

MUOTOILUKONSEPTI OHJAUSPYÖRÄN KÄYTTÖLIITTYMÄKSI
Tapaustutkimus: ajoneuvon hallintalaitteiden integroiminen
osaksi ohjauspyörää

Pro gradu -tutkielma

Tekijä: Juho Saavalainen

Opiskelijanumero: 0395032

Taiteiden tiedekunta/Teollinen muotoilu

Ohjaaja: Professori Jonna Häkkinä

Lapin yliopisto

2020

LAPIN YLIOPISTO

TAITEIDEN TIEDEKUNTA

TYÖN NIMI

Muotoilukonsepti ohjauspyörän käyttöliittymäksi

Tapaustutkimus: ajoneuvon hallintalaitteiden integroiminen osaksi ohjauspyörää

KOULUTUSOHJELMA

Teollinen muotoilu

TYÖN LAJI

Pro gradu -tutkielma

SIVUMÄÄRÄ

74 + 2 liitettä

VUOSI

2020

TIIVISTELMÄ

Tämän Pro gradu -tutkielman aihe on ajoneuvon ohjauspyörään sijoitettavien hallintalaitteiden käyttöliittymäsuunnittelu ja suunnittelun pohjalta toteutettu ohjauspyörän muotoilukonsepti, joka hyödyntää Injection Molded Structural Electronics -teknologiaa. Tutkimus selvittää, mitä asioita tulee ottaa huomioon ja toteuttaa uutta ohjauspyörän käyttöliittymää suunniteltaessa, jotta suunnittelun kohteesta muodostuu käytettävyydeltään ja hyväksyttävyydeltään toimiva kokonaisuus. Työn tilaajana toimi TactoTek Oy.

Tutkimus on laadullista tutkimusta ja kuuluu suunnittelutieteisiin. Tutkimuksen teoreettinen tausta on ajoneuvon ergonomiasuunnittelun tutkimuksissa ja standardeissa sekä käytettävyyden ja käyttäjäkokemuksen tutkimuksissa, joihin myös tutkimuksen aineisto pääasiassa perustui. Tämän lisäksi työssä perehdyttiin painettua elektroniikkaa hyödyntäviin teknologioihin ja niiden ominaisuuksiin. Lisäksi aineistoa kerättiin tutkimuksen aikana käytettävyydestausten avulla.

Työn tuloksena syntyi ohjauspyörän muotoilukonsepti, joka esittelee yhden mahdollisen tavan integroida vaihteiden ja suuntavilkkujen hallintalaitteet osaksi ohjauspyörää. Lisäksi saatiin hyödyllistä tietoa painettua elektroniikkaa ja Injection Molded Structural Electronics -teknologiaa hyödyntävien ajoneuvoteollisuuden laitteiden käyttöliittymäsuunnittelun tueksi.

Avainsanat:

Teollinen muotoilu, Ajoneuvon käyttöliittymäsuunnittelu, Ohjauspyörän hallintalaitteet, Injection Molded Structural Electronics.

ABSTRACT

The subject of this Master's Thesis was the design of the user interface for the controls to be placed on the steering wheel of a vehicle and the design-based steering wheel design concept that utilizes Injection Molded Structural Electronics technology. The study clarified which issues were needed to be taken into consideration and implemented when designing a new steering wheel interface to make the object of the design form a functional and acceptable whole. The work was commissioned by TactoTek Oy

The research was a qualitative research belonging to the design sciences. The theoretical background of the study was: studies and standards of vehicle ergonomic design, usability and user experience studies. The research material was largely based on them. In addition, technologies utilizing printed electronics and their properties were explored in the study. Data were collected during the study through usability testing.

The work resulted in a steering wheel design concept that presents one possible way to integrate gear and turn signal controls into the steering wheel. In addition, useful information was obtained to support the user interface design of automotive equipment utilizing printed electronics and Injection Molded Structural Electronics technology.

Key words:

Industrial Design, Automotive HMI Design, Steering Wheel Controls, Injection Molded Structural Electronics

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO.....	4
2. TUTKIMUSKOHDDE	6
2.1. OHJAUSPYÖRÄN JA HALLINTALAITTEIDEN HISTORIA	6
2.2. HALLINTALAITTEIDEN NYKYINEN SIJOITTELU JA KÄYTTÖ	11
2.3. HALLINTALAITTEIDEN INTEGROIMINEN OHJAUSPYÖRÄÄN	15
3. AJONEUVON KÄYTTÖLIITTYMÄSUUNNITTELU.....	17
3.1. ERGONOMIA AJONEUVON KÄYTTÖLIITTYMÄSUUNNITTELUSSA.....	18
3.2. KÄYTTÄJÄKESKEINEN SUUNNITTELU	29
3.3. KÄYTTÄJÄKOKEMUS.....	32
3.4. KÄYTETTÄVYYSTESTAUS	33
3.5. PAINETTU ELEKTRONIIKKA.....	35
3.6. VASTAAVAN KALTAISTEN TUOTTEIDEN JA KONSEPTIEN KARTOITTAMINEN	37
4. MUOTOILUN VIITEKEHYS.....	40
4.1. TEOLLINEN MUOTOILU	40
4.2. TACTOTEK.....	41
5. OHJAUSPYÖRÄN MUOTOILU JA TESTAUS	42
5.1. MUOTOILUKONSEPTI.....	42
5.2. YHTEENVETO SUUNNITTELU TYÖN REUNA-EHDOSTA.....	43
5.3. MALLINNUS, TOTEUTUS JA TESTAUS	44
5.4. ANALYYSI	60
6. JOHTOPÄÄTÖKSET	62
7. POHDINTA.....	64
LÄHTEET	66
LIITTEET	75

1. JOHDANTO

Ajoneuvoteollisuus on yksi maailman suurimmista teollisuuden aloista. Uusien ajoneuvomallien luominen sisältää suuria määriä suunnittelu- ja kehitystyötä, markkinointia sekä myyntityötä. Ajoneuvoteollisuuden pyrkiessä tuottamaan edellisiä toimivampia, tehokkaampia ja myyvämpiä malleja, alan toimijat etsivät ja kehittävät jatkuvasti uusia teknologioita sekä tutkivat mahdollisuutta niiden hyödyntämiseen. Uusien innovaatioiden ja teknologioiden hyödyntäminen edellyttää tutkimus- ja suunnittelutyötä. Laitteen tai järjestelmän turvallisuus, houkuttavuus, käytön helppous sekä tuotantokustannukset nousevat merkittävään rooliin päätettäessä niiden ottamisesta tuotantoon.

Tämän Pro gradu -tutkielman kohteena on selvittää uuden käyttöliittymän suunnitteluun vaikuttavat asiat sekä tuottaa niiden perusteella muotoilukonsepti, joka vastaa ajoneuvosuunnittelun vaatimukseen. Tutkimuksessa selvitetään lisäksi käyttöliittymän tuottamista painetun elektroniikan ja sen ympärille rakentuvan Injection Molded Structural Electronics (IMSE™) -teknologian avulla. Tarkemmin määriteltynä suunnittelun kohteena on muotoilukonsepti, jonka tarkoituksena on yhdistää ajoneuvon hallintalaitteet osaksi ohjauspyörää, siten että kokonaisuus muodostuu toimivaksi sekä löytää toimivuuden mahdollistavat tekijät.

Työn tutkimusongelma on ajoneuvon hallintalaitteiden integroiminen osaksi ohjauspyörää. Työlle on asetettu tutkimuskysymyksiä, joihin on pyritty saamaan vastauksia. Tutkimuskysymykset ovat: 1) onko mahdollista siirtää hallintalaitteita osaksi ohjauspyörää niiden perinteisiltä sijoituspaikoilta ja saavuttaa hyvin toimiva kokonaisuus, 2) mahdollistaako painetun elektroniikan käyttäminen toimivan hallintalaitteiden käyttöliittymän ja 3) millaisen vastaanoton uusi ohjauspyörän käyttöliittymä saa käyttäjien parissa?

Tutkimuksen alkuosassa esitellään tutkimuskohde ja siihen liittyvää teknologista kehitystä sekä nykyisesti yleisiä käyttöliittymän toteutusmalleja. Tämän jälkeen esitellään ajoneuvon käyttöliittymäsuunnittelussa huomioitavia piirteitä: ajoneuvon ergonomiasuunnittelun, käyttäjäkeskeisen suunnittelun, käyttäjäkokemuksen sekä käytettävyydestä osalta. Tämän lisäksi esitellään painetun elektroniikan ominaisuudet sekä kartoitetaan suunnittelutyötä vastaavia konsepteja.

Edellä mainittujen teoriaosioiden jälkeen työssä esitellään taiteellinen osuus, jonka suunnittelu- ja muotoilutyö perustuu työssä esitettyjen teorioiden löydöksiin sekä työn aikana toteutettujen käytettävyydestäusten ja haastattelujen tuloksiin. Taiteellisen osuuden lopputuloksena esitetään muotoilukonsepti sekä vastataan tutkimuksessa asetettuihin kysymyksiin. Lopuksi esitetään pohdinta sekä työn johtopäätökset.

2. TUTKIMUSKOHDE

Työn tutkimuskohteita ovat ajoneuvon hallintalaitteiden muotoileminen osaksi ohjauspyörää sekä muotoilulla saavutetun muutoksen analysoiminen. Työ keskittyy hallintalaitteiden osalta vaihtenvaihtajaan sekä suuntavilkun kytkimeen. Työssä pyritään selvittämään, millainen käyttöliittymä edellä mainituille hallintalaitteille olisi käytettävyyden kannalta paras mahdollinen ja millaisen vastaanoton se saa käyttäjäryhmältä. Työssä käytettävä teknologia perustuu painettuun elektroniikkaan.

Alla olevissa alaotsikoissa perehdytään lyhyesti ajoneuvojen ohjauspyörän, vaihtenvaihtajan ja suuntavilkun kehitykseen moottoriajoneuvojen ensivuosisista nykyhetkeen, nykyisten hallintalaitteiden käyttämiseen. Tämän jälkeen esitellään tutkimuskohteet: 1) Hallintalaitteiden integroiminen osaksi ohjauspyörää sekä 2) Ohjauspyörään integroitujen hallintalaitteiden käyttö ja hyväksyttävyyys.

2.1. OHJAUSPYÖRÄN JA HALLINTALAITTEIDEN HISTORIA

Ohjauspyörä koetaan luonnolliseksi osaksi moottoriajoneuvoa, mutta ajoneuvojen historiassa näin ei ole aina ollut. Ensimmäisiä moottorikäyttöisiä ajoneuvoja ei ohjattu ohjauspyörän avulla, vaan vipuja liikuttelemalla, mikä vaatii paljon työtä. Ajoneuvojen nopeuden ja painon kasvaessa ohjaus muodostui entistä haastavammaksi. Ratkaisu ongelmaan syntyi automoottoriurheilun myötä, kun ranskalainen Alfred Vacheron keksi muuntaa Panhard-merkkisen ajoneuvonsa ohjauksen käyttämään ohjauspyörää. Vacheron osallistui ajoneuvollaan 22. heinäkuuta 1894 Paris-Rouen kilpailuun ja voitettuaan kilpailun, sai uusi

ohjauspyörä osakseen paljon mielenkiintoa. Neljä vuotta myöhemmin vuonna 1898 oli kaikki Panhardin valmistamat ajoneuvot varustettu ohjauspyörillä. Kiinnostus ohjauspyörän käyttöön levisi nopeasti Ranskasta muualle maailmaan ja vuonna 1908 ensimmäisen Fordin T-mallin valmistuessa oli ohjauspyörästä tullut erottamaton osa moottoriajoneuvoja. (Patrascu, 2010)

Ohjauspyörän ainoa toiminto oli pitkään ainoastaan ajoneuvon ohjaaminen ja ainoa muutos oli sähköisen äänimerkin painikkeen sijoittaminen ohjauspyörän yhteyteen. Kehitys otti pienen askeleen eteenpäin 1960-luvulla, jolloin osa ajoneuvon valmistajista lisäsi vakionopeudensäätimen osaksi ohjauspyörää. Suurempi muutos koettiin kuitenkin 1990-luvulla, jolloin ohjauspyörään sijoitettiin useita ajoneuvon hallinta- ja oheislaitteiden kytkimiä. (Patrascu, 2010)

Nykyisin ohjauspyörän yhteyteen voidaan muun muassa sijoittaa ajotietokone, vakionopeudensäädin, radion ja musiikkisoittimen säätimet, Bluetooth-puhelun ohjaus ja ohjauspyörän lämmitin. Ohjauspyörästä on tullut tärkeä paikka sijoittaa muita kuin itse ohjaamiseen liittyviä kontrollilaitteita (Meschtscherjakov, 2017). Ohjauspyörään sijoitettavien säätimien määrä ja sijoittelu on muuttunut 1990-luvulta lähtien. Muutokseen on syynä tekniikan kehitys, niin laitteiden, kuin säätimien osalta, sekä ergonomian parantuminen (Kuva 1).

**Bayerische Motoren Werke AG:n
ohjauspyöriä eri vuosikymmeniltä**



1989



1998



2009



2019

Kuva 1. Ohjauspyöriä eri aikakausilta.

Ennen nykyaikaisten suuntavilkkujen kehittämistä kääntyminen haluttuun suuntaan näytettiin aluksi käsimerkein. Käännettäessä oikealle vasen käsi nostettiin kyynärpäältä pystyasentoon ja jos haluttiin kääntyä vasemmalle, käsi ojennettiin sivulle suorana. Liiketurvallisuuden parantamiseksi ryhdyttiin kehittämään kääntymisestä ilmoittavia laitteita, jotka perustuivat alkuun vanhoihin käsimerkkeihin; auton sivuilla oli pienet mekaaniset varret, jotka kuljettaja saattoi nostaa vaaka-asentoon käännettäessä. Varsiin lisättiin myös valot parantamaan havaitsemista. Ensimmäinen, ainoastaan valoon perustuva suunnannäyttävä kehitettiin vuonna 1925, mutta keksintö ei herättänyt tuolloin ajoneuvovalmistajien kiinnostusta. Keksinnön suojaus ehti juuri vanhentua, kun Buick toi markkinoille ensimmäisen vilkkuvan suuntavalon eli suuntavilkun. Samalla he toivat markkinoille uuden "Handi-Shift" -suuntakytkimen, joka oli sijoitettu ohjauspylvääseen. Tätä ennen suuntakytkin oli sijainnut kojelaudassa tai kuljettajan jalkatilassa. Suuntavilkut vakiintuivat nopeasti toisen maailmansodan jälkeen, samoin vakiintui suuntakytkimen sijainti vasemmalle puolelle ohjauspyörää, jossa se nykyäänkin sijaitsee. (Hedgbeth, 2015)

Ajoneuvon vaihteistoa säädetään vaihteenvaihtajalla. Perinteisesti olemme tottuneet manuaali- ja automaattivaihteisissa ajoneuvoissa keskikonsolissa tai ohjauspylväässä sijaitsevaan vaihdekeppiin. Puoliautomaattivaihteiston kehittyminen on kuitenkin mahdollistanut vaihteenvaihtajan sijoittamisen osaksi ohjauspyörää. Idea vaihtajasta ohjauspyörässä ei ole uusi keksintö. Ensimmäinen ratkaisu nähtiin jo vuonna 1912, kun keksijä Amedé Bollée ratkaisi vaihteen vaihtamisen ohjauspyörän keskelle sijoitetulla alumiinisella levyllä. Levyä liikuttamalla vaihteita pystyi siirtämään ylös ja alas päin. Keksintö toimi lisäksi ilman kytkintä. Seuraava ratkaisu sai odottaa aina vuoteen 1989, kun Ferrari sai alkuvaikeuksien jälkeen John Barnardin suunnitteleman puoliautomaattivaihteiston toimimaan luotettavasti. Vaihteen vaihtaminen tapahtui liikuttamalla kahta ohjauspyörän takana sijaitsevaa siipeä. Keksintö mullisti nopeasti moottoriurheilun, sillä käsiä ei tarvinnut enää irrottaa ohjauspyörästä vaihteen vaihtamisen aikana. Vuonna 1997 Ferrari esitteli Ferrari 355 -mallinsa, jossa kilpaurheilussa hyödynnetty vaihdeteknologia otettiin käyttöön kuluttajamarkkinoilla. Pian myös BMW ja Alfa Romeo toivat omat vastaavat

systeminsä markkinoille ja puoliautomaattivaihteet kehittyivät entisestään. (Davies, 2011)

Nykyaikaisissa puoliautomaattivaihteilla varustetussa ajoneuvossa vaihtajat ovat yleisesti sijoitettu ohjauspyörän taakse niin, että ne liikkuvat ohjauspyörän mukana sitä käännettäessä. Yleisesti käytetty termi tällaisista vaihtajista on englanninkielinen termi Paddle Shifters (Kuva 2).



Kuva 2. Erilaisia vaihteenvaihtajia ylhäältä alaspäin: "keppivaihde", "rattivaihde" sekä Paddle Shifter

2.2. HALLINTALAITTEIDEN NYKYINEN SIJOITTELU JA KÄYTTÖ

Ohjauspyörän koko on pienentynyt tehokkaampien ohjausta avustavien järjestelmien kehittymisen myötä. Muotokieleen on vaikuttanut myös autourheilu, jossa pienempi kokoisia ohjauspyöriä on käytetty ennen niiden yleistymistä tavallisiin henkilöajoneuvoihin. Ohjauspyörän muoto on saanut joidenkin ajoneuvovalmistajien osalta näkyviä muutoksia pyöreästä kulmikkaampaan suuntaan. Alun perin kulmikas muotoilu liittyi myös autourheiluun; kuljettajat halusivat päästä helpommin sisään ja ulos ahtaisiin ajoneuvoihin lyömättä jalkojaan ohjauspyörään. Epäsymmetrinen muoto myös edesauttaa päättelemään renkaiden sen hetkisen kulman. Kulmikkuus siirtyi sittemmin kilparadoilta nopeisiin superautoihin ja edelleen tavallisiin henkilöautoihin tuomaan niihin urheilullista leimaa (Kuva 3). (May, 2008)



Kuva 3. Erimallisia ohjauspyöriä

Ohjauspyöriin on tullut myös käsien asentoa tukevia muotoja parantamaan ergonomisuutta. Samalla muoto kuitenkin ohjaa kuljettajan tarttumaan ohjauspyörään tietyistä kohdista. Yleisimmät käsien asennot ajettaessa ovat kädet kello yhdeksässä ja kello kolmessa tai kädet kello kymmenessä ja kello kahdessa. Ohjauspyörien ergonomisessa muotoilussa nämä käsien asennot ovat suunnittelun lähtökohtina. Vakiintunut käytäntö käsien asennossa on samoin määrittänyt ohjauspyörän keskeltä lähtevien tukien sijainnin suhteessa ulkokehään. Nykyisissä ohjauspyörissä kolmesta pisteestä kiinnittyvä T-muoto on yleisin. T-muoto tuo ohjauspyörään lisää pinta-alaa ja siten mahdollistaa hallintalaitteiden painikkeiden ja säätimien sijoittelun osaksi ohjauspyörää.

Ohjauspyörä on polkimien ohella ajoneuvon käytetyin hallintalaitte. Tästä syystä ohjauspyörän pinta on muodostunut tärkeäksi säätimien ja muiden

hallintalaitteiden sijoituspaikaksi. (Kern, 2009) Ohjauspyörään voidaan sijoittaa monia ajon aikana tapahtuvien toimintojen ohjaimia, joiden sijoittaminen muualle ohjaamoon vaatisi kuljettajalta käsien irrottamista ohjauspyörästä. Ohjaimet on pyritty sijoittamaan niille loogisiin paikkoihin, joihin kuljettaja yltää helposti sormillaan.

Useita toimintoja sisältävää ohjauspyörää kutsutaan monitoimiohjauspyöräksi. Toimintoja voivat olla esimerkiksi äänenvoimakkuuden säätö, Bluetooth-puhelun päälle ja pois -kytkentä sekä vakionopeudensäädin. Kytkimet ovat yleisesti pyritty sijoittamaan ohjauspyörän keskiosan reunoille. Moottoriurheiluun tarkoitetuissa kilpailuajoneuvoissa ohjauspyörään voi olla sijoitettu muun muassa alustaa, jousitusta, hydraulikkaa ja jarruja sääteleviä ohjaimia (Kuva 4).



Kuva 4. BMW F1-tallin ohjauspyörä

Suuntavilkkujen kytkin sijaitsee ajoneuvoissa lähes poikkeuksetta ohjauspyörän takana, kuljettajan vasemmalla puolella. Kytkinviiksi on kiinni ohjaustolpassa.

Suuntavilkkuja ohjataan liikuttamalla kytkintä ylöspäin käännettäessä oikealle ja vastaavasti alaspäin käännettäessä vasemmalle. Kytkimen toimintaperiaatteeseen kuuluu, että se kytkeytyy automaattisesti pois päältä, kun ohjauspyörää käännetään riittävästi suuntavilkun osoittamaan suuntaan. Suuntavilku kytkeytyy siten useimmiten pois päältä käännettäessä risteyksistä, mutta esimerkiksi kaistan vaihdoissa ja liikenneympyröissä kytkin täytyy palauttaa manuaalisesti. Ajoneuvojen suunnittelijat ovat kuitenkin kehitelleet tähän muutosta. Muun muassa ajoneuvovalmistaja Tesla on vuonna 2018 hakenut patenttisuojan automaattisesti toimiville suuntavilkuille. (Blanco, 2018)

Nykyiset kytkinviikset ovat useimmiten monitoimikytkimiä. Suuntavilkkujen lisäksi niillä voidaan kytkeä kaukovalot päälle ja pois päältä sekä joissakin ajoneuvomalleissa käyttää vakionopeuden säädintä.

Yleisimmät ohjauspyörän yhteydessä sijaitsevat vaihtenvaihtajat ovat Paddle Shifter -tyyppisiä. Vaihtajia on kaksi kappaletta ja ne sijaitsevat kuljettajasta katsottuna ohjauspyörän kehän takana molemmilla puolilla ohjauspyörää. Käyttäminen tapahtuu liikuttamalla Paddle Shifter -evää kuljettajaan päin, jolloin puoliautomaattivaihteisto siirtää vaihdetta ylös- tai alaspäin. Pääasiassa Paddle Shifter -vaihtajien käytäntönä on, että ohjauspyörän oikealla puolella olevalla evällä vaihdetaan ylöspäin ja vasemmanpuoleisella evällä puolestaan alaspäin. Kuljettaja käyttää toimintaan yleensä etu- tai keskisormiaan.

2.3. HALLINTALAITTEIDEN INTEGROIMINEN OHJAUSPYÖRÄÄN

Tämän työn tarkoituksena oli tutkia ajoneuvon hallintalaitteiden - Suuntavilkkujen sekä vaihteiden käyttökytkinten - integroimista osaksi ohjauspyörää. Suunnittelutyö tehtiin huomioimaan Injection Molded Structural Electronics (IMSE) - teknologian käyttämisen lopullisessa toteutuksessa.

Suunniteltaessa uusia laitteita ja käyttöliittymiä osaksi ajoneuvoa on tunnettava ajoneuvojen suunnittelua ohjaavat säännökset, suositukset ja toimintaperiaatteet. Näitä ovat eri maiden lainsäädännöt, suunnittelua ohjaavat standardit sekä ajoneuvoteollisuudet pitkät perinteet. Näiden lisäksi on erityisesti huomioitava laitteen tulevaa käyttäjää: laitteen ja käyttöliittymän tulee olla käytettävyydeltään ja ergonomialtaan mahdollisimman hyvin toimiva sekä kuluttajia kiinnostava. On siis tunnettava ja hyödynnettävä alan ergonomiatutkimuksia sekä menetelmiä käytettävyyden mittaamiseksi ja parantamiseksi. On myös tunnettava suunnittelun kohde sekä käytettävä teknologia; sen mahdollisuudet ja rajoitukset käyttöliittymän suunnittelun kuin muodonannon suhteen.

Hallintalaitteiden integrointi osaksi ohjauspyörää vaatii seuraavien kohtien ymmärtämistä:

1. Käytettävyys: On olennaista, että tärkeiden hallintalaitteiden käytettävyyden on oltava vähintään samalla tasolla kuin ajoneuvoissa, joissa hallintalaitteet on sijoitettu perinteisille paikoille. Hyvän käytettävyyden määrittelyssä käytetään apuna ergonomia- ja käytettävyydetutkimuksia.

2. Säännökset ja suositukset: Ajoneuvoteollisuus ja käyttöliittymäsuunnittelijat ovat laatineet lukuisia standardeja, jotka ohjaavat suunnitteluratkaisujen tekemisessä. Standardit sisältävät paljon suosituksia, jotka on johdettu ergonomia- ja käytettävyydetutkimuksista. Suosituksia käyttämällä on mahdollista lisätä laitteen turvallisuutta ja käytettävyyttä.

3. Hyväksyttävyyys: Uudenlaista käyttöliittymää suunniteltaessa on ymmärrettävä tuotteen loppukäyttäjää. Laite voi olla käytettävyydeltään hyvä ja turvallinen käyttää, mutta tämä ei tarkoita, että laite olisi käyttäjälle mieleinen. Laitteen ja käyttöliittymän hyväksyttävyyttä voidaan parantaa ottamalla loppukäyttäjä mukaan suunnitteluprosessiin. Tällöin puhutaan käyttäjäkeskisestä suunnittelusta. Hyväksyttävyyteen vaikuttavat myös ajoneuvoteollisuuden perinteet sekä uudet tuulet. Tutkimalla ajoneuvoteollisuuden uusia suuntauksia voidaan paremmin määrittää, millainen tuote on hyväksyttävä tai ennustaa, milloin se tulisi hyväksyttäväksi.

4. Käytettävä teknologia: Lopuksi on tunnettava käytettävän teknologian eri alueet: mitä sen avulla on mahdollista tehdä ja saavuttaa ja mitkä asiat teknologia sulkee suunnittelun ulkopuolelle. Teknologian tunteminen mahdollistaa sen potentiaalın täysimittaisen hyödyntämisen ideoinnissa. Suunnittelussa täytyy myös tuntea käytetyn teknologian valmistusmenetelmät, sillä niillä on suuri vaikutus muodonantoon.

Tutkimustyössä on edellä mainittuihin kohtiin etsitty tarvittavia vastauksia suunnittelutyöhön liittyvien eri alojen kirjallisuudesta sekä tutkimuksista. Lähteinä on käytetty ajoneuvomuotoilun ergonomia - kirjallisuutta, käyttöliittymäsuunnittelun ja käyttäjäkeskeisen suunnittelun tutkimuksia, standardisoimisjärjestöjen julkaisuja sekä painettu elektroniikka -alan toimijoiden julkaisuja. Löydökset on esitetty luvussa 3.

3. AJONEUVON KÄYTTÖLIITTYMÄSUUNNITTELU

Käyttöliittymällä tarkoitetaan käyttäjän ja jonkin järjestelmän - esimerkiksi ohjelmiston tai laitteen - välistä vuorovaikutusta. Käyttöliittymäsuunnittelun tarkoituksena on mahdollistaa toimiva vuorovaikutussuhde.

Ajoneuvossa on lukuisia eri toimintoja, jotka yhdessä ympäristön kanssa muodostavat ajoneuvon käyttöliittymän. Käyttöliittymän tulee toimia ajon aikana ja ajoneuvon ollessa pysähtyneenä. Sen tulee toimia ongelmitta kirkaassa päivänvalossa ja yön pimeydessä, kuumana kesäpäivänä ja talven pakkasessa. Hyvää käyttöliittymää on mahdotonta suunnitella ymmärtämättä ihmisen ja laitteen, tässä tapauksessa kuljettajan ja ajoneuvon sekä ympäristön välisiä vuorovaikutuksia. Käyttöliittymän suunnittelutyössä pyritään ymmärtämään ja löytämään näitä vuorovaikutuksia.

Seuraavissa alaluvuissa perehdytään niihin keskeisiin asioihin, jotka ajoneuvon käyttöliittymäsuunnittelussa on huomioitava tutkittavan kohteen eli ohjauspyörän käyttöliittymän kannalta.

3.1. ERGONOMIA AJONEUVON KÄYTTÖLIITTYMÄSUUNNITTELUSSA

Ajoneuvosuunnittelun kirjallisuus, joka koskee ergonomiaa ja suunnittelustandardeja, on hyvin laajaa ja aiheesta on kirjoitettu paljon. Hyvän ergonomian suunnittelemiseksi on muun muassa mitattu ja tutkittu kuljettajan asentoa (Andreoni Ym. 2002). Koska aihe kuitenkin suunnattu hyvin kapealle ryhmälle alan ammattilaisia, on valtaosa tutkimuksista ja julkaisuista vain näiden ammattilaisten saavutettavissa. Seuraavissa luvuissa esitellyt lainaukset ovat pääsääntöisesti Vivek. D. Bhisen kirjasta *Ergonomics in the Automotive Design Process*, joka on kirjoitettu hyödyntämällä ajoneuvoalan lukuisia tutkimuksia ja kirjallisuutta useiden vuosikymmenien ajalta.

Moottoriajoneuvon suunnittelu hyvin toimivaksi ja turvalliseksi tuotteeksi on hyvin vaativa tehtävä. Suunnittelutyössä ei voida vain luottaa intuition tai maalaisjärkeen, vaan suunnittelijan on ymmärrettävä kokonaisuus ja siihen liittyvät lainalaisuudet. Ergonomia on yksi tapa lähestyä käyttäjän, laitteen ja ympäristön muodostamaa kokonaisuutta.

Ergonomia on monialainen tieteenala, joka koostuu ihmistä koskevista tutkimusaloista, joita ovat muun muassa psykologia, antropometria, biomekaniikka, anatomia, fysiologia sekä psykofysiikka. Se sisältää ihmisten kykyjen, ominaisuuksien ja rajoitteiden tutkimista ja hyödyntää saatua tietoa ihmisten käyttämien laitteiden ja järjestelmien suunnittelussa sekä niiden toimivuuden arvioinnissa. Ergonomian peruslähtökohtana on suunnittelu, jolla turvallisuus, mukavuus, soveltuvuus, suorituskyky ja tehokkuus käyttäjän ja laitteen välillä saadaan paremmaksi. (Bhise, 2011, s. 3)

Ajoneuvon kuten henkilö- tai kuorma-auton suunnittelu sisältää monen eri alan osaajien yhteisen työpanoksen. Muotoilijat, insinöörit, tuotanto- ja asiakassuunnittelijat pyrkivät suunnittelemaan kokonaisuuden, joka ottaa

huomioon käyttäjävaatimukset, toiminnalliset, tuotannolliset ja kaupalliset vaatimukset sekä alueelliset säännökset. Ajoneuvon toimintojen ei tule ainoastaan toimia hyvin, niiden tulee myös miellyttää kuluttajia, jotka ostavat ja käyttävät tuotetta. Ergonomisesti toimivan kokonaisuuden suunnittelu vaatii ajoneuvon suunnittelun alusta saakka erilaisten ongelmien ja vaatimusten huomioon ottamista sekä käyttäjävaatimusten huomioimista. (Bhise, 2011, s. 3)

Mitä hyvä ergonomia sitten käytännössä tarkoittaa? Mikäli tuote on ergonomisesti hyvin suunniteltu, voidaan olettaa, että seuraavat Bhisen määrittelemät kohdat käyvät toteen:

1. Ergonomisesti suunniteltu tuote sopii ihmiselle hyvin. Kun on aika korvata vanha tuote uudella, kuluttaja valitsee todennäköisesti uudemman version samasta, hänelle hyvin sopivasta tuotteesta. Tästä voidaan päätellä, että ergonomisesti suunniteltu tuote valitaan uudestaan ostotilanteessa.

2. Ergonomisesti suunniteltua tuotetta voidaan käyttää pienellä henkisellä tai fyysisellä kuormituksella. Tuotteen käyttöajan lisääminen saa käyttäjän havaitsemaan, kuinka helppokäyttöistä, miellyttävää ja ongelmattonta tuotteen käyttäminen on.

3. Ergonomisesti suunniteltu tuote on helposti omaksuttavissa.

4. Tuotteen käytettävyysongelmat ja ergonomian puute paljastuvat käyttäjälle hyvin nopeasti käytössä, vaikka ne olisivat jääneet ostotilanteessa huomaamatta.

5. Ergonomisesti suunnitellut tuotteet ovat tehokkaampia ja turvallisempia.

(Bhise, 2011, s. 9)

Antropometriset ja biomekaaniset ominaispiirteet

Ajoneuvon uuden laitteen suunnittelussa on huomioitava käyttäjäryhmän antropometriset ja biomekaaniset ominaispiirteet. Antropometristen tietojen avulla saadaan selville, minkä kokoinen ajoneuvon tai sen osan tulee olla, jotta sen käyttäminen olisi mahdollisimman sujuvaa. Biomekaanisten tietojen avulla puolestaan määritetään laitteen tai järjestelmän käyttämiseen tarvittava voima. Kerättyjen tietojen avulla suunnittelusta voidaan rajata pois sellaiset vaihtoehdot, joiden käyttäminen vaatii ponnisteluja tai jotka altistavat käyttäjän voimille, jotka ovat heidän mukavuusalueensa ulkopuolella.

Tässä työssä suunnittelun kohteena olevan ohjauspyörän osalta tarvitaan tiedot muun muassa ohjauspyörän ja hallintalaitteiden fyysisistä mitoista suhteessa käyttäjän käsien ja sormien ulottuvuuksiin. Kaikille täydellisesti sopivan laitteen suunnitteleminen on mahdotonta, mutta laitteen käytön tulee olla mahdollista suurimmalle osalle käyttäjiä. Suunnittelussa tarvittavat tiedot voidaan kerätä käytettävyytustutkimusten avulla sekä hyödyntämällä olemassa olevia mittaustuloksia.

Käytettävissä olevat aistit ja ärsykkeet

Ajoneuvon kuljettaminen on tietojenkäsittelyä vaativa toiminto. Ajon aikana kuljettaja ottaa jatkuvasti vastaan erilaisia aistiärsyksiä. Näkö-, kuulo-, tunto-, tasapaino- ja hajuaisti sekä lihaskuulo tuottavat ärsyksiä, joista aivot muodostavat ajamisessa tarvittavaa tietoa, jonka avulla ajoneuvo pysyy tiellä ja kulkee haluttuun suuntaan.

Kaikki aistit eivät ole ajamisen kannalta välttämättömiä. Kuuloaisti ei ole ajamisen kannalta olennainen, mutta sen avulla kuljettaja voi luoda paremman kuvan ympäristöstään. Ajoneuvon ulkopuoliset äänet kertovat muusta liikenteestä esimerkiksi ohitustilanteissa. Varoitusäänet saavat katseen kääntymään

kojetauluun ja hallintalaitteiden äänet puolestaan kertovat niiden kytkeytymisestä päälle tai pois päältä, mikä vähentää tarvetta varmistaa asia näköhavainnon avulla.

Aisteista näköaisti on ajon aikana kaikkein käytetyin ja myös olennaisin. On arvioitu, että kuljettaja saa 90% kaikista saaduista ärsykkeistä silmiensä kautta. Näköhavainnon puute tai liian lyhyt reagointiaika havaintoon nähden on suurin liikenneonnettomuuksien syy. Ajoneuvon hallintalaitteiden ja pintojen suunnittelussa on huomioitava liiallisten näköärsykkeiden muodostuminen ja niiden aiheuttama kuormitus näköaistille. (Bhise, 2011, s. 51)

Voidaan päätellä, että ohjauspyörään sijoitettavien hallintalaitteiden käyttöliittymän tulee olla käytettävissä myös ilman katsekontaktia. Tämä edellyttää suunnittelulta panostamista käyttäjää ohjaaviin muotoihin ja käyttöliittymän selkeyteen. Jos käyttäjä haluaa kuitenkin katsoa hallintalaitteisiin, tulee niiden olla helposti ja nopeasti luettavissa.

Ajoneuvon uuden käyttöliittymän suunnittelussa on tärkeää ymmärtää kuljettajan eri toimintoihin käyttämä aika. Useimmilla kuljettajilla kuluu 0,5 - 1,2 sekuntia analogisen nopeusmittarin lukemiseen. Kuljettajan puoleisen sivupeilin kautta katsomiseen kuljettaja käyttää 0,8 - 2,0 sekuntia. Monimutkaisien laitteiden, kuten ilmastointilaitteen tai äänentoistolaitteen, säätämiseksi kuljettaja tekee kahdesta neljään noin 1,0 sekunnin vilkaisua. (Bhise, 2011, s. 51)

Ajoneuvon nopeuden ollessa 100 km/t liikkuu se noin 28 metriä sekunnissa. Toisin sanoen, kun kuljettaja katsoo esimerkiksi nopeusmittaria, liikkuu ajoneuvo sinä aikana 14 - 34 metriä vilkaisun pituudesta riippuen.

Tutkimusten mukaan katseen irrottaminen tiestä 2,5 sekunnin ajaksi vaikeuttaa pysymistä omalla kaistalla. Mikäli kuljettaja irrottaa katseensa tiestä pidemmäksi aikaa kuin 4 sekuntia, on erittäin todennäköistä ajautua ulos omalta kaistalta. Tutkimusten mukaan ajoneuvon hallintalaitteiden suunnittelussa tulee pyrkiä enintään 1,5 sekuntia kestäviin aikoihin, jolloin katse on poissa tiestä. Halutun

informaation tulee välittyä nopeasti ja tarvittavien vilkaisujen määrän tulee olla mahdollisimman vähäinen. (Bhise, 2011, s. 51-52)

Aika, joka kuljettajalta kuluu tehtävään, riippuu tehtävän monimutkaisuudesta, tehtävässä tarvittavan tiedon havainnoinnista, niiden avulla tehtävistä tarvittavista päätöksistä ja lopulta tarvittavista toimenpiteistä tehtävän suorittamiseksi. Tehtävän keston vaikuttaa muun muassa tehtävässä tarvittavien säätimien havainnointiin käytetty aika, säätimien sijoittelu ja lukumäärä sekä käsien ja sormien liikkeiden määrä.

Hallintalaitteiden tulee siis olla selkeästi esillä, erottua muusta ympäristöstä ja tärkeimpien ja useimmiten käytettyjen toimintojen hallintalaitteet tulee sijoittaa mahdollisimman lähelle kuljettajan käsiä ja ohjauspyörää.

Visuaalinen, haptinen ja taktiilinen palaute

Hyvä käyttöliittymä antaa käyttäjälleen jonkin palautteen, joka ohjaa käyttäjän toimintaa eteenpäin. Saatu palaute kertoo käyttäjälle, että hänen toimintansa on aiheuttanut muutoksen laitteen toimintaan. Yleisimpiä käytettyjä palautteita ovat erilaiset äänet, valot tai tuntoaistiin perustuvat ärsykkeet.

Suuntavilkun käyttöliittymä on hyvä esimerkki palautteiden antamisesta. Ensimmäiseksi kuljettajan käsi tuntee kytkimen ja sen liikkeen. Tämän jälkeen syttyy suuntavilkun nuolivalo keskikonsoliin ja kuuluu valon vilkkumisesta kertova ääni. Käyttöliittymässä yhdistyvät tunto-, näkö- ja ääniaistiin perustuvat palautteet, jotka luovat käyttäjälle selkeän kuvan toiminnastaan. Suuntavilkun antamat palautteet mahdollistavat laitteen käyttämisen myös ilman katsekontaktia. Käyttäjä saa samoin palautetta laitteen mahdollisista vikatilanteista, jos totuttu palaute jää puuttumaan.

Jos käyttöliittymä ei anna riittävää palautetta tai palautteen välittymiseen kuluu liian kauan aikaa, voi käyttäjä luulla, että hänen toiminnallaan ei ollut merkitystä.

Tämä saattaa puolestaan johtaa virhetilanteisiin, esimerkiksi kytkimen painamiseen uudestaan. Taktiilista toimintaa seuraava palautteen maksimiviiveeksi on ISO 15005 - standardissa on määritetty 250 ms, eli sekunnin neljäsosa. (Schirner ym. 2013. s.197)

Ongelmallinen käyttöliittymä voi johtaa tuotteen vieroksumiseen tai hylkäämiseen. Käyttöliittymän suunnittelussa on edellä mainituista syistä johtuen huomioitava riittävä visuaalinen, haptinen ja taktiilinen palaute.

Visuaalinen palaute syntyy aivojen käsitellessä silmien tuottamaa kuvaa ympäristöstä. Palaute on jokin ympäristössä syntyvä muutos, jonka silmät havaitsevat.

Ajoneuvoissa on lukuisia visuaalisia palautteita. Kuljettaja seuraa muun muassa nopeus- ja kierroslukumittaria, kelloa, suuntavilkun indikaattorivaloa sekä navigaattoria. Kuljettaja saa visuaalisen palautteen myös ajoneuvon tilaa koskevista asioista, jotka kuljettajan on huomioitava. Erilaiset merkkivalot kertovat moottoriöljyn ja polttoaineen määrästä, huollon tarpeesta tai siitä, onko ovi auki tai käsijarru päällä. Visuaalista palautetta hyödynnetään paljon ajoneuvojen käyttöliittymissä ja sen avulla saadaan nopeasti välitettyä tietoa kuljettajalle laitteen toiminnasta.

Visuaalisen palautteen suunnittelussa tulee muistaa huomioida kuljettajan pääasiallinen visuaalinen havainnointi eli tien ja muun liikenteen havainnointi. Tästä syystä visuaalisten palautteiden tulee olla hienovaraisia, eivätkä ne saa häiritsevästi vetää huomiota puoleensa.

Haptisella palautteella tarkoitetaan jonkin kappaleen muodosta syntyvää tuntoaistin palautetta. Esimerkiksi etsittäessä valokatkaisinta seinästä, saamme haptisen palautteen käden osuessa tasaiseen seinään. Liikuteltaessa kättä seinällä ja käden osuessa valokatkaisimeen se antaa puolestaan erilaisen haptisen palautteen erottamalla seinästä poikkeavana muotona. Näin saamme palautteen katkaisimen sijainnista.

Ajoneuvojen käyttöliittymissä pyritään käyttämään haptisen palautteen avulla erottuvia kytkimiä ja painikkeita. Ohjauspaneelin säätimet, ohjainviikset, vaihdekeppi, käsijarru ja ovenkahva ovat esimerkkejä haptista palautetta välittävistä laitteista. Haptisessa palautteessa tärkeää on erottuvuus: toisistaan poikkeavia toimintoja tuottavien laitteiden käyttöliittymien ja palautteiden on erotuttava toisistaan riittävästi. Helpoin tapa tuottaa erottuvuutta on käyttää toisistaan riittävästi eroavia muotoja.

Taktiilinen palaute syntyy ihon koskettaessa jonkin kappaleen pintaa. Taktiilisen palautteen avulla saamme tiedon, minkälainen kappaleen pinta on, esimerkiksi onko pinta sileä tai karhea. Käyttöliittymissä erilaisten pintastruktuurien avulla voidaan ohjata käyttäjä koskettamaan haluamaansa kohtaa. Perinteisissä ohjauspaneeleissa painikkeet voivat olla pinnaltaan karhennettuja, jolloin ne eroavat paremmin ympäröivästä pinnasta.

Taktiilisia palautteita voidaan luoda mekaanisen värähtelyn avulla. Tekniikkaa on hyödynnetty tutkimuksessa, jossa ohjauspyörän kytkimiin sijoitettiin värähtelyä aiheuttava toiminto. Tutkimuksen mukaan haptista palautetta antavien laitteiden suositeltava värähtelytaajuus on 50 hertsin ja 250 hertsin välillä. Tällä välillä tapahtuva värähtely myös erottuu ajoneuvon muusta tärinästä. 230 hertsin värähtelytaajuutta pidettiin kaikkein tehokkaimpana. (Diwischek ym. 2015)

Uudemmissa ajoneuvoissa kosketusnäytöt ovat korvanneet osan ohjauspaneelin laitteista. Haptisen ja taktiilisen palautteen parantamiseksi valmistajat ovat kehittäneet näyttötekniikan, joka tuottaa käyttäjälle ultraäänen avulla kolmiulotteisia pinnanmuotoja ja tekstuureja vastaavan tuntemuksen.

(Bosch. 2017)

Vuorovaikutusta lisäävät kosketusmenetelmät

Tutkimuksissa on huomattu eleiden käyttämisen lisäävän vuorovaikutusta kosketusnäytöllisissä laitteissa ja siten parantavan käytettävyyttä. Perinteiset, yhden kosketuksen kosketusnäytöt vaativat monesti käyttäjältä katsekontaktin näyttöön, jotta oikea valinta voidaan suorittaa. Eleiden käyttäminen (esimerkiksi toiminnon aktivoiminen piirtämällä symboli) ei vaatinut käyttäjiltä katsekontaktia. Tutkimuksessa kuitenkin havaittiin, että käyttäjältä kului enemmän aikaa eleen suorittamiseen kuin yhteen kosketukseen. Käyttäjät olivat kuitenkin tyytyväisempiä eleiden käyttämiseen, koska he saattoivat paremmin säilyttää näköyhteyden tiehen. (Bach ym. 2008) Kosketusnäytön käyttöä ilman katsekontaktia voidaan myös parantaa muotoilemalla kosketusta ohjaavia kohoumia tai reunoja kosketuspinnan viereen (Colley ym. 2016).

Toisessa tutkimuksessa kävi ilmi, että käyttäjät pitivät eleiden käyttöä vuorovaikutteisena ja käytännöllisenä. Käyttäjät arvostivat painikkeettomuutta eli, että mikä tahansa kohta voi toimia eleen tunnistimena. Osa käyttäjistä oli kuitenkin huolissaan siitä, että eleitä on vaikea muistaa. Tutkimuksessa esitettiin, että eleiden tulisi olla mahdollisimman intuitiivisia. (Pfeiffer ym. 2010)

Yksi vaihtoehtoista on käyttää sormen tunnistusta ja yksilöidä jokaiselle sormelle oma toimintonsa. Oulun yliopiston sekä Lapin yliopiston tutkimuksessa vertailtiin perinteisen yhden sormen, sormi-spesifin sekä monisormisen kosketuksen vuorovaikuttamisen eroavuuksia. Tutkimuksessa havaittiin tehtävän toteuttamisen olevan näistä kolmesta kosketustavasta helpoin käyttää ja mahdollistavan lyhimmän tarvittavan katsekontaktin. Tutkimus kuitenkin osoitti, että eri sormien tai sormiyhdistelmien ja niitä vastaavien toimintojen muistaminen kuormitti käyttäjiä. (Colley ym. 2015)

Nykyteknologialla voidaan kosketuksen, eleiden tai sormien tunnistamiseen käyttää kosketusnäyttöjen lisäksi myös muita älykkäitä pintarakenteita. Tämä tarkoittaa sitä, että kosketusta aistivan pinnan voi sijoittaa mihin tahansa kohtaa laitetta. Suunnittelussa on kuitenkin huomioitava käyttämisen kuormittavuus:

kuinka kauan käyttäjältä menee käyttöliittymän oppimiseen ja muistaako käyttäjä oikean eleen tai oikean sormen väsyneenä tai silloin kun liikenne, ajonopeus ja ajo-olosuhteet vaativat huomiointikykyä. Eleiden tulee olla intuitiivisia, mutta samalla riittävän spesifejä, jotta laite osaa erottaa oikeat kosketukset tahattomista kosketuksista.

Käyttäjän kuormituksen ja virheiden minimointi

Ihmisellä on käytössään useita aisteja sekä kokemuksiin perustuvia taitoja ja toimintamalleja, joita yhdistelemällä kykenemme ymmärtämään ja ratkaisemaan erilaisia tehtäviä. Ihmisellä on siis käytössään tietty määrä resursseja ja tehtävän suorittaminen aiheuttaa resursseihin tietyn määrän kuormitusta. Esimerkiksi lukiessaan ihminen kuormittaa näköaistiaan, eikä silloin kykene havainnoimaan silmillään muuta ympäristöä yhtäaikaisesti. Joskus tehtävän vaatimus kuitenkin kasvaa liian suureksi käytettäviin resursseihin nähden, esimerkiksi kahden rivin lukeminen yhtäaikaisesti olisi hyvin vaikeaa, ellei mahdotonta. Tällöin puhutaan käyttäjän ylikuormituksesta. Ylikuormitus puolestaan synnyttää virheitä ja virheet johtavat helposti onnettomuuksiin.

Kuormitusta ja siten virheiden syntymistä on mahdollista vähentää hyvällä suunnittelulla. Vivek D. Bhise on koonnut suunnittelijoille kahdentoista kohdan listan hallintalaitteiden ja näyttöjen käyttöajan lyhentämiseksi:

1. Suunnittele hallintalaitteiden säätimet ja näytöt siten, että niiden käyttäminen onnistuu yhdellä lyhyellä, noin 1 sekunnin vilkaisulla. Minimoi tai poista käyttöliittymästä toiminnot, jotka vaativat useita vilkaisuja tai välivaiheita, joiden aikana kuljettajan katse on pois tiestä.

2. Sijoita tärkeimmät ja eniten käytetyt näytöt lähelle kuljettajan normaalia näkökenttää, kun katse on suunnattuna eteenpäin. Sijoita näytöt ja hallintalaitteiden säätimet paikkoihin, joissa käyttäjä olettaa niiden sijaitsevan. Pyri

sijoittamaan säätimet ja näytöt paikkoihin, joissa niiden vaativat vähiten pään, vartalon tai käsien liikettä.

3. Vältä sijoittamasta näyttöjä tai hallintalaitteiden säätimiä kuljettajan näkökentän ulkopuolelle. Ohjauspyörä, vivut, katkaisijat ja kuljettajan kädet voivat luoda näköesteen. Vältä myös pintoja, jotka kätkevät säätimet tai pintoja, jotka heijastavat voimakkaasti valoa, estäen samalla näkyvyyttä.

4. Näyttöjen tulee olla helposti luettavissa kaikissa valaistusympäristöissä.

5. Käytä hallintalaitteiden säätimien ja näyttöjen sijoittelussa perusteina toimintojen tärkeysjärjestystä, käyttöastetta sekä käyttöjärjestystä. Huomioi sijoittelussa myös säätimien ja näyttöjen keskinäiset ryhmät ja siteet.

6. Sijoita säätimet paikkoihin, joissa niihin on helppo ylettää ja tarttua, ja niitä on helppo käyttää. Vältä sijoittamasta säätimiä paikkoihin, joissa niiden käyttäminen vaatii käsiltä ja ranteilta vaikeita liikeratoja. Liian lähelle vartaloa sijoitetut säätimet vaativat käyttäjältä useita ranneliikkeitä.

7. Pienikokoiset säätimet, jotka vaativat tarkkoja kädenliikkeitä, ovat vaikeita havaita ja osua.

8. Säätimien ja näyttöjen liikesuuntien tulee vastata käyttäjäryhmän oletuksia. (Myötäpäivään kasvaa, vastapäivään pienenee.)

9. Kaikkien säätimien tulee antaa tunnistettava ja havaittava palaute, joka kertoo käyttäjälle toiminnon tapahtuneen. Palaute voi perustua kuulo-, näkö- tai kosketusaistiin.

10. Kaikki säätimet ja näytöt tulee olla nimetty, joko yleisesti hyväksytyillä sanoilla tai tunnistettavilla symboleilla.

11. Vältä samannäköisiä säätimiä ja näyttöjä. Tarjoa vihjeitä perustuen esimerkiksi muotoon, kokoon, väriin, tuntumaan, ääneen ja käytön vaatimaan voimaan, jotta voit luoda eroavaisuuksia samannäköisten säätimien ja näyttöjen välille.

12. Ääneen ja puheeseen perustuvat hallintalaitteet ja niiden säätimet eivät ole kuulo- ja puherajoitteisten käytettävissä. (Bhise, 2011, s. 77-78)

3.2. KÄYTTÄJÄKESKEINEN SUUNNITTELU

Ajoneuvoteollisuuden pyrkimyksenä on tuottaa loppukäyttäjille hyvin soveltuvia ja heidän tarpeisiin räätälöityjä tuotteita. Jotta ihmisen ja laitteen välinen käyttöliittymä toimisi ongelmitta, tulee sen suunnitteluprosessin toteutua onnistuneesti. Yksi paljon käytetyistä suunnitteluprosesseista on käyttäjäkeskeinen suunnittelu, englanniksi User-Centered Design eli lyhennettynä UCD.

Nimensä mukaisesti käyttäjäkeskeisen suunnittelun lähtökohtana on tuoda loppukäyttäjä mukaan suunnitteluprosessiin ja siten tuottaa käyttäjän palautteen perusteella uusia ja käytettävyydeltään laadukkaampia suunnitteluratkaisuja. Tutkimuksissa on osoitettu, että kun käyttäjä otetaan mukaan heti suunnittelutyön alkuvaiheessa, sillä on positiivisia vaikutuksia suunnittelun onnistumiseen ja käyttäjätyytyväisyyteen (Kujala. 2003).

Jotta suunnitteluprosessi toimisi tehokkaasti, on tunnettava kolme eri osatekijää, jotka ovat käyttäjä, tehtävä ja ympäristö. Nämä kolme muodostavat käyttökontekstin. (International Standardization for Organization. 2019)

Käyttäjällä tarkoitetaan laitteen loppukäyttäjää. Suunnittelussa on tunnistettava heidän tietotaitonsa, kyvyt, asiantuntemus, koulutus, fyysiset ominaisuudet ja mieltymykset. (Cacciabue Ym. 2002)

Tehtävällä tarkoitetaan käyttöliittymän käyttämisen aikana tapahtuvia asioita. Näistä tapahtumista muodostetaan kuva, josta käy esimerkiksi ilmi suoritettavan tehtävän pääpiirteet sekä kuinka usein tehtävä suoritetaan ja kuinka kauan tehtävän suorittaminen kestää. Tehtävän määrittelyssä jaetaan käyttöliittymän toiminnot käyttäjän ja järjestelmän välillä eli päätetään, mitkä tehtävistä kuuluvat käyttäjän tehtäviksi ja mitkä puolestaan järjestelmälle. (Cacciabue Ym. 2002)

Ympäristön määrittäminen käsittää sen toimintaympäristön, jossa laitetta tullaan käyttämään. Ympäristön osalta tulee määrittää ympäristön ominaisuudet teknisestä, lainsäädännöllisestä, fyysisestä, sosiaalisesta ja kulttuurillisesta näkökulmasta. (Cacciabue Ym. 2002)

Käyttökonteksti voi suunnittelun alussa olla laaja ja epätarkka. Sitä pyritään määrittämään suunnitteluprosessin jokaisen iteraatiokierroksen aikana uudestaan ja näin tuottamaan aina tarkempi kuva kontekstista. (Cacciabue Ym. 2002)

Kansainvälinen standardisoimisjärjestö, International Organization for Standardization (ISO), on määritellyt standardissaan Käyttäjäkeskeinen suunnittelu ISO 9241-210 viisi kohtaa, jotka vuorovaikutteisten järjestelmien suunnitteluprosessissa on järkevää toteuttaa. (International Standardization for Organization. 2019)

1. Käyttäjien aktiivinen osallistaminen: Suunnittelun varhaisessa vaiheessa loppukäyttäjiltä saadut tiedot toimivat osaltaan suuntaviitoina, kun määritetään tulevaa kohderyhmää sekä käyttöjärjestelmän sisällään pitäviä tehtäviä. Käyttäjät toimivat tärkeinä tietolähteinä suunnittelijalle, jonka tehtävänä on löytää suunnittelutyötä eteenpäin vievät tiedot tutkimalla käyttäjiä laitteen tulevassa käyttöympäristössä. Tutkimuksessa voidaan hyödyntää muun muassa suunnittelijan havainnointia, haastatteluja, kyselylomakkeita ja videokuvaamista. Suunnittelutyön edetessä loppukäyttäjiä hyödynnetään kehitettyjen mallien ja prototyyppien arvioimisessa. (Cacciabue Ym. 2002)

2. Toimintojen jakaminen: Toiminnot voidaan jakaa käyttäjälle ja järjestelmälle kuuluviin toimintoihin eli toisin sanoen, mitkä tehtävät ja vastuut ovat käyttäjän vastuulla ja mitkä sen sijaan järjestelmän tulisi suorittaa. Toimintojen jakamisessa on huomioitava asioita, kuten käyttäjän kyvyt ja rajoitukset sekä järjestelmän luotettavuus, tarkkuus, nopeus ja taloudelliset kustannukset. (Cacciabue Ym. 2002)

3. Suunnitteluratkaisujen tuottaminen ja toistaminen: Suunnittelussa hyödynnetään olemassa olevia tietolähteitä suunnittelun tukena. Tärkeitä tiedon lähteitä ovat

esimerkiksi psykologiset tutkimukset, ergonomiakirjallisuus, informaatiotiede ja standardit. Suunnitteluratkaisujen avuksi voidaan kehittää erilaisia fyysisiä malleja, simulaatioita ja prototyyppejä, jotka auttavat konkretisoimaan suunnittelutyössä tehdyt ratkaisut. (Cacciabue Ym. 2002)

Käyttäjän tarpeita ei voida suunnittelun alussa määritellä riittävän tarkasti. Tämän vuoksi on syytä tehdä käyttöliittymään toistuvia parannuksia, minkä jälkeen suoritetaan uudet arvioinnit. Suunnitteluratkaisuja toistetaan, kunnes lopputulos voidaan hyväksyä käyttäjien toimesta. Tällaisen iteratiivisen prosessin lopputuloksena on prototyyppien kehittyminen aina edellistä versiota paremmiksi. (Cacciabue Ym. 2002)

4. Monitieteellinen suunnittelu: Käyttäjäkeskeinen suunnittelu on monimutkainen lähestymistapa, joka edellyttää useiden eri alojen asiantuntijoiden yhteistyötä. Suunnitteluyhteisöön voi kuulua loppukäyttäjä, ostaja, markkinoija, myyjä, liiketoiminta-analyttikko, järjestelmäanalyttikko, järjestelmäinsinööri, ohjelmoija, käyttöliittymäsuunnittelija, käyttöliittymäasiantuntija, ergonomia-asiantuntija, graafinen suunnittelija, muotoilija sekä tarpeellisia tukihenkilöitä. (Cacciabue Ym. 2002)

5. Suunnittelutyön onnistumisen arviointi: Arvioinnin tulisi tapahtua järjestelmän elinkaaren kaikissa vaiheissa. Suunnitteluprosessin varhaisessa vaiheessa muutokset ovat suhteellisen edullisia. Suunnitteluprosessin kehittyessä ja järjestelmän täydellistyessä muutosten käyttöönotto tulee yhä kalliimmaksi. Siksi on tärkeää aloittaa arviointi mahdollisimman varhain. (Cacciabue Ym. 2002)

Tässä suunnittelutyössä tullaan hyödyntämään käyttäjäkeskeisen suunnittelun periaatteita, etenkin niiltä kohdin, mitä käyttäjien aktiivisesta osallistamisesta, suunnitteluratkaisujen tuottamisesta ja toistamisesta sekä suunnittelutyön onnistumisen arvioimisesta on edellä kirjoitettu.

3.3 KÄYTTÄJÄKOKEMUS

Jokaisen laitteen käyttämiseen liittyy käyttäjän subjektiivinen kokemus eli millainen reaktio tai vastaanotto hänelle laitteen käytöstä ja käytölle muodostuu. Kokemuksesta käytetään termiä käyttäjäkokemus, englanniksi User Experience, lyhennettynä UX. Käyttäjäkokemus on muuttuva, tilannesidonnainen ja yksilöllinen kokemus, joka syntyy vuorovaikutuksesta tuotteen, järjestelmän, palvelun tai esineen kanssa (Law, 2009).

Kansainvälisen ISO 9241-210 - standardin mukaan käyttäjäkokemus sisältää kaikki käyttäjän tunteet, uskomukset, mieltymykset, käsitykset, fyysiset ja psykologiset reaktiot, käytöksen sekä aikaansaannokset, jotka syntyvät ennen laitteen käyttöä, käytön aikana tai sen jälkeen. Näihin kokemuksiin vaikuttaa muun muassa käytettävän laitteen toimivuus, esillepano, vuorovaikutteisuus ja suorituskyky. Vaikuttavia tekijöitä ovat myös käyttäjän henkinen ja fyysinen tila, joka muodostuu asenteista, aiemmista kokemuksista, taidoista ja persoonasta sekä käyttöympäristöstä. (International Organization for Standardization. 2019)

Käyttäjäkokemusten ymmärtäminen ja kerääminen auttavat suunnittelijaa kehittämään laitteista käyttäjille entistä räätälöidympiä ja miellyttäviä käyttöä. Laitteiden ja järjestelmien kasvava vuorovaikutteisuus ja sisällön määrä on nostanut käyttäjäkokemustutkimuksen roolia tuotekehityksessä. Käyttäjien kokemuksia voidaan kerätä kyselyjen ja haastattelujen avulla, esimerkiksi osana käytettävyydestutkimusta.

Tutkimusta tehdessä on huomioitava, että kysymysten asettelulla ja vastausten tulkinnalla on suuri merkitys saatujen vastausten käyttökelpoisuudelle. Käyttäjän sanoma kokemuksistaan tulee tulkita oikein.

3.4. KÄYTETTÄVYYSTESTAUS

Käytettävyydestaus on jonkin laitteen, ohjelmiston tai palvelun käytettävyyden arvioimista. Sen tarkoituksena on tuoda esille ne toimivat ja toimimattomat asiat, jotka vaikuttavat käytettävyyteen. Testauksen ensisijainen tavoite on parantaa tuotteen käytettävyyttä. Toinen tavoite on kehittää käytettävää suunnitteluprosessia siten, että samat ongelmat eivät toistu myöhemmissä suunnittelutöissä. Käytettävyydestaus on onnistunut ainoastaan silloin, mikäli sen avulla voidaan kehittää testattua tuotetta eteenpäin. (Dumas, 1999)

Suunniteltaessa laitetta sen tulee täyttää kolme perussääntöä, jotta sen voidaan katsoa omaavan hyvän käytettävyyden. Ensimmäiseksi laitteen tulee olla tehokas eli sen tulee suorittaa kaikki ne toiminnot, jotka sille on määritelty. Toiseksi laitteen hyötysuhteen tulee olla hyvä eli käyttäminen ei vaadi toimintoihinsa nähden ajallisten tai muiden resurssien liiallista käyttöä. Kolmanneksi laitteen tulee tuottaa tyytyväisyyttä eli sen tulee olla käyttäjäystävällinen, eikä sen käytön tule aiheuttaa stressiä tai turhautumista. (International Standardization for Organization, 2018)

Käytettävyydestauksen avulla voidaan selvittää kuinka hyvin edellä mainitut perussäännöt toteutuvat. Testauksia voidaan tehdä suunnittelun edetessä ja ennen laitteen ottamista tuotantoon. Käytettävyydestauksia tehdään myös markkinoilla oleville tuotteille.

Käytettävyydestaukseen kuuluu testauksen kohde, käyttäjäryhmä, testausympäristö sekä testauksen läpiviejiä ja tarkkailija. Käyttäjäryhmä pyritään yleensä valikoimaan siten, että se vastaa tutkittavan kohteen mahdollisia loppukäyttäjiä. Testausympäristön on oltava tila, jossa mahdollisten muuttujien määrä on minimoitu. Testauksen läpiviejiä vastaa testauksen ohjeistamisesta ja

hän voi myös toimia tarkkailijana, joka tehdä huomioita ja merkitsee ylös testauksen aikana syntyneet havainnot.

Tyypillinen käytettävyytestaus suoritetaan testaukselle määritetyssä tilassa, josta mahdolliset häiriötekijät on poistettu. Testaus aloitetaan käyttäjän ohjeistuksella ja tehtävän kuvauksella. Tämän jälkeen käyttäjä suorittaa tehtävän tai tehtävät ja tarkkailija tekee huomioita ja kerää lopulta huomiot aineistoksi. Aineiston keräämisessä voidaan tarkkailijan apuna käyttää muun muassa videokuvaamista, nauhoittamista, silmänliikkeen seurantajärjestelmiä sekä testattavan kohteen omaa dataa. Kerätyn aineiston perusteella voidaan tehdä johtopäätöksiä käytettävyyden tasosta.

Käytettävyytestaus ei mittaa laadullisia arvoja, esimerkiksi sitä, pitääkö käyttäjä laitteen ulkonäöstä tai millaisia tuntemuksia se hänessä herättää. Tällaisia tietoja kerätään haastatteluiden ja kyselyiden avulla. On kuitenkin mahdollista kerätä näitä tietoja käytettävyytestauksen yhteydessä, jolloin ne tukevat testauksessa kerättyä aineistoa.

3.5. PAINETTU ELEKTRONIikka

Painetulla elektroniikalla tarkoitetaan elektronisia komponentteja ja sähköisiä piirejä, jotka ovat valmistettu hyödyntäen paino- ja tulostustekniikoita. Teknologiassa käytetään sähköä johtavia musteita.

Teknologia mahdollistaa monipuolisten laitteiden valmistuksen ilman suuria tuotantokuluja verrattuna perinteisiin piirilevyille koottaviin elektroniikkalaitteisiin. Elektroniikkaa voidaan tulostaa mustesuihkutulostimien kaltaisilla tulostimilla, jolloin puhutaan tulostettavasta elektroniikasta tai käyttää erilaisia painokoneita, jolloin puhutaan painetusta elektroniikasta.

Periaatteessa elektroniikkaa voi painaa mille tahansa pinnalle, mutta normaalisti käytetään muovikalvoja, paperia tai kankaita, joissa teknologian edut tulevat parhaiten esiin. Näitä etuja ovat muun muassa tuotteen ohuus, keveys ja taipuisuus. Teknologian avulla on myös mahdollista tuottaa tuotetta suurina määrinä nopeasti ja pienillä kustannuksilla (Yrjö Neuvo, Sami Ylönen ym., s. 66-67, 2009).

Kiinnostus painetun elektroniikan käyttöön on ollut kasvussa useiden vuosien ajan, mikä on lisännyt panostusta teknologian kehittämiseen ja tuotantolaitosten perustamiseen. Kehitystyö on lisännyt painetulla elektroniikalla tuotettujen sovellusten määrää.

Teknologian alkuvaiheessa sen käyttö rajautui yksinkertaisten johteiden valmistukseen. Sähköiseen piiriin voitiin lisätä perinteisillä tavoilla tuotettuja elektronisia komponentteja. Nykyinen kehitys mahdollistaa aurinkokennojen, LED-valojen ja -näyttöjen, transistoreiden, pietsosähköisten komponenttien sekä passiivikomponenttien valmistamisen painetun elektroniikan avulla. Teknologiaa hyödynnetään muun muassa tuotepakkauksissa, erilaisissa sensoreissa, OLED-näytöissä, aurinkopaneeleissa sekä erilaisissa kosketuspaneeleissa.

Painettua elektroniikkaa voidaan käyttää sellaisenaan tai se voidaan pinnoittaa, jolloin se kestää paremmin ympäristön rasituksia. Yksi tavoista on koteloida elektroniikka muovivalukappaleen sisään kappaletta valettaessa. Näin saadaan aikaan erittäin kestävä lopputulos, joka suojaa elektroniikkaa. Samalla elektroniikka voidaan sijoittaa suoraan laitteen rakenteisiin ilman erillisiä laitekoteloja.

Ruiskuvaletut elektroniikkaa sisältävät muovirakenteet mahdollistavat haluttujen toimintojen, kuten kytkimien ja sensoreiden tuomisen kaksoiskaareville ja moniulotteisille pinnoille perinteistä teknologiaa tehokkaammin ja ilman vaativaa kokoamistyötä. Tuotteista voidaan tehdä kestäviä, vesi- ja pölytiivitä kappaleita, joissa ei ole saumoja tai liikkuvia osia.

3.6. VASTAAVAN KALTAISTEN TUOTTEIDEN JA KONSEPTIEN KARTOITTAMINEN

Ennen suunnittelutyön aloittamista ja osin sen aikana on kartoitettava vastaavankaltaisten tuotteiden olemassaoloa. Kartoituksen avulla voidaan havaita useita suunnitteluun vaikuttavia asioita. Näitä ovat muun muassa tuotteiden vastaanotto, kuluttajien mieltymykset, erilaisten ratkaisujen käytettävyys sekä tuotannolliset, mekaaniset ja muotoilulliset ratkaisut. Kartoitus on syytä tehdä myös, jotta vältytään plagiointisyytöksiltä tai mallisuojien ja patenttioikeuksien rikkomisilta. Kartoituksen etuina on myös mahdollisuus välttää muiden tekemiä virheitä.

Tätä tutkimustyötä tehtäessä kartoitettiin tuotteita tai konsepteja, joissa suuntavilkun tai vaihteiden hallintalaitteet ovat liitetty osaksi ohjauspyörää. Kartoituksessa pyrittiin huomioimaan vastaavankaltaisuus käyttäjän näkökulmasta katsottuna, ei tekniseltä toteutukseltaan.

Vaihteiden hallintalaitteiden osalta kartoituksessa vastaavankaltaisuuksia löytyi muutamia, joista nykyaikaiset Paddle Shifters - kytkimet olivat yleisimmät ja käytetyimmät. Muut löydökset sijoittuivat ajallisesti 1940- ja 1950 -luvulle, eikä niiden mainitsemiseen ole tarvetta.

Suuntavilkkujen hallintalaitteiden osalta vastaavankaltaisuuksia löytyi kaksi. Ensimmäinen on Steering wheel mounted turn signal controls and indicators - patenttihakemus vuodelta 1997. Hakemuksessa suuntavilkkujen käyttökytkimet oli sijoitettu ohjauspyörän etupuolen vasemmalle ja oikealle laidalle. Patenttioikeus raukesi vuonna 2017.

Toinen löydös oli ajankohtaisempi ja tutkimustyön kannalta merkittävä. Ohjauspyörään sijoitetut suuntavilkkujen käyttökytkimet ovat käytössä osassa

italialaisen Ferrari-automerkin valmistamista malleista, joista uusimpana Ferrari F8 Tributo -mallissa vuodelta 2020 (Kuva 5).



Kuva 5. Ferrari F8 Tributon suuntavilkkujen kytkinten sijainti

Kartoituksessa löydettyjen tuotteiden osalta kiinnostuksen kohteena oli niiden saama vastaanotto ja käyttäjäkokemukset. Paddle Shifter -kytkimien osalta vastaanotto on ristiriitaista. Paddle Shifter -kytkimiä käytetään automaattivaihteisissa ja puoliautomaattivaihteisissa ajoneuvoissa ja niiden käyttäminen on valinnaista.

Kytkinten tarkoitus on antaa käyttäjälle mahdollisuus vaikuttaa vaihteiden siirtämiseen. Tästä on hyötyä esimerkiksi ajettaessa lumella tai moottorijarruttaessa. Vaihteita vaihdettaessa käyttäjä myös tuntee hallitsevansa ajoneuvoaan paremmin voidessaan itse päättää kulloisenkin vaihteen käytön. (Haj-Assaad, 2017)

Ajoneuvovalmistajat ovat lisänneet Paddle Shifter -kytkinten asentamista uusiin malleihin. Vuoteen 2007 verrattuna Paddle Shifter -kytkinten osuus oli vuoteen 2017 mennessä kasvanut 186 prosentilla. Samaan aikaan General Motors -yhtiön tutkimusten mukaan 62 prosenttia käyttäjistä käytti vuoden aikana Paddle Shifter -kytkimiä 2 kertaa tai vähemmän. Osalla kuljettajista ei ollut tietoa, mikä kytkinten funktio oli. (Cain, 2017)

Ferrari F8 Tributen suuntavilkkujen käyttökytkinten osalta ei löytynyt tietoa siitä, miten ne ovat otettu vastaan. Käyttäjäkokemuksia ei myöskään löytynyt. Syynä tähän voidaan pitää kyseisten ajoneuvojen vähäistä käyttäjämäärää.

4. MUOTOILUN VIITEKEHYS

4.1. TEOLLINEN MUOTOILU

Teollinen muotoilu on muotoilutyötä, jonka kohteena on teollisesti valmistetut tuotteet. Teollinen muotoilu voidaan nähdä eräänlaisena sovellettuna taiteena, joka pyrkii ottamaan huomioon tuotteen valmistettavuuden, käytettävyyden, estetiikan, valmistuskustannukset, tuotteen merkitykset käyttäjälle sekä tuotteen elinkaaren.

Teollinen muotoilu on osa tuotekehitystä, jonka päämääränä on luoda loppukäyttäjille heidän tarpeita vastaava sekä miellyttävä tuote. Teollinen muotoilija toimii tuotekehityksessä osana muita suunnittelijoita, joihin kuuluvat muun muassa insinöörit, käytettävyydosaajat, markkinointi- ja taloushenkilöt.

Teollinen muotoilija vastaa tuotteen ilmeen suunnittelusta. Fyysinen koko, pintojen muodot ja -tekstuurit, käytetyt materiaalit ja niiden värit sekä kokonaisuudesta muodostuvat mielikuvat, tunteet ja arvot pyritään optimoimaan suunnitellun tuotteen kohderyhmälle sopiviksi.

Teollinen muotoilija pyrkii havainnollistamaan ideoitaan ja muotoilutyötään luomalla havainnekuvia, virtuaalisia 3D-malleja sekä fyysisiä malleja, jotka voivat esittää tuotteen mittoja ja muotoa tai tuotteeseen liittyviä toimintoja. Suunnittelutyö tapahtuu nykyisin paljon suunnittelu- ja mallinnusohjelmien avulla. Fyysisissä kappaleissa voidaan hyödyntää pikamallinnusteknologiaa ja CNC-työstökoneita.

4.2. TACTOTEK

Tämän työn tilaajana on TactoTek Oy, joka on suomalainen, Oulussa sijaitseva elektroniikkatuotteita valmistava yritys. TactoTekin ydinosaamista on muoviin valetun rakenteellisen elektroniikan valmistusteknologia eli IMSE™. Lyhenne tulee sanoista Injection Molded Structural Electronics. Yritys on alansa markkinajohtaja, jonka sovelluksia hyödynnetään muun muassa ajoneuvoteollisuudessa, älykodin ratkaisuissa ja teollisuudessa.

IMSE™ -teknologia tarkoittaa painetun elektroniikan ja mahdollisten perinteisten komponenttien sijoittamista ruiskuvalukappaleen sisään, kappaletta valmistettaessa. Valmistuksen vaiheet ovat: 1) painetun elektroniikan valmistus muovikalvolle, 2) mahdollisten elektroniikkakomponenttien ladonta painetulle elektroniikalle, 3) muovikalvon tyhjiömuovaus haluttuun muotoon, 4) muovikalvon asettaminen ruiskuvalukoneeseen ja 5) muovikappaleen valaminen muovikalvon ympärille.

Teknologialla on useita etuja perinteiseen valmistukseen verrattuna, jossa elektroniikkaosat ja laitekotelo ovat erillään. Ensimmäinen etu on laitteen kokoonpanon nopeus. Toinen etu on laitteen fyysisen muodon nopea muokattavuus tarpeisiin sopivaksi valmistusmuotteja vaihtamalla. Kolmantena etuna on elektroniikan sijaitseminen aivan laitteen pinnan läheisyydessä. Tämä avaa mahdollisuuksia käyttää erilaisia sensortechnologioita ja valoja käyttöliittymän luomiseksi. Neljäs etu on fyysisten painikkeiden tarpeettomuus, joka puolestaan mahdollistaa sen, että tuotteista voidaan tehdä kevyitä, ohuita kappaleita, jotka kuitenkin ovat kestäviä. Viides etu on laitteen merkintöjen, tekstien ja logojen painatus elektroniikkapainatuksen yhteydessä. Näin myöhemmille painatuksille ei ole tarvetta. Kuudes etu on elektroniikan tuominen kaksoiskaareville pinnoille. Tämä puolestaan mahdollistaa kolmiulotteisten, aiempaa plastisempien laitteiden muotoilemisen.

5. OHJAUSPYÖRÄN MUOTOILU JA TESTAUS

Tutkimuksen taiteellinen osuus sisältää aiempien lukujen löydöksiin ja teorioihin pohjautuvan muotoilukonseptin. Taiteellinen osuus koostuu tuotteen vaatimusten määrittelystä, luonnoksista sekä erilaisten fyysisten mallien toteuttamisesta ja testaamisesta. Testaustulosten perusteella lopullisesta muotoilukonseptista esitellään visuaalinen luonnos sekä yhteenveto konseptin toiminnoista ja niiden toteuttamistavoista.

5.1. MUOTOILUKONSEPTI

Muotoilukonsepti on suunniteltavan tuotteen perusta, joka määrittää myöhemmin tehtävän muotoilun suuntaa. Muotoilukonseptin avulla muotoilija voi esittää ideoitaan tuotteen erilaisista ominaisuuksista, kuten sen toimintaperiaatteista ja toiminnoista, käytettävyydestä, teknisistä ominaisuuksista sekä tyylistä ja muotokielestä. Konseptointi on siten suunnittelutyön varhaisin vaihe. Siihen kuuluu ideointia, hahmotelmia ja luonnoksia, erilaisten mallien ja prototyyppien rakentamista sekä suunnittelutyössä tarvittavan tiedon keräämistä.

Tämän Pro gradu - tutkielman taiteellisessa osassa esitetään muotoilukonsepti ajoneuvon hallintalaitteiden integroimiseksi osaksi ohjauspyörää. Konseptoinnin tarkoitus on esittää yksi mahdollinen vaihtoehto, johon kuuluu työlle asetetut reunaehdot ja se, miten ne voidaan toteuttaa.

5.2. YHTEENVETO SUUNNITTELUTYÖN REUNA-EHDOSTA

Onnistunut tuote sisältää sille asetetut tavoitteet. Reunaehdot puolestaan ovat työlle asetetut vähimmäistavoitteet, jotka sen tulee täyttää. Tämän muotoilukonseptin reunaehtoihin kuuluvat seuraavat tavoitteet:

1. Hyvä ergonomia ja käytettävyys: tuotteen tulee soveltua mahdollisimman monelle ja sen on oltava riittävän yksinkertainen, mutta tehokas käyttää. Tuotteen on myös oltava turvallinen, eikä sen käyttämisestä saa aiheutua virhetilanteita.
2. Hyväksyttävyyttä: Tuotteen tulee olla helposti lähestyttävissä ja sen käyttämisen tulee olla miellyttävää.
3. Teknilliset piirteet: Konseptin tulee tuoda esiin käytettävän teknologian erikoispiirteet ja hyödyntää teknologian käyttämisestä avautuvia mahdollisuuksia.
4. Valmistukselliset piirteet: Tuotteen muodonannon ja suunniteltujen toimintojen on oltava linjassa käytettävän teknologian ja sen valmistusmenetelmien kanssa.

5.3. MALLINNUK, TOTEUTUS JA TESTAUS

Taiteellisen osion virtuaalisten ja fyysisten mallien kehittäly voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa suunniteltiin ja mallinnettiin testauskonsepti, jonka avulla pyrittiin löytämään käyttöliittymälle hyvä käytettävyys sekä hyväksyttävyyks. Käytettävyystestauksen ja tulosten analysoimisen jälkeen voitiin siirtyä suunnittelussa seuraavaan vaiheeseen, joka oli käyttöliittymän suunnittelu ja rakentaminen osaksi fyysistä ohjauspyörää. Tämän jälkeen suoritettiin uusi käytettävyystutkimus hyödyntäen virtuaalista ajosimulaatiota osana testausta. Saatujen tulosten pohjalta voitiin suunnitella ja mallintaa lopullinen käyttöliittymäkonsepti. Seuraavissa osioissa on selitetty yksityiskohtaisemmin työn kulku.

Ensimmäinen malli oikeiden mittasuhteiden ja etäisyyksien löytämiseksi

Lopullisen muotoilutyön tueksi tuli tehdä testauksia, joiden avulla selvitettiin käyttöliittymän ja ohjauspyörän fyysisiä mittasuhteita ja etäisyyksiä. Näitä testejä varten tuli suunnitella ohjauspyörää muistuttava testausalusta, jonka etäisyyksiä voitaisiin tarvittaessa muunnella.

Suunnittelun lähtökohtana oli tuoda vaihteen vaihtamiseen sekä suuntavilkkujen käyttämiseen tarvittavat painikkeet käyttäjän ulottuville sijoittamalla ne osaksi ohjauspyörää. Painikkeiden tuli sijaita lähellä ohjauspyörän kehää, jotta niiden käyttäminen ei vaatisi käyttäjän käsiltä suuria liikeratoja tai kuormittaisi käyttäjän huomiokykyä. Käyttöliittymän tavoitteeksi asetettiin käyttäminen ohjauskehän etu- ja takapuolelta sekä käytön riippumattomuus sormista, joilla laitetta voidaan käyttää.

Suunnittelutyö aloitettiin hahmottelemalla paperille erilaisia vaihtoehtoisia malleja, joiden pohjalta tehtiin fyysinen hahmomalli. Malli valmistettiin suulakepuristetusta polystyreenistä ja kapalevystä. Hahmomallin avulla selvitettiin käytettävyydestestauksissa käytettävän testausalustan rakennetta ja tarvittavia etäisyyksiä. Tarkoituksena oli määrittää mahdollisimman monelle eri käyttäjälle parhaiten sopiva käyttöetäisyys. Huomioituja etäisyyksiä oli ohjauspyörän kehän ja painikkeiden väliset etäisyydet sekä painikkeiden keskinäiset etäisyydet ja painikkeiden koko.

Saatujen tietojen perusteella suunniteltiin testausalusta ja sen erilaiset variaatiot. Mitoiltaan toisistaan poikkeavia testausalustoja tehtiin 3 kappaletta ja ne 3D-mallinnettiin PTC Creo -ohjelmalla ja valmistettiin jyrsimällä MDF-levystä sekä laserleikkaamalla vanerista ja akryylilevystä. Testausalustat koostuivat ohjauspyörää muistuttavasta kehästä ja siihen kiinnitettävästä paneelista, jossa käyttöliittymän painikkeita kuvaavat kohdat sijaitsivat. Paneelin leveys ja etäisyys syvyys suunnassa vaihteli eri testausasemissa.

Testausasemille rakennettiin lisäksi vanerinen teline, jossa ne pysyivät kiinni ja olivat helpompia käyttää käytettävyydestestauksen aikana. Paneelit maalattiin mustiksi, jotta saavutettiin niiden parempi erottuvuus taustasta. Testausasemien eri versiot mittoineen on esitelty käytettävyydestestausraportissa (Liite 1).

Ensimmäinen käytettävyydestestaus

Käytettävyydestestausta varten luotiin testaus suunnitelma, jossa määriteltiin testauksen kulku ja tarvittava osallistujamäärä. Tämän jälkeen testaukset toteutettiin Lapin yliopiston tiloissa 17 henkilölle. Testaus koostui kahdesta tehtävästä, joissa ensimmäisessä tutkittiin vaihteen ja toisessa suuntavilkun käyttämisen osalta mieluisinta käyttöetäisyyttä. Testauksessa testausasemat asetettiin riviin työtasolle (Kuva 6) ja tämän jälkeen testihenkilöt ohjeistettiin ja testattiin. Testauksen yksityiskohtainen läpivienti ja tulokset on kuvattu käytettävyydestestausraportissa (Liite 1).



Kuva 6. Ensimmäisen käytettävyydestauksen testausasetelma.

Toiminnallisen mallin mallinnus ja toteutus

Ensimmäisen käytettävyydestutkimuksen ja kerätyn teoria-aineiston pohjalta muodostettiin toiminnallisen mallin käyttöliittymälle reunaehdot. Tämän jälkeen suunnittelua jatkettiin luonnosten ja hahmomallin avulla. Tämän jälkeen niiden pohjalta tuotettiin 3D-malli (Kuva 7) käyttäen suunnittelussa PTC CREO -suunnittelutyökalua.



Kuva 7. Renderointi ohjauspyörästä.

Ohjauspyörän muotoilu poikkesi perinteisestä ohjauspyörän muotoilusta sillä, että siitä puuttui ohjauspyörän keskiöstä ohjauspyörän kehälle liittyvät tuet. Ohjauspyörän kehä oli kiinnitetty ainoastaan alaosastaan keskiöön. Tämä ei ollut tyyllinen ratkaisu, vaan muotoilu valittiin, koska se mahdollisti käyttäjälle paremman visuaalisen havainnoinnin uuteen käyttöliittymään. Kyseessä oli siten puhtaasti käytettävyydestä kannalta tehty ratkaisu. Muotoilua ohjasi tämän lisäksi aiemman käytettävyydestä tulokset sekä halu luoda testattavan käyttöliittymän ympärille mahdollisimman realistista ohjauspyörää muistuttava kokonaisuus.

Suunnittelun aikana syntyi idea käyttöliittymän testaamisesta ajosimulaatio-tietokonepelin avulla, jotta erilaisia toimintoja pystytään testaamaan realistisemmin. Idean toteuttamiseksi ohjauspyörä käyttöliittymineen tuli muuntaa tietokoneen kanssa yhteensopivaksi peliohjaimeksi.

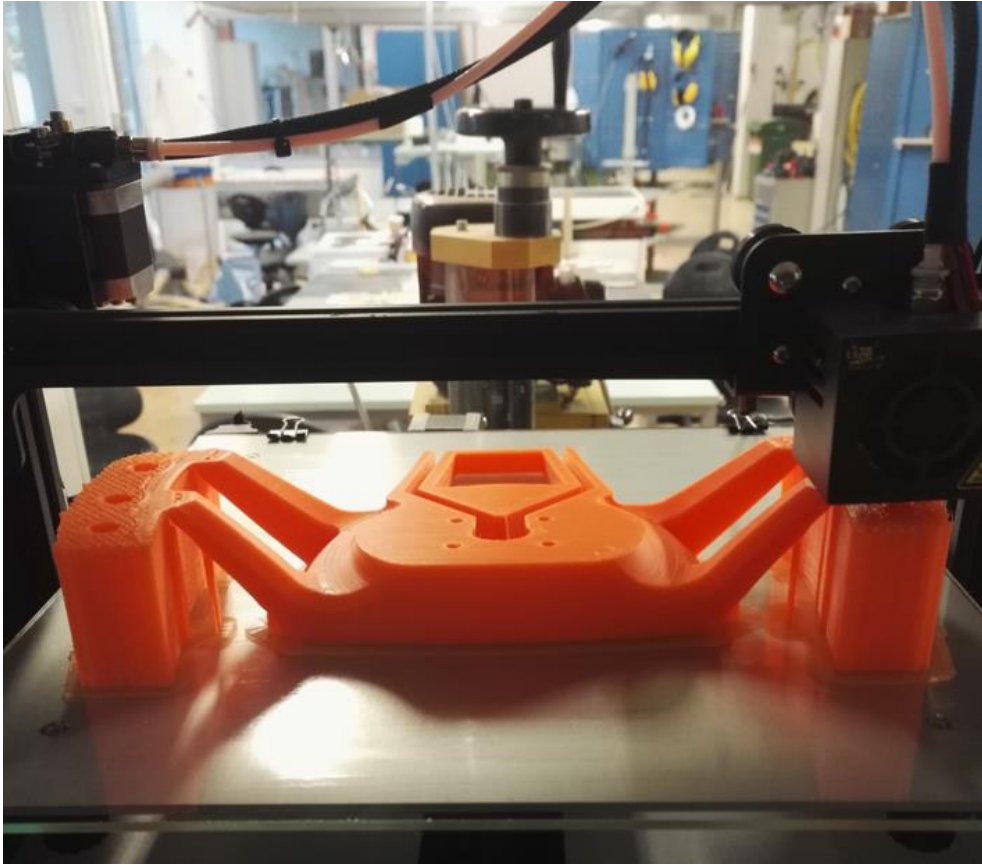
Työssä päätettiin hyödyntää valmista kaupallista peliohjainta sekä ohjelmoitavaa mikro-ohjainkorttia, johon voitiin yhdistää tarvittavat käyttökytkimet. Kaupalliseksi peliohjaimeksi valittiin Thrustmaster Ferrari Red Legend - rattiohjain, johon suunniteltu ohjauspyörä voitiin kiinnittää.

Mikro-ohjainkortiksi valittiin Bare Conductive Touch Board, johon voitiin kiinnittää kapasitiivisia kytkimiä. Tämä teknologia soveltui erittäin hyvin hyödynnettäväksi käyttöliittymässä. Ohjainkortti voitiin kytkeä tietokoneen USB-porttiin ja ohjelmoida vastaamaan tietokoneen näppäimistöltä lähteviä signaaleja. Näin sen käyttäminen osana peliohjainta oli mutkatonta.

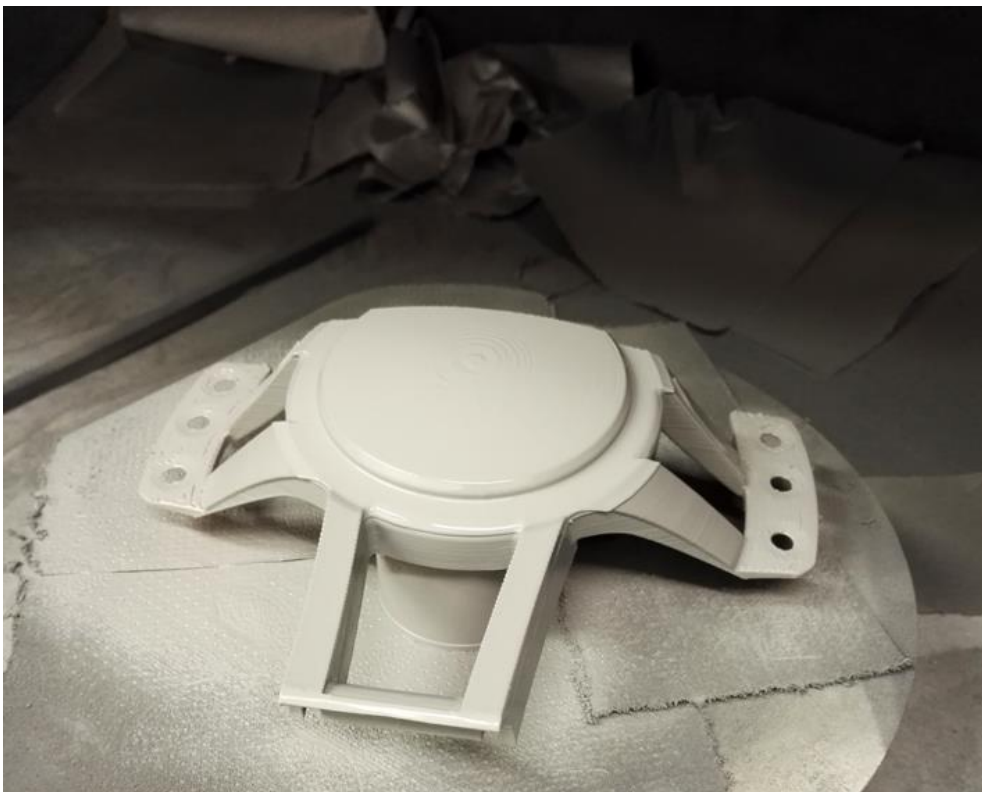
Suunnittelun pohjalta toiminnalliseen malliin tarvittavat osat 3D-mallinnettiin PTC Creo -suunnitteluohjelmalla ja tämän jälkeen ne valmistettiin käyttäen CNC-jyrsintä sekä 3D-tulostinta (Kuvat 8 ja 9). Valmistetut osat pintakäsiteltiin hiomalla ja maalamalla, minkä jälkeen ne liitettiin toisiinsa (Kuva 10 ja 11).



Kuva 8. Ohjauspyörän kehä työstyy CNC-jyrsimessä.



Kuva 9. Ohjauspyörän osa 3D-tulostumassa.



Kuva 10. Ohjauspyörän osan pintakäsittelyä.



Kuva 11. Ohjauspyörän osat yhteenliitettynä.

Ohjauspyörään liitettiin lisäksi teräksinen akseli sekä kiinnitysadapteri, jolla kokonaisuus voitiin kiinnittää peliohjaimen. Mikro-ohjainkortille tehtiin akryylimuovista kiinnitystaso, joka sijoitettiin ohjauspyörän ja peliohjaimen väliin.

Ohjauspyörän pintaan kiinnitettiin kapasitiiviset kontaktipinnat, jotka toimivat vaihteen vaihtajien ja suuntavilkkujen kytkinten painikkeina. Aluksi kontaktipintoihin käytettiin johtavaa kupariteippiä. Kontaktipinnat yhdistettiin johtimilla mikro-ohjainkortin kontakteihin, minkä jälkeen ohjauspyörä kiinnitettiin osaksi kaupallista peliohjainta. Tämän jälkeen kokonaisuutta voitiin koetastata tietokonepelien avulla.

Koetestausten aikana tuli nopeasti ilmi kolme ongelmakohtaa. Ensimmäinen oli käyttöliittymän ohjaavien muotojen riittämätön erottuvuus käytön aikana. Toisin sanoen käyttäjä ei saanut tuntoaistin perusteella riittävästi palautetta siitä, missä kohdin käyttöliittymän painikkeet sijaitsivat. Tämä johti virhepainalluksiin sekä vaati käyttäjältä visuaalista havainnointia, jotta haluttu painike löytyi. Toisen ongelman

muodosti kapasitiivisten kytkinten herkkyys reagoida pieneenkin kosketukseen. Tämä ominaisuus aiheutti tahattomia kytkentöjä, mikäli käyttäjä vahingossa hipaisi kontaktipintaa. Kolmannen ongelman muodosti käytetyn kupariteipin huono pitävyys ohjauspyörän pinnalla sekä johtavuuden epäluotettavuus. Kytkinpinnat irtoilivat, eivätkä aina rekisteröineet kosketusta.

Ratkaisuna ongelmiin tehtiin ohjauspyörään kiinnitettävät lisäosat, jotka lisäsivät käyttäjää ohjaavia muotoja huomattavasti ja lisäsivät painikkeiden erottuvuutta toisistaan. Lisäosat kasvattivat myös painikkeen ja muun pinnan välistä eroa, näin minimoiden vahinkokosketusten mahdollisuutta. Vaihteen vaihtamiseen tarkoitettujen painikkeiden kontaktipintojen kupariteippi korvattiin vahvemmillä kuparilevyillä, jotka sijoitettiin alkuperäisen pinnan ja lisäosien väliin. Näin saatiin hyvin käyttöä kestävä ja luotettava kontaktipinnat (Kuva 12).



Kuva 12. Parannetut kontaktipinnat ja lisätyt käyttäjää ohjaavat muodot.

Paranneltu versio osoittautui huomattavasti aiempaa toimivammaksi ja oli valmis käytettävyydestäukseen (Kuva 13). Ennen testausta etsittiin testaukseen sopiva ajosimulaatortietokonepeli. Peliksi valittiin Multisoft-pelyhtiön vuonna 2007 julkaisema City Car Driving -ajosimulaattori. Peli oli helposti yhteen sovitettavissa mikro-ohjainpiirin ja peliohjaimen kanssa ja antoi riittävän realistisen kokemuksen

ajotapahtumasta. Positiivisten havaintojen jälkeen voitiin siirtyä käytettävyytestaukseen.



Kuva 13. Toisen käytettävyytestauksen ohjauspyöräversio.

Toinen käytettävyytestaus

Käytettävyytestausta varten tehtiin testaussuunnitelma, jossa on kuvattu suunnitelma testauksen suorittamiseksi. Tämän jälkeen testaukset suoritettiin suunnitelman mukaisesti. Testauksiin osallistui 10 henkilöä. Tarkempi kuvaus testauksesta on kuvattu käytettävyytestausraportissa (Liite 2), samoin kuin saadut tulokset.

Käytettävyytestaus tuotti riittävästi tietoa käyttöliittymän jatkokehittämiseen ja selkeytti suunnittelussa tarvittavia reunaehtoja. Tärkein löydöksistä oli käyttöliittymän kokonaistoimintaperiaatteen hyväksyttävyys testattavien parissa.

Lopullisen toiminnallisen mallin luonnokset, mallinnus ja arviointi

Suunnittelutyön aiempien vaiheiden perusteella toteutettiin hallintalaitteiden käyttöliittymän lopullisen version muotoileminen. Lopullisella versiolla tarkoitetaan muotoilutyön viimeisintä vaihetta Pro gradu - tutkielmatyön osalta, ei mallia, joka olisi valmis tuotantoon.

Lopullisen mallin suunnittelu aloitettiin koostamalla yhteenveto kerätystä teoriasta, käytettävyystudkimuksista sekä suunnittelutyössä ilmenneistä asioista. Alla on listattuna esille tulleet kohdat ergonomian ja käytettävyyden, käyttäjäkokemuksen ja teknologian mahdollistamien huomioiden osalta sekä kommentoitu, miten näihin kohtiin on pyritty muotoilullisin keinoin vastaamaan.

Ergonomian ja käytettävyyden osalta tuli huomioida käyttäjää ohjaavien muotojen erottuvuus. Tämä kävi hyvin selville edellisen käytettävyytestauksen aikana. Suunnittelussa ohjaavien pintojen erottuvuutta kasvatettiin. Pinnanmuotoja käytettiin myös ehkäisemään kytkinpintojen tahattomien kosketusten

mahdollisuutta. Tämä tarkoitti kosketuspinnan upottamista ympäröivää pintaa alemmas.

Taktiilinen palaute koettiin riittäväksi, samoin suuntavilkun äänipalaute sekä kojetaulussa näkyvät visuaaliset palautteet. Käyttäjät kuitenkin ehdottivat taktiilisen palautteen lisäämistä, joten sen tuominen tähän malliin oli perusteltua. Painettu teknologia mahdollistaa esimerkiksi pietso-sähköisten komponenttien valmistamisen. Perinteisillä menetelmillä valmistettuja pietso-komponentteja käytetään monissa älylaitteissa simuloimaan fyysistä painikkeen painamisesta aiheutuvaa tuntemusta. Teknologian käyttöönottamista pitää selvittää.

Käyttäjät toivoivat myös hallintalaitteiden käyttökytkimille suurempia kosketuspintoja, mikä lisäisi niiden erottuvuutta. Samoin toivottiin valojen käyttöä kytkinten merkitsemiseksi. Tämä on tekijä, joka lisää erottuvuutta ja visuaalista selkeyttä. Molemmat kohdat otettiin suunnittelussa huomioon.

Suuntavilkkujen kytkimet olivat käytettävyydestänsä perusteella liian kaukana käytettäväksi ilman, että käyttäjän täytyi irrottaa otteensa ohjauspyörästä. Suuntavilkkujen kytkinten asemointia parannettiin.

Käyttöliittymään lisättiin hallintalaitteiden kytkinten toiminnasta kertovat symbolit. Samalla luonnosteltiin ideaa, jossa käyttäjä pystyy hallitsemaan ja muokkaamaan käyttöliittymän painikkeiden sijoittelua haluamallaan tavalla ja saavuttamaan itselleen parhaiten toimivan käyttöliittymän.

Käytettävyyttä voidaan parantaa laitteen tekoälyn avulla. Näin voidaan sulkea tehokkaammin pois tahattomat painallukset sekä käyttäjän virhepainallukset, esimerkiksi kaksoiskosketukset. Mahdollisuutta käyttää kosketusnäyttöisistä laitteista tuttuja eleitä, kuten pyyhkäisyä, tulee selvittää.

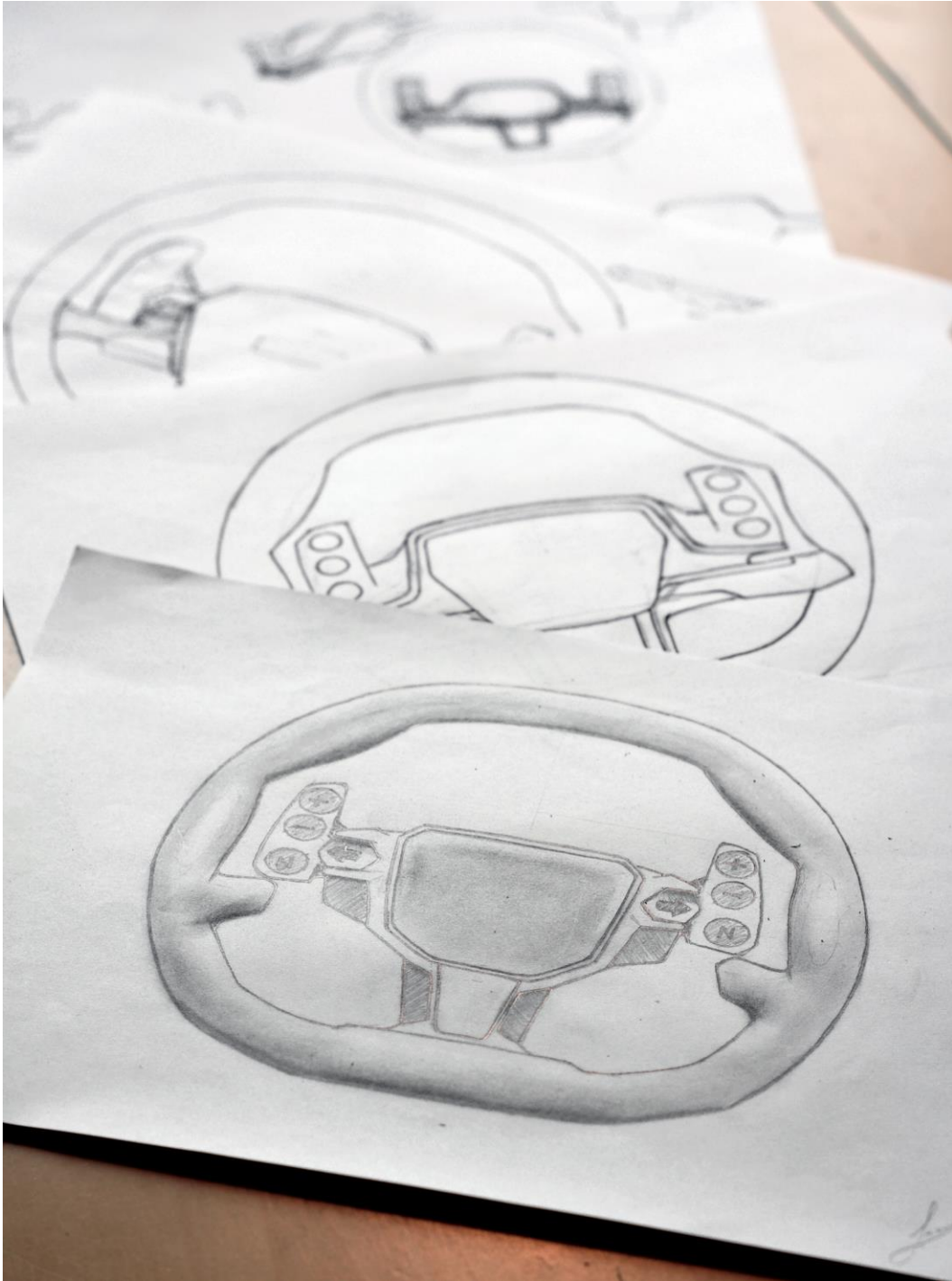
Käyttäjät toivoivat laitteelta fyysistä säädettävyyttä. Tätä ei ole huomioitu suunnittelun tässä vaiheessa, joten sen mahdollisuutta täytyy selvittää.

Käyttäjäkokemusten mukaan käyttöliittymä oli nopea omaksua ja yksinkertainen käyttää. Edellisessä mallissa tehdyt ratkaisut osoittautuivat siten oikeiksi ja ne pidettiin niiltä osin ennallaan. Myös ohjauspyörän fyysinen koko ja muu muotoilu koettiin sopivaksi.

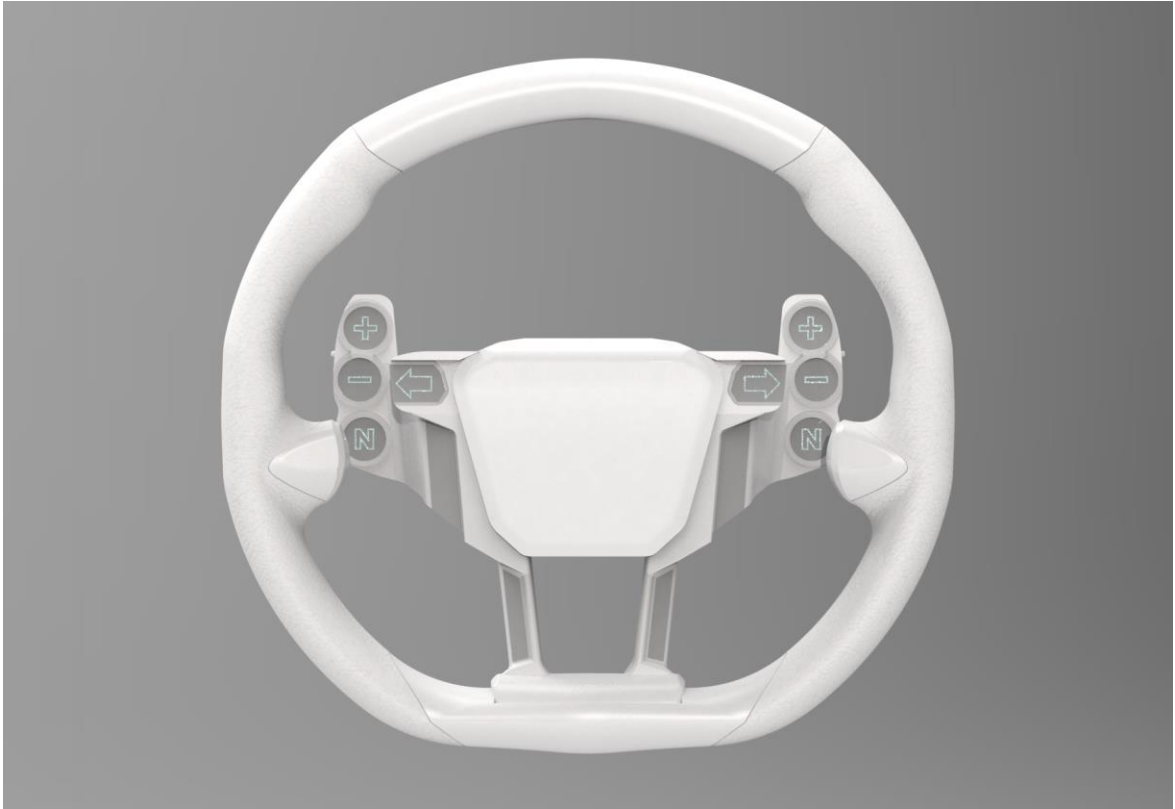
Suunnittelussa pyrittiin tuomaan esiin selkeyttä, turvallisuuden tunnetta sekä totuttuja piirteitä. Samalla kuitenkin hyödynnettiin käytetyn teknologian mahdollistamaa muotokieltä. Laitteesta pyrittiin muotoilemaan erottuva ja kiinnostava. Käytetty valmistusteknologia mahdollistaa ohuiden rakenteiden käytön, joilla voidaan saavuttaa muotoiluun keveyttä ja ilmavuutta. Muotokielen täytyy kuitenkin säilyttää ohjauspyörään liitettävät kokemukset jämakkydestä ja turvallisuudesta.

Työn tilaajan puolelta toiveena oli luoda mahdollisimman paljon sellaisia pintoja, joita voidaan hyödyntää käyttöliittymän muiden toimintojen kytkinten ja säätimien sijoittamiseen. Tämä otettiin huomioon suunnittelussa. Suunnittelussa huomioitiin myös tuotannolliset asiat, kuten valmistettavuus ja muottitekniikat niiltä osin kuin se oli tässä suunnittelun vaiheessa tarpeellista.

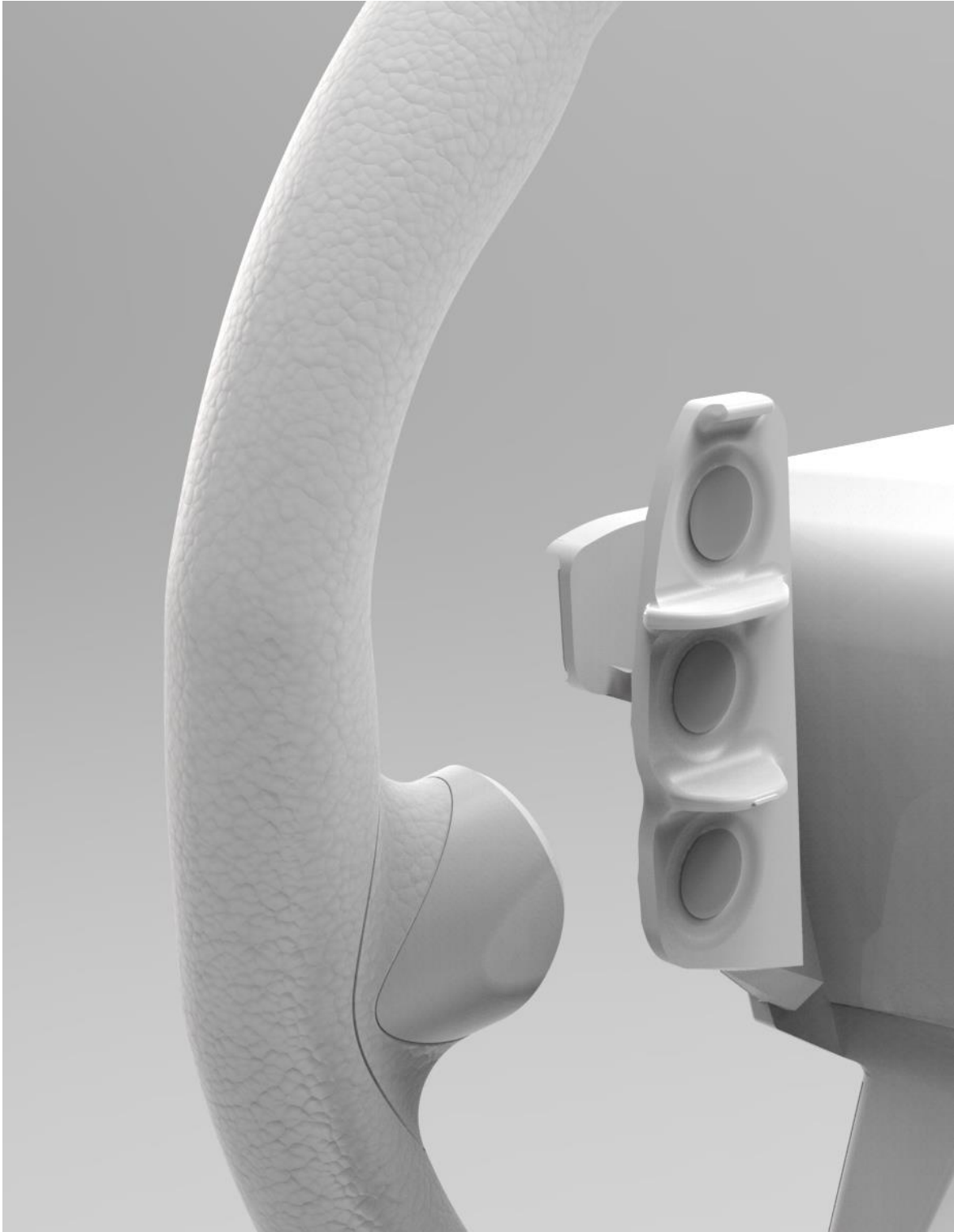
Yhteenvedon jälkeen ohjauspyöräkokonaisuudelle etsittiin muodonantoa erilaisten luonnosten avulla (Kuva 14). Luonnosten perusteella valittiin jatkokehiteltäväksi malli, josta toteutettiin virtuaalinen 3D-mallinnus PTC Creo - mallinnustyökalulla. Lopuksi mallinnuksesta luotiin kuvat (Kuvat 15, 16 ja 17) renderoinnin avulla. Suunnittelun lopputulos vastasi suunnittelulle asetettuihin vaatimuksiin.



Kuva 14. Luonnoksia ohjauspyörän muotoiluvaihtoehtoiksi.



Kuva 15. Ohjauspyörän muotoilukonsepti edestä nähtynä.



Kuva 16. Yksityiskohta ohjauspyörän takapuolelta. Kuvassa näkyy vaihteenkäyttökytkimet sekä käyttäjää ohjaavat pinnanmuodot.



Kuva 17. Yleisnäkö sivusta, josta erottuu ohjauspyörän rakenne.

5.4. ANALYYSI

Taiteellisen osuuden muotoilukonsepti rakentuu vahvasti työssä esitettyjen teorioiden sekä aiemmillä malleilla toteutettujen käytettävyytutkimusten tulosten varaan. Muotoilukonsepti esittää yhden mahdollisen version toteuttaa vaihteiden sekä suuntavilkkujen hallintalaitteiden sijoittelu osaksi ohjauspyörää, sellaisella tavalla, joka huomioi seuraavat asiat:

1. Käyttöliittymän oppiminen on nopeaa ja vaivatonta, eikä sen käyttämisestä aiheudu liiaksi kuormitusta. Käyttäjän on helppo muistaa, mitä mistäkin kytkimestä tapahtuu.
2. Käyttöliittymä antaa riittävästi haptista, taktiilista ja visuaalista palautetta käyttäjälle, pääpainon kuitenkin ollessa haptisuudessa.
3. Käyttöliittymä parantaa liikenneturvaa. Käyttäjän on mahdollista pitää kädet ohjauspyörässä ajon aikana. Riittävän haptisen palautteen ja intuitiivisen käytön ansiosta kuljettajan ei ole välttämätöntä katsoa hallintalaitteisiin ajonaikana.
4. Hallintalaitteiden käyttäminen on mahdollista usealla eri tavalla. Vaihteiden vaihtaminen voi tapahtua paneelin etu- tai takapuolelta. Laitteita voi käyttää millä tahansa sormella ja molemmilla käsillä. Hallintalaitteiden etäisyydet soveltuvat useimmille käyttäjistä.
5. Käyttöliittymän virhetilanteet on minimoitu suojaamalla kontaktipinnat tahattomilta kosketuksilta sijoittamalla ne riittävän etäälle ajoneuvon ohjaamisesta aiheutuvista käsien liikkeistä, sekä hyödyntämällä ohjaavien pintojen ulkonevia muotoja.
6. Laitteen muotoilu pyrkii välittämään käyttäjälle miellelyhtymän laitteesta, jota on helppoa lähestyä ja jonka käyttökynnys on matala.

7. Laitteen käyttöliittymää voidaan halutessa säätää ja räätälöidä käyttäjän tarpeisiin sopivaksi. Käyttökytkimien funktiot symboleineen on mahdollista uudelleen määrittää jokaiselle käyttäjälle mieleisiksi.

8. Injection Molded Structural Electronics (IMSE™) - teknologiaan perustuva valmistus mahdollistaa käyttöä ja kulutusta kestävästä rakenteesta sekä alhaiset tuotantokustannukset.

Jotta edellä mainitut asiat voidaan toteuttaa ja muotoilun onnistumisen taso mitata, tulisi muotoilukonseptista valmistaa toiminnallinen prototyyppi, jonka avulla suunnittelun iterointia voidaan viedä eteenpäin.

6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn alussa tutkimukselle asetettiin tutkimuskysymyksiä, joihin pyrittiin saamaan vastauksia. Työn tutkimusongelma oli ajoneuvon hallintalaitteiden integroiminen osaksi ohjauspyörää. Tutkimus onnistui löytämään tarvittavat tiedot, jotka hallintalaitteiden integroiminen edellyttää ja onnistui vastaamaan kysymykseen riittävällä laajuudella. Tutkimukset löydökset konkretisoituvat hyvin muotoilukonseptissa, jonka kautta löydöksiä voidaan hyvin esitellä.

Tutkimukselle asetettiin kolme tutkimuskysymystä: 1) onko mahdollista siirtää hallintalaitteita osaksi ohjauspyörää niiden perinteisiltä sijoituspaikoilta ja saavuttaa hyvin toimiva kokonaisuus, 2) mahdollistaako painetun elektroniikan käyttäminen toimivan hallintalaitteiden käyttöliittymän ja 3) millaisen vastaanoton uusi ohjauspyörän käyttöliittymä saa käyttäjien parissa?

1) Tutkimuksen aikana saatujen tulosten perusteella voidaan todeta, että hallintalaitteiden siirtäminen perinteisiltä paikoilta osaksi ohjauspyörää on käytettävyyden kannalta mahdollista, eikä työssä havaittu mitään, mikä vaikeuttaisi tai estäisi integroimista. Tätä tukee toisen käytettävyydestaustuksen tulokset sekä testaukseen osallistuneiden käyttäjien antama palaute.

Hallintalaitteet muodostavat kokonaisuuden, jonka käyttäminen on riittävän yksinkertaista ja käyttöliittymän toimintaperiaate on helposti ja nopeasti omaksuttavissa. Muotoilun avulla voidaan ohjata käyttäjää ja saavuttaa parempi vuorovaikutus.

Käyttöliittymän voidaan olettaa parantavan liikenneturvallisuutta, koska kuljettajan ei tarvitse irrottaa otettaan ohjauspyörästä. Muutos perinteiseen hallintalaitteiden käyttöliittymään verrattuna on kuitenkin suuri. Tämä voi aiheuttaa ongelma- ja virhetilanteita käyttöönotossa, kunnes käyttäjän aiemmat toimintamallit muuttuvat.

2) Painetun elektroniikan käyttäminen mahdollistaa visuaalisen, haptisen ja taktiilisen palautteen antamisen tasolla, joka takaa hyvän käytettävyyden. Teknologian käyttäminen vaatii kuitenkin paljon suunnittelu- ja muotoilutyötä, jotta sen potentiaali voidaan hyödyntää parhaalla mahdollisella tavalla. Tutkimus antoi tietoa siitä, mitä asioita tulee ottaa huomioon suunniteltaessa käyttöliittymää esimerkiksi IMSE™-teknologiaa käyttäen. Muoviin valettu painettava elektroniikka laajentaa sen hyödyntämismahdollisuuksia. Muotoilun avulla voidaan mahdollistaa hyvä laitteen ja käyttäjän välinen vuorovaikutus. Tutkimus osoitti että painetun elektroniikan hyödyntäminen mahdollistaa toimivan ohjauspyörän käyttöliittymän toteuttamisen työssä tutkittujen hallintalaitteiden, suuntavilkkujen ja vaihteiden, osalta.

3) Viimeiseen tutkimuskysymykseen tutkimuksessa ei saatu kattavaa vastausta. Uudet teknologiat avaavat ovia uusien laitteiden suunnitteluun. Muotoilukonseptien avulla voidaan arvioida suunnittelun onnistumista työn eri vaiheissa ja kehittää tuotetta niin, että se vakuuttaa loppukäyttäjän käytettävyyden ja houkuttelevuuden puolesta, luoden näin miellyttävän käyttäjäkokemuksen.

Käytettävyyden puolesta tutkimukseen osallistuneet testihenkilöt kokivat käyttöliittymän pääsääntöisesti positiivisena. Suunnittelu onnistui siten tavoitteessaan. Tutkimuksessa ei kuitenkaan saatu riittävää näyttöä käyttäjäkokemuksesta, kuten siitä, millaisia tuntemuksia muotoilukonsepti heissä herättää. Tältä osin tutkimusta tulisi jatkaa esimerkiksi kyselyjen ja haastattelujen avulla.

7. POHDINTA

Tutkimustyön kulku oli suoraviivaista ja samalla haastavaa. Tutkimuksen alussa tuli etsiä ja rajata ne aihealueet, jotka vaikuttivat myöhempään suunnittelutyöhön. Tähän kuului eri alojen kirjallisuutta ja tutkimuksia, joiden sisältö oli hyvin alalleen erikoistunutta ja vaati siten lisää perehtymistä käsitteisiin ja termistöihin. Tämä puolestaan avasi mahdollisuuksia entistä parempaan tiedonhakuun. Oman haasteensa toi monien aineistojen maksullisuus. Tästä syystä työssä hyödynnettiin aineistoja, jossa maksullista aineistoa oli kerätty yhteen. Tämän ei kuitenkaan pitäisi vaikuttaa työn luotettavuuteen. Kaikkiaan tutkimustyön aikana löydetyt aineistot kattoivat ne tiedot, jotka muotoilukonseptin tässä vaiheessa olivat tarpeen tuntea ja ymmärtää.

Ohjauspyörän muotoilun ja testauksen osalta työ sujui oletetusti. Työn eri vaiheet, toiminnallisten mallien suunnittelusta ja rakentamisesta, käytettävyydestäusten läpiviemiseen ja tulosten analysointiin veivät paljon aikaa. Tausta-ajatuksena oli luoda käyttäjille mahdollisimman realistinen kokemus käyttöliittymän toiminnasta. Tämä näytti toteutuvan.

Realistisuutta tarvittiin myös ohjauspyörän ergonomian arvioimiseen. Tästä syystä laite muotoiltiin muistuttamaan mahdollisimman suurelta osin kaupallista ohjauspyörää. Hyvän ergonomian toteutumista voidaan näin arvioida paremmin, esimerkiksi käyttämällä apuna Bhisen (2011) suunnittelulle määrittelemää kahdentoista kohdan listaa hallintalaitteiden ja näyttöjen käyttöajan lyhentämiseksi. Ergonomian mittaaminen vaatii vielä tarkempaa analysointia, mutta alustavat tulokset ovat positiivisia.

Testausten jälkeen on kuitenkin syytä pohtia, kuinka paljon testausohjauspyörässä käytetty elektroniikka vaikutti testauksen tuloksiin ja toisaalta, mitä vuorovaikutusmahdollisuuksia se sulki testauksen ulkopuolelle. Elektroniikka

mahdollisesti perinteisen painallustekniikan, mutta ei esimerkiksi eleiden tunnistamista tai sormi-spesifioituja vuorovaikutuksia. Monisormista vuorovaikutusta kokeiltiin ennen varsinaisia käytettävyystestauksia, mutta tätä vaihtoehtoa ei tuotu mukaan testaukseen.

Käytettävyystestausten tulosten luotettavuuteen vaikuttaa aina testihenkilöiden määrä ja tausta. Testauksiin osallistuneet henkilöt olivat pääasiassa Lapin yliopiston taiteiden tiedekunnan opiskelijoita ja henkilökuntaa. Tutkimuksen kannalta tällä ei näyttänyt olevan vaikutusta tulosten luotettavuuteen. Testaukseen osallistujat edustivat eri sukupuolia, ikäryhmiä ja heillä oli erilaisia ajokokemustaustoja. Testihenkilöiden antamia vastauksia voidaan myös pitää totuudenmukaisina.

Myös simulaation realistisuus ja testausympäristö vaikuttivat testaustuloksiin. Sama testaus tulisi toistaa entistä realistisemmassa ympäristössä, esimerkiksi ajosimulaattorissa kuten Pfeiffer ym. (2010) tai pysäköidyssä autossa kuten Colley ym. (2015). Näin voitaisiin vertailla paremmin testauksen luotettavuutta. Samalla voitaisiin mitata käyttöön liittyviä tapahtumia kuten silmien liikettä, visuaaliseen havainnointiin käytettyä aikaa sekä toiminnon suorittamiseen kuluvaa aikaa. Näitä asioita ei tässä tutkimuksessa mitattu.

On myös pohdittava sitä, kuinka paljon käytetty elektroniikka ja sen toimintojen rajallisuus saneli muotoilukonseptin myöhempää kehittämistä ja muodonantoa. Työssä esitetty muotoilukonsepti esittää yhden tavan toteuttaa hallintalaitteiden integroiminen, mutta se ei luonnollisesti ole ainoa tapa käyttöliittymän toteuttamiseksi. Erilaisia vuorovaikutustapoja tutkimalla on mahdollista löytää loppukäyttäjää parhaiten palveleva ratkaisu.

Yhteenvetona voidaan pitää työn täyttäneen sille asetetut tavoitteet. Tutkimus antoi lisätietoa asioista, jotka vaikuttavat IMSE™-teknologialla tuotettujen käyttöliittymien käytettävyyteen.

LÄHTEET

Andreoni, G., Santambrogio, G. C., Rabuffetti, M., & Pedotti, A. 2002.
Method for the analysis of posture and interface pressure of car drivers. Applied ergonomics, 33(6), 511-522.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003687002000698?casa_token=KZjPeSy-aVAAAAAA:D1K0Ck8kSyPjIGsh_moJW8twVvf8HIKcPTFH-dXLjog4BPFbYHCuwanhqaAwWDhtzJFaCg_

Akamatsu Motoyuki, Green Paul, Bengler Klaus. 2013.
Automotive Technology and Human Factors Research: Past, Present, and Future
Hindawi, International Journal of Vehicular Technology
<https://www.hindawi.com/journals/ijvt/2013/526180/>

Bach Kenneth Majlund, Jæger Mads Gregers, Skov Mikael B., Thomassen Nils Gram. 2008.
You Can Touch, but You Can't Look: Interacting with In-Vehicle Systems
CHI 2008 Proceedings · Tangibles: Input & Output April 5-10, 2008 · Florence, Italy
<https://dl.acm.org/doi/10.1145/1357054.1357233>

Bhise, Vivek D. 2011.
Ergonomics in the Automotive Design Process
CRC Press

Blanco, Sebastian. 2018.
<https://www.forbes.com/sites/sebastianblanco/2018/08/30/tesla-wants-cars-to-automatically-activate-their-turn-signals/>
Haettu 14.3.2019.

Bosch. 2017.

Bosch at CES 2017: New concept car with Ultra Haptics

Haettu 14.5.2020 sivustolta

<https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/en/bosch-at-ces-2017-new-concept-car-with-ultra-haptics-84051.html>

Cacciabue P.C., Donato E, Rossano S. 2009.

Designing human machine systems for automotive safety: A cognitive ergonomics perspective.

Institute for the Protection and Security of the Citizen

Publications Office of the EU

<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a2f939fb-5148-4efc-9f2c-bfa6909b12c7>

Cain, Timothy. 2017.

Survey Says: Drivers Almost Never Use Paddle Shifters, Yet Paddle Shifters Are Everywhere

The Thruth About Cars

Haettu 20.4.2020 sivustolta

<https://www.thetruthaboutcars.com/2017/07/drivers-almost-never-use-paddle-shifters-paddle-shifters-everywhere/>

Colley Ashley, Väyrynen Jani, Häkkinä Jonna. 2015.

In-Car Touch Screen Interaction: Comparing Standard, Finger-Specific and Multi-Finger Interaction.

PerDis '15: Proceedings of the 4th International Symposium on Pervasive Displays

<https://doi.org/10.1145/2757710.2757724>

Colley, A., Virtanen, L., Ojala, T., & Häkkinä, J. 2016.

Guided touch screen: enhanced eyes-free interaction.

In Proceedings of the 5th ACM International Symposium on Pervasive Displays (pp. 80-86).

<https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/2914920.2915008>

Davies, Dave. 2011.

The history of the 'paddle shift'

Haettu 11.3.2019 sivustolta

<https://www.lemans.org/en/news/the-history-of-the-paddle-shift/2922>.

Diwischek, Lisseman. 2015.

Tactile Feedback for Virtual Automotive Steering Wheel Switches

<https://dl.acm.org/doi/10.1145/2799250.2799271>

Dumas, J. S., & Redish, J. 1999.

A practical guide to usability testing. Intellect books.

<http://www.jedbrubaker.com/wp-content/uploads/2013/03/Dumas-99.pdf>

Haj-Assaad, Sami. 2017.

Why Should You Use Paddle Shifters?

Autoguide.com

Haettu 20.4.2020 sivustolta

<https://www.autoguide.com/auto-news/2017/04/why-should-you-use-paddle->

Hedgbeth, Llewellyn. 2015.

Turn, Turn, Turn: A History of the Turn Signal

Haettu 11.3.2019 sivustolta

<http://www.secondchancegarage.com/public/history-of-turn-signal.cfm>.

ISO 9241-210. 2019.

International Organization for Standardization

<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-210:ed-1:v1:en>

ISO 9241-11. 2018.

International Organization for Standardization

<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-2:v1:en>

Kern D., Schmidt A. 2009.

Design space for driver-based automotive user interfaces.

In Proceedings of the 1st International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (pp. 3-10).

Kujala, S. 2003.

User involvement: a review of the benefits and challenges. Behaviour & information technology, 22(1), 1-16.

https://www.researchgate.net/profile/Sari_Kujala/publication/220208710_User_involvement_A_review_of_the_benefits_and_challenges/links/00b49514ab5808a143000000/User-involvement-A-review-of-the-benefits-and-challenges.pdf

Law, E. L. C., Roto, V., Hassenzahl, M., Vermeeren, A. P., & Kort, J. 2009.

Understanding, scoping and defining user experience: a survey approach. In Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems (pp. 719-728).

May, James. 2008.

There's no need to reinvent the wheel

Haettu 11.3.2019 sivustolta

<https://www.telegraph.co.uk/motoring/columnists/jamesmay/3415903/Theres-no-need-to-reinvent-the-wheel.html>.

Meschtscherjakov, A. 2017.

The steering wheel: A design space exploration.

In Automotive user interfaces (pp. 349-373).

Springer, Cham

Neuvo Yrjö, Ylönen Sami ym. 2009.

Bit Bang: Rays to the Future

<http://lib.tkk.fi/Reports/2009/isbn9789522480781.pdf>

Patrascu, Daniel. 2010.

History of the Steering Wheel

Haettu 9.3.2019 sivustolta

<https://www.autoevolution.com/news/history-of-the-steering-wheel-20109.html>.

Pfeiffer Max, Kern Dagmar, Schöning Johannes, Döring Tanja, Krüger Antonio, Schmidt Albrecht. 2010.

A Multi-Touch Enabled Steering Wheel – Exploring the Design Space

2010. CHI 2010, April 10–15, 2010, Atlanta, Georgia, USA.

<https://dl.acm.org/doi/10.1145/1753846.1753984>

Schirner, Götz, Rettberg, Zanella, Rammig. 2013

Embedded Systems: Design, Analysis and Verification

4th IFIP TC 10 International Embedded Systems Symposium, IESS

User-Centered Design Basics

haettu 15.3.2019 sivustolta

<https://www.usability.gov/what-and-why/user-centered-design.html>

KUVALIITTEET

Kuva 1.

Kuvat ylhäältä alaspäin

1. Kuvan nimi: BMW M3

Kuva: ilikewaffles11, 2015

Kuvaa rajattu

[https://it.wikipedia.org/wiki/File:BMW_M3_\(17782767251\).jpg](https://it.wikipedia.org/wiki/File:BMW_M3_(17782767251).jpg)

2. Kuvan nimi: 1998 BMW 740i Individual

Kuva: The Car Spy, 2010

Kuvaa rajattu

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1998_BMW_740i_Individual_-_Flickr_-_The_Car_Spy_%2816%29.jpg

3. Kuvan nimi: 2009 BMW M3 Cabriolet

Kuva: The Car Spy, 2011

Kuvaa rajattu

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2009_BMW_M3_Cabriolet_-_Flickr_-_The_Car_Spy_\(6\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2009_BMW_M3_Cabriolet_-_Flickr_-_The_Car_Spy_(6).jpg)

4. Kuvan nimi: BMW_F40 at Leonberger Autoschau 2019

Kuva: Migl Alexander, 2019

Kuvaa rajattu

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BMW_F40_Leonberg_2019_IMG_0123.jpg

Kuva 2.

Haettu 14.5.2020 alla olevilta sivustoilta

Kuvat ylhäältä alaspäin

1.Kuvan nimi: Manual Gear Stick Shifter Free Car Picture

Kuva: Motor Verso

Kuvaa rajattu

<https://www.flickr.com/photos/154073030@N05/40347855700>

2. Kuvan nimi: Mercedes w124 column shifter

Kuva: Collins C.

<http://www.classiccarstodayonline.com/wp-content/uploads/2012/05/Mercedes-124-column-shifter-small.jpg>

3. Kuvan nimi: Ferrari Steering Wheel Dashboard

Kuva: Borland Alex

Kuvaa rajattu

<https://www.publicdomainpictures.net/en/view-image.php?image=198591&picture=ferrari-steering-wheel-dashboard>

Kuva 3.

Haettu 14.5.2020 alla olevilta sivustoilta

Kuvat vasemmalta oikealle:

Ylärivä

1. Kuvan nimi: Audi R8 Cockpitansicht

Kuva: KarleHorn, 2017

Kuvaa rajattu

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Audi_R8_4S_Cockpit.JPG

2. Kuvan nimi: HONDA CIVIC TYPE-R Japan interior

Kuva: Kirakiraouji, 2013

Kuvaa rajattu

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HONDA_CIVIC_TYPE-R_Japan_interior.JPG

Alarivi

3. Kuvan nimi: Lamborghini Huracán Evo Spyder

Author Maximilian Johannes, 2019

Kuvaa rajattu

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lamborghini_Hurac%C3%A1n_Evo_Spyder_IAA_2019_JM_0537.jpg

4. Kuvan nimi: bmw interior wallpaper

Kuva: Peakpx

Kuvaa rajattu

<https://www.peakpx.com/19048/bmw-interior>

Kuva 4.

Kuvan nimi: BMW F1 Steering Wheel

Kuva: philki

Haettu 14.5.2020 sivustolta

<https://www.flickr.com/photos/goozen/4816034378/>

Kuva 5.

Kuvan nimi: Ferrari F8 Tributo at Geneva Motorshow 2019

Kuva: Migl Alexander

Alkuperäistä kuvaa rajattu

Haettu 22.4.2020 sivustolta

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ferrari_F8_Tributo_Genf_2019_1Y7A5671.jpg

Kuvat 6 – 17.

Kuvat: Juho Saavalainen, 2020

LIITTEET

Liite 1: Käytettävyytestausraportti 1

Liite 2: Käytettävyytestausraportti 2

Liite 1: Käytettävyytestausraportti 1

KÄYTETTÄVYYSTESTAUSRAPORTTI

OHJAUSPYÖRÄN KÄYTTÖLIITTYMÄN ERGONOMIASUUNNITTELUN TUEKSI

JUHO SAAVALAINEN
TEOLLINEN MUOTOILU
TAITEIDEN TIEDEKUNTA
LAPIN YLIOPISTO
2020

SISÄLTÖ

1. JOHDANTO.....	3
2. KÄYTTÄJÄT	4
3. TESTAUS.....	5
3. TULOKSET	7
5. YHTEENVETO	10
LIITTEET	11

1. JOHDANTO

Tämä käytettävyystestausraportti on osa Juho Saavalaisen Pro gradu -tutkielmatyötä. Testauksen tavoitteena oli saada selville optimaaliset etäisyydet ohjauspyörän käyttöliittymälle, jotta tulevasta suunnittelutyön kohteesta voitiin toteuttaa ergonominen ja käyttäjäystävällinen.

Testaus suoritettiin testausta varten rakennetuilla, ohjauspyörää muistuttavilla testausasemilla. Testausasemia oli kolme kappaletta ja ne kaikki poikkesivat toisistaan fyysisiltä mitoiltaan. Testauksella selvitettiin käyttäjien sormien ulottuvuuksia eli kykyä suorittaa annettu tehtävä tietyn matkan päästä. Testauksessa suoritettiin kaksi erillistä tehtävää.

Testauksen tuloksien avulla voidaan alustavasti määrittää se etäisyys, jossa suurin osa käyttäjistä ulottaa parhaiten käyttämäänsä käyttöliittymää. Testattavat arvioivat kunkin testausaseman käytettävyyttä ja täyttivät testin jälkeen arviointikaavakkeen. Saatujen tulosten avulla jatkettiin käyttöliittymän kehitystyötä.

2. KÄYTTÄJÄT

Käytettävyytestaukseen osallistui 17 testihenkilöä. Testaukseen osallistuneet edustivat eri ikäryhmiä sekä sukupuolia. Testihenkilöt suorittivat käytettävyytestauksen yksilötestauksena. Testauksessa ei asetettu tarkempia käyttäjävaatimuksia. Tarkoituksena oli saada mahdollisimman suuri otanta erilaisia sormien ulottuvuuksia, jotta saatiin riittävä määrä tietoa jatkokehitystä varten.

3. TESTAUS

Testauksen tavoitteet

Testauksen tavoitteena oli löytää optimaaliset käyttöetäisyydet käyttäjän ja laitteen välillä. Testaus antoi tarvittavan tiedon ohjauspyörän käyttöliittymien jatkokehittämiselle.

Testausvälineet ja -ympäristö

Testaus suoritettiin kahden tehtävän avulla, joissa molemmissa oli kolme toisistaan poikkeavaa testausalustaa. Testausalustat muistuttivat osittain ajoneuvon ohjauspyörää ulkokehineen. Testausalustassa oli tämän lisäksi paneeli, jossa oli painikkeita simuloivat kohdat. Testausalustat poikkesivat toisistaan paneelin leveyden suhteen sekä paneelin ja ohjauspyörän ulkokehän etäisyyden suhteen. Testausasemat sijoitettiin pöydälle riviin ja nimettiin kirjaimin A, B ja C. Testausasemien eroavaisuudet ja fyysiset mitat on esitelty liitteessä (Liite 1.)

Testaukset suoritettiin Lapin yliopiston taiteiden tiedekunnan pajatiloissa. Testausolosuhteet ja -ympäristö säilyivät muuttumattomina testausten aikana.

Alkuohjeistus ja testitehtävät

Testauksen aluksi käyttäjälle selitettiin sanallisesti testauksen tarkoitus sekä testauksen kulku. Testauksessa käyttäjän tuli suorittaa kaksi tehtävää ja täyttää lopuksi kyselylomake. Kaikki testattavat suorittivat tehtävät ilman ongelmia ja palauttivat täytetyt kyselylomakkeet.

Ensimmäinen tehtävässä käyttäjän tuli koskettaa sormin testiaseman paneelin symboleilla merkittyjä kohtia. Symbolit olivat: Nuoli ylös, nuoli alas, sekä N-kirjain. Käyttäjän tuli koskettaa symboleja paneelin etupuolelta peukalollaan ja vastaavasti

käyttää muita sormiaan koskettaessaan symboleja paneelin takapuolelta. Samalla käyttäjän tuli pitää kämmenensä ohjauspyörän kehällä. Tämän jälkeen hän arvioi, mikä testiasemista A, B tai C oli helpoin koskettaa peukalolla ja mikä puolestaan käyttäen muita sormia. Käyttäjät kirjasivat arvionsa kyselylomakkeeseen. Samalla käyttäjät arvioivat arvosanoin 1 - 5 jokaisen paneelin käytettävyyttä ja kirjasivat arvionsa kyselylomakkeeseen.

Toinen tehtävä oli identtinen ensimmäisen tehtävän kanssa muilta osin, mutta tehtävässä tuli koskettaa nuoli oikealle - ja nuoli vasemmalle - symboleja. Annetut tehtävät on esitetty kyselylomakkeessa (Liite 2.).

Tulosten keräys ja analysointi

Testauksen jälkeen testihenkilöä pyydettiin täyttämään kyselylomake (Liite 2.), lisäksi testattava henkilö saattoi antaa testauksen vetäjälle myös suullisen palautteen. Tulokset kerättiin yhteen ja analysoitiin.

3. TULOKSET

Käytettävyydestä saadut kyselylomakkeet koottiin yhteen ja analysoitiin. Kerätty aineisto on esitelty alla.

Taulukosta (Taulukko 1.) nähdään käyttäjien antamien arvosanojen jakautuminen eri testiasemien välillä. Ensimmäisessä tehtävässä käyttäjät arvioivat mikä testausasema oli heidän mielestään helpoin käyttää peukalolla ja mikä puolestaan käyttäen muita sormia.

Tehtävän symbolit muistuttivat vaihteen vaihtajan symboleita, nuoli ylös, nuoli alas ja N-kirjain. Käyttäjät arvioivat A-paneelin symboleiden olevan helpoimpia painaa, käytettäessä paneeleja peukalolla. Muita sormia käyttäen symboleiden painaminen oli helpointa käytettäessä B- ja C-paneeleja. Tarkastellessa annettuja arvosanoja, paneelit A ja B olivat käyttäjille miellyttävimmät käyttää peukalolla, keskiarvon ollessa molemmissa 3,2. Muita sormia käytettäessä paneeli B erottui selkeästi joukosta 3,8 keskiarvolla.

Toisessa tehtävässä käyttäjien tuli painaa nuoli vasemmalle - ja nuoli oikealle - symboleja.

Käyttäjät arvioivat C-paneelin symboleiden olevan helpoimpia painaa, käytettäessä paneeleja peukalolla. Muita sormia käyttäen symboleiden painaminen oli helpointa käytettäessä B-paneelia. Arvosanojen osalta C-paneeli sai keskiarvoksi 3,5, käytettäessä peukalolla. Muita sormia käytettäessä paneeli B sai keskiarvoksi 3,8. Toisessa tehtävässä on tärkeää huomioida C-paneelin poikkeava sijainniltaan ja leveydeltään tehtävän 1 C-testausaseman paneelista.

KÄYTETTÄVYYSTESTAUS KÄYTTÖETÄISYYDEN MÄÄRITTÄMISEKSI

Tehtävä 1: Vaihteen vaihtaja

Arviointi	A	B	C
Peukalo	10	7	0
Muut sormet	3	7	7

Paneeli A	Arvosanat					Keskiarvo
	1	2	3	4	5	
Peukalo		3	9	4	1	3,2
Muut sormet		3	9	3	2	3,2

Paneeli B						
Peukalo	1	4	4	6	2	3,2
Muut sormet	1	1	4	6	5	3,8

Paneeli C						
Peukalo	6	8	2		1	1,9
Muut sormet		2	9	3	3	3,4

Tehtävä 2: Suuntavilkut

Arviointi	A	B	C
Peukalo	3	4	10
Muut sormet	5	12	0

Paneeli A	Arvosanat					Keskiarvo
	1	2	3	4	5	
Peukalo	1	4	6	5	1	3,1
Muut sormet	1	3	6	3	4	3,4

Paneeli B						
Peukalo		4	5	5	3	3,4
Muut sormet		1	6	6	4	3,8

Paneeli C						
Peukalo	4	1	1	4	7	3,5
Muut sormet	7	5	4	1		1,9

Taulukko 1.

Kyselylomakkeessa kerättiin myös sanallista palautetta. Kysymykset liittyivät ohjauspyörän halkaisijaan sekä paneeleissa esiintyvien symboleiden keskinäisiin etäisyyksiin. Työn kannalta huomionarvoisimmat palautteet esitetään alla.

Kysymykseen "Mitä mieltä olet ohjauspyörän halkaisijasta, onko se sopiva, liian kapea tai liian leveä?", käyttäjät vastasivat muun muassa seuraavaa:

- "Sopiva"
- "Hieman liian kapea, muutamasta sentistä kiinni"
- "Halkaisija on juuri sopiva"
- "Sopiva, ei ainakaan liian leveä."
- "On ok, ei saa olla yhtään kapeampi"
- "Kestäisi olla pienempikin?"
- "Ohjauspyörä tuntui suurelta"
- "Ihan hyvä, ei tullut itse kiinnitettyä huomiota siihen alussa."

Kysymykseen "Symbolit ovat erotettu toisistaan tietyn välisillä etäisyyksillä. Ovatko etäisyydet mielestäsi sopivat, liian lähellä tai liian kaukana toisistaan?", käyttäjät vastasivat muun muassa seuraavaa:

- "Ehkä vähän liian kaukana"
- "Sopiva"
- "Sopivat etäisyydet, nuoli voisi olla hieman etäämpänä (ylempänä).
- "Etäisyydet on ok, vaakanolet voisi olla suuremmat"
- "Lähemmäs ei saisi siirtää. Nyt on ok, tai vähän lisää väliä."
- "Hyvä etäisyys. Paranee kun näppäimet ovat koholla. Ja koko ok"
- "Etu/muilla sormilla sopivat, peukaloilla lähekkäin?"
- "Omaan käteen sopi hyvin."

Osa vastauksista oli samoja, tai tarkoitti samaa. "Sopiva" toistui molempien kysymysten vastauksissa useasti. Vastauksissa on myös paljon hajontaa, mikä kertoo käyttäjien fyysisten mittojen eroavaisuuksista.

5. YHTEENVETO

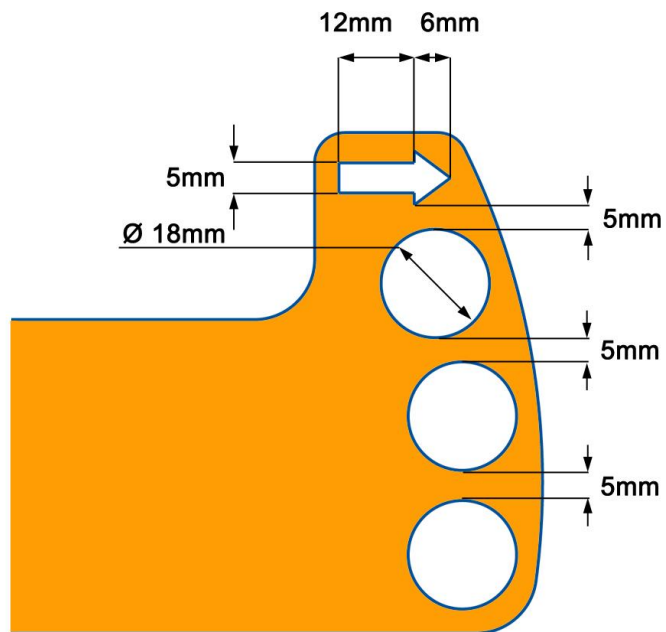
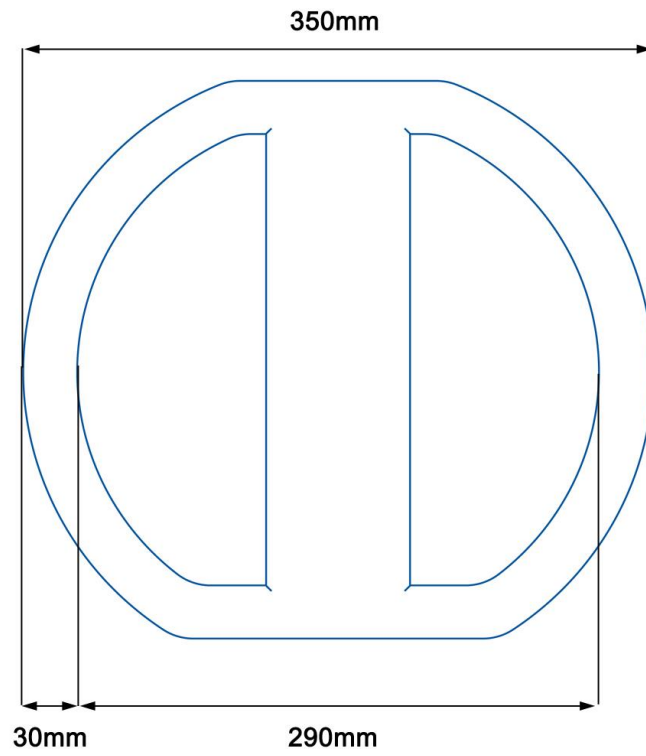
Yhteenvetona voidaan todeta testauksen onnistuneen ja täyttäneen sille asetetut tavoitteet. Osallistujien määrä vaikutti tilastollisesti riittävältä ja testin tulokset ovat siirrettävissä tulevan käyttöliittymän suunnittelun avuksi. Saatujen tulosten avulla voidaan määrittää suunnittelutyön reunaehdot käyttäjän ja laitteen välisten etäisyyksien osalta.

LIITTEET

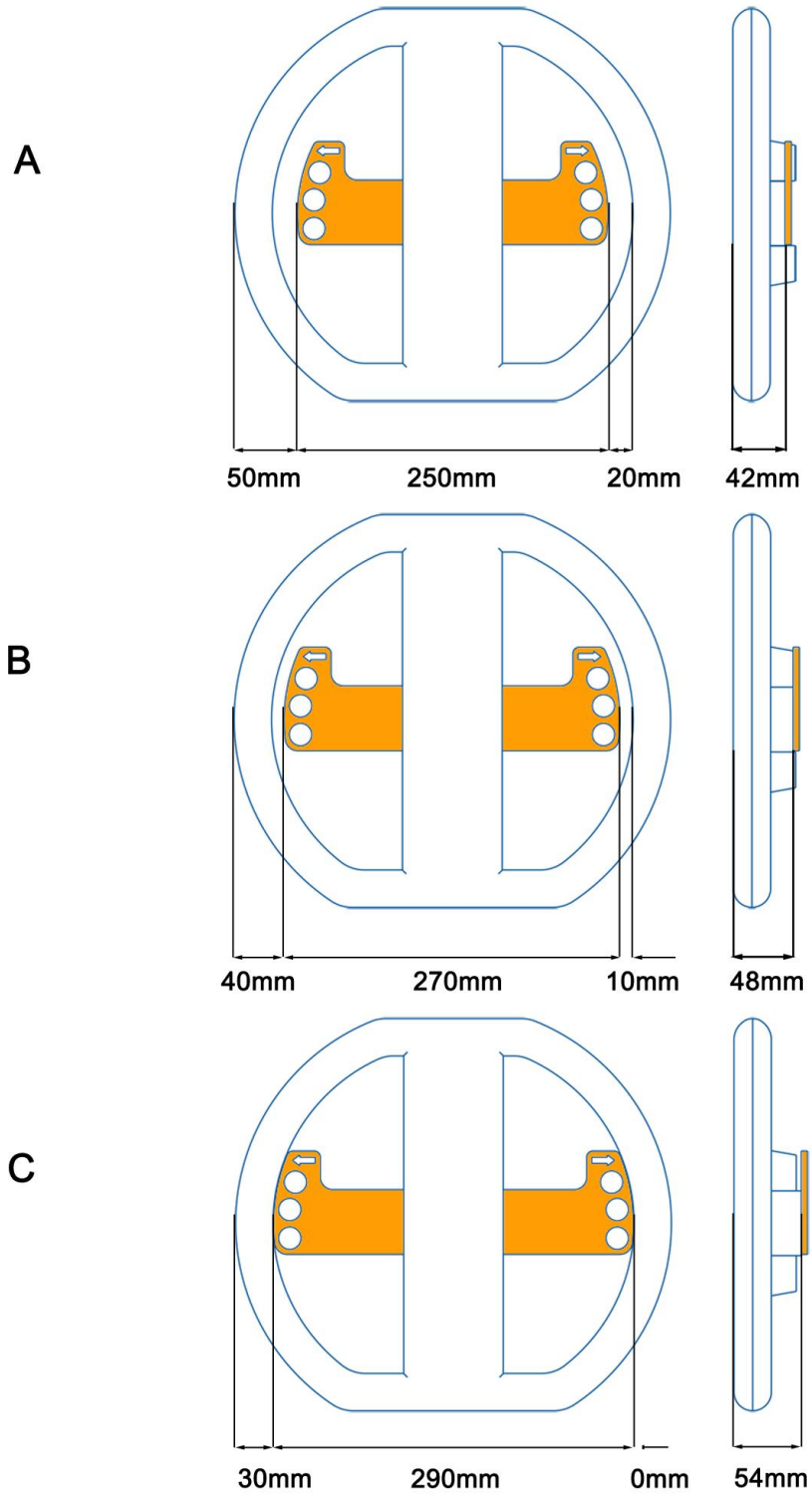
Liite 1: Testausasemien fyysiset mitat ja etäisyydet

Liite 2: Kyselylomake

LIITE 1: TESTAUSASEMIEN FYYSISET MITAT JA ETÄISYYDET



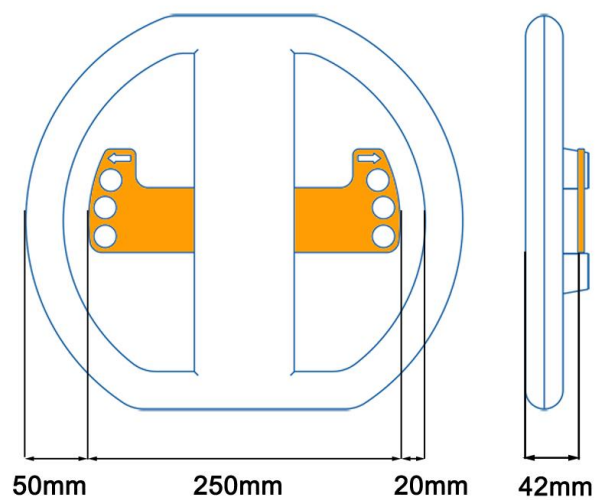
LIITE 1: TESTAUSASEMIEN FYYSISET MITAT JA ETÄISYYDET
TEHTÄVÄ 1.



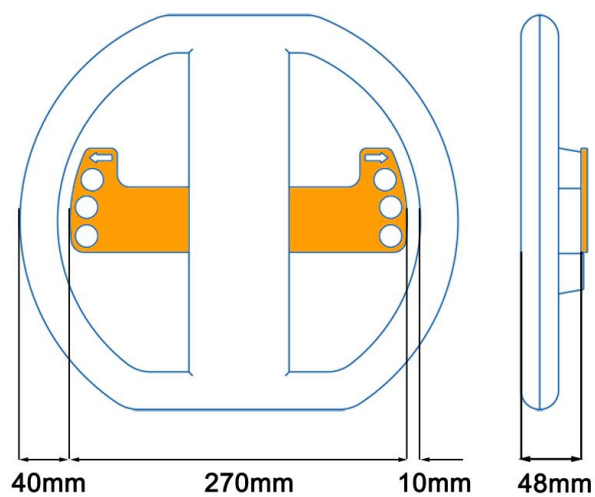
LIITE 1: TESTAUSASEMIEN FYYSISET MITAT JA ETÄISYYDET

TEHTÄVÄ 2

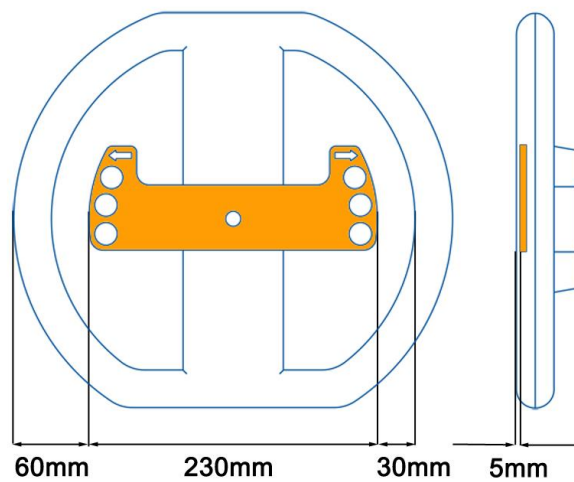
A



B



C



Liite 2.



LAPIN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF LAPLAND

TAITEIDEN TIEDEKUNTA
TEOLLINEN MUOTOILU
PRO GRADU - TUTKIELMA
JUHO SAAVALAINEN

KÄYTETTÄVYYSTESTAUS

Kyselylomake

Käyttäjän tiedot

Syntymävuosi _____

Sukupuoli Mies Nainen Muu

Tehtävä 1.

Aseta kädet ohjauspyörän kehälle siten, että oikea käsi on kello kolmessa ja vasen kello yhdeksässä. Ohjauspyörään kiinnitettyssä paneelissa ovat symbolit N sekä nuolet ylös- ja alaspäin. Tehtävänä on koskettaa paneelissa olevia symboleita sormilla. Kämmenen tulee olla kosketuksessa ohjauspyörän kehään.

Aloita testi käyttämällä peukaloa ja kosketa symboleja paneelin etupuolelta. Toista testi käyttämällä muita sormia kuin peukaloa. Tällä kertaa kosketa symboleja paneelin takapuolelta.

Arvioi mikä kolmesta ohjauspyörästä -A, -B tai -C oli helpoin käyttää. Ympyröi mieleisesi vaihtoehto.

Peukalolla A B C

Muilla sormilla A B C

Arvioi arvosanalla 1 - 5 jokaisen paneelin käytettävyyttä. Ympyröi mieleisesi vaihtoehto

	Peukalolla					Muilla sormilla				
A	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
B	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
C	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Liite 2.

Tehtävä 2.

Aseta kädet ohjauspyörän kehälle siten, että oikea käsi on kello kolmessa ja vasen kello yhdeksässä. Ohjauspyörään kiinnitetyssä paneelissa ovat nuolisymbolit, jotka osoittavat vasemmalle ja oikealle. Tehtävänä on koskettaa paneelissa olevia symboleita sormilla. Kämmenen tulee olla kosketuksessa ohjauspyörän kehään.

Aloita testi käyttämällä peukaloa ja kosketa symboleja paneelin etupuolelta. Toista testi käyttämällä muita sormia kuin peukaloa. Tällä kertaa kosketa symboleja paneelin takapuolelta.

Arvioi mikä kolmesta ohjauspyörästä -A, -B tai -C oli helpoin käyttää. Ympyröi mieleisesi vaihtoehto.

Peukalolla	A	B	C
------------	---	---	---

Muilla sormilla	A	B	C
-----------------	---	---	---

Arvioi arvosanalla 1 - 5 jokaisen paneelin käytettävyyttä. Ympyröi mieleisesi vaihtoehto

	Peukalolla					Muilla sormilla				
A	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
B	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
C	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Lisäkysymykset

Mitä mieltä olet ohjauspyörän halkaisijasta, onko se sopiva, liian kapea tai liian leveä?

Symbolit ovat erotettu toisistaan tietyn välisillä etäisyyksillä. Ovatko etäisyydet mielestäsi sopivat, liian lähellä tai liian kaukana toisistaan?

Liite 2: Käytettävyytestausraportti 2

KÄYTETTÄVYYSTESTAUSRAPORTTI

OHJAUSPYÖRÄN HALLINTALAITTEIDEN KÄYTTÖLIITTYMÄN TESTAUS

JUHO SAAVALAINEN
TEOLLINEN MUOTOILU
TAITEIDEN TIEDEKUNTA
LAPIN YLIOPISTO
2020

SISÄLTÖ

1. JOHDANTO.....	3
2. KÄYTTÄJÄT	4
3. TESTAUS.....	5
4. TULOKSET	7
5. YHTEENVETO	18
LIITTEET.....	19

1. JOHDANTO

Tämä käytettävyydestäraportti on osa Juho Saavalaisen Pro gradu -tutkielmatyötä. Raportin tarkoituksena on koota yhteen tehdyn käytettävyydestätestauksen aikana kerätyt huomiot sekä käytettävyydestätestauksessa käyttäjiltä kerätyt palautteet. Testien tavoitteena oli selvittää tähänastisen muotoilun työn toiminnallisen osion tavoitteiden onnistumista, sekä antaa lisätietoa työn jatkokehittämiseen.

Käytettävyydestätestauksen kohteena olivat ajoneuvon ohjauspyörän hallintolaitteiden käyttöliittymät. Tarkemmin rajattuna ohjauspyörään sijoitettujen suunnannäyttäjien ja vaihteiden vaihtajan käyttöliittymät. Testauskohteet poikkesivat perinteisistä ajoneuvojen hallintalaitteiden käyttöliittymistä niiden käyttämän teknologian sekä sijoittelun perusteella.

Testaus suoritettiin testausta varten rakennetulla ohjauspyörällä, johon oli liitetty suunnannäyttäjien sekä vaihteiden vaihtajien käyttöliittymät. Ohjauspyörä oli yhteydessä tietokoneeseen ja se toimi peliohjaimena. Testaukset suoritettiin peliympäristössä, jossa käyttäjille luotiin ajotehtävä, joka heidän tuli suorittaa käyttämällä testattavia käyttöliittymiä.

Testauksen tuloksien avulla mitataan käyttöliittymien käytettävyyden onnistumista. Testaustietoja hyödynnetään myös käyttöliittymien jatkokehittämisessä, lisäksi tuotetaan tutkimustietoa tilaajan käyttämän teknologian tarpeisiin.

2. KÄYTTÄJÄT

Käytettävyydestestauksen läpiviemiseksi valittiin käyttäjäryhmä joka profiililtaan vastasi riittävän hyvin testattavan laitteen mahdollisia käyttäjiä. Käyttäjille oli asetettu tietyt vaatimukset, jotka heidän tuli täyttää osallistuakseen testaukseen.

Käyttäjärühmä

Käytettävyydestestaus suoritettiin 10 testihenkilölle. Testaus suoritettiin siten, että testihenkilöt edustivat eri ikäryhmiä sekä sukupuolia. Testiin osallistui 4 miestä ja 6 naista eri ikäryhmistä. Testihenkilöt suorittivat käytettävyydestestauksen yksilötestauksena.

Käyttäjävaatimukset

Testausta varten käyttäjän tuli täyttää samat kriteerit, jotka vaaditaan Suomessa tieliikenteen ajoneuvon kuljettajan ajoterveydeltä. Testaus ei kuitenkaan edellyttänyt käyttäjältä ajokorttia tai olemassa olevaa ajokokemusta. Käyttäjän ei myöskään tarvinnut omata aiempaa kokemusta tietokonepelisimulaatioista. Käyttäjiltä tiedusteltiin sukupuolta, ikää sekä aiempaa ajokokemusta vuosina.

3. TESTAUS

Testauksen tavoitteet

Testauksen tavoitteena oli tutkia käytettävyyden onnistumista tutkimuksen kohteena olevan ohjauspyörän käyttöliittymän suunnittelussa ja löytää suunnittelun hyvät ja huonot puolet sekä paikantaa parannettavia kohteita. Testauksen tarkoituksena oli tutkia painettavan elektroniikan hyödyntämistä ja sen hyväksyttävyyttä käyttöympäristössä, joka perustuu vahvasti perinteisiin teknologioihin ja toimintamalleihin.

Testausvälineet ja -ympäristö

Testaus suoritettiin tietokoneella tapahtuvan ajosimulaattorin ja siihen kytketyn peliohjaimen avulla. Peliohjain koostui kaupallisesta Thrustmaster Ferrari Red Edition -peliohjaimesta sekä siihen mekaanisesti liitetystä, testauksen kohteena olevasta ohjauspyörästä. Ajosimulaattorina käytettiin Multisoft-yhtiön kehittämää City Car Driving -peiliä. Testaukset suoritettiin vakioidussa testausympäristössä, 23.2.2020 - 3.3.2020 välisenä aikana.

Alkuohjeistus ja testitehtävät

Testauksen aluksi käyttäjälle selitettiin sanallisesti ohjauspyörän hallintalaitteiden käyttöperiaatteet sekä kerrottiin testauksen kulku. Testauksessa käyttäjän tuli suorittaa kaksi ajosimulaatiota sekä suorittaa testaajan antamat tehtävät.

Ensimmäinen tehtävä koostui lyhyestä ajotapahtumasta, jonka aikana käyttäjä perehtyi vaihteiden ja suuntavilkkujen käyttöön ohjauspyörän käyttöliittymällä. Suoritettuaan ensimmäisen tehtävän käyttäjä siirtyi suorittamaan toista tehtävää.

Mikäli ohjauspyörän käyttöliittymän suhteen nousi esiin kysymyksiä, vastasi testaushenkilö niihin ennen toisen tehtävän suorittamista.

Toinen tehtävä koostui ajotehtävästä, jossa käyttäjän tuli ajaa ajoneuvolla kaupunkiympäristössä testaushenkilön antamien ohjeiden mukaisesti. Tehtävä kesti noin 6 - 15 minuuttia ja tänä aikana käyttäjän tuli käyttää ohjauspyörän vaihteita ja suuntavilkkuja toistuvasti useita kertoja.

Tulosten keräys ja analysointi

Testauksen jälkeen testihenkilöä pyydettiin täyttämään kyselylomake (liite 1.), lisäksi testattava henkilö saattoi antaa testauksen vetäjälle myös suullisen palautteen. Tulokset kerättiin yhteen ja analysoitiin.

4. TULOKSET

Käytettävyytestaukseen osallistui 10 henkilöä, jotka kaikki suorittivat annetut tehtävät, sekä täyttivät pyydetyn palautelomakkeen. Testaukset sujuivat ilman ongelmia, eikä testausta häiritseviä seikkoja ilmaantunut.

YLEISIÄ HUOMIOITA

Alla on listattu yleisiä huomioita, jotka tulivat testauksen aikana esiin, mutta joiden vaikutukset jäivät itse käyttöliittymän käytettävyydestä osalta pieniksi. Alla olevien seikkojen vaikutusta käytettävyydestä on kuitenkin vaikea arvioida, sillä sitä ei kysytty testihenkilöiltä.

Ohjauspyörän käyttöliittymän testaaminen virtuaaliympäristössä ei kuitenkaan vastannut täysin autenttista ajokokemusta. Tähän vaikuttivat muun muassa ajosimulaation pelimäisyys sekä rajallinen näkökenttä simulaation tapahtumiin, esimerkiksi ajopelin grafiikka päivittyi asteittain, mikä ei mahdollistanut reaaliaikaista havainnointia, kuten oikeassa ajotilanteessa. Ajopelin näkökenttä rajautui vain edessä olevaan näkymään ja mikäli käyttäjä halusi katsoa simulaatiossa oikealle tai vasemmalle, täytyi hänen käyttää apunaan hiiriohjainta, johon kyseiset toiminnot oli sijoitettu. Edellä mainitut asiat eivät kuitenkaan häirinneet käyttäjiä. Enemmän tilanteita aiheutti peliohjaimen jarrujen epärealistinen herkkyys, mikä vaikutti osassa testattavia heidän ajotapaansa sekä aiheutti äkkinäisiä pysähdyksiä. Tämä lievä häiriötekijä ei kuitenkaan aiheuttanut ongelmia, vaan käyttäjät kokivat tilanteen enemmän huvittavana.

Myös ohjauspyörän heiluminen herätti kysymyksiä. Ohjauspyörä oli kiinnitetty peliohjaimeen kiinni soviteosalla, joka toi ohjauspyörän kauemmaksi peliohjaimen ohjauskehältä. Tämä loi vipuvarren peliohjaimen ja ohjauspyörän välille ja näin ollen sivuttaiset ja ylös- ja alaspäin suuntautuneet liikkeet saivat peliohjaimen

liikkumaan kiinnityskohdastaan. Peliohjain oli kiinnitetty tasoon sen omalla puristimella. Ohjauspyörän heiluminen oli kuitenkin enemmän kosmeettinen seikka, eikä vaikuttanut käyttöliittymäntestaukseen. Heiluminen kuitenkin vaikutti siten, että osa käyttäjistä pelkäsi ajaessaan rikkovansa ohjauspyörän tai eivät uskaltaneet varata painoa ohjauspyörälle. Heilunnasta huolimatta peliohjain kesti testaukset hyvin. Heilunnan olisi voinut välttää soviteosaan kiinnitetyllä tuennalla.

Käytettävyydestestauksessa testihenkilö sai itse säätää ajoasentonsa itselleen parhaiten sopivaksi. Ajoasento ei kuitenkaan vastannut todellisen henkilöajoneuvon ajoasentoa. Muun muassa hallintapolkimien kulma jalkoihin nähden oli todellisesta poikkeava. Istuimen korkeutta ei pystytty säätämään yhtä hyvin kuin henkilöajoneuvoissa. Tätä ei kuitenkaan koettu ongelmaksi, vaikka se välillä aiheutti epämukavuutta ajoasentoon. Käyttäjät keskittyivät ennen kaikkea näytöllä näkyviin pelitapahtumiin sekä ohjauspyörän käyttöliittymään.

KÄYTETTÄVYYSTESTAAJAN HUOMIOITA

Käytettävyydestestaukset vietiin läpi odotetulla tavalla. Käyttäjille ohjeistettiin hallintalaitteiden toiminta, peliohjaimen polkimet sekä näytön näkymä. Käyttäjä sai säätää itselleen haluamansa ajoasennon ennen testin alkua.

Ensimmäisessä tehtävässä suoritettiin lyhyt ajotapahtuma, jonka aikana testihenkilö tutustui niin hallintalaitteisiin, kuin itse ajosimulaatioon. Kaikki testihenkilöt suoriutuivat tehtävästä hyvin, joskin useimmilla meni aikaa totutella uuteen vaihteiden ja suuntavilkkujen käyttöliittymään.

Toisessa tehtävässä ajettiin ajoneuvolla kaupunkiympäristössä reittiä, jonka testaaja antoi suullisesti testattavalle. Kaikki testattavat ajoivat saman reitin, osa nopeammin, osa hitaammin. Testattavien joukossa oli henkilöitä, jotka olivat joko pelanneet vähän tai ei lainkaan ajopelejä. Tämä näkyi selvästi varovaisuutena pelin tehtäviä ajettaessa.

Vaihteiden vaihtaminen vaati käyttäjiltä totuttelua niin sijainnin kuin toimintalogiikan oppimisen osalta. Osa käyttäjistä omaksui nämä asiat nopeasti, eivätkä tehneet virheellisiä valintoja. Toisilla puolestaan kesti pidempään hahmottaa toimintaperiaate. Virhetilanteet näkyivät pääasiassa siten, että vaihdetta vaihdettaessa painettiin joko väärää painiketta, jolloin vaihde siirtyi halutusta päinvastaiseen (esimerkiksi vaihdettaessa 2-vaihteelta 3-vaihteelle, vaihde siirtyi 1-vaihteelle), tai vaihdetta vaihdettaessa painettiin kaksi tai useampi kertaa peräkkäin painiketta ja vaihde siirtyi haluttua useamman kerran ylös- tai alaspäin (esimerkiksi siirrettäessä vaihdetta 1-vaihteelta 2-vaihteelle, käyttäjä painoi 3 kertaa nopeasti peräkkäin ja vaihde siirtyi 4-vaihteelle). Virhepainallusten koettiin johtuvan uuden käyttöliittymän opetteluun haasteista. Moni käyttäjä totesi, että testin loppua kohden vaihteiden käyttö alkoi sujua luontevasti. Tämä oli myös testaajan huomio.

Suurin osa käytti vaihdepainikkeita etu- tai keskisormella painaen valitsimia paneelin takapuolelta. Yksi testattava käytti koko ajon ajan paneelin etupuolella sijaitsevia valitsimia ja osa kokeili painikkeita paneelin molemmin puolin. Kahdelle henkilölle paneelin takapuolella sijaitsevat painikkeet olivat sormien pituuteen ja ulottuvuuteen nähden liian kaukana. Yksi käyttäjistä mainitsi, että painikkeet olivat liian syvällä paneelissa hänen sormilleen ja että sormia täytyi koukistaa epämukavaan asentoon, jotta voisi painaa painikkeita.

Suuntavilkun käyttö vaikutti olevan testauksen haastavin osa. Hallintalaitteen sijoittelu täysin aiemmasta poikkeavaksi vaati käyttäjiltä uuden oppimista ja keskittymistä, mikä näkyi aluksi empimisenä ja virhepainalluksina. Käyttäjät kuitenkin omaksuivat uuden käyttöliittymän logiikan nopeasti.

Ongelmaksi muodostui suuntavilkun sijoittelu ohjauspyörällä: yli puolella käyttäjistä oli vaikeaa yltää koskettamaan suuntavilkun painiketta ilman, että käden irrotti ohjauspyörästä. Osa käyttäjistä painoi suuntavilkun kytkintä peukaloilla, osa puolestaan irroitti käden ohjauspyörästä ja painoivat kytkintä etu- ja keskisormilla. Suuntavilkun asemointi havaittiin nopeasti huonoksi. Tästä huolimatta käyttäjät pystyivät käyttämään suuntavilkun painikkeita ajotehtävän aikana. Muutaman kerran suuntavilkun käyttäminen jäi väliin tai ns. viime tippaan. Näissä tilanteissa

suurin syy oli kuitenkin liian suuri tilannenopeus, eikä testattavalla ollut riittävästi aikaa reagoida.

KÄYTTÄJÄPALAUTE

Käyttäjiltä kerättiin testin lopuksi 11 kysymyksen palautelomake. Kysymyksistä 7 oli monivalintakysymyksiä, joissa pyydettiin antamaan arvosana asteikolla 1 - 5 kullekin väittämälle. Jokaisessa kysymyksessä pyydettiin erikseen arvioimaan käyttöliittymää vaihteiden ja suuntavilkkujen osalta. Kysymyksistä neljään pyydettiin sanallista vastausta. Kyselylomakkeen (liite 1.) vastaukset on koottu alle seuraavasti: ensin esitellään monivalintakysymykset ja käyttäjien niihin antamat vastaukset. Vastaukset on koottu taulukkoon (Taulukko 1.), josta käy ilmi arvosanojen jakautuminen sekä arvosanojen keskiarvo. Tämän jälkeen esitellään sanalliset kysymykset ja yhteenveto vastauksista lainauksineen.

Monivalintakysymykset

1. kysymys

Hallintalaitteiden käyttäminen oli selkeää

2. kysymys

Hallintalaitteiden sijoittelu ohjauspyörässä oli looginen

3. kysymys

Hallintalaitteiden sijainti ja etäisyydet olivat kuljettajan kannalta oikeat

4. kysymys

Hallintalaitteiden käyttö oli intuitiivista

5. kysymys

Hallintalaitteiden käytön oppiminen oli nopeaa

6. kysymys

Hallintalaitteiden antama palaute oli riittävä (Visuaalinen ja haptinen erottuvuus, näytöllä tapahtuvat indikaattorit)

7. kysymys

Hallintalaitteet soveltuisivat käyttöperiaatteeltaan maantiekäyttöiseen kulkuneuvoon

Palautelomakkeessa annettujen monivalintakysymysten arvosanojen jakauma kysymyksittäin

		Arvosana					
		1	2	3	4	5	Keskiarvo
1. kysymys	V			3	4	3	4,0
	S		1	2		7	4,3
2. kysymys	V				3	7	4,7
	S		2	3	2	3	3,6
3. kysymys	V		1	2	2	5	4,1
	S	4	1	3	1	1	2,4
4. kysymys	V			3	5	2	3,9
	S		2	2	3	3	3,7
5. kysymys	V			3	5	2	3,9
	S			2	4	4	4,2
6. kysymys	V		1	2	3	4	4,0
	S	1	1	1	1	6	4,0
7. kysymys	V			1	4	5	4,4
	S		2	3	2	3	3,6

V = Vaihteet

S = Suuntavilkut

Taulukko 1. Palautelomakkeessa annettujen monivalintakysymysten arvosanojen jakauma kysymyksittäin.

Taulukosta (Taulukko 1.) voidaan havaita seuraavaa: Hallintalaitteiden käyttämisen selkeys vaihteiden sekä suuntavilkkujen osalta koettiin hyväksi. Myös hallintalaitteiden sijoittelu oli loogista etenkin vaihteiden osalta, mitä pidettiin kiitettävänä. Suuntavilkkujen osalta sijoittelun loogisuus vaihteli vastaajien osalta tyydyttävästä kiitettävään. Keskiarvon puolesta sijoittelua voidaan pitää hyvänä.

Kysymykseen hallintalaitteiden oikeasta sijainnista ja etäisyydestä kuljettajan kannalta vastaukset erosivat huomattavasti toisistaan. Vaihteiden osalta sijainti ja etäisyydet koettiin hyvänä, suuntavilkkujen osalta puolestaan tyydyttävänä. Liki puolet testihenkilöistä piti etäisyyttä liian suurena ja antoi arvosanan heikko, muutoin vastaukset jakoutuivat tyydyttävästä kiitettävään.

Hallintalaitteiden käyttö koettiin intuitiiviseksi. Käyttäjät antoivat arvosanan hyvä sekä vaihteille että suuntavilkkuille. Samoin hallintalaitteiden käytön oppiminen koettiin olevan nopeaa. Molemmat hallintalaitteet saivat arvosanan hyvä.

Kysymykseen hallintalaitteiden antaman visuaalisen tai haptisen palautteen riittävydestä testihenkilöt vastasivat vaihteiden palautteen olevan hyvä. Vastaukset jakoutuivat tyydyttävästä kiitettävään, pääpainon ollessa kuitenkin hyvän ja kiitettävän puolella. Suuntavilkkujen osalta tuloksissa oli nähtävissä suurta painottumista. Kuusi testihenkilöä piti palautetta kiitettävänä, loppujen testihenkilöiden vastaukset puolestaan jakoutuivat arvosanoille 1, 2, 3 ja 4. Keskiarvoksi tuli näin ollen hyvä, mutta selkeästi käyttöliittymän antama palaute ei ollut osalle käyttäjistä riittävä.

Viimeiseen monivalintakysymykseen hallintalaitteiden soveltuvuudesta maantiekäyttöiseen kulkuneuvoon käyttäjät vastasivat seuraavaa: Vaihteiden osalta soveltuvuus koettiin erittäin hyväksi ja suuntavilkkujen osalta hyväksi. Suuntavilkkujen osalta vastauksissa oli paljon vaihtelua tyydyttävästä kiitettävään.

SANALLISET VASTAUKSET

Käyttäjiltä kysyttiin palautelomakkeessa neljä sanallista vastausta vaativaa kysymystä. Osa testaajien vastauksista kysymyksiin eivät liittyneet käytettävyydestestauksen kohteina olleisiin käyttöliittymiin. Nämä vastaukset on rajattu pois raportista, sillä niiden esittäminen ei ole tarkoituksenmukaista. Vastaukset on esitelty alla.

Kysymys: Mitä muita palautteita toivoisit hallintalaitteiden käyttämisen tuottavan (esim. äänet, valot, värinä, tekstuurit)?

Vastauksissa toivottiin muun muassa värinää tai muuta tuntoaistiin pohjautuvan ärsykkeen antamaa palautetta. Osa käyttäjistä toivoi lisäksi valojen ja näyttöjen avulla tuotettua visuaalista palautetta. Muutama käyttäjistä ehdotti ääneen perustuvaa palautetta ja osa vastasi suuntavilkun osalta nykyisen ajoneuvoissa käytössä olevan äänipalautteen riittävän palautteeksi.

- "Vaihteissa voisi olla värinä yms. taktiili indikaattori. Vilkuissa "pelkkä" ääni riittää ainakin minulle."
- "Värinä tai muu vastaa "välitön" palaute."
- "Vaihdetta vaihtaessa saisi haptinen palaute/värähdys/tärähdys olla selvästi tunnettavissa, ikään kuin vaihteen "potkaisu" päälle."
- "Vaihteita vaihtaessa vaihdenapeissa voisi olla joku pieni palaute. Silloin ehkä helpommin muistaisi mikä vaihde on milloinkin päällä."
- "Valo auttaisi hahmottamaan kummalla puolella vilkku on. Värinä antaisi myös hyvän palautteen siitä, että esim. vaihde tosiaan vaihtuu."

- "Äänet ainakin vilkuissa, kuten normaalistikin. Tekstuuria voisi lisätä tuomaan lisäinfoa. Valoilla voisi tuoda esim. tuulilasiin tai kojelaudan näyttöön infoa (esim. mikä vaihde on päällä)."
- "Vilkkujen ääni informoiva. Vaihteiden vaihto tosi nopea, joten jokin ääni tai värinä olisi suotava. Etenkin kun on tottunut vaihdesauvaan."
- "Mekaanista siirtoa imitoiva ääni. Selkeä symbolin/valon vaihtuminen toiminnan seurauksena."
- "Valonäyttö vaihteelle suuremmaksi"

Kysymys: Syntyikö testauksen aikana virhetilanteita? Mikä tilanteet aiheutti?

Vastauksissa nousi esiin vaihdepainikkeiden vahinkopainallus useasti peräkkäin, mikä aiheutti vaihteen siirtymisen aiottua suuremmaksi tai pienemmäksi. Suuntavilkun käyttöliittymän opettelu vei aikaa ja aiheutti hämmennystä osassa käyttäjistä.

- "Vaihteiden ylös/alas vaihdot satunnaisesti väärin, (harjoituksen puutetta?)."
- "Vaihteissa käsi vaihtoi pakin päälle tai tuli 2 vaihdetta suurempi."
- "Kaksinkertainen painallus -> pakki päälle vahingossa."
- "Käytin molempiin suuntiin vilkkuja vasemmalla kädellä. Sormet ei ylettynyt vilkkuihin niin että jouduin irrottamaan otteen ratista että sain vilkun päälle. Käytin vasemmalla kädellä vilkkua myös oikealle varmaan siksi, että ratin kääntäminen ja ohjaaminen on luontevampaa oikealla kädellä, enkä halunnut irrottaa oikean käden otetta ratista laittaakseni vilkkua päälle."
- "Vilkun käytössä oli vaikeuksia, kun aluksi joutui miettimään "uuden tavan" vilkuttaa. Ei suuria virheitä kuitenkaan."

- "Vilkku saattoi jäädä päälle tai mennä vahingossa pois päältä."
- "Syntyi! Liikenteen seuraaminen ja hallintalaitteiden käyttö samanaikaisesti uudenvuodelaisiin hallintalaitteisiin perehtymättömänä. Toistoa vaatii!"

Kysymys: Mikä oli hyvää?

Vastauksissa nousi selvästi esiin, että vaihteiden käyttö koettiin helpoksi ja käyttöliittymä niiden osalta loogiseksi. Osa vastaajista koki myös etäisyydet ja sijoittelut itselleen sopiviksi.

- "Loogiset sijainnit ja selvyys hallintalaitteissa."
- "Vaihteiden loogisuus, mutta harjoittelua vaatii."
- "Vaihteiden toiminta ja käyttö looginen ja helppo. Ratti malliltaan hyvä. Vilkun käyttö on hyvä konsepti, jota kannattaa kehittää eteenpäin."
- "Helppo oppia, hyvä logiikka, vaihteissa helpottaisi kuviot esim. nuoli ylös, N, nuoli alas + valo."
- "Vaihteet oli helppo oppia."
- "Vaihteet oli hyvällä etäisyydellä ja ratista sai hyvän otteen."
- "Vaihteiden sijoittelu, selkeä painikkeen erottuminen ja tunnustellen löytäminen."
- "Helppokäyttöinen. Kädet pysyivät ohjauspyörässä vaihteita käyttäessä."
- "Vaihteita ja vilkkuja oli helpompi käyttää, koska ne sijaitsivat lähellä käsiä ja ratissa."

- "Vaihteiden yksinkertainen käyttö. Vain ratti, ei muita hallintalaitteita."

Kysymys: Mitä voisi parantaa?

Vastauksista käy hyvin selväksi vastaajien yksimielisyys suuntavilkkupainikkeiden sijainnista. Nykyinen sijainti koettiin hankalaksi. Osa käyttäjistä antoi myös omia kehitysideoitaan. Vaihepainikkeisiin toivottiin parempaa erottelua ja käyttömukavuutta.

- "Vilkkujen sijainti lyhytsormisille on liian kaukana. Vapaavaihtenappi voisi ehkä poiketa hieman muista napeista tai sijaita vähän kauempana. Se menee herkästi sekaisin muiden vaihtenappien kanssa."

- "Vilkun asemointi tuntui itselle vaikealta, koska kädet piti irroittaa ratista."

"Vilkkujen sijaintia voisi parantaa. Vaihteet voisi olla enemmän kulmassa. Pyöristetymmät vaihdekolot voisi olla kivat."

- "Vilkkujen sijoittelu. Vaihepainikkeiden erottelu."

- "Vilkkuun oli vaikeaa yltää, voisi olla lähempänä tai eri paikassa."

- "Vilkun sijainti lähemmäksi"

- "Lyhytsormisille vaihtenappulat lähemmäksi, samoin suuntavilkku, mikäli sitä on tarkoitus käyttää peukalolla. Käytin etusormella/etu- ja keskisormella."

- "Vilkun sijainti voisi olla parempi esim. ohjauspyörän kehällä, kuskin edessä tai komennon tyyli erilainen. Esimerkiksi hipaisu kääntymissuuntaan tai ylös/alas kuten fyysisessä vivussa. Vaihteissa "painikkeen" upotuksen ei tarvitsisi olla niin syvä ja pyöreä alue voisi olla suurempikin."

- "Vilkkujen käyttö. Sijainti ja toiminta. Mahdollisesti liikkeen/eleen sisällyttäminen toimintoon. Sijoittelu ratin ulkopuolelle mahdollisesti auttaisi, etenkin kääntyessä vilkun käyttöön tuli keskittyä."

SUULLINEN PALAUTE

Ohjauspyörän käyttöliittymä koettiin positiiviseksi, etenkin vaihteiden osalta. Myös ohjauspyörän ulkokehän muotoilu ja käytettävyys saivat hyviä mainintoja. Useat käyttäjistä pohtivat, voisiko käyttöliittymän etäisyyksiä muunnella käyttäjän mieltymyksille ja fyysisille ulottuvuuksille sopiviksi, esimerkiksi siirtämällä hallintalaitteita lähemmäs tai kauemmas mekaanisesti.

Kaikki testihenkilöistä kokivat käytettävyydestä erityisen mukavana. Osa testattavista harmitteli testin lyhyttä kestoa ja totesivat juuri oppineen käyttöliittymän käytön, kun testaus päättyi.

5. YHTEENVETO

Käytettävyydestestauksen yhteenvedona voidaan todeta, että testaus täytti sille asetetut tavoitteet. Saadut tulokset vahvistivat aiempia näkemyksiä ja toivat esiin uusia. Näin saatiin esille käyttöliittymän suunnittelun ja muotoilun vahvuudet ja onnistumiset sekä heikkoudet ja ongelmakohdat.

Tutkimustulosten perusteella hyvän tai kiitettävän arvosanan saaneet suunnittelukohdat voidaan katsoa toimiviksi, joskin kosmeettisia parannuksia on syytä tehdä. Välttävän arvosanan saaneet suunnittelukohdat on syytä arvioida ja suunnitella uudestaan niiltä osin, mikä on aiheuttanut ongelmia käytettävyydessä.

Saatu suullinen ja kirjallinen palaute on hyvä huomioida ja tuoda mukaan suunnittelun seuraavaan vaihteeseen. Palaute vahvisti aiempia päätelmiä sekä toi ilmi uusia näkemyksiä, joiden avulla käyttöliittymän jatkokehitystä on selkeä lähteä jatkamaan.

LIITTEET

Liite 1: Kyselylomake

**KÄYTETTÄVYYSTESTAUS
KYSELYLOMAKE****Ympyröi itseäsi kuvaava vaihtoehto**

Sukupuoli	Nainen		Mies		Muu	
Ikä	-17	18-25	26-40	41-55	56-70	71-
Ajokokemus vuosina	0	1-5	6-10	11-20	20-40	40-

Suorittit ohjauspyörän hallintalaitteen käytettävyydestä. Vastaa alla oleviin kysymyksiin antamalla arvosana 1 - 5 (1 = heikko, 5 = kiitettävä). Ympyröi haluamasi vastausvaihtoehto.

Hallintalaitteiden käyttäminen oli selkeää

Vaihteet	1	2	3	4	5
Suuntavilkut	1	2	3	4	5

Hallintalaitteiden sijoittelu ohjauspyörässä oli looginen

Vaihteet	1	2	3	4	5
Suuntavilkut	1	2	3	4	5

Hallintalaitteiden sijainti ja etäisyydet olivat kuljettajan kannalta oikeat

Vaihteet	1	2	3	4	5
Suuntavilkut	1	2	3	4	5

Hallintalaitteiden käyttö oli intuitiivista

Vaihteet	1	2	3	4	5
Suuntavilkut	1	2	3	4	5

Hallintalaitteiden käytön oppiminen oli nopeaa

Vaihteet	1	2	3	4	5
Suuntavilkut	1	2	3	4	5

Hallintalaitteiden antama palaute oli riittävä (Visuaalinen ja haptinen erottuvuus, näytöllä tapahtuvat indikaattorit)

Vaihteet	1	2	3	4	5
Suuntavilkut	1	2	3	4	5

Mitä muita palautteita toivoisit hallintalaitteiden käyttämisen tuottavan (esim. äänet, valot, värinä, tekstuurit)? Kirjoita vastauksesi alle.

Syntyikö testauksen aikana virhetilanteita? Mikä tilanteet aiheutti? Kirjoita vastauksesi alle.

Hallintalaitteet soveltuisivat käyttöperiaatteeltaan maantiekäyttöiseen kulkuneuvoon

Vaihteet	1	2	3	4	5
Suuntavilkut	1	2	3	4	5

Mikä oli hyvää? Kirjoita vastauksesi alle.

Mitä voisi parantaa? Kirjoita vastauksesi alle.

Kiitos osallistumisesta.