

# Ainetta lisäävät valmistusmenetelmät

”3D-tulostus”



Aalto-yliopisto  
Insinöörیتieteiden  
korkeakoulu

Kaur Jaakma

3.5.2019

# Sisältö

## Yleistä ainetta lisäävistä valmistusmenetelmistä

- AM eli Additive Manufacturing
- Myös termejä ”3D-tulostus” ja ”pikavalmistus” käytetään
  - 3D printing, rapid manufacturing

## Case-esimerkki

- Demokappale opetuskäyttöön

# Ainetta lisäävä valmistus

Soveltuu hyvin monimutkaisten osien valmistamiseen

tai uniikkien



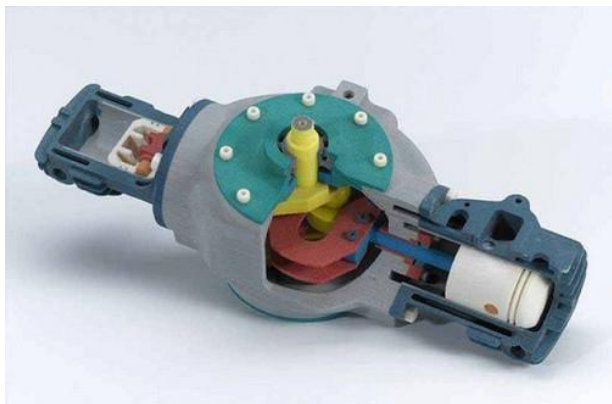
Kuvalähde: <http://inside3dprinting.com/wp-content/uploads/2014/01/armcast.jpg>



Kuvalähde: <http://s3.amazonaws.com/agmmcdn2/mmwp/wp-content/uploads/2014/08/3Dprintedpart2.jpg>

# Ainetta lisäävä valmistus

Tuotesuunnittelussa prototyyppien tekemiseen



Kuvalähde: <http://3.imimg.com/data3/KC/PS/MY-2438804/coloured-3d-printing-rapid-prototyping-500x500.jpg>



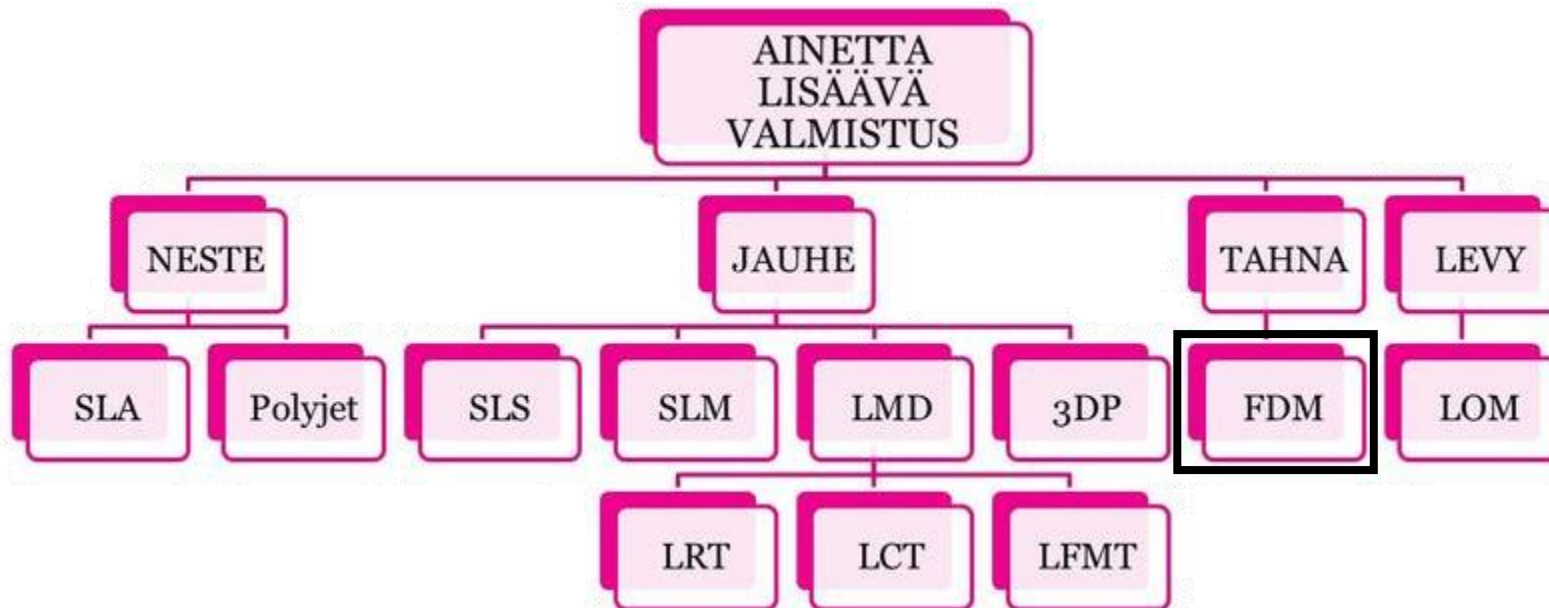
Kuvalähde: <https://3dprint.com/wp-content/uploads/2015/02/3d1.jpg>

# Ainetta lisäävä valmistus

Opiskelijatöihin



# Useita menetelmiä

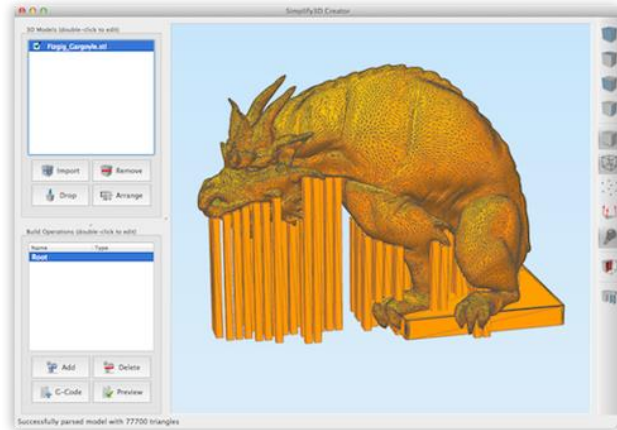


Lähde: <http://3d-tulostus.wikispaces.com/Yleisimmät+metallien+ainetta+lisäävät+valmistusmenetelmät>

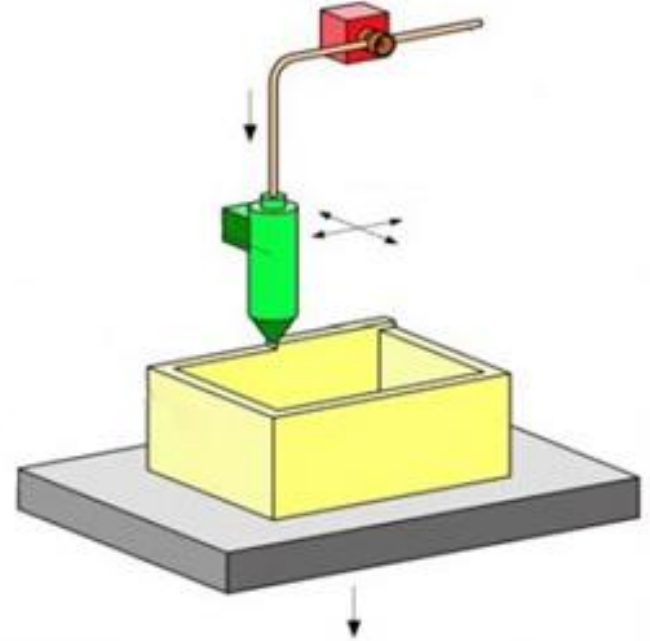
# Fused deposition modeling (FDM)

## Ainetta pursottava menetelmä

- Pursotetaan valmistettava kappale kerr
- Materiaaleina pääosin erilaiset muovit

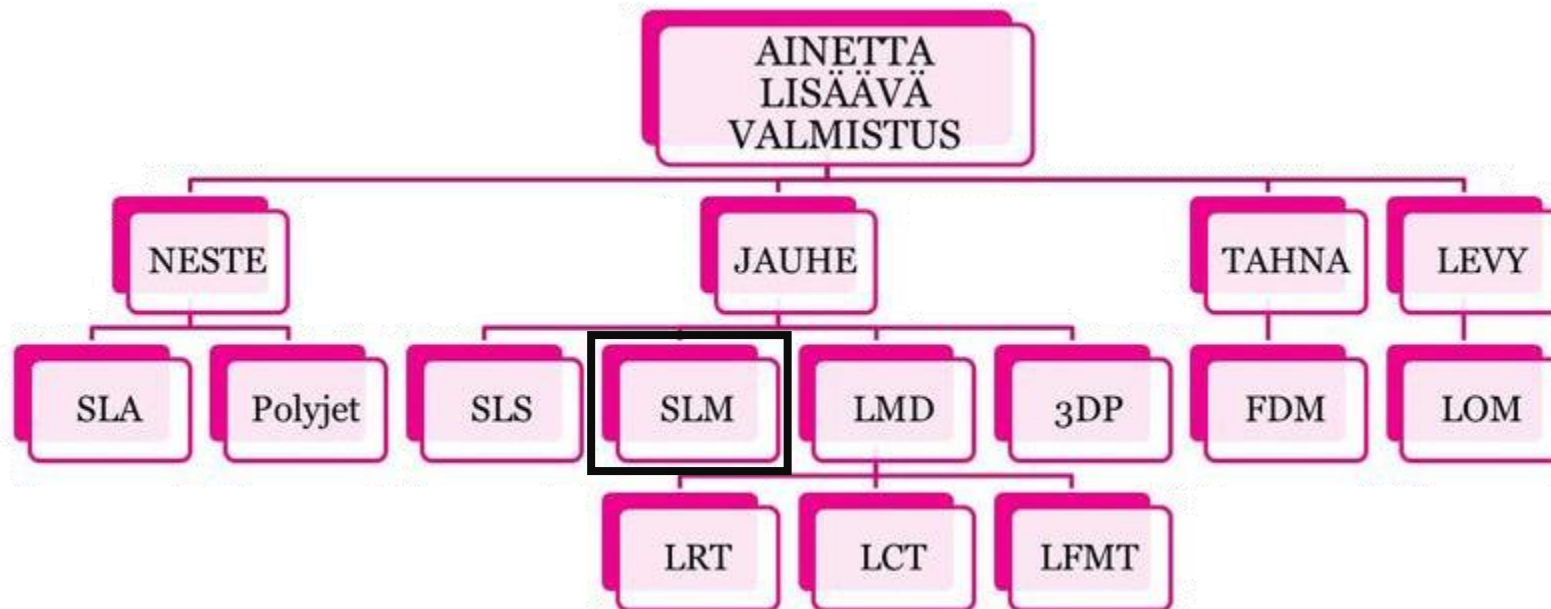


Kuvalähde: <http://www.ioncoretechnology.com/assets/images/soft12.png>



Kuvalähde: [http://web.zone.ee/baltijaamvotmed/images/FDM\\_1.jpg](http://web.zone.ee/baltijaamvotmed/images/FDM_1.jpg)

# Useita menetelmiä



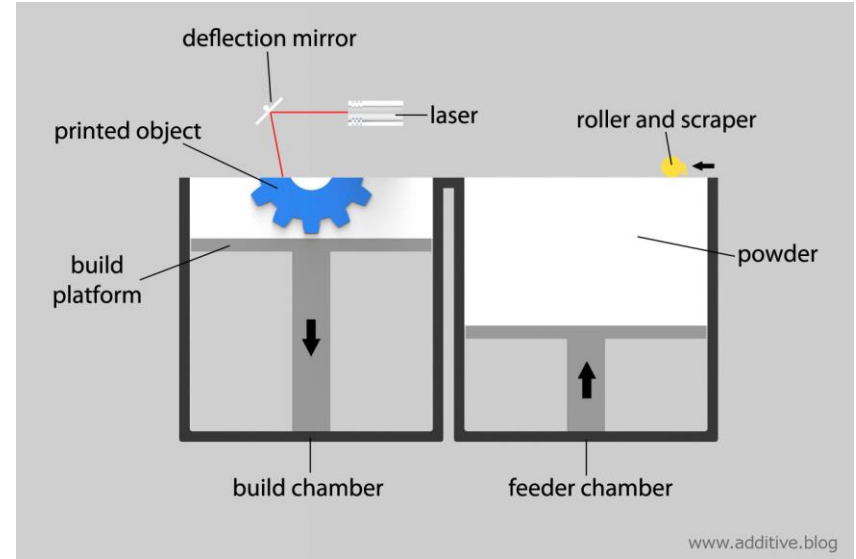


# Selective laser melting (SLM)

Jauhepohjainen menetelmä

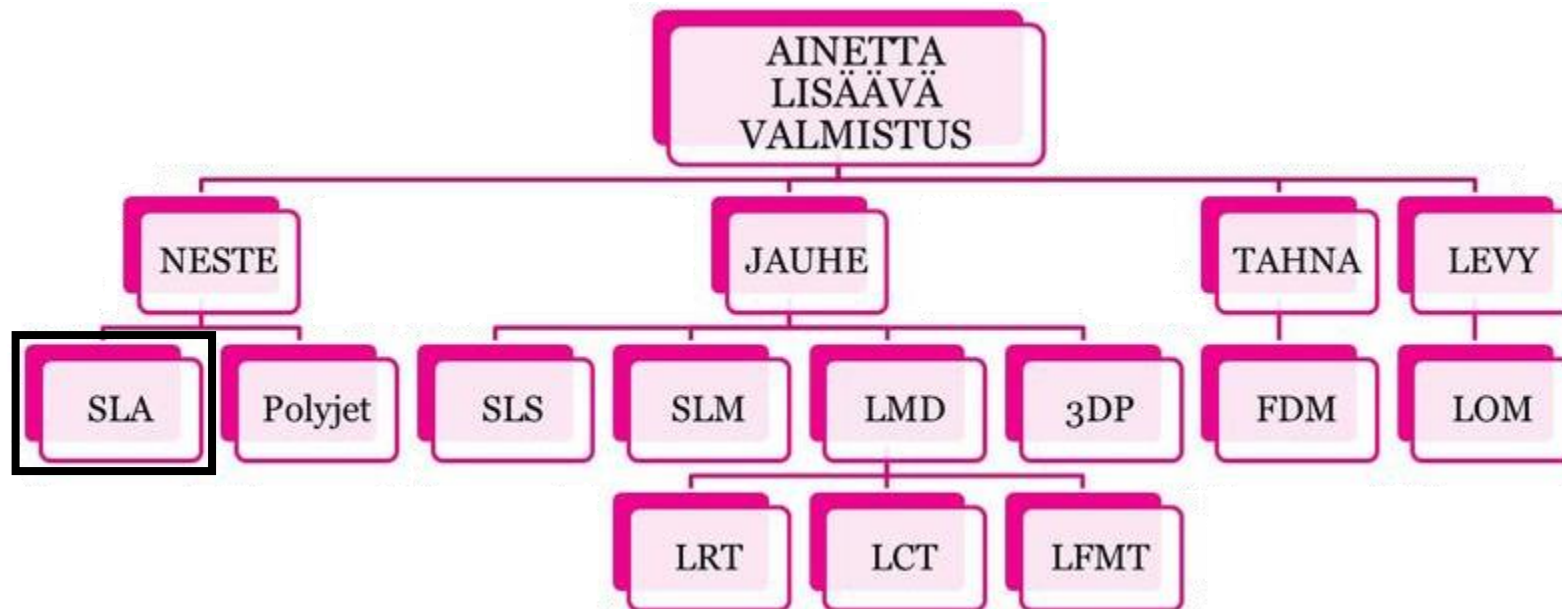
Käyttämätön materiaali tukee rakennetta

Materiaaleina metallit



Kuvalähde: <https://www.additive.blog/wp-content/uploads/2017/03/SLS-laser-sintering-scheme-how-works-3d-printing.jpg>

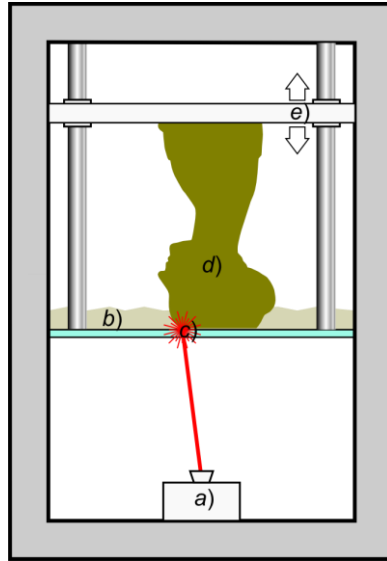
# Useita menetelmiä



# Stereolithography (SLA )

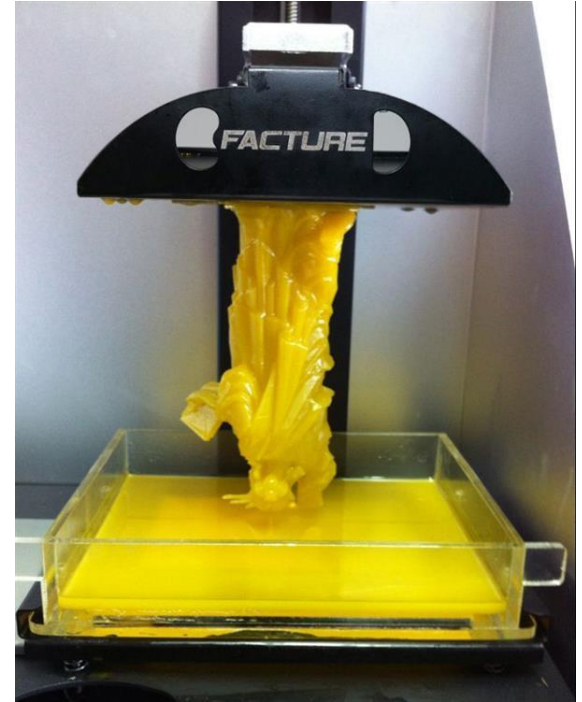
## Nestepohjainen menetelmä

- Kovetetaan kerros kerrokselta haluttu muoto
- Materiaaleina pääosin muovit



Kuvalähde:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Stereolithography#/media/File:Schematic\\_representation\\_of\\_Stereolithography.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Stereolithography#/media/File:Schematic_representation_of_Stereolithography.png)



Kuvalähde: <https://www.3ders.org/images2014/3D-Facture-launches-Kickstarter-Draken-SLA-3D-printer-4.jpg>

# STL-tiedostoformaatti

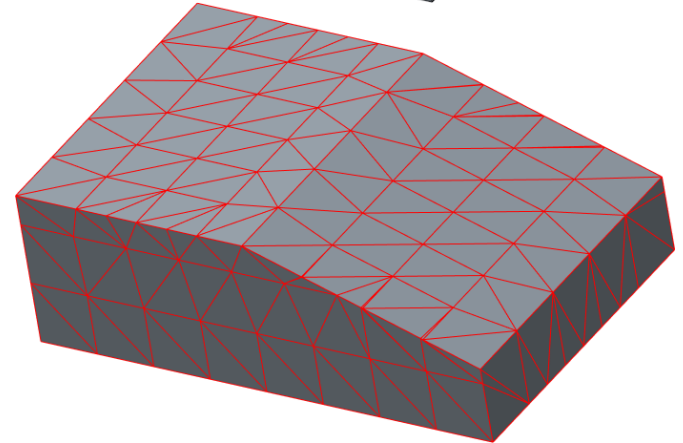
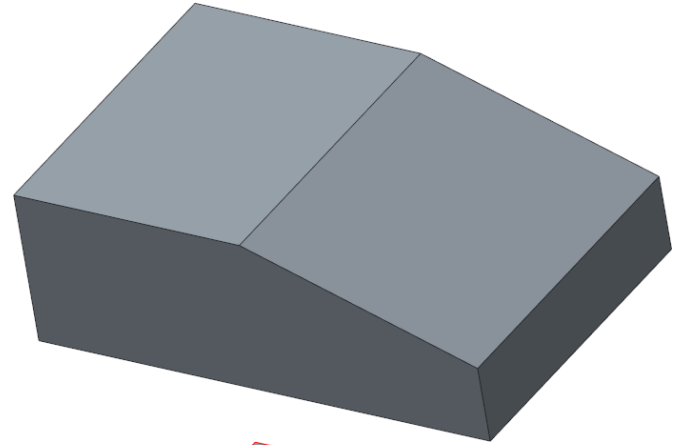
STereoLithography

3D-printterien yleisesti käyttämä  
tiedostoformaatti

Geometria esitetään kolmioiden avulla

Voidaan luoda CAD-ohjelman avulla

- Save As / Save a Copy / Export
- \*.stl

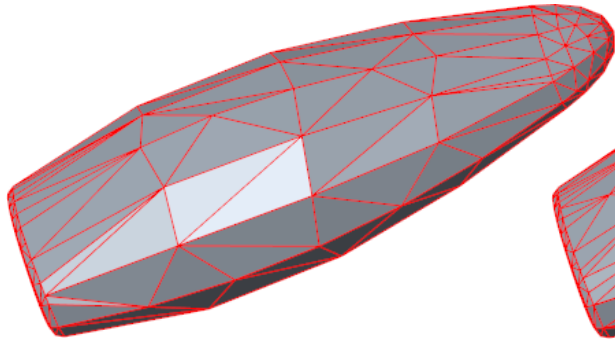
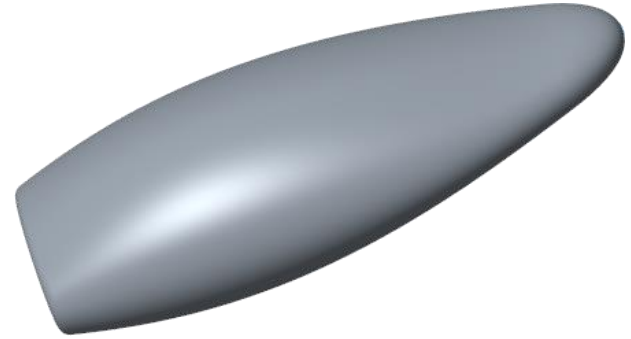


# STL-tiedostoformaatti

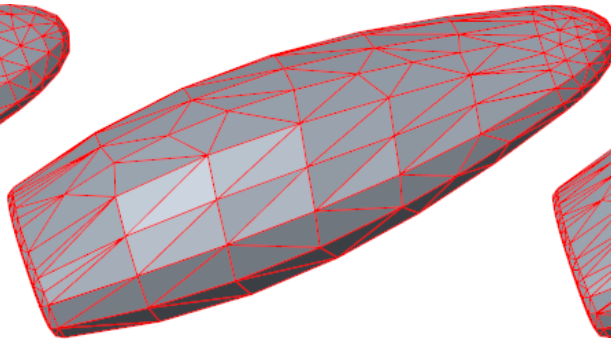
STereoLithography

Luomisparametreillä vaikutus  
lopputulokseen

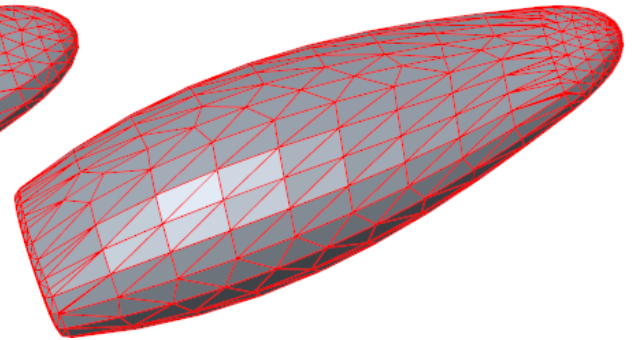
- Esim. Chord high



$h = 3$



$h = 2$



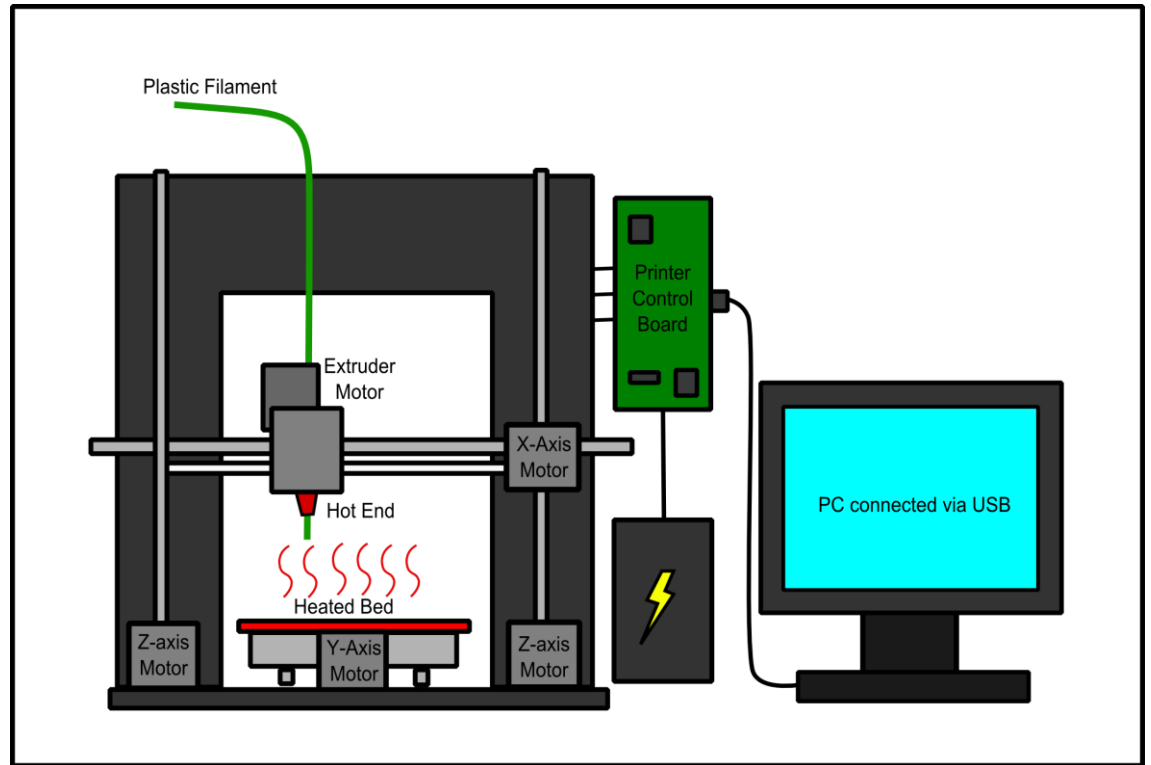
$h = 1$

**A?**

Aalto-yliopisto  
Insinööritieteiden  
korkeakoulu

# Tulostusprosessi

**STL-tiedosto**  
tyypillisesti tuodaan  
tulostimen omaan  
ohjelmistoon, jossa  
suunnitellaan  
tulostussuunta ja  
mahdolliset  
tukirakenteet



# Vaatimukset CAD-mallille

## Valmistusmenetelmäkohtaisia

- Jaettavissa toisiinsa tukeviin kerroksiin
- Tukimateriaalin tarve
- Sisäpuoliset muodot

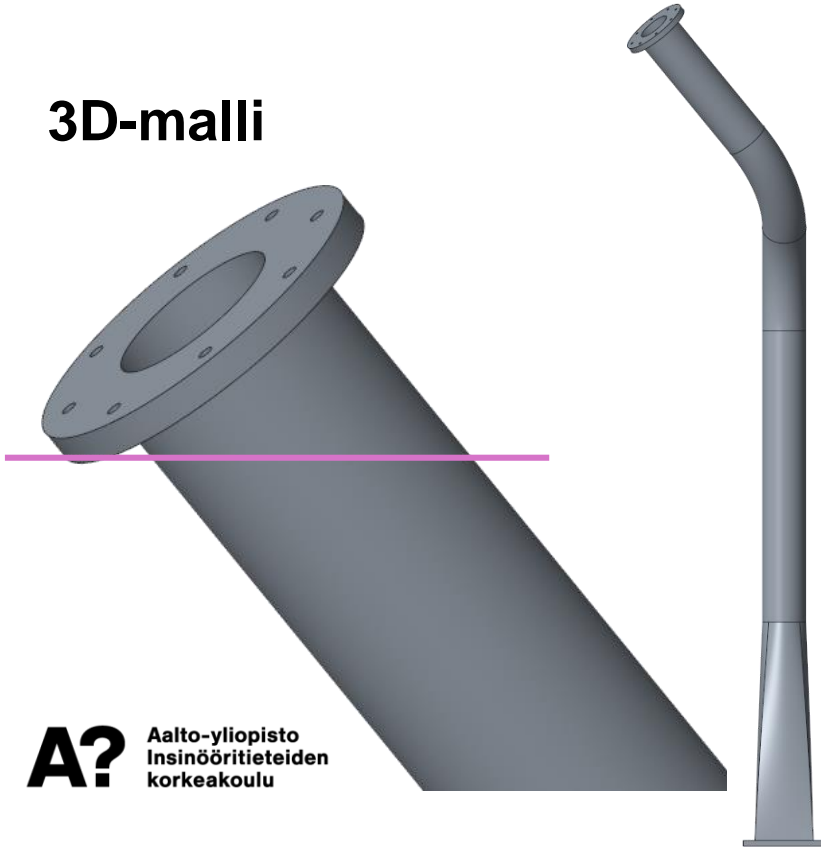
## Seuraavat esimerkit FDM-menetelmäkohtaisia

- ”perusharrastelijaprintteri”

# Vaatimukset mallille

## Kerrokset

### 3D-malli



**A?** Aalto-yliopisto  
Insinöörیتieteiden  
korkeakoulu

### Tulostunut kappale

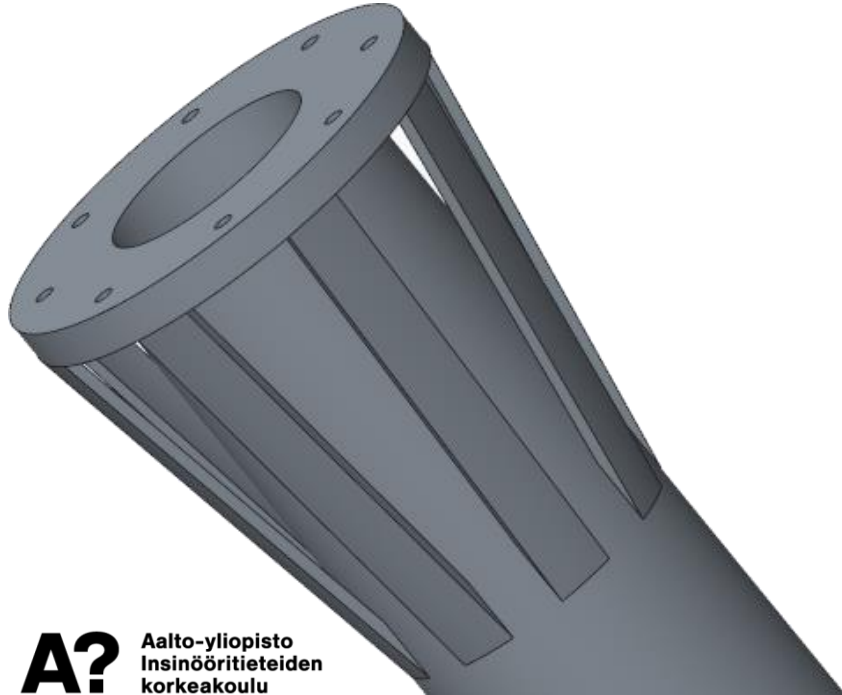




# Vaatimukset mallille

Tukirakenteen tarve

Muokattu 3D-malli



Tulostunut kappale



**A?**

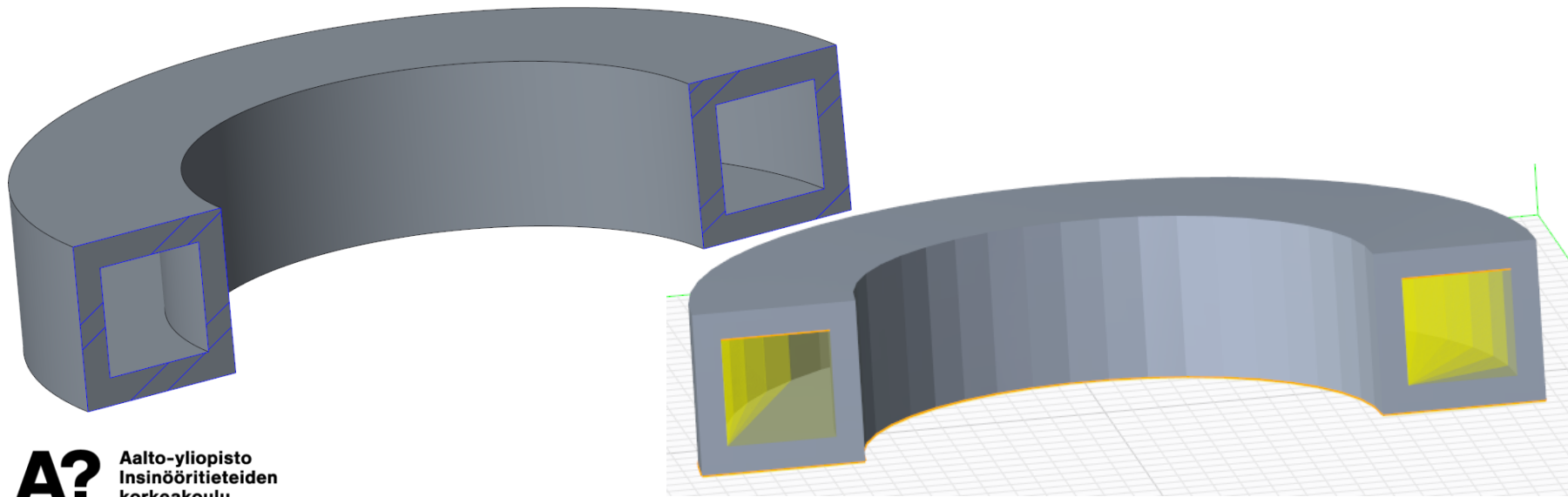
Aalto-yliopisto  
Insinööritieteiden  
korkeakoulu

# Vaatimukset mallille

## Sisäpuoliset muodot

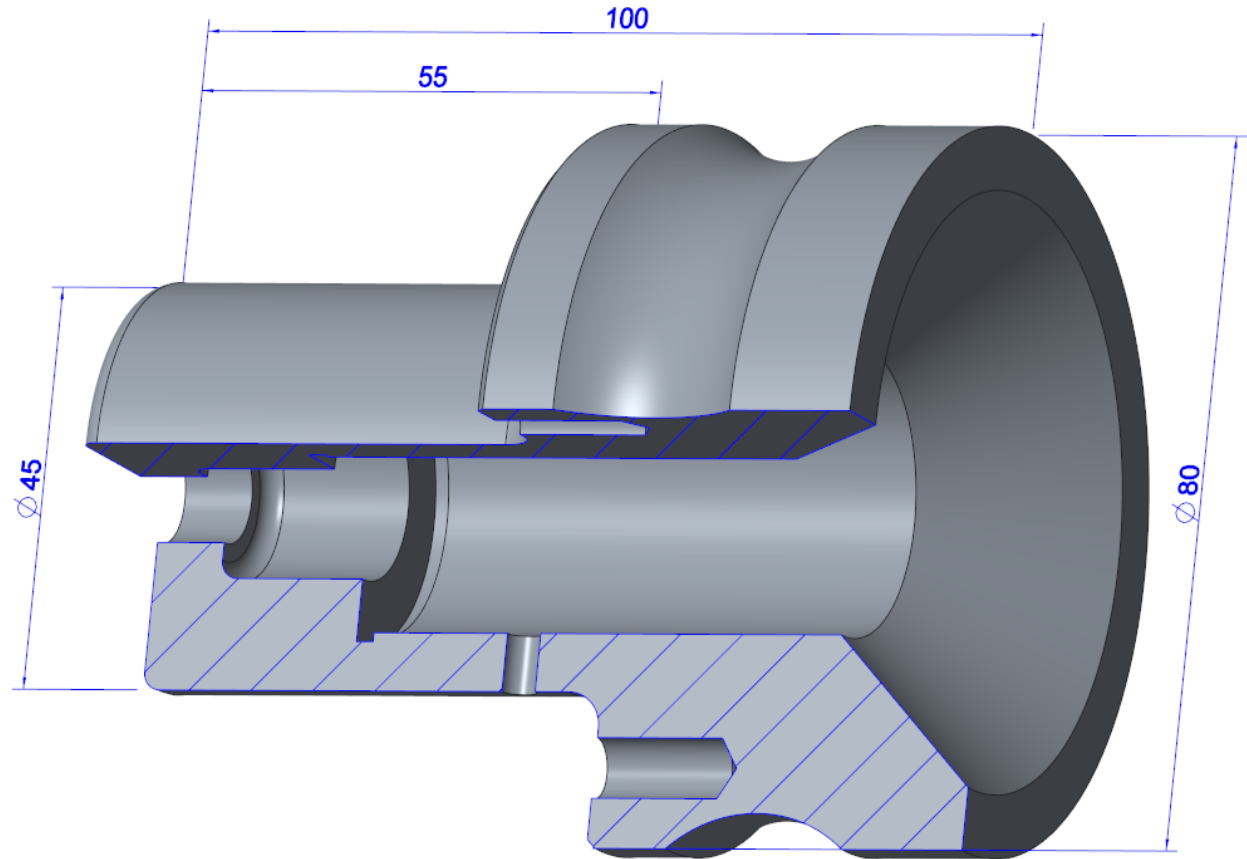
**Kaikki sisäpuoliset muodot eivät aina onnistu**

**Esimerkissä tukimateriaalin poisto haasteellista**

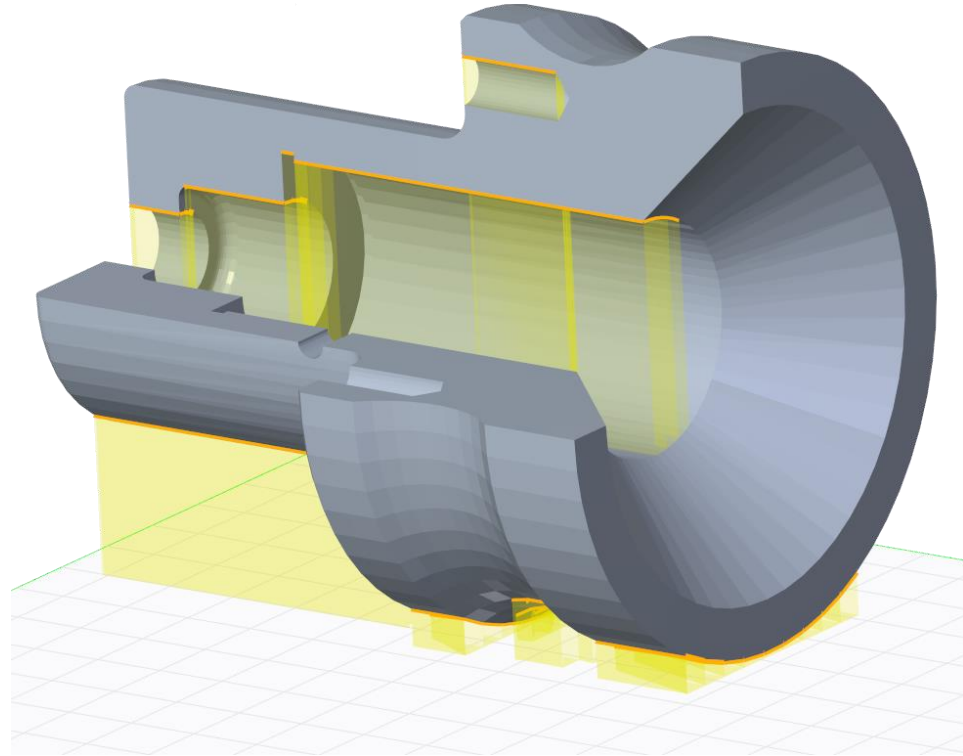
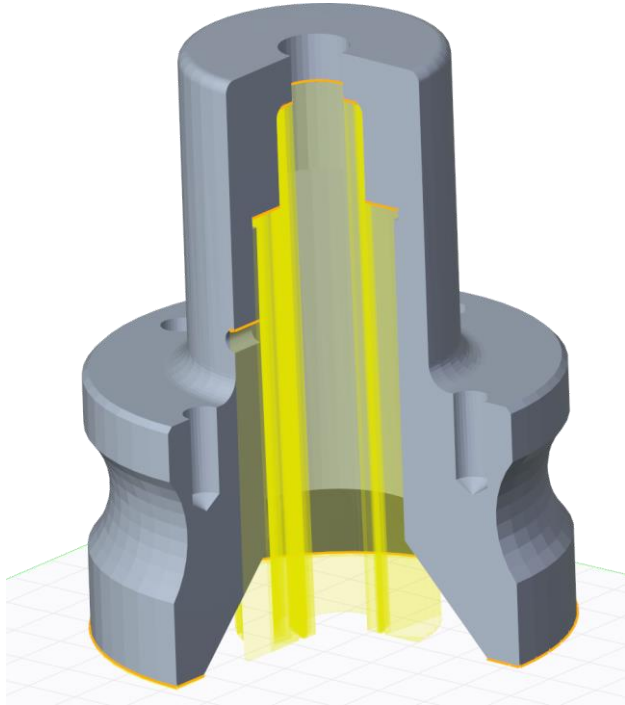


# Case-esimerkki

# ENG-A1001 kurssin tehtävä



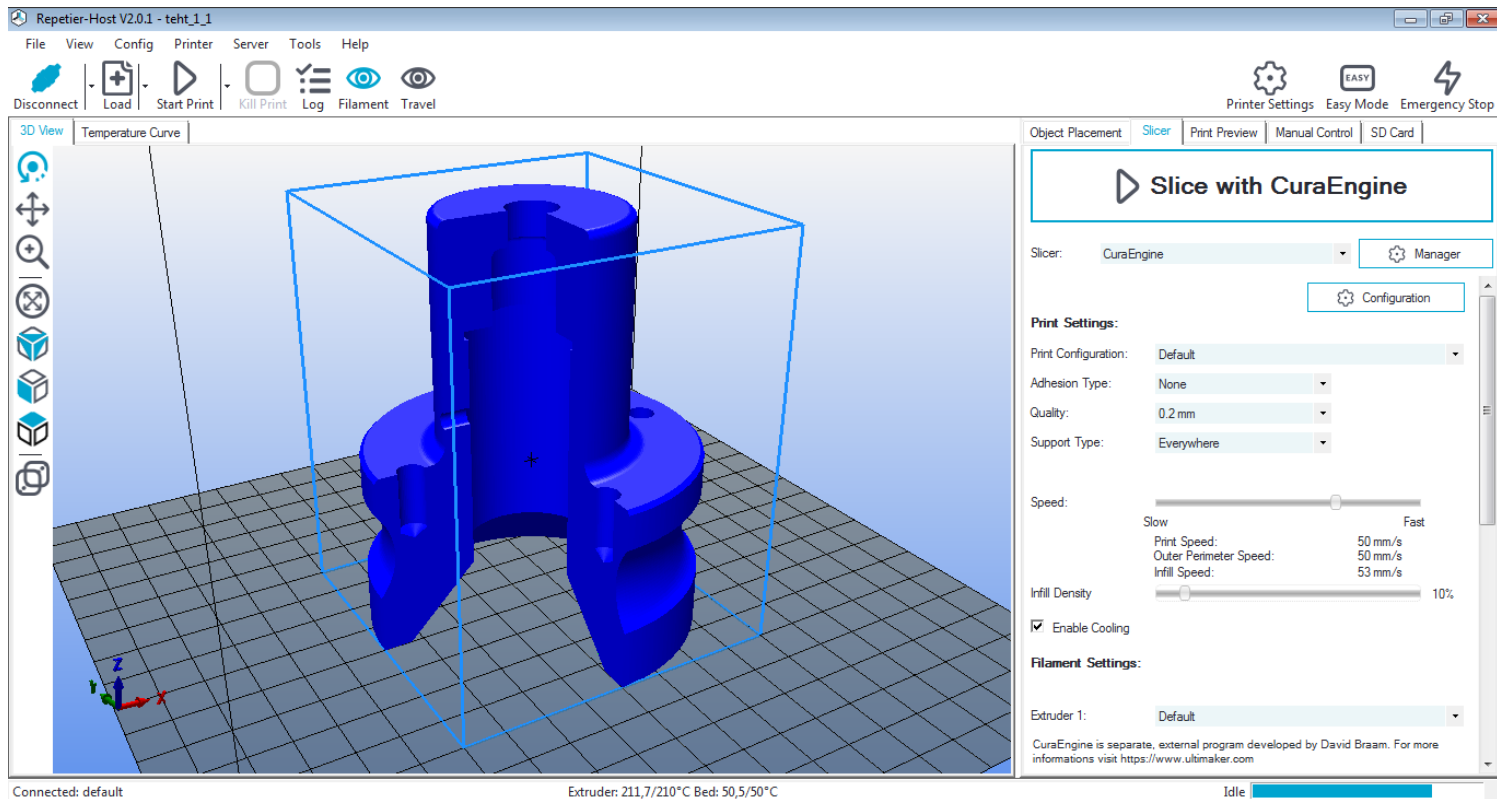
# Tulostusasento



# Tulostinohjelmisto

## Mallin paikoitus

## Ultimaker CuraEngine



Repetier-Host V2.0.1 - teht\_1\_1

File View Config Printer Server Tools Help

Disconnect Load Start Print Kill Print Log Filament Travel

3D View Temperature Curve

Object Placement Slicer Print Preview Manual Control SD Card

**Slice with CuraEngine**

Slicer: CuraEngine Manager Configuration

**Print Settings:**

Print Configuration: Default

Adhesion Type: None

Quality: 0.2 mm

Support Type: Everywhere

Speed:  Slow Fast

Print Speed: 50 mm/s  
Outer Perimeter Speed: 50 mm/s  
Infill Speed: 53 mm/s

Infill Density:  10%

Enable Cooling

**Filament Settings:**

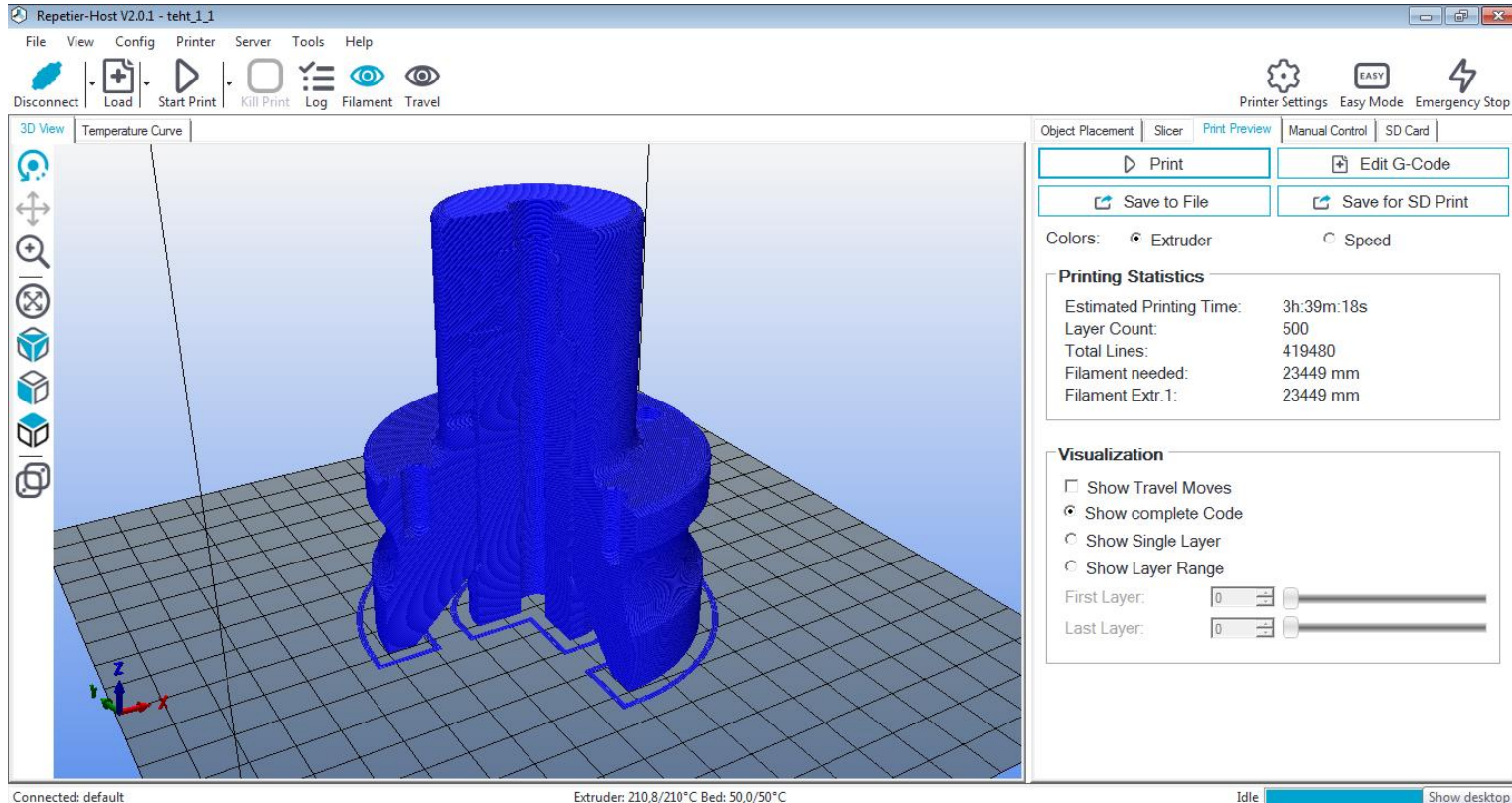
Extruder 1: Default

CuraEngine is separate, external program developed by David Braam. For more informations visit <https://www.ultimaker.com>

Connected: default Extruder: 211,7/210°C Bed: 50,5/50°C Idle

# Tulostinohjelmisto

## Tukimateriaalit



The screenshot displays the Repetier-Host V2.0.1 software interface. The main window shows a 3D view of a blue printed part on a grid. The interface includes a menu bar (File, View, Config, Printer, Server, Tools, Help), a toolbar with icons for Disconnect, Load, Start Print, Kill Print, Log, Filament, and Travel, and a top-right panel with settings like Easy Mode and Emergency Stop. The right sidebar contains a 'Print Preview' tab, buttons for Print, Edit G-Code, Save to File, and Save for SD Print, and a 'Printing Statistics' section. The statistics show an estimated printing time of 3h:39m:18s, 500 layers, 419480 total lines, and 23449 mm of filament needed. The 'Visualization' section has checkboxes for Show Travel Moves, Show complete Code, Show Single Layer, and Show Layer Range, along with sliders for First Layer and Last Layer. The status bar at the bottom indicates 'Connected: default', 'Extruder: 210.8/210°C Bed: 50.0/50°C', and 'Idle'.

Repetier-Host V2.0.1 - teht\_1\_1

File View Config Printer Server Tools Help

Disconnect Load Start Print Kill Print Log Filament Travel

3D View Temperature Curve

Object Placement Slicer **Print Preview** Manual Control SD Card

Print Edit G-Code

Save to File Save for SD Print

Colors: Extruder Speed

**Printing Statistics**

Estimated Printing Time:	3h:39m:18s
Layer Count:	500
Total Lines:	419480
Filament needed:	23449 mm
Filament Extr. 1:	23449 mm

**Visualization**

- Show Travel Moves
- Show complete Code
- Show Single Layer
- Show Layer Range

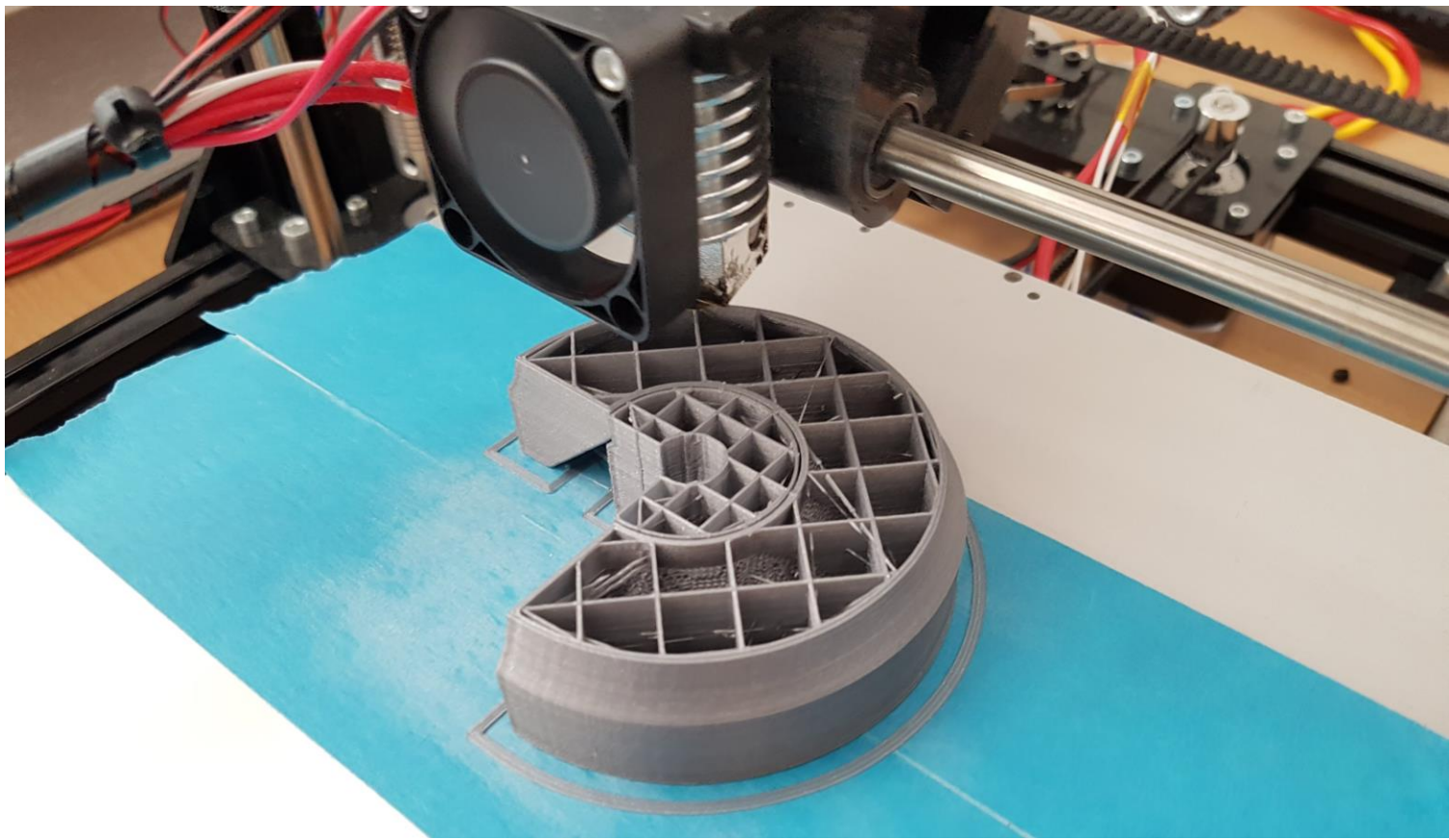
First Layer: 0

Last Layer: 0

Connected: default Extruder: 210.8/210°C Bed: 50.0/50°C Idle Show desktop

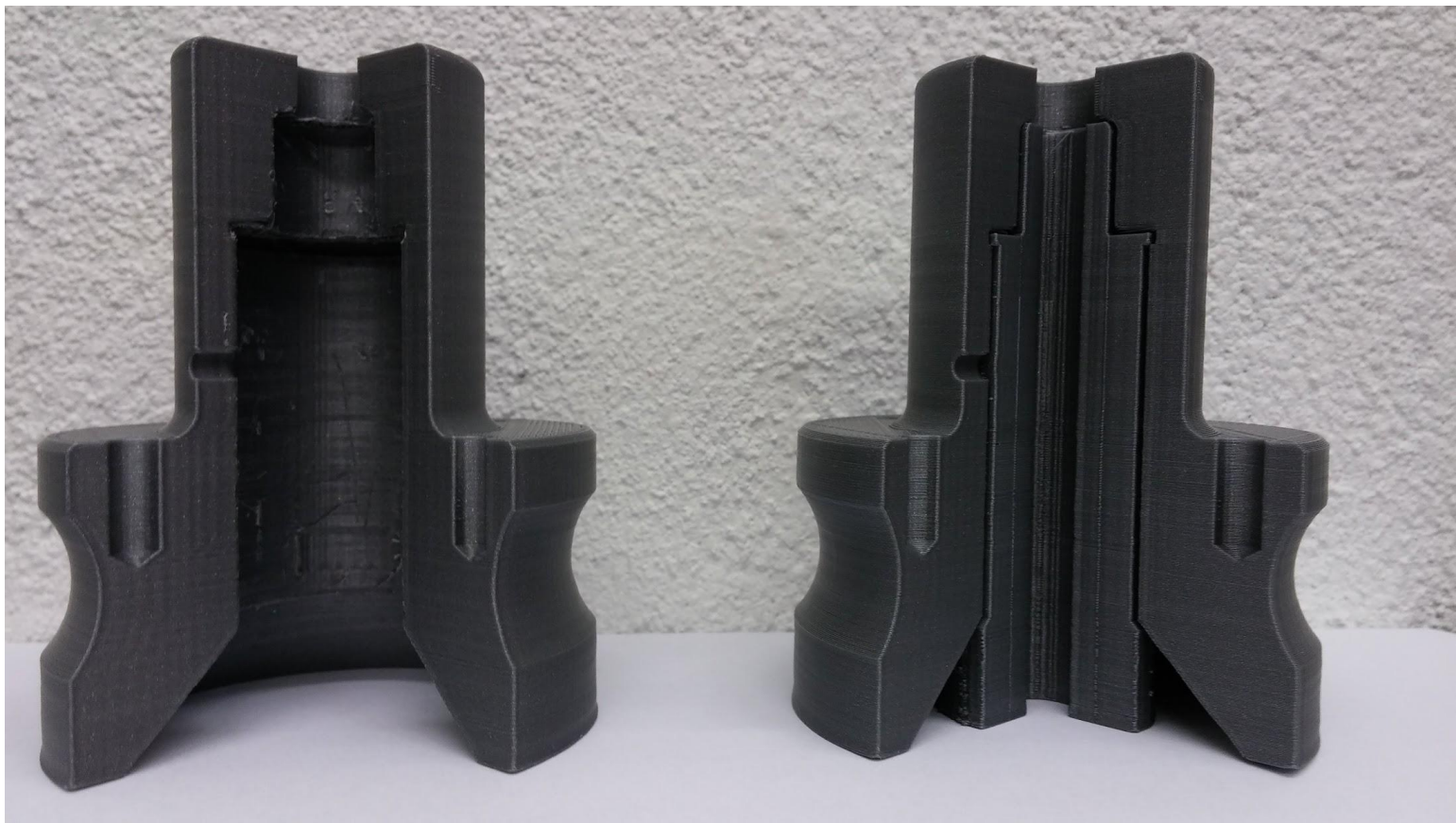


# Täyttö





# Tukimateriaalin poisto



**A?**

Aalto-yliopisto  
Insinöörیتieteiden  
korkeakoulu

# Ajankäyttö

## Mallinnus ja esivalmistelu

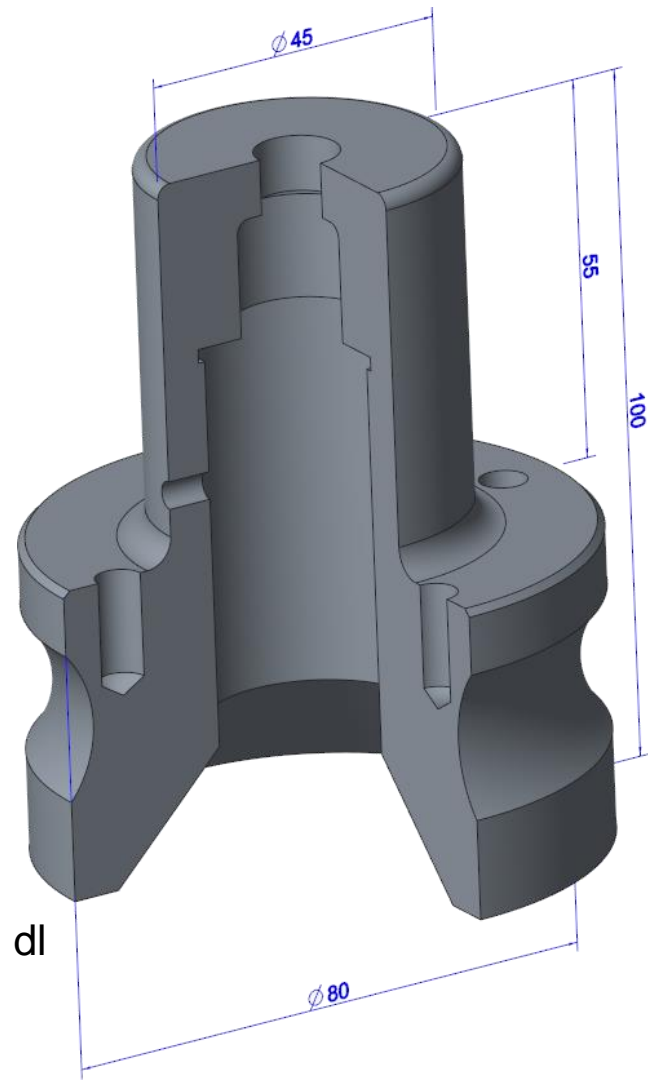
- ~30 min

## Tulostus

- 10% täytöllä 3h:39min
- 100% täytöllä (umpinainen) 10h:38min

## Jälkikäsittely

- ~30 min–2 tuntia



Tilavuus: 1,6 dl

# Missä voi 3D tulostusta oppia?

Koneenrakennustekniikan  
laitoksen alainen ADDlab

*ENG-A1009 Practical Work  
Training with 3D-printers*

- Ilmoittautuminen  
WebOodissa
- Kursseja joitakin kertoja  
lukuvuodessa
- Avoin kaikille opiskelijoille



A”

Aalto-yliopisto  
Insinöörیتieteiden  
korkeakoulu



[aalto.fi](https://aalto.fi)