

POLKUPYÖRÄN VALOJÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN

Santtu Teerihalme | Opinnäytetyö | 27.4.2023

Metropolia Ammattikorkeakoulu | Muotoilun koulutusohjelma | Teollinen muotoilu



TIIVISTELMÄ

Tekijä:	Santtu Teerihalme
Otsikko:	Polkupyörän valojärjestelmän kehittäminen
Sivumäärä:	57 sivua
Aika:	3.5.2023
Tutkinto:	Muotoilija AMK
Tutkinto-ohjelma:	Muotoilun tutkinto-ohjelma
Suuntautumisvaihtoehto:	Teollinen muotoilu
Ohjaaja:	Mika Ihanus, lehtori, Metropolia AMK

Opinnäytetyö käsittelee polkupyörän valojärjestelmän kehittämistä. Työssä arvioidaan kehitetyn laitteiston mahdollisia vaikutuksia liikenneturvallisuuteen. Tutkimusmenetelmien avulla selvitetään ja muodostetaan tietoperusta. Tutkimusmenetelminä käytetään vertailuanalyysiä ja dokumenttianalyysiä. Tutkimusmenetelmien perusteella muodostettua tietoperustaa käytetään suunnittelutyön ja muotoiluprosessin tukena prototyypin ominaisuuksien vaatimusten määrittelyyn. Tämän pohjalta suunnitellaan ja valmistetaan valojärjestelmän prototyyppi. Opinnäytetyö seuraa muotoilualalle soveltuvaa prosessimallia. Prosessimalli kuvaa työn etenemistä ja tukee muotoilutyötä tuotekehitysprojektin eri vaiheissa. Lopputuloksena valmistunut prototyyppi on toiminnallinen konsepti, jonka ominaisuuksia arvioidaan työn johtopäätöksissä. Arvioinnin perusteella annetaan kehitysehdotuksia laitteiston jatkokehittämistä varten.

Avainsanat: Muotoiluprosessi, prosessimalli, tuotemuotoilu, liikenneturvallisuus

ABSTRACT

Author: **Santtu Teerihalme**

Title: **Bicycle Light System Development**

Number of Pages: **57 pages**

Date: **3 May 2023**

Degree: **Bachelor of Culture and Arts**

Degree Programme: **Design**

Specialisation option: **Industrial Design**

Instructor: **Mika Ihanus, Senior lecturer, Metropolia UAS**

This thesis considers the development of a bicycle light system and its impact on traffic safety. The research methodology aims to explore and enhance the knowledge base in this area. Benchmarking and document analysis were used to form the framework and to establish requirements for the properties of the light system prototype. The study adhered to a process model suitable for product development. Process model facilitated the progress of the project across different stages of the design process.

Following the design phase, a functional light system prototype was manufactured and evaluated. The properties of the prototype were analyzed and discussed in the concluding section of the thesis. Based on this analysis, recommendations for further development of the equipment were provided.

Keywords: Design process, process model, product design, traffic safety

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	OPINNÄYTETYÖN TEOREETTINEN VIITEKEHYS	2
2.1	TUOTEMUOTOILU	2
2.2	KÄYTETTÄVYYS JA ERGONOMIA	4
2.3	LIIKENNETURVALLISUUS	4
2.4	YHTEENVETO TYÖN VIITEKEHYKSESTÄ	8
3	TUTKIMUSMENETELMÄT TIETOPERUSTAN MUODOSTAMISEKSI	10
3.1	VERTAILUANALYYSI	10
3.2	DOKUMENTTIANALYYSI	16
4	MUOTOILUPROSESSI	18
4.1	MUOTOILUPROSESSIMALLI	18
4.2	PROSESSIMALLI KUVAAMAAN OMAA TYÖSKENTELYÄNI	25
4.3	SUUNNITTELUAJURIT	27
4.4	LUONNOKSET JA ALUSTAVAT IDEAT	29
4.5	TOIMINTOJEN MÄÄRITTÄMINEN PROTOTYYPPIIN	33
5	PROTOTYYPPI	34
5.1	VALAISINYKSIKÖN SUUNNITTELU	34
5.2	VALAISINYKSIKÖN KOTELOINTI	36
5.3	KÄYTTÖKYTKIMEN SUUNNITTELU	40
5.4	KÄYTTÖKYTKIMEN KOTELOINTI	42

6	LAITTEISTON TESTAUS	46
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	49
	LÄHTEET	50
	KUVALÄHTEET	52

Voiko liikenneturvallisuutta parantaa kehittämällä polkupyörän valoja tai lisäämällä valoihin lisäominaisuuksia? Opinnäytetyössäni keskityn polkupyörän valojärjestelmän kehittämiseen ja pyrin arvioimaan valojärjestelmän mahdollisia vaikutuksia ympäröivään liikenteeseen ja liikenneturvallisuuteen.

Työn aihe pohjautuu harrastusprojektina alkaneeseen kuormapyörän lavan äärivalojärjestelmän kehittämiseen. Keskustelin keväällä 2022 Helsingin Arabiassa sijaitsevan Velobia Bike Companyn osakkaan ja mekaanikon Sebastian Orozan kanssa polkupyöristä. Keskustellessamme kuormapyöristä ja kuormapyörien lavan äärivaloista Oroza totesi, että valojärjestelmien kehitys on vielä alkutekijöissään ja alalla on toteutumaton potentiaalia. Tästä inspiroituneena päädyin testaamaan muutamaa ideaa ledipohjaisesta valaistuksesta. Tätä kehitystyötä jatkan opinnäytetyössäni.

Työssä käsitellään valaisinjärjestelmän konseptointia ja aiheeseen liittyvän tietoperustan muodostamista sekä prototyypin valmistusta. Aihetta käsitellään tuotemuotoilun näkökulmasta. Olen koonnut työn tietoperustaa käyttäen tutkimusmenetelminä vertailuanalyysiä sekä dokumenttianalyysiä aiheeseen liittyvän aineiston kartoittamiseksi. Tietoperustan tukemana suunnittelen ja valmistan prototyypin polkupyörään soveltuvasta valojärjestelmästä, joka on helppokäyttöinen ja muille liikenneympäristön käyttäjille informatiivinen. Valojärjestelmän toiminnot rajataan lavan äärilaidoilla sijaitseviin äärivaloihin, jotka toimivat etu- ja takavalotoimintojen lisäksi suuntavaloina. Työssä sivutaan prototyyppivaiheessa käytettyjä valmistusmenetelmiä, elektronisia komponentteja ja mikrokontrollerin ohjelmointia, mutta näiden aiheiden yksityiskohtaisempi käsittely jätetään työn ulkopuolelle.

Keskeisenä teemana on suunnitella ja valmistaa prototyyppi, jolla laitteen käytettävyyttä voidaan testata. Testikäytön perusteella voidaan arvioida laitteen käytettävyyttä todellisessa käyttöympäristössä. Arvioinnin johtopäätösten perusteella esitetään kehitysehdotuksia tuotteen jatkokehittämiseksi.

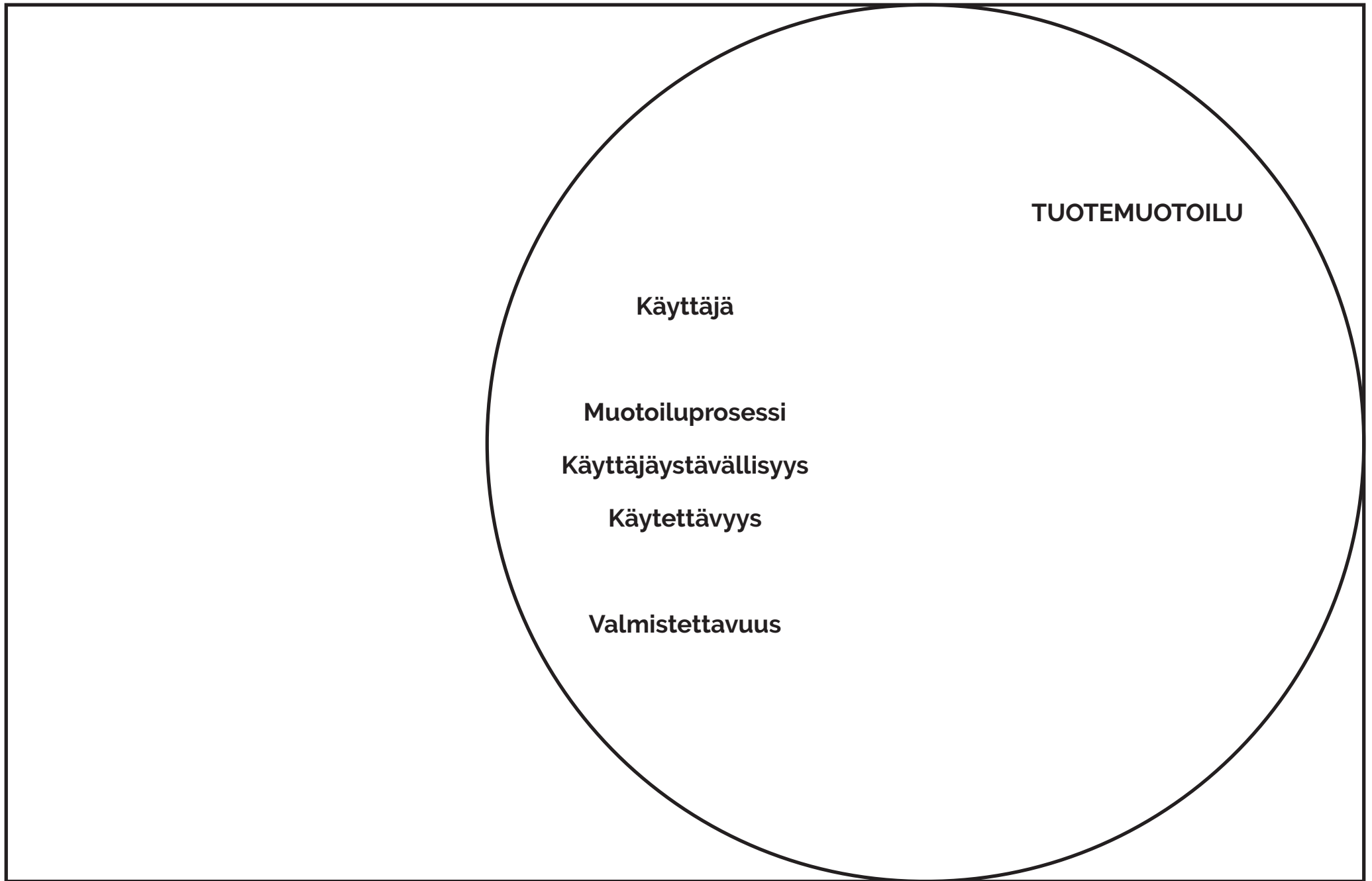
2 OPINNÄYTETYÖN TEOREETTINEN VIITEKEHYS

Opinnäytetyön aihe sivuaa useita eri alueita, joiden välisiä yhteyksiä työn viitekehys kuvaa sekä selittää osa-alueiden sijoittumista toistensa suhteen. Viitekehysten kuvaileminen tiivistettynä pelkästään sanallisesti ei välttämättä anna riittävän selkeää kuvaa, joten jonkinlainen visuaalinen esitys viitekehuksesta selkeyttää kokonaiskuvaa ja aihealueiden välisiä yhteyksiä (Anttila 2014). Tässä luvussa käsittelemme opinnäytetyön teoreettisen viitekehysten, määritän, miten minä hahmotan osa-alueet, sekä esitän viitekehysten visuaalisesti.

2.1 TUOTEMUOTOILU

Tuotemuotoilu on muotoilun osa-alue, joka keskittyy teollisesti valmistettavien tuotteiden muotoiluun ja kehittämiseen. Opinnäytetyössäni kehitän polkupyörän valojärjestelmää. Laitteen koteloinnin ja käyttökytkinten suunnittelu on hyvä esimerkki suunnittelusta, joka osuu tuotemuotoilun viitekehukseen.

Fyysisten tuotteiden suunnittelussa olennaista on huomioida käyttäjä ja käytettävyys, mutta yhtäläisen tärkeää on varmistaa tuotteen valmistettavuus (Keinonen & Jääskö 2003, 10). Tuotemuotoilussa alkuperäinen idea kehittyy muotoilu- tai tuotekehitysprosessin edetessä. Tuotteen toiminnot kehittyvät prosessin edetessä, mutta myös vaatimukset tarkentuvat prosessin aikana. Mallit ja prototyypit, joilla toiminnot voidaan testata, ovat keskeisessä roolissa tuotteen muotoilun kehittymisessä. (Mattson & Sorensen 2020, 15–18.) Työn lopputuloksena valmistuvaa prototyyppiä voidaan käyttää ominaisuuksien testaamiseen, mutta samalla prototyyppi tukee valmistusmenetelmien ja materiaalien valintaa. Kehitettävä valojärjestelmä ei ole valmistuessaan valmis tuote, vaan enemmänkin fyysinen konsepti tuoteideasta, jota on mahdollista jatkokehittää. Tähän työhön kytkeytyvät tuotemuotoilun osa-alueeseen kuuluvat termit on poimittu kuvaan 1.



Kuva 1. Työn viitekehykseen liittyvät termit tuotemuotoilun osalta

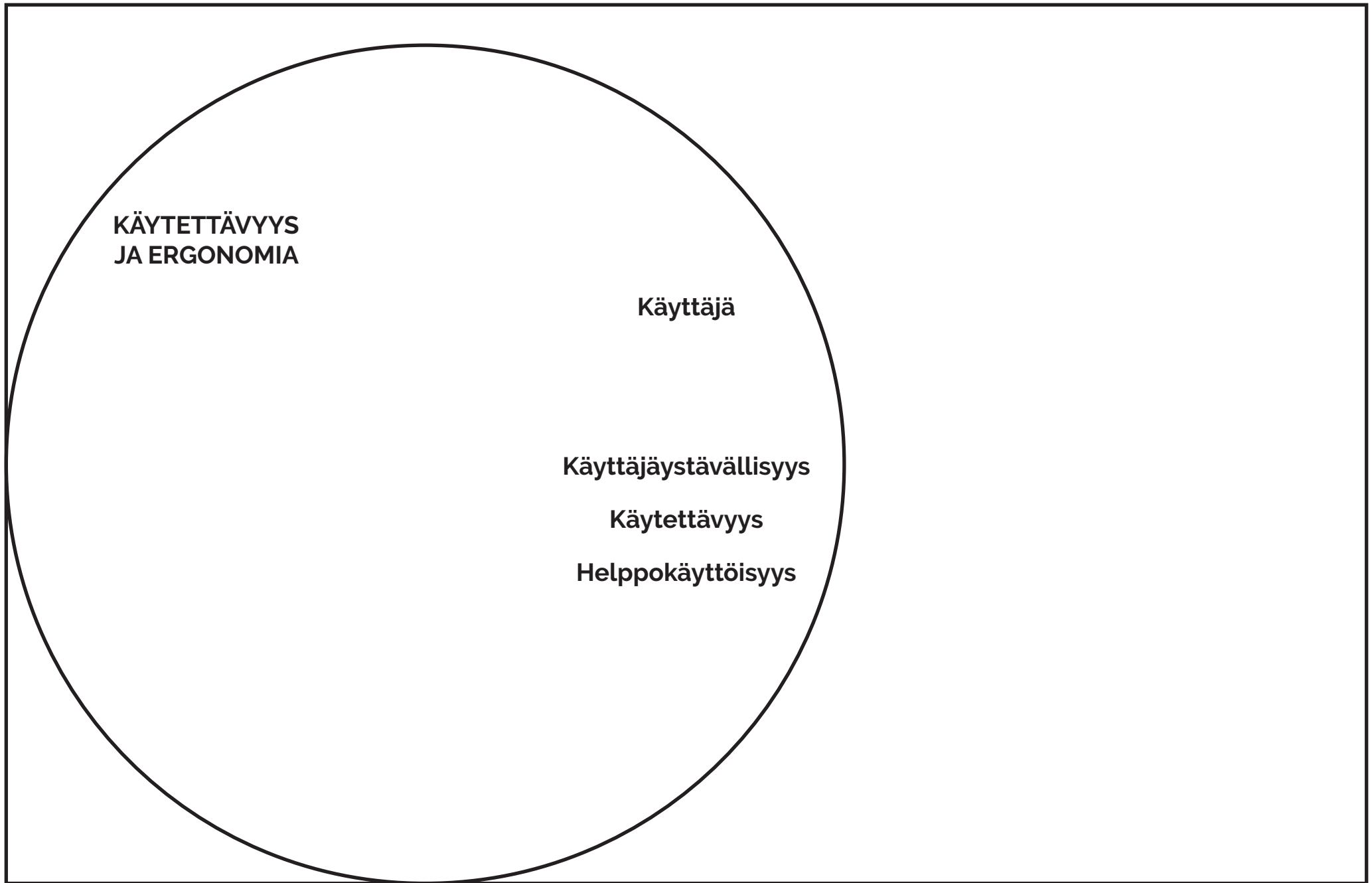
2.2 KÄYTETTÄVYYS JA ERGONOMIA

Käytettävyys ja ergonomia ovat tärkeitä lähtökohtia suunnittelu- ja muotoilutyössä. Sovellusten, palveluiden ja laitteiden suunnittelussa käytettävyys tarkoittaa toimintojen käyttäjäkeskeistä suunnittelua, jonka tavoitteena on varmistaa sovelluksen, palvelun tai tuotteen helpokäyttöisyys ja käyttäjäystävällisyys. Käytettävyys kattaa sovelluksen, palvelun tai tuotteen käytettävyyden, opittavuuden, tehokkuuden, tyytyväisyyden ja virheiden helpon korjattavuuden. Käytettävyyden tavoitteena on parantaa käyttäjän kokemusta ja tehokkuutta. (Väyrynen, Nevala & Päivinen 2004, 17–18.) Fyysisten tuotteiden suunnittelussa on lisäksi otettava huomioon ergonomia. Lyhyesti määrittäen ergonomia tarkoittaa toimintojen järjestämistä siten, että toiminta on tehokasta ja käyttäjälle mahdollisimman vähän kuormittavaa. Ergonomian tavoitteena on parantaa tuotteen käytön tehokkuutta, vähentää käytöstä aiheutuvia terveysriskejä sekä ehkäistä työstä johtuvia vammoja ja sairauksia. (Väyrynen ym. 2004, 15–16.) Tässä työssä kehitettävän laitteen kohdalla käytettävyys ja ergonomia otetaan huomioon erityisesti laitteen käyttökytkimien suunnittelussa. Laitteen käyttökytkimien sijoittelun tulee mahdollistaa helppo ja turvallinen käyttö kaikissa käyttötilanteissa. Tähän työhön kytkeytyvät käytettävyyden ja ergonomian osa-alueeseen kuuluvat termit on poimittu kuvaan 2.

2.3 LIIKENNETURVALLISUUS

Liikenneturvallisuus perustuu yhteisesti sovittuihin tapoihin toimia, ja liikenteessä tieliikennelait ja -asetukset ohjaavat liikenteen osapuolia toimimaan yhteisten sääntöjen mukaan. Yhteisen liikenneturvallisuuden takaamiseksi on tärkeää, että kaikki osapuolet ymmärtävät liikennesääntöjen noudattamisen tärkeyden. (Valtioneuvoston julkaisu 2016, 12.) Yhteisten sääntöjen noudattamisen lisäksi ennalta-arvattavuus ja ennakointi ovat tärkeässä osassa turvallista liikenneympäristöä. Vuonna 2020 uudistuneessa tieliikennelaissa tienkäyttäjiltä edellytetään muiden tienkäyttäjien toimintojen ennakoitua. (Traficom.fi 2020.)

Pyöräilijän toiminta liikenneympäristössä koostuu monista eri toiminnoista ja päätöksistä, joita tehdään samanaikaisesti ja nopeasti. Pyöräilijän on huomioitava monia tekijöitä, kuten muut liikenteessä olevat ajoneuvot, jalankulkijat, risteysalueet ja muu infrastruktuuri. Pyöräilijän on tehtävä jatkuvasti päätöksiä turvallisen ja sujuvan liikkumisen varmistamiseksi. Pyöräilijä huomioi ympäristöään monin tavoin liikenteessä.



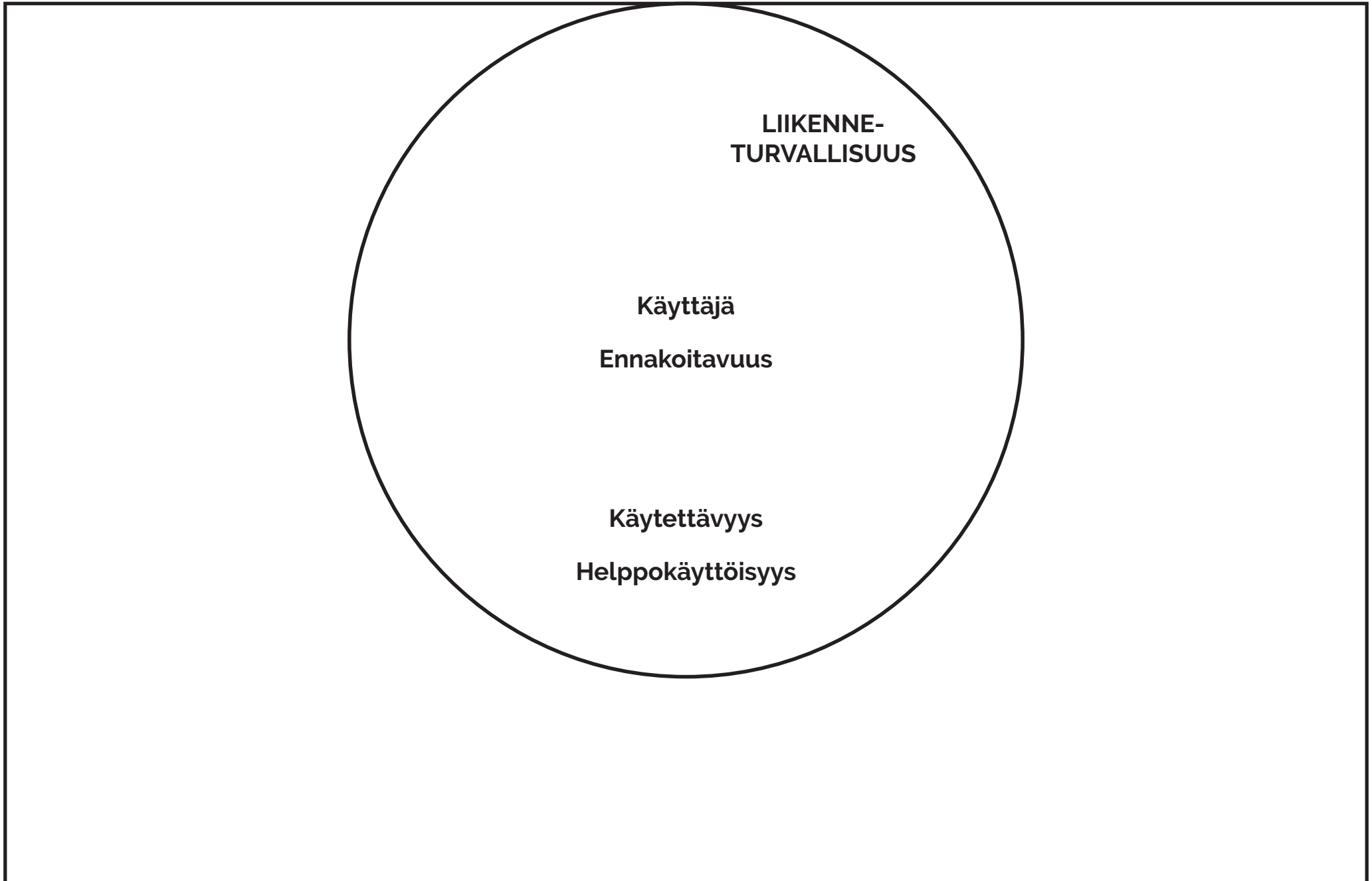
Kuva 2. Käytettävyyden ja ergonomian osa-alueeseen liittyviä termejä

Esimerkiksi pyöräilijä tarkkailee ympäristöään havaitakseen muut ajoneuvot ja niiden suunnan sekä nopeuden ja etäisyyden. Pyöräilijä kiinnittää erityistä huomiota myös alustan kuntoon ja mahdollisiin esteisiin, kuten kuoppaisiin tai liukkaisiin kohtiin.

Polkupyörän kuljettajan liikennekäyttäytymisen tulee olla ennakoitavissa. Suuntamerkkiä käytetään ilmaisemaan ajoneuvon suunnanmuutoksia risteysalueilla ja kaistanvaihtotilanteissa. Moottoriajoneuvoissa suuntamerkit ovat pakollisia, mutta polkupyörissä ajoneuvoon kiinteästi asennetut suuntamerkit eivät ole pakollisia. Polkupyörän kuljettaja voi näyttää suuntamerkkiä esimerkiksi kädellä. Joissain tilanteissa käden irrottaminen ohjaustangosta voi kuitenkin aiheuttaa vaaratilanteen – talvella jääpolanteisella tai muuten liukkaalla alustalla ajettaessa riskinä on tasapainon menettäminen ja kaatuminen. Polkupyörän valoihin integroitu suuntamerkki, jota käytetään ohjaustankoon asennettulla kytkimellä, helpottaa suuntamerkin näyttämistä hankalissa ajo-olosuhteissa. Välittömän kaatumisriskin pienentymisen lisäksi myös muut liikenteen osapuolet saavat visuaalisen signaalin polkupyöräilijän mahdollisista ajolinjan sivusuuntaisista muutoksista. Pienentämällä kaatumisriskiä ja parantamalla liikenteen muiden osapuolien ennakoitimahdollisuuksia tämän työn tavoitteena on kehittää liikenneturvallisuutta lisäävä laite. Tähän työhön kytkeytyvät liikenneturvallisuuden osa-alueeseen kuuluvat termit on poimittu kuvaan 3.

Liikenneympäristöllä on myös vaikutuksia pyöräilijään. Esimerkiksi visuaalinen häiriö, kuten liian hämärä tai liian kirkas valaistus voi vaikeuttaa näkemistä ja havainnointia. Lisäksi esimerkiksi autoilijoiden aggressiivinen ajotapa, huonot ajosäät tai pyöräilyyn epäsuotuisa infrastruktuuri voivat aiheuttaa stressiä ja ahdistusta, mikä voi vaikuttaa pyöräilijän mielialaan ja käyttäytymiseen liikenteessä.

Kaiken kaikkiaan, pyöräilijän toiminta liikenneympäristössä on monimutkaista ja vaatii jatkuvaa havainnointia ja päätöksentekoa. Ympäristöllä on merkittävä vaikutus pyöräilijän liikkumiseen ja turvallisuudentunteeseen liikenteessä. Pyöräilijän on tärkeää huomioida ympäristön vaikutukset ja sopeuttaa oma toimintansa sen mukaan, jotta liikkuminen olisi mahdollisimman turvallista ja sujuvaa.

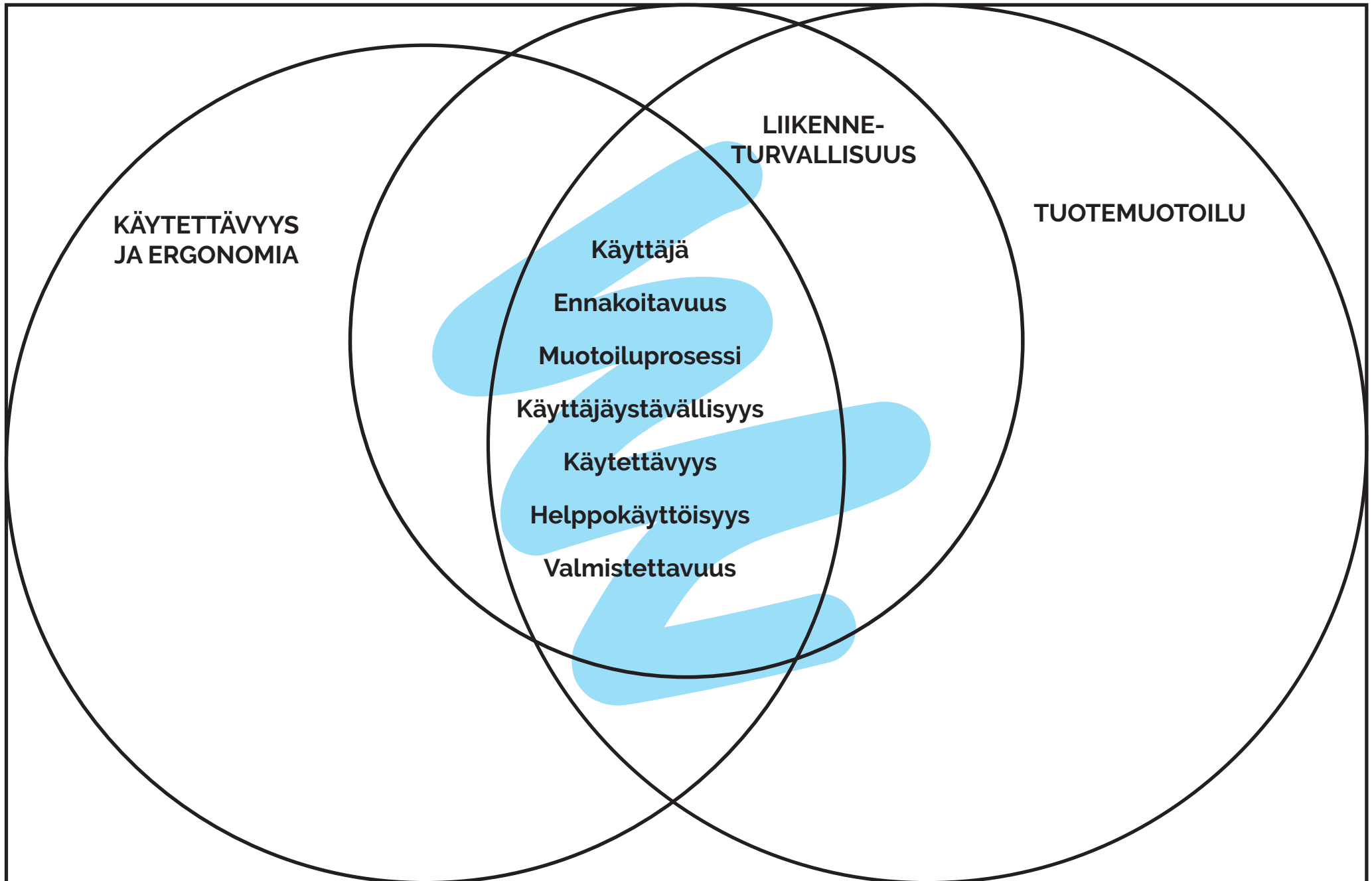


Kuva 3. Liikenneturvallisuuden osa-alueeseen liittyviä termejä

2.4 YHTEENVETO TYÖN VIITEKEHYKSESTÄ

Työn viitekehys koostuu edellä mainituista osa-alueista. Viitekehysten osa-alueet yhdistettynä yhdeksi kokonaisuudeksi on esitetty kuvassa 4. Viitekehys koostuu kolmesta ylätason rajauksesta, jotka sisältävät tarkentavia termejä. Nämä osa-alueet sijoittuvat osittain lomittain ja sisältävät keskenään yhteneviä osia. Saman termin, esimerkiksi "käyttäjä", sijoittuminen useampaan ylätason rajaukseen merkitsee termin vaikuttavan kaikissa osa-alueissa, joissa se on mainittu.

Esimerkkinä mainitulla käyttäjällä on merkittävä rooli kaikissa osa-alueissa. Tuotemuotoilussa käyttäjä ja käyttäjän tarpeet otetaan huomioon jo suunnitteluprosessin alkuvaiheista alkaen, ja käytettävyys ja ergonomia ovat keskeisessä osassa muotoiluprosessia. Liikenteessä ja lähes kaikessa rakennetussa ympäristössä tapahtuvassa toiminnassa ihminen on keskeisessä osassa. Ihminen ottaa vaikutteita ympäristöstään ja samalla vaikuttaa itsekin ympäristöönsä. Liikenteessä liikenneturvallisuus rakentuu tienkäyttäjien toimien ympärille. Yksittäisen osapuolen toiminta vaikuttaa ympäröiviin osapuoliin, ja parantamalla esimerkiksi muiden osapuolien ennakoimismahdollisuuksia voidaan vaikuttaa koko liikenneympäristöön ja sen turvallisuuteen.



Kuva 4. Opinnäytetyön viitekehysten osa-alueet yhdistettynä yhdeksi kokonaisuudeksi

3

TUTKIMUSMENETELMÄT TIETOPERUSTAN MUODOSTAMISEKSI

Työni tutkimusosuudessa muodostan tietoperustan suunnitteluprosessin tueksi. Tutkimusmenetelminä käytän vertailuanalyysiä sekä dokumenttianalyysiä aiheeseen liittyvistä lähdeeteoksista.

3.1 VERTAILUANALYYSI

Vertailuanalyysiä käytetään vertailemaan ja arvioimaan kehitettävän laitteen ominaisuuksia markkinoilla jo olevien laitteiden kanssa. Menetelmä auttaa tunnistamaan kehityskohteita ja määrittämään eri lähestymistapojen tehokkuutta. Olen valinnut vertailuanalyysiin sähköavusteisia polkupyöriä ja mopoja sekä muita laitteita, joiden hallintalaitteita tai muita ominaisuuksia vertailen.

3.1.1 CAKE

Valitsin vertailuanalyysiin Caken ja Polestarin yhdessä julkaiseman Makka-sähkömopon. Makka-sähkömopo on esitetty kuvassa 5. Aluksi kiinnitin huomion sähkömopon konstailemattomaan ja pelkistettyyn ulkonäköön, mutta tarkemmassa tutustumisessa myös hallintalaitteet kiinnittivät huomioni. Makka-sähkömopo on tieliikenteeseen tarkoitettu ajoneuvo, joten se on varustettu tieliikennekäytössä vaadituilla valoilla ja muilla varusteilla. Käyttökytkimet vastaavat moottoripyörissä käytettyjä kytkimiä. Caken jälleenmyyn-



Kuva 5. Cake Makka Polestar -sähkömopo

tiverkosto on valitettavasti Suomen osalta rajallinen, mutta Caken verkkosivujen kuvamateriaalin perusteella olen saanut riittävän kattavan käsityksen sähkömopon hallintalaitteista ja niiden sijoittelusta.

Kuvassa 6 on esitetty Makka-sähkömopon ohjaustankoon kiinnitettävä käyttökahva. Kahvassa on takajarrun vivun ja jarrunestesäiliön lisäksi ajovalojen, suuntamerkin sekä äänitorven käyttökytkin. Suuntamerkin käyttökytkin on kuvan perusteella vaakasuuntaisesti sijoitettu liuku-kytkin, joka valittuun suuntaan liu'uttamalla kytkee vastaavan suunnan suuntamerkin päälle. Käytettävyyden heuristiikan mukaisesti kytkimen liu'uttaminen vasemmalle kytkee suuntamerkin päälle vasemmalle puolelle (Nielsen, 2020). Käyttäjän käyttökokemuksen kannalta kytkimen sijoittaminen vaakasuuntaan, ajoneuvon kulkusuuntaan nähden kohtisuoraan sivulle, tekee suuntamerkin käytöstä vaivatonta ja intuitiivista. Vastaavasti Makkan käyttökytkimessä ajovalojen kytkin on sijoitettu pitkittäin ajoneuvon kulkusuunnan mukaisesti. Käyttäjän on helppo tunnistaa symbolit ja yhdistää halutut toimenpiteet ja suunnat, joihin toiminto vaikuttaa.

Vertailuanalyysi Makkan sähkömopon käyttökytkinten sijoittelusta vahvisti näkemystäni käyttökytkimen sijoittelusta. Kehittämäni valojärjestelmän käyttökytkimen luontainen sijoituspaikka on Makkan tapaan ohjaustangossa. Polkupyörissä on yleisesti verrattain vähän tilaa erilaisille lisälaitteille, ja nykyaikaisissa pyörissä käytännössä kaikki ohjaamiseen ja nopeuden kontrolloimiseen liittyvät laitteet on sijoitettu ohjaustankoon. Sähköavusteisissa polkupyörissä sähköavustukseen liittyviä toimintoja saattaa olla sijoitettuna myös runkoon, mutta käytettävyyden ja helppokäyttöisyyden parantamiseksi haluan sijoittaa valojärjestelmän hallintalaitteet ohjaustankoon.



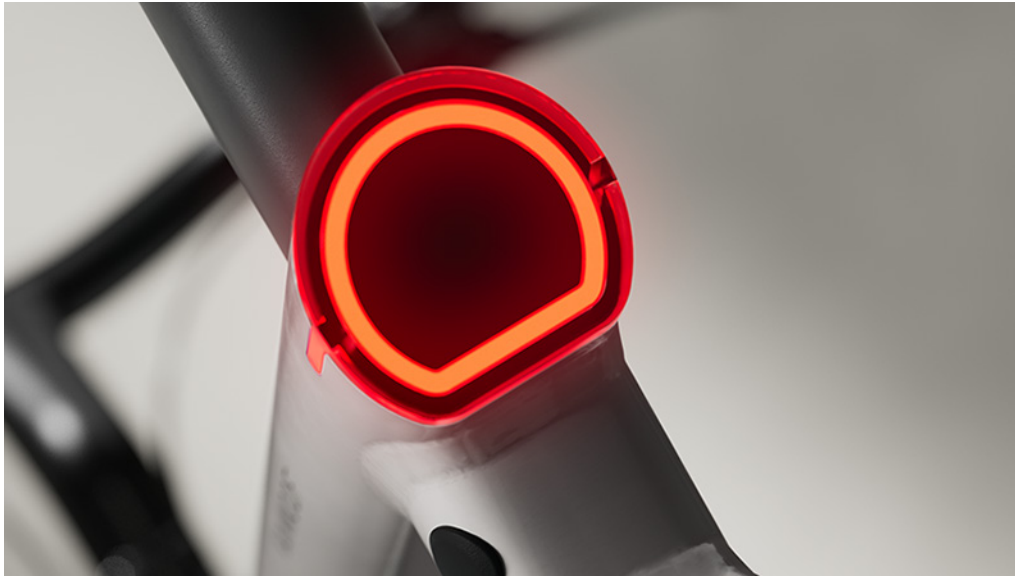
Kuva 6. Makka-sähkömopon käyttökahva

3.1.2 VANMOOF

VanMoofin viidennen sukupolven sähköavusteiset polkupyörät S5 ja A5 ovat muotoilultaan pelkistettyjä ja viimeistelyjä. VanMoof A5 -polkupyörä on esitetty kuvassa 7. VanMoofin osalta vertailuanalyysi keskittyy pyörien valojen ja hallintalaitteissa käytettyjen ledien toimintojen vertailuun.



Kuva 7. VanMoof A5 -sähköavusteinen polkupyörä



Kuva 8. VanMoof S5 -sähköavusteisen polkupyörän takavallo



Kuva 9. VanMoof S5 -sähköavusteisen polkupyörän etuvalo

Kuvissa 8 ja 9 esitetyt VanMoofin ajovalot on integroitu pyörän runkoon. Ajovalojen integrointi runkoon on tyyllitelty. Sähköjohtojen vieni akulta valaisimelle on toteutettu rungon sisäisin johdotuksin. Lopputulos on linjakas ja viimeistelyä. Vaikka korkean viimeistelytason saavuttaminen vaatii paljon suunnittelua ja teknisten yksityiskohtien viimeistelyä, on lopputuloksena syntynyt valaisinjärjestelmä käyttäjän kannalta käytännöllinen. Sähköjohtimien johdotus rungon sisäisesti pienentää johtimien rikkoutumisriskiä. Pyörän hallintalaitteet on sijoitettu ohjaustankoon, ja viimeistelyltään ne vastaavat ajovalojen viimeistelyn korkeaa tasoa. Ohjaustankoon on sijoitettu etu- ja takajarrujen vivut sekä käyttökytkimet, joilla hallitaan sähköavusteisen pyörän toimintoja.

Kädensijojen yhteyteen sijoitetuissa käyttökytkimissä on ledvaloilla toteutettu Halo Ring -led-pilari. Vasemmanpuoleiseen kädensijaan sijoitettu led-pilari ilmaisee akun varaustason. Oikeanpuoleista led-pilaria käytetään ilmaisemaan ajonopeutta, sähkömoottorin avustustasoa tai lukituksen tilaa. Led-pilareissa käytetään useita eri värejä toistavia RGB-LED:ejä ilmaisemaan järjestelmän tilaa ja mahdollisia virhetiloja. RGB-LED on led-komponentti, joka sisältää kolme erillistä valoa emittoivaa diodia: punaisen (**R**ed), vihreän (**G**reen) ja sinisen (**B**lue) (Wikipedia 2023b). Näiden kolmen värin yhdistelmällä pystytään tuottamaan erilaisia värejä ja sävyjä. Oletusasetuksena Halo Ring -ledpilarit ovat valkoisia, virhetilanteissa led-pilarien väri muuttuu punaiseksi. Kädensijoihin integroidut käyttökytkimet ja Halo Ring -led-pilarit on esitetty kuvissa 10 ja 11.



Kuva 10. Halo Ring -led-pilari oletustilassa



Kuva 11. Halo Ring -led-pilari virhetilassa

VanMoof valmistaa sähköavusteisia polkupyöriä, jotka ovat erittäin viimeistelyä ja huoliteltuja. Johdotusten vieni rungon sisällä vaikuttaa perustellulta ratkaisulta. Polkupyörää käytetään ja käsitellään monenlaisissa ympäristöissä. Erityisesti ahtaissa sisätiloissa, kuten pyörävarastoissa pyörää liikuteltaessa on riski, että irtonaisina kulkevat johtimet tarttuvat kiinni ympärillä oleviin esineisiin. Johdottamalla valaisimien johtimet runkoputkien sisällä, riski rikkoutumiseen pienenee. Käytettävyyden ja kestävyuden parantaminen ovat käyttökelpoisia teemoja myös opinnäytetyöni suunnittelussa.

3.1.3 VELORIAN

Etsiessäni polkupyörän valoratkaisuja, törmäsin saksalaisen Velorian-yrityksen verkkosivuihin. Yritys valmistaa erityisesti polkupyöriin suunniteltuja jälkiasennettavia suuntamerkkisarjoja. Yrityksen verkkosivuilla on myytävänä jälkiasennettavia sarjoja, ja lisäksi sivuilla on kattavasti tietoa suuntamerkkien asennuksesta ja käytöstä tieliikenteessä. Velorianin osalta vertiluanalyysi keskittyy valaisimien koteloinnin, kiinnityksen ja johdotuksen arvioimiseen. Yrityksen verkkosivuilla olevat viittaukset paikalliseen StVZO-asetukseen käsitellään luvussa 3.2.2



Kuva 12. Velorian-valaisinjärjestelmän käyttökytkin



Kuva 13. Velorian-valojärjestelmän suuntavalaisin

StVZO-asetus.

Velorianin suuntavalaisinsarjat on tarkoitettu jälkiasennettaviksi tavallisiin tai sähköavusteisiin polkupyöriin. Polkupyörien varusteiksi ei vaadita suuntavalaja, joten johdotuksille ja muille kiinnityksille ei ole olemassa olevia standardeja tai vakiintuneita tapoja. Kuvissa 12 ja 13 esitetyt käyttökytkin ja suuntavalaisin näyttävät laitteiden koteloinni osalta viimeistellyiltä. Johdotukset on tehty pyörän ulkopuolisesti. Vakiintuneiden kiinnitystapojen puuttuessa valaisinjärjestelmän valmistaja on ymmärrettävästi suunnitellut johdotuksen sopimaan erilaisiin pyöriin. Polkupyörien rungoissa on melko vähän mahdollisuuksia lisätä koteloita tai muita johtojen ja letkujen sisäiseen reititykseen sopivia ratkaisuja. Etenkin tavalliset polkupyörät ilman sähköavustusta on käytettävyyden vuoksi pidettävä kevyinä, eikä monimutkaisten rakenteiden lisääminen ole järkevää.

Sisäiset reititykset ovat visuaalisesti viimeisteltäviä. Kilpapyörissä langattomat vaihteet ja muut ulkoisten johdotusten vähentämiseen pyrkivät ratkaisut ovat perusteltuja. Aerodynaamiset hyödyt merkitsevät korkeimmilla kilpailutasoilla paljon, vaikka kokoonpano vaikeutuukin. Korkeimmilla kilpailutasoilla pyöräilytiimeillä on käytettävissä ammattimekaanikot, jotka ovat vastuussa polkupyörien kasaamisesta ja säätämisestä. Tavallisessa arkikäytössä olevien polkupyörien osalta on järkevämpää pysytellä helposti kokoonpantavissa ja huollettavissa ratkaisuissa.

3.2 DOKUMENTTIANALYYSI

Dokumenttianalyysiä käytetään menetelmänä, kun jollekin ilmiölle tai asialle halutaan taustatietoa. Lähteinä käytetään aihepiiriin liittyviä kirjallisia lähteitä. Menetelmän avulla lähdeoteoksista peräisin oleva alkuperäinen tieto voidaan jäsentellä ja muodostaa teoreettinen aineisto. (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2015, 136–140.) Standardit, säädökset ja lait määrittävät ajoneuvojen teknisiä vaatimuksia, ja tässä luvussa tiivistän näistä vaatimuksista yhteenvedon. Keskityn pääasiassa Suomessa ja Saksassa käytössä oleviin asetuksiin, mutta selvitan myös laitteiden turvallisuuteen liittyvän CE-merkinnän asettamia rajoitteita. Opinnäytetyö tehdään Suomessa, joten on luontevaa ottaa Suomessa käytössä olevat lait ja määräykset huomioon. Saksan tieliikennelaissa määritetään kattavasti myös polkupyörien ominaisuuksiin ja toimintoihin liittyviä rajoituksia ja määräyksiä, joten myös näihin tutustuminen perusteltua. CE-merkintä on laitteen turvallisuudesta kertova merkintä, ja tästä syystä käsittelen myös merkinnän vaatimuksia.

3.2.1 TIELIIKENNELAKI

Suomessa tieliikenteessä käytettävien ajoneuvojen toimintoja ja teknisiä vaatimuksia säädellään Liikenne- ja viestintävirasto Traficomien asettamissa laeissa ja määräyksissä. Perinteisesti moottorikäyttöiset henkilö- ja pakettiautot, mopot ja moottoripyörät sekä raskaammat ajoneuvot mielletään tieliikenteessä käytettäväksi ajoneuvoiksi. Etenkin kaupunkien keskusta-alueilla polkupyöriä käytetään tieliikenteessä ajoradalla osana muuta liikennettä. Sähköavusteisten polkupyörien suosion kasvattaessa osuuttaan myös muun liikenteen osana kulkevien polkupyöräilijöiden osuus kasvaa.

Tieliikennelaki sisältää useita säännöksiä ja rajoituksia, jotka koskevat polkupyörän rakennetta ja varusteita. Nämä rajoitukset on asetettu takaamaan polkupyörän turvallinen käyttö liikenteessä ja varmistamaan, että pyörä on yhteensopiva muiden liikenteessä käytettävien ajoneuvojen kanssa. Eräs keskeisimmistä rajoituksista koskee polkupyörän valoja ja heijastimia. Polkupyörän on oltava varustettu ajovaloilla. Hämärän ja pimeän aikaan polkupyörässä on oltava eteenpäin valkoista valoa näyttävä valaisin ja taaksepäin punaista valoa näyttävä valaisin. Lisäksi tieliikennelaki vaatii, että polkupyörä on varustettava keltaisilla sivuheijastimilla ja tarvittaessa lisäheijastimilla. (Tieliikennelaki 2018, § 49.) Tämän säännöksen tavoitteena on lisätä näkyvyyttä ja varmistaa, että polkupyöräilijät ovat helpommin havaittavissa liiken-

teessä.

Suuntamerkki on kaikilla ajoneuvoilla ajettaessa annettava suuntavalaisimella tai muuten näkyvällä tavalla (Tieliikennelaki 2018, § 48). Tieliikennelaki ei kuitenkaan määrää suuntavalaisinta pakolliseksi varusteeksi polkupyörään tai sähköavusteiseen polkupyörään.

3.2.2 STVZO-ASETUS

Saksassa tieliikenteessä käytettävien ajoneuvojen valaisimia koskevat määräykset on asetettu Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung -, lyhyemmin StVZO-asetuksessa. StVZO-asetus määrittää, että polkupyörässä on oltava etu- ja takavallo, jotka täyttävät tiettyjä vaatimuksia. Etuvalon on oltava valkoinen ja takavalon on oltava punainen. Lisäksi valojen on oltava kiinteästi asennettuja, eikä niitä saa voida helposti irrottaa tai siirtää. (StVZO 2012, § 50.)

StVZO-asetus määrittää myös vaatimuksia polkupyörän valojen häikäisevyydestä. Asetuksen mukaan polkupyörän etuvalon on oltava suunnattu niin, että valon kirkkaus ei häikäise vastaantulijoita, eikä se saa olla liian voimakas tai liian himmeä. Tämän vuoksi valon tulee olla säädettävissä, jotta se voidaan suunnata oikein. Takavalon kohdalla vastaavia vaatimuksia ei ole, sillä sen ei ole tarkoitus näkyä vastaantulijoille, vaan lähinnä taakse päin. (StVZO 2012, § 53a.)

Vastaavasti kuin Suomessa, myös Saksassa paikallinen lainsäädäntö ja asetukset määräävät polkupyöräilijän käyttämään suuntamerkkiä. StVZO-asetus ei määrää suuntavalaisinta pakolliseksi varusteeksi polkupyörään, mutta asetusta ei myöskään kiellä valaisimen käyttöä suuntamerkin näyttämiseen.

3.2.3 CE-MERKINTÄ

CE-merkintä on Euroopan talousalueella vaadittu merkintä, joka osoittaa, että tuote täyttää EU:n direktiivien ja asetusten vaatimukset. CE-merkintä asettaa elektronisille laitteille useita rajoituksia ja määräyksiä, jotka liittyvät sähköturvallisuuteen, elektromagneettiseen yhteensopivuuteen sekä ympäristövaatimukseen. Näiden vaatimusten noudattaminen on tärkeää, jotta elektroniset laitteet ovat turvallisia ja

ympäristöystävällisiä käyttää. (Tukes i.a.)

Opinnäytetyössä kehitettävän laitteen osalta tärkeimmät CE-merkinnän asettamat vaatimukset liittyvät sähköturvallisuuteen. CE-merkinnän saaneiden elektronisten laitteiden tulee täyttää tietyt sähköturvallisuusvaatimukset. Laitteen tulee olla suojattu muun muassa oikosululta ja ylijännitteeltä. Lisäksi laitteen sähköiset osat ja kaapelit tulee suojata kosketusvirralta. Työssä kehitettävä valojärjestelmä on prototyyppi, joka toimii matalalla, noin 5 voltin jännitetasolla. Prototyyppiä ei ole tarkoitus käyttää kaupallisessa käytössä, vaan sitä käytetään valvotuissa olosuhteissa testikäytössä. Suunnittelemalla virtapiirit ja muut sähköiset komponentit huolellisesti sekä tarkkailemalla laitteen tilaa käytön aikana voidaan prototyyppiä käyttää turvallisesti. Mikäli laite päättyy jatkokehitykseen ja tuotantoon, pitää CE-merkinnän vaatimukset ottaa huomioon.

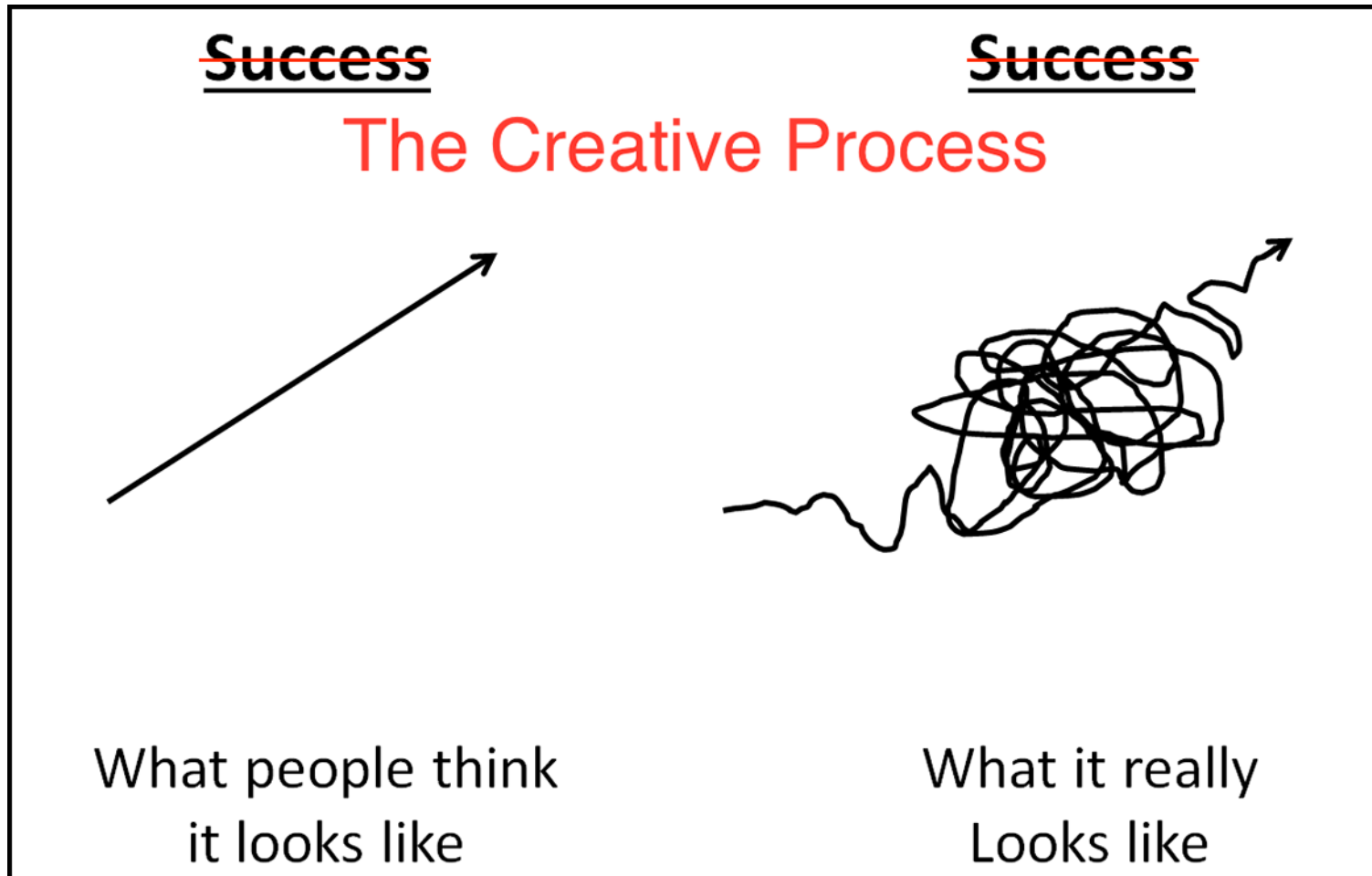
4 MUOTOILUPROSESSI

Tässä luvussa esittelen laitteen prototyypin suunnitteluun liittyvän muotoiluprosessin. Työn aiemmissa vaiheissa kerätyn tietoperustan tukeamana laitteen suunnittelu alkaa konseptoimalla erilaisia ratkaisuja valojärjestelmän valonlähteiksi ja käyttökytkimeksi. Näistä konsepteista valitaan jatkokehitykseen parhaiten soveltuva malli, josta valmistetaan prototyyppi toimintojen tarkempaa arvioimista varten.

4.1 MUOTOILUPROSESSIMALLI

Luovilla aloilla suunnitteluprosessia ja etenkin prosessin aloittamista pidetään sekavana ja epäselvänä jaksena. Englanninkielinen termi "fuzzy front end" viittaa uuden tuotekehitysprosessin alkuvaiheeseen, joka on luonteeltaan epävarma. (Reinertsen 1999, 25.) Tässä vaiheessa uuden tuotteen tai palvelun valmistaja aloittaa ideoinnin ja suunnittelun, mutta yksityiskohtaisemmat tavoitteet ja suunnitelmat ovat epäselviä. Eräs tulkinta luovasta prosessista on esitetty kuvassa 14.

Muotoilu- ja tuotekehitysprojeekteissa prosessia ja käytettyjä menetelmiä kuvailtaessa käytetään usein vakiintuneita malleja. Nämä mallit

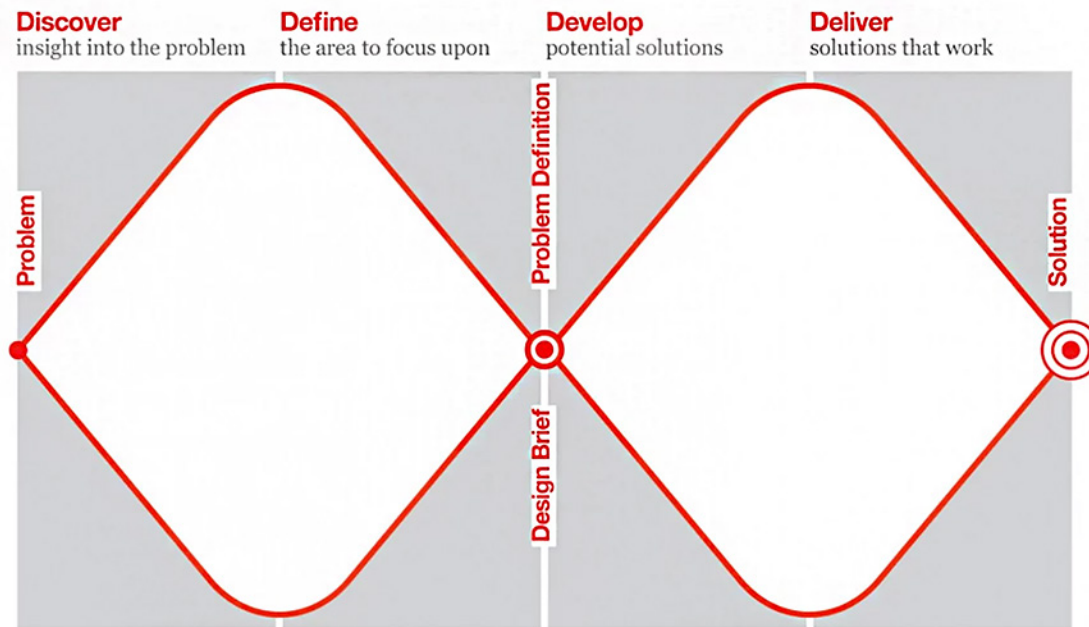


Kuva 14. Luova prosessi kuvattuna visuaalisesti

pyrkivät selittämään prosessin etenemistä ja käytettyjä menetelmiä sen eri vaiheissa. Tässä luvussa esitellään yleisesti käytettyjä prosessimalleja sekä arvioidaan niiden soveltumista fyysisen tuotteen muotoilu- ja valmistusprosessiin. Olen valinnut käsiteltäväksi kolme prosessimallia. Ensimmäinen, ja tarkimmin analysoimani, malli on Double Diamond, suomennettuna tuplatimantti. Arvioin myös Design Odyssey Framework- ja The Design Squiggle -malleja.

4.1.1 DOUBLE DIAMOND

Muotoilualalla prosessia kuvaillaan usein British Design Council -järjestön (2005) julkaisemalla Double Diamond -mallilla. Kuvassa 15 esitettyssä Double Diamond -mallissa muotoiluprosessi esitetään neljällä D-kirjaimella alkavalla termillä; Discover, Define, Develop ja Deliver. Vapaasti suomennettuina termit ovat "löydä", "määrittele", "kehitä" ja "toimita".



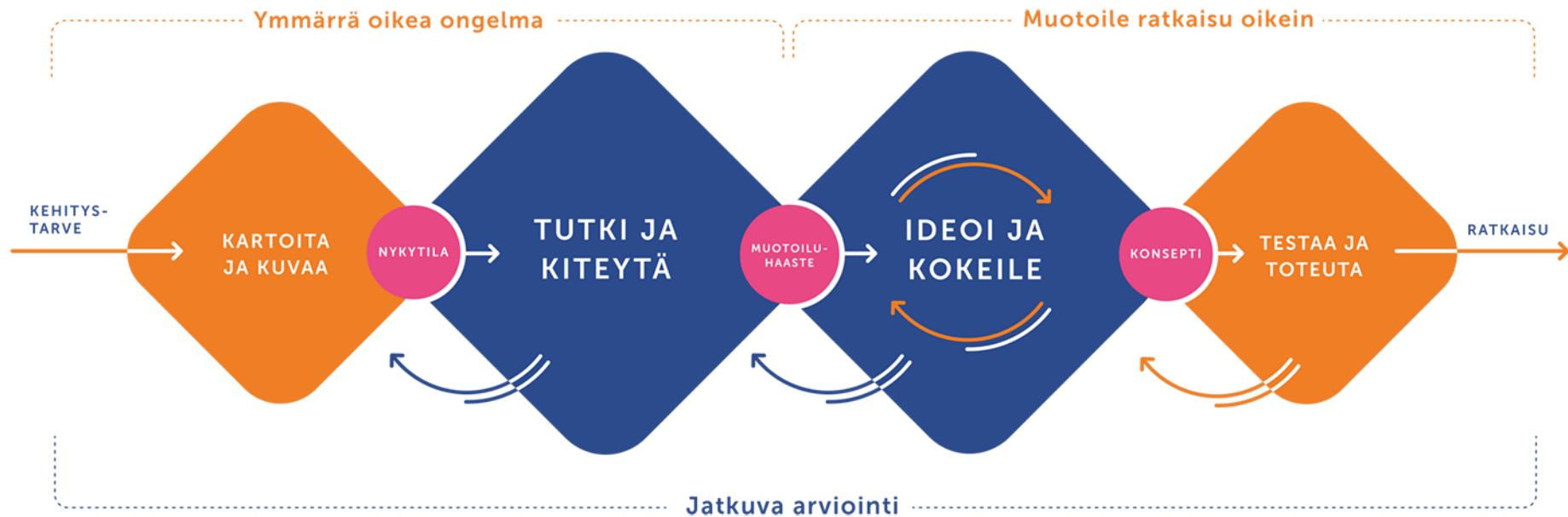
Kuva 15. British Design Council -järjestön julkaisema Double Diamond -malli

Malli koostuu kahdesta kärjellään seisovasta suorakaiteen muotoisesta "timantista". Kuvio voidaan jakaa kahteen osaan, joista ensimmäisessä ongelma tunnustetaan ja toisessa ratkaistaan. Kunkin osan ensimmäinen osuus kuvaa laajenevaa, divergenttiä, ja jälkimmäinen osuus suppeenevaa, konvergenttiä, ajattelu- ja suunnittelumallia. Divergentti ajattelumalli pyrkii etsimään ratkaisuja laajasti keskittyen monipuolisten ja erilaisten ratkaisujen löytämiseen. Konvergentti ajattelumalli pyrkii rajaamaan aiemmin etsityistä ratkaisuksista parhaiten ongelman ratkaisuun soveltuvan. (Koivisto, Säynäjäkangas & Forsberg 2019, 40.)

Tuulaniemi (2011, 113) kuvailee vastaavaa ongelmanratkaisumallia, jonka lisäksi hän korostaa iteratiivisuuden merkitystä muotoilualan suunnittelutehtävissä. Suunnittelutyössä iteratiivinen työskentely tarkoittaa jonkin suunnitteluvaiheen toistamista. Toistolla ja testaamisella voidaan kehittää ongelman ratkaisua kierros kierrokselta paremmaksi, tosin iteroimalla kehitettyjä ratkaisuja voidaan osa aiemmin tehdyistä ratkaisuista todeta epäkelvoiksi. Tämäkin kuuluu suunnitteluprosessin luonteeseen – paras ratkaisu löytyy kehittämällä ja toistamalla suunnitteluvaihetta.

Vaikka Double Diamond -malli on yleisesti käytetty, etenkin pelkistetty malli ei mielestäni ole täysin riittävä kuvaamaan tuotemuotoiluprojektin vaiheita. Mallin suurimpina puutteina on vaiheiden liiallinen yksinkertaistaminen ja konseptitasoisuus. Yksinkertaistamalla malli saadaan sopimaan yleisellä tasolla moniin muotoiluprojekteihin.

Double Diamond -mallista onkin kehitetty täydennettyjä versioita, jotka pyrkivät tarkemmin kuvaamaan muotoiluprosessia. Esimerkiksi muotoilutoimisto Palvelumuotoilu Palo (Innanen 2018) on muokannut Double Diamond -mallista omaan käyttöönsä sopivan mallin. Malli on esitetty kuvassa 16.



Kuva 16. Palvelumuotoilu Palon muokkaama prosessimalli

Palvelumuotoilu Palon mallissa konseptitason suunnittelu on sisälletty kahteen keskimmäiseen timanttiin. Nämä kaksi keskimmäistä timanttia vastaavat alkuperäisen Double Diamond -mallin vaiheita. Palvelumuotoilu Palon mallissa prosessin alkuun on lisätty "kartoita ja kuvaa" -vaihe sekä loppuun "testaa ja toteuta" -vaihe. Testaa ja toteuta -vaihe on omassa työskentelyssäni tärkeässä osassa. Kyseisessä vaiheessa minulla on tapana rakentaa prototyyppejä, joiden avulla voin todentaa ideoiden toimivuutta, mutta myös varmistaa valittujen materiaalien ja valmistusmenetelmien soveltuvuus käyttökohteeseen.

4.1.2 DESIGN ODYSSEY FRAMEWORK

Kuvassa 17 on esitetty Design Odyssey Framework -malli (Ford 2022), joka pyrkii ratkaisemaan Double Diamond -mallin puutteita. Ford kuvaa suunnittelutyötä prosessin sijaan matkaksi. Suunnittelutyö ei ole kiinteästi sidottu tiettyyn kaavaan, vaan on enemmänkin matka, jonka aikana suunnittelija tekee havaintoja, jotka ohjaavat suunnittelua. Tähän ajatukseen on helppo yhtyä. Muotoiluprosessit noudattavat harvoin ennalta asetettuja kaavoja, sillä usein prosessin varrelle osuu ainakin joitain vastoinkäymisiä tai muita vaikeasti ennakoitavia tapahtumia. Fordin julkaisema malli koostuu useasta eri vaiheesta, joissa visuaalisen esityksen mukaan on jokaisessa useita eri alakohtia. Vaiheiden kohdalle asetetut apukysymykset helpottavat prosessimallin käyttöä.

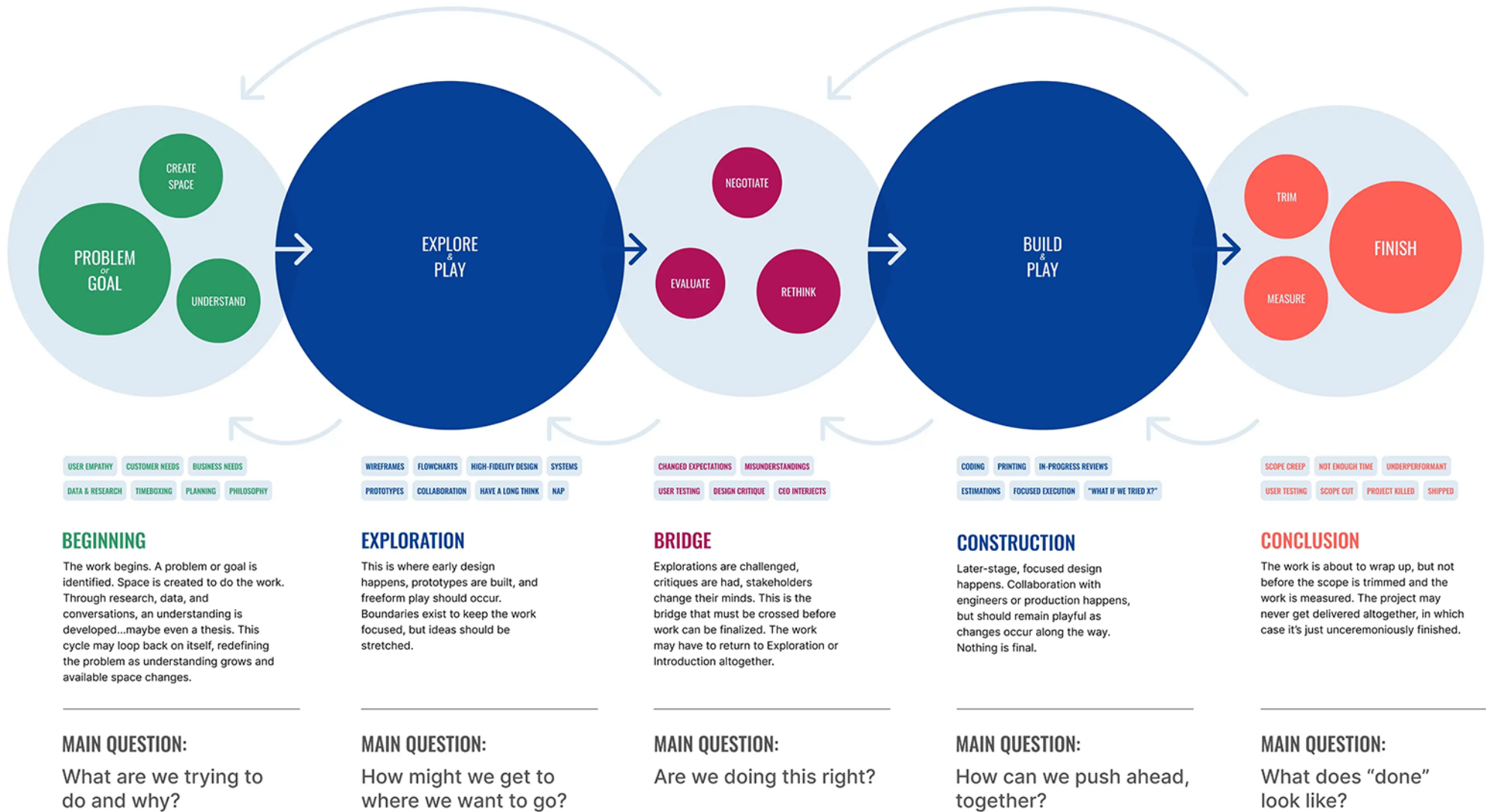
The Design Odyssey Framework -malli ei ole kuitenkaan yleistynyt merkittävästi. Tämän mallin kohdalla syynä on luultavasti Double Diamond -mallia monimutkaisempi rakenne. Lisäksi malli ei tarjoa merkittävästi parannuksia jo olemassa oleviin muihin malleihin.

4.1.3 THE DESIGN SQUIGGLE

Kuvassa 18 on esitetty Damien Newmanin kehittämä The Design Squiggle -malli (Newman i.a.). Malli koostuu yhdestä viivasta, joka etenee vasemmalta oikealle. Vasemmalla, prosessin alkupäässä, kuvio on sykeröinen ja vaikeaselkoinen. Prosessin edetessä viivan muoto oikeenee ja kuvio muuttuu selkeämmäksi. Malli kuvaa erinomaisesti luovan prosessin alkuvaiheita: alussa kaikki on epäselvää, mutta prosessin edetessä epäselvyys vähenee. Malli kuvaa hyvin suunnittelijan tunteita, epävarmuutta ja epätietoisuutta projektin onnistumisesta. Kuitenkin

DESIGN ODYSSEY FRAMEWORK

A realistic way to think about the design journey



©2022 Ryan Ford: www.theryanford.com

Kuva 17. Design Odyssey Framework -malli

verrattuna vakiintuneempaan Double Diamond -prosessimalliin The Design Squiggle ei tarjoa selkeää ohjenuoraa ja menetelmiä suunnittelijalle.

Malli kuvaa prosessin etenemistä ja prosessin kehittymistä ajan funktiona. Alussa suunnitteluprosessi on hyvin epämääräinen, mutta ajan myötä se tarkentuu ja siitä tulee yhä konkreettisempi. Tämä malli auttaa ymmärtämään, että suunnitteluprosessi on jatkuvaa ja että on normaalia, että prosessi on epämääräinen alussa. Malli on humoristisen tarkka kuvaus luovan suunnittelutyön ajoittaisesta sekavuudesta. Yksinäisyys siihen, miksi Design Squiggle ei ole yleistynyt yhtä paljon kuin muut suunnittelumallit, saattaa olla se, että se on hieman abstraktimpi ja vaikeammin sovellettavissa käytännön suunnittelutyöhön. Design Squiggle -mallilla on kuitenkin arvoa suunnittelutyössä, ja se voi olla hyödyllinen työkalu, erityisesti suunnitteluprosessin visuaalisessa kuvauksessa ja suunnittelun jatkuvuuden korostamisessa.



Kuva 18. The Design Squiggle -malli

4.1.4 YHTEENVETO PROSESSIMALLEISTA

Prosessimallit ovat keskeinen osa suunnittelutyötä. Prosessimallit auttavat suunnittelijoita navigoimaan suunnitteluprosessin monimutkaisuuden läpi, ja ne tarjoavat selkeät vaiheet, joita seurata. Ne myös korostavat asiakkaan tarpeiden merkitystä suunnittelutyössä ja auttavat suunnittelijoita keskittymään tärkeisiin vaiheisiin. Kaikki arvioidut mallit ovat joustavia ja soveltuvat erilaisiin suunnitteluprojekteihin.

Vaikka nämä prosessimallit ovat hyödyllisiä suunnitteluprosessin vaiheiden kuvailemisessa, ei ole olemassa yhtä ainoaa oikeaa mallia, joka sopisi kaikkiin suunnitteluprosesseihin. Suunnitteluprosessi on aina riippuvainen projektin tavoitteista sekä suunnittelijan ja asiakkaan tarpeista. Siksi suunnittelijoiden on mukautettava prosessimallinsa vastaamaan jokaisen yksittäisen projektin vaatimuksia. Joskus voi olla tarpeen soveltaa muita prosessimalleja tai menetelmiä, jotka paremmin sopivat suunnittelijan tarpeisiin tai projektiin. Tärkeintä on, että suunnittelija valitsee prosessimallin, joka sopii parhaiten heidän tarpeisiinsa, ja että hän mukauttaa sitä tarvittaessa prosessin edetessä.

Opinnäytetyössäni noudatan ja seuran muotoilualalle soveltuvaa prosessimallia. Malli ei kuitenkaan täysin vastaa yllä vertailtuja. Esittelen kehittämäni ja käyttämäni mallin seuraavassa luvussa.

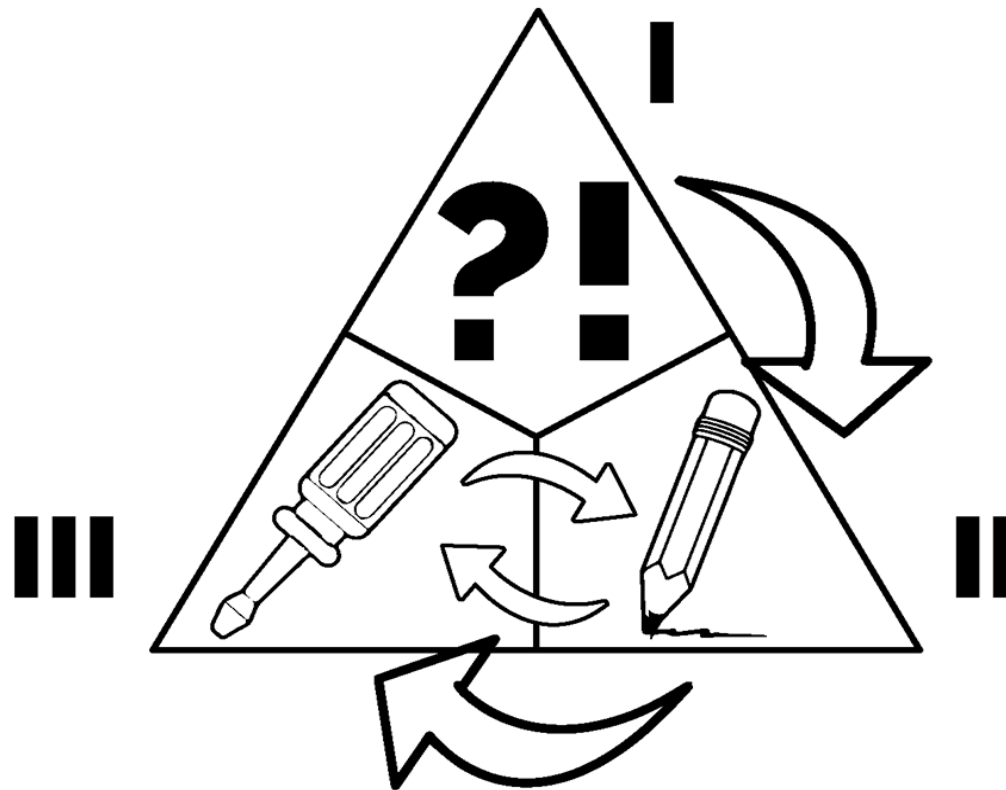
4.2 PROSESSIMALLI KUVAAMAAN OMAA TYÖSKENTELYÄNI

Työurani aikana olen kehittänyt oman tavan toimia, joka soveltuu myös muotoiluprosesseihin. Työskentelin suunnittelutehtävissä, joissa erilaiset projektit etenivät osittain yleisesti käytettyjä muotoiluprosessimalleja mukaillen. Työskentelytapani ei täysin vastaa yleisesti muotoilualalla käytettyjä prosessimalleja, vaikka yhtäläisyyksiäkin löytyy. Suurimpana erona omassa työskentelyssäniprosessissa ja yllä esitetyissä malleissa on käyttämäni tapa toistaa suunnittelu- ja prototypointivaiheita ja tällä tavoin iteratiivisesti toistamalla löytää paras ratkaisu. Prototypointivaiheessa varmistan suunnitteluvaiheessa tehtyjä ratkaisuja – tämä koskee muun muassa materiaalien ja valmistustapojen valintaa.

Kuvassa 19 on esitetty visualisointi käyttämästäni prosessimallista. Malli koostuu kolmesta osasta, joista jokaisella on tärkeä funktio muotoiluprojektin onnistumisen kannalta. Osassa I tunnistan ja määritän ongelman. Tämä vaihe vertautuu melko suoraan Double Diamond -mallin

ensimmäisessä timantissa tapahtuviin "Löydä"- ja "Määrittele"-vaiheisiin. Kysymysmerkki ja huutomerkki kuvaavat vaiheen luonnetta. Vaiheessa tunnistetaan ongelma ja määritetään kehityskohteet. Kun ratkaistava ongelma ja kehityskohteet on tunnistettu, voidaan siirtyä seuraavaan vaiheeseen.

Vaiheessa II alkaa suunnittelutyö, Kynä kuvaa suunnittelupöydän äärellä tapahtuvaa ideointia ja konseptointia. Tässä vaiheessa teen ensimmäisiä luonnoksia haluttujen ratkaisujen toteuttamiseksi. Minulle on luontevaa testata suunniteltuja ratkaisuja jo varhaisessa vaiheessa. Mallissani vaiheiden II ja III välillä olevat nuolet kuvaavat vaiheiden vuorovaikutusta ja toisiaan seuraavia vaiheita. Vaiheen III ruuvimeisseli kuvaa



Kuva 19. Visualisointi käyttämästäni prosessimallista

suunniteltujen ratkaisujen testaamista käytännössä. Tämä testaaminen voi olla jonkin tietyn yksittäisen komponentin testailua ja ominaisuuksien selvittämistä. Saatan myös testata erilaisia valmistustapoja tai materiaaleja selvittääkseni niiden soveltuvuuden suunnittelemaani käyttöön.

Vaiheiden II ja III välistä vuoropuhelua ja kiertoa voidaan toistaa tarvittava määrä. Joskus parikin iterointikierrosta on riittävä halutun lopputuloksen saavuttamiseksi. Monimutkaisemmissa projekteissa iterointia saatetaan tehdä pienemmissä osakokonaisuuksissa kymmeniäkin kertoja. Vaiheen III jälkeen ongelma ja kehityskohteet on ratkaistu ja laitetta voidaan testata käytössä. Testikäytön perusteella voidaan palata suunnitteluvaiheeseen. Joissakin projekteissa testikäytön perusteella havaitaan, että laitteelle alun perin laaditut vaatimukset ovat muuttuneet. Tällöin saattaa olla tarpeellista aloittaa suunnitteluprosessi alusta ja määrittää halutut kehityskohteet uudelleen.

Tämä kehittämäni ja käyttämäni malli soveltuu omaan käyttööni. Mielestäni malli sopii kuvaamaan fyysisten tuotteiden muotoiluprosessia ja siihen liittyviä työvaiheita. Malli sopii tarpeisiini, ja voin tarvittaessa käyttää muitakin malleja tai muokata käyttämäni mallia. Malli tukee työskentelyäni, ja sen käyttö on siten perusteltua.

4.3 SUUNNITTELUAJURIT

Suunnitteluajurit helpottavat ja ohjaavat suunnittelua kohti asetettua tavoitetta (Vaajakallio & Mattelmäki 2011, 97). Suunnitteluajurit ovat yleensä tiivistettyjä lausumia tai väittämiä, jotka kertovat, mitä tavoitteita tai arvoja suunnittelijan tulisi pitää mielessä suunnitteluprosessin aikana. Suunnitteluajurit auttavat suunnittelijaa suunnittelemaan käyttäjälähtöisiä ratkaisuja, jotka vastaavat käyttäjien todellisia tarpeita. Ne voivat myös auttaa suunnittelijaa tekemään parempia päätöksiä suunnittelun eri vaiheissa ja pitämään suunnittelun fokuksen oikeissa asioissa. Vertailuanalyysin ja muun aiheeseen liittyvän selvityksen perusteella voin asettaa suunnitteluajurit. Valojärjestelmälle asetetut suunnitteluajurit ja niiden kuvaukset on listattu seuraavissa alaluvuissa.

4.3.1 INFORMATIIVISUUS

Valojärjestelmän tulee olla informatiivinen ja muiden liikenteen osapuolten selkeästi tunnistettavissa. Tieliikenteessä käytettävien ajoneuvojen valojen värit on määritetty yksiselitteisesti. Myös tämän järjestelmän valot noudattavat näitä määräyksiä. Eteenpäin suunnatut valot lähettävät valkoista valoa, ja taaksepäin suunnatut valot lähettävät punaista valoa. Suuntamerkkitoiminnon ollessa kytkettynä suuntamerkki lähettää keltaista vilkkuvaa valoa noin 1 Hz taajuudella. Taajuus ja vilkkuvan valon väri vastaa muiden ajoneuvojen suuntavaloja, joten se on helppo tunnistaa suuntamerkiksi.

4.3.2 HELPPOKÄYTTÖISYYS

Helppokäyttöisyys tarkoittaa tuotteen tai palvelun kykyä olla helposti ja intuitiivisesti käytettävissä. Se tarkoittaa sitä, että käyttäjien on helppo oppia käyttämään tuotetta tai palvelua ja että he voivat käyttää sitä tehokkaasti ja sujuvasti ilman liikaa vaivaa tai turhautumista. Polkupyörän valojärjestelmän on oltava helppokäyttöinen, ja järjestelmän käytön on onnistuttava ilman, että käyttäjän tarvitsee merkittävästi kiinnittää huomiota käyttöön.

4.3.3 HAPTISUUS

Haptisuus tarkoittaa tuntoaistin välityksellä tapahtuvaa vuorovaikutusta. Se käsittää tuntemuksia ja kokemuksia, joita ihminen saa kosketuksesta, paineesta, lämpötilan vaihteluista ja muista vastaavista fyysikaalisista ärsykkeistä. Painonapin haptinen palaute on tärkeä osa käyttökokemusta, sillä se auttaa käyttäjää ymmärtämään, että hänen painalluksensa on rekisteröity. Haptinen palaute voi myös auttaa käyttäjää välttämään virheitä.

4.34 TURVALLISUUS

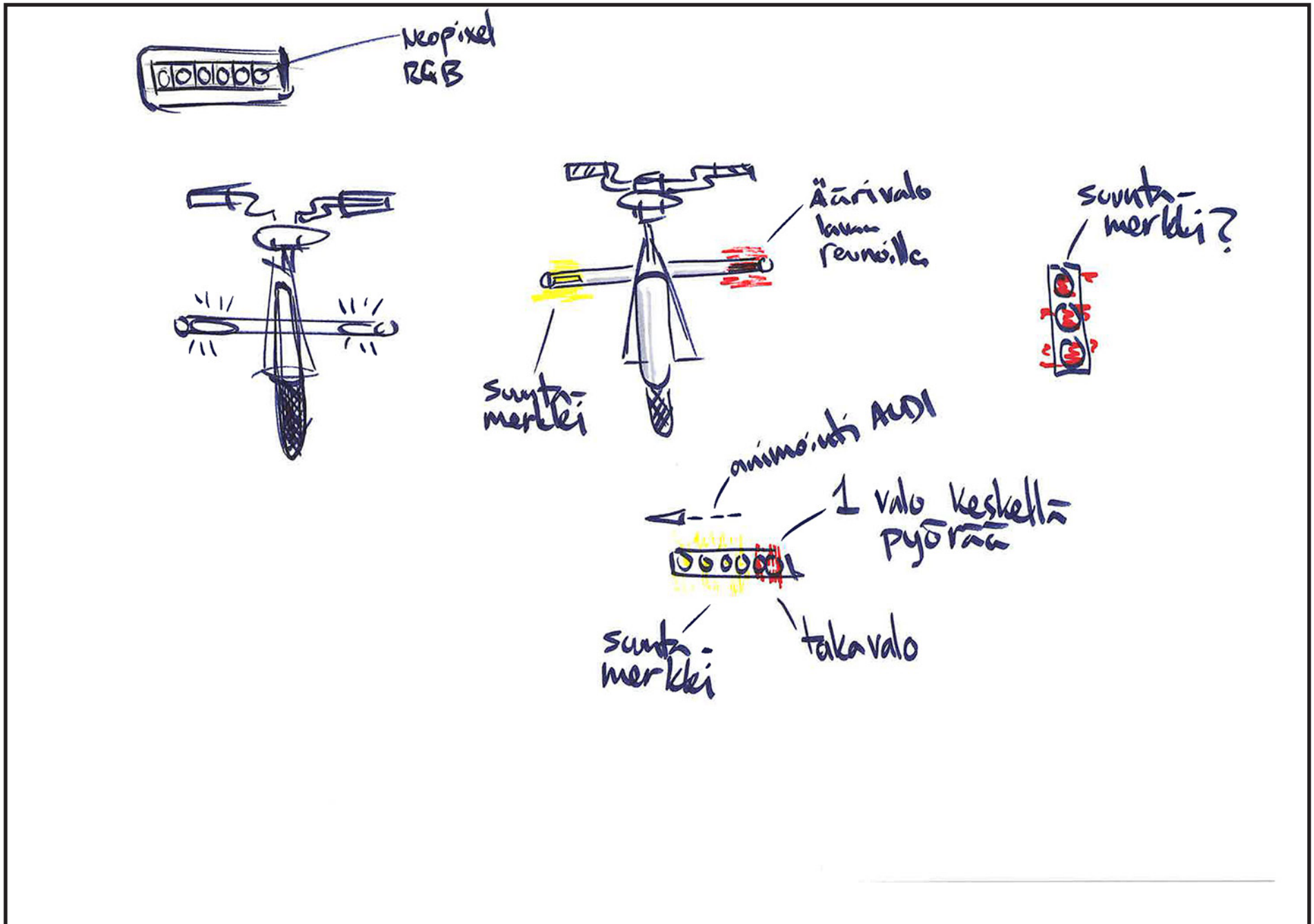
Moni polkupyöräilijä haluaisi käyttää ajorataa pyörän kuljettamiseen, mutta syystä tai toisesta he kokevat ajoradalla pyöräilyn vaaralliseksi. Pyörään asennettavan valojärjestelmän on vaikutettava liikenturvallisuuteen parantavasti. Jos pyöräilijä kokee laitteen parantavan hänen liikkumisensa ennakoitavuutta muiden tienkäyttäjien näkulmasta, hän voi kokea myös turvallisuuden parantuneen. Näin pyöräilijä voi tuntea olonsa turvallisemmaksi ja luottaa siihen, että myös muut tienkäyttäjät huomaavat hänet ajoissa.

4.4 LUONNOKSET JA ALUSTAVAT IDEAT

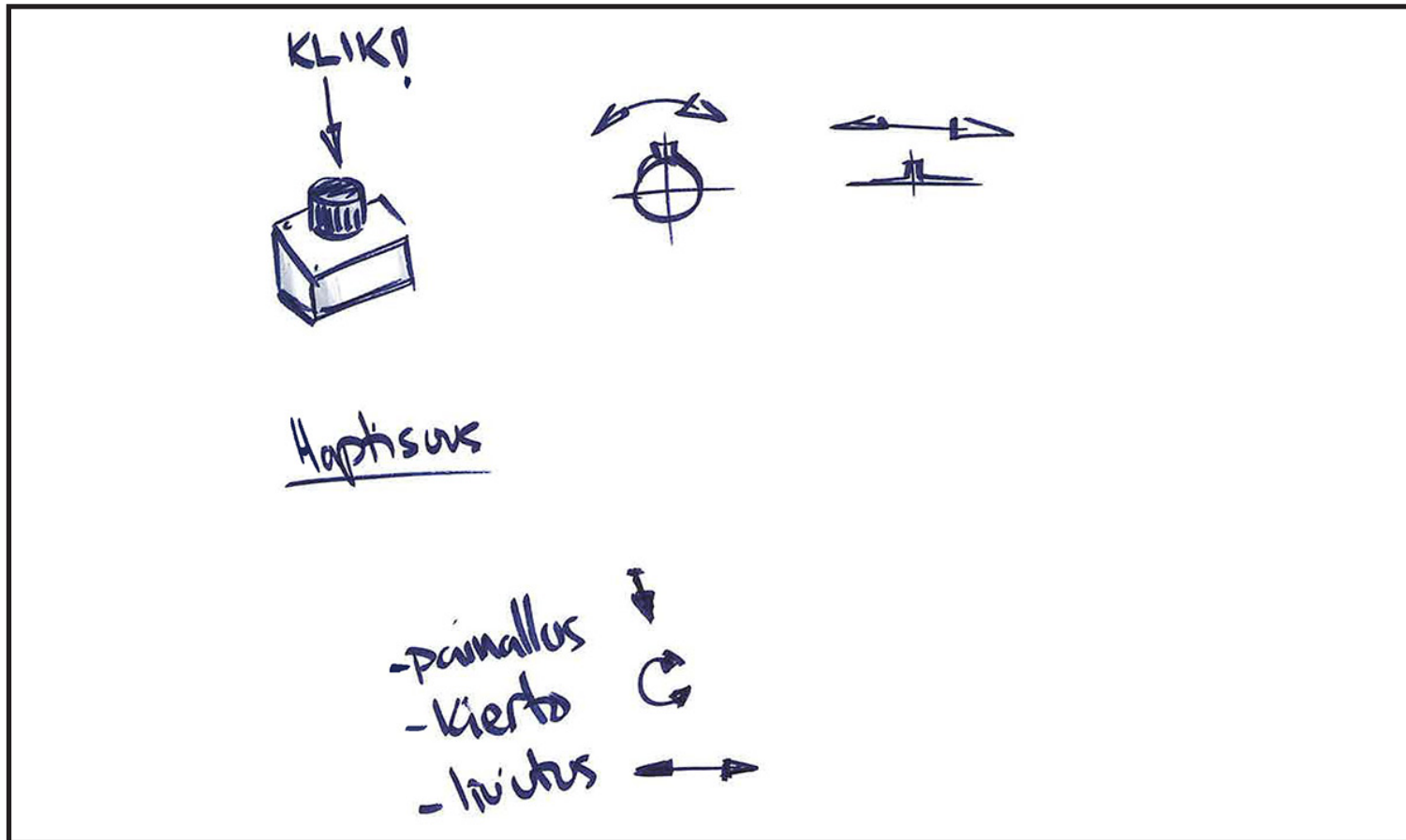
Laitteen alkuperäisestä ideasta lähtien sen toiminta on ollut jollain tasolla päätetty. Polku alkuperäisestä ideasta prototyypiksi saati valmiiksi tuotteeksi on pitkä ja vaatii paljon eri tasoista suunnittelua. Opinnäytetyön aiemmissa vaiheissa muodostetun tietoperustan ja suunnitteluajureiden määrittämisen perusteella halutut tavoitteet on asetettu, joten näitä tavoitteita toteuttavan prototyypin suunnittelulle on hyvät lähtökohdat.

Kuvassa 20 on esitetty luonnoksia ja ideoita laitteen toiminnoiksi. Valolähteeksi on valikoitunut ohjelmoitava RGB-ledi. Ideoinnissa on keskitytty kuormapyörän lavaan sijoitetun äärivalojärjestelmän toimintojen luonnosteluun. Tämä vaihtoehto on ollut minua itseäni eniten kiinnostava, koska ajatus polkupyörän valojärjestelmän kehittämisestä on lähtenyt liikkeelle juuri kuormapyörän lavan äärivaloista.

Luonnoksissa on myös hahmoteltu valojen toimintoja. Ohjelmoitavan ledin avulla voidaan toteuttaa animoitu suuntavallo. Kuvissa 21 ja 22 on hahmoteltu valaisimen käyttökytkimen käyttötapoja ja toimintatapaa. Jo luonnosteluvaiheessa painotin painonapin haptisen palautteen merkitystä. Muita pohdittuja asioita olivat kytkimen erilaiset käyttötavat. Käyttökytkintä voi käyttää painamalla, kiertämällä tai liu'uttamalla. Käyttökytkimen ja painikkeiden sijoittelu vaikuttaa kytkimen käytettävyyteen. Polkupyörän kuljettaja pitää kiinni ohjaustangon päihin sijoite-



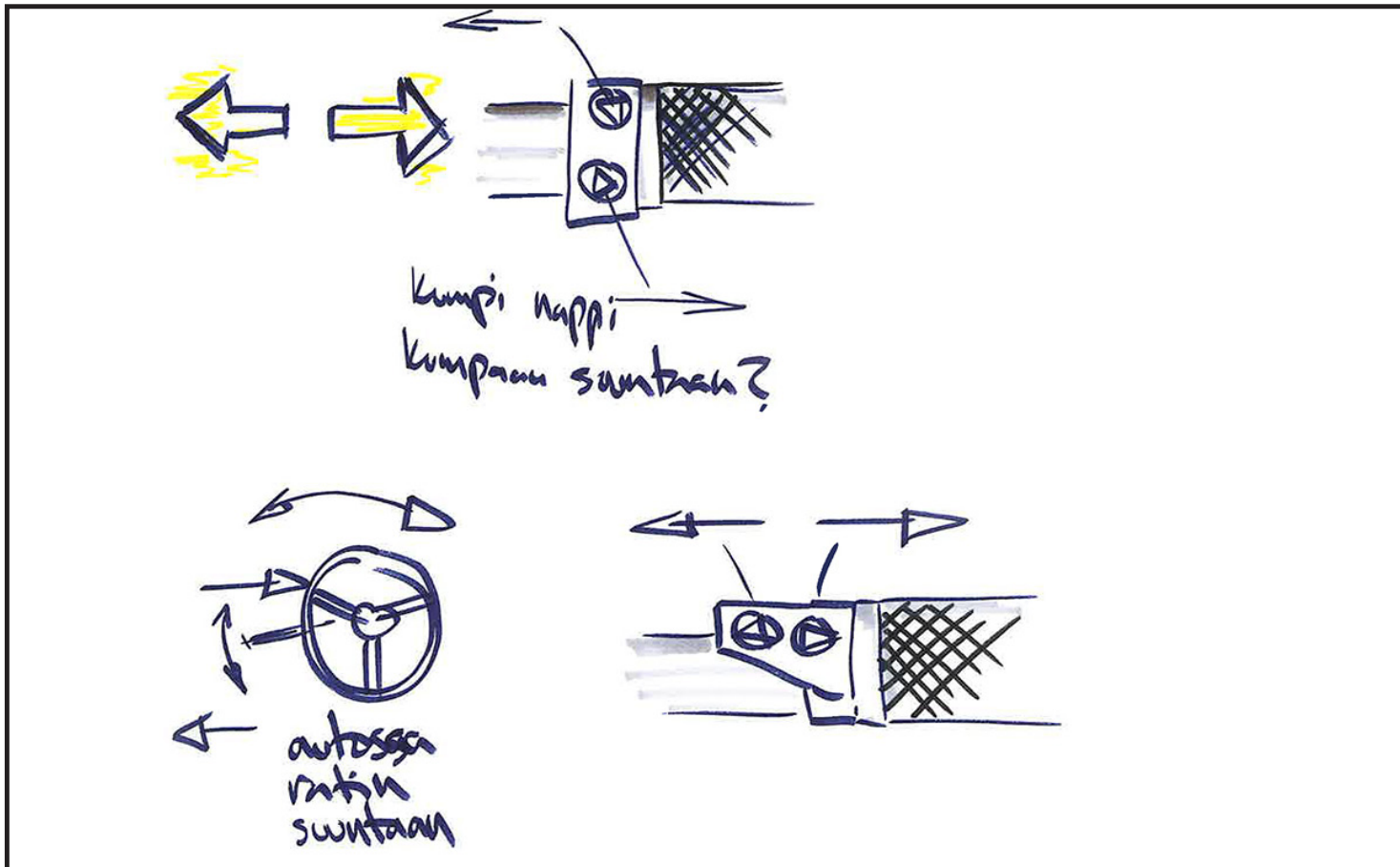
Kuva 20. Luonnoksia ja ideoita laitteen toiminnoiksi



Kuva 21. Käyttökytkimen käyttötavan luonnostelua

tuista kädensijoista, joten valojärjestelmän käyttökytkin on luonnollista sijoittaa kädensijojen läheisyyteen. Ohjaustangossa on asennettuina myös jarrukahvat ja vaihdevivut. Sähköavusteisissa polkupyörissä ohjaustangossa saattaa olla lisäksi sähköavustuksen säätämiseen tarkoitettut kytkimet.

Kuvassa 22 on myös punnittu auton suuntamerkin käyttötapaa ja analogiaa ohjausliikkeen suhteen. Autossa suuntamerkki vasemmalle kytketään painamalla suuntamerkin käyttövipua alaspäin eli ratin ohjausakselin keskipisteen suhteen vastapäivään kiertävällä liikkeellä. Vastaavasti rattia vastapäivään kääntämällä auto ohjautuu vasemmalle. Valojärjestelmän käyttökytkimen on oltava kompaktin kokoinen, jotta sen sijoittelu muiden ohjaustankoon kiinnitettyjen osien kanssa olisi mahdollisimman joustavaa. Asettamalla käyttökytkimen painikkeet



Kuva 22. Käyttökytkimen toimintatapa

pystysuuntaisesti, käyttökytkimen leveysuuntainen mitta olisi mahdollisimman pieni. Käyttäjälle pystysuuntaisesti sijoitettujen painikkeiden toiminta voi olla kuitenkin epäselvää. Sijoittamalla käyttökytkimen painikkeet vaakasuuntaisesti vierekkäin, käyttäjän on helppo tunnistaa painikkeiden toimintatapa. Vaakasuuntaisesti sijoitettu kytkin vaatii kuitenkin enemmän tilaa, ja kytkimen kotelon suunnittelussa on otettava muut ohjaustankoon asennetut osat huomioon.

4.5 TOIMINTOJEN MÄÄRITTÄMINEN PROTOTYYPPIIN

Luonnostelun ja muissa muotoiluprosessin vaiheissa tehdyn pohdinnan perusteella prototyypin toiminnoiksi ja toimintatavoiksi määritetään toteutustavat. Valolähteenä käytetään RGB-LED:ejä, joita ohjataan ohjelmoitavalla ohjausyksiköllä. Prototyypin ohjausyksikkö toteutetaan mikrokontrollerilla. Mikrokontrollerit ovat yksipiirisiä tietokonejärjestelmiä, jotka sisältävät prosessorin, muistia ohjelmakoodin tallentamiseen, yleiskäyttöisiä syöttö- ja lähtöliittimiä sekä muita ominaisuuksia, kuten ajastimia ja analogia-digitaalimuuntimia. Mikrokontrollerit on suunniteltu suorittamaan ohjelmakoodissa määritettyjä toimintoja.

Käyttökytkimellä on keskeinen osa valojärjestelmän toiminnassa. Kytkimen käytön tulee onnistua luontevasti ja toimintojen pitää olla varmatoimisia. Käyttökytkimen painikkeiden on oltava helppokäyttöiset ja painikkeiden painalluksesta on saatava selkeä haptinen palaute. Painikkeiden sijoittelu ja painikkeen kotelon suunnittelu edellyttää muiden ohjaustankoon kiinnitettävien komponenttien mittoihin tutustumista. Erilaisista käyttötavoista liu'utus ja painallus vaikuttavat toteutuskelpoisimmilta vaihtoehdoilta, mutta prototyyppiin valittu käyttötapa valikoituu saatavilla olevien komponenttien perusteella.

Polkupyörässä käsijarruja käytetään sormilla. Yleensä jarrutukseen käytetään etu- ja keskisormia, muiden sormien pysyessä kiinni kädensijassa. Vaihteita vaihdetaan useimmiten peukalolla ja etusormella. Oman kokemukseni mukaan käyttökytkimen luontevin käyttötapa on peukalolla. Kytkimen käytön tulee onnistua ilman, että käyttäjän tarvitsee irroittaa otettaan kädensijasta tai korjata käden asentoa normaalia ajoasennosta. Peukalon pituus ja ulottuvuus rajoittavat kytkimen sijoittelua kädensijan suhteen. Käyttökytkimen tulee olla riittävän lähellä kädensijaa, mutta myös muiden hallintalaitteiden sijainti pitää ottaa huomioon.

Laitteen koteloinnin erilaisten testimallien valmistukseen käytetään 3D-tulostusta. 3D-tulostus mahdollistaa nopean ja kustannustehokkaan prototyyppien valmistuksen. Valmistusmenetelmä mahdollistaa nopean testaamisen ja iteroinnin. 3D-tulostus mahdollistaa myös monimutkaisten muotojen valmistamisen, jotka olisivat muilla menetelmillä hankalampia ja kalliimpia toteuttaa.

Laitteen komponentit jakautuvat valaisinyksiköihin ja ohjauselektroniikkaan ja käyttökytkimeen. Käyttökytkin sijoitetaan polkupyörän ohjaus-tankoon muiden hallintalaitteiden lähetyville. Prototyypillä testaan laitteen käyttöä testiympäristössä ja voin arvioida laitteen toimivuutta todellisessa käyttöympäristössä liikenteessä. Laitteen kotelointi muodostuu valaisinyksiköiden, käyttökytkimen ja toimintoja ohjaavan mikrokontrollerin koteloista. Koteloinnin tehtävä on suojata laitteen komponentteja ulkoisilta olosuhteilta, kuten sääolosuhteilta ja iskuilta sekä mahdollistaa laitteen riittävän tukeva kiinnitys polkupyörään ja tarjota komponenteille kotelon sisäiset kiinnityspisteet. Prototyypivaiheessa koteloinnin ratkaisuja testataan 3D-tulosteilla.

5.1 VALAISINYKSIKÖN SUUNNITTELU

Valonlähteenä LEDit, Light Emitting Diode, ovat viimeisen kymmenen vuoden aikana yleistyneet. Ledejä käytetään laajasti merkkivaloina, erilaisissa näytöissä sekä yleisesti valaistukseen. Ledien suurimpia etuja ovat hyvä energiatehokkuus ja pitkäikäisyys. Myös ledien ohjauselektroniikka on kehittynyt, mikrokontrollereilla tai muilla ohjaimilla voidaan toteuttaa erilaisia animointeja ja muita tehosteita. Esimerkiksi autovalmistaja Audi hyödyntää ledien ja ohjauselektroniikan mahdollistamaa animointia ns. dynaamisissa suuntavalloissa, joissa valonauhat muodostavat juoksevan valokuvion auton suuntavalloissa.

Toteutan vastaavan suuntamerkin opinnäytetyössäni. Teollisuus- ja ajoneuvosovelluksissa käytetyt valolähteet ovat tarkasti määriteltyjä ja niiden ominaisuudet säädeltyjä, eivätkä nämä valolähteet ole yksityishenkilöiden saatavilla. Vastaavia komponentteja on kuitenkin olemassa. Adafruitin Neopixel- tai WS2812B-ledit ovat monipuolisesti ohjattavia ja säädettäviä RGB-LED:itä, joita yksityishenkilötkin voivat hankkia. Yksittäinen WS2812B-LED koostuu kolmesta erillisestä ledistä: punaisesta, vihreästä ja sinisestä. Kunkin värikanavan ohjaus on 8-bittinen, joten kanava voi toistaa 2^8 eli 256 sävyä. Kolmen värikanavan yhdistelminä WS2812B-ledit voivat toistaa jopa 16,7 miljoonaa eri värisävyä. Käytännön toteutuksissa WS2812B-ledit mahdollistavat valkoisen ja tuhansien eri värien toistamisen. (World-Semi i.a.)

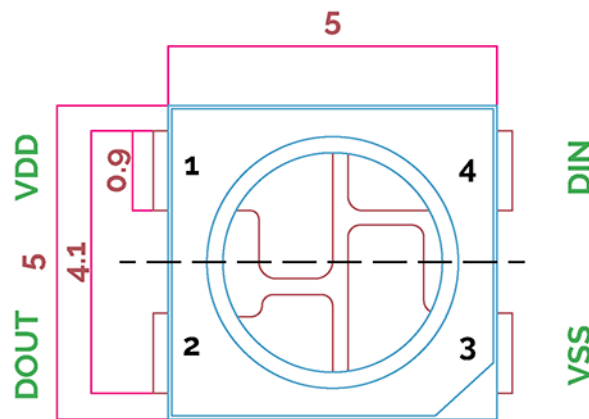
Käyttämällä näitä LED:itä, voin mikrokontrolleriohjauksella toteuttaa eteen valkoista ja taakse punaista valoa näyttävän valojärjestelmän,

sekä samoja valonlähteitä käyttäen toteuttaa suuntamerkin. Yksittäinen WS2812B-ledi on koteloitu 5050-moduulin mukaiseen koteloon. Pinta-asennettavien (SMD, surface-mounted devices) elektroniikkakomponenttien koteloinnit on standardoitu, 5050-koon kotelo on 5,0x5,0 millimetrin kokoinen (Wikipedia 2023c). Yksi valopiste on täten noin 5x5 millimetriä leveys- ja pituussuuntaan. Yksittäisenkin lediytimen valoteho olisi riittävä, mutta useampaa lediydintä käyttämällä dynaamisesta suuntamerkin animoinnista saa näyttävämmän. Valaisinyksikön koko kuitenkin kasvaa vastaavasti lediydinten määrää lisäämällä, joten fyysisen koon ja valoanimoinnin välillä on tehtävä kompromissi.

Varmistaakseni ledien lukumäärän riittävyyden, tein ensimmäisen prototyypin pidemmällä ledinauhalla. Tämän alustavan prototyypin perusteella neljällä ledillä sai toteutettua animoinnin riittävän näyttävästi, mutta lediyksikön koko ei kasvanut liian suureksi.

Valaisinyksikön piirilevy toimii runkona ja kiinnitysalustana ledeille. Ledien elektroninen kytkentä on verrattain yksinkertainen, yksittäisen ledin kotelossa on neljä kontaktiporttia kytkennöille. Kuvassa 23 esitetään yksittäisen WS2812B-ledin kytkentäkaavio.

PIN configuration

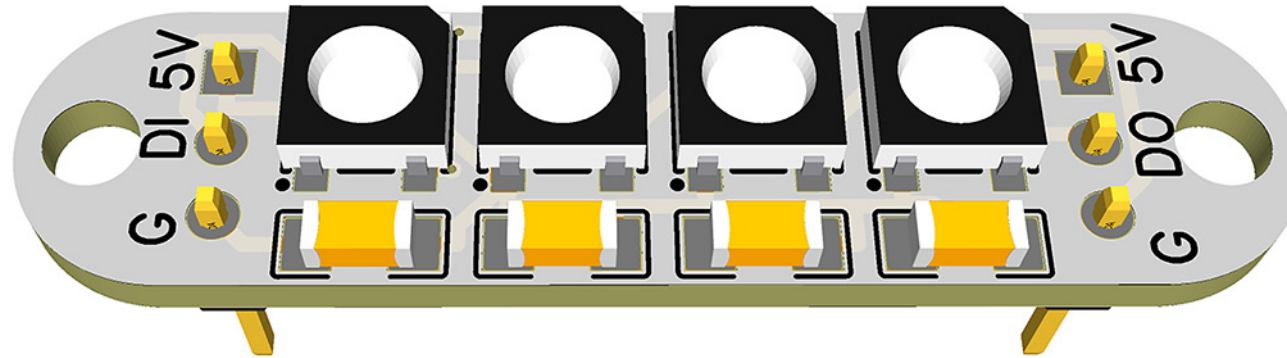


PIN function

NO.	Symbol	Function description
1	VDD	Power supply LED
2	DOUT	Control data signal output
3	VSS	Ground
4	DIN	Control data signal output

Kuva 23. WS2812B-ledin kytkentäkaavio

Kaavion mukaisesti porttiin VDD kytketään jännitesyöttö, porttiin DOUT kytketään ledistä uloslähtevä ohjaussignaali, porttiin VCC kytketään maataso ja porttiin DIN kytketään ledille saapuva ohjaussignaali. Piirilevyllä kiinnitetty ledit kytketään jännitesyötön osalta rinnan siten, että käyttöjännite (5 V) ja maataso (G) yhdistyvät kaikkiin ledeihin rinnakkain. Ohjaussignaalin osalta ledit kytketään sarjaan siten, että piirilevyllä saapuva ohjaussignaali saapuu ensimmäisen ledin DIN-porttiin ja jatkaa DOUT-portista seuraavan ledin DIN-porttiin. Näiden kytkentöjen lisäksi piirilevyllä sijoitetaan jokaiselle ledille oma kondensaattori suodattamaan häiriöitä. (World-Semi i.a.) Prototyypin varten suunniteltu piirilevy on esitetty kuvassa 24.



Kuva 24. Valaisinyksikön piirilevy

Prototyypissä käytetyt ledit ja kondensaattorit on valittu sopimaan myös myöhempisiin kehitysversioihin. Nämä komponentit vastaavat elektromagneettisuudessa yleisesti käytettyjä pinta-asennettavia SMD-komponentteja. Prototyypin piirilevyyn valitut liittimet toimivat testikäytössä, mutta myöhempisiin kehitysversioihin liittimien malli tulee päivittää. Piirilevyssä käytettyjen liittimien suurimmat puutteet ovat polariteetin puuttuminen ja liittoksen löystyminen esimerkiksi tärinän takia. Polariteetin eli napaisuuden puuttuminen voi aiheuttaa oikosulun, mikäli liitin asennetaan väärin päin piirilevyllä. Prototyypissä johtimien irtoamisriskiä on pienennetty juottamalla valoyksiköiden väliset kytkentäkaapelit liittimen sijaan suoraan kiinni piirilevyyn. Piirilevyjen ja johtojen välisten liittoksien juottaminen on toimiva menetelmä prototyypissä, mutta selkeä parannuskohde järjestelmän jatkokehittämisessä.

5.2 VALAISINYKSIKÖN KOTELOINTI

Valaisinyksikkö koostuu ledien peitelevystä ja runko-osasta. Linssin tai valojen peitelevyn materiaaliksi valikoitui polymetyylimetakrylaatti, puhekielessä usein PMMA-muovi tai akryyli. Akryyli on helposti työstettävissä ja muovattavissa sekä optisilta ominaisuuksiltaan valaisinsovelluksiin sopiva (Wikipedia 2023a). Valaisimissa käytetään usein täysin kirkkaan akryylin sijaan huurrettua opaalmuovia. Huurrettu muovi päästää valoa läpi, mutta hajottaa valonsäteitä, tehden valokuvioista pehmeämmän. Testasin erilaisia akryylilaatuja sopivan linssimateriaa-

lin löytämiseksi. Tein prototyyppeihin linssit täysin kirkkaasta sekä kevyesti ja voimakkaasti huurrettu 3 millimetriä vahvasta akryylilevystä. Näistä materiaaleista parhaiten suunnittelemani käyttöön soveltui voimakkaasti huurrettu akryylilevy. Levy päästää valoa läpi ja hajottaa valokuvion pehmeäksi sekä samalla piilottaa levyn taakse asennetut ledit näkymättömiin. Kirkas ja kevyesti huurrettu akryylilevy eivät pehmentäneet valoa, ja yksittäiset ledit näkyivät selkeästi levyn läpi. Etenkin täysin kirkkaan levyn kohdalla yksittäiset ledit olivat jopa häiritsevän kirkkaita ja pistemäisiä valonlähteitä.

Valojärjestelmä kiinnitetään kuormapyörän lavan rakenteisiin kotelon runko-osalla. Runko-osan sisäpuolelle asennetaan valaisinyksikön piirilevy ja piirilevyn päälle ledien peitekansi. Piirilevy kiinnittyy runkoon levyn päissä olevilla rei'illä. Testikäyttöä varten suunniteltu valaisinyksikön kotelo on esitetty kuvassa 25.



Kuva 25. Valaisinyksikön kotelo

Valmis valaisinjärjestelmä asennetaan kuormapyörän lavan rakenteisiin. Kuvassa 26 on esitetty mallinnos, jossa valaisinyksikön kotelo on asennettu kuormapyörään. Kuvassa 27 on esitetty laajempi renderöinti, jossa on mallinnettu valaisinjärjestelmän näyttämää valokuvia.



Kuva 26. Valoyksikön kotelo kuormapyörän lavassa



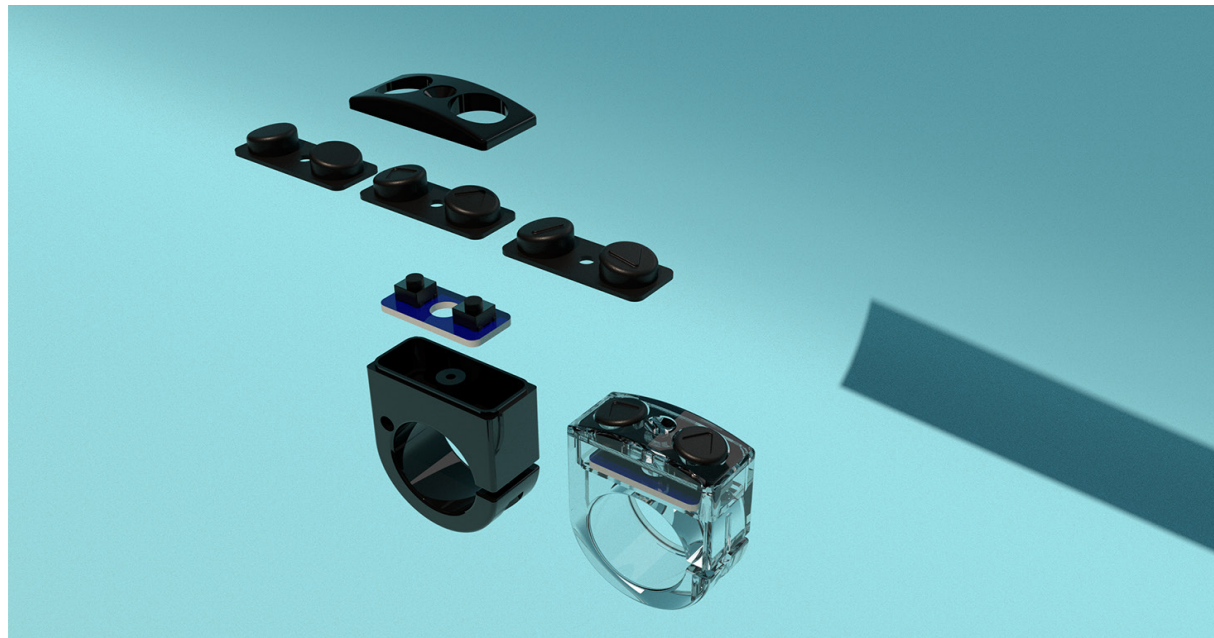
Kuva 27. Renderöinti valojärjestelmän näyttämästä valokuvioista

Testikäyttöä varten valojärjestelmä asennetaan halkaisijaltaan 22,2 millimetriä paksuun putkeen. Putken halkaisija vastaa polkupyörän ohjaustangon halkaisijaa. Testikäytössä putkeen asennetaan myös jarrukahva, vaihdevipu, kädensija sekä käyttökytkin. Valojärjestelmän prototyyppi tullaan asentamaan ohjaustangon sijaan lavan rakenteisiin. Testikäytössä valojärjestelmän käyttökytkintä voidaan testata polkupyörän muiden hallintalaitteiden kanssa.

5.3 KÄYTTÖKYTKIMEN SUUNNITTELU

Aivan ensimmäisissä testeissä käytettiin pieniä kalvotoimisia kytkimiä, joilla testattiin ohjelmakoodin toimimista kytkinten lukemisessa. Ensimmäisen testikäytön jälkeen alustavissa suunnitelmissa kotelomallina oli kotelo, jossa kytkimet oli sijoitettu pystysuuntaan. Kuva alustavan suunnitelman mukaisesta käyttökytkimen kotelosta on esitetty kuvassa 28.

Alustavien testien jälkeen kytkinten sijoittelu on muuttunut vaakasuuntaiseen. Tämä sijoittelu on käyttäjän kannalta selkeämpi ja helppo-

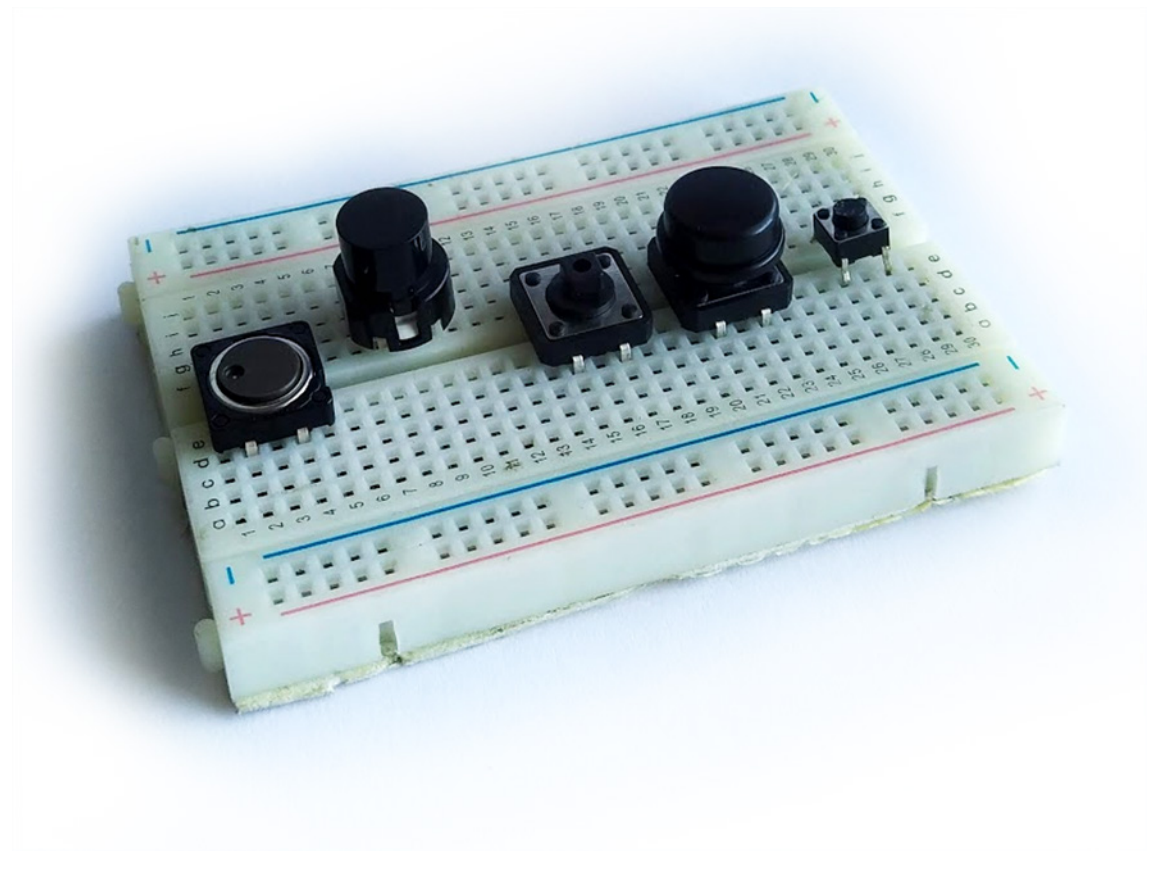


Kuva 28. Alustava mallinnus käyttökytkimestä

käyttöinen. Käyttökytkimen komponenteiksi valikoitui alustavan testin kytkimien kanssa samalla periaatteella toimivia kalvokytkimiä. Kytkinten toiminta perustuu joustavaan kalvoon, joka painalluksen voimasta joustaa ja luo sähköisen kontaktin. Kalvokytkimiä käytetään yleisesti sähkölaitteissa muun muassa kalvokytkinten varmatoimisuuden vuoksi. Prototyyppiä varten testattaviksi valikoitui erilaisia kytkimiä. Kytkinmallit on esitetty kuvassa 29.

Käyttötestin perusteella paras tuntuma on kuvassa vasemmassa laidassa sijaitsevassa kytkimessä. Kytkimen kotelon koko on 12 mm x 12 mm. Kytkin on melko isokokoinen, mutta käyttötuntuma oli ehdottomasti testatuista kytkimistä paras. Palaute kytkimen painamisesta on selkeä ja helposti tunnistettava.

Käyttökytkimen painikkeet on kytketty valojärjestelmän toimintoja ohjaava mikrokontrollerin syöttöliittimiin, joita mikrokontrolleri seuraa ja tunnistaa painikkeen painallukset. Käyttökytkimessä on kaksi kalvokytkintä, joista toista käytetään suuntamerkin käyttämiseen vasemmalle ja toista vastaavasti oikealle. Kahden kytkimen seuraamiseen mikrokontrollerista käytetään kahta syöttöliitintä ja maatasoon yhdistettyä liitintä. Mikrokontrollerin ja käyttökytkimen välinen kytkentäkaapeli on kolmella erillisellä johtimella varustettu kaapeli. Prototyypin käyttökytkintä varten ei suunnitella erillistä piirilevyä, vaan kytkimet asennetaan kotelon sisälle ja mikrokontrollerille lähtevät johdot juotetaan kiinni kytkinten jalkoihin.



Kuva 29. Erilaisia kalvokytkimiä

5.4 KÄYTTÖKYTKIMEN KOTELOINTI

Opinnäytetyön väliseminaarissa laitteen toimintoja havainnollistettiin demolaitteistolla. Laitteisto koostui halkaisijaltaan 22,2 millimetriä paksuun putkeen asennetuista valoyksiköistä, mikrokontrollerin kotelosta, virtalähteestä ja käyttökytkimestä. Virtalähteenä käytettiin virtapankkia. Käyttökytkimen painikkeet oli sijoiteltu pystysuuntaisesti. Käyttökytkimen painikkeiden sijoittelu on muuttunut työn edettyä ja vaatimusten selkiytyttyä. Käyttökytkimen mitoituksen perustana käytettiin peukalon pituutta. Tein vertailumittauksen lähipiirini henkilöiden peukaloiden pituuksista mittaamalla kohtisuoraan kämmenestä sivulle ojennetun peukalon pituuden. Peukaloiden pituuksissa oli hieman hajontaa. Peukaloiden pituudet olivat kuitenkin alle 10 millimetrin pituusvaihteluilla. Oman peukaloni pituus asettui kolmesta mitatusta peukalosta keskimmäiseksi. Kuvassa 30 on esitetty peukalon pituus mitattuna polkupyörän ohjaustangon kädensijalla pidetystä peukalosta.

Peukalon kokonaispituus kämmenen syrjästä oli noin 65 millimetriä.

Luontevin kohta painaa käyttökytkimen painiketta on noin keskellä sormenjälkeä. Sormenjäljen keskikohta on noin 50 millimetriä

kämmenen syrjästä. Kuvassa 30 ote kädensijasta ja käden asento lyhentää hieman kokonaisulottuvuutta. Kuvan perusteella ohjaustangosta pidettäessä sormenjäljen keskikohta on noin 45 millimetriä kämmenestä. Kuvassa 31 esitetään jarrutusote etu- ja keskisormella.

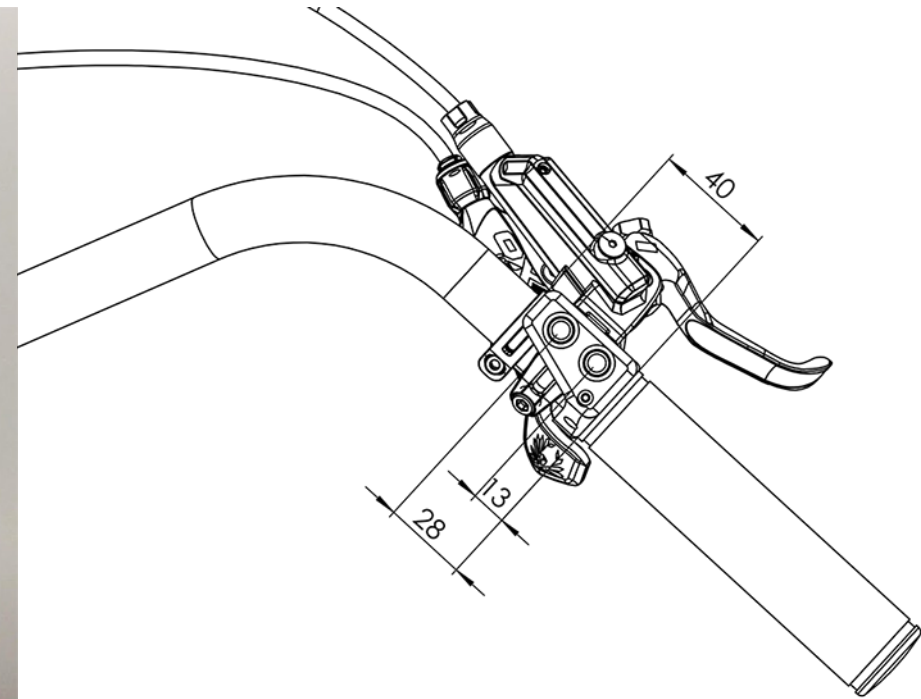
Käyttökytkin sijoitetaan kädensijan ja jarrukahvan väliin. Käytännössä jarrukahvan ja kädensijan väliin jää rajattu tila. Jarrukahvan muotoilusta riippuen asennusetäisyys kädensijaan on noin 10 - 20 millimetriä. Tavallisessa ohjaustanko-otteessa kämmen asettuu lähelle kädensijan jarrukahvan puoleista reunaa. Peukalon kokonaispituus ja ulottuma huomioiden, käyttökytkimen kotelon kooksi määrittyy leveys-



Kuva 30. Peukalon pituus



Kuva 31. Jarrutusote etu- ja keskisormella



Kuva 32. Kotelon mitoitus

suunnassa noin 40 millimetriä. Kuvassa 32 on esitetty mallinnetun kotelon mitoitus ja painikkeiden etäisyys kotelon ja kädensijan reunasta. Kuvassa 33 on esitetty kasattu kokoonpanomalli polkupyörän ohjaustangon, jarrukahvan ja kädensijan kanssa. Kuvassa 34 on esitetty räjäytyskuva käyttökytkimen kotelosta.

Käyttökytkimen kotelo on valmistettu 3D-tulostamalla. Kotelo koostuu kolmesta osasta ja kiinnitystarvikkeista. Ohjaustankoon kiinnitettävän kotelon runko-osassa on tila kalvokytkimille. Kytkimien päälle asennetaan painikeosa, joka kiinnitetään paikalleen kotelon kannella. Kotelon kannessa on yksinkertainen huullosreuna, mutta varsinaista eristystä ei ole vielä suunniteltu. Käyttökytkintä voidaan käyttää laitteiston testaukseen. Opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää ja toteuttaa prototyypin muodossa fyysinen konsepti, jonka avulla valojärjestelmää voidaan jatkokehittää.



Kuva 33. Kokoonpanokuva käyttökytkimestä asennettuna ohjaustankoon



Kuva 34. Käyttökytkimen räjäytyskuva

6

LAITTEISTON TESTAUS

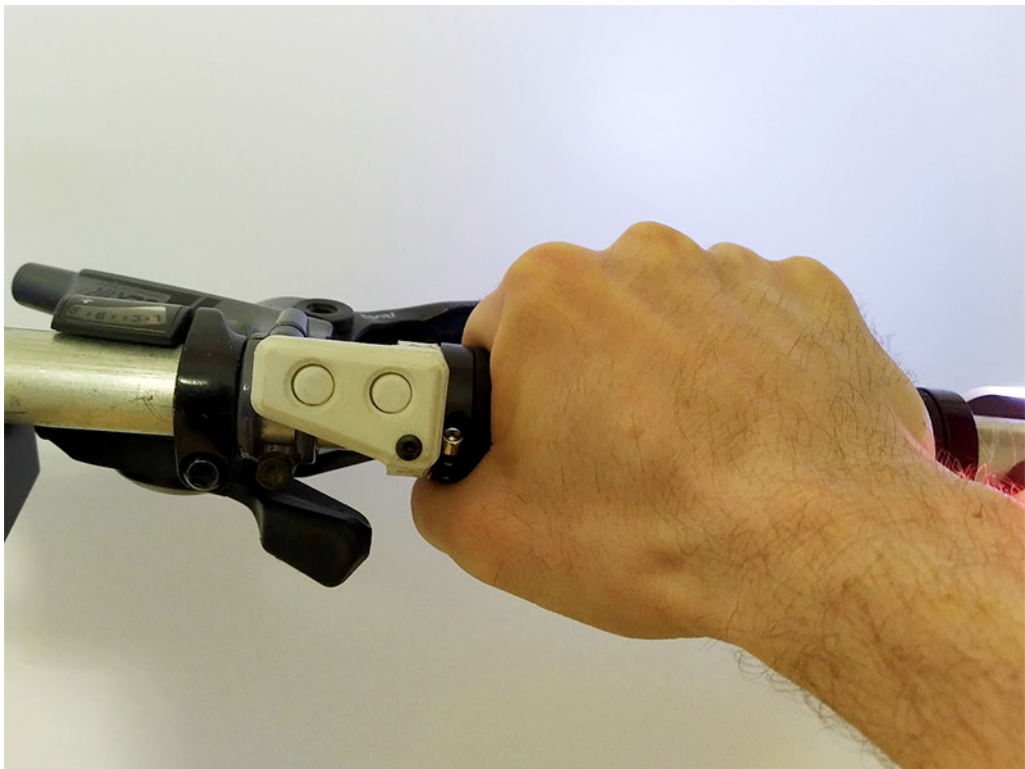
Valojärjestelmän testikäyttö on toteutettu esitysseminaarin demolaitteiston kaltaisella järjestelmällä, johon on päivitetty käyttökytkin ja muut komponentit. Testilaitteisto on esitetty kuvassa 35. Testilaitteistolla testataan laitteen toimintoja, käyttökytkimen käytettävyyttä ja kytkimen sijoittelua muiden polkupyörän hallintalaitteiden yhteyteen. Laitteiston lisäksi käyttökytkin on ollut testattavana polkupyörän ohjaus-tankoon asennettuna.

Testilaitteen testaukseen osallistui kuusi käyttäjää. Testilaitteistolla toteutettujen käytettävyytestien perusteella käyttökytkin on helppo-käyttöinen. Käyttökytkimen painikkeet ovat varmatoimisia ja rekisteröivät ne painallukset täsmällisesti. Painikkeiden sijoittelu vaakasuun-taisesti helpottaa suuntamerkkitoiminnon tunnistettavuutta ja oikean painikkeen valintaa. Haptinen palaute painikkeen painalluksen yhtey-

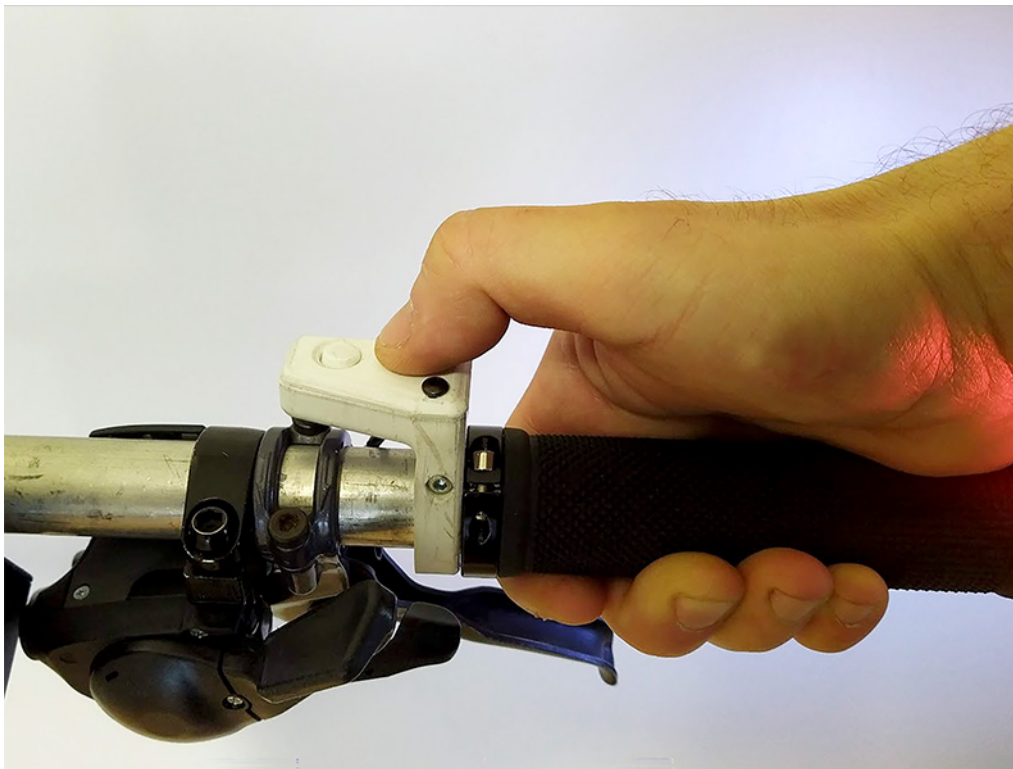


Kuva 35. Testilaitteisto

dessä koettiin selkeäksi. Testikäytön perusteella osa testaajista koki kotelon mitoituksen ja painikkeiden etäisyyden kädensijasta hieman haasteellisiksi. Kytkimen painikkeet sijaitsivat liian kaukana kädensijasta ja niiden käyttö oli hankalaa. Painikkeiden käyttö onnistui testilaitteella, mutta etenkin pienikätiset testaajat joutuivat siirtämään kättään lähemmäs käyttökytkintä. Ongelma johtuu osittain käyttökytkimen etäisyydestä sivusuunnassa, mutta merkittävän osan ongelmasta aiheuttaa käyttökytkimen etäisyys ohjaustangon pinnasta. Kuvassa 36 on esitetty käden ote testijärjestelmän kädensijasta. Kuvassa 37 on esitetty painikkeen painaminen testijärjestelmän painikkeella. Painikkeiden



Kuva 36. Ote testijärjestelmän kädensijasta



Kuva 37. Painikkeen painaminen testijärjestelmässä

etäisyys kädensijasta on noin 25 millimetriä. Etäisyys on liian suuri, ja painikkeen painaminen edellyttää kämmenen irrottamista kädensijasta. Tämän haasteen ratkaiseminen vaatii jatkokehitystä.

Valojärjestelmän suuntamerkkitoimintoa pidettiin toimivana ja informatiivisena. Kaksi testaajista pohti mahdollisen virhetilanteen ja suuntamerkkitoiminnon keskeyttämisen mahdollisuutta. Kehitysehdotuksena esitettiin suuntamerkkitoiminnon keskeyttämistä esimerkiksi paina-

malla painiketta uudestaan. Testilaitteessa suuntamerkkitoiminto oli kytkettynä yhdellä painalluksella yhteensä yhdeksän kertaa. Laitteiston yksi suuntamerkkisykli kestää noin 10 sekuntia. Kestoa pidettiin sopivana normaaliin käyttöön, mutta joissain tilanteissa suuntamerkkitoiminto voisi olla päällä pidempään. Laitteiston käytettävyyttä parantaisi suuntamerkkitoiminnon keston pidentäminen ja merkkisyklin keskeytystoiminnon lisääminen.

Testikäyttö varmisti valojärjestelmän valoyksikön toiminnan informatiiviseksi. Äärivalojärjestelmä parantaisi polkupyöräilijän havaittavuutta ja suuntamerkkitoiminto lisäisi ennakoitavuutta liikenteessä. Testikäytössä nousi ilmi jatkokehityskohteita. Jatkokehityskohteita on käsitelty osana johtopäätöksiä.

Liikenneturvallisuus on laaja kokonaisuus, joka koostuu useasta osatekijästä. Lainsäädäntö määrittää yhteiset pelisäännöt, mutta lopulta liikenteen osapuolet vaikuttavat kokonaisturvallisuuteen liikennekäyttäytymisellään. Liikenteessä ajoneuvojen kuljettajat tekevät ratkaisuja perustuen oletuksiin toisten osapuolten ajolinjoista ja muusta liikkumisesta. Parantamalla muiden osapuolien ennakoitumahdollisuuksia liikenteessä polkupyörän kuljettaja voi vaikuttaa osaltaan omaan ja muiden turvallisuuteen.

Testikäytössä tehtyjen havaintojen perusteella voidaan todeta, että valojärjestelmällä voisi olla liikenneturvallisuutta parantava vaikutus. Parantamalla testikäytössä havaittuja kehityskohteita valojärjestelmällä voisi olla kaupallista potentiaalia. Jatkokehityksessä tulee ratkaista käyttökytkimen sijoitteluun liittyvät asiat. Prototyypissä käyttökytkin oli sijoitettu ohjaustangon oikealle puolelle. Painikkeiden etäisyys kädensijasta vaatii tarkempaa tutkimusta sormien liikkuvuuden määrittämiseksi. Jatkokehityksessä voisi aloittaa käyttöpainikkeiden sijoittelusta ohjaustangon molemmille puolille käytettävyyden parantamiseksi. Lisäksi tulisi tutkia suuntamerkkitoiminnon merkkisyklin optimaalista kestoa.

Markkinoilla on olemassa toimijoita, joilla on valmiudet kehittää valojärjestelmä valmiiksi tuotteeksi. Esimerkiksi vertailuanalyysissä vertailun VanMoofin ajovalot on kehittänyt taiwanilainen Ligitek Electronics. Näkisin, että tulevaisuudessa valojärjestelmän käyttökohteita olisivat erityisesti sähköavusteiset polkupyörät. Sähköavusteisten polkupyörien markkinaosuus kasvaa vuosi vuodelta, ja pyöräilijöiden osuus liikenteessä kasvaa. Sähköavusteisilla polkupyörillä ajonopeudet ovat korkeampia ja polkupyöräilijät kulkevat osana liikenevirtaa. Sähköpolkupyörän käyttäjät ovat valinneet tavanomaista pyörää teknisemmän ratkaisun, joten he voivat olla valmiimpia uusien teknisten ratkaisujen kokeiluun.

Liikenneturvallisuutta kehitetään aktiivisesti. Osana kehitystä tieliikennelainsäädäntöä tullaan todennäköisesti jollain aikavälillä uudistamaan myös pyörien teknisten ominaisuuksien osalta. Polkupyöräalan kannattaa ennakoida näitä muutoksia ja kehittää ratkaisuja vastaamaan muutoksiin.

LÄHTEET

Anttila, Pirkko 2014. Tutkimisen taito ja tiedon hankinta. 6.1.1 Tutkimuksen viitekehys. <meto-dix.fi/2014/05/17/anttila-pirkko-tutkimisen-taito-ja-tiedon-hankinta> (Viitattu 11.2.2022)

Burgess, Phillip; Rembor, Kattni; Fried, Limor 2013. Adafruit NeoPixel Überguide. <learn.adafruit.com/adafruit-neopixel-uberguide/the-magic-of-neopixels> (Viitattu 4.3.2023)

Digi-Key: sähköinen tietosivu. WS2812B. <digi-key.fi/en/datasheets/parallaxinc/parallax-inc-28085-ws2812b-rgb-led-datasheet > (Viitattu 4.3.2023)

Design Council 2023. The Double Diamond. <designcouncil.org.uk/our-work/skills-learning/the-double-diamond/> (Viitattu 2.1.2023)

Ford, Ryan 12.10.2022. Design is not a formula, it's an odyssey: replacing the Double Diamond. <uxdesign.cc/design-is-not-a-process-its-an-odyssey-replacing-double-diamond-d6bc06965238> (Viitattu 2.1.2023)

Innanen, Pia 8.12.2018. Palvelumuotoiluprosessin vaiheet. <palvelumuotoilupalo.fi/blogi/palvelumuotoilun-prosessin-vaiheet> (Viitattu 2.1.2023)

Keinonen, Turkka & Jääskö, Vesa 2003. Tuotekonseptointi. Helsinki: Teknologainfo Teknova Oy

Koivisto, Mikko; Säynäjäkangas, Johanna; Forsberg, Sofia 2019. Palvelumuotoilun bisneskirja. Sähköinen materiaali, 2019 painos. Helsinki: Alma Talent

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom 2020. Uuden tieliikennelain periaatteet. <traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/uuden-tieliikennelain-periaatteet> (Viitattu 7.4.2023)

Mattson, Christopher A., Sorensen, Carl D. 2020. Product Development, Principles and Tools for Creating Desirable and Transferable Designs. Sähköinen materiaali, 2020 painos. Cham, Sveitsi: Springer Nature Switzerland AG

Newman, Damien i.a. The Design Squiggle. <thedesignsquiggle.com> (Viitattu 2.1.2023)

Nielsen, Jakob 2020. 10 Usability Heuristics for User Interface Design. <nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/> (Viitattu 23.4.2023)

Ojasalo, Katri; Moilanen, Teemu; Ritalahti, Jarmo 2015. Kehittämistyön menetelmät – Uudenlaista osaamista liiketoimintaan. Helsinki: Sanoma PRO Oy

Reinertsen, Donald G. 1999. Taking the Fuzziness Out of the Fuzzy Front End. Research-Technology Management

Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung 2012. Saksalainen tieliikenneasetus. <gesetze-im-internet.de/stvzo_2012> (Viitattu 23.4.2023)

Tieliikennelaki. 10.8.2018/729 <finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2018/20180729> (Viitattu 23.4.2023)

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes. CE-merkintä. <tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/ce-merkinta> (Viitattu 19.4.2023)

Tuulaniemi, Juha 2011. Palvelumuotoilu. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy

Vaajakallio, Kirsikka & Mattelmäki, Tuuli 2011. Miettinen, Satu toim. Palvelumuotoilu : uusia menetelmiä käyttäjätiedon hankintaan ja hyödyntämiseen. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy

Väyrynen, Seppo; Nevala, Nina; Päivinen, Minna 2004. Ergonomia ja käytettävyys suunnittelussa. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy

Valtioneuvoston julkaisu 2016. Tiedosta liikenneturvallisuutta : Valtioneuvoston periaatepäätös tieliikenneturvallisuuden parantamiseksi. <urn.fi/URN:NBN:fi-fe201701031056> (Viitattu 7.4.2023)

Wikipedia, vapaa tietosanakirja 2023a: Polymethyl methacrylate. <en.wikipedia.org/w/index.php?title=Poly(methyl_methacrylate)&oldid=1150009966> (Viitattu 1.4.2023)

Wikipedia, vapaa tietosanakirja 2023b: RGB-värimalli. <fi.wikipedia.org/w/index.php?title=RGB-v%C3%A4rimalli&oldid=21218665> (Viitattu 1.5.2023)

Wikipedia, vapaa tietosanakirja 2023c: SMD LED. <en.wikipedia.org/w/index.php?title=SMD_LED&oldid=1145951703> (Viitattu 15.3.2023)

KUVALÄHTEET

Kuva 5. Cake Makka Polestar -sähkömopo. Yrityksen verkkosivut, mediapaketti 2023. <ridecake.com/en>

Kuva 6. Makka-sähkömopon käyttökahva. Yrityksen verkkosivut 2023. <ridecake.com/en>

Kuva 7. VanMoof A5 -sähköavusteinen polkupyörä. Yrityksen verkkosivut, mediapaketti 2023. <vanmoof.com>

Kuva 8. VanMoof S5 -sähköavusteisen polkupyörän takavallo. Yrityksen verkkosivut, mediapaketti 2023. <vanmoof.com>

Kuva 9. VanMoof S5 -sähköavusteisen polkupyörän etuvalo. Yrityksen verkkosivut, mediapaketti 2023. <vanmoof.com>

Kuva 10. Halo Ring -led-pilari oletustilassa. Yrityksen verkkosivut, mediapaketti 2023. <vanmoof.com>

Kuva 11. Halo Ring -led-pilari virhetilassa. Yrityksen verkkosivut, mediapaketti 2023. <vanmoof.com>

Kuva 12. Velorian-valaisinjärjestelmän käyttökytkin. Yrityksen verkkosivut. <velorian.de>

Kuva 13. Velorian-valaisinjärjestelmän käyttökytkin. Yrityksen verkkosivut. <velorian.de>

Kuva 14. Luova prosessi kuvattuna visuaalisesti. Dustyn Gobler -blogi. <dustyngobler.wordpress.com/tag/omniplan>

Kuva 15. British Design Council -järjestön julkaisema Double Diamond -malli. Järjestön verkkosivut. <designcouncil.org.uk>

Kuva 16. Palvelumuotoilu Palon muokkaama prosessimalli. Yrityksen verkkosivut. <palvelumuotoilupalo.fi>

Kuva 17. Design Odyssey Framework -malli. Kollektiivin verkkosivut. <uxdesign.cc/design-is-not-a-process-its-an-odyssey-replacing-double-diamond-d6bc06965238>

Kuva 18. The Design Squiggle -malli. Suunnittelijan verkkosivut. <thedesignsquiggle.com>

Kuva 35. Testilaitteisto. Justus Hirvi