

A?

Aalto-yliopisto
Sähkötekniikan
korkeakoulu

3D-tulostus ja mallintaminen

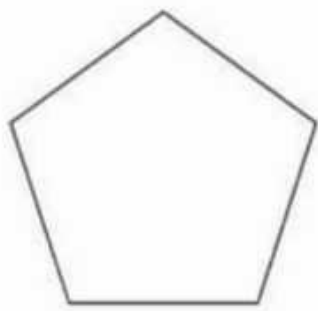
*Pekka Parkkonen,
Juha Biström, Mikko Simenius, Otto Simola*

Luennon sisältö

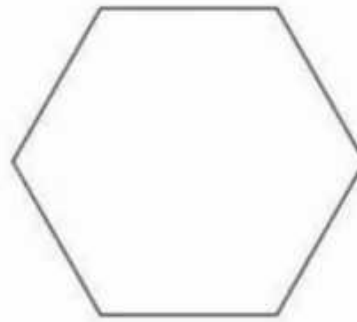
- Motivaatio
- 3D-tulostus teknologiana
- Sähköpajan tulostimet
- Mallintaminen
 - Mallinna itse jollakin CAD-ohjelmalla
 - Tai lataa netistä jonkun muun tekemä malli
- Tulostusmateriaalit
- Rajoitukset, toleranssit ja tulostaminen
- Laserleikkaus

Motivaatio - Miksi 3D-tulostaa?

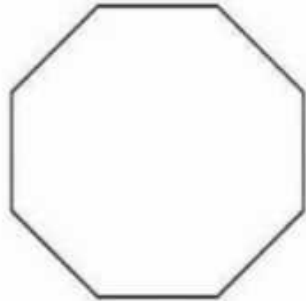
- Prototyypin rakentaminen yleensä nopeutuu huomattavasti - auttaa suunnittelussa
- Monimutkaisten muotojen toteuttaminen helppoa ja yleensä nopeaa
- Mallinnuksen sarjatuotanto - tulostettavia kappaleita voi tulostaa niin paljon kuin tulostusmateriaalia riittää!



Pentagon



Hexagon



Octagon

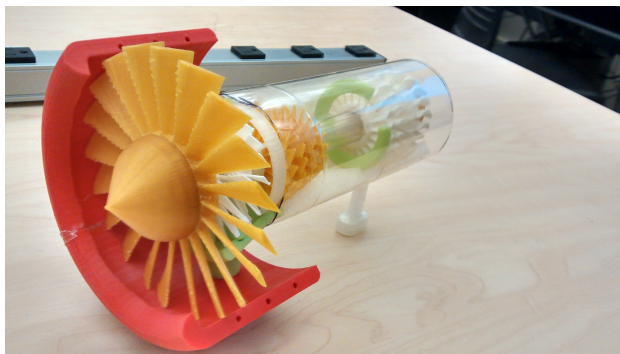
imgflip.com



MyPrintIsGon

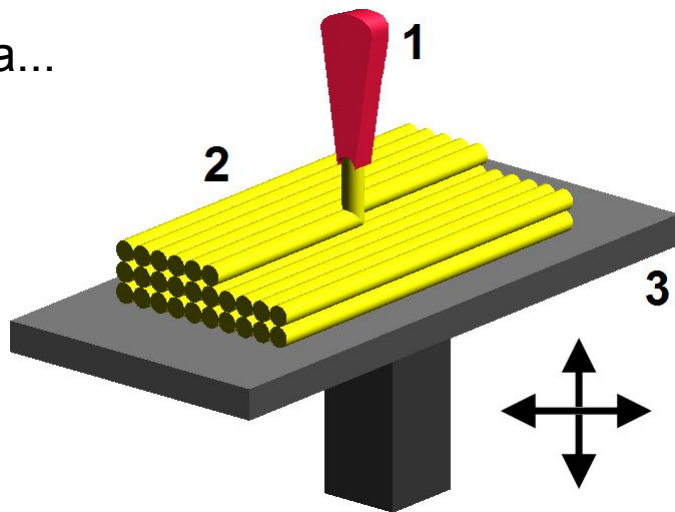
3D-tulostus teknologiana

- Ensimmäiset 3D-tulostimet jo 1980-luvulta
- Teknologia patentoitiin, jonka vuoksi tulostimet olivat erittäin kalliita
- Patentit raukesivat, jonka vuoksi 3D-tulostaminen yleistyi. Hinta laski murto-osaan.
- Nykyään käytössä monialaisesti

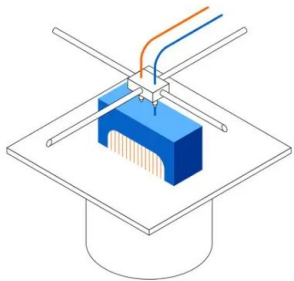


3D-tulostus teknologiana

- Teknologian idea on yksinkertainen: leikataan 3D-mallinnus kerroksiin ja tulostetaan yksi kapea kerros kerrallaan! Kerros kerrokselta koko kappale saa muotonsa!
- Hidasta... Hyvin hidasta...



3D-tulostus teknologiana



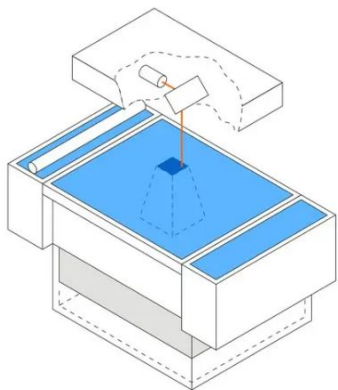
FDM

Fused Deposition Modeling

- Melts and extrudes thermoplastic filament
- Lowest price of entry and materials
- Lowest resolution and accuracy

BEST FOR:

Basic proof-of-concept models and simple prototyping



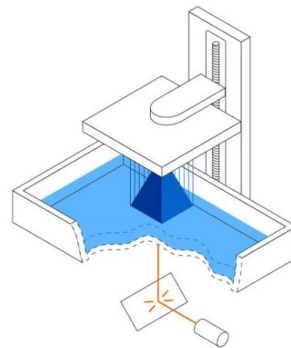
SLS

Selective Laser Sintering

- Laser fuses polymer powder
- Low cost per part, high productivity, and no support structures
- Excellent mechanical properties resembling injection-molded parts

BEST FOR:

Functional prototyping and end-use production



SLA

Stereolithography

- Laser cures photopolymer resin
- Highly versatile material selection
- Highest resolution and accuracy, fine details

BEST FOR:

Functional prototyping, patterns, molds and tooling

Sähköpajan tulostimet

- Yhteensä 9 tulostinta eri muoveille
 - Ultimaker 2 Extended+
 - **2 kpl** Ultimaker 2+
 - **2 kpl** Ultimaker 3
 - Ultimaker 3 Extended
 - **2 kpl** Ultimaker S5
 - Lisa pro (SLS)
- Tulostusalueen sekä suuttimen koko vaihtelee
- Sähköpajalta löytyy runsaasti eri tulostusmateriaaleja

Mallintaminen

- Mallintaminen onnistuu useilla eri CAD-ohjelmilla: Shapr3D, OpenSCAD, Onshape, Solid Edge, SolidWorks, Creo, NX, Google Sketch...
 - => download.aalto.fi
- Useimmat näistä graafisia, joissa mahdollista käyttää parametrissa suunnittelua
- OpenSCAD on näistä uniikki, sillä mallintaminen perustuu täysin koodiin ja parametriseen suunnitteluun
- Tutustutaan tarkemmin OpenSCAD:iin sekä Shapr3D
- Kun mallintaminen on suoritettu, tiedosto **on tallennettava .stl / .3mf -muotoon!**
 - jos mahdollista suosi .3mf se säilyttää myös kappaleen koon
- Muistathan, että mallintamisessa on hieman rajoituksia! Katsotaan nämä myöhemmin!

Mallintaminen

- **Toinen vaihtoehto: lataaminen netistä**
 - esim. <https://www.thingiverse.com/>
 - lataa **.stl** tiedosto. Cura avaa niitä.
 - löytyy myös **.scad** tiedostoja, joita OpenSCAD avaa. Niitä voit muokata tai yhdistellä itse tehtyihin malleihin.
 - *Ovat usein parametrisiä, eli voit helposti muuttaa esim. rattaan hampaiden lukumäärää.*
 - McMaster-Carr
 - *yksittäisten osien 3D-malleja*
 - *valmiiden osien integrointi*

OpenSCAD

- OpenSCAD on täysin ilmainen CAD-ohjelma (*Computer-aided Design*), jonka on tuottanut Marius Kintel ja Clifford Wolf
- On 3D CAD-ohjelmista uniikki, sillä graafinen suunnittelu tehdään täysin parametrisesti koodilla.
- Olemassa olevan mallin muokkaaminen on nopeampaa kuin täysin graafisen mallinnusohjelman. Kaikki tiedot tallennetaan muuttujiin.
- Mukana tulevat valmiit esimerkit
- Involute gears ym. kirjastot

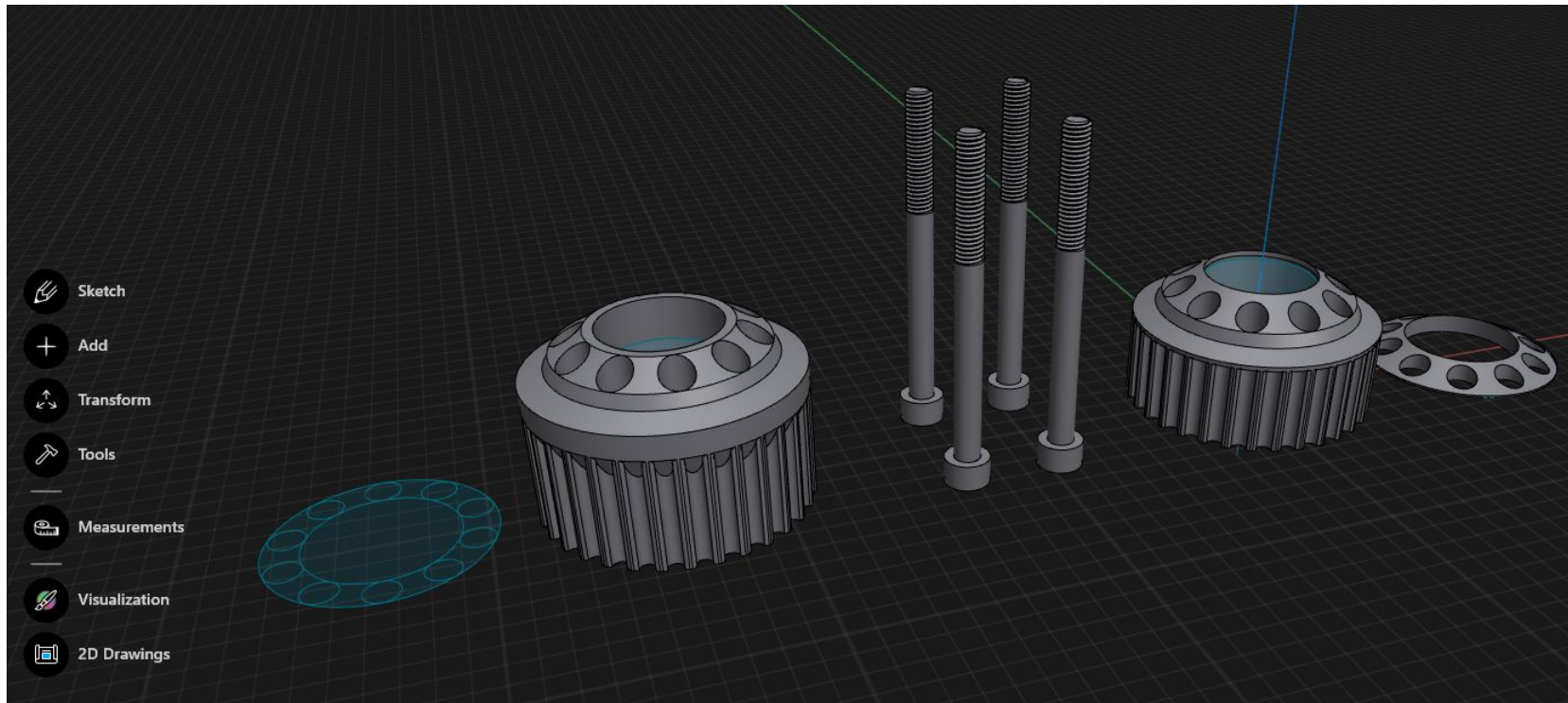
OnShape

- Internetselainpohjainen CAD-mallinnusohjelma
- Graaffinen
- Kaikki työt tallentuvat pilveen
- Useampi henkilö voi työstää samaa kappaletta reaaliajassa

Shapr3D

- Aplikaatio pohjainen CAD-mallinnusohjelma
- Graaffinen
- Kaikki työt tallentuvat pilveen
- Opiskelijoille ilmainen EDU-lisenssi
- Helppokäyttöisyys/ladattavuus
 - <https://www.shapr3d.com/>

Shapr3D



Mallintamisen rajoitukset

- Jotta tulostaminen onnistuu sekä kappale on halutunlainen on muistettava muutama seikka mallintamisessa
- Tässä linkissä muutama hyvä tips&tricks kappaleen mallintamiseen:
 - [CAD Design Tips for 3d Printing](#)

Tulostusmateriaali

- Pajan tulostusmuoveista mikään ei ole tarkoitettu elintarvikekäyttöön
 - Not suitable for food contact - “Technical data sheet PLA”, Ultimaker
 - Materiaalin toimittaja määrittää elintarvikekäyttöön sopivuuden.
 - Kannattaa muistaa, että mm. lanka voi hiiltyä tulostettaessa, mahdollisesti liimaa tulostuslevyllä...
 - Pinnoite?
- PLA, PLA Flex, ABS, PETG, PA 12, TPU 95A, CPE...

Ultimaker PLA

- Kimmokerroin 2 347 MPa (tarvitaan $23,5 \text{ N/mm}^2$ [$2,4 \text{ kg/mm}^2$] jännitys, jotta saadaan prosentin venymä)
 - Toisin sanoen: jäykkä, ei juurikaan veny
 - Elastinen raja saavutetaan $49,5 \text{ MPa}$ ($0,5 \text{ N/mm}^2$)
- *Vahvin* tulostusmateriaali pajalla.
 - Hauraus?
- Tulostetaan noin 200 asteen lämpötilassa, alusta 60 astetta
 - Sopii MAX 50 asteen käyttökohteisiin!
- Ympäristöystävällisin vaihtoehto! On biohajoava!
 - => Ei siis pitkäaikaseen ulkokäyttöön

Ultimaker PLA

- Hyviä käyttökohteita:
 - Tukirakenteet, staattiset rakenteet, prototyypit, mallit...
- Huonoja käyttökohteita:
 - Mekaniikka, korkea lämpötila, kemikaalit, vesi, ulko-olosuhteet



Ultimaker ABS

- Ei yhtä jäykkää kuin PLA (1 619 MPa vs. 2 347 MPa)
- Hieman heikompaa kuin PLA (elastinen alue sekä murtolujuus)
- Kestää impulsseja paremmin kuin PLA
 - Ei yhtä haurasta
- Käyttökohteen lämpötila MAX 85 astetta
- Lämpöominaisuudet paremmat => vaikeampaa tulostaa
 - Tulostuslämpötila 235 astetta, alusta 85 astetta
 - Lämmöstä johtuva vääntymä (warping) - liima auttaa

Ultimaker ABS

- Käyttökohteet pääasiassa samoja kuin PLA:lla.
 - Lämpötila hieman korkeampi
 - Kestää liuottimia paremmin
 - Mekaaniset kohteet, joissa impulsseja? Onhan parempiakin materiaaleja...

Ultimaker PETG

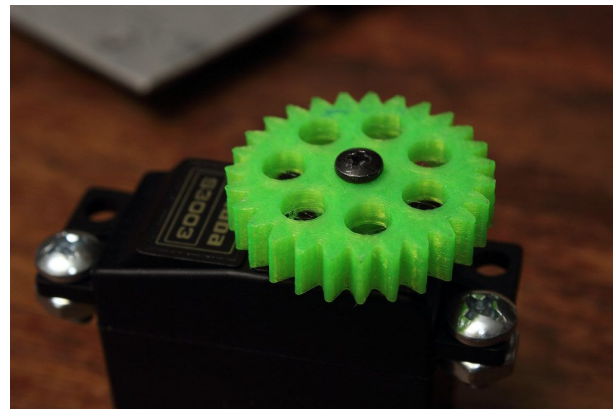
- Ei yhtä jäykkää kuin ABS (1900 MPa vs. 2300 MPa)
- Vahvempi kuin ABS elastisella alueella ja murtolujuudessa
- Pystyy paremmin vastaanottamaan iskuja kuin ABS
 - Ei niin hauras kuin ABS
- Käyttökohteen lämpötila MAX 75 astetta
 - Lämpöominaisuudet paremmat kuin ABS:llä => helpompi tulostaa
 - Tulostuslämpötila 230-250 astetta, alusta 75-90 astetta

Ultimaker PETG

- Käyttökohteet pääasiassa samoja kuin PLA:lla.
 - Lämmöstä johtuva vääntymä (warping) - PETG:n kanssa tämä on vähemmän yleistä kuin ABS:llä, mutta liima tai muu tartunta-aine voi silti olla hyödyllinen.
 - Mekaaniset kohteet, joissa iskuja? Kyllä, PETG on parempi valinta kuin ABS tällaisissa sovelluksissa, vaikka parempiakin materiaaleja on saatavilla erityisissä käyttökohteissa.

Ultimaker Nylon

- Mekaanisesti venyvä materiaalia
 - Kestää impulsseja
 - Vahvaa
- Tulostamisessa liima suositeltavaa
- Ensimmäinen materiaali, jota voi vahvasti suositella liikkuviin kohteisiin
 - Kestää kulumista, hankaavaa (abradiivista) ympäristöä
- Hyvä kemiallinen kestävyys
- Käyttökohteen lämpötila MAX 80 astetta



Ultimaker TPU 95A

- Kimmokerroin 26 MPa (vrt. PLA 2 347 MPa)
 - Prosentin venymä 26,5 g/mm² (PLA 2,4 kg/mm²)
 - Venyy oikein mukavasti!
 - Kestää impulsseja loistavasti!
 - Vahvuus heikko
- Kestää kemikaaleja ja jopa öljyä
- Käyttölämpötila MAX 100 astetta
- Käyttökohteita:
 - Puskuri, liikkuvat osat, tiiviste...



Ultimaker Cura

- Ultimaker Cura on 3D-tulostin pilkkomisohjelma (3D-printing slicing application).
- Pilkkoo yleisimmät 3D-tiedostomuodot (mm. .STL) kerroksiin ja tallentaa yksilöllisesti 3D-tulostimelle ymmärrettävään (.gcode) muotoon.
 - G-koodi ohjaa tulostimen suuttimen liikkeitä, langan syöttöä, lämpötilaa...
- Curan kautta valitaan kaikki tulostukseen liittyvät parametrit:
 - Tulostuksen laatu
 - Nopeus
 - Täyttöaste
 - Skaalaaminen ja asettelu

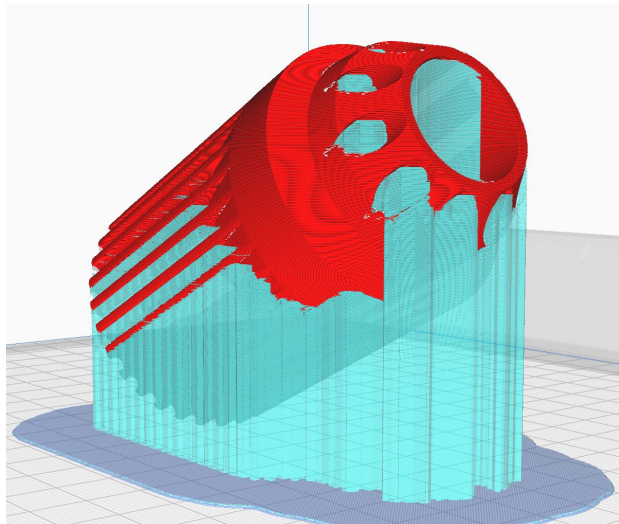
Ultimaker Cura

- Curaa voi käyttää myös muihin kuin Ultimakerin 3D-tulostimiin
- Cura esittää arvion tulostusajasta sekä käytettävästä langan pituudesta. Laatu ja täyttöaste muuttavat rajusti molempia!
- Tarkkana tukimateriaalin kanssa! Sitä saattaa tarvita ja paljon!
- Tulostettava osa kannattaa kääntää sellaiseen asentoon, että tukimateriaalia tarvitaan mahdollisimman vähän. Tukimateriaalin poistaminen tekee pinnasta röpelöisen.

Ennen tulostamista/rajoitukset

- Onko lankaa tarpeeksi pitkä pätkä?
- Onko tulostettava kappale mahdollinen tulostaa? Muista, että tyhjän päälle ei voi tulostaa!
- Onko järkevää? Vahvuus? Taloudellisuus? Tulostuksen kesto?
- Jos tarvitset tukimateriaalia, vesiliukoinen PVA on hyvä ja laadukas vaihtoehto PLA:lle. Kolme kertaa kalliimpaa.

Ennen tulostamista/rajoitukset



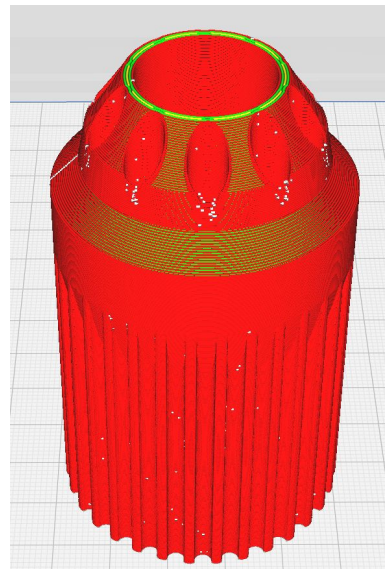
🕒 4 days 6 hours 39 minutes



📏 149g · 18.40m

Save to Disk

VS



🕒 4 hours 24 minutes



📏 60g · 7.41m

Save to Disk

Ennen tulostamista/rajoitukset

Preferences

General Settings
Printers
Materials
Profiles

Setting Visibility

Check all

Quality

- Layer Height
- Initial Layer Height
- Line Width
 - Wall Line Width
 - Outer Wall Line Width
 - Inner Wall(s) Line Width
 - Top/Bottom Line Width
- Infill Line Width
- Skirt/Brim Line Width
- Support Line Width
- Support Interface Line Width
 - Support Roof Line Width
 - Support Floor Line Width
- Prime Tower Line Width
- Initial Layer Line Width

Walls

- Wall Extruder
 - Outer Wall Extruder
 - Inner Wall Extruder
 - Wall Thickness
 - Wall Line Count
 - Outer Wall Wipe Distance
 - Outer Wall Inset
 - Optimize Wall Printing Order
 - Outer Before Inner Walls
 - Alternate Extra Wall
 - Compensate Wall Overlaps
 - Compensate Outer Wall Overlaps
 - Compensate Inner Wall Overlaps
 - Minimum Wall Flow
 - Prefer Retract
 - Fill Gaps Between Walls
 - Filter Out Tiny Gaps
 - Print Thin Walls
 - Horizontal Expansion

Setting Visibility

Check all

- Top Thickness
 - Top Layers
- Bottom Thickness
 - Bottom Layers
 - Initial Bottom Layers
- Top/Bottom Pattern
 - Bottom Pattern Initial Layer
- Connect Top/Bottom Polygons
 - Monotonic Top/Bottom Order
 - Top/Bottom Line Directions
 - No Skin in Z Gaps
 - Extra Skin Wall Count
 - Enable Ironing
- Iron Only Highest Layer
- Ironing Pattern
- Monotonic Ironing Order
- Ironing Line Spacing
- Ironing Flow
- Ironing Inset
- Ironing Speed
- Ironing Acceleration
- Ironing Jerk
- Skin Overlap Percentage
 - Skin Overlap
- Skin Removal Width
 - Top Skin Removal Width
 - Bottom Skin Removal Width
- Skin Expand Distance
 - Top Skin Expand Distance
 - Bottom Skin Expand Distance
- Maximum Skin Angle for Expansion
- Minimum Skin Width for Expansion

Infill

- Infill Extruder
- Infill Density

Setting Visibility

Check all

- Infill Extruder
- Infill Density
 - Infill Line Distance
- Infill Pattern
 - Connect Infill Lines
- Connect Infill Polygons
- Infill Line Directions
- Infill X Offset
- Infill Y Offset
- Randomize Infill Start
- Infill Line Multiplier
- Extra Infill Wall Count
- Cubic Subdivision Shell
- Infill Overlap Percentage
 - Infill Overlap
- Infill Wipe Distance
- Infill Layer Thickness
- Gradual Infill Steps
- Gradual Infill Step Height
- Infill Before Walls
- Minimum Infill Area
- Infill Support
- Infill Overhang Angle
- Skin Edge Support Thickness
 - Skin Edge Support Layers
- Lightning Infill Support Angle
- Lightning Infill Overhang Angle
- Lightning Infill Prune Angle
- Lightning Infill Straightening Angle

Material

- Default: Printing Temperature
- Build Volume Temperature
- Printing Temperature
- Printing Temperature Initial Layer
- Initial Printing Temperature
- Final Printing Temperature

Setting Visibility

Check all

- Material
 - Default: Printing Temperature
 - Build Volume Temperature
 - Printing Temperature
 - Printing Temperature Initial Layer
 - Initial Printing Temperature
 - Final Printing Temperature
 - Extrusion Cool Down Speed Modifier
 - Default: Build Plate Temperature
 - Build Plate Temperature
 - Build Plate Temperature Initial Layer
 - Adhesion Tendency
 - Surface Energy
 - Scaling Factor Shrinkage Compensation
 - Crystalline Material
 - Anti-ooze Retracted Position
 - Anti-ooze Retraction Speed
 - Break Preparation Retracted Position
 - Break Preparation Retraction Speed
 - Break Preparation Temperature
 - Break Retracted Position
 - Break Retraction Speed
 - Break Temperature
 - Flush Purge Speed
 - Flush Purge Length
 - End of Filament Purge Speed
 - End of Filament Purge Length
 - Maximum Park Duration
 - No Load Move Factor
- Flow
 - Wall Flow
 - Outer Wall Flow
 - Inner Wall(s) Flow
 - Top/Bottom Flow
- Top Surface Skin Flow
- Infill Flow

Setting Visibility

Check all

- Speed
 - Print Speed
 - Infill Speed
 - Wall Speed
 - Outer Wall Speed
 - Inner Wall Speed
 - Top Surface Skin Speed
 - Top/Bottom Speed
 - Support Speed
 - Support Infill Speed
 - Support Interface Speed
 - Support Roof Speed
 - Support Floor Speed
 - Prime Tower Speed
 - Travel Speed
 - Initial Layer Speed
 - Initial Layer Print Speed
 - Initial Layer Travel Speed
 - Skirt/Brim Speed
 - Z Hop Speed
 - Number of Slower Layers
 - Equalize Filament Flow
 - Maximum Speed for Flow Equalization
 - Enable Acceleration Control
 - Print Acceleration
 - Infill Acceleration
 - Wall Acceleration
 - Outer Wall Acceleration
 - Inner Wall Acceleration
 - Top Surface Skin Acceleration
 - Top/Bottom Acceleration
 - Support Acceleration
 - Support Infill Acceleration
 - Support Interface Acceleration
 - Support Roof Acceleration
 - Support Floor Acceleration

Setting Visibility

Check all

- Cooling
 - Enable Print Cooling
 - Fan Speed
 - Regular Fan Speed
 - Maximum Fan Speed
 - Regular/Maximum Fan Speed Threshold
 - Initial Fan Speed
 - Regular Fan Speed at Height
 - Regular Fan Speed at Layer
 - Minimum Layer Time
 - Minimum Speed
 - Lift Head
- Support
 - Generate Support
 - Support Extruder
 - Support Infill Extruder
 - First Layer Support Extruder
 - Support Interface Extruder
 - Support Roof Extruder
 - Support Floor Extruder
 - Support Structure
 - Tree Support Branch Angle
 - Tree Support Branch Distance
 - Tree Support Branch Diameter
 - Tree Support Branch Diameter Angle
 - Tree Support Collision Resolution
 - Support Acceleration
 - Support Placement
 - Support Overhang Angle
 - Support Pattern
 - Support Wall Line Count
 - Connect Support Lines
 - Connect Support Zs/Z-ops

Setting Visibility

Check all

- Build Plate Adhesion
 - Enable Prime Blob
 - Extruder Prime X Position
 - Extruder Prime Y Position
 - Build Plate Adhesion Type
 - Build Plate Adhesion Extruder
 - Skirt Line Count
 - Skirt Distance
 - Skirt/Brim Minimum Length
 - Brim Width
 - Brim Line Count
 - Brim Distance
 - Brim Replaces Support
 - Brim Only on Outside
 - Raft Extra Margin
 - Raft Smoothing
 - Raft Air Gap
 - Initial Layer Z Overlap
 - Raft Top Layers
 - Raft Top Layer Thickness
 - Raft Top Line Width
 - Raft Top Spacing
 - Raft Middle Thickness
 - Raft Middle Line Width
 - Raft Middle Spacing
 - Raft Base Thickness
 - Raft Base Line Width
 - Raft Base Line Spacing
 - Raft Print Speed
 - Raft Top Print Speed
 - Raft Middle Print Speed
 - Raft Base Print Speed

Defaults

Toleranssi

- Vaikka mallintaessa kappaleelle määritellään tarkat mitat (esim. 15,00 mm), todellisuudessa mitat ovat suhteellisia moneen muuhun parametriin (Infill, tulostusmateriaali, tulostin, lämpö...)
- Pääsääntönä halkaisijaltaan 15,00 mm sylinteri ei mahdu 15,00 mm reikään. Yleensä sylinteri tulostuu ylimittaiseksi ja reikä alimittaiseksi (parametri- ja tulostinkohtaista).
- Sama pätee geometrisiin toleransseihin. Ympyrän muotoinen reikä saattaa tulostua hieman ellipsin muotoiseksi.

Toleranssi

- Reikien muotoon voidaan vaikuttaa esimerkiksi kääntämällä kappale oikein.
- Ultimaker Curassa “Horizontal Expansion” -parametri.
 - Skaalaa kaikkia pöydän tangentin suuntaisia mittoja.
 - Voidaan yrittää kumota absoluuttinen virhe.
 - Ei ratkaise tilannetta, jossa kappaleella on sekä oikeita että vääriä mittoja.
 - Virhe muuttuu, kun esim. täyttöastetta tai kappaleen kokoa muutetaan. Silloin täytyy valita taas uusi arvo parametrille.
 - Soveltunee parhaiten kumoamaan suuren täyttöasteen aiheuttaman virheen kumoamiseen

Toleranssi

- Todennäköisesti kukaan ei tiedä ennalta millä mitoilla kappale tulostuu. Yksi vaihtoehto “trial and error”:
 - Tulostetaan nimellisarvoilla testikappale
 - Mitataan testikappaleen kriittiset mitat
 - Korjataan virheet manualisesti CAD-malliin
 - Tulostetaan CAD-malli uudestaan ja katsotaan korjaantuiko virheet tarpeeksi
 - Tarvittaessa iterointia...
- Hae tarvittaessa konsultaatiota esim. assistenteilta ja netistä! Ei tuhlaa materiaaleja järjettömyyksiin!

N käskyä á la Sähköpaja

Check that

- there is enough filament for your print. 1 revolution in the filament roll is about 33 cm. Cura tells you how much filament your print will use. Notice that the printer tube also takes up 1 m of filament.
- the filament roll on the back of the printer is what you think it is. For example *PLA flex* does not print well with settings meant for *PLA*. Note that PLA flex makes flexible prints like a rubber duck.
- the printer nozzle size is the same as you have chosen in Cura (e.g. 0.4 mm). The size is printed on the printer or its nozzle.
- the glass build plate is clean. You can remove the glass plate and wash fingerprints and residue off with dishwashing soap.
- the first layer of the print sticks to the glass plate evenly after a few minutes. If the first layer is warped, the rest of your print will likely be warped as well.

Do not use

- more than 1 printer, unless assistant gives you explicit permission. The course students have priority over other users.
- high infill. 20 % should be enough for most uses. High infills also tend to reduce print quality.
- glue stick on glass unless you **CLEAN IT OFF AFTER USE!**

Tulostaminen 1/2

- Siirretään Curalla tehty .gcode tiedosto muistitikulle tai -kortille
- Muistikortti tai -tikku 3D-tulostimeen
- Valitaan oikea lanka tulostimeen, assistentit näyttävät kuinka lanka vaihdetaan.
- Tulostimesta valitaan:
 - Print
 - “tiedoston nimi” e.g. UM5_PP23_R1_GearV1.0
 - *Printteri_kurssi_ryhmä_tunniste*
 - Ja eikun odottelemaan!
- Katso muutaman minuutin kuluttua aloituksen jälkeen, että ensimmäinen tulostettu kerros on varmasti tarttunut kiinni lasilevyyn.

Tulostaminen 1/2



Tulostaminen 1/2

- Jos ensimmäinen kerros ei meinaa tarttua kunnolla kokeile näitä
 - Tulostusalustan puhdistus
 - *Rasva, pöly tai edellisten tulosteiden jäänteet voivat heikentää tarttumista. Käytä esimerkiksi isopropanolia tai muita sopivia puhdistusaineita.*
 - Tulostuspään ja tulostusalustan välinen etäisyys
 - Tulostusalustan lämpötila
 - Tulostusnopeus
 - *Alhaisempi tulostusnopeus ensimmäiselle kerrokselle parantaa usein tarttumista, koska filamentti ehtii paremmin kiinnittyä tulostusalustaan.*
 - Brims and Rafts

Tulostaminen 2/2

- Odotetaan rauhassa, että tulostus on päättynyt ja tulostustaso on viilentynyt - lämmin kappale ei irtoa levytä helposti!
- Yleensä joutuu käyttämään veistä tai puukkoa tukimateriaalien irroittamiseen. VAROVASTI! Lasi naarmuuntuu!
- Jos käyttää PVA:a, laitetaan liukenemaan veteen yöksi.

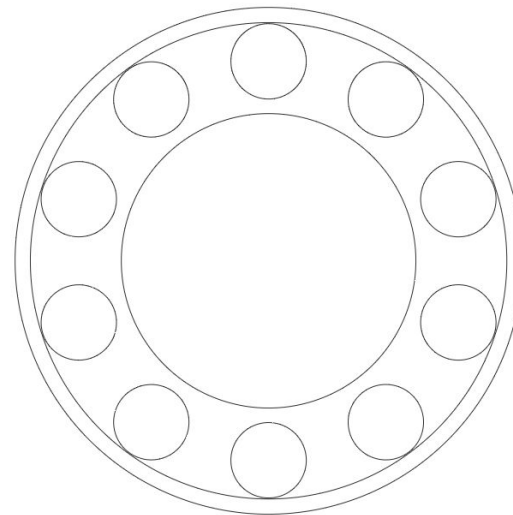
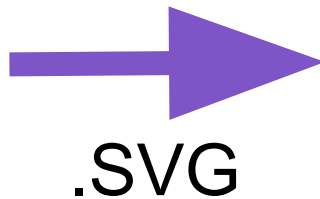
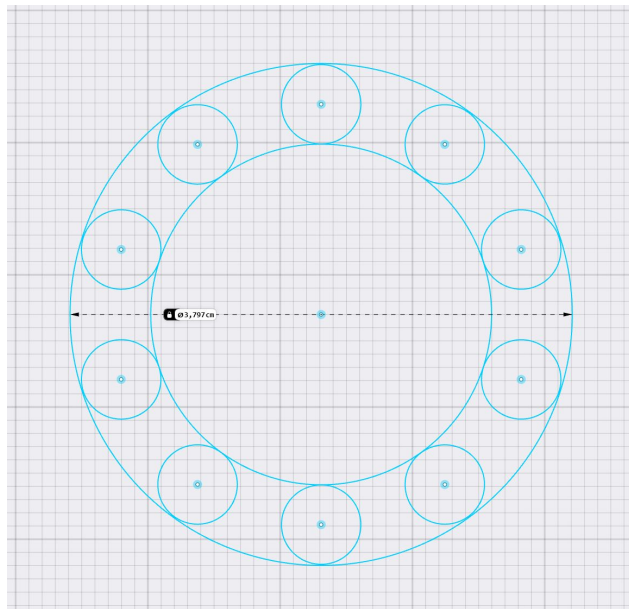
Laserleikkaus yleistä

- Tarkkuus: Laserleikkurit voivat leikata ja kaivertaa erittäin yksityiskohtaisia kuvioita, jotka olisivat vaikeita tai mahdottomia toteuttaa perinteisillä leikkausmenetelmillä.
- Ei kosketusta: Laserleikkaus on kosketukseton prosessi, joten materiaali ei vääristy eikä kulu leikkausprosessin aikana.
- Materiaalivalikoima: Laserleikkurit voivat leikata monenlaisia materiaaleja, kuten vaneria ja muoveja, joista voi valmistaa erilaisia tuotteita ja komponentteja.

Laserleikkaus

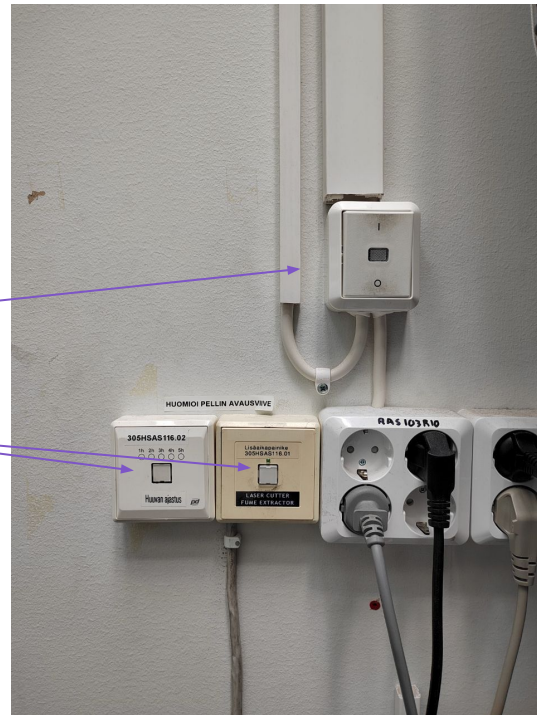
- Nopeus: Laserleikkaus on yleensä nopeampaa kuin perinteiset leikkausmenetelmät, varsinkin monimutkaisten tai yksityiskohtaisten kuvioitten kanssa.
 - verrattaen aikaisempaan 3D-tulostukseen voimme osia kuten laatikoita mallintaa ja valmistaa minuuteissa vrt. tunneissa
 - MakerCase - Easy Laser Cut Case Design
 - *Inkscape, shapr3D*

Laserleikkaus mallinnus



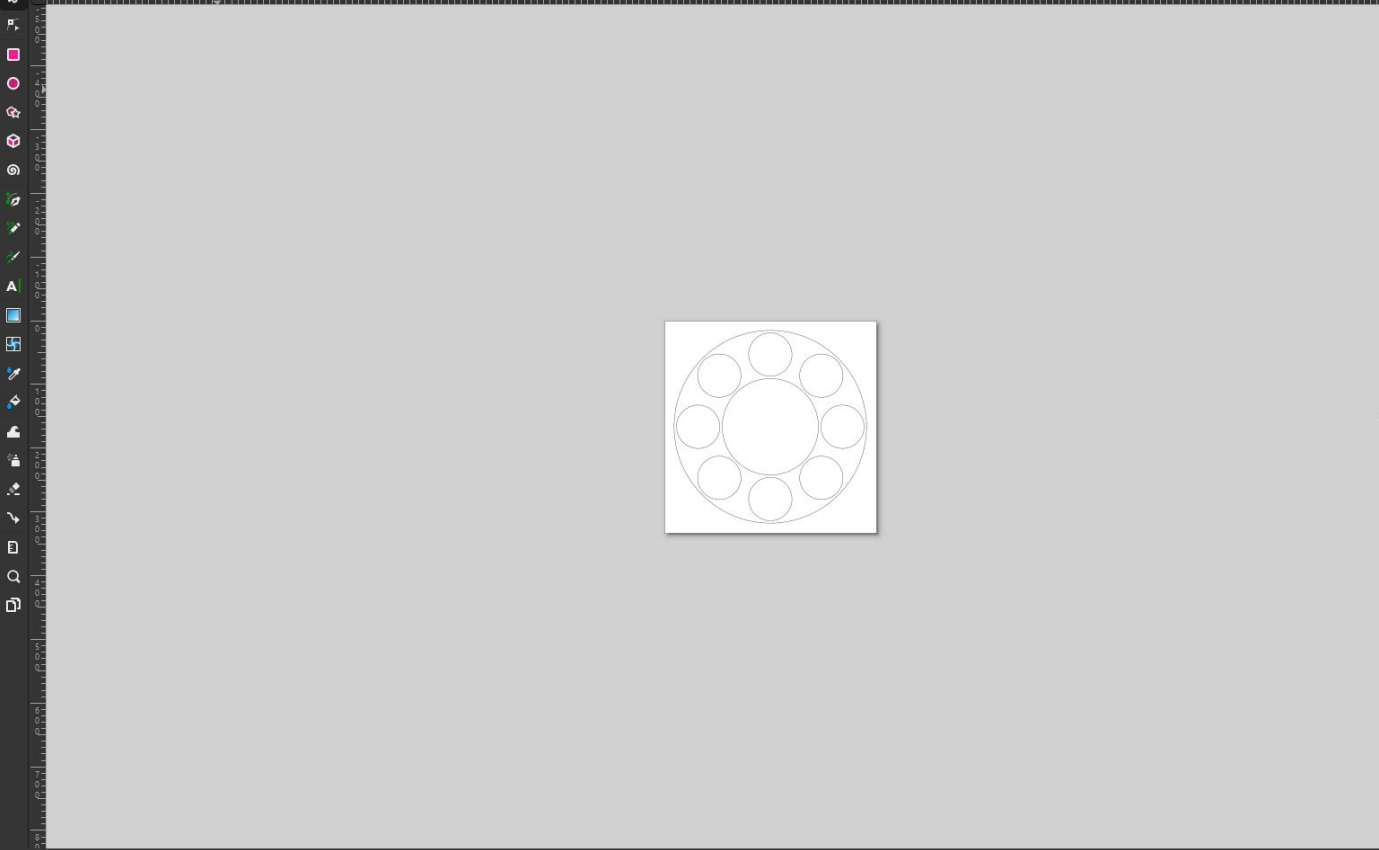
Laserleikkaus

- Aloittaessa pitää muistaa!
 - sähkö
 - ilmanvaihto

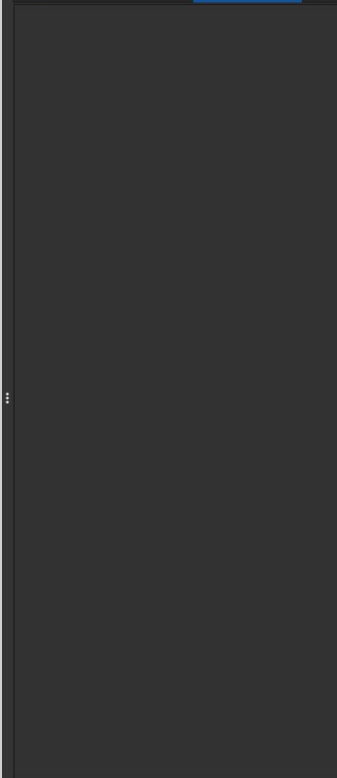




X: 15.111 Y: 15.111 W: 302.778 H: 302.778 px



Path Effects X



Fill: N/A Stroke: N/A O: 100 [root] No objects selected. Click, Shift+click, Alt+scroll mouse on top of objects, or drag around objects to select.

X: -702.69 Y: -362.63 Z: 71% R: 0.00°

Raster Engrave Vector Cut Design View

Order	Speed	Power	Passes	Polylines
7	100	100	1	10

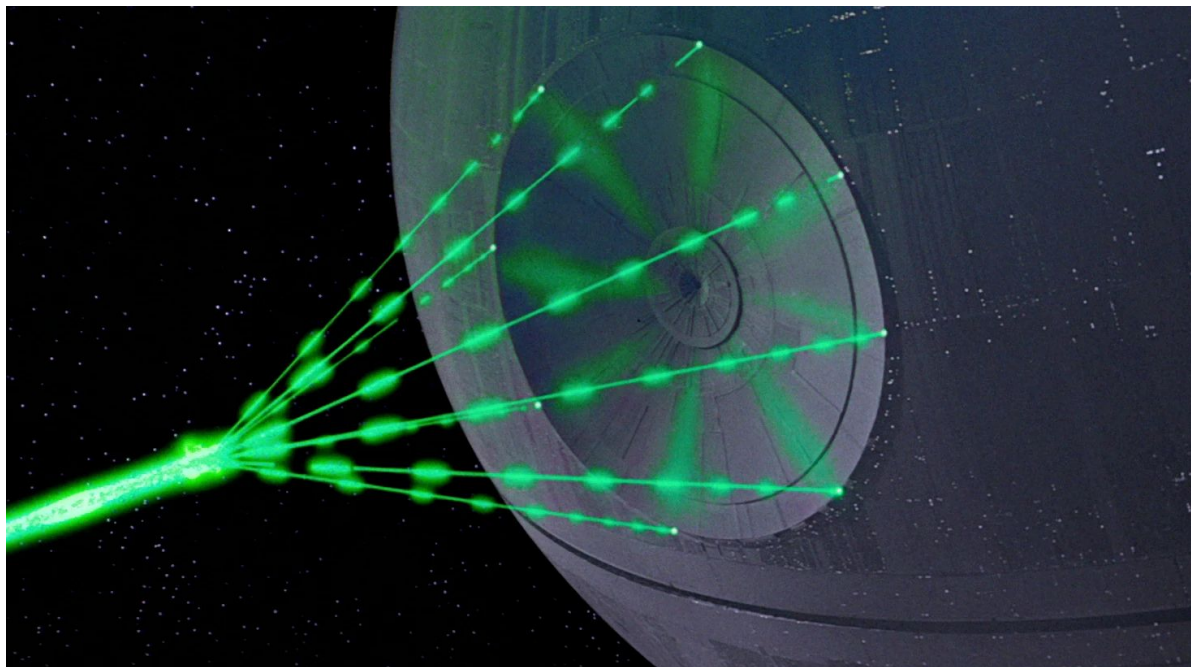
Vector Current % 100

Source Image Info
Width: 1577px (3.15")
Height: 1577px (3.15")
DPI: 500x500

-tässä tarkistan että leikattava osuus mahtuu kappaleeseen

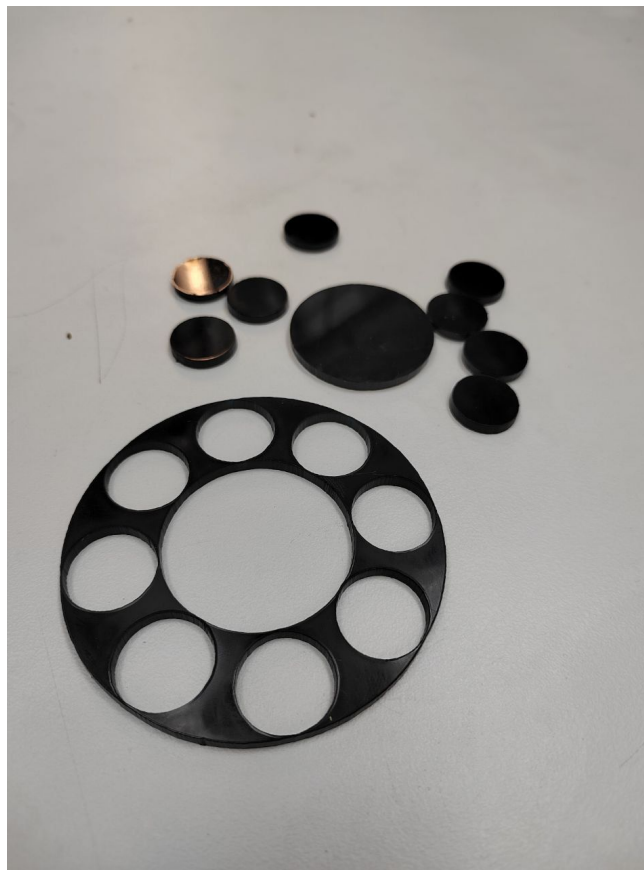
Laserleikkaus

Kun aloitat ÄLÄ
katso laseria
heijastuma voi
vaurioittaa näön
pysyvästi



Laserleikkaus

- Tässä voidaan nähdä lopputulema



Kiitos!

- Kysymyksiä, turhia toiveita?
- Hauskaa mallinnusta!