

3D-TULOSTUSLABORATORION SUUNNITTELU
Älykäs tuotantotekniikan oppimis- ja kehittämisympäristö

Älypaja-hanke

Puska Jani

Opinnäytetyö
Tekniikan ja liikenteen koulutusala
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Insinööri (AMK)

2017

Tekniikan ja liikenteen koulutusala
Kone- ja tuotantotekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Jani Puska	Vuosi	2017
Ohjaaja	DI Ari Pikkarainen		
Toimeksiantaja	Lapin AMK		
Työn nimi	3D-tulostuslaboratorion suunnittelu. Älykäs tuotantotekniikan oppimis- ja kehittämisympäristö		
Sivu- ja liitesivumäärä	58 + 16		

Tämän opinnäytetyön aiheena oli suunnitella 3D-tulostuslaboratorio konetekniikan opiskelijoiden käyttöön. Työn toimeksiantajana toimi Lapin AMK:n tekniikan yksikkö. Tehtävänä oli luoda informatiivinen kokonaisuus siitä, mitä tulee ottaa huomioon suunnitellessa lisäävän valmistuksen laboratoriotilaa. Työssä selvitettiin tekniikoiden hyötyjä sekä hintoja. Hintatietoja referoitiin niin valmistajien omilta sivustoilta, kuin internetin kootuista hintatietopalveluistakin, kuten Aniwaan sivustolta sekä Firpan AM-konematriisista.

Työssä tarkasteltiin eri tulostusmenetelmiä, 3D-tulostuksen historiaa, oppimisympäristön teoriaa, Lapin AMK:n nykytilannetta 3D-tulostuksen osalta sekä sitä, minkälainen moderni tulostuslaboratorio voisi olla. Lisäksi selvitettiin se, miten Lapin AMK:n tämänhetkinen etätulostusohjelmisto toimii ja mitä se mahdollistaa sekä miten se asennettiin ja otettiin käyttöön.

Uusi tulostuslaboratorio tullaan rakentamaan Lapin AMK:n tiloihin osana Älypaja-hanketta vuodesta 2018 eteenpäin. Tämä dokumentti pyrkii helpottamaan kyseisen hankkeen lopullisen suunnitelman tekemistä.

Technology, Communication and
Transport
Mechanical Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Jani Puska	Year	2017
Supervisor	Ari Pikkarainen, M.Sc		
Commissioned by	Lapland University of Applied Sciences		
Subject of thesis	Design of 3D Printing Laboratory		
Number of pages	58 + 16		

The aim of this thesis was to make a preliminary design for a new modern additive manufacturing laboratory which will be used by mechanical engineering students. The work was commissioned by Lapland University of Applied Sciences. The building process of the new laboratory is supposed to start in the late 2018. The Älypaja project was the foundation of this thesis.

3D printing technologies, their history and benefits are briefly explained in this thesis. Remote access to the current 3D printers is also introduced and explained in this thesis.

The price and feature comparison of considerable printers for the new laboratory was made in detail. The requirements for the laboratory environment were also taken into consideration. This thesis also includes a couple of example floor plans for the new laboratory.

..

Key words

additive manufacturing, 3D printing, learning environment

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
1.1	Tavoitteet.....	8
1.2	Rajaukset.....	8
1.3	Älypaja–hanke.....	9
2	3D-TULOSTUS.....	10
2.1	Historia.....	10
2.2	Tulostintekniikat.....	11
2.2.1	Pursotus.....	13
2.2.2	Valokovetus altaassa.....	14
2.2.3	Materiaalisuihkutus.....	16
2.2.4	Sideaineruiskutus.....	17
2.2.5	Jauhepetimenetelmä.....	17
2.2.6	Suorakerrostus.....	19
2.2.7	Laminointi.....	20
3	OPPIMISYMPÄRISTÖ.....	21
3.1	Oppimisalusta.....	22
3.2	Turvallisuus.....	22
4	3D-TULOSTUSLABORATORIO.....	24
4.1	Lapin AMK:n tulostustila.....	24
4.2	Integroitu tuotekehitys, Älypaja–hanke.....	26
4.3	Tulostustekniikoiden vertailu.....	26
5	MODERNI 3D-TULOSTUSLABORATORIO.....	36
5.1	Vaatimuksia tilalle.....	36
5.2	Tärkeimmät vaatimukset.....	38
5.3	Laitteistot.....	38
5.4	Tilan hahmotelma.....	40
5.5	Kulunvalvonta, ajanvaraus sekä muut asiat.....	44
6	LABORATORION ETÄKÄYTTÖ.....	46
6.1	Etäkäytön mahdollisuudet.....	46
6.2	Lapin AMK:n etäjärjestelmä.....	47

6.3	Toimintojen keskitys.....	49
7	CASE-ESIMERKIT	51
7.1	Fab Lab –konsepti	51
7.2	Lisäävä valmistus Suomessa.....	52
8	POHDINTA.....	54
	LÄHTEET.....	55
	LIITTEET	58

ALKUSANAT

Haluan kiittää kaikkia työssä auttaneita henkilöitä, erityisesti DI Ari Pikkaraista työn ohjauksesta.

Kemissä 1.12.2017

Jani Puska

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

ABS	Akrylinitriilibutadieenistyreeni
AM	Additive manufacturing
BJ	Binder jetting
CAD	Computer aided design
CDLP	Continuous digital light processing
CNC	Computer numerical control
DFAM	Design for additive manufacturing
DED	Directed energy deposition
DOD	Drop on demand
EBAM	Electron beam additive manufacture
ERP	Enterprise resource planning
FDM	Fused deposition modeling
FFF	Fused filament fabrication
LENS	Laser engineered net shape
LOM	Laminated object manufacturing
MJ	Material jetting
NPJ	Nanoparticle jetting
PA	Polyamidi
PBF	Powder bed fusion
PDM	Product data management
PEEK	Polyeetterieetteriketoni
PLA	Polylaktidi
SDL	Selective deposition lamination
SLA	Stereolithography
SLS	Selective laser sintering

1 JOHDANTO

3D-tulostus on tehnyt tuloaan kuluttajamarkkinoille viimeisen vuosikymmenen ajan kiihtyvällä tahdilla. Teollisuudessa materiaalia lisäävät järjestelmät ovat olleet käytössä jo kolmen vuosikymmenen ajan. Kuluttajamallien hintojen aleneminen helpottaa myös korkeakoulujen investointia teknologiaan, ja esimerkiksi Lapin AMK on rakentanut keväällä 2017 väliaikaisen 3D-tulostuslaboratorion kone-tekniikan opiskelijoiden käyttöön. Tila toimii niin opetuksen apuvälineenä kuin itsenäisen työskentelyn tilana. Tulevaisuudessa tarkoituksena on rakentaa täysin uusi 3D-tulostuslaboratorio, joka vastaa moderneja oppimisen standardeja.

1.1 Tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on syventyä eri 3D-tulostusteknologioihin käytettävyyden ja oppimisen kannalta. Pää tavoitteena työssä on myös ideoida, visioida ja suunnitella uusi konetekniikan 3D-tulostuslaboratorio. Tilasta on tarkoitus tehdä moderni oppimisympäristö, jossa työskentely onnistuu niin itsenäisesti kuin pienryhmissäkin.

Tavoitteena on tehdä laitteistoverailua 3D-tulostimien osalta. Miten saatavilla olevat lisäävän valmistuksen laitteistot soveltuvat opetusympäristöön, minkälaisia kustannuksia ne aiheuttavat ja minkälaisia oheislaitteita olisi syytä hankkia.

Työn tarkoituksena on visioida ja ideoida sitä, miten saadaan luotua käyttäjäystävällinen, miellyttävä, inspiroiva sekä helposti lähestyttävä laboratoriotila koulutuskäyttöön.

1.2 Rajaukset

Työssä ei paneuduta syvällisesti tekniikoiden toimintaperiaatteisiin vaan tekniikoiden helppokäyttöisyyteen sekä soveltuvuuteen koulutusympäristössä. Lyhyet kuvaukset kuitenkin tekniikoista ovat oleellisia, sillä se helpottaa hahmottamaan sitä, miten tekniikka soveltuu oppimisympäristöön.

Oheislaitteiden ja muiden laitteistojen hintatietoihin ei paneuduta työssä, sillä työ laajentuisi huomattavasti eikä täten palvelisi ketään kompaktina katsauksena.

1.3 Älypaja–hanke

Lapin AMK on toteuttamassa ”Älykäs tuotantotekniikan oppimis- ja kehittämissympäristö - ÄLYPAJA” –hanketta, jossa tavoitteena on luoda Lapin AMK:lle uudenlainen ja moderni kehittämissympäristö, jossa insinöörikoulutus, tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminta, palveluliiketoiminta sekä paikalliset yritykset kohtaavat.

Yhtenä osana hanketta on integroitu tuotekehitys, jossa tarkoituksena on kehittää konetekniikan älypajan edellyttämää tuotekehitystoimintaa. Kokonaisuudessa tuotekehityssympäristöön kuuluu seuraavat osa-alueet: tietokoneavusteinen suunnittelu, lisäävä valmistus, 3D-skannaus ja -sovellukset, tuotetiedon hallinta, toiminnanohjausjärjestelmä sekä ohjelmisto- ja järjestelmäratkaisut.

Tämä työ ei ole osa Älypaja–hanketta, mutta toimii informatiivisena lisänä hankkeen lisäävän valmistuksen osa-alueeseen. Tarkoituksena on siis avustaa hankkeen suorittamista lisäävän valmistuksen osalta.

2 3D-TULOSTUS

3D-tulostus on kattotermi monille erilaisille tekniikoille ja tavoille, joilla tulostus voidaan teknisesti suorittaa niin ominaisuuksien kuin materiaalienkin osalta. Kaikkia valmistusmenetelmiä sekä tekniikoita kuitenkin yhdistää tapa, jolla kolmiulotteinen tuloste saadaan syntymään. Materiaalia lisätään kerros kerrokselta, kunnes kappale on valmis. Tämä metodi on kontrastissa perinteisen valmistustavan (lastuava) sekä valumenetelmien kanssa (3D Printing industry 2017). 3D-tulostuksen standardoitu termi ”materiaalia lisäävä valmistus” (AM - additive manufacturing) kertoo suoraan valmistuksen prosessista. Tämä valmistustapa mahdollistaa kappaleiden luonnin sellaisissa muodoissa, joita ei aiemmin ollut mahdollista valmistaa perinteisillä menetelmillä. (Lipson & Kurman 2013, 11.)

3D-tulostus ei ole uusi keksintö, ja tulostimet ovatkin olleet käytössä teollisuudessa jo vuosikymmeniä. Viimeisten vuosien aikana on kuitenkin tapahtunut äärimmäisen nopeaa kehitystä, jota on vauhdittanut lisääntynyt tietokoneiden laskentateho, uudet suunnitteluohjelmistot, uudet materiaalit ja vapaan tiedon liikkuamisen mahdollistava internet. Moderni tietokone on 3D-tulostimen tärkein osa, jota ilman tulostin olisi toimeton. Tietokone antaa tulostimelle ohjeistuksen, mihin koordinaatteihin raakamateriaali tulee asettaa. (Lipson & Kurman 2013, 11-12.)

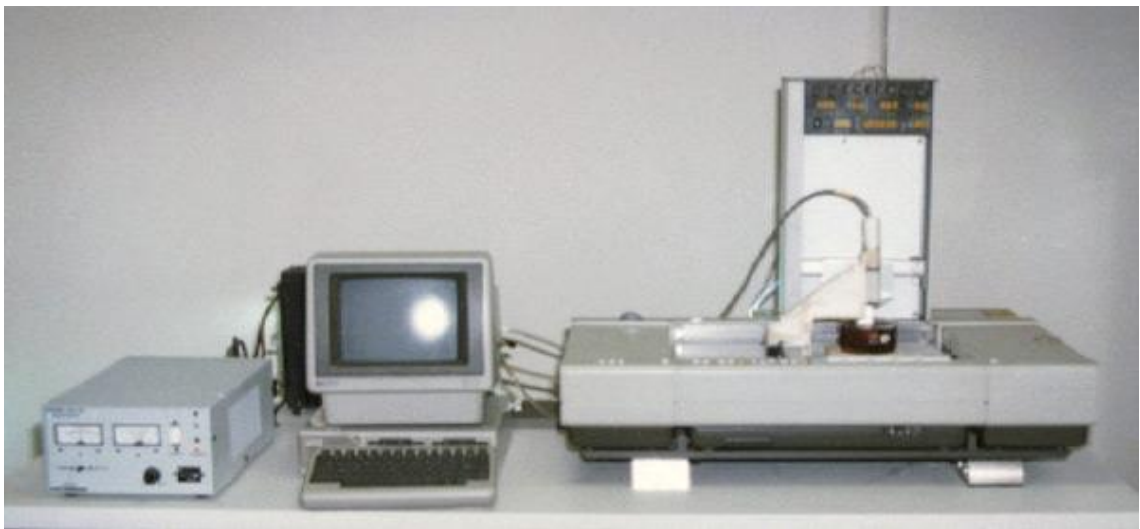
Nykypäivänä 3D-tulosteen koko voi vaihdella käytetystä laitteistosta riippuen nuppineulan pään kokoisesta tulosteesta pienen omakotitalon kokoiseen lopputulokseen. Kotikäyttöisen 3D-tulostimen tuloste on kuitenkin keskimäärin kenkälaatikon kokoinen. Tulostettaessa käytettäviä materiaaleja on kehitetty moneen tarpeeseen, metalleista polymeereihin. Yleisempiä kotikäytössä ovat kuitenkin PLA- ja ABS-muovit. (Lipson & Kurman 2013, 13.)

2.1 Historia

Ensimmäiset 3D-tulostimet kehitettiin 1980-luvun lopulla. Teknologia tunnettiin tuolloin nimikkeellä ”nopea prototyyppien valmistus” (rapid prototyping technology). Tulostusprosessi nähtiin nopeana ja taloudellisena tapana luoda prototyypejä tuotekehitystä varten. Ensimmäisen patenttihakemuksen modernista 3D-tu-

lostimesta sanotaan tehneen tohtori Hideo Kodama vuonna 1980. Hänen epäonnekseen kuitenkin tarvittavat liitteet eivät ehtineet patenttilaitokseen ajoissa, täten aiheuttaen patenttihakemuksen raukeamisen. (3D Printing Industry 2017c.)

Charles (Chuck) Hull kehitti ja rakensi ensimmäisen stereolitografiaan (SLA) perustuvan 3D-tulostimen vuonna 1983 (Kuva 1), patentoiden tämän vuonna 1986 (3D HUBS 2017c). Hän perusti yrityksen 3D Systems Corporation, joka on yksi suurimmista organisaatioista 3D-tulostusalaalla työllistäen nykyään yli 2200 työntekijää (3D Systems 2017).



Kuva 1. Chuck Hull:in kehittämä SLA-1-tulostin vuodelta 1983 (3D Hubs 2017)

Vuonna 1987 Carl Deckard haki patenttia SLS-tekniikkaan (selective laser sintering) perustuvaan 3D-tulostimeen työskennellessään Texasin yliopistossa. Tämä patentti astui voimaan vuonna 1989. Samana vuonna Stratasys INC. perustaja, Scott Crump, haki patenttia FDM-tekniikkaan (fused deposition modeling) perustuvaan tulostimeen. Patentti hyväksyttiin vuonna 1992 (3D Printing Industry 2017c). FDM-prosessin patentti vanhentui vuonna 2009 vauhdittaen täten kotikäyttöisten 3D-tulostimien yleistymistä. Avoimeen lähdekoodiin perustuvan Rep-Rap-projektin myötä tulostimien hinnat ovat laskeneet 200 000 dollarista 2000 dollariin (3D Hubs 2017).

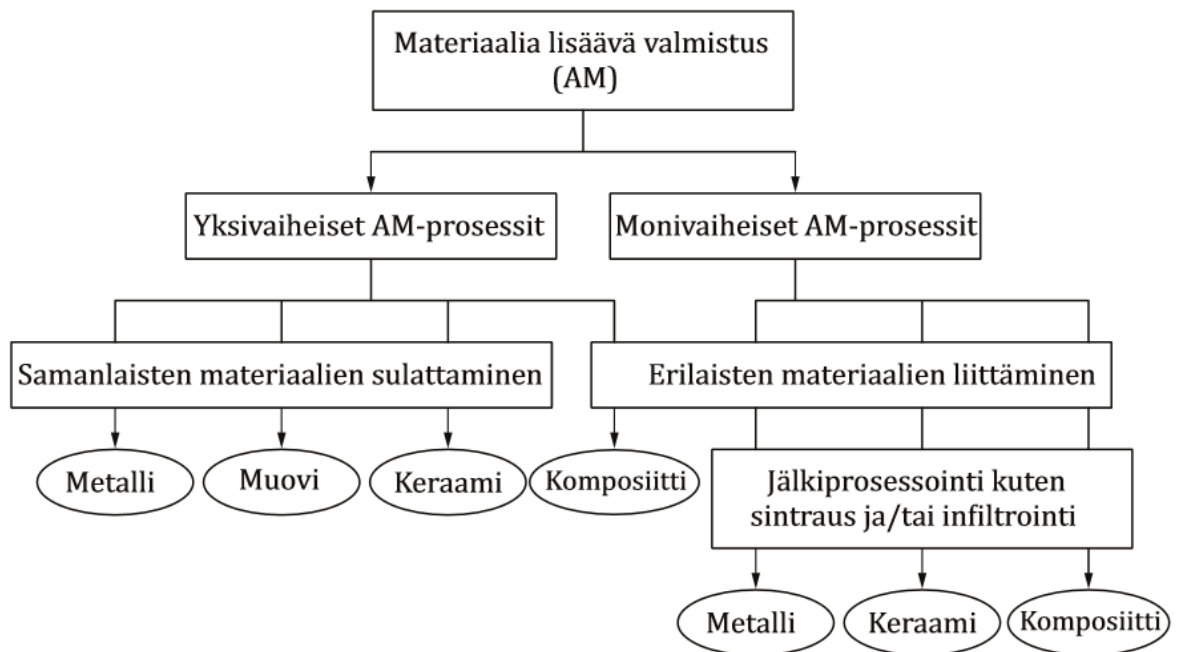
2.2 Tulostintekniikat

Jokaisen 3D-tulostimen lähtökohtana on tuottaa digitaalisesta tietokonemallista fyysinen objekti. Kolmiulotteinen malli luodaan joko skannaamalla jokin valmis

fyysinen osa tai käyttämällä vapaavalintaista tietokoneavusteista suunnitteluohjelmaa eli CAD-ohjelmaa (computer-aided design). Tietokonemalli ”viipaloidaan” kerroksittain, ja täten luodaan tulostimelle ymmärrettävä ohjeistus. Tämä viipaloitu ohjeistus kertoo tulostimelle koordinaatit, mihin tulostetta tulee asettaa. Tulostustekniikoita on useita erilaisia ja tulee muistaa, että yksi prosessi ei välttämättä sovellu halutulle materiaalille tai kappaleen muodolle/ominaisuudelle. (3D Printing Industry 2017a.)

Gibson ym. (2010, 43) ovat jakaneet 3D-tulostusprosessin 8 konkreettiseen vaiheeseen: konsepti ja CAD, muunnos STL/AMF-tiedostoksi, muunnetun tiedoston käsittely ja siirto tulostuslaitteelle, laitteen valmistelu, rakennusvaihe, kappaleen irrotus ja puhdistus, jälkikäsittely sekä kappaleen käyttö/hyödyntäminen.

Suomen standardisoimisliitto SFS on jaotellut standardissaan AM-prosessit yksivaiheisiin ja monivaiheisiin prosesseihin sen mukaan, saadaanko kappaleesta toimiva yhdessä prosessivaiheessa vai tarvitseeko kappale useamman käsittelykerran (Kuvio 1).

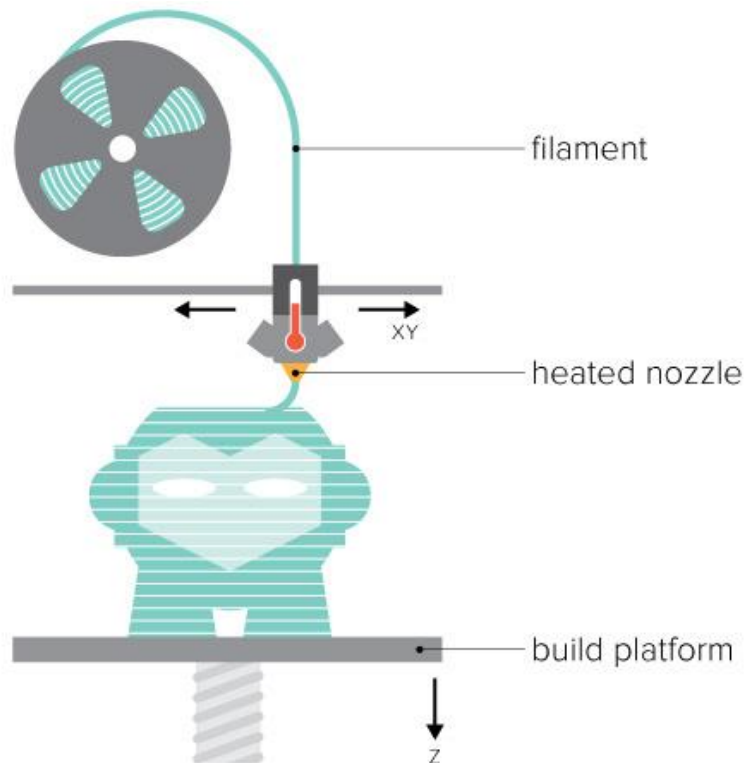


Kuvio 1. Yksi- ja monivaiheiset AM-valmistusprosessit (SFS-EN ISO/ASTN 52900 2017, 17)

2.2.1 Pursotus

Material extrusion eli pursotus on yleisin kotikäytössä oleva materiaalia lisäävän valmistuksen menetelmäryhmä. Pursotuksessa kiinteä filamenttilanka ohjataan kuumennetun suuttimen läpi. Suuttimessa sulaessaan filamentti pursotetaan viipaloidun ohjetiedoston mukaisesti lämmitetyille alustalle (Kuva 2). (3D Hubs 2017.)

FDM-termi on Stratasys -organisaation omistama kaupp nimi ja tarkoittaa virallisesti nykypäivänä teollisuusluokan 3D-tulostusprosessia. Kotikäytössä yleistyneet tulostimet käyttävät lähes samaa prosessia mutta kuitenkin yksinkertaisemmassa muodossa kuin Stratasyn FDM-tekniikka. Tätä kotikäytössä olevaa tulostusprosessia kutsutaan nimellä FFF-tekniikka (fused filament fabrication). (3D Printing Industry 2017.)



Kuva 2. FDM (3DHUBS 2017)

Kuvan 2 termit suomeksi: filamentti (filament), lämmittävä tulostuspää (heated nozzle) ja valmistusalusta (build platform) (Lehtinen 2014; SFS-EN ISO/ASTN 52900 2017, 7-15).

Pursotusmenetelmä mahdollistaa useiden eri muovilaatujen käytön. ABS, PLA ja nylon ovat yleisimpiä tulostusmateriaaleja. Pursotusmenetelmä mahdollistaa myös eksoottisempienkin materiaalien, kuten puun, hiilen ja pronssipohjaisten seosten käytön. (3D Hubs 2017.)

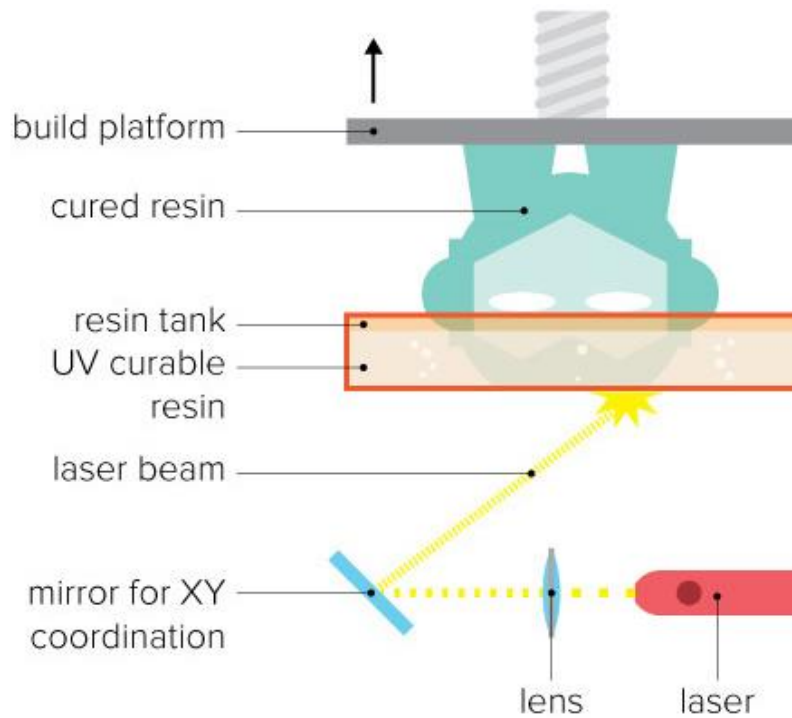
FDM on tulostustekniikoista kaikkein kustannustehokkain tapa valmistaa mukautettuja termoplastisia osia sekä prototyyppejä. Hyvänä puolena tekniikassa on myös laaja materiaalivalikoima sekä tulostimien ja materiaalien helppo saatavuus sekä edullinen hinta. Tekniikka kuitenkin omaa huonoimman tulostustarkkuuden kaikista kaupallisista tulostusteknologioista. Huonoina puolina voidaan pitää myös tulostettujen kappaleiden anisotrooppisuutta eli kerromaisuutta ja tasojen näkyvyyttä. Kappaleiden jälkikäsittelyllä saadaan kuitenkin nostettua niiden laatua korkeatasoisemmiksi. (Varotsis 2017a.)

FDM on erittäin helposti lähestyttävä teknologia ja täten sopiva opetusympäristöön. DFAM-ohjeistuksia (design for additive manufacturing) löytyy todella paljon kirjallisuudesta sekä internetistä artikkelien ja videoiden muodossa. Kyseisiä ohjeistuksia on tehty monille tekniikoille mutta FDM-tekniikan yleisyyden vuoksi löytyy niitä määrällisesti eniten.

Tulosteista saadaan hyvin vähäisellä jälkikäsittelyllä käyttökelpoisia. Kevyen jälkikäsittelyn työkalut eivät vaadi suuria investointeja, ja esimerkiksi nokkapihdillä, hammastikuilla ja hiomapaperilla pääsee pitkälle.

2.2.2 Valokovetus altaassa

Tyypillinen valokovetus-tulostin (Vat photopolymerization) käyttää näkyvää valoa tai ultraviolettisädettä nestemäisen polymeerin kovettamiseen. Menetelmässä peili pyyhkäisee säteen alustan pintaa pitkin, täten kovettaen nesteen. Jokaisen valmiin kerroksen jälkeen tulostin nostaa tasoa ylöspäin antaen tilaa uudelle kovetuskerrokselle (Kuva 3). (Enza3D LLC 2017.)



Kuva 3. SLA-prosessi (3D Hubs 2017)

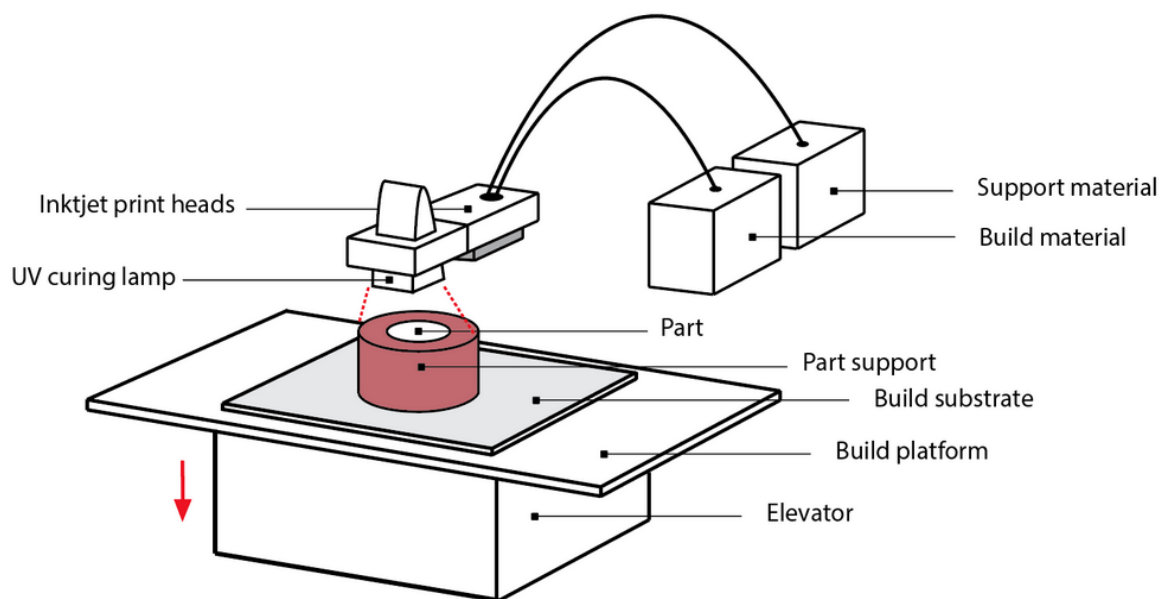
Kuvan 3 termit suomeksi: valokovettunut muovi (cured resin), polymeeritalas (resin tank), valokovettava nestemäinen muovi (UV curable resin), lasersäde (laser beam), peili XY-koordinointiin (mirror for XY coordination), linssi (lens) ja laserlähde (laser) (Lehtinen 2014; SFS-EN ISO/ASTN 52900 2017, 7-15).

Mikäli korkea tulostustarkkuus tai tasainen pinnanlaatu ovat tarpeellisia, on SLA-tekniikka kustannustehokkain vaihtoehto tulostustekniikoista. Paras mahdollinen tulos saadaan, kun käyttäjä ottaa kaiken hyödyn irti valmistustekniikan hyvistä puolista tekniikan rajoitukset huomioon ottaen. Mikäli tulosteelta vaaditaan korkeita mekaanisia ominaisuuksia, tulee kappale jälkikäsitellä UV-valolla. Tulostusprosessi vaatii myös runsaasti tukien käyttöä. Tuet saadaan irti yksinkertaisesti leikkaamalla ne, mutta hiontaa tarvitaan, mikäli pintojen tulee olla tasaisia. (Varotsis 2017b.)

Korkean tulostustarkkuuden suhteellisen edullisella hintalapulla antavan SLA-tekniikan huonoja puolia ovat hauras, valonherkkä tuloste sekä suuri tuennan vaade. Mikäli prototyypeiltä tarvitaan visuaalisuutta ja tarkkuutta, on SLA hyvä vaihtoehto tulostustekniikaksi huonoista puolistaan huolimatta.

2.2.3 Materiaalisuihkutus

Materiaalisuihkutusta (MJ – Material jetting) verrataan yleensä suoraan normaaleihin tulostimiin. Käyttämällä polymeerejä, metalleja tai vahaa, jotka kovettuvat altistuessaan valolle tai korkeille lämpötiloille, rakennetaan kerros kerrokselta kappale suihkutusta hyväksi käyttäen (Kuva 4). Prosessi mahdollistaa useiden eri materiaalien käyttämistä samassa kappaleessa. Useimmiten tätä hyödynnetään tulostamalla tukirakenteet erillä materiaalilla kuin pääkappale. (Redwood 2017.)



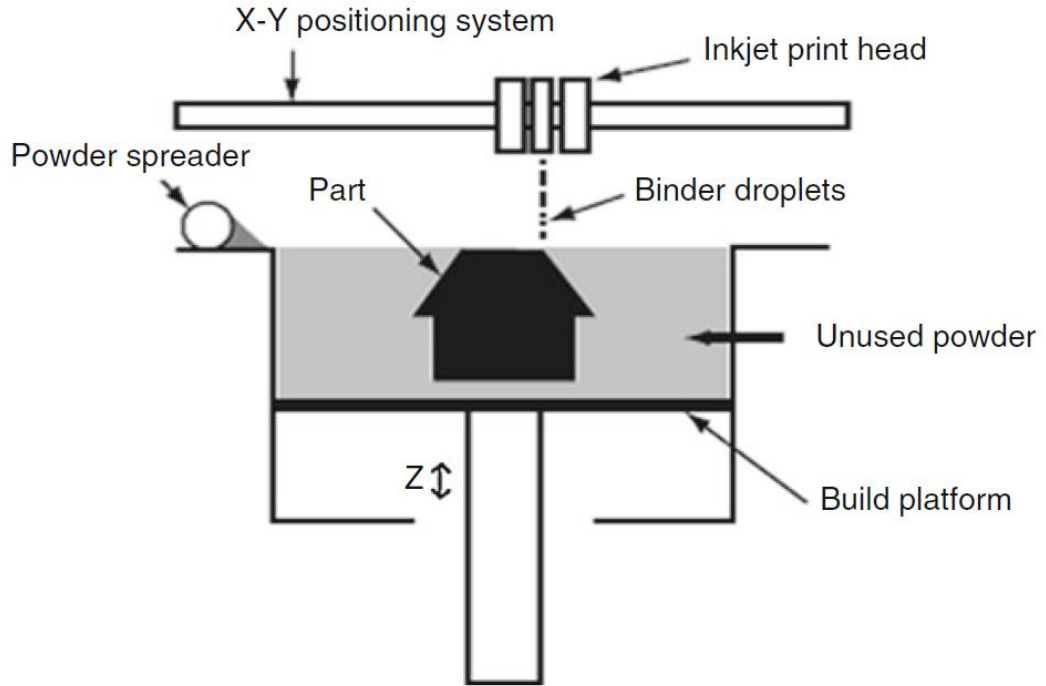
Kuva 4. Materiaalisuihkutus (Vassos 2017)

Kuvan 4 termit suomeksi: tukimateriaali (support material), raaka-aine (build material), tulostuspää (inkjet print head), UV lamppu (UV curing lamp), kappale (part), kappaleen tukimateriaali (part support), valmistuspinta (part substrate) (Lehtinen 2014; SFS-EN ISO/ASTN 52900 2017, 7-15).

Materiaalisuihkutuksen hyvä puolia ovat näyttävät, äärimmäisen tarkat ja sileät tulosteet. Tulosteilla on lisäksi täysin homogeeniset mekaaniset ja termiset ominaisuudet. Materiaalisuihkutuksen huono puoli on se, että tulosteiden mekaaniset ominaisuudet eivät ole erityisen hyvät. Tästä johtuen tekniikka ei sovellu niinkään toimivien prototyyppien valmistukseen, vaan lähinnä näytekappaleiden tekoon. Lisäksi valolle liiallisesti altistuessaan kappaleiden ominaisuudet heikkenevät ajan myötä ja teknologia on erittäin kallis. (Varotsis 2017b.)

2.2.4 Sideaineruiskutus

Sideaineruiskutuksessa BJ (Binder jetting) pulverin päälle ruiskutetaan sidosainetta kappaleen poikkileikkauksen mukaisesti kerros kerrallaan. Kerroksen valmistuttua jauhetta lisätään ja pinta tasoitetaan (Kuva 5). Sidosaine sitoo kerrokset toisiinsa kiinni luoden fyysisen kappaleen. (Redwood 2017.)



Kuva 5. Sideaineruiskutusmenetelmä (Gibson, yms. 2010, 206)

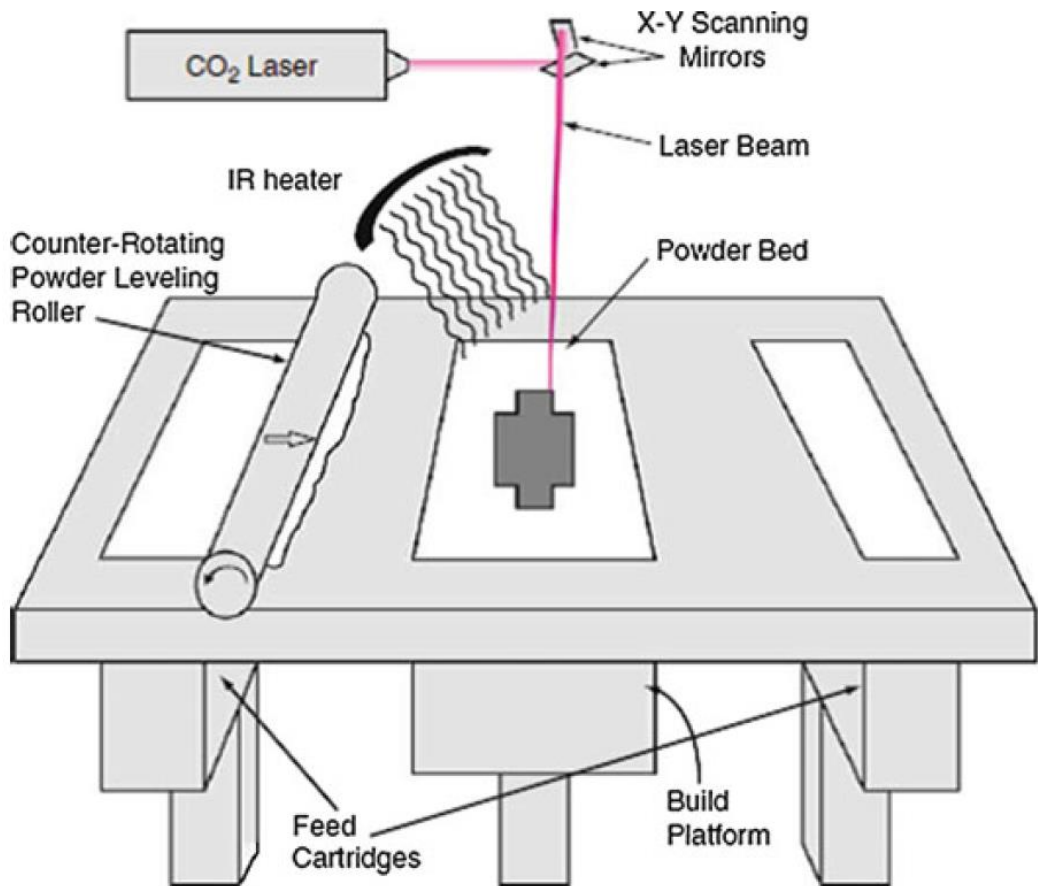
Kuvan 5 termit suomeksi: sideaine (binder droplets), tasoitin (powder spreader), käyttämätön jauhe (unused powder) (Lehtinen 2014; SFS-EN ISO/ASTN 52900 2017, 7-15).

Tekniikka soveltuu erinomaisesti visuaalisten ja värikkäiden näytekappaleiden, kuten arkkitehtuurimallien tekemiseen. Sideaineen ja jauheen muodostama sidos on yleisesti erittäin hauras, täten tehden tekniikasta epäkäytännöllisen mekaanisia sovelluksia ajatellen. (Redwood 2017.)

2.2.5 Jauhepetimenetelmä

Jauhepetimenetelmä (PBF – Powder bed fusion) perustuu jauheen kerroksittaiseen sulatukseen tai sintraukseen jauhepedillä (Kuva 6). Lämpöä tuotetaan

yleensä joko laserilla tai elektronisuihkulla. Jauheeseen tuotu lämpö yhdistää jauheen partikkelit toisiinsa luoden kiinteän kappaleen. Menetelmässä rulla tasoittaa jauheen ohueksi kerrokseksi jokaisen valmistuneen kerroksen päälle. (Redwood 2017.)



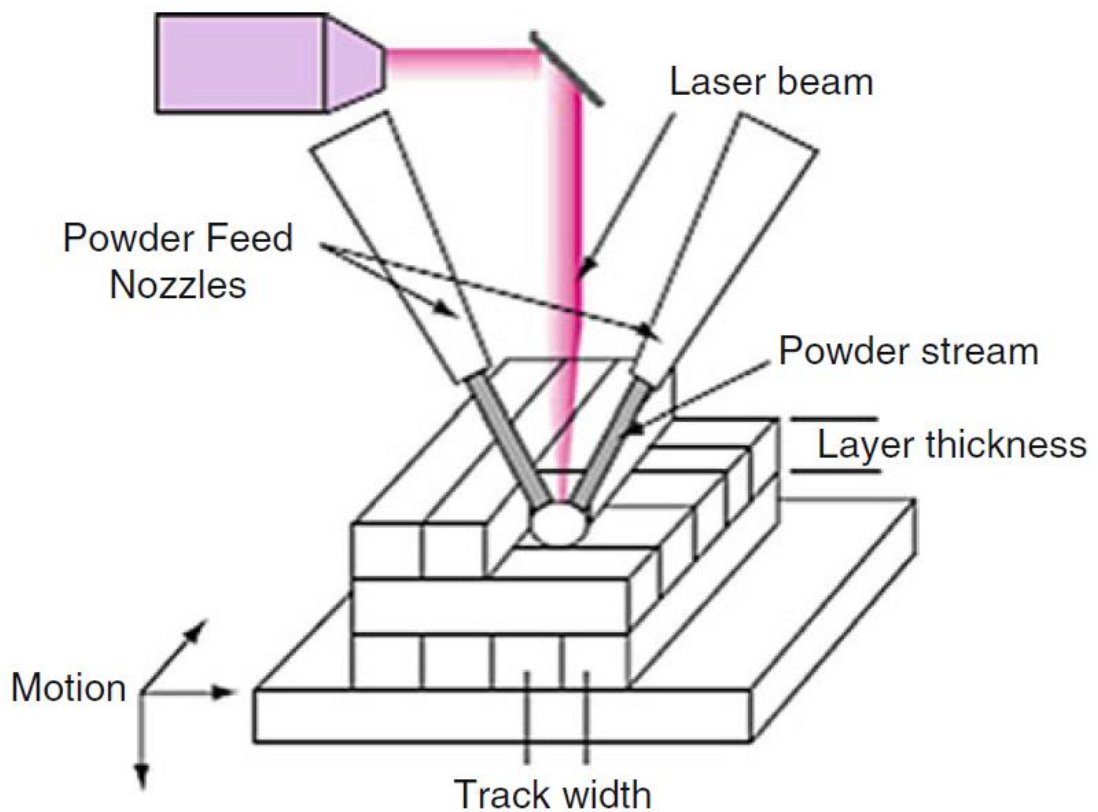
Kuva 6. Jauhepetimenetelmä SLS (Gibson, yms. 2017, 108)

Kuvan 6 termit suomeksi: jauhepeti (powder bed), infrapunalämmitin (IR heater), raaka-aineen säilytyspakkaus (feed cartridge) (Lehtinen 2014; SFS-EN ISO/ASTN 52900 2017, 7-15).

Jauhepetimenetelmä antaa paljon vapauksia osien suunnitteluun. Tyypillisesti osia suunnitellessa kappaleiden tukemista ei tarvita juuri ollenkaan ja tämä mahdollistaa monimutkaiset geometriat. Osat omaavat tyypillisesti korkeat mekaaniset arvot ja täten jauhepetimenetelmä soveltuu hyvin käyttöosien valmistukseen. Teknologian huonot ominaisuudet ovat huono pinnanlaatu, osien kutistuminen ja vääristyminen sekä jauheen aiheuttamat käsittelyvaikeudet. (Redwood 2017.)

2.2.6 Suorakerrostus

DED-menetelmää (Direct energy deposition) käytetään metallituotteiden tuotukseen. Menetelmässä materiaali sulatetaan sitä asettaessa (Kuva 7) (Redwood 2017). Tämä menetelmä toimii niin polymeereillä, keraameilla kuin metalleilla, mutta sitä käytetään enimmäkseen metallijauheilla. Tästä johtuen menetelmästä käytetään yleisesti termiä "Metal deposition". Jauhepetisulatukseen verrattaessa erona suorakerrostuksessa on se, että materiaali sulatetaan heti kun se on asetettu. (Gibson, ym. 2010, 245.)



Kuva 7. Suorakerrostusmenetelmä (Gibson ym. 2010, 246)

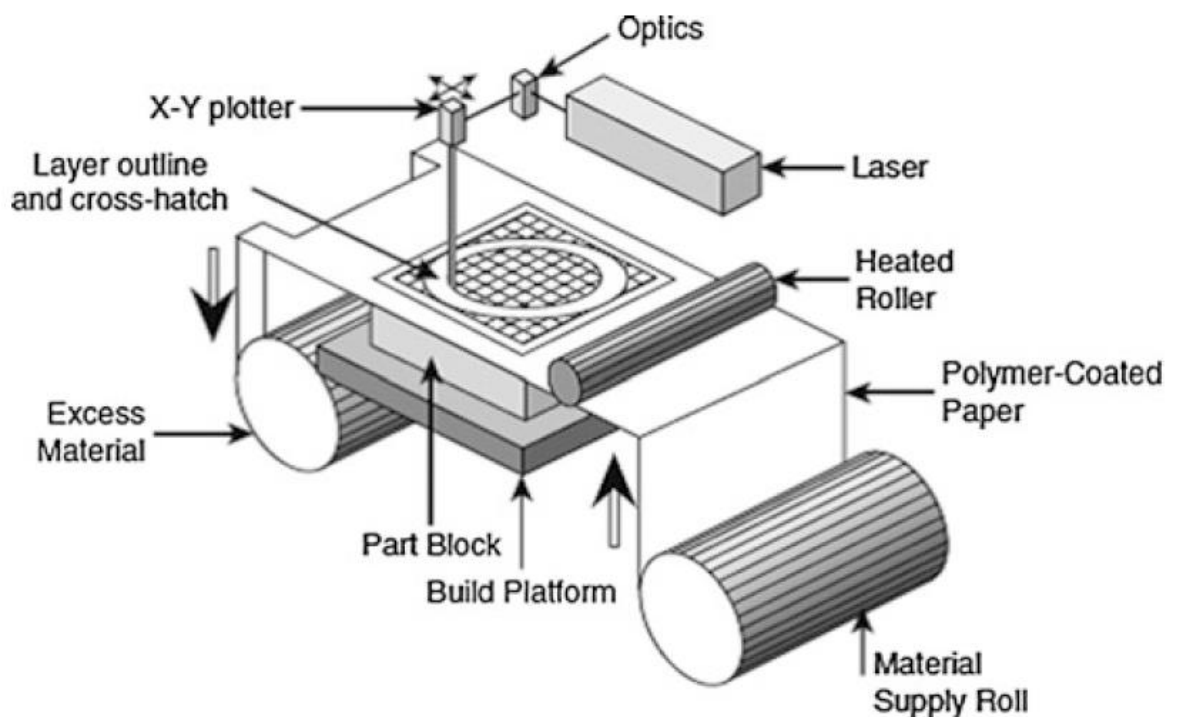
Kuvan 7 termit suomeksi: raaka-ainetta lisäävät suuttimet (powder feed nozzles), materiaalivirta (powder stream), kerrospaksuus (layer thickness), radan leveys (track width) (Lehtinen 2014; SFS-EN ISO/ASTN 52900 2017, 7-15).

Menetelmä mahdollistaa metallin lisäämisen jo valmiisiin ja käytettyihin osiin, ja täten toimii erinomaisesti korjaustoiminnassa. DED ei kuitenkaan suuren tuke-
mistarpeensa vuoksi sovellu niinkään kappaleiden luomiseen tyhjästä, kuten muut lisäävän valmistuksen menetelmät. (Redwood 2017.)

2.2.7 Laminointi

Laminated object manufacturing eli LOM-tekniikka oli ensimmäisiä kaupallisia 3D-tulostustekniikoita. LOM-tekniikassa ohutta levymateriaalia laminoidaan kerroksittain käyttäen CO₂-laseria (Kuva 8). Kerros levyä edustaa CAD-mallissa yhtä poikkileikkattua tasoa. Ylimääräinen levymateriaali, jota ei käytetä osassa, leikataan kuutioiksi ristikkoleikkausoperaatiolla. Tekniikka voidaan jakaa alakategoriioihin sen perusteella, miten kerroksien liittäminen toisiinsa tapahtuu. Liitostapoja ovat liimaaminen tai sidosaineliitos, terminen liitos, puristusliitos ja ultraäänihittaus. (Gibson, Rosen, Stucker 2014, 219.)

SDL (selective deposition lamination) menetelmä käyttää materiaalinaan paperia, jota tulostin värittää, leikkaa ja liimaa kasaan, tuottaen valmiin kappaleen. Paperin mekaanisten ominaisuuksien vuoksi tulosteet toimivat ainoastaan visuaalisessa tarkoituksessa. (Aniwaa 2017.)



Kuva 8. LOM-prosessi (Gibson, ym. 2014, 220)

Kuvan 8 termit suomeksi: X-Y –plotteri (X-Y plotter), optiikka (optics), lämmitetty tasaaja (heated roller), polymeeripäällysteinen paperi (polymer-coated paper), ylijäämämateriaali (excess material) (Lehtinen 2014; SFS-EN ISO/ASTN 52900 2017, 7-15).

3 OPPIMISYMPÄRISTÖ

Termillä oppimisympäristö tarkoitetaan paikkoja ja tiloja, joissa opiskelu ja oppiminen tapahtuvat. Ympäristöön kuuluvat myös kaikki välineet, palvelut, materiaalit ja laitteet, joita oppimisessa käytetään. Toimiakseen hyvin, oppimisympäristön on edistettävä vuorovaikutusta, osallistumista ja yhteisöllistä tiedon rakentamista. Hyvin rakennettu oppimisympäristö mahdollistaa myöskin yhteistyön koulun ulkopuolisten yhteisöjen ja asiantuntijoiden kanssa. (Opetushallitus 2014, 29.)

Tilaratkaisujen suunnittelussa ja käytössä on otettava huomioon ergonomia, ekologisuus, esteettisyys, esteettömyys ja akustiset olosuhteet sekä tilojen valaistus, sisäilman laatu, viihtyisyys, järjestys ja siisteys. Suunnittelussa tulee ottaa myös huomioon se, että tila on turvallinen, terveellinen ja oppimista edistävä. (Opetushallitus 2014, 30.)

Projektilähtöinen sekä itseohjattu oppiminen ovat korostuneet yhä vallitsevammiksi oppimistyypeiksi Suomessa. Luomalla monitasoinen oppimisympäristö saadaan molemmat ehdot täytettyä. Monitasoisuudella tarkoitetaan erityyppisten opiskelijaryhmien ja yksittäisten oppilaiden vaatimuksien sekä tason vastaamista ympäristöllä. (Friman, Lehtola & Palonen 1994, 25-34.) Monitasoisuus saadaan toteutettua 3D-tulostusympäristössä erilaisia tekniikoita hyödyntämällä. Tulostustekniikoista yksinkertaisin FDM voisi toimia lähtötasona laboratorion käytössä ja SLS-tekniikka kokeneimmille käyttäjille.

Oppimisympäristönä lisäävän valmistuksen laboratorio toteuttaa toiminnallista ja itseohjautuvaa oppimisen mallia. Tilan pohjimmaisena tavoitteena on aktivoida oppilaita omatoimiseen tekemiseen ja tätä kautta oppimaan hyödyllisiä taitoja. Ympäristön muokkaus- ja laajennusmahdollisuudet tulee myös pyrkiä ottamaan huomioon. Tilaan myöhemmässä vaiheessa hankittavat uudet teknologiat ja oheislaitteet pitää saada sijoitettua järkevästi ilman että tulee ongelmia tilan ahtauden kanssa. Vapaa, tilava ja helposti muokattava tilaratkaisu helpottaa uusien investointien tekemistä.

Tilaa rakentaessa tulee ottaa huomioon Suomen lainsäädäntö ja turvallisuusasiantutijainstituuttien säädökset koulutusympäristössä. On erityisen tärkeää saada tilasta turvallinen ympäristö käyttäjän kannalta.

3.1 Oppimisalusta

Oppimisalustat toimivat suoraan opetuksen apuvälineenä ja ovat arvokas lisä modernissa opetuksessa. Ne mahdollistavat etäyhteyksien avulla vuorovaikutuksellisen oppimisen. Oppimisalusta -termillä tarkoitetaan suoraan sitä tietoteknistä osaa, joka mahdollistaa oppimisen sekä siihen liittyvät asiat. Oppimisalustojen tavoitteena on sitoa oppilaitoksen ulkopuolella tapahtuva oppiminen suoraan yhtenäiseen opetussuunnitelmaan. Ajatuksena on myös lisäksi monipuolistaa opetusta sekä hyödyntää verkon tarjoamia hyviä puolia kuten fyysisen sijainnin tuoman rajoitteen purkaminen. (Ranta 2011; Opetushallitus 2014.) Esimerkiksi Lapin AMK käyttää Moodle-oppimisalustaa sekä Adobe Connect -sovellusta etäopetuksessa.

Moodle oppimisalustana mahdollistaa oppimis- ja työskentely-ympäristöjen rakentamisen verkossa. Sovellus toimii hyvinkin moneen erilaiseen käyttötarkoitukseen sekä erilaisille käyttäjäryhmille. Alusta mahdollistaa muun muassa kurssien ja sivustojen julkaisun internetissä, erilaisten sovelluksien lisäämisen kurseille sekä materiaalien koonnin. Moodle tukee yleisimpiä tiedostoformaatteja ja omaa sisältöä voidaan lisätä HTML-editorilla. Ohjelmiston vapaa muokattavuus tekee siitä toimivan pedagogisena kokonaisuutena ja edistää näin huomattavasti opettajien sekä oppilaiden vuorovaikutusta. (Ranta 2011.)

3.2 Turvallisuus

3D-tulostimissa olevat vaarantekijät ovat laitekohtaisia ja jokaisella valmistajalla on laitekohtainen turvallisuusosio yleensä ohjekirjan yhteydessä. Käyttäjän tulee tutustua laitteen turvallisuusmääräyksiin sekä ohjeisiin ennen käytön aloitusta. Yleisesti FDM-tulostimissa vaarantekijänä on kuuma tulostuspää, joka voi aiheuttaa palovamman. VA-tekniikassa lasersäde aiheuttaa vaarantekijän käyttäjän silmille, mikäli turvallisuusohjeistusta rikotaan.

Illinoisin teknillisessä yliopistossa vuonna 2013 tehdyssä tutkimuksessa suositellaan varovaisuutta tulostustapahtuman yhteydessä irtoavien nanopartikkeleiden suhteen, mikäli erillistä ilmanpoistoa tai suodatusta ei ole. Tutkimuksessa testat-

tiin kahta kotikäyttöistä 3D-tulostinta sekä PLA- ja ABS-tulostusmateriaalia. Partikkelimäärä vaihteli $\sim 2.0 \times 10^{10}$ – $\sim 1.9 \times 10^{11}$ välillä, riippuen siitä, onko käytössä PLA vai ABS-materiaali. (Stephens, Azimi, Orch & Ramos 2013.)

Tilan yleisen järjestyksen ja siisteyden avulla saadaan ylläpidettyä kokonaisvaltaista turvallisuutta. Säännöillä ja sovituille toimintamalleilla edistetään myöskin tilan viihtyvyyttä. Esimerkiksi laitteiden johdot tulee järjestää niin, etteivät ne aiheuta kompastumisvaaraa. Tarvikkeilla ja välineillä tulee olla oma paikkansa laboratoriotilassa.

Työturvallisuuslaki toteaa fysikaalisista tekijöistä sekä sähköturvallisuudesta seuraavaa:

Työntekijän altistuminen turvallisuudelle tai terveydelle haittaa tai vaaraa aiheuttaville lämpöolosuhteille, melulle, paineelle, tärinälle, säteilylle tai muille fysikaalisille tekijöille on rajoitettava niin vähäiseksi, ettei näistä tekijöistä aiheudu haittaa tai vaaraa työntekijän turvallisuudelle tai terveydelle taikka lisääntymisterveydelle.

Sähkölaitteista, sähkön käytöstä ja staattisesta sähköstä johtuvan vaaran tulee olla mahdollisimman vähäinen. (Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738 39 §.)

Pelastuslain 17§ toteaa, että toiminnanharjoittajalla on velvollisuus huolehtia, että kiinteistö on varustettu riittävällä määrällä palovaroittimia (pelastuslaki 29.4.2011/379 17§). Laboratoriotilaan olisi myös hyvä sijoittaa alkusammutusvälineistöä, kuten palosammutin ja sammutuspeite.

Suomen rakennusmääräyskokoelma toteaa, että esteettömässä rakennuksessa käytävillä sijaitsevien ovien ja aukkojen vapaan leveyden on oltava vähintään 850 mm. Kokoelma ohjeistaa myös sen, että kulkuväylältä hallinto-, palvelu-, liike- ja työtiloihin johtavien ovien vapaan leveyden on oltava vähintään 800 mm. Kynnykset voivat olla korkeintaan 20 mm. (F1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2005, 5.)

3D-tulostuslaboratoriota suunnitellessa tulee siis muistaa lain asettamat määräykset ja suositukset. Lisäksi tilan käyttäjiä tulee opastaa laitteiden käytöstä sekä näiden mahdollisista vaaratekijöistä.

4 3D-TULOSTUSLABORATORIO

Lisäävän valmistuksen laboratorio koostuu keskitetystä tilasta, josta löytyy kaikki valmistukseen ja jälkikäsittelyyn liittyvät laitteistot, työkalut ja oheislaitteet. Toimivassa valmistustilassa on laajasti saatavilla erilaisia tekniikoita eriäviä käyttötarkoituksia varten. Lisäävän valmistuksen käytössä oleva laaja materiaalien kirjo on oiva tapa hyödyntää yksittäisten tulostimien toimintaa.

Tässä luvussa keskitytään Lapin AMK:n nykyiseen tulostustilaan sekä tulevaan Älypaja –hankkeeseen. Tarkoituksena on myös vertailla eri valmistajien tarjolla olevia 3D-tulostimia niin hinnan kuin ominaisuuksien osalta.

4.1 Lapin AMK:n tulostustila

Tällä hetkellä (syksy 2017) Lapin AMK:n 3D-tulostustila (Kuva 9) koostuu kahdesta MiniFactory Innovator ja neljästä MiniFactory 3 3D-tulostimesta sekä tietokoneesta, joka mahdollistaa Innovator-tulostimien etäkäytön. Kaikki tilassa olevat tulostimet ovat FDM/FFF-tekniikkaan perustuvia. Tilassa on myös hyllytilaa tarvikkeille, kuten varaosille ja materiaalikelloille sekä pöytiä muun muassa kappaleiden jälkikäsittelyä varten. Tulostustilana toimii tekniikan yksikön opetusluokka Beta 2045, joka on varattu ainoastaan tulostustarkoitukseen. Luokkahuoneesta on poistettu kokonaan perinteisen oppimisen välineistö, kuten kirjoituspöydät ja taulut. Tila toimii siis väliaikaisena 3D-tulostuslaboratoriona.



Kuva 9. Tulostustila

Tilaa käytetään opetustarkoituksessa lisäävän valmistuksen opettamiseen sekä kurssikohtaisesti erinäisten prototyyppien valmistamiseen. Oppilaat, jotka ovat saaneet perehdytyksen laitteiden käytöstä, voivat halutessaan tulostaa pienimuotoisia tulosteita itsenäisesti. Tulostustilan käyttö ja hyödyntäminen ovat vasta aluillaan.

Nykyisessä muodossa laboratorio on tilavuudeltaan riittävä. Tilan varustus on kuitenkin puutteellinen tulostustekniikoiden osalta. Tilasta puuttuu vesipiste ja tarpeellinen ilmanvaihto. Muun muassa SLA-tekniikan tuominen tilaan vaatisi jälkikäsittelyä ajatellen hieman lisää työtilaa sekä vesipisteen. Uuden laboratoriotilan myötä saadaan asiat korjattua kiinteistön osalta täysin. Uusiin tulostinlaitteisiin täytyy kuitenkin investoida enemmän, sillä opetuksen kannalta ei ole suotuisaa se, että käytössä on vain yksi lisäävän valmistuksen menetelmä.

Laboratoriotilassa on tulosteiden jälkikäsittelyä sekä tulostimien huoltoa varten oleellisia työkaluja. Työkalupakista löytyy muun muassa kaikki tarpeellinen niin kierteiden tekoa kuin tulosteiden isompaa jälkityöstöä ajatellen. Kemikaaleja tilasta ei löydy, mutta uutta laboratoriotilaa varten esimerkiksi asetonin hankinta jälkikäsittelyyn ei olisi huono vaihtoehto.

4.2 Integroitu tuotekehitys, Älypaja–hanke

Älykkään tuotantotekniikan oppimis- ja kehittämissympäristö Älypaja –hankkeen pohjimmaisena tavoitteena on suunnitella ja rakentaa uusi kehitysympäristö, joka vastaa vuonna 2017 käyttöön otetun konetekniikan opetussuunnitelman sisältöä. Älypajan tarkoituksena on tukea niin TKI- ja yritys yhteistyötä kuin oppilaiden itsenäistä työskentelyä ja ohjattua opetusta. Hankkeessa investoidaan ympäristön rakentamiseen, koneisiin, laitteisiin ja ohjelmistoihin.

Hanke koostuu neljästä toiminta-alueesta: automaattiset koneet (hydrauliikka, pneumatiikka ja mittaustekniikka), integroitu tuotekehitys (2D/3D CAD, PDM, ERP, AM), digitaalinen tuotanto (älykäs tuotantoympäristö) ja integraatio (tietojärjestelmiin kohdistuva työ). Integroitu tuotekehitys sisältää siis AM-tekniikat eli lisäävän valmistuksen laitteet, johon tällä työllä on tarkoitus vaikuttaa laitteistovertailun avulla. Kaikki toiminta-alueet liittyvät kuitenkin toisiinsa erittäin vahvasti ja täten kaikki hankkeen osa-alueet toteuttavat yhtä strategista tavoitetta: digitalisaatio, tuotehallinta sekä energia ja ympäristö osana luonnonvarojen älykkään käytön edistämistä.

Älypaja –hanke on tarkoitus toteuttaa Lapin AMK:n Kemin kampuksen kiinteistömuutoksien yhteydessä vuodesta 2018 eteenpäin. 3D-tulostuslaboratorion lisäksi tarkoituksena on rakentaa älykäs tuotantoympäristö, jossa erilaiset tuotannon ja käynnissäpidon järjestelmät yhdistetään perinteisiin CNC-ohjattuihin työstökoneisiin. Verkko-opetus, pilvipalvelut sekä mobiililaitteilla tapahtuva toiminta ovat myös läsnä toteutettavassa ympäristössä.

4.3 Tulostustekniikoiden vertailu

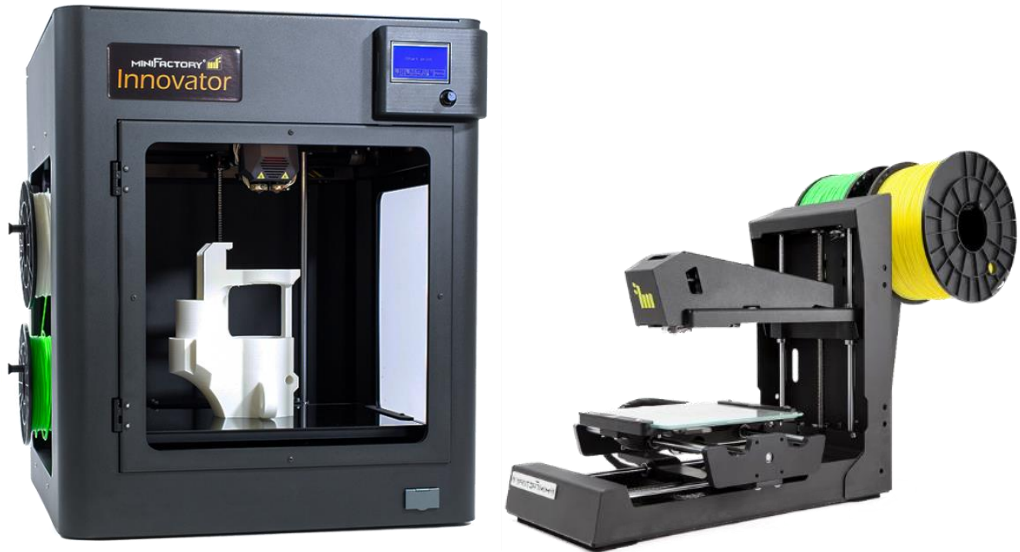
Lisäävän valmistuksen laitteita voidaan vertailla monella eri tavalla: menetelmä, materiaali, tulostustarkkuus, hinta tai jokin näiden yhdistelmistä, kuten esimerkiksi hinta-tulostustarkkuus -suhde. Yleisesti kuitenkin voidaan todeta, että mikäli halutaan tulostaa puhtaasti metallisia osia, hintaluokka laitteistoille on satoja tuhansia euroja (Locker 2017). Korkean hinnan vuoksi suorakerrostus, sideaineruiskutus ja laminointi -menetelmät on jätetty kokonaan huomioimatta.

Taulukosta 1 sekä Firpan AM-konematriisi taulukosta (Liite 2) nähdään, että tulostimien ominaisuudet sekä hinnat vaihtelevat todella laajasti. Yleisesti kuitenkin voidaan sanoa, että mitä tarkempaa ja isompaa tulostetta halutaan, sitä kalliimpi on investointi. Halvimmillaan kotikäyttöön tarkoitettu työpöytä-FFF tulostin maksaa itse koottuna 200 euroa. Hintatietoja on referoitu Firpan AM-konematriisista sekä Aniwaan sivustolta (Aniwaan 2017), mikäli valmistajan omilla sivuilla ei hintoja ole ollut saatavilla.

Taulukko 1. 3D-tulostintekniikoiden vertailu

	<i>FFF, FDM</i>	<i>SLA</i>	<i>SLS</i>	<i>Suihkutus</i>
<i>Materiaalit</i>	ABS, PLA, yms filamenttikelat	Nestemäinen polymeeri	Jauhe	Valmistajien omat polymeerit
<i>Kerrospaksuus</i>	0.02 - 0.3 mm	0.001 - 0.3 mm	0.002 - 0.08 mm	0.006 - 0.3 mm
<i>Hintahaarukka</i>	100 - 250 t €	300 - 250 t €	5 t - 250 t €	15 t - 250 t €
<i>valmistustilavuus</i>	195x215x200 - 6000x6000x12000 mm	76x42x100 - 300x300x300 mm	70x70x80 - 380x330x457 mm	160x65x65 - 4000x2000x1000 mm

Minifactory Innovator L sekä Minifactory 3 (Kuva 10) ovat FDM tekniikkaan perustuvia tulostimia. Lapin AMK on jo hankkinut kyseisiä tulostimia kaksi ja neljä kappaletta. Tulostimet maksavat 7 200 ja 1 545 euroa kappaleelta (ilman ALV:tä). Innovator-tulostin on rakenteeltaan suljettu ja sisältää ilmansuodattimet. Minifactory 3 –mallit ovat täysin avoimia. Molemmissa malleissa on lämmitetty tulostuspeti ja kaksi tulostuspäätä.



Kuva 10. Minifactory Innovator ja 3 –mallit (Minifactory 2017)

Minifactory on tuomassa markkinoille täysin uutta Innovator 2 –mallia (Kuva 11), joka on suunniteltu PEEK eli polyeetterieetteriketoni –materiaalia varten. PEEK on ominaisuuksiltaan tarkoitettu vaativiin käyttökohteisiin. Se säilyttää mekaanisen lujuutensa myös korkeissa lämpötiloissa ja on yleisesti hyvä kestäämään kemikaaleja. Hyvät mekaaniset ominaisuudet kuitenkin johtavat materiaalin korkeaan hintaan. Tulostin on rakenteeltaan suljettu ja siinä on aktiivisesti lämmitetty tulostustila lämmitetyn alustan ja suuttimen lisäksi, jotta materiaalin tulostus onnistuisi paremmin. Hintaa tulostimelle ei ole vielä julkaistu, mutta hinta on huomattavasti perustulostimia kalliimpi. (Minifactory 2017.)



Kuva 11. Minifactory Innovator 2

Formlabs Form 2 –tulostin (Kuva 12) SLA tekniikalla maksaa pakettina 3992 euroa (sisältäen ALV), Formlabs wash -pesuysikkö 604 euroa ja Cure -UV kovettaja maksaa 845 euroa. Laitteistopakettin hinta yhteensä on siis 5 442 euroa. Kirkas tulostusneste maksaa noin 135 euroa litralta. (Formlabs 2017.)



Kuva 12. Formlabs Form 2 (Formlabs 2017)

3D Systems ProJet 1200 (Kuva 13) on SLA tekniikalla toimiva tulostin, joka maksaa 4 200 euroa (ilman ALV:tä). Tulostimen maksimitulostustilavuus on 43x27x150 mm, tulostustarkkuus 0,056 mm, kerrospaksuus 0,03 mm. Tulostin käyttää 3D Systemsin omia valokovettuvia nestemäisiä hartseja. (Aniwa 2017.)



Kuva 13. 3D Systems ProJet 1200 (Aniwa 2017)

Puolalaisen Sinteritin Lisa SLS-tulostin (Kuva 14) maksaa 5 000 euroa (ilman ALV:tä). Tulostimen saa hankittua valmistajalta 7 000 euron pakettihintaan. Kaiken kaikkeaan pakettiin kuuluu itse tulostinyksikkö, hiekkapuhallin, jauheen suodatuslaitteisto sekä 6 kiloa raaka-ainetta. (Sinterit 2017.)

Lisa-tulostin käyttää raaka-aineena PA12- ja Flexa Black -jauhetta. Laitteisto toimii ainoastaan Sinterit:in omilla materiaaleilla. Suurin mahdollinen tulostuskoko on 150x200x150 mm, minimikerrospaksuus 0.08 mm ja tulostustarkkuus 0.1 mm. Raaka-aine PA12 maksaa erikseen ostettuna 110 euroa/kilo ja joustava Flexa Black 130 euroa/kilo. (Sinterit 2017.)



Kuva 14. Sinterit Lisa (Sinterit 2017)

Sintratec on tuonut markkinoille S1 ja Kit SLS-tulostimet (Kuva 15), joista Kit on itse koottava malli. Kit tulostin maksaa 5 000 euroa ja S1 Aniwaan mukaan 5 000 – 10 000 euroa (ilman ALV:tä) (Aniwa 2017). Tarkempaa hintatietoa ei S1 tulostimesta löydy. Tulostimien suurimmat mahdolliset tulostuskoot ovat 110x110x110 mm (Kit) ja 130x130x180 mm (S1). Molemmat tulostimet käyttävät PA12 raaka-ainetta. (Sintratec 2017.)



Kuva 15. Sintratec S1 ja Sintratec Kit (Sintratec 2017)

Formlabs Fuse 1 -SLS pohjainen jauhetulostin (Kuva 16) maksaa kokonaisuutena 24 200 euroa (ALV osuutta ei tiedossa), mikäli ostaja maksaa 1000 euron ennakkomaksun. Pakettiin kuuluu Fuse 1 –tulostin, jälkikäsitteily-yksikkö sekä huolto-ohjelma. Tulostin käyttää Nylon 12 -materiaalia. Tulostimesta saatavat tiedot ovat erittäin niukkoja, sillä yksiköiden virallinen myynti alkaa vasta keväällä 2018. Mikäli ennakkomaksun tekee heti, saa beta-yksikön jo 2017 vuoden lopulla. (Formlabs 2017.)



Kuva 16. Formlabs Fuse 1 (Formlabs 2017)

SLS- ja SLA -tulostimia hankkiessa täytyy ottaa huomioon jauheen sekä nesteen hankala käsiteltävyys. Tekniikoiden toiminnan perehdytykseen tulee panostaa opetusvaiheessa, ja käytössä on oltava turvallinen toimintamalli raaka-aineiden käsittelyn osalta. Tarvittavia välineitä, kuten esimerkiksi kumihanskoja sekä hengityssuojaimia täytyy olla saatavilla. Lisäksi SLS -tulostimet tarvitsevat mahdollisesti toimiakseen myös laitteiston, jolla sekoittaa jauheet, sekä tarkoitukseen soveltuvan imurin siivousta ajatellen. Käytettyjen materiaalien hävittämiseen tai kierrättämiseen tulee olla myös tarvittava ohjeistus.

Stratasys Objet24 materiaalisuihkutustulostin (Kuva 17) maksaa noin 15 000 euroa. Valmiin paketin yhteishinta on noin 25 000 – 50 000 euroa (ilman ALV:tä). Laitteiston hinta riippuu pitkälti valinnaisista lisälaitteistoista. (Aniwa 2017.)



Kuva 17. Stratasys objet24 (Stratasys 2017a)

Stratasys objet24 -tulostimen valmistustila on 234x192x148.6 mm. Laite painaa 93 kg. Kerrospaksuus on jopa 28 mikrometriä. Tulostustarkkuus on 0,1 mm, mutta vaihtelee kuitenkin geometrian, kappalekoon, suuntauksen, materiaalin ja jälkikäsittelyiden mukaan. Rakennusresoluutio on 600 dpi x- ja y-akselilla sekä

900 dpi z-akselilla. Tulostin käyttää Stratasyksen omaa "VeroWhitePlus" materiaalia, joka antaa jäykän ja läpinäkyvämmän valkoisen tulosteen. Laitteeseen ei käy muut raaka-aineet. (Stratasys 2017a.)

Stratasys Objet30 prime materiaalisuihkutustulostin (Kuva 18) maksaa noin 40 000 euroa. Koulutuskäyttöön tarkoitettu paketti maksaa noin 55 000 euroa (ilman ALV:tä). (Aniwaa 2017).



Kuva 18. Stratasys objet30 Prime (Stratasys 2017b)

Objet30 prime -tulostimen valmistustila on 294x192x148.6 mm. Laite painaa 106 kg. Kerrospaksuus on 16 – 28 mikrometriä. Tulostustarkkuus on 0,1 mm mutta vaihtelee kuitenkin geometrian, kappalekoon, suuntauksen, materiaalin ja jälkikäsittelyiden mukaan. Rakennusresoluutio on 600 dpi x- ja y-akselilla sekä 1600 dpi z-akselilla. Objet30 prime käyttää Stratasyksen omia materiaaleja, kuten läpinäkyvää Vero -sarjaa, läpinäkyvää VeroClear -sarjaa, korkean lämpötilan RGD525:tä, simuloitua polypropyleenimateriaalia RGD450 ja RGD430, kumiasta Tango -sarjaa sekä bio-yhteensopivaa MED610, joka on tarkoitettu lääketieteen prototyyppeihin. (Stratasys 2017b.)

Taulukko 2. Tekniikoiden valmistajat ja materiaalit (3D Hubs 2017) (suomen-
nettu)

<i>Teknologia</i>	<i>Valmistajat</i>	<i>Materiaalit</i>
<i>SLA</i>	Formlabs, 3D Systems, DWS	Standardi, kova, joustava, läpikuultava & valuharts
<i>DLP</i>	B9 Creator, MoonRay	Standardi & valuharts
<i>CDLP</i>	Carbon3D, EnvisionTEC	Standardi, kova, joustava, läpikuultava & valuharts
<i>SLS</i>	EOS, Stratasys	Nylon, alumiini, kuituvahvistettu nylon, PEEK, TPU
<i>SLM/DMLS</i>	EOS, 3D Systems, Sinterit	Alumiini, titaani, ruostumaton teräs, nikkelseokset, cobalt-chrome
<i>EBM</i>	Arcam	Titanium, koboltti-kromi
<i>MJF</i>	HP	PA12, Nylon
<i>FDM</i>	Stratasys, Ultimaker, MakerBot, Markforged	ABS, PLA, Nylon, PC, kuituvahvistettu Nylon, ULTEM, eksoottiset filamentit (puu-, metallifilamentti jne.)
<i>Material jetting</i>	Stratasys (Polyjet), 3D Systems (MultiJet)	Jäykkä, läpikuultava, moniväri, kumimainen, ABS-tyyppinen Monimateriaali- ja moniväritulostus
<i>NPJ</i>	Xjet	Ruostumaton teräs, keraamit
<i>DOD</i>	SolidScape	Vaha
<i>Binder jetting</i>	3D Systems, Voxeljet	Silica (pioksidi), PMMA, kipsi
	ExOne	Ruostumaton teräs, keraamit, koboltti-kromi, volframi-karbidi
<i>LENS</i>	Optomec	Titaani, ruostumaton teräs, alumiini, kupari, työkaluteräs
<i>EBAM</i>	Sciaky Inc	Titaani, ruostumaton teräs, alumiini, nikkeli-kupari, 4340-teräs

Taulukkoon 2 on koottu 3D-tulostustekniikoita, niihin sovellettavat materiaalit sekä yleisesti tunnetuimmat valmistajat kyseisestä valmistusprosessista. Taulukossa 3 on listattuna 3D-tulostimia tulostustarkkuuden, tilan, materiaalien ja hinnan mukaan.

Taulukko 3. Valmistajat, mallit ja hinnat

<i>Valmis- taja</i>	<i>Malli</i>	<i>Tek- niikka</i>	<i>Tark- kuus [mm]</i>	<i>Tulostustila [mm]</i>	<i>Materiaalit</i>	<i>Hinta € sis.ALV</i>
<i>Minifac- tory</i>	3	FDM	0.1 - 0.4	150x150x150	LA, ABS, Nylon, HDPE, PVA, Laywood, T- Glase, TPE, Laybrick, Hips Dendlay, jne	1 916
<i>Minifac- tory</i>	Inno- vator M	FDM	0.02- 0.4	295x260x305	PLA, ABS, HIPS, Nylon, Polycar- bonate, PEEK	6 572
<i>Minifac- tory</i>	Inno- vator L	FDM	0.02- 0.4	330x260x305	PLA, ABS, HIPS, Nylon, Polycar- bonate, PEEK	8 928
<i>Stratasys</i>	Ob- jet24	MJ	0.1	234x192x148.6	VeroWhitePlus (polypropyleeni)	18 600
<i>Stratasys</i>	Ob- jet30	MJ	0.1	294x192x148.6	Vero-perhe (poly- propyleeni)	37 200
<i>Stratasys</i>	Ob- jet30 Prime	MJ	0.1	294x192x148.6	Vero-perhe (poly- propyleeni), ku- mimaiset materi- aalit, bio-yhteen- sopivat	49 600
<i>3D Sys- tems</i>	ProJet 1200	SLA	0.056	43x27x150	VisiJet FTX Mic- roSLA	5 500
<i>Formlabs</i>	Form 2	SLA	0.025	145x145x175	Metyylimetakry- laatti pohjaiset valokovettuvat nestemäiset hart- sit	4 000
<i>Formlabs</i>	Fuse 1	SLS	0.1	165x165x320	Nylon 11 ja Nylon 12	13 000
<i>Sinterit</i>	Lisa	SLS	0.075 - 0.175	150x200x150	PA12, Flexa Black (kumimai- nen)	6 200
<i>Sintratec</i>	Kit	SLS	0.1	110x110x110	PA12	6 200
<i>Sintratec</i>	S1	SLS	0.1	130x130x180	PA12	6 200 - 12 400

5 MODERNI 3D-TULOSTUSLABORATORIO

Modernin laboratoriotilan suunnittelu lähtee liikkeelle ajatuksesta siitä, miten hyödyntää uusimpia sovelluksia ja tekniikoita tilan käytössä. Tarkoituksena ei ole kuitenkaan vaikeuttaa yksinkertaisten asioiden suorittamista liiallisella teknologia-kerroksella, vaan yksinkertaistaa ja helpottaa toimintaa. Lapin AMK:lla on käytössä yhden tunnuksen politiikka, mikä täytyy ottaa huomioon toteuttaessa sähköisiä palveluita. Yhden tunnuksen politiikalla tarkoitetaan sitä, että opiskelijalla on koko koulutuksensa ajan yksi ja sama tunnus käytössä, joka käy jokaiseen Lapin AMK:n tarjoamaan sähköiseen palveluun. Tämän politiikan myötä jokainen sähköinen sovellutus on mietittävä integroitumisen kannalta jo olemassa olevaan opiskelijatunnukseen.

Tässä luvussa keskitytään siihen, minkälaisia laitehankintoja voitaisiin suorittaa kohtuullisella budjetilla, minkälainen tilan pohjapiirustus voisi olla ja mitä vaatimuksia sille on sekä miten tilan hyödyntäminen toimisi käytännössä.

5.1 Vaatimuksia tilalle

Laboratorion toiminnallisuus ja käyttökelpoisuus on sidoksissa suoraan yleiseen viihtyvyyteen. Tilassa olevien laitteiden, kalusteiden sekä varusteiden on palveltava suoraan lisäävää valmistusta. Esineet, jotka eivät tue laboratorion toimintaa vievät vain turhaa tilaa ja on täten poistettava tilasta.

Tulostustoiminnassa syntyvälle muovijätteelle olisi järkevää järjestää kierrätysprosessi. Mahdollisuutena olisi ostaa tai valmistaa projektityönä laite, jolla pystytään valmistamaan käytetystä muovista filamenttilankaa. Vähintään on kuitenkin järjestettävä ja ohjeistettava tilan käyttäjiä jätteen hävittämisestä oikeanlaisiin jäteastioihin.

Tilassa tulee taata riittävä ilmanvaihto, jotta pienetkin partikkelimäärät tulostimista saadaan siirrettyä ulos huoneesta. Suodatetut ja suljetut tulostinkaapit eivät aiheuta niinkään huolta ilmanpuhtauteen, mutta avoimet tulostimet olisi tarpeellista huputtaa kohdennetulla ilmanpoistolla. Huppuja käyttäessä tulee muistaa ilmapirran viilentävä vaikutus tulostuskappaleeseen, joka mahdollisesti aiheuttaa kappaleen irtoamisen tulostusalustasta suuren lämpögradientin ansiosta.

Tilassa olisi hyvä olla mahdollisimman tilava pesuallas, jotta mahdolliset pesuoperaatiot onnistuisivat joutuisasti. Esimerkiksi FDM tulostimien lasialustat on syytä välillä pestä huolellisesti, jotta kappaleen tarttumisen alustaan ei esty tulosjäänteistä johtuen.

3D-tulostimien tulostustarkkuus kärsii todella paljon, mikäli tulostinta ei ole asetettu tukevalle alustalle. Alustan värähtelyt näkyvät todella helposti ja selvästi FDM-menetelmällä tulostetuissa kappaleissa. Erityistä huomiota tulee kiinnittää tähän ongelmaan, mikäli samalle pöydälle asetetaan useampi tulostin. Täten uuden laboratoriotilan myötä tulee panostaa laadukkaisiin ja tukeviin kalusteisiin. Jälkikäsitteilyä ajatellen esimerkiksi korkeussäädettävät työpöydät olisivat sopivia ergonomian kannalta.

Raaka-aineiden sekä työkalujen säilömiseen on oltava tarpeeksi tilaa. Materiaalien säilytyksessä olisi hyvä olla ovilla suljettava kaappi, jotta UV-säteilyn sekä lämpötilojen vaihtelun vaikutus saataisiin eliminoitua. Työkaluille sekä muille varusteille sopivat mainiosti avohyllyt.

Tilan turvallisuuteen on myös panostettava. Tilassa täytyy olla alkusammutusvälineistöä, kuten palosammutin ja sammutuspeite. Ensiapupakkaus olisi myös hyvä olla helposti saatavilla pieniä ruhjeita ja haavoja ajatellen. 3D-tulostuslaitteiden paloriski on erittäin pieni mutta on järkevää varautua aina pahimpaan mahdolliseen.

5.2 Tärkeimmät vaatimukset

Laboratoriota rakentaessa voidaan käyttää seuraavaa luetteloä muistilistana siitä, että tilassa on tarvittavat asiat. Lista toimii edellisen luvun tiivistelmänä.

- Alkusammutusvälineistö (palosammutin ja sammutuspeite)
- Ensiapupakkaus / kiinteä ensiapupiste (laastarit, siteet, silmänhuuhtelupullo yms.)
- Materiaalien säilöntään sopivat suljettavat kaapit
- Hyllytilaa varaosille, työkaluille, yms.
- Mahdollisimman tilava pesuallas
- Riittävä ilmanvaihto tilalle, kohdepoisto tai erillinen huone avoimille tulostimille
- Tilavat ja tukevat työtasot/pöydät
- Tukevat pöydät/jalustat 3D-tulostimille
- Kierrätys- ja jäteasiat muoville (tarkastettava materiaalikohtaisesti kierrätysmahdollisuus)

5.3 Laitteistot

Laitteistohankintoja voidaan lähteä tekemään painottamalla eri ominaisuuksia ja tekniikoita, mutta tärkeintä on kuitenkin ottaa huomioon laitteistojen hankintahinta kokonaisuudessaan sekä se, mitä uutta laitteet tuovat laboratorioon. Taulukossa 4 ja 5 ovat listattuna malliostolistat tulostimista, jotka tuovat uusia ominaisuuksia sekä materiaaleja tilaan.

Ensimmäinen ostoskori sisältää taulukon 4 mukaiset laitteet. Tulostimien valitseminen listaan on perusteltu täysin tulostimien mahdollistavien ominaisuuksien myötä. Formlabs Form 2 ja Fuse 1 tuovat täysin uutena SLA- sekä SLS-tekniikan tulostuslaboratorioon. Fuse 1 mahdollistaa Nylon materiaalilla tulostamisen ja Sinterit Lisa –tulostin mahdollistaa PA12 materiaalin käytön. Stratasys Objet30 Prime tuo tilaan MJ-tekniikan ja mahdollistaa yli 8 eri materiaalin käytön ja täten on hyvä valinta laboratorioon korkeasta hinnasta huolimatta.

Taulukko 4. Ostoslista 1

<i>Valmistaja</i>	<i>Malli</i>	<i>Tekniikka</i>	<i>Hinta €</i>	<i>kpl</i>	<i>Hinta yht. € sis ALV</i>
<i>Formlabs</i>	Form 2	SLA	5 500	1	5 500
<i>Formlabs</i>	Fuse 1	SLS	15 000	1	25 000
<i>Sinterit</i>	Lisa	SLS	7 000	1	6 200
<i>Stratasys</i>	Objet30 Prime	MJ	50 000	1	50 000
					86 700

Taulukossa 4 on otettu huomioon se, että Lapin AMK:lla on hallussaan tekniikan yksikössä 2 MiniFactory Innovator ja 4 MiniFactory 3 FDM-tulostinta. Enempää FDM/FFF pohjaisia tulostimia ei välttämättä tarvitse hankkia, sillä lukumäärältään ne tyydyttävät jo tekniikan opetuksen käytön. Mikäli on tarpeellista hankkia lisää FDM-tulostimia, taulukon 5 ostoslista 2 voisi olla parempi vaihtoehto.

Taulukko 5. Ostoslista 2

<i>Valmistaja</i>	<i>Malli</i>	<i>Tekniikka</i>	<i>Hinta</i>	<i>kpl</i>	<i>Hinta yht. € sis ALV</i>
<i>Minifactory</i>	Innovator L	FDM	8 900	2	17 800
<i>Formlabs</i>	Form 2	SLA	5 000	1	5 500
<i>Formlabs</i>	Fuse 1	SLS	25 000	1	25 000
<i>Sinterit</i>	Lisa	SLS	7 000	1	6 200
					54 500

Ostoslista 2 on hieman edullisempi investoinnin kannalta, mikä jättää muille hankinnoille hieman enemmän valinnanvaraa. Esimerkiksi 3D-skannauslaitteistojen sekä erilaisten hyödyllisten sovelluksien hankintaan menee huomattava summa, mikäli hyödyllisiä ominaisuuksia halutaan hankkia useampia samassa paketissa.

Mikäli otetaan huomioon kustannuksissa jo aiemmin hankitut Innovator sekä Educator tulostimet, Form 2 sekä Fuse 1 –tulostimien hankinta laboratorioon kustantaisi kokonaisuudessaan noin 30 000 euroa. Kyseiset lisäävän valmistuksen laitteistot lisääisivät huomattavasti laboratoriotilan tekniikoiden erilaisuutta sekä toisivat uusia mahdollisuuksia niin opetuksen kuin valmistuksen osalta.

Hankintalistaan voitaisiin lisätä myös Stratasys Objet24 materiaalisuihkutustulostin. Hintaa laitteistopakettilla on 15 300 euroa. Kyseinen laite toisi tilaan uuden

tulostusmenetelmän mutta kyseinen malli ei ominaisuuksiltaan niinkään toisi mitään uutta. Laitteistolla voidaan demonstroida tekniikan toimintaa ja sen mahdollisia ominaisuuksia mutta käytössä olisi ainoastaan yksi tulostusmateriaali. Objet30 Prime –laitteisto toisi kuitenkin runsaasti enemmän tulostusmateriaaleja ja näin toimisi parempana vaihtoehtona. Huonona puolena kuitenkin Objet30 prime:ssä on sen suuri hinta: 50 000 euroa.

Tilassa olisi järkevää olla tietokone, joka toimii normaalisti Lapin AMK:n opiskelija- sekä opettajatunnuksilla. Tietokoneella opiskelija voi tarvittaessa käyttää tulostimien toimintaa edistäviä ohjelmistoja, kuten esimerkiksi viipalointiohjelmia sekä CAD-ohjelmia. Laboratoriossa tulee olla myös tietokone, jolla hallinnoidaan niin etäkäytettäviä FDM-tulostimia kuin ainoastaan paikallisesti toimivia tulostimia. Kyseisellä tietokoneella ei Lapin AMK:n tunnuksia voida oikeastaan käyttää, ellei tietokoneelle luoda omaa 3D-tulostusprofiilia, jota kaikki yhteisesti käyttävät. Muiden kuin FDM tulostimien toimintaa etähallintaohjelmiston kanssa ei voida taata. Esimerkiksi Formlabsin Form 2 –tulostin ei ole yhteensopiva Repetier-Server ohjelmiston kanssa vaan käyttää omaa tietokoneohjelmistoa tiedostojen siirtoon. Uusia laitteistoja muutenkin hankkiessa tulisi tutkia niiden vaatimat tietotekniset ratkaisut ja varmistaa toimivuus jo hankittujen laitteistojen kanssa.

5.4 Tilan hahmotelma

Uutta tilaa suunnitellessa tulee pyrkiä lopputulokseen, joka on siisti, miellyttävä, viihtyisä, helposti lähestyttävä sekä jouhevasti toimiva. Järjestyksen tilassa tulee olla siisti ja tilava, tämä takaa niin turvallisuuden kuin helpon siistinä pidon. Viihtyvyyttä lisää huomattavasti myös tilan valoisuus sekä persoonallisuus. Lisäämällä seinille esimerkiksi tekniikkaan sekä lisäävään valmistukseen liittyviä postereita saadaan tylsät valkoiset seinät piiloon ja näin luotua miellyttävämpi ympäristö. Mahdollisuutena olisi myös uutta tilaa rakentaessa käyttää lasiovia läpinäkyvyyden ja avoimuuden luomisessa. Kiinteistön rakenteet huomioon ottaen, olisi myös mahdollista valmistaa jokin seinä täysin lasista modernin ilmeen luomiseksi.



Kuva 19. Pohjapiirros 1

Kuvan 19 pohjapiirros toimii minimalistisena esimerkkinä siitä, minkälainen tuloslaboratorio voisi olla. Tilan seinustalta löytyy laitteistoille leveät työpöydät sekä tarvittavat hyllyt raaka-aineiden sekä työkalujen säilömiseen. Tilan sivustalta löytyy kaksi pöytää kappaleiden jälkikäsittelyä varten sekä iso pesuallas näiden läheisyydessä. Tila on noin 60 neliömetriä ja siihen saataisiin mahtumaan niin olemassa olevat tulostimet kuin kolme uutta 3D-tulostinta.

Kuvan 19 osanumeroinnit tarkoittavat seuraavaa:

1. Minifactory 3 x4
2. Formlabs Form 2
3. Tietokone
4. Avohylly x2

5. Kaappi raaka-aineille x2
6. Minifactory Innovator x2
7. Sinterit Lisa
8. Formlabs Fuse 1
9. Pesuallas

Mikäli jauhetta käyttäviä SLS-tulostimia hankitaan, olisi järkevä luoda kaksiosainen tulostuslaboratorio. Eristämällä SLS-tulostimet omaan pienimuotoiseen tulostushuoneeseen saadaan kohdennettu ilmanpoisto tehokkaammin rakennettua. Myös jauhetta käsitellessä vältytään koko tulostustilan siivouksen tarpeelta eristämällä toiminta suljettuun tilaan. Avoimet FDM-tulostimet olisi myös järkevä sijoittaa erilliseen tulostustilaan, jossa kohdeilmanpoisto on tehostettu. Mikäli erillistä tulostushuonetta ei ole mahdollista rakentaa, täytyisi avoimille FDM-tulostimille rakentaa kohdepoisto, jolla ilmanvaihto suoritetaan. Kohdepoistoon voidaan käyttää esimerkiksi Nederman FX2 -pienkohdepoistolaitetta (Kuva 20). Tuote on tarkoitettu ensisijaisesti hitsauskaasujen poistoon, mutta toimii myös avoimien 3D-tulostimien kohdepoistoon. Markkinoilla on myös pienempiä yksiköitä kohdepoistoa ajatellen. Mahdollisuutena olisi asentaa taittuvalla imuvarrella varustettuja kohdepoistoletkuja jokaiselle avoimelle 3D-tulostimelle.



Kuva 20. Nederman FX2 Original (Nederman 2017)

Kuvan 21 pohjapiirros toimisi joustavampana ja vapaampana laboratoriotilana. Pohjaratkaisussa on otettu huomioon erillinen pieni tulostushuone, jossa jauhepohjaisten tulosteiden valmistus voidaan suorittaa. Jälkikäsittelyyn on varattu huomattavasti enemmän tilaa sekä vesipisteitä on yhteensä kaksi kappaletta. Hyllytilaa on runsaasti välineille sekä raaka-aineille. Tietokoneita on kaksi kappaletta, joista toinen on varattu kokonaan tulostimien käyttöä varten ja toinen vapaaseen käyttöön. Ideana on, että Repetier-Server -ohjelmisto hoitaa keskitetysti kaikki tulostimet, joita ohjelmisto tukee luotettavasti. Tilasta löytyy myös sohva, joka on luomassa miellyttävämpää ja avoimempaa ympäristöä käyttäjä. Tilan pinta-ala on yhteensä noin 74 neliömetriä.



Kuva 21. Pohjapiirros 2

Kuvan 21 osanumeroinnit tarkoittavat seuraavaa:

1. Formlabs Form 2
2. Minifactory 3 x4

3. Tietokone
4. Minifactory Innovator x2
5. Hiekkapuhalluslaite
6. Pesuallas
7. Sinterit Lisa
8. Formlabs Fuse 1
9. Kaappi x4

5.5 Kulunvalvonta, ajanvaraus sekä muut asiat

Laboratorion itsenäinen käyttäminen vaatii kulunvalvonnan järjestelemistä. Mikäli ovien avaaminen olisi opettajien vastuulla, laboratorion käyttäminen ei olisi joustavaa. Erillinen kulunvalvonta mahdollistaisi myös laboratoriotilan käyttämisen esimerkiksi konetekniikan kerhotoiminnassa.

Modernilla kulunvalvontajärjestelmällä, kuten henkilökohtaisella kulkukortilla, on lukuisia hyviä puolia. Tilankäyttö saadaan rajoitettua ainoastaan henkilöille, jotka ovat saaneet perehdytyksen tilan käytöstä. Sähköisellä tunnisteella varustettu kulkukortti mahdollistaa laboratoriotilan käyttäjän tunnistamisen lokitiedoista tilan väärinkäytön tapahtuessa. Kulkukortin hukkuessa voidaan se mitätöidä sähköisesti eikä mekaanisia lukkoja tarvitse erikseen sarjoittaa.

Ajanvaraus laboratorion tulostimille on integroitu Lapin AMK:n käytössä olevaan Office 365 -ohjelmistoon. Innovator-tulostimille on jo luotu omat kalenterit ja käyttäjät voivat käydä varaamassa tulostimet itselleen tarvittavaksi ajaksi. Tulevaisuudessa hankittavat uudet tulostimet on tarkoitus kytkeä samaan ajanvarausjärjestelmään.

Tilaan olisi myös järkevää suunnitella raaka-aineiden, varaosien ja välineiden osalta yksinkertainen varastohallintajärjestelmä. Ratkaisuna voisi olla yksinkertaisimmillaan yhteisesti tilan käyttäjien kesken ylläpidetty Excel-taulukko, josta nähdään, mikä on materiaalien tilanne. Mahdollisuutena olisi myös käyttää jotain kaupallista sovellusta inventaarion osalta. Järjestelmää voidaan myös demonstroida opetuskäytössä varastohallinnan käytännön esimerkkinä.

Tulosteiden etävalvonnan osalta olisi hyvä saada kytkettyä jokainen tulostin yhtenäiseen etävalvontajärjestelmään. Kaikkia tulostimia ei voida kytkeä yhteiseen etäkäytön järjestelmään, mutta mahdollisuutena olisi kuitenkin käyttää esimerkiksi pienikokoisia verkkokameroita jokaisen tulostimen sisällä tapahtuvan monitorointiin. Tämä vaatisi jokaiselle tulostimelle jonkinlaisen kameratelineen rakentamista esimerkiksi 3D-tulostamalla ja yhdistämällä verkkokamerat samaan järjestelmään. Etävalvonnalla tarkoitetaan siis ainoastaan videomonitorointia ja etäkäytöllä ohjelmistokohtaista tulostimen hallintaa.

6 LABORATORION ETÄKÄYTTÖ

Lapin AMK:n etätulostus pohjautuu Repetier-Server -ohjelmistoon, joka asennettiin keväällä 2017. Ohjelmiston käyttöönotto tehtiin oppilasprojektina. Tietoturvalisuudesta sekä yhteysasetuksista vastasi ja vastaa edelleen Lapin AMK:n IT-palvelut.

Repetier-Server ohjelmisto toimii ainoastaan Repetier-Firmware, Marlin sekä SmoothieWare –pohjaisilla tulostimilla. Yleisesti nämä laiteohjelmat ovat käytössä FFF–tulostimilla. Ohjelmisto ei siis tue esimerkiksi Formlabs:n ja Stratasys tulostimia.

6.1 Etäkäytön mahdollisuudet

Järjestelmä mahdollistaa etämonitoroinnin ja ohjauksen FFF-tulostimille reaaliajassa verkkoselaimella internetin välityksellä sijaintiin katsomatta. Suurin käytännön hyöty tästä on turvallisuuden lisääntyminen ja käytön helppous. Tulostuksen ollessa käynnissä, videokuvaa seurattaessa, nähdään aina mitä tulostimessa tapahtuu. Vaikka tulostimen käyttäjä ei olisi samassa tilassa tapahtuman aikana, virheen sattuessa tulostus saadaan keskeytettyä. Tulostettaessa tapahtuvan mahdollisen virheen vaarallisuus on kuitenkin lähes olematon. Tulostuksen pysäyttämällä saadaan säästettyä tulostuslankaa, joka mitätöi taloudellisen vahingon (Kuva 22).

Etäkäyttö mahdollistaa myös tulostuksen aloittamisen etänä, poistaen kokonaan tarpeen siirtää gcode-tiedostoja muistitikulla tulostimelle. Ohjelmisto mahdollistaa myös tiedostojen säilyttämisen serverin muistissa myöhempää käyttöä varten. Tiedostot voidaan halutessa ryhmitellä omiin kansioihin. Jokaiselle tulostinta käyttävälle voidaan luoda oma kansio, johon käyttäjä saa ladattua omat tulostustiedostot talteen.

Ohjelmistosta nähdään myös tulostimien historiatiedot tulosteiden osalta: milloin, mitä ja kuka on tulostanut. Järjestelmä kirjaa myös lokitiedostoon tulostimen ja tietokoneen välisen kommunikaation tarvittaessa.



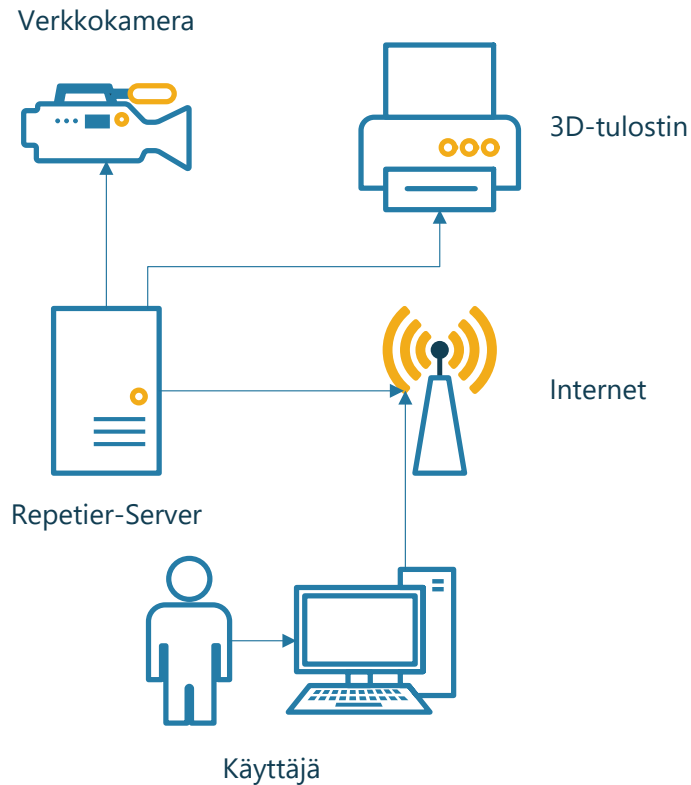
Kuva 22. Tulostuksen virhe (Kahl 2013)

Tulostuksen valmistuessa käyttäjä voi internetin välityksellä katkaista virrat tulostimesta käyttäen etäohjattavaa pistorasiaa. Tämä pienentää sähkönkulutusta sekä eliminoi riskit, jotka valvomatta päälle jätetty tulostin aiheuttaisi.

Ohjelmisto mahdollistaa aikaviivevideoiden tekemisen. Toiminto mahdollistaa esimerkiksi 12 tunnin tulostuksen taltioinnin kaksi minuuttia kestävään videoon. Videoita voidaan käyttää opetuksen yhteydessä visualisoimaan sen, miltä jonkin osan tulostusprosessi on näyttänyt. Videoita voidaan myös käyttää kappaleeseen syntyneiden virheiden aloituskohtien etsintään.

6.2 Lapin AMK:n etäjärjestelmä

Järjestelmä on rakennettu Repetier-Server -ohjelmaa käyttäen. Tulostuslaboratoriossa sijaitsee Windows-pohjainen serveritietokone, joka toimii monitoroinnin sekä etäohjauksen keskuksena. Etäohjattavat tulostimet sekä valvontaa hoitavat verkkokamerat on kytketty USB-kaapeleilla tietokoneeseen. Käyttäjä voi halutessaan ottaa etänä yhteyden internetin välityksellä ohjelmistoon, jonka avulla tulostus ja/tai valvonta toteutetaan (Kuvio 2). Asennettu ohjelmisto poistaa tarpeen käyttää muistitikkuja Innovator-tulostimien kanssa, mutta ei poista ominaisuutta käytöstä, mikäli sitä tarvitaan.



Kuvio 2. Järjestelmän toiminta

Ohjelmisto mahdollistaa useamman tulostimen yhtäaikaisen etäohjaamisen sekä videomonitoroinnin. Ohjelmistoon voidaan liittää myös tulevaisuudessa hankittavat FFF 3D-tulostimet ja oheislaitteet. Ainoat rajoitteet tulostimia lisätessä ovat USB-kaapelien maksimipituus sekä tietokoneessa oleva porttien määrä. Mahdollista on myös yhdistää 3D-tulostimet USB-porttikeskittimeen, joka poistaa luokkatilasta tietokoneen tarpeen, lisäten tietoturvaa ja vähentäen tilan tarvetta. Porttikeskittintä käyttäessä oletus olisi, että ohjelmisto on asennettuna palvelimelle, joka on IT-palveluiden hallinnassa fyysisesti jossain muussa tilassa.

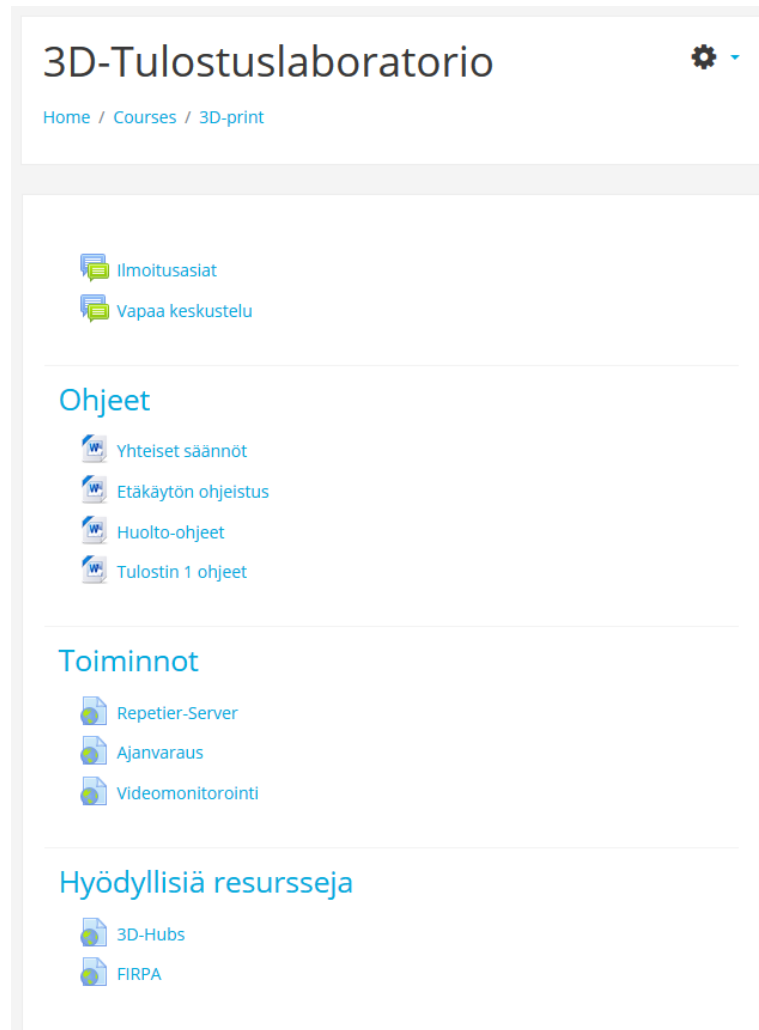
Repetier-Server ohjelmisto mahdollistaa myös etäajon suoraan Repetier-Host ohjelmasta lähiverkossa tai usb-kaapelilla. Tämä onnistuu asettamalla Hostin printer-settings valikosta käytettäväksi serverin sekä antamalla API-avaimen. Tulostuksen voi siis tässä tapauksessa käynnistää suoraan viipalointiohjelmasta.

Järjestelmään kytkettävällä etäpistorasialla voidaan tarpeen tullen katkaista tulostimista virrat kokonaan. Testikäyttöön hankittu Fuj:techin ip-power 9255 toimi kuten oli suunniteltu. Laitteiston tietoturva ei kuitenkaan vastannut haluttua standardia, joten laitteisto päätettiin olla kytkemättä internettiin.

6.3 Toimintojen keskitys

Kaikki Lapin AMK:n etäkäytön toiminnot ja ohjeet liittyen 3D-tulostukseen voitaisiin keskittää Moodle-ympäristöön omalle sivulleen. Ideana on, että opettaja antaa oppilaalle 3D-tulostusportaali -ympäristön tarvittavan salasanan vasta kun oppilaalla on lupa ja tarvittava perehdytys laboratorion käytöstä. Opiskelija voi itsenäisesti tutkia portaalista löytyviä 3D-tulostukseen liittyviä ohjeistuksia niin tulostimien kuin etäkäytön osalta. Alueella voisi olla myös vapaan keskustelun aiheesta mahdollistava foorumi, jossa opiskelijat voivat kirjoitella mietteitään halutessaan.

3D-tulostusportaali (Kuva 23) voisi olla jaettu neljään osioon: keskustelualue ja ilmoitusasiat, ohjeet, toiminnot sekä ulkoiset resurssit. Ilmoitusasiat -osio sisältäisi sivuston ylläpitäjien viralliset tiedotteet kuten esimerkiksi päivämäärät, milloin laboratorio on varattu kokonaisuudessaan. Foorumi -osio olisi vapaasti kaikkien käyttäjien käytettävissä. Kuka tahansa voi lisätä osioon keskusteluaiheen. Ohjeet -osio sisältäisi ylläpitäjien lisäämät ohjeistukset kaikista ympäristön sisältävistä toiminnoista kuten esimerkiksi siitä, miten etäkäyttö ja/tai monitorointi toimii sekä miten ajanvaraus onnistuu. Toiminnot -osio sisältäisi linkit suoraan haluttuihin toimintoihin: tulostimien varausnäkyä-, Repetier-Server login- ja virranhallinnan -sivustot. Ulkoiset resurssit -osiossa näkyisivät kaikki 3D-tulostukseen liittyvät ohjeistussivustot, kuten esimerkiksi 3Dhubs, 3Dprintingforbeginners, ynnä muita hyödyllisiä lähteitä.



The screenshot shows a Moodle course page titled "3D-Tulostuslaboratorio". At the top right, there is a gear icon for settings. Below the title, a breadcrumb trail reads "Home / Courses / 3D-print". The main content area is divided into several sections:

- Ilmoitusasiat**: A section with two document icons, labeled "Ilmoitusasiat" and "Vapaa keskustelu".
- Ohjeet**: A section with four document icons, labeled "Yhteiset säännöt", "Etäkäytön ohjeistus", "Huolto-ohjeet", and "Tulostin 1 ohjeet".
- Toiminnot**: A section with three document icons, labeled "Repetier-Server", "Ajanvaraus", and "Videomonitorointi".
- Hyödyllisiä resursseja**: A section with two document icons, labeled "3D-Hubs" and "FIRPA".

Kuva 23. Moodle-portaali

Yhtenäistetty 3D-tulostusportaali helpottaisi niin opettajan kuin oppilaidenkin toimintaa 3D-tulostuslaboratorioympäristössä. Tarvittavien ohjeistuksien sekä toimintojen löytyminen samalta sivustolta nopeuttaisi huomattavasti laboratorion ja tulostimien käyttöönottoa.

7 CASE-ESIMERKIT

Lisäävä valmistus on ollut yhtä enemmän esillä Suomen mediassa, mikä kertoo kin suoraan ilmiön yleistymisestä sekä mielenkiinnosta sitä kohtaan. Suomi ei ole ollut alun perin mukana 3D-tulostuksen kehityksessä, mutta viime vuosina tilanne on kääntynyt. Tutkimusyhtiö Canalys ennustaa lähiaikoina suurta kasvua lisäävän valmistuksen investointiin maailmanlaajuisesti. Suomessa on käynnissä monia lisäävän valmistuksen tutkimus- ja kehityshankkeita niin yritysten kuin oppilaitosten toimesta. (Kiviranta 2015.)

7.1 Fab Lab –konsepti

Fab Lab (Fabrication laboratory) on digitaaliseen pienvalmistukseen erikoistunut ympäristö, jonka tarkoituksena on luoda toimintaympäristö, jossa jokainen voi suunnitella ja valmistaa mitä haluaa. Fab Lab –konsepti perustuu Massachusetts Institute of Technologyn (MIT) Neil Gershenfeldin ideaan. Vuonna 2009 perustettiin säätiö Fab Foundation, jonka tarkoituksena on levittää ja laajentaa Fab Lab –verkostoa tukemalla paikallisia organisaatioita. (Fab foundation 2016.)

Perusideana Fab Lab tiloille on siis se, että opiskelijat voivat toteuttaa vapaasti omia projektejaan, kunhan kaikki tapahtuu avoimen lähdekoodin mukaan. Kaikki tehdyt projektit jaetaan siis muidenkin valmistettavaksi ja hyödynnettäväksi. 3D-tulostuksesta on muodostunut normi Fab Lab -tiloihin nopean prototyyppien valmistus mahdollisuuden vuoksi.

Suomessa toimii viisi Fab Lab –tilaa. Ensimmäinen ja Suomen suurin Fab Lab -tila sijaitsee Helsingissä Aalto yliopistossa. Muita Fab Lab tiloja on Oulussa, Yli-lissä, Turussa ja Tampereella. (Fab Labs 2017.)

Fab Lab Oulun tilat (Kuva 24) sijaitsevat Linnanmaan kampuksella Oulun yliopiston tiloissa. Laboratoriosta löytyy 3D-tulostuslaitteita perinteisten työstövälineiden ja elektroniikan rakennustyövälineiden lisäksi. Lisäävän valmistuksen laitteistoja ovat Stratasyksen Fortus 380mc, Formlabsin Form 2 sekä Leapfrog Creatr. (University of Oulu 2017.)



Kuva 24. Fab Lab Oulu (Oulun yliopisto 2017)

7.2 Lisäävä valmistus Suomessa

Lisäävän valmistuksen tiloja on tehty tiuhaan tahtiin Suomessa niin korkeakouluihin, ammattipistoihin kuin peruskouluihin. Jokaisella koulutusasteella on omat tavoitteensa lisäävän valmistuksen opettamisessa. Yritykset ovat myös suuresti investoineet viime vuosina lisäävään valmistukseen. Yrityksien rahalliset panostukset esimerkiksi metallien 3D-tulostuksessa on lisääntynyt huomattavasti viimeisen kymmenen vuoden aikana. (Yle 2017.)

Savonian ammattikorkeakoulussa on rakennettu vuonna 2015 ALVO-hankkeen myötä ainetta lisäävän valmistuksen laboratorio (Kuva 25). Tilaan on hankittu viisi 3D-tulostinta ja oheislaitteita. Laboratorio toimii myös ryhmätyötilana. Tilaa käytetään protokappaleiden tai piensarjojen valmistukseen esimerkiksi opiskelijaprojektien tai opinnäytetöiden yhteydessä. (Savonia-ammattikorkeakoulu 2015.)



Kuva 25. Savonia ALVO (Savonia-ammattikorkeakoulu 2015)

Aalto-yliopisto sekä teknologian tutkimuskeskus VTT ovat aloittaneet vuonna 2016 digitaalisten varaosien tutkimushankkeen. Tarkoituksena hankkeella on tutkia, miten 3D-tulostetuista varaosista saataisiin toimiva palveluketju asiakkaille saakka. Hankkeessa on mukana 13 yritystä ja budjettina yhteensä 1,4 miljoonaa euroa, josta 60 prosenttia on Tekesin osuus. (Lehto 2016.)

Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa on kehitteillä uudenlainen 3D-tulostettava komposiittimateriaali, jonka tarkoituksena on korvata betoni. Materiaali on suurimmaksi osin tehty teollisuuden jätemateriaaleista ja täten on osa kestäväää kehitystä kierrätyksen osalta. Projektissa yhteistyökumppaneina toimivat niin Lappeenrannan yliopisto kuin monet suomalaiset teollisuuden yritykset. Suurin osa rahoituksesta tulee EU:n Urban Innovation Action -ohjelmalta. (Schönberg 2017.)

8 POHDINTA

Opinnäytetyöhön löytyi todella laajasti lähteitä erinäisten 3D-tulostustekniikoiden toiminnasta ja hinnoista. Ongelmaksi muodostui kirjallisuuden puute niin tekniikoiden käytettävyydestä oppilaitosympäristössä kuin lisäävän valmistuksen oppimisympäristöistä yleisesti. Tutkimuksia ja kirjoitelmia liittyen tekniikan oppimisympäristöihin on tehty vain vähän ja täten työssä pääsijaisena lähteenä toimi oma pohdinta tekniikoiden toimivuudesta oppilaan näkökulmasta. Löytyneet lähteet kuitenkin antoivat pohjan tilan suunnittelua varten ja tehty työ helpottanee suuresti lisäävän valmistuksen laboratorion varsinaista suunnittelutyötä Älypajahankkeen osalta.

Työtä tehdessä oppimista tapahtui lisäävän valmistuksen osalta äärimmäisen paljon niin tekniikoiden osalta kuin sen, mitä Suomessa tapahtuu tällä hetkellä lisäävän valmistukseen liittyen. Kehitystyötä tapahtuu jollain tasolla melkein jokaisessa korkeakoulussa ja teollisuuden yritykset ovat aktivoituneet huomattavasti lisäävän valmistuksen osalta.

3D-tulostimien hintatiedot sekä niistä saatavat hyödyt ovat listattuna työssä suhteellisen selkeästi ja tämä helpottanee investoinnin tekoa sitten kun laitteistojen hankinta on ajankohtaista. 3D-tulostuslaboratorion tilan vaatimuksia on myös pohdittu runsaasti ja se helpottanee tilan rakentamista tulevaisuudessa.

Seuraava askel tämän työn jälkeen on laatia yksityiskohtainen suunnitelma laboratorion osalta sekä sinne tulevista laitteista. Tärkeänä osana on laitteistojen ja oheislaitteiden hintojen tarkka selvitys kotimaisilta maahantuojilta, jotta voidaan tehdä hinta-laatusuhteeltaan parhaat valinnat.

Valmistuttuaan 3D-tulostuslaboratorio luo opiskelijoille aivan uudenlaisen kehittävä oppimisympäristön sekä vaikuttaa positiivisesti Lapin AMK:n imagoon yleisellä tasolla. Siksi onkin tärkeää kannustaa oppilaita käyttämään tilaa aktiivisesti. Luomalla heti avoimen ja positiivisen mielikuvan laboratorion osalta, saadaan tehostettua tilan käyttöä ja näin korotettua investoinnin arvoa.

LÄHTEET

3D Hubs 2017. What is 3D Printing? Viitattu 20.9.2017
<https://www.3dhubs.com/what-is-3d-printing>

3D Printing Industry 2017a. 3D Printing Basics. Viitattu 20.9.2017 <https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide#01-basics>

3D Printing Industry 2017b. 3D Printing Technology. Viitattu 22.9.2017
<https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide#03-technology>

3D Printing Industry 2017c. History of 3D Printing. Viitattu 21.9.2017
<https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide#02-history>

3D Systems 2017. Our Story. Viitattu 20.9.2017 <https://www.3dsystems.com/our-story>

Aniwaa 2017. 3D printer comparison. Viitattu 18.10.2017
http://www.aniwaa.com/comparison/3d-printers/?filter_search&filter_price_minimum&filter_price_maximum&filter_technology%5B0%5D=lamination

Enza3D LLC, 3D HUBS 2017. How to design parts for SLA 3D printing. Viitattu 25.9.2017 <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/how-design-parts-sla-3d-printing>

Fab Foundation 2017. What is a fab lab? <http://fabfoundation.org/index.php/what-is-a-fab-lab/index.html>

Fab Labs 2017. Labs. Viitattu 6.11.2017 <https://www.fablabs.io/labs?country=fi>

Friman, T., Lehtola, A. & Palonen, J. 1994. Joustava workshop-tyyppinen oppimisympäristö. Ammatillinen opettajakorkeakoulu. Hämeenlinna.

Gibson, I., Rosen, D. & Stucker, B. 2010. Additive Manufacturing Technologies. 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing.

Kahl, F. 2013. Pool-3d-print-failures. Viitattu 18.10.2017
<https://www.flickr.com/photos/fredini/8373978218/in/pool-3d-print-failures>

Kiviranta, V. 2015. Suomi kirii 3D-tulostamisessa. Yle. Viitattu 13.11.2017
<https://yle.fi/uutiset/3-8095424>

Lehtinen, K., FIRPA 2014. Trilingual Glossary. Viitattu 13.11.2017
http://www.firpa.fi/html/sanasto_html.html

Lehto, T. 2016. 3D-tulostamisesta syntyy Suomessa jättibisnes. Tekniikka ja talous. Viitattu 13.11.2017 <http://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/ict/3d-tulostamisesta-syntyy-suomessa-jattibisnes-hankkeen-budjetti-1-4-miljoonaa-6250783>

Lipson, H. & Kurman, M. 2013. Fabricated: the new world of 3D printing. John Wiley & Sons, Inc.

Locker, A. 2017. Metal 3D printer guide 2017 – All about metal 3D printing. Viitattu 18.10.2017 <https://all3dp.com/1/3d-metal-3d-printer-metal-3d-printing/>

Minifactory 2017. 3D-tulostin. Viitattu 3.11.2017 www.minifactory.fi

Nederman 2017. Viitattu 16.11.2017 http://www.nederman.com/en-us/products/capture_and_extraction_units

Opetushallitus 2014. Opetussuunnitelman perusteet. Määräykset ja ohjeet 2014:96 http://www.oph.fi/download/163777_perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf

Pelastuslaki 29.4.2011/379

Ranta, P. 2011. Mitä ovat oppimisalustat, mikä on Moodle? Sosiaalisen median hyvien käytäntöjen helminauha. Viitattu 24.10.2017 <https://wiki.uef.fi/pages/viewpage.action?pageId=15008093>

Redwood, B. 2017. Additive Manufacturing Technologies: An Overview. 3D HUBS. Viitattu 25.9.2017 <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/additive-manufacturing-technologies-overview#vat-photopolymerization>

Savonia-ammattikorkeakoulu 2015. ALVO. Viitattu 6.11.2017 <http://alvo.savonia.fi/>

Schönberg, K. 2017. Lappeenranta aikoo tulostaa itsensä maailmankartalle – kehitteillä uusi 3D-tulostettava komposiittimateriaali. Yle. Viitattu 13.11.2017 <https://yle.fi/uutiset/3-9876160>

SFS-EN ISO/ASTM 52900:2017. Materiaalia lisäävä valmistus. Yleiset periaatteet. Terminologia. Helsinki: SFS

Sinterit 2017. Viitattu 4.11.2017 <http://www.sinterit.com/>

Sintratec 2017. Viitattu 4.11.2017 <http://sintratec.com/>

Stephens, B., Azimi, P., Och, Z. E. & Ramos, T. 2013. Illinois Institute of Technology, Chicago, IL, USA. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.06.050>

Stratasys 2017a. Objet24. Viitattu 20.10.2017 <http://www.stratasys.com/3d-printers/objet24>

Stratasys 2017b. Objet30 Prime. Viitattu 20.10.2017 <http://www.stratasys.com/3d-printers/objet30-prime>

Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738 Fysikaaliset tekijät ja sähköturvallisuus 39 §.

University of Oulu 2017. Fab Lab Oulu. Viitattu 6.11.2017 <http://www.oulu.fi/fablab/facilities>

Varotsis, A. B., 2017a. Introduction to FDM 3D Printing. 3D Hubs. Viitattu 16.10.2017 <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/introduction-fdm-3d-printing?action=>

Varotsis, A. B., 2017b. Introduction to material jetting 3D Printing. 3D Hubs. Viitattu 17.10.2017 <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/introduction-material-jetting-3d-printing>

Varotsis, A. B., 2017c. Introduction to SLA 3D Printing. 3D Hubs. Viitattu 16.10.2017 <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/introduction-sla-3d-printing>

Vassos, L. 2017. How to design parts for material jetting 3D Printing, 3D HUBS. Viitattu 27.9.2017 <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/how-design-parts-material-jetting-3d-printing>

Yle 2017. 3D-tulostus. Viitattu 6.11.2017 <https://yle.fi/uutiset/18-22255>

Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto 2005. F1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki

LIITTEET

Liite 1. Etäkäytön asennusohje

Liite 2. AM-konematriisi (Firpa 2016)

Repetier-Server asennusohje.

- 1) Varmista, että tietokone on päivitetty ja toimintakunnossa
- 2) Asenna ja konfiguroi valittu ohjelmisto
 - a) Ohjelman lataus- ja asennusohjeet: <https://www.repetier-server.com/download-repetier-server/>
 - b) Kytke tulostin USB-johdolla tietokoneeseen

TEHDÄÄN AINOASTAAN JOMPIKUMPI, C tai D

- c) Tulostimen **AUTOMAATTINEN** määrittäminen:
 - i) Lataa Innovaattori.xml tiedosto
 - ii) Valitse "Upload Printer Configuration"
 - iii) Nimeä tulostin (On tärkeää identifioida fyysinen tulostin, jotta tiedetään mille laitteelle tulostus menee)
 - iv) Valitse tiedosto "Innovaattori.xml"
- d) Tulostimen **MANUAALINEN** määrittäminen ohjelmistossa (versio 0.5)
 - i) Valitse "Add New Printer"
 - (1) Kirjoita tulostimen nimi (näkyvä valikossa, tärkeää identifikaatio tiettyyn tulostimeen)
 - ii) Connecting Printer
 - (1) Firmware: **Marlin** (Innovator-tulostimille)
 - (2) Device/Port: **ComX** (automaattinen USB)
 - (3) Baud Rate: **115200**
 - (4) Input Buffer Size: **127**
 - iii) Geometry
 - (1) Bed Shape: Rectangle
 - (2) X left: 0, Y front: 0, X Right: 333, Y Rear: 260, Z-Max: 310
 - iv) Extruders and Bed
 - (1) Number of Extruders: 2
 - (2) Filament Diameter: 1.75

(3) Heated Bed Installed: Yes

v) Features

(1) Fan Installed: Yes

(2) SD Card: Yes

(3) Software Power: No

C tai D-kohdan jälkeen mene luodun printterin syvempiin asetuksiin "Printer Settings" ja määritä asetukset kuvien mukaan tai tee konfigurointi printterin tunnetujen ja myöhemmin tarkistettujen arvojen mukaan (Kuvat 1-6). **Kuvassa 1 tulee kuitenkin kytkeä "Ping-Pong Mode" päälle.** Käytännössä asetuksen puuttuminen voi aiheuttaa joissain tapauksissa komentojen "kasautumista" sekä muita virheitä.

The screenshot shows the printer settings interface with two tabs: 'General' and 'Connection'. The 'General' tab is active, showing fields for 'Printer Name' (Innovaattori), 'Printer Variant' (Cartesian Printer), and 'Firmware' (Marlin). The 'Connection' tab is also visible, showing fields for 'Device / Port' (COM4), 'Baud Rate' (115200), 'Input Buffer Size' (127), and 'Ping-Pong Mode' (No). There are also fields for 'Communication Timeout' (30 s) and 'Show on Printer LCD Status Line' (Rotate). A 'Reset Script' field contains the text 'Executable causing a printer reset'. Below the fields, there is a legend for 'Autodetect Values from Firmware' and a button labeled 'Autodetect Values from Firmware ... Waiting for Connection'.

Kuva 1. General-asetukset

Manual Control

These settings define, how you control your printer. Values should coincide with real printer settings!

Fan Installed <input checked="" type="checkbox"/> Yes	SD Card Reader Installed <input checked="" type="checkbox"/> Yes	Software Power <input type="checkbox"/> No
X-Min <input type="text" value="0"/> mm	Y-Min <input type="text" value="0"/> mm	
X-Max <input type="text" value="333"/> mm	Y-Max <input type="text" value="260"/> mm	Z-Max <input type="text" value="310"/> mm
X-Home Position <input type="text" value="0"/> mm	Y-Home Position <input type="text" value="0"/> mm	Z-Home Position <input type="text" value="310"/> mm
Show X Home <input checked="" type="checkbox"/> Yes	Show Y Home <input checked="" type="checkbox"/> Yes	Show Z Home <input checked="" type="checkbox"/> Yes
XY Speed <input type="text" value="50"/> mm/s	Z Speed <input type="text" value="2"/> mm	
Invert X <input type="checkbox"/> No	Invert Y <input type="checkbox"/> No	Invert Z <input checked="" type="checkbox"/> Yes

Kuva 2. Manual Control

Printing Time Calculation

These settings have big influence on the printing time calculation. The better they match, the more precise the time prediction becomes.

Max. XY Speed <input checked="" type="radio"/> <input type="text" value="100"/> mm/s	XY Jerk <input type="text" value="20"/> mm/s	Max. Z Speed <input checked="" type="radio"/> <input type="text" value="15"/> mm/s
Z Jerk <input type="text" value="0.3"/> mm/s	XY Print Acceleration <input checked="" type="radio"/> <input type="text" value="700"/> mm/s ²	Z Print Acceleration <input checked="" type="radio"/> <input type="text" value="100"/> mm/s ²
XY Travel Acceleration <input checked="" type="radio"/> <input type="text" value="700"/> mm/s ²	Z Travel Acceleration <input checked="" type="radio"/> <input type="text" value="100"/> mm/s ²	
Move Buffer Size <input type="text" value="16"/>	Printing Time Multiplier <input type="text" value="1"/>	

Kuva 3. Printing Time Calculation

General | **Extruder** | Printer Shape | Webcam | G-Codes

Heated Bed

Heated Bed Installed Yes

Max. Temperature <input type="text" value="120"/> °C	Heatup Speed <input type="text" value="0.2"/> °C/s	Cooldown Speed <input type="text" value="0.02"/> °C/s
--	--	---

Predefined Bed Temperatures

Name	Temperature		
ABS	115 °C	↓	🗑️
PLA	50 °C	↑	🗑️

Kuva 4. Extruder

General Extruder Parameter

Extrusion Mode

Firmwares can run in volumetric extrusion mode or not. This has a big impact on the extruder values that get send. So it is also important to know in which mode your firmware runs and what to assume for slicer results. This value defines the default, if not stated otherwise. Use the following comments to mark a g-code volumetric or distance controlled.

```
; Volumetric extrusion:1
; Volumetric extrusion:0
```

Default to Volumetric Extrusion

No

Retraction Moves

These settings are used in case your slicer uses G10/G11 commands for retraction. Only with the right values a correct time prediction is possible. You can ignore this if your printer does not support these commands.

Retraction Distance mm

Retraction Distance Long mm

Retraction Speed mm/s

Z-Lift mm

Undo Extra Distance mm

Undo Extra Distance Long mm

Undo Speed mm/s

Kuva 5. General Extruder Parameter

Extruder 1 Delete Extruder

Alias

Filament Diameter mm

Max. Temperature °C

Heatup Speed °C/s

Cooldown Speed °C/s

Max. Speed mm/s

Extrude Speed mm/s

Retract Speed mm/s

Jerk mm/s

Acceleration mm/s³

Offset X mm

Offset Y mm

Predefined Extruder Temperatures

Name	Temperature		
ABS 245	<input type="text" value="245"/> °C	↓	🗑️
PLA 210	<input type="text" value="210"/> °C	↑ ↓	🗑️
PLA 195	<input type="text" value="195"/> °C	↑	🗑️

Kuva 6. Extruder 1

Verkkokamera

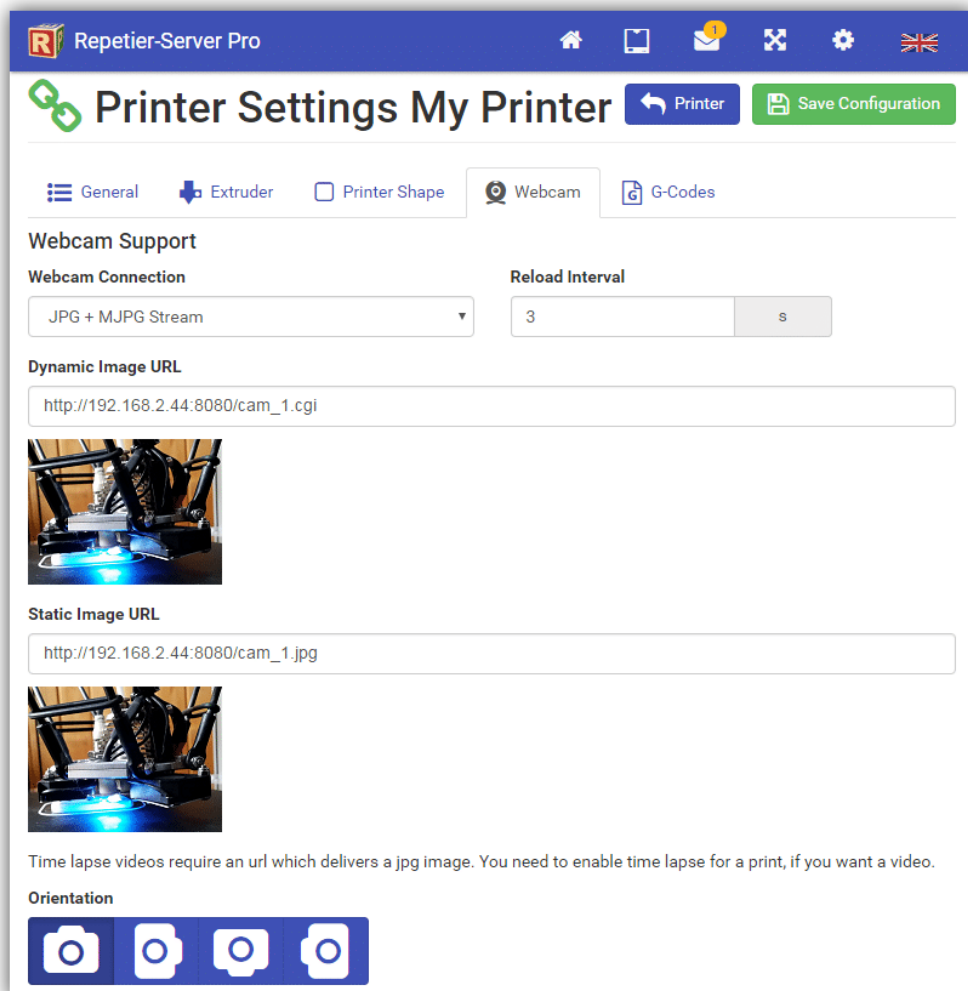
Repetier-Server vaatii Motion JPEG/Static image videostreamin http-pohjaisena. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että videokuva pitää tuoda ohjelmistoon xxx.cgi ja/tai xxx.jpg muodossa (kuva 7).

Mikäli käytössä on IP-verkkokamera joka luo itsestään kyseiset .cgi ja .jpg osoitteet, ei erillisiä ohjelmistoja tarvitse käyttää.

Jos käytössä on normaali USB-verkkokamera, tämä saadaan muutettua IP-verkkokameraksi käyttämällä webcamXP free -ohjelmistoa. Ohjelmasta saadut osoitteet lisätään printterin yksilöllisiin asetuksiin ja verkkokameran kuva näkyy Repetier-Serverissä. Ohjelman käyttö- ja asetusohjeet löytyvät Repetier-Serverin sivulta.

Mikäli et halua käyttää webcamXP free -ohjelmaa, voit halutessaan käyttää mitä tahansa ohjelmistoa, joka pystyy luomaan mjpeg-streamin tavallisesta kamerasta verkkoon. Käyttämällä hakusanaa "mjpg streamer, windows" voit löytää mahdollisesti toimivia sovelluksia.






You have to change the URL and replace your-pc with your IP address, here I change `http://marcus-pc:8080/cam_1.cgi` to `http://192.168.2.44:8080/cam_1.cgi`. This is your dynamic image URL you need in Repetier-Server.



In Repetier-Server open your printer and go to **Printer Settings** → **Webcam**.

Kuva 7. Kameran lisäys






AM konematriisi 14.3.2016

Valmistaja	Koneen nimi / numero	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskammio (b x d x h mm)	Materiaalit	Kerros- paksuus	Hinta	
 3D By Flow www.3dbyflow.com info@3dbyflow.com	3D By Flow	440 x 325 x 460	215 x 215 x 150	Pursotelttavat materiaalit	0.05 mm	2500 €	
 3DCeram 3dceram.com info@3dceram.com	Ceramaker	1000 x 2300 x 2300	300 x 300 x 100	Alumina, Zirconia, Hydroxyapatiite / TCP	0.010 - 0.125 mm	300 000 €	
 3Dfactories 3Dfactories.de www.3dfactories.de info@3dfactories.de	Easy3DMaker	400 x 400 x 500	200 x 200 x 230	ABS, PLA	0.08 - 0.25 mm	2149 €	
	Prof3DMaker	700 x 600 x 500	400 x 260 x 190	ABS, PLA	0.08 - 0.25 mm	3649 €	
	Max3DMaker	1000 x 1000 x 1000	1000 x 1000 x 1000	ABS, PLA	0.08 - 0.25 mm	78 000 €	
	ProProf3DMaker	600 x 700 x 500	400 x 260 x 190	ABS, PLA	0.08 - 0.25 mm	17 000 €	
	Visions3DPrinter	440 x 300 x 340	150 x 150 x 150	ABS, PLA	0.1 - 0.2 mm	950 €	
 3D Figo www.3d-figo.de p.schlaumann@3d-figo.de	FFD 150			Keraamiesta		20 000 €	
 3D Systems www.3dsystems.com info@3dsystems-europe.com	Cube personal printer	260 x 260 x 340	140 x 140 x 140	ABS, PLA	0.25 mm	1299 \$	
	Cube X		275 x 275 x 201			2197 \$	
	Cube X Duo	515 x 515 x 598	230 x 275 x 201	ABS, PLA	0.125 mm	2811 \$	
	Cube X Trio		185 x 275 x 201			3468 \$	
	Cube 3	335 x 338 x 280	152 x 152 x 152	ABS, PLA	75 µm	1000 \$	
	Cube X	578 x 578 x 591	275 x 265 x 240	ABS, PLA	75 µm	2800 \$	
	BotMill Glider	508 x 407 x 356	203 x 203 x 140	ABS, PLA	0.3 mm	1395 \$	
	BFB RepMan 3.1 Universal	650 x 570 x 820	single: 270 x 205 x 210 double: 190 x 205 x 210			0.25mm	1190 €
	BFB RepMan 3.1 Ultimate						1450 €
	RepMan 3.2	490 x 500 x 510	270 x 205 x 210			0.125 mm	1030 €
	BFB 3000 Plus Single		single: 275 x 275 x 210 double: 230 x 275 x 210		ABS, PLA (värillisiä / läpikuultavia)		2590 €
	BFB 3000 Plus Double	515 x 515x 590				0.125mm	3520 €
	BFB 3000 Plus Triple		triple: 185 x 275 x 210				3240 €
	V-Flash	660 x 665 x 787	228 x 171 x 203		FTI-GN Natural (akryyli)	0.102 mm	9 900 €
	Projet 1000	622 x 1003 x 775	171 x 203 x 178		VisiJet FTI (valkoinen)	102 µm	10 900 \$
	Projet 1200		43 x 27 x 180		VisiJet FTX Green	30 µm	4500 €
	Projet 1500	622 x 1003 x 775	171 x 228 x 203		VisiJet FTI (valkoinen, punainen, harmaa, sininen, musta, keltainen)	102 / 152 µm	14 800 \$
	Projet CPX 3000 & Projet CPX 3000Plus	737 x 1257 x 1504	HD & HDHQ: 298 x 185 x 203 UHD (3000) : 127 x 178 x 152 UHD-XHD (3000Plus): 203 x 178 x 152		VisiJet CPX200 (vaha)	HD & HDHQ:33µm UHD (3000Plus): 20µm XHD: 16 µm	
	Projet CP 3000	737 x 1257 x 1504	298 x 185 x 203		VisiJet® CP200 (vaha)	33µm	
	Projet HD 3000 & Projet HD 3000Plus	737 x 1257 x 1504	HD: 298 x 185 x 203 UHD (3000) : 127 x 178 x 152 UHD & XHD (3000Plus): 203 x 178 x 152		VisiJet® EX200 (juonnollinen) VisiJet® BR200 (juonnollinen, harmaa, sininen)	HD: 33µm, UHD: 29 µm XHD (vain 3000Plus): 16 µm	
	Projet BD 3000	737 x 1257 x 1504	298 x 185 x 203		VisiJet EX200 (juonnollinen) VisiJet BR200 (juonnollinen, harmaa, sininen)	32µm	
	Projet DP 3000 (Dental)	737 x 1257 x 1504	HD Mode: 298 x 185 x 203 XHD Mode: 127 x 178 x 152		VisiJet® DP200 (akryyli)	0.025-0.05 mm	
	Projet BD 3500	838 x 1422 x 1753	298 x 185 x 203		VisiJet® Crystal, Proplast, Navy, Techplast, Procact, 5300 support, VisiJet® X		51 900 €
	Projet HD 3500	838 x 1422 x 1753	HD Mode: 298 x 185 x 203 UHD Mode : 127 x 178 x 152		VisiJet® Crystal, Proplast, Navy, Techplast, Procact, 5300 support, VisiJet® X	HD: 32µm UHD: 29µm	69 200 €
	Projet HD 3500Plus	838 x 1422 x 1753	HD Mode: 298 x 185 x 203 UHD Mode : 203 x 178 x 152 XHD Mode : 203 x 178 x 152		VisiJet® Crystal, Proplast, Navy, Techplast, Procact, 5300 support, VisiJet® X	HD: 32µm, UHD: 29µm, XHD: 16µm	
	Projet 3500 HDMax	749 x 1194 x 1511	298 x 185 x 203		VisiJet® X, VisiJet® Crystal, VisiJet® Proplast, VisiJet® Navy, VisiJet® Techplast, VisiJet® Procact	H8: 32µm HD: 29µm UHD: 29µm XHD: 16µm	83 300 €
	Projet CP 3500	749 x 1207 x 1543	298 x 185 x 203		VisiJet Prowax - vaha	33µm	63 600 €
	Projet CPX 3500 & CPX 3500 Plus	749 x 1207 x 1543	298 x 185 x 203		VisiJet Hi-Cast - vaha	16 - 33µm	Aik. 75 200 €
	Projet 3500 CPXMax	749 x 1194 x 1511	298 x 185 x 203		VisiJet Hi-Cast	HD: 33µm HDHQ: 33µm UHD: 20µm XHD: 16µm	89 300 €
	Projet MP 3500	749 x 1207 x 1543	298 x 185 x 203		VisiJet Stoneplast	32 µm	62 500 €
	Projet DP 3500	749 x 1207 x 1543	298 x 185 x 203		VisiJet Dencast	29 - 32 µm	79 800 €
	Projet 3510 BD		298 x 185 x 203		VisiJet M3 X, Proplast, Navy, Techplast, Procact	32 µm	51 900 €
	Projet 3510 HD	749 x 1194 x 1511	298 x 185 x 203			29-32 µm	70 800 €
	Projet 3510 HD Plus					16 - 32 µm	77 600 €
	Projet 3510 CP				CP: VisiJet M3 Prowax	CP: 32 µm	65200 €
	Projet 3510 CPX				CPX: VisiJet M3 Hi-Cast wax	CPX: 16-33 µm	77 600 €
	Projet 3510 CPX Plus	749 x 1194 x 1511	298 x 185 x 203		CPX Plus: VisiJet M3 Hi-Cast wax	CPX Plus:16-33 µm	84 500 €
	Projet 3510 MP				MP: Viskijet M3 Pearlstone, Stoneplast	MP: 32 µm	66 500 €
	Projet 3510 DP				DP: VisiJet M3 Dencast	DP: 29 - 32 µm	83 800 €
	Projet 4500	1620 x 1520 x 800	203 x 254 x 203		VisiJet C4 Spectrum	0.1 mm	53 000 €
	Projet 5000	1531 x 908 x 1480	550 x 393 x 300		VisiJet MX	H8: 64 µm HD: 31µm UHD: 29µm	151 800 €
	Projet 5500 X	1700 x 900 x 1690	533 x 381 x 300		VisiJet CR-CL, CR-WT, CP-BK	29 µm	55 000 €
	Projet 6000 BD		Pitkät: 250 x 250 x 250		VisiJet® Flex Tough, Clear, HiTemp	HD: 0.125 mm	178 000 €
	Projet 6000 HD	787 x 737 x 1829	Keskikoko: 250 x 250 x 125		VisiJet® e-Stone (MD)lle	XHD: 0.075-0.090mm	199 000 €
	Projet 6000 MD / MP		Lyyhyt: 250 x 250 x 50			UHD:0.125-0.1 mm	211 000 €
	Projet 7000 BD		Pitkät: 380 x 380 x 250		VisiJet® Flex Tough, Clear, HiTemp	HD: 0.125 mm XHD: 0.075-0.090 mm	262 500 €
	Projet 7000 HD	984 x 854 x 1829	Lyyhyt: 380 x 350 x 50		VisiJet® e-Stone (MD)lle	UHD:0.125-0.1 mm	284 500 €
	Projet 7000 MD / MP						296 500 €
	IPro 8000 SLA Centre	2120 x 1580 x 2210	ROIW 850M: 850 x 250 x 300 ROIW 750SH: 850 x 750 x 50 ROIW 750H: 850 x 750 x 275 ROIW 750F: 850 x 750 x 580 ROIW 1500XL: 1500 x 750 x 550		Accura Plastics (hartsi) (taaja valkoinen, simuloivat ABS, PP ja PC)	0.05-0.15 mm	1 043 900 €
	IPro 8000 SLA Centre	1260 x 2220 x 2280	ROIW 850M: 850 x 250 x 300 ROIW 750SH: 850 x 750 x 50 ROIW 750H: 850 x 750 x 275 ROIW 750F: 850 x 750 x 580		Accura Plastics (hartsi) (taaja valkoinen, simuloivat ABS, PP ja PC:ts)	0.05-0.15 mm	439 000 €
sPro 140 / 230 SLB Centre	1840 x 1850 x 1970	140: 550 x 550 x 460		DuraForm® muovit	0.08 - 0.15mm	369 000 €	
	1840 x 1850 x 2200	230: 550 x 550 x 750		CastForm® PS muovit (pulverit)		449 000 €	
Sinterstation HQ SLB System	2134 x 1346 x 1981	381 x 330 x 457		DuraForm muovit, LaserForm A6 metalli, CastForm PS muovit (pulverit)	0.08-0.15 mm	2008 malli	
Sinterstation Pro SLBSystem	DM100:900 x 900 x 2500 DM250:1920 x 1400 x2500	DM100: Ø125 x 80 DM250: 250 x 250 x 220		Ruostumaton teräs, työkaluteräs, alumiini, titaani, kasaattikromi	DM100: 30/50µm DM250: 50/75 µm	DM 100 2010 malli	
sPro 50 SLB Centre	2077 x 1429 x 2040	381 x 330 x 457		DuraForm® muovit	0.08-0.15mm		
sPro 140 SLB Centre	1840 x 1850 x 1970	550 x 550 x 460		CastForm® PS muovit (pulverit)	0.08-0.15mm		
sPro 230 SLB Centre	1840 x 1850 x 2200	550 x 550 x 750			0.08-0.15mm		
Prox 400		500 x 500 x 500		Ruostumaton teräs, työkaluteräs, ei ruosteiset metallit, superseokset	10 - 100 µm	1 000 000 \$	
Prox 500		381 x 330 x 457		DuraForm ProX	0.08 - 0.15 mm	450 000 €	
Prox 500 Plus		381 x 330 x 457		DuraForm ProX, DuraForm ProX GF DuraForm ProX AF+	0.08 - 0.15 mm	500 000 \$	






AM konematriisi 14.3.2016

Valmistaja	Koneen nimi	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskammio (b x d x h mm)	Materiaalit	Kerros- paksuus	Hinta
 3D Systems www.3dsystems.com info@3dsystems-europe.com	Prox 800	1900 x 1630 X 2480	650 x 750 x 550	Accura muovit		800 000 €
	Prox 950	2200 x 1600 x 2260	1500 x 750 x 550	Accura 25, Accura CastPro	0,05 mm	1 000 000 €
	Viper 3LA System	1340 x 960 x 1780	250 x 250 x 250	Accura muovit, Accura CastPro	0,02-0,10mm	
	Araldite Digitalis	1805 x 1380 x 2010	650 x 370 x 600	Araldite MLB MicroLightSwitch 70200	50 - 150 µm	
	Projet 150 (ZPrinter 150)	740 x 790 x 1400	236 x 185 x 127	Kipsikomposiitti, valkoinen	0,1mm	12 900 €
	Projet 260C (ZPrinter 250)	740 x 790 x 1400	236 x 185 x 127	Kipsikomposiitti, 54:18 värillä	0,1mm	22 800 €
	Projet 360 (ZPrinter 350)	1220 x 790 x 1400	203 x 254 x 203	Kipsikomposiitti värillisä	0,05 - 0,1 mm	23 000 €
	Projet 460 Plus (ZPrinter 450)	1220 x 790 x 1400	203 x 254 x 203	Kipsikomposiitti värillisä	0,05 - 0,1 mm	34 800 €
	Projet 660 Pro (ZPrinter 650)	1880 x 740 x 1450	254 x 381 x 203	Kipsikomposiitti värillisä	0,05 - 0,1 mm	51 900 €
	Projet 860 Pro (ZPrinter 850)	1880 x 740 x 1450	254 x 381 x 203	Kipsikomposiitti värillisä	0,05 - 0,1 mm	86 200 €
	Prox 300 (Phenix PXL SLM)	2400 x 2200 x 2400	250 x 250 x 200	Metalli	10-50µm	505 000 €
	Prox 200 (Phenix PXM SLM)	1200 x 1500 x 1950	140 x 140 x 100	Metalli / kerämi	10-50µm	304 000 €
Prox 100 (Phenix PXS SLM)	1200 x 770 x 1950	100 x 100 x 80	Metalli	10-50µm	155 000 €	
Prox DMP 320		275 x 275 x 420	Titaani, rosteri, Ni718	880definiivissä, 30 & 60µm		
 8Dulino www.8dulino.com info@8dulino.com	Enjoy	240 x 270 x 330	100 x 100 x 150	PLA	0,1 mm	500 €
 Accufusion Inc www.accufusion.com info@accufusion.com	LC105		200 x 200 x 450	Titaani, ruostumaton teräs, Inconel		
 Aconity3D GmbH www.aconity3d.com info@aconity3d.com	One		Ø 400 x 400	metallipulverit		500 000 €
	Lab		Ø 50-170 x 150		250 000 €	
	Mini		Ø50-100 x 150		150 000 €	
 Additive Industries additiveindustries.com team@additiveindustries.com	MetalFAB1		420 x 420 x 400	metallipulverit		1 500 000 €
 AFINIA www.afinia.com sales@afinia.com	Afinia H-Series 3D Printer	245 x 260 x 350	140 x 140 x 135	ABB	0,15 - 0,40 mm	1599 €
 AIO Robotics www.zeus.aiorobotics.com contact@aiorobotics.com	ZEUS ALL-in-One 3D Printer	548 x 377 x 388	204 x 153 x 145	PLA	0,08 mm	2500 €
 Arcam AB www.arcam.com info@arcam.com	EBM 812	2000 x 900 x 2000	250 x 250 x 200	Titaani seokset, CoCr ja muut high end metallit	50-100 µm	519 000 € 2009 malli
	Arcam A2	1850 x 900 x 2000	250 x 200 x 400		50-100 µm	629 000 € (2009)
	Arcam A1	1850 x 900 x 2200	200 x 200 x 180		50-100 µm	
	Q10	1850 x 900 x 2200	200 x 200 x 180		50 µm	
	Q20	2300 x 1300 x 2800	Ø350 x 380			
	A2X		200 x 200 x 380		Titaani seokset	
 Beijing Long Yuan - Automated Fabrication System (AF8) www.lyafs.com	AF8-500	2850 X 1210 X 2180	500 X 500 X 500	valu P8, vahva, kaavushleikka, P8	0,1-0,3 mm	
	AF8-320	2050 X 930 X 1830	360 X 360 X 500		0,08-0,3 mm	
	LaserCore-5300	1950 X 1480 X 2600	700 X 700 X 500	Kaavushleikka	0,1-0,35 mm	
 ARBURG GmbH www.arburg.com contact@arburg.com	Freeformer		230 x 130 x 250	Ruiskupuristus pelletit, ABS, polyamidi, polycarbonaatti, TPE,TPU	0,2-0,3 mm	120 000 €
 Asiga www.asiga.com info@asiga.com	FreeForm Pico		30 x 40 x 100 (F-mood) 19 x 25,4 x 100 (JF-mood)	Photopolymeeri	säädettävissä 1 µm välein.	7000 €
	Pico Plus39	220 x 225 x 505	50 x 31,2 x 75			9000 €
	Pico Plus33		42,5 x 26,5 x 75			9000 €
	Pico Plus27	35 x 21,8 x 75	96 x 54 x 200			25 000 €
	Pico Pro 50	450 x 490 x 800	144 x 81 x 200			25 000 €
	Pico Pro 75	480 x 560 x 900	51,2 x 32 x 75			11 000 €
	Pico 2					
 Atum3D www.atum3d.com info@atum3d.com	Atum 3D v1.5	395 x 340 x 870	96x60x250 144x90x250 192x120x250	Photopolymeeri	12,5 - 100 µm	13 000 €
 B3Creations, LLC b3creator.com b3creator@pearl3d.com	B3Creator	790 x 470 x 305	51 x 38 x 206 - 102 x 76 x 206 Rippujen XY resoluutiosta	B3R-1-Red	6,35 - 101,6 µm	4995 €
 BCN3D Technologies www.bcn3dtechnologies.com info@bcn3dtechnologies.com	Bigms	460 x 445 x 680	210 x 297 x 210	PLA, ABS, Pilaates, PVA, HIPS, komposiitit	50 µm	1800 €
	Lux	545 x 460 x 1650	250 x 150 x 300	photopolymeerit	25 µm	
	BCN3D +	480 x 480 x 455	252 x 200 x 200	PLA, ABS, Nylon, HIPS, PVA, Layerlock, Laywood, Pilaates	0,1 mm	1000 €
	BCN3DR	Ø370 x 560	Ø170 x 150	PLA	0,1 mm	550 €
 Beijing Tiertime Technology www.tiertime.com/en/ overseas@tiertime.com	Inspire S200	620 x 660 x 9500	150 x 200 x 200	ABB	0,2 - 0,4mm	
	Inspire S250	710 x 750 x 1100	150 x 200 x 250	ABB	0,2 - 0,4mm	6999 €
	Inspire D255	720 x 850 x 1650	255 x 255 x 310	ABB	0,2 - 0,4mm	
	Inspire D290	720 x 850 x 1650	255 x 290 x 320	ABB	0,2 - 0,4mm	17 000 €
	Inspire A370	1490 x 910 x 1800	320 x 330 x 370	ABB	0,175 - 0,4mm	
	Inspire A450	1500 x 970 x 1810	350 x 380 x 450	ABB	0,15 - 0,4mm	39 000€
	UP Box	485 x 520 x 485	255 x 205 x 205	ABS, PLA	0,1 mm	900 €
	Up mini 2	255 x 365 x 385	120 x 120 x 120		0,15 mm	599 €
 DC-T s.r.o. www.be3d.cz/en/ sales@be3d.cz	DeeRed	1050 x 800 x 2190	400 x 400 x 300	ABS, PLA, tuksee PVA		15 000 €
	DeeGreen	495 x 395 x 390	150 x 150 x 150	PLA	0,08 mm	1500 €
	DeeOrange	400 x 380 x 354	130 x 130 x 100	ABS, PLA	0,08 - 0,25mm	1700 €
 BigRep GmbH http://bigrep.com	BigRep ONE.2	1800 x 1700 x 1990	1100 x 1067 x 1097	PLA	0,1 mm	36 000 €
 Mundo Reader, S.L. www.bqreaders.com/globosales/whos/whos.html	bq Witbox (1 suutin) bq Witbox (2 suutinta)	505 x 388 x 450	297 x 210 x 200	PLA	0,1 mm	1400 € 1600 €

AM konematriisi 14.3.2016

Valmistaja	Koneen nimi	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskammio (b x d x h mm)	Materiaalit	Kerros- paksuus	Hinta		
 botObjects Limited http://botobjects.com derren@botobjects.com	ProDesk3D	365 x 365 x 475	275 x 275 x 300	PLA, PVA, ABS	25 – 200 µm	3500 €		
 BluePrinter ApS www.blueprinter.dk info@blueprinter.dk	BluePrinter M1& M2	1000 x 600 x 600	160 x 200 x 140	Termoplastinen pulveri M-flex	0.1 mm	12 500 €		
	M3		200 x 157 x 150		0.1 mm	25 000 €		
 Carima Co. Ltd. www.carima.com carima@carima.co.kr	Master	525 x 710 x 1060	Master 2015 – 200 x 150 x 200 Master 2011 – 200 x 112 x 200 Master 1267 – 120 x 87 x 200	Akryyli(pohjainen), epoksi(pohjainen), uretaan(pohjainen), valokovettuvat	0.05 – 0.01 mm tai 0.025 – 0.1 mm			
	Master plus 8		200 x 112 x 200		0.0125-0.1 mm			
	Master plus M		130 x 75 x 200					
	Master plus J		80 x 45 x 200					
	Master Lab		85 x 53 x 120			10 000 €		
	Master EV	635 x 500 x 1330	200 x 112 x 200			31 000 €		
 MaukOO www.mauk.cc info@cartesio.nl	CartesioM	510 x 530 x 610	200 x 200 x 200	XT, PLA, ABS, PP, PC, BioFila, Arnitel ECO, NinjaFlex		4400 €		
	CartesioW	710 x 530 x 610	400 x 200 x 200			5600 €		
	CartesioE	710 x 530 x 810	400 x 200 x 400					
 CB-printer.com www.cb-printer.com contact@cb-printer.com	3D Printer CB-printer.com		200 x 200 x 180	ABS, PLA	0.1 mm	1700 €		
 Chocedge Ltd chocedge.com info@chocedge.com	Choc Creator		175 x 175 x 70	suklaa		2888 €		
 CMET Inc. http://www.cmet.co.jp/en/	RM-6000 II		610 x 610 x 500	Stereolitografia materiaalit				
	RM-3000		300 x 300 x 250					
	ATOMm-8000		800 x 600 x 400			400 000 €		
	ATOMm-4000		400 x 300 x 300			200 000 €		
 Concept Laser GmbH www.concept-laser.de info@concept-laser.de	Mlab cusing Mlab cusing R	705 x 1848 x 1220	50 x 50 x 80 70 x 70 x 80 90 x 90 x 80	CL 20EB, remanium star CL, CL30CU keltakulta, hopeaseos R malli lisäksi: CL 41TI ELI	15 - 50 µm	159 000 € 179 000 €		
	M1 cusing	2362 x 1535 x 2308	250 x 250 x 250	ruostumaton teräs, kuumatyökaluteräs, nikkelpohjainen seos, koboltikromi, Ramanium star CL lisäksi: M2 alumiini jättaani seos	20 - 80 µm	359 000 €		
	M2 cusing	2440 x 1630 x 1992	250 x 250 x 280		20 - 80 µm	435 000 €		
	M2 cusing multilaser	2706 x 1818 x 1985	250 x 250 x 280		20 - 80 µm	600 000 €		
	M3 Linear	2670 x 1990 x 2180	300 x 350 x 300		20 - 50 µm	2012 malli		
	X Line 1000k	4415 x 3070 x 3900 - 4500	630 x 400 x 500	Teräsket, alumiini, nikkelseokset, titaaniseokset, titaani	30-200 µm	1 500 000 €		
	X line 2000R		800 x 400 x 500		1 500 000 €			
	 Delta Tower http://shop.deltatower.de/ support@3dreamfactory.com	Delta Tower V2	Ø 550 x 1400	Ø 330 x 580	PLA, ABS, XT, Nylon	0.1 – 0.5 mm	6000 €	
 DMG MORI SEIKI http://en.dmgmori.com	Lasertec 65 Additive Manufacturing machine			metallit		800 000 €		
 Cutwell Limited www.cutwelltools.co.uk b.hawksworth@cutwell.net	BeeTheFirst	400 x 400 x 140	190 x 135 x 125	PLA	0.1 mm	1400 €		
 Dentona AG www.dentona.de mailbox@dentona.de	pro3dure feb-10		44 x 28 x 70	GR-12, GR-13	0.01 – 0.1 mm	6950 €		
	pro3dure feb-12		80 x 50 x 100	GR-10, GR-11, GR-12, GR-13	0.01 – 0.1 mm	23 950 €		
	pro3dure feb-13		75 x 125 x 100	GR-10, GR-11, GR-13	0.01 – 0.1 mm	27 950 €		
 Desktop Factory www.desktopfactory.com info@desktopfactory.com	125cl 3D Printer	635 x 432 x 508	127 x 127 x 127	nylon komposiitti pulveri	0.254mm	84 995 2009 malli		
 Delta Micro Factory Corp www.pp3dp.com sales@pp3dp.com	UP! 3D Printer	245 x 260 x F350	140 x 140 x 135	ABS, PLA	0.2- 0.4 mm	1990 €		
	UP! mini	240 x 355 x 340	120 x 120 x 120	ABS	0.25 mm	899 €		
	UP! Plus 2	245 x 260 x 350	140 x 140 x 135	ABS, PLA	0.15 mm	1500 €		
 Dimension 3D Printing www.dimension3dprinting.com info@dimension3dprinting.com	Dimension 1200 es B9T	838 x 737 x 1143	254 x 254 x 305	ABS Plus	0.33mm	Katso Stratasys Ltd		
	Dimension 768 SBT/B9T	686 x 914 x 1041	203 x 203 x 305	ABS Plus	0.254 – 0.33mm			
 DWS Systems www.dwsystems.com info@dwsystems.com	DigitalWax 010 Plus	600 x 435 x 400	200 x 200 x 60	Valokovettuva hartsi	0.01-0.15mm	2008 malli		
	DigitalWax 015	630 x 605 x 487	200 x 200 x 60		0.01-0.15mm			
	ULTRAVIOLET 029	800 x 545 x 1385	110 x 110 x 60		0.01-0.15mm			
	DigitalWax 008	380 x 495 x 560	65 x 65 x 90	DC, vahamallikeevaus DM, konseptimallit DL, funktionaaliset mallit RF, vahamallikeevaus hammaslääkkelide RD, hampaiden jäljennökset	10-100 µm	16 000€		
	DigitalWax 028	380 x 495 x 670	65 x 65 x 90			41 000€		
	DigitalWax 028+	380 x 515 x 733	90 x 90 x 90			82 000€		
	DigitalWax 029	545 x 800 x 1350	110 x 110 x 70					
	DigitalWax 029+	545 x 800 x 1350	150 x 150 x 100					
	DigitalWax 030	1150 x 1450 x 2100	300 x 300 x 300					
	Dfab desktop	300 x 300 x 300	Max 5 elementin silta			Temporis	10-100 µm	
	Dfab chariside	300 x 300 x 1060					10-100 µm	
	DigitalWax 0200	380 x 515 x 793	130 x 130 x 90			RD, hampaiden jäljennökset DS, läpinäkyvä lääketeeseen RF, vahamallikeevaus hammaslääkkelide	10-100 µm	24 000 €
	DigitalWax 029X	610 x 660 x 1400	150 x 150 x 200	DC, vahamallikeevaus DM, konseptimallit DL, funktionaaliset mallit Kummanen materiaali	10-100 µm	109 000 €		
	DigitalWax 028J Plus	380 x 515 x 733	90 x 90 x 90	DC, vahamallikeevaus DM, konseptimallit DL, funktionaaliset mallit	10-100 µm	55 000 €		
	DigitalWax 005J	315 x 335 x 630	50 x 37 x 100	DL, funktionaaliset mallit Ins, digitaalinen kivi	10-100 µm	10 000 €		
DigitalWax 0200IX	380x515x793	130 x 130 x 90			30 000 €			
Xfab	420 x 638 x 590	Ø180 x 180		Valokovettuvat	10-100 µm	5000 €		

AM konematriisi 14.3.2016

Valmistaja	Koneen nimi	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskammio (b x d x h mm)	Materiaalit	Kerros- paksuus	Hinta	
 BEAM / EasyCLAD Systems www.easyclad.com www.beam-machines.com contact@easyclad.com contact@beam-machines.com	EasyCLAD VC LF300	1500 x 1400 x 2000	400 x 350 x 200	SS 316L, CoTi, TA6V, Ti6242, INCO 718, INCO 625, Shellite 6-12-21-25, WC + NiCo pohjainen, H13, DT, T15, Työkäytös CPM 10V, M2, Waspalloy, SS410, 440, Hatfield steel, Cu pohjainen	0.1 – 0.3 mm		
	EasyCLAD Magic	4370 x 3936 x 3500	1400 x 800 x 1000		0.2 – 0.8 mm		
	EasyCLAD VH LF4000	4480 x 3950 x 3500	650 x 700 x 500		0.1 – 0.3 mm / 0.5-1.2 mm		
	EasyCLAD VI LF4000	2090 x 1860 x 2720	950 x 900 x 600		0.1 – 0.3 mm / 0.5-1.2 mm		
	Mobile	1200 x 1900 x 2000	400 X 250 X 200			600 000 €	
 EPESTO LLC www.epesto.us info@epesto.us	Magic 2.0	3000 x 2200 X 3500	1200 X 700 X 700		0.2 – 0.8 mm	1 500 000 €	
	EPESTO 557		1500 x 1500 x 2100	Terässeokset, alumiiniseokset, titaniseokset, nikkelipohjaiset seokset, kupariseokset, koboltti	0.2 – 2 mm		
	EPESTO 535		1500 x 900 x 1500				
	EPESTO 434		1200 x 900 x 1200				
	EPESTO 222		600 x 600 x 600				
Perfactory Aureus	450 x 450 x 480	60 x 45 x 100	Nanocure RC25; Wic100G; R11			25 – 35 µm	2010 malli
Perfactory Desktop	450 x 450 x 480	30 x 40 x 100	Nanocure RC25; Wic100G; R11	25 – 35 µm	2008 malli		
Perfactory Mini Multi Lens	730 x 480 x 1350	45 x 34 x 230 – 90 x 65 x 230	Nanocure RC25; Wic100G,R11,81300 PIC100,E-Shell 200 series	15 – 50 µm			
Perfactory Standard Zoom	730 x 480 x 1350	120 x 90 x 230 – 200 x 150 x 230		25 – 150 µm	2008 malli		
Perfactory Standard UV	730 x 480 x 1350	100 x 75 x 230 – 140 x 105 x 230	Nanocure RC25; Wic100G,R11,81300 PIC100,E-Shell 200 series; E-Shell 300	25 – 50 µm			
PixCera Perfactory DDP	450 x 450 x 480	60 x 45 x 100	WIC 300	25 – 50 µm	2010 malli		
Dental High Productivity DDP	730 x 480 x 1350	90 x 65 x 230	WIC 300, E-shell 200, 300, RDP25 & 35	25 – 50 µm			
Dental Desktop DDP	450 x 450 x 480	30 x 40 x 100	WIC 300	25 – 35 µm			
Dental Mini DDP	730 x 480 x 1350	59 x 43 x 230	WIC 300	15 – 50 µm	2008 malli		
Dental High productivity	730 x 480 x 1350	120 x 90 x 230 - 190 x 142 x 230	WIC 300	15 – 50 µm			
Perfactory Xtreme	1220 x 1400 x 2300	304 x 228 x 381	81500	25 – 150 µm			
Perfactory Xede	1220 x 1400 x 2300	457 x 304 x 508	81500	25 – 150 µm			
DDSP Digital Desktop Shell	450 x 450 x 480	100 x 75 x 100		25 – 150 µm	2010 malli		
DDSP Digital Shell Printer UV WIERM	730 x 480 x 1350	140 x 105 x 230	Nanocure RC25; Wic100G,R11,81300 PIC100,E-Shell 200 series E-Shell 300	25 – 150 µm			
Perfactory 3 Mini Multi WIERM	730 x 480 x 1350	Useita vaihtoehtoja		15 – 150 µm			
Perfactory 4 Mini XL WIERM	730 x 480 x 1350	115 x 72 x 160		15 – 150 µm			
Perfactory 4 Mini WIERM	730 x 480 x 1350	84 x 52.5 x 230		15 – 150 µm			
Perfactory 4 Standard XLWIERM	730 x 480 x 1350	192 x 120 x 160		25 – 150 µm			
Perfactory 4 Standard WIERM	730 x 480 x 1350	160 x 120 x 160		25 – 150 µm			
Perfactory Xtreme	1803 x 1803 x 2286	368 x 229 x 356	ABStuff, Abflex, EC500, E-Shell 200 & 300, HTM140, HTM140V, iflex 500, LB600, Photosilver, PIC 100, RS Gray, RS/R11, RC25, RC31, 81500	25 – 150 µm			
Perfactory Xede	1803 x 1803 x 2286	444.5 x 255.5 x 500 tai 330 x 288 x 500		25 – 150 µm			
Perfactory Micro	230 x 180 x 580	40 x 30 x 100		25 – 35 µm	14,999 €		
Ultra HR UV	740 x 760 x 1170	160 x 100 x 200 tai 202 x 127 x 202 tai		15 – 100 µm			
Ultra HR	740 x 760 x 1170	229 x 140 x 203		15 – 100 µm			
Ultra2	736 x 762 x 1168	241 x 140 x 203 – 267 x 165 x 203		15-100 µm	2010 malli		
Ultra	736 x 762 x 1168	254 x 165 x 203		20-100 µm	2010 malli		
Ultra 38P / Ultra 38P HD	740 x 760 x 1170	279 x 184 x 203		25 – 100 µm			
Xtreme 38P	630 x 1400 x 1800	254 x 381 x 330		50 – 100 µm			
Xede 38P	1630 x 1400 x 1800	457 x 457 x 457		50 – 100 µm	120 000 €		
3Dent	740 x 760 x 1170	279 x 184 x 76		25 – 100 µm			
Bioplotter	576 x 623 x 773	150 x 150 x 140			95 000 – 150 000 €		
Perfactory Micro Ortho	280 x 250 x 610	100 x 75 x 100		50 – 100 µm			
WaxEra	355 x 254 x 584	40 x 30 x 100		25 – 35 µm			
Vida	395 x350 x787	140 x 79 x 100		25 – 150 µm	20 000 €		
Vector 38P	910 x 910 x 1520	300 x 200 x 200		50 – 100 µm	50 000 €		
Micro Plus Hi-Res	228 x 241 x 635	45 x 28 x 100		25 – 75 µm			
Micro Plus Advantage		60 x 45 x 100					
 EOS e-Manufacturing Solutions EOS Electro Optical Systems www.eos.info info@eos.info	FORMIGA P 100	1320 x 1067 x 2204	200 x 250 x 330	Polymeeri ja polymeeri materiaalit, sisältäen alumiini täytteitä, hiiliku täytteitä ja palamattomia hiokasraita materiaaleita Polymeeri ja polymeerimateriaalit, sisältäen alumiinitäytteitä, hiiliku täytteitä ja palamattomia hiokasraita materiaaleita Polymeeri ja polymeeri materiaalit, sisältäen alumiini täytteitä, hiiliku täytteitä ja palamattomia hiokasraita materiaaleita	0.1mm	180 000 – 170 000 € inc. (2008)	
	FORMIGA P 110	1320 x 1067 x 2204	200 x 250 x 330		0.06–0.12 mm		
	EOBINT P390	1840 x 1175 x 2100	340 x 340 x 620		0.1mm	295 000–340 000 € inc. (2008)	
	EOBINT P395	1840 x 1175 x 2100	340 x 340 x 620		0.06–0.15 mm		
	EOBINT P396	1840 x 1175 x 2100	340 x 340 x 600		0.06–0.18 mm		
	EOBINT P730	2250 x 1550 x 2100	700 x 380 x 580		0.12mm	730 000 – 815 000 € inc. (2008)	
	EOBINT P760	2250 x 1550 x 2100	730 x 380 x 580		0.06–0.15 mm		
	EOBINT M 250Extended	1950 x 1100 x 1850	250 x 250 x 200				
	EOBINT P 800	2250 x 1500 x 2100	700 x 380 x 580		Pronssi & teräs pohjaiset pulverit	20µm	2008 malli
	EOS M 250	2500 x 1300 x 2190	250 x 250 x 325		PEEK	0.12mm	
	EOBINT M 280	2200 x 1070 x 2290	250 x 250 x 325		Kevytmetallit, rosteni, työkaluteräs, superseokset	20–80 µm	
	EOBINT M 270	2000 x 1050 x 1940	250 x 250 x 215		Pronssi/teräs pohjaiset pulverit, koboltti kromi, ruostumaton teräs, titaani, maraging teräs, titaani	20– 40 µm	440 000 – 475 000 € inc. (2008)
	EOBINT M 400	5351 x 2200 x 2355	400 x 400 x 400				1 250 000 €
	EOBINT B 780	1420 x 1400 x 2150	720 x 380 x 380		Hartsilla kovetetut hiekat	0.2mm	690 000 € inc. (2008)
	EOS Precious M080	800 x 950 x 2280	Ø80 x 95		Kulta ja muut arvometallit		
EOBINT M100	800 x 950 x 2280	Ø100 x 95	koboltti kromi, ruostumaton teräs, titaaniseos		200 000 €		
 EVObeam GmbH evobeam.com info@evobeam.com	SLeVAM		100 x 100 x 100	Ti, Zr, Nb, Ta, Mo, W, Inconellit		350 000 €	
	Evolizer	860 x 840 x 540	270 x 210 x 210	PLA, ABS, FRF	0.15 mm	11 000 €	
 ExOne GmbH www.exone.com europe@exone.com	S-Max	7000 x 3586 x 2860	1800 x 1000 x 700	Kaasvushiekka	0.28-0.50 mm	1 400 000 \$	
	S-Print	2252 x 2584 x 2114	750 x 380 x 400	Kaasvushiekka		800 000 \$	
	M-Print	2252 x 2584 x 2114	780 x 400 x 400	metallisuhe			
	M-Lab	965 x 711 x 1066	40 x 60 x 35	metallisuhe	0.050 mm	85 000 \$	
M-Flex	1674 x 1278 x 1552	400 x 250 x 250	metallisuhe	0.1 mm			





AM konematriisi 14.3.2016

Valmistaja	Koneen nimi	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskammio (b x d x h mm)	Materiaalit	Kerros- paksuus	Hinta
 Fabrisonic LLC www.fabrisonic.com info@fabrisonic.com	SonicLayer R200		500 x 300 x 150	Metallilevyt		
	SonicLayer 4000 / 4000R		1000 x 610 x 610			
	SonicLayer 7200		1800 x 1800 x 900			
 Formlabs www.formlabs.com info@formlabs.com	Form1	300 x 280 x 450	125 x 125 x 165	Akrylaatti photopolymeeri	25 µm	3299 €
	Form1+	300 x 280 x 450	125 x 125 x 165	Akrylaatti photopolymeeri	25 µm	2800 €
	Form 2	350 x 330 x 520	145 x 145 x 175	Akrylaatti photopolymeeri	25 µm	3300 €
 FELIXrobotics www.felixprinters.com info@felixprinters.com	Felix 1.5	450 x 500 x 530	235 x 205 x 200	PLA	0.05 mm	1299 €
	Felix 2	450 x 500 x 530	255 x 205 x 235	PLA	0.05 mm	1400 €
	Felix 3		255 x 205 x 235	PLA	0.05 mm	1500 €
	Felix Pro 1		255 x 245 x 225	PLA, PETG, Flex, ABS, PVA, puumainen, lasimainen	0.05 mm - 0.25 mm	2200 €
 Fortus 3D Production Systems www.fortus.com info@stratasys.com	Fortus 200mc	686 x 864 x 1041	203 x 203 x 203	ABSplus	0.178 - 0.33 mm	Katso Stratasys Ltd
	GAIA Multitool		Ø300 x 360	Keraamit		5000 €
FIBER 1500		1200 x 800 x 1500			24 000 €	
 German RepRap GmbH German RepRap GmbH https://grrf.de/ info@germanreprap.com	Protos X400	650 x 650 x 700	400 x 400 x 350	ABS / PLA / HDPE / PP / PE	0.1 mm	1600 €
	Neo	330 x 330 x 330	150 x 150 x 150	PLA		600 €
	X350	600 x 444 x 517	350 x 200 x 210	ABS / PLA, PS, PVA	0.02 mm	2499 €
	X350 pro	600 x 444 x 517	350 x 200 x 210	ABS, PLA, PS, PVA, TPU, Carbon20, Laywood, Layerlock, PP, Benday, Soft-PLA, SmartABS	0.02 mm	
	X1000	1350 x 1700 x 1300	1000 x 800 x 600	PLA	0.5 mm	28500 €
 Guangdong SYNDAYA 3D Technology Co.,LTD www.syndaya.com/en syndaya@163.com	DiMetal-50	1030 x 610 x 630	50 x 50 x 50	rosteri, titaani seokset, koboltikromi, alumiiniseokset	5-50 µm	
	DiMetal-100	1500 x 750 x 1700	250 x 250 x 300		10-100 µm	
	DiMetal-250	2150 x 1000 x 2050	250 x 250 x 300		10-100 µm	
	DiMetal-400	2150 x 1000 x 2050	400 x 400 x 400		10-100 µm	
 Sondermaschinenbau www.hage.at office@hage.at	72 L		620 x 400 x 290	Materiaalin pursotus		25 000 €
	140 L		700 x 500 x 400			50-70 k€
 HP www.hp.com	HP DesignJet 3D printer	762 x 660 x 660	203 x 152 x 152	ABS+ (norsunluu)	0.25mm	511 050 (2012 malli)
	HP DesignJet Color 3D printer	762 x 660 x 660	203 x 152 x 152	ABS+ (8 väriä)	0.25 & 0.33mm	516 260 (2012 malli)
 Hueway www.hueway.cn	HW 203	475 x 385 x 325	230 x 150 x 150	ABS, PLA	0.1-0.8mm	1000 \$
	HW 303	360 x 360 x 550	200 x 200 x 475	ABS, PLA	0.1-0.4mm	1100 \$
	HW 304	360 x 360 x 550	205 x 205 x 300	ABS, PLA	0.1-0.4mm	1000 \$
	Hueway 3D-160		168 x 168 x 160	PLA	0.1-0.5mm	499 \$
 Hunan Farsoon High-Tech Co www.farsoon.net	F8251P	1750 x 1150 x 1915	250 x 250 x 320	nylon, mineral-, hiilikuitu, lasikuulavesivahvistettu nylon	0.06 - 0.3 mm	
	HT251P	1750 x 1150 x 1915	250 x 250 x 320		0.06 - 0.3 mm	
	F8402P	2650 x 1540 x 2150	400 x 400 x 450		0.06 - 0.3 mm	
	H8402P	2650 x 1540 x 2150	400 x 400 x 450		0.06 - 0.3 mm	
	S8402P	2650 x 1540 x 2150	400 x 400 x 450		0.06 - 0.3 mm	
	F8271M	1750 x 1420 x 1980	275 x 275 x 320		rosteri, koboltikromi	0.02 - 0.1 mm
 Huntsman Advanced Materials www.huntsman.com petric_ebaze@huntsman.com	Arealite Digitals	1805 x 1380 x 2010	650 x 370 x 600	Arealite MLB MicrolightSwitch 70200	50 - 150 µm	2010 malli 3D Systems ostanut. Katso 3D Systems
	D30	2200 x 2500 x 800	150 x 765 x 255	photopolymeeri	25-150 µm	300 000 €
 Innovation MedTech GmbH www.innovation-medtech.de k.maringer-pagelow@ innovation-medtech.de	D35	2200 x 2500 x 800	150 x 765 x 255	photopolymeeri	25-150 µm	350 000 €
	M120	2000 x 1950 x 1250	500 x 600 x 400	photopolymeeri	50-150 µm	250 000 €
	MX-3		1000 x 800 x 650	Metallit		
MX-4						
MX-250		250x250x250			350 000 \$	
MX-450		450x450x350			800 000 \$	
MX-1000		1000x800x650			1 000 000 \$	
MX-Grand		4000x1000x1000			2 000 000 \$	
MPC						
 Rapid GmbH www.irapid.de info@rapid.de	IRapid BLACK 3D-Printer	500 x 350 x 400	250 x 150 x 120	PLA	0.05 mm	990 €
	8P4300	375 x 425 x 470	56 x 35 x 100	ABS-Like (ABS-LC100), CoolGrey ABS-Like (ABS-LC110), Castable Resin (CAST-LC200), High Temperature Resistant (HTR-200)	10-100 µm	21 500 \$
8P6200	375 x 425 x 470	80 x 50 x 100	10-100 µm		25 500 \$	
K3D mini	270 x 150 x 175	44 x 28 x 70	10-100 µm		5000 \$	
Ortholab 382		120 x 75 x 100	24 000 \$			
Ortholab 405		120 x 75 x 100	28 000 \$			
 Keyence Corporation www.keyence.de info@keyence.de	Agilista-3000	944 x 700 x 1360	297 x 210 x 200		15-20 µm	50 000 €

AM konematriisi 14.3.2016

Valmistaja	Koneen nimi	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskammio (b x d x h mm)	Materiaalit	Kerros- paksuus	Hinta	
 Kloner3D www.kloner3d.com info@kloner3d.com	KLONER3D 120	300 x 300 x 300	120 x 120 x 120		0.1 mm		
	KLONER3D 140	290 x 325 x 450	140 x 130 x 120		0.035 mm		
	KLONER3D 150 H	300 x 300 x 600	140 x 140 x 340		0.1 mm		
	KLONER3D 300H	400 x 450 x 650	320 x 260 x 330		0.1 mm		
	KLONER3D 240	400 x 460 x 600	220 x 240 x 140		0.035 mm		
	KLONER3D 320	510 x 460 x 600	320 x 240 x 140		0.035 mm		
	KLONER3D 240TWIN	690 x 460 x 600	360 x 240 x 140		0.035 mm		
	KLONER3D 500	690 x 460 x 600	500 x 240 x 140		0.035 mm		
 Jens Kuehling & Simon Kuehling GbR http://kuehlingkuehling.de/ office@kuehlingkuehling.de	KÜHling&KÜhling RepRap Industrial 3D printer	800 x 600 x 800	200 x 185 x 280	ABS, PVA, PLA, PC, PA	0.1 mm	5000 €	
 Lithoz GmbH www.lithoz.com/ office@lithoz.com	Cereste 7500	1200 x 600 x 1800	75 x 43 x 150	Litholox HP 500 (alumiinioksid), Lithacon ZrO2, Lithabone Ca3(PO4)2,	40 µm	200 000 – 250 000 €	
	Cereste 8500		115 x 64 x 150				285 000 €
 Leapfrog www.lfpfg.com	Creatr	500 x 600 x 500	230 x 270 x 200	ABS, PLA, PVA	Min 0.15 mm	1250 €	
	Creatr H8	600 x 500 x 500	290 x 270 x 180	ABS, PLA, PVA, Nylon	Min 0.05 mm	1800 €	
	Creatr H8 Lite	633 x 486 x 523	280 x 270 x 180		0.1 mm	1700 €	
	Xeed	800 x 600 x 500	370 x 340 x 290	ABS, PLA, PVA	Min 0.1 mm	5460 €	
	Creatr H8 XL	633 x 486 x 930	270 x 270 x 590	ABS, PLA, PVA, Nylon	0.2 mm	4000 €	
 Lincsolution Lincsolution.com Choi10816@naver.com	Link Pro		200x210x250	Materiaalin purstus		2200 €	
	Link Pro+		180x240x310			31000 €	
 Lulzbot www.lulzbot.com info@lulzbot.com	TAZ 3D Printer	680 x 520 x 515	298 x 275 x 250	ABS, PLA, HIPS, PVA, puu filamentti	0.075 – 0.35 mm	2195 \$	
	AO-101 3D Printer	464 x 483 x 381	200 x 190 x 100	ABS, PLA	0.075 – 0.75 mm	1725 \$	
 MakerBot http://makerbot.com contact@makerbot.com	Thing-O-Matic	300 x 250 x 400	120 x 120 x 150	ABS, PLA, HDPE Bokerikuorute, Maapähkinä vol, Silikoni	0.25-0.5mm	700€ 700€ 2010 malli	
	MakerBot Industries Cupcake CNC	300 x 250 x 400	100 x 100 x 120				
	Replicator	320 x 467 x 381	225 x 145 x 150	ABS, PLA	0.2-0.3mm	1750 \$	
	Replicator 2	490 x 420 x 380	285 x 153 x 156	PLA	0.1 mm	1890 €	
	Replicator mini		100 x 100 x 125	PLA	0.2 mm	1375 \$	
	Replicator (5 th generation)	528 x 441 x 410	252 x 199 x 150	PLA	0.1 mm	2900 \$	
	MakerBot Replicator Z18		305 x 305 x 457	PLA	0.1 mm	6500 \$	
	MakerBot Replicator ZX	490 x 420 x 531	250 x 160 x 150	ABS	0.1 mm	2800 \$	
 MAKERGOO makergoo.com info@makergoo.com	Thor		250 x 165 x 210	PLA	40 µm	2000 €	
 Mass Portal BIA massportal.com sales@massportal.com	Pharaoh Delta 3D printer	320 x 310 x 630	Ø 200 x 200	PLA, ABS, PET, PS	0.02 – 0.6mm	2500 €	
 Mbot3D www.mbot3d.com info@mbot3d.com	Mbot Cube II	405 x 405 x 410	200 x 230 x 200	ABS, PLA	0.125 – 0.3 mm	1499 \$ (1 suutin)	
 Mcor Technologies www.mcor technologies.com delidre@mcor technologies.com	Matrix 300	900 x 700 x 800	257 x 170 x 150	A4 Paperi A4 Paperi	0.1 mm	1690€ (2011) 29 900€ (2010)	
	Mcor Matrix	1180 x 755 x 750	297 x 210 x 150			0.1 mm	24 950 € 2009 malli
	Mcor Iris	900 x 700 x 800	256 x 169 x 150			0.1 mm	35 000 €
		Matrix 300+	900 x 700 x 800	256 x 169 x 150		0.1 & 0.15 mm	6333 € / vuosi 23 400 €
	Arke	880 x 593 x 633	240 x 205 x 125	Paperi	0.1 mm	6000 \$	
 Matsaura www.matsaura.co.jp info@matsaura.de	Lumex Avance 25	1800 x 2500 x 2432	250 x 250 x 185	Ruostumaton teräspohjainen pulveri, titaanipulveri, titaani-seos pulveri	20 µm	800 000 €	
 MicroJet Technology CO LTD www.microjet.com	CometJet T51	1110 x 680 x 1220	203 x 203 x 254	Muovipohjainen jauhe	0.08 – 0.12 mm		
	CometJet T52s	1110 x 680 x 1220	203 x 203 x 10	Muovipohjainen jauhe (värilt)			
	CometJet T52	1110 x 680 x 1220	203 x 203 x 254	Muovipohjainen jauhe (värilt)			
	CometJet T163	1460 x 820 x 1320	300x 300 x 254	Muovipohjainen jauhe (värilt)			
 MiiCraft www.mii-craft.com info@mii-craft.com	MiiCraft™ 3D Printer	205 x 208 x 335	43 x 27 x 180	UV kovettava hartsi	50 µm	2159 \$	
 miniFactory www.minifactory.fi jani@minifactory.fi	miFa3D	395 x 335 x 335	140 x 150 x 120	PLA	0.1 -0.32 mm	790 €	
 MTT Technologies Group www.mtt-group.com info@mtt-group.com	SLM 125	750 x 1450 x 1920	125 x 125 x 125	Ruostumaton teräs 316L ja 17-4PH, H13 työkäsitelty, alumiini Al-Si-12Mg ja Al- Si-10Mg, Titaani CP, Ti-6Al-4V ja Ti-6Al- 7Nb, kobolttikromi (ASTM75), Inconel 718 ja 625	20-100 µm	Vanha malli. Yritys jakaantunut SLB Solutions ja Renishaw	
	SLM250	1800 x 800 x 2200 (2008) 870 x 1700 x 2050	250 x 250 x 350 (2008) 250 x 250 x 320 (x,y,z) Z laajennettavissa 350		20-100 µm		
	SLM 100	800 x 800 x 2200	Ø 125 mm x 80 mm	Ruostumaton teräs, työkaluteräs, Titaani seokset, Cr-seos, kulta, alumiini seokset, kobolttikromi	20-100 µm		

AM konematriisi 14.3.2016

Valmistaja	Koneen nimi	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskammio (b x d x h mm)	Materiaalit	Kerros-paksuus	Hinta	
 <p>Neotech AMT GmbH www.neotech-amt.com info@neotech-amt.com</p>	AJ 45X	1400 x 1055 x 2165	600 x 500 x 250	Johtavat metallit & polymeerit, puolijohteet, vastukset, eristeet			
	AJ 15XE	1220 x 870 x 1670	650 x 450 x 250				
	L88 45XE	1480 x 1510 x 2080	1000 x 650 x 250				
 <p>Objet Geometries www.objet.com info@objet.com</p>	Eden 250	870 x 735 x 1200	250 x 250 x 200	High Temperature, Bio-Compatible, Isprikkovat VeroClear ja FullCure 720, PP:n kalainen DuraWhite, Tango kumikalasteita ja Vero	15µm	Yritys yhdistynyt Starfayssin n kanssa. Kasto Stratays Ltd	
	Eden 260	870 x 735 x 1200	260 x 260 x 200	FullCure720, Vero Black, VeroBlue, VeroWhite, ja DuraWhite.	16- 30µm		
	Alaris 30	825 x 620 x 590	300 x 200 x 150	FullCure705, VeroWhite	28 µm		
	Objet 30	825 x 620 x 590	300 x 200 x 150	FullCure705, VeroWhitePlus, VeroBlue, VeroBlack, VeroGrey, DuraWhite, Polypropyleeni-käsitelty	28 µm		
 <p>Omni3D www.omni3d.com sales@omni3d.com</p>	Factory 2.0	1070 x 770 x 1200	500 x 500 x 500	PLA, ABS		20 000 €	
 <p>Opiliones 3D www.opiliones.nl info@opiliones.nl</p>	Opiliones M		Ø310 x 405	PLA	0.09 - 0.32mm	2000 €	
	Opiliones L		Ø500 x 745	PLA	0.09 - 0.32mm	2500 €	
	Opiliones XL						15 000 €
 <p>Optomec, Inc. www.optomec.com info@optomec.com</p>	Aerosol Jet 300 Series	1500 x 1500 x 2200	300 x 300	Johtavat metallit & polymeerit, puolijohteet, vastukset, eristeet	100 nm - 2 µm		
	Aerosol Jet Display Lab	1500 x 1500 x 2200	370 x 470			100 nm - 2 µm	
	Aerosol Jet Solar Lab	1500 x 1500 x 2200	300 x 300			100 nm - 2 µm	
	LENS 850-R	2700 x 2700 x 2700	900 x 1500 x 900		Titaan, Inconel, teräs, koboltti, alumiini, steeleetti, composiittit	0.3 mm	
	LENS MR7	1000 x 1500 x 2000	300 x 300 x 300			0.3 mm	
	LENS 850-R (2011)	3000 x 3000 x 3000	1000 x 1500 x 1000		Titaan (CP Ti, Ti-64, Ti-6242) työkäsitelty (H13, A2, B7)	500µm	\$995 000 – \$1 025 000
	LENS 750 (2011)	3000 x 1500 x 2500	300 x 300 x 300		ruostumaton teräs (304, 316, 420, 17-4 PH) Superseokset (In625, In718, Hast X) muuta hitsattavia seoksia	500µm	\$880 000 – \$915 000
	LENS MR-7 Materials Research System (2011)	3000 x 1500 x 2500	300 x 300 x 300			500µm	\$880 000 – \$915 000
	M3D 300 (2008) Aerosol Jet 300	300 x 1200 x 1500	300 x 300		Laaja valikoima materiaaleja, joihin kuuluvat aerogelipohjaiset nanopartikelit muusäilyvillat, muusäilyvillat, aerogelipohjaiset nanopartikelit, polymeerit, liima-aineet ja biomateriaaleja	0.002 – 0.8mm	\$250 000 – \$275 000
	M3D SOLAR LAB (2008) Aerosol Jet Solar Lab	300 x 1200 x 1500	300 x 300			0.002 – 0.8mm	\$250 000 – \$275 000
 <p>Phenix Systems www.phenix-systems.com contact@phenix-systems.com</p>	T-real II		254 x 254 x 203			3500 €	
	PM100T	1450 x 1250 x 1900	Ø 100 x 100	Metalli / kerami	10-60µm	3D Systems ostanut Phenixin, katoa 3D Systems	
	PM250	3250 x 1300 x 2400	Ø 250 x 300	Metalli / kerami	10-60µm		
	PXS Dental	1200 x 770 x 1950	1200 x 770 x 1950	Koboltikromi	10-60µm		
PM100T Dental	1450 x 1250 x 1900	Ø 100 x 100	Metalli	10-60µm			
 <p>Picaso 3D www.picaso-3d.ru info@picaso-3d.ru</p>	Picaso 3D Builder	470 x 422 x 441	200 x 200 x 200	ABS, PLA	0.1 mm	2200 €	
	Designerpro 250	490 x 390 x 350	200 x 200 x 210	ABS, PLA	0.05 mm	3000 €	
 <p>Polaroid, PLR Ecommerce www.polaroid.com benjamin@randjac.com</p>	ModelSmart 2508		250 x 150 x 150	PLA	50 – 350 µm		
	 <p>POM Group, Inc www.pomgroup.com Info@pomgroup.com</p>	DMD3000	1500 x 1600 x 1600	600 x 600 x 400	H13, B7, 42088, 31688, In625, In718, Ti, Ti6Al4V, Invar	0.25 – 1.0mm	2008 malli
		DMD5000	4100 x 2700 x 2400	1400 x 600 x 450		0.1 – 1.4mm	
		DMD505	5700 x 3200 x 3200	1500 x 800 x 750 (5 aksella) 2000 x 1000 x 750 (3 aksella)		0.1 – 1.4mm	2008 malli \$1 400 000
		DMD105D (2008)	3100 x 1900 x 3100	750 x 500 x 400 (3 aksella) 500 x 500 x 400 (2 aksella)		0.25 – 0.7mm	2008 malli \$500 000
		DMD IC 106	1500 x 1200 x 1300	500 ulottuvuus 300 akselinen robotti		0.1-0.5 mm	350-450 k\$
		DMD 44R/66R	6100 x 6100 x 3100, 44R	2000-3000 ulottuvuus 5 akselinen robotti		0.5-1.8 mm	600-800 k\$
		DMD 103/105D	5100 x 3000 x 3200, 5- aksella	300 x 300 x 300 (3/5 aksella)		0.25-0.7 mm	650-800 k\$
		DMD505D	4400 x 6900 x 4100, 5- aksella	1200 x 1200 x 600 (5 aksella)		0.1-1.5 mm	870-1000 k\$
SYNERGYS (Deposition- subtraction by Dry-JET/EDM)		3400 x 9600 x 3200, 5- aksella	300 x 300 x 300 (3/5 aksella)	0.4-1.5 mm		1400-1700 k\$	
 <p>Penta Oy www.penta.fi riku.rusanen@penta.fi</p>	Penta Duo	495 x 425 x 380	200 x 200 x 200	PLA, ABS, PVPAPetg, Flex-filamentit, puukuitufilamentit, metalliseosfilamentit, hiilikuituseokset, grafeenifilamentit	0.05-0.4mm	2490 €	
	Penta Duo XL	715 x 425 x 380	400 x 200 x 200		0.05-0.4mm	2590 €	
 <p>Printbot http://printbot.com</p>	Printbot Jr		101 x 101 x 101	PLA	50 -100 µm	499 \$	
	Printbot LC (V2)		152 x 152 x 152		50 -100 µm	799 \$	
	Printbot PLUS (V2)		203 x 203 x 203			50 -100 µm	999 \$
 <p>Prismalab China Ltd www.prismalab.com info@prismalab.com</p>	Rapid 200		100 x 200 x 200	valokovettuvat	50 -100 µm	43 000 €	
	Rapid 300		150 x 300 x 300	valokovettuvat	50 -100 µm		
	Rapid 400		216 x 380 x 380	valokovettuvat	50 -100 µm		
	Rapid 600		300 x 600 x 600	valokovettuvat	50 -100 µm		
 <p>Prodways www.prodways.com/en/ contact@prodways.com</p>	M350 Producer	1900 x 2010 x 2250	840 x 660 x 550	valokovettuvat	0.050-0.150 mm	350 000 €	
	K20 Producer	1850 x 1600 x 1800	150 x 560 x 150	komposiittit, keramiitit, metallit	0.040-0.075 mm	350 000 €	
	D35 Producer	2100 x 820 x 2250	720 x 230x 100	lääketieteelliset sovellukset	0.050 mm	250 000 €	
	Promaker L5000	1800 x 1200 x 1980	400 x 330 x 400	valokovettuvat	25 -150 µm		
	Promaker L5000D	1800 x 1200 x 1980	400 x 330 x 200	valokovettuvat	25 -150 µm		
	Promaker L5000	2200 x 1200 x 1980	800 x 330 x 400	valokovettuvat	25 -150 µm		
	Promaker L6000D	2200 x 1200 x 1980	800 x 330 x 200	valokovettuvat	25 -150 µm		
	Promaker L7000	2200 x 1200 x 1980	800 x 330 x 400	valokovettuvat	25 -150 µm		
	Promaker L7000D	2200 x 1200 x 1980	800 x 330 x 200	valokovettuvat	25 -150 µm		
	Promaker L8000	2200 x 2100 x 2100	840 x 660 x 550	valokovettuvat	25 -150 µm		
	Promaker D35	2100 x 800 x 2000	720 x 230 x 150	valokovettuvat	25 -150 µm		
	Promaker P2000 HT	1750 x 1150 x 1915	250 x 250 x 320		0.06 mm	190 000 €	
	PROMAKER P2000 SD	1750 x 1150 x 1915	250 x 250 x 320		0.06 mm	190 000 €	
	Promaker P4000 X	2660 x 1540 x 2150	400 x 400 x 450		0.06 mm	410 000 €	
	Promaker P4000 HS	2660 x 1540 x 2150	400 x 400 x 450		0.06 mm	410 000 €	
Promaker P4000 SD	2660 x 1540 x 2150	400 x 400 x 450		0.06 mm	410 000 €		






AM konematriisi 14.3.2016

Valmistaja	Koneen nimi	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskammio (b x d x h mm)	Materiaalit	Kerros- paksuus	Hinta	
Prodim International BV www.prodim-systems.com	Orca		250 x 220 x 150	PLA, ABS, Nylon, PVA	0.1 mm	1500 €	
	Orcabot XXL		360 x 280 x 230	PLA, ABS, Nylon, PVA		3995 €	
ProMetal RCT GmbH www.prometal-rct.com info@prometal-rct.de	8-15	3354 x 3101 x 2212	1500 x 750 x 70	Kaasuuhiekka	0.15-0.4 mm	1 400 000 \$ (2011) malli. Nimi muuttunut ExOne	
Modelos y Prototipos Rápidos www.prorapid.com info@prorapid.com	Print270 Color 3D	480 x 470 x 760	270 x 270 x 250	PLA, ABS, PVA (eri värisissä)		2 650 €	
Quant 3D www.quant3d.com info@quant3d.com	Q1000	1330 x 753 x 819	350 x 350 x 350	ABS, ESD ABS, PLA, HIPS, PETG	0.1 mm	20 000 €	
RAISE 3D Raise3D, INC. www.raise3d.com inquiry@raise3d.com	N1	362 x 529 x 651	205 x 205 x 205	FLA, PLA+, ABS, PC, PETG, R-flex, TPU, HIPS, prossi- tai puuseostettu	0.01 - 0.25 mm	1800 \$	
	N2	616 x 590 x 760	305 x 305 x 305		0.01 - 0.25 mm	2500 \$	
	N2 Plus	616 x 590 x 1112	305 x 305 x 610		0.01 - 0.25 mm	3300 \$	
rapid production F & B rapid production rapidproduction.org/ support@rapidproduction.org	MetalBro400 V2	800 x 800 x 800	400 x 400 x 400	PLA		6700 €	
	MetalBro600 V2	800 x 800 x 1100	400 x 400 x 600	PLA		8484 €	
	MetalBro1000 V2		400 x 400 x 1000	PLA		13 470 €	
	MetalBro300	680 x 600 x 750	300 x 300 x 250	PLA		2950 €	
rapidshape Rapid Shape GmbH www.rapidshape.de info@rapidshape.de	830 830 L	245 x 620 x 320	50 x 31 x 30 53 x 45 x 30	Yleiset: GP 100 Valamiseen: CP 200 / CP 201 / CP 202	25 - 100 µm		
	D30 Dental D30L Dental		110 x 62 x 80 110 x 80 x 80		35 µm	20 000 €	
	850 V2 mini 850 V2 midi 850 V2 maxi	590 x 570 x 660	76 x 42 x 90 95 x 53 x 90 124 x 70 x 90	Yleiset: GP100, GP101 Valamiseen: CP 200 Bioyhteensopiva: pyynnöstä Komposiittisilikonmuotti: CM 300	25 - 100 µm		
	860 mini 860 midi 860 maxi	660 x 590 x 570	84 x 48 x 200 122 x 69 x 200 150 x 85 x 200		10 - 100 µm	2012 malli	
	860 LED mini 860 LED midi 860 LED maxi	590 x 570 x 660	76 x 42 x 110 95 x 53 x 110 124 x 70 x 110	Yleiset: GP100 Valamiseen: GP 200 CP 201, CP 202 Bioyhteensopiva: pyynnöstä Komposiittisilikonmuotti: CM 300	25 - 100 µm		
	890 890 L	573 x 400 x 1540	153 x 96 x 155 192 x 108 x 155		25 - 200 µm		
	HA 50 uv HA 60 uv LED HA 90	660 x 590 x 570 660 x 590 x 570 573 x 400 x 1540	70 x 52 x 90 105 x 59 x 90 153 x 96 x 150	Yleiset: GP101	25 - 100 µm		
	SLM 50	800 x 700 x 500	Ø 70 x 40		Työkätkeräs, ruostumaton teräs, CoCr, Inconel, titaani, kulta	10 - 50 µm	
	REALIZER realizer GmbH www.realizer.com info@realizer.com	SLM 100	900 x 800 x 2400	125 x 125 x 100	Työkätkeräs, ruostumaton teräs, CoCr, Inconel, titaani, alumiini, kulta	10 - 50 µm	
		SLM 125	600 x 550 x 800	125 x 125 x 200	ruostumaton teräs, CoCr, titaniseokset		250 000€
SLM 250		1800 x 1000 x 2200	250 x 250 x 300	Työkätkeräs, ruostumaton teräs, CoCr, Inconel, titaani, alumiini	20 - 100 µm		
SLM 300		1800 x 1000 x 2200	300 x 300 x 300		20 - 100 µm		
SLM 300i		2200 x 1990 x 850	300 x 300 x 300		450 000 €		
RENISHAW www.renishaw.com additive@renishaw.com	AM250	1700 x 800 x 2050	245 x 245 x 300 (nyvä) Z-akselimatrisissa 250	Avoin systeemi! Ruostumaton teräs, työkätkeräs, alumiini titaani, kobolttikromi, inconel	25 / 50 µm		
	AM125	1350 x 800 x 1900	120 x 120 x 125		20-100 µm	2012 malli	
	RenAM 500 M		250 x 250 x 350		500 000 €		
	AM 400		250 x 250 x 300				
RICOH Ricoch Company, Ltd www.ricoh.com	Ricoh AM 85500P	21000 x 1520 x 2400	550 x 550 x 500	PA11, PA12, PA6, PP polypropeeni	0.08 - 0.2 mm	600 000 €	
ROBO Robo3D www.robos3dprinter.com robos3dprinter@gmail.com	RoBo 3D ABS+PLA Model		254 x 228 x 203	ABS, PLA	0.1 mm	699 \$	
	RoBo 3D PLA Model		254 x 228 x 203	PLA	0.1 mm	599 \$	
Roboze roboze.com info@roboze.com	One	550 x 450 x 500	280 x 220 x 200	Flex, function, strong, ultra	50 µm	6000 €	
	One 400+				11 000€		
3D Rokit http://en.3dsonprinter.com inquiry@rokit.co.kr	3dson Plus	467 x 324 x 380	225 x 145 x 150	PLA	0.05 mm		
	3dson Multi	483 x 340 x 469	280 x 148 x 160	PLA, ABS, Nylon, PVA yms.	0.025 mm	6000 €	
	3dson Pro	511 x 402 x 570	290 x 205 x 245	PLA, ABS, Nylon, PVA yms.	0.025 mm	1000 €	
	3dson H700	511 x 402 x 1030	290 x 205 x 680	PLA, ABS, Nylon, PVA yms.	0.025 mm	8000 €	
	3dson AEP	511 x 402 x 570	290 x 205 x 255	PLA, ABS, Nylon, PVA, Utem, PC yms.	0.025 mm		
Roland DGA www.rolanddga.com dgn-rdp@rolanddga.com	ARM-10	430 x 365 x 450	130 x 70 x 70	ImageCure photopolymeeri	0.01 mm	7000 \$	
Sclerly INC www.sclerly.com	Sclerly DM		5790 x 1220 x 1220	Elektronisuihkukuitaus			
Shaanxi Henglong Intelligent machines Co. Ltd. www.china-rpm.com china-rpm@gmail.com	SP8250J	1265 x 815 x 1705	250 x 250 x 100	photopolymeeri	0.07-0.2 mm		
	SP8350B	1565 x 995 x1930	350 x 350 x 350		0.05-0.2 mm		
	Leser SP8300B	2065 x 1245 x 2220	800 x 600 x 400				
	Leser SP8600B	1860 x 1240 x 1930	600 x 600 x 400				
	Leser SP8450B	1665 x 1095 x1930	450 x 450 x 350				
	Leser SP8250E	1265 x 815 x 1705	250 x 250 x 150		0.07-0.2 mm		
	SP8250M	1265 x 815 x 1705	250 x 250 x 250				
	UV BCP8350B	790 x 890 x 1600	350 x 350 x 250		0.1-0.2 mm		
	UV BCP8350	1795 x 995 x1855	350 x 350 x 350		0.05-0.3 mm		

AM konematriisi 14.3.2016

Valmistaja	Koneen nimi	Koneen koko (B x d x h mm)	Rakennuskammio (B x d x h mm)	Materiaalit	Kerros- paksuus	Hinta	
 Shanghai Union Technology www.union-tek.com/ barrysou@union-tek.com	R83500	1650 x 850 x 2000	350 x 350 x 300	DBM BOMOBIn materiaalit	0.05-0.25mm		
	R84500	1650 x 896 x 2000	450 x 450 x 350		0.05-0.25mm		
	R86000	1700 x 812 x H2200	600 x 600 x 400		0.1-0.8mm	250 000 €	
 Sharebot S.r.l. www.sharebot.it info@sharebot.it	KWi-3D	310 x 350 x 330	140 x 100 x 100	PLA	0.1 mm	696 €	
	Next Generation	450 x 450 x 410	250 x 200 x 200	ABS, ABS Plus, PLA, Nylon, TPU, Polystyrene, Cristal Flex, PLA Brick, PLA Flex, PLA Thermosense, PET	0.05 mm	1500 €	
	XXL	550 x 450 x 410	700 x 250 x 200	PLA-8, TPU, Nylon-Carbon	0.1 mm		
	Voyager	650 x 250 x 400	54 x 56 x 100	UV resin	20/100 µm		
 SHINING 3D TECH http://en.shining3d.com/ sales@shining3d.com	SnowWhite		100 x 100 x 130	PA12		35 000 €	
	Einstart B	300 x 320 x 390	160 x 160 x 160	PLA	0.15-0.35 mm	700 €	
	Einstart L	442 x 497 x 489	310 x 220 x 200	PLA	0.15-0.35 mm		
	IBLA-650	1220 x 1400 x 2000	650 x 600 x 400	GP 355nm	0.05-0.2 mm		
 Sindoh Co., Ltd http://3dprinter.sindoh.com	IBLA-450	1100 x 1400 x 1800	450 x 450 x 400	355nm valokovettuva neste	0.05-0.2 mm		
	3DWOX	421 x 433 x 439	210 x 200 x 195	PLA, ABS	0.05 - 0.4 mm		
 Sinterit www.sinterit.com contact@sinterit.com	Lisa	650 x 550 x 450	130 x 170 x 130	PA12	0.06-0.15mm	7000 €	
 Sintermask Technologies www.sintermask.com www.fabbster.de sales@sintermask.se info@fabbster.com	Polux 32	1250 x 2100 x 1799	210 x 300 x 500	Polyamid ja lasi	50 - 120µm		
	Zoro High Speed	2200 x 700 x 2000	210 x 300 x 800	Muovisuheet (sulamispöytä alle 450C°)	25 - 250µm	250 000- 450 000€	
	Fabbster	580 x 480 x 580	230 x 230 x 210	termostaattiset muovit	25 - 400 µm	1000 €	
 Sintrect sintrect.com	Sintrect		110 x 110 x 110	PA12	100 - 150 µm	5000 €	
	81			PA12	100 - 150 µm	10 000 €	
 Sisma Group www.sisma.com info@sisma.com	Mysint 100	1390 x 760 x 1600	Ø100 x 100	Prossi, kobaltikromi, rosteri	10 µm	160 000 €	
 SLM Solutions GmbH www.slm-solutions.com info@slm-solutions.com	SLM 125 HL	1350 x 1900 (2400) x 800	125 x 125 x 75	Tiitani, titaniseokset, työkalu- ja ruostumatonta teräs, alumiiniseokset, kobaltikromi, Inconel	20 µm - 75 µm		
	SLM250 HL	1650 x 1900 (2400) x 1000	250 x 250 x 350		20 µm - 75 µm		
	SLM280 HL	1800 x 1900 (2400) x 1000	280 x 280 x 350		20 µm - 100 µm	500 000 €	
	SLM 500 HL	3000 x 2000 (2500) x 1100	500 x 280 x 325		20 µm - 200 µm	1 000 000 €	
 Solido www.solido3d.com ran@solido3d.com	8D300 Pro	770 x 465 x 420	160 x 210 x 135 (XYZ)	Tekniset muovit monilla eri väreillä	0.17mm (Z)	2010 malli 9500€	
	8D300 3D Printer	750 x 410 x 420	210 x 160 x 135	Tekniset muovit monilla eri väreillä	0.165mm	2008 malli 915,000€	
 Solidoodle www.solidoodle.com support@solidoodle.com	Solidoodle 3D Printer, 2nd Generation	292 x 298 x 298	152 x 152 x 152	ABS, PLA	0.1 mm	499 \$	
	Solidoodle 3D Printer, 3rd Generation	343 x 356 x 356	203 x 203 x 203	ABS, PLA	0.1 mm	799 \$	
 SolidScape, Inc. www.solid-scape.com precision@solid-scape.com	D76+	546 x 489 x 401	152 x 152 x 101	DentalCast – Kappaleet InduraFill – Tukimateriaali	0.0254 - 0.0635,mm	32776€	
	D66+	546 x 489 x 401	152 x 152 x 101			22006€	
	T76+	546 x 489 x 401	152 x 152 x 101	InduraCast – Kappaleet InduraFill – Tukimateriaali	0.0127 - 0.0762 mm	32776€	
	R66+	546 x 489 x 401	152 x 152 x 101			22006€	
	T612 Benchtop 2	711 x 495 x 495	304 x 152 x 152			39956€	
	3ZPRO	558 x 495 x 419	152.4 X 152.4 X 101.6	3Z Model, 3Z Support	Käyttökäsi valittavissa ain 6.33 µm	45 650 \$	
	3ZSTUDIO	558 X 495 X 419	152.4 X 152.4 X 50.8	3Z Model, 3Z Support		24 650 \$	
	3Z MAX	558 X 495 X 419	152.4 X 152.4 X 101.6	3Z Model, 3Z Support	Käyttökäsi valittavissa	49 650 \$	
	3Z Lab	558 X 495 X 419	152.4 X 152.4 X 50.8	3Z Model, 3Z Support		29650 \$	
	Contact 600		152.4 X 152.4 X 101.6			50 000 \$	
	SolidScape® MAX2	558 X 495 X 419	152.4 X 152.4 X 101.6	3Z Model, 3Z Support	25.4µm		
	MAX3		152 x 152 x 101			56 000 \$	
	 Scon www.scon.com cs@scon.com	MakerPI M2041	360 x 360 x 735	200 x 200 x 410	PLA, ABS, PHA	0.05-0.30mm	
		MakerPI M2030	360 x 360 x 535	200 x 200 x 300	PLA, ABS, PHA	0.05-0.30mm	
MakerPI M2048		360 x 360 x 735	200 x 200 x 480	PLA, ABS, PHA	0.05-0.30mm		
 SprintRay www.sprintray.us	MoonRay	381 x 381 x 508	127 x 81 x 203	valokovettuvat – vaaleista, kirkas, oranssi, vihreä	20 µm	3500 \$	
	SterRay	429 x 338 x 729	122 x 91 x 228		20 µm	2000 \$	
 Stratasys FOR A 3D WORLD® Stratasys Ltd www.stratasys.com info@stratasys.com	Objet 1000	2800 x 1800 x 1800	1000 x 800 x 500	ABS like, High Temperature, Bio- Compatible, Isohäkkyvät VeroClear ja FullCure 720, PP:n kaltainen Duruswhite, Tango kumikalteiset ja Vero materiaalit.	16 µm	500 000 €	
	Objet 500 Connex3 Color Multi-material 3D Printer	1400 x 1260 x 1100	490 x 390 x 200		16 µm	241 000 €	
	Objet Connex500	1420 x 1120 x 1130	500 x 400 x 200		16- 30µm	220 000 € (2008)	
	Objet Connex350	1420 x 1120 x 1130	350 x 350 x 200		16- 30µm		
	Objet Connex260	870 x 735 x 1200	260 x 260 x 200		16- 30µm		

AM konematriisi 14.3.2016

Valmistaja	Koneen nimi	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskammio (b x d x h mm)	Materiaalit	Kerros- paksuus	Hinta
 <p>Stratasys FOR A 3D WORLD™ Stratasys Ltd www.stratasys.com info@stratasys.com</p>	Objet 260 Connex 1	870 x 735 x 1200	255 x 252 x 200	VeroWhitePlus, VeroBlackPlus, VeroGray,VeroBlue, Tango family, RGD720, VeroClear, Endur, Durus, MGD610, RGD525	16 µm	
	Objet 260 Connex 2	870 x 735 x 1200	255 x 252 x 200	VeroWhitePlus, VeroBlackPlus, VeroGray,VeroBlue, Tango family, RGD720, VeroClear, Endur, Durus, MGD610, RGD525, ABS iika	16 µm	
	Objet 260 Connex 3	870 x 735 x 1200	255 x 252 x 200	VeroWhitePlus, VeroBlackPlus, VeroGray,VeroBlue, Tango family, RGD720, VeroClear, Endur, Durus, MGD610, RGD525, ABS iika	16 µm	
	Objet 350 Connex 1	870 x 735 x 1200	342 x 342 x 200	VeroWhitePlus, VeroBlackPlus, VeroGray,VeroBlue, Tango family, RGD720, VeroClear, Endur, Durus, MGD610, RGD525	16 µm	
	Objet 350 Connex 2	870 x 735 x 1200	342 x 342 x 200	VeroWhitePlus, VeroBlackPlus, VeroGray,VeroBlue, Tango family, RGD720, VeroClear, Endur, Durus, MGD610, RGD525, ABS iika	16 µm	
	Objet 350 Connex 3	870 x 735 x 1200	342 x 342 x 200	VeroWhitePlus, VeroBlackPlus, VeroGray,VeroBlue, Tango family, RGD720, VeroClear, Endur, Durus, MGD610, RGD525, ABS iika	16 µm	
	Objet 500 Connex 1	1400 x 1260 x 1100	490 x 390 x 200	High Temperature, Bio-Compatible, läpinäkyvät VeroClear ja FullCure 720, PP:n kaltainen DurusWhite, Tango kuminkalaset ja Vero materiaalit.	16 µm	
	Objet 500 Connex 2	1400 x 1260 x 1100	490 x 390 x 200	ABS iika, High Temperature, Bio-Compatible, läpinäkyvät VeroClear ja FullCure 720, PP:n kaltainen DurusWhite, Tango kuminkalaset ja Vero materiaalit.	16 µm	
	Objet 500 Connex 3	1400 x 1260 x 1100	490 x 390 x 200	ABS iika, High Temperature, Bio-Compatible, läpinäkyvät VeroClear ja FullCure 720, PP:n kaltainen DurusWhite, Tango kuminkalaset ja Vero materiaalit.	16 µm	
	Objet Eden 500V	1320 x 990 x 1200	500 x 400 x 200	High Temperature, Bio-Compatible, läpinäkyvät VeroClear ja FullCure 720, PP:n kaltainen DurusWhite, Tango kuminkalaset ja Vero materiaalit.	16- 30µm	190 000 € (2008)
	Objet Eden 350V	1320 x 990 x 1200	350 x 350 x 200		16- 30µm	120 000 € (2008)
	Objet Eden 350	1320 x 990 x 1200	350 x 350 x 200		16µm	100 000 € (2008)
	Objet Eden 260V	870 x 735 x 1200	255 x 252 x 200		16- 30µm	
	Objet Eden 260VB	870 x 735 x 1200	255 x 252 x 200		16- 30µm	
	Objet 30 Pro	825 x 620 x 590	300 x 200 x 150	FullCure705, VeroClear Transparent, RGD525 High Temperature, VeroWhitePlus Opaque, VeroBlue Opaque, VeroBlack Opaque, VeroGray Opaque, DurusWhite	28 µm	
	Objet 30 Prime	825 x 620 x 590	294 x 192 x 148,6	Bio-compatible (MGD610) High Temperature (RGD525), VeroWhitePlus VeroBlue, VeroBlack, VeroGray, Tango2, TangoBlack, Durus, Endur), VeroClear, RGD720	28 µm	37 000 €
	Objet 24	825 x 620 x 590	240 x 200 x 150	FullCure705, VeroWhite	28 µm	16 900€
	Mojo 3D Printer	630 x 480 x 530	127 x 127 x 127	P430 ABBplus Ivory	0.17 mm	9 900 \$
	uPrint 8E	635 x 660 x 787 (1 kammio) 635 x 660 x 940 (2 kammiota)	203 x 152 x 152	ABB Plus	0.254mm	11 999 €
	uPrint 8E Plus	635 x 660 x 800 (1 kammio) 635 x 660 x 953 (2 kammiota)	203 x 203 x 152	ABB Plus (valkoinen, norsunluu, punainen, sininen, harmaa, nektariini, keltainen, vihreä)	0.254mm / 0.330mm	15 500 €
	Dimension Elite	838 x 737 x 1143	203 x 203 x 305	ABB Plus	.178 – .254mm	24 150 €
	Dimension 1200 es 8TT	838 x 737 x 1143	254 x 254 x 305	ABB Plus	0.254 – 0.33mm	26 600 €
	Fortus 250mc	838 x 737 x 1143	254 x 254 x 252	ABBplus	0.178 – 0.33 mm	60 000 – 70 000€
Fortus 360mc	1281 x 895 x 1692	355 x 254 x 254 tai 406 x 355 x 406	ABB-M30, PC-ABS, PC	0.127 – 0.33 mm	90 000 – 140 000€	
Fortus 380mc		355 x 305 x 305	ABB-M30, ABB-M30I, ABB-E807, ASA, PC-ISO, PC, FDM Nylon 12	0.127 – 0.33 mm		
Fortus 400mc	1281 x 895 x 1692	355 x 254 x 254 tai 406 x 355 x 406	ABB1, ABB-M30, ABB-M30I, PC-ABS, PC-ISO, PC, Ultem 9085, PPSF / PPSU	0.127 – 0.33 mm	115 000– 175 000€	
Fortus 450mc		406 x 355 x 406	ABB-M30, ABB-M30I, ABB-E807, ASA, PC-ISO, PC, FDM Nylon 12, ULTEM 9085, ULTEM 1010	0.127 – 0.33 mm		
Fortus 900mc	2772 x 1683 x 2281	914 x 610 x914	ABB-M30, ABB-M30I, PC-ABS, PC, PC- ISO, Ultem 9085, PPSF / PPSU	0.178 – 0.33 mm	350 000– 400 000€	
Objet 500 Dental Selection	1400 x 1260 x 1100	490 x 390 x 200	Clear Bio-compatible, VeroGlace, VeroDent, VeroDentPlus, VeroWhite, VeroMagenta, TangoPlus, TangoBlackPlus	16µm		
Objet 260 Dental Selection	870 x 735 x 1200	255 x 252 x 200		16µm		
 <p>Stratasys, Inc www.stratasys.com info@stratasys.com</p>	FDM Maxum	2235 x 1118 x 1981	600 x 500 x 600	ABS, Iskun kestävä ABS	0.127 – 0.254mm	Yhtye yhdistyneet Osakey- rittäjä. Kalle Stratasys Ltd
 <p>TRUMPF www.trumpf.com Yhteystiedot nettisivulta.</p>	TruLaser Cell 7020		4000 x 1500/2000 x 750	Työkaluteräs, roosteri, alumiiniseokset, titaani, titaaniseokset, nikkeliseokset, kupariseokset, Laserhitsaus.		
	TruLaser Cell 7040		4000 x 1500/2000 x 750			
	TruLaser Cell 3000		420 x 420 x 220			450 000 €
	TruLaser Cell 3010		1000 x 500 x 400			
	TruLaser Cell 3008		800 x 500 x 400			
	TruLaser Cell 3004		400 x 400 x 300			
	TruLaser Cell 3308		500 x 300 x 400			
	TruLaser Cell 1100					
	TruLaser Robot 5020		1400 x 300 x 1200			
	Trueprint 1000	1445 x 1680 x 730	Ø100 x 100			20 µm
Trueprint 3000		Ø300 x 400			500 - 700 k€	
 <p>TPM 精密光機 Trump Precision Machinery www.trumpsystem.com info@trumpsystem.com</p>	Elite 3500	1280 x 1340 x 2320	350 x 350 x 600	C.R.P technology S.R.L:n pulverit	0.15 tai 0.2 mm	
	Elite 5000	1410 x 1340 x 2100	480 x 480 x 600		0.15 mm	
 <p>Ultimaker Ultimaker B.V. www.ultimaker.com info@ultimaker.com</p>	Ultimaker Original	340 x 480 x 350	210 x 210 x 205	PLA	20 – 200 µm	1194 €
	Ultimaker 2	340 x 355 x 390	210 x 210 x 220	PLA, ABS	20 – 200 µm	

AM konematriisi 14.3.2016

Valmistaja	Koneen nimi	Koneen koko (b x d x h mm)	Rakennuskammio (b x d x h mm)	Materiaalit	Kerros- paksuus	Hinta
 Voxel8 www.voxel8.co hello@voxel8.co	Voxel8		100 x 150 x 100	PLA, johtava muste	200 µm	8999 \$
 voxeljet technology GmbH www.voxeljet.com info@voxeljet.de	VX4000	19500 x 3800 x 7000	4000 x 2000 x 1000	PMMA / Sand	0.12 – 0.3 mm	1 354 000 €
	VX2000	4900 x 2500 x 2300	2060 x 1060 x 1000	PMMA / Sand	0.12 – 0.4 mm	1 000 000 €
	VX1000	2400 x 2800 x 2000	1060 x 600 x 500	PMMA / Sand	0.1 – 0.3 mm	564 000 €
	VX800	2000 x 2200 x 2200	850 x 450 x 500	PMMA / Sand	0.1 – 0.15 mm	500 700 – 840 000 €
	VX500	1800 x 1800 x 1700	500 x 400 x 300	PMMA / Sand	0.08 – 0.15 mm	278 000€
	VX200	1700 x 900 x 1500	300 x 200 x 150	PMMA / Sand	0.15 mm	120 000 €
 Way2Production www.way2production.com info@way2production.com	VXC800	4000 x 2800 x 2200	850 x 500 x Y	PMMA / Sand	0.3 mm	524 000 €
	Softflex 350	388 x 388 x 363	60 x 120 x 110		25-200 µm	28 000 €
 Softflex 650	Softflex 650	388 x 388 x 363	128 x 120 x 110	Valokovettuvat	25-200 µm	35 000€
 Wilbox www.wilbox.com service@wilbox.com	Wilbox	480 x 475 x 620	250 x 200 x 200	ABS, PLA	0.1 mm	2000 \$
 Binhu Wuhan binhu mechanical& electrical co., ltd binhd tctx.cn/ binhu@binhurp.com	HRP-II-B	1750 x 980 x 1500	450 x 350 x 350	paperi		
	HRP-III-A	1880 x 1100 x 1700	600 x 400 x 500			
	HRPL-II		380 x 350 x 350	photopolymeeri	0.05 – 0.3 mm	
	HRPL-III		600 x 500 x 500			
	HRPB-II A	1900 x 920 x 2070	320 x 320 x 450			
	HRPB-III A	2030 x 1050 x 2070	400 x 400 x 450	polymeeri-, metallic, keraami ja kaavushiekkapolveerit		
	HRPB-IV	2270 x 1150 x 2070	500 x 500 x 400			
 X3D GROUP x3d-group.com	Rapid 200		108 x 152 x 152		33 µm	
	Rapid 300		162 x 238 x 238		50 µm	
	Rapid 400		216 x 384 x 384	photopolymeeri	50 µm	65 000 €
	Rapid 500		324 x 576 x 576		50 µm	86 000 €
	EBAM 68	1727 x 1727 x 2794	711 x 635 x 1600			
	EBAM 88	1727 x 1727 x 2794	1219 x 389 x 1600	Titaani ja sen seokset, Inconel, tungsten, rosteri, alumiiniseokset, teräs, nikkelseokset,		
	EBAM 110	2794 x 2794 x 2794	1778 x 1194 x 1600			
	EBAM 150	3810 x 3810 x 3048	2794 x 1575 x 1575			
	EBAM 300	7620 x 2743 x 3353	5791 x 1219 x 1219			
 Xery 3D www.xery3d.com marketing@xery3d.com	Lappie	320 x 300 x 340	100 x 100 x 100	PLA / PVA	0.1 – 0.5 mm	400 \$
	Smart 225	470 x 320 x 375	225 x 150 x 150	PLA / PVA	0.1 – 0.5 mm	500 \$
	Smart 300M	565 x 400 x 430	300 x 200 x 200	PLA / PVA	0.1 – 0.5 mm	700 \$
	Super 300M	565 x 400 x 430	300 x 200 x 200	PLA / PVA	0.1 – 0.5 mm	500 \$
	Hero	582 x 483 x 512	300 x 200 x 200	PLA / PVA	0.1 mm	2000 \$
	Vision	805 x 755 x 1600	300 x 300 x 300	PLA / PVA / ABS	0.1 – 0.4 mm	10 000 \$
	Victory	1840 x 1175 x 2100	350 x 350 x 650	PA 12	0.06 – 0.12 mm	200 000 \$
 XYZprinting us.xyzprinting.com info@xyzprinting.com	da Vinci 1.0 A/O	468 x 510 x 558	200 x 200 x 190	ABS	0.1 mm	300 €
	da Vinci 2.1 A/O	468 x 510 x 558	150 x 200 x 190	ABS	0.1 mm	
	da Vinci 1.0	468 x 510 x 558	200 x 200 x 200	ABS	0.1 mm	499 \$
	Ps Vinci 2.0A Duo		150 x 200 x 200	ABS / PLA	0.1 mm	750 €
	Da Vinci 1.1 Plus		200 x 200 x 200	ABS / PLA	0.1 mm	300 €
	Nobel 1 / Nobel 1.0 A	280 x 337 x 590	128 x 128 x 200	photopolymeeri	0.025mm	1900 €
	da Vinci Mini		150 x 150 x 150			269 \$
	da Vinci Junior 1.0					549 \$
	da Vinci Junior 2.0 Mix					499 \$
 Z-Corporation www.zcorp.com uksales@zcorp.com	ZPrinter 310 Plus	740 x 860 x 1090	203 x 254 x 203	Kipsikomposiitti; suora valaaminen; Elastomeerit , vahamallikaavaimiseen	0.089 – 0.203mm	3DSystems ostanut. Katso 3D Systems
	Spectrum Z 510	1070 x 790 x 1270	254 x 356 x 203	Kipsikomposiitti	0.089 – 0.203mm	
	Zprinter Ultra	711 x 775 x 1803	260 x 160 x 190	SI500 fotopolymeeri	50 tai 100 µm	
 Xinlight Laser Technologies LTD www.xl-bit.com/en sales@xl-bit.com	BLT-C1000		1500 x 1000 x 1000	rosteri, titaani- ja nikkelseokset		
	BLT-C600		600 x 600 x 1000	rosteri, titaani- ja nikkelseokset		
	BLT-8300		250 x 250 x 1000	rosteri, titaani- ja nikkelseokset, alumiini		
	BLT-8200		105 x 105 x 200	alumiini- ja titaaniseokset, rosteri, korkealämpötilan seokset, kuparseokset		
 Zmorph ZMorph sp. z o.o. http://zmorph3d.com	Zmorph 3D printer	530 x 555 x 480	250 x 235 x 165	ABS, PLA, PVA, nylon	0.025 mm	1500 €
 Zortrax S.A. zortrax.com	Inventure	350 x 350 x 400	140 x 140 x 140	Z-ULTRAT, Plus	0,14mm	2300 e
	M200	245 x 430 x 430	200 x 200 x 180	Z-ABS, Z-ULTRAT, Z-HIPS, Z-GLASS, Z-PETG, PC-ABS	0.09 mm	1800 €

Lähteet:

The TCT Magazine 11 08 vol. 16 no. 6, The TCT Magazine 11 09 vol. 17 no. 6
The TCT Magazine 10 10 vol. 18 no. 5, The TCT Magazine 11 10 vol. 18 no.6,
The TCT Magazine 09 11 vol. 19 no.5, The TCT Magazine 11 11 vol. 19 no.6,
The TCT Magazine 09 12 vol. 20 no.5, The TCT Magazine 11 12 vol. 20 no.6,
TCT 2013 Buyers' s Guide of AM and 3D Printing Machine Manufacturers

Laitevalmistajien internetsivut, Euromold messut 2008-2015. Formnext messut 2015.

Mahdollisista virheistä tai puutteista voi ilmoittaa mika.salmi@aalto.fi.