

Miklas Suokas

KONTTIKIINNITTEISEN RFID- TUNNISTEKOTELON MUOTOILU SEKÄ TESTISARJAN VALMISTUS


Opinnäytetyö
Muotoilun koulutusohjelma

Syyskuu 2014




MAMK
University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

		Opinnäytetyön päivämäärä 8.5.2014
Tekijä(t) Miklas Suokas	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Muotoilun koulutusohjelma Teollinen muotoilu	
Nimeke Konttikiinnitteisen rfid-tunnistekotelon muotoilu sekä testisarjan valmistus		
Tiivistelmä Opinnäytetyöni aiheena oli suunnitella ja valmistaa testisarja koteluita Lappeenrannan yliopiston Savo Sustainable Technologies, Bioenergian yksikön projektiin. Projektissa selvitettiin RFID-tunnisteiden hyödyntämistä energiahakkeen seurannassa sekä osana logistiikkakokonaisuutta. Tämän projektin tavoitteena oli luoda luotettava seurantajärjestelmä, jonka avulla pystyttäisiin luotettavasti kartoittamaan hakkeen lähde sekä matka hakepaikalta energialaitokselle. Opinnäytetyössäni kävin läpi muotoiluprosessin vaiheet ja kerroin kuinka onnistuin kotelon suunnittelussa sekä testisarjan valmistuksessa. Opinnäytetyöni osana tein myös taustatutkimusta RFID-teknologiasta ja sen käyttökohteista. Osana RFID-taustatutkimusta tein myös alustavaa materiaalitestaus- ta radiosignaalin läpäisykyvystä eri muovimateriaalien sekä jään läpi. Selvittääkseni tarkemmin kotelolta vaadittavia ominaisuuksia tein myös käyttöympäristötutkimuksen, jossa perehdyin kotelon tulevaan sijoitusympäristöön. Opinnäytetyössäni tein myös selvityksen erilaisista yleisesti käytössä olevista prototyyppi- ja piensarjan valmistusmenetelmistä. Kävin myös läpi valintaprosessin, jonka tuloksena valittiin kotelosta valmistettavalle testisarjalle oikea valmistusmenetelmä. Opinnäytetyöni tuloksena tilaaja sai haluamansa kotelot, joilla he pystyivät onnistuneesti testaamaan kehittämäänsä logistisia ratkaisuja niiden oikeassa käyttöympäristössä.		
Asiasanat (avainsanat) RFID, suojakotelo, teollinen muotoilu, testisarja		
Sivumäärä 41	Kieli Suomi	URN
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Ohjaavan opettajan nimi Anssi Ahonen	Opinnäytetyön toimeksiantaja Lappeenrannan teknillinen yliopisto, LUT Savo Sustainable Technologies, Bioenergia yksikkö	

DESCRIPTION

		Date of the bachelor's thesis	
Author(s) Miklas Suokas		Degree programme and option Degree programme in Design Industrial design	
Name of the bachelor's thesis Design and test batch manufacture of a freight container fasten RFID- protective casing.			
Abstract <p>The commissioner of my thesis was Bioenergy Unit of Savo Sustainable Technologies at Lappeenranta University of Technology. My thesis was part of a project where they studied using RFID- technology as a part of the logistic systems surrounding bioenergy and woodchip collection</p> <p>In my thesis I told how I managed to complete my assignment which was to design and manufacture a small test batch of 12 RFID-protective casings. As a part of my thesis I needed to make some background studies such as what is RFID technology and how it is used. I also made an environment study to get more knowledge about the conditions that the casings would need to withstand.</p> <p>As a part of the manufacturing part of my thesis I made more profound study about different manufacturing techniques which are commonly used in prototyping or small batch manufacturing.</p> <p>In my thesis I went through the different stages of design process that took me to the final result and I also told how the small test batch of 12 casing were produced.</p> <p>As a result of the thesis my employer was able to take their pre- thought practises to the field and test them successfully.</p>			
Subject headings, (keywords) Protective casing, RFID, industrial design, test batch			
Pages 41	Language Finnish	URN	
Remarks, notes on appendices			
Tutor Anssi Ahonen		Bachelor's thesis assigned by Bioenergy Unit of Savo Sustainable Technologies at Lappeenranta University of Technology	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	PROJEKTIN ESITTELY	2
3	RFID.....	2
3.1	Toimintaperiaate	3
3.1.1	Tunnisteiden virtalähde.....	4
3.1.2	Taajuus.....	4
3.2	RFID Historia	5
3.3	Rajoitukset	7
4	NFC.....	7
5	BENCHMARKKAUS	8
5.1	Olemassa olevat RFID-tuotteet.....	8
5.2	Vaihtoehtoiset tuotteet	10
5.3	Tulokset	10
6	KÄYTTÖYMPÄRISTÖTUTKIMUS.....	11
6.1	Osallistuva havainnointi	12
6.2	Toimintaympäristö.....	12
7	KOTELON VAATIMUKSET	14
7.1	Ympäristön asettamat vaatimukset.....	14
7.2	Yleiset vaatimukset.....	15
7.3	Lain asettamat vaatimukset.....	15
8	VALMISTUSMATERIAALI.....	15
8.1	Rajaus	16
8.2	Testaus	16
8.3	Materiaali prototyypiin	18
9	PROTOTYYPIN VALMISTUS	18
9.1	Valmistusmenetelmät	18
9.1.1	Muottivalu.....	19
9.1.2	3D-tulostus.....	20
9.1.3	Ruiskupuristus.....	22
9.2	Testisarjan valmistusmenetelmä.....	23

10	TUOTTEEN KUVAUS JA KÄYTTÖ	23
11	MUOTOILU	24
11.1	Luonnosvaihe.....	24
11.2	Konseptointi.....	25
11.3	Tuotesemantiikka.....	26
11.4	Valinta.....	27
12	PROTOTYYPIN VALMISTUS	27
12.1	3D-mallinnus	28
12.2	3D-tulostus.....	30
12.3	Valaminen.....	31
13	VALMIS KOTELO	32
14	JÄLKISEURANTA	34
14.1	Mukana ollut kalusto	34
14.2	Käyttökokemukset	35
14.3	Muutosehdotukset.....	35
15	POHDINTA	36
16	LÄHTEET	39

LIITE/LIITTEET

1 Materiaalitestauksen tulokset

2 Kotelon visualisointi

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni aiheena oli suunnitella kotelo Lappeenrannan teknillisen yliopiston Savo Sustainable Technologies, Bioenergiateknologiayksikön tutkimushankkeeseen. Konttilogistiikkainnovaatiot- hankkeessa selvitettiin RFID-tunnisteiden hyödyntämistä energiahakkeen seurannassa sekä osana logistiikkakokonaisuutta. Tämän hankkeen tuloksena oli saada luotettava seurantajärjestelmä, jonka avulla pystyttäisiin luotettavasti kartoittamaan hakkeen lähde sekä matka hakepaikalta energialaitokselle. Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella kotelo, jonka sisään testivaiheessa sijoitettaisiin hankkeessa käytössä olleet RFID-tunnisteet.

Suunnittelutyön osana suoritin opinnäytetyön alkuvaiheessa benchmarkkaus- sekä käyttöympäristötutkimuksen. Käyttöympäristötutkimus koostui päivästä, jonka vietin hakeyhdistelmäajoneuvon kyydissä seuraten sen työskentelyä. Päivään kuului myös vapaata keskustelua kuljettajan kanssa, jolla pyrin saamaan käyttäjän kokemuksia eri ympäristöjen asettamista haasteista. Tutkimuksien jälkeen pystyin hyödyntämään saatuja tuloksia suunnittelutyössäni.

Opinnäytetyöhön kuului suunnittelun lisäksi myös testisarjan valmistus suunnitellusta kotelosta. Koteloida tuli valmistaa vähintään 12 kappaleen testisarja, joita käytettäisiin hankkeen käytännöntestausvaiheessa. Suunnitteluvaiheessa tuli ottaa huomioon kotelon mahdollinen skaalautuvuus myös suurempiin tuotantoeriin. Tämä ei kuitenkaan ollut opinnäytetyöni varsinainen tavoite.

Tätä projektia aikaisemmin minulla ei juuri ollut kokemusta RFID-teknologioista, joten opinnäytetyöni osana jouduin myös perehtymään kyseiseen teknologiaan ja sen rajoituksiin. Teknologiaan ja sen rajoituksiin liittyen tein osana opinnäytetyötäni alustavan tutkimuksen RFID-signaalin käyttäytymisestä eri materiaalien kanssa. RFID-teknologian lisäksi jouduin perehtymään tarkemmin prototyyppien eri valmistusmenetelmiin, jotta osasin valita oikean menetelmän testisarjan valmistamiseen.

2 PROJEKTIN ESITTELY

Opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa ajoneuvoyhdistelmiin soveltuva tunnistekotelo, jonka sisään voidaan sijoittaa sekä UHF-tunnisteet, että NFC-tunniste. UHF-tunnistetta käytetään automaattiseen tunnistamiseen radioaaltojen avulla, esimerkiksi tehtaan porteilla, kun taas NFC-tunniste mahdollistaa tunnisteen luennan kuljetusketjun aikana, esimerkiksi älypuhelimella. Tunnisteiden sijoitus samaan koteloon mahdollistaa joustavamman RFID-tekniikan hyödyntämisen osana logistisia ratkaisuja. Kotelon tulee mahdollistaa erikokoisten tunnisteen käyttäminen sekä niiden helppo vaihtaminen muun muassa mahdollisen tunnisteen vian takia. Tunnisteiden helppo vaihtamismahdollisuus tekee myös mahdolliseksi siirtymisen tarvittaessa aktiivitunnisteiden käyttöön, sillä aktiivitunnisteiden virtalähde tulee olla helposti vaihdettavissa.

Kotelon eduiksi laskettiin konseptin hyvä näkyvyys liikenteessä sekä mahdollisuus levittää konseptia nopeasti.

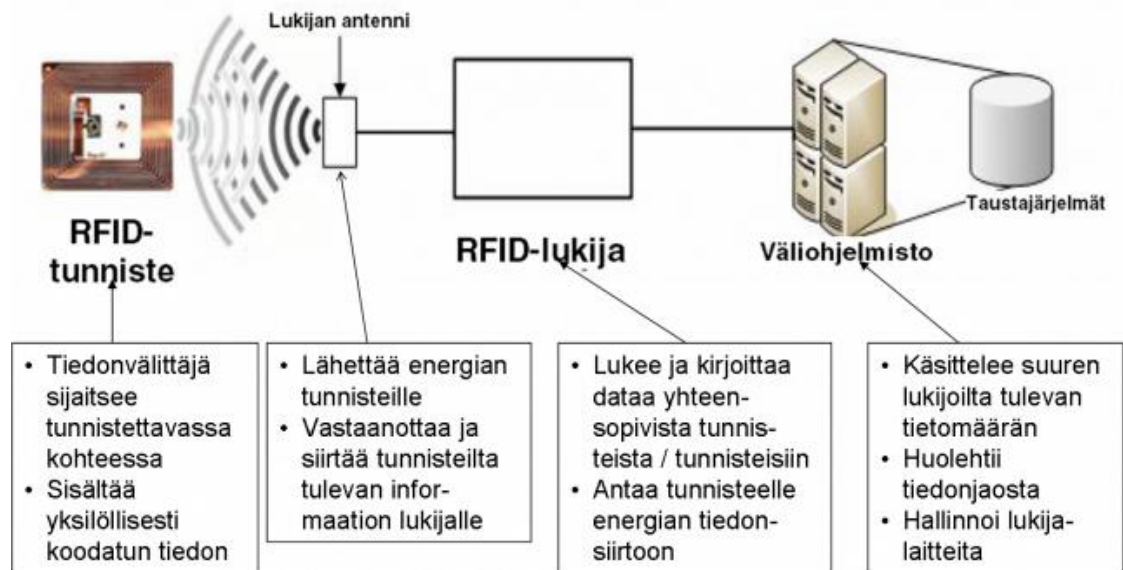
Tunnistekotelon suunnitteluun kuului myös tutkimuksellinen osa, jossa testattiin eri materiaalien ja materiaalipaksuuksien sekä tunnisteen sijoittelun vaikutus signaalin luentaan.

3 RFID

Lyhenne RFID tulee englanninkielestä ja sanoista Radio Frequency Identification. RFID on yleisnimitys teknologioille, jotka käyttävät radioaaltoja tunnistukseen automaattisesti tuotteita tai henkilöitä. Tunnistaminen tapahtuu langattomasti lukemalla RFID-tunnisteeseen tallennettu informaatio, esimerkiksi käyttäjän yksilöllinen tunnistenumero. RFID-tunnisteen rakenne koostuu aina vähintään kahdesta komponentista: antennista sekä mikrosirusta. Edellä mainittujen komponenttien lisäksi, tunniste voi sisältää myös koteloinnin sekä joskus myös ulkoisen virtalähteen. (RFID Lab Finland ry a)

Toimiva RFID-kokonaisuus tarvitsee tunnisteen lisäksi siihen tarkoitetun lukijan sekä taustajärjestelmän. Näiden muodostamaa kokonaisuutta kutsutaan RFID-järjestelmäksi (Kuva 1). Tunnistustekniikkana RFID-järjestelmää voidaan verrata

perinteiseen viivakoodijärjestelmään. RFID-järjestelmään verrattuna, viivakoodijärjestelmä on kuitenkin hyvin kankea järjestelmä. Viivakoodijärjestelmästä poiketen RFID ei tarvitse suoraa näköyhteyttä luettavan tunnisteiden kanssa, sekä se kykenee myös useiden kohteiden yhtäaikaiseen lukemiseen. Käytetyt tunnisteet eivät ole myöskään yhtä herkkiä esimerkiksi kosteuden ja lian suhteen, kuin paperille tulostetut viivakoodit. RFID-tunnisteiden sisältämää tietoa on myös mahdollista muuttaa käytön aikana, toisin kuin viivakoodeja joiden pysyvä sisältö määritetään tulostusvaiheessa.



KUVA 1. RFID-järjestelmän komponentit (RFID Lab Finland ry 2014)

3.1 Toimintaperiaate

RFID- teknologia on langaton teknologia, joka ei vaadi tunnisteeseen ulkoista virtalähdettä. Tunniste saa tarvitsemansa energian RFID-lukijan lähettämän lukusignaalin mukana. Kun tunnisteiden antenni kaappaa signaalin, sen mukanaan tuoma energia aktivoi mikrosirun, joka tämän jälkeen lähettää sisältämänsä tiedon radiosignaalin muodossa lukijalle. Kun tunniste ei enää ole RFID-lukijan lukusignaalin kantoalueella, on tunniste täysin passiivinen.

Markkinoilla olevat tunnisteet voidaan luokitella kolmeen eri pääluokkaan niiden käyttämän virtalähteen, taajuuden sekä tiedon takaisin lähettämisperiaatteen mukaan.

3.1.1 Tunnisteiden virtälähde

Normaalisti RFID-tunnisteet eivät käytä ulkoista virtalähdettä, vaan ne saavat tarvitsemansa energian lukulaitteelta. Tällä hetkellä tunnisteet saavat käyttämänsä energian kahdella eri toimintaperiaatteella. Vanhemmat teknologiat eli LF- ja HF-taajuusalueilla toimivat tunnisteet muodostavat lukijan kanssa induktiivisen kytkennän. Lukija luo laiteparin välille magneettikentän, joka indusoi tunnisteen kanssa ja luo tunnisteen tarvitseman energian.

Uudemmat UHF- ja mikroaaltoalueella toimivat tunnisteet käyttävät lukijan kanssa viestiessään radiosignaaleja. Kun lukija lähettää tunnisteseen radioaallon, tunnisteen dipoliantenni vastaanottaa radioaallon ja heijastaa sen takaisin. Takaisin palaava aalto ei kuitenkaan ole sama kuin vastaanotettu, vaan tunniste muokkaa aaltoa esimerkiksi nostamalla signaalin amplitudia, siirtämällä vaihetta tai muuttamalla taajuutta. Muokattu aalto sisältää palatessaan lukijaan tunnisteseen tallennetun tiedon. Eri toimintaperiaatteista huolimatta kumpiakin edellä mainittuja tunnisteita kutsutaan passiivisiksi tunnisteiksi.

Passiivisten tunnisteiden lisäksi markkinoilta löytyy myös niin sanottuja aktiivisia tunnisteita. Aktiiviset tunnisteet eroavat passiivisesti tunnisteista siten, että ne saavat tarvitsemansa energian kokonaan tai osittain ulkoisesta virtalähteestä, kuten paristosta. Ulkoinen virtälähde mahdollistaa passiivista tunnistetta suuremman toimintasäteen sekä laajemman toiminnallisuuden.

3.1.2 Taajuus

RFID-tunnisteet voidaan jakaa eri luokkiin niiden käyttämän taajuusalueen mukaan. Tällä hetkellä käytössä on neljä perustaajuusluokkaa, jotka ovat matala taajuus (LF, low frequency), korkea taajuus (HF, high frequency), äärimmäisen korkea taajuus (UHF, ultra high frequency) sekä mikroaaltoalue. (RFID Lab Finland ry b)

Matalan taajuuden tunnisteisiin (LF) kuuluvat tunnisteet, jotka käyttävät taajuuksia 30-300kHz. Yleisimmin käytössä on kuitenkin 125kHz taajuus. LF taajuudella on lyhyt kantama, ja sen vuoksi LF-tunnisteita käytetään sovelluksissa, joissa on lyhyt lukuetaisyys. Matalan taajuuden signaali kulkee myös hyvin nestemäisissä aineissa, ja

tästä syystä sitä käytetään laajasti elintarviketeollisuudessa sekä eläintenseurannassa. (RFID Lab Finland ry b)

Korkean taajuuden (HF) tunnisteesiin kuuluvat tunnisteeset, jotka käyttävät taajuuksia 3-30MHz. Käytännössä kaikki HF- tunnisteeset kuitenkin käyttävät standardin mukaista taajuutta 13.56MHz. HF-tunnisteesita käytetään yleensä lähietäisyydellä tunnistamises- sa, kuten kulunvalvonnassa. HF-tunnisteesen lukuetaisyys voi olla jopa noin 1,5m, mut- ta käytännössä lukuetaisyys on sovelluksesta riippuen 0,05m – 1m. (RFID Lab Fin- land ry b)

Erittäin korkean taajuuden (UHF) tunnisteesiin luetaan tunnisteeset, jotka käyttävät taa- juuksia 300MHz-3GHz. Tällä hetkellä UHF-tunnisteesilla ei ole maailmanlaajuista standardia, joka määrittäisi tarkan käytetyn taajuuden. Euroopassa käytetyt UHF- tunnisteeset kuitenkin käyttävät taajuuksia 869MHz ympärillä, kun taas Yhdysvalloissa käytössä on taajuudet alueella 902-928MHz. (RFID Lab Finland b) UHF- tunnisteesilla on näistä kolmesta mainitusta tunnistesityypistä pisin lukuetaisyys ja sen rakenne mah- dollistaa myös useiden tunnisteesiden yhdenaikaisen lukemisen. Nämä ominaisuudet ovatkin tuoneet UHF-tunnisteeset laajasti käyttöön muun muassa varastohallinnan alal- la. UHF-tunnisteesiden huonoihin puoliin kuuluu signaalin huono eteneminen nesteessä. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että jos esimerkiksi varastotyöntekijä seisoo tunnis- teen edessä, ei lukija pysty lukemaan tunnistetta. (Finkenzeller 2003, 13)

3.2 RFID Historia

Teknologiana RFID ei ole varsinaisesti mikään uusi keksintö. Kaupallisessa käytössä se ei kuitenkaan ole ollut vasta kuin 1980-luvun puolelta välin. RFID-teknologia sai alkunsa toisen maailmansodan aikana vuonna 1935, kun Sir Robert Alexander Wat- son-Watt keksi tutkan. Tutka varoitti lähestyvistä lentokoneista, mutta sillä oli yksi puute: se ei pystynyt tekemään eroa omien sekä vihollisten koneiden välillä. Tähän avuksi perustettiin tutkimusryhmä, joka kehitti ensimmäisen aktiivisen tunnisteesen. Tämä tunnistee tunnettiin nimellä IFF-tunnistee (Identify Friend or Foe). IFF-tunnistee vastasi tutkan signaalin omalla tunnisteesella, jolloin kone voitiin tunnistaa omaksi. Vie- lä nykyäänkin RFID-tunnisteeset perustuvat samaan toimintaperiaatteeseen, jossa vas- taanotettu signaali herättää tunnisteesen, jonka passiivinen tunnistee heijastaa takaisin tai aktiivinen tunnistee lähettää takasin. (Roberti, 2005)

Toisen maailmansodan jälkeen teknologian kehitystä jatkettiin läpi 1950- ja 1960-lukujen. Pikkuhiljaa myös yritykset kiinnostuivat teknologian mahdollisuuksista ja teknologiaa alettiinkin käyttämään myymälävarkauksien estämisessä. Sen aikaiset tunnisteet olivat 1-bittisiä tunnisteita eli ne olivat joko päällä tai suljettuina. Jos tunniste oli päällä poissa lähtiessä, kaupan hälyttimet alkoivat hälyttämään. Jos ostos oli maksettu, tunniste suljettiin ja asiakas oli vapaa poistumaan liikkeestä. (Roberti 2005)

Vaikka teknologia oli ollut tiedossa jo pitkään, ei siitä ollut tehty patenteja ennen vuotta 1973. Kyseisenä vuonna haettiin ensimmäinen patenti koskien RFID-teknologiaa ja siihen liittyvää uudelleen kirjoitettavaa muistia. Samana vuonna patentoitiin myös RFID-teknologian kaupallinen sovellus, joka koski RFID-tunnisteella avattavaa lukkoa. (Roberti 2005)

Tultaessa 1980-luvulle alkoi myös laajempi RFID-tunnisteiden kaupallinen käyttö. 80-luvun puolivälissä Yhdysvalloissa otettiin käyttöön etälukevat tietullit, jotka tunnistivat autot aktiivitunnisteilla. Tietullit käyttivät teknologiaa, joka oli alun perin kehitetty Los Alamosissa tavoitteena ratkaista radioaktiivisen materiaalin seuranta. Radioaktiivisen materiaalin seurannan lisäksi Los Alamosissa kehitettiin myös teknologiaa, jolla pystyttiin seuraamaan karjaa. Tavoitteena oli pystyä helposti seuraamaan yksittäisen lehmän lääke- sekä hormoniannoksia, jottei lehmä saisi niitä tarpeettomasti tai liikaa. Tähän käyttöön kehitettiin passiivinen tunniste, joka toimi UHF-taajuudella. Myöhemmin kehitettiin myös LF-taajuuden tunniste, joka oli UHF-tunnistetta pienempi ja voitiin kapseloida lasiin. Tämä teknologia on vieläkin käytössä eläinten seurannassa. LF-taajuutta alettiin käyttämään myös kulkukortti- sekä avainsovelluksissa. (Roberti 2005)

Myöhemmin yritykset ottivat käyttöönsä myös korkeat taajuudet (13,56MHz) ja markkinoille tulivat HF-tunnisteet. HF-tunnisteet mahdollistivat pidemmät lukuetaisyydet, ja niitä alettiinkin laajasti hyödyntämään konttien seurannassa. Nykyisin HF-tunnisteita käytetään kulunvalvonnassa, maksulaitteissa sekä niin sanotuissa smart cardeissa. (Roberti 2005)

1990-luvun alussa IBM patentoi nykyisin hyvin laajassa käytössä olevan UHF-tekniikan. UHF- tekniikka mahdollisti entistä pidemmät lukuetaisyudet sekä nopeamman tiedonsiirron. (Roberti 2005)

Alkuaikojen pilottihankkeista huolimatta, UHF-tekniikka ei ottanut tuulta siipiensä alle ennen vuotta 1999. Tämän mahdollisti toinen uusi tekniikka, Internet, jonka avulla suuret yritykset ja varastot pystyivät entistä paremmin kommunikoidaan toistensa kanssa. UHF-tunnisteen yhdistäminen Internetiin mahdollisti automaattisen lähetyksenseurannan, jonka tuoman edun myötä vuoteen 2003 mennessä maailman suurimmat yritykset olivat ottaneet UHF-tunnisteen osaksi toimitusketjuun. (Roberti 2005)

3.3 Rajoitukset

RFID-tunnisteen käyttö on täynnä mahdollisuuksia ja se helpottaa tunnistamista monissa eri tilanteissa. RFID-tunnisteen eivät kuitenkaan ole täysin ongelmattomia, vaan niihin liittyy myös rajoituksia. Suurimmat rajoitukset juontavat juurensa tunnisteen käytettävän radiosignaalin ominaisuuksiin. RFID-tunnisteen suurimpia haasteita ovat kotelossa ja ympäristössä esiintyvät materiaalit, heikko suunnattavuus sekä toimintavarmuus. (Violino)

4 NFC

Lyhenne NFC tulee sanoista Near Field Communication. Teknisesti NFC on hyvin samanlainen tekniikka kuin RFID ja tämä näkyykin selvimmin tunnisteen eri käyttöympäristöistä sekä käyttötavoista. Kun RFID-järjestelmää pystytään käyttämään pitkienkin matkojen päästä, on NFC-laitteiden käyttömatka enimmillään vain 4 cm. Lyhyt kantama mahdollistaa paremman tietoturvan kuin RFID-järjestelmä, koska tämä käytännössä estää signaalin kaappaamisen kahden laitteen väliltä. Lyhyen kantaman myötä NFC on viime aikoina yleistynyt muun muassa matkapuhelimissa, joissa NFC-tekniikkaa käytetään esimerkiksi kahden puhelimen väliseen tiedonsiirtoon sekä puhelimen sisällön toistamiseen toisessa laitteessa, kuten kaiuttimista. (NFC Forum)

Paremmen tietoturvan sekä käytön helppouden myötä on NFC-laitteiden käyttö tehnyt tuloaan mobiilimaksamiseen sekä viimeisimpänä pankkikortteihin. Pankkikorteissa NFC mahdollistaa nopean maksun ilman kortin perinteistä lukua sekä PIN-koodin kysymistä.

5 BENCHMARKKAUS

Termillä benchmarkkaus ei suomenkielessä ole täysin vastaavaa suomennosta, mutta sille ovat vakiintuneet termit vertailuanalyysi sekä esikuva-analyysi. Opinnäytetyönsäni tulen käyttämään termiä benchmarkkaus, sillä se on vakiintunut käytettäväksi alamme termistössä. Benchmarkkauksella tarkoitetaan analyysiä, jossa vertaillaan omaa toimintaa tai tuotetta toisten toimijoiden jo olemassa oleviin käytäntöihin tai tuotteisiin. Tavoitteena on löytää markkinoilta parhaat olemassa olevat käytännöt, joihin omaa toimintaa tai tuotetta verrataan. Tämän vertailun myötä pystytään löytämään verrattavasta tuotteesta parhaat ominaisuudet ja mahdollisesti kehittämään niitä eteenpäin. Tärkeää on ymmärtää, että benchmarkkaus ei välttämättä aina anna valmiita ratkaisuja, vaan siitä saatuja tuloksia täytyy pystyä soveltamaan. Benchmarkkauksen kohteesta ja tavoitteesta riippuen täytyy tuloksien käyttöönotossa ottaa myös huomioon mahdolliset tekijänoikeudet, jotta vältetään mahdolliset plagiointisyytökset. (Karjalainen 2002)

5.1 Olemassa olevat RFID-tuotteet

Nykyään markkinoilla on olemassa jo hyvin laaja tarjonta erilaisista tunnistuksista. Markkinoilla on useita suuria valmistajia, joiden tarjonnasta voi löytää tunnisteen melkein pä mihin tahansa käyttöympäristöön tai tarkoitukseen tahansa. RFID-tunnisteiden yleistymisen myötä, valmistajat ovat suunnitelleet myös useita erikoistarkoituksiin sekä -kohteisiin soveltuvia tunnisteita. Näitä ovat muun muassa suoraan metallille asennettavat tunnisteeset sekä matalien lämpötilojen tunnisteeset, jotka voidaan sijoittaa räjähteiden lähelle.

Projektin tarkoituksen ollessa suunnitella RFID-kotelo, jonka sisään sijoitetaan erilliset UHF- sekä NFC-tunnisteeset, keskityin benchmarkkausvaiheessa etsimään juuri tähän tarkoitukseen soveltuvia ratkaisuja.

Markkinoilla olevat tunnisteet voidaan karkeasti jakaa kahteen luokkaan: koviin tunnistaisiin sekä tarratunnistaisiin. Kovissa tunnistaisissa, hard tag, RFID-tunnisteen ympärille on valmistettu suojakuori, joka suojaa tunnistetta ulkoisilta vaaroilta muun muassa varastoympäristössä. Tarratunnisteet sen sijaan koostuvat vain paperille tai muoville tulostetusta RFID-tunnistesta sekä liimapinnasta, jolla tunniste voidaan liimata esimerkiksi pahvilaatikon kylkeen. Käytetyt teknologiat voidaan myös karkeasti jakaa kahteen kategoriaan: pitkän kantaman tunnistaisiin sekä lähiluettaviin tunnistaisiin.

Benchmarkauksessa tulin siihen tulokseen, ettei markkinoilta vielä löytynyt vastaavaa kahden tunnisteen avattavaa kovaa tunnistetta. Markkinoilta löytyvät kovat tunnisteet sisälsivät poikkeuksetta ainoastaan yhden UHF-tunnisteen. Pelkän tunnisteen vaihtaminen ei myöskään ollut mahdollista yhdessäkään tuotteessa, vaan tunnisteen vaihtaminen vaati aina myös kotelon vaihtamisen.

Markkinoilta löytyi kuitenkin useita vaativiin ympäristöihin sekä logistisiin ratkaisuihin tarkoitettuja kovia tunnistetta (Kuvat 2, 3,4). Löytyneiden ratkaisujen avulla oli mahdollista tehdä havaintoja markkinoilla toimiviksi havaituista muotoiluratkaisuista sekä materiaalivalinnoista.



KUVA 2. Confidex Ironside Micro (rfidstore.it a)



KUVA 3. Confidex Ironside slim (rfidstore.it b)



KUVA 4. Omni-Id Ultra (rfidtags.com)

5.2 Vaihtoehtoiset tuotteet

Projektin koskiessa logistisen tuotantoketjun kartoittamista, päätin myös ottaa tutkimuksen kohteeksi muut mahdolliset tuotteet, joita pystytään käyttämään vastaavanlaiseen toimintaan ja jotka on tarkoitettu käytettäväksi samankaltaisissa oloissa, kuin suunnittelun kohteena ollut kotelo. Epäsuoriksi tuotteiksi laskin GPS-navigaattorit sekä matkapuhelimet, joista löytyy GPS-ominaisuus ja jotka ovat suunniteltu kovempaan käyttöön.

Koska nämä tuotteet ovat suunniteltu mukana kannettavaksi, keskityin näissä tuotteissa tutkimaan niiden muotoilun ratkaisuja, joilla pyritään minimoimaan muun muassa iskujen vaikutukset koteloon. Löytämäni ratkaisut olivat pääsääntöisesti tuttuja kovien RFID-tunnisteiden parista. Myös matkapuhelimissa sekä GPS-navigaattoreissa käytettiin usein viisteitä iskujen heijastamiseen, mutta toisin kuin useimmissa RFID-tunnisteissa, matkapuhelimissa ja GPS-navigaattoreissa käytettiin myös iskuja vaimentavia materiaaleja. Eri menetelmien käytöstä toimii hyvänä esimerkkinä raskaiden maansiirtokoneiden valmistajana tunnetun CAT- yrityksen iskunkestävä puhelin B15, jossa on viisteiden lisäksi kumiset päätykappaleet (Kuva 5). Kumiset päätykappaleet yhdistettynä tukevaan alumiinirunkoon tekevät puhelimesta erittäin kestävä.



KUVA 5. CAT B15 Matkapuhelin (Engadget)

5.3 Tulokset

Benchmarkkaustutkimuksen tuloksena sain hyödyllistä tietoa jo olemassa olevista käytännöistä, tietoa käytettävistä materiaaleista, kiinnitystekniikoista sekä muotoiluratkaisuista

Kovissa tunnisteissa käytettiin eniten ABS-muovia. Sen lisäksi joissakin tunnisteissa käytettiin myös termoplastisia muoveja, jotka ovat kovasta ABS-muovista poiketen pehmeitä ja kimmoisia muoveja. Tällä materiaalivalinnalla pyritään pienentämään pistemäisen ja terävän iskun aiheuttamaa kotelon rikkoontumisvaaraa.

Tutkimuksen tuloksena sain myös lisää tietoa tukemaan omia käsityksiäni kotelon kiinnitystavoista sekä niiden soveltuvuuksista eri ympäristöihin. Markkinoilla saatavilla olevat kotelot käyttivät pääsääntöisesti yhtä neljästä erilaisesta kiinnitystavasta. Ne olivat liimatarra, liimaus ja silikoniliimaus sekä mekaaninen kiinnitys. Näistä menetelmistä vain liimaus ja silikoniliimaus sekä mekaaninen kiinnitys soveltuivat suunnittelemani kotelon käyttöympäristöön. Omien käsityksieni mukaisesti liimauksella sekä mekaanisella kiinnityksellä oli lähteiden mukaan parempi kiinnitettävyyttä. Näistä kiinnitysmenetelmistä mekaanista kiinnitystä suositeltiin ympäristöihin, joissa kotelo voi joutua alttiiksi kovalle rasitukselle sekä matalille lämpötiloille.

Markkinoilla olevat kotelot noudattivat myös melko yhdenmukaista muotokieltä. Koteloiden pintoissa käytettiin viistettyjä pintoja, joiden tarkoituksena on estää pintaan kohdistuvalle iskulle. Koska tätä samaa pinnanmuotoa on käytetty laajasti myös muissa tuotteissa, esimerkiksi panssarivaunuissa, totesin sen olevan tässäkin tilanteessa varteenotettava ratkaisu.

6 KÄYTTÖYMPÄRISTÖTUTKIMUS

Tuotteen suunnittelun lähtökohtien paremman ymmärryksen vuoksi, tehtiin projektin alussa käyttöympäristötutkimus passiivisen osallistuvan havainnoinnin perusteella. Tutkimuksessa vietettiin päivä energiahakeyhdistelmän kyydissä ja perehdyttiin sen toimintaympäristöön sekä hakekuorman eri vaiheisiin aina metsästä energialaitokselle. Päivään sisältyi myös vapaamuotoinen keskustelu kuskin kanssa, jolloin selvitettiin hakeyhdistelmän tavanomaisia toimintaympäristöjä sekä niihin liittyviä haasteita.

6.1 Osallistuva havainnointi

Osallistuvalla havainnoinnilla tarkoitetaan tutkimusmenetelmää, jossa tutkija pyrkii osallistumaan tutkittavien toimintaan. Osallistuva havainnointi tehdään yleensä kenttätutkimuksena tutkittavana olevan kohteen luonnollisessa toimintaympäristössä osana tutkittavaa ryhmää. Tutkija pyrkii havainnoimaan toimintaa kokonaisvaltaisesti sekä keskittyen olennaiseen toimintaan. Havainnoitavan toiminnan tarkempi valikointi sekä rajaus ovat tärkeitä, sillä muuten havainnointimäärästä voi tulla rajaton, eikä se siten ole enää tarkoituksen mukainen. Siksi onkin hyvä rajata havainnointi mahdollisimman tarkasti tutkimuksen kannalta olennaisimpaan asiaan. (Anttila 1998)

Luonnollinen toimintaympäristö antaa luotettavampaa tutkimustietoa tutkittavasta toiminnasta, sillä esimerkiksi laboratorioon rakennettu testausympäristö on tutkittavan toiminnan kannalta keinotekoinen ympäristö ja saattaa siten itsessään vaikuttaa tuloksiin. Näin tutkimuksen tulokset saattavat vääristyä tai jopa tulla täysin harhaanjohtaviksi.

Osallistuva havainnointi voidaan jakaa kahteen osaan, passiiviseen sekä aktiiviseen havainnointiin. Passiivisessa osallistuvassa havainnoinnissa tutkija osallistuu tutkittavaan toimintaan vaikuttamatta toiminnan kulkuun. Aktiivisessa osallistuvassa havainnoinnissa tutkija voi olla aktiivisena toimijana ja esimerkiksi auttaa ongelman ratkaisussa. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006). Tekemässäni käyttöympäristötutkimuksessa asettauduin passiiviseen osaan, koska tarkoitukseni oli perehtyä toimintaan, eikä niinkään muuttaa tai olla osana sitä.

6.2 Toimintaympäristö

Energiahakeyhdistelmän toimintaympäristö kattoi teollisuusalueen, maantieajon sekä havumetsän. Näistä ajallisesti suurimmaksi osoittautui metsä, jossa mobiilihakkuri haketti hakeyhdistelmän täyteen metsähaketta.

Teollisuusalueella hakeyhdistelmä viipyy ajallisesti vähiten. Teollisuusalueen sisäänkäynnillä tapahtuu hakeyhdistelmässä kiinni olevien tunnisteiden lukeminen. Tunnisteissa olevaa tietoa käytetään laskettaessa hakeyhdistelmän tehtaan kentälle tuoman hakkeen määrä. Teollisuusalue on ympäristönä varsin turvallinen, sillä hakkeen jättö-

paikka on hyvin avonainen ja laaja alue. Siellä ei juurikaan ole kotelon käyttöön tai sen suunnittelussa huomioon otettavia asioita. Jos kotelo joutuisi teollisuusalueella fyysiseen kontaktiin, se tulisi johtumaan joko kauhakuormaajan törmäyksestä, metallitolppaan ajamisesta tai jostain muusta vastaavasta kontaktista. Täten koteloon kohdistuva isku olisi niin kova, ettei siihen pystyisi kotelon suunnittelulla vaikuttamaan.

Ajallisesti toiseksi eniten hakeyhdistelmä vietti aikaansa maantiellä, siirtyessään tehtaalta seuraavalle hakkeen noutopisteelle. Maantie on ympäristönä kotelolle turvallinen, eikä se sen takia asettanut erillisiä vaatimuksia kotelolle. Ainoat vaatimukset, mitä maantie kotelolle voisi asettaa koskevat lähinnä kotelon virtaviivaisuutta.

Ajallisesti pisimpään hakeyhdistelmä viipyi metsäteillä. Suunniteltavan RFID-tunnistekotelon kannalta metsä oli myös yhdistelmän toimintaympäristön haasteellisin osa-alue. Päästäkseen mobiilihakkurin luokse, joutuu hakeyhdistelmä useimmiten pujottelemaan pitkin kapeita metsäteitä ja toimimaan ajoittain jopa erittäin pienessä tilassa (Kuva 6). Tämän seurauksena hakeyhdistelmä joutuu usein kosketuksiin puiden alaoksien sekä tienvarsivesaikon kanssa. Keskustelussa kuskin kanssa selvisi myös talven tuovan omat haasteensa, sillä silloin puiden oksat saattavat olla jäästä johtuen kovia sekä puiden oksilta saattaa tippua suuriakin määriä jopa jäistä lumikuormaa. Oman haasteensa toi myös lumen kertyminen yhdistelmän rakenteisiin, sillä sen poistaminen saattaa olla erittäin haasteellista.



KUVA 6. Hakeyhdistelmä lastauspisteellä (Jarno Föhr 2014)

7 KOTELON VAATIMUKSET

Projektin alussa kotelon muotoilua ohjaamaan asetettiin muutamia vaatimuksia. Suunnittelutyössä näitä vaatimuksia voidaan kutsua englanninkielisellä termillä design drivers. Design driverit ovat ominaisuuksia, jotka suunnittelun alla olevalla asialla halutaan saavuttaa ja jotka siten rajaavat suunnittelukenttää. Design drivereita voi olla monenlaisia, mutta ne voidaan yleensä jakaa kolmeen ryhmään, toimeksiantajan asettamiin, ympäristön asettamiin sekä lain asettamiin vaatimuksiin. Toimeksiantajan asettamia drivereita voivat olla muun muassa kohderyhmä, imago ja haluttu viesti. Ympäristön asettamia vaatimuksia voivat olla muun muassa hyvä lämpötilan tai UV-säteilyn kesto. Lain asettamia vaatimuksia ovat yleensä toimialaa koskeva lainsäädäntö esimerkiksi käytettävien materiaalien suhteen.

Kun design driverit ovat määritelty ja ymmärretty tarkasti ja mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, helpottuu suunnittelijan työ huomattavasti. Tällöin suunnittelija tietää mitä suunnittelun tuloksella halutaan saavuttaa ja täten hän pystyy keskittymään haluttuihin ominaisuuksiin.

7.1 Ympäristön asettamat vaatimukset

Suunniteltavalle kotelolle ympäristö antoi runsaasti vaatimuksia. Käyttöympäristötutkimuksen myötä havaittiin kotelon joutuvan ajoittain erittäin vaativiin olosuhteisiin, joissa puiden oksat saattaisivat iskeytyä sekä laahautua koteloa vasten. Kotelon muotoilussa tuli siis ottaa huomioon iskujen kesto sekä koteloa vasten laahautuvat oksat.

Fyysisen rasittavuuden lisäksi ympäristö asetti vaatimuksia myös säänkeston suhteen. Kerätyn tiedon perusteella oli syytä olettaa, että kotelo tulisi olemaan välillä myös kosteassa ympäristössä sekä talven tultua kotelo olisi yksi potentiaalinen kohde, joka keräisi lunta ja jäätä ympärilleen. Tämän seurauksena tuli muotoilussa ottaa huomioon veden ja lumen kertymisen minimointi kotelon ympärille.

Päätin myös ottaa huomioon kotelon virtaviivaisuuden, sillä kotelo on ajastaan toiseksi eniten maantiellä. Mielestäni nykypäivänä suunnittelijan tehtävä on huomioida kaikki ekologisuuteen sekä taloudellisuuteen vaikuttavat tekijät huolimatta siitä, etteivät ne olisikaan hyvin merkittäviä. Virtaviivaisuuden huomioimisella on taloudelli-

suuden lisäksi myös muita etuja. Poistamalla kotelosta suorja kulmia, pystyin helpottamaan kotelon puhtaana pysymistä, sillä loivat kulmat eivät muodosta niin sanottuja taskuja, joihin lika pääsisi kertymään. Näin kotelon on mahdollista pysyä verrattain puhtaana pelkän ajoviiman sekä sateen avulla.

7.2 Yleiset vaatimukset

Yleiset vaatimukset kotelolle tulivat toimeksiantajan suunnalta. Toimeksiantajan mukaan kotelon tuli olla tarpeeksi iso mahduttaakseen kaksi UHF-tunnistetta kooltaan 97x 27mm sekä NFC-tunnisteen halkaisijaltaan 20-40mm. Kotelon tuli olla myös helposti avattavissa, jotta tunnisteet voidaan tarvittaessa vaihtaa helposti uusiin jopa kenttäolosuhteissa. Kotelon sisältä täytyi myös löytyä riittävästi tilaa akulle, jos tulevaisuudessa haluttaisiin siirtyä käyttämään aktiivisia tunnisteita. Näiden vaatimusten lisäksi kotelolta toivottiin hyvää näkyvyyttä liikenteessä sekä tunnistettavaa muotoa. Toimeksiantajan vaatimusten lisäksi lisäsin itse kotelon vaatimukseen hyvän viestinnän. Tällä tarkoitan sitä, että kotelon käyttäjä näkee helposti missä päin koteloa mikäkin tunniste sijaitsee ja kuinka koteloa käytetään.

7.3 Lain asettamat vaatimukset

Kotelon suunnitteluun ei kohdistunut suorja lain asettamia vaatimuksia. Mahdolliset lain asettamat vaatimukset koskisivat koteloa siinä tapauksessa, että siihen päätettäisiin prototyypin testaamisen jälkeen hankkia esimerkiksi IP-luokitus. Tätä luokitusta säätelee Euroopan Unionin standardi IEC 6029 ja se koskee sähkölaitteiden suojausta kosteutta, pölyä ja myös iskuja vastaan. Kotelon ollessa vain prototyyppi, ei suojaukseen tarvinnut tässä vaiheessa syventyä.

8 VALMISTUSMATERIAALI

Projektin tavoitteena oli valmistaa 12 kappaletta valmiita testikoteloita, joiden avulla testattaisiin projektin toimivuus oikeassa käyttöympäristössä. Aikaisemman arvioinnin, projektin budjetin sekä käyttöympäristötutkimuksen avulla kerättyjen tietojen perusteella pystyttiin määrittämään kotelon valmistusmateriaalille vaatimuksia. Näitä olivat helppo työstettävyys, edullisuus, laaja käyttölämpötila sekä iskunkestävyys.

Lisäksi huomioon otettiin myös valmistusmateriaalin skaalattavuus suurempiin valmistuseriin, mikäli koteloa haluttaisiin tulevaisuudessa valmistaa suurempia määriä.

8.1 Rajaus

Alkuvaiheessa määriteltyjen materiaaalilta vaadittavien ominaisuuksien myötä mahdollista valmistusmateriaalia alettiin etsimään metallin, komposiittimateriaalien sekä muovien väliltä. Kotelo voitaisiin valmistaa jyrsimällä, levystä taittamalla tai muottiin prässämällä, jos se valmistettaisiin metallista. Näistä menetelmistä jyrsiminen sekä muottiin prässäminen vaatisivat kuitenkin suuren pääoman ja koska levystä taittamalla ei saataisi helposti haluttua tulosta, rajautui metalli pois valmistusmateriaalina.

Komposiittimateriaaleja käytetään usein koteloiden valmistuksessa. Komposiittimateriaaleja voidaan valita hyvin tarkkaan tarkoituksen mukaan ja tuloksena saadaan juuri haluttuja ominaisuuksia. Tässä tapauksessa otin arvioinnin kohteeksi lasi- sekä hiilikuidun. Näillä materiaaleilla saataisiin valmistettua erittäin kestävä ja kevyt kotelo, joka täyttäisi sille asetetut vaatimukset helposti. Kotelon valmistus komposiittimateriaalista vaatisi kuitenkin muottien valmistuksen sekä se olisi melko työlästä ja aikaa vievää.

Valmistusmateriaaliksi valikoitui tekninen muovi. Tekniset muovit ovat valtamuoveja kalliimpia materiaaleja, mutta niiden tekniset ominaisuudet ovat kyseisiä muoveja paremmat ja sopivat siksi paremmin vaativiin ympäristöihin. Tekniset muovit ovat myös hyvin helposti skaalattavissa suurempiin valmistuseriin, sillä kaikki niistä soveltuvat ruiskuvalettaviksi. (MUOKE)

Benchmarkkaustutkimuksesta saatujen tuloksien myötä ilmeni myös, että ABS- sekä PVC-muovi olivat markkinoiden hallitsevat valmistusmateriaalit ulkokäyttöön tarkoitetuille koteloille.

8.2 Testaus

Valmistusmateriaalin varmistuttua muoviksi, tilattiin eri muovilaaduista näytteet joiden avulla varmistettiin UHF- sekä NFC-tunnisteiden toiminta kyseisen materiaalin

kanssa. Testi suoritettiin valmiilla UHF-järjestelmällä sekä NFC-lukijalla varustetulla matkapuhelimella.

UHF-järjestelmä koostui UHF-antenniin yhdistetystä tietokoneesta sekä kotelossa käytettäväksi valitusta UHF-tunnisteesta. UHF-tunnisteiden osalta testi suoritettiin kaksiosaisena. Ensimmäisessä vaiheessa UHF-tunniste asetettiin taustalta avoimen muovimateriaalin taakse, jota sen jälkeen lähdettiin kuljettamaan kohtisuoraan UHF-antennista pois päin kunnes UHF-antenni ei enää havainnut tunnistetta (Kuva 7). Tämä tulos kirjattiin ylös ja verrattiin referenssituloksen sekä valmistajan ilmoittaman kantaman välillä.



KUVA 7. Testikokoonpano (Miklas Suokas 2014)

Toisessa vaiheessa muovimateriaalin taakse asetetun UHF-tunnisteen taustalle asetettiin 2mm metallilevy simuloimaan kuorma-auton konttia. Tämän jälkeen testi suoritettiin samalla tavalla kuin ensimmäisessä vaiheessa. Testin tuloksena saatiin selville, etteivät testauksessa olleet muovit vaikuttaneet signaalin etenemiseen millään tavoin. Testin aikana testattiin myös radiosignaalin etenemistä jään läpi, koska taustatutkimuksessa selvisi, että radiosignaali heikkenee edetessään veden läpi. Tämänkin testin tuloksena saatiin selville, ettei testattu maksimissaan 3cm paksuinen jääkerros vaikuttanut käytetyn tunnisteen lukuetaisyteen. (Liite 1)

NFC-tunnisteen läpäisykyky testattiin LG-merkkisellä älypuhelimella, josta löytyi sisäänrakennettu NFC-lukija. Testi suoritettiin asettamalla eripaksuisia muovilevyjä puhelimen sekä NFC-tunnisteen väliin niin pitkään kunnes matkapuhelin ei enää re-

kisteröinyt tunnistetta. Tämän jälkeen saatuja tuloksia verrattiin matkapuhelimen referenssitulokseen, joka tehtiin ilman, että tunnisteen sekä matkapuhelimen välissä oli mitään materiaalia. Saadut tulokset osoittivat, etteivät valitut materiaalit estäneet NFC-tunnisteen radiosignaalin etenemistä millään tavoin, vaan testitulokset olivat täysin yhdenmukaisia referenssituloksien kanssa.

8.3 Materiaali prototyyppiin

Kun materiaalivalinta oli tehty lopulliseen koteloon, tuli päättää materiaali valmistettavaan testikoteloihin. Testikoteloiden materiaali tulisi olemaan eri kuin lopullisten mahdollisesti teollisesti valmistettavien koteloiden, koska ruiskupuristusmuottien valmistus vaatii suuren alkupääoman. Tämän takia tuli lopulliselle materiaalille löytää mahdollisimman hyvin sitä vastaava, huokea materiaali. Materiaalivalinnassa päädyin polyuretaanihartsiin, jonka ominaisuudet olivat lähellä lopullista materiaalia. Materiaalina polyuretaanihartsin on kaksikomponentti muovi, joka kovettuu kahden eri aineen välisen kemiallisen reaktion kautta. Tämä reaktio tuottaa jonkin verran lämpöä, joka on hyvä ottaa huomioon valmistusvaiheessa. Polyuretaanihartsin on myös helposti työstettävää ja suhteellisen edullinen materiaali.

9 PROTOTYYPIN VALMISTUS

Opinnäytetyöhön kuului myös prototyyppien valmistaminen valitusta kotelosta. Koteloihin tuli valmistaa 12 kappaletta testaamista varten, joten erilaisia vaihtoehtoja koteloiden valmistamiseksi tuli punnita. Valitun menetelmän tuloksen täytyi olla kustannustehokas sekä siitä saadun tuotoksen tuli olla mahdollisimman lähellä oikeista materiaaleista valmistettua tuotosta.

9.1 Valmistusmenetelmät

Aikaisemmassa vaiheessa kotelon valmistusmenetelmäksi valikoitui muovimateriaalin edullisuuden sekä käyttöympäristöön hyvin soveltuvien ominaisuuksien vuoksi.

Muovituotteita voidaan kuitenkin valmistaa erittäin monin tavoin. Tästä syytä tulikin selvittää, mikä eri valmistusmenetelmistä soveltuisi parhaiten prototyyppien valmis-

tamiseen. Valmistusmenetelmän valintaan saatiin sisällytettyä myös normaalisti liian hintava prototyypisarjan valmistusmenetelmä, ruiskupuristus, sillä koulumme tarjosi mahdollisuuden käyttää koululta löytyvää kalustoa.

9.1.1 Muottivalu

Muottivalaminen on yksi vanhimpia valmistusmenetelmiä, jonka juuret ulottuvat aina rautakaudelle asti. Valmistusmenetelmänä tämä soveltuu parhaiten prototyyppien sekä yksittäisten kappaleiden tai piensarjojen valmistamiseen. Muottivalussa voidaan käyttää lukuisia eri valuaineita, kuten metalleja, muoveja sekä keraameja.

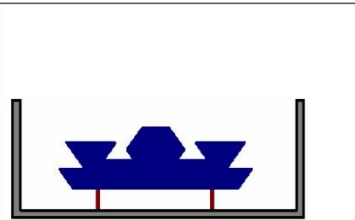
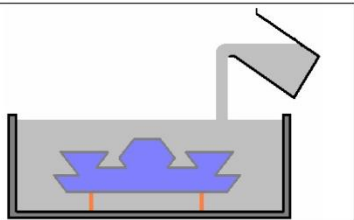
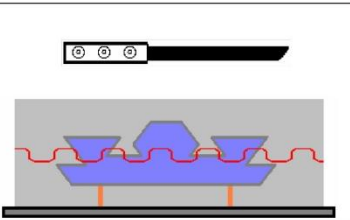
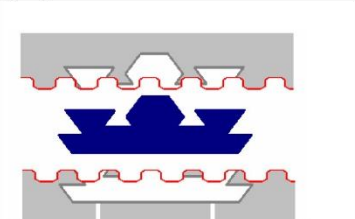
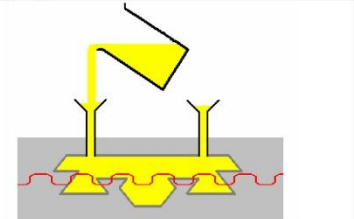
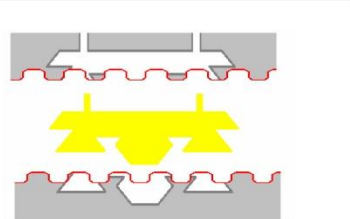
Muovivalussa käytetään valuaineena nestemäisiä muoveja eli polyuretaanimuoveja niiden erittäin laajan valikoiman vuoksi. Näiden joukosta voi löytää juuri tiettyyn tarkoitukseen soveltuvia muoveja, joiden ominaisuudet ovat hyvin lähellä lopullisia mas-savalmistukseen sopivia materiaaleja. Polyuretaanimuovit ovat erittäin sopivia valu-aineeksi myös sen takia, että kyseessä on kaksikomponenttimuovi, joka kovettuu komponenttien sekoituttua. (Thompson 2007, 40) Tämän vuoksi polyuretaani voidaan kaataa muottiin juoksevassa muodossa ja polyuretaanin kovettuminen muoviksi tapahtuu vasta muotin sisällä. Näin valuaine pääsee täyttämään myös kaikista pienimmät muotin yksityiskohdat ja valmiista kappaleesta saadaan erittäin tarkka lopputulos.

Muottivalu tapahtuu neljässä eri vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa halutusta kappaleesta valmistetaan valumuotti. Muotti valmistetaan yleisimmin joustavasta silikonista, sillä se mahdollistaa muita muottimateriaaleja tarkemman sekä monimutkaisemman muotin. Silikonilla on myös pidempi elinkaari kuin muilla muottiaineilla, sillä sitä voidaan käyttää vähintään 20 - 30 kertaa ennen kuin muotissa havaitaan kulumista. Muotin lopullinen elinkaari riippuu paljon myös valettavan kappaleen monimutkaisuudesta, sekä esimerkiksi negatiivisten päästöjen syvyydestä sekä lukumäärästä. Muotin valmistamiseen on monia eri tapoja, joista yleisin on kaksiosaisen muotin valmistus. Kevra Oy:n muotinvalmistusohjeiden mukaan (Kuva 8), kaksiosaisen muotin valmistus tapahtuu valamalla silikonin mallin ympärille. Silikonin kovettuttua, muotti halkaistaan keskeltä kahtia. Näin muotista saadaan erilliset ylä- ja alaosat. Tämän jälkeen malli poistetaan muotista ja muotti on valmis.

Muotin ollessa valmis alkaa valmistuksen valuvaihe. Tässä vaiheessa muotti suljetaan joko teippaamalla tai kuminauhoilla, jonka jälkeen polyuretaanihartsin kaksi komponenttia sekoitetaan hyvin yhteen ja kaadetaan muottiin jätettyjen valukanavien kautta muottiin. Valukanavien on hyvä olla korkeammat kuin itse muotti, sillä näin valukanaviin jää ylimääräistä valuaainetta, joka tarvittaessa täyttää muottia sitä mukaan kuin muovi kovettumisen myötä kutistuu. Jotta valetusta kappaleesta saataisiin mahdollisimman laadukas, suositellaan muotin asettamista vakuumiin. Vakuumi auttaa ilman poistumista muotista ja näin muottiin jäänyt ilma ja siten myös ilmakuplien riski saadaan minimoitua

Valun päätteeksi muotti poistetaan vakuumista ja saatu tuotos poistetaan muotista. Tämän jälkeen valmis kappale voidaan viimeistellä käsin. Tämä tarkoittaa muun muassa valukanavien poistoa sekä mahdollista pintakäsittelyä, kuten maalaamista.

Kaksiosainen muotti

		
Valmistetaan kehykset muotin ympärille.	Valetaan silikonin mallin ympärille	Leikataan muotti keskeltä kahtia
		
Irrotellaan malli muotista	Valetaan muotista haluttu mallinnus	Valmiit osat

KUVA 8. Muotin valmistus ja toiminta (Kevra Oy 2014)

9.1.2 3D-tulostus

Nykyajan monista valmistustekniikoista tulevaisuuden kannalta lupaavimpana pidetään 3D-tulostusta. 3D-tulostamalla saadaan tulostettua erittäin tarkkoja kappaleita tietokoneella tehtyjen 3D-mallien pohjalta. 3D-tulostusteknologia mahdollistaa myös muita valmistusmenetelmiä huomattavasti monimutkaisempien kappaleiden valmis-

tamisen. Tämän mahdollistaa 3D-tulostamisen toimintaperiaate: tulostus pohjautuu ideaan, jossa tulostettava kappale jaetaan korkeussuunnassa erittäin ohuisiin kerroksiin, jotka tulostin tulostaa yhden kerrallaan.

3D-tulostus on viime vuosien aikana levinnyt erittäin laajalle ja sen hinta on laskenut huomattavasti. Tämän on mahdollistanut 3D-tulostamisessa vaadittavat teknologian halpeneminen sekä eri Open Source-projektit, joiden päämääränä on ollut kehittää mahdollisimman edullisia tulostimia, joita jokainen voisi itse rakentaa.

Markkinoilla olevat tulostimet voidaan jakaa kolmeen pääryhmään. Nämä pääryhmät eroavat sillä, miten uusia kerroksia valmistetaan. Yksi pääryhmä perustuu materiaalin sulattamiseen tai pehmentämiseen kerroksien valmistamiseksi. Näitä menetelmiä käyttävät muun muassa Selective lasen Sintering (SLS) sekä Selective Laser Melting (SLM) teknologiaan perustuvat tulostimet. (Thre3D.com a)

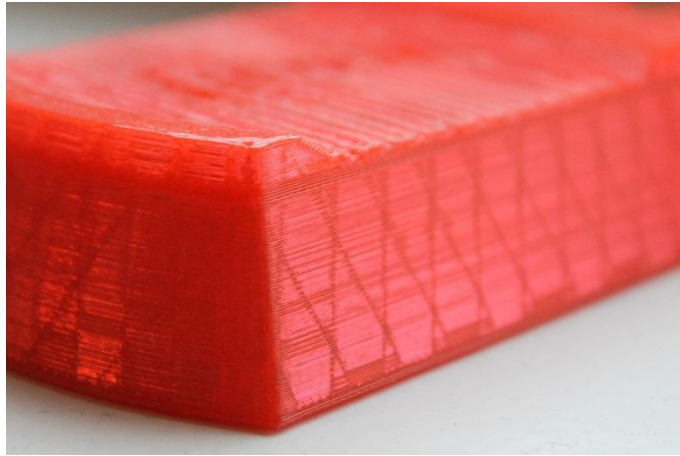
Toinen pääryhmä perustuu UV-valon tai vastaavan vaikutuksesta kovettuvan nesteen kovettamiseen. Tämän pääryhmän pääteknologiaa kutsutaan nimellä Stereolithography (SLA). Tämän teknologian suurimpia etuja ovat sen nopeus, mahdollisuus tulostaa myös suuria kappaleita, sekä tulosteen korkea laatu. (Thre3D.com b)

Kolmas pääryhmä on Laminated Object Manufacturing (LOM) teknologia. Tässä valmistustavassa materiaaliarkkeja pinotaan päällekkäin yksi kerrallaan. Jokainen arkki leikataan haluttuun muotoon, joka sen jälkeen kiinnitetään alla olevaan arkkiin esimerkiksi liimaamalla. Tämän teknologian etuja ovat muun muassa halpa hinta, mahdollisuus tulostaa suuria kappaleita, sekä rajaton värien käyttö. (Thre3D.com c)

Viime vuosina 3D-tulostamisen on mullistanut Fused deposition modeling (FDM) tulostusteknologian patenttien vanheneminen. Tämän myötä Internetiin muodostui lukuisia eri Open Source-projekteja, joiden tuloksena on syntynyt uusi 3D-tulostimien valtaryhmä. Tämä valtaryhmä koostuu pääosin niin sanotuista koti- tai pöytätulostimista, jotka käyttävät FDM-teknologiaa. Tässä teknologiassa tulostin sulattaa ja pursoittaa ohutta muovilankaa muodostaakseen tulostettavia kerroksia. (Thre3d.com d)

Tämän teknologian suurimpia etuja on sen hyvinkin halpa hinta sekä alati laajeneva tulostettavien materiaalien määrä. FDM- tulostimien heikkoutena voidaan kuitenkin mainita verrattain huono pinnanlaatu. Tulostetut kerrokset ovat erotettavissa paljain

silmin, ja tästä syystä tämä teknologia vaatii melkein aina tulostetun kappaleen jälkikäsittelyn (Kuva 9). Vasta tämän jälkeen sitä voidaan käyttää esimerkiksi muotin valmistamiseen.



KUVA 9. FDM-tulosteessa erottuvat kerrokset
(Miklas Suokas 2014)

3D-tulostus on kuitenkin nykypäivänä vielä verrattain kallis valmistusmenetelmä, eikä se hintansa vuoksi sovellu erittäin hyvin piensarjojen valmistukseen. Tämä on kuitenkin hyvin projektikohtaista, sillä jos kyseessä on esimerkiksi hyvin monimutkainen kappale, voi 3D-tulostus olla hyvinkin sopiva ja edullinen piensarjan tai jopa kaupallisen sarjan valmistustekniikka. Laajemmissa määrin 3D-tulostusta voidaan kuitenkin erinomaisesti käyttää osana halvempia valmistusmenetelmiä, kuten valamista. Sen avulla voidaan muun muassa valmistaa hyvälaatuinen mallikappale, jota voidaan käyttää mallina valumuotin valmistuksessa.

9.1.3 Ruiskupuristus

Ruiskupuristus on teollisuuden johtava muovituotteiden valmistusmenetelmä. Se soveltuu loistavasti erittäin suurien valmistusmäärien valmistamiseen. Ruiskupuristuksen avulla saadaan nopeasti tuotettua toistensa kanssa identtisiä kappaleita, joiden pinnanlaatu on hyvä, jos muotti ja kappale ovat hyvin suunniteltuja. Ruiskupuristamisessa voidaan myös käyttää lukuisia erilaisia muoveja ja sen takia se soveltuukin erittäin monien erilaisten muovituotteiden valmistamiseen. (Thompson 2007, 51)

Ruiskupuristuksen huonoja puolia ovat korkeasta paineesta sekä materiaalista johtuva alttius kutistua jäähtyessään. Tämä voidaan kuitenkin minimoida huolellisella kappale-

leen muodon sekä valukanavien suunnittelulla. Ruiskupuristus vaatii myös muihin valmistusmenetelmiin verrattuna erittäin korkean alkupääoman. Tämä johtuu siitä, että ruiskupuristuksessa täytyy käyttää laadukasta muottia, joka jyrsitään metalliin. Juuri tämä muotin valmistuksen hintavuus rajoittaa ruiskupuristeiden käytön vain suuriin valmistuseriin, joissa sijoitettu pääoma saadaan takaisin tuhansien ruiskupuristettujen tuotteiden kautta.

9.2 Testisarjan valmistusmenetelmä

Prototyyppejä tuli valmistaa 12 kappaletta. Tämä määrä sekä annettu budjetti jätti tutkituista valmistusmenetelmistä jäljelle valamisen sekä ruiskupuristuksen. Normaalisti ruiskupuristus olisi jäänyt menetelmien ulkopuolelle heti alkuvaiheessa, mutta yhteistyö koulumme materiaalitekniikan laitoksen kanssa mahdollisti budjetin rajoihin mahduneeen ruiskupuristuksen. Valmistusmenetelmäksi valikoitui kuitenkin muottiin valamisen, sillä kotelon valmiiden kappaleiden tilavuus ylitti koulumme ruiskupuristimen tilavuuden, eikä sitä tämän vuoksi voitu valmistaa ruiskupuristamalla. Muotin valmistamiseen tarvittava malli tulostettiin 3D-tulostimella. Tulostamalla saatiin erittäin hyvälaatuinen malli, jonka pohjalta oli helppo valmistaa silikonimuotti.

10 TUOTTEEN KUVAUS JA KÄYTTÖ

Valmistettava kotelo on tarkoitettu asennettavaksi energiahakeyhdistelmän kylkeen. Asennetun kotelon sisältämien tunnisteiden avulla on tarkoitus kartoittaa ja seurata yhdistelmän reittiä ja hakkeen alkuperää. Tätä teknologiaa käytetään myös yhdistelmän saapuessa energialaitokselle, sillä kuskin tunnisteeseen syöttämän tiedon avulla kuorman rekisteröiminen energialaitoksella nopeutuu huomattavasti. Tämä on seurausta siitä, että perinteisesti tapahtuva manuaalinen kuormankirjaaminen saadaan tunnisteiden avulla automatisoitua.

Kotelo tulee sisältämään aina vähintään kaksi RFID-tunnistetta, yhden UHF- ja yhden NFC-tunnisteen. Näistä tunnisteista hakeyhdistelmän kuljettaja käyttää NFC-tunnistetta matkapuhelimella ja syöttää siihen tiedon kuljettamansa hakkeen arvioidusta määrästä kuutioittain. Tämä tieto luetaan energialaitoksen portilla sijaitsevan vaa'an

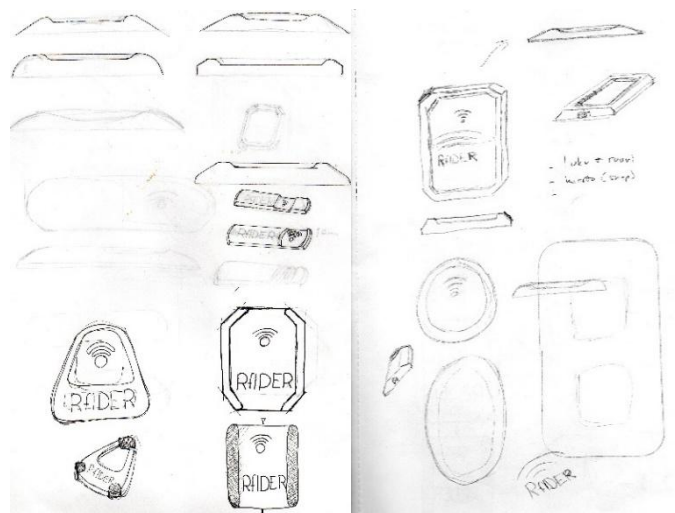
yhteyteen asennetulla RFID-antennilla, jonka jälkeen tietoa käytetään kirjattaessa yhdistelmän tuomaa kuormaa laitokselle.

11 MUOTOILU

Taustatutkimuksen tehtyä alkoi tuotteen varsinainen muotoiluvaihe. Toimeksiantajan antamien tarkkojen vaatimusten myötä oli mahdollista tehostaa suunnittelutyötä, koska silloin pystyin välttymään harha-askelilta. Muotoiluprosessin aikana saatiin myös uutta tietoa ja rajoituksia, joiden käyttöönoton myötä tuloksena saatiin iteroiva muotoiluprosessi. Näin tuloksena saatiin kaikkia osapuolia miellyttävä ja toimiva muotoiluratkaisu.

11.1 Luonnosvaihe

Luonnosvaiheessa on tärkeää tehdä mahdollisimman paljon erilaisia ratkaisuja, joiden tulee olla hyvin erilaisia ja jopa annetun toimeksiannon mukaan epärealistisia. Luonnosvaiheen tärkein tavoite onkin saada mahdollisimman paljon ideoita ilmoille, joista jatkoon otetaan vain kaikista parhaimmat ja toimivimmat ideat. (Kuva 10)

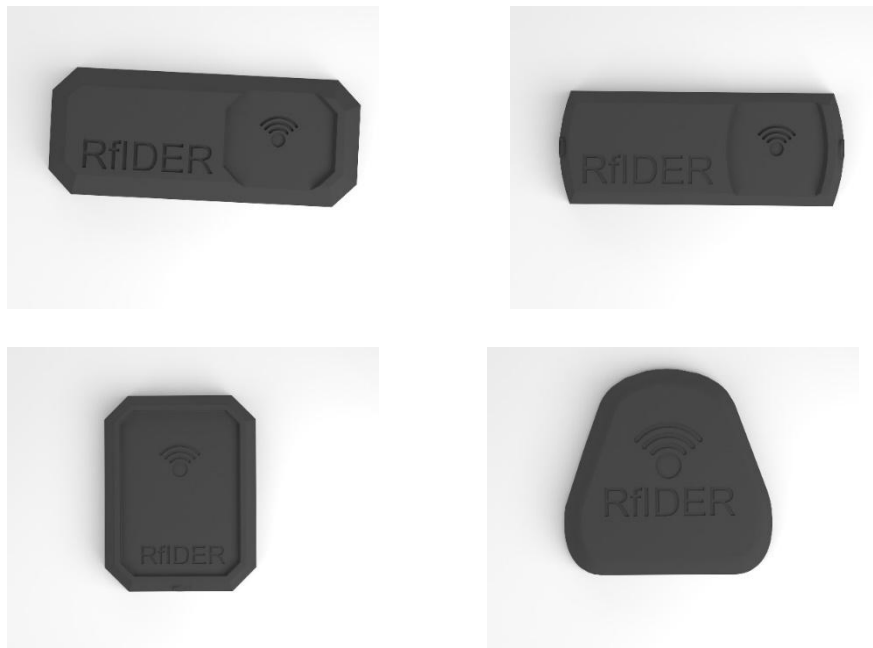


KUVA 10. Luonnoksia (Miklas Suokas 2014)

Omassa muotoiluprosessissani otin toimeksiantajan asettamat vaatimukset huomioon jo heti alkuvaiheessa. Tämä tarkoitti luonnosvaiheen vapauden rajaamista, mutta tämän avulla pystyin jo heti alkuvaiheessa miettimään erilaisia ratkaisuja kotelon kiinnitystekniikalle sekä kotelon avausmekanismille.

11.2 Konseptointi

Luonnosvaiheen jälkeen aloin jatkokehittämään syntyneitä ideoita eteenpäin konseptiksi. Konseptointivaiheessa viimeistelin luonnosvaiheen ideat neljäksi erilaiseksi kilpailevaksi konseptiksi (Kuva 11). Tässä vaiheessa aloin myös kiinnittämään yhä enemmän huomiota kotelon teknisiin ominaisuuksiin sekä mahdolliseen valmistettavuuteen. Koteloiden avausmekanismin tuli olla kestävä ja varmatoiminen, sekä kotelo täytyi olla helppo valmistaa.



KUVA 11. Neljä vaihtoehtoista konseptia (Miklas Suokas 2014)

Neljä erilaista konseptia erosivat toisistaan niin muotokielen kuin käytettyjen ratkaisujen perusteella. Kaksi ensimmäistä konseptia olivat kumpikin vaaka-asentoon asennettavia konsepteja, joiden tekniset ratkaisut olivat samanlaiset. Nämä kaksi koteloa erosivat toisistaan vain muotokieleltään. Toisessa koteloista käytettiin kulmikkaita muotoja, jotka antoivat sille teknisemmän sekä maskuliinisemmän ulkonäön, kun taas toinen kotelo pohjautui kaareviin muotoihin, jotka antoivat sille kulmikasta koteloa pehmeämmän ulkomuodon. Teknisiltä ominaisuuksiltaan kummankin kotelon kannen kiinnitykseen käytettiin kahta päihin asennettavaa ruuvia sekä hakasliitoksia. Myös koteloihin asennettavat RFID-tunnisteet asennettaisiin samoille paikoille eli kotelon oikeaan sekä vasempaan laitaan.

Kahden vaakaa-asentoon asennettavan kotelon lisäksi konsepteista löytyi kaksi pystyasentoon asennettavaa koteloa. Koteloista toinen noudatti samaa kulmikasta muotokieltä kuin yksi vaakaan asennettavista, kun taas toinen edusti hieman orgaanisempaa muotokieltä ja sisälsi pelkästään pyöreitä muotoja. Tämä kotelo myös erosi muotokieltään enemmän jo markkinoilla olevista koteloista, kuin muut kolme konseptia.

Pystyasentoon asennettavat kotelot erosivat myös teknisesti vaakaan asennettavista koteloista. Pystyyn asennettavissa koteloissa RFID-tunnisteet sijoitettaisiin päällekkäin sekä niissä käytettäisiin kannen varmistamiseen vain yhtä ruuvia. Näiden kahden kotelon välillä oli myös eroavaisuuksia kannen kiinnityksen suhteen. Kulmikkaassa mallissa kansi kiinnitettiin hyödyntäen kahta hakasliitosta kotelon alareunassa sekä yhtä suurempaa liitosta yläreunassa. Kannen kiinnitys varmistettaisiin vielä ruuvilla kotelon alareunasta. Pyöreää muotokieltä noudattavaan koteloon olin suunnitellut hieman monimutkaisemman kierteillä toimivan ratkaisun, joka varmistettaisiin yhdellä ruuvilla.

11.3 Tuotesemantiikka

Tuotesemantiikassa tutkitaan esineiden symbolisia ominaisuuksia niiden psykologisissa ja sosiaalisissa käyttöyhteyksissä. Näiden ominaisuuksien ymmärtäminen auttaa parantamaan tuotteen käytettävyyttä

Koska suojakotelon on melko yksinkertainen tuote, päätin jo alkuvaiheessa lisätä koteloon ominaisuuksia, jotka tekisivät kotelon mahdollisimman helposti käytettäväksi. Yksi kotelon käyttöön liittyvä ominaisuus liittyi sen sisältämiin UHF- ja NFC-tunnisteisiin ja niiden sijainnin erottamiseen. NFC-tunniste on tarkoitettu käytettäväksi matkapuhelimella, joka täytyy asettaa suoraan tunnisteen päälle. Tästä syystä oli tärkeää saada kotelo viestimään tunnisteen paikka selkeästi käyttäjälle. Ratkaisun piti olla myös sellainen, joka olisi havaittavissa, vaikka kotelo olisi likainen tai hieman lumen peitossa.

Ratkaisuksi päätin tehdä koteloon selkeän syvennyksen NFC-tunnisteen kohdalle. Toinen vaihtoehto olisi ollut merkitä tunnisteen paikka esimerkiksi teippaamalla tai muulla pintamerkinällä. Päädyin kuitenkin tekemään matkapuhelimen levyisen syvennyksen, sillä syvennys viestii automaattisesti käyttäjälle, että siihen voi asettaa

jotakin. Selkeä syvennys ei myöskään ole niin haavoittuvainen mahdolliselle lialle, joka voisi tehdä teippauksien tai muiden pintamerkintöjen lukemisen mahdottomaksi. Korostaakseni NFC-signaalin lähetyspaikan olevan syvennyksessä, lisäsin syvennykseen vielä signaalia esittävän symbolin.

11.4 Valinta

Luonnos- sekä konseptointivaiheen jälkeen esitin tilaajalle neljä vaihtoehtoista konseptia. Konseptit erosivat toisistaan ulkomuodollisesti sekä toiminnallisesti. Konseptien esittelytilaisuudessa käytiin läpi myös koteloiden kiinnitystekniikkaa sekä sen toimintaan liittyviä ratkaisuja. Konseptit arvioi nelihenkinen raati, joka äänesti jatkokehitykseen vaakaan asennettavista koteloista pyöreitä muotoja sisältävän mallin (Kuva 12).



KUVA 12. Havainnekuva valitusta konseptista (Miklas Suokas 2014)

12 PROTOTYYPIN VALMISTUS

Lopullisen kotelon tullessa valituksi alkoi kotelon prototyypin valmistus. Tässä vaiheessa jatkoin valitun konseptin jatkokehittämistä yksinkertaisempaan ja toimivampaan muotoon raadilta saatujen huomioiden saattelemana. Tässä vaiheessa alkoi myös mittatarkan 3D-mallin tekeminen Solidworks-ohjelmalla.

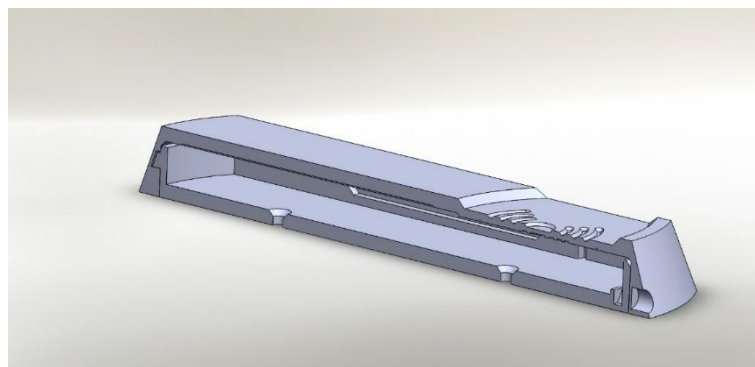
Valmistusnäkökulmien lisäksi tein myös parannuksia kotelon viestintään. Konseptivaiheen kotelossa oli kannen upotukseen lisätty upotettu symboli merkitsemään NFC-signaalin lähetyspaikkaa. Mielestäni tämä upotettu symboli oli kuitenkin vielä hieman liian tulkinnanvarainen, joten tein uuden symbolin, joka oli myös aikaisempaa suurempi. Suuremman koon myötä sain myös tehtyä symbolin upotuksiin viisteet, jotka helpottavat sen puhtaana pysymistä.

Kannen ulkopuolella olevien symbolien lisäksi lisäsin kotelon sisäpuolelle selkeät merkinnät RFID-tarrojen asennuspaikoille. Selvä merkintä auttaa tarvittaessa vaihtamaan kotelon sisälle uudet tarrat niiden oikeille paikoille, vaikkei vaihtamisesta olisi aikaisempaa kokemusta

12.1 3D-mallinnus

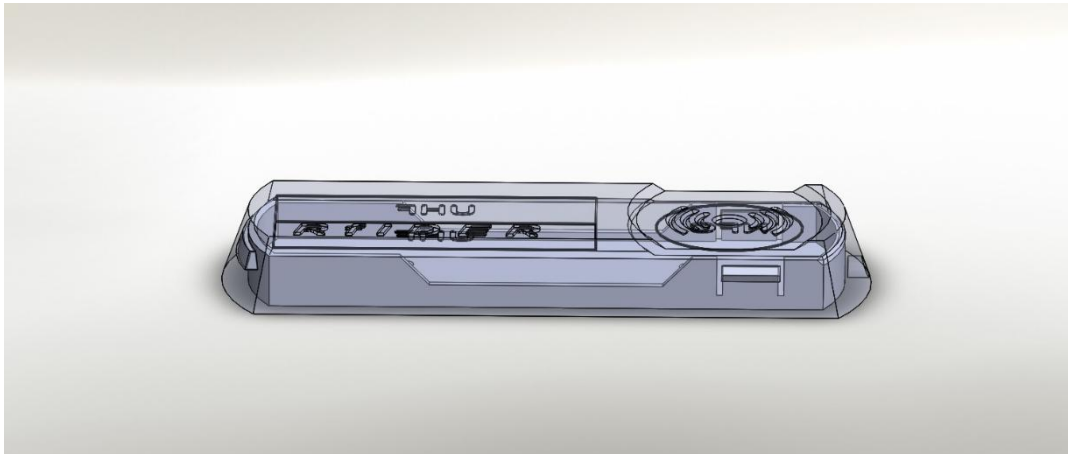
Kun lopullinen malli saatiin valituksi, tuli siitä tehdä mittatarkka 3D-malli Solidworks-mallinnusohjelmalla. Tätä 3D-mallia käytettäisiin, kun valmiista kotelosta tulostettaisiin 3D-tulostimella aihio valumuotin valmistamista varten. Tästä syystä kotelon tuli olla niin valmis kuin mahdollista sekä kaikkien ratkaisujen tuli olla tarkoin mietittyjä.

Tehdessäni kotelon 3D-malleja pystyin tarkemmin tarkkailemaan seinämien vahvuuksia eri kohdissa kotelo (Kuva13). Tekemieni havaintojen perusteella pystyin tekemään koteloon muutoksia, joilla pystyin varmistamaan riittävän seinämävahvuuden kotelon eri kohdissa.



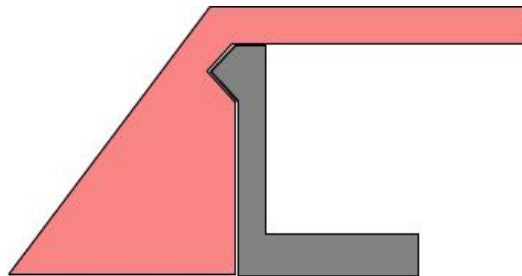
KUVA 13. Poikkisleikkaus Solidworks-mallista (Miklas Suokas 2014)

Lopulliseen kotelon 3D-malliin pystyin myös lisäämään edellisessä vaiheessa mieleen tulleita käytettävyyttä parantavia ominaisuuksia (Kuva 14). Näitä olivat kotelon kiinnitysmekanismin muutos, viisteiden lisääminen kotelon toiseen päähän sekä kannen sisäreunoihin. Kotelon aukaisun sekä sulkemisen helpottamiseksi lisäsin myös koteloon mutterin pidikkeen, joka pitäisi kannen varmistuksessa käytetyn kuusiokoloruuvien mutterin paikoillaan. Tämä helpottaisi huomattavasti kuusiokoloruuvien kiinnittämistä, sillä kun mutteria ei tarvitsisi pitää itse paikoillaan se minimoisi mutterin puutoamis- ja häviämistä.



KUVA 14. Solidworks- malli valmiista kotelosta (Miklas Suokas 2014)

Valitussa konseptissa oli kannen kiinnittämiseksi käytetty neljää hakastyypistä liitosta (Kuva 15), joka varmistettiin kotelon päistä kahdella kuusiokoloruuvilla. Tulinkin siihen tulokseen, että yhtä hyvän tuloksen saisi myös yksinkertaistetummalla muodolla. Päädyin vähentämään hakasliitosten lukumäärän kahteen sekä lisäämään yhden leveän salpamaisen rakenteen kotelon perään. Näin pystyin myös vähentämään varmistusruuvien lukumäärän vain yhteen.



KUVA 15. Konseptissa käytetty hakasliitos (Miklas Suokas 2014)

Tutkiessani kotelon rakennetta ja toimintaa Solidworks-ohjelmalla huomasin kannen käyvän hyvin ahtaaksi sen sulkuvaiheessa. Tätä helpottaakseni lisäsin pohjan toiseen

päähän viisteen, joka antaa kannelle juuri sopivasti tilaa ilman että seinämävahvuuksia tai pohjan mittoja tarvitsi muuttaa. Tutkiessani kotelon rakennetta huomasin myös kannen alareunan seinämäpaksuuden olevan melko suuri. Tämä seinämäpaksuus tulisi todennäköisesti tuottamaan ongelmia joissakin valmistusmenetelmissä, kuten ruiskupuristuksessa. Koska kotelon testisarja valmistettaisiin valamalla, ei tästä seinämäpaksuudesta tullut ongelmaa. Jos kotelosta kuitenkin valmistettaisiin tulevaisuudessa ruiskupuristekotelo, tulisi tämä umpinainen seinämävahvuus muuttaa esimerkiksi tukirakenteiden avulla ontoksi.

12.2 3D-tulostus

Prototyypin valmistusmenetelmän varmistuttua valamiseksi tarvittiin muotin valmistamista varten malli. Kotelon ollessa melko monimutkainen työstettäväksi muilla menetelmillä, kuten jyrsimällä, valikoitui mallin valmistamiseksi 3D-tulostaminen. 3D-tulostus mahdollistaa käytetystä menetelmästä riippuen jopa erittäin tarkan lopputuloksen, jota ei tarvitse jälkikäsitellä.

Muotin malli tulostettiin Kymenlaakson ammattikorkeakoulun Objet Eden 260V tulostimella. Tulostin käyttää niin sanottua Polyjet-tulostusteknologiaa, joka perustuu samaan ideaan, kuin SLA-tulostin. Tulostin valmistaa tulostettavan kappaleen UV-valon vaikutuksesta kovettuvaan polymeerimateriaaliin. Tämän teknologian tulostuslaatu on niin hyvä, ettei se vaadi muuta jälkikäsitelyä, kuin tulostuksessa käytetyn tukivahan pois pesemisen (Kuva 16).



KUVA 16. Valmis tuloste (Jarno Föhr 2014)

12.3 Valaminen

Ensimmäisen sarjan valmistusmenetelmäksi valikoitui muottiin valaminen. Valaminen on hyvin nopea ja yksinkertainen prosessi, jossa on tärkeää ennen valua valmistaa hyvä muotti. Muottimateriaaliksi valikoitui silikonin sen helppouden takia. Se on myös muita muottimateriaaleja pitkäikäisempää sekä kestävämpää ja soveltui siksi pienen testisarjan valmistamiseen muita muottimateriaaleja paremmin. Silikonin käyttö mahdollisti myös vaivattoman kotelon negatiivisten päästöjen valmistuksen sen joustavan ja kestävä rakenteen vuoksi. Kotelon osien rakenteiden takia valmistin valmiin 3D-tulosteen pohjalta kotelon ylä- ja alaosista kaksiosaiset valumuotit silikonista (Kuva 17).



KUVA 17. Kannen kaksiosainen silikonimuotti (Miklas Suokas 2014)

Tiukan aikataulun vuoksi valuaineeksi valikoitui nopeasti kovettuva kaksikomponentti polyuretaanihartsin. Valitun polyuretaanihartsin ominaisuudet olivat tavanomaisia valuhartseja paremmat ja se soveltuikin siksi erittäin hyvin prototyypin valmistukseen.

Valu eteni ensin sekoittamalla valuaineen kaksi komponenttia yhteen. Tämän jälkeen valmis valuaine kaadettiin kallistettuun muottiin muotissa olevan kaatoreiän kautta.

Muotin tultua täyteen siirrettiin muotti vakuumiin ilman poistoa varten. Näin pyrittiin minimoimaan ilman jääminen muotin sisään. Valuaineen ollessa erittäin nopeasti kovettuvaa tuotti se hieman ongelmia ilmanpoiston suhteen. Valuaine pääsi usein kovetumaan hieman liian aikaisin, jolloin kasvanut viskositeetti alkoi estämään ilman poistumista muotista. Tästä syystä muottiin jäi usein pieniä kuplia, eikä ilmanpoistossa onnistuttu aivan halutulla tasolla. Tämä oli havaittavissa varsinkin kotelon kannessa sen suuremman tilavuuden sekä monimutkaisemman rakenteen vuoksi. Valukappaleeseen jääneet virheet eivät kuitenkaan haitanneet prototyypin toimintaa.

13 VALMIS KOTELO

Muottivalun päätteeksi saatiin valmiiksi vaadittu 12 kappaletta toimivia koteloida. Muotista johtuneiden ongelmien vuoksi koteloiden pinnanlaatu ei kuitenkaan ollut aivan toivottua tasoa (Kuvat 18, 19). Nämä pienet pinnan virheet eivät kuitenkaan haitanneet koteloiden toimintaa, vaan ne voitiin ottaa testikäyttöön. Alkuperäisessä suunnitelmassa oli tarkoitus myös kokeilla käytettävän erilaisia väri variaatioita koteloiden erottuvuuden parantamiseksi. Tarkoituksena oli käyttää Lappeenrannan yliopiston logossa esiintyviä värejä, mutta aikataulullisista syistä tämä päätettiin kuitenkin hylätä ja kotelot jätettiin mustiksi.



KUVA 18. Valmiiseen koteloon jääneet valuvirheet (Jarno Föhr 2014)



KUVA 19. Valmis kotelon pohja (Jarno Föhr 2014)

Koteloida tulnaisiin käytettävän jatkossa myös projektin esittelyssä ulkopuolisille tahoille, joten koteloida toivottiin saatavan myös markkinointikelpoisia kuvia. Väri llisen sekä pinnanlaadullisesti moitteettomien koteloiden puuttuessa, päätettiin markkinointimateriaali tehdä Solidworks- ohjelmalla tehdyn 3D-mallin avulla. Tein kotelosta 3D-visualisoinnin 3ds Max- ohjelmalla, käyttäen kuvanluontiin V-Ray-

visualisointiohjelmaa. V-Ray-visualisointiohjelmalla luodut kuvat jälkikäsiteltiin ja yhdistettiin tämän jälkeen olemassa oleviin valokuviin Photoshop-kuvankäsittelyohjelmalla. Näin saatiin lopputulokseksi markkinointikelpoista kuvamateriaalia, joissa on tarkempia kuvia kotelon ratkaisuisista (Kuva 20) sekä mainoskuvia koteloista (Kuva 21) (Liite 2).



KUVA 20. Kotelon visualisointi (Miklas Suokas 2014)



KUVA 21. Koteloiden visualisointi, jossa käytössä LUT:n värit (Miklas Suokas 2014)

14 JÄLKISEURANTA

Tehtävänäni oli valmistaa testikäyttöön 12 koteloa, jotka valmistuttuaan asennettaisiin projektissa mukana olleeseen ajokalustoon. Ajokalusto ja siihen asennetut kotelot toimisivat tämän jälkeen niiden normaalissa käyttöympäristössä. Testin aikana saatiin kerättyä tietoa sekä käyttökokemuksia ajoneuvojen kuljetuksista sekä RFID-laitteiden toimivuudesta. Tämän sivutuotteena saatiin myös testattua ja todistettua koteloiden toiminta niiden oikeassa käyttöympäristössä.

14.1 Mukana ollut kalusto

Projektin demovaiheessa mukana oli yhteensä neljä yhdistelmäajoneuvoa. Nämä ajoneuvot olivat käytössä kahdessa eri osassa, josta ensimmäisessä noin kolme kuukautta kestäneessä ajanjaksossa oli samanaikaisesti ajossa kaksi yhdistelmäajoneuvoa. Näihin ajoneuvoihin oli kuhunkin asennettu neljä koteloa, kaksi ajoneuvon etuosaan ja kaksi ajoneuvon perävaunuun (Kuva 22). Ensimmäisten yhdistelmien lopetettua kuljetukset, asennettiin kotelot vielä kahteen uuteen ajoneuvoyhdistelmään yhdeksi kuukaudeksi. Näihin yhdistelmiin ei aiemmasta poiketen asennettu kuin vain kaksi koteloa, jotka sijoitettiin yhdistelmän etuosaan.



KUVA 22. Hakeyhdistelmään asennettu kotelo (Jarno Föhr 2014)

Testausvaiheen aikana kotelot olivat mukana 68 ajokerrassa. Yksi ajokerta käsittää rekan reitin hakkeen vastaanottoaikalta hakkurin luokse sekä takaisin.

14.2 Käyttökokemukset

Kotelosta saadut käyttökokemukset ovat pääsääntöisesti positiivisia. Kotelot saatiin asennettua helposti käyttämällä liimaa asennuksessa. Kotelon kannen kiinnityksessä havaittiin yksi ongelma, joka johtui muottiin tulleesta virheestä. Tämä virhe muutti kotelon pohjassa olevan mutterin pidikkeen muotoa sellaiseksi, että mutteri ei painunut pidikkeessä tarpeeksi syvälle. Tästä seurasi se, ettei alkuperäistä mutterikuusikoloruuvikiinnitystä voitu käyttää, vaan kiinnitys täytyi korvata normaalilla ruuvilla.

Koteloiden ollessa kiinnitettynä ajoneuvoihin, yhtä lukuun ottamatta, kaikki kotelot pysyivät ehjänä. Kotelon hajoamisen syytä ei pystytty varmuudella selvittämään, koska kotelon kansi oli tippunut matkan varrelle, mutta kotelon pohjaosaan jääneiden jälkien perusteella siihen oli kohdistunut suuri isku (Kuva 23). Ajoneuvon kuljettaja myös epäili, että kotelo saattoi hajota peruutustilanteessa, jossa kärry oli osunut metsätiellä ahtaassa kääntöpaikassa puuhun.



KUVA 23. Iskusta jäljelle jäänyt pohja (Jarno Föhr 2014)

14.3 Muutosehdotukset

Testikierroksen aikana saatiin kerättyä paljon tietoa koko konseptin toiminnasta. Koteloon liittyen ei esiintynyt mitään välttämättömiä muutostarpeita. Yksi itselläni jo suunnittelu vaiheessa mieleen tullut seikka oli se, että kotelon korkeutta pystyttäisiin kuitenkin madaltamaan, kun seurannassa käytettävä tunniste lyötäisiin lukkoon. Nyt kotelo oli suunniteltu niin, että sen sisälle jäi 15 mm tyhjä tila siltä varalta että testauksessa haluttaisiin käyttää suurempia kovia tunnisteita. Jos käytettävä tunniste olisi

jatkossa vain tarratunniste, voitaisiin kotelon korkeus madaltaa nykyisestä 25 millimetristä 15 millimetriin. Näin kotelosta saataisiin huomattavasti virtaviivaisempi sekä saataisiin minimoitua kotelon päälle mahdollisesti kerääntyvä lumi sekä lika (Kuva 24).



KUVA 24. Kotelon päälle lastausvaiheessa kertyvä lika (Jarno Föhr 2014)

Toinen muutosta vaativa seikka liittyi mutteripidikkeeseen. Testissä mukana oleviin koteloihin mutteripidike ei onnistunut toivotulla tavalla, eikä sitä sen vuoksi voitu käyttää. Tämä johtui alaosan muottiin tulleesta virheestä, jonka vuoksi pidikkeestä ei tullut tarpeeksi syvä. Tästä syystä mutteri jäi tarkoitettua korkeammalle, eikä se sen vuoksi osunut kuusiokoloruuvien kanssa yhteen. Tämä virhe olisi mahdollisesti korjattavissa uudella muotilla, mutta tämän lisäksi tulisi pohtia, voisiko varmistuksen hoitaa myös pelkällä ruuvilla.

15 POHDINTA

Ennen tätä opinnäytetyötä en juuri ollut ollut tietoisesti tekemissä RFID-teknologian kanssa. Perehtyminen tähän minulle uuteen teknologiaan, sen mahdollisuuksiin ja rajoituksiin, teki opinnäytetyöni tutkimusvaiheesta mielenkiintoisen. Myös projekti, jonka osana opinnäytetyöni kohteena ollut kotelo valmistettiin, oli minusta erittäin kiinnostava ja olin mielelläni mukana kyseisessä projektissa.

Opinnäytetyöni yhtenä osa-alueena oli koteloiden testisarjan valmistaminen. Koteloiden valmistus oli erittäin mielenkiintoista, sillä näin pääsin syventämään aikaisempaa tietoa piensarjojen valmistustekniikoista sekä niiden soveltuvuudesta erilaisiin tilanteisiin. Eri valmistustekniikoihin perehtyessäni jouduin myös ajattelemaan entistä tarkemmin koteloon tulevia ominaisuuksia valmistusteknisistä näkökulmista. Valmistustekniset näkökulmat tekivät kotelon suunnittelusta ajoittain haasteellista, mutta ongelmat ratkaistuani, teki se myös kotelon suunnittelusta hyvin palkitsevaa. Uskon myös, että opinnäytetyöni jälkeen osaan ottaa valmistustekniset seikat paremmin huomioon myös tulevissa toimeksiannoissa.

Jos tekisin opinnäytetyöni uudelleen, tekisin joitakin asioita hieman toisin. Suurin muutos olisi aikataulutuksen tarkempi suunnittelu ja siinä pysyminen sekä seuraavien vaiheiden sekä vastoinkäymisten mahdollisimman hyvä ennakointi. Nyt aikataulut pääsivät venymään joskus hieman liikaakin, varsinkin prototyypin valmistusvaiheessa, jolloin tavarantoimittaja ei pystynytkään toimittamaan tilaamiani valuuon tarvittavia materiaaleja. En ollut varautunut riittävän hyvin minusta riippumattomiin viivytyksiin ja vastoinkäymisiin, joten jouduin aloittamaan uuden tavarantoimittajan etsimisen silloin, kun valut olisi pitänyt jo aloittaa. Tästä syystä valujen aloitus myöhästyi kahdella viikolla.

Aikataulun ja ennakkoinnin lisäksi, suunnittelisin myös valuvaiheessa muutamia asioita hieman toisin. Nyt minulla oli käytössä koteloiden valussa erittäin nopeasti kovettuvaa polyuretaanihartsia, hitaasti kovettuvan sijaan. Jälkikäteen ajateltuna käyttämäni valuaineen kovettumisnopeus oli liian suuri näin suureen ja verrattain monimutkaiseen koteloon. Jos kotelon seinämävahvuudet olisivat olleet hieman suuremmat, sekä valukanavat olisivat sijoiteltu hieman paremmin, olisivat kotelon valut voineet onnistua nykyisellä valuaineella aivan hyvin. Nyt valuaine, kotelo sekä valukanavien sijoittelu muodostivat yhdistelmän, jonka seurauksesta valettuihin koteloihin jäi poikkeuksetta vähintään pieni ilmakupla. Tämän seurauksena koteloiden pinnanlaatu kärsi eikä koteloista tullut niin edustavan näköisiä, kuin olisi ollut mahdollista. Pinnan virheet eivät kuitenkaan vaikuttaneet koteloiden toimintaan tai kestävyYTEEN, joten koteloita voitiin käyttää onnistuneesti hankkeen testausvaiheessa.

Yhteistyö Lappeenrannan yliopiston kanssa meni mielestäni hyvin ja heidän kanssaan oli mukava tehdä yhteistyötä. Sain heiltä apua suunnittelutyöhöni muun muassa hei-

dän sovittua päivän kuorma-autonkuljettajien kanssa, jolloin pääsisin tekemään käyttöympäristötutkimuksen. Sain myös melko vapaat kädet kotelon suunnitteluun sekä tunsin että ehdottamiini ratkaisuihin uskottiin. Kun projektin aikana ilmeni vastoinkäymisiä, kuten aikataulun venyminen sekä koteloiden huono pinnanlaatu, tunsin että toimeksiantajani puolelta tilanne ymmärrettiin, eikä minuun kohdistettu sen vuoksi ylimääräisiä paineita tai syytöksiä.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin testikäyttöön toimiva kotelo. Testausvaiheessa mukana olleet kotelot kestivät erittäin hyvin ja suurin osa kotelosta saatiin myös uudelleen käytettyä testin eri vaiheissa. Huolimatta opinnäytetyöni muutamista takaiskuista olen sitä mieltä, että opinnäytetyöni oli kokonaisuutena onnistunut ja täytti sille asetetut odotukset sekä tavoitteet.

16 LÄHTEET

Anttila, Pirkko 1998. Tutkimisen taito ja tiedonhankinta. Verkkodokumentti.
http://www.metodix.com/fi/sisallys/01_menetelmat/01_tutkimusprosessi/02_tutkimisen_taito_ja_tiedon_hankinta/09_tutkimusmenetelmat/06_osallistuva_havainnointi. Luettu 13.4.2014

Engadget. Kuva 5. <http://www.engadget.com/2013/02/25/caterpillar-cat-b15-smartphone-offers-a-taste-of-rugged-jelly-bean/>. Katsottu 8.5.2014

Finkenzeller Klaus 2003, RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification. Chichester: John Wiley & Sons.

Ikonen, Petteri. Tuotesemantiikka, PDF-dokumentti.
http://www2.amk.fi/mater/kulttuuri/muotoilun_perusteet3/files/tuotesemantiikka.pdf.
Ei päivitystietoa. Luettu 13.4.2014.

Karjalainen Asko 2002. Mitä benchmarking-arviointi on? Verkkodokumentti
<http://www.oulu.fi/w5w/benchmarking/bm.RTF>. Luettu 14.01.2013

Kevra Oy. Kuva 8. <http://www.kevra.fi/fi/Ohjeet/Silikonimuotin%20rakennus/>.
Katsottu 8.5.2014

Kornonen, Panu. UX leadership insight #1: Clear design drivers. Blogi.
<http://nordkapp.fi/blog/2009/09/ux-leadership-insight-1-clear-design-drivers/>. Päivitetty 10.09.200. Luettu 13.4.2014

MUOKE. Tekniset muovit. WWW-dokumentti.
<http://www.muovimuotoilu.fi/content/view/33/62/>.
Päivitetty 2014. Luettu 3.4.2014

NFC Forum. What is NFC? WWW-dokumentti. <http://nfc-forum.org/what-is-nfc/> Luettu 13.4.2014

RFID Lab Finland ry a. Mitä on RFID?. WWW-dokumentti.

<http://www.rfidlab.fi/rfid-tietoutta>. Luettu 8.5.2014

RFID Lab Finland ry. RFID-tekniikan käyttämät taajuusalueet.

<http://www.rfidlab.fi/rfid-tekniikan-k%C3%A4ytt%C3%A4m%C3%A4t-taajuusalueet>. Ei päivitystietoa. Luettu 11.3.2014

RFID Lab Finland ry. Kuva 1.

http://www.rfidlab.fi/index.php?q=system/files/sites/rfidlab.fi/files/jarjestelma_0.preview.png. Katsottu 8.5.2014

rfidstore.it a. Kuva 2. http://www.rfidstore.it/80-large_default/confidex-ironside-micro.jpg. Katsottu 8.5.2014

rfidstore.it b. Kuva 3. http://www.rfidstore.it/82-large_default/confidex-ironside-slim.jpg. Katsottu 8.5.2014

rfidtags.com. Kuva 4. <http://www.rfidtags.com/images/Omni-ID-Ultra-RFID-Tag.jpg>. Katsottu 8.5.2014

Roberti, Mark 2005. The History of RFID Technology. WWW-dokumentti

<http://www.rfidjournal.com/articles/view?1338>. Luettu 4.3.2014

Saaranen-Kauppinen, Anita & Puusniekka, Anna. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto. Verkkojulkaisu. <http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus>.

Luettu 13.4.2014

Thompson, Rob 2007. Manufacturing processes for design professionals. Lontoo: Thames & Hudson.

Thre3D a. How Selective Laser Sintering (SLS) Works. WWW-dokumentti.

<https://thre3d.com/how-it-works/powder-bed-fusion/selective-laser-sintering-sls>. Ei päivitystietoa. Luettu 8.5.2014

Thre3D b. How stereolithography (sla) works. WWW-dokumentti

<https://thre3d.com/how-it-works/light-photopolymerization/stereolithography-sla>. Ei päivitystietoa. Luettu 18.4.2014

Thre3D c. How laminated object manufacturing (lom) works. <https://thre3d.com/how-it-works/sheet-lamination/laminated-object-manufacturing-lom>.

Ei päivitystietoa. Luettu 8.5.2014

Thre3d.com d. How fused deposition modeling (fdm) works. <https://thre3d.com/how-it-works/material-extrusion/fused-deposition-modeling-fdm>. Ei päivitystietoa. Luettu

8.5.2014

Violino, Bob. The Basics of RFID Technology. WWW-dokumentti.

<http://www.rfidjournal.com/articles/view?1337/3/>. Ei päivitystietoa. Luettu 2.11.2013

LIITE 1(1).

Materiaalitestauksen tulokset

Tunniste: UPM Raffatrac DogBone										
Lukueäisyys: cm (ensimmäiseen signaalin katkaismiseen)										
Tausta : Metallilevy	Materiaali									
Materiaalipaksuus, mm	Ilman mitään	550	Polykarbonaatti	Polyamidi	Polyeteeni	Polyasetali				
0										
2			550	550	550	550			550	
4			550	550	550	550			550	
6			550	550	550	550			550	
8			550	550	550	550			550	
10			550	550	550	550			550	
12			550	550	550	550			550	
14			550	550	550	550			550	
24										
30										
Materiaalipaksuus, mm	Jää, ilman taustaa		Jää, taustan kanssa							
6	200/550		300/550							
12	200/550		300/550							
24	200/550		300/550							
30	200/550		300/550							

Tulos:
Materiaalit eivät vaikuttaneet signaalin etenemiseen. Testatessa jäätä, ensimmäinen signaalin katkeaminen tapahtui 200cm (ilman metallitaustaa) sekä 300cm (taustan kanssa) kohdalla. Tämä katvealue oli kuitenkin pituudeltaan vain 10-20cm, jonka jälkeen signaali kuului normaalisti 550cm etäisyyteen asti

LIITE 2(1).
Kotelon visualisointi



LIITE 2(2).
Kotelon visualisointi



LITE 2(3).
Kotelon visualisointi



LITE 2(4).
Kotelon visualisointi



LITE 2(5).

Kotelon visualisointi

