

Ville Linna

Kojerasian tuotantolinjasuunnitelma

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Automaatiotekniikka
Insinöörityö
16.12.2011

Tekijä Otsikko	Ville Linna Kojerasian tuotantolinjasuunnitelma
Sivumäärä Aika	51 sivua 16.12.2011
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Ohjaajat	Lehtori Jukka Pekka Pirinen Tuotantojohtaja Pekka Hyvärinen Tuotannon esimies Markus Broman
<p>Tässä tutkielmassa tutustutaan muovin ruiskuvaluun, tuotantolinjarakenteisiin ja kassavirtalaskelmaan. Työssä on esitetty esimerkkinä mahdollisen uuden tuoteperheen tuotantolinjan suunnittelu ja investointiin liittyvät laskelmat ABB Asennustuotteet Oy:lle. Lopputuloksiin pääsyyn käytettiin materiaalia ruiskuvalutekniikasta, roboteista sekä kassavirtalaskelmasta.</p> <p>Projektissa suunniteltiin tuotantolinja ja määriteltiin siihen tarvittavat laitteet. Tuotantolinja muodostuu tuotetta ruiskuvalavasta muovikoneesta ja sen yhteyteen liitettävästä automaatiolinjasta. Tarvittavat tuotantomäärät arvioitiin ja sen perusteella pystyttiin määrittämään ruiskuvalumuotin suuruus, jonka perusteella määriteltiin muovikoneen suorituskykytarve. Automaatiolinjan suunnittelussa tehtiin esisuunnitelma, jonka pohjalta pyydettiin laitetoimittajaa tekemään virallinen suunnitelma ja tarjous. Lopuksi laskettiin muovikone-, muotti- ja automaatiolinjatarjouksen pohjalta investoinnin kannattavuuslaskelma, joka on tämän projektin lopputulos.</p>	
Avainsanat	tuotantolinja, ruiskuvalutekniikka

Author Title	Ville Linna Production line design for the mounting box
Number of Pages Date	51 pages 16 December 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation technology
Specialisation option	
Instructor(s)	Principal Lecturer Jukka-Pekka Pirinen Operations Manager Pekka Hyvärinen Production supervisor Markus Broman
<p>This thesis is conducted as part of the Automation Technology degree programme at Metropolia University of Applied Sciences. This research is done for the ABB Wiring Accessories and it concerns the possible costs for a new production line.</p> <p>There are introduced the basic elements of plastic injection molding, production line structure and cash flow calculation. Documentation of the possible design of the production line, robots and the cash flow calculation are demonstrated in the theory part of the work.</p> <p>In this project there are defined the necessary equipments for the production line. This includes injection molding machine and the automation line which are integrated together. To find out the performance of a plastic mould machine it was necessary to define the possible maximum production amount which determines the size of the injection mould.</p> <p>The first phase when planning an automated production line is to make a first draft that enables the supplier to make an official plan and proposition concerning the production line and costs. Finally, there was calculated estimate of an investment productiveness that is based for the propositions of injection molding machine, injection mold and automation line which is the main outcome of this thesis.</p>	
Keywords	Production line, injection molding

Sisällys

1	Johdanto	3
2	Muovin ruiskuvalutekniikka	3
3	Ruiskuvalukone	8
3.1	Ruiskuvalukoneen rakenne	9
3.1.1	Sulkuyksikkö	9
3.1.2	Ruiskutusyksikkö	10
3.1.3	Ohjausyksikkö	11
4	Muotin rakenne	12
4.1	Kappaleen muodon synty muotissa	12
4.2	Muottipesien ja keernojen muotoilu	13
4.3	Valujärjestelmä	14
5	Raaka-aineet	15
5.1	Täyteaineet	16
5.2	Apuaineet	17
6	Muovien lämpötila- ja kosteudenmuutos	19
7	Kone- ja laiteinvestointi ja sen kannattavuus	20
7.1	Kannattavuuden arviointi	21
7.2	Investoinnin kannattavuus	22
7.3	Kassavirtalaskelma	24
8	Tuotteiden vaatimusten selvittäminen	24
8.1	Työn tavoitteet	25
8.2	Rakenteelliset osat	25
8.3	Päätökset	28
9	Tuoteryhmän rakenne	29
10	Tuotantolinjan suunnittelu	34

10.1 Automaatiolinjan suunnittelun lähtökohdat	35
10.2 Suunnitelma ABB Asennustuotteilla	36
10.2.1 Automaatiolinjan rakenne ja toiminnot	36
10.3 Suunnitelman esittely ABB robotit -suunnittelijoille ja yhteinen ratkaisu	40
10.4 ABB Robotit -suunnitelman tulokset	40
11 Tuotantolinjaan valitut laitteet	44
12 Investointi- ja kassavirtalaskelma	45
13 Päätelmiä projektista	49
Lähteet	51

1 Johdanto

Insinööriyön päämääränä on määrittää ABB Asennustuotteet Oy:n mahdollisesti investoitavan uuden tuotantolinjan investointikustannukset ja tuotantolinjan takaisinmaksuaika. Työssä suunnitellaan alustava tuotantolinjarakenne ja sen tarvittavat työstötoimenpiteet tuotteelle. Tuotantolinja ruiskuvalaa sähkökojerasioita ja liittää siihen erilaisia asennusosia automaatiota hyväksi käyttäen. Hyvin toteutettu tuotantolinja voi olla tehokas, tuottava ja pitkäikäinen, ja se pystyy nopeasti vastaamaan tuotteiden kysyntään.

Työssä kerrotaan ensin muovin ruiskuvalun perustoimintatavasta, automaatiolaitteista sekä investointilaskennan taustoista, jotta voidaan ymmärtää tuotantolinjan toiminta ja tarkoitus.

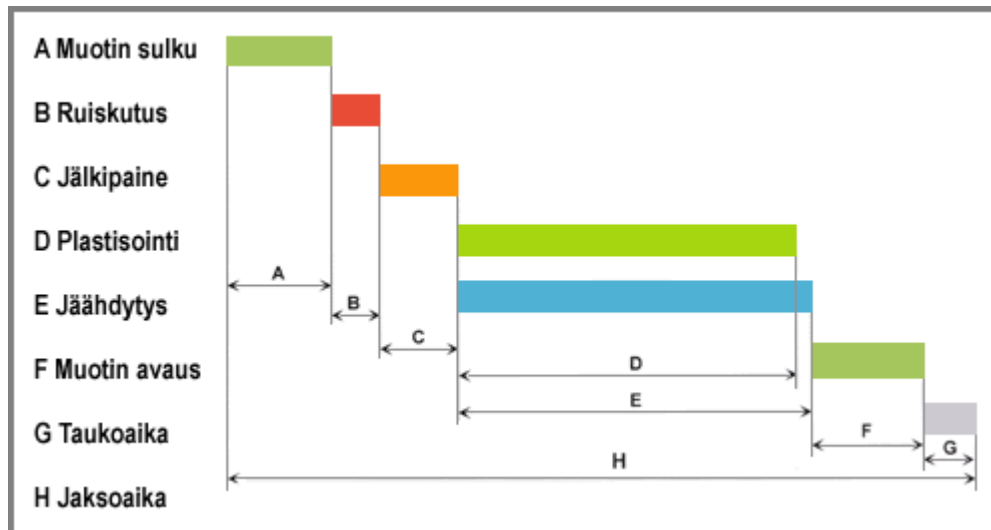
Tämän työn tilaajana on ABB Asennustuotteet Oy, joka kehittää, valmistaa ja myy korkealaatuisia sähköasennustarvikkeita ja kalusteita asuin- ja liikerakentamisen sähköistämiseen. Yritys on ostettu osaksi ABB-konsernia vuoden 2009 alussa Ensto Oy:ltä, ja se on alkujaan perustettu vuonna 1980. Vuonna 2007 yrityksen liikevaihto oli n. 40 miljoonaa euroa. Tuotantolaitos sijaitsee Porvoossa, ja siellä työskentelee n. 100 työntekijää.

2 Muovin ruiskuvalutekniikka

Ruiskuvalussa valmistetaan kestumuovisia kappaleita tietokoneohjatuilla muovikoneilla ja niihin liitettävillä oheislaitteilla. Ruiskuvaluprosessissa raaka-ainemuodossa oleva muovimassa plastisoidaan homogeeniseksi massaksi siihen tarkoitettulla sulatussylinterillä. Plastisoinnilla tarkoitetaan muoviraaka-aineen muuntamista viskositeetiltaan sellaiseen muotoon, että sitä voidaan ruiskuvalaa. Sulatussylinterin sähköiset vastukset sekä kierukkaruuvien aiheuttama kitka muodostavat massalle sopivan sulamislämpötilan. Massan sekoituttua ja sulettua massa on valmista valettavaksi, ja se pyritään ruiskuttamaan suurella nopeudella ja paineella jäähdytettävään eli temperoituun muottiin. Muovimassa jähmettyy tiivisti suljetussa muotissa tarkkaan määritellyn jäähdytysajan, jonka jälkeen muotti voidaan avata ja poistaa valmis kappale. [1, s. 71; 2]

Ruiskuvaluprosessi

Ruiskuvaluprosessin työketju jakaantuu erilaisiin vaiheisiin, joiden oikeanlainen hallinta takaa ruiskuvalukappaleelle tarvittavan laadun. Ruiskuvalujakso koostuu vaiheista, jotka tapahtuvat osittain rinnakkain tai samanaikaisesti. [1, s. 78]



Kuva 1. Ruiskuvaluprosessin vaiheet [2].

Ruiskuvaluprosessi voidaan jakaa seitsemään vaiheeseen, joista yhdessä muodostuu jaksonaika:

1. Muotin sulku

Muotti suljetaan nopeasti mutta joustavasti siten, että muotin puoliskot kiinnittyvät toisiinsa pehmeästi ilman kolahdusta. Muotin sulkeuduttua kone pyrkii nostamaan sulkuvoiman riittävälle tasolle, jotta muottipuoliskot pysyvät riittävän tiiviisti kiinni toisiinsa ruiskutuksen aikana. [1, s. 78; 2]

2. Ruiskutus

Ruiskutuksessa raaka-aine ruiskutetaan täyttäen muotin pesät. Ruiskutus koostuu neljästä tekijästä, jotka vaikuttavat ruiskutuksen onnistumiseen. Niitä ovat ruiskutusnopeus, ruiskutuspaino, jälkipainevaihdonajoitus ja jälkipaineen suuruus.

Muovisula pyritään ruiskuttamaan muottiin mahdollisimman nopeasti, jotta muovi jäähtyy muotissa tasaisesti ja jotta saavutetaan mahdollisimman tasainen kappaleen valu. Ruiskutusnopeudella on suurempi vaikutus lopputulokseen kuin ruiskutuspainella. Ruiskutusnopeuden hallinnassa ajat voivat olla jopa alle sekunnin luokkaa, joten nopeus joudutaan rinnastamaan ajan funktioksi, jotta pystytään vaikuttamaan valutulokseen. Ruiskutusvaiheessa muottipesästä täytetään noin 95 % sen tilavuudesta eli jätetään tilaa jälkipaineelle, jonka avulla kappaleen epätasaisuudet ja vajaavaisuudet pyritään tasoittamaan. [1, s. 79; 2]

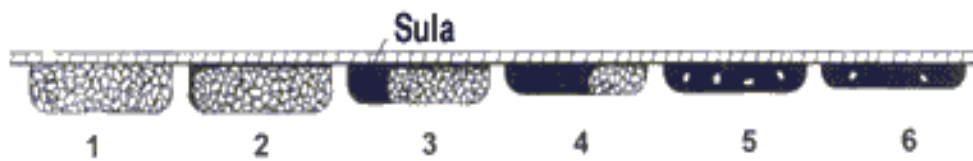
3. Jälkipaine eli pitopaine

Ruiskutuspaineen jälkeen tulee jälkipaine, jolla pyritään täyttämään massan jäähtymisestä aiheutuneet kutistumat kuumalla muovisulalla. Tässä vaiheessa täytetään viimeiset 5 % kappaleen tilavuudesta eli täytetään kappaleen pinnalle mahdollisesti jääneitä pieniä painaumuksia tai koloja. Mikäli jälkipaine ei ole riittävää, seurauksena voi olla kappaleen pinnalle jääneitä imuja, saumakohtia tai jopa reikiä, jolloin kappale ei näytä viimeistellyltä. Liian korkea jälkipaine voi puolestaan muodostaa pursetta eli tiettyyn kohtaan kertynyttä ylimääräistä massaa, kappaleen kieroutumista tai haurautta. [1, s. 80; 2]

4. Annostus ja plastisointi

Annostettaessa muovigranulaatit eli muovirakeet sulavat muovikoneen ruiskutusyksikössä sijaitsevien vastusten sekä kitkan tuottaman lämmön vaikutuksesta. Tätä toimenpidettä kutsutaan plastisoinniksi, toisin sanoen muovin saattamista plastiseen eli juoksevaan massamuotoon. Ajettaessa konetta automaattilla kitkalämmöntuotto voi olla jopa 75 prosenttia muovin sulamiseen tarvittavasta lämmöstä eli loppuosa 25 prosenttia tarvittavasta lämmöstä tuotetaan vastuksilla. Annostettaessa annostusruuvi pyörii auttaen granulaattien sekaantumisessa ja plastisoinnissa, jotta saataisiin aikaan mahdollisimman tasalaatuista muovisulaa. Tasaisesti sekoittunut muovisula on merkittävässä roolissa, jotta siitä voidaan ruiskuvalaa rakenteeltaan kestäviä ja pinnoiltaan siistejä kappaleita. Esimerkiksi väriaineita lisättäessä granulaattien sekaan täytyy ruiskutusyksikön ruuvin ottamaa annostusta plastisoida riittävästi, jotta väriaine sekaantuu tasai-

sesti muovisulaan ja näin ollen valettavasta kappaleesta tulee tasaisen värinen. [1, s. 81; 2]



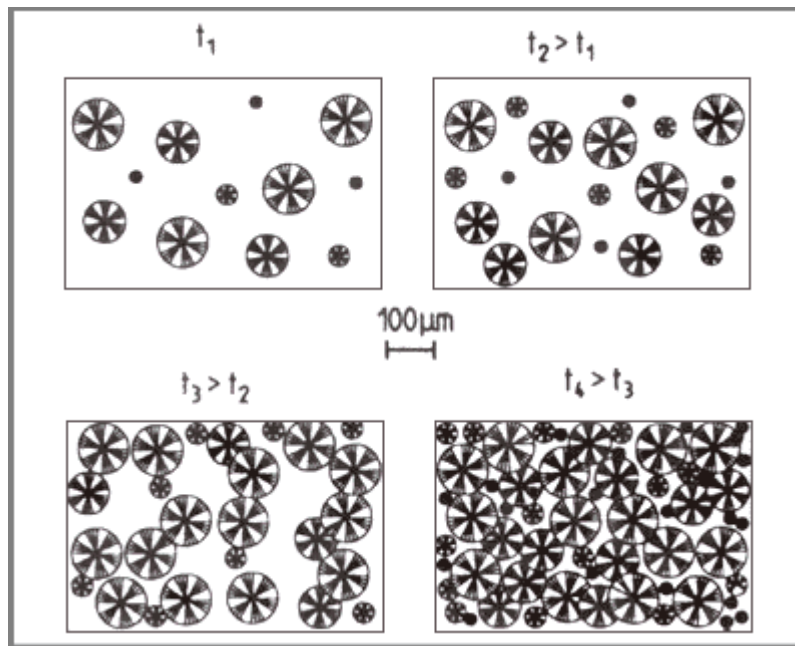
Kuva 2. Muovin sulaminen ruiskutusyksikön ruuvissa [2].

5. Jäähdytys

Muovisulan jäähtyminen alkaa heti sen virratessa muottiin. Muovisulan jäähtyminen tapahtuu siirtämällä lämpöenergiaa muottiin, minkä seurauksena muovi alkaa saada muotin ominaisia muotoja jähmettymällä muotin pesiin. Jäähdytysaika on muoviprosessin pitkäkestoisin vaihe, ja se voidaankin määrittää kaavasta: $t = s^2 \cdot 2$, jossa t on kuvaava aika sekunneissa ja kappaleen maksimaalista seinämän paksuutta kuvaa termi s .

Tarpeeksi pitkällä jäähdytysajalla pyritään varmistamaan, ettei ulostyönnön jälkeen ole vaaraa muodonmuutoksiin ja että kappaleen jäännösjännitys on mahdollisimman pieni. Liian suuret jäännösjännitykset kappaleen pinnoilla voivat vaikeuttaa kappaleen poistamista muotista tai aiheuttaa esimerkiksi seinämien kieroutumista. Kappaleen seinämien paksuus on myös merkittävä tekijä jäännösjännityksien synnyssä. Ohutseinäiset kappaleet jäähtyvät nopeammin kuin paksut, mutta muodostavat voimakkaampia lämpötilaeroja eri tasojen välille, mikä vuorostaan voi johtaa suurempiin jäännösjännityksiin. [1, s. 80; 2]

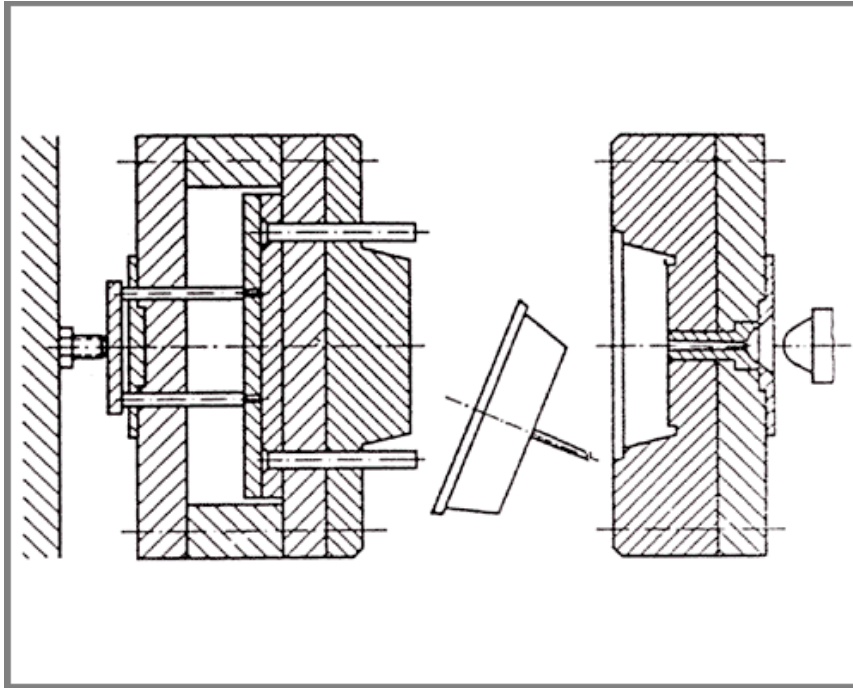
Kappaleen jäähtyminen on hitaampaa, jos käytettävänä raaka-aineena on osakiteinen muovi. Muovin kiteytyminen vaatii runsaasti jäähdytysenergiaa, ja sen myötä kappale jäähtyy vielä vuorokauden ajan muotista poistamisen jälkeenkin. Kappaleen pitkäkestoinen jäähtyminen ja sen seurauksena oleva kutistuminen on otettava huomioon, jos kappaletta on tarkoitus jatkokäsitellä. Kappaleen jäähtymisestä johtuvaa kutistumista voidaan simuloida asettamalla kappale kylmään veteen muutamaksi tunniksi, jolloin saavutetaan nopeammin täysin jäähtynyt ja kutistunut kappale. [2]



Kuva 3. Muovin jäädytyksessä syntyvät kiteet ja niiden kasvu [2].

6. Muotin aukaisu ja kappaleen poisto

Muotti avataan heti kappaleen jäädytysajan loputtua. Tämän jälkeen alkaa ruiskuvaluprosessin viimeinen vaihe eli ulostyöntö. Kappale ulostyönnetään joko muotin avautuessa tai muotin saavutettua haluttu avausmatka. Muotin avausmatka ja ulostyöntön pituus riippuvat kappaleen tarpeista, muotin keernatoiminnoista tai jatkokäsittelyn suorittavan robotin määrittämistä vaatimuksista. Muotin avaus- ja ulostyöntömatkaa ei koskaan aseteta ääriarvoihin, jotta ulostyöntösylinterin ja muotin ulostyöntön osat välttyvät turhilta kolahduksilta ja ennen kaikkea rasiukselta. [1, s. 82; 2]



Kuva 4. Kappaleen poisto muotista [2].

3 Ruiskuvalukone

Ruiskuvalukoneessa tapahtuu halutun muovisen kappaleen valaminen. Ruiskuvalukoneita on monen mallisia ja merkisiä, mutta pääteknisesti koneet eroavat toisistaan vain ohjausteknisesti eivätkä niinkään rakenteellisesti.

Koneet jakautuvat kuitenkin toiminnaltaan täyssähköisiin ja sähköhydraulisiin koneisiin. Täyssähköinen muovikone on toistotarkkuudeltaan parempi ja nopeudeltaan nopeampi kuin sähköhydraulinen muovikone. Myös käynnistäminen täyssähköisessä muovikoneessa on paljon nopeampaa, koska käytössä ei ole hydraulikkaöljyjä, joita konetta käynnistettäessä tarvitsee lämmittää. Vastaavasti sähköhydraulisessa koneessa on huolehdittava myös öljyn jäähdyttämisestä ajettaessa pitkiä tuotantopaksoja, jotta koneen suorituskyky säilyy vakiona. Kustannustehokkuudeltaan täyssähköinen muovikone on parempi, koska sitä käytettäessä ei synny kustannuksia hydraulikan huolto- ja lämmönsiirtotarpeista. [1, s. 72; 2]

Ruiskuvalukoneiden koon määrittävät valettavan kappaleen tarpeet eli toisin sanoen muotin vaatimukset, joista määräytyy koneen sulkuvoima, ruiskutusyksikön sylinteri, kierukkaruuvi sekä annos. Yleensä koneiden suorituskyvyt ovat seuraavat:

- sulkuvoima 200 - 100 000 kN
- ruiskutusaine 120 - 250 MPa
- ruuvien halkaisija 18 - 120 mm

Ruiskuvalukoneen muotin kiinnipitoon tarvittava sulkuvoima tulee olla riittävä, jotta muotti ei pääse avautumaan ruiskutettaessa muoviainnosta muottiin. [2]

Sulkuvoima voidaankin määrittää seuraavasta kaavasta:

$$F = p \cdot A \cdot n \quad (1)$$

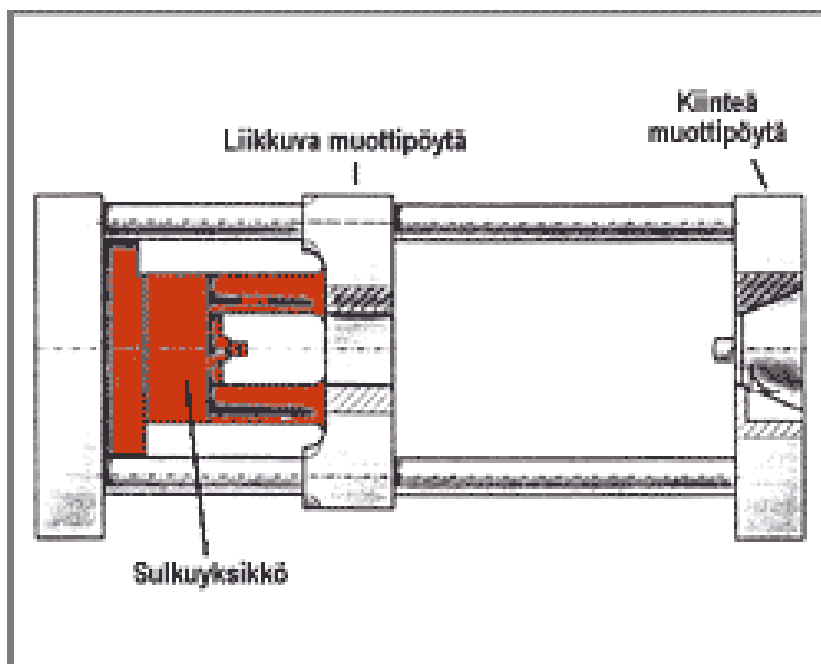
jossa F kuvaa sulkuvoimaa [N], p muottipesän painetta [Pa], A kappaleen ruiskutus-suuntaista projektiopinta-alaa [m²] ja n muotin pesien lukumäärää. [1, s. 73]

3.1 Ruiskuvalukoneen rakenne

Ruiskuvalukoneen rakenne muodostuu syöttöyksiköstä, ruiskutusyksiköstä, sulkuyksiköstä, käyttöyksiköstä, ohjausyksiköstä ja muotista.

3.1.1 Sulkuyksikkö

Sulkuyksikkö tekee tarvittavat aukaisu- ja sulkuliikkeet sekä muodostaa suljettuna tarvittavan sulkuvoiman muotille. Sulkuyksikkö rakentuu kahdesta muottipöydästä, joista takapöydäksi kutsuttu on liikkuva pöytä, jolla myös muotin avaus toteutetaan ja joista etumuottipöytä on kiinteä. Liikkuvaan muottipöytään on integroituna ulostyöntö-sylinteri, joka suorittaa kappaleen poiston muotista. Sulkuyksiköitä on pääosin kolmea tyyppiä: suorasulku-, polvinivel- ja harvemmin käytössä oleva mekaanis-hydraulinen järjestelmä. [1, s. 74; 2]



Kuva 5. Muottipöydän rakenne [2].

3.1.2 Ruiskutusyksikkö

Ruiskutusyksikkö ottaa vastaan muovigranulaatin kuljetinjärjestelmästä, joka yleensä on vakuumijärjestelmä. Sen tehtävänä on raaka-aineen saattaminen ruiskutuskelpoiseen muotoon kuivatuksen, plastisoinnin ja sekoittamisen avulla. Valmis massa ruiskutetaan muottiin ruiskutussylinterillä, joka työntää sekoitusruuvia männäntyönnön omaisella liikkeellä.

Jotta annoksen annostelu on mahdollista, ruiskutussylinteri varustetaan sulkuventtiilillä. Sulkuventtiili väistyy suuttimen reiän edestä ruiskutuksen alkaessa, kun paine pyrkii työntämään sulkurenkaan taakse, ja sulkee venttiilin reiät, jotka mahdollistavat kierukaruuvien toimimisen mäntänä.

Ruiskutussylinterin lämmitysjärjestelmä toimii sähköisten pantalämmittimien avulla, ja niitä on yleensä kolmesta viiteen kappaletta aseteltuina tasaisin välein ruiskutusyksikön sylinterin ympärille. Ruiskutusyksikön lämmittimien riittävä määrä mahdollistaa muovin saattamisen hallitusti plastiseen muotoon. [1, s. 74; 2]

3.1.3 Ohjausyksikkö

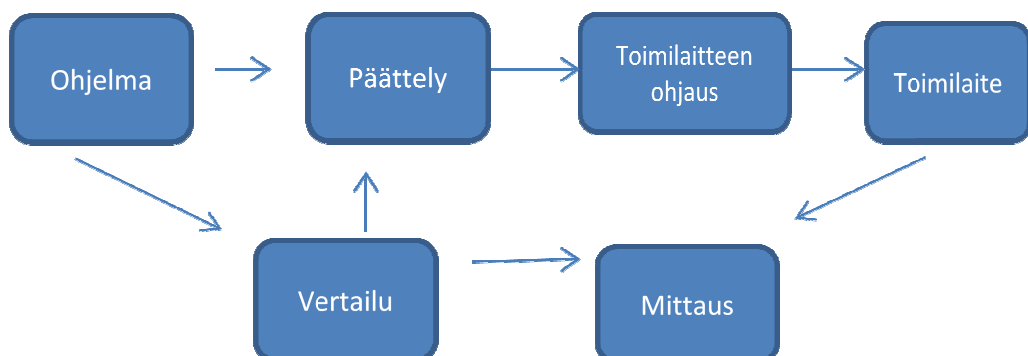
Ohjausyksikön avulla ohjataan ja valvotaan suoritettavaa ruiskutusprosessia. Ohjainyksikkö on tietokone, johon on liitetty kaikki muovikoneen tekniset laitteet, joten muovikoneen hallinta tapahtuu suoraan yhdeltä hallintapaneelilta. Ohjainyksikkö toimii automaattisesti ennalta asetettujen toimintasyklien perusteella. Se pyrkii toteuttamaan jokaisen syklin haluttujen parametrien mukaan ja säätää prosessia siten, että muovin ruiskuvalu säilyttää riittävän toistotarkkuuden.



Kuva 6. Kuvaus automaattisen ohjauksen perusrakenteesta [muokattu lähteen 1 kuvaa 65].

Ohjainyksikön säätö- ja valvontatoimintoihin kuuluvat:

- muotin liikkeet
- ruiskutusprosessi
- kokonaisjaksojen valvonta
- toleranssien valvonta
- vianetsintä
- lisälaitteiden ohjaus (robotit ja muotin temperointi).



Kuva 7. Kuvaus automaattisen säädön perusrakenteesta [muokattu lähteen 1 kuvaa 66].

Ruiskuvalukoneen ohjelmointi tehdään samalla tavalla kuin automaattisessa ohjauksessa. Ohjelmalla suoritetaan toimilaitteen takaisinmittaus, jota verrataan ohjelman asetettuun asetusarvoon jonka pohjalta suoritetaan vertailuarvon laskenta. Vertailuarvon määrittämisen perusteella voidaan määrittää tarvittava säätö. [1, s. 76, 2]

4 Muotin rakenne

Muotin elinkaaren tärkein osa-alue on sen suunnittelu, jonka pohjalta voidaan rakentaa toimiva ja pitkäikäinen muotti. Merkittävimpiä tekijöitä, joita tulee ottaa huomioon suunnittelussa ovat tuotteen elinkaari, valettavan kappaleen mitoitus, muovin käyttäytyminen muotissa, pesien sijoittelu, valujätteen minimointi ja ennen kaikkea rakenne, joka mahdollistaa muovikoneella ajamisen kustannustehokkaasti.

Muotin rakennetta suunniteltaessa tulee ottaa myös huomioon sopiva ruiskutuspiiste eli kohta, josta muovimassaa aletaan ruiskuttaa muottipesään. Ruiskutuspiisteen suunnittelussa tärkeimpänä seikkana on ottaa huomioon muottipesän muodot, koska muovimassa pyrkii menemään sinne minne se helpoiten pääsee. Myös muottipesien ja kanavien rakenteen tulisi noudattaa pyöreitä muotoja, jotta ruiskutettava muovimassa kokee muotissa mahdollisimman vähän kitkaa, joka puolestaan nopeuttaa muovimassan kulkua kanavissa ja pesissä.

Muotti jakaantuu perusrakenteeltaan kahteen puoliskoon, joista toinen on liikkuva ja toinen on kiinteä. Muovikoneen liikkuvaan pöytään liitetään liikkuvaksi tarkoitettu muotin puolikas, jonka avulla suoritetaan muotin avaus, sulku ja kappaleen ulostyöntö.

4.1 Kappaleen muodon synty muotissa

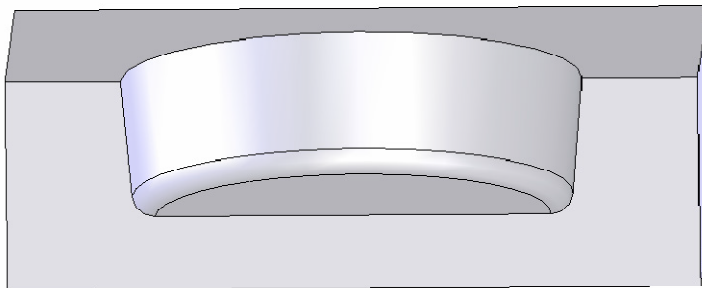
Muotti sisältää kappaleen muotojen mukaan muotoillut muottipesät. Muottipesiin johdetaan muovimassaa siihen tarkoitettujen kanavien avulla. Kappaleen lopullinen muoto syntyy muottipesästä ja siihen liittyvistä keernoista. Muotin yksi tärkeimmistä ominaisuuksista on kaasujenpoisto, ja sen suunnittelu on tehtävä huolella nykymuovien sisältämien lisäaineiden johdosta. Muoviraaka-aine vapauttaa ruiskuvaluprosessin aikana paljon erinäisiä kaasuja ja niiden mukana kulkeutuvaa likaa, joiden ulosjohtaminen

on erittäin tärkeää, jotta kappale on mahdollisimman laadukas sekä muotin huoltoväli säilyy mahdollisimman pitkänä. [8]

4.2 Muottipesien ja keernojen muotoilu

Kappaleen muodot asetetaan muottipuoliskoihin siten, että suurin osa keernanmuodoista on liikkuvassa muottipuoliskossa ja suurin osa pesämuodoista taas kiinteässä muottipuoliskossa. Tämä varmentaa valmiin kappaleen kiinnittymistä liikkuvaan muottipuoliskoon, josta se on helpompi poistaa ulostyönnön avulla. Keernat ovat kaikkia niitä muotoja, jotka tulevat valukappaleesta ulospäin, olivatpa keernat sitten liikkuvia tai kiinteitä.

Keernat on muotoilultaan varustettu päästöillä eli hellityksillä, toisin sanoen mikään pystysuuntainen pinta ei ole kohtisuorassa jakotasoon nähden. Hellitysten suuruudet riippuvat valussa käytettävästä materiaalista, menetelmästä, muottimateriaalista tai muottipinnan syvyydestä. Esimerkiksi polypropeenilla käytettävä minimipäästökulma kiinteässä muottipuoliskossa on noin 1,5 astetta. Mikäli hellitys ei ole riittävä, kappale ei välttämättä irtoa muotista kunnolla. Haluttaessa lisätä kappaleen pitovoimaa voidaan muotin seinämistä tehdä nolla-asteisia tai negatiivisen päästökulman omaavia, joiden kautta pyritään varmistamaan kappaleen jääminen halutulle muottipuoliskolle. [9]



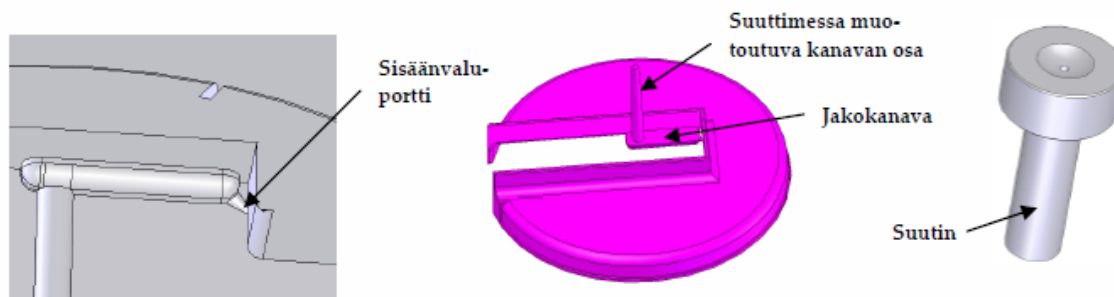
Kuva 8. Esimerkki hellityksestä. Pystyseinämät ovat vinot kappaleen irtoamisen varmistamiseksi [9].

4.3 Valujärjestelmä

Valujärjestelmä ohjaa raaka-aineen oikealla nopeudella oikeisiin paikkoihin, varmistaa kaasujen ja ilman poistumisen muottipesästä sekä syöttää korvaavaa massaa kutistumakohtiin.

Valujärjestelmiä on kahta tyyppiä: kylmäkanavat ja kuumakanavat. Näistä ensimmäisenä mainittu on melko yksinkertainen ja koostuu vain valuportista, jakokanavasta ja suuttimesta. Suutin luo rajapinnan, jonka kautta raaka-aine pääsee ensikosketuksiin muottipesän kanssa. Kylmäkanavat ovat usein niin yksinkertaisia, että ne ovat muodoltaan vain suoria kanavia suuttimen ja muottipesien välillä ja pituudeltaan vain muutamia senttimetrien mittaisia. Tästä johtuen kylmäkanavat ovat helpommin puhdistettavissa, mikä vuorostaan helpottaa esimerkiksi käytettävän raaka-aineen vaihtamista toiseen. Kylmäkanavia suositaan käyttää niiden edullisuuden takia verrattuna kuumakanaviin, hintaeroa näiden kahden kanavatyyppin välillä on keskimäärin noin 10 prosenttia. Varjopuolena kylmäkanavan käytöstä mainittakoon kanavasta jäävä valutappi, jonka poistamisen seurauksena kappaleen pinnalle jää epäsiisti jälki.

Kuumakanavat taas koostuvat suuttimista ja lämmitettävistä kanavista, jotka pitävät muovimassan sulana vielä muotissakin. Kuumakanavien suuttimet voivat olla suoraan pesään muotoiltuja osia, ja ne voivat olla jäähdytettyjä niiltä osin, jotka toimivat kappaleen muotopintoina. Kuumakanavan toimintaa voidaan parantaa käyttämällä neulasulkusuutinta, joka estää sulaa muovimassaa valumasta muottipesiin silloin kun ruiskutus ei ole käynnissä, eli suljetaan valukanava aina silloin, kun ei ole ruiskutustarvetta. Kanavan sulkemisesta saadaan myös muitakin hyötyjä, esimerkiksi kanavan kokoa voidaan suurentaa, kun ei tarvitse pelätä muovimassan valumista pesiin ei-toivottuna ajankohtana. Kanavakoon suurentaminen myös nopeuttaa muovimassan ruiskutusta, eikä muovikoneen tarvitse kehittää niin suurta ruiskutuspainetta saman muovimassamäärän ruiskuttamiseksi muottiin kuin pienempää kanavakokoa käytettäessä. Neulasulkusuuttimella varustettujen kuumakanavien jättämä jälki on vain pieni ruiskutuspisteen jälki, eikä syntyvää valujätettä synny niin paljon, mikä puolestaan parantaa muotin kustannustehokkuutta. [9]



Kuva 9. Vasemmalla kylmäkanava. Keskellä muotin kiinteän puolen pesän poikkileikkaus. Oikealla valumuotin suutin [9].

5 Raaka-aineet

Sähkörüsioiden valmistamisessa käytetään kestormuoveja. Yleisimpänä raaka-aineena käytetään propeenaa. Niiden perusominaisuuksiin kuuluvat kasassa pitävien sidosvoimien heikkeneminen muovia lämmitettäessä ja vahvistuminen muovin jäähtyessä. Muovien rakenteesta riippuen muovit voivat olla amorfisia tai osakiteisiä muoveja, joista muovien prosessiolosuhteet riippuvat.

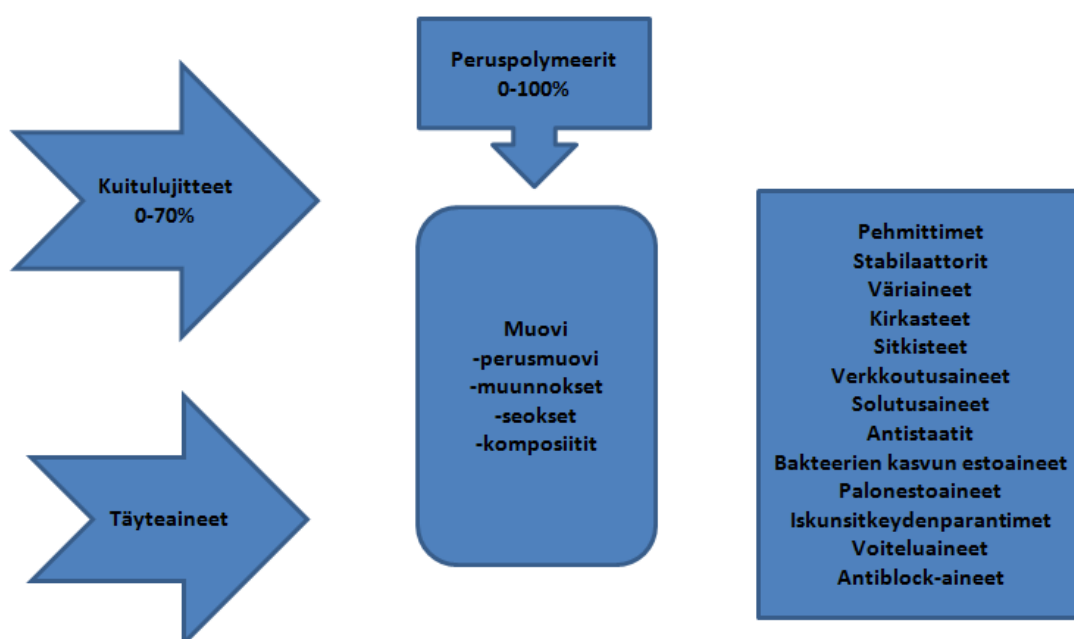
Amorfisen muovin sisäinen rakenne on järjestäytymätön, mikä tarkoittaa molekyyliketjujen järjestäytymätöntä sotkeentumista toisiinsa. Jäähtyessään sulasta muodosta kiinteään muotoon sisäinen rakenne säilyy, mutta molekyyliketjujen välinen etäisyys pienee. Tästä seuraa amorfisten muovien käyttäytymiserot verrattuna osakiteisiin muoveihin.

Vastakohtana amorfiselle muoville ei ole olemassa 100-prosenttisesti kiteytyneitä muovia, minkä johdosta kiteytyneitä muoveja kutsutaan osakiteiseksi muoveiksi. Sulassa tilassa osakiteisten muovien sisäinen rakenne on amorfinen eli järjestäytymätön. Lämpötilan laskiessa sulamispisteen alle alkaa amorfisen molekyyli-rakenne kiteytyä. Kiteytymisprosessissa molekyyliketjut muodostavat keskenään tiiviin muovirakenteen, jonka johdosta käyttäytyminen amorfisiin muoveihin verrattuna on eroavaa. [1, s.41]

Raaka-ainevalmistaja määrittelee jokaiselle muoville tarkat prosessiolosuhteet, joita noudattamalla muovi käy läpi sille suunnitellun oikeaoppisen ruiskuvaluprosessin. Raa-

ka-ainevalmistaja ilmoittaa esimerkiksi koneelta vaaditut ajoparametrit eli valuprosessin lämpötilan, muotin temperointilämpötilan sekä kuivauslämpötilan.

Muovi ei perusominaisuuksiltaan yleensä riitä saavuttamaan siltä vaadittuja paloturvallisuus- ja lujuusvaatimuksia tai muita veloitteita, vaan siihen joudutaan lähes aina lisäämään lisäaineita kriteerien saavuttamiseksi. Tarvittavat lisäaineet voidaan lisätä jo muovin valmistajan toimesta tai vasta muovin käytön yhteydessä sekoittamalla niitä sekaan ennen ruiskuvalua. Lisäaineet koostuvat kahdeksi ryhmäksi jaotelluista aineista, joita ovat täyte- ja apuaineet. [1, s. 27]



Kuva 10. Muovien peruskoostumus [1, s. 28; 3].

5.1 Täyteaineet

Täyteaineita käytetään raaka-aineessa yleensä yli 10 tilavuusprosenttia, jolla pyritään vaikuttamaan raaka-aineiden jäykkyyteen, lujuuteen sekä viskositeettiin. Täyteaineilla voidaan myös vaikuttaa sähköisiin tai palonesto-ominaisuuksiin. Liiallinen täyteaineiden määrä saattaa huonontaa valmiin tuotteen perusominaisuuksia, esimerkiksi lujuutta. Siksi onkin tehtävä vahvaa taustatutkimusta ja testausta ennen kuin raaka-aine voidaan ottaa hyväksytyksi käyttöön. [1, s. 28]

Täyteaineiden vaikuttavimpia ominaisuuksia ovat ominaispinta-ala, tiheys, öljynabsorptioluku, kovuus, väri, lämpöominaisuudet, sähköiset, kemialliset, partikkelin muoto, koko ja kokojakauma. [1, s. 29]

5.2 Apuaineet

Apuaineilla pyritään vaikuttamaan muovin rakenteeseen, jotta se kestäisi paremmin ruiskuvalun aikana suoritettavan lämmityksen ja muokkaamisen, sekä lisäämään valmiin kappaleen elinikää. Apuaineina käytettäviä aineita ovat [1, s. 29]

Pehmittimet pyrkivät parantamaan sitkeyttä ja taipuisuutta, jos muovi on haurasta tai kovaa. Pehmittimiä voidaan lisätä jopa kymmeniä prosentteja, jotta saavutetaan haluttu muovin ominaisuus.

Värjäys tehdään pigmenteillä tai väriaineilla. Pigmentit ovat vahvoja rakenteen heikentäjiä, mutta vahvoja värjäreitä. Tästä syystä niiden käytetyt pitoisuudet ovat yleensä vain noin 0,05-0,1 painoprosenttia. Pigmentit lisätään muovimassaan pulvereina, väritiivisteinä ja pastoina, joiden pigmenttipitoisuus saattaa olla jopa 10-80 painoprosenttia.

Antiblock-aineet aineet ovat epäorgaanisia yhdisteitä, ja ne karhentavat muovin pinta-

Bakteerien kasvun estoaineet estävät bakteerien kasvamisen muovien pinnalla.

Kostutuksen edistäjät vähentävät pintajännityksiä ja kostuttavat epäorgaanisen täyteaineen.

Slipit ovat voitelevia rasvahappoamideja, joita käytetään yleensä kalvojen ruiskuvalussa.

Palonestoaineet muodostavat palaessaan vettä tai kuluttavat happea. Yleisimmin käytettäviä aineita ovat halogeenit, typpi tai fosfori.

Voiteluaineilla pyritään alentamaan kitkaa ja viskositeettiä sekä vähentämään muovin tarttumista metallipintoihin.

Vaahdotuksenestoaineet estävät vaahtoamisen ruiskuvaluprosessin aikana. Aineina käytetään silikonia, fluoria ja asetyleeniyhdisteitä.

Vaahdotusaineet hajoavat kuumennettaessa työstön yhteydessä, ja ne vapauttavat typpikaasua, joka muodostaa solurakenteen. Yleisin käytetty aine on atsodikarbonamidi.

Nukleointiaineet kasvattavat osakiteisen muovin kiteisyyttä. Näin ollen ne myös nopeuttavat jäähtymistä, mutta voivat myös samalla lisätä muovin haurautta.

Ristisillotusaineet lisäävät muovin lämmönkestoa. Aineina käytetään silaania ja peroksideja.

Tartunta-aineet parantavat kalvotuksessa kalvojen tarttumista toisiinsa.

Kytkeäaineet lisäävät muovin kuormituskestävyyttä liittämällä kuidun ja matrisimuovin toisiinsa.

Iskunsitkeuden parantajat muovin sitkeyttä amorfisissa muoveissa. Lisättävä aine on butadieenikumihiuksia.

Sopeuttajan avulla voidaan liittää toisiinsa kahta eri muovityyppiä, jotka eivät sellaisinaan pysty sekoittumaan keskenään. Sellaisia ovat muun muassa amiinit ja metakryylihapot.

Antistaatit muovit ovat perusteiltaan eristeitä, joten pyritään vähentämään muovin pinnalla olevia sähköisiä varauksia esimerkiksi lisäämällä metallipulveria. [1, s. 29]

6 Muovien lämpötila- ja kosteudenmuutos

Muovi on ominaisuuksiltaan hyvin muuttuva sen lämpötilaa muutettaessa. Muovin rakenteeseen saadaan sitä suurempia fysikaalisia ja mahdollisesti kemiallisia muutoksia, mitä kauemmin muovia lämmitetään korkeisiin lämpötiloihin. Muovien lämmönkestoa kuvataan, käyttämällä niiden lyhyt- ja pitkäaikaisia suurimpia sallittavia käyttölämpötiloja. Kestomuoveilla lyhytaikaiset maksimikäyttölämpötilat ovat välillä 60-200 celsiusastetta ja pitkäaikaiset 60 - 150 celsiusastetta. Kylmässä muovit haurastuvat eli niiden molekyyliketjujen liikkuvuus vähenee. Muovien haurastumisaste määrittelee niiden alimman käyttölämpötilan. Haurastumislämpötila määritellään testissä, jossa testattavassa lämpötilassa tehdään kappaleille pudotus- ja iskukokeita. Kylmänkest ominaisuudet vaihtelevat muovityypeistä riippuen, esimerkiksi polypropeeni haurastuu jo -20 celsiusasteessa. [1, s. 59]

Kosteuden vaikutus

Muovit voivat rakeisessa muodossa ollessaan imeä itseensä vähäisiä määriä vettä. Muovin itseensä imetyn kosteuden määrä riippuu itse muovista ja ympärillä vallitsevan ilman kosteudesta. Muovin kosteuden lisääntyessä, valun yhteydessä ilmeneviä haittoja ovat yleensä

- vetolujuuden ja sitkeyden vähentyminen
- murtovenymän lisääntyminen
- kimmomoduulin pieneneminen
- sähkönjohtavuuden parantuminen
- lämmönjohtokyvyn lisääntyminen
- esiintyvät kaasukuplat. [1, s. 61, 4]

Kosteutta imevät muovit, esimerkiksi polykarbonaatti, tulisi aina kuivata noin kahden tunnin ajan 120 celsiusasteessa ennen ruiskuvaluprosessia, jotta vältetään edellä mainittujen vikojen syntyminen. Mainittakoon myös esimerkkinä polypropeeni, joka ei ime itseensä kosteutta, mutta esimerkiksi palonestoaineita siihen lisättyinä se tarvitsee noin kaksi tuntia kuivatusaikaa noin 80 celsiusasteessa nimenomaan palonestoaineiden kosteusimukyvyn johdosta. Tarkat kuivausohjeet erilaisten muoviraaka-aineiden kuivaami-

seen saadaan raaka-aineiden toimittajilta. Kuivausmenetelminä käytetään kuumailma-, kuivailma- ja alipainekuivausta. Näistä yleisin kuivausmuoto on kuivailmakuivaus.

Kuivailmaimurit ovat yleensä suosittuja niiden riippumattomuudesta ympäröivän ilman kosteuspitoisuuteen. Käytettävä ilma esikuivataan ja lämmitetään ennen sen johtamista muovigranulaattien sekaan. Tällä tavoin pystytään pitämään muovigranulaattien kosteus vakiona ennen sen työstämistä ruiskuvaluprosessissa. Kuivailmakuivurit ovat rakenteeltaan suuria, ja niitä ohjataan omalla mikroprosessorilla, mutta myös koneen viereen sijoitettavia pienempiä kuivurimalleja löytyy. Etuina kuivailmakuivureiden käytössä ovat niiden kuivausnopeus, taloudellisuus sekä soveltuvuus kaikille muovityypeille.

Kuumailmakuivuri on yleisesti ottaen pienempi kuivurityyppi kuin kuivailmakuivurit. Kuumailmakuivurit yleensä sijoitetaan koneen syöttösuppilon juureen ja ne ovat siten konekohtaisia. Kuumailmakuivurin toimintaperiaatteena on puhaltaa esilämmitettyä ilmaa muovigranulaattien lävitse alhaalta ylöspäin, jolloin kuumailma sitoo itseensä kosteuden, joka vuorostaan johdetaan kuivurista ulos. Etuina kuumailmakuivureissa on niiden yksinkertainen rakenne, joka mahdollistaa myös niiden edullisen hinnan.

Alipainekuivurin yleisin toimintatyyppi on niin sanottu venturikuivuri. Periaatteena on muodostaa alhainen alipaine, jossa vesi alkaa kiehua jo huoneenlämmössä. Tämän seurauksena vesi höyrystyy ja se johdetaan ulos kuivurista. Etuina alipainekuivureissa ovat kustannustehokkuus ja pitkät huoltovälit, mutta haittoina mainittakoon pieni kuivausteho sekä kosteudenpoistojärjestelmä.

Kuivausmenetelmästä riippumatta kuivauksen tavoitteena on saada raaka-aineen kosteuspitoisuus riittävän alhaiseksi ennen sen käyttöä ruiskuvaluprosessissa. Sallitut kosteuspitoisuudet ovat 0,1 - 0,02 prosentin välillä muovityypistä riippuen.

7 Kone- ja laiteinvestointi ja sen kannattavuus

Investoinnin merkittävydessä tärkeimpiä päätöstyyppisiä ovat

- 1 olemassa olevan kapasiteetin käyttöä koskevat päätökset yrityksessä
- 2 tuotantokyvyn muutoksiin vaikuttavat päätökset yrityksessä.

Investointipäätökset kuuluvat jälkimmäiseen kategoriaan. Investoinnin etukäteissuunnittelussa syntyy kuluja, jotka toisaalta vaikuttavat sitä enemmän hankkeen laatuun, mitä paremmin se on ennalta suunniteltu. Tämän johdosta suunnittelutyön määrällä on jollain alueella edullisin piste. Investointihankkeessa rahoitusresursseja sidotaan yleensä peruuttamattomalla tavalla tuotantokapasiteettiin, mikä johtaa huolellisen etukäteissuunnittelun kannattavuuteen. Joskus on tarpeellista käyttää jopa yli 10 prosenttia hankkeen pääomatarpeesta sen suunnitteluun, jotta nähtäisiin, onko hanke kannattava vai ei. Hankkeen kannattavuutta kannattaa tutkia ennen kuin lähdetään peruuttamattomasti toteuttamaan investointia. Investointipäätöksillä pyritään yleensä yrityksen yleisiin päämääriin, strategiaihin, politiikkaan ja rahoitustilanteeseen. Investointien yksinkertaistamiseksi ne eritellään projekteiksi, jotta niiden pohdinta on mahdollista. Investointien hankekohtaisessa suunnittelussa ja arvostelussa on kuitenkin otettava huomioon sen kuuluvuus osaksi yrityksen kokonaissuunnittelua sekä tuettava yrityksen pitkän tähtäimen suunnitelmaa. [7, s. 73]

7.1 Kannattavuuden arviointi

Kokonaissuunnitelman laatiminen aloitetaan yleensä markkinatilanteen analysoinnista ja myyntiennusteen tekemisestä. Tästä erilaisia menetelmiä ovat seuraavat:

- Intuitiivinen ennuste, joka perustuu henkilökohtaisiin arviointeihin ja kokemuksiin eli lähinnä kokemusta omaavan henkilön väite.
- Usean henkilön kartoittama intuitiivisen ennusteen keskiarvo.
- Ostosuunnitelmaprognosis, jossa kysytään ostajien ja asiakkaiden ostosuunnitelmia tai muita asiakkaiden ostoihin vaikuttavia suunnitelmia, joiden pohjalta voidaan arvioida myyntimahdollisuudet.
- Analogiaennuste, jossa muistellaan menneisyydestä vastaavanlaista tilannetta, otetaan nykyhetken lisätekijät huomioon, jonka pohjalta päätellään myyntiarvio.
- Trendiprognosis, jossa oletetaan myynti säännölliseksi kehittyväksi ja sen pohjalta tehdään myyntiarvojen arviointi menneisyydestä.
- Malliprognosis, jolla kehitetään funktiomalli, johon vaikuttavat mallissa huomioon otettavat seikat, esimerkiksi tuotteen raaka-aineiden hinta ja kuluttajien tu-

lotaso. Tämän jälkeen lasketaan hintajousto ja sen pohjalta ennustetaan kulu-
tus, kun funktiomallin muutamia arvoja on selvitetty. [7, s. 73]

Myyntiennustetta laadittaessa huomioidaan sekä ulkoisia että sisäisiä tekijöitä. Ulkoisi-
na tekijöinä voivat olla esimerkiksi taloudellinen tilanne, kilpailijoiden toimenpiteen ja
makusuunnan muutokset. Yrityksen omakohtainen ennakointi on läheisesti tekemisissä
yrityksen ulkoisten tekijöiden tulevassa kehityksessä. Onnistunut pitkän tähtäimen
suunnittelu tarvitsee perustakseen pitkän tähtäimen talouspolitiikkaa kansantaloudessa.
Usein kansantalouden heilahdukset nähdään esteenä yrityskohtaiselle ennakoinnille ja
suunnittelulle. Ennusteen sisäisillä tekijöillä tarkoitetaan seikkoja, jotka sisältyvät jo
toteutuneeseen kysyntään. Usein onkin järkevintä tutkia pelkästään sisäisiä tekijöitä ja
laatia niiden pohjalta ennuste. Vasta sisäisten tekijöiden tutkimisen jälkeen liitetään
niihin ulkoiset tekijät ja niiden tuomat vaikutteet. Tämän jälkeen voidaan ottaa huomi-
oon omat toimenpiteet ja niiden vaikutus, jonka pohjalta ennakointi alkaakin muuttua
suunnitelmaksi. [7, s.74]

7.2 Investoinnin kannattavuus

Investointilaskelman käyttökelpoisuus päätöksenteossa riippuu kootun aineiston luotet-
tavuudesta. Investointilaskelmassa on yhdistettynä päätöksentekoon vaikuttavat seikat,
jossa rahan tulot ja menot on vedetty yhteen ja näin saatu pelkistetyksi kuvaava loppu-
tulos. Merkittävimpinä tekijöinä investointilaskelmassa on otettava huomioon aika,
eriaikaiset menot ja tulot, jotka tehdään laskennallisesti vertailukelpoisiksi keskenään.

Erilaisilla laskentamenetelmillä pyritään minimoimaan riskiä ja epävarmuutta, jotta riski
altistua harhaanjohtavalle ja virheelliselle tiedolle minimoidaan. Loppujen lopuksi pää-
töksiä on tehtävä puutteellisin tiedoin, mutta tällaisella menettelyllä voidaan jopa hel-
pottaa lähtötietojen epävarmuuden arviointia. Erilaisia laskentamenetelmäesimerkkejä
ovat seuraavat:

- **Menetelmät ennalta määritellyllä korkokannalla.**
 - Nykyarvojen vertailumenetelmät eli diskonttausmenetelmät annetuilla korko-
kannoilla.

- Annuiteettimenetelmä eli vuosikustannusten vertailumenetelmä.
- Likimääräinen annuiteettimenetelmä eli yksinkertaistettu vuosikustannusmenetelmä.
- MAPI-menetelmä (Manufacturers Alliance for Productivity and Innovation), jossa esimerkiksi vanha kone korvataan uudella.
- Kriittisen arvon menetelmä.
- **Menetelmät, joissa etsitään investoinnin tuotto prosentti, eli sisäisen korkokannan menetelmät.**
 - Diskonttauksella sisäisen korkokannan etsiminen (Discounted Cash Flow Method, Investor's Method).
 - Yksinkertaistettu sisäisen korkokannan menetelmä.
- **Menetelmät ilman korkoa.**
 - Likviditeettimenetelmä eli takaisinmaksuajan menetelmä. [8, s. 80]

Kone- ja laiteinvestoinnit ovat reaali-investointeja, eli yritys sijoittaa rahaa koneisiin ja laitteisiin ja pyrkii tätä kautta tuottamaan voittoa. Investointilaskelmilla pyritään selvittämään investoinnin edullisuus ja takaisinmaksu aika ja sitä kautta näkemään, onko investointi järkevä ja ennen kaikkea tuottava.

Investoinnin kannattavuuteen vaikuttaa viisi olemassa olevaa tekijää: hankintameno, saatavat nettotuotot, investoinnin pitoaika, investoinnin jäännösarvo ja laskentakorko. Investoinnit ovat euromäärältään suuria menoja, joissa tulon odotusaika voi olla pitkä. Investoinnin peruskannattavuuden arvioinnissa käytetään yleensä seuraavaa peruskavaa:

$$\text{Investoinnin erillistuotot} - \text{erilliskustannukset} + \text{jäännösarvo} = \text{erilliskate}$$

Kaavassa esiintyvät erillistuotot ovat myyntituloja, joita tulee yritykselle investoinnin toteutuksen seurauksena. Erilliskustannuksia ovat kaikki kustannukset, jotka kattavat

koko investoinnin. Jännösarvoksi taas kutsutaan investointikohteen arvoa eli myyntiarvoa. [6 s. 28]

7.3 Kassavirtalaskelma

Investoinnin kassavirtalaskelmassa eli takaisinmaksuajan menetelmässä lasketaan, kuinka monessa vuodessa investoinnista syntyneet nettotuotot ylittävät investoinnin hankintamenot, toisin sanoen kuinka kauan hankkeelta menee maksaa itsensä takaisin. Tavallisimmin kassavirtalaskelman laskeminen muodostetaan edustavan vuoden perusteella ja sisällyttämättä siihen korkoa. Seuraavassa on laskettu takaisinmaksuaika esimerkkiluvuin

Investointimeno	60 000 €
Nettotuotto/vuosi	9000 €
Investoinnin arvioitu kesto	10 vuotta

Takaisinmaksuaika laskettuna

$$60\,000 / 9000 / (\text{€/vuosi}) = 6 \text{ vuotta ja } 7 \text{ kuukautta}$$

Mikäli takaisinmaksuajaksi saadaan tulos, joka alittaa investoinnin kestoajan, hanke on taloudellisesti kannattava. Vastaavasti jos vertailtavia investointikohtia on useampia, se investointihanke, joka saavuttaa pienimmän takaisinmaksuajan, on kannattavin. Kassavirtalaskelmassa ei oteta huomioon rahan muuttuvaa arvoa, joten pitkällä aikavälillä laskelman tulos on epävarmempi. [7, s. 93]

8 Tuotteiden vaatimusten selvittäminen

Työn ensivaiheessa pyrittiin selvittämään valmiin tuotteen eli sähkökojerasian kohde-ryhmä ja sen vaatimukset sekä rajaamaan, mihin suuntaa ideaa pyrittäisiin työstämään. Tämän uuden tuotteen markkinat olivat suunnitelmien mukaan suuntautuneet pääpiirteittäin Pohjoismaihin lukuun ottamatta Suomea. Muita Pohjoismaita kuin Suomea koskevat lähes yhdenyivät tottumukset ja standardit sähköisten asennustuotteiden käytöstä kiinteistörakentamisessa, joten yhtenäisen tuotteen rakenteelliset ominaisuudet voivat olla lähes yksiselitteisiä.

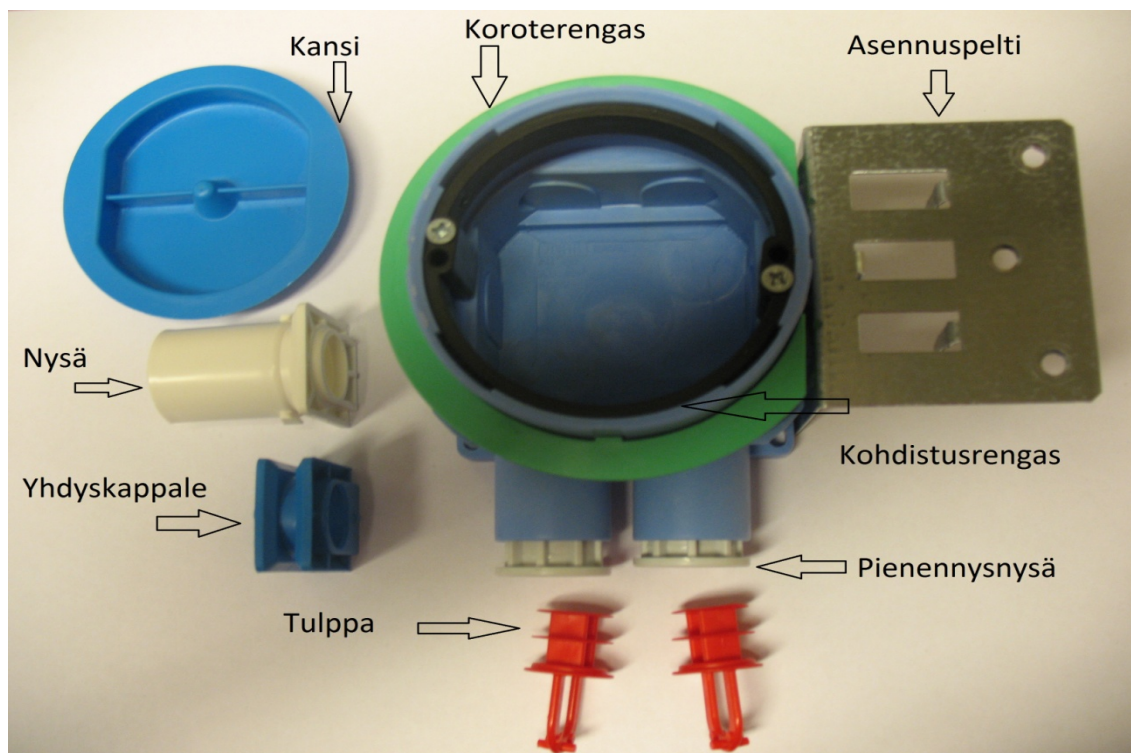
8.1 Työn tavoitteet

Työn tavoitteet esiteltiin syyskuun alussa järjestetyssä tapaamisessa, johon osallistui-
vat tuotantojohtaja, vientipäällikkö, tuotantoesimies, tuotekehityspäällikkö, tuotepääl-
likkö. Palaverin tarkoituksena oli jakaa tuotantoesimiehen olemassa oleva idea tuotan-
tolinjan laitteiden kustannusarvion kartoittamisesta muille tapaamiseen osallistuneille,
joiden työnkuvaa tämä mahdollinen hanke koskettaa, ja saada heiltä hyväksyntä idean
kannattavuuden kartoittamiseen.

Lähtökohtaisena ideana oli tehdä kojerasia, jonka rakenteelliset ominaisuudet kasataan
täysin automaatiota hyväksikäyttäen. Kojerasian perusosana on kojerasia ilman liitän-
tään tarvittavia asennusosia. Tarvittavat asennusosat liitetään automaatiolla haluttujen
tuotevariaatioiden perusteella. Näin pyritään minimoimaan ihmisen tekemät työvaiheet
tuotteeseen ja luomaan nopeampaa tuotantoa. Tuotantolinja suunnitellaan tuottamaan
kojerasiaa, jonka monimutkaisin kokoonpano omaa kaikki mahdolliset asennusosat ja
jonka yksinkertaisin kokoonpanomuoto sisältää vain kojerasian varustettuna kannella,
korotusrenkaalla ja kohdistusrenkaalla.

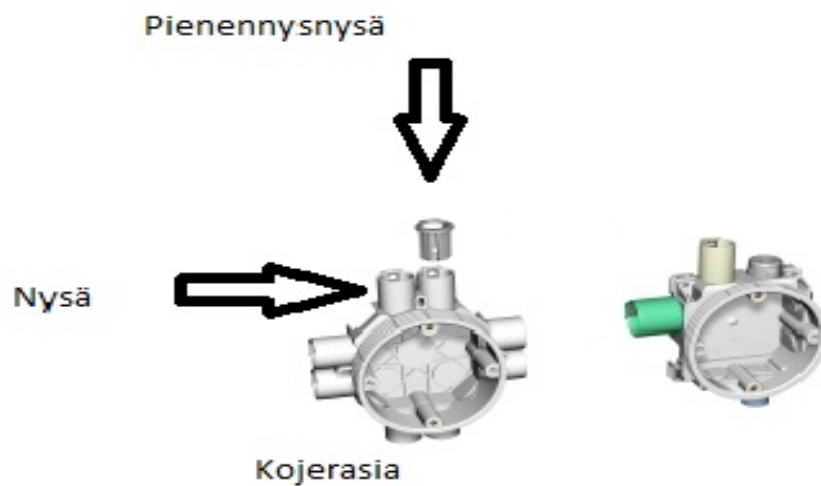
8.2 Rakenteelliset osat

Tuotetut rasiat ja niiden yhdistelmät rakentuvat perusrakenteeltaan muovisesta koje-
rasiasta, joka muodostaa rungon ja johon liitetään tarvittavat asennusosat. Asen-
nusosia on kymmenen kappaletta, joilla kaikilla on oma tarkoituksensa. Kuvassa 11
näkyvät kojerasia sekä siihen liitettävät asennusosat nimettyinä.



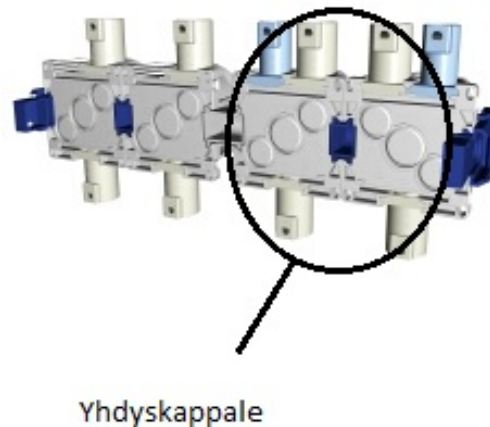
Kuva 11. Kojerasian asennusosat.

Muovinen kojerasia on sähkökytkentärasia, joka suojaa halutun kohteen sähköliitintää sekä luo tukevan alustan siihen mahdollisesti liitettävälle asennuskalusteelle, esimerkiksi valokatkaisimelle. Kojerasia asennetaan yleensä rakennuksen seinien koolauksiin siten, että rasian pintapuoli tulee esiin esimerkiksi kipsilevyseinästä asennuskalusteiden liittämistä varten. Rasian kyljissä sijaitsevat paikoitukset, joihin tarvittavat nysät liitetään. Nysä on seinän sisäisten sähköjohdotusten viemiseen tarkoitettu putken lukitusväline, jonka lävitse kytkettävät johdotukset vedetään kojerasiaan. Nysän lukittavana osana on lukituskyntsi, johon voidaan liittää halkaisijaltaan 20 millimetrin paksuinen putki, mutta myös 16 millimetrin putken liittäminen onnistuu käyttäessä nysän sisään asennettavaa pienennysnysää.



Kuva 12. Mallintava esimerkki nysien sijoittelusta. Kojerasia ei ole työssä käytetty. [Muokattu lähteestä 10].

Tarvittaessa tarpeettoman nysän voi tukkia tulpalla, joka liitetään nysän päähän. Tulpalla estää pölyä ja likaa pääsemästä sähkökytkentään, ja näin kojerasian sisäinen johdotus säilyy toimintakykyisenä. Lisäksi suojaavana osana toimii kojerasian kansi, jolla rasia voidaan sulkea siihen liitettävien asennusosien liittämiseen asti. Kojerasian sisäpuolelle asennettu musta kohdistusrenkas varustettuna kahdella ruuvilla on tarkoitettu helpottamaan tulevan asennuskalusteen kohdistamista. Kohdistusrenkas on lukittuna rasian sisäreunaan siten, että ainoastaan sen kiertäminen on mahdollista. Vastaavassa kohdassa, mutta rasian ulkopinnalla, sijaitsee korotusrenkas. Sen tarkoituksena on helpottaa asennusta, jos asennuskohteen seinämän kipsilevy on asennettu vaihtelevalla korolla, jotka ovat 10 tai 20 millimetrin korkuisia. Tämä johtuu päämarkkina-alueen rakennuskulttuurista, jossa joissain tapauksissa käytetään kaksinkertaista kipsilevyseinämää. Haluttaessa rasioista voidaan kasata suurempia kokonaisuuksia käyttäen yhdyskappaletta.



Kuva 13. Esimerkkinä yhdyskappaleen käyttö. [Muokattu lähteestä 10].

8.3 Päätökset

Neuvottelujen pohjalta saatiin päätettyä tuoteryhmän alustava koostumus, joka antaa riittävät eväät tuotantolinjan suunnitteluun. Tuoteryhmää aletaan kutsua alustavasti modulaariseksi rasiaperheeksi, joka kuvastaa kojerasioiden eri malleja ja niiden muunneltavuutta. Työn tekemisessä päätettiin käyttää noin miljoonan kappaleen vuosimyyn-
tiä, jonka pohjalta pystytään tekemään riittävän realistiset tuotantolinjaa koskevat suunnittelutyöt, kustannuslaskenta sekä kassavirtalaskenta.

Tuotantolinjan suunnittelua lähdetään toteuttamaan jo olemassa olevalla Pohjoismaihin myytävän kojerasian pohjalta. Sen perusominaisuudet ovat samat, joten se luo täydellisen pohjan uudelle tuotteelle poiketen ainoastaan kiinteiden vedonpoistonysien osalta, jotka on määrä liittää uuteen rasiaan vasta automaatiassa. Kiinteiden nysien kohdat rasian seinämissä korvataan ruiskuvaletuilla seinämillä, jotka meistataan auki niiltä kohdista, mihin nysä halutaan asentaa. Kojerasiaan liitettävät asennusosat säilyvät muuten ennallaan kuten jo olemassa olevassa tuotteessa. Ne saadaan valmiina jo olemassa olevilta tuotantolinjoilta. Tämän johdosta suunniteltavaksi jää tuotantolinja, joka valmistaa muovikoneella kojerasian ja liittää siihen tarvittavat asennusosat automaatiolinjastossa. Tuotantolinjalla on suunniteltu ajettavaksi ainoastaan tätä tiettyä rasiatyyppiä

eli pitämään perusprosessi samana, minkä johdosta muovin ruiskuvalussa käytetään vain yhtä muottityyppiä.

9 Tuoteryhmän rakenne

Yrityksen asiantuntijaryhmän antamien tietojen perusteella pystyttiin aloittaa tuoteperheen rakenteen suunnittelu. Tässä vaiheessa suunniteltu tuoteperheen rakenne on vain laitehankintoja ajatellen lukkoon lyöty tuotekonsepti mahdollisista tuotteista, joita tuotantolinjan pitää pystyä tuottamaan. Tuoteryhmän tavoitteena on antaa kuluttajalle kojerasia, johon on asennettuina kaikki kojerasian liittämiseen tarvittavat asennusosat sekä vaihtoehtoisesti yksittäisistä kojerasioista muodostuvat yhdistelmät. Kojerasioiden kasaaminen suoritetaan täysin automaatiota hyväksikäyttäen.

Taulukko 1. Asennusosien kappalemäärät rasioissa, sekä eri rasioiden kappalemäärät yhdistelmissä.

	Tuote 1	Tuote 2	Tuote 3	Tuote 4	Tuote 5	Tuote 6
Asennusosa	Nysätön	Kahdella nysällä	Viidellä nysällä	Yhdistelmän päätyrasia vasen	Yhdistelmän päätyrasia oikea	Yhdistelmän keskirasia
Muovinen kojerasia	1	1	1	1	1	1
Nysä	0	2	5	3	3	2
Lukitekyynsi	0	2	5	3	3	2
Pienennysnysä	0	2	5	3	3	2
Kansi	1	1	1	1	1	1
Koroterengas	1	1	1	1	1	1
Yhdyskappale	0	0	0	0	0	0
Tulppa	0	2	5	3	3	2
Asennuspelti	1	1	1	0	0	0
Mustarengas	1	1	1	1	1	1
Ruuvi	2	2	2	2	2	2

Yhdistelmän muodostavat tuotteet	Yhdistelmä1	Yhdistelmä 2
Yhdistelmän päätyrasia	1	1
Yhdistelmän päätyrasia	1	1
Yhdistelmän keskirasia	1	3

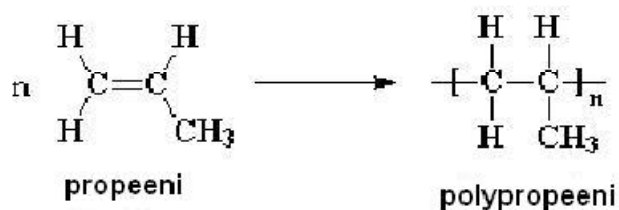
Tuoteperhe muodostuu kahdesta ryhmästä: yksittäisistä rasioista sekä niiden yhdistelmistä. Yksittäisten tuotteiden ryhmän muodostavat kuusi erilaista tuotetta, joiden rakenteet riippuvat asennuskohteen tarpeista. Näistä kolme ensimmäistä tuotetta ovat rasia ilman nysää, rasia kahdella nysällä ja rasia kolmella nysällä. Ne ovat valmiita tuotteita, jotka tulevat tuotantolinjalta ulos sellaisinaan. Loput kolme tuotetta ovat kaksi päätyrasiaa ja yksi keskirasia, joista kasataan rasiayhdistelmät.

Toisen ryhmän muodostavat kaksi rasiayhdistelmää, jotka rakentuvat yksittäisten rasioiden ryhmän tuotteista. Nämä kaksi yhdistelmää sisältävät kolme tai viisi yksittäistä rasiaa liitettyinä toisiinsa ja muodostavat siten suuremmat kojerasiat. Kolmen rasian yhdistelmä sisältää yhden kappaleen vasenta ja oikeaa päätyrasiaa sekä yhden keskirasian. Vastaavasti viiden rasian yhdistelmä sisältää yhden kappaleen vasenta ja oikeaa päätyrasiaa sekä kolme keskirasiaa.

Näin ollen tuotantolinja pystyy valmistamaan kolmea yksittäistä rasiaa sekä kahta rasiayhdistelmää. Tämän perusteella voidaan määrittää tarvittavat vaatimukset myös automaatiolle. Automaation tulee pystyä tuottamaan kaikkia kuutta rasiaa sekä kasamaan niistä rasiayhdistelmiä. Automaatiolta vaadittavan vaatimustason asettaa tuote, johon tullaan asentamaan kaikki mahdolliset asennusosat.

Valmistusmateriaalit

Kojerasian perusraaka-aineena käytetään polypropeenia. Polypropeeni on kestopuovi, ja se muodostuu propeenimonomeereistä. [9]



Kuva 14. Kuvaus propeenin reaktiosta polypropeeniksi [8].

Polypropeeni on ominaisuuksiltaan kestävä ja usein myös jäykempi ja vetolujuudeltaan kestävämpi materiaali kuin muut muovit. Sen käyttölämpötila-alue on myös laaja noin 110 - 130 celsiusasteen lämpötiloihin asti. Kojerasian raaka-aineena käytetyssä poly-

propeeniseoksessa on kappaleen käyttökohteen mukaan lisättyinä täyte- ja apuaineita. Kojerasiassa käytettävän polypropeenin perusominaisuudet ovat esitettyinä seuraavassa taulukossa:

Taulukko 2. Kojerasian polypropeenin ominaisuudet

Ominaisuudet	Määrittelytapa	Yksikkö	Arvot
Tiheys (23°C)	ISO 1183	g/ cm ³	1.11
Sula juoksevuus (2,16kg 230°C)	ISO 1133	g/10min	15
Pehmenemispiste (5kg)	ISO 306	°C	98
Täyteainepitoisuus	ISO 3451	%	22
Vetolujuus	ISO 527	MPa	40
Iskusitkeys (23°C)	ISO 180	kJ/m ²	6
Vetokimmokerroin (23°C)	ISO 178	MPa	3500
Kuumalanka kestävyys	IEC 695-2-1	°C	>850
Syttymisherkkyys 3,2 mm	UL 94	Classe	V0

Taulukko 3. Polypropeenin sähköisiä ominaisuuksia. [9, s. 4]

Ominaisuus	PP
Resistiivisyys (•cm)	1014-1017
Pintaresistanssi (•)	1010-1014
Dielektrinen vakio	2,2 - 2,3
Dielektrinen vakio, matala taajuus	2,3
Läpilyöntikestävyys (kV/mm)	22 - 140
Häviökerroin	0,0002 - 0,002
Häviökerroin, matala taajuus	0,0007 - 0,00081

Nysän ja koroterankaan valmistusmateriaalina käytetään prefilliä, joka on polypropeeniin pohjautuva kalsiumkarbonaatilla vahvistettu sekoite. Kalsium-karbonaatin ja muiden lisättyjen ainesosien ansiosta nysällä on vahvat mekaaniset ominaisuudet ja kestävä laatu. Prefillin väri on valkoinen ja sen kalsiumkarbonaatti-pitoisuus on 40 prosenttia. Prefillin kosteuspitoisuus työstettäessä saa olla enintään 0,15 prosenttia. Nysän

valmistamiseen käytetään ainoastaan prefilliä, mutta koroterenkaan valmistukseen käytetään prefillin ja vihreän väriaineen sekoitetta.

Taulukko 4. Nysän ja koroterenkaan valmistukseen käytettävän Prefillin ominaisuuksia.

Ominaisuudet	Määrittelytapa	Yksikkö	Arvot
Tiheys (23°C)	ISO 1183	g/ cm ³	1.23
Pehmenemispiste (5kg)	ISO 306	°C	154
Täyteainepitoisuus	ISO 3451	%	22
Vetolujuus	ISO 527	MPa	26
Iskusitkeys (23°C)	ISO 180	kJ/m ²	26
Vetokimmokerroin (23°C)	ISO 178	MPa	2200
Sulamispiste		°C	200-250
Kutistuma		%	1-1,2

Piennennysnysän valmistusmateriaalina käytetään polykarbonaattia, johon on lisätty harmaata väriainetta. Polykarbonaatti on ominaisuuksiltaan erittäin sitkeä muovi, ja se naarmuuntuu melko herkästi.

Taulukko 5. Piennennysnysän valmistukseen käytettävän Polykarbonaatin ominaisuuksia.

Ominaisuudet	Määrittelytapa	Yksikkö	Arvot
Tiheys (23°C)	ISO 1183	g/ cm ³	1.27
Sula juoksevuus (2,16kg 230°C)	ISO 1133	g/10min	7
Pehmenemispiste (5kg)	ISO 306	°C	145
Vetolujuus	ISO 527	MPa	65
Iskusitkeys (23°C)	ISO 180	kJ/m ²	6
Vetokimmokerroin (23°C)	ISO 178	MPa	3500
Sulamispiste		°C	280-300
Kutistuma		%	0,5-0,7

Kojerasian kansi valmistetaan polypropeenista, joka eroaa ominaisuuksiltaan kojerasiasta, nysästä ja koroterenkaasta. Kannen raaka-aine on hyvin iskunkestävää, ja sillä on

hyvät ja tasaiset valamisominaisuudet. Väriaineeksi lisätään sinistä väriainetta, joka värjää muuten kirkkaan materiaalin siniseksi.

Taulukko 6. Kannen valmistukseen käytettävän polypropeenin ominaisuuksia.

Ominaisuudet	Määrittelytapa	Yksikkö	Arvot
Tiheys (23°C)	ISO 1183	g/ cm ³	0,904
Sula juoksevuus (2,16kg 230°C)	ISO 1133	g/10min	4
Pehmenemispiste (5kg)	ISO 306	°C	90
Sulamispiste		°C	230-260
Vetolujuus	ISO 527	MPa	22,5
Iskusitkeys (23°C)	ISO 180	kJ/m ²	20
Vetokimmokerroin (23°C)	ISO 178	MPa	1200
Kutistuma		%	1,5-2

Yhdyskappale valmistetaan myös polypropeenista, mutta yhdyskappaleen massalla on hieman erilaiset ominaisuudet muihin asennusosiin verrattuna. Sinisellä väriaineella saadaan aikaan kappaleen sininen väritys.

Taulukko 7. Yhdyskappaleen valmistukseen käytettävän polypropeenin ominaisuuksia.

Ominaisuudet	Määrittelytapa	Yksikkö	Arvot
Sula juoksevuus (2,16kg 230°C)	ISO 1133	g/10min	3
Pehmenemispiste (5kg)	ISO 306	°C	128
Sulamispiste		°C	210-250
Vetolujuus	ISO 527	MPa	75
Vetokimmokerroin (23°C)	ISO 178	MPa	4200
Kutistuma		%	0,3-0,5

Tulpan valmistusmateriaalina käytetään polyeteeniä, jolla on pieni moolimassa. Polyeteenillä on erinomainen iskunkestävyys. Valmistusmateriaalina se sopii erinomaisesti keskisuurien kappaleiden valmistukseen ruiskuvalulla.

Taulukko 8. Tulpan valmistusmateriaalina käytettävän polyeteenin ominaisuuksia.

Ominaisuudet	Määrittelytapa	Yksikkö	Arvot
Tiheys (23°C)	ISO 1183	g/ cm ³	0,902
Sula juoksevuus (2,16kg 230°C)	ISO 1133	g/10min	7
Pehmenemispiste (5kg)	ISO 306	°C	90
Sulamispiste		°C	180-230
Vetolujuus	ISO 527	MPa	150
Iskusitkeys (23°C)	ISO 180	kJ/m ²	180
Kutistuma		%	1,5-2

Kohdistusrenkaan valmistusmateriaalina käytetään polyamidia PA 6. Polyamidi on rakenteeltaan kevyttä ja erittäin kovaa materiaalia.

Taulukko 9. Kohdistusrenkaan valmistusmateriaalina käytettävän polyamidi PA 6:n ominaisuuksia.

Ominaisuudet	Määrittelytapa	Yksikkö	Arvot
Tiheys (23°C)	ISO 1183	g/ cm ³	1,32
Pehmenemispiste (5kg)	ISO 306	°C	100
Sulamispiste		°C	223
Vetolujuus	ISO 527	MPa	22,5
Iskusitkeys (23°C)	ISO 180	kJ/m ²	45
Vetokimmokerroin (23°C)	ISO 178	MPa	4500
Kutistuma		%	2,5-4
Täyteainepitoisuus	ISO 3451	%	25

10 Tuotantolinjan suunnittelu

Tuotantolinjan kustannuslaskelman laskemiseksi on selvitettävä käytettävät laitteet. Myöhemmin esitettävään investointilaskelmaan on käytetty vain tätä suuntaa antavaa suunnitelmaa. Lopullisessa toteutusvaiheessa käytetään useamman laitevalmistajan tarjouksia, jotka kilpailutetaan keskenään.

Tuotantolinjan tarkoituksena on suorittaa kojerasian ruiskuvalu sekä sitä muokkaavien ja siihen lisättävien asennusosien vaatimat työvaiheet. Linjastoa lähdettiin miettimään tiedostettujen rasioiden ja asennusosien pohjalta sekä hyödyntämällä jo olemassa olevien tuotantolinjojen mallia. Tuotantolinja koostuu pääpiirteittäin rasioita ruiskuvalavasta muovikoneesta ja sen perään liitettävästä automaatiolinjastosta. Automaatiolinjaston alustava suunnittelu muodostui suunnitelmasta, joka tehtiin ABB Asennustuotteet -yksikössä ja varsinainen viimeistely rakenne ja toteutus pyydetäisiin suunniteltavaksi ABB Robotit -yksikössä. On otettava huomioon, että ABB Robotit tarjous on esimerkkitarjous, joka luo kuvauksen siitä, mitä tällaisen tuotteen tekeminen automaatiolta vaatii.

10.1 Automaatiolinjan suunnittelun lähtökohdat

Automaatiolinjan suunnittelu aloitettiin määrittämällä kappaleen ruiskuvalumuotin rakenne. Muovikone on linjaston ensimmäinen kone, ja se on määriteltävä toimimaan linjaston hitaimpana koneena. Maksimituoton saavuttamiseksi jokainen työvaihe muovikoneen jälkeen tulee olla nopeampi kuin muovikoneen jakson aika.

Tarvittavan tuotantokapasiteetin saavuttamiseksi valittiin käytettäväksi kaksipesäinen muotti. Kaksipesäinen muotti tuottaa yhden ruiskuvalujakson aikana kaksi rasiaa. Ruiskuvalukoneen jakson tavoiteajaksi asetettiin 15 sekuntia, joka on tässä tapauksessa määriteltävä tiukaksi ajaksi automaation tuotantokyvyn takaamiseksi. Tämän seurauksena kappalekohtaiseen siirtoon sekä työstöön saa kulua aikaa maksimissaan noin 7,5 sekuntia kussakin vaiheessa tuotantolinjastoa, jotta tuotanto on jouhevaa eikä mihinkään vaiheeseen synny viivästystä. Tämän seurauksena muovikone joutuu odottamaan ennen seuraavan kappaleen ruiskuvalujakson aloittamista.

Suunnittelussa lähdettiin hakemaan pohjaa jo olemassa olevista tuotantolinjoista, jotka pystyvät mallintamaan hyvin tarvittavia yksityiskohtia. Tuotantolinjan perusrakenteeksi muodostuikin hyvin äkkiä kaksi toimintamallia, joilla tämä voitaisiin suorittaa.

Ensimmäinen vaihtoehto on tehdä linjasto, jossa käytettäisiin kuusiakselisia käsivarsirobotteja, joiden avulla suoritettaisiin tarvittavat työt. Käsivarsirobottien etuina olisivat erilaisten asentojen ja kappaleen kääntöjen helppous. Tämä korostuu, kun moni-

mutkaisimmalle kappaleelle tulee parhaimmillaan kaikille neljälle sivulle asennettavia osia, joten kappaleen kääntely lukuisiin eri asentoihin tulee olla helppoa ja nopeaa.

Toisena vaihtoehtona on jokin palettikuljetinjärjestelmä, eli tuotantolinja koostuu paleteista, jotka suorittavat kappaleiden siirron työstöasemalta seuraavalle. Paletit kulkevat ovaalinmuotoista kierrosta, jonka alkupäässä annetaan muovikoneen robotilla kappale muovikoneelta automaatiolinjalle, ja kun kappale on suorittanut täyden kierroksen, kokoonpanolinja antaa ulos työstetyn kappaleen.

10.2 Suunnitelma ABB Asennustuotteilla

Kiinnostus käsivarsirobottimalliin sai lisäpontta, kun alustavat suunnitelmat esiteltiin tuotannon esimiehelle, joka antoi puoltavan mielipiteen käsivarsirobottimallille silmällä pitäen mahdollista yhteistyökumppania ABB Robotit -yksiköstä, joka voi toteuttaa tarjouksen. Näiden kahden valittavan tuotantolinjamallin pohjalta päädyttiin valitsemaan käsivarsirobottimallia noudattava linjasto. Osasyinä tähän olivat kiinnostus uudella tavalla toteutettuun tuotantolinjaan ja sen kustannuksiin, koska nykyisin Asennustuotteet-yksikössä ei ole ainuttakaan suurempaa tuotantolinjaa, jonka toteutus on suoritettu kokonaan käsivarsiroboteilla.

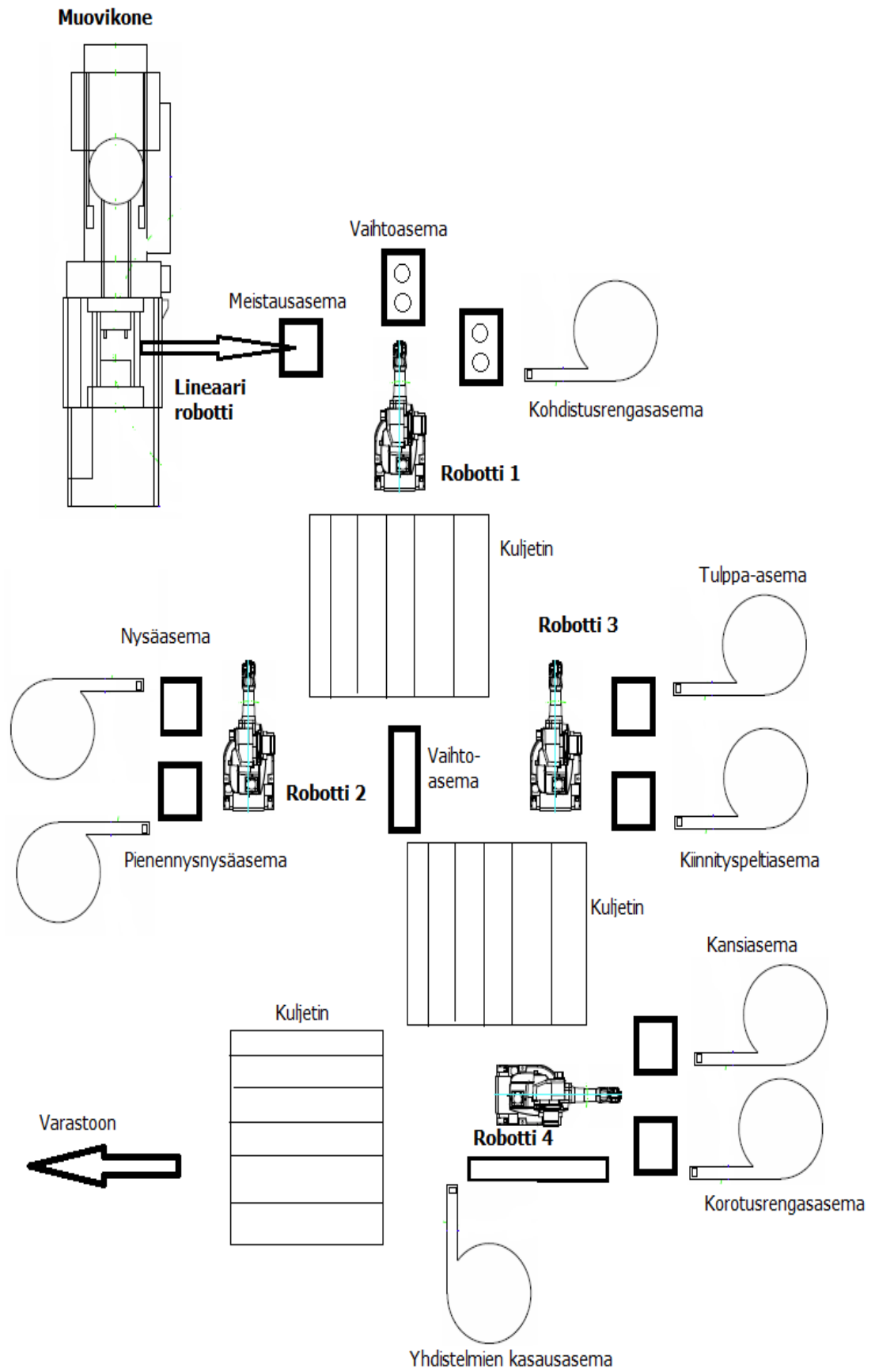
10.2.1 Automaatiolinjan rakenne ja toiminnot

Muovikoneen jaksonajaksi on määritelty 15 sekuntia kaksipesäisellä muotilla. Muovikone tuottaa yhden kappaleen noin 7,5 sekunnissa. Automaation osalta se luo pientä kiirettä, jotta kappaleet pystytään rakentamaan jouhevasti ilman jonotusta. Käsivarsirobottien tehtäviin kuuluu kappaleiden työstäminen eri työstöasemilla sekä suoritettun työstön jälkeen kappaleen vienti eteenpäin seuraavalle robotille. Työstöasemia tarvitaan yhdeksän, joissa jokaisessa asennetaan asennusosia 1-5 kappaletta asennusosasta ja kojerasiasta riippuen. Työstöasemat toimintajärjestyksen mukaisesti ovat seuraavat:

- Meistausasema, jossa aukaistaan asennettavien nysien kohdalle reiät meistillä.
- Kohdistusrengasasema, jossa asennetaan kohdistusrenkas kahdella ruuvilla.

- Nysäasema, jossa asennetaan tuotekohtaiset nysät maksimissaan viisi kappaletta.
- Pienennysnysäasema, jossa asennetaan jo asennettuihin nysiin pienennysnysä.
- Tulppa-asema, jossa asennetaan tulppa nysän ja pienennysnysän päähän.
- Kiinnityspeltiasema, jossa asennetaan tarvittaessa kahta peltityyppiä yksittäisiin tuotteisiin.
- Kansiasema, jossa asennetaan rasian päälliosan peittävä suojakansi.
- Korotusrengasasema, jossa asennetaan korotusrengas rasian ulkopinnan yläreunaan.
- Rasiayhdistelmien kasausasema, jossa suoritetaan kappaleiden liittäminen toisiinsa yhdyskappaletta käyttämällä.

Linjastoon tulee käsivarsirobotteja neljä kappaletta sekä yksi muovikoneeseen liitetty lineaaribotti.



Kuva 15. Suunnitelma tuotantolinjasta.

Käsivarsirobottien välinen kappaleen luovutus ja vastaanotto suoritetaan kahdella vaihtoasemalla sekä kahdella kuljettimella. Vaihtoasema numero 1 on vain yksinkertainen kappaleen laskupaikka seuraavan robotin tartuntaa varten, kun taas vaihtoasema numero 2 sekä molemmat kuljettimet on jaoteltu erinäisiin tuotekohtaisiin paikoituksiin, joilla pystytään säilyttämään kappalekohtainen priorisointi koko linjaston lävitse.

Linjan tulee valmistaa kuutta erityyppistä tuotetta, joilla jokaisella on ominainen osarakenne. Tämän seurauksena on käytettävä tuotekohtaista priorisointia, eli jokainen erityyppinen tuote saa numeron, jonka mukaan tuote etenee linjastossa. Taulukossa 10 esiintyy jokaisen tuotteen tarvitsemat työstöasemat. Tuote numero 1:n rakenne on huomattavasti yksinkertaisempi kuin muiden tuotteiden, joten se voidaan johtaa suoraan kohdistusrenkaan asentamisen jälkeen kiinnityspellin asentamisvaiheeseen ja siten nopeuttaa sen läpikulkua linjastossa.

Asennusosat asennetaan työstöasemilla ja niiden siirtäminen asennuspaikalle suoritetaan jokaiselle asennusosalle suunnitelluilla tärykuljettimilla. Tärykuljettimet koostuvat tärymaljasta, joka erottelee kulhosta asennusosan kerrallaan oikein päin lineaaritärylle. Lineaaritäry tuo kappaleen asemalle asennettavaksi.

Tuotteet 1-3 johdetaan työstövaiheiden jälkeen poistokuljettimelle ja sieltä varastoitavaksi, kun taas tuotteet 4-6 menevät tarvittaessa rasiayhdistelmien kasausasemalle, jossa niistä muodostetaan rasiayhdistelmät. Valmiit rasiayhdistelmät siirretään poistokuljettimelle josta ne voidaan varastoida tuotteiden 1-3 tapaan.

Taulukko 10. Taulukosta käy ilmi minkä asemien läpi tuotteet käyvät tuotantolinjan aikana.

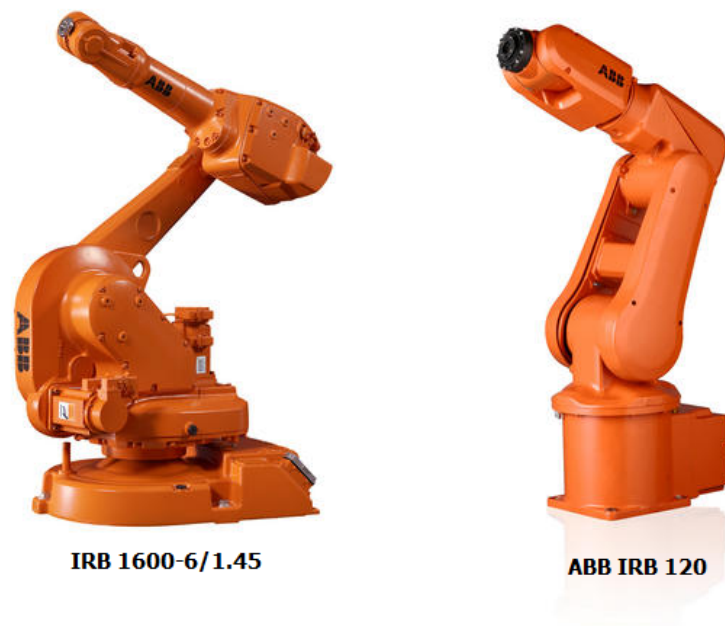
	Tuote 1	Tuote 2	Tuote 3	Tuote 4	Tuote 5	Tuote 6
Meistausasema		☒	☒	☒	☒	☒
Kohdistusrengasasema	☒	☒	☒	☒	☒	☒
Nysäasema		☒	☒	☒	☒	☒
Pienennysnysäasema		☒	☒	☒	☒	☒
Tulppa-asema		☒	☒	☒	☒	☒
Kiinnityspeltiasema	☒	☒	☒			
Kansiasema	☒	☒	☒	☒	☒	☒
Korotusrengasasema	☒	☒	☒	☒	☒	☒
Yhdistelmien kasuasema				☒	☒	☒

10.3 Suunnitelman esittely ABB robotit -suunnittelijoille ja yhteinen ratkaisu

Suunnittelu esiteltiin ABB robotit -suunnittelijoille ja haluttiin kuulla heidän mielipiteitään ideasta ja siitä onko tuotantolinja realistista toteuttaa heidän tarjoamillaan palveluilla. Selonteon jälkeen linjaston toteutus todettiin mahdolliseksi eritoten korostaen kahden kappaleen ja 15 sekunnin jaksonaikaa. Suunnittelijoiden kanssa vaihdettujen mielipiteiden ja muutosten osalta merkittävin muutos on tuotantolinjaston loppuosaa koskeva rasiayhdistelmien kasaus, joka suoritetaan myös käsivarsirobotilla sekä linjaston perään liitettävällä SAP:n kanssa keskustelevalle pakkauspaikalla. Päätettiin myös asennusosien käsittelyssä käytettävien tärykuljettimien määrän minimointiin.

10.4 ABB Robotit -suunnitelman tulokset

ABB robotit -suunnittelun tuloksena syntyi ehdotus automaatiolinjasta, jonka laiterakenne koostuu viidestä isommasta robotista, jotka ovat malliltaan ABB IRB 1600-6/1.45 ja kahdesta pienen kokoluokan robotista malliltaan ABB IRB 120, sekä kahdestatoista tärykuljettimesta asennusasemineen, jotka asentavat kojerasiaan liitettävät asennusosat.



Kuva 16. Automaatiossa käytettäviksi suunnitellut robottimallit [11].

1. Robotti numero 1

Ensimmäisenä ABB IRB 1600-6/1.45, joka työskentelee asetettuna robotille tarkoitetulla alustalla. Robotti poimii työstettävät kaksi rasiaa suoraan muovikoneen muotista kaksoisottimella tarttuen niitä pohjasta ja siirtää ne lävistystyökalulle eli meistausasemalle, jonka avulla rasiaan lävistetään tarvittavat aukot kumpaankin rasiaan vuorollaan. Lävistystoimenpidettä ohjaa robotti, joka omaa alkutiedot tarvittavien lävistysten tarpeesta. Robotin ja muovikoneen välinen keskustelu käydään EuroMAP-kytkentää hyväksikäyttäen. Lävistystoimenpiteiden jälkeen robotti siirtää rasiat vaihtoasemaan pohjat alaspäin odottamaan seuraavaa robottia niitä noutamaan.

2. Robotti numero 2

Toisena robottina toimii ABB IRB 1600-6/1.45 joka on asetettu sille tarkoitetulle jalustalle. Robotti poimii tärykuljettimelta tulevan mustan kohdistusrenkaan ja asentaa sen ensimmäiseen rasiaan. Renkaan asentamisen jälkeen robotti siirtää kappaleen vaihtoasemasta bufferiasemalle, jossa on paikoitus kuudelle erilailla lävistetylle rasialle. Buf-

feriasemaan mahtuu noin kahdeksan tuotetta eli yhteensä 48 (6 x 8) kappaletta. Ensimmäisen rasian työkierron suoritettua robotti toistaa työkierron myös toisella rasialle.

3. Robotti numero 3

Robotti numero 3 muodostuu kahdesta malliltaan pienemmästä ABB IRB 120-robotista, jotka ovat ominaisuuksiltaan nopeimpia ABB:n robotteja. Robotit toimivat niille suunnitelluilta jalustoilta. Tärysyöttölaitteistoja on kaksi, joista kumpikin koostuu kolmesta tärylaitteesta sekä manipulaattorista, jotka asentavat tulpat sekä alikokoonpanot nysien sisälle. Kumpikin robotti on varustettu tarttujalla, jonka avulla nysäkokoonpano poimitaan syöttölaitteesta ja asennetaan nysän asennukseen tarkoitettuun jigiin. Molemmat robotit työskentelevät itsenäisesti omalla tarttujalla ja asennusjigillä, joiden johdosta niiden toiminta ei hidastu tai häiriinny toisen robotin vuoksi.

4. Robotti numero 4

Neljäs robotti, malliltaan ABB IRB 1600-6/1.45, työskentelee välibufferiaseman jälkeen. Sen tehtäviin kuuluu poimia rasiat välibufferista, minkä jälkeen se asettaa rasiat nysäjiin. Nysäjigi asentaa tarvittavat jo edellisessä vaiheessa kasatut nysät rasiaan haluttuihin paikoituksiin. Tämän jälkeen robotti asentaa vielä mahdollisesti tiettyihin rasioihin tulevat asennuspellit paikalleen peltejä syöttäviltä tärylaitteilta, minkä jälkeen se asettaa rasiat vaihtoasemaan.

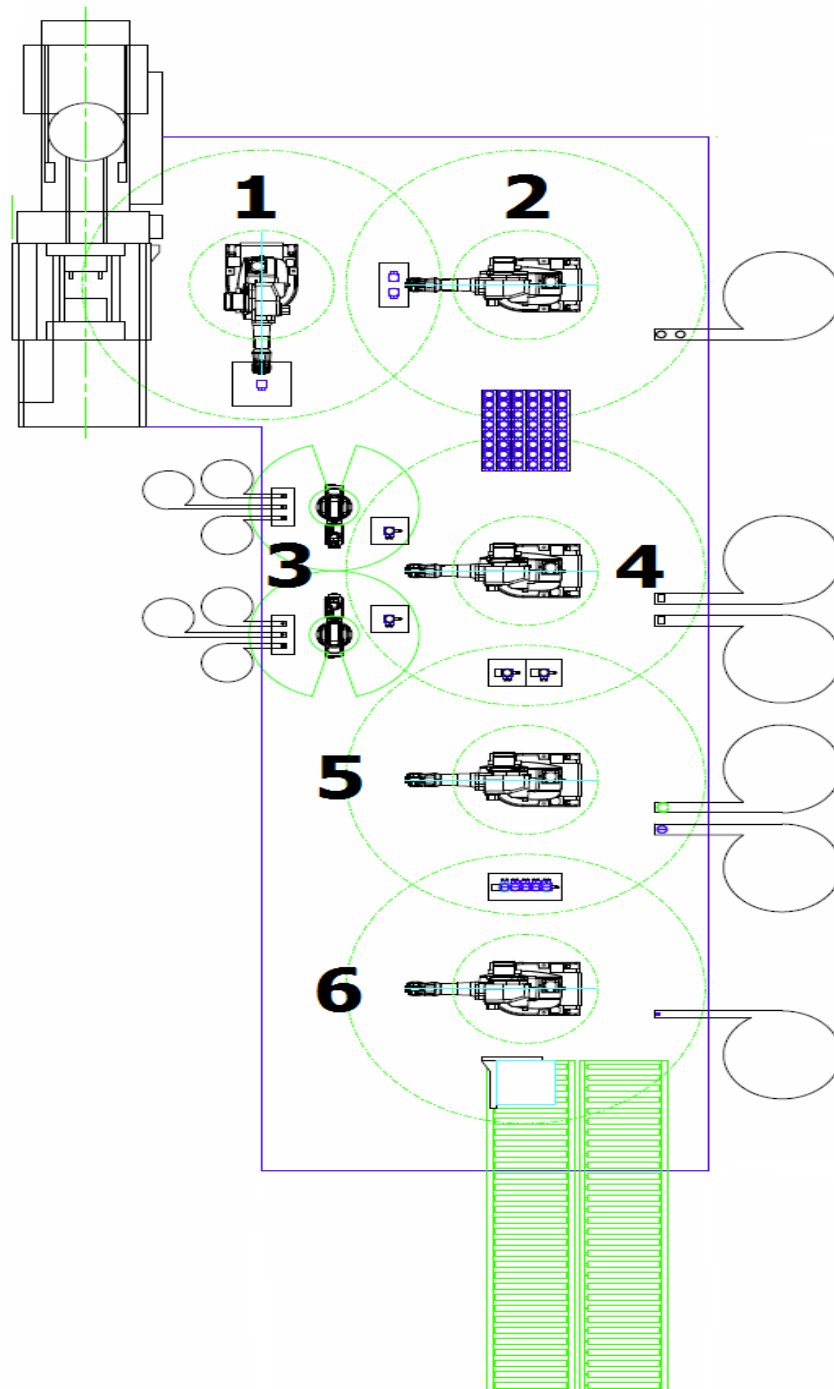
5. Robotti numero 5

Viides robotti, malliltaan ABB IRB 1600-6/1.45, asentaa rasiaan tarvittavan korotusrenkaan ja kannen. Robotin tarttujan rakenne mahdollistaa korotusrenkaan, kannen ja rasian poimimisen, minkä seurauksena työvaiheet helpottuvat. Asennus suoritetaan noutamalla korotusrenkas ja kansi niiden tärysyöttölaitteilta vuorollaan ja siten, että korotusrenkas asennetaan ensin ja vasta sen jälkeen kansi. Asennusten jälkeen robotti siirtää rasiat odottamaan seuraavaa robottia kokoonpanojigiin.

6. Robotti numero 6

Kuudes robotti, joka on malliltaan ABB IRB 1600-6/1.45, asentaa yhdyskappaleet. Robotin otin on suunniteltu poimimaan yhdyskappaleita sekä rasiakokoonpano pakattavaksi. Robotti aloittaa työstön noutamalla tärykuljettimelta tarvittavan määrän yhdyskappaleita kokoonpanojigiin, minkä jälkeen robotti noutaa rasiat yksi kerrallaan osaksi rasiaryhmää. Valmiit rasiaryhmät robotti pakkaa laatikoihin, joista laatikot jatkavat matkaansa varastoon.

Tuotantolinja on ominaisuuksiltaan pätevä suoriutumaan sille asetetusta maksimivaatimuksesta rasian kohdalta, jonka asennusosarakenne on monimutkaisin. Virheensietokykyä on parannettu tuplaamalla nysävaiheen kasausta, mikä on tärkeää sen toimintavarmuuden lisäämiseksi. Tuotantolinja mahdollistaa myös tuotannon toteuttamisen niin sanotusti imuohjautuvasti, jossa tuotantolinjan viimeinen robotti ohjaa koko tuotantolinjaa. Alla kuvaus suunnitellusta linjastosta.



Kuva 17. Layout-piirros tarjotusta automaatiolinjan suunnitelmasta.

11 Tuotantolinjaan valitut laitteet

Tähän on koottu tuotantolinjan muodostavat laitteet, joiden tarjousten pohjalta on päätetty suorittaa myöhemmin esitettävä investointi- ja kassavirtalaskelma.

Tuotantolinjan muovikoneeksi valittiin ruiskuvalukone, jossa on 2000 kN sulkuvoima. Sulkuvoima on riittävä kaksipesäisen muotin kiinnipitoon. Muovikoneen erityisominais-

suuksina ovat sen sähköhydrauliset yksiköt eli hydrauliset sekventiaaliikkeet on toteutettu servopumpulla. Servo-ohjattu pumppu takaa myös paljon tarkemmat hydrauliset liikkeet kuin normaalisti toimiva hydrauliiikkapaineen ohjaus. Ruiskutusyksikön toimenpiteet suoritetaan servo-ohjatusti.



Kuva 18. E-victory sarjan Engel ruiskuvalukone. Kuvan kone on vain esimerkki mahdollisesti valittavasta ruiskuvalukoneesta [5].

Ruiskuvalumuotti oli tuotantokapasiteetin saavuttamista varten päätetty toteuttaa kaksipesäisenä. Automaatiolinjan suunnittelutarjous päätettiin antaa ABB Robotit -yksikön tehtäväksi. Saadun tarjouksen pohjalta pystytään toteuttamaan tarvittava työteho mitasuhteisiin sopivalla investoinnilla, joten kyseinen tarjous hyväksyttiin esimerkiksi investointi- ja kassavirtalaskelman laatimiseen.

12 Investointi- ja kassavirtalaskelma

Tässä osassa esitellään investoitavan tuotantolinjan investointiin liittyvät kustannukset ja niiden pohjalta suoritettavat laskentatoimenpiteet. Investointilaskelma perustuu pääpiirteittäin yrityksen omaan tapaan laskea investoinnin kannattavuutta. Esitettävät lukuarvot eivät pidä paikkaansa vaan ovat muunneltuja arvoja niiden salaiseksi luokittelun seurauksena.

Kappalekohtaisen vuosituoton laskemiseksi määritettiin ensimmäisenä tuotteisiin liitettävien asennusosien ja itse kojerasian kustannukset. Nämä kustannukset määriteltiin

kappalekohtaisen raaka-ainetarpeen mukaan sekä ottaen huomioon niitä valmistavien tuotantolinjojen kulut.

Taulukko 11. Asennusosakohtaiset kustannukset.

Asennusosa	materiaali € /Kpl
Rasia	0,175
Nysä	0,025
Kynsi	0,005
Pienennysnysä	0,009
Kansi	0,020
Koroterengas	0,020
Yhdyskappale	0,012
Tulppa	0,006
Pelti	0,200
Kohdistusrenkas	0,034
Ruuvi	0,005

Tuotantotietoihin on laskettuna rasioiden maksimaalinen vuosituotanto tiedettyjen arvojen perusteella. Perustietoina on käytetty koneen jaksonaikaa, joka oli määritelty 15 sekuntiin ja joka tuottaa kaksipesäisellä muotilla kaksi rasiaa jaksonaikaa kohden. Näiden perusteella on määritelty tuotettavien rasioiden määrä tuntia kohden sekä sen jälkeen tuotettavien rasioiden määrä normaalia kolmivuoroista työviikkoa kohden. Vuosituotannon määrittämiseksi viikoittainen tuotantomäärä on kerrottu vuositasolle ja näin saavutettu vuosituotantomäärä. Koneen häiriöiden ja muiden tuotantoa häiritsevien tekijöiden määräksi on arvioitu noin 15 prosenttia, jolla vuosituotantomäärää on alennettu lähemmäksi todellisuutta.

Taulukko 12. Vuosittaisen tuotantokapasiteetin laskeminen.

Jaksonaika	15
Pesäluku	2
Kpl/h	440
Kpl/viikko	52800
Kpl/a	2534400
Virhemarginaali (15%)	2154240

Työkustannuksissa on selvitetty tuotantolinjan toiminnan mahdollistavien operaattorien kustannus, muottiasennuksista ja huoltotoimenpiteistä vastaavan asentajan kustannus,

koneen vaatiman tilan lämmitys- ja sähkökustannukset sekä kuukausittain suoritettavien muotinhooltotoimenpiteiden kustannukset.

Operaattorien työtuntihinta koostuu määritetystä keskituntihinnasta, johon lisätään työnantajan pakolliset kustannukset ja kiinteät kulut, noin 70 prosenttia.

Taulukko 13. Operaattorien työtuntihinnan laskeminen

Kolme operaattoria	
Keskituntihinta/ € /operaattori	15
Keskituntihinta/€ /kolme operaattoria	45
Pakolliset ja kiinteät kustannukset 70%	31,5
Työtuntihinta/€	76,5

Kappalekohtainen asennuskustannus on määritelty asentajan keskimääräisen työtuntihinnan pohjalta, käyttäen hyväksi asentajan käyttämää keskimääräistä asetusaikaa ja tuotannon eräkokoa.

Taulukko 14. Kappalekohtaisen asennuskustannuksen laskeminen.

Asennus	
Työtuntihinta	28,05
Asetusaika/h	1,234
Eräkokoa	46640
Asennuskustannus/Kpl	0,00074

Koneiden käyttämä tilakustannus on määritelty kertomalla neliometrikohtainen tilakustannus tuotantolinjojen tarvitsemalla pinta-alalla, jolloin saadaan selville koko tuotantolinjan vuosittainen kustannus.

Taulukko 15. Tuotantolinjan käyttämän tilan kustannuksen laskeminen.

Tila kustannus	
Hinta/m ² /kuukausi	10
Käytetty lattia pinta-ala	315
Vuodessa	12
Kustannus	37800

Muottienhuoltokustannukset on määritelty muotin keskimääräisestä huoltotarpeesta, joka on noin kerran kuukaudessa. Huoltotyön tuntikustannuksen avulla on määritelty kuukausittain tehtävän kolmen tunnin huoltotyön kustannukset vuositasolle.

Taulukko 16. Yhdeksän muotin vuosittaisen huoltokustannuksen laskeminen.

Muotin puhdistus kuukausittain a 3h/kerta	
Kustannus/h	30
Yhdeksän muottia 3h/kerta/kuukausi	810
Vuosittainen huoltomäärä	12
Kustannus vuositasolla	9720

Investoinnin laajuus on määritelty selvittämällä investoitavien laitteiden kustannukset tarjouskyselyillä sekä ottamalla huomioon asennusosia valmistavien laitteiden keskimääräiset laitekustannukset. Investoitavan tuotantolinjan konetuntihinnan selvittämisessä on huomioitu yrityksen käyttämä poistoaikataulu, vuosittaiset ajotunnit sekä lisättävä yleinen kustannuslisä eli noin kuusi prosenttia. Investoitavan laitteen konetuntihintaan on lisätty asennusosia tuottavien koneiden konetuntihinta, joka laskettiin samalla tavalla kuin investoitavan tuotantolinjan konetuntihinta. Näin on otettu huomioon kaikkien tuotteen osien tekemisestä aiheutuneet laitekustannukset.

Taulukko 17. Konetuntihinnan määrittäminen.

Investoitavat laitteet		Kone- ja muottimäärät	Olemassa olevat muut koneet	Yht.
Muovikone	200000	8	150000	
Muotti	80000	8	80000	
Automaatiolinjasto	1000000			
Investointi/€	1280000		1840000	3120000
Poisto vuodet	8		8	
Ajotunnit /a	6240		6240	
Yleiskustannuslisä 6%	1,538		2,212	
Konetuntihinta	27,179		39,071	3,750

Edellä määriteltyjen ja laskettujen arvojen pohjalta on koottu laskelma, jossa määritetään takaisinmaksuaika. Tuotantolinjalta tulevia rasioita on kuutta erilaista, joille jokaiselle on määritetty tuotekohtainen kustannus. Tuotekohtaiset kustannukset koostuvat ensisijaisesti käytettävien rakenneosien kustannuksista, joihin on lisätty työkustannus, asennuskustannus, konetuntihinta, muotin huoltokustannukset ja tilakustannukset. Jokaisen tuotteen tekemiseen vaadittavan kustannuksen määrittämisen jälkeen on las-

kettu kaikkien tuotteiden keskiarvo. Tätä tuotteiden keskiarvoa on käytetty kappalekohtaisen tuoton laskemiseen vähentämällä kappaleen keskiarvoinen kustannus arvioidusta kappaleen myyntihinnasta. Tämän jälkeen jäljelle jäänyt kappalekohtainen tuotto on kerrottu vuosittaiselle tuotantokapasiteetille ja siten saatu tuotantolinjan vuosituotto. Lopuksi vuosituoton perusteella on selvitetty takaisinmaksuaika suhteuttamalla se vuosittaiseen tuotantokapasiteettiin.

Taulukko 18. Takaisinmaksuajan määrittäminen.

Asennusosa		materiaali €/Kpl	Tuote 1	Tuote 2	Tuote 3	Tuote 4	Tuote 5	Tuote 6
Rasia		0,175	1	1	1	1	1	1
Nysä		0,025	0	2	5	3	3	2
Kynsi		0,005	0	2	5	3	3	2
Pienennysnysä		0,009	0	2	5	3	3	2
Kansi		0,020	1	1	1	1	1	1
Koroterengas		0,020	1	1	1	1	1	0
Yhdyskappale		0,012	0	0	0	1	1	0
Tulppa		0,006	0	2	5	3	3	2
Pelti		0,200	1	1	1	0	0	0
Kohdistusrenkas		0,034	1	1	1	1	1	1
Ruuvi		0,005	2	2	2	2	2	2
Muut kustannukset	€/h	Kustannus €/Kpl						
Työ	76,50	0,174	0,174	0,174	0,174	0,174	0,174	0,174
Asennus	28,05	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Konetuntihinta	3,75	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
	€/a							
Muotin huoltokustannus	9720	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045
Tila kustannus	37800	0,0175	0,0175	0,0175	0,0175	0,0175	0,0175	0,0175
Kustannus yhteensä (€)			0,675	0,754	0,888	0,611	0,611	0,534
Kustannusten keskiarvo (€)	0,679							
"myyntihinta"	1							
Tuotto(€)/Kpl	0,321							
Tuotto(€)/a ennen poistoja	682337							
Takaisinmaksuaika vuosina	4,53							

13 Päätelmiä projektista

Projektin alkuperäisenä tarkoituksena oli selvittää, minkälaisen tuotantolinjan kojerasi-an kasaus vaatisi ja mitkä olisivat mahdolliset kustannukset. Asiantuntijaryhmän esittämien seikkojen pohjalta selvisi, että lopullisen tuotteen suunnittelu olisi vielä muuttamassa moneen kertaan, mutta päätettiin kuitenkin lähteä selvittämään tuotantolinjan

kustannukset jo olemassa olevien asennusosien pohjalta. Kyseisten asennusosien luoma kasauksen haastavuus todettiin kuitenkin riittäväksi määrittämään tuotantolinjan kustannusarvio, vaikka asennusosista joitain saatettaisiinkin muuttaa lopulliseen tuotekonseptiin.

Projekti saavutti alussa määritetyt tavoitteet ja antoi hyvän esimerkkiratkaisun eräästä automaatiolinjamallista, joka on hyvin varteen otettava jos tuotantolinja viedään toteutusasteelle asti. Tuotantolinjan laajuudesta ja sen tuomasta suuresta investointitarpeesta huolimatta kappaleen tuomat tuotot ovat riittäviä, jotta tuotantolinjan toteutusta voidaan harkita.

Lähteet

- 1 Kurri, Veijo. Malén, Timo. Sandell, Risto ja Virtanen, Matti. 1999 Muovitekniikan perusteet
- 2 Ruiskuvalu
<http://www.tut.fi/plastics/tyreschool/tuula/Ruiskuvalu/suomi/frontpage.html#>. Luettu 12.10.2011
- 3 Suomen muovituote OY
http://www.suomenmuovituote.fi/fin/Tuotanto/Muovin_ruiskupuristus_ ja_ruiskuvalu.31.html. Luettu 23.10.2011
- 4 Valuatlas
<http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/ruiskuvaluprosessi.pdf> Luettu. 23.10.2011
- 5 Engel
http://www.engel.at/engel_web/global/en/2131.htm. Luettu 14.11.2011.
- 6 Marttila, Aino-Kaisa. 2011 Investoinnin kannattavuus ja takaisinmaksu. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu.
- 7 Aaltonen, Timo ja Järvenpää, Antti. 2008 Kannattavuus ja rajoitus. Opetusmateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 8 Valuatlas http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/plastics_PP_FI.pdf.
Luettu 10.11.2011.
- 9 Valuatlas
<http://www.valuatlas.fi/tietomat/koosteet/kestomuottivalutekniikka/index.html>. Luettu 10.11.2011.
- 10 ABB Asennustuotteet Oy
<http://asennustuotteet.fi/index.pl?lang=FIN1>. Luettu 21.11.2011.
- 11 ABB Service Oy
<http://www.abb.fi/product/fi/9AAC910011.aspx> Luettu 30.11.2011.