



I **N** **N** **O**
K **O** **M** **P**



**TURUN
YLIOPISTO**



Opetus- ja
kulttuuri-
ministeriö



Undervisnings-
och kultur-
ministeriet



JARNO MAJAMAA
PROJEKTITUTKIJA JA YLIOPISTO-OPETTAJA, OKL RAUMA
RAUMALLA 14.3.2019



**TURUN
YLIOPISTO**





DIGITAALINEN MALLINTAMINEN

MITÄ MALLINNUKSELLE TARKOITETAAN?

Todellisuuden osan esittämistä muulla tavalla kuin sillä itsellään

Kartta → malli todellisesta maastosta

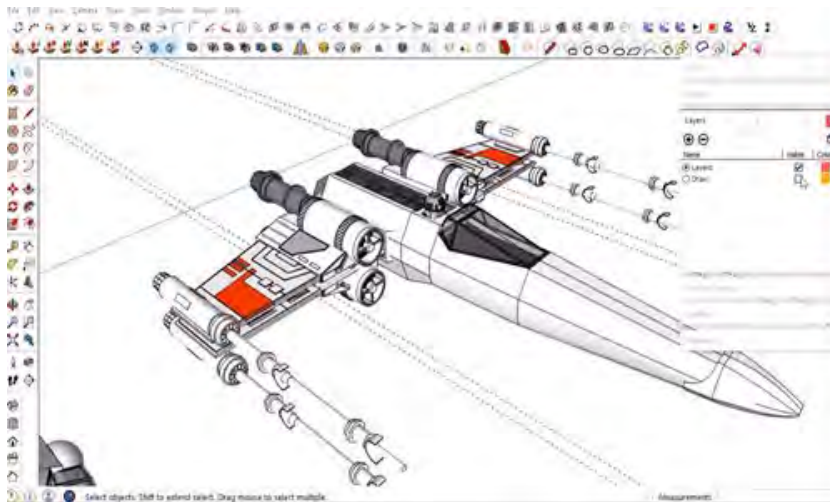
pienoismalli → pienennetty malli todellisesta esineestä



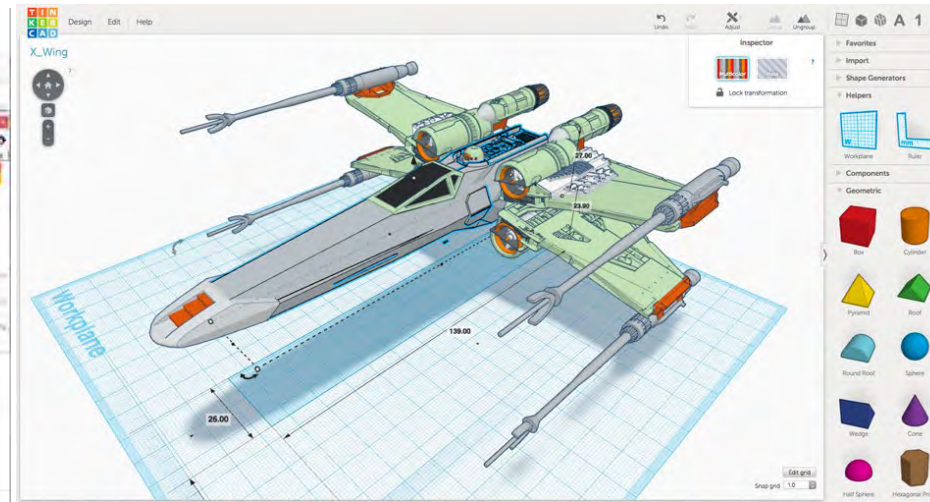
Kuva: utu.fi

MITÄ ON DIGITAALINEN MALLINNUS?

- Tietokoneavusteista kaksi- ja kolmiulotteista suunnittelua
- Haluttu esine tai asia mallinnetaan CAD-ohjelmalla
 - esim. Tinkercad, SketchUp, AutoCAD, Vertex, SolidWorks, Blender, CorelDRAW, Inkscape, Adobe Illustrator...



Kuva: SketchUp



Kuva: Tinkercad

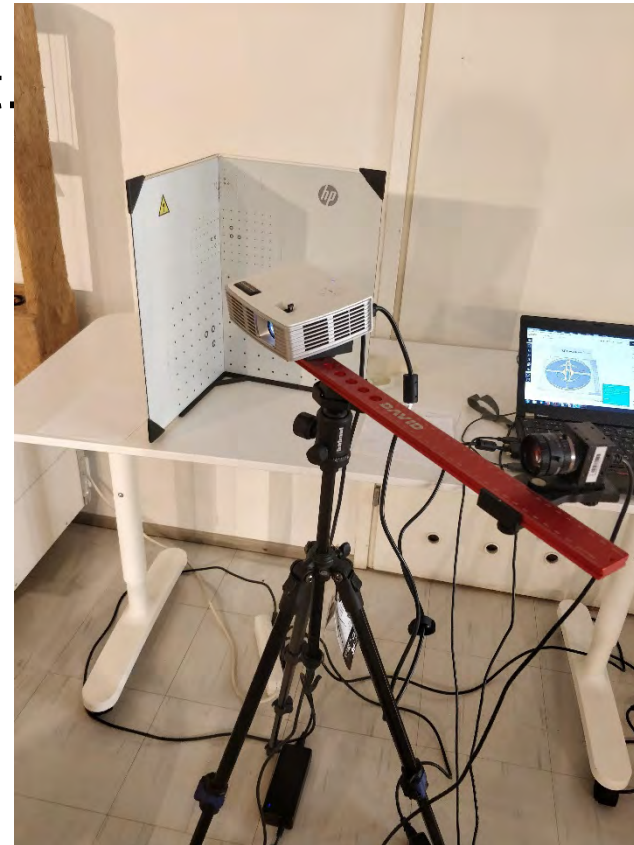
MITÄ ON DIKITAALINEN MALLINNUS

- 3D-skannaus
 - Puhelimet
 - Esim. Sony -> 3D-luontitoiminto
- <https://www.youtube.com/watch?v=318s-iG7Kys>



MITÄ ON DIGITAALINEN MALLINNUS?

- 3D –skannerit
 - Mm. photogrammetria, koordinaattikoneet.



Lähde:
<https://www.flickr.com/photos/45131642@N00/15166193665>



DIGITAALINEN VALMISTAMINEN

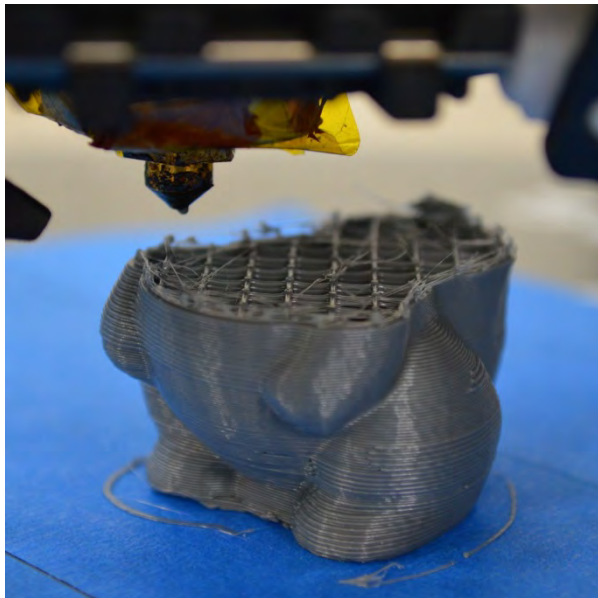
- Digitaalinen valmistus tehostaa sekä tuotteen että valmistuksen suunnittelua
- Mahdollistaa tuotteiden simulaatiotestauksen
- Käänteinen suunnittelu
 - Esim. vanhat varaosat
- Mahdollistaa suurista varastotiloista luopumisen



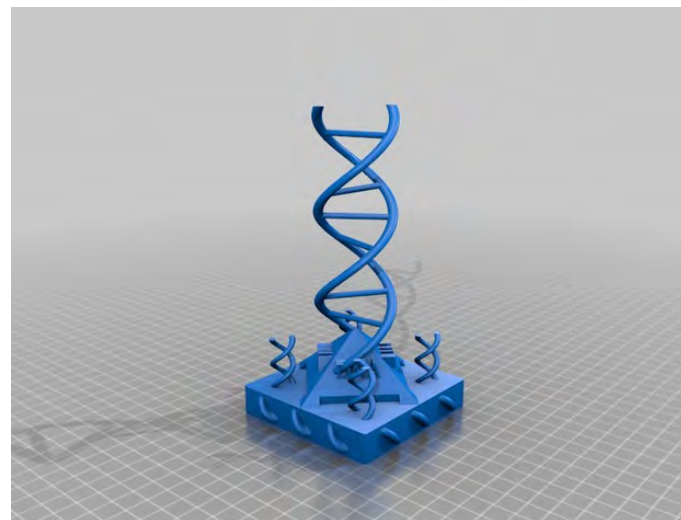
3D -TULOSTUS

MITÄ?

- Esineiden valmistamista digitaalisesta mallista
- Esineiden valmistus tapahtuu lisäämällä tulostusmateriaalia ohut kerros kerrallaan päällekkäin erilaisin menetelmin (muovi yleisin)



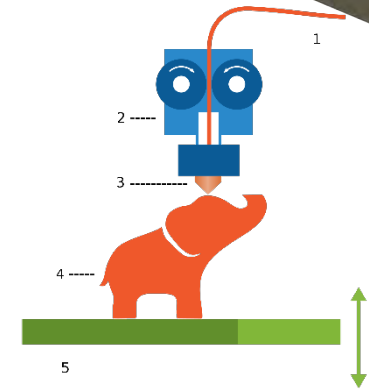
Voidaan valmistaa mm. koriste-esineitä, pienoismalleja, prototyyppejä, leluja, valumuotteja, varaosia varaosapiirroksista, silmälasien kehyksiä, tieteissä tarvittavia havaintoesineitä havainnollistamaan vaikeasti ymmärrettäviä asioita, ruokaa ja koristella kakkuja



ERILAISET MENETELMÄT

- Materiaalin pursotus (FDM - fused deposition modeling)
 - Suosituin kouluissa, halvin, hitain, yksinkertaisin
 - esim. Ultimaker, Prenta...
- Stereolitografia
 - fotopolymeerinestettä (hartsia) kovetetaan keskitetyllä ultraviolettivalolla
 - osien tulisi välttää UV-valoa ja kosteutta välttääkseen haurastumista

Lisää aiheesta esim.
Alonen, Alonen & Hietikko 2016



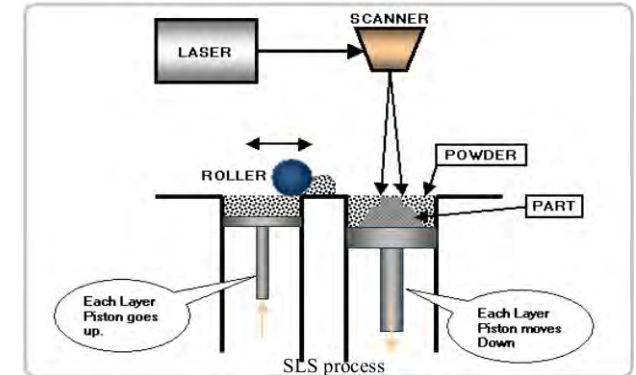
Lähde:
https://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing_filament



Lähde: <https://3dprint.com/51309/formlabs-germany-igo3d/>

ERILAISET MENETELMÄT

- Selective Laser Sintering (SLS)
 - Laser sulattaa pedille levitettyä jauhetta
 - Yleisin teknologia muovin teollisessa 3D-tulostuksessa

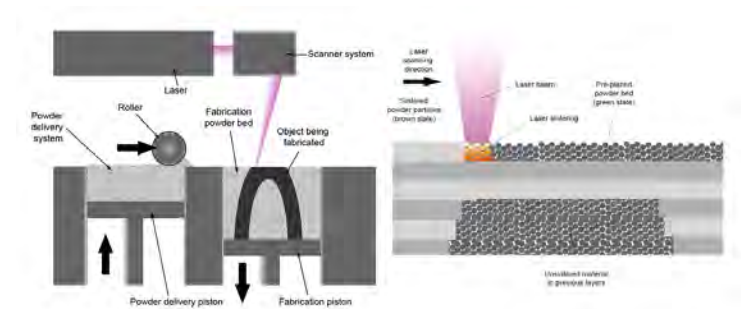


Lähde: <http://rapidprototyping3d.com/4-popular-rapid-prototyping-technologies-manufacturing/3iohapigei/>

- Selective Laser Melting & Electron Beam Melting (SLM & EBM)
 - Nopeimmin kasvava alue 3D-tulostuksen maailmassa
 - Jauheen sulattamista lämmön avulla

Lisää esim.

Alonen, Alonen & Hietikko 2016



Lähde:

https://en.wikipedia.org/wiki/Selective_laser_melting#/media/File:Selective_laser_melting_system_schematic.jpg

TULOSTIMET



Uusi

Ultimaker 3

Ultimaker tuoteperheen uusin 3D-tulostin kahdella tulostuspäällä, sekä kattavilla langattomilla liitännöillä.


● Ei tällä hetkellä varastossa. Tuotteella pidempi toimitusaika


2 995,00 € (3713,80 €)


Tuotteen tietoarkki



Mahdolliset toimitustavat: Postipaketti (16), Kuljetus työpaikalle (Posti Express 14), Toimitus muihin EU-maihin, Nouto varastosta, Kuljetus kotiin (Posti Kotipaketti 21), Lähettipalvelu

 Lisää ostoslistaan

 Vertaile

 Suosittele

Lähde: <https://www.3d-tulostus.fi/ultimaker/ultimaker-3>

https://www.3d-tulostus.fi/epages/3dtulostus.sf/fi_FI/?ObjectPath=/Shops/20131018-11092-264846-1/Categories/3D-tulostimet

TULOSTUSMATERIAALEJA

- Muovilanka on yleinen 3D tulostusmateriaali, jota käytetään eri värisinä. Yleinen tulostuslanka on **PLA** (halkaisija on 2,85 mm).
- PLA on biohajoava muovimateriaali, joka valmistetaan mm. maissin tärkkelyksestä.
 - Hieman kova ja sitkeä materiaali
 - Helppo tulostaa isoja kappaleita
 - Pienet kappaleet haastavia
 - Lämpötila-alue: +180°C..+210°C
 - Tulostusalustan lämpötilasuositus: +40°C..+60°C



https://www.3d-tulostus.fi/epages/3dtulostus.sf/fi_FI/?ObjectPath=/Shops/20131018-11092-264846-1/Categories/Tulostusmateriaalit/285_mm/PLA

TULOSTUKSESSA HUOMIOITAVAA

- Tulostusnopeuteen vaikuttavat tekijät:
 - Käytettävä 3D tulostustekniikka
 - Valittu tulosteen laatu
 - Täyttöaste (pelkästä seinämistä aina umpinaiseen kappaleeseen asti).
 - 1x1x1cm vs. 2x2x2 cm
- Jos tulostettavassa kappaleessa on tyhjän päällä olevia ulokkeita
 - Tukirakenteet
 - Joko samasta materiaalista tai erillisestä, tähän tarkoitukseen sopivasta tukimateriaalista
 - Tukirakenne voidaan varovasti poistaa esim. leikkureilla tai pihdeillä
 - Jotkut tukimateriaalit poistetaan vedellä painepesurilla tai liuottamalla lämpimällä vedellä.

MISSÄ KÄYTETÄÄN?

- Ruoka
 - <https://www.youtube.com/watch?v=MKQlys-z7SM>
- Vaatetus (esim. Kengät)
- Ajoneuvot (esim. Koenigsegg)
- Rakentaminen ja arkkitehtuuri
 - <https://www.youtube.com/watch?v=8z-iebHRxJk>
- Lääketiede (esim. proteesit)
- Avaruus (esim. NASA - "Zero-G Printer", toimii painovoimattomassa tilassa)



MUITA HUOMIOITA

- Melko hidasta
- Osat kooltaan melko pieniä, esim.
 - Ultimakerin tulostustilavuus 215 x 215 x 200 mm
- 3D-tulostamisessakin saattaa olla terveysriskejä, jos tulostustilaa ei tuuleta hyvin
 - <https://www.tekniikkatalous.fi/tyoelama/3d-tulostimista-yllattava-ja-nakymaton-vaara-ala-osta-halpaa-netista-6540546>
- Mittatarkka
- Turvallinen menetelmä

VALMIITA 3D -TULOSTUSTIEDOSTOJA

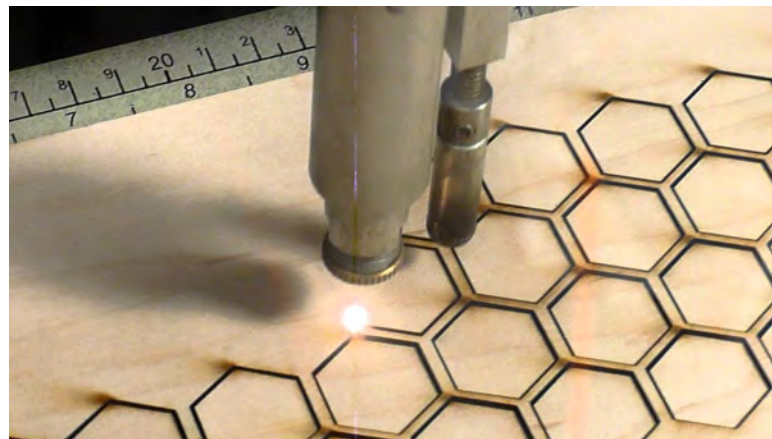
- <https://grabcad.com>
- <https://www.thingiverse.com/>
- <http://www.motouutiset.fi/fi/moottoripyorat/uutiset/1132/3D-tulosta-itselfesi-oma-Ducati-Panigale-1199-Ducati-1199-Panigale.htm>



LASER

TYÖSTÖ JA PIIRTÄMINEN

- Kaksi päätyöstömuotoa:
 - Leikkaus (tasoleikkaus)
 - Kaiverrus
 - Yhdistely



TYÖSTÖASEMAT



Hankintahinta n. 11 000-12 000 €

TYÖSTÖASEMAT



Lasertyöstöasema	Max pisteet	Annettu tieto
Yksikköhinta	---	10 690,00 €/kpl
Hankittava määrä 1 kpl	---	10 690,00 €
Teho 100W	---	Kyllä
Työstöala 600 x 900 mm	---	Kyllä

Lähde: Tuusulan kaupunki, Kellokosken koulun teknisen työn luokan koneiden ja laitteiden hankinta (9/2017)

LEIKKUUMATERIAALEJA

- Vaneri on yleinen leikkumateriaali, jota käytetään eri paksuisina. Yleinen paksuus on n. 3mm (1mm - 6mm)
 - Huom! Lasertyöstöön erityisesti tarkoitettu vaneri, jossa käytetään toisenlaista liimaa kuin tavallisessa vanerissa.
- Akryyli soveltuu muovilevyistä parhaiten lasertyöstöön. Akryyliä löytyy eri väreissä ja eri paksuuksissa (myös akryylihuopa -> värjäys)
- Yleisesti ottaen voidaan määritellä materiaalin soveltuvuus: mikäli materiaalia voidaan hävittää polttamalla, on se myös laserilla työstettävää
- Koulukäyttöön tarkoitetuilla lasertyöstöasemilla voidaan yleisimmin leikata ja kaivertaa ei-metallimateriaaleja, kuten puuta, viiluja, kuitulevyjä, kankaita, nahkaa, monia muoveja, paperia ja kartonkia.

LEIKKUUMATERIAALEJA - TIIVISTETYSTI

Hyviä laserilla työstettäviä materiaaleja ovat mm:

- **Akryylilevyt** (*muutkin muovit toimivat, mutta akryyli parhaiten*)
- **Laservaneri** (*norm. vanerin käyttöä ei suositella savuamisen takia*)
- **Synteettiset tekstiilit** (*luonnontekstiilit toimii myös, mutta leikkuujälki ei niin siisti*)
- **Paperit, kartongit, kalvot** jne.
- **Nahka** (*käry erittäin epämiellyttävä*)
- **Lisäaineen avulla** ruostumaton teräs, lasi (kaiverrus)

→ Voidaan siis aidosti puhua monimateriaalisesta työkalusta

LEIKKUUMATERIAALEJA



61 x 61 cm Laser ohutviiluvaneri I-laatu

61 x 61 cm Laser ohutviiluvaneri I-laatu

Hinta Alkaen 9,95€

Malli:

- 0,4 mm, 16,70 €
- 0,6 mm, 16,70 €
- 0,8 mm, 11,35 €
- 1,0 mm, 10,40 €
- 1,5 mm, 9,95 €
- 2,0 mm, 12,00 €
- 2,5 mm, 14,90 €
- 3,0 mm, 15,85 €
- 4,0 mm, 19,95 €
- 5,0 mm, 24,15 €

Määrä:

< 1 >

Näytä suurempana

Lisää ostoskoriin

Lähde: <http://mahoganyshop.mycashflow.fi/product/12/61-x-61-cm--laser-ohutviiluvaneri-i-laatu>



TUOTEKODI:	9682 508
TUOTENIMI:	Akryylilevy (PMMA), kirkas, 500 x 500 x 3 mm
TUOTTEEN KUVAUS:	Akryylimuovia voidaan sahata, porata ja sorvata sekä taivuttaa ja muotoilla lämpimänä. Akryylimuovia voidaan myös liimata akryylimuoviliimalla Acrifix.
Ä-HINTA:	15,00 €
Ä-HINTA, KUN TILAA TÄTÄ TUOTETTA >= 3 KPL:	13,50 €
Ä-HINTA, KUN TILAA TÄTÄ TUOTETTA >= 5 KPL:	12,00 €

Lähde:

<http://www.kouluelektronikka.fi/cgi-bin/shop.cgi?action=prodshow&usr=c621vp1uhqvtv98c6oski9c527&prodid=9682%20508>

TYÖSTÖSSÄ HUOMIOITAVAA

- Leikattaessa yleisesti vektoritiedosto (.dxf), kaivertaessa kuvat monesti tulee muuttaa bittikarttakuvaksi (.bmp)
- Työstönopeuteen vaikuttavat tekijät:
 - Käytettävä laser-tekniikka
 - Työstön nopeus vs. teho
- Käytettävän materiaalin soveltuvuus työstöön
 - Esim. vaneri vs. laser-vaneri
- Jos esimerkiksi levytavara (vaneri) on kiero
 - Kappaleen kiinnitys suoraan
 - Esim. teippi

TYÖSTÖSSÄ HUOMIOITAVAA

- Säättämällä leikkuuteho riittävän alhaiseksi voidaan leikkaustyöstöllä tehdä myös ”kaiverrusta” (viivakaiverruksia)



Monimutkaiset viivakaiverrukset voi olla järkevämpää tehdä kaiverruksen sijaan leikkauksena.

TYÖSTÖSSÄ HUOMIOITAVAA

- Kaiverrus onnistuu aina paremmin mitä parempi lähtökuva on
 - Lähtökuvan riittävä kontrasti takaa paremman lopputuloksen
 - Esimerkiksi valokuvista saa tehtyä usein tarkkojakin kaiveruksia, mikäli kontrastia saadaan säädettyä riittävästi



Valokuvasta tehty kaiverrus puulle

MISSÄ KÄYTETÄÄN?

- Teollisuus
- Näönkorjaukset
 - <https://www.youtube.com/watch?v=ZpYIZoJHbHE>
- CD, DVD ja BlueRay -soittimet
- Armeija/sotilaskäyttö
 - https://www.youtube.com/watch?v=tyUh_xSjvXQ
- Tatuointien poisto
 - <https://www.youtube.com/watch?v=7BgEzOTCV0k>

Kässä-poikien pikkujoulut:

<https://seafile.utu.fi/d/3ed9844f19e7456bbcd3/>

MUITA HUOMIOITA

- Kärsivällisyys
 - Monesti varsinkin uuden materiaalin kanssa vaaditaan monia kokeiluja ja testauksia
 - Hukkamateriaalia syntyy melko paljon
- Laserleikkuri vaatii koneellisen kärynpoiston joko suoraan ulos tai vaihtoehtoisesti suodatinlaitteiston, jolloin kärät suodatetaan ja ilma palautetaan huonetilaan
- Vaatii myös paineilma-kytkennän
- Bodorin työstöalue 1000 x 600 mm, max. 6mm paksua (OKL)
- Ei mekaanista kosketusta leikattavaan kappaleeseen eikä sitä tarvitse erikseen kiinnittää
- Todella mittatarkka
- Turvallinen menetelmä
- Investointina kallis?
 - hyödyntäminen esim. kuvaamataidossa → yhteisanomus?

VALMIITA LEIKKAUSTIEDOSTOJA

- <http://www.instructables.com/id/Laser-Cutting-6/>
- <http://dxfprojects.com/>
- <https://www.thingiverse.com/>

LISÄLAITTEET

- https://www.youtube.com/watch?v=wz_9OKreq48

MILLÄ PIIRRÄN?

Esimerkiksi:

- RD Works – Miksi?
 - Ilmainen ohjelmisto piirtämiseen, sekä lasertyöstökoneiden käyttöön
 - Yhteensopiva Bodorin laserin kanssa
 - Step:n laser -> Laser Cut
 - Luo yhteensopivuuden lasertyöstöaseman ja piirto-ohjelman (esim. Corel) välillä
 - Saadaan määriteltyä halutut työstömuodot ja työstöarvot



RD Works latauslinkki: <http://rdworks.software.informer.com/8.0/>

MITEN TYÖSTÄN KAPPALEENI?

- Tiedoston siirto Lasertyöstöaseman tietokoneelle
 - Esim. Corelista valmis tiedosto siirretään Export-toiminnolla muistitikulle
 - Leikkaus (CUT) .DXF –tiedostomuoto
 - Kaiverrus (SCAN) .BMP –tiedostomuoto
 - Muistitikulta tiedosto siirretään Import-komennolla RD Works:iin
 - Leikkaus (CUT)
 - Kaiverrus (SCAN)

MITEN TYÖSTÄN KAPPALEENI?

- Lasertyöstöaseman työstöarvoja säädetään kahden tekijän mukaan, **tehon** ja **nopeuden**
- Työstöarvojen valinta määräytyy usean eri tekijän mukaan
 - Leikattaessa materiaali ja sen paksuus on ensisijainen määräävä tekijä
 - Huom! 3mm akryylihuopa ja 3mm vaneri vaativat kuitenkin hyvin erilaiset arvot
- Älä käytä liian isoja tehoja - riittää kun leikattava kappale saadaan irti pohjamateriaalista
- Huomaa myös, että nopeutta tiputtamalla leikkausteho ja -jälki on parempi
- Kaivertaessa nopeus kannattaa pitää suurena, teholla säädellään kaiverussyvyyttä sekä kaiveruksen tummuutta (tummuus puuhun kaivertaessa)

MITEN TYÖSTÄN KAPPALEENI?

- Työstöarvojen määrittämiseen ei ole yhtä yksiselitteistä taulukkoa tai tapaa
 - Laserputken kunto, polttopisteen kohdistus, linssin puhtaus, peilien kohdistus sekä itse materiaali vaikuttavat paljon lopputulokseen
 - Paras tapa on kokeilla työstettävään materiaaliin ennen lopullista työstöä ja hakea optimaaliset työstöarvot

LÄHTEET

- Alonen, A., Alonen, L. & Hietikko, E. (toim.) 2016. Lisäävän valmistuksen perusteet. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu.