

# **RUISKUVALUMUOTIN SUUNNITTELU**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Riihimäki, Konetekniikka

2019

Mikko Kiviranta

Konetekniikka  
Riihimäki

---

<b>Tekijä</b>	Mikko Kiviranta	<b>Vuosi</b> 2019
<b>Työn nimi</b>	Ruiskuvalumuotin suunnittelu	
<b>Työn ohjaaja</b>	Raimo Ponkkonen	

---

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössäni tavoitteena oli luoda perustiedot ruiskuvalumuottisuunnittelusta antava kokonaisuus. Aiemmin vastaavaa kokonaisuutta ei ollut tarjolla, tähän tarpeeseen lähdettiin vastaamaan.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään vaiheita ennen varsinaista suunnittelua, ruiskuvalua prosessina sekä ruiskuvalussa käytettyjä raaka-aineita. Suunnittelutyön pohjaksi luotiin tuote, joka määrittä suunnittelutyötä. Tuote on opinnäytetyössä esitelty niiltä osin, kun se vaikuttaa suunnittelutyöhön. Suunnittelutyötä on avattu suunnittelussa käytettyjen ohjelmistojen ja materiaalien osalta.

**Avainsanat** Creo, Muottisuunnittelu, Muovi, Ruiskuvalumuotti, Ruiskuvalu

**Sivut** 34 sivua

Mechanical Engineering  
Riihimäki

---

<b>Author</b>	Mikko Kiviranta	<b>Year</b> 2019
<b>Subject</b>	Injection mold design	
<b>Supervisors</b>	Raimo Ponkkonen	

---

ABSTRACT

The goal of my thesis was to create a basic knowledge of injection mold design. Previously, there wasn't available that kind of thesis and that demand I try to answer.

This thesis deals with the steps before the actual designing, including process of injection molding and used raw materials. Product was designed only give for a base to design work. The product was presented in thesis insofar as it influences the design work. Design work has been explained and also on the software and materials used in the design.

**Keywords**    Creo, Injection Mold, Injection molding, Mold design, Plastic

**Pages**        34 pages

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	RUISKUVALU .....	2
2.1	Ruiskuvalu valmistusmenetelmänä.....	2
2.2	Ruiskuvalun lyhyt historia .....	3
2.3	Ruiskuvaluprosessi .....	3
2.3.1	Muotin sulkuvaihe .....	4
2.3.2	Täyttövaihe .....	5
2.3.3	Jäähdytysvaihe.....	6
2.3.4	Muotin avausvaihe .....	6
2.3.5	Ulostyöntövaihe .....	6
2.4	Ruiskuvaluvirheet.....	7
2.4.1	Purseilu .....	7
2.4.2	Palamisjälki .....	7
2.4.3	Imut .....	8
2.4.4	Värvirheet .....	8
2.4.5	Kosteusjäljet .....	9
2.5	Muovi raaka-aineet ruiskuvaluun .....	9
2.5.1	Valtamuovit .....	9
2.5.2	Tekniset muovit .....	9
2.5.3	Erikoismuovit.....	10
2.5.4	Lisäaineet.....	10
3	MUOTTISUUNNITTELUUN VAIKUTTAVAT PERUSTIEDOT .....	11
3.1	Lähtötiedot.....	12
3.2	Muotin osien koneistus.....	13
3.2.1	Jyrsintä.....	14
3.2.2	Uppokipinätyötö.....	14
3.2.3	Lankasahaus.....	15
3.2.4	Karkaisu .....	16
3.2.5	3-D tulostaminen .....	17
4	TUOTE- SUUNNITTELUTYÖN LÄHTÖKOHTANA .....	17
4.1	Tuote .....	18
4.2	Tuotantotiedot .....	18
4.3	Materiaali .....	19
4.4	Suunnitteluohjelmistot .....	20
4.4.1	Creo-parametric 5.0 .....	20
4.4.2	EMX- lisäosa.....	21
5	MUOTTISUUNNITTELUNI.....	22
5.1	Muotin osien vaikutus muotin toimintaan .....	23
5.2	Muottimateriaalilta vaaditut ominaisuudet .....	23
5.3	Ruiskutuskanavat .....	25

5.4 Muottiosien suunnittelu .....	27
6 POHDINTA.....	34
LÄHTEET .....	35

## 1 JOHDANTO

Aloitin uudessa työssä suunnittelutoimistossa, jossa työhöni kuului ruiskuvalumuotin suunnittelu. Aiheeseen syventyessä ja tietoa etsiessä huomasin tiedonsaannin vaikeuden. Tuoreena suunnittelijana olisin kaivannut tietoa muottisuunnitteluun liittyvistä perusasioista varsinkin työn alkuvaiheessa. Itse olen työskennellyt ruiskuvalussa valmistavalla puolella lähes 20 vuoden ajan, mutta yllätyin, miten vähän tiesin muottisuunnittelusta. Ajatus opinnäytetyön tekemisestä ruiskuvalumuotin suunnittelusta selkeni minulle nopeasti. Ajatuksena oli, että opinnäytetyö antaa alkutietoa ja kuvauksen muottisuunnittelun kulusta vasta-alkajallekin ja toimii ikään kuin oppaana uudelle muottisuunnittelijalle. Opinnäytetyössä käydään ensin läpi ruiskuvalun peruseräpäätökset, jotta lukija saa käsityksen mihin muotti suunnitellaan. Lukijalla tulisi olla tämän raportin lukemisen jälkeen käsitys ruiskuvalusta ja ruiskuvalumuotin suunnittelusta. Ruiskuvalua käsitellään johdattelevana aiheena ennen varsinaiseen suunnitteluun syventymistä.

Ruiskuvalumuotin suunnittelua on käsitelty aiemmin muutamissa opinnäytetöissä, mutta lähestyminen aiheeseen on ollut erilainen. Ville Leiniö tutki opinnäytetyössään muotin osien valmistuksen automatisointia. Hänen opinnäytetyönsä keskiössä oli muotin valmistuksen tehostaminen ja hän keskittyi CAD-suunnittelun tarjoamiin mahdollisuuksiin. (Leiniö, 2013) Sakari Järvinen puolestaan keskittyi ruiskuvalumuottien-inserttien valmistamiseen 3D-tulostusmenetelmällä. Hänen opinnäytetyönsä keskiössä oli 3D-tulostamisen tarjoamat mahdollisuudet muottivalmistuksessa (Järvinen S. , 2018).

Aiemmissa opinnäytetöissä sivutaan muottisuunnittelun perusteita niihin kuitenkin syventymättä sen enempää. Tässä opinnäytetyössä tuodaan esille myös vaiheet, jotka tapahtuvat ennen varsinaisen suunnittelutyön aloittamista ja jotka olennaisesti kuitenkin vaikuttavat suunnittelutyön toteutukseen. Tässä opinnäytetyössä käsitellään aiheita ja seikkoja, jotka tulee huomioida, kun ryhdytään valmistelevaan muottisuunnitteluun.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutustuttaa lukija ruiskuvalumuottien valmistukseen ja muottisuunnitteluun. Opinnäytetyö kokoaa lähtötiedot ja keskeiset asiat muottisuunnittelua työssään toteuttavalle tai siitä muuten kiinnostuneille. Opinnäytetyö sisältää lähtötiedot suunnitteluun, suunnitteluvaiheita ja muotin materiaalivalintoja. Opinnäytetyössä esitellään myös lyhyesti nykyaikainen tietokoneavusteinen CAD-suunnittelu.

## 2 RUISKUVALU

### 2.1 Ruiskuvalu valmistusmenetelmänä

Ruiskuvalamalla syntyviä kappaleita voit kohdata jokapäiväisessä arjessa. Valmistettavia osia ovat toimistot, kaupat, kodit ja julkiset tilat pullollaan. Esineitä (kuva 1), jotka ovat valmistettu ruiskuvalamalla kohtaat päivittäin lukuisia, näistä esimerkkejä ovat muovipurkit, kuulakärkikynänkuoret, matkapuhelimen kuoret sekä auton muoviosat. Ruiskuvalamalla valmistetaan sekä kokonaan valmiita, että puolivalmiita tuotteita, niin kodin kuin teollisuudenkin tarpeisiin. Ruiskuvalamalla kyetään valmistamaan hyvin monimuotoisia kappaleita.



Kuva 1 Tuotteita (Indiamart, n.d)

Ruiskuvalu on tehokas valmistusmenetelmä, koska valtaosa tuotetuista osista on valmiita sellaisenaan ilman jälkityöstöä. Ruiskuvalamalla saadaan hyvin nopeasti tuotettua kappaleita, ohutseinämaisissä kappaleissa voi kappaleen valmistusaika olla vain 3–4 sekuntia. Muotit ovat usein monipesäisiä tarkoittaen sitä, että tuotteita valmistuu samalla työnkierrolla jopa useita kymmeniä. Tällä valmistusmenetelmällä voidaan myös valmistaa hyvin erikokoisia tuotteita, pienistä kellonosista vaikka kuorma-auton korinosiin. Ruiskuvalua käytetään maailmanlaajuisesti paljon muovituotevalmistuksessa. Ruiskuvaluun tarvitaan kone, muotti ja raaka-aine. Huonoja puolia tässä valmistusmenetelmässä ovatkin juuri kalliit alkuinvestointi kustannukset (Bruder, 2012).

Ruiskuvaluprosessin tärkeimmät parametrit ovat ruiskutusnopeus, jälkipaine sekä lämpötilat muotissa ja muoviraaka-aineen lämpötila. Ruiskutusnopeus pyritään kasvattamaan mahdollisimman suureksi, jolloin muovin orientoituminen tapahtuu vasta jälkipainevaiheessa. Ruiskutusvaiheessa tuotemuodoista täytetään 90–95% ja lopputäyttö tehdään jälkipaineen avulla. Jälkipaineella pyritään estämään massan

terminen kutistuma, jälkipaineen ollessa liian pieni tai liian lyhyt voi tuotteen pinnalla helposti havaita kuoppaisuutta. Jälkipaineen avulla pyritään hallitsemaan myös tuotteen mittapysyvyyttä sekä estämään kieroutumista. Raaka-aineille on sulamispiste, jolloin materiaali on optimaalisimmassa tilassa muottiin ruiskuttaessa. Massan lämpötilaa hallitaan sylinterin vastuksien tehoa säätämällä, mutta osa lämmöstä tulee myös ruuvinpyörytyksen kitkalämmöstä. Muottilämpöä säädellään siihen liitettyjen temperointilaitteiden avulla. Muottiin on porattu erimäärä vesikanavia, joiden avulla muottiin saadaan peruslämpö, joka auttaa sulaa muovimassaa virtaamaan muotin onkaloihin. Vesikanavilla on myös tärkeä rooli muovimassan jäähdytyksessä, kun valuvaihe on suoritettu ja tuotetta jäähdytetään. Ilman hallittua temperointia muotintilämpötilat voivat nousta hetkessä yli sataan asteeseen ja reilusti ylikin. (Järvelä ym. , 1999)

## 2.2 Ruiskuvalun lyhyt historia

Maailmalla ensimmäinen kaupalliseksi ruiskuvalamalla valmistettu tuote oli biljardipallo. Jon Wesley Hyatt kehitti kaupalliseen tarkoitukseen soveltuvan selluloidin 1800-luvun loppupuolella. Kaupallinen selluloidi oli jatkokehitetty Alexander Parkesin keksimästä selluloidista. Ensimmäisen ruiskuvalukoneen patentoivat Jon Wesley Hyatt yhdessä veljensä Isaihin kanssa, kun elettiin vuotta 1872. Tätä pidetään yleisesti ruiskuvalun alkuna. (Järvelä ym. , 1999, s. 12) Suomessa kestopuovin ruiskuvalulla on lyhyt historia. Sarvis Oy aloitti tuotantonsa 1940-luvulla. Ensimmäisillä ruiskuvalukoneilla Suomessa valmistettiin taloustavaroita; kampoja ja nappeja. Samaan aikaan alkoivat ruiskuvalukoneet maailmalla kehittymään nopeaan tahtiin. Koneet olivat aluksi käsikäyttöisiä, mutta nopeasti koneet kehittyivät kierukkaruuvia käyttäviksi koneiksi. (Kurri,Malen,Sandell,& Virtanen, 1999, s. 71)

Ruiskuvalukoneet alkoivat maailmalla kehittymään vasta 1940-luvun alkupuolella, silloin James Hendry rupesi markkinoimaan ruiskuvalukonetta, jossa mäntä oli korvattu kaksitoimisella ruuvilla. Siitä eri kehitysvaiheiden jälkeen syntyi nykyäänkin käytetty ruiskuvalukone. Koneet kehittyivät edelleen, mutta perusajatus koneiden toiminnassa on pysynyt samana jo useiden vuosikymmenten ajan. Suomessakin kestopuovien ruiskuvalu alkoi yleistymään 1940-1950 luvun tienoilla. (Järvelä ym. , 1999)

## 2.3 Ruiskuvaluprosessi

Nykyaikainen ruiskuvaluprosessi on monipuolinen ja tehokas valmistusmenetelmä, etenkin kun kyseessä ovat suuret sarjakoot. Koneiden nykyaikaisen kehityksen ja muoviraaka-aineiden kehityksen kanssa yhdessä muodostavat erittäin kilpailukykyisen tavan valmistaa muodollisia muovituotteita. Tämän päivän esimerkeistä on helpoin esille



nostaa auto, jonka valmistuksessa käytetään nykyään paljon muoviosia ja komponentteja. Muovin valinnalla tavoitellaan auton valmistuksessa keveyttä, korroosio vapautta ja iskusitkeyttä. Nämä osat ovat nimenomaan valmistettu hyvin pitkälti ruiskuvalamalla. (Järvinen P. , 2017, s. 165)

Ruiskuvaluprosessin aikaansaamiseksi tarvitaan vähintään seuraavat asiat, ruiskuvalukone (kuva 2), muoviraaka-aine ja ruiskuvalumuotti. Jonkin näistä kolmesta puuttuessa prosessia on mahdotonta suorittaa. Ruiskuvalu on prosessi (kuva 3), joka suorittaa toistuvia työkiertoja ja tätä yhtä kiertoa kutsutaan jaksoksi tai jaksonajaksi(kuva 4). Yhden jakson aikana tapahtuvat seuraavat asiat: muotin sulkua, täyttö, jäähditys, muotin avaus ja ulostyöntö.



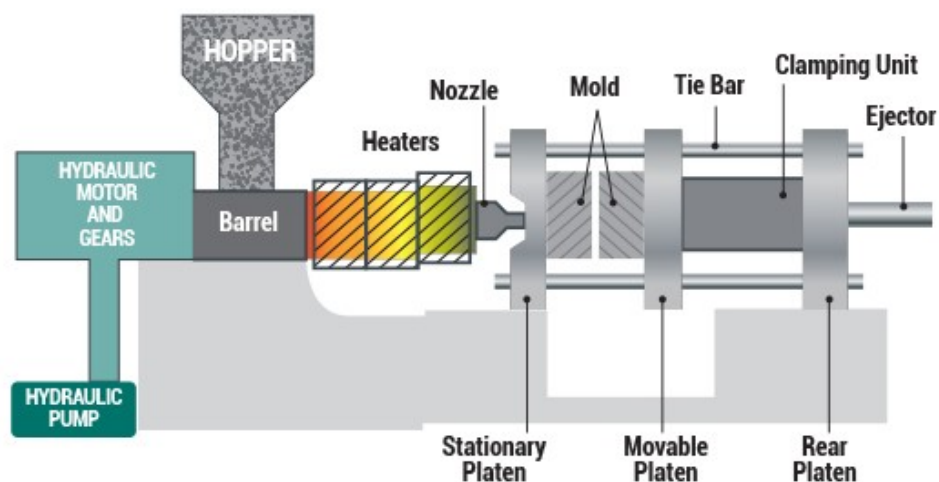
Kuva 1. Ruiskuvalu kone (Engel, n.d)

### 2.3.1 Muotin sulkuvaihe

Muottipuoliskot suljetaan koneellisesti toisiaan vasten. Tuotteessa voi olla poikkeavia muotoja, jotka tarvitsevat muottiin sivulle liikkuvia lisäosia. Sivuliikkujien liike aikaansaadaan joko vinottaistapeilla tai käyttäen ulkoista voimaa, joka voi olla hydraulisylinteri, sähkömoottori tai paineilmatoinen. Sivuliikkujien liike voidaan suorittaa mahdollisesti rinnan muotin muun sulkemisen kanssa, jos muodot sen mahdollistavat. Muottipintojen koskiessa toisiinsa kone muodostaa sulkuvoiman. Sulkuvoiman tarkoitus on pitää puoliskot toisiaan vasten, kun muottiin ruiskutetaan sulaa massaa. Sulkuvoima on voima, jonka kone tuottaa pitääkseen muottipuoliskot toisiaan vasten, tämä voiman tarve määrittää yleensä ruiskuvalukone koon. Sulkuvoimat ilmaistaan yleisesti tonneina, tuhatta kilo newtonia. Koot vaihtelevat tavallisesti välillä 15–500 tonnia. (Järvinen P. , 2017, s. 165)

Ruiskuvalukoneita on paljon erilaisia eri tarkoituksiin. Vanhemmat koneet ja uusistakin vielä valtaosa ovat hydraulisia koneita. Koneissa on siis hydraulipumppu, joka tuottaa koneelle öljyn avulla tarvittavan voiman ruiskutukseen, muotinliikkeisiin, muotin kiinnittämiseen, ulostyöntöön ja ruiskutusyksikön liikkeisiin. Hydraulikoneessa on nykypäivänä kaksoispumppujärjestelmä, mikä mahdollistaa samanaikaisia liikkeitä

toisin kuin yksipumppujärjestelmissä. Sähköisiä ruiskuvalukoneita on jo usealla valmistajalla ja niiden toiminta perustuu servomootoreihin. Sähköisessä koneessa on usein joka toiminnalle omat servomootorit. Servomootorit mahdollistavat, vaikka kaikkien liikkeiden samanaikaisen käytön, joka säästää koneen jaksoaikaa ja nostaa tuottavuutta. Ruiskuvalukoneiden koot ilmoitetaan sulkuvoiman mukaan, mitä suurempi sulkuvoima sitä suurempi kone myös mitoiltaan. Koneen koko ilmoitetaan tonneina, joka tarkoittaa käytännössä 100 kN eli kone 150t omaa sulkuvoiman, joka vastaa 1500N. Koneisiin on myös valittavissa eri kokoisia ruiskutusyksiköitä. Suuremmalla ruuvilla varustetussa ruiskuvalukoneella voidaan ruiskuttaa yhdellä iskulla suurempi massamäärä, mikä tarkoittaa suurempia kappaleita tai useampia kappaleita yhdellä iskulla. Pienemmällä ruuvilla taas saavutetaan suurempi ruiskutusnopeus ja -paine, mitä tarvitaan useasti valmistettaessa ohutseinäisiä kappaleita. Ruiskuvalukone on siis tarkasti määritelty yrityksen tuotannon ja tarpeiden mukaisesti.



Kuva 3 Prosessi (Molding, n.d)

### 2.3.2 Täyttövaihe

Täyttövaihe alkaa, kun muottipuoliskot ovat sulkeutuneet ja sulkuvoima muodostettu. Ruiskutusyksikkö alkaa ruiskuttamaan sulaa muovimassaa muottiin kovalla nopeudella ja paineella. Täyttövaihe kestää niin kauan, kun muotin kaikki ontelot ovat täyttyneet muovimassalla ja painetta pidetty päällä niin kauan, että lopullinen muoto on saavutettu. Vaiheen kesto riippuu hyvin monesta tekijästä kuten, tuotteen koosta, seinämien paksuudesta, raaka-aineesta ja etenkin muotin jäähdytyksestä. (Järvinen P. , 2017, s. 165)

### 2.3.3 Jäähdytysvaihe

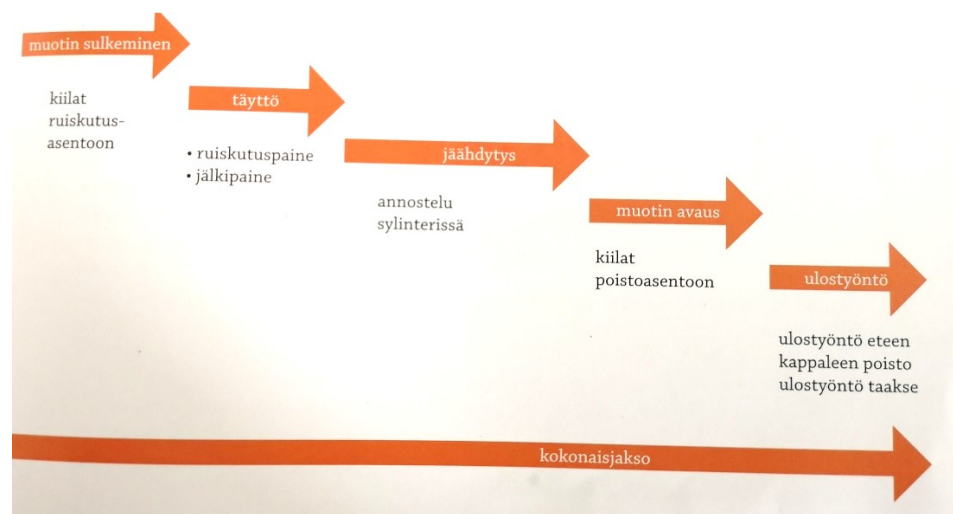
Jäähdytysvaihe alkaa, kun tuotteen muoto on saavutettu täyttövaiheen aikana. Tämä on ruiskuvaluprosessin pisin vaihe ja kokonaisjakson aika riippuu usein jäähdytysajan pituudesta. Jäähdytyksen tarkoitus on siirtää tuotteesta lämpöä pois muottirungon avulla, jotta tuote jäähtyy niin paljon, että se on poistettavissa muotista ilman muodonmuutoksia. Jäähdytyksen aikana kone annostelee uuden annoksen muovimassaa sylinteriin ja on valmis ruiskuttamaan uudelleen seuraavassa kierrossa. (Järvinen P. , 2017, s. 165)

### 2.3.4 Muotin avausvaihe

Muotinavaus alkaa välittömästi jäähdytyksen päätyttyä. Kone avaa muottipuoliskot toisistaan ja kappale jää kiinni avattavaan puoliskoon. Avauksessa on huomioitava mahdolliset sivuliikkujat ja missä vaiheessa niitä tulee liikuttaa ulos muottipesästä. Koneellisesti avataan puoliskot sen verran, että osa mahtuu putoamaan puoliskojen välistä. Nykyään kappaleet poimitaan lähes poikkeuksetta robotilla, joten robotin tarttujan on mahdollista muotin väliin. (Järvinen, 2017, s. 166)

### 2.3.5 Ulostyöntövaihe

Ulostyöntö on ruiskuvalujakson viimeinen vaihe. Ulostyönnön tehtävänä on poistaa tuote muotista. Ulostyöntönä voi olla monenlaisia vaihtoehtoja, mutta perinteisin lienee ulostyöntötapit, jotka työntävät osan pois auenneesta muottipuoliskosta. Usein ruiskuvalukone hoitaa ulostyöntötehtävän, mutta voi olla ulkoinen tekijä hoitamassa tätä tehtävää. Ulostyöntövaiheen päätyttyä on ruiskuvalujakso suoritettu ja uusi jakso voi alkaa. (Järvinen, 2017, s. 166)



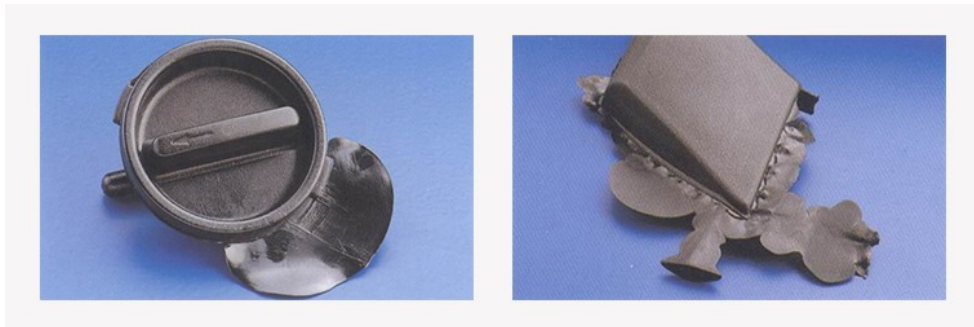
Kuva 4 Jakso (Järvinen, 2017, s. 165)

## 2.4 Ruiskuvaluvirheet

Ruiskuvalamalla voidaan valmistaa hyvin monenlaisista raaka-aineista kappaleita. Ruiskuvalussa tyypillisesti esiintyviä virheitä ovat purseilu, palamisjäljet, vapaajuoksut, imut, värvirheet, kosteusjäljet ja vajaudet.

### 2.4.1 Purseilu

Purseilulla tarkoitetaan muottipesän ylitäyttymistä, jolloin kappaleen muodot leviävät (kuva 5). Purseilu voi johtua liian nopeasta sulan ruiskutuksesta, muotin kuluneisuudesta, liian korkeasta sulan lämpötilasta tai riittämättömästä koneen sulkuvoimasta. Pursehaitta on visuaalinen haitta mikä on helposti havaittavissa silmällä. Huonossa paikassa olevat purseet voivat estää kappaleen kokoonpanoa ja kynsiliitoksia lukkiutumasta toisiinsa. Irrotessaan purse voi aiheuttaa laitteeseen toiminta häiriöitä ja jopa rikkoutumisia.

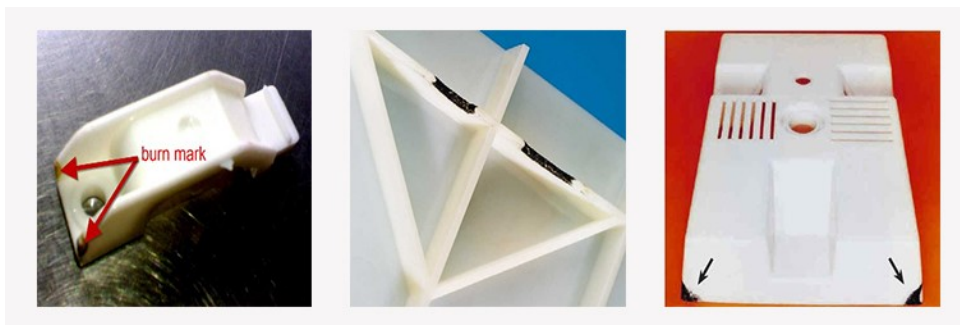


Kuva 5 Purse (Entec, 2018)

### 2.4.2 Palamisjälki

Palamisjälki vaihtelee väriltään ja muodoiltaan. Jälki voi olla helposti tunnistettavan musta, mutta voi olla myös huomaamattoman haalea (kuva 6). Palamisjälkiä seuraa yleensä liian nopeasta ruiskutuksesta tai muotin huonosta ilmauksesta. Korkeat massanlämmöt voivat myös esiintyä palojälkenä.

Vapaajuoksu on hankalammin havaittavia virheitä ja usein se onkin enemmän visuaalinen kuin mekaaninen haitta. Vapaajuoksua syntyy kuin muotin sisäänmenoportti on sijoitettu väärin jolloin, massaa ei ruiskuteta oikeaoppisesti seinämää vasten vaan massa pääsee vapaasti suihkuamaan muottipesään.



Kuva 6 Palo jäljet (Entec, 2018)

#### 2.4.3 Imut

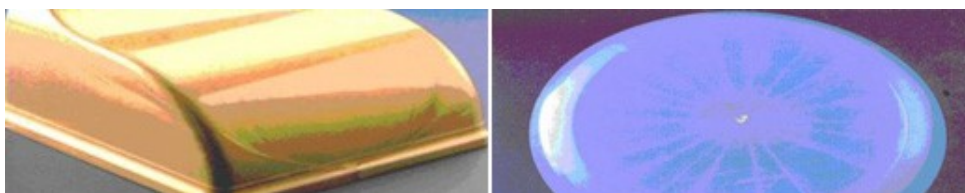
Imut ovat nimensä mukaisesti ”kuoppia” tuotteen pinnalla ja ovat niin mekaaninen kuin visuaalinenkin haitta. Imut heikentävät kappaleen fyysistä kestävyyttä ja ovat rumannäköisiä. Imut syntyvät, kun tuotteessa on vierekkäin ohutta ja paksua ja seinämänvahvuutta. Imuja pyritään korjaamaan riittävän suurella jälkipaineella, sillä myös riittämätön jälkipaine aiheuttaa imuja (kuva 7).



Kuva 7 Imut (HMC Polymers, 2019)

#### 2.4.4 Väriverheet

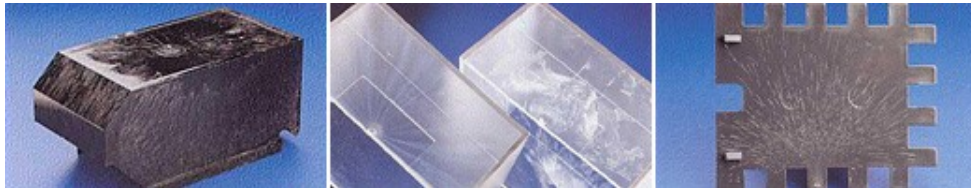
Väriverheet ovat yleisiä ruiskuvaletuissa tuotteissa. Virheitä aiheutuu paljon eteenkin silloin, kun neitseelliseen raaka-aineeseen sekoitetaan väri-ainetta vasta ruiskuvalukoneen plastisointiruuvissa. Virheet näkyvät epätaseina tuotteen värin vaihteluina ja on helposti havaittavissa paljaalla silmällä. Nykyään käytetään paljon raaka-aineita, jotka ovat ”läpivärjättyjä” eli raaka-aineen valmistusprosesseissa jo valmiiksi värjättyjä, mikä selvästi vähentää virheitä (kuva 8).



Kuva 8 Väriverheet (HMC Polymers, 2019)

### 2.4.5 Kosteusjäljet

Kosteusjäljet ovat yleensä merkki prosessointipuutteista. Kosteusjäljet näkyvät selvästi kappaleen pinnassa, mutta heikentävät usein myös kappaleen rakennetta sisäisesti. Yleisin syy kosteusjälkiin löytyy raaka-aineen kuivausprosessista, joka on riittämätön joko lämpötilan tai ajan suhteen. Vajaus eli kappaleen vajaatäyttyminen voi johtua huonosta muotin ilmauksesta, koneen liian matalasta ruiskutusnopeudesta, liian pienestä sisäänmenoportista tai väärin sijoitetusta ruiskutusportista (kuva 9).



Kuva 9 Kosteusjäljet (HMC Polymers, 2019)

## 2.5 Muovi raaka-aineet ruiskuvaluun

Muoveja löytyy lukuisia lajikkeita eri tarkoituksiin, tässä keskitymme vain ruiskuvalussa käytettyihin kestämuoveihin. Muovit jaetaan kolmeen pääryhmään valtamuovit, tekniset muovit ja erikoismuovit (kuva 10).

### 2.5.1 Valtamuovit

Valtamuoveihin lasketaan muovit, joiden volyymit ovat erittäin suuret ja kilohinnat selvästi edullisimmat. Valtamuovit kattavat lähes 80% kaikista käytetyistä muoveista. Yleisimmät valtamuovit ovat Polyeteeni (PE), Polypropeeni (PP), Polystyreeni (PS) sekä Polyeteeni-tereftalaatti (PET). Valtamuovien suuria käyttömääriä selittävät niiden käyttökohteet, joita ovat elintarvike pakkaukset ja kartonkien pinnoitukset. Ruiskuvalussa valtamuoveja käytetään runsaasti ja niistä valmistetaan laatikoita, purkkeja yms.

### 2.5.2 Tekniset muovit

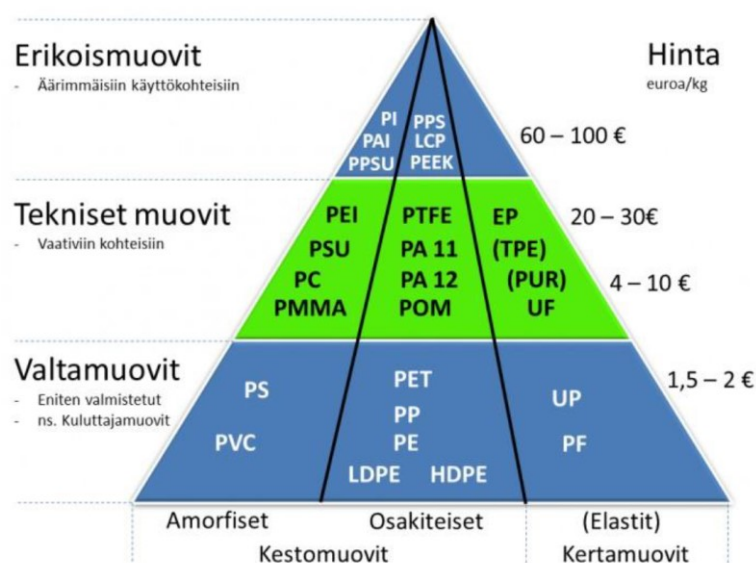
Toinen ryhmä muoveissa ovat tekniset muovit, joita käytetään paljon teknisissä ratkaisuissa. Teknisten muovien käyttökohteita ovat esimerkiksi sähkötarvikkeet ja autosat, myös teollisuudessa ja kodinkoneissa on paljon komponentteja, jotka on valmistettu teknisistä muoveista, esimerkiksi sähkövatkaimen kuoret. Teknisiä muoveja ovat Akryyli-butatidieeni-sulfaatti (ABS), Polymetaali-metakrilaatti akryyli (PMMA), Polycarbonaatti (PC), Polyamidit (PA). Tuotteeseen valitaan muovit niiden ominaisuuksien ja hinnan perusteella. Tuotteelta vaadittuihin



ominaisuuksiin pitää löytyä sopiva muovilaatu, mutta ylilaatua ei tässäkään kannata varmuuden vuoksi suosia. Mitä enemmän muovilla on ominaisuuksia, sitä suuremmiksi kilohinnat kasvavat.

### 2.5.3 Erikoismuovit

Erikoismuovit ovat ryhmä, joita käytetään muoviryhmistä selkeästi vähiten. Erikoismuoveja käytettäessä vaaditaan muovilta joitain erikoisominaisuuksia mitä muilla muoveilla ei ole. Monesti näillä muoveilla korvataan joitain metalleja, jotta tuotteen painoa saadaan laskettua tai työstökustannuksia laskettua. Erikoismuovien kilohinnat voivat olla monikymmenkertaisia valtamuoveihin verrattuna.



Kuva 10 Muovit (Muoviteollisuus, n.d)

### 2.5.4 Lisäaineet

Muoviraaka-aineissa käytetään erilaisia lisä-aineita. Lisä-aineilla muokataan raaka-aineen ominaisuuksia haluttuun muotoon. Lisäaineita, joita lisätään raaka-aineisiin kutsutaan yleisnimityksellä masterbatsit. Masterbatseissa lisäaine tai väri on lämpöprosessin avulla pyritty lisäämään kantoaineeseen. Lämpöprosessin jälkeen raaka-aine ja masterbats-seos jäädytetään ja pilkotaan granulaateiksi eli muovirakeiksi. Masterbatsien käyttöön on useita tarkoituksia, mutta yleisimmin niitä käytetään raaka-aineen värjäämiseen. Muita ominaisuuksia, joita masterbatsien lisäämisellä tavoitellaan voi olla mekaaniset ominaisuudet, esimerkiksi lasikuitua lisäämällä saadaan tuotteeseen lisää kovuutta ja jäykkyyttä. Lasikuitua voidaan lisätä raaka-aineeseen kuituina tai pallomuotoisena, pallomuotoisen etuna on tasaisempi jäykkyys joka suuntaan, kun kuidut taas antavat vain kuidunsuuntaisesti paremman kestävyys. Lasikuitua

lisätään suhteissa orginaaliin raaka-aineeseen prosentuaalisesti normaalisti välillä 10–70%. Lasikuidun lisääminen vaikuttaa ruiskuvaluprosessiin selkeästi, joka näkyy kappaleen huonompaa täyttymisenä. Lasikuitu huonontaa raaka-aineen viskositeettia ja runsaasti lasikuitua sisältäviä raaka-aineita on haastava ruiskuvalaa. Raaka-aineen lisänä voidaan käyttää muita lisäaineita, joita ovat erilaiset palonestoaineet, palonestoaineilla pyritään tulokseen, jossa palonlähde pois siirtämällä tuote ei enää jatka palamista. Palonestoaineet vaikuttavat niin ollen myös ruiskuvaluprosessiin, vaatien muotilta etenkin paremmat ilmausominaisuudet. Palonestoaineet kaasuuntuvat lämmönalaisena ja saattavat näin aiheuttaa ruiskuvaluprosessiin palojälkiä, huonompaa täyttymistä ja kaasujälkiä. Tuotteita tulee myös usein suojata UV-säteilyltä etenkin, jos tuotteita käytetään ulkona. UV-suojaukseen on olemassa omat lisäaineensa, jotka lisätään raaka-aineeseen samoin kuin väriaineetkin, mutta voidaan annostella vasta koneellakin, jolloin UV-lisäaine sekoittuu raaka-aineeseen vasta koneen ruuvissa. Niin kuin muutkin lisäaineet myös tämä vaikuttaa ruiskuvaluprosessiin huonontamalla raaka-aineen juoksu- ja täyttymisominaisuuksia. Mustalla hiilipohjaisella värillä tavoitellaan myös UV-kestoa, joka 5% lisäyksellä usein antaa riittävän UV-suojan ulkokäytössä. (Järvinen P. , 2017, s. 212)

Muottiin nämä lisäaineet vaikuttavat monellakin tapaa, kaasuuntumiset tukkivat muotin ilmausuria, sotkevat ja tahmaavat muottia ja ulostyöntötappeja. Lisäaineista jotkut ovat lisäksi korroosiota lisääviä. Lasikuitu raaka-aineen lisänä syövyttää tavallista terästä helposti massan virratessa kovalla ja paineella valukanavistossa. Muotin putsaus ja huoltovälit ovat lyhyempiä, kun käytetään raaka-ainetta, joka sisältää jotain lisäainetta. Muotin materiaalivalintoja tehdessä tulee olla tietoinen lisäaineiden vaikutuksista ja ottaa ne valintoja tehdessä huomioon.

### **3 MUOTTISUUNNITTELUUN VAIKUTTAVAT PERUSTIEDOT**

Muottisuunnittelu on prosessi, joka pitää sisällään monia eri vaiheita. Muottisuunnitteluprosessi käynnistyy yleensä tuotekehityksen tehdessä muutoksia jo olemassa oleviin tuotteisiin tai kyseessä voi olla uuden tuotteen valmistuksen aloittaminen. Suunnittelutyö on rakenteeltaan lähes sama riippumatta kuka itse muotin valmistaa. Muottisuunnittelija pitää huolen, että lähtötiedoissa ovat kaikki tarpeellinen tieto mitä suunnittelussa tarvitaan. Muottisuunnittelu on usein niitä töitä mitkä tilataan siihen erikoistuneelta yritykseltä tai tekijältä. Suunnittelija toimii yleensä kuitenkin asiakkaan tarkkojen raamien ja vaatimusten mukaan, mutta on olemassa projekteja missä asiakkaalla ei ole omaa osaamista alasta ollenkaan, tällöin suunnittelija saa yleensä melko vapaat kädet.



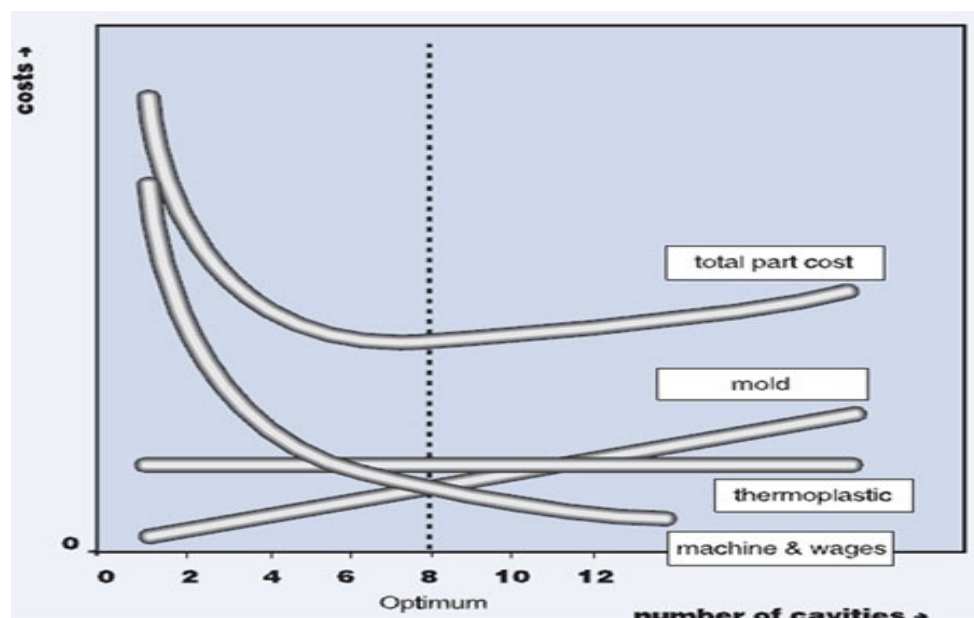
### 3.1 Lähtötiedot

Mitä tulisi tietää ennen kuin voidaan aloittaa varsinainen muotin fyysinen suunnittelu? Tiedettäviä asioita on monia ja nämä asiat tulisi pitää mielessä suunnittelun edetessä. Tätä varten on hyvä luoda lista mitkä ovat niitä asioita, joita huomioidaan suunnittelussa, asiat listataan kriittisyysjärjestyksessä. (Perkowski & Swigart, n.d)

Suunnittelua määrittävät tekijät

1. Valmistuvan tuotteet käyttötarkoitus
2. Tuotteen arvioitu vuotuinen menekki
3. Tuotteen arvioitu elinkaari
4. Ruiskuvalukoneen soveltuvuus
5. Tuotteen raaka-aine
6. Tavoiteltava jaksonaika
7. Mittatarkkuus

Edellä mainitut asiat antavat suunnittelutyölle raamit ja ehdot, joiden puitteissa suunnittelun tulee edetä ja pysyä. Valmistettavien kappalemäärien ja arvioidun elinkaaren vaikutus johtaa suoraan muotin raaka-aine valintaan. Kappalemääristä voi päätellä myös, että tarvitaanko useampi pesäinen muotti tuotteen tehokkaaseen tuottamiseen (kuva 11). Päädyttäessä valmistamaan useampipesäinen muotti valmistuskustannukset nousevat, mutta eivät kuitenkaan kaksinkertaistu.



Kuva 11 Pesälaskenta (Aco Mold, n.d)

Kuva ilmentää laskentataustaa tehokkaan pesäluvun valintaan. Useampi pesä vaatii myös muotilta pidemmän valmistumisaian verrattuna yksi pesäiseen muottiin. Mittatarkkuusvaatimukset yhdessä pinnanlaatuvaatimusten kanssa nostavat valmistuskustannuksia.

Valmistettaessa useampipesäistä muottia tärkeänä asiana on muottipesien täysin samanaikainen täyttyminen. Eriaikainen pesien täyttyminen vaikeuttaa valmistusta siellä ilmenevien ongelmien muodossa. Ongelmat, jotka johtuvat eriaikaisesta täyttymisestä ovat yleensä, vajaa tai ylitäytetty pesä, ilmataskut, pinnanlaaturvirheet ja hallitsematon täyttöprosessi.

Tuotteelle on syytä tehdä täyttymisanalyysi, joka auttaa määrittelemään sisäänmenoportin koon, sijainnin ja kulman. Sisäänmenoportin halkaisijan tulee olla riittävän suuri, jolloin massa virtaa pesään hyvin ja paineella saadaan aikaan viimeiset muodot ennen portin liiallista jähmettymistä. Portin sijoittaminen vaikuttaa kappaleen täyttymiseen ja sisäisiin jännityksiin. Väärin sijoitettu ruiskutusportti aiheuttaa kappaleeseen sisäisiä jännitystiloja, jotka saavat kappaleen vääntyilemään tai jopa murtumaan.

Valukanaviston rakenteeseen voidaan vaikuttaa päätöksillä jo ennen varsinaisen suunnittelutyön aloitusta. Tullaanko muotissa hyödyntämään kuumakanava tekniikka vai perinteistä kylmäkanava tekniikkaa? Kuumakanavatekniikkaa valitessa on päätettävä, onko kyseessä täysikuumakanavatekniikka vai osittainen kuumakanavatekniikka. Osittaisessa kuumakanavatekniikassa pitkät juoksukanavat ovat toteutettu kuumakanavistolla ja pesään menevät lyhyet kanavat kylmäkanavana. Raaka-aine, josta tuote valmistetaan, on ehdottomasti oltava tiedossa jo ennen suunnittelun aloitusta. Eri materiaaleilla on erilaiset kutistumat, mitkä vaikuttavat muotin mitoituksiin. Raaka-ainetta on lähes mahdotonta vaihtaa muotin valmistumisen jälkeen, toki raaka-ainetoimittajaa ja brändiä voidaan vaihtaa, mutta raaka-aineryhmää ei. (Aco Mold, n.d)

Muottisuunnitteluprosessin alussa tuotekehitys tai asiakas toimittaa muottisuunnitteluun tuotteesta 3D-mallin. Mallia hyödynnetään tämän päivän muottisuunnittelussa paljon, tässäkin suunnittelussa käytetään 3D-mallia apuna, kun leikataan muottiin muotoja.

### 3.2 Muotin osien koneistus

Materiaalien käsittelemistä ja muovaamista kutsutaan työstöksi. Työstöksi voidaan kutsua menetelmää, jossa materiaalia poistetaan kappaleesta lastuamalla, myös leikkaaminen ja kaikki muovaaminen on materiaalin työstämistä.

Muotinosien koneistukseen ja työstämiseen vaaditaan useampaa menetelmää. Suurin osa koneistuksista ja työvaiheista toteutetaan seuraavilla menetelmillä, jyräily, jyrsintä, uppokipinätyöstö, lankasaha ja karkaisu, jolla saadaan aikaan kovuus sekä 3D-tulostaminen.

### 3.2.1 Jyrsintä

Jyrsintä on lastua poistava menetelmä, jossa pyörivän terän avulla materiaalia poistetaan työstettävästä kappaleesta. Terä, jolla kappaletta työstetään, on usein useampihampainen, mikä tekee työstä tehokasta ja sujuvaa. Jyrsimällä voidaan valmistaa tasomaisia ja käyriä pintoja, porauksia, uria, upotuksia ja kierteytyksiä. Työstökoneita on monenlaisia, mutta muotin tekoprosessissa käytetään lähes poikkeuksetta työstökonekeskusta (kuva 12), joka on tietokoneellisesti ohjattu. Ohjelmistojen avulla voidaan koneelle tuoda suoraan työstettävän kappaleen 3D-muodot mikä nopeuttaa ja helpottaa koneistusta. Muotin osien valmistuksessa käytetään paljon jyrsintää. (Maaranen, 2012)



kuva 12 Jyrsintä (Ercoset, n.d)

### 3.2.2 Uppokipinätyötö

Uppokipinätyöstö on menetelmänä erittäin tarkka ja hallittu. Kipinätyöstö ei tapahtumana ole monimutkainen, kipinätyöstökone (kuva 13) tuottaa elektrodin ja työstökappaleen väliin nopeita ja muuttuvia jännityksiä. Napaisuuden suunnat riippuvat työstettävän kappaleen materiaalista. Varsinainen kipinätyöstö tapahtuu altaassa, jossa on nestettä, kun kappale

ja elektrodi ovat tarpeeksi lähellä toisiaan muuttuu neste eristeestä johteeksi ja tapahtuu suurenerginen sähkönpurkaus. Sähkönpurkaus sulattaa pienen määrän työkappaleen materiaalista ja näin saadaan aikaan haluttu muoto. Irronneesta materiaalista muodostuu pallomainen lastu, joka kulkeutuu nesteen mukana pois. Kipinöimällä valmistetaan muotintekoprosessissa paljon muotoja tekeviä muotoja ja monesti pinnanlaatu vaatimukset voidaan määrittä suoraan kipinätyöstön vastaavaan arvoon. Kipinätyöstössä tarvittavien elektronien materiaalina käytetään erittäin paljon grafiittia, joka on edullinen ja helposti työstettävä materiaali. (Maaranen, 2012)

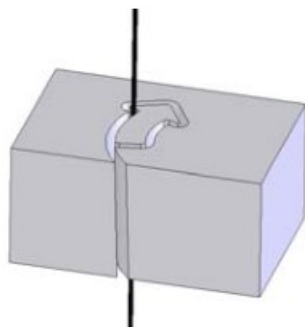


Kuva 13 Uppokipinäinti (Makrum, n.d)

### 3.2.3 Lankasahaus

Lankasahaus on periaatteeltaan hyvin samanlainen kuin uppokipinätyöstökin. Lankasahauksessa elektronin virkaa hoitaa liikkuva lanka, jonka avulla saadaan sulatettua haluttu muoto. Liikkuva lanka on valmistettu materiaalista, joka johtaa sähköä. Lankasahauksen suosiota muotinvalmistuksessa selittää yksinkertaisesti, se että tekniikalla on mahdollisuus valmistaa hyvin monimutkaisia muotoja. Muodon sulatus (kuva 14) perustuu samaan sähkönpurkausenergiaan kuin kipinätyöstössäkin. Lankasahauksessa ei tarvitse valmistaa elektronia erikseen vaan lanka hoitaa elektronin tehtävät. Lankasahassa

ohjelmoitavia akseleita on 2–5 kappaletta, monenlaiset muodot ovat mahdollisia, jopa päästölliset seinämät. (Höök, 2008)



kuva 14 Lankasahaus (Höök, 2008)

### 3.2.4 Karkaisu

Karkaisulla lisätään teräkseen lujuutta ja kovuutta. Karkaisussa teräs kuumennetaan austeniittiselle alueelle ja sammutetaan eli jäähdytetään mahdollisimman nopeasti. Jäähdytykseen voidaan käyttää: vettä, öljyä tai ilmaa. Sammutuksen jälkeen teräs on jälleen kuumennettava vähintään 200 asteeseen, mutta myös 500–700 asteen lämpötilat ovat normaaleja. Tätä toimenpidettä kutsutaan päästöksi.

Muotinosien valmistuksessa käytetään usein alipainekarkaisua, alipainekarkaisussa pyritään läpikarkaisuun. Menetelmän etuna on sileä ja tasainen pinta karkaisun jälkeen.

Kovuuksia työkaluteräksille esitetään alla olevassa taulukossa. (kuva 15). (Teknoliateollisuus, 2005)

	Työväline				
	Ruiskupuristusmuotti	Leikkuutyökalu	Painevalumuotti	Takomuotti	Pursotustyökalu
Työvälineteräs	1.2083 STAVAX M310	53 ± 1 HRC			
	1.2721 GRANE K605	54 ± 1 HRC	54 ± 1 HRC		
	1.2767 K600	53 ± 1 HRC	53 ± 1 HRC		
	1.2510 ARNE K460		60 ± 1 HRC		
	1.2379 SVERKER 21 K110		60 ± 1 HRC		
	1.2344 ORVAR W302	51 ± 1 HRC		47 ± 1 HRC	43 ± 1 HRC tai 47 ± 1 HRC
	1.2885 QRO 90 W321		49 ± 1 HRC		
	1.2714 ALVAR W500			43 ± 1 HRC tai 47 ± 1 HRC	
	1.3344 VANADIS 23 S790	61 ± 1 HRC tai 63 ± 1 HRC	61 ± 1 HRC tai 63 ± 1 HRC		

Kuva 15 karkaisu (Teknologiateollisuus, 2005)

### 3.2.5 3D-tulostaminen

Tulevaisuudessa muottivalmistuksessa tulee lisääntymään 3D-tulostaminen. Tulostamalla valmistetut osat ovat erittäin vapaita muotoilulle ja mahdollistavat hankalimpienkin tuotteiden valmistuksen. Tulostuslaitteisto kehittyy jatkuvasti ja on jo nyt riittävällä tasolla muotin osien valmistukseen. Muutamia vuosia taaksepäin tulostettavaksi tarkoitetut jauhemetallit eivät olleet vielä sillä tasolla mitä erittäin laadukkaaseen tulostamiseen vaaditaan. Tänä päivänä tulostettavat materiaalit ovat riittävällä tasolla ja niiltä vaadittu 50 HRC:n kovuus saavutetaan ja voidaan taata riittävä kulutuksen kesto. Tulostusmenetelmä on ainetta lisäävä menetelmä, jossa kasvatetaan tuotetta kerros kerrokselta. Jauhemetalli sulatetaan laserin avulla tuotteen pintaan ja näin kerrokset kasvavat. Menetelmää käytetään jo hyvin yleisesti, mutta muotin teossa suurimmat hyödyt saavutetaan, kun voidaan vapaasti suunnitella vesikanavia (kuva 16) aivan tuotepinnan lähelle välittämättä valmistuksen hankaluudesta. (ASSAB, n.d)



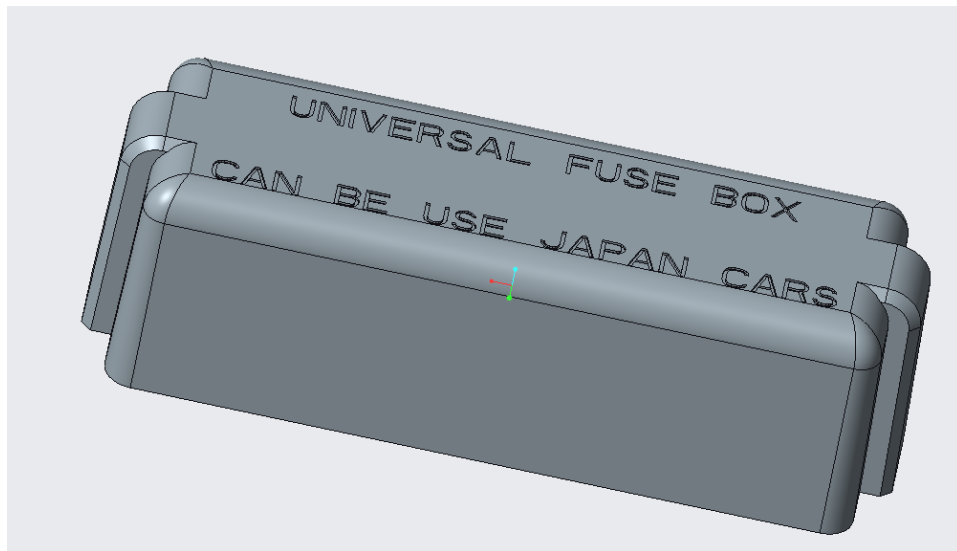
Kuva 16 Tulevaisuus (ASSAB, n.d)

## 4 TUOTESUUNNITTELUTYÖN LÄHTÖKOHTANA

Tämän opinnäytetyön keskiössä on muottisuunnittelu. Suunnittelulla muotilla tullaan valmistamaan sulakerasian kansi ruiskuvalamalla.

#### 4.1 Tuote

Valmistettava tuote (kuva 17) on auton moottoritilaan tulevan sulakerasian kansi. Raaka-aineena toimii ABS Cylolac MG47N materiaali, materiaali riittää sellaisenaan, eikä siihen vaadita lisäksi lisäaineita. Raaka-aine on läpivärjätty mustaksi mikä antaa tuotteelle paremman suojan UV-säteitä vastaan. ABS-muovi on hinnaltaan kilpailukykyinen ja se sopii erinomaisesti ruiskuvaluvalmistukseen.



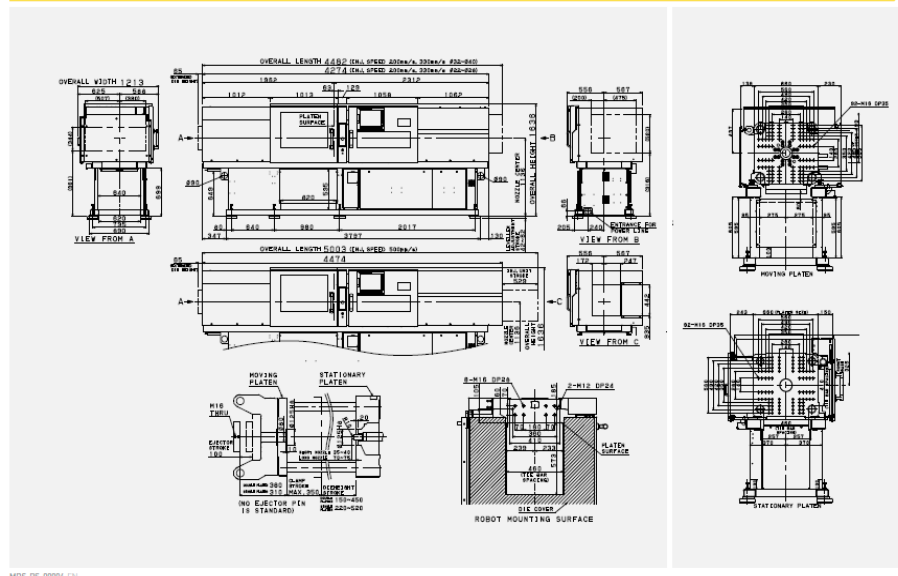
kuva 17 Tuote

Tuotteen seinämän vahvuus on 1,2 mm ja tuotteen mitat pituus 95 mm, leveys 33,6 mm, korkeus 31 mm ja tilavuus 12,4 cm<sup>3</sup>.

#### 4.2 Tuotantotiedot

Tuotteen arvioidut valmistusmäärät ovat 3000–5000 kpl kuukausittain. Jaksonaika tuotteen valmistuksessa liikkuvat välillä 10–12 sekuntia isku. Tuotteen elinkaareksi on saatu laskutavoista riippuen 10–15 vuotta. Ennusteita tuotantomääriin ja tuotteen elinaikaan ei tässä raportissa paneuduta enempää. Tuotannossa konetuntihinta on kallis ja tältä välttyäkseen suunnittelin kaksi pesäisenmuotin. Ruiskuvalu suoritetaan koneella Fanuc  $\alpha$ -S100iA tai vastaavalla koneella (kuva 18). Koneesta perustiedot riittävät muottisuunnitteluun. Näitä tietoja ovat kiinnityspöytien mitoitus ja johteiden vapaa väli. Tärkeintä on, että muotti mahtuu koneeseen. Koneelta vaaditaan riittävän suurta annoskokoa, jotta ruiskutus saadaan suoritettua hallitusti, mutta ei kuitenkaan liian suuri. Liian suuri annoskoko aiheuttaa muovin termisen tuhoutumisen seistessään liian kauan koneen ruuvissa. Konevalmistajilta löytyvät selkeät taulukot, joista mitoitus voi tarkistaa.

### **$\alpha$ -S100iA Dimensions**



kuva 18 Kone (Fanuc, n.d)

### 4.3 Materiaali

Materiaalilla, josta tuote tullaan valmistamaan, on suuri vaikutus muottisuunnitteluun. Materiaaleilla on paljon eri ominaisuuksia, jotka voivat vaikuttaa muottisuunnitteluun. Muottisuunnittelussa voidaan huomioida erityistarpeita liittyen ruiskuvaluprosessin onnistumiseen. Huonot ominaisuudet, joita muottisuunnittelussa pyritään välttämään voivat olla esimerkiksi se, että tuote tarttuu väärälle puolelle muottia, kappale jäähtyy liian hitaasti, kappaleen irrotukseen tarvitaan jokin vakiosta poikkeava tapa. Vakiosta poikkeava tapa voi olla esimerkiksi se, että tuote tulee poimia robotilla, sillä putoaminen naarmuttaa tuotetta. Tärkein tieto muottisuunnittelua ajatellen on kuitenkin raaka-aineen kutistumisominaisuudet. Kutistumisominaisuudet tulee huomioida muotin mitoituksessa. Kutistuman ollessa 1,5 % tulee muotoja tekevien muotojen olla 1,5 % suurempia kuin haluttu lopullinen tuote. Tässä tuotteessa käytetään ABS- muovia markkinointi nimeltään CYCOLAC MG47N. Kuvassa (kuva 19) on ympyröitynä kutistumatiedot raaka-ainevalmistajan teknisessä dokumentissa.





PROPERTIES	TYPICAL VALUES	UNITS	TEST METHODS
CTE, -40°C to 40°C, xflow	8.82E-05	1/°C	ASTM E 831
Ball Pressure Test, 75°C +/- 2°C	PASSES	-	IEC 60695-10-2
Vicat Softening Temp, Rate B/50	98	°C	ISO 306
Vicat Softening Temp, Rate B/120	100	°C	ISO 306
HDT/AI, 1.8 MPa Flatw 80*10*4 sp=64mm	81	°C	ISO 75/AI
Relative Temp Index, Elec	60	°C	UL 746B
Relative Temp Index, Mech w/impact	60	°C	UL 746B
Relative Temp Index, Mech w/o impact	60	°C	UL 746B
PHYSICAL			
Specific Gravity	1.04	-	ASTM D 792
Mold Shrinkage, flow, 3.2 mm (5)	0.5 - 0.8	%	SABIC method
Melt Flow Rate, 230°C/10.0 kg	5.6	g/10 min	ASTM D 1238
Melt Viscosity, 240°C, 1000 sec-1	2250	Poise	ASTM D 3825
Density	1.04	g/cm³	ISO 1183
Melt Flow Rate, 220°C/10.0 kg	18	g/10 min	ISO 1133
ELECTRICAL			
Arc Resistance, Tungsten (PLC)	6	PLC Code	ASTM D 495
Hot Wire Ignition (PLC)	3	PLC Code	UL 746A
High Voltage Arc Track Rate (PLC)	3	PLC Code	UL 746A
High Ampere Arc Ign, surface (PLC)	0	PLC Code	UL 746A
Comparative Tracking Index (UL) (PLC)	0	PLC Code	UL 746A
FLAME CHARACTERISTICS			
UL Recognized, 94HB Flame Class Rating (3)	1.5	mm	UL 94
INJECTION MOLDING			
Drying Temperature	80 - 95	°C	
Drying Time	2 - 4	hrs	
Drying Time (Cumulative)	8	hrs	
Maximum Moisture Content	0.1	%	
Melt Temperature	220 - 260	°C	
Nozzle Temperature	220 - 260	°C	
Front - Zone 3 Temperature	215 - 240	°C	
Middle - Zone 2 Temperature	205 - 225	°C	
Rear - Zone 1 Temperature	190 - 210	°C	
Mold Temperature	50 - 70	°C	
Back Pressure	0.3 - 0.7	MPa	
Screw Speed	30 - 60	rpm	
Shot to Cylinder Size	50 - 70	%	
Vent Depth	0.038 - 0.051	mm	

© 2017 Copyright by SABIC. All rights reserved

CHEMISTRY THAT MATTERS™

Kuva 19 Data Sheet (Sabic, n.d)

#### 4.4 Suunnitteluohjelmistot

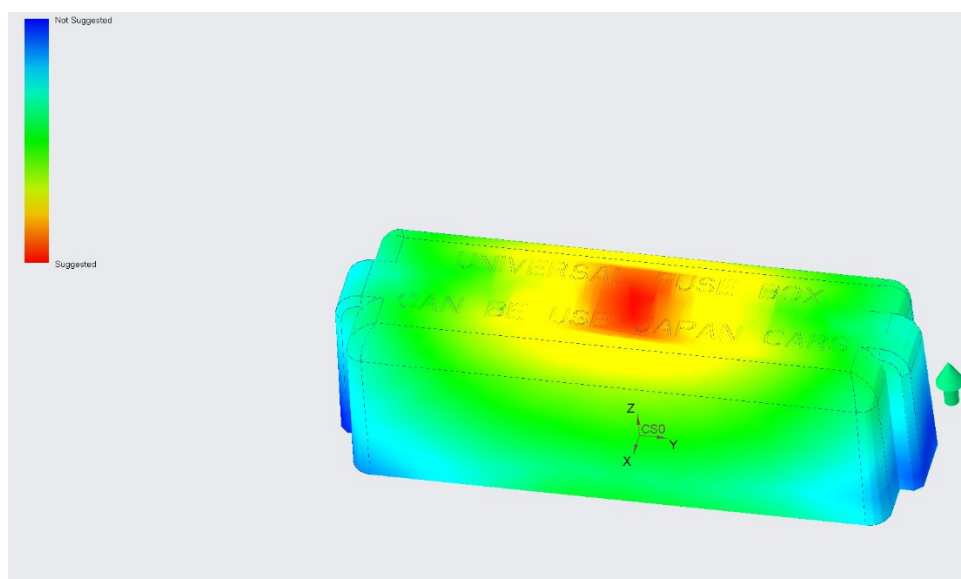
Muotin suunnittelutyö suoritettiin PTC:n Creo 5-ohjelmistolla. Creo ohjelmisto on paljon käytetty 3D-suunnittelu-ohjelmisto, jota käytetään mekaniikka- ja erityisesti muovituotesuunnittelussa. Creo 5-ohjelmistoon oli myös integroitu ohjelmisto Expert moldbase extension (EMX), joka on hyvä työkalu muotinsuunnitteluun.

##### 4.4.1 Creo-parametric 5.0

Creo-suunnittelu-ohjelmisto oli itselleni jo ennestään tuttu koulusta ja olin päässyt käyttämään sitä jo työelämässäkin. Suunnittelutyön olisi voinut

suorittaa pelkällä Creollakin ilman EMX-lisäosaa, mutta tarkoitus oli tuoda esille myös sen suomat mahdollisuudet. Creolla suunniteltaessa tulisi jokainen osa ja levy pursottaa 3d malliksi itse, mikä on aikaa vievää ja työlästä. EMX on erinomainen lisätyökalu muottisuunnitteluun, ohjelman avulla saadaan käyttöön kahden suuren muottikomponentti valmistajan kirjastot suoraan Creo-ohjelmistosta käsin. Ohjelman avulla saadaan rakennettua muottikokoonpano suoraan valmistajien standardin mukaisista komponenteista, ja näin vältetään ylimääräiset ongelmat ja lisäkulut.

Tuotteelle tehtiin kevyt täyttymisanalyysi hyödyntäen Creo-suunnitteluohjelmistoa. Analyysi osoittaa tuotteelle parhaan mahdollisen sisäänmenoportin sijainnin, kuvassa paras kohta ruiskuttaa muovimassa tuotteeseen näkyy punaisella värillä. (kuva 20)



Kuva 20 Simulointi

Tänä päivänä käytetään suunnitteluvaiheessa yleensä asiantuntijaa analysoimaan tuotteen ruiskuvaluun sopivuutta. Analyysi kattaa ruiskutusportin/sisäänmenon suosituspisteen, lämpöanalyysin, mikä kertoo mahdollisista jäähdytysongelmista. Tuotteen seinäpaksuuserojen vaikutusta tuotettavuuteen ja tuotteen laatuun voidaan myös tietokoneen avulla analysoida hyvinkin tarkasta. Nykyaikaisen analysoinnin avulla voidaan siis parantaa tuotteen mallia ja laskea etukäteen jäähdytyksen tarve ja jopa jaksonaika.

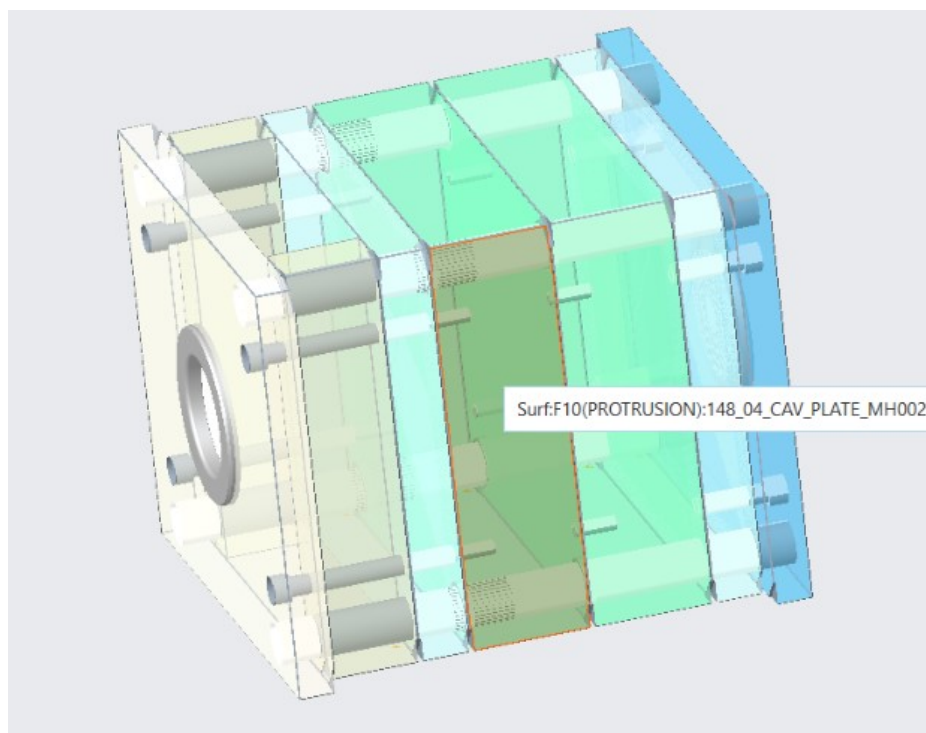
#### 4.4.2 EMX- lisäosa

EMX ohjelmistosta löytyvät Hasco:n- ja Meusburgerin komponenttikirjastot, molemmilta valmistajilta löytyvät komponentit kaikkeen muotin rakentamiseen. EMX ehdoton etu on siinä, että muotin suunnittelu aikaa voidaan selkeästi lyhentää. Yksi ehdottomista hyödyistä

EMX:n käytössä saadaan, kun muottiin lisätään esimerkiksi kiinnityspultti. EMX osaa tehdä tarvittavat läpimenoreiät ja kierteet muottiin automaattisesti. Edellä mainituilla toimilla säästetään aikaa, kun ei tarvitse erikseen mennä lisäämään kierretilaa, kierretila tulee automaattisesti leikattua, kun pultti lisätään suunnitelmaan. (PTC) Itse en vielä tässä vaiheessa osannut kaikkia toimintoja hyödyntää, mitä EMX voisi tarjota, mutta selkeä etu sen käytöstä oli jo omalla kokemuksellakin. (PTC, 2014)

## 5 MUOTTISUUNNITTELUNI

Muottirakenteita on olemassa monenlaisia, mutta tässä työssä keskitytään yksinkertaiseen muottirakenteen suunnitteluun. Muottiin ei tule ulkopuolisia liikkujia, hydraulisylintereitä, pneumatikkasylintereitä tai mitään muitakaan vastaavia apulaitteita. Muotti on suunniteltu asennettavaksi ruiskuvalukoneeseen, jonka avulla muotti saadaan tuottamaan kappaleita. Muotin perusrakenne on kuvattuna alla. (kuva 21) Muottiin käytetyt materiaalit ovat lähes poikkeuksetta terästä, mutta joitain proto- ja piensarjamuotininseritejä on valmistettu myös tulostamalla.



kuva 21 Muottirunko

Muotin osat oikealta vasemmalle lueteltuna 1. kiinnityslevy, 2. tukilevy, 3.pesälevy, 4.pesälevy, 5.tukilevy, 7.tukipalat, 8.kiinnityslevy.

## 5.1 Muotin osien vaikutus muotin toimintaan

Kiinnityslevyn tehtävänä on toimia kiinnitysalustana, kun muotti kiinnitetään koneeseen. Siinä olevalla keskitysrenkaalla muotti paikoitetaan keskelle koneen pöytää. Keskittämistä tarvitaan siihen, että kun ruiskutusyksikkö ajetaan muottia vasten, tulee muotin kanavan osua ruiskutussuuttimeen. Kiinnityslevyä käytetään myös muotin kokoamisen apuna. Kiinnityslevyn läpi laitetaan kiinnityspultit ja näin sidotaan eri muotinosat yhteen.

Tukilevy on rakenteessa seuraavana. Levyn tehtävä on nimensä mukaisesti tukea pesälevyä ja ottaa osa ruiskutuspaineen voimasta vastaan. Tällä halutaan varmistaa, ettei pesälevy tai pesäinsertti pääse vääntymään. Tukilevyyn lisätään usein myös vesikierto mikä siirtää pesälevystä johtunutta lämpöä muotista pois. Tukilevyn paksuuteen vaikuttavat muutkin kuin mekaaniset ominaisuudet. Levyä voidaan joutua paksuntamaan, jotta mahdollinen kuumakanavisto saadaan mahtumaan muottiin.

Pesälevy toimii alustana varsinaiselle pesäinsertille ja pesäinsertti kiinnitetään pesälevyn pulteilla kiinni. Pesäinserteissä on yleensä omat jäähdytysvesikierröt, mutta siitä huolimatta on pesälevyyn hyvä lisätä jäähdytysvesikierto. Pesäinserttien vesikierröt voivat olla riittämättömät siirtämään kaikki sulasta muovimassasta tullut lämpö pois kappaleesta. Pesälevyjä on muotissa kaksi kappaletta, yksi kiinteällä muottipuoliskolla ja toinen liikkuvalla puoliskolla. Pesälevyt muodostavat yhdessä muotin sulkupinnan, joka jakaa muotin kiinteään ja liikkuvaan puoliskoon.

Liikkuvan puolen pesälevyn jälkeen on muotissa jälleen tukilevy tukemaan rakennetta ja estämään vääntyilyä. Tukilevyn jälkeen tulee vapaa tila, joka on varattu ulostyöntölevyjen liikkeelle. Vapaa tila on vain muotin keskellä ja muotin sivut ovat tuettu tukipaloilla. Tukipalat toimivat muottirungon jäykistäjinä ottaen samalla vastaan osan sulkuvoiman paineesta. Tukipalojen välistä löytyvät ulostyöntölevyt, joiden tehtävä on liikuttaa ulostyöntötappeja, kun tuote poistetaan muottipesästä.

Viimeisenä muottirunkoon tulee takakiinnityslevy, jonka avulla muotti kiinnitetään ruiskuvalukoneeseen. Takalevyä hyväksi käyttäen sidotaan liikkuvan puolen muottirakenne toisiinsa kiinni. Takalevy toimii myös ulostyöntölevyjen taka-asemana. (Stoeckhert, 1983)

## 5.2 Muottimateriaalilta vaaditut ominaisuudet

Suunnittelemani muotti tullaan valmistamaan teräksestä. Ruiskuvaluprosessissa teräkseltä vaaditaan ominaisuuksia, että teräs kestää lämpötilan- ja paineenvaihtelut. Muottiin ruiskutettava sula massa voi saavuttaa jopa 300 C° asteen lämpötilan, kun taas muotin pesän

lämpötilat voivat olla ennen ruiskutustapahtumaa vain 60 C° astetta, joten lämpötilavaihtelut ovat rajuja. Materiaalin valinnalla voidaan vaikuttaa muotissa eri seikkoihin, muovin kestoikään, tuotteen laatuun ja tuottavuuteen. Laadukkaampi teräs kestää kulutusta pidempään ja mahdollistaa esimerkiksi paremman pinnanlaadun paremman kiillotettavuuden ansiosta. Muottilaattojen vääntyilyt ja elämisen ovat ongelmallisia ja nämä ongelmat voidaan välttää käyttämällä siihen sopivia teräslaatuja. Korroosion kesto vaaditaan teräksiltä, jotka ovat kosteuden ja veden kanssa tekemisissä, näitä ovat ainakin muottilevyt, joissa on jäähdytysvesikierrot. Teräkseltä voidaan vaatia myös sitkeyttä, puhtautta, lämmönjohtokykyä, lujuutta ja kovuutta. Kuvassa 23 esitellään yleisimmin käytettyjä muottiteräksiä. (Uddeholm, 2019)

Teräslaadut ilmoitetaan numerosarjoilla, esim. 1.1730, joka on työkaluteräs. Tässä muotissa on käytetty rungossa kahta eri materiaalia levyissä, jotka eivät ole kosketuksissa veden kanssa eivätkä vaadi karkaisua. Nämä levyt valmistetaan 1.1730-työkaluteräksestä. Karkaistavaksi tarkoitettut ja veden kanssa tekemisissä olevat levyt valmistetaan 1.2083-työkaluteräksestä. Teräs karkaistaan, jotta teräksen pintakovuus paranee ja kulutuksenkesto lisääntyy. Muottilevyjen karkaisussa käytetään hyvin paljon alipainekarkaisua.

<b>UDDEHOLM MOULD STEELS</b>	
Impax Supreme (AISI P20, modified)	A prehardened Ni-Cr-Mo steel, supplied at ~310 HB, with excellent polishing and photo-etching properties. Suitable for a wide range of injection moulds, blow-moulds and extrusion dies.
Nimax ESR	A low carbon steel, delivery hardness ~380 HB. Excellent toughness, machinability and weldability. The ESR process also gives excellent polishability and etching properties.
Nimax	A low carbon steel, delivery hardness ~380 HB. Excellent toughness, machinability and weldability. Good polishing and etching properties.
Stavax ESR / Mirrax ESR (AISI 420, modified)	Through-hardening corrosion resistant mould steel with very excellent polishability.
Mirrax 40	A prehardened corrosion resistant mould steel supplied at ~380 HB with good machinability, very good toughness and excellent polishing properties.
Polmax (AISI 420, modified)	A through-hardening corrosion resistance mould steel with extremely good polishability.
Corrax	A precipitation hardening steel with exceptionally good corrosion resistance, easy heat treatment and good weldability.
AM Corrax	A precipitation hardening steel with extremely good corrosion resistance. Delivered as powder for additive manufacturing (AM) to be used in the same applications as conventional Corrax.
Orvar Supreme (AISI H13, improved)	A versatile through-hardening 5% Cr mould and die steel with good wear resistance and polishability.
Vidar 1 ESR (AISI H11)	A 5% Cr mould and die steel with good through-hardening properties. Suitable for general hot work and plastic mould applications, specially large plastic moulds with requirements on high toughness in combination with very good polishability and texturing properties.
Unimax	A steel with very good hardenability, suitable for surface coating. The unique combination of toughness and wear resistance makes it suitable for long run moulding and moulding of reinforced plastics.
Rigor (AISI A2)	A through-hardening steel, recommended for very long production runs of smaller, complicated mouldings.
Elmax SuperClean Vanadis 4 Extra SuperClean Vanadis 8 SuperClean	Powder metallurgically produced mould steels characterized by very good dimension stability, good polishability and wear resistance. Elmax SuperClean is corrosion resistant, Vanadis 4 Extra SuperClean has the highest toughness and Vanadis 8 SuperClean the best wear resistance. Recommended for long production runs of smaller and complicated shapes and/or abrasive plastics.
Vancron SuperClean	Uddeholm Vancron SuperClean is a nitrided powder metallurgical tool steel offering an excellent combination of galling resistance and adhesive wear resistance. The low friction properties can reduced problems with sticking of plastic to mould surface.

Kuva 23 Muottiteräkset (Uddeholm, 2019, s. 21)

### 5.3 Ruiskutuskanavat

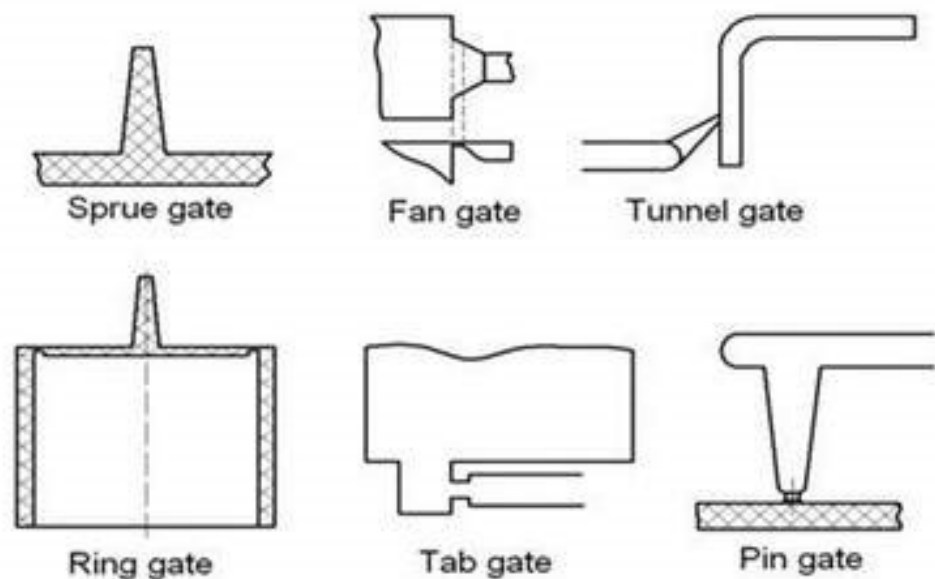
Ruiskuvalumuottiin on valittavissa kahdenlaista eri järjestelmää, kylmäkanava- tai kuumakanavajärjestelmä. Kylmäkanavisto on rakenteeltaan yksinkertaisempi ja sen myöden myös edullisempi vaihtoehto. Kylmäkanava koostuu valuportista, jakokanavistosta sekä suuttimista. Ruiskuvalukoneen suutin yhdistyy muotin suuttimeen ja on ensimmäinen tiehyt, jota pitkin sulamassa pääsee etenemään kohti muottipesää. Suuttimesta massa virtaa seuraavaksi jakokanaviin, joka jakaa sulaa massavirtaa eri valuporteille. Valuportti on tarkasti muotoiltu ja mitoitettu, muottipesään johtava kapea aukko. Valtaosa kylmäkanavistosta sijaitsee jakotason pinnalla, mutta valuportti voi mennä lyhyitä matkoja muottilaatan sisällä.

Ruiskuvalumuoteissa käytettäviä valukanavia on monenlaisia riippuen muottien rakenteesta. Valukanavien suunnittelussa tulisi pyrkiä siihen, että jokaiselle muottipesälle olisi kanavalta yhtä pitkät juoksumatkat millä

vältetään pesien eriaikainen täyttyminen. Ruiskuvaluporteissa on olemassa monia eri muotoja ja toiset muodot sopivat paremmin toisille raaka-aineille kuin toisille. Raaka-aine valmistajalta saa ohjeellista tietoa valuporttien mitoittamiseen ja muotoihin. Alla kuvattu erilaisia valukanavia ja valuportteja (kuva 24).

Kuumakanavisto (kuva 25) on nimensä mukaisesti kuuma, koostuen suuttimista ja lämmitettävistä jakokanavista. Kanavat lämmitetään sähkövastusta hyväksi käyttämällä ja lämpötilaa seurataan lämpöelimillä. Kuumakanavia on olemassa matalajännitteisiä 5-12V sekä korkeajännitteisiä 220-250V. Tähän muottiin valitsin PSG:n 4-piirisen 240V:en järjestelmä. Suuttimet ja jakopalkisto sijoitetaan kiinteälle muottipuoliskolle muottilaatan sisään ja pesien päälle.

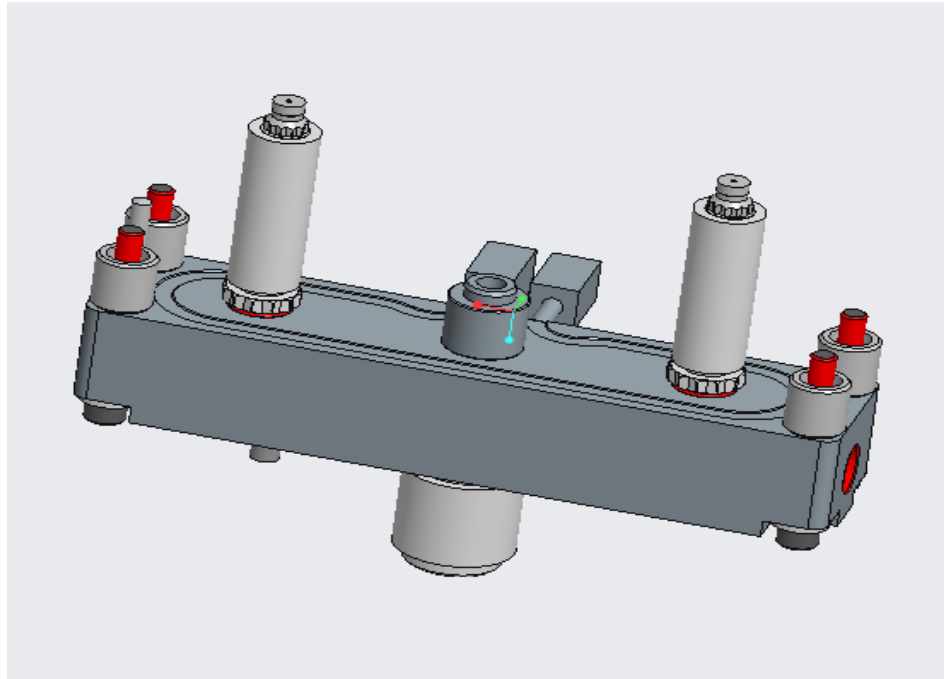
Valukutistumaa kompensoidaan syöttämällä lisää raaka-ainetta sekä kylmä-, että kuumakanava ratkaisuihin valuporttien kautta muottipesään. Syöttövoima saadaan aikaan paineistamalla muovi-raaka-aine valukoneen ruuvilla. (Höök, 2008)



Kuva 24 kanavisto (Mouldplastic, n.d)

Muottiin valitsin kuumakanavajärjestelmän perustuen optimaaliseen sisäänmenopisteeseen. Kylmäkanavalla sisäänmenon toteuttaminen keskelle kappaletta olisi ollut mahdotonta. Kuumakanavaksi valikoitui Meusburgerin järjestelmästä kuumakanava, jossa on yksi sisäänmenosuutin, kaksi jakokanavistoa ja kaksi torpeedosuutinta. Kuumakanavisto on saksalaisen PSG:n valmistama kanavisto. PSG on nykyään osa Meusburgerin konsernia. Kuumakanavassa on neljä lämmityspiiriä, sisäänmenosuutin, jakokanava sekä kaksi kappaletta

torpeedosuuttimia. Materiaalivaihtoehtoina kyseiseen kuumakanavan ovat teräkset 1.2316 tai 1.2311 riippuen käytettävästä muoviraaka-aineesta. Molemmat teräslajit ovat esikarkaistuja työkaluteräksiä, mutta 1.2316 lisäominaisuutena on korroosion kestävyys. Tuotteessa käytettävä materiaalin on ABS mikä on korroosiota kiihdyttävä materiaali, joten kuumakanavan materiaaliksi valikoitui 1.2316 teräs.(Meusburger, n.d)



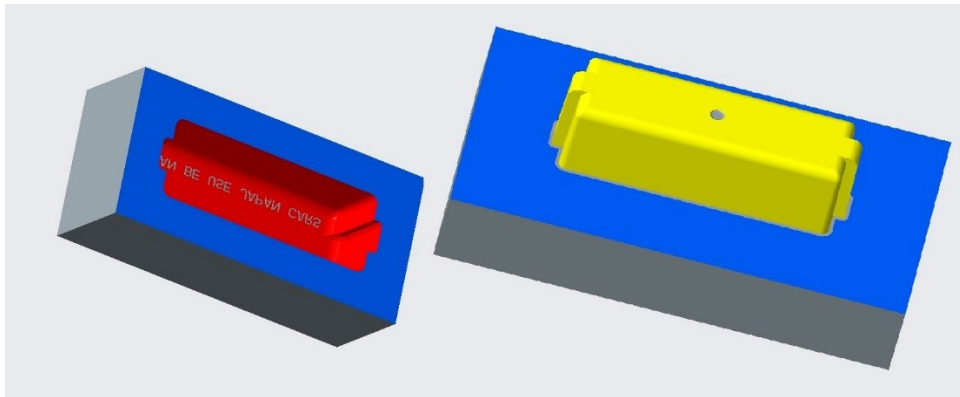
kuva 25 Kuumakanava

#### 5.4 Muottiosien suunnittelu

Suunnittelu työ alkoi pesäinserttien suunnittelulla, koska inserttien koko tulee vaikuttamaan koko muotin kokoon. Pesäinserttien muotoiluun käytin Creo-ohjelmistoa, sillä Creossa oli mahdollisuus leikata suoraan tuotteen muodot muotti-osiin. Leikkaamista varten tarvittiin tuotteesta 3D-malli, jota apuna käyttäen saatiin muodot leikattua aihioihin. Ennen varsinaista leikkaustyötä oli tuotteesta tehtävä referenssituote. Referenssituote tulee kasvattaa mitoiltaan raaka-aineen kutistuman verran. Kutistuman lisääminen oli erittäin tärkeä muistaa, kun haluttiin valmistaa oikean mittaisia tuotteita. Raaka-aineen muottikutistuma löytyi raaka-aineen datasheet lehtiseltä (kuva 25). Kyseisellä raaka-aineella kutistuman vaihteluväli oli 0,5–0,8 %, siitä johtuen suurensin referenssiosaa 0,65 % joka oli keskiskiarvon mukainen kutistuma. Leikkauksessa määritellään, moneen eri puoliskoon leikatut muodot halutaan jakaa, tässä tapauksessa jaoin leikkauksen kiinteään-ja liikkuvaanpuoleen. Leikatut puoliskot tulevat muodostamaan myös muotin jakotason, josta muotti aukeaa. Leikkaamalla sain aikaiseksi pesäinserttien aihiot (kuva 26), insertteihin tulee lisätä vielä kaikki muu



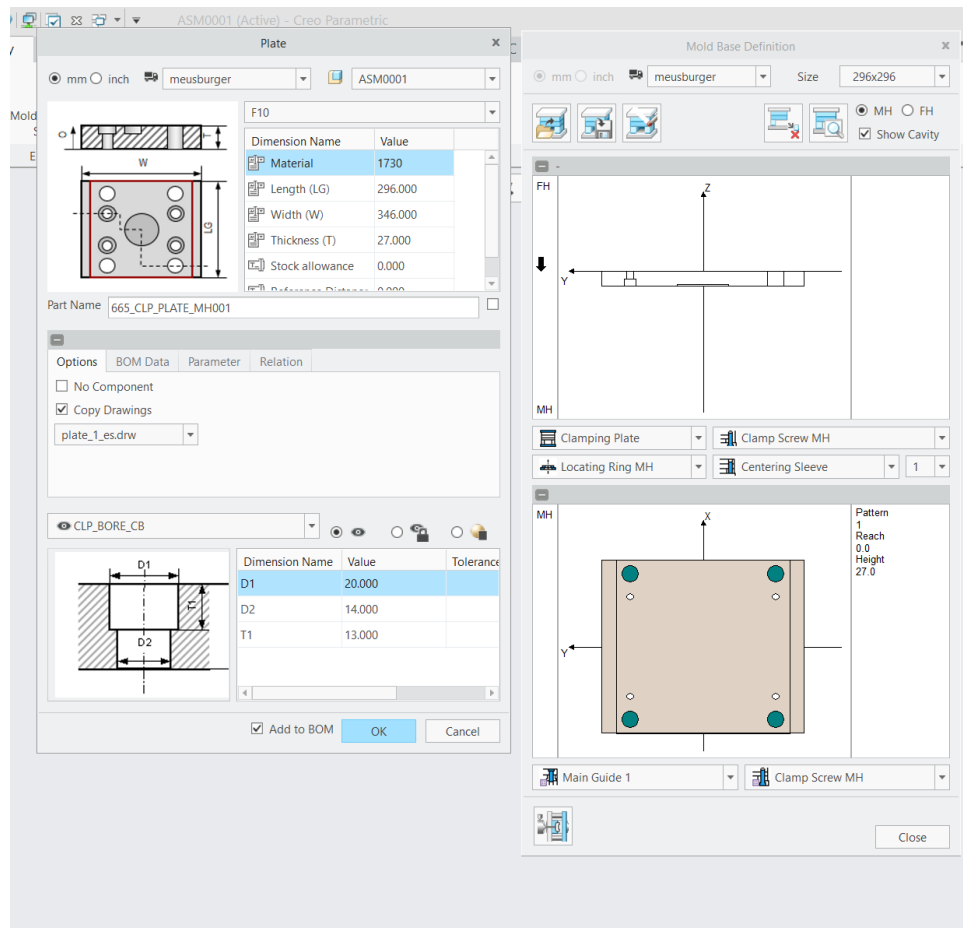
kuten vesikierto, kiinnityspaikat ja paljon muuta. Leikkaamalla tuotteen muodot suoraan voidaan säästää aikaa ja varmistua siitä, että tuotteen ja muotin muodot vastaavat täydellisesti toisiaan.



Kuva 26 Insertit

Inserttien materiaaliksi valitsin uddeholmin valikoimista Stavax ESR teräksen. Stavax:in sopivuudeksi puoltaa materiaalin hyvä korroosion kesto, joka takaa pintojen hyvän säilyvyyden myös kosteissa tiloissa. Lämmönsiirtokyky on hyvää luokkaa, kuin myös kulutuksenkestävyys. Stavax on läpikarkeneva ja sillä on myös hyvä mittapysyvyys karkaisussa. (Uddeholm, n.d) Tuotemuodot tullaan kipinätyöstämällä muotoilemaan teräkseen, jonka jälkeen porataan vesireiät, jyrksitään inserttiin kiinnityspaikat ja -reiät. Työstövaiheiden jälkeen teräs karkaistaan käyttämällä alipaine karkaisua. Käsiteltävään osaan voidaan joutua lisäksi lisäämään kiinnitysreikiä, kierteitä tai tasoja työstökoneisiin kiinnittämisen helpottamiseksi.

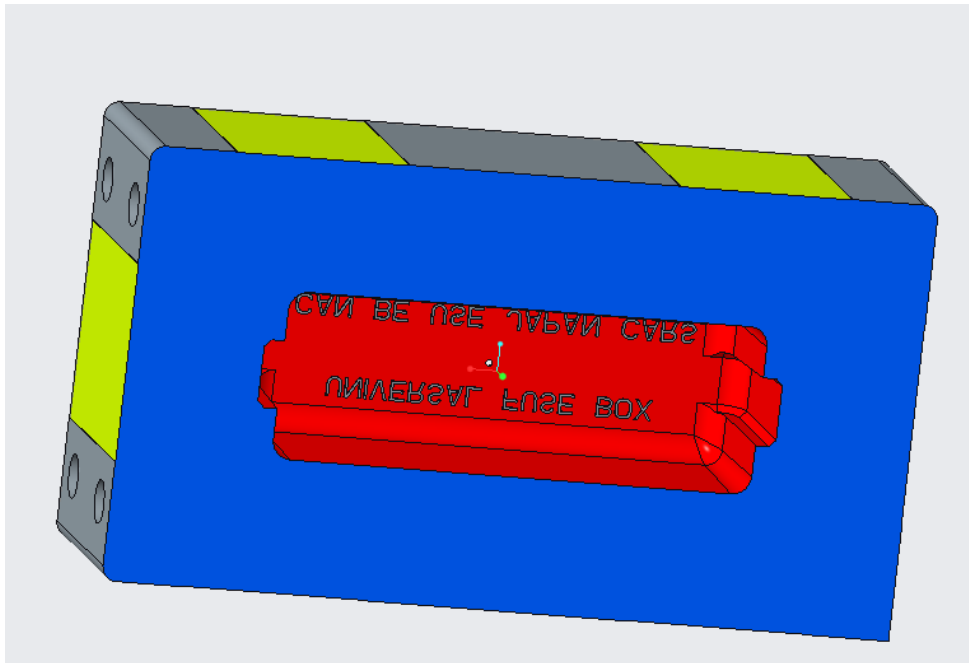
Inserttisuunnittelun jälkeen pääsin suunnittelemaan perusmuottirunkoa, kun selvillä oli inserttien vaatima tilantarve. Muottirunko koottiin Meusburgerin vakiokomponenttikirjastoa hyväksi käyttäen, kirjastoa pääsin hyväksi käyttämään suoraan Creo-ohjelmistosta. Ohjelmaan määritetään mitä runko kokoa halutaan käyttää ja ohjelmisto avustaa vaihe vaiheelta rungon kokoamisessa. Muottirungon peruskooksi valitsin koon 296x296. Koon vallinnan jälkeen muottia aletaan rakentamaan etulevystä taaksepäin, joskin itse täytyy päättää, lisätäänkö pesälevyjen taakse tukilevyt vai ei. Itse päädyin lisäämään levyt suunnitelmaan, koska suuren pesäpinta-alan vuoksi pesälevyyn kohdistuu suuri paine. Muottirungon luomisessa voidaan määritellä levyille eri levynpaksuuksia, materiaaleja ja porauksia mitä halutaan levyyn sisältyvän (kuva 27).



kuva 27 EMX

Parasta ohjelman käytössä mielestäni oli se, että se tarjoaa ensi sijaisesti standardi-osia, joiden saatavuus on parempaa ja hinnat edullisempia.

Muottirungon luomisen jälkeen oli aika ryhtyä sovittamaan tuotemuotoa tekevät insertit muottirunkoon. Insertteihin olin varannut materiaali vahvuutta riittävästi tuotemuodon tekevän pinnan alapuolelle, jotta mahdolliset vesikanavat, kiinnitystilat ja muu tarvittava saadaan insertteihin mahtumaan. Inserttitilat pesälevyihin tein kätevästi leikkaamalla Creossa, insertti toimi leikkaavana ja pesälevy leikattavana elementtinä. Insertteissä käytin tasamittoja, jotta turhilta desimalleilta vältyttiin. Leikkausta tarvittiin kiinteän puoliskon pesälevyyn sekä liikkuvan puoliskon pesälevyyn. Pesäinsertteihin lisättiin ulkopintaan kevennykset, materiaalia poistettiin tietyistä kohdin, jotta asennus paikalleen on helpompaa, kun koko reuna ei ohjaavaa pintaa (kuva 28).

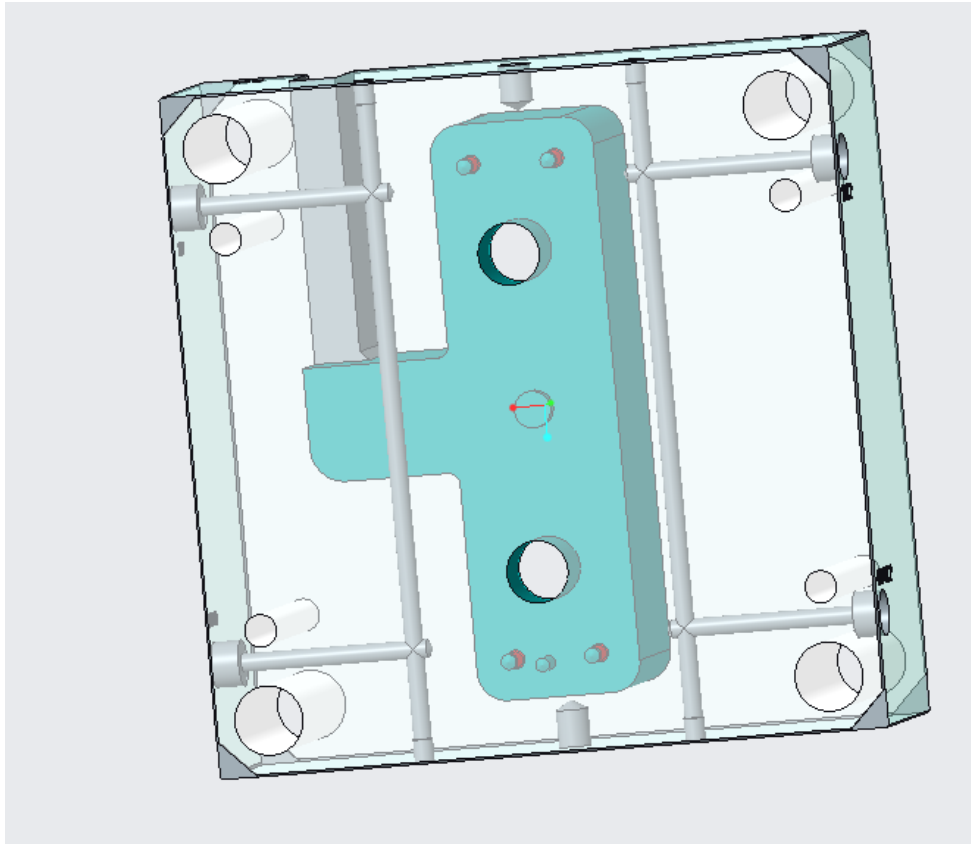


Kuva 28 Kevennykset

Pesälevyn inserttien kulmiin tehdään pyöristykset suuremmalla säteellä kuin inserteissä, tällä varmistetaan se, että insertti saa ohjauksen oikeasta pinnasta. Pesälevyyn lisättiin myös vesikiertoja varten menevät poraukset ja väistöt. Inserttien kiinnitystä varten lisättiin pesälevyyn reiät ja kannan upotokset kiinnityspulteille. Pesälevyjen materiaaliksi valitsin 1.2083:n, näihin levyihin ruiskutuspaineen ja sulkuvoiman vaikutus kohdistuu kaikkein eniten, joten levyt karkaistaan HRC 54 kovuuteen. Materiaali mahdollistaa myös vesireittien teon suoraan pesälevyyn hyvän korroosiokeistonsa ansiosta. Materiaalina voitaisiin käyttää myös mahdollisesti 1.730 terästä sen huomattavasti edullisemman hinnan vuoksi, mutta huonon korroosiokestävyyden takia päädyin käyttämään kyseistä terästä vain osissa jotka eivät ole suorassa kosketuksessa veden kanssa.

Tukilevyjen suunnittelun aloitin etumuotin tukilevystä. Etumuotin tukilevy poikkeaa liikkuvan puoliskon tukilevystä sitten, että siinä on tilat ja kiinnityspaikat kuumakanavistolle. Kuumakanaviston mitat määrittivätkin tukilevyn paksuuden hyvin tarkasti. Halusin suunnitella kuumakanavan sijoituksen niin, että jakopalkiston upotus tulisi vain yhteen muottilevyyn eikä jakautuisi useampaan levyyn. Kyseisellä suunnittelulla pyrin siihen, että koneistus olisi selkeämpää, toleroinnit olisi helpompi määrittää sekä työstökustannukset olisivat edullisemmat. Vesikiertojen suunnittelu tähän levyyn oli haastavaa, koska kuumakanavan leikkaus söi runsaasti tilaa ja vesikiertoille jäi vähän vapaita paikkoja. Veden saaminen tähän levyyn oli kuitenkin erityisen tärkeää, koska kuumakanavisto lämmittää runsaasti myös ympäröiviä materiaaleja ja näistä johtumalla myös pesämuotoja tekevät materiaalit helposti ylikuumenevat. Vesikanavat (kuva 29) sain mahdutettua kuumakanaviston molemmille puolille, jotta tukilevyyn

saataisiin jäähdytystä edes jonkin verran. Vesikanavaratkaisu ei ollut ihanteellinen jo senkin takia, kun se jakaantui kahteen eri piiriin, mutta tämä oli paras ratkaisu. Tuotannon kannalta ihanteellinen vaihtoehto olisi, että vesikanavien liittimet olisivat muotin samalla sivulla.

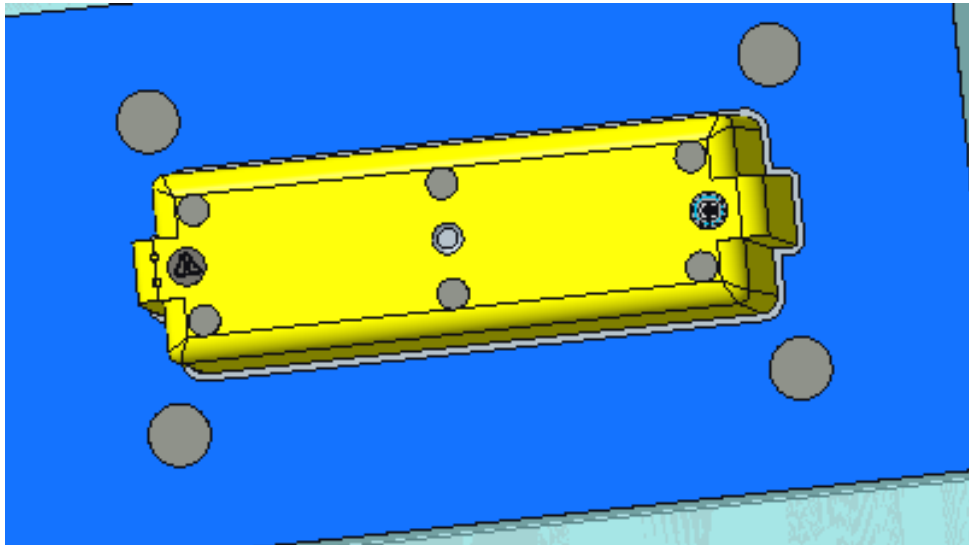


Kuva 29 Vesikanavat

Tukilevyyn tarvittavan kuumakanavan tilan tein kätevästi taas leikkaamalla suoraan kuumakanavalla tilan levyyn. Kuumakanavan myyntiä hoitaa Meusburger ja heidän sivuilta sai myös ladattua kuumakanavistosta 3D-mallin. Malliin saa kätevästi valittua lisäosan, joka huomioi myös tilan tarpeen, joita tarvitaan lämmönhallinnan takia. Tämän lisäosan avulla leikkaisin muodon, jolloin kaikki tarpeellinen tila kuumakanavistoa varten tuli kerralla. Leikkauksen suoritin muotissa, joka oli kokoonpantu. Tämän ansiosta kaikki tilaleikkaukset kaikkiin levyihin, joihin kuumakanava liittyy tuli leikattua kerralla. Ajan säästön lisäksi kerralla leikkaamisella on myös se etu, että kaikki on oikeassa linjassa toisiinsa nähden ja mahdollisuus reikien eri akselialisuudelle poistuu.

Muotiin suunniteltu kappaleenpoisto on perinteiseen tapaan toteutettu, jossa ulostyöntötappeja käytetään kappaleen poistoon muotista muotin avauksen jälkeen. Ulostyöntötapeissa on pyritty käyttämään mahdollisimman suurta tapin halkaisijaa, jolloin tappi ei paina tuotteeseen jättäen siihen jälkiä. Liian pienellä halkaisijalla oleva tappi voi painua osittain pehmeään materiaalin lävitse kokonaan ja siitä seuraa suuria ongelmia tuotteen pois saamiseksi muotista. Reunoille on lisätty

suuremmat pakkopainajatapit, tappien tehtävä on työntää tuote-alueella olevat tapit sisään jos koneessa ilmenee jokin vika (kuva 30).



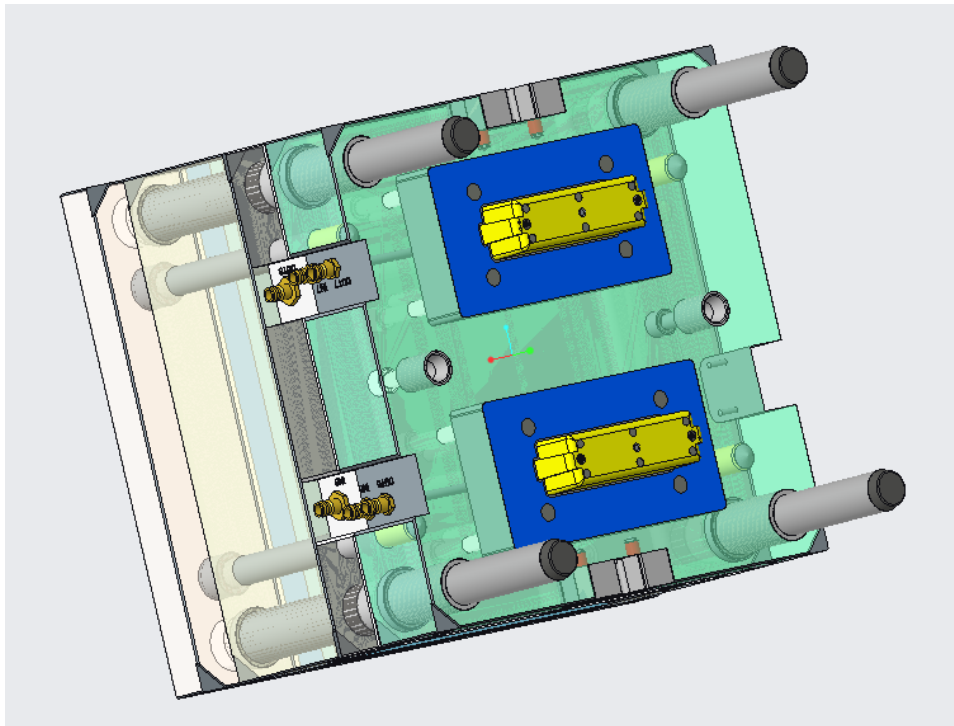
Kuva 30 Ulostyöntö

Kuvassa 30 näkyvät lisätyt leimasimet, joita käytetään paljon ruiskuvaluvalmistuksessa. Kierrätysmerkintä numero yhdeksän kertoo, että tuote on valmistettu ABS-muovista. Valmistusajankohtaa ilmaiseva leimasin, ilmaisee tuotteen tuotanto-ajankohdan.

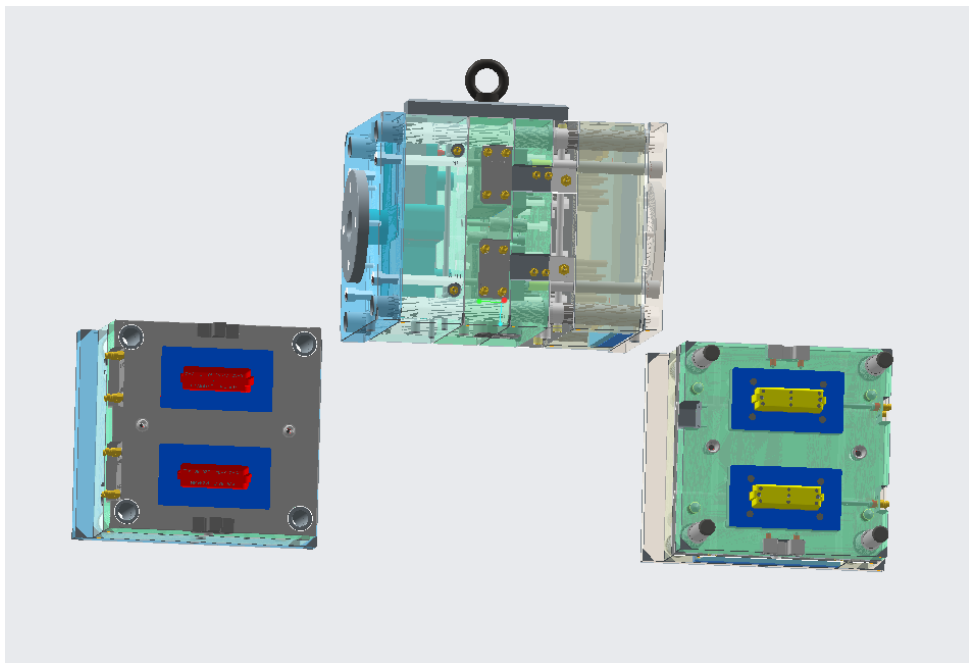
Muotin ohjaus ja keskittäminen hoidetaan valmiilla standardiosilla. Muotin rungon ohjaamiseen käytetään kulmissa olevia ohjaustolppia ja vastapuolella olevia ohjausholkkeja. Ohjaustolppien kovuus on 60HRC mikä takaa kulutuksenkestävyyden ja riittävät liukuominaisuudet. Tolppia on saatavilla myös DLC-pinnoituksella, joka lisää ennestään liuku- ja kestävyysominaisuuksia. Ohjausholkeilta vaaditaan samoja ominaisuuksia kuin tolpillakin, joten kovuudet ja muut ominaisuudet ovat samaa luokkaa. Tolppien paikat ja sijainnit on syytä toleroida tarkasti, jotta ohjaus toimisi mahdollisimman hyvin ja osat eivät turhaan kulu. Tolppien pituudet tulisi valita niin, että muottirunko menee tolppien avulla ohjaukseen ennen kuin tuotemuodot kohtaavat.

Muottirungon ohjaamiseen käytetään edellä mainittuja ohjausolppia, mutta niiden ohjaustarkkuus ei riitä inserttien ohjaukseen. Tuotemuotojen inserttien ohjaukseen käytetään vielä lisäksi omia ohjaimia varmistamaan täydellinen kohdistus eri puoliskoilla. Ohjaukseen löytyy valmiita komponentteja suurilta valmistajilta. Insettien ohjaus tulisi toteuttaa sekä pysty- että vaakasuunnassa, jotta voidaan varmistua täydestä ohjauksesta (kuva 31). Ohjaimet voidaan valmistaa myös täysin itse tarkkuustyöstämällä. Omavalmisteita käytetään erityisesti silloin, kun halutaan ohjata pysty- ja vaakasuuntaa samalla ohjaimella. Ohjaimia valmistettaessa tulee varmistua niiden riittävästä kovuudesta.

Täysin suunnittelun osalta valmis muotti (kuva 32).



Kuva 31 Ohjaus



Kuva 32 Suunniteltu muotti

## 6 POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä käsitellään ruiskuvalumuotin suunnitteluun liittyviä asioita. Tarkoituksena oli koota yhteen sellaista perustietoa, jonka pohjalta suunnittelutyötä voisi lähteä tekemään. Opinnäytetyön tekemisen prosessi oli varsin antoisa mutta haastava. Haastetta aiheutti aiheen rajaus, sillä muottisuunnitteluun vaikuttavat niin monet asiat ja aiheita voi lähestyä niin monesta eri näkökulmasta. Rajasin opinnäytetyön koskemaan vaiheita ennen varsinaisen suunnittelutyön aloittamista ja koskemaan ruiskuvalusta keskeisimpiä asioita. Valmis opinnäytetyö on mielestäni selkeä ja kompakti paketti, joka olisi itseäni auttanut suunnittelutyön alkuun. Haasteena oli myös löytää relevanttia lähdemateriaalia koskien ruiskuvalumuotin suunnittelua. NykYTEknologiaa hyödyntävälle kirjallisuudelle koskien muottisuunnittelua olisi selkeästi tarvetta erityisesti muottiosien mitoituksien ja tolerointien suhteen.

Ruiskuvalu prosessina oli itselleni hyvinkin tuttu, mutta sen vaikutukset suunnitteluun tulivat tämän opinnäytetyön myötä selkeämmiksi.

Suunnittelutyö eteni ripeästi perusmuottirungon rakentamisen vaiheessa, mutta kun päästiin viimeistelytöihin, nielivät ne aikaa yllättävänkin paljon. Mitoitukset, toleroinnit ja muottiosien sovittaminen toisiinsa olivat tarkkaa ja aikaa vievää työtä. Aikaa vievin osuus oli kuitenkin juuri se kaikkein antoisin ja opetavin osuus tässä opinnäytetyössä. Kun löytää täydellisen ratkaisun haastaviin ja ahtaisiin tiloihin, kokee onnistumisen iloa. Jatkossa näillä opeilla muottisuunnittelutyö on sujuvampaa, mielekkäämpää ja kustannustehokkaampaa.

## LÄHTEET

Aco Mold. (n.d). How to determine the number of cavity in a mold? Haettu 15.10.2019 osoitteesta <http://www.acomold.com/how-to-determine-the-number-of-cavity-in-a-mold.html>

ASSAB. (n.d). AM Corrax, Adding value to your business. Haettu 01.11.2019 osoitteesta [http://www.assab.com/media/ASSAB\\_sales-brochure\\_AMCorrax\\_EN.pdf](http://www.assab.com/media/ASSAB_sales-brochure_AMCorrax_EN.pdf)

Bruder, U. (2012). Muoviyhdistys, Tietoa muovista-osa 9 muovien työstö:ruiskuvalu. Haettu 10.10.2019 osoitteesta <http://www.muoviyhdistys.fi/2016/07/18/osa-9-muovien-tyosto-ruiskuvalu/>

Engel. (n.d). Injection molding machines, e-cap. Haettu 20.9.2019 osoitteesta <https://www.engelglobal.com/en/at/products/injection-moulding-machines/e-cap.html>

Entec. (2018). Injection moldin troubleshooting tips. Haettu 30.10.2019 osoitteesta <https://www.entecpolymers.com/news/injection-molding-troubleshooting-tips-1>

Ercoset. (n.d). esite\_Xmill\_M640\_Eco\_EN. Haettu 26.10.2019 osoitteesta [https://ercoset.fi/wp-content/uploads/2019/07/esite\\_Xmill\\_M640\\_Eco\\_EN.pdf](https://ercoset.fi/wp-content/uploads/2019/07/esite_Xmill_M640_Eco_EN.pdf)

Fanuc. (n.d). FanucRobo Shot, Models. Haettu 10.10.2019 osoitteesta <https://www.fanuc.eu/fi/en/roboshot/roboshot-models>

HMC Polymers. (2019). Injection molding troubleshooting guide. Haettu 10.10.2019 osoitteesta <https://www.hmcpolymers.com/troubleshooting-new>

Höök, T. (2008). Muotin perusrakenne, Tampereen teknillinen yliopisto. Haettu 06.10.2019 osoitteesta <https://docplayer.fi/6310214-Http-www-valuatlas-net-valuatlas-ja-cae-ds-muotin-suunnittelu-tuula-hook.html>

Indiamart. (n.d). Haettu 06.10.2019 osoitteesta <https://www.indiamart.com/proddetail/plastic-injection-molding-services-11615308588.html>

Järvelä, P., Syrjälä, K. & Vastela, M. (1999). Ruiskuvalu. Tampere: Plastdata Oy.



Järvinen, P. (2017). Muovit ja muovituotteiden valmistus. Porvoo: Bookwell Oy.

Järvinen, S. (2018). *3D-tulostettu muotti-insertti ruiskuvaluun*. Opinnäytetyö. Muovitekniikka. Lahden ammattikorkeakoulu. Haettu 06.11.2019 osoitteesta [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/159124/Jarvinen\\_Sakari.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/159124/Jarvinen_Sakari.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Kurri, V., Malen, T., Sandell, R. & Virtanen, M. (1999). Muovitekniikan perusteet. Helsinki: Hakapaino Oy.

Leiniö, V. (2013). *Ruiskuvalumuotin suunnittelu*. Opinnäytetyö. Muovitekniikan koulutusohjelma. Lahden ammattikorkeakoulu. Haettu 06.11.2019 osoitteesta [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/59997/Leinio\\_Ville.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/59997/Leinio_Ville.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Maaranen, K. (2012). Koneistus. Helsinki: Sanoma Pro oy.

Makrum. (n.d). Ona. Haettu 30.10.2019 osoitteesta <https://www.makrum.fi/edustukset-ja-tuotteet/ona/>

Meusburger. (n.d). Hot runner mold, quick an easy configuration. Haettu 18.11.2019 osoitteesta [https://ecom.meusburger.com/files/pdf/fh/fh\\_prospekt\\_20.pdf](https://ecom.meusburger.com/files/pdf/fh/fh_prospekt_20.pdf)

Molding, D. (n.d). Injection molding. Haettu 08.09.2019 osoitteesta <http://www.daviesmolding.com/Pages/Resources/Engineering-Specifications/Plastic-Molding/Injection-Molding.aspx>

Mouldplastic. (n.d). Haettu 22.10.2019 osoitteesta <http://www.mouldplastic.org/gates-types-of-an-injection-mold.html>

Muoviteollisuus. (n.d). Muovitieto,Muovien luokitus. Haettu 10.09.2019 osoitteesta [http://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/muovien\\_luokitus/](http://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/muovien_luokitus/)

Perkowski, D. & Swigeart, D. (2017). Machine Design. Haettu 10.09.2019 osoitteesta <https://www.machinedesign.com/materials/design-engineer-s-checklist-injection-molding-pdf-download>

PTC. (2014). Ptc Creo Expert moldbase Extension. Haettu 20.10.2019 osoitteesta [https://www.econocap.com/wp-content/uploads/2018/01/Expert\\_Moldbase\\_Extension.pdf](https://www.econocap.com/wp-content/uploads/2018/01/Expert_Moldbase_Extension.pdf)

Sabic. (n.d). CYCOLAC RESIN

MG47N. Haettu 11.10.2019 osoitteesta <https://www.sabic.com/en/products/polymers/acrylonitrile-butadiene-styrene-abs/cycolac-resin>

Stoeckhert, K. (1983). Mold-Making Handbook. Nördlingen: G, Wagner.

Teknolomiteollisuus. (2005). Työvälineiden lämpökäsittely suositus.

Haettu 09.10.2019 osoitteesta [https://www.sten.fi/document/1/38/ed5aa82/muuram\\_497169f\\_tyovalineiden\\_lampokasittelysuositus.pdf](https://www.sten.fi/document/1/38/ed5aa82/muuram_497169f_tyovalineiden_lampokasittelysuositus.pdf)

Uddeholm. (n.d). Ud-

deholm Stavax ESR. Haettu 25.10.2019 osoitteesta <https://www.uddeholm.com/finland/fi/products/uddeholm-stavax-esr/>

Uddeholm. (n.d). Uddeholm tool steels for plastic mold-

ing. Haettu 08.10.2019 osoit-

teesta [https://www.uddeholm.com/files/AB\\_steel\\_for\\_moulds\\_eng.pdf](https://www.uddeholm.com/files/AB_steel_for_moulds_eng.pdf)