

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teknillinen tiedekunta

Konetekniikan koulutusohjelma

BK10A0401 Kandidaatintyö ja seminaari

PINTAMAGNEETTIKONEEN MAGNEETIN ASENNUSTAVAN JA – TYÖKALUN
KEHITTÄMINEN
DEVELOPMENT OF MAGNET INSTALLATION TOOL AND – METHOD FOR
SURFACE MOUNTED MAGNET MACHINE

Lappeenrannassa 8.5.2014

Esa-Pekka Kaikko

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	3
1.1	Tutkimuksen taustaa	3
1.2	Ongelmat.....	3
1.3	Tavoitteet	5
1.4	Tutkimusmenetelmät	5
1.5	Rajaukset.....	5
2	KÄYTETYT MENETELMÄT.....	6
2.1	Pintamagneetikoneiden toimintaperiaate.....	6
2.2	Turvallisuussuunnittelu.....	7
2.3	Järjestelmällinen koneensuunnittelu	10
2.3.1	Tehtävänasettelun selvittäminen.....	10
2.3.2	Luonnostelu	10
2.3.3	Kehittely.....	15
2.3.4	Viimeistely.....	15
2.4	Konseptisuunnittelu	16
3	RAKENTEEN SUUNNITTELU.....	17
3.1	Vaatimus- /toivomuslista	17
3.2	Abstrahointi	18
3.3	Toimintorakenne ja -ketju.....	18
3.4	Ideamatriisi	19
3.5	Osatoimintojen tarkastelu	20
3.5.1	Magneetin kiinnitys työkaluun	20
3.5.2	Paikoitus.....	21
3.5.3	Asennusmenetelmä	23
3.5.4	Asennustyökalun kiinnittäminen	24
3.5.5	Käyttövoima.....	26

3.6	Osatoimintojen yhdistäminen	27
3.6.1	Hammaskisko – malli	27
3.6.2	Magneettikaappi.....	28
3.6.3	Jousi – malli	30
3.6.4	Vipuvarsi – malli	31
4	TULOSTEN TARKASTELU.....	33
4.1	Arviointiperusteet	33
4.2	Vertailtava laite	34
4.3	Uusien tuotteiden vertailu	35
4.3.1	Hammaskisko – malli	35
4.3.2	Magneettikaappi.....	37
4.3.3	Jousi – malli	38
4.3.4	Vipuvarsi – malli	40
4.4	Jatkosuunnittelu	42
5	YHTEENVETO.....	44
5.1	Johtopäätökset.....	44

LÄHTEET

LIITTEET

1 JOHDANTO

Tässä kandidaatintyössä keskitytään pintamagneetin asennustyökalun ja -metodin suunnitteluun. Suunniteltavalla laitteella asennetaan magneetteja tuulimyllyissä käytettävien generaattoreiden roottoreihin. Asennustyökalu suunnitellaan pintamagneetikoneille.

1.1 Tutkimuksen taustaa

Prototyypin valmistuksessa ensimmäisiä koneita rakennettaessa kaikkia työmenetelmiä ei ole vielä hiottu parhaimmaksi mahdolliseksi. Prototyypin valmistuksessa, jossa valmistettavien koneiden määrä on pieni, työmenetelmien tehokkuudesta tingitään ja asennustyökalujen suunnitteluun ei käytetä turhan paljon aikaa. Tällä tavalla säästetään kallista suunnittelu-aikaa ja saadaan nopeasti valmistettua prototyypin koneita testauksia varten.

Tuulivoimaloihin generaattoreita valmistavalla The Switchillä on jo pitkään ollut käytössä sama pintamagneettien asennuksessa käytettävä työkalu. Asennustyökalun suunnittelemiseen ei käytetty paljon aikaa vaan otettiin käyttöön ensimmäinen työkalu, joka toimi magneettien asennuksessa pintamagneetikoneen roottoriin. (Liimatainen 2013.) Tästä johtuen nykyinen magneettinasennustyökalu ei ole paras mahdollinen.

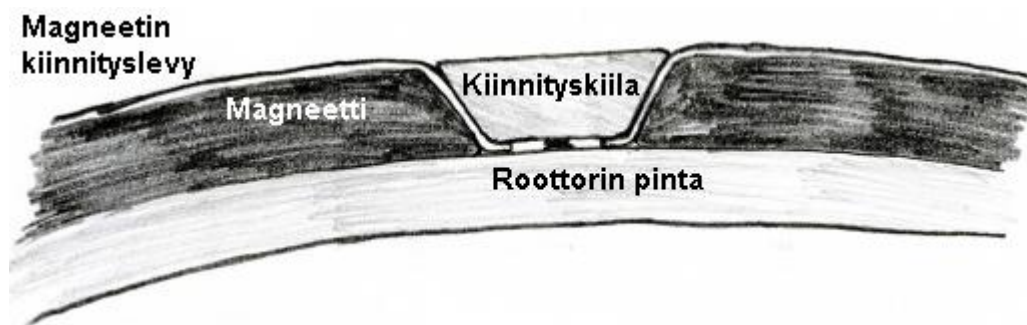
1.2 Ongelmat

Nykyisen pintamagneetikoneen magneettien asennustyökalun ongelmia ovat sen hitaus, epätarkkuus sekä käytön hankaluus. Ensimmäinen ongelma on yksinkertaisessa asennustehtävässä tarvittavien työntekijöiden määrä ja asennukseen kuluvat työtunnit. Nykyinen magneettinasennustyökalu vaatii kahden työntekijän työpanoksen, mikä ei ole tehokasta. Magneetin ottamiseen pois kuljetuslaatikosta, asettamiseen asennustyökaluun, puhdistamiseen sekä liiman levittämiseen magneetin pintaan riittää yksi työntekijä. Toista työntekijää tarvitaan vain siinä vaiheessa, kun magneetti kiinnitetään roottoriin. Tällöin toisen työntekijän pitää painaa asennustyökalua roottoria vasten ja pitää huolta siitä, ettei asennettava magneetti pääse hyppäämään kiinni viereiseen jo roottorissa kiinni olevaan

magneettiin. Magneettisten voimien takia tarvitaan paljon voimaa työkalun paikallaan pitämiseen.

Jos asennustyökalu pääsee heilahtamaan, asentaja ei ennätkä reagoida äkkinäiseen voimien muutokseen ja asennettava magneetti kiinnittyy heti väärään kohtaan roottoria. Tämä on työkalun toinen ongelma. Magneetin kiinnittyminen toiseen magneettiin kiinni ei ole toivottava tilanne, koska ne ovat todella hauraita ja hajoavat herkästi iskusta. Iskeytyessään johonkin kiinni magneetit voivat hajota räjähdysten kaltaisesti ja terävät sirpaleet voivat sinkoutua useiden metrien päähän. Lisäongelmia aiheuttaa myös asennuksessa käytettävä pikaliima, joka liimaa magneetin palaset tehokkaasti ja nopeasti myös väärään paikkaan. Magneetit ovat myös erittäin arvokkaita ja ne voivat maksaa parikin sataa euroa kappaleelta.

Kolmantena ongelmana on magneettien paikoituksen epätarkkuus. Magneettien väliin jätetään ilmarao, joihin tulee lopuksi kiilat. Magneettien päälle tulevien peltilevyjen sekä kiilojen avulla magneetit kiinnitetään lopullisesti roottoriin ja ne ovat myös suojana magneettien ja ulkomaailman välissä. Kuvassa 1 on ideaalinen tilanne magneettien kiinnityksestä. Kiila ei ole painunut pohjaan asti ja se painaa molemmilla puolilla olevia magneetteja roottorin pintaan.



Kuva 1. Magneetit, kiinnityspellit ja kiila asennettuna roottorin pintaan.

Magneettien välisen etäisyyden vaihdellessa kiinnityskiilat voivat pahimmillaan pohjata, jolloin kiilalla kiristämisestä ei ole mitään hyötyä. Joissain tilanteissa kiila voi painaa vain toista vierellään olevista magneeteista samalla, kun kiilan ja toisen magneetin välillä on ilmarako. (Liimatainen 2013.)

1.3 Tavoitteet

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on antaa uusia ideoita uuden magneetinasennustyökalun suunnitteluun pintamagneetikoneille. Tavoitteena on pienentää magneetinasennuksessa syntyvää toleranssiketjua, joka vaikuttaa kiilojen pohjaamiseen (Liimatainen 2013). Lisäksi asennusprosessin kestoa pyritään pienentämään ja työkalun käyttöä helpottamaan. Asennustyökalun käyttöä helpottamalla pyritään laskemaan hajoavien magneettien määrää ja lisäämään käyttöturvallisuutta.

1.4 Tutkimusmenetelmät

Pintamagneetikoneen magneetinasennustyökalun suunnittelussa käytetään järjestelmällisen koneensuunnittelun sekä konseptisuunnittelun menetelmiä. Vanhaan magneetinasennustyökaluun sekä magneetin kiinnitysmenetelmiin olen perehtynyt työni yhteydessä The Switch:llä. Minulla on kertynyt noin 40 tuntia kokemusta kyseisestä työvaiheesta ja vanhan asennustyökalun käytöstä.

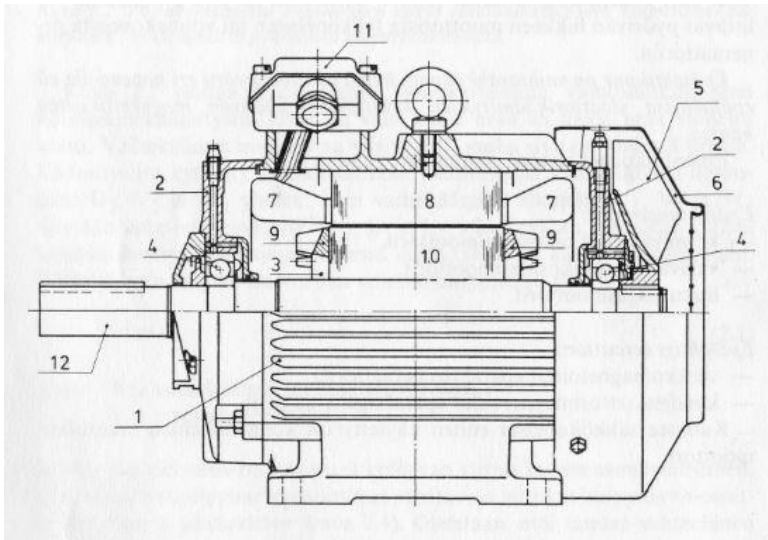
1.5 Rajaukset

Tässä tutkimustyössä kehitetään ensisijaisesti uusia ideoita magneetin asennusta varten ja tarkkojen valmistuspiirustusten teko jätetään ammattilaissuunnittelijoille. Tässä työssä ei tutkita magneettien välillistä eikä lopullista kiinnitysmetodia roottoriin. Työn ulkopuolelle jätetään myös magneetiniirrotuspöydällä tapahtuvat työvaiheet sekä liiman levitys magneetin pinnalle.

2 KÄYTETYT MENETELMÄT

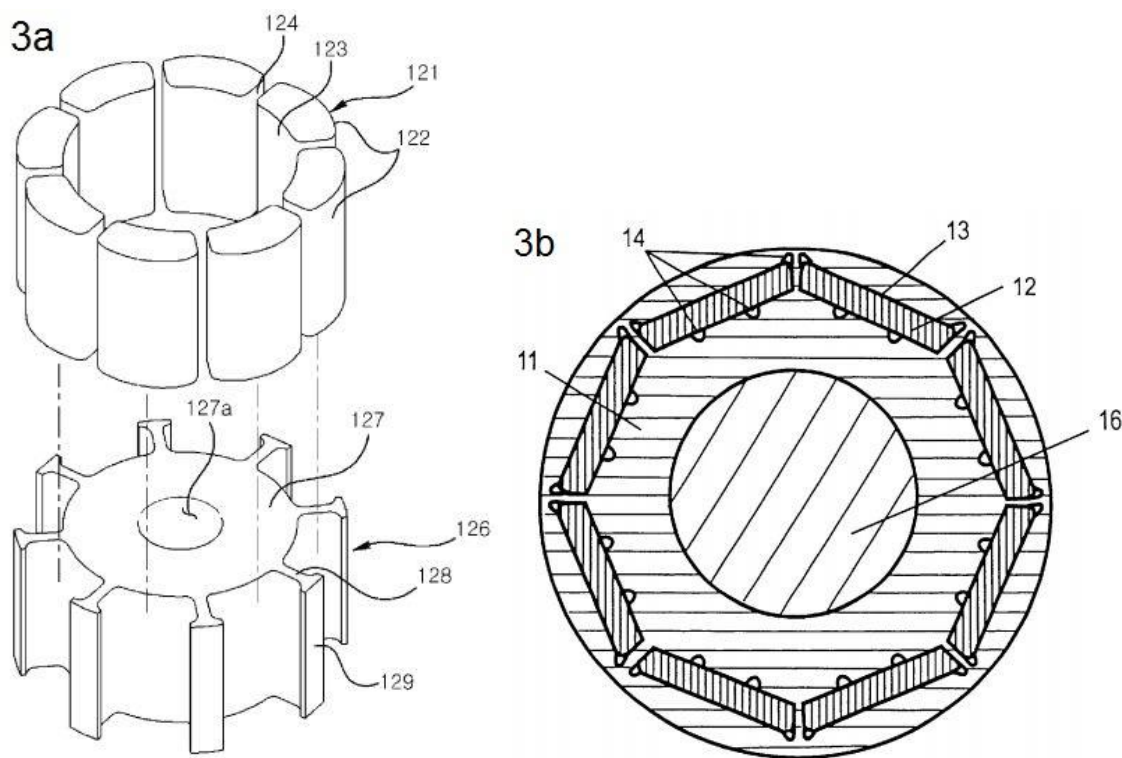
Tässä kappaleessa käsitellään hiukan pintamagneettigeneraattoreita ja niiden toimintaa. Lisäksi suunnittelun aikana pitää erityisesti huomioida turvallisuussuunnittelu kestomagneettien vaarallisuuden takia.

2.1 Pintamagneettikoneiden toimintaperiaate



Kuva 2. Generaattori ja sen osat: 1. Staattorin runko, 2. Laakerikilvet, 3. Roottori, 4. Laakerit, 5. Tuuletin, 6. Tuulettimen suojus, 7. Staattorin käämitys, 8. Staattorin levypaketti, 9. Roottorin käämitys, 10. Roottorin levypaketti, 11. Liitäntäkotelo, 12. Akseli (Aura s. 145)

Sähkögeneraattorit perustuvat pyörivään magneettikenttään ja ovat pääsääntöisesti kuvan 2 mukaisia. Sähköä saadaan kun ulkoisella voimalla pyöritetään roottoria akselin välityksellä. Roottorin ja staattorin välistä muuttuvaa magneettivuota hyväksikäyttäen saadaan tuotettua sähköä. Kuvasta kaksi poiketen kestomagneettikoneen roottorissa ei ole käämistä vaan roottoriin magneettivuota saadaan aikaiseksi roottorissa kiinni olevilla magneeteilla. Kuvassa 3a on pintamagneettikoneen roottori. Kuvassa 3b magneetit on asennettu roottorin levypakkojen sisään. Kestomagneettikoneissa magneettien kiinnitystapa roottoriin vaihtelee, mutta toimintaperiaate on sama. Magneetit asennetaan roottoriin niin, että puolilla magneeteista napaisuus on eri päin eli N (North) on sisäänpäin ja toisilla magneeteilla S (South) on sisäänpäin.



Kuva 3a ja 3b. Kestomagneettigeneraattorin magneettien paikat roottorissa. Kuvassa 3a magneetit (122) on asennettu roottorin (127) pinnalle. Kuvassa 3b magneetit (12) on upotettu roottorin levypakkojen (11) sisään. (Park s.1 ja Nishiyama s. 3)

2.2 Turvallisuussuunnittelu

Työkoneen turvallisuuspuutteita ei voida ohittaa määräämällä työntekijälle lisää turvavälineitä. Ensisijaisena tavoitteena on suunnitella laite, jota käytettäessä ei tarvita ylimääräisiä suojarusteita, mutta aina tämä ei kuitenkaan ole mahdollista. Esimerkiksi joidenkin laitteiden käytöstä syntyvää kovaa melua ei voida poistaa, mutta sitä usein pystytään pienentämään suunnittelemalla kone toisenlaiseksi. Tässä kandidaatintyössä vaaratekijänä voi olla esimerkiksi magneetin pirstoutuminen ja magneetin palasten lentäminen asennustyökalun käyttäjän naamalle ja silmiin. Asennustyökalun suunnittelijan pitää tunnistaa tämä vaara ja pienentää loukkaantumisen riskiä. Asennustyökaluun voi suunnitella esimerkiksi suojuksen, mikä estää magneetin palasten sinkoutumisen asentajan kasvoille. (Siirilä, 2002, s.493–501)

Suunniteltavan tuotteen pitää pystyä toteuttamaan siltä vaaditut asiat, mutta ennen kaikkea se ei saa aiheuttaa vaaraa käyttäjälleen eikä ympäristölleen. Euroopan unioni, Euroopan talousalue ETA ja Suomi ovat asettaneet koneensuunnitteluun eri direktiivejä ja

standardeja, mitkä meidän pitää huomioida. Huolellisestikin suunnitelluilla koneilla voi sattua tapaturmia ja vastuu käytettävän koneen turvallisuudesta voi jakautua työturvallisuuslain mukaan useillekin eri tahoille. Vastuussa voivat olla esimerkiksi suunnittelija, valmistaja, maahantuojaja, myyjä, asentaja sekä työnantaja. Vaikka suunniteltu kone saisi työsuojeletarkastajan hyväksynnän, valmistaja ja työnantaja eivät vapaudu vastuusta tapaturman sattuessa. (Siirilä, 2008, s.25–40)

Tässä tilanteessa asennustyökalu suunnitellaan yrityksen sisällä ja yrityksen omaan käyttöön, mikä tarkoittaa että yritys on suunnittelija, valmistaja, tilaaja sekä toimittaja samanaikaisesti. Tällöin yrityksen harteille tulevat kaikkien edellisten tahojen vaatimukset. Jotta yritys pystyy vastaamaan asioista, sen pitää antaa mahdollisille alihankkijoille yksityiskohtaiset ohjeet turvallisuusvaatimuksista ja sen on valvottava niiden toteutusta. Työnsä hyvin hoitaakseen, alihankkijoilla on tarvittaessa oltava käytössä laitteen muita osia koskevat dokumentit. Kun tuote on saatu valmiiksi, sille pitää tehdä käyttöönottotarkastus vaatimuksien ja laillisuuden varmistamiseksi. Tarkistuksen kohteena ovat esimerkiksi koneen käyttöohjeet, turvalaitteet sekä hallintalaitteet. Kun laite on saatu käyttöön, sen toimintaa tarkkaillaan koko käyttöiän ajan ja korjauksia ja muutoksia tehdään tarpeen mukaan. Vanhaan koneeseen lisäyksiä tehtäessä tulee kuitenkin huomioida muutoksen vaikutus laitteeseen. Uudenlainen osa voi muuttaa laitteen ominaisuuksia paljonkin ja turvallisuusasioihin pitää kiinnittää uudelleen huomiota. Samat vanhat turvallisuusasiat eivät välttämättä enää toimikaan. (Siirilä, 2002, s.44–54)

Koneen liikkuvat osat on suojattava ja kukaan ei saa päästä koneen vaarakohtiin sen käytön aikana. Tämä tarkoittaa esimerkiksi voimansiirron suojaamista suojuksilla. Jos suojuukset ovat irrotettavat, pitää varmistaa, ettei niiden kanssa satu vaaratilanteita. Konedirektiivin mukaan koneen suojuksen avaaminen pitää tapahtua työkalua käyttäen. Tällä varmistetaan, että käynnissä oleva kone ennättää pysähtyä ennen kuin suojuus on auki. On myös mahdollista kytkeä suojuksen toimintaan. Tällöin suojuksen avaaminen ei onnistu laitteen vielä toimiessa. Automaattisesti toimivissa koneissa laite pyritään eristämään kokonaan ympäristöstään, jolloin vaaratilanteiden määrä minimoidaan. Kone tarkkailee ympäristöään ja ihmisen saapuminen laitteen toiminta-alueelle pysäyttää koneen. (Siirilä, 2009, s.323–338)

Tietämättömät työntekijät voivat käyttää työkonetta väärin, mistä voi syntyä vaaratilanteita. Käytössä olevista laitteista on oltava ajantasaiset ja selkeät käyttöohjeet, mistä ilmenee mihin käyttöön tuote on tarkoitettu ja miten se toimii. Työntekijän tulee tietää miten laitetta käytetään ja mitä pitää tehdä mahdollisissa toimintahäiriöissä. Uusien työntekijöiden työturvallisuutta voidaan parantaa etenkin kouluttamalla ja opastamalla heitä laitteen käytössä. Koulutustilanteessa uudelle koneen käyttäjälle annetaan kattava opastus laitteen ominaisuuksista sekä todetaan henkilön sopivuus työtehtävään. Töiden ohella pitää myös tarkkailla laitteen kuntoa sekä tehdä kattavampia määräaikaistarkastuksia. Jos vikoja tai puutteita huomataan ne pitää korjata pikimmiten onnettomuuksien välttämiseksi. (Siirilä, 2002, s.83–91)

Eri vioista ja puutteista aiheutuvat riskit pitää arvioida ja tehdä tarvittavat korjaukset onnettomuuksien estämiseksi. Koneen käytöstä aiheutuvien riskien suuruutta voidaan arvioida esimerkiksi mahdollisen onnettomuuden suuruuden ja oletetun esiintymistiheyden avulla. Jos haavereita sattuu melko usein, mutta ne ovat vain pieniä haavoja tai mustelmia, korjaustoimenpiteitä ei välttämättä tarvita. Jos koneen käyttäjällä sen sijaan on pienikin mahdollisuus esimerkiksi sokeutumiseen, riskiä pidetään suurena ja ongelma ratkaistaan ennen kuin konetta voidaan taas käyttää. Koneiden turvallisuudesta ja riskien arvioinnista on monia eri standardeja kuten esimerkiksi SFS-EN 292-1, josta käy ilmi kaikkia koneita koskevat turvallisuuden perusteet. Standardeista käy myös ilmi miten inhimilliset tekijät tulee huomioida. (Siirilä, 2002, s.148–173)

Ihmiset tekevät virheitä ja jättävät noudattamatta ohjeita joko tahallaan tai vahingossa. Työntekijä voi esimerkiksi käyttää työkonetta väärin tai olla piittaamatta turvallisuusmääräyksistä tavoitteenaan tuottavuuden nostaminen tai työn helpottaminen. Jotkut laitteen turvallisuusasiat voivat hidastaa työntekoa merkittävästi ja niitä muokkaamalla ja turvallisuuden kustannuksella työn tuottavuutta pystyy nostamaan joskus merkittävästikin. Koneen suunnittelijan on huomioitava tämä ja pyrittävä estämään työntekijälle tuleva kiusaus turvalaitteiden ohittamisesta. Sääntöjen rikkomisen lisäksi työntekijä voi vahingoittaa itseään ymmärtämällä jotain laitteeseen liittyvää väärin. Tämän takia koneen ohjeet pitää tehdä selkeiksi ja yksiselitteisiksi niin ettei väärin ymmärryksen mahdollisuutta ole. (Siirilä, 2002, s.173–186)

2.3 Järjestelmällinen koneensuunnittelu

Järjestelmällisessä koneensuunnittelussa suunnitteluprosessi aloitetaan tehtävän selvittämisestä, jossa annetaan perustukset ja raamit suunnitteluprosessille. Kun tehtävänasettelu on selvä alkaa luonnosteluvaihe. Luonnosteluvaiheessa kerätään vapaasti uusia ideoita, joista lupaavimpia ideoita jatkojalostetaan kehittämissä vaiheissa. Toimivimmat ideat vietään edelleen eteenpäin viimeistelyvaiheeseen. (Pahl s.54–483)

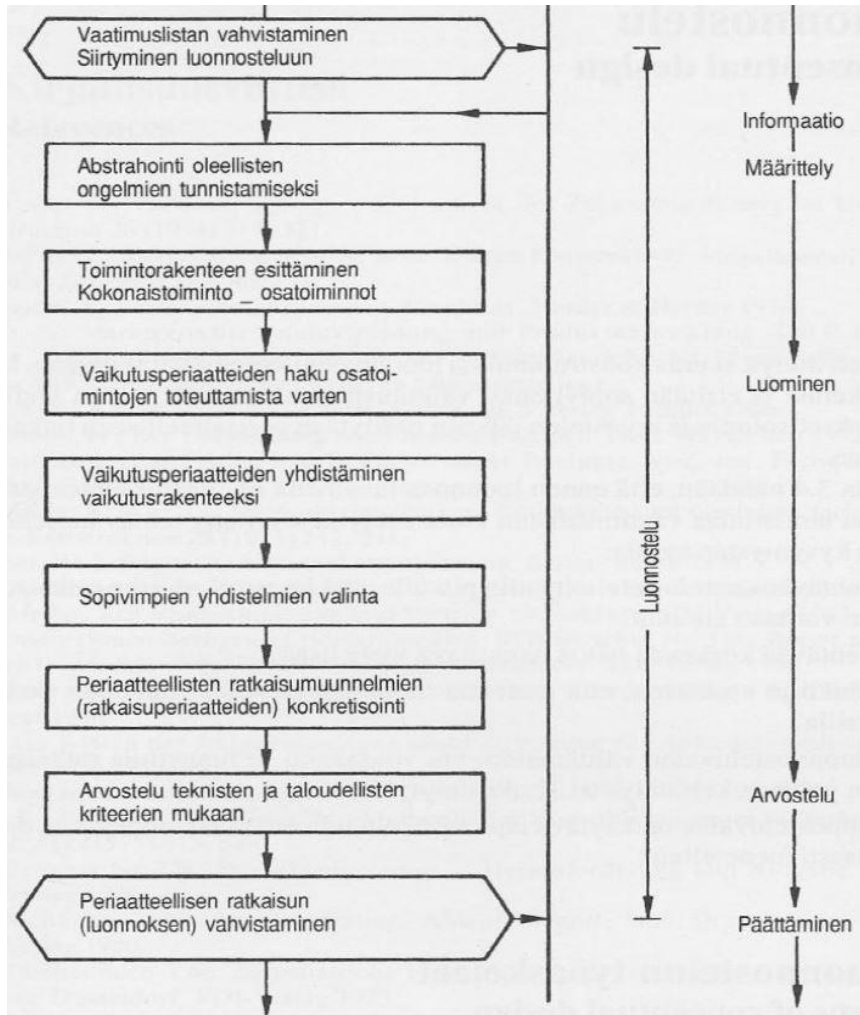
2.3.1 Tehtävänasettelun selvittäminen

Kaikki lähtee liikenteeseen tuoteideasta. Yritys tai yksityishenkilö saa idean tuotteesta, jota kannattaa lähteä suunnittelemaan. Jotta suunnitteluprosessi olisi tehokas, tehtävänasettelun pitää olla suunnittelijalle mahdollisimman laajasti selvä jo alusta lähtien. (Pahl s.54–63)

Suunnittelutyön alussa yksi tärkeimmistä tehtävistä on vaatimuslistan laatiminen. Vaatimuslistaan kirjataan suunniteltavalta tuotteelta halutut asiat eli vaatimukset sekä ominaisuudet, mitkä eivät ole kriittisiä ja jotka toteutetaan mahdollisuuksien niin salliessa. Näitä jälkimmäisiä kutsutaan toivomuksiksi. Jotta vaatimuslistasta olisi konkreettista hyötyä, vaatimukset ja toivomukset kirjataan ylös mahdollisimman tarkasti. Lukuarvot ovat kaikkein parhaimpia, mutta jos niiden käyttö ei ole mahdollista niin voidaan myös käyttää vaade- ja toivelauseita. Vaade- ja toivelauseiden pitää olla tarkkoja ja yksiselitteisiä. Vaatimuslistan ulkoasunkin tulee olla selkeä, toimiva ja yrityksen tarpeiden mukainen. Yleensä vaatimuslistasta löytyvät ainakin listan käyttäjäyrityksen nimi, projekti, vaateet ja toiveet sekä työn vastuhenkilöt. Yrityksen toiveiden mukaan listan ulkoasua voi myös muunnella vastaamaan yrityksen tarpeita. Vaatimuslista tarkastutetaan asiakasyrityksessä muutoksien sattuessa ja uuteen työvaiheeseen siirtyessä. (Pahl s.64–70)

2.3.2 Luonnostelu

Luonnosteluun siirrytään kun tehtävänasettelu on selvillä ja vaatimuslista on vahvistettu asiakkaalla. Kuvasta 4 nähdään luonnosteluvaiheen työaskeleet.



Kuva 4. Luonnostelun työaskeleet (Pahl s.72)

Kuvan 4 mukaan luonnosteluvaihe aloitetaan abstrahoinnilla, missä tunnistetaan oleelliset ongelmat. Abstrahoinnissa työtehtävästä ja ongelmasta muodostetaan yleiskäsite pelkistämällä asiat mahdollisimman yleismaalliseksi ja yksinkertaiseksi. Tällä pyritään parantamaan suunnittelutyössä saatavien ideoiden määrää ja laajuutta. Suunnitteluprosessiin lähdettäessä vaatimuslistaan annetut vaateet ja toiveet voivat olla johdattelevia ja tästä johtuen luonnosteluvaiheessa jotkin toimivat ideat voivat vahingossa jäädä huomioimatta. Tehtävänantajalla on voinut olla jo jonkinlaisia ennakkokäsityksiä ja ideoita tuotteen kehittämisen kannalta ja ne voivat näkyä johdattelevina lauserakenteina vaatimuksissa. Tehtävänantona voi olla esimerkiksi akselimutterin kehittäminen todella kylmiin olosuhteisiin. Lauseena tämä on todella johdatteleva ja abstrahoinnilla pyritään tuomaan esiin tehtävän ydinolemus. Abstrahoinnin mukaan tämän tehtävän ydinolemus olisi kehittää arktisia lämpötiloja kestävä lukitusmetodi akseleille. Kun tehtävän

perimmäinen olemus on selvillä, kokonaistehtävät ja osatehtävät voidaan muotoilla paljon tarkoituksenmukaisemmiksi. (Pahl s.71–74)

Tehtävän ydinolemuksen selvittämisessä voidaan käyttää apuna vaatimuslistaa. Vaatimuslistan kohtia abstrahoidaan niin kauan kunnes niistä saadaan aikaiseksi yksi lause, johon on tiivistetty koko tehtävänanto yksinkertaisuudessaan. Vaatimuslistan abstrahointi tapahtuu viidessä eri askeleessa. Ensimmäisessä askeleessa jätetään kaikki toivomukset pois. Toisessa askeleessa rajataan pois vaatimukset, jotka eivät ole tärkeitä laitteen perustoiminnan kannalta. Kolmanneksi muunnetaan määrälliset vaatimukset laadullisiksi. Seuraavaksi neljännessä vaiheessa yhdistellään jäljelle jääneitä lauseita kokonaisuuksiksi niin, että jäljelle jää vain pari lausetta. Viidennessä eli viimeisessä askeleessa nämä pari lausetta yhdistetään niin, että saadaan aikaiseksi yksi lause, joka on ongelman muotoilu. (Pahl s.74–77)

Vaikutusperiaatteita etsitään osatoimintoja varten ja myöhemmin eri osatoiminnat yhdistetään parhaaksi mahdolliseksi kokoonpanoksi. Vaikutusperiaatteeseen kuuluu laitteen toiminnassa tapahtuva fysikaalinen ilmiö, laitteen geometria sekä materiaalit. Vaikutusperiaatteita voi lähteä selvittämään monilla tavoilla ja yksi näistä tavoista on kirjallisuustutkimus. Suunnittelijan on hyvä tutkia esimerkiksi eri ammattiteoksia, patenttitutkimuksia sekä kilpailijoiden tuotteita saadakseen ideoita. Yksi erityisen hyvä tarkkailun kohde on myös luonto. Luonnossa heikot karsiutuvat pois ja vahvat määräävät. Tämän takia jokaisella luonnosta löytyvällä eliöllä on jotain, joka tekee niistä erikoisen. Luontoa tarkkailemalla ja luonnon rakennelmista oppia ottamalla on saatu paljon aikaiseksi. Esimerkiksi bambun vahvaa rakennetta on käytetty hyväksi kerrostalorakentamisessa ja ampiaispesän kennorakennetta kartongeissa, joilla vahvistetaan esimerkiksi ovia. (Pahl s.99–101)

Luonnon lisäksi kannattaa ihmetellä myös vanhoja tuotteita ja niiden teknisiä ratkaisuita. On paljon helpompaa sekä suunnittelun, että myös valmistuksen kannalta jos voidaan käyttää oman yrityksen aiempaa tekniikkaa hyväksi. Jos itsellä ei ole kyseisessä työssä tarvittavaa tekniikkaa käytössä, kannattaa tutkia kilpailijan tuotteita ja niiden toimintaperiaatteita. Kaksi viimeistä keinoa vaikutusperiaatteiden hakemiseen on analogiatarkastelu sekä mittaukset ja mallikokeet. Analoginen tarkastelu mahdollistaa


































systemin tutkimisen jo varhaisessa vaiheessa ja mittaukset ja mallikokeet antavat tärkeitä koetuloksia ja tietoa laitteen toiminnasta. (Pahl s.101–103)

Suunnittelua voi viedä eteenpäin myös intuitiivisesti. Yksi metodi on aivoriihi, jossa kokoonnutaan ryhmänä ja jokainen kertoo mieleen tulevia ratkaisuita tai parannuksia muiden ehdotuksiin reilun puolen tunnin tapaamisen aikana. Aivoriihen onnistumisen kannalta on myös ihan hyvä asia etteivät kaikki osanottajat ole alan ammattilaisia. Vaikka ammattilaiset osaavat asiansa, he saattavat joskus sortua liian rutiinin omaisiin ratkaisuihin. Aivoriihi on toteuttamiskelpoisimmillaan silloin kun ei ole vielä olemassa mitään toteuttamiskelpoista ratkaisua, tavanomaisuudesta halutaan päästä eroon tai kun nykyisillä ratkaisulla ei päästä enää eteenpäin. (Pahl s.103–106)

Metodi 635 on kehitetty aivoriihestä. Metodissa 635 kukin ryhmän jäsen kirjoittaa lapulle kolme ratkaisuehdotusta liittyen suunniteltavaan tuotteeseen. Tämän jälkeen laput kiertävät seuraavalle henkilölle, joka kirjoittaa kolme uutta ratkaisuehdotusta tai parannuksia aiempiin ehdotuksiin. Suunnittelun tulokset tarkastetaan kun laput ovat kiertäneet kaikilla. Galleriametodissa yhdistetään yksilö- ja ryhmätyöskentely. Aivoriihen tapaan ryhmänjohtaja selvittää ongelmatilanteen, jonka jälkeen jokainen ryhmän jäsen ideoi ratkaisun 15 minuutin aikana. Ideointivaiheen jälkeen kaikki ideat laitetaan näyttille ja niistä keskustellaan vartin aikana. Keskustelun jälkeen pidetään toinen 15 minuutin ideointivaihe, jossa osallistujat kehittelevät muiden ideoita tai keksivät uusia. Tarpeeksi monen ideointi ja assosiaatiovaiheen jälkeen seulotaan syntyneet ideat ja otetaan niistä parhaat. Kolmannen metodin nimi on delfi. Delfi-metodissa käytetään hyväksi asiantuntijoita, jotka sanovat mieleen tulevat ratkaisumetodit. Ratkaisumetodien keräämisen jälkeen ne annetaan kaikille osanottajille ja he voivat lisätä uusia mieleen tulevia ratkaisuita. Kahden kierroksen jälkeen jokainen osallistuja kertoo mitkä ratkaisut ovat heidän mielestään parhaimmat. Neljäntenä metodina on synektiikka. Synektiikassa tutustutaan aluksi ongelmaan, jonka jälkeen ruvetaan esittämään vertauksia muilta elämän alueilta. Synektiikassa toivotaan, että näitä molempia asioita toisiinsa vertaamalla ja analysoimalla löydetään vastaus ongelmaan. (Tuomaala s.89–91)

Osatoimintojen ratkaisuvaihtoehdot on hyvä taulukoida kuvan 5 mukaisesti niin, että jokaiselle osatoiminnolle on oma rivinsä. Esimerkiksi auton nostimen osatoiminnat voisi

jakaa seuraavasti. Kuvan 5 ensimmäiselle riville laitetaan ideoita käyttövoiman vahvistamisesta. Seuraavan osatoiminnan eli tässä esimerkissä autonosturin rungosta keksityt ratkaisut laitetaan seuraavalle riville. Näin muodostetaan ratkaisuperiaatteista taulukko, jota käyttämällä on helppo yhdistää eri osatoiminnot ja parhaat ratkaisut toimivaksi kokonaisuudeksi. Osatoimintoja yhdistetään ottamalla jokaiselta riviltä yksi ratkaisu. Toimivia periaateyhdistelmiä voi olla useita ja kuvan 5 esimerkissä on näytetty kolmen eri periaateyhdistelmän valinta autonosturin suunnittelussa. (Pahl s.129–133)

90		Metodien vertailu							
Ratkaisuperiaate Osa- toiminto		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Vahvistaa käyttövoimaa nostovoimaksi	 ruuvi ja mutteri	 laskelvipu	 hammaspyörästö	 hammastanko	 vakipyörästö	 telapyörä	 hydraulisylinteri	-----
2	Johtaa nostovoima ja -liike auton nostokohtiin								
3	Kiinnittää autoon	 pohjaan nojaavalla tyynyllä	 vierintäesteet pyöriin	 pyöräpyörän mutterit alle	-----	-----	-----	-----	-----
4	Tukea maahan	 tuentapisteitä yksi	 tuentapisteitä kaksi	 tuentapisteitä kolme	 tuentapisteitä neljä	-----	-----	-----	-----
5	Pidättää	 käyttövoimalla vahvistava on itsepidätävä	 sappipyörä	 -rullakylkin -kierrokilakylkin -jne					 vastaventili hydraulisessa laitteessa
6	Lukita	 maahan nojaavaksi	 sokkalappi	 lasketaan auto erillisten pukkien varaan	-----	-----	-----	-----	-----
		V1 —————			V2 -----		V3 -----		

Kuva 5. Ratkaisuperiaatteiden yhdistäminen. (Tuomaala s.90)

Sopivien muunnelmien valinta ei ole aina helppoa, sillä joskus vaihtoehtoja on paljon. Vaihtoehtojen runsas määrä on kaksiteräinen miekka. Runsaasta määrästä ideoita löytyy useita toimivia ratkaisuita, mutta on myös riski, että paras ratkaisu jää muiden ideoiden takia piiloon ja pahimmassa tapauksessa karsitaan pois. Ratkaisumuunnelmien valintaa helpottaa pistearviointi. Pistearvioinnissa jokainen osakokoonpano pisteytetään sen mukaan kuinka hyvin se täyttää sille ennalta asetetut vaatimukset. Lisäksi eri osakokoonpanojen välillä on painotuskertoimet, joilla korostetaan koneen toiminnan kannalta tärkeitä osakokoonpanoja. Näin voidaan määrittää esimerkiksi auton moottorin

kokoonpanosta pieni polttoaineen kulutus tärkeämmäksi kuin öljyn kulutus tai moottorin paino. (Pahl s.133–144)

Monimutkaisimmissa kokoonpanoissa on monia alikokoonpanoja. Tällöin painotuskertoimet voivat haarautua vielä pienempiin osiin. Pisteiden ja painotuskertoimien avulla voidaan verrata eri kokoonpanoja toisiinsa. Jokaisen eri kokoonpanon pisteet lasketaan ja eri kokoonpanojen pisteitä verrataan toisiinsa. Näin tehtäessä voidaan joskus huomata, ettei parhaalta näyttävä kokoonpano ole aina paras ratkaisu. Kokoonpano, joka pärjää joillain osa-alueilla hyvin ja toisilla huonosti voi saada yhtä hyvät pisteet kuin kokoonpano, joka on tasaisen hyvä joka asiassa. (Pahl s.133–144)

2.3.3 Kehittely

Luonnosteluvaiheen jälkeen suunnittelijoilla on yleisidea suunniteltavan laitteen ominaisuuksista, toiminnasta ja rakenteesta. Kehittelyvaiheessa tuotetta kehitetään eteenpäin teknisten ja taloudellisten näkökohtien avulla. Tässä vaiheessa tutkitaan materiaalivalintoja, päämittoja, valmistusmenetelmiä ja osien yhteensopivuutta. Tuotteesta pyritään tekemään mahdollisimman yksinkertainen ja edullinen tinkimättä kuitenkaan laitteen ominaisuuksista. Osien määrää vähennetään, valmistushintaa pienennetään ja koneen ergonomiia parannetaan. Lisäksi tuotteesta pyritään tekemään helposti huollettava, siirreltävä ja varastoitava. (Pahl s.176–194)

Kehittelyvaiheessa luonnostelun ideat pyritään tekemään mahdollisiksi. Laitteelle tehdään esimerkiksi kestävyyslaskelmia, valitaan käytettävät materiaalit ja optimoidaan niiden käyttö. Eri materiaalien sekä osien määrää pyritään pienentämään ja tuotteen asennusta, huoltoa sekä käyttöä pyritään helpottamaan.

2.3.4 Viimeistely

Viimeistelyssä korjataan ja laaditaan koneen lopulliset dokumentit. Koneelle laaditaan käyttöohjeet, turvallisuusmääräykset sekä lopulliset osa-, kokoonpano- sekä valmistuspiirustukset. Viimeistelyvaihe on suurimmaksi osaksi dokumentointia. Työ lähtee liikkeelle yksityiskohtien selvittämisellä ja osapiirustusten laatimisella. Osapiirustusten jälkeen tehdään ryhmäpiirustukset ja lopulta koko laitteen kokoonpanopiirustus sekä osaluettelo. Piirustusten jälkeen täydennetään laitteen valmistusasiakirjat.

Valmistusasiakirjoihin kuuluvat esimerkiksi valmistus-, asennus-, kuljetus- sekä käyttöohjeet. Lopuksi tarkistetaan valmistusasiakirjat mahdollisten virheiden varalta, jonka jälkeen annetaan lupa tuotteen valmistukselle. (Pahl s.458–482)

2.4 Konseptisuunnittelu

Konseptisuunnittelu lähtee liikkeelle asiakastarpeiden tunnistamisella. Asiakkaan toiveet ja tarpeet otetaan ylös mahdollisimman tarkasti ja vielä suunnittelun edetessä asiakkaaseen ollaan yhteydessä tarpeen mukaan. Asiakkaan roolista tuotekehitysprosessissa voidaan olla montaa mieltä sillä hän ei välttämättä tiedä mikä on hänen etujensa mukaista ja paras tuote hänelle vaan hän voi tietämättäänkin ohjata suunnitteluprosessia väärään suuntaan. Kommunikointi eri tahojen välissä on tärkeää ja suunnittelijoiden on osattava esittää oikeat kysymykset asiakasyritykselle. (Hietikko s.53–56)

Konseptisuunnittelussa asiakkaan tarpeita voidaan lähteä selvittämään esimerkiksi käyttämällä tuotteen prototyyppeä tai vanhaa tuotetta, tarkkailemalla tuotetta käyttävää henkilöä tai haastatteleamalla laitteen käyttäjiä. Tiedonkeräämisen voi myös hoitaa ryhmäkeskusteluissa asiakkaiden kanssa. Ryhmäkeskustelun jälkeen kannattaa vielä haastatella jokaista kokoukseen osallistunutta asiakasta erikseen ja kerätä jokaisen mielipiteet tuotteesta. Keskusteluiden ja tarkkailuiden tuloksena saadut lausunnot muokataan tarvelauseiksi. Lausunnot kertovat asiakkaan mielipiteen tuotteesta ja sen käyttämisestä, mutta ne ovat yleensä väärän laisia. Sen takia on tärkeää muuttaa asiakkaan lausunnot tarvelauseiksi, jotka kertovat ongelman tarkemmin ja ytimekkäästi. Kun tarvelauseet on koottu listaksi, ne pisteytetään tärkeyden mukaan. Useamman eri tahon osallistuminen tähän on hyvästä. Ainakin suunnittelevan tahon sekä asiakkaan on hyvä osallistua pisteyttämiseen. (Hietikko s.56–61)

Konseptisuunnittelussa asiakastarpeiden tunnistamisen jälkeen määritetään suunnittelun tavoite, johon koko projektilla pyritään. Hyvässä tavoitteen määrittämisessä edesauttavat huolella tehdyt tarvelauseet. Tavoitteen asettamisesta siirrytään konstruktion luonnosteluun. Tuotteesta ja sen osakokoonpanoista tehdään monia eri luonnoksia, joita voidaan tarvittaessa näyttää asiakkaalle mielipiteiden ja parannusehdotuksien saamiseksi. Kun luonnoksia on tarpeeksi, toimivimmat niistä valitaan, testataan ja otetaan mukaan jatkosuunnitteluun. (Hietikko s.55)

3 RAKENTEEN SUUNNITTELU

Rakenteen suunnittelu aloitettiin 11.11.2013 aloituspalaverilla The Switchillä engineering manager Tuomo Liimataisen sekä yliopisto-opettaja TkT Kimmo Kerkkäsen kanssa. Palaverissa päätettiin työn laajuudesta sekä kerättiin vaatimuslistan sisältöä. Välipalaverissa 20.12.2013 katsoimme, miten suunnitteluprosessi on edennyt ja teimme suunnitelmia jatkokehityksen suhteen. Lopulliset tulokset käsiteltiin tammikuussa 30.1.2014.

3.1 Vaatimus- /toivomuslista

Vaatimuslistan teko aloitettiin heti aloituspalaverissa Tuomo Liimataisen kanssa. Jo etukäteen minulla oli hyvä käsitys vanhan magneetinasennustyökalun puutteista, koska olin kesätöissä käyttänyt sitä useita kertoja. Vanha asennustyökalu antoi hyvät lähtökohdat suunnittelulle. Vaatimus-/toivomuslista on liitteenä A.

Tärkein vaatimus uudelta asennustyökalulta oli magneetin asennustarkkuus. Magneettien asennustarkkuus etenkin vaakasuunnassa pitää olla hyvä magneettien kiinnitysongelmien takia. Magneetit kiinnitetään roottorin kylkeen liiman lisäksi myös pelleillä ja kiiloilla. Pellit tulevat magneettien päälle ja magneettien vieressä olevat kiilat tiukkaavat pellit ja pitävät myös magneetteja paikallaan. Jos magneetti ei ole vaakasuunnassa oikealla kohdalla on riskinä, että kiila painaa vain toisella puolella olevaa magneettia ja toisen puolen magneetti jää ilman kiristystä. On myös mahdollista, että epätarkan magneetinpaikoituksen takia magneettien kiinnityskiilat pohjaavat ja magneetit kiilan molemmilta puolilta jäävät kiristämättä.

Vaatimuksena on myös magneetin asennusnopeuden parantuminen. Vaikka magneettien asentaminen nykyisellä magneetinasennustyökalulla onkin kohtalaisen nopeaa, se sitoo kaksi työmiestä magneetinasennukseen. Magneetinasennus on prosessina melko yksinkertainen, mutta käytetty asennusmenetelmä ja työkalu ovat työmiesten määrään nähden hitaita.

Koska työskennellään magneettien parissa, työkalun materiaaleihin pitää kiinnittää erityistä huomiota. Jopa pieni määrä magneettista metallia väärässä paikassa voi aiheuttaa suuria hankaluuksia magneetin asennuksessa. Tämän takia magneetinasennustyökalun pitää olla mahdollisimman vähän magneettinen.

Asennustyökalun toivottiin olevan melko edullinen, koska sitä ei tulla käyttämään suuressa sarjavalmistuksessa. Toinen toive oli, että magneettien kiinnityksessä käytettäviä reikiä hyödynnetään magneettien paikoituksessa. Roottorissa on magneettien molemmilla puolilla reiät, joista magneetit kiinnitetään roottoriin. Näihin reikiin asennetaan kiilat, mitkä painavat magneetin roottoriin kiinni. Juuri tämän takia magneetin paikoituksessa olisi loogisinta käyttää juuri kiilojen kiinnitysreikiä.

3.2 Abstrahointi

Abstrahoinnissa analysoidaan vaatimus-/toivomuslistaa niin, että lopputulokseksi saadaan lause, joka kertoo koko työn tavoitteen mahdollisimman yksinkertaisesti. Ensimmäisenä abstrahoinnissa jätetään vaatimuslistasta toivomukset pois, koska ne eivät kuvaa suunniteltavan laitteen ydinongelmia vaan ovat ylimääräisiä asioita, jotka toteutetaan mahdollisuuksien mukaan. Toisena karsitaan pois kohdat, jotka eivät suoranaisesti vaikuta laitteen toimintaan eivätkä muihin oleellisiin ehtoihin. Tämän jälkeen lauseet, joissa on tarkkoja mittasuureita, muutetaan lausumiksi asian yksinkertaistamiseksi. (Pahl s.74) Tarvittaessa vaatimuslistaa muokataan vielä yksinkertaisemmaksi ja neutraalimmaksi, mutta tässä työssä sitä ei ole tarvinnut tehdä. Työn tavoitteen on etsiä vain eri konseptiratkaisuita, joten vaatimuslista on jo ennestään ollut lyhyt ja yksinkertainen.

Jäljelle jääneitä ja muokattuja lauseita yhdistämällä saadaan abstrahoinnin tulokseksi yksi lause, joka tiivistää koko työn päämäärän. Työn tarkoituksena on suunnitella vähämagneettinen, nopea ja tarkka kestomagneetinasennustyökalu.

3.3 Toimintorakenne ja -ketju

Magneetinasennustyökalun tehtävät voidaan jakaa toimintojen mukaan karkeasti kolmeen eri osaan. Nämä ovat magneetin kiinnitys, asennusliike sekä paikoitus.

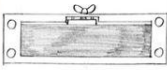
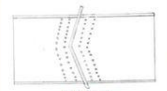
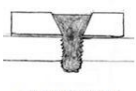

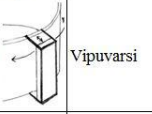
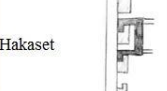
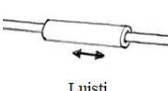


Kun magneetit on purettu laatikoista, ne puhdistetaan ja kiinnitetään asennustyökaluun. Asennustyökalussa pitää olla kunnollinen kiinnitys magneetille, ettei magneetti pääse irtoamaan asennustilanteessa työkalusta ja iskeytymään muihin roottorin magneetteihin kiinni. Magneetin kiinnittämisen ja irrottamisen pitää olla myös helppoa.

Toinen selvä työvaihe asennuksen aikana on magneetin vieminen roottorin pinnalle. Asentaja voi viedä asennustyökalun ja siinä olevan magneetin roottorin viereen, mutta vaikuttavien voimien suuruudesta johtuen asennusliikkeen tekemisessä tarvitaan mekaanista apua. Magneetinasennustyökalu on tehtävä sellaiseksi, että sillä voidaan kuljettaa magneetti viimeiset parikymmentä senttiä roottorin pinnalle asti. Mitä lähemmäksi roottorin pintaa magneetti viedään, sitä suuremmat voimat siihen vaikuttaa. Myös roottorin pintaan aiemmin asennetut magneetit pyrkivät vetämään asennettavaa magneettia sivulle.

Viimeinen ja tärkein ominaisuus asennustyökalussa on magneetin paikoituksen tarkkuus. Magneetti pitää pystyä paikoittamaan tarkasti kiinnityskiiloille tarkoitettujen kiinnitysreikien väliin. Magneetit kiinnitetään asennuksen yhteydessä roottoriin liimalla. Tämän takia niitä ei voi enää siirrellä myöhemmin kohdilleen kun kiinnityskiiloja asennetaan. Liiman kuivumisnopeus aiheuttaa omat ongelmansa, koska kun magneetti koskettaa roottorin pintaa, liima rupeaa hapenpuutteen takia kuivumaan ja saavuttaa nopeasti niin suuren lujuuden, ettei magneettia voi enää siirtää. Näiden ongelmien takia magneetin pitää osua kerralla oikeaan kohtaan roottoria.

3.4 Ideamatriisi

Kandidaatintyön luonne rajoittaa hiukan ideointia, sillä tässä työssä se tehdään pääsääntöisesti yksilötyönä. Pienessä ryhmässä ja jopa parityönäkin työskennellessä on mahdollista saavuttaa parempia tuloksia kuin yksilötyönä, sillä työtoverit voivat antaa uusia näkökulmia työhön ja täydentää toistensa ideoita. Tässä työssä tämä ei kuitenkaan ole ollut mahdollista. Työhön on etsitty ideoita pääasiallisesti kirjallisuudesta ja alan ammattilehdistä. Lisäksi ollaan analysoinut tunnettuja teknisiä järjestelmiä. Eri vaikutusperiaatteista on kerätty ideamatriisiin, kuvan 6 mukaisesti. Ideamatriisin sisältöä käsitellään tarkemmin seuraavassa kappaleessa.

Ideamatriisi			Ratkaisut				
			1	2	3	4	5
Osatoiminnot	A	Magneetin kiinnitys työkaluun	 Ruuvi	Hylsy	Lukkopuristin		
	B	Paikoitus	 Kiskot	Kierretapit	 Kartiokiinnitys		
	C	Asennusmenetelmä	 Saksirakenne	Liikkuva kehto	Magneettikaappi	 Vipuvarsi	
	D	Asennustyökalun kiinnittäminen	 Hakaset	 Luisti	Ruuvikiinnike	 Asennushela	 Lukitus hakasella
	E	Käyttövoima	Sähkö	Lihassoima	Paineilma	Jousivoima	

Kuva 6. Ideamatriisi.

3.5 Osatoimintojen tarkastelu

Nyt kiinnitämme huomion vain osatoimintoihin ja niiden eri ratkaisuvaihtoehtoihin. Magneetasennustyökalun eri osatoiminnot olen jakanut karkeasti viiteen eri osaluokkaan, jotka ovat magneetin kiinnittyminen työkaluun, magneetin paikoittaminen, käytetty magneetin asennusmenetelmä, asennustyökalun kiinnittäminen sekä työkalun käyttövoima. Myös vanhassa magneetasennustyökalussa käytetyt menetelmät on otettu huomioon, koska jotkin niistä olivat erittäin toimivia ratkaisuita sellaisenaan tai vähän muokattuina.

3.5.1 Magneetin kiinnitys työkaluun

Yksi erityisen hyvä, yksinkertainen ja ennen kaikkea toimiva ratkaisu oli magneetin kiinnittämisessä työkaluun. Magneetti laitetaan magneettikehtoon, johon se puristetaan ruuvilla kiinni. Magneettikehto on asennustyökalussa oleva kuppimainen osa, jonka avulla magneetti kuljetetaan roottorin pinnalle. Tämän magneettikehdon yläosassa on kiristys ruuvi ja metallinen puristinlaatta. Ruuvia kiristämällä metallilaatta painaa magneetin tiukasti magneettikehtoon kiinni asennuksen ajaksi.

Seuraava magneetin kiinnitysidea on hylsy. Jokainen magneetti asennetaan ensin hylsyn sisään, joka toimii aputyökaluna magneetin asennuksessa roottoriin. Samalla hylsy myös eristää magneettikentän vaikutusta, mikä myös mahdollistaa magneettien viemisen

asennusvaiheessa lähemmäs toisiaan ja useiden magneettien samanaikaisen asennuksen. Magneetin kiinnittäminen hylsyyn voi tapahtua hylsyä puristamalla tai sitten hylsy on jo ennestään ahdas ja se puristetaan magneetin ympärille. Kun magneetti on roottorin pinnassa, magneetin irrottaminen hylsystä voi tapahtua vaikka pienellä vipuvarrella.

Erityisen nopeaa, voimakasta ja helppoa kiinnitysmenetelmää käytetään hyväksi esimerkiksi lukkopuristimessa. Lukkopuristimessa säädetään puristimen leukojen leveys kappaleeseen sopivaksi, jonka jälkeen kappale puristetaan pihteihin kiinni. Kun kappale halutaan irrottaa pihtien otteesta, pihtien lukitus avataan erillisellä vivulla. Magneetin asennukseen muokatut lukkopihdit voivat olla toimivat myös muilla osa-alueilla kuten esimerkiksi paikoituksessa. Pihtien kahvat toimivat myös magneetinasennustyökalussa kädensijoina.

3.5.2 Paikoitus

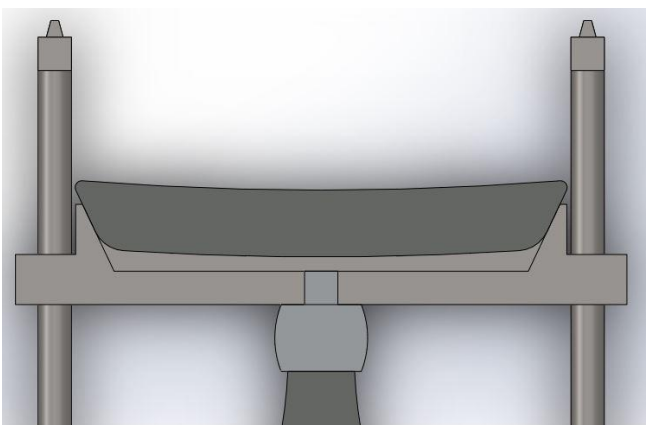
Kiskojen käyttäminen paikoituksessa varsinaisen magneetinasennustyökalun rinnalla on helppoa. Kiskot kiinnitetään magneettien kiinnityskiilojen reikiin niin, että asennettavan magneettisarakkeen molemmilla puolilla on kiskot, jotka yltyvät roottorin ylälaidasta alalaitaan. Asennuskiskot auttavat magneettien paikoittamisessa ja ne voidaan helposti muokata haluttuun asennustyökaluun sopivaksi. Kiskot voivat olla esimerkiksi paksut ja niissä voi olla reiät hakasille, joitten avulla magneetinasennustyökalun voi tukea tiukasti roottoriin. Yksinkertaisimmillaan kiskoissa voi olla vaan kolot, joitten avulla magneettien paikoitus tapahtuu. Sarakkeen magneettien asentamisen jälkeen kiskot irrotetaan ja siirretään seuraavaan sarakkeeseen.

Magneetin kiinnityskiilojen reikiä voi käyttää hyväksi myös laittamalla niihin tapit, jotka ohjaavat asennustyökalun oikeaan kohtaan roottoria. Paikoitustapit ovat noin 30 cm pitkiä ja sileitä ja niiden toisessa päässä on kierteet. Tapit kiinnitetään kiinnityskiilojen reikiin, mutta vain toiselle puolelle magneettia. Tämä johtuu siitä, että reiät on porattu suoraan roottorin tangentiin nähden. Jos tapit kiinnitetään molemmille puolille magneetteja, ne eivät olisi samansuuntaisia. Asennustappien käyttäminen magneettien molemmilla puolilla onnistuu vain jos niitä muokataan ja käytetään yhdessä esimerkiksi asennuskiskojen kanssa. Tällöin magneettien vierellä olevat kiskot eivät ole identtisiä, sillä kiskoista lähtevät asennustapit pitää taivuttaa niin, että ne ovat toistensa kanssa samansuuntaiset.

Myös kun magneetin eri puolilla olevia kiskosarakkeita verrataan toisiinsa. Näin saavutetaan se, että magneetinasennustyökalulla on roottorin pintaan nähden kohtisuora liukupinta asennustappien varassa.

Hitaampi, mutta tarkka keino magneettien paikoituksessa on kartiokiinnityksen käyttö. Tässä tavassa asennustyökalu kiinnitetään jokaista magneettia asennettaessa suoraan roottoriin kiinni. Kiinnitys tapahtuu magneettien kiinnityskiilojen reikiin kartiopäisillä pulteilla, jotka hoitavat kiinnityksen ohella myös paikoituksen. Asennustyökalussa on paikoitusta varten niille reiät. Pultit on mitoitettu niin, että ne ottavat roottorin rei'istä ainakin kolmella kierteellä kiinni. Asennuksen helpottamiseksi ja irrallisten osien määrän pienentämiseksi on suotavaa, että menetelmää sovelletaan. Pultit voivat olla asennustyökalussa kiinni niin, että ne pysyvät aina mukana eivätkä ne tipu. Pulttien kartion malliseen päähän voi myös hitsata korvakkeen käsin tiukkaamisen mahdollistamiseksi. Tällöin kiinnittämiseen tarvittavien työkalujen määrä pienenee.

Viistomaista muotoa voidaan käyttää hyväksi magneettikehdossa kuvan 7 mukaisesti. Magneetin molemmat sivut ovat vinot. Myös magneetin etu- ja takapinta ovat roottorin pyöreiden takia kaarevat. Jos magneettikehdon pohjalle jätetään tyhjää tilaa ja laidat tehdään kuvan mukaisesti kalteviksi, magneetti paikoittuu automaattisesti muotonsa ansiosta työkalun keskelle.



Kuva 7. Magneetin paikoittuminen asennustyökalun magneettikehdossa. Kuva on poikkileikkaus ja otettu magneetinasennustyökalun yläpuolelta. Keskellä on musta magneetti, joka lepää magneettikehdon sisällä. Molemmilla sivuilla on liukupintoina toimivat pyöreät tangot, joiden päissä on hammastukset.

3.5.3 Asennusmenetelmä

Vanhassa magneetinasennustyökalussa on käytetty asennusmenetelmänä kuvan 7 mukaisesti liikkuvaa magneettikehtoa. Asennustyökalu on laatikkomainen ja pyöreät tangot muodostavat sen neljä särmää. Näitä tankoja pitkin magneettikehto pystyy liukumaan roottorin pintaan ja siitä pois. Magneettikehtoa liikuttava voima saadaan aikaiseksi yhdellä kierretangolla, jota voidaan pyörittää esimerkiksi kiintoavaimella tai akkuporakoneella. Kierretanko on magneetinasennustyökalun keskellä.

Magneettia asennettaessa on pystyttävä vastustamaan magnetismista johtuvia voimia. Magneetti ei saa iskeytyä roottorin pintaa kiinni. Voimantuotossa ja magneetin asennuksessa voidaan käyttää hyväksi vipuvartta. Vipuvarsi on kiinni yhdessä asennuskiskossa ja sillä asennetaan magneetteja viereisille paikoille. Vipuvarsi on tanko, jonka varressa on paikka yhdelle tai useammalle magneetille. Tangon päässä on kädensija, josta vääntämällä saadaan asennuksessa tarvittava voima. Vipuvarren keskellä voi olla yksi tai useampi paikka magneeteille. Useamman magneettipaikan käyttö mahdollistaa sen, ettei työkalua tarvitse siirrellä niin usein, koska magneetteja voi asentaa jopa usean sarakkeen päähän asennuskiskosta, jossa työkalu on kiinni.

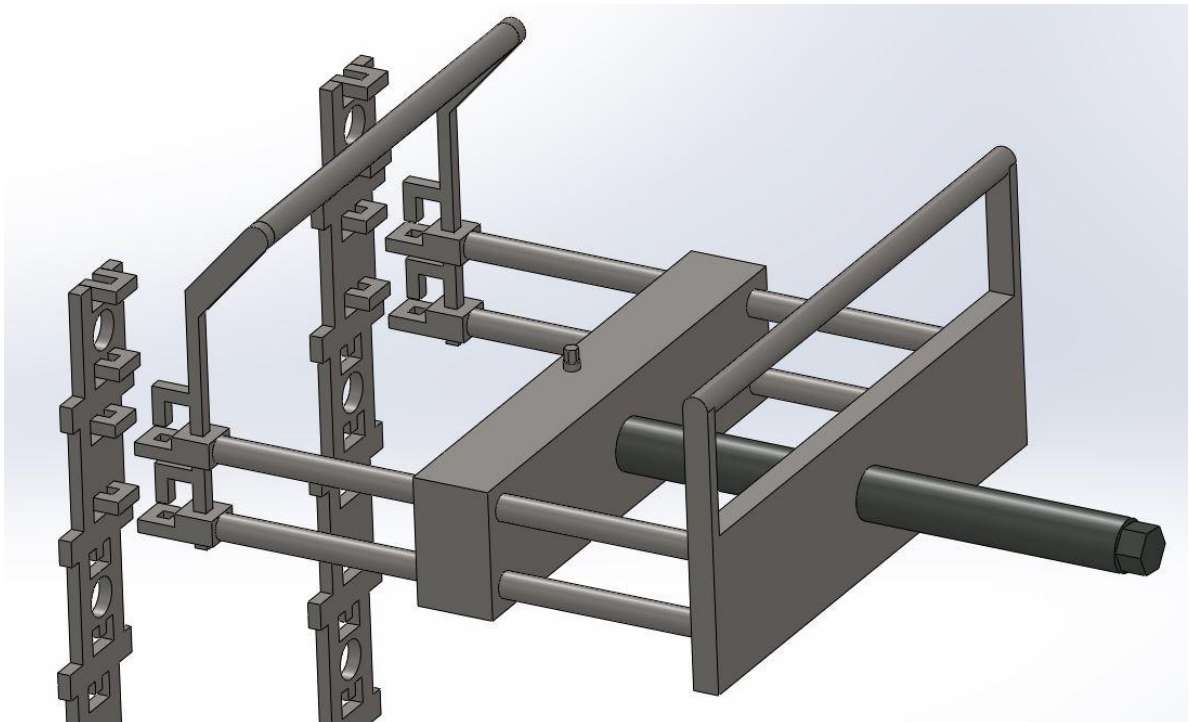
Yksi vaihtoehto on iso X-mallinen saksirakenne, jossa myös hyödynnetään vipuvartta. Saksien roottorin puoleisessa päässä on pyörät, jotka pyörivät asennustilanteen mukaan joko roottorin pinnalla tai sitten viereisten magneettien päällä. Työkalun toisessa päässä on kahvat, joista työkalua käsitellään ja joista kääntämällä magneetti saadaan laskettua roottorin pinnalle. Asennuskehto ja magneetti sijaitsevat noin 10–15 cm päässä pyöristä.

Fyysisesti isoin magneetinasennustyökaluidea on magneettikaappi. Magneettikaappi nostetaan tukirakenteineen roottorin laidalle, jossa se pystyy liikkumaan pyörien varassa roottorin ympäri. Kehikko lukitaan kulloisenkin magneettisarakkeen kohdille asennusta varten. Magneettikaappi pystyy myös liikkumaan kehikkonsa sisällä roottorin pinnalle ja siitä pois. Kaapista löytyy paikka jokaiselle sarakkeen magneetille, mutta magnetismista johtuen kaikkia magneetteja ei voida asentaa kerralla. Kaappiin voidaan korkeintaan kiinnittää magneetti joka kolmanteen paikkaan. Tämä tarkoittaa sitä, että magneettikaapilla asennetaan magneetteja kolme kertaa, jonka jälkeen yhden sarakkeen magneetit on asennettu ja kaappi siirretään seuraavan sarakkeen kohdalle. Poikkeuksena tähän sääntöön

on eristävien hylsyjen käyttäminen asentamisessa. Jokainen magneetti voidaan laittaa omaan hylsyynsä tai pieneen magneettikehtoon ja kaikki magneetit ladataan magneettikaappiin kerralla. Magneettikaapissa on tällöin pystysuunnassa urat, joita pitkin kaikki magneetit ladataan yläkautta kaappiin ja, jotka pitävät magneetteja paikallaan.

3.5.4 Asennustyökalun kiinnittäminen

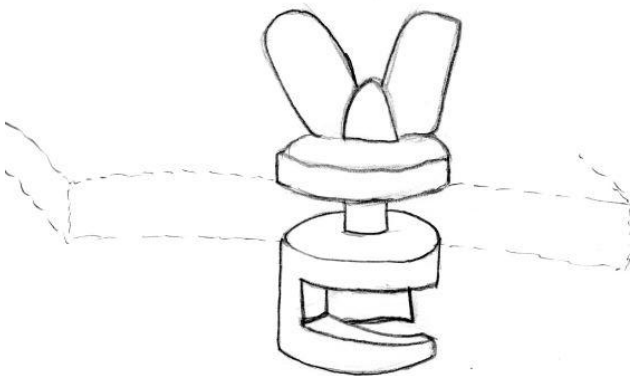
Asennustyökalun kiinnittämisellä roottoriin pyritään vähentämään yksinkertaisessa asennusprosessissa tarvittavien työmiesten määrää. Vanhan asennustyökalun käyttämisessä tarvitaan kaksi henkilöä ja toinen heistä vain pitelee asennustyökalua paikallaan. Ensimmäinen idea asennustyökalun kiinnittämiseen on kuvan 8 mukainen hakas-malli, jossa työkalussa olevat hakaset ottavat asennuskiskoissa oleviin lenkkeihin kiinni ja pitävät työkalua paikallaan asentamisen ajan. Kun magneetti on kiinnitetty asennustyökalun keskellä olevaan magneettikehtoon, työkalu työnnetään roottorissa kiinni olevien kiskojen kohdistinreikiin. Tämän jälkeen asentaja painaa etummaista kahvaa alas, jolloin työkalu lukittuu paikalleen ja magneetti voidaan asentaa roottorin pintaan.



Kuva 8. Magneetinasennustyökalu ja roottoriin asennuksen ajaksi kiinnitettävät kiskot.

Kiinnittämisessä voidaan käyttää myös toisenlaista hakas-ideaa, missä roottoriin kiinnitettävät kiskot ovat paksummat ja ontot. Siinä ratkaisussa asennustyökalussa ei ole etummaista kahvaa ja työkalun etuosassa on vain pienet hakaset. Hakaset ohjataan kiskoissa olevista rei'istä sisään ja työkalua painetaan hiukan alaspäin, jolloin hakaset ottavat kiinni ja pitävät magneetinasennustyökalun paikallaan.

Yksi mahdollisuus on, että magneetinasennustyökalua varten tehdään erityiset kiskot, joita pitkin se pystyy liikkumaan eri magneettirivien kohdille. Tässä mallissa magneettien lataaminen magneetinasennustyökaluun tapahtuu kaksikymmentä senttiä roottorin yläpuolelle, jonne kiskot päättyvät. Magneetti kiinnitetään työkaluun ja viedään kiskoja pitkin oikealle kohdalle ja asennetaan roottorin kylkeen.



Kuva 9. Magneetinasennustyökalun kiinnittäminen asennuskiskoon rakennushelan mukaisella periaatteella.

Yksinkertaisin, mutta samalla ehkä hieman hidas keino on jo aiemmin mainittu ruuvikiinnitys. Asennustyökalussa voi olla pienet metalliset tassut, jotka ruuvataan roottorin pintaan kiinni jokaista magneettia asennettaessa. Nämä ruuvit voivat hoitaa myös asennustyökalun paikoituksen.

Seuraava idea on kuvan 9 mukainen ja se käyttää sopivasti hyväksi asennushelan kiinnityspeeriaatetta. Kiinnike on asennustyökalussa kiinni (näkyvä katkoviivalla). Tämä ratkaisumalli tarvitsee toimiakseen roottoriin asennettavia asennuskiskoja, joista asennushela voi ottaa väkäsellään kiinni. Asennushelan päällä on siivekkeet, jotka mahdollistavat nopean ja helpon kiinnittämisen ilman ylimääräisiä työkaluja.

3.5.5 Käyttövoima

Suunnittelussa on pyritty huomioimaan kaikkia mahdollisia The Switchillä saatavilla olevia käyttövoimavaihtoehtoja, jotka ovat lihasvoima, sähkö ja paineilma. Nykyistä asennustyökalua käytetään akkuporakoneella sen nopeuden takia. Magneettikehto siirtää magneetin roottorin pinnalle kierretangon avulla. Kierretangon pyörittäminen kiintoavaimella olisi liian hidasta vaikuttaviin magneettisiin voimiin nähden. Koko magneetinasennukseen menevän ajan toinen työntekijä joutuu pitämään asennustyökalua paikallaan ja häneltä loppuvat voimat. Tätä samaista asennustyökalua voidaan muokata vaihtamalla kierretanko hammaskiskoon, rattaaseen ja asennustyökalussa pysyvästi kiinni olevaan sähkömoottoriin. Tällöin ei tarvita ylimääräistä sähköporakonetta. Lisäksi yksi henkilö voisi pitää asennustyökalua roottoria vasten ja samalla ohjailta kahvassa olevia käyttöpainikkeita käyttäen sähkömoottoria ja magneetin asennusta.

Sähkömoottoria voisi myös käyttää magneettikaapin ohjaamisessa, paineilman ollessa toinen vaihtoehto. Paineilman soveltaminen magneetin asennukseen vanhalla magneetinasennustyökalulla onnistuu esimerkiksi pneumaattisen lihaksen avulla. Vanhasta työkalusta pitää poistaa vain magneettikehdon liikuttamisessa käytettävä kierretanko ja sen tilalle pitää asentaa pneumaattinen lihas. Pneumaattinen lihas on pari senttiä paksu kumiputki, joka toimii kuin ihmisen lihakset. Pneumaattiseen lihakseen pumpataan ilmaa, jolloin se laajenee ja lyhenee maksimissaan 25 % alkuperäisestä pituudestaan. Pneumaattisella lihaksella voidaan tuottaa suuria voimia ja se onkin erinomainen vaihtoehto esimerkiksi ratkaisussa, jossa käytetään magneettikaappia magneettien asentamisessa.

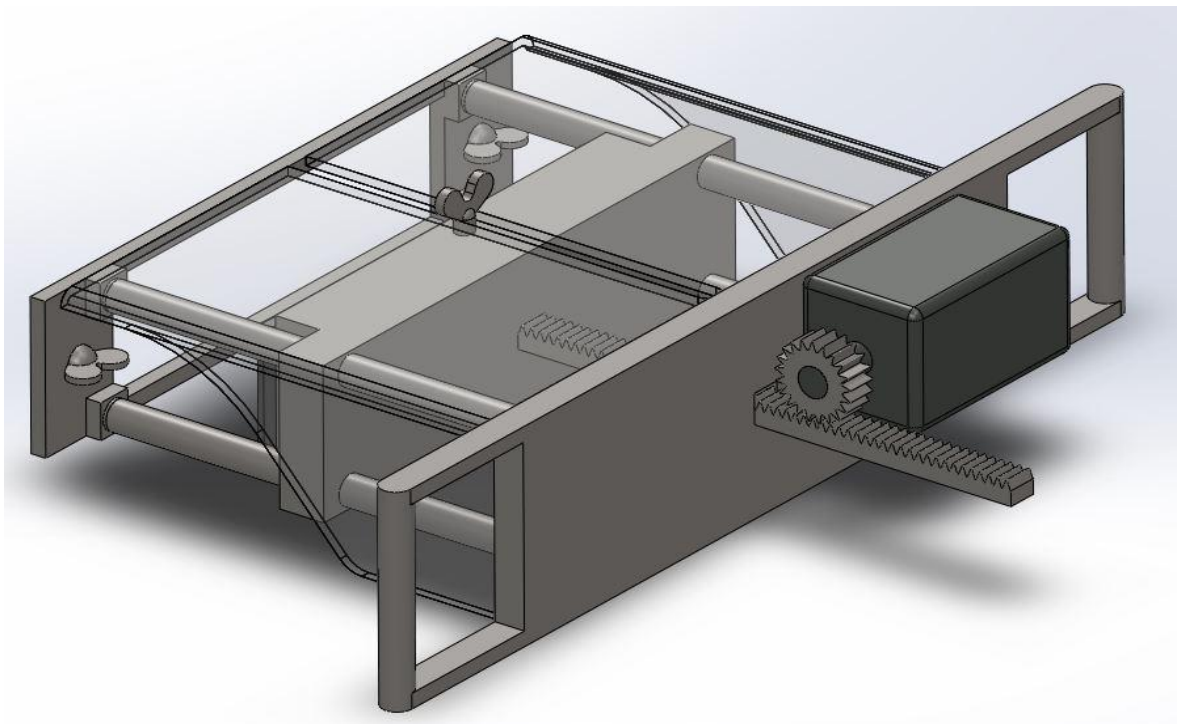
Pelkän lihasvoiman käyttäminen on myös mahdollista ja sen etuna on, ettei asennustyökalusta roiku häiritseviä paineilmaletkuja, jotka rajoittavat liikkumista. Ihmisen rajoitukset tulee kuitenkin huomioida ja käyttää voiman tuottamiseen esimerkiksi vipuvartta. Suurin ongelma magneetin asentamisessa on viimeiset sentit ennen roottorin pintaa koko ajan suurenevien magneettisten voimien takia. Näitä voimia vastaan ja ihmisen työskentelyä helpottamaan voidaan käyttää jousia. Jousia voi käyttää pehmentämään magneetin iskeytymistä roottoriin tai kokonaan kumoamaan roottorin ja magneetin välinen vetävä vaikutus. Tällöin asentaja voi jopa joutua käyttämään voimiaan magneetin työntämiseen roottoriin kiinni.

3.6 Osatoimintojen yhdistäminen

Osatoimintojen yhdistämisessä jokaisesta ideamatriisin sarakkeesta valitaan paras ratkaisu kyseiselle osatoiminnalle. Tämän jälkeen valitut ratkaisut yhdistetään kokonaisuudeksi. Toimia kokonaisuuksia voi olla useita ja alussa parhaalta idealta näyttävä ratkaisu voi suunnittelun lopussa paljastua muita huonommaksi tai pahimmassa tapauksessa kokonaan toimimattomaksi. Tämän takia esittelen useamman ratkaisun.

3.6.1 Hammaskisko – malli

Kuvan 10 mukaisessa hammaskisko – mallissa on käytetty sovelletusti hyväksi vanhan magneetinasennustyökalun perusidea ja rakennetta. Ideamatriisista valittiin ruuvi magneetin kiinnitykseen sekä asennustyökalun kiinnittämiseen roottoriin, viisto kiinnitys hoitaa paikoittamisen, liikkuva kehto asennusliikkeen ja sähkömoottori toimii käyttövoimana.



Kuva 10. Magneetinasennustyökalu sähkömoottorilla, hammaskiskolla ja suojalevyllä varustettuna. Kiinnitys tapahtuu magneetin kiinnityskiiloja varten oleviin reikiin.

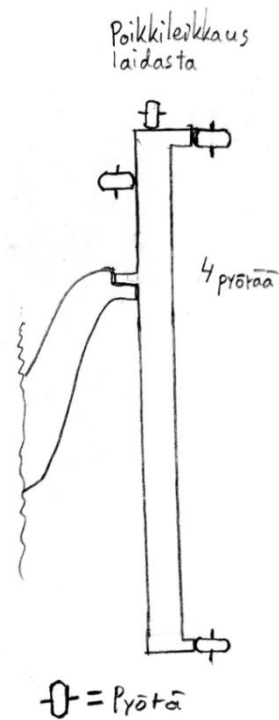
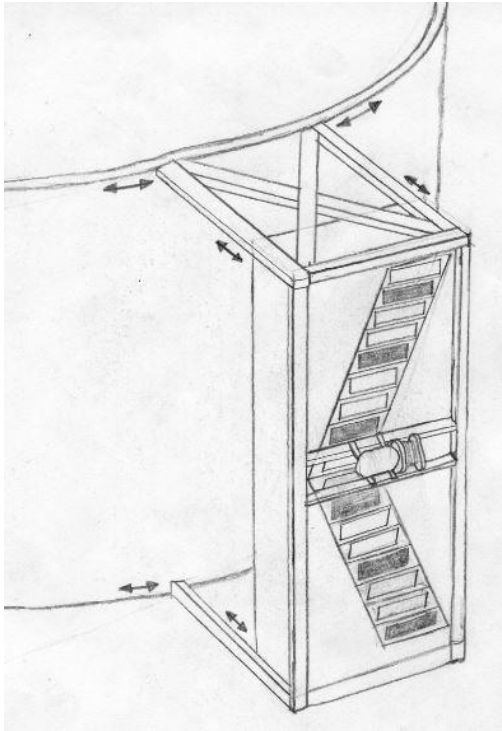
Alkutilanteessa kuvan keskellä oleva magneettikehto on täysin ulkona. Asennettava magneetti kiinnitetään kehdon päällä olevalla ruuvilla kiinni magneettikehtoon, johon magneetti asettuu keskelle viistomaisen muotonsa ansiosta. Kun magneetti on kiinni

magneettikehdossa, se puhdistetaan, magneettiin levitetään liima ja kehto ajetaan laitteen sisälle. Seuraavaksi siirrytään roottorin luo siihen kohtaan mihin magneetti halutaan asentaa. Asennustyökalu asetetaan roottorin pintaa vasten ja kiinnitetään molemmista laidoistaan ruuveilla roottoriin kiinni. Tämän jälkeen työntekijä ajaa magneettikehdolla magneetin roottorin pinnalle, irrottaa magneetin työkalusta ja työkalun roottorista ja lähtee hakemaan uutta magneettia.

Hammaskisko – mallissa magnetismista aiheutuvaa vetovoimaa vastustaa sähkömoottori, joka liikuttaa laakerin päällä makaavan hammaskiskon avulla magneettikehtoa. Magneettikehto liukuu sähkömoottorin työntämänä neljää sileää ohjuria pitkin, jotka toimivat samalla tukirakenteena. Metallitankojen toisessa päässä on neliskanttinen tukilevy, josta magneetinasennustyökalu kiinnitetään roottoriin kiinni. Tukilevyn molemmin puolin ovat korvalliset kierretapit, joilla roottoriin kiinnittäminen tapahtuu. Myös magneettikehdon päällä on korvallinen kierretappi, jolla magneetti tiukataan kehtoon kiinni. Tämä kierretappi ei kuitenkaan suoraan paina magneettia vaan pientä laattaa, joka tukee magneettia tasaisemmin. Turvallisuuden takia työkaluun on lisätty läpinäkyvä suojalevy hajoavien magneettien varalta. Tarvittaessa myös sähkömoottorin ja siihen kuuluvan hammasrattaan voi sijoittaa käsituen taakse ja suojalevyn alle.

3.6.2 Magneettikaappi

Kuvan 11a magneettikaappi mahdollistaa useiden magneettien asentamisen kerralla. Magneettikaappiin ideamatriisista on valittu ruuvit magneettien ja asennustyökalun kiinnittämiseen, kartiokiinnitys paikoitukseen ja kaappi asennusmenetelmäksi. Työkalu toimii sähköisesti.



Kuvat 11a ja 11b. Kuvan 11a mukainen magneettikaappi lepää pyörien varassa roottoria vasten. Kuvan mukaisesti samaan aikaan voidaan asentaa vain joka kolmas magneetti kerrallaan. Pyörien sijoittelu näkyy kuvassa 11b.

Kun roottoriin ruvetaan asentamaan magneetteja, magneettikaappi nostetaan roottorin laitaan kiinni. Kaapin kehikko lepää roottorin laidalla olevien pyörien päällä ja asennustilanteessa aiheutuvien vetovoimien takia myös roottorin ulkopinnalla on pyörät. Ulkopintaa vasten olevat pyörät ovat kuvan 11b mukaisesti sijoitettu ylä- ja alalaitaan. Ainoastaan roottorin sisäpuolella oleva pyörä on liikuteltavissa ja sillä hoidetaan magneettikaapin tiukkaaminen roottoria vasten. Magneettikaappia voidaan liikuttaa ympäri roottoria pyörien varassa mistä johtuu, että se kiinnitetään roottoriin vain kerran koko magneettiasennusprosessin aikana. Asennustyökalu viedään asennettavan magneettisarakkeen kohdalle ja lukitaan ruuveilla magneettien kiinnityskiiloille varattuihin reikiin.

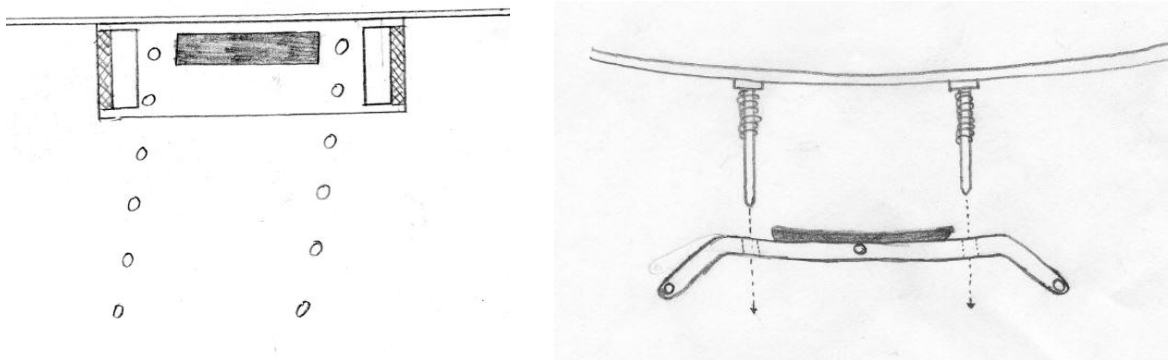
Ennen magneettien kiinnittämistä asennustyökaluun, magneettikaappi vedetään metallikehikkonsa uloimpaan laitaan. Magneetit kiinnitetään joka kolmanteen niille varattuun paikkaan. Magnetismista johtuen, niitä ei saa viedä käsin lähemmäksi toisiaan. Magneettikaapin lataamisessa magneeteilla käytetään hyväksi eristelevyä, joka estää

magneettien kiinnittymistä muihin kaapissa jo kiinni oleviin magneetteihin. Kaapissa olevat magneettipaikat ovat viistomaiset, minkä takia magneettia asettuu siihen muotonsa takia keskelle. Kiinnitys tapahtuu ruuvilla, joka painaa magneetin alalaitaan kiinni.

Kun magneettikaappi on ladattu magneeteilla, kaappi siirretään roottorin pintaan. Tässä käytetään hyväksi sähkövinssiä, joka jarruttaa magneettikaapin etenemistä ja vastustaa kaapissa olevien magneettien aiheuttamaa vetovoimaa. Magneettikaappi on jäykän kehikon sisällä, missä se voi liikkua pyörien avulla roottorin pinnalle ja siitä pois. Kun kaappi ja siinä olevat magneetit on viety roottorin pinnalle, kaikki magneetit irrotetaan ja magneettikaappi kuljetetaan kehikkonsa ulommaiseen laitaan, missä uudet magneetit laitetaan kaappiin kiinni. Tämä työsykli toistuu kolme kertaa, minkä jälkeen kaikki sarakkeen magneetit on saatu asennettua ja magneettikaappi siirretään seuraavan asennettavan sarakkeen kohdalle.

3.6.3 Jousi – malli

Kuvassa 12a ja 12b on jousia hyväksi käyttävä magneetinasennustyökalu. Tässä magneetinasennustyökalussa käytetään ruuvia magneetin kiinnittämiseksi työkaluun, viistokiinnitystä paikoituksessa ja laite toimii jousien avulla.



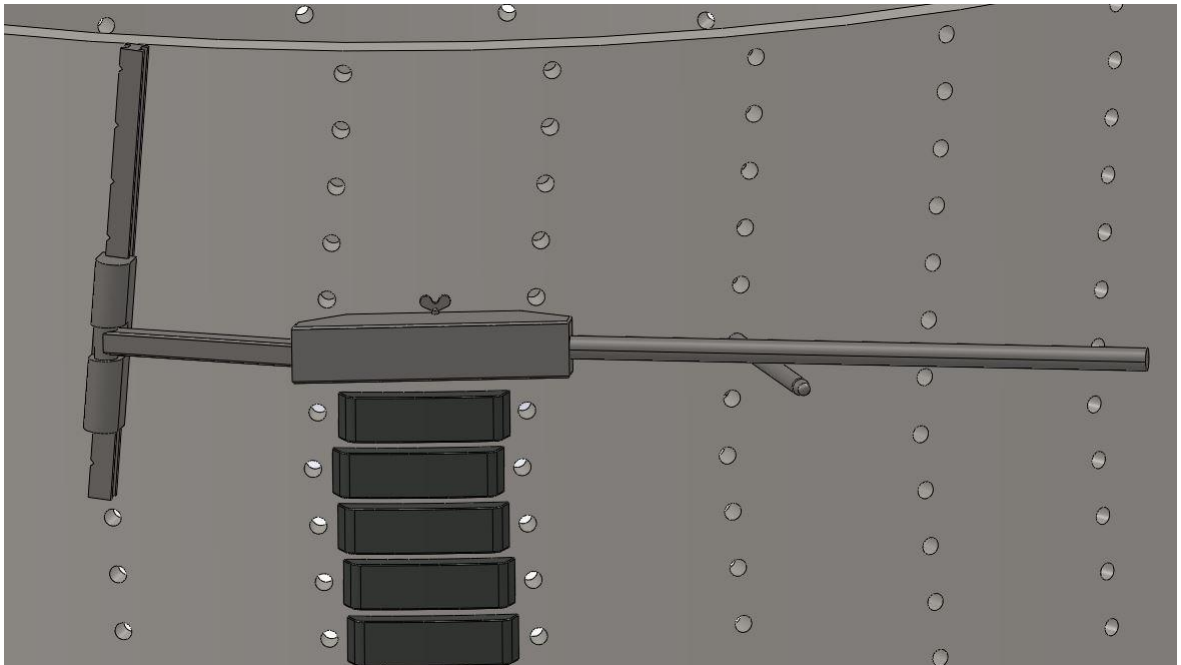
Kuvat 12a ja 12b. Roottorin pintaan kiinnitetään kiskot, joihin on hitsattu ohjaavia tappeja. Nämä tapit ohjaavat levymäisen magneetinasennustyökalun paikalleen. Jokaisessa tapissa on lisäksi jousi, joka toimii vastavoimana magnetismille.

Ennen magneetinasennuksen aloittamista roottoriin kiinnitetään halutun magneettisarakkeen molemmille puolille kiskot. Kiskoissa on paikoitusta varten jokaisen magneetin kohdalla tapit, jotka ohjaavat magneetinasennustyökalun oikealle kohdalle.

Magneettisarakkeiden molemmille puolille laitettavat kiskot ovat erilaisia. Eroavaisuudet johtuvat tapeista, jotka ovat taivutettu asennettavaa magneettisaraketta päin. Kiskojen kiinnittämisen jälkeen voidaan aloittaa asentaminen ja kiinnittää ensimmäinen magneetti asennustyökaluun. Magneetasennustyökalu on ohut ja levymäinen. Siinä on käsikahvat molemmilla sivuilla ja magneetti tiukataan työkalun keskelle ruuvien avulla. Magneetasennustyökalu ohjataan roottoriin pinnalle niin, että neljät kiskoissa kiinni olevat tapit ohjaavat sen oikeaan kohtaan roottorin pintaa. Ohjaustappien juuressa on jouset, jotka estävät magneetin iskeytymisen roottorin kylkeen ja hajoamisen. Jouset toimivat vastavoimana magnetismista aiheutuville vetovoimille. Kun magneetti on saatu roottorin pinnalle, työntekijä painaa asennustyökalua roottoria vasten samalla kun irrottaa magneetin lukituksen. Tämän jälkeen magneetasennustyökalu otetaan pois tapeilta ja aloitetaan uuden magneetin asentaminen.

3.6.4 Vipuvarsi – malli

Vipuvarrtta käyttämällä saadaan aikaan paljon enemmän voimaa. Yksi ratkaisuehdotukseni käyttää tätä momenttivarren tuomaa etua hyväkseen.



Kuva 13. Magneetasennustyökalu, joka käyttää hyväksi vipuvarrtta.

Vipuvarsi – malliin on ideamatriisista valittu ruuvi magneetin kiinnitykseen, vinokiinnitys paikoitukseen, vipuvarsi asennusmenetelmäksi, luisti asennustyökalun kiinnittämiseen ja työkalun voimanlähteenä on lihasvoima. Magneetin asentaminen aloitetaan kiinnittämällä kisko roottoriin kuvan 13 mukaisesti. Kisko on I – profiilia ja siinä on jokaisen magneetin kohdalla lovet paikoitusta varten. Kiskon asentamisen jälkeen pujotetaan yläkautta asennustyökalu ja luisti kiskoon. Magneetinasennustyökalu luistaa luistin ansiosta edestakaisin kiskolla kulloisenkin asennettavan magneetin paikalle. Seuraavaksi työkalu käännetään kahvasta mahdollisimman kauaksi roottorista magneetin kiinnittämiseksi työkaluun. Magneetti kiinnitetään viistoon magneettikehtoon, johon magneetti asettuu automaattisesti keskelle muotonsa ansiosta. Kiinnitys tapahtuu ruuvilla.

Seuraavaksi työntekijä kääntää kahvasta ja asentaa magneetin roottorin pinnalle. Tarpeen vaatiessa kauemmaksi roottoriin voidaan kiinnittää kuvan 13 mukaisesti ohjaustappi, jota vasten työntekijän on helppo liu'uttaa asennustyökalun kahvaa. Samalla tappi lisää myös asennustarkkuutta. Kun magneetti on saavuttanut roottorin pinnan, se irrotetaan asennustyökalusta ja työkalu siirretään seuraavan magneettisarakkeen kohdalla uuden magneetin asentamista varten. Kun koko magneettisarake on saatu asennettua, työkalun voi kääntää ympäri irrottamatta kiskoa ja asentaa magneetit toisellekin puolelle työkalua. Vipuvartista työkalua voi myös muokata helposti niin, että tekee sen varteen paikat kahdelle magneetille. Tämä ei kuitenkaan mahdollista kahden magneetin yhtäaikaista asentamista vaan vähentää asennuskiskon siirtämisen tarvetta.

4 TULOSTEN TARKASTELU

Tulosten tarkastelussa arvioidaan vanhan sekä neljän uuden laitteen toimintaa ja suunnittelun onnistumista. Lisäksi jokaista laitetta vertaillaan toisiinsa useilla eri osaluilla.

4.1 Arviointiperusteet

Magneetinasennustyökalut arvostellaan ennen kaikkea alussa niille asetettujen vaatimusten perusteella. Arviointikohteina on laitteen toimivuus ja luotettavuus työolosuhteissa, magneettikohtainen asennusaika, asennustarkkuus sekä asennustyökalun magneettisuus.

Uusia magneetinasennustyökaluja tarkastellaan vaatimuslistan vaatimusten ja toivomusten valossa. Jokaisella laitteella pitää pystyä asentamaan magneetti niin tarkasti, etteivät seuraavassa asennusvaiheessa magneettien kiinnittämiseen käytettävät kiinnityskiilat pohjaa tai lepää vain toisen magneetin varassa. Molemmat tapaukset tarkoittavat sitä, että kiila ei hoida tehtäväänsä ja roottorissa on irtonaisia magneetteja.

Toinen tarkastelukriteeri on asennusvaiheen nopeus. Asennusnopeus arvioidaan ja siinä otetaan huomioon myös työkalujen siirrot sekä tarvittavien asentajien määrä. Asennusnopeuden lisäksi arvioidaan myös työkalun magneettisuutta niin pitkälti kuin se on mahdollista, koska mitään pysyviä materiaalivalintoja ei ole tehty.

Vaatimuslistan toivomukset saavat myös osakseen pientä huomiota, jos ne on pystytty toteuttamaan. Asennustyökalulle oli asetettu toivomuksiksi edullinen valmistushinta ja se, ettei työkalu ole magneettinen. Toivottiin myös, että yksi henkilö pystyy käyttämään magneetinasennustyökalua ja, että magneetinasennuksessa käytetään paikoituksessa hyväksi roottorissa olevia magneetin kiinnityskiiloille tarkoitettuja reikiä.

4.2 Vertailtava laite

Vertailun kohteena käytetään vanhaa magneetinasennustyökalua. Vanhassa asennustyökalussa ja hammaskisko – mallissa on paljon yhtäläisyyksiä. Molemmissa on esimerkiksi laatikkomallinen rakenne, pyöreät ja liukupintoina toimivat tukirakennesauvat, käsikahvat sekä magneetin kiinnittäminen kehtoon.

Vanhaa asennustyökalua käytettäessä roottoriin asennetaan kiskot magneettisarakkeen molemmille puolille kartiopäisillä pulteilla, jotka hoitavat kiskojen paikoittamisen. Kiskot on muotoiltu niin, että ne edesauttavat hiukan magneetin paikoituksessa. Niissä on esimerkiksi pieniä nipukoita, jotka menevät magneettien väleihin ja pitävät magneetit oikealla etäisyydellä toisistaan. Asennustyökalu on kotelomainen ja magneetti asennetaan sen sisällä liikkuvan magneettikehdon avulla. Kehdon työntämiseen käytetään kierretankoa, jota voi pyörittää esimerkiksi kiintoavaimella tai porakoneella. Magneetin kiinnittäminen työkalun magneettikehtoon tapahtuu kauempana roottorista ja kiinnitys tapahtuu ruuvilla, joka tiukataan kiintoavaimella. Asennustyökalu paikoittuu roottorin pinnalle oikeaan kohtaan kiskoissa olevien reikien avulla. Työkalun päässä on hampaat, jotka upotetaan kiskojen reikiin. Magneetinasennustyökalussa on sirpaleita varten suojalevy, joka yltää työkalun alapuolelta molemmille sivuille.

Kun magneetti on kiinnitetty magneetinasennustyökaluun, työkalu viedään roottorin luo. Yksi työntekijä painaa magneetinasennustyökalua voimalla roottoria vasten samalla kun toinen ajaa magneettikehdon roottorin pintaan. Magneetti irrotetaan työkalusta, asennustyökalu otetaan pois roottorista ja haetaan uusi asennettava magneetti.

Ilman ongelmia vanhalla asennustyökalulla pystyy asentamaan kokonaisen magneettisarakkeen noin 28.5 minuutin aikana. Tämä aika pitää sisällään myös ohjauskiskojen asentamisen ja poistamisen. Pitää kuitenkin muistaa, että vanhan magneetinasennustyökalun käyttöön tarvitaan kaksi ihmistä, joten yhden magneetin asentamiseen menee yhteensä noin 3.8 työminuuttia. Vanha magneetinasennustyökalu on tämän vertailun hitain, kun huomioi, että työhön tarvitaan kahden henkilön työpanosta. Todellisuudessa magneetinasennusnopeus on vielä hitaampi, koska nykyisellä työkalulla magneetteja hajoo asennuksen aikana. Hajonneen magneetin irrottamisessa roottorista ja korvaamisessa uudella kestää pitkään.

4.3 Uusien tuotteiden vertailu

Kaikissa uusissa tuotteissa on päädytty samaan ratkaisuun työkalun magneettipesän ja magneetin kiinnityksen suhteen. Magneetti asetetaan magneetinasennustyökalussa kehtoon, jonka laidat ovat viistot. Magneetti saadaan näiden viistojen laitojen ansiosta asetettua työkalun keskelle. Viistot laidat eivät yksinään riitä, jos magneetti osuu magneettikehdon pohjaan kiinni, niin kuin vanhassa asennustyökalussa kävi. Magneetti osui ensimmäisenä magneettikehdon pohjaan ja pystyi vielä liikkumaan edestakaisin magneettikehdon laitojen välissä. Tämä on otettu huomioon uusissa tuotteissa ja magneettikehdot ovat niin syvät, ettei magneetti yllä magneettikehdon pohjaan saakka vaan jää kiinni viistoihin laitoihin. Magneetin viistot laidat aiheuttavat sen, että magneetti asettuu magneettikehdon keskelle.

Toinen asia, mikä uusissa ideoissa on säilynyt melkein muuttumattomana, on magneetin kiinnittäminen työkaluun. Magneetti kiinnitetään magneettikehtoon ruuvin avulla. Ruuvi painaa magneettikehdon ylälaidassa olevaa pientä metallilevyä, joka tiukka magneetin kehtoon kiinni. Uusia ja vanhaa magneetinasennustyökalua erottaa tiukkaamistyökalu. Vanhassa magneetinasennustyökalussa magneetin tiukkaamisessa käytettiin kiintoavainta, jonka käyttö magneettien läheisyydessä oli välillä hankalaa. Vaikka kiintoavainta oli välillä ikävä kuljettaa kokoajan mukana, se oli välttämätön asennuksen kannalta. Uusissa asennustyökaluideoissa kiintoavain on jätetty pois. Ruuvin vanha kuusikantainen pää on korvattu korvallisella mallilla, jota pystyy helposti käsin pyörittämään. Uusi ratkaisu on hyvä koska asennuksessa tarvittavien työkalujen määrää on saatu pienennettyä.

4.3.1 Hammaskisko – malli

Hammaskisko – mallilla ja vanhalla asennustyökalulla on paljon yhtäläisyyksiä. Perusrakenne on säilynyt samana ja eräs vanha ongelma voi vielä olla tallella. Kun vanhalla magneetinasennustyökalulla asensi magneettia, magneettikehto pyrki joskus vinoon vetovoimien takia. Tästä aiheutui pientä jumittumista kun magneettikehto ei liikkunut kunnolla tankojen varassa. Kierretankokkaan ei estänyt tätä, koska se ei ollut jäykästi kiinni magneettikehdossa. Tämä asia voi olla eri tavalla uudessa mallissa, koska hammaskisko on jäykästi magneettikehdossa kiinni. Mitä lähempänä roottoria magneettikehto on, sitä suuremmat voimat roottorissa kiinni olevat magneetit siihen aiheuttavat, mutta uudessa mallissa jäykkä hammaskisko pitää magneettikehdon suorana

koko asennuksen ajan. Mitä lähempänä roottoria magneettikehto on, niin sitä isompi taivutus kohdistuu hammaskiskoon.

Magneetti paikoittuu magneettikehdon muotoilun ansiosta hyvin asennustyökaluun, joten tarkkuuden kannalta työkalulla on hyvät mahdollisuudet onnistua. Lisäksi työkalu käyttää hyväksi roottorissa olevia magneettien kiinnityskiiloille tarkoitettuja reikiä. Työkalu kiinnitetään roottoriin asennustyökalussa kiinni olevilla ruuveilla, joihin on hitsattu korvakkeet asennuksen helpottamiseksi ja työkalujen vähentämiseksi. Ruuvit voivat kuitenkin muodostua myös ongelmaksi. Yhteen roottoriin asennetaan magneetteja melkein viisisataa kappaletta ja magneetinasennustyökalun kiinnityspulttien kierteet voivat vaurioitua asennuksen yhteydessä. Vaurioituminen voi tapahtua esimerkiksi kun asennustyökäluä ollaan kiinnittämässä roottoriin magneetinasennuksen yhteydessä ja ruuvi menee väärille kierteille. Pahimmassa tapauksessa roottorissa olevat kierteet vaurioituvat, mikä ei ole toivottava tilanne. Tarkkuuden kannalta roottorissa olevien reikien käyttäminen on todella hyvä asia. Asennustyökalun jäykkyyttä ja sen takia myös tarkkuutta parantaa työkalun asennuspäässä oleva neliskantainen levy, jonka läpi magneetti lasketaan roottoriin.

Työkalun yläpuolella oleva suojalevy estää tehokkaasti hajoavan magneetin sirpaleiden iskeytymisen työntekijän kasvoihin. Vaarallisen työn ja suojalevyssä olevan uran takia työntekijä joutuu kuitenkin käyttämään asennuksen yhteydessä suojalaseja. Eniten asennustapahtuman turvallisuutta heikentää esillä oleva ratas. Jatkosuunnittelussa sähkömoottorin rattaineen voi kuitenkin sijoittaa suojakuvun alle. Magneettisuuden suhteen työkalu ei aiheuta suuria ongelmia. Se voidaan valmistaa tarpeen mukaan kokonaan materiaaleista, jotka eivät ole magneettisia. Tähän on poikkeuksena sähkömoottori, minkä materiaaleihin on hankalampi vaikuttaa.

Hammaskisko – malli on kohtalaisen nopea, kun sitä tarkastellaan magneetinasennukseen kuluvan ajan suhteen. Kyseisellä laitteella asentaa yhden sarakkeellisen magneetteja noin puolessa tunnissa, mikä on melkein yhtä nopeaa kuin vanhalla magneetinasennustyökalulla. Tärkeä ero näiden kahden välillä on kuitenkin se, että hammaskisko – mallin käyttämiseen tarvitaan vain yksi asentaja. Yhden magneetin

keskimääräiseksi asennusnopeudeksi saadaan 2 minuuttia. Eniten asennuksessa aikaa vie työkalun kiinnittäminen ja irrottaminen roottorista.

Valmistushinnan suhteen hammaskisko – malli on yksi halvimmista verrattuna kolmeen muuhun uuteen ratkaisuvaihtoehtoon. Tuotteen valmistuksessa voidaan käyttää hyväksi montaa vanhan magneetinasennustyökalun osaa. Suurimman menoerän aiheuttaa sähkömoottori.

Kaiken kaikkiaan hammaskisko – malli on magneetin paikoituksessa erittäin tarkka työkalu. Lisäksi magneetinasennukseen asentajilta kuluvat työtunnit saadaan puolitettua ja yksi asentaja voidaan irrottaa magneetinasennuksesta muihin työtehtäviin. Asennustyökalu on kaikin puolin toimiva ja valmistushinta on kohtuullinen.

4.3.2 Magneettikaappi

Magneettikaappi on suunnittelun tuloksena syntynyt fyysisesti isoin magneetinkiinnitystyökalu-vaihtoehto. Jykevä kaappiratkaisu on varmasti tukeva, mutta painon takia sen asentamiseen roottoriin kiinni tarvitaan nosturia. Tämän jälkeen pyörien ansiosta kaapin siirtely käy helposti. Magneettikaapin paino ja jäykkyys tekee työkalusta tarkan ja tarkkuutta lisää vielä kaapin kehikon kiinnittäminen kiinnityskiiloille varattuihin reikiin. Tarkkuuden suhteen ainut epävarma tekijä on magneettikaapin liikkuminen tukirakenteensa sisällä. Magneettikaappi liikkuu tukikehikkonsa sisällä pyörien varassa, mikä ei välttämättä ole paras vaihtoehto tarkkuuden kannalta, mutta oikein sijoitetut pyörät ja tarpeelliset toleranssit varmistavat hyvän magneetinasennustarkkuuden.

Magneettien kiinnittämiseksi magneettikaappiin käytetään jo monesti aiemmin mainittua viistottua magneettikehdoita, joka on tarkkuuden kannalta paras tunnettu vaihtoehto. Aiemmissa magneettikehdoissa tiukkaamista varten olevia ruuveja ei koskaan irrotettu magneettikehdosta. Tässä asennustyökalussa asia on toisin, koska magneettien väliset etäisyydet ovat pienet. Kaikki kiinnitysruuvit eivät mahdu magneettikaappiin samaan aikaan koska alemman magneetin kiinnitysruuvi osuu ylempään magneettiin. Asennustilanteessa magneetinasennuskaapissa on kiinnitysruuvit vain sillä hetkellä kiinnitettävien magneettien magneettikehdoissa. Asennuksen aikana tyhjillään olevien magneettikehdojen kiinnitysruuvit pitää poistaa.

Kokonsa takia magneettikaappi on vertailtavista magneetinasennustyökaluista arvokkain. Kaappiin ja sen tukirakenteisiin kuuluu paljon materiaalia, mikä näkyy myös painossa. Kaappi kehikkoineen voidaan kuitenkin suurimmaksi osaksi valmistaa materiaaleista, jotka eivät ole magneettisia. Magnetismin kannalta ongelmia aiheuttaa vain vinssi, jolla magneettikaapin liikuttaminen hoidetaan. Vinssi on ajateltu sähkökäyttöisesti, joten magneettinen sähkömoottori tuo omat haasteensa. Tähän voidaan kuitenkin vaikuttaa esimerkiksi käyttämällä jotain eristettyä moottorin ympärillä.

Muihin magneetinasennustyökaluihin verrattuna magneettikaapilla ei tehdä yhtä montaa asennusliikettä, vaan siihen kiinnitetään useampi magneetti, jotka asennetaan kerralla. Asennusliikkeiden määrän pienentämisellä pyrittiin vaikuttamaan magneettien asennuksen kokonaisuikaan. Tämä onnistui. Magneettikaapin asentaminen roottoriin kestää melko kauan ja apuna tarvitaan nosturia. Tämän jälkeen asennustyökalun käyttäminen on helppoa ja nopeaa eikä erilaisia ohjauskiskoja tarvitse kiinnittää uudestaan koko ajan.

Magneettikaapin kiinnittämiseen ja irrottamiseen roottorista menee yhteensä noin 7 minuuttia ja yhteen magneetinasennussykliin menee noin 6 minuuttia. Yksi magneetinasennussykli tarkoittaa viiden magneetin asentamista roottoriin. Magneettien asentaminen koko sarakkeeseen kestää noin 20 minuuttia. Kaiken kaikkiaan magneetinasennuskaappi on melkein puolet nopeampi asennustyökalu kuin esimerkiksi hammaskisko – malli. Magneettikaappi on noin 1.3 minuutin magneettikohtaisella asennusajalla tämän vertailun nopein asennustyökalu.

4.3.3 Jousi – malli

Jousi – mallissa ja vanhassa magneetinasennustyökalussa käytetään sileää tankoa, jota pitkin magneettikehto liukuu roottorin pinnalle. Jousi – mallissa voi olla sama ongelma kuin vanhassakin asennustyökalussa, jossa magneettikehto pystyi jäämään ohjaustankoihin jumiin. Tämä jumittuminen johtui magneettiin vaikuttavista voimista, jotka väänsivät magneettia väärään suuntaan. Ei ole kuitenkaan todennäköistä, että jousi – mallissa jumittuminen aiheuttaa suurta ongelmaa sillä tässä mallissa koko magneettikehtoa ohjataan käsin, mikä mahdollistaa jumitustilanteeseen puuttumisen välittömästi ja entistä paremmin. Vanhalla magneetinasennustyökalulla asennustapahtuma oli kiireellinen työkalun hankaluuden takia. Jumitustilanteessa täytyi toivoa, että magneettikehto lähtee liikkumaan

kunnolla ja magneetti saadaan asennettua. Kun magneettia ruvetaan asentamaan vanhalla työkalulla, pitää magneetti saada kerralla roottorin pinnalle, koska asennustyökalua pitävä henkilö väsy nopeasti ja asennustyökalu pääsee hyppäämään roottorin pinnalla toisen magneetin päälle.

Siitä, miten hyvin jouset todellisuudessa toimivat ja auttavat magneetin asennuksessa, ei ole tietoa. Teoriassa jousien pitäisi toimia hyvin vastavoimana magnetismille. Jousien takia asentajan pitää kuitenkin olla varovainen, sillä kun magneetti irrotetaan magneetinasennustyökalusta, häviää jousien vastavoima ja magneetinasennustyökalu sinkoutuu irti roottorista. Tämän takia asentajan pitää painaa vartalollaan asennustyökalua roottoriin päin, kun magneettia irrotetaan. Jouset ovat tässä suhteessa hankalat, mutta ne nopeuttavat magneetinasennusta koska erillistä magneetin liikuttelumekanismia ei tarvita.

Tarkkuuden kannalta tarkasteltuna jousi – malli on erityisen tarkka, koska magneetti saadaan asennettua aina samaan kohtaan ja tarkasti magneetin kiinnityskiilojen väliin. Tämä johtuu siitä, että paikoituksessa käytetään hyväksi roottorissa olevia kiilojen kiinnitysreikiä. Kiilojen kiinnitysreikiin asennetaan kiskot, joiden avulla magneetinasennustyökalu paikoittuu tarkasti. Kiskoissa olevat tapit ohjaavat magneetin roottorin pintaa. Lisäksi asennuksen tarkkuutta parantaa viistonmallinen magneettikehto, jossa magneetti paikoittuu automaattisesti keskelle.

Tämä magneetinasennustyökalu on erityisen kevyt ja vain vähän magneettinen. Asennustyökalu voidaan valmistaa sellaisista materiaaleista, että vain jouset ovat magneettisia. Hinnan suhteen tämänhetkinen jousi – malli ei ole kokoonsa nähden halpa, koska melkein kaikki osat ovat uniikkeja pitää valmistuttaa konepajalla.

Vaikka jousi – mallissa asentajalta vaaditaan voiman käyttöä niin kuin vanhassakin asennustyökalussa, uutta magneetinasennustyökalua käyttämään tarvitaan vain yksi työntekijä ja toinen asentaja voidaan sijoittaa muihin työtehtäviin. Tämän takia työkalua voidaan sanoa nopeaksi ja halvaksi. Vanhaan magneetinasennustyökaluun verrattuna kiskojen roottoriin kiinnittämiseen ja magneettien asennukseen menee yhtä kauan. Jousi – mallilla yhden magneettisarakkeen asentamiseen menee noin 28.5 minuuttia, ja kun kiskojen asentaminen ja irrottaminen otetaan huomioon, yhden magneetin asentaminen

kestää noin 1.9 minuuttia. Olen arvioinut tämän magneetinasennustyökalun yhtä nopeaksi kuin vanhankin asennustyökalun ja roottori saadaan valmiiksi yhtä nopeasti molemmilla työkaluilla.

Näitä kahta asennustyökalua vertailtaessa pitää kuitenkin huomioida työntekijöiden määrä sekä hajoavien magneettien aiheuttamat taloudelliset tappiot sekä ajallinen haitta. Uuden magneetinasennustyökalun käyttämiseen tarvitaan vain yksi henkilö. Lisäksi uuden asennustyökalun käyttäminen on helppoa ja sitä käytettäessä epäonnistuneita magneetin asennuksia tapahtuu vähemmän. Vanhaa asennustyökalua käytettäessä oli vaarana, että magneetinasennustyökalu iskeytyy toisen magneetin päälle ja pahimmassa tapauksessa molemmat magneetit hajoavat. Hajonneiden magneettien poistamiseen ja ehjillä korvaamiseen voi mennä parista minuutista jopa puoleen tuntiin. Samojen virhetilanteiden tapahtuminen on epätodennäköisempää uudella magneetinasennustyökalulla. Ainut tilanne, joka voi uudella asennustyökalulla johtaa hajonneisiin magneetteihin on, jos työntekijä unohtaa kiinnittää magneetin asennustyökalun magneettikehtoon.

4.3.4 Vipuvarsi – malli

Jos jokaisesta uudesta magneetinasennustyökalu – mallista pitäisi todeta suurimmat heikkoudet, niin vipuvarsi – mallissa ne olisivat välykset sekä suuri momenttivarsi. Vanhaan magneetinasennustyökaluun verrattuna vipuvarsi – malli on täysin erilainen. Tässä mallissa asentamisessa käytetään hyödyksi pitkää vipuvartta, jonka avulla asentaja saa aikaiseksi tarpeeksi suuren vastavoiman magnetismille niin, ettei magneetti iskeydy liian kovaa roottorin kylkeen ja hajoa. Vipuvarren iso ongelma on sen liikkuvat nivelet, ja niiden sijoittelu. Kaikista liikkuvista nivelistä aiheutuvat virheet kertautuvat. Näihin tuo oman lisänsä momenttivarren suuruus. Vaikka momenttivarsi on koko laitteen perustana, se aiheuttaa suuria voimia roottoriin kiinnitettyyn kiskoon, kiskon ja asennustyökalun liukupinnoille sekä työkalussa olevaan saranaan. Lisäksi työkalun suunnittelussa omat ongelmansa tuo esille roottorin muoto ja etenkin magneettien asentaminen auramaiseen muotoon. Magneettien sijoittelun takia asennuksessa tarvitaan erillinen magneetinasennustyökalu roottorin ylä- ja alapuoliskolle. Tämä johtuu siitä, että magneettisarake ja magneettirivistö eivät ole suorassa kulmassa toisiinsa nähden.


Vipuvarsi – mallin tarkkuutta heikentää useat nivelet ja momenttivarresta aiheutuva voima. Tässä mallissa on kuitenkin hyviäkin puolia. Kun asentaja asentaa magneettia roottorin pintaa, hän saattaa pitää magneetinasennustyökalun kahvaa väärällä korkeudella. Tätä varten kauemmaksi roottoriin voidaan sijoittaa ohjaustanko, jota vasten työkalun kahvan voidaan painaa ja asennus suorittaa tarkasti. Asennuksen tarkkuutta lisää myös muissakin malleissa käytetty magneettikehdon muotoilu ja magneetin kiinnitys. Magneetinasennustyökalu liikkuu lovellisen kiskon päällä, mikä on kiinnitetty roottoriin magneetin kiinnityskiiloja varten oleviin reikiin. Kiskossa olevat lovet sijaitsevat jokaisen magneetin kohdalla ja ne paikoittavat asennustyökalun oikeaan kohtaan.

Asennustyökalun valmistamiskustannukset eivät ole pienimmät mahdolliset ja niihin voidaan vaikuttaa esimerkiksi muotoilulla. Esimerkiksi ylimääräiset pyöristyspinnat ja työvaiheet tuotteen valmistuksessa lisäävät valmistuskustannuksia. Jousi – mallia voi yksinkertaistaa näiden asioiden suhteen paljon. Tämän tuotteen arvokkain osa on luisti, joka kytkee kiskon ja vipuvarren toisiinsa. Luisti on keskeisin osa koko asennustyökalussa ja sen valmistustoleranssit pitää olla tarkat. Lisäksi se on monimutkaisin osa, koska se hoitaa liikkumisen kiskon päällä, kiinnittymisen kiskoon sekä se toimii saranana vipuvarrelle. Magneettisuuden suhteen vipuvarsi – malli ei tuota ongelmia ja se saadaan vähiten magneettiseksi verrattuna kaikkiin muihin magneetinasennustyökaluihin.

Vipuvarsi – malli on toiseksi nopein magneetinasennustyökalu kaikista vertailtavista malleista. Nopeusero muihin asennustyökaluihin johtuu asennuskiskojen määrästä. Vipuvarsi – mallissa roottoriin asennetaan puolet vähemmän kiskoja kuin esimerkiksi vanhaa työkalua tai jousi – mallia käytettäessä. Lisäksi magneetinasennustyökalu on käännettävä, mikä mahdollistaa entistä useamman magneetin asentamisen samalta kiskolta. Vipuvarsi – mallilla pystyy asentamaan yhden sarakkeellisen magneetteja noin 22 minuuttiin. Kun otetaan huomioon kiskojen kiinnittäminen, irrottaminen ja työkalun ympäri kääntäminen, magneettikohtaiseksi asennusnopeudeksi saadaan noin 1.5 minuuttia. Lisäksi pitää huomioida, että työkalun käyttämiseen tarvitaan vain yksi asentaja. Vipuvarsi – malli on toiseksi nopein magneetinasennustyökalu heti magneettikaapin jälkeen.

4.4 Jatkosuunnittelu

Eri kokoonpanot arvioitiin ja pisteytettiin tarkkuuden, hinnan, nopeuden ja magneettisuuden mukaan. Eri osa-alueiden pisteet laskettiin yhteen, jolloin saatiin jokainen magneetinasennustyökalu pisteytettyä vertailun helpottamiseksi. Kuvan 14 tuotevertailutaulukko kertoo, mitkä tuotteet ovat lupaavimpia ja kannattaa viedä jatkokehitykseen.

	Arviointiperusteet				
	Tarkkuus	Hinta	Nopeus	Magneettisuus	Pisteet yhteensä
Vanha asennustyökalu	3	5	2	4	14
Hammaskiskomalli	5	4	3	4	16
Magneettikaappi	4	3	5	3	15
Jousi - malli	4	4	3	4	15
Vipuvarsi - malli	3	3	4	4	14

Kuva 14. Tuotevertailu.

Jatkosuunnittelussa kannattaa keskittyä ainakin magneettikaapin kehittämiseen. Magneettikaappi on vertailun nopein magneetinasennustyökalu, mutta siinä on omat ongelmansa mitä voi parannella. Magneettikaappi on todella hyvä työkalu, kun roottoreita kasataan paljon ja sarjana. Tällöin asennustyökalua ei tarvitse siirtää pois työpisteeltä vaan se on aina jossain roottorissa kiinni. Sen sijaan jos roottoreita kasataan satunnaisesti, asennustyökalun säilyttäminen tulee ongelmaksi. Työkalu on hankalasti siirrettävä ja massiivinen verrattuna muihin asennustyökaluihin. Lisäksi magneettikaappia pitää säilyttää sääolosuhteilta suojassa, mikä tarkoittaa sen varastoimista sisätiloissa, jossa se vie tilaa muilta työkaluilta ja komponenteilta.

Toinen jatkosuunniteltava tuote on joko jousi – malli tai hammaskisko – malli. Hammaskisko – malli on kuin vanha magneetinasennustyökalu sillä erolla, että sen ongelmia on ratkottu ja tehty parannuksia. Silti jatkokehitys ja tuotteen kokeileminen on tarpeen. Hammaskisko – malli sai tuotevertailun suurimmat pisteet. Se on todella jämäkkä ja tarkka, mutta kiinnityksen toimivuudesta, asennusnopeudesta sekä helppoudesta tarvitaan lisätietoa. Jousi – malliakin ehdotan jatkokehitykseen koska, jos jouset toimivat

magneetin asennuksessa niin tästä mallista saadaan aikaiseksi yksinkertaisin ja helpoin magneetinasennustyökalu.

Vipubarressa on paljon enemmän ongelmia kuin muissa malleissa. Jos vipuvartta halutaan käyttää asennusmenetelmänä, pitää keksiä jokin täysin erilainen lähestymistapa. Tämän takia en ottaisi vipuvarsi – mallia jatkokehittäväksi.

5 YHTEENVETO

The Switch Drive Systemsillä oli jo pitkään ollut prototyypivalmistuksessa magneetin asennuksessa sama vanha magneetinasennustyökalu. Magneetinasennustyökalun suunnitteluun ei käytetty paljon aikaa ja vaivaa ja myöhemmin se todettiin tarpeisiin nähden huonoksi työkaluksi. Magneettien asentaminen roottoriin oli hidasta ja epätarkkaa työtä ja siihen tarvittiin kahden asentajan työpanos.

Magneetinasennukseen ja työkalun käyttämisessä ilmeneviin ongelmiin tutustuin työskentelemällä magneetinasennuksessa kesän ja alkusyksyn ajan. Uusien tuotevaihtoehtojen ideoiminen aloitettiin myöhemmin syksyllä Switchin tiloissa kartoittamalla magneetinasennustyökalulta vaaditut asiat ja rajaamalla työn sisältöä. Työn etenemistä ja tuloksia tarkasteltiin välipalaverissa.

Magneetinasennustyökalun suunnittelussa sovellettiin järjestelmällisen koneensuunnittelun sekä konseptisuunnittelun eri osa-alueita. Ideoita hankittiin pääsääntöisesti alan julkaisuista sekä kirjallisuudesta, mutta myös analysoitiin vanhoja koneita ja niissä tehtyjä ratkaisuja. Suunnittelun tuloksena saatiin aikaiseksi monia ratkaisuvaihtoehtoja eri osatoiminnoille ja edelleen niitä yhdistämällä tehtiin luonnoksia ja saatiin aikaiseksi neljä uutta ideaa magneetinasennustyökaluksi. Uudet magneetinasennustyökalut erosivat toisistaan kooltaan sekä asennusmenetelmiltään. Asennustyökaluilla pystyi asentamaan magneetteja yksittäin tai jopa viisikin kerrallaan. Suuruusluokka vaihteli kirjan kokoisesta pienen kaapin kokoiseksi.

5.1 Johtopäätökset

Magneetinasennuksessa työskenteleminen ja vanhan magneetinasennustyökalun käyttäminen antoi todella selvän kuvan työhön ja laitteen käyttämiseen liittyvistä ongelmista sekä vaaroista. Samalla se kuitenkin myös rajasi luovaa suunnittelua jolloin helposti rupesi etsimään vanhan magneetinasennustyökalun kaltaisia ratkaisuvaihtoehtoja sekä parantelemaan vanhaa työkalua.

Työn aikana saatiin kuitenkin suunniteltua monia erilaisia ja eri periaatteilla toimivia magneetinasennustyökaluja, jotka ovat helposti vietävissä jatkosuunnittelun kautta valmistukseen ja käyttöön. Magneetinasennustyökalulle asetetut vaatimukset ja osa toivomuksista pystyttiin ottamaan suunnittelussa hyvin huomioon.

Kaiken kaikkiaan tämän työn aikana saatiin aikaan monia erilaisia ideoita magneetinasennustyökaluun liittyen ja asennustyökalun suunnitteluun saatiin tuotua uusia näkemyksiä.

LÄHTEET

Liimatainen, Tuomo. Engineering Manager yrityksistä The Switch Drive System. Lappeenranta, Haastattelu, The Switch Drive System Lappeenrannan toimipiste 11.11.2013.

Siirilä, T. 2002. Koneturvallisuus: EU:n direktiivien ja standardien soveltaminen käytännössä. Keuruu, Otavan Kirjapaino Oy, 510 s.

Siirilä, T. 2008. Koneturvallisuus: EU:n direktiivien ja standardien soveltaminen käytännössä, osa 2. Toinen, uudistettu painos. Keuruu, Otavan Kirjapaino Oy, 462 s.

Siirilä, T. 2009. Koneturvallisuus: EU:n direktiivien ja standardien soveltaminen käytännössä, osa 3. Toinen, uudistettu painos. Keuruu, Otavan Kirjapaino Oy, 472 s.

Pahl, G.; Beitz, W. 1992. Koneensuunnitteluoppi. 2. painos. Porvoo, WSOY, 608 s.

Nishiyama, N.; Nakamura, T. United States Patent, Patent US 6 353 275 B1, Rotor with adhesive filled grooves fastening interior permanent magnets, 5.3.2002.

Park, K. European Patent Office, Patent EP 2 677 632 A2, Rotor with surface mounted magnets, 25.12.2013.


Hietikko, E. 2008. Tuotekehitystoiminta. 1. painos. Kuopio, Savonia-ammattikorkeakoulun kuntayhtymä, 186 s.

Aura, L.; Tonteri, A. 1986. Sähkömiehen käsikirja 2: Sähkökoneet. Porvoo, WSOY:n graafiset laitokset, 373 s.

Tuomaala, J. 1995. Luova koneensuunnittelu. Jyväskylä, Gummerus Kirjapaino Oy, 287 s.

LIITTEET

LIITE A. Vaatimus- /toivomuslista

		VAATIMUSLISTA			Sivu: 1 (1)
		Päiväys:	Laatinut:	Projektin numero:	Rev.
		18.11.2013	Esa-Pekka Kaikko		1
Projektin kuvaus:		Pintamagneetikoneen magneetin asennustavan ja -työkalun kehittäminen			
Muutos pvm.	V/T	Tuotteelle asetetut ominaisuudet			Vastuuhenkilö
	T	Asennustyökalu on edullinen			
	V	Tarkka magneetin paikannus niin ettei kiinnityskiilat pohjaa			
	T	Magneetinasennustyökalun käyttämiseen tarvitaan 1 henkilö			
	V	Magneetinasennustyökalulla magneettien asennus tapahtuu nopeasti			
	T	Asennustyökalun paikoituksessa käytetään hyväksi roottorissa olevia, magneetin kiinnityksessä käytettäviä, kiilojen kiinnitysreikiä			
	V	Asennustyökalu on vain vähän magneettinen			
	T	Asennustyökalu ei ole magneettinen			

- V Vaatimus, joka tuotteen pitää pystyä täyttämään.
T Toivomus, joka otetaan huomioon mahdollisuuksien mukaan.