

3D-tulostettu muotti-insertti ruiskuvaluun

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Materiaalitekniikan
koulutusohjelma
Muovitekniikka
Opinnäytetyö
Syksy 2018
Sakari Järvinen

Lahden ammattikorkeakoulu
Muovitekniikan koulutusohjelma

JÄRVINEN, SAKARI:

3D-tulostettu muotti-insertti
ruiskuvaluun

Muovitekniikan opinnäytetyö, 21 sivua, 1 liitesivu

Syksy 2018

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä tutkittiin mahdollisuutta käyttää 3D-tulostusta suunnitteleamalla ja toteuttamalla ruiskuvalukoneen muottiin insertti. Muotti-insertti valmistettiin polylaktidista (PLA) tulostamalla FDM-menetelmällä (Fused Deposition Modeling).

Opinnäytetyön teoriaosuudessa kerrotaan muotti-insertin ja siitä syntyvän kappaleen suunnittelusta sekä toteutuksesta ja käytetystä tulostusmateriaalista.

Kokeellisessa osuudessa kerrotaan ruiskuvalukoneella suoritetuista koeajoista ja hieman myös materiaaleista, joita ruiskuvalussa käytettiin. Koeajoista syntyneitä kappaleita mitattiin ja tehtiin arvioita mittapysyvyydestä sekä muotti-insertin kestosta.

Opinnäytetyön yhteenvedossa pohdittiin, minkälaisia käyttökohteita tällaisella muotti-insertillä olisi. Pohdittiin myös, kuinka kappaleiden mittamuutokset sekä pinnanlaatu vaikuttavat syntyvien kappaleiden käyttöön. Muovista tulostettujen inserttien kestävyys asettaa rajoituksia ruiskutuspaineeseen ja yhdellä insertillä tuotettavien kappaleiden määrään.

Asiasanat: 3D-tulostaminen, ruiskuvalu, polylaktidi

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Plastics Engineering

JÄRVINEN, SAKARI: 3D-printed mold insert for injection molding

Bachelor's Thesis in plastics engineering, 21 pages, 1 page of appendices

Autumn 2018

ABSTRACT

The purpose of this Bachelor's Thesis was experiment the possibility to use 3D printing in designing and producing plastic inserts for injection molding. In this work the material of the insert was polylactide (PLA) and it was printed with the Fused Deposition Modeling (FDM) method.

The theoretical part deals with designing and making the insert for the object to be made and choosing the printing material.

The experimental part describes the series of test moldings made and the materials used in the extruding. The objects produced were measured and the stability of the measurements and the durability of the inserts in use were assessed.

The results part considers the possibilities using 3D printed plastic inserts. There is also a discussion on how alterations in the measurements and surface texture of the produced objects would affect their usability.

Key words: 3D-printing, plastic insert, injection molding, polylactide

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	RUISKUVALU	2
3	INSERTTI	3
3.1	Kappaleen suunnittelu	3
3.1.1	Ensimmäisen version suunnittelu	3
3.1.2	Toisen version suunnittelu	4
3.2	Insertin suunnittelu	4
3.2.1	Ensimmäisen version suunnittelu	5
3.2.2	Toisen version suunnittelu	5
3.3	Insertin 3D-tulostus	6
3.4	Polylaktidin ominaisuuksia	7
3.5	Muotin koneistus	8
4	KOEAJO	9
4.1	Ensimmäinen koeajo	9
4.1.1	Insertti 20 %:n täytöllä	9
4.1.2	Insertti 50 %:n täytöllä	10
4.1.3	Insertti 100 %:n täytöllä	11
4.2	Toinen koeajo	12
4.3	Insertin koetus ruiskuvalukoneella	13
4.4	Mittaukset	13
4.4.1	Tehtyjen koeajojen mittaukset	14
4.4.2	Muotti-insertin koetus	15
4.5	Mikroskopia	16
5	YHTEENVETO	20
	LÄHTEET	22
	LIITTEET	23

1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa 3D-tulostusta apuna käyttäen ruiskuvalukoneen muottiin insertti, josta syntyisi jokin kappale. Aloitin suunnittelemalla insertin, jota sitten tulostettiin useita kappaleita 3D-tulostimella. Ruiskuvalukoneen takamuotin puolelle koneistettiin tarvittavan kokoinen syvennys inserttiä varten, etumuottipuolisko oli muuten tasainen, lukuun ottamatta muotissa olevaa reikää, josta muovimateriaalin ruiskutus tapahtui. Kokoonpanon valmistuessa pystyttiin suorittamaan koeajoja. Ruiskuvalukonetta käytettiin painesääteisesti, että välttyttiin polylaktidista (PLA) tulostetun insertin suoralta tuhoutumiselta. Koeajoissa käytettiin materiaaleina pienitiheyksistä polyeteeniä (LD-PE) sekä polypropeenaa (PP).

2 RUISKUVALU

Ruiskuvalu on laajasti käytössä oleva mitä erilaisimpien kappaleiden valmistukseen sopiva menetelmä (Seppälä 2008, 275).

Ruiskuvalu sopii erinomaisesti kappaleiden massatuotantoon, mutta lyhyissä tuotantosarjoissa tai prototyyppejä tehdessä ongelmaksi tulevat ruiskuvalumuotin valmistuskustannukset ja sen valmistukseen tarvittava aika (Seppälä 2008, 283).

3D-tulostustekniikoiden kehittyessä on tullut mahdolliseksi valmistaa ruiskuvalumuotteihin inserttejä tulostamalla koneistamisen asemesta, jolloin inserttien valmistaminen on aiempaa huomattavasti nopeampaa ja edullisempaa (Rodriguez, Crouch, Guenther, VanEuwen, DeMenter 2014, 1) Samaan tulokseen on päästy myös Henri Leskisen Lahden ammattikorkeakoulussa 2017 tekemässä opinnäytetyössä, joka käsitteli muovista 3D-tulostettujen inserttien käyttämistä ruiskuvalumuotissa. Leskisen työssä ei tehty käytännön kokeita tulostetuille inserteille. (Leskinen, 2017)

3 INSERTTI

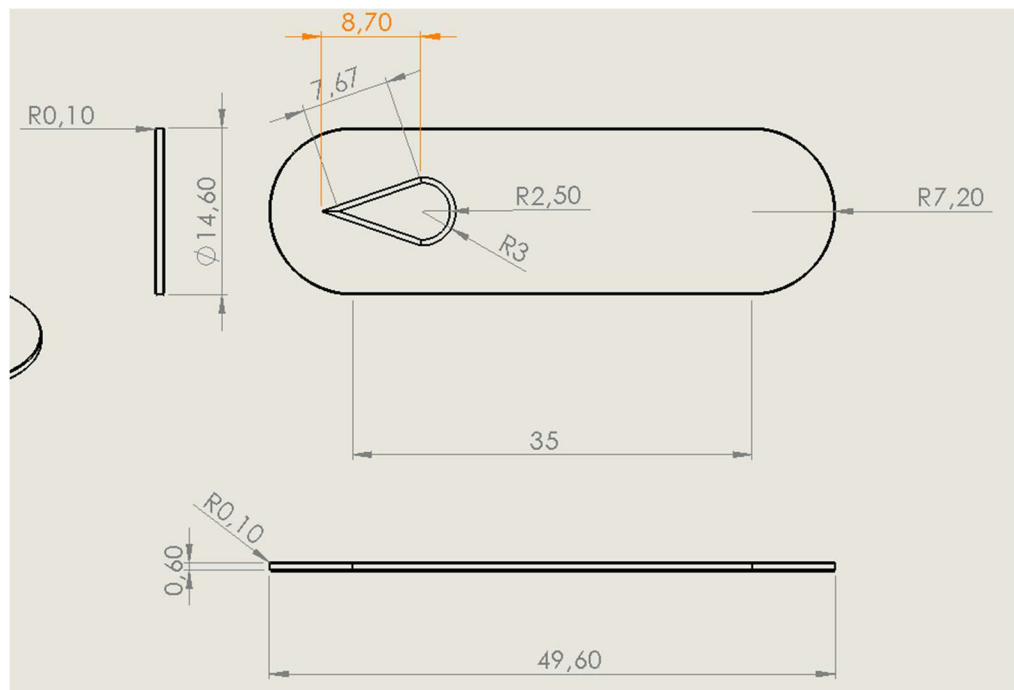
Tässä työssä käytetään ruiskuvalussa apuna muottiin sijoitettua inserttiä, joka on 3D-tulostettu polylaktidimuovista (PLA).

3.1 Kappaleen suunnittelu

Työ aloitettiin suunnittelemalla SolidWorks-ohjelmalla jokin asia, joka muotoutui lopulta kappaleeksi, jota voidaan kutsua punkinpoistajaksi. Se on ohut muovinen liuska, jossa on toisessa päässä pisaranmallinen reikä. Kappaleen tarkoitus on toimia apuna punkin poistossa ihmisen tai eläimen iholta.

3.1.1 Ensimmäisen version suunnittelu

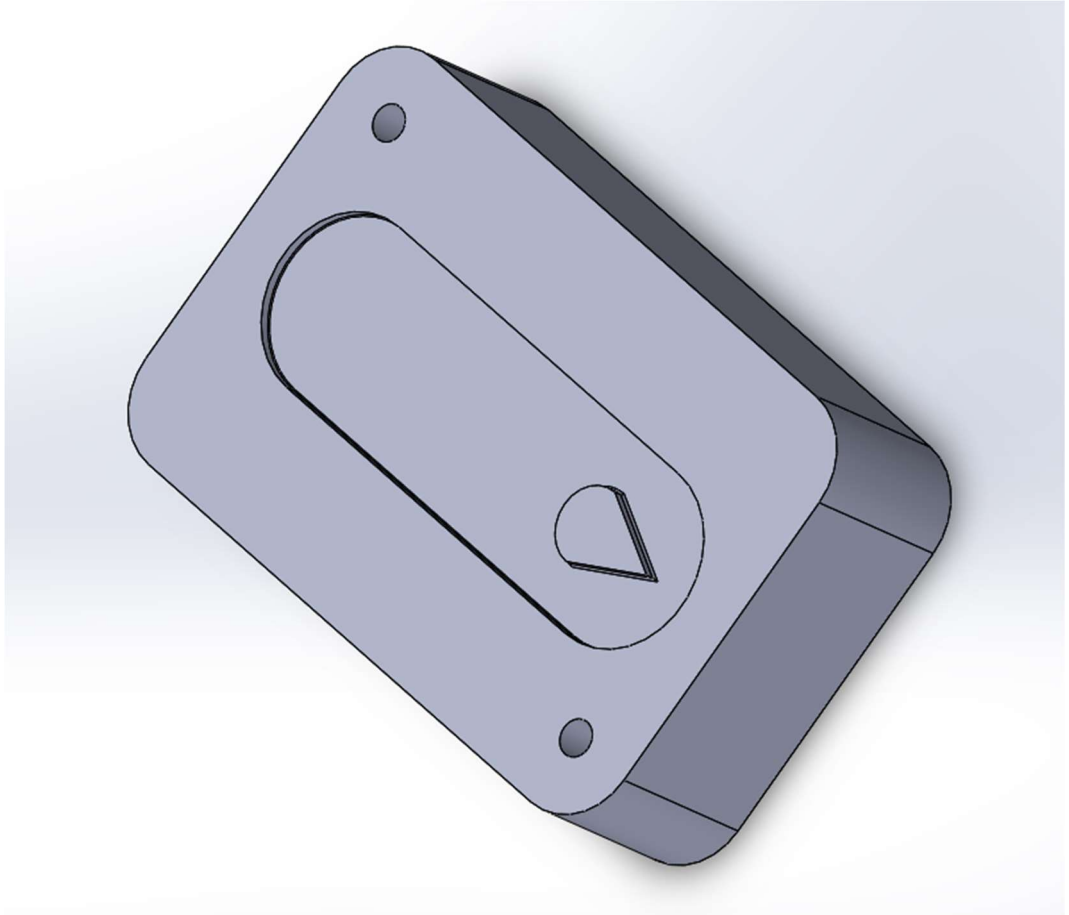
Punkinpoistaja on hyvin yksinkertainen kappale, eikä se koostu mistään monimutkaisista muodoista. Pituutta kappaleella on 49,6 millimetriä, leveyttä 14,6 millimetriä ja paksuutta yksi millimetri. Tämän lisäksi kappaleessa on pisaranmallinen reikä sekä päissä 7,2 millimetrin pyöristykset.



Kuvio 1. Punkinpoistajan ensimmäinen versio

3.1.2 Toisen version suunnittelu

Kokeiden edetessä kappaleesta syntyi myös toinen versio, joka osoittautui koeajoissa paremmaksi, tosin kappaleen ollessa paksumpi se voi vaikuttaa negatiivisesti kappaleen toimintaan käytännössä.



Kuvio 2. Punkinpoistajan toinen versio

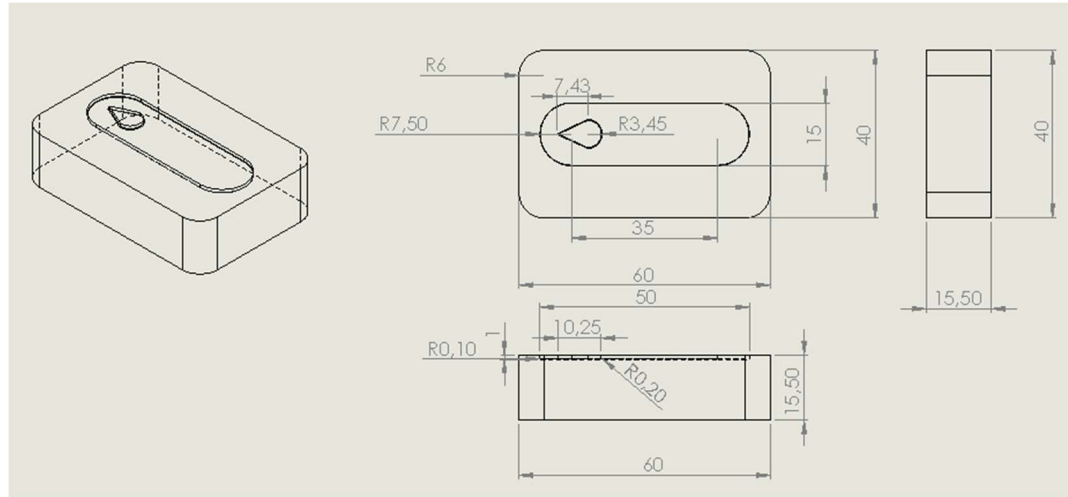
Punkkiraudan pituus kasvoi 53,6 millimetriin, leveys 18,6 millimetriin ja paksuus 2 millimetriin. Kappaleessa oleva reikä säilyi muuttumattomana.

3.2 Insertin suunnittelu

Insertin suunnittelu aloitettiin samalla kun päätettiin punkkiraudan koko. Insertin leveys on 38 millimetriä, pituus 60 millimetriä ja paksuus 15,5 millimetriä. Insertti on tiukka sovitus muottiin koneistettuun koloon, joten erillistä kiinnitystä ei tarvita.

3.2.1 Ensimmäisen version suunnittelu

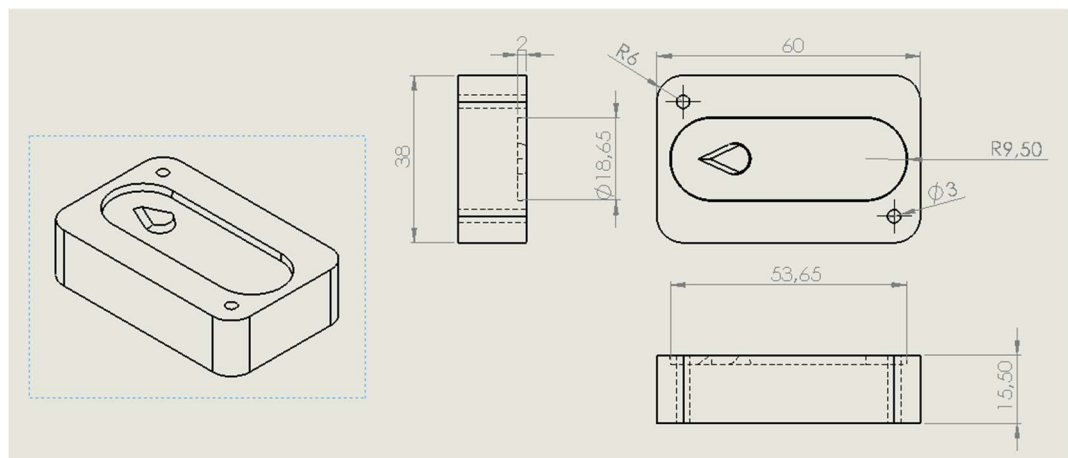
Kuviossa 3 nähdään muotti-insertin ensimmäinen versio, jolla suoritettiin ensimmäinen koeajo. Koeajon perusteella muotti-insertiä paranneltiin hieman.



Kuvio 3. Ensimmäinen versio insertistä

3.2.2 Toisen version suunnittelu

Insertin toisessa versiossa kappaleena toimi luonnollisesti myös punkinpoistajan toinen versio. Tämän lisäksi insertin vastakkaisiin kulmiin piirrettiin halkaisijaltaan kolmen millimetrin läpäreiät helpottamaan mahdollista irroitusta muottiin koneistetusta kolosta.



Kuvio 4. Toinen versio insertistä

3.3 Insertin 3D-tulostus

Insertit 3D-tulostettiin FDM-menetelmällä (fused deposition modelling) käyttäen tulostimen filamenttina 1,75 millimetrin vahvuista polylaktidilankaa (PLA). Kappaleen viipalointiin käytettiin Repetier-Host -nimistä ohjelmaa. Inserttejä tulostettiin useita kappaleita. Ensimmäisiä versioita 20 prosentin täytöllä, 50 prosentin täytöllä, jossa oli 8 täyttä kerrosta sekä ylä- että alapinnassa ja 100 prosentin täytöllä.

Insertin toista versiota tulostettiin kolme kappaletta, joissa kaikissa oli sadan prosentin täyttö. Yhden kappaleen tulostuminen kesti reilusta tunnista (20 % täyttö) aina vajaaseen kolmeen tuntiin (100 % täyttö). Selvitin myös kappaleiden todelliset tiheydet punnitsemalla kappaleet ja selvittämällä niiden tilavuudet SolidWorks-ohjelmalla. Tuloksiksi saatiin seuraavaa;

20 % täyttö:

Kappale painoi 17 grammaa ja sen tilavuus oli 33,076 cm³.

$$\text{Tiheys} = \rho = \frac{m}{V} = \frac{17g}{33,076\text{cm}^3} = 0,5139 \text{ g/cm}^3$$

50 % täyttö:

Kappaleessa oli kahdeksan täyttä kerrosta sekä ylhäällä että alhaalla ja näiden välissä täyttö 50 %, kappaleen paino oli 28 grammaa ja tilavuus 33,076 cm³.

$$\text{Tiheys} = \rho = \frac{m}{V} = \frac{28g}{33,076\text{cm}^3} = 0,8465 \text{ g/cm}^3$$

100 % täyttö:

Kappaleessa oli 100 % täyttö ja se painoi 41 grammaa.

$$\text{Tiheys} = \rho = \frac{m}{V} = \frac{41g}{33,076\text{cm}^3} = 1,2395 \text{ g/cm}^3$$

Laskuista voidaan arvioida kappaleiden täyttö vertaamalla saatuja tiheyksiä polylaktidin (PLA) tiheyteen, joka on noin $1,24 \text{ g/cm}^3$. Voidaan siis todeta, että 100 % täytöllä kappale on täysin kiinteä ja yhtenäinen palikka.

3.4 Polylaktidin ominaisuuksia

Polylaktidi on biopohjainen muovimateriaali, jota käytetään 3D-tulostuksessa. PLA hajoaa melko nopeasti lämmön ja kosteuden vaikutuksesta. Taulukossa 1 on listattuna polylaktidin ominaisuuksia.

Taulukko 1. Polylaktidirullan tiedot ja materiaalin ominaisuuksia. (www.filamentti.com)

PAINO	1100g/rulla
ALKUPERÄMAA	EU
PAKKAUS	Suojamuovi, kuivainpussi
FILAMENTIN PAINO	750g
FILAMENTIN HALKAISIJA	1,75mm
FILAMENTIN Ø TOLERANSSI	± 0,05mm
FILAMENTIN TOLERANSSI	≥95%
TULOSTUSLÄMPÖTILA	210-220°C
FILAMENTIN PITUUS	~250m
LÄMPÖPÖYDÄN LÄMPÖTILA	Ei tarvetta, ±50-60°C
SULAMISLÄMPÖTILA	210°C ± 10°C (ISO 294)
SULAMISPISTE	145-160°C (ASTM D3418)
SIIRTYMÄLÄMPÖTILA	± 60°C (ISO 306)
TIHEYS	1,24 g/cc (ASTM D792)
MURTOLUJUUS	110 MPa (MD) 145 MPa (TD) (ASTM D882)
MURTOVENYMÄ	160% (MD) 100% (TD) (ASTM D882)
KIMMOMODUULI	3310 MPa (MD) 3860 MPa (TD) (ASTM D882)

Taulukosta nähdään jonkin PLA-tulostusmateriaalin tiedot sekä polylaktidin muita ominaisuuksia. Tämä taulukko toimii osaltaan vain esimerkkinä, koska ei tiedetä minkä valmistajan tulostuslankaa opinnäytetyön muotti-insertissä käytettiin.

3.5 Muotin koneistus

Muottilaattaan, jonka pituus oli 196 millimetriä, leveys 156 millimetriä ja paksuus 36 millimetriä, koneistettiin tulostetulle insertille sopiva kolo (60 mm * 38 mm * 15 mm). Koneistuksen pinnanlaadulle ei tarvinnut erikseen tehdä mitään viimeistelyä. Koneistettu kolo ei ole täysimittainen suorakulmio johtuen terästä, joka on luonnollisesti pyöreä, siksi kolon kulmissa on kuuden millimetrin pyöristys. Sama muotokieli näkyy myös luonnollisesti insertin muotokielessä.



Kuvio 5. Insertti paikallaan muottilaatassa

4 KOEAJO

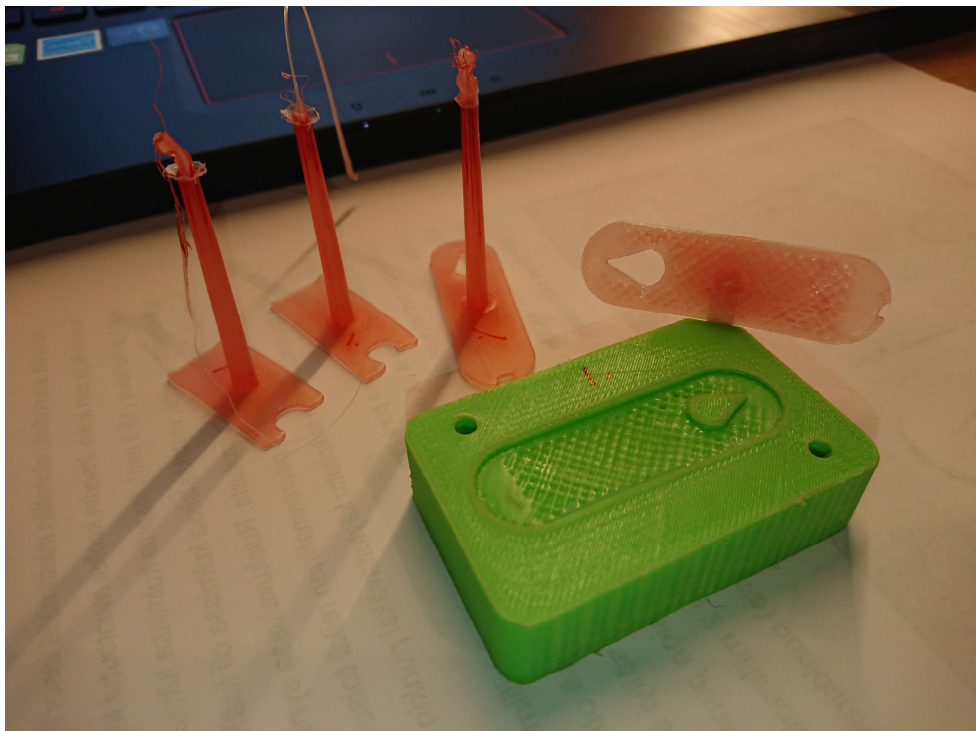
Ensimmäisten inserttien valmistuttua voitiin suorittaa koeajoja. Koeajot suoritettiin ruiskuvalukoneella painesäätöisesti, koska pyrittiin ehkäisemään mahdollinen muotti-insertin rikkoutuminen liian suuren paineen vaikutuksesta.

4.1 Ensimmäinen koeajo

Ensimmäinen koeajo suoritettiin 3D-tulostettujen muotti-inserttien ensimmäisillä versioilla. Koeajossa käytettiin matalatiheyksistä polyeteeniä (PE-LD)

4.1.1 Insertti 20 %:n täytöllä

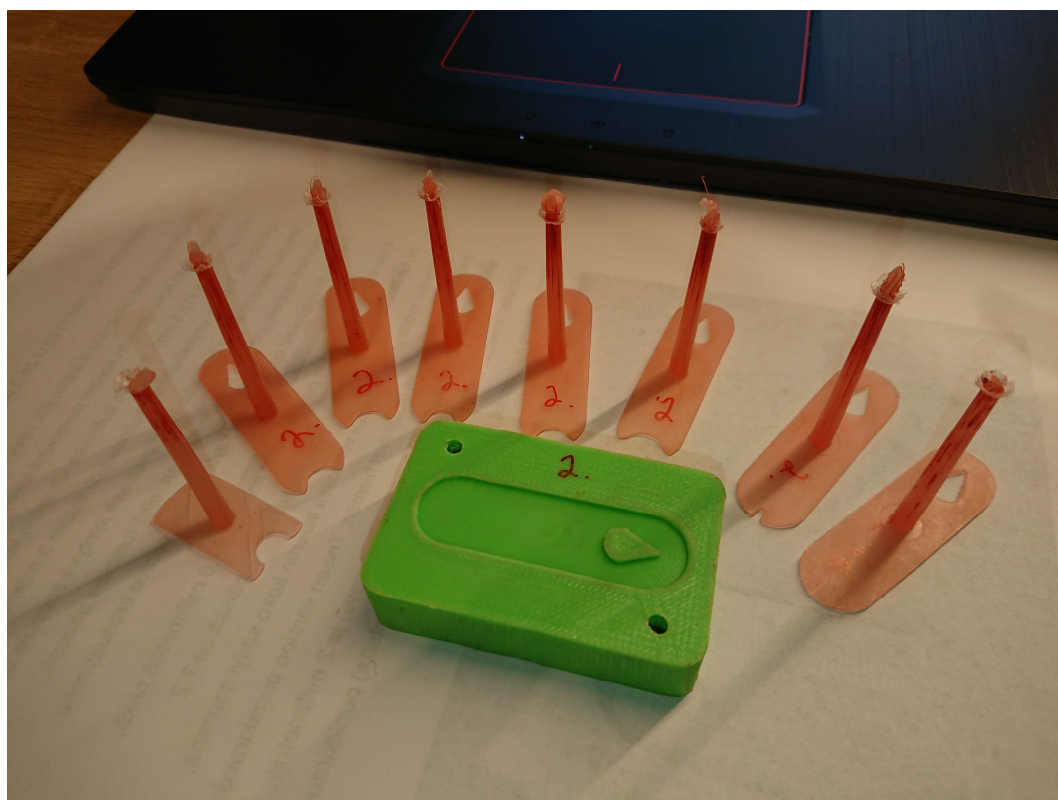
Muotti-insertti 20 % täytöllä ei kestänyt kuin muutaman ruiskuvalusyklin ennen kuin insertti oli selvästi painunut kasaan ja siinä oli selvästi nähtävissä 3D-tulostimen tekemä täyttökuvio. Koeajossa käytettiin jälkipaineena 50 baria ja 8 sekunnin jälkipaineaikaa.



Kuvio 6. Muotti-insertti 20 %:n täytöllä

4.1.2 Insertti 50 %:n täytöllä

Muotti-insertti 50 %:n täytöllä kesti huomattavasti paremmin, vaikka ruiskuvalukoneen asetuksia ei juurikaan muutettu. Jälkipaine nostettiin 50 barista 70 bariin, mutta jälkipaineaika pidettiin aikaisemmassa 8 sekunnissa. Kaikesta huolimatta vain yksi kappale täyttyi täydellisesti. Kahdeksan ruiskuvalukoneen syklin jälkeen muotti-insertissä oli silminnähtävä jälki sulan muovimateriaalin ruiskutuskohtassa, painauma oli kuitenkin niin pieni että sitä ei voinut tuskin edes tuntea.



Kuvio 7. Muotti-insertti 50 %: n täytöllä

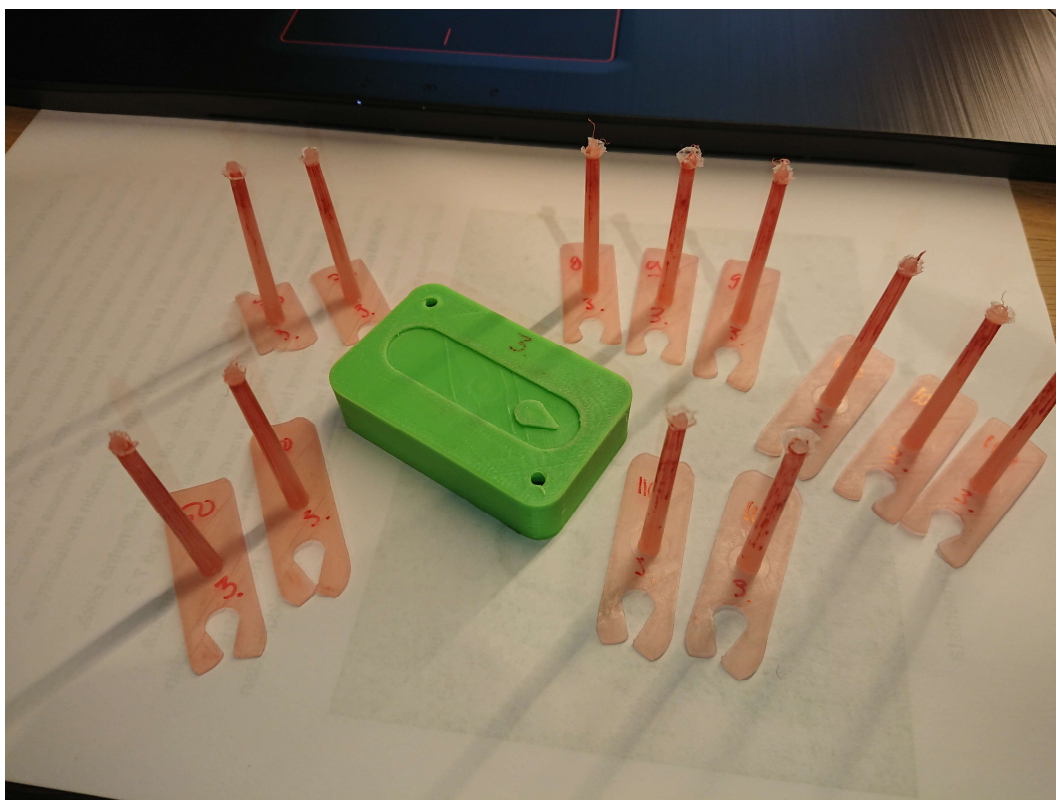
4.1.3 Insertti 100 %:n täytöllä

Muotti-inserttiä 100 %:n täytöllä testattiin useammalla eri jälkipaineella ja jälkipaineajalla.

Taulukko 2. Koeajon eri parametrit

Jäkipaine (bar)	Jälkipaineaika (sek)	Kappalemäärä
50	12	2
70	10	2
90	12	3
100	8	3
110	10	2

Eri asetuksia koitettiin oheisen taulukon mukaan, mutta yhtään täydellisesti täyttynyttä kappaletta ei syntynyt. Muotti-insertti kesti hyvin alle 100 barin paineet. Nostettaessa jälkipainetta 100 ja 110 bariin syntyi ruiskutuskohtaan taas jälki, joka ei kuitenkaan vaikuttanut syntyvän kappaleen pinnanlaatuun merkittävästi.



Kuvio 8. Muotti-insertti 100 % täytöllä ja kappaleet

4.2 Toinen koeajo

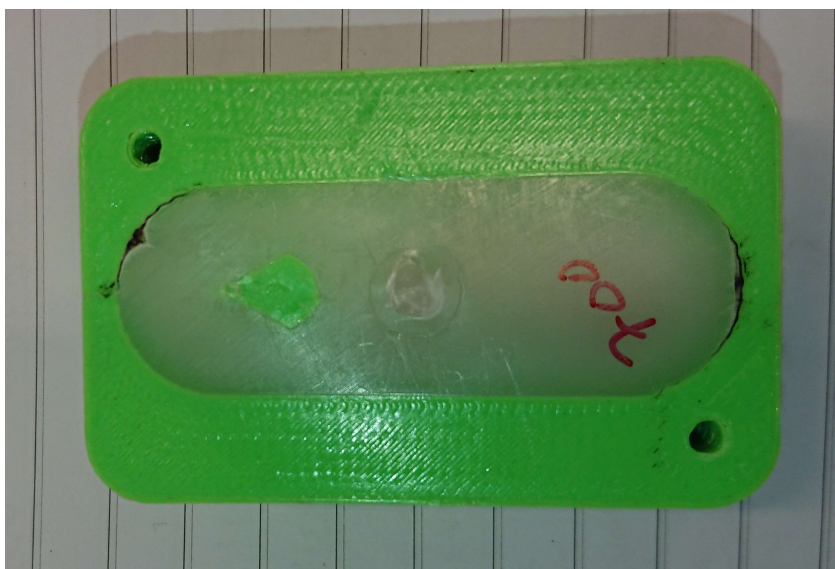
Toisessa koeajossa käytettiin 3D-tulostetun muotti-insertin päivitettyä versioita. Ajateltiin, että syntyvän kappaleen ollessa paksumpi, saataisiin täysin täyttyneitä punkinpoistajia pienemmällä jälkipaineella, näin ei kuitenkaan ollut. Kokeiltiin 150 barin painetta 12 sekunnin jälkipaineajalla. Tämän jälkeen täytyi vielä tehdä pieni ura muotti-insertin toiseen päähän, että ilma pääsee pois muovimassan tieltä ja kappale voi täyttyä täydellisesti. Näiden toimenpiteiden jälkeen kappaleita alkoi syntyä ja laatu pysyi hyvänä. Kaiken kaikkiaan samalla muotti-insertillä ruiskuvalettiin 100 kappaletta punkinpoistajia, mukaan lukien muutamat epäonnistuneet koeajosarjan alussa. Tässä toisessa koeajossa materiaalina käytettiin polypropeenä (PP).



Kuvio 9. Toisen koeajon valmiita punkinpoistajia

4.3 Insertin koetus ruiskuvalukoneella

Onnistuneen koeajosarjan jälkeen oli aika tutkia muotti-insertin kestoa hieman. Koetus perustui lähinnä jälkipaineen vaikutukseen muotti-insertissä. Testi suoritettiin siten, että jokaisen ruiskuvalusyklin jälkeen jälkipainetta nostettiin. Testi aloitettiin 170 barilla, 20 barin nousuilla 210 bariin asti, jonka jälkeen 250 baria ja tästä nousuporras oli 50 baria aina 700 bariin asti, jolloin ruiskuvalukone antoi virheilmoituksen ja sammui. Paineen noustessa oli punkinpoistajia sykli sykliltä vaikeampi irrottaa muotti-insertistä. Viimeisen syklin aikana koneen sammussa ilma ei päässyt enää kunnolla poistumaan muotti-insertistä, josta seurasi se, että kappaleen kumpaankin päähän oli syntynyt ilmataskut, joihin jäänyt ilma paloi.



Kuvio 10. Palojäljet kappaleen päissä

4.4 Mittaukset

Koeajojen jälkeen suoritettiin lopuksi vielä tehtyjen kappaleiden mittauksia liittyen varsinaiseen koesarjaan sekä muotti-insertin koetukseen.

Varsinaisessa koeajossa kappaleiden mittamuutokset olivat varsin pieniä, kun vastaavasti muotti-insertin koetuksessa ensimmäisen ja viimeisen kappaleen mittaero oli silminnähävissä.

4.4.1 Tehtyjen koeajojen mittaukset

Koeajossa suoritettiin sata ruiskuvalukoneen sykliä samalla muotti-insertillä. Kappaleista oli numeroitu ensimmäiset viisikymmentä ja tästä eteenpäin kymmenen välein aina numeroon sata asti. Kappaleista mittaukseen valitsin ensimmäisen ja tästä eteenpäin viiden välein viiteenkymmeneen asti, tästä sataan asti mittausväli oli kymmenen. Seuraavassa taulukossa on nähtävissä kappaleiden mittapysyvyydet varsinaisessa koeajossa, kun käytössä jälkipaineena oli 150 baria ja jälkipaineaikana 12 sekuntia. Koeajo suoritettiin käyttäen muotti-insertin uudempaa versiota sadan prosentin täytöllä ja koeajomateriaalina oli polypropeeni (PP).

Taulukko 3. Koeajo mittaukset

Kappale (nro)	Pituus (mm)	Leveys (mm)	Paksuus (mm)
1.	52,50	18,20	1,68
5.	52,55	18,20	1,67
10.	52,60	18,20	1,68
15.	52,60	18,20	1,66
20.	52,60	18,25	1,66
25.	52,60	18,20	1,67
30.	52,55	18,20	1,67
35.	52,55	18,15	1,67
40.	52,50	18,10	1,67
45.	52,50	18,15	1,66
50.	52,50	18,00	1,67
60.	52,55	18,15	1,68
70.	52,55	18,15	1,67
80.	52,55	18,15	1,68
90.	52,50	18,05	1,68
100.	52,50	18,10	1,67

Taulukosta voidaan todeta, että kappaleiden mittapysyvyys sadan kappaleen otannalla on varsin hyvä, eikä suuria mittamuutoksia esiinny. Kappaleen pituuden vaihteluväli on 0,1 millimetriä, leveyden 0,2 millimetriä ja paksuuden 0,02 millimetriä. Vaikkakin koeajon pituus oli vain sata kappaletta, mittapysyvyys antaa kuvan siitä, että muotti-insertti kestäisi

kyseisillä säädöillä huomattavan määrän ruiskuvalukoneen syklejä ennen kuin suurempia mittamuutoksia alkaisi syntyä.

4.4.2 Muotti-insertin koetus

Koeajon jälkeen suoritettiin muotti-insertille koetus, jossa yritettiin saada mahdollisimman suuret vauriot aikaiseksi. Tässä kokeessa ruvettiin nostamaan ruiskuvalukoneen jälkipainetta 170 barista aina 700 bariin asti. Kaikesta huolimatta muotti-insertti ei lopulta kärsinyt ihan älyttömiä vaurioita. Kappaleiden mitta sen sijaan muuttui joka ruiskuvalukoneen syklillä. Seuraavassa taulukossa on esitetty kappaleiden mittamuutoksia.

Taulukko 4. Koetuksen mittamuutokset

Jälkipaine (bar)	Paksuus (mm)	Pituus (mm)	Leveys (mm)
170	1,76	52,80	18,40
190	1,75	52,85	18,40
210	1,75	52,90	18,40
250	1,77	52,90	18,50
300	1,80	53,00	18,50
350	1,85	53,10	18,65
400	1,88	53,10	18,65
450	1,94	53,30	18,70
500	1,98	53,30	18,80
550	2,01	53,40	18,85
600	2,10	53,60	18,95
650	2,21	53,70	19,10
700	2,22	53,90	19,25

Kappaleiden mittamuutokset prosentteina;

Paksuus: $2,22 \text{ mm} / 1,76 \text{ mm} = 1,2613 \approx 26,1 \%$

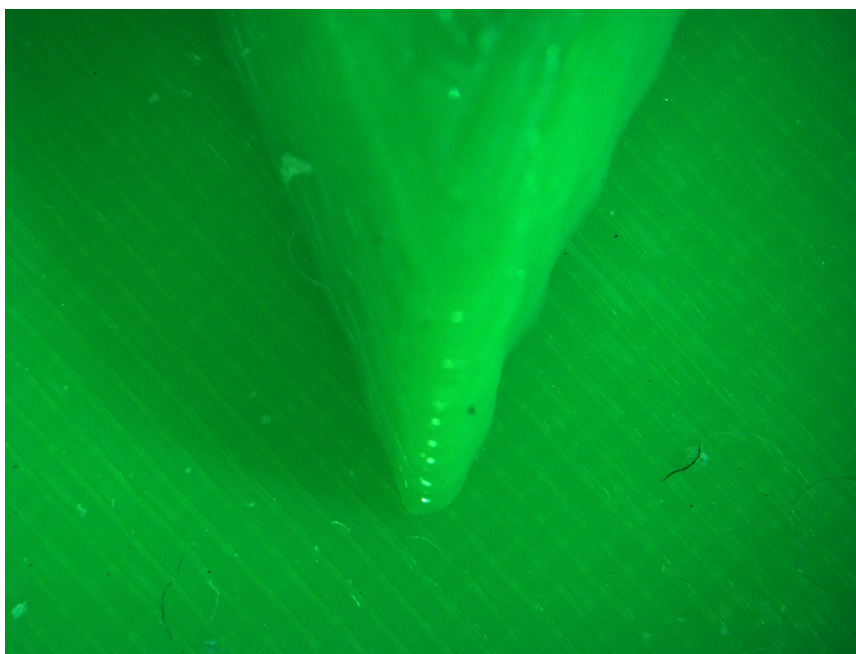
Pituus: $53,9 \text{ mm} / 52,8 \text{ mm} = 1,0208 \approx 2,1 \%$

Leveys: $19,25 \text{ mm} / 18,4 \text{ mm} = 1,0461 \approx 4,6 \%$

Laskuista voidaan todeta, että paineen kasvaessa kappale kasvaa huomattavasti enemmän paksuutta, kuin pituutta ja leveyttä. Vaikka muotti-insertti on 100 %: n täytöllä oleva täysin kiinteä kappale, voi se silti painua kasaan suuren paineen vaikutuksesta.

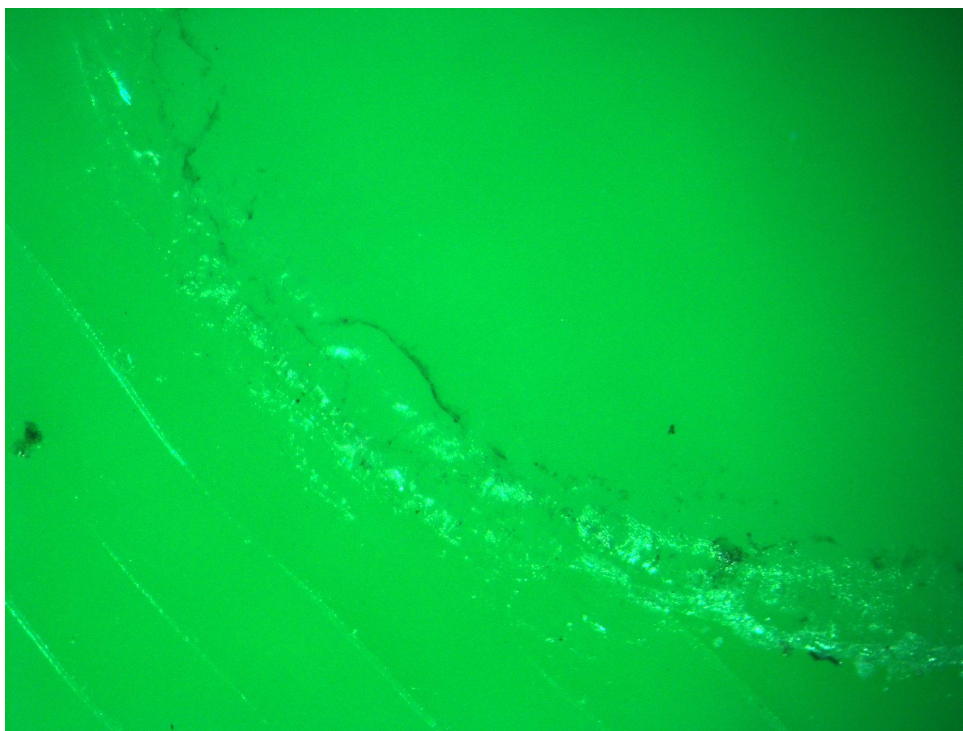
4.5 Mikroskopia

Lopuksi tutkittiin mikroskoopilla käytettyjä sekä käyttämättömiä muotteja. Mikroskooppikuvista voitiin huomata kappaleiden muutoksia, jotka olivat aiheutuneet ruiskuvalusta ja sen aiheuttamasta paineesta.

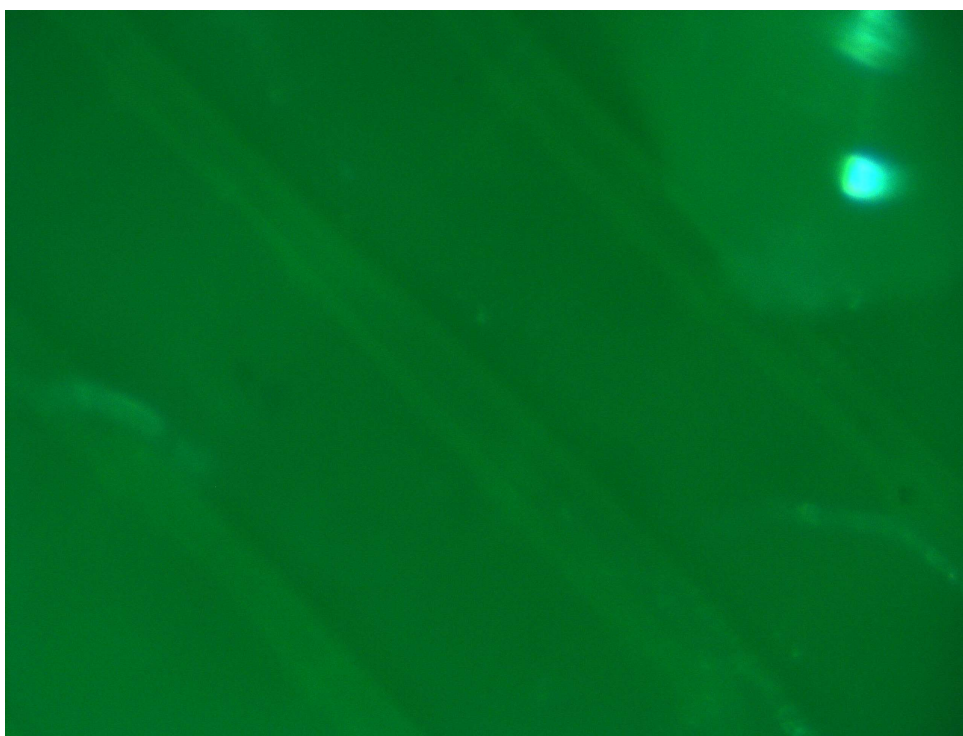


Kuvio 11. Käyttämätön muotti-insertti

Seuraavissa kuvissa on nähtävillä käytetyn muotti-insertin pinta sekä ennen sarjojen ajamista ruiskuvalukoneella että sarjojen jälkeen. Kuvissa myös suurennus palojäljestä, joka muodostui muotti-insertin koetus ajossa 700 barin paineessa. Ilman palaminen muotti-insertin ja kappaleen väliin johtui siitä, että ilma ei poistunut riittävän tehokkaasti inserttiin tehdyn uran kautta, jolloin puristuksiin jäänyt ilma paloi mustiksi jäljiksi.



Kuvio 12. Raaka-aineen ruiskutuskohta



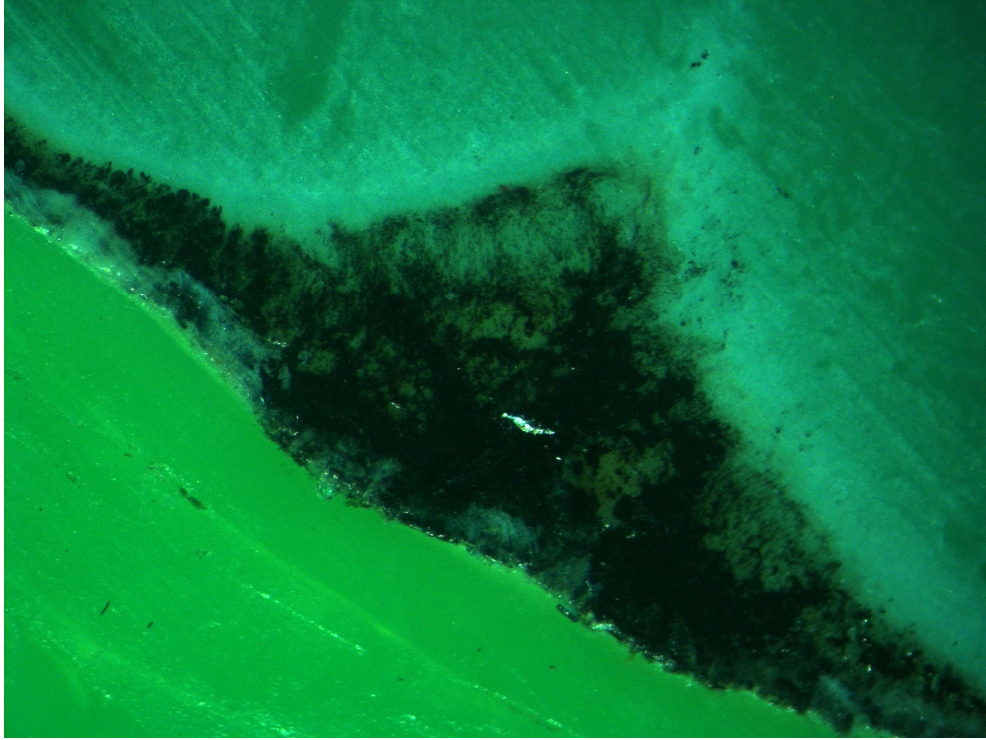
Kuvio 13. Ajamaton tulostuspinta



Kuvio 14. Tasoittunut tulostusjälki sarjan jälkeen.



Kuvio 15. Palojälki



Kuvio 16. Palojälki

5 YHTEENVETO

Yhteenvetona voidaan todeta, että muotti-insertin suunnittelu oli mielenkiintoinen projekti, josta toteutui tämä opinnäytetyö. Kaikki alkoi suunnittelulla ja hyvin varhaisessa vaiheessa jouduttiin tekemään erilaisia muutoksia lähinnä muotti-inserttiin ja sitä kautta syntyneeseen kappaleeseen, punkinpoistajaan.

Muotti-insertin ensimmäisiä versioitakin kokeiltiin ja sen pohjalta tehtiin tarvittavia muutoksia, joiden uskottiin olevan ratkaisevassa osassa opinnäytetyön mahdollisen onnistumisen kanssa. Saadut tulokset olivat rohkaisevia niin ruiskuvalussa käytetyn jälkipaineen suhteen sekä tehtävän koesarjan pituuteen nähden. Kunhan muotti-insertti on tiivis tuloste, se vastaa lähes kiinteää kiinteää kappaletta, tässä tapauksessa käyttämäämme polylaktidia (PLA).

Muotti-inserttiä ei onnistuttu tuhoamaan täysin käytössä olleen ruiskuvalukoneen jälkipaineilla. Aikaan saatiin vain suurehkoja mittamuutoksia, jotka olivat jollain lailla odotettavissakin. Varsinaisessa testisarjassa, jossa jälkipaine ja jälkipaineaika pidettiin koko ajan samoina, mittamuutokset olivat erittäin pieniä. Testisarja oli kuitenkin melko pieni ja uskoisin, että muotti-insertti olisi kestänyt useamman sata ruiskuvalukoneen sykliä, eikä suurempia muutoksia välttämättä olisi esiintynyt.

Voidaan siis todeta, että FDM-menetelmällä tulostamalla saadaan aikaan muotti-insertti, jolla voidaan tehdä huoletta pieniä koesarjoja tai prototyyppejä. Opinnäytetyössä valmistettu punkinpoistaja oli muodoiltaan hyvin yksinkertainen, koska halusimme testata muotti-insertin toimivuutta käytännössä. Kappaleen pinnanlaatukin oli kohtuullinen vaikka siihen ei tässä tapauksessa paljoa voinutkaan vaikuttaa.

Menetelmää voidaan mielestäni hyvin hyödyntää käytännössä, ettei jokaiselle kappaleelle tai prototyypille tarvitse tehdä omaa kallista muottia. Voitaisiin käyttää yhtä ja samaa muottia johon vaihdettaisiin vain muotti-

insertti, jonka tulostus on paitsi edullista ja suhteellisen nopeaa, riippuen pitkälti käytettävän insertin koosta.

LÄHTEET

PAINETUT LÄHTEET:

Seppälä, J. 2008. Polymeeritekniikan perusteet. 6. p. Helsinki: Hakapaino Oy.

ELEKTRONISET LÄHTEET:

Leskinen, Henri, 2017. 3D Tulostetun muovisen insertin käyttäminen ruiskuvalumuotissa [viitattu 3.12.2018]. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2017121821720>

Polylaktidin ominaisuuksia 2018 [viitattu 2.5.2018]. Saatavissa: <http://www.filamentti.com/tekniset-tiedotPLA/>

Rodriguez, J., Crouch, C., Guenther, B., VanEuwén, L., DeMenter, J. 3-D Printed Mold Inserts for Short-Run Injection Molding [viitattu 3.12.2018]. Saatavissa: <http://www.laccei.org/LACCEI2014-Guayaquil/ExtendedAbstracts/EA082.pdf>

LIITTEET

PE-LD ominaisuudet:

<http://www.materiautech.org/content/download/6030/29095/version/1/file/MATI054.pdf>

PP ominaisuudet:

<https://www.arcopolimeri.com/UserFiles/files/ProdottiPlastics/Borealis%20BC%20245%20MO%20tech.pdf>