittävässä asemassa ajon aikana, joten simulaattorin kyky kuvata visuaalista todellisuutta on tärkeä ominaisuus, jotta saadaan luotettavaa tietoa simulaation avulla toteutetusta kokeesta. Lisäksi heidän mukaansa koehenkilöt saattavat reagoida simulaattorissa eri tavalla kuin oikeassa ympäristössä, sillä koehenkilöt tiedostavat, ettei simulaatiossa voi tulla vakavia seuraamuksia heidän mahdollisten virheidensä vuoksi.

Wang, Mehler, Reimer, Lammers, D'Ambrosio ja Coughlin (2010) halusivat omassa tutkimuksessaan selvittää, onko ajosimulaatiossa toteutettu tutkimus pätevä verrattuna kentällä eli oikealla ajotiellä toteutettuun tutkimukseen. Tutkimus toteutettiin niin, että osa koehenkilöistä ajoi autotiellä samalla, kun he käyttivät kolmea eri informaation syöttötapaa (näppäimistö, kosketusnäyttö ja pyöritettävä ohjain) syöttääkseen järjestelmään tietyn katuosoitteen. Loput koehenkilöistä saivat muuten saman tehtävän ja instrumentit, mutta he suorittivat kokeen ajosimulaatiossa. Kun kokeiden tuloksia verrattiin toisiinsa, todettiin sekä simulaatiosta että kentältä saatujen mittaustulosten heijastavan toisiaan hyvin läheisesti. Tutkimustulosten perusteella ajosimulaatio tarjoaa turvallisen ja tehokkaan tavan arvioida IVIS-järjestelmää.

4. Pohdinta

Ajoneuvon sisäisten tietojärjestelmien käyttöliittymien vaikutusta ajamiseen on tarkasteltu useissa eri tutkimuksissa (ks. Taulukko 1.). Näissä tutkimuksissa on pyritty monesti saamaan selville, millainen käyttöliittymä on optimaalisin tarjoamaan tietoa ilman, että se häiritsee kuljettajan ajamista. Aiemmissa tutkimuksissa on käytetty eri tapoja käyttöliittymien tutkimiseen, kuten muun muassa testaamalla erilaisten käyttöliittymien käyttämistä samalla, kun kuljettaja ajaa eri nopeuksilla. Lisäksi käyttöliittymiä on tutkittu eri-ikäisillä kuljettajilla ja mitattu kuljettajien silmänliikkeitä samalla kun he ajavat.

Tutkimusten tulosten perusteella voi koota ajoturvallisuuden kannalta hyvän IVIS-järjestelmän ominaisuuksia. Tarkastelen tässä luvussa sitä, millaiset käyttöliittymien piirteet edistävät ajoturvallisuutta ja käytettävyyttä tutkielmassani olevien tutkimusten perusteella. Näitä tietoja voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi uusia IVIS-järjestelmiä suunniteltaessa.

Li et al. (2017) tekemän tutkimuksen tulosten mukaan IVIS-järjestelmän käyttöliittymän asettelutyypeistä optimaalisin kuljettajan ajaessa matalilla nopeuksilla (0 ja 30 km/h) on hierarkkinen-layout, kun taas suuremmilla nopeuksilla (60 ja 80 km/h) ajettaessa paremmaksi asettelutyyppiä havaittiin ruutukuvio-layout. IVIS-järjestelmää kehittäessä olisikin hyvä miettiä, miten käyttöliittymän layout kannattaisi toteuttaa, kun edellä kuvatun tutkimuksen mukaan myös ajonopeus voidaan liittää yhdeksi muuttujaksi, joka vaikuttaa ajoturvallisuuden kannalta optimaalisen käyttöliittymän saavuttamiseen. Olisiko ratkaisuna esimerkiksi käyttöliittymä-layout, joka muuttuu ajonopeuden kasvaessa tai laskiessa?

Mitsopoulos-Rubens et al. (2011) tutkiessa musiikkisoittimen ja sen eri käyttöliittymä ulkoasutyypin vaikutusta ajoturvallisuuteen ei löydetty merkittävää eroavaisuutta ulkoasutyypin välillä kuten edellä mainitun Li et al. (2017) tutkimuksessa oli löydetty. Sen sijaan todettiin, että musiikkisoittimen käytöllä ajon aikana olevan negatiivinen vaikutus ajosuoritukseen. Tutkimuksen tulokseen vaikuttavana syynä voisi mahdollisesti pitää osallisen tehtävän suoritusaikaa. Peng et al. (2014) tutkimus käsitteli tekstin syöttämistä ja lukemista ajon aikana. Näiden tutkijoiden mukaan tehtävän suoritus aika on yksi vaikuttava tekijä, joka heikentää ajosuoritusta kokonaisuudessaan. Peng et al. (2014) mukaan ajosuoritus heikkeni sitä mukaa, kun tehtävän suoritus aika nousi.

Näppäinkoon muutoksilla on havaittu myös olevan vaikutusta käytettävyyteen ja sitä kautta ajoturvallisuuteen (Kim et al., 2014). Kim et al. (2014) tutkimuksessa huomattiin näppäinkoolla olevan vaikutus käytettävyyteen ja ajoturvallisuuteen, jos IVIS-järjestelmä on toteutettu ohjattavaksi kosketusnäytön kautta. Mitä suuremmaksi näppäinkokoa kasvatettiin, sitä parempi vaikutus sillä oli käytettävyyteen ja ajoturvallisuuteen.

Asettelutyyppiin ja näppäinkoon lisäksi se, miten IVIS-laite on sijoitettu ajoneuvon sisällä vaikuttaa myös merkittäväällä tavalla ajoturvallisuuteen. Xie et al. (2013) tutkimuksessa ilmeni, että navigointilaite koettiin mukavimmaksi käyttää, kun se sijaitsee tuulilasiin kiinnitettynä. Tutkimuksen pohjalta voidaan päätellä, että IVIS-järjestelmän käyttäminen ajon aikana kuluttaa vähiten mentaalista työkuormaa, kun katsetta ei tarvitse viedä kauas itse tiestä. IVIS-laitteen sijaitessa lähellä tuulilasia mahdollistetaan kuljettajalle suhteellisen vaivaton näytön vilkaisu, jolloin katse ei todennäköisesti ole pois itse tiestä liian pitkää aikaa.

Olaverri-Monreal et al. (2013) mukaan myös informaation laadulla on merkitystä siihen, minne se kannattaa ajoneuvon sisällä sijoittaa. Tärkeä informaatio kannattaa sijoittaa kuljettajan etunäkymään ja vähemmän tärkeä informaatio keskikonsoliin. Suunnittelussa tulisikin siis huomioida myös informaation tyyppi. Bucchop et al. (2017) kuitenkin tarjosivat oman potentiaalisen ratkaisunsa siihen, miten keskikonsolissa olevaa informaatiota voidaan käsitellä ilman, että kuljettajan huomio edessä olevasta ympäristöstä menee täysin. Ehdotus HUD-näyttöä mukailevasta ylimääräisestä näytöstä keskikonsolin näytön päällä voi tarjota vaihtoehtoja informaation sijoittamiselle eri puolelle ajoneuvoa.

AR-teknologiaa hyödyntävä ARHUD on vasta harvassa uusimmissa autoissa. ARHUD voi tukea hyvin kuljettajan ajotehtävää tarjoamalla informaatiota sulauttamalla se edessä olevaan ympäristöön. Kuitenkin yksi huolenaihe on virtuaalisen kuvan häiritseminen, kun se menee todellisen ympäristön kanssa päällekkäin. Walter et al. (2018) tutkimuksen mukaan näyttäisi siltä, että virtuaaliset kuvat tuulilasissa eivät vaikuttaisi negatiivisesti käytettävyyteen tai kuljettajan reaktioaikaan. Tutkimus kuitenkin toteutettiin paikallaan olevassa autossa, mikä ei välttämättä tarjoa niin tarkkaa tulosta kuin todellisessa ympäristössä ajaminen.

Informaation välittämisessä kuljettajalle suunnittelijoiden voisi olla hyvä harkita myös multimodaalista käyttöliittymää, jossa hyödynnetään useampaa ihmisen aistia (esimerkiksi näkö- ja kuuloaistia) tarjotessa tietoa. Dicke et al. (2013) havaitsivat tutkimuksessaan positiivisen vastaanoton testikäyttäjiltä multimodaaliselle käyttöliittymälle. Tällaisessa informaation saaminen kuljettajalle ei ole vain yhden aistin varassa, mikä voi lisätä ajoturvaluutta.

Xie et al. (2013) tarkastelivat tutkimuksessaan lisäksi ääniohjeistuksellisen navigointilaitteen vaikutusta ajoturvaluuteen. Tutkimuksessa verrattiin sitä, onko ilman ääntä ja äänen kanssa toimivien navigointilaitteiden välillä eroavaisuuksia. Huomattiin, että ääniohjeistukset vähensivät kuljettajan visuaalista työkuormaa. Saman suuntaisia tuloksia saivat tutkimuksissaan myös Kim et al. (2015) ja Graichen et al. (2019). Tutkimusten perusteella voi päätellä, että kun IVIS-järjestelmää on mahdollista käyttää myös tavoilla, jotka eivät välttämättä vaadi näytön katsomista, esimerkiksi eleitä tai puhetta hyödyntämällä, on järjestelmän käyttäminen vähemmän huomiota vievää.

Tässä tutkielmassa tarkasteltujen tutkimusten perusteella (ks. Taulukko 1.) pidän tärkeänä, että uusien applikaatioiden ja ratkaisujen tullessa jatkuvasti kuluttajien saataville, nousee suunnittelijoiden itsesääntely ja vastuu jopa tärkeämmäksi verrattuna lakeihin ja standardeihin, joiden pitäisi taata uusien laitteiden turvallisuus. Teknologian kehitys on niin nopeaa, että lakeja ja standardeja tulisi hioa jatkuvasti, jotta pystyisi uusien ratkaisujen arvioimaan muun muassa turvallisuuden kannalta.

Kolmannen osapuolen kehittämät applikaatiot, jotka ovat tarkoitettu käytettäväksi ajoneuvon sisällä herättävät kysymyksen ovatko suunnittelijat täysin perillä siitä, miten heidän applikaationsa soveltuu käytettäväksi ajoneuvon sisään? Jos itse ajoneuvon on suunnitellut ja valmistanut eri yhtiö kuin ajoneuvoapplikaation, onko varmuutta sille, että esimerkiksi älypuhelimien kautta toimiva ajoneuvon sisään tarkoitettu applikaatio pystyy toimimaan ajoneuvon kanssa yhdessä ilman riskiä kuljettajan ajoturvaluuden vaarantumisesta.

Lähde	Tutkimuksen tavoite	Päätulokset
Li, Chen, Sha ja Lu (2017)	Käyttöliittymän ulkoasun (asettelutyypin) vaikutusta ajosuoritukseen.	Hierarkkinen-layout oli tehokkaampi matalammilla nopeuksilla (0 ja 30 km/h). Ruutukuvio-layout tehokkaampi korkeammilla nopeuksilla (60 ja 80 km/h).
Mitsopoulos-Rubens, Trotter ja Lenné (2011)	Ajoneuvon sisäisen musiikkisoittimen eri käyttöliittymäkonseptien vaikutus ajosuoritukseen.	Musiikkisoittimen käytöllä on yleisesti heikentävä vaikutus ajosuoritukseen. Tutkimuksessa käytettyjen eri käyttöliittymäkonseptien eroavaisuuksilla ei ollut merkittävää vaikutusta ajosuoritukseen.
Peng, Boyle ja Lee (2014)	Tekstin syöttämisen vaikutus ajon aikana ajosuoritukseen.	Mitä lyhyempi aika kuljettajalla kuluu tekstin syöttämiseen tai lukemiseen, sitä vähemmän se vaikuttaa ajoon häiritsevästi.
Kim, Kwon, Heon, Lee ja Chung (2014)	Kosketusnäppäimen eri kokojen vaikutusta ajoturvallisuuteen ja IVIS-järjestelmän käytettävyyteen.	IVIS-järjestelmän käytettävyyden parantui sitä mukaa, kun kosketusnäppäimen kokoa suurennettiin.
Xie, Zhu, Guo ja Zhang (2013)	Selvittää kuljettajan katsekäyttäytymisen ja ajoturvallisuuden välinen suhde.	Tuulilasilla sijaitseva navigaattori koettiin miellyttävämmäksi paikaksi ja kyseinen sijoituspaikka aiheutti lisäksi vähemmän mentaalista kuormitusta. Ääniohjauksellinen navigointilaitte vähensi kuljettajan visuaalista työmäärää.
Olaverri-Monreal, Lehsing, Trübswetter, Schepp ja Bengler (2013)	Selvittää, mikä informaatio on tärkeintä, miten se olisi hyvä sijoittaa eri näyttöihin ajoneuvon sisällä ja missä kuljettajat haluavat mieluiten tärkeän informaation sijaitsevan.	Kuljettajat pitivät mieluisampana tärkeän informaation sijaitsevan suoraan kuljettajan etunäkymässä ja vähemmän tärkeä informaatio keskikonsolissa tai lähellä sitä.
Dicke, Jakus ja Sodnik (2013)	Arvioida yksi-modaalisten sekä multimodaalisten käyttöliittymien vaikutusta ajosuoritukseen.	Auditiivinen käyttöliittymä on turvallinen, mutta ei yhtä tehokas kuin HUD. Ei löydetty merkittäviä hyötyjä multimodaalisesta käyttöliittymästä, mutta siihen suhtauduttiin positiivisesti.
Buchhop, Edel, Kenaan, Raab, Böhm ja Isemann (2017)	Voiko HUD-näytön hyötyjä käyttää ajoturvallisuuden parantamiseen sijoittamalla kosketusnäytöllisen IVIS-järjestelmän yläpuolelle erillinen näyttö, josta näkyy suoratoistolähetyksenä edessä oleva tie.	Tutkimuksessa laadulliset mittaukset osoittivat kosketusnäytön yläpuolelle sijoitetun etunäkymänäytön olevan potentiaalia parantaa vuorovaikutusta IVIS:n kanssa, mutta kvantitatiiviset mittareiden erot eivät olleet tilastollisesti merkittäviä.
Walter, Seitz ja Bengler (2018)	Arvioida voivatko ARHUDin virtuaaliset kuvat häiritä kuljettajaa, kun ne menevät päällekkäin tosielämän objektien kanssa.	Virtuaaliset kuvat tuulilasissa eivät vaikuta merkittävästi käytettävyyteen tai kuljettajan reaktioaikaan.
Kim, Ryu ja Han (2015)	Puhetta, kierrettävää nuppia ja eleiden tunnistamista hyödyntävän multimodaalisen käyttöliittymän vertaaminen kosketusnäytölliseen käyttöliittymään.	Kokeneilla kuljettajilla ilmeni vähemmän häiritsevyyttä ja nopeampia reaktioaikoja, kun he käyttivät multimodaalista käyttöliittymää. Lisäksi kun kuljettajat käyttivät kosketusnäyttöä he joutuvat katsomaan näyttöä useita kertoja löytääkseen kosketuskohdan.
Graichen, Graichen ja Kreams (2019)	Eleperustaisen ja kosketusperustaisen käyttöliittymien vaikutusten vertaaminen keskittymisen häiriintymisen ja käyttäjäkokemuksen kannalta.	Koehenkilöt kokivat eleperustaisen käyttöliittymän ajoturvallisuuden kannalta paremmaksi ja työmäärän pienemmäksi. Eleperustaista käyttöliittymää käytettäessä koehenkilöt katsoivat näyttöä merkittävästi vähemmän ja katseen kestot näyttöä kohti olivat paljon lyhyemmät.

Taulukko 1. Yhteenveto ajoneuvon informaation esittämisen- ja syöttötapoja tarkastelevista tutkimuksista.

5. Yhteenveto

Ajoneuvojen tietojärjestelmät antavat hyödyllistä tietoa kuljettajalle, mutta se miten tieto esitetään sekä se, miten järjestelmää käytetään, määrittelee sen turvallisuuden. Tärkeintä ajoturvallisuuden kannalta on kuitenkin se, että yksilö voi keskittyä pelkästään ajamiseen. Ajoneuvon sisään ei kannata liikaa sijoittaa ajamisesta pois huomion vievää teknologiaa, vaan jättää ne ajoneuvon ulkopuolelle. Haasteena on kuitenkin kuluttajien nousevat vaatimukset, joihin suunnittelijat mielellään taloudellisen hyödyn saavuttamiseksi pyrkivät vastaamaan.

Tämä tutkielma tarjoaa laajan kokonaiskatsauksen IVIS-järjestelmän käytettävyyttä käsittelevistä tutkimuksista. Tutkielma ei ole kuitenkaan systemaattinen kirjallisuuskatsaus, joten katsauksen tulokset eivät ole yleistettäviä. Lisäksi suhteellisen uusista IVIS-järjestelmäratkaisuksista, kuten esimerkiksi tässä tutkielmassa esitelty ARHUD, ei ole vielä tarjolla paljoa tutkimustietoa. Tämä voisi olla jatkotutkimuksen aiheena.

Vaikka tutkimuksissa onkin löydetty hyviä piirteitä IVIS-järjestelmän käyttöliittymästä ajoturvallisuuden kannalta, olisi tulevaisuudessa hyvä ottaa huomioon erityisesti iältään vanhempi autoileva väestö, sillä heitä tulee olemaan tulevaisuudessa yhä enemmän. Osa tutkimuksista voitaisiin toteuttaa vain vanhuksilla (65 vuotta tai yli), jotta saataisiin lisää tutkimustietoa vanhemman väestön ajamisesta ja heille sopivista ominaisuuksista.

IVIS-järjestelmän käyttöliittymiä ja niiden ajoturvallisuutta olisi hyvä tutkia myös muilla käyttäjäryhmillä. Tällaisia käyttäjäryhmiä ovat esimerkiksi sellaiset, joilla on jokin fyysinen rajoite tai muu vastaava vamma esimerkiksi liikkumisessa. Erityisryhmiin kuuluvat käyttäjät eivät välttämättä voi käyttää niin sanottua perinteisen ajoneuvon IVIS-järjestelmien käyttöliittymiä. Tämän vuoksi testauksiin tulisi ottaa mukaan myös erityisryhmiä. Näin saataisiin tietoa tietyn erityisryhmän tarpeista ajoturvallisuuden parantamiseksi. Syytä on huomioida, että erilaisia rajoitteita huomioivat käyttöliittymät lisäävät ajoturvallisuutta paitsi erityisryhmillä myös kaikilla muilla autoilijoilla. Voisiko käyttöliittymien suunnittelijoille laatia protokolla erityisryhmien rajoitteiden huomioimiseksi? Myös kokemusasiantuntijoiden hyödyntäminen suunnittelun eri vaiheissa auttaneen suunnittelijoita huomioimaan käyttöliittymien turvallista käyttöä edistäviä tekijöitä.

Uskon, että autoteollisuus menee vielä enemmän siihen suuntaan, että markkinoille pyritään tuomaan itseohjautuvia autoja. Hyvin toteutettuna uskoisin tämän vähentävän tilanteita, joissa liikenneturvallisuus vaarantuu, sillä ihmisen ohjaaman ajoneuvon liittyy aina inhimillisen virheen riski. Uskon itseohjautuvien autojen yleistymisessä kestävän vielä tovi. Varsinkin suomeen voi olla tällaisia haastava kehittää muun muassa teiden lumisuuden vuoksi talvella.

Uusia ratkaisuja kehitetään autoihin jatkuvasti. Kuitenkin tulee ottaa huomioon, että kehityksen ollessa nopeaa, tulee tutkimusta jatkaa myös jatkuvasti.

Lähteet

- Azuma, R., T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4) 355-385.
- Buchhop, K., Edel, L., Kenaan, S., Raab, U., Böhm, P., & Isemann, D. (2017). In-Vehicle Touchscreen Interaction: Can a Head-Down Display Give a Heads-Up on Obstacles on the Road?. *Proceedings of the 9th ACM International Conference on Automotive User Interface and Interactive Vehicular Applications*, 21-30.
- Cohen, P. R. & McGee, D. R. (2004). Tangible Multimodal Interfaces for Safety-Critical Applications, *Communication of the Acm*, 47(1), 41-46.
- Dicke, C., Jakus, G., & Sodnik, J. (2013). Auditory and head-up displays in vehicles. *HCI 2013: Human-Computer Interaction Applications and Services*, 551-560.
- Goodman, M. J., Bents, F. D., Tijerina, L., Wierwille, W., Lerner, N., & Benel, D. (1997). An investigation of the safety implications of wireless communication in vehicles. *Department of Transportation, NHTSA, Washington, DC*.
- Graichen, L., Graichen, M., & Krems, J. F. (2019). Evaluation of Gesture-Based In-Vehicle Interaction: User Experience and the Potential to Reduce Driver Distraction. *Human Factors and Ergonomics Society*, (painossa), 1-9.
- ISO 9241-11:2018. *Ergonomics of human-system interaction -- Part 11: Usability: Definitions and concepts*. Lainattu 20.4.2019, saatavilla: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-2:v1:en>
- Kidd, D. G., Dobre, J., Reagan, I., Mehler, B., & Reimer, B. (2017). Considering visual-manual tasks performed during highway driving in the context of two different sets of guidelines for embedded in-vehicle electronic systems. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 47(1), 23-33.
- Kim, H., Kwon, S., Heon, J., Lee, H., & Chung, M. K. (2014). The effect of touch-key size on the usability of In-Vehicle Information Systems and driving safety during simulated driving. *Applied Ergonomics*, 45(3), 379-388.
- Kim, J., Ryu, J. H., & Han, T. M. (2015). Multimodal Interface Based on Novel HMI UI/UX for In-Vehicle Infotainment System. *Etri Journal*, 37(4), 793-803.
- Koppel, S., Bohensky, M. Langford, J., & Taranto, D. (2011). Older Drivers, Crashes and Injuries. *Traffic Injury Prevention*, 12(5), 459-467.
- Li, R., Chen, Y. C., Sha, C., & Lu, Z. (2017). Effects of interface layout on the usability of In-Vehicle Information Systems and driving safety. *Displays*, 49(2017), 124–132.
- Mattes, S. (2003). The Lane-Change-task as a Tool for Driver Distraction Evaluation. In H. Strasser & K. Kluth & H. Rausch & H. Bubb. (Eds.), *Quality of Work and Products in Enterprises of the Future*. Ergonomia, Stuttgart, 57-60.
- Mitsopoulos-Rubens, E., Trotter, M. J., & Lenné, M. G. (2011). Effects on driving performance of interacting with an in-vehicle music player: A comparison of three

- interface layout concepts for information presentation. *Applies Ergonomics*, 42(4), 583-591.
- Olaverri-Monreal, C., Lehsing, C., Trübswetter, N., Schepp, C. A., & Bengler, K. (2013). In-vehicle displays: Driving information prioritization and visualization. *IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, 660-665.
- Peng, Y., Boyle, L. N., Lee, J. D. (2014). Reading, typing, and driving: How interactions with in-vehicle systems degrade driving performance. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 27(Part A), 182-191.
- Purucker, C., Naujoks, F., Prill, A., & Neukum, A. (2017). Evaluating distraction of in-vehicle information systems while driving by predicting total eyes-off-road times with keystroke level modeling. *Applied Ergonomics*, 58(1), 543-554.
- Regan, M. A., Hallett, C., & Gordon, C. P. (2011). Driver distraction and driver inattention: Definition, relationship and taxonomy. *Accident Analysis & Prevention*, 43(5), p. 1776.
- Stutts, J. C., Reinfurt, D. W., Staplin, L., & Rodgman, E. A. (2001). *The Role of Driver Distraction in Traffic Crashes*, Washington DC: AAA Foundation for Traffic Safety.
- Vashitz, G., Shinar, D., & Blum, Y. (2007). In-vehicle information systems to improve traffic safety in road tunnels. *Transportation Research Part F*, 11, 61-74.
- Walter, M., Seitz, V., & Bengler, K. (2018). The Virtual Penetrating the Physical and the Implication for Augmented Reality Head-Up Displays. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 795, 3-10.
- Wang, Y., Mehler, B., Reimer, B., Lammers, V., D'Ambrosio, L. A., & Coughlin, J. F. (2010). The validity of driving simulation for assessing differences between in-vehicle informational interfaces: A comparison with field testing. *Ergonomics*, 53(3), 404-420.
- Xie, C., Zhu, T., Guo, C., & Zhang, Y. (2013). Measuring IVIS Impact to Driver by On-road Test and Simulator Experiment. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 96, 1566-1577.
- Young, K. L., Koppel, S., & Charlton, J. L. (2017). Toward best practice in Human Machine Interface design for older drivers: A review of current design guidelines. *Accident Analysis and Prevention*, 106(sep. 2017), 460-467.