



# Opiskelijan

# Kirja

Osa 15

Muoviekstruusio

2021



# Tekijät

Laimonas Bačkys

Povilas Čepulkovskis

Gintautas Dervinis

Laurent Daguet

Olivier Fortin

Olivier Fortier

Federica Gallicchio

Mika Heikkilä

Bastien Hervé du Penhoat

Sirkka-Helena Ilveskoski

Genė Jakubauskienė

Ritva Klaavu

Marc Manguin

Bilel Miled

Ari Mäkinen

Dmitrij Novikov

Mindaugas Petravičius

Raimundas Petravičius

Pirjo Pietikäinen

Marjan Ranogajec

Ari Rannisto

Christian Raelison

Jolanta Sakalauskiene

Živilė Šatienė

Edita Šidlauskaitė

Jarmo Tikka

Kęstutis Viselga

Gražina Žardalevičienė

## Johdanto

Talouden ja väestökehityksen ennakkoinnin mukaan monissa eurooppalaisissa muoviteollisuuden yrityksissä erikoisosaajien ja tarvittavien taitojen hankkiminen on haaste, alan osaajista on vakava pula Euroopan muovialalla.

Tähän haasteeseen yhtenä vastauksena valmistettiin koulutusmateriaali UPSKILL-projektin (Actions Upward: The Skills for the Digital Future of Plastics Factory, Erasmus +) tuloksena. Tavoitteena oli parantaa eurooppalaisten ammatillisten koulutusjärjestelmien kykyä vastata muovialan työmarkkinoiden erityistarpeisiin ja tarjota muovituotannon työntekijöille innovatiivinen opetussuunnitelma. Erityisesti painotuksina on digitaitoja, robotiikkaa ja muita älykkäitä valmistustekniikoita sekä vihreitä taitoja ja yrittäjyysosaamista.

Tämä koulutusmateriaali on laadittu yhteistyössä kansainvälisen verkoston kanssa oppilaitoksista, liike-elämästä ja Euroopan muovialan järjestöstä EuPC.

UPSKILL-projektikumppanien yhteisesti tuottamaa materiaalia voivat vapaasti käyttää ja materiaali on suunniteltu ammatilliseen koulutukseen kaiken ikäisille. Materiaali sopii käytettäväksi oppilaitoksissa sekä oppisopimusopiskelussa, alan teollisuusyritysten koulutuksessa, ammattia vaihtaville tai opiskeluun ilman aikaisempaa kokemusta teollisuudesta ja alalla tarvittavasta tiedosta.

Kehitettyssä koulutusmateriaalissa on kolme osaa: malli VET Curriculum, Opiskelijan kirja ja Opettajan kirja.

Ammattikoulutuksen malli täyttää EQF:n ja ECVET:n vaatimukset, koska sisältö suuntautuu oppimistuloksiin ja on jaettu oppimiskokonaisuuksiin. Opetussuunnitelmassa on tietoa tutkintoon sisältyvistä moduuleista ja opinnoista, arvioinnista ja opintojen suorittamisen järjestelyistä. Siinä esitetään tutkin-  
torakenne, moduulikohtaiset taitovaatimukset tai tavoitteet, ammatillisten aineiden arviointitavoitteet ja arviointikriteerit sekä ammattitaidon osoittamistapa ammatillisissa tutkinnon moduuleissa.

Sekä opiskelijan että opettajan materiaalit perustuvat muovituotannon työntekijän todellisiin osaamis-  
vaatimuksiin: ammatillinen osaaminen, joka sisältää muovin käsittelyä, muovin työstökoneiden tekniikkaa, ohjelmointia, modernia integroitua valmistusta, digitaalisia järjestelmiä ja nykytekniikkaa. Teknisen osaamisen lisäksi aineistossa on digitaalisten taitojen, vihreiden taitojen, sosiaalisen ja henkilökohtaisen osaamisen kehittämistä.

Opiskelijan kirja sisältää teoriaa, harjoituksia ja esimerkkiratkaisuja seuraaviin moduuleihin: Perustaidot muovituotteiden valmistuksessa; Ammatilliset taidot ruiskuvalusta / puhallusmuovauksesta / putkien, profiilien, levyjen ja kalvojen suulakepuristuksesta / lämpömuovauksesta / komposiittimuovin valmistuksesta / kumituotteiden valmistuksesta; Ohjelmointia ja digitekniikkaa; Robotiikkaa; Vihreän osaamisen (kiertotalous); LEAN-valmistus; Yrittäjämäisyys (ihmissuhdetaidot, työmotivaatio, viestintä, ryhmätyö, sopeutumiskyky, suunnittelu, ongelmanratkaisu jne.); Työterveys ja -turvallisuus.

Opettajan kirjan (mukana osaamistesti) tavoitteena on ohjata osaamisen kerryttäminen ketjutettuna oppimisprosessina. Materiaaleissa on samat moduulit, mutta opettajan kirjassa on vastauksia harjoituksiin.

Kaikki koulutusmateriaali on englannin, suomen, ranskan ja liettuan kielillä, ja niiden sähköiset versiot ovat vapaasti käytettävissä UPSKILL-projektin verkkosivuilla: <https://www.upskill-project.eu> ja kaikkien osallistuneiden ammatillisen koulutuksen järjestäjien opetus- / oppimisalustoilla (APRC, Polyvia Formation, TREDU, VPM).

# Sisältö

Kappale 1: Tavoitteet	5
Kappale 2: Aiheeseen tutustuminen	6
Kappale 3: Dokumentteihin tutustuminen	8
Kappale 4: Käytännön tehtäviä	16
Kappale 5: Työstömenetelmiä	22
Kappale 6: Muistilista	27
Kappale 7: Harjoituksia	28

# Kappale 1: Tavoitteet

TAIDOT	TIEDOT
<b>TEKNINEN TAITO</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tuotantolinjan käynnistys ja pysäytys</li> <li>2. Laitteen toiminnan ja tuotteen laadun seuranta</li> <li>3. Sopimusten ja ohjeiden noudattaminen</li> <li>4. Tuotteiden ja materiaalien turvallinen käsittely, olennaisesti työhön liittyvien ohjeiden lukeminen ja omaan työhön liittyvien turvallisuusohjeiden noudattaminen</li> <li>5. Laitteen pysäytys ja sammuttaminen epätyypillisissä tilanteissa</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prosessin vaatimukset</li> <li>2. Ekstruusiolinjan rakenne ja eri komponentit</li> <li>3. Eri tyyppiset ekstruusiolaitteet (yksi-kaksiruuvi, monivaihe)</li> <li>4. Muoto, jäähdytys, leikkaus ja keräily</li> <li>5. Kalvo-/levy ja putki-/profiilituotteiden tyyppilliset ominaisuudet</li> </ol>
<b>TYÖYHTEISÖOSAAMINEN</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Oman työn suunnittelu ennakoiden ja kehittäminen</li> <li>2. Työhön liittyvien asiakirjojen täyttäminen</li> <li>3. Tietojen kerääminen työpaikan vaatimusten mukaan</li> <li>4. Työaikataulujen seuraaminen</li> </ol>	
<b>VUOROVAIKUTUSTAIIDOT</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Osallistuminen työpaikan vuorovaikutustilanteisiin</li> </ol>	

# Kappale 2: Aiheeseen tutustuminen

Tutkinnon osan teemaan liittyen tutustu aiheeseen ja vastaa kysymyksiin

## MENETELMÄ

1. Muodostan oletuksen
2. Muodostan säännön
3. Hyväksytän sen opettajalla
4. Esitän tulokset ja tulkitseen niitä
5. Hyväksyn/hylkään oletuksen
6. Vastaan kysymykseen

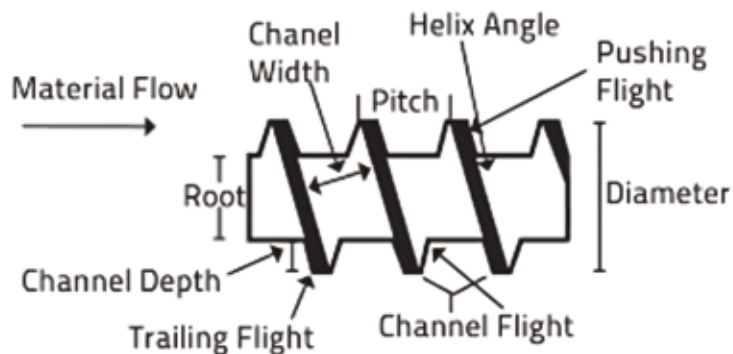
Ekstruusiomenetelmällä valmistetaan paljon muovituotteita. Alla olevien tehtävien tarkoituksena on antaa näkemys menetelmästä. Lähdemateriaalina kirjat ja verkkosivujen haut esimerkiksi yritysten kotisivuille ovat mahdollisia tiedon lähteitä. Kirjaa muistiin kaikki käyttämäsi lähteet.

### A. Markkinoilla olevia tuotteita

1. Millaisia muovituotteita valmistetaan ekstruusiolla, suulakepuristuksella? Etsi useita tuotetyyppejä.
2. Tee oma raportti ekstruusiosta, johon liität kuvia, älä unohda mainita viitteitä.
3. Kuinka suuri osuus maailman muovituotteista valmistetaan ekstruusiolla?
4. Kerää paikallisista ekstruusioyrityksistä tietoa.

### B. Tutki suulakepuristuksen perusteita

1. Miksi menetelmän nimi on ekstruusio?
2. Millaisessa muodossa muovimateriaali on ennen työstöä?
3. Mitä materiaalille tapahtuu ekstruuderissa?
4. Kuvaile, miksi menetelmässä ruuvi on olennainen tekijä.



5. Miten ekstruuderilla valmistettava tuote saa muotonsa?

## C. Tarkastele laajemmin ekstruusiomenetelmää

1. Kuinka suulakepuristus liittyy ainetta lisäävään valmistukseen?
2. Missä suulakepuristamista käytetään ruokateollisuudessa?
3. Koekstruusiolla on mahdollisuus räätälöidä pakkauskalvon ominaisuudet. Miten?

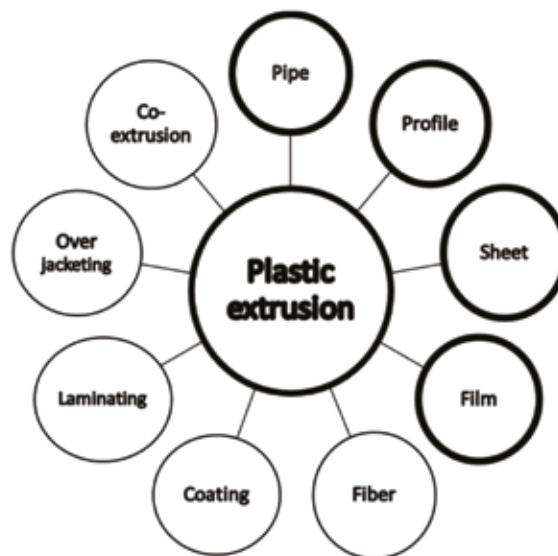
# Kappale 3: Dokumentteihin tutustuminen

Aiheeseen tutustumisen jälkeen on tarkoitus hakea eri lähteistä lisää tietoa (Internet, artikkelit, kirjat jne.) Vastaa kysymyksiin ja syvennetään kumiin liittyvää osaamista.

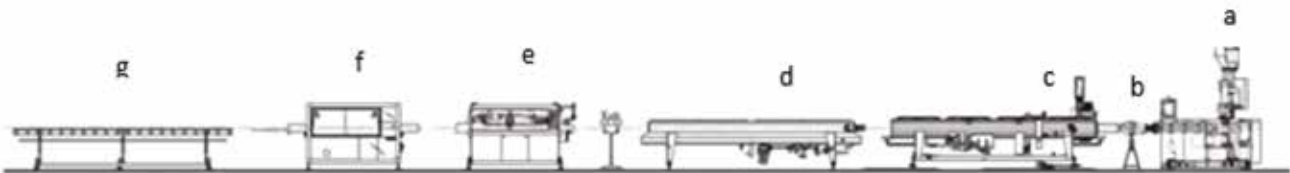
## 1. Ekstruusion perusteita

Ekstruusioprosessi sisältää ruuvipuristimen ja suulakkeen, jonka jälkeen jatko-osat ja apulaitteet eroavat toisistaan paljon tuotetun tuotteen perusteella. Tyypillisiä suulakepuristettuja tuotteita ovat kalvot, levyt, putket ja profiilit. Suuri sovelluskohde on erilaisten pintojen päällystäminen muovikerroksella, esim. pakkauspahvi polyeteenikerroksella kosteussulun saamiseksi.

Huomaa, että prosessi on jatkuva.



Kuvassa on esimerkki putki- ja profiilituotannon ekstruusiolinjasta. Pituus voi vaihdella metristä useisiin kymmeneen metriin. Huomioi, että prosessi on jatkuva.



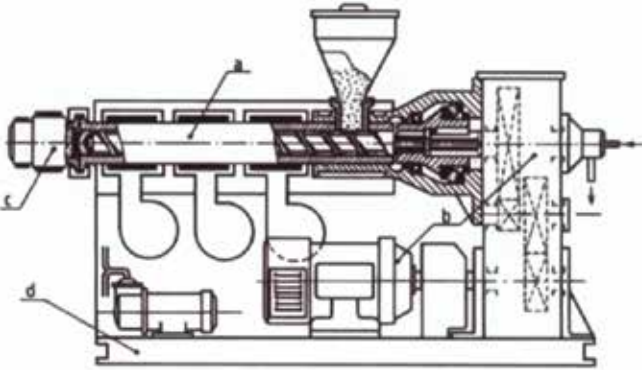
Lähde: [https://www.battenfeld-cincinnati.com/fileadmin/user\\_upload/Documents/Applications/Application\\_Pipe\\_EN.pdf](https://www.battenfeld-cincinnati.com/fileadmin/user_upload/Documents/Applications/Application_Pipe_EN.pdf)

Ekstruusiolinjaa tarkastellaan pituussuunnassa. Linjan pääosat ovat suulakepuristuskone -ekstruuderin (a), jossa on suulake (b). Sitten edelleen on (c) kalibrointiyksikkö, josta syöttö jäähdytyslaitteeseen (d), kun tuote on jäykkä, se vedetään kuljetusyksiköllä (e). Leikkausjärjestelmä (f) määrittää linjan nopeutta ja viimeisenä tässä kuvassa on rullarata / kallistuva rata (g) jota seuraisi varastointilaitteet.



## 2. Ekstruusiolinjan perusrakenne

### 2.1 Ekstruusiolaite

	<b>NIMEÄ KONEEN OSAT</b>	
	a.	
	b.	
	c.	
d.		

### Lämmitys ja lämmönsäätö

Miten ekstruuderin sylinteri lämpiää koko sen pituudelta?

Millaisia teknisiä ratkaisuja ekstruusiomenetelmässä on käytössä jäähdytykseen?

Miksi on erityisen tärkeää huolehtia syöttöalueen jäähdytyksestä?

Mikä on tehokkain tekninen ratkaisu?

### 2.2 Ruuvi

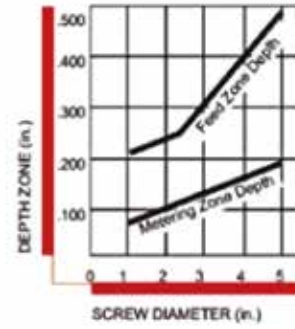
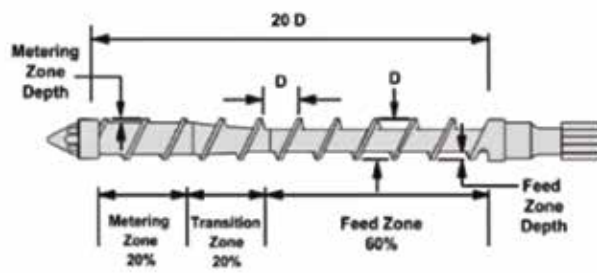
Ruuvi on ekstruusion tärkeä osa. Oheisissa kuvissa on esitetty eri toimintoja. Kuvaile eri vyöhykkeiden toimintaa.

- 1) Syöttövyöhyke
- 2) Siirto, sulatusvyöhyke (tai painevyöhyke)
- 3) Mittaus, sekoitusvyöhyke (tai homogointivyöhyke)

Syöttövyöhyke: materiaali kulkee ruuville, vyöhykkeen on pysyttävä kylmimpänä kohtana ruuvia.

Sulatusvyöhyke: tai painevyöhyke, materiaalia työstetään sulaksi

Sekoitusvyöhyke: tai homogointivyöhyke, jossa sula valmistetaan suulakkeelle.



Ruuvien tyyppi määrittää ekstruusio laitetta. Kuvaile lyhyesti kuvien kolmea yleisesti käytössä olevaa ruuvityyppiä.



## 2.3 Ekstruusiomuovit

Mitä parametreja tarvitaan kestopuoville ekstruusioprosessissa?

Alla olevassa taulukossa on lueteltu tyypillisiä suulakepuristuksen parametreja joillekin polymeerityypeille.

Materiaali	Paine MPa	Lämpötila °C				
		Syöttö	Siirto	Mittaus	Suulake	Suutin
PVC (kova)	100-200	155	165	175-185	180	185
PA	150-250	275	225	225-235	225	225
PVC (pehmeä)	50-120	175	165	150-160	160	160
PP	150-200	185	200	220-230	230	240
POM	50-100	170	190	205	200	200
PUR	150-300	270	260	250-260	270	280

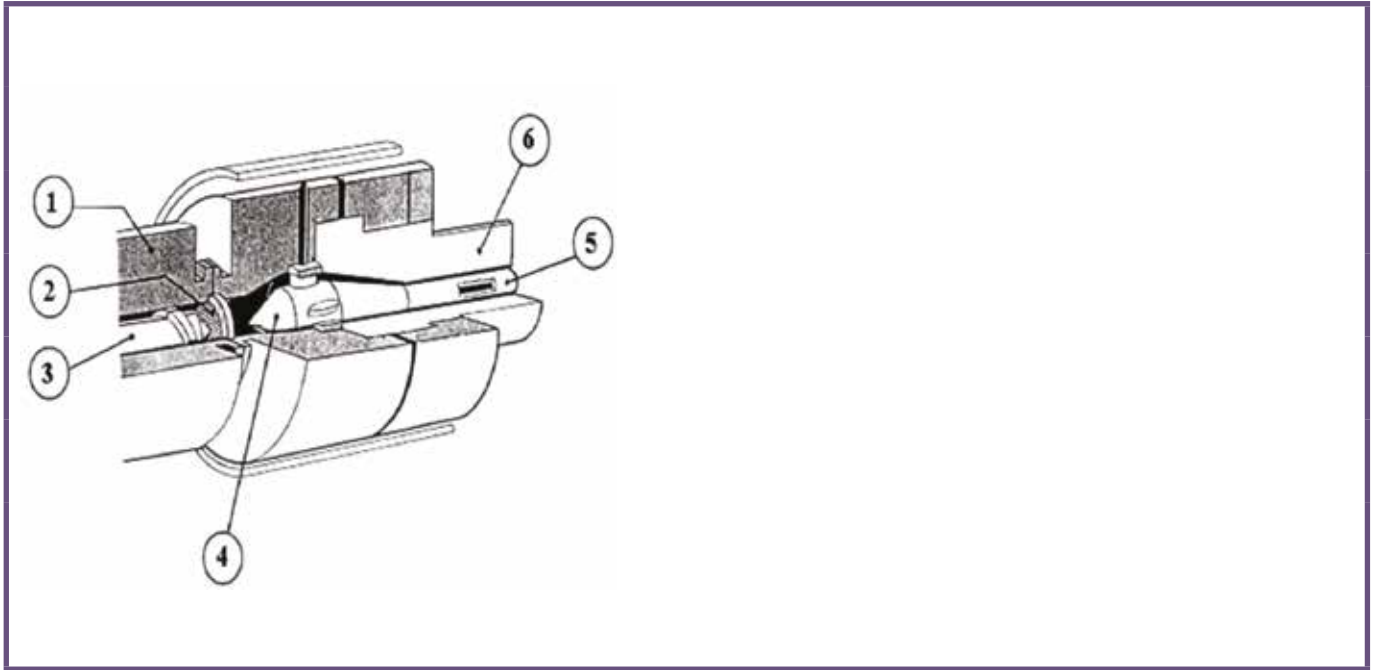
Prosessin aikana raaka-aineen olomuoto muuttuu (kiinteä, nestemäinen, kiinteä). Se tarkoittaa, että materiaalin viskositeetti ja tilavuus muuttuvat. Etsi taulukossa annettujen polymeerilaatujen sulamislämpötilat ( $T_m$ ) Voivatko erot olla  $T_m$ :n ja prosessilämpötilojen välillä järjestelmällisiä?

## 2.4 Suutin

Suutin antaa ekstruusiassa tuotteelle muodon. Tuotetta voidaan kutsua ekstrudaatiksi.

Tarkastele tuotteiden erilaisia muotoja:

1. putket ja profiilit
2. levyt ja kalvot

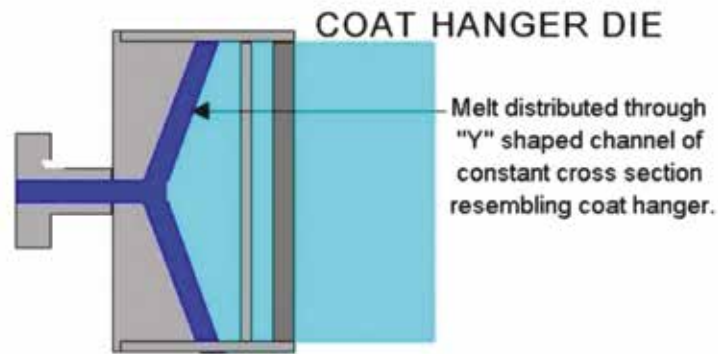


Millaisissa tuotteissa kuvan profiileja voidaan nähdä?



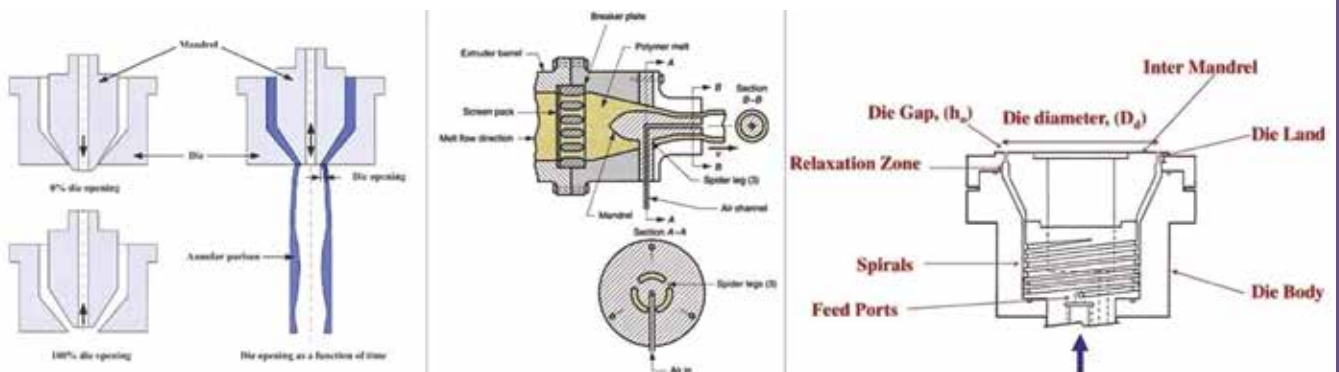
### Levyekstruusion suulake

Muoto vaihtelee muovisulan virtauksen mukaan. Vaateripustin, kalan häntä jne. muodot ja ilmaharjat/-huulet voivat tasoittaa sulaa.



### Puhallusekstruusion suulake

Tässä prosessissa käytetään kolmea päätyyppiä: rengasmainen, hämähäkki ja spiraali. Rengasmaiset suuttimet ovat yksinkertaisimpia ja niitä käytetään polymeerisulaan, joka kanavoituu suuttimen koko poikkileikkauksen ympärille ennen poistumista suuttimesta, mikä voi johtaa epätasaiseen virtaukseen. Hämähäkkisuutin koostuu keskellä olevasta karasta, joka on kiinnitetty ulkomuotorengaaseen "jalkojen" kautta. Vaikka virtaus on symmetrisempi kuin rengasmaisten suuttimien kohdalla, syntyy liittymäsaumoja, jotka heikentävät kalvoa. Spiraalisuuttimet poistavat liittymäsaumojen ja epäsymmetrisen virtauksen ongelman, mutta ovat ylivoimaisesti monimutkaisimpia ja kalliimpia.



Onko olemassa rajoitteita ekstrudaattien muotoon?

## 2.5 Yhteenveto

Ekstruusiolaitteella työskenneltäessä on tunnettava myös menetelmän periaatteita.

### 3. Putki ja profiilekstruusio

Ota uudelleen esiin tämän kappaleen alussa oleva ekstruusiolinjan kuva.

Koko suulakepuristusprosessi on usein paljon muutakin kuin vain suulakepuristin. Suulakepuristuslinjalla putkien ja profiilien valmistamiseen on jatkeet jäähdytykseen ja kalibrointiin sekä tuotteen leikkamiseen ja varastointiin.

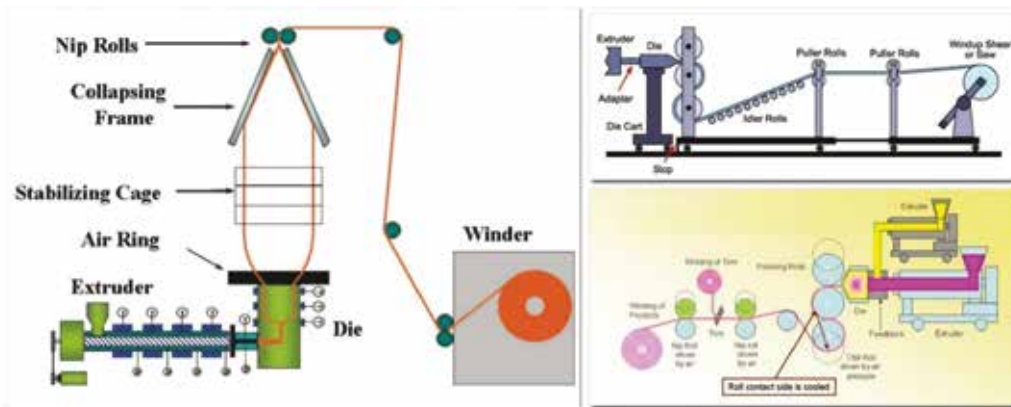
Muotti antaa tuotteelle muodon (esim. profiilin muodon), mutta muovi on sulassa vaiheessa, kun se tulee muotista. Se alkaa jäähtyä heti muotin jälkeen, mutta tarvitaan hallittua jäähdytystä (ilma, vesi). Ulos tulleen tuotteen, ekstrudaatin mitat voivat muuttua niin kauan kuin se on riittävän pehmeää. Jäähdytyksen jälkeen tai samanaikaisesti suulakepuristuksessa tarkistetaan mitat. Valmis tuote voidaan tarvittaessa leikata määrämittaan paloiksi tai rullata varastoitavaksi.

Katso internetin videoita putki- ja profiilekstruusioista saadaksesi kokonaiskuvan niiden toiminnasta. Selitä lähdemateriaalia apuna käyttäen seuraavia asioita.

1. Miten valmistettava tuote vaikuttaa menetelmän valintaan
2. Millä perusteella suutin valitaan
3. Vielä pehmeän tuotteen käsittely
4. Jäähdytystekniikoita
5. Kalibrointitapoja
6. Mahdollisia leikkuumenetelmiä
7. Valmiin tuotteen varastointitapoja

### 4. Kalvo- ja levyekstruusio

Koko suulakepuristusprosessilla kalvo- ja levytuotannossa on omat jatkovaiheet ekstruuderin jälkeen. Kalvoprosessi on esitetty vasemmalla ja levylinjasta on esimerkkejä kahdella oikean puoleisella kuvalla.



Lähde: SPE EXTRUSION DIVISION - [www.extrusionwiki.com](http://www.extrusionwiki.com)

#### Kalvo

Kalvo ekstruusiossa sula materiaali tulee suulakkeelta ohutseinäisenä putkenä. Ekstrudaatti ohjataan nippiteloille, jotka vetävät kalvoa säädettävällä nopeudella. Kalvon sisään puhallettu ilma muotoilee ja jäähdyttää kalvon. Tyypillinen muovikalvon paksuus alle 1000 µm (1 mm).

Katso videoita tai etsi tietoa kalvoekstruusioista yrityksistä.

Hakusanoja: puhalluskalvoekstruusio / blow film extrusion, film extrusion

## Levy

Levy on tuote, jossa leveys on huomattavasti paksuutta/vahvuutta suurempi. Suuttimelta tuleva ekstrudaatti ohjataan jäähdytys- ja nippiteloille. Levyn leveys määrittyy suuttimen leveyden mukaan ja paksuus suuttimen pään koon ja vetotelojen nopeuden mukaan.

Katso videoita tai etsi tietoa levyekstruusiosta yrityksistä.

Hakusanoja: levyekstruusio / sheet extrusion, plastic sheet extrusion

Katso internetin videoita kalvo- ja levyekstruusiosta saadaksesi kokonaiskuvan niiden toiminnasta. Selitä lähdemateriaalia apuna käyttäen seuraavia asioita:

1. Miten valmistettava tuote vaikuttaa menetelmän valintaan
2. Millä perusteella suutin valitaan
3. Jäähdytystekniikoita
4. Nopeuden säätö nippitelojen avulla
5. Kalibrointitapoja
6. Mahdollisia leikkuumenetelmiä
7. Valmiin tuotteen varastointitapoja

# Kappale 4: Käytännön tehtäviä

(käytössä olevan laitteiston mukaan)

## Tuotantolaitteistolla työskentely

**Materiaali:** muoviekstruusiolinja, lisälaitteet, sihtipakkaus, muoviraaka-aine, ohjeet asettamiseen ja säätöön

**Tavoite:** osaamisen rakentaminen, laitteiden valmistelu, prosessinkäynnistysvalmius, koneen käynnistys,

## Käytännön harjoituksia 1

Ekstruusiolaitteiston käynnistykseen valmistelu ja lopputuotteen tavoitearvot

### 1. Tehtäviä

Työturvallisuus- ja ensiapuohjeet tulee osata ennen aloitusta.

Tehtävät ohjaavat ekstruusiolinjan käyttöön.

#### a. Ekstruusiolaite ja tuotantotilaus

Opi tunnistamaan suulakepuristuskone ja tutustu tilaukseen ja tietolomakkeisiin.

#### b. Tarkista lämpövastukset

Varmista, että lämpövastukset ovat oikeat ja sijoitettu paikoilleen. Tarkista, että lämmitysosien liitäntä on kiinnitetty.

#### c. Ekstruusion lämmitysparametrit

Käytä teknisten tuotetietojen ohjeita.

#### d. Ennen aloitusta

Lämmitys päälle.

Suuttimen mekaanisten osien kiinnityksien tarkastus, kun lämpötila on saavutettu.

#### e. Tarkastus muut tuotantohyödykkeet

Vesi- ja ilmaliitännät, aktivoi tarvittaessa vakuumpumppu

Tarkista koko tuotantolinja.

#### f. Muovimateriaalin tarkastus

Varmista, että tuotantotilaus on oikein.

Varmista materiaalin riittävyys.

#### g. Lämpötilojen tarkastus

Mittaa erillisellä käsimittauslaitteella ekstruuderikoneen eri osien lämpötilat (suutin, suuttimen pää, sylinteri)



### **h. Ekstruusiolaitteen käynnistys**

Käynnistä laite hitaalla nopeudella ilman polymeeriä, hopperi tyhjänä.

Lisää hitaasti asteittain polymeeriä hopperiin, jotta moottoria ei kuormiteta äkkinäisesti eikä tukita ruuvia.

### **i. Tuotteen muotoilu**

Säädä tuurna/suutin niin, että ekstrudaatti asettuu suoraan (putkiekstruusio) ja yhdistä jäähdytys- tai tyhjiöjärjestelmä.

Kun prosessi on asettunut, nosta ekstruusiokoneen nopeus oikeaan ajoarvoon, tarkista profiilin mitat, aseta muut tarvittavat ajoarvot.

## **2. Raportointi**

### **a. Havainnot – Mittaukset**

Tarkista kappale: mitat ja tekniset ominaisuudet.

Vertaa paksuus- ja juoksumetrimittoja tuotteen tavoitearvoihin.

Tarkista muut mahdolliset asiat.

### **b. Kommentointi parametrien optimointia, tee kirjallinen yhteenveto**

Kommentoi ratkaisujasi tuotantoasetuksista hyvän lopputuotteen saamisesta.

## **3. Oletetut tulokset**

### **a. Hukkamateriaali aloituksesta ja lopetuksesta**

Tee lyhyt analyysi. Kuinka paljon materiaalia meni jätteeksi?

Onko aloitus- ja lopetustoimia mahdollista tehostaa?

### **b. Tallenna optimoidut asetusarvot lomakkeelle**

Merkitse mahdolliset poikkeamat annetuista arvoista prosessin asetustietoihin.

### **c. Kirjallinen raportti päivän tapahtumista ja toteutuneista asioista**

Valmistele päiväraportti. Mitkä prosessin asetuksista ovat kriittisiä? Miten havaitsit ne?

## Käytännön harjoituksia 2

Kuinka puhallusekstruusio valmistellaan onnistuneesti käynnistykseen ja saadaan hyväksytyt lopputuotteen tavoitearvot?

### 1. Tehtäviä

Työturvallisuus- ja ensiapuohjeet tulee osata ennen aloitusta.

Tehtävät ohjaavat ekstruusiolinjan käyttöön.

#### a. Ekstruusiolaitte ja tuotantotilaus

Opi tunnistamaan suulakepuristuskone ja tutustu tilaukseen ja tietolomakkeisiin.

#### b. Tarkista lämpövastukset

Varmista, että lämpövastukset ovat oikeat ja sijoitettu paikoilleen. Tarkista, että lämmitysosien liitäntä on kiinnitetty.

#### c. Ekstruusion lämmitysparametrit

Käytä teknisten tuotetietojen ohjeita.

#### d. Ennen aloitusta

Lämmitys päälle.

Suuttimen mekaanisten osien kiinnityksien tarkastus, kun lämpötila on saavutettu.

#### e. Tarkastus muut tuotantohyödykkeet

Vesi- ja ilmaliitännät, aktivoi tarvittaessa vakuumpumppu

Tarkista koko tuotantolinja.

#### f. Muovimateriaalin tarkastus

Varmista, että tuotantotilaus on oikein.

Varmista materiaalin riittävyys.

#### g. Lämpötilojen tarkastus

Mittaa erillisellä käsimittauslaitteella ekstruuderikoneen eri osien lämpötilat (suutin, suuttimen pää, sylinteri)

#### h. Ekstruusiolaitteen käynnistys

Käynnistä laite hitaalla nopeudella ilman polymeeriä, hopperi tyhjänä.

Lisää hitaasti asteittain polymeeriä hopperiin, jotta moottoria ei kuormiteta äkkinäisesti eikä tukita ruuvia.

#### i. Tuotteen muotoilu

Tarkista huulet, ilmakavana ja ohjaustelojen pinnat ja yhdistä jäähdytys- tai tyhjiöjärjestelmä.

Kun prosessi on asettunut, nosta ekstruusioikoneen nopeus oikeaan ajoarvoon, tarkista profiilin mitat, aseta muut tarvittavat ajoarvot.

## 2. Raportointi

### a. Havainnot – Mittaukset

Tarkista kappale: mitat ja tekniset ominaisuudet.

Vertaa paksuus- ja juoksumetrimittoja tuotteen tavoitearvoihin.

Tarkista muut mahdolliset asiat.

### b. Kommentoi parametrien optimointia, tee kirjallinen yhteenveto

Komentoi ratkaisujasi tuotantoasetuksista hyvän lopputuotteen saamisesta.

## 3. Oletetut tulokset

### a. Hukkamateriaali aloituksesta ja lopetuksesta

Tee lyhyt analyysi. Kuinka paljon materiaalia meni jätteeksi?

Onko aloitus- ja lopetustoimia mahdollista tehostaa?

### b. Tallenna optimoidut asetusarvot lomakkeelle

Merkitse mahdolliset poikkeamat annetuista arvoista prosessin asetustietoihin.

### c. Kirjallinen raportti päivän tapahtumista ja toteutuneista asioista

Valmistele päiväraportti. Mitkä prosessin asetuksista ovat kriittisiä? Miten havaitsit ne?

## Käytännön harjoituksia 3

Työturvallisuus- ja ensiapuohjeet tulee osata ennen aloitusta.

Tehtävät ohjaavat ekstruusiolinjan käyttöön.

Levyekstruusiolinjan valmistelu onnistuneelle käynnistykselle ja teknisten tavoitteiden mukaiseen lopputuotteeseen?

### 1. Tehtäviä

Työturvallisuus- ja ensiapuohjeet tulee osata ennen aloitusta.

Tehtävät ohjaavat ekstruusiolinjan käyttöön.

#### a. Ekstruusiolaite ja tuotantotilaus

Opi tunnistamaan suulakepuristuskone ja tutustu tilaukseen ja tietolomakkeisiin.

#### b. Tarkista lämpövastukset

Varmista, että lämpövastukset ovat oikeat ja sijoitettu paikoilleen. Tarkista, että lämmitysosien liitäntä on kiinnitetty.

#### c. Ekstruusion lämmitysparametrit

Käytä teknisten tuotetietojen ohjeita.

#### d. Ennen aloitusta

Lämmitys päälle.

Suuttimen mekaanisten osien kiinnityksien tarkastus, kun lämpötila on saavutettu.

#### e. Tarkastus muut tuotantohyödykkeet

Vesi- ja ilmaliitännät, aktivoi tarvittaessa vakuumpumppu

Tarkista suulakepuristuslinjan eri osien tehokas toiminta ja niiden kohdistukset.

#### f. Muovimateriaalin tarkastus

Varmista, että tuotantotilaus on oikein.

Varmista materiaalin riittävyys.

#### g. Lämpötilojen tarkastus

Mittaa erillisellä käsimittauslaitteella ekstruuderikoneen eri osien lämpötilat (suutin, suuttimen pää, sylinteri)

#### h. Ekstruusiolaitteen käynnistys

Käynnistä laite hitaalla nopeudella ilman polymeeriä, hopperi tyhjänä.

Lisää hitaasti asteittain polymeeriä hopperiin, jotta moottoria ei kuormiteta äkkinäisesti eikä tukita ruuvia.

#### i. Tuotteen muotoilu

Tarkista huulet, ilmakavana ja ohjaustelojen pinnat ja yhdistä jäähdytys- tai tyhjiöjärjestelmä.

Kun prosessi on asettunut, nosta ekstruusiokoneen nopeus oikeaan ajoarvoon, tarkista profiilin mitat, aseta muut tarvittavat ajoarvot.

## 2. Raportointi

### a. Havainnot – Mittaukset

Tarkista kappale: mitat ja tekniset ominaisuudet.

Vertaa paksuus- ja juoksumetrimittoja tuotteen tavoitearvoihin.

Tarkista muut mahdolliset asiat.

### b. Kommentoi parametrien optimointia, tee kirjallinen yhteenveto

Komentoi ratkaisujasi tuotantoasetuksista hyvän lopputuotteen saamisesta.

## 3. Oletetut tulokset

### a. Hukkamateriaali aloituksesta ja lopetuksesta

Tee lyhyt analyysi. Kuinka paljon materiaalia meni jätteeksi?

Onko aloitus- ja lopetustoimia mahdollista tehostaa?

### b. Tallenna optimoidut asetusarvot lomakkeelle

Merkitse mahdolliset poikkeamat annetuista arvoista prosessin asetustietoihin.

### c. Kirjallinen raportti päivän tapahtumista ja toteutuneista asioista

Valmistele päiväraportti. Mitkä prosessin asetuksista ovat kriittisiä? Miten havaitsit ne?

# Kappale 5: Työstömenetelmiä

Yhdistä paikallisiin valmistusmenetelmiin liittyen hyvät käytänteet

Alla on esimerkkitaulukkona tarkistuslista ekstruuderin valmisteluun.

Tällainen luettelo auttaa käyttäjää aloittamaan ekstruusioprosessin, pitämään järjestyksen kaikessa toiminnassa. Kaikki poikkeukset on dokumentoitava.

Toiminta	ei hyväksytty	hyväksytty	huomioon
<b>Ekstruusiokone</b>			
Tarkista muovimateriaali			
Varmista materiaalin siirto syöttösuppilon			
Tarkista sylinterin ja suuttimet lämpötilat			
Tarkista vaihteistoöljyn pinta			
Kaksoisruuvien käyttö, käynnistä tyhjiöpumppu poistamaan kaasu ja ilma			
<b>Suutin</b>			
Tarkista asennuskulma (estää kestumuovien vuodon)			
Anturien asennus			
Tarkista liitännät			
Tarkista lämpövastusten kiinnitys			
Siirrä ylimääräiset johdot ja anturit pois			
<b>Kalibrointi</b>			
Tarkista tyhjiön liitos (estää vuodot)			
Tarkista vesiliitos			
Tarkista säätöjärjestelmän kytkentä			
Tarkista tyhjiö (indikaattori)			
Varastoi jäljellä olevat putki-imurit ja säätöjärjestelmät			
<b>Vetoyksikkö</b>			
Tarkista, että yksikkö on tyhjä			
Tarkista hätäpysäytys			
Tarkista, että turvaportti on kiinni			



## Ekstruusioprosessin olennaiset asetukset

\*Tämä asetusarvo on koneen käyttäjän/asettajan ensimmäisenä tarkastettava kohta

$$\text{Juoksumetrimassa (kg/m)} = \text{sulaindeksi (kg/h)} \div \text{nopeus (m/h)}$$

tai

$$\text{juoksumetrimassa (g/m)} = \text{sulaindeksi (kg/h)} \times 1000 \div \text{nopeus (m/h)} \times 60$$

Juokumetrimassa = profiilin pituuden massa

Sulaindeksi = sulan materiaalin määrä suuttimelta

Nopeus= profiilin nopeus

## Levyekstruusioprosessin yleistietoa

Kaikissa muovivaluprosesseissa tulisi olla prosessin asettamisohjeet. Ne auttavat käyttäjiä aloittamaan prosessin tuotespesifikaatioiden mukaisesti.

TUOTETUNNUS		PÄIVÄYS			
KÄYTTÄJÄ		OHJELMANUMERO			
EXTRUDEERINUMERO					
Lämpötilaprofiili *		Extruuderin suutin			
Sylinteri 1 (°C)	+/-	Ulostulo (kg/h)			
Sylinteri 2 (°C)	+/-	Materiaali			
Sylinteri 3 (°C)	+/-	VOLYMETRINEN VÄRIN ANNOSTELIJA			
Sylinteri 4 (°C)	+/-	Värin tunnus		Muuttuja	
Puristus (SUUTIN 1) (°C)	+/-	GRAVIMETRINEN SEKOITTAJA			
AUX (SUUTIN 2) (°C)	+/-	Värin tunnus		Muuttuja	
AUX (SUUTIN 3) (°C)	+/-	Lisäaineen tunnus		Muuttuja	
Ruuvien asetusarvot					
Ruuvien nopeus (RPM) *	+/-				
Moottorin kuormitus (A / %)					
Sulan paine (bar)					
Sulan lämpötila (°C)					
Renkaan ilma (bar/l/min)					



Taulukossa esitetään puhalluskalvoekstruusion yleiset prosessiparametrit ja tuotespesifikaatiot. Tietoja voidaan lisätä tai poistaa riippuen käytössä olevan prosessin monimutkaisuudesta.

Parametreja on kaksi pääryhmää. Ensimmäiset ovat parametreja, joiden arvoja voidaan muuttaa, esimerkiksi lämpötilat. Toinen parametriryhmä on tarkoitettu vain viitteeksi, esimerkiksi muovin sulamislämpötila. Ilmoitettua arvoa voidaan kuitenkin muuttaa ensimmäisellä parametriryhmällä.

\* merkityt parametrit ovat kriittisiä prosessille. Hyvin usein näillä parametreilla on toleransseja. Toleransseja saadaan haetuksia prosessikehityskokeiden aikana.

## Kalvo-/levyekstruusiolinjan käynnistys

### Ekstruusiolinjan esivalmistelu

1. Tarkista lämpövyöhykkeet ja vastukset (jos muotissa on useita vyöhykkeitä, vastusten sekaantuminen on mahdollista, prosessiin voi kohdistua riski ylikuumentumisesta ja muovipolymeerin hajoamisesta)
2. Aseta lämpötila 100°-130° ja anna koneen lämmetä (muotisarjoissa lämpötila-alueet voivat vaatia enemmän aikaa lämmetä)
3. Tarkista materiaalin syöttöjärjestelmä
4. Tarkista syötön jäähdytys
5. Tarkista suuttimen huulen pinta (jos koneeseen on asennettu uusi suutin, pultit on kiristettävä lämmityksen jälkeen)
6. Tarkista koko linjan suuntaus
7. Tarkista telan pinnat
8. Tarkista nippitelojen väli
9. Tarkista, että ilmarengas on puristusaineistettu
10. Tarkista ilmakehän membraanikalvo

### Kun valmistelutoimet on suoritettu kone voidaan käynnistää

1. Aseta prosessilämpötilat materiaalinkäsittelyohjeen / prosessiasetussivun mukaan (jos sellaisia ei ole, tarkista materiaalitiedot)
2. Kun lämpötilat ovat asetusarvossa, odota 30 minuuttia (ulkoinen lämmitys lämmittää vain sylinterin ja suulakepakkauksen ulkopinnan, ja suuremmille koneille ja suuttimille tarvitaan lisäaikaa)
3. Käynnistä ekstruuderit
4. Aloita kalvon ilmapuhallus
5. Käynnistä kelausrullat
6. Nosta linjan nopeutta, kunnes se saavuttaa tavoitevaatimukset.

Tuotannon aikana tuotetta tulee tarkastaa. Toimintakuvaus:



# Kappale 6: Muistilista

## Ankkuroi edellisissä kohdissa hankittu tieto

### Tarkista ekstruusiotuotannon ympäristö, turvallisuuskävely

- vesiyhteet
- tyhjiöpumppu
- kalibrointi
- vetoyksikkö (tee koeajoa ja testaa hätäpysäytys)
- varastointi



### Linjan rakenne

- materiaalin kuivaus
- materiaalin syöttö
- muovin sulattaminen
- homogenoituminen
- lisäaineet
- suutin
- jäähdytys
- materiaalin käsittelyt

### Prosessin parametrit

- ruuvityyppi
- sulavirtaus
- lämpövastukset
- ohjeiden noudattaminen
- kestonmuovi valittu oikein valmistettavaan tuotteeseen
- sulalämpötila
- nopeus m/min
- valvontamenettelyt



### Prosessin päättäminen, lopetustoimet

- tuotteen varastointi
- jätteen käsittely
- alueen siisteys
- raportointi



# Kappale 7: Harjoituksia

**(voidaan myös käyttää arvioinnissa)**

Tavoitteena on kehittää taitoja ja ammatillista osaamista

## 1. Materiaalivalinta

### Harjoitus 1

Saat materiaalinäytteitä, sekä useita teknisiä tuotetietoesitteitä. Määrittele materiaalien ekstruusioprosessiin käytettävät lämpötilat.

### Harjoitus 2

Miten ja miksi sulaindeksi määrittää polymeerin ekstrudoitavuuden?

## 2. Ekstruusiomenetelmän käyttö

### Harjoitus 3

Käytä ekstruusiomenetelmää paikallisten ohjeiden mukaan.

### Harjoitus 4

Miten kalvon tai profiilin paksuuteen voidaan vaikuttaa ekstruusioprosessissa?

Mitä kalvon tai profiilin ekstruusioparametria ensimmäisenä muutetaan, jos tuotteen mitat eivät ole oikeat?

Millä tavoilla kalvo-/levytuotteiden leveyttä voidaan säätää?

## 3. Ekstruusioprosessin valvonta

### Harjoitus 5

Kuvaile kaikkein olennaisimpia laatutekijöitä sekä kalvo-/levy ekstruusiiossa, että putki-/profiilieksruusiiossa.

# LÄHDEMATERIAALI

Précis des matières plastiques – J.P. Tritignon - J. Verdu – A. Dobraczynski – M. Piperaud – Ed. AFNOR NATHAN

Extrusion des polymères - Pierre G. Lafleur - Bruno Vergnes – Ed. HERMES LAVOISIER

Technologie de l'extrusion - appareillages, procedes, defauts d'extrusion – Sophie Nigen – Ed. DUNOD

Kurri V., Malén T., Sandell R., Virtanen M., Muovitekniikan perusteet 2008

Pipe, profile, sheet and film; Company web – sites

<https://blogit.lab.fi/labfocus/kaksiruuviextruuderilla-tyostetaan-uusiomuovia/>



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

