

Toni Saarenpää

**AJONEUVOJEN  
KOSKETUSNÄYTTÖJEN  
KÄYTETTÄVYYS JA NIIDEN VAIKUTUS  
AJOTURVALLISUUTEEN**

Informaatioteknologian ja viestinnän tiedekunta  
Kandidaatintutkielma  
Toukokuu 2024

# TIIVISTELMÄ

Toni Saarenpää: Ajoneuvojen kosketusnäyttöjen käytettävyys ja niiden vaikutus ajoturvallisuuteen  
Kandidaattitutkielma  
Tampereen yliopisto  
Tietojenkäsittelytieteiden tutkinto-ohjelma  
Toukokuu 2024

---

Ajoneuvojen sisäisten toimintojen ohjaustapa on muuttunut merkittävästi viimeisen vuosikymmenen aikana. Kosketusnäyttö on tullut osaksi ajoneuvoteknologiaa ja nykypäivänä useimmissa tehtailta uutena valmistuvissa ajoneuvoissa on vähintään yksi kosketusnäyttö. Tässä kirjallisuuskatsauksena tehdyssä kandidaattitutkielmassa tarkastellaan ajoneuvoihin integroitujen kosketusnäyttöperusteisten tietojärjestelmien käytettävyttä ja siihen vaikuttavia tekijöitä, sekä kosketusnäytön käytössä ilmeneviä haasteita ja niiden käytön vaikutusta ajoturvallisuuteen. Osana tutkielmaa tarkastellaan myös mahdollisia tapoja parantaa kosketusnäyttöperusteisen ohjaustavan käytettävyttä ja ajonaikaisen käytön turvallisuutta. Tarkastelu kohdistuu tässä tutkielmassa henkilöautoihin ja muihin saman kokoluokan ajoneuvoihin, sillä kosketusnäytöt ovat yleistyneet varsinkin henkilöautojen kokoluokassa.

Ajoneuvojen kosketusnäyttöjen käytettävydestä ja niiden vaikutuksesta ajoturvallisuuteen on tehty laajalti tutkimusta, mutta havaittuja käytettävyysaasteita ja ajoturvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä ei juurikaan tunnusteta ajoneuvoteollisuudessa. Kosketusnäyttöisten ajoneuvojen tietojärjestelmien nopean yleistymisen jälkeen ajoneuvojen valmistajat ovat vaikuttaneet erityisesti kiinnostuneilta kehittämään tietojärjestelmiinsä uusia viihde- ja informaatio-ominaisuuksia, mutta turvallisuusnäkökulma on saattanut jäädä jokseenkin toissijaiseksi. Kosketusnäyttöperusteisten järjestelmien haasteena on kuljettajan keskittymisen heikentyminen varsinkin katseen siirtämisen takia. Kosketusnäyttöä on lähes mahdoton käyttää ilman sen näkemistä, sillä kosketusnäyttö ei tarjoa riittäviä tuntoaistimuksia, kuten perinteiset painikkeet tai kytkimet tyyppillisesti tarjoavat. Kosketusnäyttöjen käyttö ajoneuvoissa lisääntyy voimakkaalla tahdilla, mutta kyseinen teknologia ei ole vuosikymmenen aikana mennyt juurikaan eteenpäin turvallisuusnäkökulman suhteen.

Kosketusnäyttöjen käyttöä ajoneuvoissa on syytä edelleen tutkia. Käytettävyden parantamiselle on edelleen valtavasti tilaa, ja parannuksia olisi syytä tehdä etenkin ajoturvallisuuden näkökulmaa ajatellen. Ajoneuvoissa käytettävien kosketusnäyttöjen teknologiaa tulee jatkokehittää lisäämällä niihin esimerkiksi tuntoaistimuksia tuottavia ominaisuuksia ja kehittämällä ajotilanteen mukaan muuttuvia tietojärjestelmiä. Käytettävyttä voidaan myös parantaa tarkoituksenmukaisemmalla ajoneuvojen tietojärjestelmien käyttöliittymäsuunnittelulla.

Avainsanat: Kosketusnäyttö, käytettävyys, kuljettajan keskittyminen, ajoneuvo, IVIS, ajoturvallisuus

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

# SISÄLLYSLUETTELO

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Kosketusnäyttöjen käyttö ajoneuvoissa.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Käytettävyyteen vaikuttavia tekijöitä ajoneuvoympäristössä.....</b>	<b>6</b>
	3.1 Tieolosuhteet	6
	3.2 Teknologiset ratkaisut taustatekijöinä	9
<b>4</b>	<b>IVIS:in vaikutus ajonaikaiseen turvallisuuteen .....</b>	<b>10</b>
	4.1 IVIS ja kuljettajan yleinen keskittymiskyky	11
	4.2 Katseen suuntaus	12
<b>5</b>	<b>Ajoturvallisuuden parantaminen .....</b>	<b>13</b>
	5.1 Käyttöliittymien suunnittelu	13
	5.2 Uudet teknologiat	14
<b>6</b>	<b>Pohdinta.....</b>	<b>15</b>
	<b>Lähdeluettelo.....</b>	<b>19</b>

## 1 Johdanto

Tässä kandidaatintutkielmassa tarkastelen ajoneuvoissa olevien kosketusnäyttöjen käytettävyyteen liittyviä tekijöitä sekä niiden käytön vaikutusta ajoturvallisuuteen. Kosketusnäytöt ovat yleistyneet varsinkin henkilöautojen kokoluokassa ja niitä käytetäänkin yhä useammassa ajoneuvossa tärkeiden ajamiseen vaikuttavien hallintalaitteiden ja viihdelaitteiden ohjauksessa. Perinteisten toimintojen hallintaan liittyvät painikkeet ja kytkimet, kuten esimerkiksi ilmastoinnin tai musiikin äänenvoimakkuuden säätölaitteet, on siirretty uusissa ajoneuvoissa useimmiten kosketusnäytön kautta säädettäväksi. Markkinoilla on myös ajoneuvoja, joissa ajamiseen liittyvien hallintalaitteiden säätö on suunniteltu vain kosketusnäytön kautta käytettäväksi. Kosketusnäytön sujuva käyttäminen ilman katseen siirtämistä sitä kohti on lähtökohtaisesti vaikeaa tai jopa mahdotonta. Tämä johtuu tuntoaistimusten puutteesta ja siksi niiden käyttäminen voi osoittautua huomattavasti hankalammaksi kuin perinteisten fyysisten hallintalaitteiden käyttö, joita voi potentiaalisesti onnistua käyttämään kokonaan ilman katsetta (Eren et. al., 2015). Katseen siirtäminen pois ajamisesta aiheuttaa aina ylimääräisen turvallisuusriskin, ja aiheen tärkeyteen nähden näistä riskeistä puhutaan toistaiseksi melko vähän. Aihe on kuitenkin alkanut nousta esille pienin askelin niin medioissa kuin yleisenkin keskustelun tasolla. Keskustelu aiheesta on alkanut jokseenkin myöhään, mikäli huomioidaan esimerkiksi matkapuhelinten ajonaikaisesta käytöstä käyty jatkuva keskustelu jo muutaman vuosikymmenen ajalta.

Muuttuvat ajonaikaiset tilanteet ja haastavat tieolosuhteet yhdistettynä kosketusnäyttöperusteisten hallintalaitteiden kanssa voivat olla negatiivinen vaikuttaja ajoneuvossa tehtävien toimintojen onnistumiseen. Ahmad ja muut (2015) huomasivat ajoneuvojen kosketusnäyttöjen käytettävyyttä arvioivassa tutkimuksessaan, että ajoneuvon kuljettajalla on huomattavasti korkeampi todennäköisyys epäonnistua valintatehtävän suorittamisessa kuin esimerkiksi matkustajalla, sillä hänen huomionsa jakaantuu kosketusnäytöltä tehtävän valinnan tekemisen sekä ajamisen välillä. Lisäksi Ahmad ja muut (2015) toteavat, että vapaalla kädellä tapahtuva interaktiivisen näytön käyttö ajoneuvoympäristössä voi olla erittäin työlästä jopa matkustajille, joilla osoitustapahtuman ajat venyivät myös pitkiksi ja virheellisten valintojen prosentti oli korkea.

Moottorikäyttöisen ajoneuvon kuljettajalta teknisen laitteen tai järjestelmän käyttö siten, että sen käyttämisestä voi koitua haittaa tai vaaraa, on lain mukaan kiellettyä (tie-

liikennelaki 729/2018 98 §). Nykyiset ajoneuvoissa olevat kosketusnäytöt kuitenkin vastaavat lähes täysin nykyaikaista matkapuhelinta tai muuta kosketusnäyttöistä mobiililaitetta. Vaikka tieliikennelaki (729/2018 98 §) kieltääkin minkä tahansa teknisen järjestelmän käytön, mikäli siitä voi koitua haittaa tai vaaraa, ei ajoneuvoissa itsessään olevien kosketusnäyttöisten laitteiden käytölle ei ole asetettu yhtä merkittäviä rajoitteita kuin esimerkiksi matkapuhelimen käytölle on asetettu jo pidemmän aikaa. Ajoneuvon omatkin järjestelmät voivat yhtä lailla siirtää kuljettajan keskittymisen pois ajamisesta.

Kuljettajan keskittymiskyvyn heikentyminen on merkittävä taustatekijä monissa kolaritilanteissa. Kolareiden taustatekijöistä tehdyn tutkimuksen mukaan 856 kolaritiedon otoksesta jopa 25 prosenttia voitiin määritellä kuljettajan muualle siirtyneen huomion takia aiheutuneiksi (Beanland et al., 2013). Kuljettajan keskittymiskyvyn siirtyminen muualle oli tutkimuksen toiseksi suurin prosentuaalinen taustatekijä ja vain kuljettajan fyysiseen tai terveydelliseen tilaan liittyvät syyt olivat sitä suurempi vaikuttaja. Tämä osoittaa vahvasti sen, että kuljettajan keskittymisellä on suorastaan valtava vaikutus ajoturvallisuuteen, eikä keskittymistä olisi syytä häiritä ylimääräisillä rasitteilla. Kosketusnäyttöjen käytettävyydessä ajoneuvoympäristössä on haasteita varsinkin kuljettajan katseen siirtymisen takia. Tämä osoittaa tarpeen kosketusnäyttö pohjaisen hallintamenetelmän käytön jatkokehitykselle ajoneuvoissa.

Tämä kandidaatintutkielma on toteutettu kirjallisuuskatsauksena. Etsin tutkielmassa käytettyjä lähteitä ja tutkimustuloksia pääasiassa tietokannoista, kuten Tampereen Yliopiston Andor, Science Direct ja Google Scholar. Näistä hyödyllisimmäksi tutkielman toteuttamisen kannalta osoittautui Tampereen Yliopiston Andor, mutta myös muista käytetyistä tietokannoista löytyi tutkielmassa käytettyjä vertaisarvioituja lähteitä. Haut tietokannoista toteutin pääasiassa englanniksi, sillä suomenkielistä tutkimusta asiasta on suppeasti ja englannin kielellä tehdyt tutkimukset vastasivat paremmin tutkielmaan valittua rajausta ja sisältöä. Tärkeimpiä hakusanoja olivat muun muassa ”in-vehicle touchscreen”, ”in-vehicle touchscreen interaction” ja ”driver distraction”. Tutkielmaan valikoituneiden lähteiden tärkein kriteeri oli se, että lähteiden tuli olla pääasiassa vertaisarvioituja, jotta lähdeä voitiin pitää luotettavana. Lähteen julkaisuaikakohta oli myös ratkaisevassa asemassa lähteen valitsemisen kannalta, sillä en halunnut käyttää tutkielmassa liian vanhoja lähteitä, joiden julkaisuaikaan kosketusnäytöt eivät ole vielä olleet ajoneuvoissa jokapäiväisessä käytössä. Tutkielmassa on pyritty käyttämään pääasiassa sellaisia lähteitä, jotka on julkaistu enintään 15 vuotta aikaisemmin.

## 2 Kosketusnäyttöjen käyttö ajoneuvoissa

Kosketusnäytöt ovat tällä hetkellä hallitseva ohjausmenetelmä lähes kaikille toiminnoille, joita henkilöauton kojelaudalta tyypillisimmin löytyy, ja perinteisiä painikkeita tai valitsimia on uusissa autoissa yhä vähemmän. Kosketusnäyttöjen koko ja ulkomuoto voivat vaihdella pienemmän mobiililaitteen tai tabletin kokoisesta yhdestä näytöstä aina koko kojelaudan täyttävään yhtenäiseen kosketusnäyttöpintaan. Jopa noin 97 prosenttia uusista autoista, jotka ovat valmistettu vuoden 2023 jälkeen, sisältävät vähintään yhden kosketusnäytön (Mack Degeurin, 2024).

Ajoneuvoissa olevien tieto- ja viihdejärjestelmien vakiintuneeksi termiksi on muodostunut *In-vehicle information system* eli IVIS. IVIS sisältää tyypillisesti valikkopohjaisen järjestelmän, joka mahdollistaa pääasiassa ajamisen kannalta vähemmän tärkeiden toimintojen integroimisen yhteen järjestelmään ja näiden käyttämisen kosketusnäyttö-pohjaisen käyttöliittymän kautta (Harvey et al., 2011b).

IVIS:llä toteutettavien toimintojen lisäksi ajoneuvon kuljettajalla on monia muita samanaikaisia tehtäviä, varsinkin ajoneuvon liikkuesssa. Nämä kuljettajalle kuuluvat tehtävät voidaan jakaa *ensisijaisiin tehtäviin* (primary tasks) ja *toissijaisiin tehtäviin* (secondary tasks). Ensisijaisia tehtäviä ovat ajoneuvon turvallisen hallinnan ylläpitäminen, joka sisältää kiihdyttämistä, jarruttamista, nopeuden valintaa, kaistan valintaa ja yleistä liikumista liikenteessä. Lisäksi ensisijaisia tehtäviä ovat mahdollisten vaaratilanteiden havaitseminen ja niihin reagoiminen ja tarkoitetulla reitillä pysyminen. Toissijaisiin tehtäviin kuuluvat taas kaikki ne tehtävät, jotka eivät liity suoraan ajamiseen eivätkä ole ajamisen onnistumisen kannalta olennaisia. Toissijaiset tehtävät ovat sellaisia, jotka eivät ole ajoneuvon kuljettamisen kannalta tyypillisesti välttämättömiä. Kosketusnäyttöjen merkittävä lisääntyminen ajoneuvojen kojelaudoilla onkin tullut pitkälti tarpeelliseksi kaikkien näiden toissijaisten toimintojen toteuttamisen vuoksi. Toissijaisten tehtävien tarkoituksena on parantaa ajokokemusta vastaamalla kuljettajan tarpeisiin. Toissijaisilla tehtävillä voidaan siis tarkoittaa varsin tyypillisiäkin tapahtumia, joita kuljettajan on mahdollista käyttää ajoneuvon kuljettamisen aikana. Näitä ovat esimerkiksi navigointiohjeistus sekä viihde- ja viestintätoiminnot. Kaikki nämä onkin toteutettu ajoneuvoissa nykyisin pitkälti IVIS:iä hyödyntäen, ja sitä voidaankin pitää ehkäpä yleisimpänä käyttökohteena ajoneuvon integroidulle kosketusnäytölle. (Harvey et al., 2011b).

Kosketusnäyttöjen tai vastaavalla kosketuspinnalla varustettujen elementtien käyttö ei välttämättä rajoitu ainoastaan toissijaisiin tehtäviin ja IVIS:in toteuttamiseen. Lisseman

ja muut (2014) toteavatkin, ettei esimerkiksi ohjauspyörän painikkeiden määrän lisääminen enää riitä, sillä niin on tehty jo viimeiset 10 vuotta. Haluttujen lisätoimintojen siirtäminen keskikonsolin näyttöön ei ole myöskään optimaalista, sillä se siirtää kuljettajan huomiota pois ajamisesta. Tämän vuoksi on alettu etsimään vaihtoehtoisia tapoja kuljettajaa hyödyttävien lisätoimintojen toteuttamiseksi. Yksi potentiaalinen toteutustapa olisi-kin yhtenäistä kosketusnäyttöä olevan pinnan lisääminen ohjauspyörän keskialueelle niin, että kuljettajan peukalo yltää alueelle helposti. Tälle näyttöpinnalle voitaisiin suunnitella tarpeen mukaan muunneltava graafinen käyttöliittymä. Ohjauspyörän painikkeetkin voitaisiin siis korvata kosketusnäyttöpohjaisella ohjausmenetelmällä. Näin on uusimmissa ajoneuvoissa alettu jo tekemäänkin.

Uusimmissa ajoneuvoissa myös ajamiseen liittyvien ensisijaisten toimintojen muuttaminen kosketuspohjaisten painikkeiden tai näyttöjen taakse voi olla yleistymässä. Tähän voisi viitata esimerkiksi se, että sähköautojen kehityksen pioneerina pidetty autovalmistaja Tesla on ehtinyt jo muuttaa uusimmissa automalleissaan suuntavilkkujen ohjauksen perinteisen suuntavilkukytkimen sijaan rattiin sijoitetuilla kosketuspainikkeilla toimivaksi. Lisäksi ajoneuvon vaihteen valitsemisessa omistajan on käytettävä keskikonsolin kosketusnäyttöä siirtyäkseen ajoon, peruutukseen tai pysäköintiin (Tim Levin, 2023).

Yksityiskäyttöön tarkoitettujen ajoneuvojen lisäksi kosketusnäyttöpohjaiset ohjausmenetelmät ovat jo käytössä myös sotilasajoneuvoissa. Salmon ja muut (2011) toteavat, että kosketusnäyttöpohjaiset ohjausmenetelmät ovat nykyisellään jopa suosittuja sotilasajoneuvoissa, mikä osoittaa kyseisen ohjausmenetelmän kasvavaa suosiota. Huomionarvoista on kuitenkin se, että sotilasajoneuvoissa kosketusnäyttöpohjaiset ohjainlaitteet ovat useimmiten ainoastaan matkustajan käyttöön tarkoitettuja.

Kosketusnäyttöjen käytön lisääntyminen ajoneuvoissa luo tarpeen myös niiden yleisen käytettävyyden tarkastelulle. Voitaisiin sanoa, että ajoneuvoympäristössä käytettävien laitteiden hyvällä käytettävyydellä voi olla jopa tärkeämpi rooli, kuin monessa muussa arkisessa ympäristössä käytettävän laitteen käytettävyydellä. Ajoneuvoissa tehtävät toimet eivät saa häiritä kuljettajan keskittymistä, ja siksi ajoneuvon laitteiden käytettävyydellä on suuri merkitys.

Ajoneuvon laitteiden käytettävyyden määrittely ja käytettävyyden tutkiminen on kuitenkin hieman vaikea prosessi, sillä käytettävyydelle on jokseenkin haasteellista kehittää vain yhtä yleispätevää määritelmää, joka toimisi kaikenlaisien kohteiden käytettävyyden tarkastelussa. Tyypillisimmin käytettävyyttä arvioidaan ja mitataan kohteissa,

joissa laite tai järjestelmä on käyttäjän pääasiallisena huomion kohteena. Ajoneuvoissa olevien tietojärjestelmien käyttäminen ei puolestaan ole ensisijainen tehtävä ajoneuvoympäristössä (Stevens et al., 2014).

Käytettävyys ja käytettävyystekijöiden määrittelemine muuttuu aina tarkasteltavan tuotteen tai laitteen ja sen käyttöympäristön mukaan. Tämän vuoksi erityisesti yksi käytettävyyden yleisen määritelmän osa-alue nousee merkittävään rooliin ja johtaa koko käytettävyyden määrittelyä, kun tarkastellaan ajoneuvokäytössä olevaa laitetta ja sen käytettävyyttä. Tämä käytettävyyden osa-alue on käyttöyhteys (context of use) (Harvey et al., 2011a). Määriteltäessä ajoneuvokäyttöisen laitteen käytettävyystekijöitä on käyttöyhteys ensin kuvattava ja analysoitava perusteellisesti. Vasta tämän jälkeen muita käytettävyystekijöitä voidaan alkaa selvittää ja niitä voidaan tarpeen mukaan muovata uudelleen, jotta ne vastaisivat sitä käyttöyhteyttä, mihin laitekin on tarkoitettu. Käyttöyhteyden määrittely ajoneuvon laitteiden käytettävyyden osalta on erityisen tärkeää niiden läheisen turvallisuusvaikutuksen ja ajoneuvon jatkuvasti muuttuvan ulkoisen ympäristön vuoksi (Harvey et al., 2011a).

Ajoneuvoympäristössä käytettävyyden arvioinnin soveltamisyyhteys on myös erityinen ja käytettävyyden määritelmään onkin lisätty siksi erillinen osa-alue, jonka avulla juuri ajoneuvojen järjestelmien käytettävyyttä voidaan arvioida. Tämä osa-alue on soveltuvuus (suitability). Soveltuvuudella voidaan arvioida sitä, soveltuuko tietty ajoneuvon sisäinen järjestelmä yhteen ajoneuvon muiden järjestelmien kanssa ja soveltuuko se ajon aikana käytettäväksi. (Stevens et al., 2014).

Käytettävyyden muut osa-alueet, kuten tehokkuus (efficiency) ja tuottavuus (effectiveness), ovat myös tärkeitä käytettävyystekijöitä ajoneuvoympäristössä. Tehokkuudella mitataan käyttäjän työmäärää suhteessa tehtävään ja tuottavuudella arvioidaan lähtökotaisesti tavoitteen onnistumista. Poikkeuksellisen tärkeässä asemassa on myös käyttäjän antaman syötteen onnistumisen ja tehokkuuden tarkastelu ajoneuvoympäristössä. Tämä johtuu siitä, että ajoneuvon laitteisiin kohdistettu vaivannäkö on lähes suoraan pois siitä huomion ja tarkkaavaisuuden määrästä, joka kuljettajalla jää käytettäväksi ajotehtävän suorittamiseen (Harvey et al., 2011a). Jos huomiota ja vaivannäköä kohdistuu liikaa toissijaisen tehtävän suorittamiseen ja ajonaikainen käyttö vaatii merkittäviä ponnisteluita kuljettajalta, aiheuttaa sen käyttö kuljettajalle kuormitusta, joka puolestaan johtaa helposti ajonaikaisiin virheisiin (Peng et al., 2014). Tehokkuuden tulisi olla ajoneuvoympäristössä olevissa laitteissa jatkuvasti hyvällä tasolla ulkoisista tekijöistä riippumatta, jotta



toissijaisten ja ensisijaisten tehtävien väliset häiriöt olisivat aina mahdollisimman vähäisiä (Harvey et al., 2011a).

Käytettävyyden määritelmässä on lisäksi tyytyväisyyden (satisfaction) osa-alue, mutta sitä on ajoittain vaikea mitata, sillä se on sidoksissa käyttäjien mielipiteisiin. Tämän takia sitä voidaan mitata vain subjektiivisesti (Harvey et al., 2011a). Tyytyväisyys ei välttämättä ole useinkaan ajoneuvon IVIS:in suhteen tärkeä käytettävyyden mittari, sillä toissijaisten tehtävien suorittaminen ei ole usein olennaista ajotehtävän onnistumisen kannalta. Jos kuitenkin tarkastellaan tilannetta, missä ajoneuvon laitteen tarkoitus on esimerkiksi parantaa ajoturvallisuutta ja sen käyttäminen ei tuota lainkaan tyytyväisyyttä kuljettajalle, on mahdollista, ettei ajoneuvon kuljettaja käytä laitetta yhtä todennäköisesti enää uudelleen. Tyytyväisyys on silloin myös ajoneuvoympäristössä tärkeä käytettävyyden osa-alue, mikäli käyttäjän halutaan käyttävän laitetta myös todennäköisemmin uudelleen (Harvey et al., 2011a).

### **3 Käytettävyyteen vaikuttavia tekijöitä ajoneuvoympäristössä**

Kosketusnäytön käytettävyyteen ajoneuvoympäristössä vaikuttavat monenlaiset tekijät, jotka eivät mahdollisesti muissa käyttöympäristöissä olisi niinkään hankaloittavia tekijöitä, mutta sitä vastoin ovat ajoneuvoympäristössä merkittävässä roolissa. Ajoneuvolla liikuttaessa ulkoympäristö muuttuu jatkuvasti ja ajoneuvoilla liikutaan monilla erityyppisillä tieosuuksilla, mutkaisilta maanteiltä aina isoihin kaupunkeihin. Nämä muuttuvat käyttöympäristöt toimivat kosketusnäytön käytettävyyteen vaikuttavina taustatekijöinä ja voivat merkittävästi heikentää kosketusnäyttöisen ohjauslaitteen käytön tehokkuutta. Käyttöympäristön lisäksi erilaiset fyysisen tason teknologiset ratkaisut sekä toteutukset niiden käyttöliittymissä ovat merkittäviä vaikutustekijöitä. Tässä kappaleessa tarkastellaan kosketusnäyttöjen käytettävyyteen ajoneuvoympäristössä vaikuttavia taustatekijöitä, jotka osaltaan myös pohjustavat luvussa 5 tarkasteltavia näkökulmia.

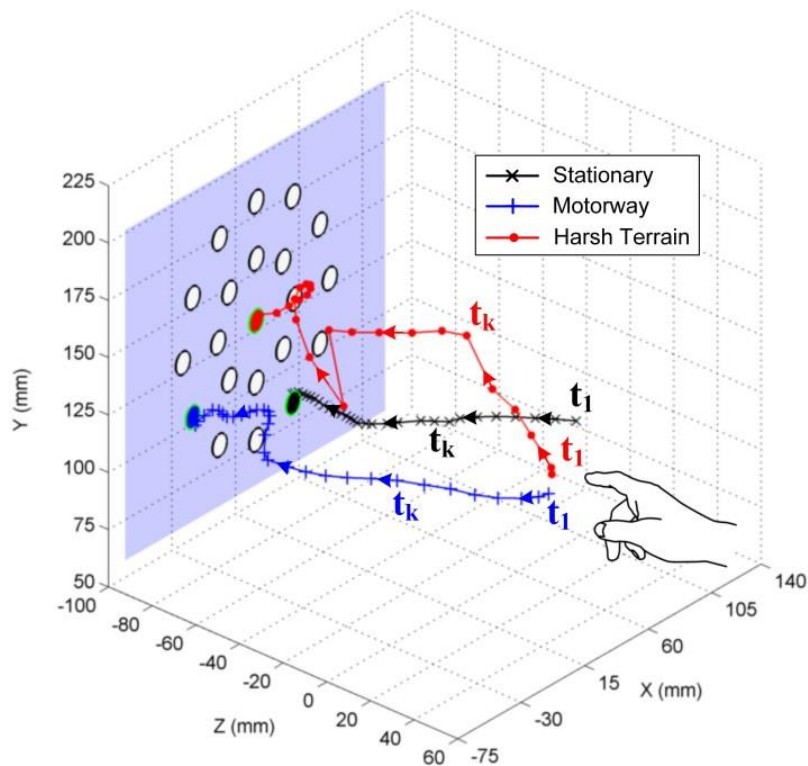
#### **3.1 Tieolosuhteet**

Ajoneuvoilla liikutaan monenlaisilla tieosuuksilla eikä ajoneuvon kuljettaja voi välttämättä aina valita liikkumista ainoastaan optimaalisessa kunnossa olevilla teillä tai suorilla tieosuuksilla. Tällä hetkellä ajoneuvojen kosketusnäyttöjen yleisimpien osoitustapojen joukkoon lukeutuu vapaalla kädellä tehtävä osoitus, missä osoitettavaa kohtaa näytöstä pyritään painamaan sormella täysin sileältä näyttöpinnalta. Näiden muuttuvien tie- ja ajo-

olosuhteiden vuoksi vapaalla kädellä tehdyt osoittamisliikkeet voivat häiriintyä merkittävästi, joka puolestaan johtaa epätarkkoihin valintoihin tai jopa kokonaan virheellisiin valintoihin (Ahmad et al., 2015). Osoitustehtävän kuormitus on suurinta ja samanaikaisesti käytettävyys kärsii eniten niissä tilanteissa, joissa ajoneuvoon kohdistuvaa voimakasta liikettä on paljon (Salmon et al., 2011). Suuria voimia ajoneuvoihin kohdistuu varsinkin tieolosuhteissa, joissa päällysteeseen on tullut merkittäviä vaurioita tai tieosuus on erityisen mutkainen.

Ahmad ja muut (2015) tutkivatkin kolmen erilaisen tieolosuhteen vaikutusta kosketusnäytön käytettävyteen ja käyttäjän antaman syötteen onnistumiseen. Ensimmäinen tie oli vähäisiä häiriöitä aiheuttava, ja sille ominaisia piirteitä ovat sileä asfaltoitu pinta sekä vaihtelevat mutkat. Ensimmäinen tietyyppi edustaa hyvin hoidettua moottoritietä. Toinen tie oli lieviä sekä voimakkaita häiriöitä aiheuttava, ja sille ominaisia piirteitä ovat paikoittain huonokuntoinen päällyste, korostuneet tai painuneet kaivonkannet sekä pienet mutkat. Kolmas tie oli vakavia häiriöitä aiheuttava, ja sille ominaista ovat merkittävät päällystevauriot ja selvä kuoppaisuus, joista lähinnä vain maastoajoneuvot on suunniteltu selviämään. Näiden kolmen erilaisen tieolosuhteen pohjalta tehdyt mittaustulokset osoittavat, että valinnan onnistumisprosentti laskee, poikkeamat tarkoitettusta osoituskohteesta kasvavat ja osoitustehtävän kesto myös kasvaa aina tieolosuhteen muuttuessa haastavampaan suuntaan.

Tieolosuhteiden vaikutusta osoitustapahtumaan voidaan havainnollistaa kuvan 1 mukaisesti. Kuva visualisoi sormien tyypillisiä liikeratoja erityyppisillä tieosuuksilla.



Kuva 1. Tyypilliset sormen kärjen liikeradat korostetun kohteen valinnassa ajoneuvon kosketusnäytöllä kolmessa eri tieolosuhteessa. Nuolet osoittavat sormen kulkusuunnan. (Ahmad et al., 2015).

Kuvasta 1 voidaan havaita, että karumpi tieolosuhde (Harsh Terrain) luo enemmän häiriöitä osoitustapahtuman liikerataan, verrattuna paikalla olevan ajoneuvon tallentamaan tassaiseen rataan (Stationary), jossa ei ole juurikaan suuria poikkeamia tai epätasaisuuksia. Ahmad ja muut (2015) toteaa, että valintavirheiden korjaaminen tai osoitustapahtuman mukauttaminen hankalaan ympäristöön sitoo paljon kognitiivista, visuaalista ja manuaalista huomiota, joka olisi muutoin käytettävissä ajamiseen.

Haastavampien ja nopeampien ajo-olosuhteiden vaikutus ei rajoitu ainoastaan ajoneuvoa kuljettavan henkilön osoitustehtävän vaikeuksiin. Kun tieolosuhteet menevät selvästi hankalampaan ja nopeampaan suuntaan, voidaan osoitustehtävän vaikeudet kosketusnäyttöpohjaisen laitteen kanssa havaita myös ajoneuvon matkustajilla (Salmon et al., 2011). Matkustajana olevan henkilön on myös huomattavasti hankalampaa käyttää laitetta sujuvasti, kun ajoneuvon kohdistuu voimakasta liikettä. Osoitustapahtuma voi pahimmillaan häiriintyä jopa siinä määrin, että osoitustapahtuma epäonnistuu kokonaan. Myös Ahmad ja muut (2015) olivat huomanneet matkustajien vaikeudet osoitustehtävien

onnistumisessa. Heidän tekemässään tutkimuksessa matkustajilla osoitustehtävään käytetty aika nousi pahimmillaan yhdeksään sekuntiin ja virheellisten valintojen määrä kohosi huonoimmalla tieosuudella jopa 70 prosenttiin.

### **3.2 Teknologiset ratkaisut taustatekijöinä**

Ajoneuvonympäristössä teknologisilla ratkaisuilla on merkittävä vaikutus kosketusnäyttöpohjaisen ohjaustavan kehityksessä ja sen käytettävyyden onnistumisessa. Kosketusnäytöt ovat varsinkin edullisemman hintaluokan ajoneuvoissa edelleen suhteellisen pieniä ja pienikokoisen näytön painikkeidenkin koko jää tällöin pieneksi. Pieneen kohteeseen on merkittävästi vaikeampaa osua, varsinkin silloin, kun osoitustapahtumaan yhdistyy ajoneuvoon kohdistuvia ulkoisia voimia. Kosketusnäytöt on usein myös sijoitettu ajoneuvoissa edelleen samaan paikkaan, kuin missä näytöt sijaitsivat ennen niiden kosketuskäyttöiseksi muuttumista.

Kim ja muut (2014) tutkivat ajosimulaattorissa kosketuspainikkeen koon vaikutusta käytettävyyteen, sekä myös sen turvallisuusvaikutuksia. Tutkittavien kosketusnäppäinten koot suurenivat 7,5 millimetristä aina 27,5 millimetriin asti, viiden millimetrin porrastuksella. Ajonopeuksina simulaatiossa käytettiin 0 km/h, 50 km/h ja 100 km/h nopeuksia. Käytettävyyden ja ajoturvallisuuden huomattiin parantuvan sen mukaan, kun kosketuspainikkeen kokoa kasvatettiin. Voidaan siis todeta, että liian pienikokoiset painikkeet IVIS-käyttöliittymässä ovat käytettävyyttä heikentävä tekijä. Ajonopeuden laskemisella oli käytettävyyttä ja ajoturvallisuutta parantava vaikutus. Vaikka kyseinen tutkimus suoritettiin simulaattorissa, eivätkä sen tulokset ole näin ollen välttämättä suoraan hyödynnettävissä todelliseen ajotilanteeseen, voidaan tuloksista kuitenkin saada eräänlainen suuntaviiva kosketusnäyttöpohjaisen ohjauslaitteen suunnittelua varten.

Näytön sijainti voi vaikuttaa merkittävästi sen käytettävyyteen sekä kuljettajan niin sanottuun katsekäyttäytymiseen, mutta näytön sijainnille ei välttämättä löydy yhtä ainoata hyvää kohtaa ajoneuvon kojelaudalta. Näytön järkevällä sijoittelulla voidaan vähentää tarvetta katseen suuntaamiselle ainakaan kovin kauas pois tieliikenteestä. Ban ja muut (2024) suorittivat ajosimulaattorissa tutkimuksen, jossa mitattiin ajoneuvon kosketusnäytön sijainnin vaikutusta toissijaisen tehtävän suorittamiseen sekä ajamiseen liittyvän kais-tanvaihtotehtävän suorittamiseen. Kosketusnäytön sijainnilla havaittiin olevan selvää vaikutusta toissijaisen tehtävän onnistuneeseen suorittamiseen. Tutkimuksessa oli kolme eri-

laista sijaintia kosketusnäytölle ajoneuvon kuljettajaan nähden. Nämä sijainnit olivat ylävasen, yläoikea ja alaoikea. Näistä parhaiten toissijaisen tehtävän suorittamiseen soveltui alaoikea sijainti, mutta kyseinen sijainti ei ollut kaistanvaihtotehtävää suoritettaessa yhtä soveltuva. Oheisen tutkimuksen tulokset voivat tarjota ajoneuvokäyttöisten kosketusnäyttöjen suunnitteluun hyvää näkökulmaa näytön sijainnin suhteen, mutta asiaa olisi syytä tutkia vielä merkittävästi enemmän ja myös reaali maailman ajotilanteissa, ennen suurempien johtopäätöksien tekemistä näytön sijoittelusta. Ban ja muut (2024) toteavatkin, että tutkimuksen tulokset osoittavat eräänlaisen kompromissisuhteen näytön sijoittelussa ensisijaisen tehtävän sekä toissijaisen tehtävän välillä. Kyseinen kompromissi näyttäisi olevan suunnittelullisesti haastava ongelma, joka on ratkaistava innovatiivisella näytön suunnittelulla.

Ajoneuvon kosketusnäytön takana toimivan käyttöliittymän suunnittelussa tarkoituksenmukaisuus on myös tärkeässä asemassa. Useissa ajoneuvoissa esiintyvät, tavallisia älypuhelinsovelluksia muistuttavat käyttöliittymät eivät ole lähtökohtaisesti suunniteltu visuaalisesti tai kognitiivisesti vain vähän huomiota vaativiksi. Tyypillisissä älypuhelimien käyttötilanteissa niiden käyttämiseen voidaan panostaa enemmän aikaa. Tämän tyyppiset käyttöliittymät on siis suunniteltu alun perin eri tarkoitukseen. Tavallisia älypuhelinsovelluksia muistuttavien IVIS-käyttöliittymien kanssa ajoneuvon kuljettaja sen sijaan kohtaa todennäköisesti vaikeuksia (Grahn et al., 2013). Ajoneuvoissa olevat IVIS-käyttöliittymät ovat usein tarpeettoman monimutkaisia käyttää. Grahn ja muut (2013) tutkivat kosketusnäytön koon ja käyttöliittymän suunnittelun vaikutusta ajoneuvossa suoritettavien tehtävien visuaaliseen vaativuuteen, sekä niiden osallisuutta kuljettajaan vaikuttaviin häiriötekijöihin. Tutkimuksessa havaittiin, että ajoneuvoympäristöön hyvin suunnitelluilla ja kuljettajaystävällisillä sovelluksilla voidaan vähentää katseen kestoa näyttöä kohti ja vähentää myös visuaalista häiriötä verrattuna tavallisten älypuhelinsovellusten käyttöön.

#### **4 IVIS:in vaikutus ajonaikaiseen turvallisuuteen**

Ajoneuvokäyttöön suunniteltavissa teknologisissa ratkaisuisissa turvallisuusnäkökulma on luonnollisesti erittäin tärkeässä asemassa. Vaikuttaisi kuitenkin siltä, että juuri turvallisuusnäkökulma on jäänyt jopa osin sivualalle ja kosketusnäyttöjen käyttö ajoneuvoissa on lisääntynyt nopeammin, kuin mitä niiden vaikutuksesta ajoturvallisuuteen on ehditty

havaita. Kosketusnäyttöjen oltua nyt jo yli kymmenen vuoden ajan hyvin tavallisia ajoneuvokäytössä, voidaan huomata hiljalleen lisääntyvää keskustelua niiden aiheuttamista turvallisuusriskeistä. Ajoneuvojen kosketusnäyttöjen käytön vaikutuksista ajoturvallisuuteen on tehty useita tutkimuksia, joiden osoittamia löydöksiä tarkastellaan tässä luvussa.

#### **4.1 IVIS ja kuljettajan yleinen keskittymiskyky**

Ajoneuvon liikkeessä kuljettajan on pidettävä huomionsa mahdollisimman hyvin ensisijaisissa tehtävissä, eli ajamisessa ja siihen kriittisesti liittyvissä asioissa. Tätä keskittymiskykyä ja huomiota kuitenkin haastaa nykypäivän ajoneuvoissa jatkuvasti lisääntyneet toissijaiset tehtävät, joita suoritetaan pääasiassa IVIS:in kautta. Beanland ja muut (2013) toteavat vuodesta 2000 vuoteen 2011 asti kerätyn kolaridatan perusteella, että yhdeksi yleisimmistä kuljettajan keskittymiskykyä laskevista tekijöistä nousevat jollakin tavalla sellaiset vapaaehtoiisiin toimiin liittyvät tapahtumat, jotka eivät ole olennaisia ajamisen kannalta. Näihin voidaan lukea vuorovaikutus matkustajien kanssa ja myös ajoneuvon toissijaisten tehtävien suorittaminen. Tämän perusteella voidaan siis arvioida, että kuljettajan keskittymiskykyä ei olisi syytä häiritä liian houkuttelevaksi suunnitelluilla järjestelmillä, jotka vievät jatkuvasti kuljettajan huomiota ajotehtävän aikana.

IVIS sisältää musiikin ja navigaation lisäksi myös paljon houkuttelevia mahdollisuuksia viihdyttää itseään ajomatkan aikana, sillä siitä löytyy jo mahdollisuudet esimerkiksi videoiden katsomiselle ja viestien lähettämiseksi ajon aikana. Kujala ja muut (2013) tutkivat kuljettajan visuaalisten häiriöiden osatekijöitä tarkoituksenaan selvittää suurimmat yksittäiset häiriöitä aiheuttavat tekijät. Kujala ja muut (2013) havaitsivat, että tekstin syöttäminen kosketusnäytölle ja näytöllä näkyvän listamaisen käyttöliittymän selaaminen ovat kuljettajan visuaalisen häiriön pääasiallisia lähteitä ja vaativat selvää ponnistelua onnistuakseen. Kuljettajan keskittymisen häiriintyessä osoitustehtävän tuoman lisääntyneen työmäärän takia, ajoneuvon nopeuden huomataan tyypillisesti laskevan (Kujala et al., 2013).

Keskittymiskyvyn alenemisen määrälle on havaittu selvä taustatekijä, joka liittyy pitkään tapahtumaketjuihin. Tämä tarkoittaa sitä, että jonkin tehtävän suorittaminen alusta loppuun on monivaiheinen ja kestää parhaimmillaan useita kymmeniä sekunteja, vieden kuljettajan huomion pois liikenteestä koko tuon ajan. Osoitustapahtuman pitkittyessä poikkeamat kaistalta kasvavat merkittävästi sitä mukaa, kun tapahtuman aika pitenee

(Peng et al., 2014). Tällaisia tapahtumaketjuja on esimerkiksi tekstin syöttäminen ajoneuvon tietojärjestelmään. On havaittu, että yli 12 merkkiä pitkän tekstin kirjoittaminen ajoneuvon tietojärjestelmään ajon aikana vaatii jo merkittävän määrän vaivaa ajoneuvon kuljettajalta, ja merkittävä osa kaistalta poikkeamisista tapahtuu näiden pitkien tekstien kirjoittamisen aikana (Peng et al., 2014). Voidaan siis todeta, että IVIS:in tarjoamat toiminnot, kuten katuosoitteen etsiminen navigaatiota varten tai lyhyenkin tekstiviestin lähettäminen IVIS:in kautta ajon aikana, voivat aiheuttaa merkittävän aleneman kuljettajan keskittymiskykyyn. Yhdysvaltain liittovaltion liikenneturvallisuusvirasto NHTSA on antanut oman suosituksensa siitä, että tämän tyyppiset suoritteet lukittaisiin järjestelmistä ajoneuvon liikkumisen ajaksi niiden merkittävän ajoturvallisuutta häiritsevän vaikutuksen vuoksi (NHTSA, 2013). Kujala ja muut (2013) toteavatkin, etteivät voi myöskään suositella kosketusnäyttöpohjaista tekstinsyöttöä tai luetteloimaisien valikoiden vierittämistä ajoneuvon ollessa liikkeellä. Heidän suorittamansa tutkimus vahvistaa edellä esitettyä NHTSA:n oletusta kuljettajan liiallisesta häiriintymisestä näiden toimintojen vuoksi. Nähdäkseni ajoneuvojen kosketusnäytöissä ole tapahtunut vielä kymmenessä vuodessa sellaista merkittävää muutosta, joka ainakaan kokonaan poistaisi tämän ongelman.

## **4.2 Katseen suuntaus**

Kuljettajan katse on väistämättä tarpeellinen turvallisen ajolinjan säilyttämiseksi. Katseen ja vilkaisujen tarkoitukselle voidaan määrittää erilaiset lähtökohdat, joiden kannalta niitä tehdään. Katseen suuntaus voi olla käytännössä pelkästään ajamiseen liittyvää, eli kuljettaja katsoo ajoneuvon peileihin ja siirtää hetkellisesti katsettaan ajoneuvon ajoradalta. Katseen suuntaus ja vilkaisut pois ajoradalta ovat tällöin täysin tyypillistä ja myös väistämätöntä käyttäytymistä tilannetietoisuuden säilyttämisen kannalta (Kircher et al., 2020). Toiseksi katseen lähtökohdaksi voidaan määritellä kaikenlainen muu katseen siirtäminen, mikä ei liity ajotehtävän suorittamiseen. On havaittu, että nämä katseen siirron lähtökohdat eroavat merkittävästi toisistaan, mutta kumpaakaan niistä ei voida suoraan luokitella häiriötekijäksi (Kircher et al., 2020).

Kosketusnäyttöjen käyttö ajoneuvoissa vie väistämättä kuljettajan katseen pois tiestä, koska tällä hetkellä ajoneuvojen kosketusnäyttöjen käyttäminen ilman katsekontaktia on käytännössä lähes mahdotonta (Eren et al., 2015). Kuljettajien niin sanotusta katsekäyttäytymisestä on ollut paljon keskustelua, koska kosketusnäyttöjen ilmaantuminen ajoneuvoympäristöön on korostanut katseen merkitystä erilaisien toimintojen suorittamisessa.

Perinteisten painikkeiden ja muiden fyysisten ohjainlaitteiden käyttäminen on ollut luonnollisesti helpompaa vähäisemmällä katseella, koska tuntoaistilla on ollut suurempi merkitys (Eren et al., 2015).

## **5 Ajoturvallisuuden parantaminen**

Kosketusnäytöt ovat tulleet ajoneuvoympäristöön varmasti jäädäkseen ja ovat jatkossakin osana ajoneuvojen omaa tietojärjestelmää. IVIS:ien tarkoituksenmukaisella suunnitellulla voidaan varmasti myös parantaa ajoturvallisuutta. IVIS-käyttöliittymien ja kosketusnäyttöjen fyysisten ominaisuuksien kehittämisellä tulee olemaan merkittävä rooli uusien ajoneuvojen turvallisuuden kehittämisessä. Viimeisen vuosikymmenen aikana kehitys on ollut toistaiseksi vielä vaisua IVIS:ien turvallisuusnäkökulman kannalta. Uudet teknologiset askeleet tuntoaistia hyödyntävän palautteen ja ajotilanteen haastavuutta arvioivien algoritmien osalta luovat kuitenkin toiveikasta kuvaa tulevien ajoneuvojen kannalta. Tässä kappaleessa nostetaan esiin näitä käyttöliittymien suunnitteluun ja uusiin teknologioihin liittyviä löydöksiä.

### **5.1 Käyttöliittymien suunnittelu**

Tällä hetkellä markkinoilla olevien ajoneuvojen IVIS-käyttöliittymien samankaltaisuus perinteisten mobiililaitteiden käyttöliittymien kanssa on selkeästi havaittavissa. Mikäli ajoneuvojen IVIS-käyttöliittymien suunnittelua lähdetään tarkastelemaan käytettävyyden määritelmän kautta, voidaan havaita, että käytettävyys sisältää osa-alueenaan myös käytöyhteyden. Tästä syystä onkin jokseenkin erikoista havaita, että ajoneuvojen IVIS-käyttöliittymien kohdalla tuo käytöyhteys on jäänyt osin taka-alalle.

Käyttöliittymän tarkoituksenmukaisella suunnittelulla voidaan merkittävästi vähentää käyttöliittymän ajonaikaisen käytön kuljettajalle aiheuttamaa kuormitusta (Grahn et al., 2013). Voidaan lähtökohtaisesti olettaa, että vähäisempi kuljettajaan kohdistunut kuormitus vähentää myös riskitilanteiden syntymistä. Monimutkaiset ja pitkät tapahtumaketjut sekä listamaisien valikkorakenteiden selaaminen on kuljettajalle erittäin kuormittavaa ja pitkät kirjoitustapahtumat näytöllä aiheuttavat poikkeamia ajoradalta (Peng et al., 2014; Kujala et al., 2013). Ajoneuvoympäristöön tulevien käyttöliittymien suunnittelussa tulisi siis huomioida valikkorakenteiden helppokäyttöisyys, ja niiden tulisi olla visuaalisilta vaatimuksiltaan lyhyellä vilkaisulla hyvin havaittavia.



Käyttöliittymien sisältämien painikkeiden kokoluokalla on selvästi merkitystä niiden helppokäyttöisyyteen ja liian pieneen painikkeeseen on luonnollisesti vaikeaa osua. Painikkeen kokoluokan kasvattamisellakin on kuitenkin ylärajansa. Painikkeen kasvattaminen yli 17,5 millimetriseksi ei enää paranna merkittävästi sen käytettävyyttä (Kim et al., 2014). Tästä voidaan päätellä, että ajoneuvokäyttöön valmistetussa kosketusnäytössä ja sen käyttöliittymässä tulisi siis olla reilummin tilaa, jotta painikkeiden koko saadaan riittävän suureksi ja näin ollen ne saadaan vastaamaan enemmän perinteisen fyysisen painikkeen kokoluokkaa.

Riittävän suuren tilan aikaansaamiseksi käyttöliittymään myös näytön kokoluokalla on merkitystä. Lähtökohtaisesti suurempi kosketusnäyttö voi parantaa sen käytettävyyttä ja käytön turvallisuutta (Ma et al., 2017). Nämä löydökset osoittavan hyvin sen, että ajoneuvokäyttöön tarkoitettujen käyttöliittymien suunnittelussa olisi tärkeää panostaa käyttöliittymän tarkoituksenmukaisuuteen, eikä välttämättä tyyppillisten älypuhelinsovelluksien suunnittelukeinoja voida niissä aina suoraan hyödyntää.

## 5.2 Uudet teknologiat

Ajoneuvoissa käytettäviä kosketusnäyttöjä voidaan edelleen parantaa myös uusien, vielä ajoneuvojen kosketusnäytöissä harvemmin nähtyjen ominaisuuksien, kuten tuntoaistia hyödyntävän palautteen eli haptisen palautteen avulla ja käyttäjän syötettä ennustavien teknologioiden keinoin. Myös ääniohjaustoimintojen parantaminen voi vähentää tarvetta katseen ja käsien siirtämiselle pois ajotehtävästä.

Haptinen palaute ei ole itsessään enää uusi teknologinen innovaatio, mutta ajoneuvojen kosketusnäytöissä se voisi osoittautua hyödylliseksi ja olisi uutta sillä saralla. Kosketusnäyttöjen monipuolisuus käyttöliittymän puolella luo kiistämättömän hyödyn. Niiden yleistyminen tuo kuitenkin mukanaan myös merkittävän kompromissin käyttäjälleen antaman palautteen osalta, ja haptinen palaute on noussut esiin yhtenä mahdollisuutena palauttaa kosketusnäyttöihin fyysistä tuntumaa (Bernard et al., 2013). Haptisella palautteella voidaan luoda tuntoaistimuksia käyttäjän sormenpäähän muuttamalla ihon ja kosketusnäytön pinnan välistä kitkaa. Tätä kitkaa voidaan hallita ultraäänivärähtelyllä saaden aikaan erilaisia tuntemuksia (Bernard et al., 2013). Haptisen palautteen lisääminen vaatii käyttäjältään jonkin verran uuden opettelua. Haptisen palautteen hyödyntämisestä tehdyssä tutkimuksessa käyttäjät onnistuivat lyhyen oppimisjakson jälkeen suorittamaan tehtäviä ilman silmiä vain 8,1 prosentin virheellä ja keskimäärin 4,1 sekunnissa (Bernard

et al., 2013). Tutkimalla lisää haptisen palautteen mahdollisuuksia ajoneuvokäytössä on täysin mahdollista, että niillä tullaan saavuttamaan merkittävää edistystä IVIS:ien ajonai-  
kaisen käyttöturvallisuuden parantamisessa.

Kosketusnäyttöisen tietojärjestelmän käytettävyyttä ja turvallisuutta ajonaikaisessa käytössä voidaan tulevaisuudessa mahdollisesti parantaa hyödyntämällä järjestelmiä, jotka arvioivat ajotilanteen sen hetkistä haastavuutta. Järjestelmä mukauttaisi käyttöliit-  
tymää ja toimintoja ajotilanteeseen soveltuvaksi. Useissa nykyaajoneuvoissa löytyy val-  
miiksi tällaisen järjestelmän kehittämiseen tarvittavat valmiudet, jotka mittaavat erilaisia  
muuttujia, joiden pohjalta järjestelmä voi puolestaan arvioida ajotilannetta (Galarza &  
Paradells, 2019). Mukautuva järjestelmä voi edistää turvallisuutta ja käytettävyyttä myös  
monin eri tavoin, koska se voi esimerkiksi rajoittaa selvästi ensisijaiseen tehtävään nega-  
tiivisesti vaikuttavia toimintoja tai helpottaa kuljettajalle näytettävää informaatiota erilai-  
sissa ajotilanteissa (Galarza & Paradells, 2019). Galarza & Paradells (2019) keräsivät yh-  
teensä 6460 kilometrin ajalta dataa todellisista ajotilanteista tutkiakseen mukautuvan jär-  
jestelmän toimivuutta. Tutkimuksessaan he toteavat, että tutkimukseen osallistujien ole-  
van yhtä mieltä siitä, että järjestelmä paransi käyttäjäkokemusta. He olivat myös haluk-  
kaita integroimaan ehdotetun järjestelmän ajoneuvoihinsa. Voidaan siis todeta, että mu-  
kautuvan järjestelmän kehittäminen voi olla hyvä ja melko nopeasti toteutettavissa oleva  
vaihtoehto IVIS:ien käytettävyyden ja ajonaikaisen ajoturvallisuuden parantamiseksi.  
Galarza & Paradells (2019) mukaan heidän ehdottamansa järjestelmä voidaan integroida  
nykyisiin ajoneuvoihin, eikä järjestelmä vaadi korkeata laskentatehoa ajoneuvon omalta  
järjestelmältä.

## **6 Pohdinta**

Tämän työn tavoitteena oli tunnistaa ja nostaa esille ajoneuvon kosketusnäyttöpohjaisen  
tietojärjestelmän eli IVIS:in mukanaan tuomia käytettävyyden haasteita ja niiden ajotur-  
vallisuuteen tuottamia vaikutuksia. Ajoneuvojen kosketusnäyttöpohjaisien tietojärjestel-  
mien käytettävyys ja vaikutus ajoturvallisuuteen on ajankohtainen aihe, sillä nykypäivän  
uusista ajoneuvoista lähes jokaisessa on vähintään yksi kosketusnäyttö. Tutkielmassani  
nostin esille näiden järjestelmien merkittävimpiä käytettävyyden haasteita, käytettävyy-  
teen vaikuttavia taustatekijöitä sekä näiden tietojärjestelmien mukanaan tuomia ajotur-

vallisuusvaikutuksia. Halusin tuoda tutkielmassani esille myös muutamia uusia teknologioita ja käyttöliittymäsuunnitteluun liittyviä keinoja, joilla näiden järjestelmien käytettävyyttä voitaisiin jatkossa parantaa ja turvallisuushaasteisiin voitaisiin vastata.

Tutkimuksia varsinkin IVIS:ien turvallisuusvaikutuksista on tehty jo melko paljon viimeisen vuosikymmenen aikana, mutta merkittävää edistystä varsinkaan niiden ajoturvallisuusvaikutuksien parantamisen osalta ei ehkä voida väittää tapahtuneen. Tätä voidaan päätellä osin siitä, että niiden turvallisuusvaikutuksista on vuosikymmenen ajalta suuri määrä tutkimusta ja samasta aiheesta on ilmennyt myös aivan viime vuosilta uusia tutkimuksia, joissa samat aiemminkin havaitut ongelmat tuntuvat nousevan esille. Laajan tutkimusvalikoiman avulla pystyin muodostamaan käsitystä siitä, mitkä tekijät vaikuttavat näiden järjestelmien käytettävyyteen juuri ajoneuvoympäristössä ja minkälaisia turvallisuusvaikutuksia niillä on. IVIS:in laajan yleistymisen jälkeen ajoneuvojen valmistajat ovat vaikuttaneet enemmän kiinnostuneilta kehittämään uusia viihde- ja informaatioominaisuuksia tietojärjestelmiinsä, minkä takia turvallisuusnäkökulma on saattanut jäädä jonkin verran taka-alalle.

Tutkielmassa esiteltyjen tutkimuksien pohjalta on todettavissa, että ajoneuvojen omat tietojärjestelmät ovat haastavia käyttää turvallisesti ajon aikana, ja niiden käyttäminen on merkittävä taustatekijä kuljettajan keskittymiskyvyn alenemiselle. Kosketusnäyttöisten ajoneuvojen tietojärjestelmien kehitys ei ole vielä ratkaissut heikkoon käytettävyyteen tai ajoturvallisuuteen liittyviä haasteita viimeisen vuosikymmenen aikana. Tutkielmassa esitellyistä tutkimuksista oli selvästi löydettävissä yhteneväisiä tuloksia liittyen kuljettajan keskittymiskyvyn alenemiseen.

Työni näkökulma painottui erityisesti IVIS:in käytettävyyden haasteisiin ja sen aiheuttamiin turvallisuusvaikutuksiin. Analysoin tutkielman osana myös käytettävyyden käsitettä ajoneuvokontekstissa, jotta IVIS:in käytettävyyttä voitiin arvioida. Käytettävyyden analysointi ajoneuvokontekstissa osoittautui työtä tehdessä jokseenkin hankalaksi, koska tyypillisimmin käytettävyyttä tarkastellaan sellaisten laitteiden ja järjestelmien osalta, jotka ovat käyttäjän pääasiallinen huomion kohde. Ajoneuvojen laitteiden käytettävyyttä arvioidessa keskeisenä taustatekijänä on jatkuvasti muuttuva ympäristö. Käytettävyyden määritelmän osa-alueista käyttöyhteyden osa-alueen voidaan sanoa olevan ajoneuvokontekstissa merkittävien. Käyttöyhteyden määrittely on erityisen tärkeää, koska ajoneuvojen ulkoinen ympäristö on jatkuvasti muuttuva. Kun IVIS:in käytettävyyttä pohdii käytettävyyden määritelmän osa-alueiden kautta, voi jokseenkin kyseenalaistaa koske-

tusnäyttöisen IVIS:in käytettävyyden onnistuneisuutta. Varsinkin käytettävyyden määritelmässä olevaa soveltuvuuden osa-alueetta tarkastellessa voidaan huomata, että IVIS:ien käytettävyys ei useinkaan ole kovin hyvä ajon aikana. Soveltuvuuden osa-alueella tarkasteltavana kohteena on myös ajon aikaiseen käyttöön soveltuminen. Tämän käytettävyyden osa-alueen ei voida useinkaan sanoa toteutuvan kosketusnäyttöisen IVIS:in osalta. IVIS:in tuottavuus, eli se, kuinka tarkasti ja täydellisesti käyttäjä saavuttaa tavoitteensa on usein varsin heikentynyt. Kuten Ahmad ja muut (2015) olivat huomanneet, myös ajoneuvon matkustajat törmäävät merkittäviin haasteisiin osoitustehtävien suorittamisessa ajon aikana ja virheprosentit osoituksen onnistumisessa nousevat korkealle. Kuljettajan huomio pitäisi olla pääasiassa liikenteessä, joten onnistumisprosentti on lähtökohtaisesti vielä heikompi. Tarkasteltaessa työpanoksen määrää suhteessa saavutettuihin tuloksiin, voidaan myös nähdä, että IVIS:in ajonaikainen käyttö vaatii merkittäviä ponnisteluja kuljettajalta. Lisäksi sen ajonaikainen käyttö aiheuttaa kuljettajalle kuormitusta, joka puolestaan johtaa helposti ajonaikaisiin virheisiin (Peng et al., 2014; Kujala et al., 2013). On siis todettava, että IVIS:in hyvän käytettävyyden ja paremman ajoturvallisuuden aikaansaaminen on vielä osin keskeneräinen prosessi, joka vaatii jatkokehitystä. Näitä löydettyjä haasteita täytyy myös pyrkiä ratkaisemaan innovatiivisella ja tarkoituksenmukaisella suunnittelulla.

Näen mahdollisena, että näiden tutkielmassani esille tuotujen uusien teknologioiden ja käyttöliittymäsuunnitteluun liittyvien keinojen avulla ajoneuvojen tietojärjestelmiä voidaan parantaa tulevaisuudessa merkittävästi. Helpoimpia keinoja näiden järjestelmien parantamiseksi voisi olla suurempien kosketusnäyttöjen käyttäminen. Näin näytöissä ja käyttöliittymissä olisi tilaa suuremmille painikkeille, joihin on huomattavasti helpompaa osua (Ma et al., 2017; Kim et al., 2014). Käyttöliittymiin voitaisiin integroida turvallisuutta parantavia koneoppimiseen pohjautuvia järjestelmiä, jotka säätävät käyttöliittymää ajotilanteeseen sopivaksi (Galarza & Paradells, 2019).

Tutkielman rajallisuuden vuoksi erittäin merkittäviäkin uusia innovaatioita jää todennäköisesti mainitsematta. Näistä esimerkiksi merkittävimmän, eli tekoälyn liittäminen ajoneuvojen tietojärjestelmiin jää kokonaan läpikäymättä. Viimeaikaisia tekoälyn edistyksiä havainnoitaessa voidaan todeta melko varmaksi, että tekoäly on tulossa myös osaksi IVIS:iä jo lähitulevaisuudessa. Sillä voi olla merkittäviä turvallisuutta ja käytettävyyttä parantavia vaikutuksia. Myös erilaiset kuljettajaa valvovat järjestelmät sekä autonomiset ajoneuvot kehittyvät jatkuvasti, ja nekin tulevat tarjoamaan ratkaisuja osaan

näistä turvallisuusongelmista. Tutkielman rajallisuuden vuoksi myöskään saavutettavuuden ja vastuullisuuden näkökulmia ei voitu tarkemmin läpikäydä, mutta nähdäkseni nekin ovat varsinkin kosketusnäyttöisten ajoneuvojen tietojärjestelmien kohdalla huomionarvoisia näkökulmia. Kosketusnäyttöiset laitteet voivat olla hankalia käyttää sellaisille henkilöille, joilla on fyysisiä tai motorisia rajoitteita, mutta nämäkin henkilöt voivat kuitenkin lähtökohtaisesti ajaa autoa. On hyvä tutkia, miten saamme muokattua näitä tietojärjestelmiä ja niiden käyttötapoja myös niin, että saavutettavuus on hyvällä tasolla. Suureksi kysymykseksi jää myös vastuu ajoneuvon kuljettajan ja matkustajien turvallisuudesta. Kenelle vastuu kuuluu, mikäli kosketusnäyttöisten tietojärjestelmien käyttö ajon aikana aiheuttaa vakavia onnettomuuksia ja nämä järjestelmät ovat tarkoituksella suunniteltu käytettäväksi ajossa? Miksi suunnittelemme jopa vaikeasti käytettäviä järjestelmiä ajoturvallisuuden kustannuksella, ja ovatko kaikki nämä ominaisuudet edes ajoneuvon lähtökohtaisen käyttötarkoituksen kannalta olennaisia? Nähdäkseni ennen uusien lisäominaisuuksien jatkuvaa kehittämistä IVIS:ien turvallisuutta edistävien ominaisuuksien parantaminen ja kehittämien tulisi olla etusijalla. Uusien ominaisuuksien lisäämistä jo valmiiksi keskittymisen kannalta haastavan ajotehtävän oheen olisi syytä harkita aina huolellisesti.

Esiteltyjen tutkimusten tuloksista on hyvä huomioida se, että kaikkia tutkimuksia ei ole voitu suorittaa reaali maailman liikenteessä, vaan osa tutkimuksista on suoritettu ajosimulaattoreissa. Näin ollen ne eivät ole välttämättä suoraan verrannollisia reaali maailman liikenteessä tapahtuvien suoritteiden kanssa. Nähdäkseni niistä voidaan kuitenkin saada merkittäviä suuntaviivoja ajoneuvojen tietojärjestelmien suunniteluun jatkossa ja nämä tutkimukset ovat nostaneet esille merkittäviä näkökulmia ajoneuvojen kosketusnäyttöpohjaisten tietojärjestelmien käytöstä. Tutkielmani rajoitteena on myös se, että tulokset ovat alkuperäisten tutkimusten ja tietolähteiden pohjalta esiteltyjä, johtuen työn muodosta, joka on tehty kirjallisuuskatsauksena.

Tämän tutkielmatyön tekemisen aikana olen havainnut, että ajoneuvojen kosketusnäyttöpohjaisten tietojärjestelmien kehitystyö on vielä alkuportilla ja niiden kehityksessä on vielä valtavasti tilaa uudelle tieteelliselle tutkimukselle, sekä uusille teknologille innovaatioille ja jatkokehitykselle. Kosketusnäyttöjen yleistyminen ajoneuvoissa on jatkunut nousujohteisesti jo yli vuosikymmenen. On myös erikoista sekä mielenkiintoista havaita, että jotkin autovalmistajat ovat alkaneet suunnitella myös palaamista perinteisten painikkeiden ja säätimien käyttämiseen. Tämä on antanut työni tekemisessä myös varmistuksen sille, että varsinkin IVIS:ien turvallisuusnäkökulma on erittäin ajankohtainen.

Tämän sekä myös tutkielmassani esille nostettujen tutkimusten perusteella voidaan sanoa, että aiheen tutkimista tulee jatkaa.

## Lähdeluettelo

- Eren, A. L., Burnett, G., & Large, D. R. (2015). Can in-vehicle touchscreens be operated with zero visual demand? An exploratory driving simulator study. Proceedings of 4th International Conference on Driver Distraction and Inattention, Sydney, New South Wales, Australia.
- Ahmad, B. I., Langdon, P. M., Godsill, S. J., Hardy, R., Skrypchuk, L., & Donkor, R. (2015). Touchscreen usability and input performance in vehicles under different road conditions: An evaluative study. Proceedings of the 7th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications, 47–54. <https://doi.org/10.1145/2799250.2799284>
- Tieliikennelaki 729/2018 98 §. Viitattu 14.3.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2018/20180729>
- Beanland, V., Fitzharris, M., Young, K. L., & Lenné, M. G. (2013). Driver inattention and driver distraction in serious casualty crashes: Data from the Australian National Crash In-depth Study. *Accident Analysis and Prevention*, 54, 99–107. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.12.043>
- Harvey, C., Stanton, N. A., Pickering, C. A., McDonald, M., & Zheng, P. (2011). In-vehicle information systems to meet the needs of drivers. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 27(6), 505–522. <https://doi.org/10.1080/10447318.2011.555296>
- Mack Degeurin (2024). Too many screens? Why car safety experts want to bring back buttons. <https://www.popsoci.com/technology/too-many-screens-in-cars/>
- Lisseman, J., Diwischek, L., Essers, S., & Andrews, D. (2014). In-vehicle touchscreen concepts revisited: Approaches and possibilities. *SAE International Journal of Passenger Cars - Electronic and Electrical Systems*, 7(1), 141–148. <https://doi.org/10.4271/2014-01-0266>
- Tim Levin (2023). 'It's a dealbreaker:' Some Tesla fans are complaining about the new Model 3's 'terrible' turn-signal buttons. <https://www.businessinsider.com/tesla-fans-complain-new-model-3-highland-turn-signal-stalks-2023-9?r=US&IR=T>
- Salmon, P. M., Lenné, M. G., Triggs, T., Goode, N., Cornelissen, M., & Demczuk, V. (2011). The effects of motion on in-vehicle touch screen system operation: A battle management system case study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 14(6), 494–503. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2011.08.002>
- Stevens, A., & Burnett, G. (2014). Designing in-vehicle technology for usability. In *Driver Acceptance of New Technology: Theory, Measurement and Optimisation* (pp. 253–267). <https://doi.org/10.1201/9781315578132-17>
- Harvey, C., Stanton, N. A., Pickering, C. A., McDonald, M., & Zheng, P. (2011). Context of use as a factor in determining the usability of in-vehicle devices. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 12(4), 318–338. <https://doi.org/10.1080/14639221003717024>

- Kujala, T., Silvennoinen, J., & Lasch, A. (2013). Visual-manual in-car tasks decomposed: Text entry and kinetic scrolling as the main sources of visual distraction. *Proceedings of the 5th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, 82–89. <https://doi.org/10.1145/2516540.2516562>
- Kim, H., Kwon, S., Heo, 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. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.05.006>
- Ban, G., & Park, W. (2024). Effects of in-vehicle touchscreen location on driver task performance, eye gaze behavior, and workload during conditionally automated driving: Nondriving-related task and take-over. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 00187208241226838. <https://doi.org/10.1177/00187208241226838>
- Grahn, H., & Kujala, T. (2020). Impacts of touch screen size, user interface design, and subtask boundaries on in-car task's visual demand and driver distraction. *International Journal of Human-Computer Studies*, 142, 102467. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2020.102467>
- 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, 182–191. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2014.06.001>
- National Highway Traffic Safety Administration (2013). *Visual-Manual NHTSA Driver Distraction Guidelines for InVehicle Electronic Devices*. (NHTSA–2010–0053).
- Kircher, K., Kujala, T., & Ahlström, C. (2020). On the difference between necessary and unnecessary glances away from the forward roadway: An occlusion study on the motorway. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 62(7), 1117–1131. <https://doi.org/10.1177/0018720819866946>
- Ma, J., Li, J., Gong, Z., & Yu, J. (2017). Impact of in-vehicle touchscreen size on visual demand and usability. 2017-01–1984. <https://doi.org/10.4271/2017-01-1984>
- Bernard, C., Monnoyer, J., Ystad, S., & Wiertlewski, M. (2022). Eyes-off your fingers: Gradual surface haptic feedback improves eyes-free touchscreen interaction. *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–10. <https://doi.org/10.1145/3491102.3501872>
- Galarza, M., & Paradells, J. (2019). Improving road safety and user experience by employing dynamic in-vehicle information systems. *IET Intelligent Transport Systems*, 13(4), 738–744. <https://doi.org/10.1049/iet-its.2018.5022>