



Elisa Jauhiainen

3D-mallinnus ja 3D-tulostus: Maustehyllyn ja -telineen suunnittelu ja toteutus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tieto- ja viestintätekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

13.5.2025

Tiivistelmä

Tekijä:	Elisa Jauhiainen
Otsikko:	3D-mallinnus ja 3D-tulostus: Maustehyllyn ja -telineen suunnittelu ja toteutus
Sivumäärä:	80 sivua + 3 liitettä
Aika:	13.5.2025
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Tieto- ja viestintätekniikka
Ohjaaja:	Osaamisaluejohtaja Janne Salonen

Tässä insinööriyössä selvitettiin, kuinka 3D-mallinnusta ja -tulostusta voidaan soveltaa käytännön ongelman ratkaisemisessa. Työn tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa toimiva, käytännöllinen ja visuaalisesti miellyttävä maustehyllä sekä mausteteline, jotka parantavat keittiön järjestystä ja helpottavat arkea. Lisäksi työn tarkoituksena oli tarjota tietoa 3D-mallinnuksen ja -tulostuksen mahdollisuuksista ja haasteista sekä osoittaa niiden soveltuvuus yksilöllisten ja räätälöityjen ratkaisujen kehittämiseen. Insinööriyö toteutettiin kehittämistutkimuksena, jossa prosessi jaettiin neljään vaiheeseen. Nämä vaiheet olivat tavoitteen määrittely, suunnittelu, toteutus ja arviointi. Ratkaisujen kehittämisessä yhdistettiin teoreettista tietopohjaa ja kokeellista testausta.

Maustehyllän ja -telineen 3D-mallien suunnittelu toteutettiin SolidWorks-ohjelmistolla, ja mallit valmistettiin 3D-tulostamalla käyttäen PLA-muovia. Suunnitteluprosessin aikana havaittiin, että tulostettujen osien toimivuus ei aina vastannut alkuperäisiä suunnitelmia, minkä vuoksi malleja muokattiin testitulostusten perusteella. Työn edetessä korostui iteratiivisen suunnittelun merkitys, eli onnistunut lopputulos edellytti toistuvia kehitysvaiheita, joissa malleja muokattiin sekä toiminnallisuuden että tulostettavuuden parantamiseksi. Käytännön toteutus osoitti, että lopputuotteiden rakenteet olivat toimivia ja vastasivat niille asetettuja tavoitteita. Maustehyllä ja -teline olivat käytännöllisiä, visuaalisesti miellyttäviä ja kestivät päivittäistä käyttöä ilman lisäsäätöjen tarvetta.

Työn tuloksista ilmeni, että 3D-mallinnus ja -tulostus tarjoavat tehokkaita työkaluja yksilöllisten ratkaisujen suunnitteluun. Lisäksi insinööriyö tarjosi arvokasta kokemusta suunnitteluprosessista, mallien kehittämisestä ja ongelmanratkaisusta sekä syvensi ymmärrystä 3D-tekniikoiden mahdollisuuksista ja haasteista. Saadut opit ovat sovellettavissa laajemmin myös muihin suunnitteluprojekteihin, joissa tarvitaan räätälöityjä ja käyttäjälähtöisiä ratkaisuja.

Avainsanat: 3D-mallinnus, 3D-tulostus, SolidWorks, kehittämistutkimus

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Elisa Jauhiainen
Title: 3D modeling and 3D printing: Designing and Implementing a Spice Rack and Spice Holder
Number of Pages: 80 pages + 3 appendices
Date: 13 May 2025

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Information and Communication Technology
Supervisor: Janne Salonen, Director, School of ICT

This thesis explored how 3D modeling and 3D printing can be applied to solving a practical problem. The objective was to design and implement a functional, practical, and visually pleasing spice rack and spice holder that improve kitchen organization and facilitate everyday life. In addition, the aim was to provide insights into the possibilities and challenges of 3D modeling and printing, and to demonstrate their suitability for developing customized and personalized solutions. The thesis was carried out as a developmental research project, structured into four phases. These phases were defining the objective, designing, implementing, and evaluating. The development of the solutions combined theoretical knowledge with experimental testing.

The 3D models of the spice rack and spice holder were designed using SolidWorks and manufactured through 3D printing using PLA-plastic. During the design process, it was discovered that the printed parts did not always function as originally intended. As a result, the models were modified based on test prints. The importance of iterative design became apparent, as achieving a successful final product required repeated development phases to improve both functionality and printability. The final products proved to be structurally sound and met the set goals. The spice rack and spice holder were practical, aesthetically pleasing, and durable for everyday use without the need for further adjustments.

The results indicated that 3D modeling and 3D printing are effective tools for developing individual solutions. Furthermore, the project provided valuable experience in design processes, model development, and problem-solving, while deepening understanding of both the potential and challenges of 3D technologies. The lessons learned are applicable to a wider range of design projects requiring tailored, user-centered solutions.

Keywords: 3D modeling, 3D printing, SolidWorks, developmental research

This thesis has been checked using Turnitin Originality Check service.

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	3D-mallinnus	2
2.1	Yleistä	2
2.2	3D-mallinnuksen historia	3
2.3	3D-mallinnuksen käyttökohteet	6
2.4	3D CAD	9
2.4.1	Erot 3D CAD:n ja 3D-mallinnuksen välillä	9
2.4.2	Mallinnustekniikat	11
2.5	SolidWorks	13
2.5.1	Esittely	13
2.5.2	Peruskomennot	16
2.5.3	Vertailu muihin 3D CAD -ohjelmistoihin	21
2.6	3D-mallinnuksen tulevaisuus	24
3	3D-tulostus	27
3.1	Yleistä	27
3.2	3D-tulostuksen historia	28
3.3	3D-tulostuksen käyttökohteet	31
3.4	3D-tulostusmateriaalit ja niiden ominaisuudet	35
3.4.1	Muovit	35
3.4.2	Metallit	37
3.4.3	Muut materiaalit	39
3.5	3D-tulostimien vertailu	40
3.5.1	Prenta Duo XL SE	42
3.5.2	Bambu Lab A1 Mini	43
3.5.3	Prusa MK4S	44
3.6	3D-tulostuksen ympäristövaikutukset ja kestävä kehitys	45
3.7	3D-tulostuksen tulevaisuus	48
4	Maustehyllyn ja -telineen suunnittelu ja toteutus	49
4.1	Kehittämistutkimus	49

4.2	Projektin kulku	50
4.2.1	Tavoite	50
4.2.2	Suunnittelu	53
4.2.3	Toteutus	59
4.2.4	Arviointi	65
5	Pohdinta ja yhteenveto	68
	Lähteet	70

Liitteet

Liite 1: SolidWorksin peruskomennot jaettuna viiteen pääryhmään

Liite 2: Maustehyllyä varten 3D-mallinnettujen osien esittely

Liite 3: Maustehyllyn osien 3D-mallit ja 3D-tulostetut mallit

Lyhenteet

- 2D: *Two-dimensional*. Kaksiulotteinen. Viitataan asioihin, joilla on vain kaksi ulottuvuutta: leveys ja korkeus.
- 3D: *Three-dimensional*. Kolmiulotteinen. Viitataan asioihin, joilla on kolme ulottuvuutta: leveys, korkeus ja syvyys.
- 3D CAD: *Three-dimensional Computer-Aided Design*. Kolmiulotteinen tietokoneavusteinen suunnittelu. Tarkoittaa suunnittelua, jossa käytetään ohjelmistoa fyysisten esineiden kolmiulotteisten mallien luomiseen.
- ABS: *Acrylonitrile Butadiene Styrene*. Akrylinitriilibutadieenistyreeni. Suositettu 3D-tulostusmateriaalina käytettävä muovi.
- AI: *Artificial Intelligence*. Tekoäly. Tarkoittaa tietokonetta tai tietokoneohjelmaa, joka kykenee suorittamaan älykkäinä pidettyjä toimintoja, kuten päättelyä ja oppimista.
- AR: *Augmented Reality*. Lisätty todellisuus. Teknologia, jonka avulla käyttäjä näkee todellisen ympäristön, mutta siihen lisätään digitaalisia elementtejä reaaliajassa.
- CAD: *Computer-Aided Design*. Tietokoneavusteinen suunnittelu. Tarkoittaa suunnittelutyötä, jossa käytetään ohjelmistoa teknisten piirustusten ja mallien luomiseen.
- PLA: *Polylactic Acid*. Polylaktinen happo. Biohajoava muovi, joka on yksi yleisimmistä 3D-tulostusmateriaaleista.
- VR: *Virtual Reality*. Virtuaalitodellisuus. Teknologia, joka luo käyttäjälle täysin keinotekoisien, kolmiulotteisen ympäristön, jossa voi liikkua VR-lasien tai -laitteiden avulla.

1 Johdanto

3D-mallinnus ja -tulostus ovat viime vuosikymmeninä kehittyneet merkittävästi ja löytäneet tiensä monille eri aloille, kuten teolliseen suunnitteluun, prototyyppien valmistukseen ja lääketieteeseen. Teknologian kehittymisen myötä 3D-mallinnusohjelmat ovat tulleet käyttäjäystävällisemmiksi ja monipuolisemmiksi, minkä ansiosta niiden hyödyntäminen on helpompaa sekä ammattilaisille että harrastajille. Samalla 3D-tulostustekniikoiden ja -materiaalien laajentuminen on mahdollistanut entistä monimutkaisempien ja kestävämpien rakenteiden valmistamisen.

Tämä insinööriyö keskittyy 3D-mallinnuksen ja -tulostuksen soveltamiseen käytännön ongelman ratkaisemisessa. Tavoitteena on suunnitella ja valmistaa toimiva, käytännöllinen ja visuaalisesti miellyttävä maustehylly sekä mausteteline, jotka parantavat keittiön järjestystä ja näin ollen helpottavat arkea. Lisäksi tavoitteena on tarjota tietoa 3D-mallinnuksesta ja -tulostuksesta sekä niiden mahdollisuuksista ja haasteista. Idea projektiin syntyi henkilökohtaisesta tarpeesta, sillä markkinoilta ei löytynyt valmiita ratkaisuja, jotka täyttäsivät sekä mitoitettua toiminnallisuusvaatimukseni, joten päädyin suunnittelemaan ja valmistamaan ne itse hyödyntäen 3D-mallinnusta ja -tulostusta.

Projektissa käytetään mallinnusohjelmisto SolidWorksia, jonka avulla luodaan tarkat ja toimivat 3D-mallit maustehyllystä ja -telineestä. Suunnitteluvaiheessa otetaan huomioon keittiön kaapin mitat, käytettävän 3D-tulostimen rajoitukset sekä rakenteen kestävyys. Lisäksi projektissa testataan eri suunnitteluratkaisuja ja optimoidaan niitä käytännön kokeilujen avulla. Tulostusmateriaalina käytetään PLA-muovia, joka on kevyt, kestävä ja helposti työstettävä vaihtoehto.

Kehittämistutkimuksen periaatteita noudattaen projekti etenee iteratiivisesti, eli suunnitelmia ja toteutusta tarkastellaan ja muokataan tarpeen mukaan. Tämä lähestymistapa mahdollistaa tehokkaan ongelmanratkaisun ja varmistaa, että lopputulos vastaa asetettuja tavoitteita. Projektin kulku jakautuu neljään päävaiheeseen: tavoitteen määrittelyyn, suunnitteluun, toteutukseen ja arviointiin.

Vaiheiden aikana dokumentoidaan sekä onnistumiset että haasteet, mikä auttaa ymmärtämään 3D-mallinnuksen ja -tulostuksen prosesseja paremmin.

Työssä dokumentoidut teoretiset tiedot sekä omat kokemukset voivat toimia referenssinä muille, jotka ovat kiinnostuneita näistä teknologioista ja haluavat soveltaa niitä omiin projekteihinsa. Lisäksi työ osoittaa, kuinka 3D-mallinnus ja -tulostus voivat toimia tehokkaina työkaluina yksilöllisten ja räätälöityjen ratkaisujen kehittämisessä. Näitä näkökulmia tarkastellaan tutkimuskysymyksen avulla: Miten 3D-mallinnusta ja 3D-tulostusta voidaan hyödyntää toimivan, käytännöllisen ja visuaalisesti miellyttävän maustehyllyn ja -telineen suunnittelussa ja valmistuksessa?

2 3D-mallinnus

2.1 Yleistä

Lyhenne "3D" tulee englanninkielisestä termistä "three-dimensional", joka tarkoittaa kolmiulotteista. 3D-mallinnus on tietokoneavusteinen prosessi, jossa luodaan kolmiulotteisia digitaalisia malleja esineistä, rakenteista ja pinnoista. Se eroaa perinteisestä kaksiulotteisesta piirtämisestä, sillä 3D-mallinnuksessa hyödynnetään kolmea ulottuvuutta: pituutta, leveyttä ja syvyyttä. Tämä parantaa mallin realistisuutta ja mahdollistaa tarkan suunnittelun, mikä on erityisen tärkeää muun muassa teollisessa suunnittelussa. 3D-mallinnuksen avulla suunnittelijat voivat visualisoida ideansa tarkemmin ja tehdä tarvittavat muutokset ennen toteutusta. Samalla he voivat ennakoida mahdollisia ongelmia ja vähentää virheiden riskiä ennen tuotteen tai rakenteen valmistamista. (Al Baki 2024; Eskola 2023.)

Kolmiulotteinen mallinnus perustuu koordinaatistoon, jossa mallin pisteet määritellään X-, Y- ja Z-akselien mukaan. Lähtökohtana voivat olla yksinkertaiset geometriset muodot, kuten kuutiot, joita käyttäjä muokkaa haluttuun muotoon. Yksi yleinen lähestymistapa on aloittaa kaksiulotteisella luonnoksella ja muuntaa se kolmiulotteiseksi objektiksi, mikä mahdollistaa yksityiskohtien, kuten

viisteiden ja pyöristysten, lisäämisen. Tämä lähestymistapa tarjoaa joustavuutta ja tarkkuutta erityisesti teknisessä suunnittelussa. (Al Baki 2024; What is 3D CAD Modeling?)

Suunnitteluprosessissa 3D-mallinnusohjelmat, kuten SolidWorks, tarjoavat laajan valikoiman työkaluja, jotka tekevät monimutkaisempien mallien luomisesta tehokasta. Ohjelmistot mahdollistavat mallin nopean muokkaamisen ilman, että mallin rakenne heikkenee tai sen toimivuus kärsii. Lisäksi monet 3D-mallinnusohjelmat tarjoavat simulaatio- ja analysointityökaluja, jotka auttavat testaamaan mallin toimivuutta ja suorituskykyä ennen fyysisen prototyypin luomista. (Eskola 2023; What is 3D CAD Modeling?)

Teknologian kehittyessä 3D-mallinnus on tullut entistä tarkemmaksi ja tärkeämmäksi työkaluksi. Kehittynyt teknologia tekee mallinnuksesta monipuolisempaa, avaten uusia mahdollisuuksia eri teollisuudenaloilla, kuten arkkitehtuurissa, pelisuunnittelussa ja lääketieteessä. 3D-mallinnuksen merkitys tulee kasvamaan entisestään, sillä se tarjoaa tehokkaita keinoja tuotteiden suunnittelun ja valmistusprosessin optimointiin. (Eskola 2023; Tiigimäki.)

2.2 3D-mallinnuksen historia

3D-mallinnus on kehittynyt huimasti viimeisten vuosikymmenten aikana, ja nykypäivänä lähes kaikki luodut tuotteet perustuvat 3D-mallinnukseen. Jokaisella vuosikymmenellä teknologian kehitys on vienyt alaa eteenpäin, ensimmäisistä renderöinneistä ja tietokoneavusteisen suunnittelun ohjelmista aina moderneihin skulptaustyökaluihin ja pilvipohjaisiin ratkaisuihin. (A short history of 3D 2024; Ekaran 2021.) Kuva 1 toimii johdantona seuraaville kappaleille ja havainnollistaa 3D-mallinnuksen tärkeimpiä kehitysvaiheita eri vuosikymmenillä.



Kuva 1. 3D-mallinnuksen kehitys eri vuosikymmenillä (mukailtu tämän luvun lähteistä).

3D-mallinnuksen juuret ulottuvat 1960-luvulle, jolloin amerikkalainen insinööri Ivan Sutherland kehitti Sketchpadin, ensimmäisen tietokoneavusteisen suunnitteluohjelmiston eli CAD-ohjelmiston (Computer-Aided Design). CAD viittaa suunnittelutyöhön, jossa käytetään ohjelmistoa teknisten piirustusten ja mallien luomiseen. Sketchpad mahdollisti uudenlaisen tavan laatia digitaalisia piirustuksia tietokoneella, mikä teki siitä merkittävän edistysaskeleen kohti interaktiivista suunnitteluympäristöä. Nimenomaan tämä ohjelma loi perustan sekä 3D-mallinnukselle että sen kehitykselle. Samalla aikakaudella 3D-mallinnus rajoittui

pitkälti insinööritieteisiin ja automaatioon, eikä ollut vielä laajemmin taiteilijoiden tai suunnittelijoiden käytettävissä. (Al Baki 2024; Ekaran 2021.)

1970-luvulla tapahtui merkittäviä edistysaskelia, kun tietokoneiden laskentateho parani ja ensimmäiset grafiikkaprosessorit, eli GPU:t, kehitettiin. Tämä lisäsi renderöinnin nopeutta ja laatua. Renderöinnillä tarkoitetaan prosessia, jossa tietokone luo lopullisen kuvan tai animaation 3D-mallista. Yksi tämän aikakauden tunnetuimmista 3D-malleista oli Utahin teekannu, jonka Martin Newell loi mallintamisen testikappaleeksi. Samalla vuosikymmenellä kehitettiin myös ADAM-ohjelmisto (Automated Drafting and Machining), joka mahdollisti automaattisen suunnittelun ja piirustusten laatimisen useilla järjestelmillä yhtä aikaa. Nämä edistysaskeleet nopeuttivat monimutkaisempienkin 3D-mallien luontia ja valmistelua. (Al Baki 2024; Ekaran 2021.)

1980-luvulla 3D-mallinnus alkoi levitä laajemmalle teollisuuteen, kuten autoiluun ja ilmailu- ja avaruustekniikkaan. Teknologiayritys IBM julkaisi ensimmäisen henkilökohtaisen tietokoneensa (PC) vuonna 1981, mikä mahdollisti CAD-ohjelmistojen käytön entistä laajemmalle käyttäjäkunnalle. Vuonna 1983 julkaistu AutoCAD mullisti teknisen piirustuksen tarjoamalla edullisemmän vaihtoehdon aiempiin järjestelmiin verrattuna. Samalla vuosikymmenellä kehitettiin ensimmäisiä solid-mallinnusohjelmistoja, kuten UniSolids, jotka mahdollistivat entistä tarkempien 3D-mallien luomisen. (Ekaran 2021.)

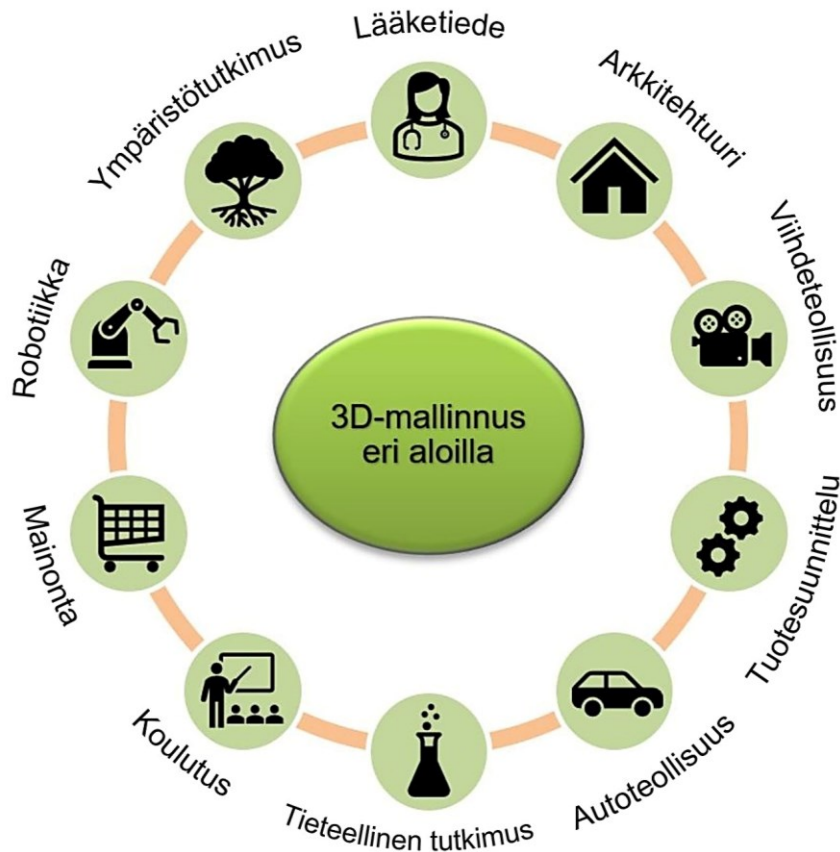
1990-luvulla 3D-mallinnus kehittyi merkittävästi, ja monet nykyään tunnetut ohjelmistot tulivat laajemmin käyttöön. Esimerkiksi AutoCAD, CATIA ja Cinema 4D tarjosivat selkeämmän käyttöliittymän sekä edistyneitä työkaluja. Tietokoneiden suorituskyvyn kasvu mahdollisti monimutkaisempien ja realistisempien mallien luomisen. Samalla vuosikymmenellä yleistyi myös Blender, ilmainen ja avoimen lähdekoodin 3D-mallinnusohjelma, joka teki 3D-suunnittelusta helpommin saatavuttavaa opiskelijoille ja harrastajille. Näiden kehitysvaiheiden myötä 1990-luvulla vakiintui modernin 3D-mallinnuksen perusta, joka vaikutti merkittävästi sekä teollisuuden että luovan alan työskentelytapoihin. (A short history of 3D 2024; Ekaran 2021.)

2000-luvulla tietokoneiden laskentateho kasvoi entisestään, mikä mahdollisti uusien työkalujen kehittämisen. ZBrush ja Blender toivat mukanaan skulptaus-tekniikan, jossa käyttäjä voi muokata 3D-mallia kuin digitaalista savea, liikuttamalla suuria määriä pisteitä kerralla. Tämä teki hahmojen ja orgaanisten muotojen luomisesta aiempaa helpompaa. (A short history of 3D 2024.) Samaan aikaan 3D-mallinnus alkoi integroitua tiiviimmin pelisuunnitteluun, erityisesti Unreal Engine -pelimoottorin kehittyessä sekä Unity-pelimoottorin syntyessä (The History of Game Engines).

Viime vuosikymmeninä pilvipohjaiset 3D-mallinnusratkaisut ovat yleistyneet, mahdollistaen mallien jakamisen ja käsittelyn eri laitteilla paikasta riippumatta. Nykyään 3D-mallinnus on erottamaton osa monia teollisuudenaloja. Tulevaisuudessa tekoäly, koneoppiminen, virtuaalitodellisuus (VR) ja lisätty todellisuus (AR) tulevat todennäköisesti muuttamaan mallinnusprosessia entisestään, tehden siitä nopeampaa ja intuitiivisempaa. (AI Baki 2024; Ekan 2021.)

2.3 3D-mallinnuksen käyttökohteet

3D-mallinnus on tehokas työkalu, joka auttaa kehittämään prototyyppejä, havainnollistamaan tuoteideoita ja simuloimaan toimintoja. Sen monipuolinen käyttö on merkittävästi muuttanut useita eri aloja. Alun perin 3D-teknologia oli sidottu lähinnä videopelien ja animaatioelokuviin, mutta nykyisin sitä hyödynnetään laajasti eri sektoreilla. (AI Baki 2024; What is 3D Modeling?) Kuva 2 havainnollistaa, kuinka 3D-mallinnusta hyödynnetään monilla eri aloilla.



Kuva 2. 3D-mallinnusta hyödynnetään monilla eri aloilla (mukailtu tämän luvun lähteistä).

3D-mallinnus on mullistanut terveydenhuollon monin tavoin. Lääkärit voivat käyttää 3D-malleja potilaiden elimistä ja luustosta kirurgisten toimenpiteiden suunnitteluun, mikä vähentää leikkausriskejä. Tämä teknologia parantaa hoidon tarkkuutta ja tekee lääketieteellisestä koulutuksesta entistä realistisempää. Lisäksi 3D-tulostetut proteesit yleistyvät, koska ne ovat usein halvempia ja miellyttävämpiä käyttää kuin perinteiset proteesit. (Al Baki 2024; What is 3D Modeling?)

Arkkitehtuurissa ja tuotesuunnittelussa 3D-mallinnus mahdollistaa tarkkojen ja realististen visualisointien luomisen ennen toteutusta. Tämä auttaa arkkitehtejä ja rakentajia havaitsemaan mahdolliset ongelmat varhaisessa vaiheessa ennen rakentamista. Tuotesuunnittelussa se nopeuttaa prototyyppien kehitystä ja vähentää materiaalihukkaa. 3D-mallin voi lähettää suoraan 3D-tulostimelle, jolloin

tuotteen valmistus on nopeampaa ja tarkempaa verrattuna perinteisiin käsin piirtämisen menetelmiin. (Al Baki 2024; Skidmore 2019.)

Viihdeteollisuudessa 3D-mallinnusta käytetään laajasti. Se mahdollistaa visuaalisesti vaikuttavien elementtien luomisen, jotka rikastuttavat katsojan kokemusta. Elokuvien erikoistehosteet ja videopelien maailmat luodaan usein 3D-mallinnuksen avulla, jolloin kokonaisia tuotantoja voidaan toteuttaa täysin 3D-ohjelmistoilla. (Skidmore 2019; What is 3D Modeling?)

Autoteollisuudessa, ilmailussa ja robotiikassa 3D-mallinnusta hyödynnetään suunnittelussa ja testaamisessa realististen simulaatioiden avulla. Esimerkiksi auto- ja lentokonesuunnittelussa 3D-mallinnus auttaa testaamaan ajoneuvojen tai laitteiden toimivuutta jo ennen niiden rakentamista. (What is 3D Modeling?) Samalla robotiikassa 3D-mallinnus mahdollistaa robottien osien tarkan suunnittelun ja testaamisen, mikä parantaa suunnittelun tarkkuutta ja vähentää virheitä. Tämä teknologia optimoi myös robottien rakenteen ja toiminnan, varmistaen, että kaikki osat sopivat yhteen ja toimivat odotetusti ennen valmistusta. (Al Baki 2024.)

Ympäristötutkimuksessa 3D-mallinnus auttaa visualisoimaan monimutkaisia säämalleja ja luonnonilmiöitä, kuten maanjäristyksiä ja hurrikaaneja, ennustaen niiden käyttäytymistä ja mahdollisia vaikutuksia. Tutkijat voivat käyttää 3D-mallinnusta myös kartoittaakseen luolia ja maanpinnan rakenteita tarkasti. Lisäksi tieteellisessä tutkimuksessa kemistit voivat hyödyntää 3D-mallinnusta molekyylien ja atomien rakenteiden tutkimiseen. (Skidmore 2019; What is 3D Modeling?)

Koulutuksessa ja simulaatioissa 3D-mallinnus tarjoaa visuaalisia ja interaktiivisia esityksiä, jotka tekevät monimutkaisista aiheista, kuten biologiasta ja maantieteestä, helpommin ymmärrettäviä. Lentäjät esimerkiksi käyttävät lentosimulaattoreita, joissa 3D-mallinnus luo realistisia oppimisympäristöjä, parantaen oppimiskokemuksia ja tukien turvallista harjoittelua kontrolloiduissa olosuhteissa. (Al Baki 2024; What is 3D Modeling?) Samalla mainonnassa ja markkinoinnissa

3D-mallinnus mahdollistaa tuotteiden esittelyn ilman kalliita ja aikaa vieviä kuvausprosesseja. Markkinoijat voivat luoda realistisia 3D-malleja tuotteista, joita voidaan helposti muokata ja esittää eri ympäristöissä. Tämä tekniikka ei vain säästä aikaa ja resursseja, vaan se myös tarjoaa visuaalisesti houkuttelevia mainosmateriaaleja. (Skidmore 2019.)

Tässä on vain joitakin esimerkkejä aloista, joissa 3D-mallinnusta hyödynnetään, mutta sitä käytetään myös monilla muilla sektoreilla. Teknologian kehitys jatkuu nopeasti, ja sen rooli eri toimialoilla tulee todennäköisesti kasvamaan entisestään tulevaisuudessa. 3D-mallinnuksen monipuoliset ominaisuudet tekevät siitä keskeisen työkalun niin suunnittelussa, tuotannossa kuin tutkimuksessakin.

2.4 3D CAD

2.4.1 Erot 3D CAD:n ja 3D-mallinnuksen välillä

Lyhenne "3D CAD" tulee englannin kielen termistä "Three-dimensional Computer-Aided Design", eli kolmiulotteinen tietokoneavusteinen suunnittelu. 3D CAD ja 3D-mallinnus ovat kaksi kolmiulotteisen suunnittelun menetelmää, joiden käyttötarkoitukset eroavat merkittävästi toisistaan. CAD-ohjelmistot on kehitetty tarkkojen teknisten mallien luomiseen erityisesti insinööriteollisuudessa sekä tuotteiden valmistuksessa, kun taas 3D-mallinnus painottuu enemmän visuaaliseen ja taiteelliseen suunnitteluun esimerkiksi peliteollisuudessa. Näiden erojen ymmärtäminen auttaa valitsemaan oikean työkalun eri suunnittelutarpeisiin. (3D CAD software; Vorih 2024.)

3D CAD on mallintamista, jonka avulla luodaan tarkkoja kolmiulotteisia malleja, jotka perustuvat mittoihin ja fyysisiin ominaisuuksiin. Tämä mahdollistaa niiden käytön suoraan tuotannossa. CAD-ohjelmistot sisältävät analyysi- ja simulointityökaluja, joilla voidaan varmistaa rakenteiden kestävyys ja toiminnallisuus jo suunnitteluvaiheessa. 3D-mallinnuksessa keskeistä on sen sijaan visuaalisuus ja muotoilun vapaus ilman tarkkoja teknisiä rajoitteita, mikä tekee siitä

ihanteellisen työkalun esimerkiksi animaatioihin ja konseptisuunnitteluun. (3D CAD software; Vorih 2024.)

Ohjelmistojen työkalut ja toiminnot on suunniteltu erilaisia tarpeita varten. 3D CAD -ohjelmistot sisältävät monipuolisia teknisiä ominaisuuksia, kun taas 3D-mallinnusohjelmat tarjoavat enemmän työkaluja muotoiluun, tekstuurien luomiseen ja valaistuksen säätämiseen, mikä mahdollistaa visuaalisesti vaikuttavien objektien luomisen. 3D-mallinnuksessa ei ole yhtä tiukkoja vaatimuksia valmistukseen, ja sen mallit voivat vaatia lisäkäsittelyä, jos niitä halutaan käyttää fyysisesti tuotettavina esineinä. (3D CAD software; Vorih 2024.)

Käyttökohteet osoittavat selkeästi, kuinka eri tavoin 3D CAD ja 3D-mallinnus palvelevat eri aloja. 3D CAD on tärkeä työkalu insinööreille, arkkitehdeille ja tuotteiden suunnittelijoille sekä valmistajille, jotka tarvitsevat teknisesti toimivia malleja. Se auttaa nopeuttamaan tuotantoprosessia, vähentämään virheitä ja optimoimaan lopputuotteen laatua. 3D-mallinnusta taas hyödynnetään erityisesti aloilla, jossa sen avulla voidaan luoda visuaalisesti yksityiskohtaisia ratkaisuja. (3D CAD software; Vorih 2024.)

Taulukko 1 osoittaa selkeästi erot 3D CAD:n ja 3D-mallinnuksen välillä. Näiden erojen perusteella voidaan todeta, että vaikka molemmat perustuvat kolmiulotteiseen digitaaliseen suunnitteluun, niiden tavoitteet ja käyttöalueet eroavat merkittävästi. Oikean työkalun valinta riippuu projektin tavoitteista ja vaatimuksista. (3D CAD software; Vorih 2024.)

Taulukko 1. Erot 3D CAD:n ja 3D-mallinnuksen välillä (3D CAD software; Vorih 2024).

Ominaisuus	3D CAD	3D-mallinnus
Tavoite	Luoda tarkkoja teknisiä malleja valmistusta varten.	Visuaalisesti vaikuttavien objektien luominen.
Käyttötarkoitus	Insinööri-, valmistus- ja arkkitehtuurisuunnittelu.	Animaatio, pelit, visuaalinen suunnittelu.
Työkalut	Mittatyökalut, analyysi- ja simulointiominaisuudet.	Muotoilu-, tekstuuri- ja valaistustyökalut.
Lopputulos	Valmistuskelpoiset, mittoihin perustuvat tekniset mallit.	Visuaaliset ja luovat mallit, jotka eivät välttämättä sisällä teknisiä vaatimuksia valmistukseen.

2.4.2 Mallinnustekniikat

3D CAD:ssa käytetään kolmea pääasiallista mallinnustekniikkaa: solid-, wireframe- ja surface-mallinnusta. Näiden tekniikoiden avulla voidaan luoda monimutkaisempia ja tarkempia malleja, jotka tukevat monipuolisia suunnittelu- ja valmistusprosesseja. Yhdessä nämä kolme tekniikkaa tarjoavat suunnittelijoille joustavuutta ja tarkkuutta eri 3D CAD -malleissa, ja jokaisella on oma käyttötarkoituksensa. (Ortiz 2020; Swanepoel 2021.)

Solid- eli kiinteässä mallinnuksessa malli luodaan geometrinen perusmuotojen, kuten kuutioiden, pallojen ja lieriöiden yhdistelmistä, ja näitä muotoja käytetään monimutkaisempien rakenteiden luomiseen. Solid-mallinnus on erityisen hyödyllinen suunnittelussa, jossa tarkkuus ja valmistettavuus ovat keskiössä. CAD-ohjelmat mahdollistavat materiaalin lisäämisen ja poistamisen, mikä tekee siitä joustavan työkalun, jota voidaan käyttää esimerkiksi koneen osien ja muiden teknisten komponenttien suunnittelussa. Solid-mallinnuksen etuna on, että se tuottaa rakenteellisesti vahvoja malleja, joilla on realistinen geometria.

(Swanepoel 2021.)

Wireframe- eli rautalankamallinnus on erityisen hyödyllinen, kun 3D CAD:ssa tarvitaan tarkempaa hallintaa monimutkaisille ja kaareville muodoille.

Wireframe-mallinnuksessa objekti esitetään rakenteellisena verkostona, joka koostuu yhdistetyistä pisteistä ja viivoista. Tämä antaa suunnittelijoille tarkempaa kontrollia muodon ja ulkonäön suhteen, joita solid-mallinnus ei pysty tarjoamaan. CAD-ohjelmissa rautalankamallinnuksen avulla luodaan peruskehikko, johon voidaan lisätä yksityiskohtia ja luoda monimutkaisempia geometrisia rakenteita. Se on erityisesti käyttökelpoinen orgaanisten muotojen, kuten ihmisten tai eläinten, mallintamisessa. (Ortiz 2020; Swanepoel 2021.)

Surface- eli pintamallinnusta käytetään erityisesti silloin, kun halutaan luoda tarkkoja ja tasaisia pintoja. Tämä on erityisen tärkeää esimerkiksi autoteollisuudessa ja lentokonesuunnittelussa, joissa pinnan laatu vaikuttaa suoraan aerodynamiikkaan ja esteettisiin vaatimuksiin. CAD-ohjelmissa voidaan laskea saumattomasti yhteydet eri osien välillä, mikä on ratkaisevaa monimutkaisempien ja vaativampien muotojen mallinnuksessa. Surface-mallinnus on erinomainen valinta visuaalisesti kauniiden ja realististen mallien luomiseen, mutta se vaatii enemmän laskentatehoa ja ohjelmiston hallintaa verrattuna muihin tekniikoihin. (Ortiz 2020; Swanepoel 2021.)

Yhteenvedon voidaan todeta, että jokaisella 3D CAD:n mallinnustekniikalla on omat erityiset vahvuutensa ja käyttötarkoituksensa. Solid-mallinnus tarjoaa tarkkuutta ja valmistettavuutta, wireframe-mallinnus mahdollistaa yksityiskohtaisen

hallinnan erityisesti kaarevissa muodoissa, ja surface-mallinnus on ihanteellinen visuaalisesti vaativille ja esteettisille muodoille, joissa pinnan laatu on keskiössä. (Ortiz 2020; Swanepoel 2021.) Kuva 3 havainnollistaa eri mallinnustekniikoita.



Kuva 3. 3D CAD:n tärkeimmät mallinnustekniikat (mukailtu tämän luvun lähteistä).

2.5 SolidWorks

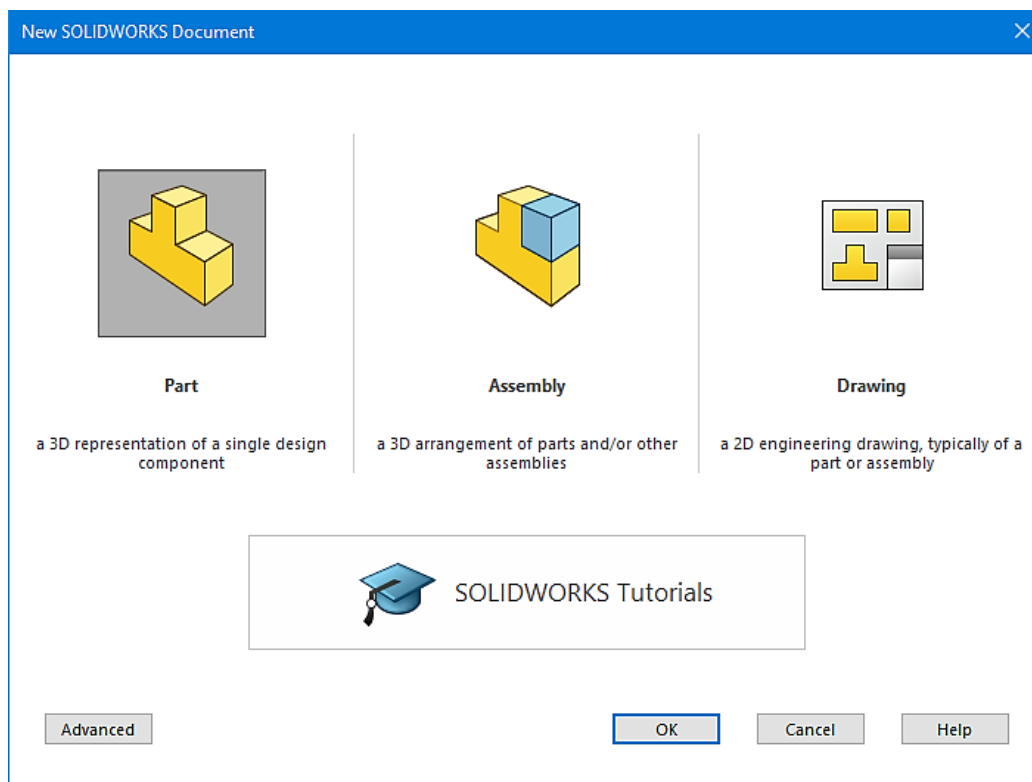
2.5.1 Esittely

SolidWorks on Dassault Systèmesin omistama monipuolinen ja käyttäjäystävällinen 3D CAD -ohjelmisto, joka mahdollistaa innovatiivisten tuotteiden luomisen. Se tarjoaa laajat työkalut, jotka tukevat suunnitteluprosessia aina ideoinnista valmistukseen ja tuotteen ominaisuuksien testaamiseen. SolidWorks on insinöörien ja suunnittelijoiden kehittämä ja erittäin laajasti käytetty ohjelmisto, jolla

on noin 7,5 miljoonaa käyttäjää ja, joka on käytössä 110 maassa. Arviolta 400 tuhatta yritystä ja organisaatiota hyödyntää ohjelmistoa erilaisten tuotteiden suunnittelussa, pienistä arjen esineistä aina merkittäviin teknologisiin ratkaisuihin saakka. (SOLIDWORKS by the Numbers; Time Flies When You're Having Fun: A Brief History of SOLIDWORKS Enhancements 2023; What is SOLIDWORKS? 2019.)

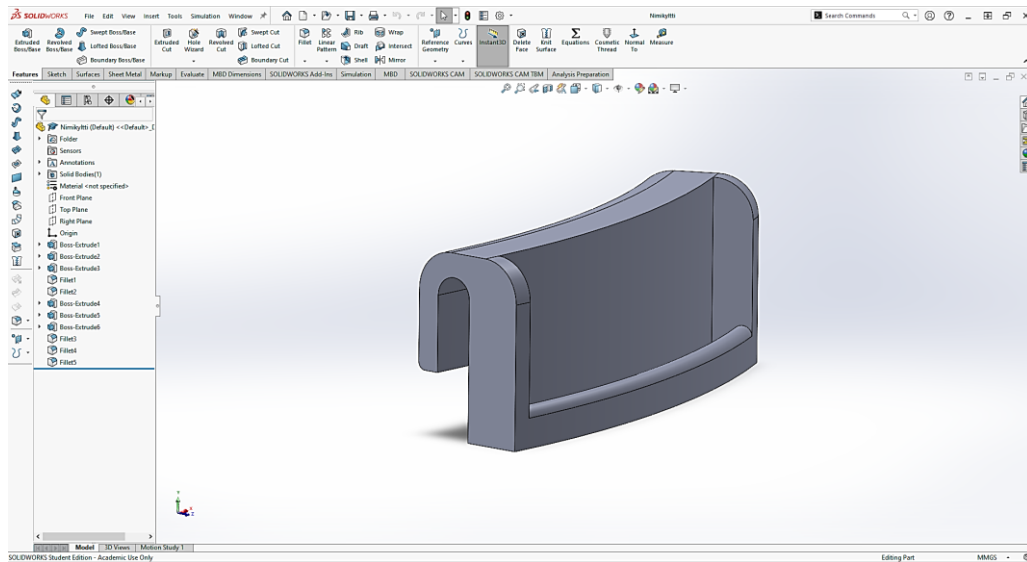
SolidWorksin tarina alkaa 1990-luvun alusta, jolloin MIT:stä valmistunut Jon Hirschtick kehitti tiiminsä kanssa helposti käytettävän, Windows-pohjaisen 3D-suunnitteluratkaisun. Sen tavoitteena oli tehdä 3D-mallinnus ja CAD-sovellukset paremmin saavutettaviksi. Tästä alkoi SolidWorksin nopea kasvu ja vakiintuminen alan huipulle. Vuonna 1997 Dassault Systèmes osti SolidWorksin, ja siitä tuli osa laajempaa ohjelmistoratkaisujen kokonaisuutta, joka tuki entistä monimuotoisempia tuotesuunnittelun tarpeita. (Oanes 2024; What is SOLIDWORKS? 2019.)

SolidWorksin monipuoliset ominaisuudet tekevät siitä tehokkaan työkalun insinööreille ja suunnittelijoille, sillä se tukee koko tuotteen elinkaarta aina valmistukseen saakka. SolidWorks tarjoaa kattavat työkalut osien (Parts), kokoonpanojen (Assemblies) ja piirustusten (Drawings) luomiseen ja hallintaan. Osien luominen onnistuu tehokkailla 3D-mallinnustyökaluilla, ja kokoonpanotyökaluilla käyttäjät voivat yhdistää yksittäisiä osia suuremmiksi rakenteiksi ja tarkistaa niiden välisiä yhteyksiä ja liikkuvuutta. SolidWorks myös mahdollistaa tuotantovalmiiden piirustusten luomisen nopeasti ja tarkasti (SOLIDWORKS 3D CAD; Why Choose SOLIDWORKS.) Kuvassa 4 nähdään SolidWorksin aloitusvalikko, jossa käyttäjä voi valita uuden osan, kokoonpanon tai piirustuksen luomisen.



Kuva 4. SolidWorksin aloitusvalikko.

SolidWorksin käyttäjäystävällisyys on yksi sen suurimmista vahvuuksista. Ohjelmisto on suunniteltu niin, että se on helppokäyttöinen aloittelijoille, mutta tarjoaa myös riittävän monipuoliset työkalut kokeneemmille käyttäjille. Kehittäjätiimi ottaa aktiivisesti vastaan käyttäjäpalautetta ja julkaisee säännöllisesti päivityksiä, jotka parantavat ohjelmiston käytettävyyttä ja suorituskykyä. Lisäksi kansainvälinen käyttäjäyhteisö, joka koostuu insinööreistä, suunnittelijoista, opiskelijoista ja muista ammattilaisista, tukee ohjelmiston kehitystä jakamalla kokemuksia ja ideoita. (SOLIDWORKS 3D CAD; Why Choose SOLIDWORKS.) Kuvassa 5 nähdään SolidWorksin monipuolinen, mutta selkeä käyttöliittymä.



Kuva 5. SolidWorksin käyttöliittymä.

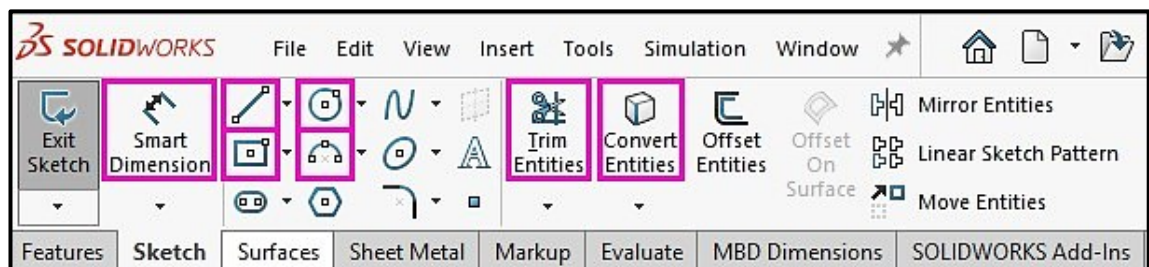
SolidWorksin ratkaisut hyödyntävät tekoälyä ja koneoppimista, joiden ansiosta esimerkiksi toistuvia tehtäviä, kuten reunojen valintaa, voidaan automatisoida. Näin käyttäjälle jää enemmän aikaa suunnitteluun ja muihin tärkeisiin asioihin. Koneoppimisen jatkuva kehitys tarkoittaa, että mitä enemmän työkaluja käytetään, sitä älykkäämmiksi ne kehittyvät. Ohjelmisto siis oppii käyttäjiensä toiminnasta. SolidWorksia kehitetään jatkuvasti uusilla teknologioilla, mikä tarjoaa käyttäjille mahdollisuuksia vastata tulevaisuuden haasteisiin ja jättää jälkensä suunnittelun alalle. (Future by Design; SOLIDWORKS 3D CAD; Time Flies When You're Having Fun: A Brief History of SOLIDWORKS Enhancements 2023.)

2.5.2 Peruskomennot

Tämän luvun aikana hyödynnettiin tekoälyä tiedonhankinnan tukena. Tekoälyltä (OpenAI 2025) kysyttiin, mitkä ovat SolidWorksin peruskomennot, ja sen avulla saatiin lista näistä komennoista. Itse peruskäskyjen esittelyssä on käytetty lähteenä SolidWorks Connected Help -sivustoa. Tekoälyn tarjoama lista auttoi jäsentämään komennot viiteen pääryhmään: luonnostelu, 3D-mallinnus, kokoonpanot, piirustukset ja yleiset toiminnot. Näiden ryhmien sisältöä tarkastellaan yksityiskohtaisemmin työn seuraavissa kappaleissa sekä liitteessä 1. Tekoälyn

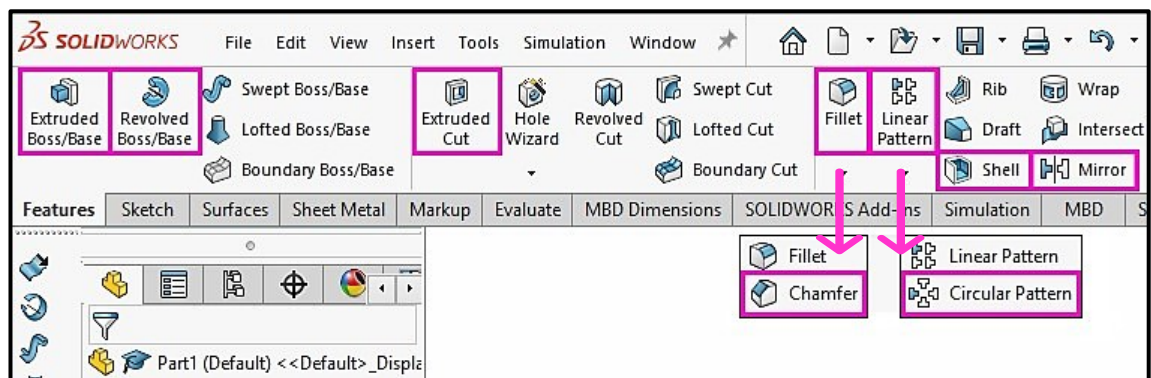
tarjoama tieto perustuu sen laajaan koulutusaineistoon, joka kattaa muun muassa virallista dokumentaatiota, oppimateriaaleja ja käyttäjäkokemuksia (OpenAI 2025).

Ensimmäinen SolidWorksin peruskomentojen pääryhmä on luonnostelu, johon tekoälyn (OpenAI 2025) mukaan kuuluu seitsemän komentoa: Line, Rectangle, Circle, Arc, Smart Dimension, Trim Entities ja Convert Entities. Näiden komentojen avulla voidaan piirtää ja mitoittaa perusmuotoja 2D-luonnoksissa (OpenAI 2025). Line-komennolla käyttäjä voi piirtää viivoja eri suuntiin, kuten vaakasuoraan, pystysuoraan tai kulmassa, ja määrittää niiden pituuden. Lisäksi komennossa voi käyttää lisäasetuksia, kuten keskilinjan käyttöä. (Sketching Lines.) Rectangle-komennolla käyttäjä voi luoda suorakulmioita eri tavoin, kuten nurkka- tai keskipisteen kautta, määrittää kulman ja valita myös vaihtoehtoisia muotoja, kuten vinoneliön (Rectangles). Circle- ja Arc-komennolla voi luonnostella ympyröitä ja kaaria. Ympyröitä voidaan luoda esimerkiksi keskipisteen tai reunan mukaan, ja kaaria taas keskipisteen, tangentin tai kolmen pisteen avulla. (Arcs; Circles). Luonnoksen mitoitukseen käytetään Smart Dimension -komentoa, jolla määritetään viivojen pituudet, kulmat ja etäisyydet (Dimensioning a 2D Sketch). Trim Entities -komennolla käyttäjä voi puolestaan valita leikkaustyyppin, kuten kulman, sisäpuolelle tai ulkopuolelle leikkaamisen, sekä päättää säilytetäänkö leikattavat elementit rakennusgeometriana (Trim Entities). Convert Entities -komennolla voidaan luoda luonnokseen uusia muotoja olemassa olevista reunoista tai elementeistä (Convert Entities). Kuva 6 osoittaa tässä kappaleessa mainitut peruskomennot SolidWorksin käyttöliittymässä vaaleanpunaisella korostettuna.



Kuva 6. SolidWorksin käyttöliittymä, jossa on korostettuna luonnosteluun liittyvät seitsemän peruskomentoa.

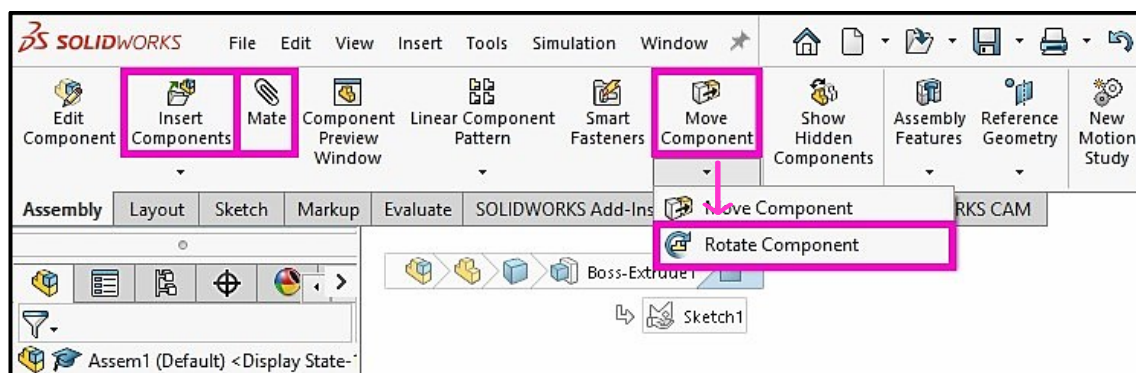
Toinen peruskomentojen pääryhmä on 3D-mallinnus, johon kuuluu kahdeksan komentoa: Extruded Boss/Base, Extruded Cut, Revolved Boss/Base, Fillet, Chamfer, Shell, Mirror ja Linear/Circular Pattern. Näiden komentojen avulla onnistuvat 3D-muotojen luominen, muokkaaminen ja yksityiskohtien lisääminen. (OpenAI 2025.) Extruded Boss/Base- ja Extruded Cut -komentoilla luodaan ulkonevia ja leikkaavia piirteitä luonnoksen perusteella, ja käyttäjä voi valita suuntaa, paksuutta sekä muita asetuksia (Creating an Extrude Feature). Revolved Boss/Base -komentolla lisätään tai poistetaan materiaalia pyörittämällä profiili tai profiilit keskilinjaa ympäri, jolloin voidaan luoda kiinteitä piirteitä ja pintoja (Revolves). Sisä- tai ulkopinnan pyörityksen luomiseen käytetään Fillet-komentoa, kun taas Chamfer-komento luo viistetyin pinnan (Chamfers; Fillet Overview). Shell-komento puolestaan tekee kappaleesta ontton ja luo ohuet seinämät jäljelle jääville pinnoille (Shells). Mirror-komentolla voi luoda peilattuja kopioita piirteistä valitun tason tai pinnan ympäri, ja Linear/Circular Pattern -komentoilla voidaan monistaa valittuja piirteitä lineaarisessa tai pyöreässä kuviossa (Patterns and Mirroring). Kuva 7 osoittaa tässä kappaleessa mainitut peruskomennot SolidWorksin käyttöliittymässä ja vaaleanpunaiset nuolet tarkoittavat, että Fillet- ja Linear Pattern -komentojen alapuolella olevia nuolia painamalla saa auki valikot, josta löytyvät Chamfer- sekä Circular Pattern -komennot.



Kuva 7. SolidWorksin käyttöliittymä, jossa on korostettuna 3D-mallinnukseen liittyvät kahdeksan peruskomentoa.

Kolmas SolidWorksin peruskomentojen pääryhmä on kokoonpanot, johon kuuluu neljä komentoa: Insert Components, Mate, Move Component ja Rotate

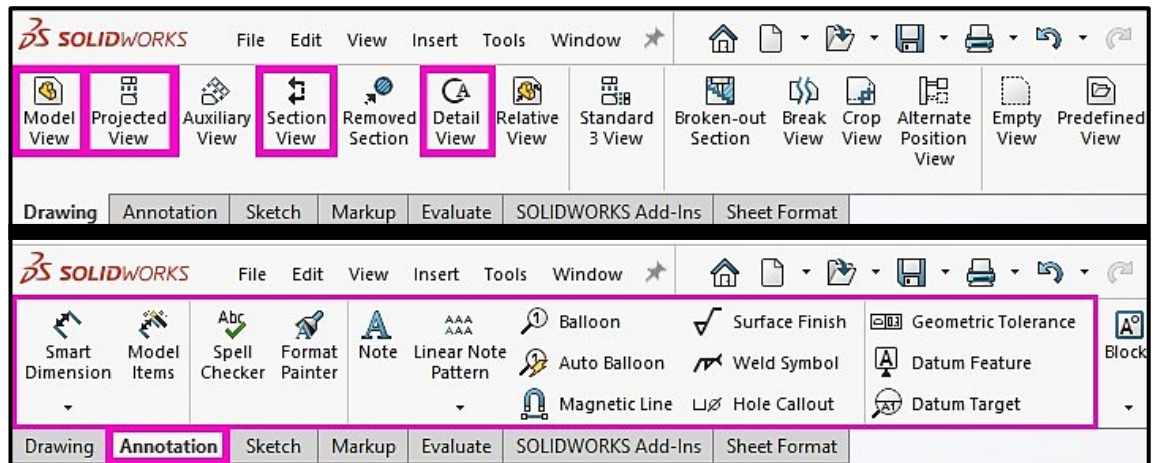
Component. Näiden komentojen tarkoituksena on koota osat toimiviksi rakenteiksi ja määrittellä niiden välistä liikkuvuutta. (OpenAI 2025.) Insert Component -komennolla osia voidaan lisätä uuteen tai olemassa olevaan kokoonpanoon, kun taas Mate-komennolla luodaan geometrisia suhteita osien välillä, rajoittaen niiden liikkuvuutta (Adding Mates; Inserting Components from the Property-Manager). Move Component -komennolla osaa voidaan siirtää sen sallimissa liikerajoissa, kun taas Rotate Component -komennolla osaa voidaan pyörittää samoissa rajoissa (Moving Components; Rotating Components). Kuva 8 osoittaa kokoonpanoihin liittyvät peruskomennot SolidWorksissä käyttäliittymässä vaaleanpunaisella korostettuna. Nuoli tarkoittaa, että Move Component -komennon alapuolella olevaa nuolta painamalla saa auki valikon, josta löytyy Rotate Component -komento.



Kuva 8. SolidWorksissä käyttäliittymä, jossa on korostettuna kokoonpanoihin liittyvät neljä peruskomentoa.

Neljäs peruskomentojen pääryhmä on piirustukset, johon kuuluu viisi komentoa: Model View, Projected View, Section View, Detail View ja Annotation-välilehden komennot. Näiden komentojen avulla 3D-malleista voidaan luoda 2D-piirustuksia tuotantoa tai dokumentointia varten. (OpenAI 2025.) Model View luo yksittäisen näkymän määritetyn suuntauskulman mukaan, kun taas Projected View luo näkymiä olemassa olevasta näkymästä eri kulmista (Model View; Projected View). Section View -komennolla luodaan poikkileikkausnäkyä leikkausviivalla, ja Detail View tarkentaa osan näkymästä suuremmissa mittakaavassa, rajaten alueen yleensä ympyrällä tai muulla suljetulla alueella (Detail View;

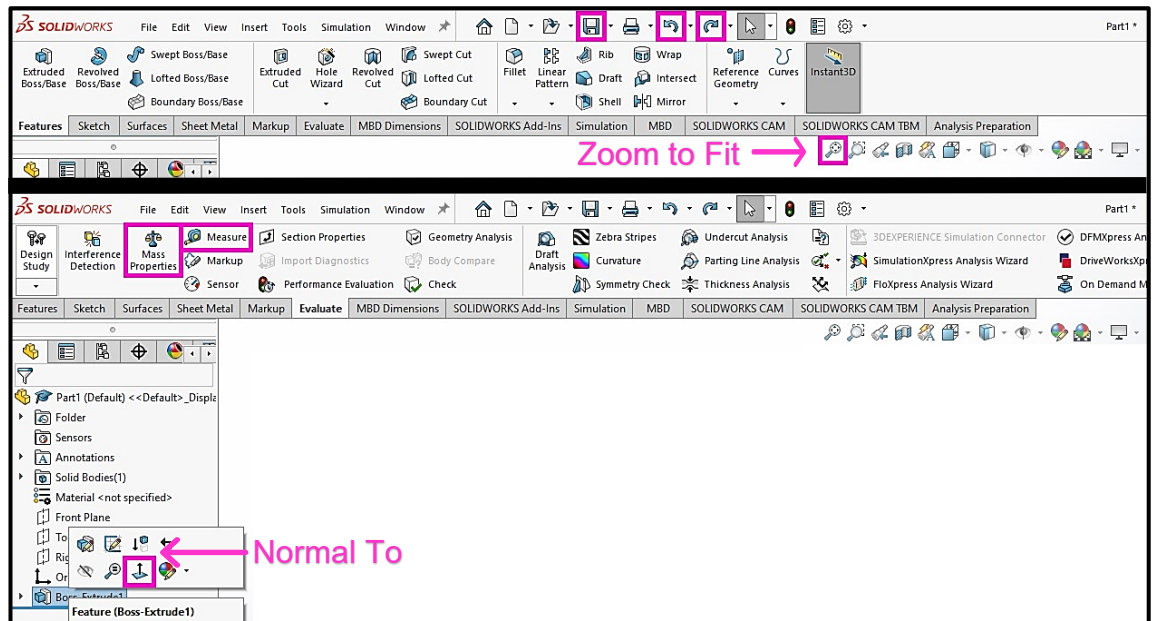
Section Views in Drawings). Annotation-välilehden komennot mahdollistavat tekstien, symbolien ja muiden merkintöjen lisäämisen piirustuksiin, jolloin voidaan tuoda esiin mitat ja muut oleelliset tiedot (Annotations Overview). Kuva 9 osoittaa tässä kappaleessa mainitut peruskomennot SolidWorksin käyttöliittymässä.



Kuva 9. SolidWorksin käyttöliittymä, jossa on korostettuna piirustuksiin liittyvät peruskomennot (ylhäällä) sekä Annotation-välilehti ja siihen liittyvät komennot (alhaalla).

Viides ja viimeinen SolidWorksin peruskomentojen pääryhmä on yleiset komennot, johon kuuluu seitsemän komentoa: Ctrl + S, Ctrl + Z, Ctrl + Y, Zoom to Fit, Normal To, Measure ja Mass Properties. Näiden komentojen avulla pystytään suorittamaan perustoimintoja pikanäppäimillä sekä hallita mallin näkymää. (OpenAI 2025.) Ctrl + S tallentaa mallit valittuun sijaintiin, kun taas Ctrl + Z kumoaa viimeisimmän toiminnon ja Ctrl + Y tekee toiminnon uudelleen (Save to This PC; Undo and Redo). Zoom to Fit -komento säätää näkymän niin, että koko malli, kokoonpano tai piirustussivu mahtuvat näkyville, kun taas Normal To -komento asettaa mallin näkymän kohtisuoraan valitun pinnan tai tason suhteen (Viewing Models Normal To; Zoom to Fit). Measure-komennolla voidaan mitata muun muassa viivoja, etäisyyksiä, kulmia ja säteitä luonnoksissa, 3D-malleissa, kokoonpanoissa ja piirustuksissa. (Measure Tool.) Mass Properties -ominaisuuden avulla SolidWorks laskee mallin massan, tiheyden ja tilavuuden sekä mahdollistaa mallin painopisteiden ja muiden massaan liittyvien arvojen

määrittämisen (Mass Properties and Section Properties). Kuvan 10 yläosassa nähdään käyttöliittymän komennot Tallenna, Kumoa, Tee uudelleen ja Zoom to Fit. Alaosassa näkyvät Evaluate-välilehdeltä löytyvät Mass Properties - ja Measure-komennot. Normal To -komento saadaan esiin napsauttamalla hiiren oikeaa painiketta jonkin ominaisuuden, esimerkiksi Boss-Extruden, päällä.



Kuva 10. SolidWorksin käyttöliittymä, jossa on korostettuna seitsemän yleistä peruskomentoa.

Yhteenvedona voidaan todeta, että SolidWorksin peruskomentojen hallitseminen on keskeistä tehokkaan ja sujuvan suunnitteluprosessin kannalta. Hyvä komentojen tuntemus nopeuttaa työtä, parantaa laatua ja mahdollistaa ohjelman monipuolisen käytön suunnittelun eri vaiheissa. SolidWorksin mukautettavat työkalupalkit ja käyttöliittymä antavat käyttäjille mahdollisuuden räätälöidä työtila omiin tarpeisiinsa, mikä optimoi tehokkuutta entisestään. (Norris Forcier.)

2.5.3 Vertailu muihin 3D CAD -ohjelmistoihin

3D CAD -ohjelmistot ovat tänä päivänä keskeinen osa suunnitteluprosessia ja tuotannon eri vaiheita, ja oikean ohjelman valitseminen voi tuntua haastavalta. Markkinoilla on monia ohjelmistoja, mutta kolme keskeisintä ja laajasti käytettyä

ovat SolidWorks, Autodesk Fusion ja PTC Creo. Nämä ohjelmistot valittiin vertailuun, koska kaikki kolme tarjoavat tehokkaita työkaluja ammattisuunnitteluun ja niitä käytetään laajasti eri teollisuudenaloilla. Ne ovat myös kaikki eri yritysten kehittämiä, mikä tuo vertailuun monipuolisuutta. Tässä luvussa verrataan näitä ohjelmia käyttäjäystävällisyyden, ominaisuuksien, soveltuvuusalueiden sekä hinnan perusteella. (Carolo 2024; Modelcam technologies 2024.)

SolidWorksilla on selkeä ja looginen käyttöliittymä, jota on helppo oppia käyttämään. Tämä tekee siitä suosittua erityisesti uusien käyttäjien keskuudessa. Fusion tarjoaa yhtä lailla yksinkertaisen ja helposti omaksuttavan käyttöliittymän, ja siksi myös se sopii hyvin aloitteleville käyttäjille. Creo puolestaan tarjoaa laajat työkalut, mutta sen käyttöön tottuminen voi viedä enemmän aikaa ja harjoittelua. Kokonaisuutena tarkasteltuna Fusion erottuu käyttäjäystävällisimpänä, erityisesti niille, jotka arvostavat helppoa aloitusta ja nopeaa oppimista. (Carolo 2024; Modelcam technologies 2024.)

Kaikki kolme ohjelmistoa sisältävät monipuoliset työkalut suunnitteluun, mutta ne painottuvat hieman eri asioihin. SolidWorks on erityisen vahva parametrisen mallinnuksen osalta, jossa suunnittelu pohjautuu selkeisiin mittoihin ja rakenteellisiin sääntöihin. Creo puolestaan yhdistää parametrisen mallinnuksen lisäksi myös suoran mallinnuksen, jossa malleja voidaan muokata vapaammin ilman ennalta määrättyjä sääntöjä. Sekä SolidWorkissa että Creossa on hyvät simulointi- ja kokoonpanotyökalut, jotka auttavat suurten ja monimutkaisten rakenteiden hallinnassa. (Modelcam technologies 2024.) Fusionin vahvuus on sen pilvipohjaisuus, sillä se yhdistää suunnittelun, valmistuksen ja analyysin samassa ympäristössä. (Carolo 2024).

Creo sopii parhaiten vaativiin projekteihin, kuten auto-, ilmailu- ja raskaan teollisuuden suunnitteluun, joissa täytyy hallita laajoja kokonaisuuksia. SolidWorks on monikäyttöinen työkalu, jota käytetään laajasti esimerkiksi kulutustuotteiden, elektroniikan ja lääkinnällisten laitteiden suunnittelussa. Se sopii hyvin monenlaisille aloille sekä suunnittelijoille ja insinööreille (Modelcam technologies 2024.) Fusion on suosittu harrastelijoiden ja pienten yritysten keskuudessa,

jotka hyötyvät ohjelmiston helppokäyttöisyydestä ja pilvipohjaisuudesta. Se tukee yhteistyötä ja on hyvä valinta tämän ominaisuutensa ansiosta. (Carolo 2024.)

Hinta on usein ratkaiseva tekijä ja kynnyskysymys monelle. Sen suhteen Fusion erottuu selvästi edullisimpana vaihtoehtona, sillä sen hinta vuodeksi alkaa 680 dollarista, eli noin 606 eurosta (Autodesk Fusion plans and pricing). SolidWorksin vuositilaus alkaa 2 820 dollarista, eli noin 2 514 eurosta. Vaikka sen hinnoittelu on kilpailukykyistä, Fusion on selkeästi edullisempi hinnaltaan, mikä voi tehdä siitä houkuttelevamman vaihtoehdon (SOLIDWORKS Plans and Pricing.) Creo on hinnaltaan kallein näistä kolmesta, sen hinta vuodeksi alkaa 3 040 dollarista, eli noin 2 711 eurosta (PTC Creo 11.0 Design Essentials – Subscription). Taulukossa 2 on vielä eritelty näiden ohjelmistojen erot vertailun helpottamiseksi.

Taulukko 2. SolidWorksin, Fusionin ja Creon erot eri näkökulmista tarkasteltuna (Autodesk Fusion plans and pricing; Carolo 2024; Modelcam technologies 2024; PTC Creo 11.0 Design Essentials – Subscription; SOLIDWORKS Plans and Pricing).

Näkökulma	SolidWorks	Fusion	Creo
Käyttöliittymä	Selkeä ja looginen, helppo oppia.	Erittäin käyttäjäystävällinen, nopea omaksua.	Laajat työkalut, mutta vaatii totuttelua.
Ominaisuudet	Parametrinen mallinnus, kokoonpanonhallinta, simulointi.	Pilvipohjaisuus, suunnittelu, valmistus ja analyysi yhdessä.	Parametrinen ja suora mallinnus, kokoonpanonhallinta, simulointi.

Näkökulma	SolidWorks	Fusion	Creo
Soveltuvuus	Monikäyttöinen, muun muassa kulutustuotteet, elektroniikka, lääkinnälliset laitteet.	Harrastelijat ja pienyritykset, yhteistyöhön sopiva.	Vaativat teollisuusprojektit (auto-, ilmailu- ja raskas teollisuus).
Hinta vuodessa	Noin 2 514 euroa.	Noin 606 euroa.	Noin 2 711 euroa.

2.6 3D-mallinnuksen tulevaisuus

3D-mallinnuksen tulevaisuus näyttää valoisalta, sillä teknologian kehitys tuo jatkuvasti mukanaan uusia mahdollisuuksia niin suunnitteluun, visualisointiin kuin tuotantoonkin. Mallinnusohjelmistojen merkitys korostuu erityisesti digitaalisissa ympäristöissä, kuten virtuaalitodellisuudessa ja lisätyssä todellisuudessa. Globaalit 3D-mallinnusohjelmistojen markkinat ovat vahvassa kasvussa. Niiden arvo oli 35,81 miljardia dollaria vuonna 2024, ja ennusteen mukaan se nousee jopa 91,32 miljardiin dollariin vuoteen 2033 mennessä. Käytännössä tämä tarkoittaa 10,96 prosentin vuotuista kasvuvauhtia. Tekniikan kehittyessä ja graafisten ominaisuuksien parantuessa mallinnuksesta tulee entistä realistisempaa ja monipuolisempaa. Kun virtuaalitodellisuus ja lisätty todellisuus yleistyvät, kasvaa myös tarve laadukkaille 3D-malleille. Tämä kehitys vauhdittaa koko alan kasvua. Tällä hetkellä Eurooppa on suurin markkina-alue, ja sitä seuraa Pohjois-Amerikka. (3D Modeling Software Industry Research Report 2025.)

Tekoäly ja koneoppiminen ovat tulevaisuudessa tärkeässä roolissa 3D-mallintamisessa. Ne mahdollistavat toistuvien tehtävien automatisoinnin, tarkemmat simulaatiot ja uusien suunnitteluratkaisujen löytämisen. Tekoäly eli AI (Artificial

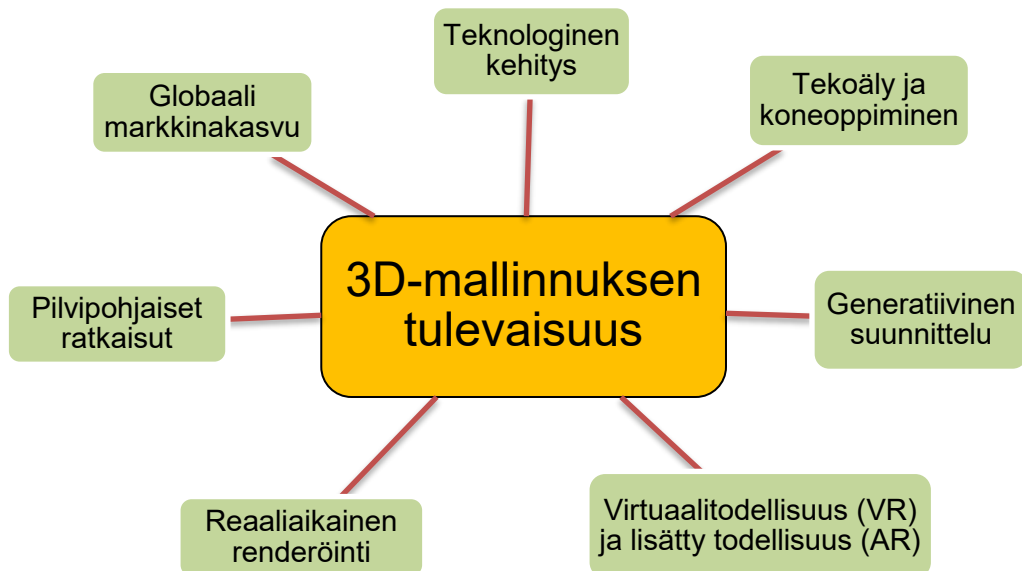
Intelligence) tarkoittaa tietokonetta tai tietokoneohjelmaa, joka kykenee suorittamaan älykkäinä pidettyjä toimintoja, kuten päättelyä ja oppimista. Tekoäly voi esimerkiksi oppia kaavoja tuhansista kuvista ja tuottaa uusia malleja. Tämä lisää suunnittelun nopeutta ja tarkkuutta. Koneoppiminen on tekoälyn osa-alue, jossa tietokone oppii tekemään päätöksiä datan perusteella ilman ennalta annettuja sääntöjä. Sen avulla voidaan optimoida esimerkiksi materiaalien käyttöä tai rakenteen kestävyyttä, mikä tehostaa suunnitteluprosessia. Pilvipohjaiset CAD-ratkaisut yleistyvät, ja niiden tarjoama joustavuus sekä yhteistyömahdollisuudet muokkaavat perinteisiä suunnittelutapoja. Tämä kehitys avaa uusia mahdollisuuksia eri teollisuudenaloilla, joissa 3D-mallintamista sovelletaan. (Al Baki 2024; How 3D CAD modeling is changing the face and future of industries.)

Tekoälyn ja koneoppimisalgoritmien avulla toimiva generatiivinen suunnittelu on uraauurtava sovellus 3D CAD -mallinnuksessa ja merkittävä muutos siinä, miten tuotteita suunnitellaan ja optimoidaan. Se on suunnittelumenetelmä, jossa käyttäjä määrittää suunnittelun tavoitteet, rajoitteet sekä esimerkiksi mitat ja materiaalit. Tällä tavalla syntyy lukuisia vaihtoehtoja, jotka kaikki vastaavat annettuja kriteerejä. Näin voidaan kehittää tehokkaampia ja kevyempiä rakenteita kuin perinteisillä menetelmillä. Lisäksi suunnittelu nopeutuu huomattavasti ja saattaa tuottaa ratkaisuja, joita ihminen ei olisi tullut ajatelleeksi. (Al Baki 2024; How 3D CAD modeling is changing the face and future of industries.)

Virtuaalitodellisuus (VR eli virtual reality) ja lisätty todellisuus (AR eli augmented reality) lisäävät 3D-mallintamisen käyttöarvoa erityisesti koulutuksessa ja viihteessä. VR:llä tarkoitetaan teknologiaa, joka luo käyttäjälle täysin keinotekoisien, kolmiulotteisen ympäristön, joka tuntuu realistiselta. Käyttäjä voi kokea tämän maailman ja liikkua siinä, yleensä erityisten VR-lasien avulla. AR:llä tarkoitetaan teknologiaa, joka yhdistää todellisen maailman ja digitaaliset elementit, kuten kuvat tai videot. Käyttäjä näkee siis todellisen ympäristön, mutta siihen lisätään digitaalisia elementtejä reaaliajassa. VR ja AR mahdollistavat syvällisemmän ja osallistavamman kokemuksen. Yhdessä reaaliaikaisen renderöinnin, eli 3D-mallista luotujen visuaalisten kuvien ja animaatioiden, kanssa ne nopeuttavat

suunnitteluprosessia ja tekevät siitä interaktiivisemman. Mallintamisesta tulee entistä visuaalisempaa ja osallistavampaa, mikä laajentaa sen soveltamismahdollisuuksia eri aloilla. (AI Baki 2024.)

3D-mallintaminen on kehittynyt CAD-ohjelmista monialaiseksi teknologiaksi, joka vaikuttaa muun muassa arkkitehtuuriin, lääketieteeseen, koulutukseen ja viihteeseen. Alan kasvunäkymät ovat hyvät, ja teknologian edistysaskeleet tekevät tulevaisuudesta entistä monipuolisemman ja lupaavamman. Kuva 11 esittää tiivistetysti 3D-mallintamisen tulevaisuuden keskeisiä suuntauksia. 3D-mallintaminen tarjoaa kiinnostavia mahdollisuuksia niin työelämässä kuin luovassa ilmaisussakin. (AI Baki 2024; How 3D CAD modeling is changing the face and future of industries.)



Kuva 11. 3D-mallinnuksen tulevaisuuden keskeisiä suuntauksia (3D Modeling Software Industry Research Report 2025; AI Baki 2024; How 3D CAD modeling is changing the face and future of industries).

3 3D-tulostus

3.1 Yleistä

3D-tulostus, eli kolmiulotteinen tulostus, on valmistusmenetelmä, jossa esineet luodaan digitaalisista malleista kerros kerrokselta lisäämällä materiaalia. Valmis 3D-malli muutetaan tulostettavaksi tiedostoksi, jonka jälkeen tulostin rakentaa fyysisen kappaleen tarkasti määritettyyn muotoon. 3D-tulostuksella voidaan valmistaa mittojen mukaisia ja monimutkaisia osia, mikä nopeuttaa uusien ideoiden suunnittelua ja testaamista. (Roth & Vixama 2024.)

3D-tulostuksen etuja ovat sen kyky tuottaa yksilöllisiä ja monimutkaisia rakenteita nopeasti ja edullisesti, mikä tekee siitä erityisen hyödyllisen esimerkiksi tuotemuotoilussa, tuotekehityksessä ja prototyypin valmistuksessa. Digitaalisten mallien pohjalta tulostus voidaan käynnistää nopeasti, ja malleja voidaan muokata helposti ennen seuraavaa tulostusta. 3D-tulostuksen joustavuus tekee siitä nopean ja kustannustehokkaan tavan valmistaa pieniä eriä ja yksilöllisiä tuotteita ilman suuria varastotiloja tai investointeja työkaluihin. Se myös vähentää ylituotantoa ja käyttää vain tarvittavan määrän materiaalia, mikä pienentää materiaalihukkaa verrattuna perinteisiin valmistusmenetelmiin. (Kamran & Saxena 2016: 63; What are the Advantages and Disadvantages of 3D Printing?)

Vaikka 3D-tulostus tarjoaa monia etuja, siihen liittyy myös haasteita. Yksi keskeinen haaste on, että tulostettujen osien laatu ei aina saavuta perinteisin menetelmin valmistettujen osien mekaanisia ominaisuuksia. Kerroksittain rakennettu rakenne voi altistua halkeamille ja muodonmuutoksille erityisesti tietyissä kuormitusolosuhteissa. Monissa tapauksissa tulostetut osat vaativat jälkikäsitteilyä, kuten hiontaa, mikä lisää työn määrää. (What are the Advantages and Disadvantages of 3D Printing?)

3D-tulostuksessa esiintyy myös turvallisuus- ja terveysriskejä. Tulostusprosessin aikana vapautuu pienhiukkasia, jotka voivat aiheuttaa terveyshaittoja erityisesti suljetuissa tiloissa tai ilman asianmukaista ilmanvaihtoa. Lisäksi laitteiden

kuumat osat ja liikkuvat koneistot voivat aiheuttaa mekaanisia ja lämpöön liittyviä vaaroja. (3D-tulostus yleistyy vauhdilla 2025.)

Kokonaisuudessaan 3D-tulostus on kehittyvä teknologia, joka tuo merkittäviä etuja moniin eri toimialoihin. Sen kyky luoda monimutkaisia ja yksilöllisiä rakenteita nopeasti ja kustannustehokkaasti tarjoaa suuria mahdollisuuksia erityisesti prototyyppien valmistuksessa ja tuotekehityksessä. Vaikka teknologiaan liittyy joitakin haasteita, sen potentiaali vähentää materiaalihukkaa ja parantaa valmistusprosessien joustavuutta tekee siitä tärkeän työkalun tulevaisuuden valmistuksessa. (Roth & Vixama 2024; What are the Advantages and Disadvantages of 3D Printing?)

3.2 3D-tulostuksen historia

3D-tulostus on yksi viime vuosikymmenten merkittävimmistä valmistusteknologian innovaatioista. Sen kehitys on edennyt vaiheittain, pienistä kokeiluista teolliseksi standardiksi ja edelleen kuluttajakäyttöön. Teknologia ei ainoastaan ole mullistanut valmistusprosessit, vaan se on myös tuonut mukanaan uusia mahdollisuuksia muun muassa lääketieteeseen ja muille eri teollisuudenaloille. (Turney 2021.) Kuva 12 toimii johdantona seuraaville kappaleille ja esittää tiivistysti 3D-tulostuksen kehittymistä eri vuosikymmenillä.



Kuva 12. 3D-tulostuksen kehittyminen eri vuosikymmenillä (mukailtu tämän luvun lähteistä).

3D-tulostuksen kehitys alkoi 1980-luvun alussa, ja sen jälkeen teknologia on edennyt harppauksin eteenpäin. Vuonna 1980 Hideo Kodama, lakimies ja tohtori, kuvaili menetelmää, jossa käytettiin erityistä valon vaikutuksesta kovettuvaa muovia. Kodaman tutkimus julkaistiin useissa artikkeleissa, mutta se ei saanut kaupallista kiinnostusta, eikä hänen projektinsa edennyt sen pidemmälle. Tämä varhainen työ kuitenkin loi perustan tuleville 3D-tulostuksen kehityksille. Seuraavina vuosina useat tahot tekivät patentoituja keksintöjä, jotka liittyivät 3D-teknologiaan. Esimerkiksi Raytheon, elektronisten laitteiden ja puolustusteollisuuden valmistaja, patentoi vuonna 1982 jauhemaisen metallin käytön esineiden kerroksittaisessa valmistamisessa. Vuonna 1984 Bill Masters esitteli prosessin, jossa käytettiin ensimmäistä kertaa termiä "3D-tulostus". (Turney 2021.)

Keksijä Chuck Hull oli ensimmäinen, joka onnistui rakentamaan toimivan 3D-tulostimen. Hänen laitteensa hyödynsi digitaalista tiedostoa ohjatakseen

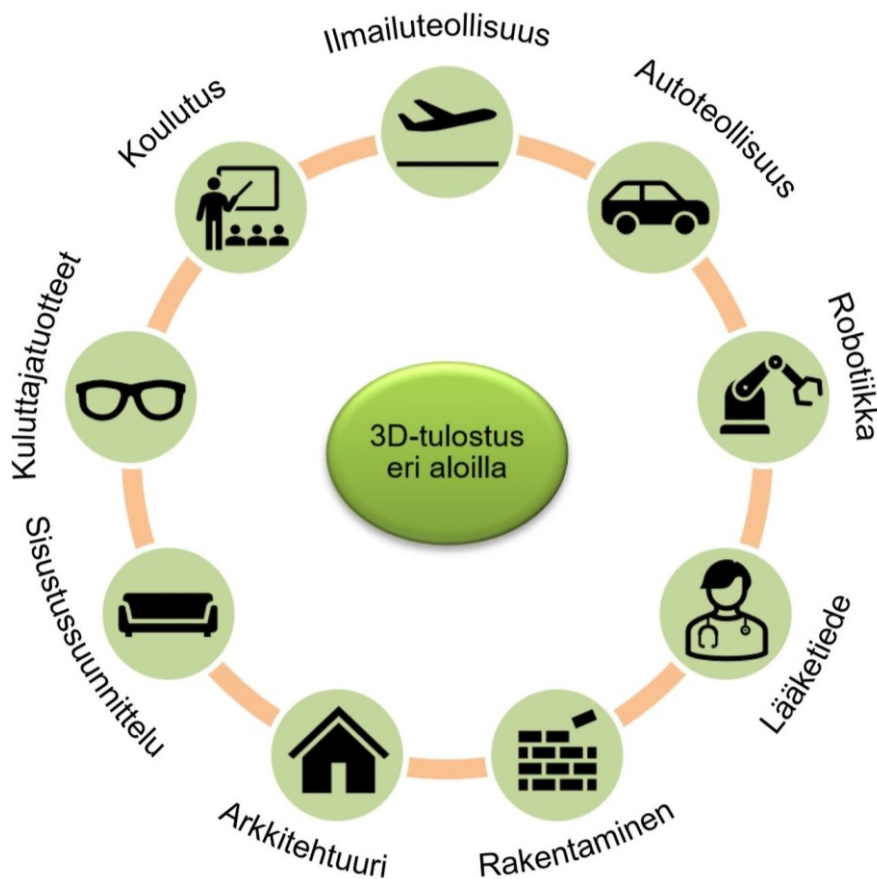
tulostusprosessia kerros kerrokselta ja vuonna 1987 valmistui ensimmäinen 3D-tulostin, nimeltään SLA-1. Tämä mahdollisti monimutkaisten osien valmistamisen huomattavasti nopeammin kuin perinteiset valmistusmenetelmät. Hullin kehittämistä innovaatioista esimerkiksi STL-tiedostomuoto vakiintui alan standardiksi ja on yhä laajassa käytössä. Tämä vahvisti hänen asemansa 3D-tulostuksen uranuurtajana. 1980-luvulla 3D-tulostus oli vasta kehittyvä teknologia, eikä materiaalien käyttö ollut yhtä kehittynyttä kuin nykyään. Suosituista muoveista valmistetut tuotteet saattoivat vääntyä kovettuessaan, ja lisäksi laitteet maksoivat tuolloin satoja tuhansia dollareita, joten 3D-tulostimia käytettiin vain ras-kaassa teollisuudessa, eivätkä ne olleet kuluttajien ulottuvilla. (Turney 2021.)

3D-tulostus alkoi saada enemmän huomiota 2000-luvun alussa. Yksi tärkeim-mistä edistysaskelista oli RepRap-projekti, joka käynnistettiin vuonna 2005 Ad-rian Bowyerin toimesta. RepRap-projektin tavoitteena oli luoda 3D-tulostin, joka voisi tulostaa suurimman osan omista osistaan. Tämän myötä kenellä tahansa oli mahdollisuus toteuttaa omia ideoitaan ja luoda lähes mitä tahansa. 2000-lu-vun loppupuolella kaupallinen 3D-tulostus tuli laajemmin saataville. Esimerkiksi vuonna 2006 julkaistu Objetin laite mahdollisti monenlaisten materiaalien tulos-tamisen samalla laitteella, mikä avasi jälleen uusia mahdollisuuksia. (Turney 2021.)

2010-luvulle tultaessa 3D-tulostuksessa käytettävien materiaalien valikoima oli laajentunut merkittävästi, kattaen muun muassa ruoan tulostuksen sekä ihmis-kudoksen biotulostuksen. Sovelluskohteet ovat yhtä monipuolisia kuin keksijöi-den ja insinöörien mielikuvitus. Tämä kehitys haastaa perinteiset valmistusme-netelmät ja mahdollistaa joustavamman, nopeamman ja paikallisemman tuotan-non eri toimialoilla. Esimerkiksi teollisuudessa 3D-tulostus on mahdollistanut räätälöityjen osien ja varaosien nopean valmistuksen, kun taas kuluttajapuolella ihmiset voivat entistä helpommin toteuttaa omia ideoitaan ja jopa valmistaa yk-silöllisiä tuotteita kotonaan. Tämän myötä 3D-tulostus on muuttanut käsitys-tämme valmistuksesta, avaten mahdollisuuksia ennennäkemättömille ratkai-suille niin teollisuudessa kuin arjessa. (Turney 2021.)

3.3 3D-tulostuksen käyttökohteet

3D-tulostus on vakiinnuttanut asemansa monilla eri toimialoilla, ja sen käyttökohteet laajenevat jatkuvasti. Alun perin teknologiaa hyödynnettiin pääasiassa prototyyppien valmistukseen, mutta nykyään sitä käytetään yhä useammin myös lopputuotteiden tuotannossa. 3D-tulostuksen etuihin kuuluu muun muassa nopeus, räätälöitävyys ja kustannustehokkuus, joiden ansiosta se on otettu käyttöön laajasti eri aloilla. Teknologian mahdollistama suunnitteluvapaus ja kyky vastata yksilöllisiin tarpeisiin ovat tehneet siitä tärkeän osan nykyaikaista valmistusta ja palveluita. (Five Industries that Benefit the Most from 3D Printing; What can you make with a 3D printer?) Kuva 13 osoittaa, kuinka 3D-tulostusta hyödynnetään monilla eri aloilla, näitä käsitellään tarkemmin seuraavissa kappaleissa.



Kuva 13. 3D-tulostusta hyödynnetään monilla eri aloilla (mukailtu tämän luvun lähteistä).

Ilmailu- ja avaruusteollisuudessa 3D-tulostus on mullistanut osien ja komponenttien valmistuksen. Teknologian avulla voidaan valmistaa monimutkaisia osia, jotka eivät olisi mahdollisia perinteisin valmistusmenetelmin, samalla vähentäen tuotantokustannuksia ja materiaalihävikkiä. Tämä mahdollistaa myös nopeamman prototyyppien kehityksen ja tuotannon tehostamisen. Esimerkiksi lentokoneiden polttoainesäiliöt ja moottorikomponentit voidaan 3D-tulostaa tarkasti ja nopeasti. Vastaavasti autoalalla 3D-tulostusta hyödynnetään niin työkalujen kuin myös lopullisten osien, kuten moottorin ja rungon komponenttien valmistukseen. 3D-tulostus mahdollistaa myös varaosien valmistuksen tarpeen mukaan, mikä tuo säästöjä sekä ajassa että kustannuksissa. (Five Industries that Benefit the Most from 3D Printing).

Robotiikassa 3D-tulostus on yleistynyt keinona valmistaa monimutkaisia ja tarkkoja osia roboteille. 3D-tekniikan avulla voidaan tuottaa kehittyneempiä ratkaisuja, sillä se mahdollistaa esimerkiksi viallisten komponenttien nopean ja kustannustehokkaan korvaamisen. Teollisuusrobottien vaativissa käyttökohteissa 3D-tulostus tarjoaa keinon valmistaa osia, jotka kestävät kovaa kulutusta ja lisäävät robottien liikkuvuutta, tarkkuutta ja suorituskykyä. Lisäksi 3D-tulostusta hyödynnetään robottiproteesien kehityksessä, jotka voivat parantaa käyttäjänsä elämänlaatua huomattavasti. (Five Industries that Benefit the Most from 3D Printing.)

Lääketieteessä 3D-tulostus tarjoaa merkittäviä etuja, kuten potilastulosten parantamisen, ajansäästön ja kustannusten alentamisen. Teknologian avulla voidaan valmistaa potilaskohtaisia ratkaisuja nopeasti ja kustannustehokkaasti, mikä eroaa perinteisistä valmistusmenetelmistä, jotka usein perustuvat massatuotantoon ja standardoituihin malleihin. 3D-biotulostus on vielä kehityksensä alkuvaiheessa, mutta sen avulla voidaan tulostaa elävistä soluista keinoitekoista ihokudosta, kuten kuvan 14 biotulostettu korva esittää. Myös proteesien valmistuksessa käytetään 3D-tulostusta, koska se yhdistää tarkan digitaalisen skannauksen ja tulostusprosessin, jolloin lopputuote valmistuu ilman tarvetta mitauksille tai muottien valmistukselle. Tämä räätälöity lähestymistapa parantaa

istuvuutta, vähentää epämukavuutta ja edistää potilaan elämänlaatua, samalla vähentäen tarvetta myöhemmille säätötoimenpiteille. (Medical 3D Printing.)



Kuva 14. 3D-biotulostettu korva (Carolo 2022).

Hammashoidossa 3D-tulostusta käytetään esimerkiksi kruunujen ja tekohampaiden valmistukseen. Lisäksi kirurgit voivat käyttää 3D-tulostettuja anatomisia malleja leikkausten suunnittelussa ja harjoittelussa. Tämä parantaa toimenpiteiden laatua, turvallisuutta ja nopeutta sekä auttaa potilaita ymmärtämään tilanteensa paremmin. Malleja hyödynnetään myös lääketieteen koulutuksessa, tarjoten opiskelijoille mahdollisuuden tarkastella ja käsitellä realistisia rakenteita. (Medical 3D Printing.)

COVID-19 pandemian aikana 3D-tulostus osoittautui merkittäväksi tekijäksi terveydenhuollon tarpeiden täyttämässä. Esimerkiksi suojarahusteiden ja hengityslaitteiden varaosien saatavuus voitiin turvata nopeasti tulostamalla niitä paikallisesti ja tarpeen mukaan. Yksi esimerkki oli brittiläinen Photocentric, joka käytti patentoitua lääketieteellistä 3D-tulostusteknologiaansa toimittaakseen nopeasti miljoonia kasvovisiirejä etulinjan työntekijöiden suojaksi. Samanlaisia esimerkkejä nähtiin maailmanlaajuisesti, kun 3D-tulostus vastasi kriittisiin tarpeisiin kustannustehokkaasti. (Medical 3D Printing; What can you make with a 3D printer?)

Rakentaminen ja arkkitehtuuri ovat aloja, joissa 3D-tulostuksen käyttö laajenee jatkuvasti. Suuret betonitulostimet mahdollistavat rakennusosien valmistamisen

paikan päällä. (What can you make with a 3D printer?) Kuvassa 15 näkyy, kuinka vuonna 2019 Apis Cor -yritys 3D-tulosti Dubaissa hallintorakennuksen seinärakenteet käyttäen omaa laitteistoaan ja materiaaliseosta (Turney 2021). Arkkitehdit voivat hyödyntää teknologiaa suunnitteluvaiheessa tuottaakseen yksityiskohtaisia pienoismalleja ja elementtejä. 3D-tulostus mahdollistaa myös sisustuselementtien ja kalusteiden räätälöinnin asiakkaan toiveiden mukaan. Sisustussuunnittelussa ja huonekalujen tuotannossa 3D-tulostus tuo lisää vapautta ja mahdollisuuksia innovatiiviseen muotoiluun. (What can you make with a 3D printer?)



Kuva 15. Apis Cor -yritys 3D-tulosti Dubaissa hallintorakennuksen seinärakenteet käyttäen omaa laitteistoaan ja materiaaliseosta (Turney 2021).

Kuluttajatuotteissa 3D-tulostusta hyödynnetään esimerkiksi silmälasikehyksissä, jalkineissa, huonekaluissa ja koruissa (What can you make with a 3D printer?). Myös ruokaa voidaan 3D-tulostaa käyttäen syötävää materiaalia tulostuksessa (Five Industries that Benefit the Most from 3D Printing). Erityisesti jalkinealalla 3D-tulostus mahdollistaa yksilöllisten ja mittatilaustyönä tehtyjen tuotteiden valmistuksen myös sarjatuotannon puitteissa. Silmälasien kohdalla käyttäjän mitat voidaan ottaa huomioon helposti ja tarkasti, mikä tekee kehyksistä yksilöllisempiä ja mukavampia. Koruja voidaan valmistaa joko suoraan tulostamalla tai

tulostamalla muotteja, joiden avulla lopullinen tuote tehdään. (What can you make with a 3D printer?)

Lopuksi myös koulutus hyötyy 3D-tulostuksesta. Opettajat voivat tulostaa malleja ja prototyyppkejä nopeasti ja edullisesti, mikä tukee oppimista erityisesti suunnittelun ja tekniikan aloilla. 3D-tulostus tarjoaa visuaalisen ja konkreettisen tavan havainnollistaa monimutkaisia konsepteja eri oppiaineissa. Esimerkiksi arkkitehtiotiskelijat voivat tuottaa fyysisiä malleja omista suunnitelmistaan, ja kemian tunneilla molekyyliarakenteita voidaan tulostaa kolmiulotteisiksi muodoiksi, mikä tukee käsitteiden hahmottamista. (Five Industries that Benefit the Most from 3D Printing; What can you make with a 3D printer?)

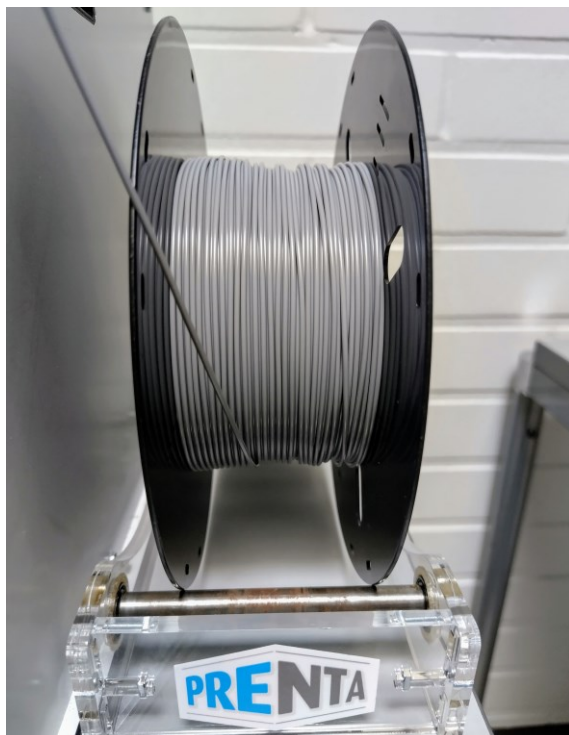
Yhteenvedona voidaan todeta, että 3D-tulostus on monipuolinen ja nopeasti kehittyvä teknologia, joka palvelee useita eri toimialoja tehokkaasti ja joustavasti. Tässä luvussa oli esillä vain osa 3D-tulostuksen käyttökohteista. Sen avulla voidaan valmistaa räätälöityjä tuotteita, lyhentää tuotantoaikoja ja vähentää kustannuksia samalla kun parannetaan laatua ja toiminnallisuutta. Olipa kyse sitten terveydenhuollosta, rakentamisesta tai koulutuksesta, 3D-tulostus mahdollistaa ratkaisuja, jotka vastaavat tulevaisuuden vaatimuksiin. (Five Industries that Benefit the Most from 3D Printing; What can you make with a 3D printer?)

3.4 3D-tulostusmateriaalit ja niiden ominaisuudet

3.4.1 Muovit

Muovit ovat säilyttäneet asemansa 3D-tulostuksen suosituimpina materiaaleina, vaikka teknologian sovelluskohteet ja materiaalivalikoima ovatkin laajentuneet merkittävästi. Muovin suosiota selittävät sen monikäyttöisyys ja käytännölliset ominaisuudet, kuten joustavuus, jäykkyys, sileä pinta ja edullisuus. Sitä hyödynnetään laajasti esimerkiksi leluissa ja kodin tarvikkeissa, ja sitä on saatavilla eri väreissä, tekstuureissa ja jopa läpinäkyvänä. Yleisin muovin kanssa käytettävä tulostusmenetelmä on FDM (fused deposition modeling), jossa termoplastisia filamentteja sulatetaan ja muotoillaan kerroksittain. Tämän menetelmän

yleisimmät muovityypit ovat PLA ja ABS, joita käytetään 3D-tulostimen filamentteina. Filamentti on ohut, pitkä ja yleensä rullalle kelattu muovinauha, joka toimii tulostimen raaka-aineena, kuten kuva 16 osoittaa. (Turney 2023; What are the Most Common Materials Used for 3D Printing?)



Kuva 16. Filamentti, joka toimii tulostimen raaka-aineena.

PLA (polylactic acid), eli polylaktinen happo, on laajimmin käytetty 3D-tulostusmuovi. Se on biohajoava ja valmistetaan uusiutuvista luonnonvaroista, kuten maissitärkkelyksestä. PLA:n etuja ovat muun muassa sen matala sulamispiste, vähäinen laajeneminen kuumennettaessa ja hyvä tarttuvuus muihin materiaaleihin. Sitä löytyy monista arkipäiväisistä esineistä, kuten kertakäyttöisistä ruokailuvälineistä, kodinkoneiden osista ja muovipakkauksista. PLA:ta on saatavana kovana ja pehmeänä versiona, joista kovempi tarjoaa monipuolisemmat käyttömahdollisuudet. (Turney 2023; What are the Most Common Materials Used for 3D Printing?)

ABS (acrylonitrile butadiene styrene), eli akrylinitriilibutadienistyreeni, on toinen suosittu 3D-tulostusmuovi. Se yhdistää lujuuden ja joustavuuden, mikä

tekee siitä ihanteellisen esimerkiksi Lego-palikoihin. ABS on myös kevyt, iskunkestävä ja halpa, minkä vuoksi sitä käytetään esimerkiksi polkupyöräkypärissä ja auton puskureissa. Lisäksi se soveltuu monimutkaisempien rakenteiden, kuten musiikkisoittimien, valmistukseen. ABS:n laajat väri- ja muotoilumahdollisuudet ovat tehneet siitä suosittua myös käsitöissä ja sisustustuotteissa. (Turney 2023; What are the Most Common Materials Used for 3D Printing?)

PLA:n ja ABS:n kaltaiset muovit ovat osoittautuneet keskeisiksi materiaaleiksi 3D-tulostuksessa niiden ominaisuuksiensa, kuten lujuuden, joustavuuden ja edullisuuden ansiosta. Materiaalien jatkuva kehitys tekee valmistusprosesseista entistä nopeampia ja kustannustehokkaampia. Muovit tarjoavat edelleen vahvan ja muuntautumiskykyisen perustan 3D-tulostukselle, myös tulevaisuudessa. (Turney 2023; What are the Most Common Materials Used for 3D Printing?)

3.4.2 Metallit

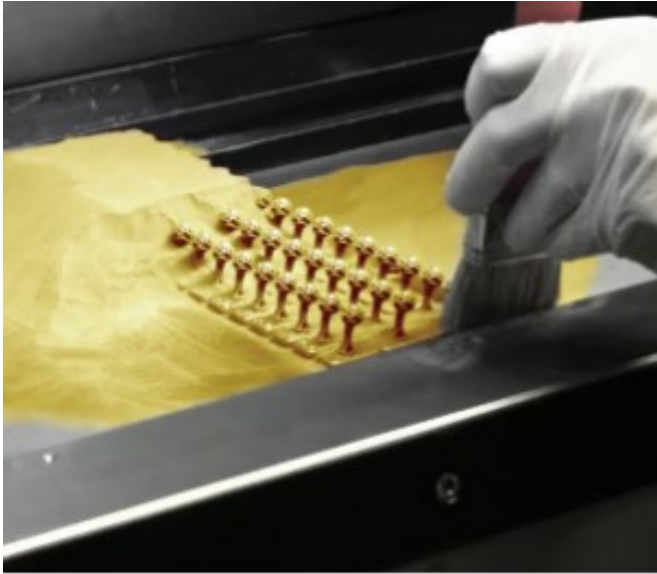
Metalli on toiseksi suosituin materiaali 3D-tulostuksessa muovin jälkeen (What are the Most Common Materials Used for 3D Printing?). 3D-tulostuksessa käytetään monia eri metalleja eri muodoissa, kuten jauheina ja filamentteina. Vaikka lähes kaikkia metalleja voidaan tulostaa, käytännössä suositaan tiettyjä materiaaleja. Tässä luvussa käsitellään yleisimpiä metalleja, joita käytetään 3D-tulostuksessa. Tulostettujen osien mekaaniset ominaisuudet voivat vastata tai ylittää perinteisesti valmistettujen osien ominaisuudet, mutta se riippuu vahvasti muun muassa tulostustekniikasta ja materiaalista. (Schwaar 2024.)

Kaikissa metallisissa 3D-tulosteissa esiintyy mekaanisten ominaisuuksien vaihtelua kerroksien suuntaisesti, jota voidaan kuitenkin hallita valitsemalla oikea tulostusmenetelmä (Schwaar 2024). Esimerkiksi DMLS-menetelmällä (direct metal laser sintering) metallijauhe kuumennetaan siten, että se kovettuu. Tämä poistaa valamisen tarpeen, ja metallijauhe muotoutuu suoraan tulostimessa valmiiksi osaksi. DMLS-prosessilla metallia voidaan tulostaa moniin eri käyttötarkoituksiin, tarjoten paremman kestävyuden ja kevyemmät osat. (What are the Most Common Materials Used for 3D Printing?)

Ruostumattomassa teräksessä yleisimmät 3D-tulostuksessa käytetyt seokset ovat 316L ja 17-4 PH. Nämä seokset ovat suosittuja erityisesti korroosionkestävyytensä vuoksi. Ne ovat myös kevyitä ja edullisia, ja sopivat hyvin moniin 3D-tulostusmenetelmiin. Pieniä eriä ja monimutkaisia muotoja vaativissa tuotannoissa ne tarjoavat nopean ja kustannustehokkaan vaihtoehdon. (Schwaar 2024.)

Alumiini on kevyt, kemiallisesti kestävä ja erityisen suosittu ilmailu- ja autoteollisuudessa. Titaania käytetään myös ilmailuteollisuudessa, koska se on luja ja lisäksi korroosionkestävä. Sitä hyödynnetään myös lääketieteessä, erityisesti potilaskohtaisissa implanteissa. Kuparia puolestaan hyödynnetään raskaan teollisuuden ratkaisuisissa, ja sillä on keskeinen rooli sähkö- ja energiateollisuudessa. Nikkeliseokset, jotka kestävät korkeita lämpötiloja ja korroosiota, soveltuvat erinomaisesti vaativiin olosuhteisiin, kuten ilmailuun ja kemianteollisuuteen. (Schwaar 2024.)

Hopealla ja kullalla on kasvava rooli 3D-tulostuksessa, erityisesti koruteollisuudessa. Yrityksillä on mahdollista tulostaa vain kysynnän mukaan, mikä poistaa varastointitarpeen ja mahdollistaa koruvalmistajille nopean reagoinnin uusimpiin trendeihin. Kulta käytetään koruteollisuuden lisäksi myös esimerkiksi avaruusteknologiassa. Puhdas kulta on liian pehmeää 3D-tulostettavaksi sellaisenaan, joten sitä seostetaan muiden metallien kanssa. Kuvassa 17 nähdään kullan 3D-tulostusta. Hopeaa käytetään korujen lisäksi myös teollisesti, esimerkiksi aurinkopaneeleissa ja lääketieteessä. (Schwaar 2024.)



Kuva 17. Kultaä käytetään 3D-tulostuksessa (Schwaar 2024).

Yhteenvetona voidaan todeta, että metallien 3D-tulostus on nopeasti kehittyvä ala, jossa materiaalivalikoima laajenee jatkuvasti ja uudet mahdollisuudet syrjäyttävät perinteisiä valmistusmenetelmiä monilla teollisuudenaloilla. Metallien monipuolisuus tekee niistä arvokkaan materiaalin, ja ominaisuuksiensa ansiosta se on saanut jalansijaa erityisesti ilmailu-, autoteollisuus- ja koruteollisuudessa. Sen käyttömahdollisuudet jatkavat laajenemistaan. (Schwaar 2024; What are the Most Common Materials Used for 3D Printing?)

3.4.3 Muut materiaalit

3D-tulostustekniikan kehityksen myötä myös käytettävien materiaalien valikoima on laajentunut merkittävästi. Erityisesti komposiittimateriaalit ovat nousseet keskeiseen asemaan, sillä ne yhdistävät keveyden ja vahvuuden. Komposiittimateriaaleja löytyy sekä jauhemaisina että filamenttimuodossa, ja niitä hyödynnetään usein kohteissa, joissa vaaditaan tarkkaa tasapainoa lujuuden ja painon välillä. Yleisimmin komposiittien vahvikkeina käytetään hiilikuitua ja Kevlaria, jotka parantavat lopputuotteiden mekaanista suorituskykyä. (What are the Most Common Materials Used for 3D Printing?)

Grafeeni on toinen 3D-tulostuksessa yleistävä materiaali. Sen suosiota selittää sen erinomainen johtavuus, mekaaninen kestävyys ja joustavuus. Näiden ominaisuuksien vuoksi grafeenia käytetään paljon elektroniikkatuotteissa, kuten kosketusnäytöissä. Lisäksi sen käyttömahdollisuudet ulottuvat rakennusmateriaaleihin ja aurinkopaneeleihin. Grafeenin keveys yhdistettynä sen vahvuuteen tekee siitä houkuttelevan vaihtoehdon monille eri aloille. (What are the Most Common Materials Used for 3D Printing?)

Rakennusteollisuudessa 3D-tulostus yleistyy nopeasti erityisten betoniseosten ansiosta. Näiden avulla voidaan tulostaa esimerkiksi perustuksia, siltoja, ulkorakenteita ja veistoksia. Mielenkiintoinen ja nopeasti etenevä osa-alue on myös 3D-biotulostus, jossa on onnistuttu tulostamaan esimerkiksi rustoa ja ihoa. Ruoan 3D-tulostus on vielä toistaiseksi melko rajoittunutta. Tämä johtuu siitä, että tulostettavan aineksen täytyy olla tahnamaista ja helposti pursotettavissa. Yleisin esimerkki tästä on suklaan tulostus, joka on teknisesti vaativaa erityisesti lämpötilan hallinnan vuoksi. Suklaan on oltava riittävän lämmintä tulostushetkellä, mutta samalla sen on jäähdyttävä nopeasti, jotta kerrokset säilyttävät muotonsa. Tässä luvussa mainitut materiaalit ovat vain keskeisimpiä saatavilla olevia 3D-tulostusmateriaaleja, ja jokainen niistä vaatii omanlaisensa 3D-tulostimen. (3D Printing.)

3.5 3D-tulostimien vertailu

3D-tulostimien vertailuun valittiin kolme tulostinta, jotka ovat Prenta Duo XL SE, Bambu Lab A1 Mini sekä Prusa MK4S. Omassa maustehylly- ja telineprojektisani käytän 3D-tulostuksessa Prenta Duo XL SE -tulostinta, joka on saatavilla oman kaupunkini kirjastossa. Gershgornin (2025) artikkeli, joka on julkaistu The New York Timesin verkkosivuilla, nimeää Bambu Lab A1 Mini -tulostimen parhaaksi vaihtoehdoksi. Artikkelissa mainitaan myös Prusa MK4S, sen laajan päivitettävyyden ansiosta (Gershgorn 2025). Taulukko 3 havainnollistaa tulostimien keskeisiä ominaisuuksia ja toimii johdantona yksityiskohtaisemmalle tarkastelulle seuraavissa luvuissa.

Taulukko 3. Vertailuun valittujen tulostimien ominaisuudet (Bambu Lab A1 Mini - 3D-tulostin; Gershgorn 2025; Prenta 3D Tulostin Duo XL SE; Prenta Duo XL SE; Prusa MK4S).

Vertailukohde	Prenta Duo XL SE	Bambu Lab A1 Mini	Prusa MK4S
Plussat	Laaja tulostusalue, monipuoliset materiaalivaihtoehdot, kaksi tulostuspäätä, 12 kuukauden takuu.	Ei manuaalista kalibrointia, pieni (5 kg) ja kompakti, huoltomuistutukset, luvattu ohjelmistopäivityksiä.	Laadukas tulostuslaatu, hiljainen, hyvä päivitettävyyden, suhteellisen kevyt (7 kg), etävalvontaominaisuus.
Miinukset	Isokokoinen ja painava (25 kg), vie paljon tilaa, manuaalinen kalibrointi.	Pieni tulostusalue, ei sovi suurikokoisten mallien tulostamiseen, moniväritulostus kuluttaa paljon materiaalia.	Moniväritulostuksen käyttöönotto monimutkaista.
Käyttäjävällyisyys	Kohtalainen: Manuaalinen kalibrointi vaatii osaamista.	Erinomainen: Selkeä käyttöliittymä, ohjattu käyttöönotto.	Hyvä: Helppo käyttää, moniväritulostus vaatii enemmän osaamista.

3.5.1 Prenta Duo XL SE

Suomalainen Prenta Oy on suunnitellut Prenta Duo XL SE 3D-tulostimen erityisesti pienille ja keskikokoisille yrityksille sekä oppilaitoksille. Tämä tulostin tarjoaa laajan tulostusalan ja monipuoliset materiaalivaihtoehdot. Se on suunniteltu nopeaan ja edulliseen prototyyppien tulostamiseen sekä ideoiden testaamiseen. Tulostimen tekniset yksityiskohdat, lukemattomat käyttötestit sekä innovatiiviset ratkaisut tekevät siitä erinomaisen valinnan esimerkiksi toimistokäyttöön. (Prenta Duo XL SE.)

Tulostin on melko isokokoinen ja painava, noin 25 kilogrammaa. Laitteen alusta tulee myös kalibroida manuaalisesti. (Prenta 3D Tulostin Duo XL SE). Nämä seikat voivat rajoittaa tulostimen mahdollisuuksia harrastelijoiden käytössä, koska se vaatii isomman pöytätilan ja tietoutta kalibroinnista. Kuitenkin yksi Prenta Duo XL SE:n suurimmista eduista on sen tilava tulostusalue, joka on 400 x 200 x 200 millimetriä. Tämä mahdollistaa myös suurempien prototyyppien valmistamisen. Laitteen materiaalivalikoima on laaja, ja se tukee useita eri filamentteja, kuten PLA:ta ja ABS:ää. Lisäksi se pystyy käsittelemään muitakin erityyppisiä materiaaleja, kuten metalliseosfilamentteja, hiilikuituseoksia ja grafeenifilamentteja. Näin ollen käyttäjät voivat valita juuri tarvitsemaansa materiaalia riippuen projektin vaatimuksista. (Prenta Duo XL SE.)

Etuna on myös laitteen kaksi tulostuspäätä, jotka mahdollistavat kahden eri materiaalin tulostamisen samanaikaisesti. Tulostin toimitetaan yhdessä Simplify 3D -tulostusohjelmiston kanssa, joka sisältää valmistajan suosittelemat valmiit tulostusprofiilit. Laitteen mukana tulee myös 12 kuukauden takuu. (Prenta Duo XL SE.) Kuvassa 18 nähdään Kotkan kaupungin pääkirjaston Prenta Duo XL SE -tulostin.



Kuva 18. Prenta Duo XL SE.

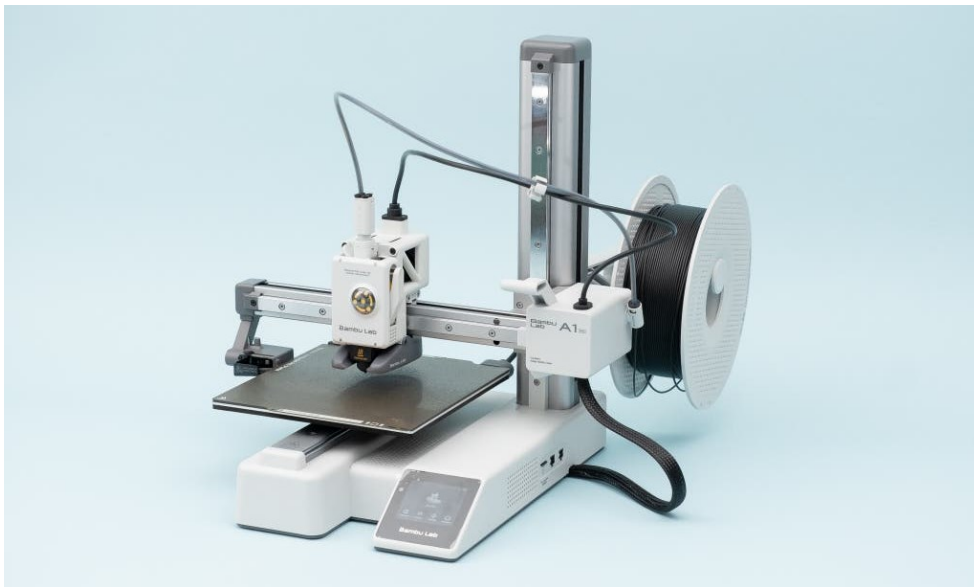
3.5.2 Bambu Lab A1 Mini

Bambu Lab A1 Mini erottuu edukseen 3D-tulostimien joukossa yksinkertaisuudellaan, laadullaan ja käyttäjäystävällisyydellään. Pienikokoinen, työpöydälle mahtuva laite on suunniteltu erityisesti aloittelevia käyttäjiä silmällä pitäen, eikä se vaadi manuaalista kalibrointia. Tulostimen käyttöönotto on nopeaa ja ohjattua, mikä tekee siitä houkuttelevan vaihtoehdon myös niille, joilla ei ole aiempaa kokemusta 3D-tulostuksesta. (Gershgorn 2025.)

Bambu Lab A1 Mini on kompaktin kokoinen, painaen ainoastaan 5,5 kilogrammaa (Bambu Lab A1 Mini -3D-tulostin). Laitteen tulostusalue on verrattain pieni, 180 x 180 x 180 millimetriä, joten se ei sovellu suurikokoisten mallien tekemiseen. Tulostin toimii hyvin perusmateriaaleilla, kuten PLA:lla, joka kattaa suurimman osan harrastelijoiden tarpeista. Käyttöliittymä on selkeä ja toiminnot, kuten filamentin vaihto, etenevät vaiheittain opastaen käyttäjää koko ajan. Moniväritulostukseen on saatavilla lisälaitte AMS Lite, jonka avulla voi käyttää jopa neljää eri filamenttia. Kannattaa kuitenkin huomioida, että moniväritulostus kuluttaa paljon materiaalia, koska värejä vaihdettaessa tulostin huuhtelee suuttimen

estääkseen värien sekoittumisen, mikä aiheuttaa merkittävästi enemmän muovijätettä. (Gershgorn 2025.)

Bambu Lab A1 Mini sisältää myös huoltomuistutuksia, kuten ilmoituksia hihnojen kiristämisestä ja osien voitelusta, ja tarjoaa ohjeet QR-koodien kautta. Varaosien ja ohjeiden saatavuus tekee laitteesta pitkäikäisen vaihtoehdon, jonka ohjelmistopäivityksiä luvataan ainakin vuoteen 2028 asti. (Gershgorn 2025.) Kuvassa 19 nähdään Bambu Lab A1 Mini 3D-tulostin.



Kuva 19. Bambu Lab A1 Mini (Gershgorn 2025).

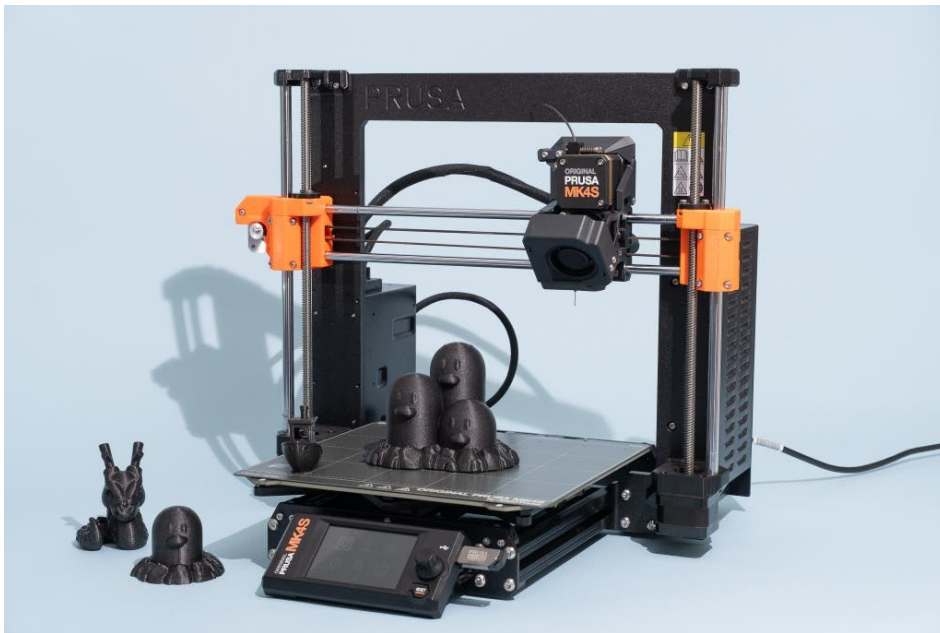
3.5.3 Prusa MK4S

Prusa MK4S on tehokas ja luotettava 3D-tulostin, joka sopii erityisesti käyttäjille, jotka arvostavat laadukasta tulostusjälkeä ja tulevaisuuden päivitettävyyttä. Laitte on pienempi ja hiljaisempi kuin monet kilpailijansa ja se mahtuu hyvin työpöydälle. Se on myös helppo ottaa käyttöön, ja tekee korkealaatuisia tulosteita nopeasti, jopa silloin, kun mallissa on jyrkkiä kulmia. (Gershgorn 2025.)

Tulostin on kahteen muuhun vertailun kohteena olevaan tulostimeen verrattuna keskikokoinen, painaen 7 kilogrammaa. Laitteen tulostusalue on 250 x 210 x 220 millimetriä. (Prusa MK4S.) Prusa MK4S on monipuolinen tulostin, joka

tukee todella monia materiaaleja. Moniväritulostuksen käyttöönotto vaatii enemmän aikaa, sillä Multi Material Upgrade 3 (MMU3) -lisäosan asentaminen on hieman monimutkaisempaa. Tämä lisäosa mahdollistaa jopa viiden eri filamentin käytön. Tulostin tukee langatonta tulostusta, ja sen käyttöön on lisätty etävalvontaominaisuus iOS- ja Android-sovellusten kautta, mikä mahdollistaa tulostuksen edistymisen seuraamisen mistä tahansa. (Gershgorn 2025.)

Prusa on tunnettu pitkäaikaisesta tuestaan ja päivityssarjoista, jotka mahdollistavat vanhojen tulostimien päivittämisen uusimpiin malleihin ja ominaisuuksiin. Tämä tekee MK4S:stä pitkäikäisen investoinnin, joka ei jää jälkeen uusimmista kehityksistä. Sitä suositellaan käyttäjille, jotka haluavat päivittää ja huoltaa tulostinta ajan mittaan. (Gershgorn 2025.) Kuvassa 20 nähdään Prusa MK4S 3D-tulostin.



Kuva 20. Prusa MK4S (Gershgorn 2025).

3.6 3D-tulostuksen ympäristövaikutukset ja kestävä kehitys

3D-tulostus on teknologinen innovaatio, jolla on mahdollisuus muuttaa perinteisiä valmistusmenetelmiä merkittävästi. Euroopan komission tutkimuksen mukaan vuoteen 2050 mennessä 3D-tulostus voi säästää jopa 90 prosenttia raaka-

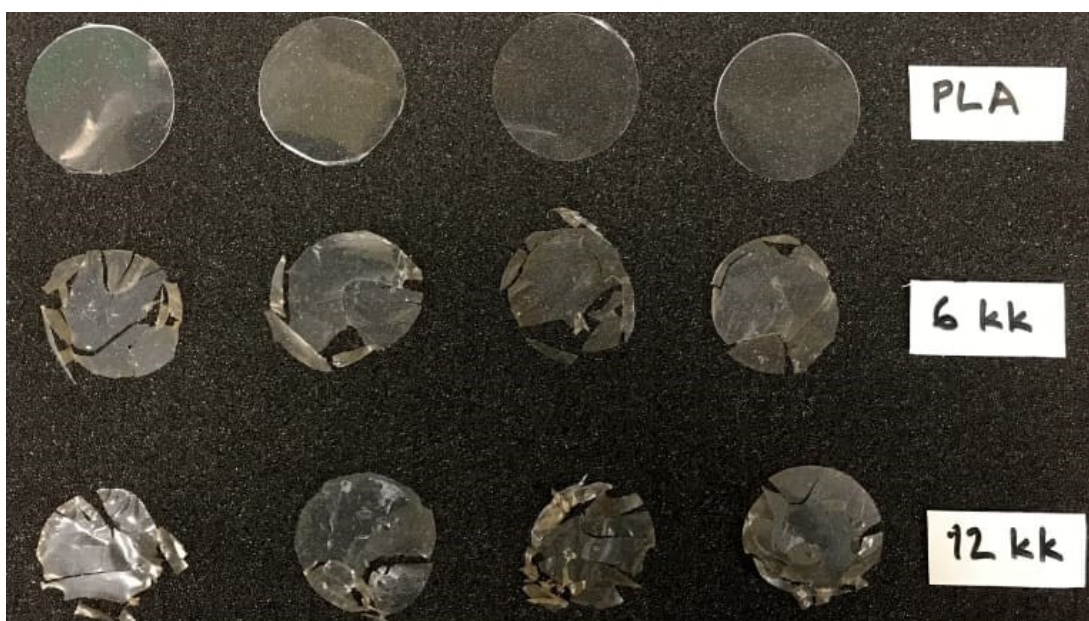
aineista, joita perinteinen valmistus vaatii. Tämä on yksi 3D-tulostuksen suurimmista eduista, sillä raaka-aineiden käytön väheneminen tarkoittaa muun muassa prosessoinnista syntyvien päästöjen sekä jätteen vähenemistä. Tällaiset vaikutukset tekevät 3D-tulostuksesta houkuttelevan vaihtoehdon niin ympäristön kannalta kuin taloudellisestikin. (Willows 2023.)

Ympäristönäkökulmasta tarkasteltuna yksi 3D-tulostuksen eduista on mahdollisuus käyttää kierrätysmateriaaleja. Yhä useammat yritykset tarjoavat tulostuspalveluita, joissa käytetään kierrätysmuovia. Tämä vähentää jätettä ja mahdollistaa materiaalien uudelleenkäytön. (3D Printing and Recycled Materials.) Lisäksi 3D-tulostus mahdollistaa osien valmistamisen tarpeen mukaan, mikä vähentää ylijäämätuotantoa ja varastointiin liittyvää energiankulutusta. Rakennusalalla 3D-tulostus vähentää materiaalihukkaa ja lyhentää toimitusketjuja, kun osia voidaan valmistaa suoraan rakennuspaikalla. Myös humanitaariset järjestöt ovat hyödyntäneet 3D-tulostusta muun muassa katastrofialueilla tarvittavien laitteiden varaosien valmistukseen. Lisäksi esimerkiksi Reef Arabia -yritys 3D-tulostaa keinotekoisia korallirakenteita, jotka auttavat koralliriuttojen elvyttämisessä. (Willows 2023.)

Vaikka termoplastiset materiaalit, kuten PLA ja ABS, ovat uudelleenmuovattavia ja siten teknisesti kierrätettäviä, niiden ympäristöystävällisyys ei ole itsestään selvyyttä. PLA:ta käytetään laajalti 3D-tulostuksessa ja se on valmistettu uusiutuvista luonnonvaroista kuten maissista tai sokeriru'osta. Kuitenkin sen hajoaminen vaatii erityiset olosuhteet, ja se voi silti jättää jälkeensä mikromuoveja. Näin ollen, vaikka termoplastisten materiaalien käyttö voi olla askel kohti kestävämpiä ratkaisuja verrattuna lämpöasettuviin muoveihin (engl. thermosets), niiden ympäristövaikutuksia on tarkasteltava materiaalikohtaisesti ja kriittisesti. (3D Printing and Recycled Materials 2025; Willows 2023.)

Suomen ympäristökeskuksen vuonna 2019 tekemä tutkimus osoitti, että yleisesti biohajoavana pidetty ja laajasti käytetty PLA ei hajonnut vuoden aikana Itämeren merikokeissa juuri lainkaan. PLA:ta käytetään muun muassa kertakäyttökupeissa ja take away -rasioissa. Tutkimus paljasti, että biohajoavuus

riippuu merkittävästi olosuhteista, kuten meriveden lämpötilasta, eikä biohajoavuus teollisessa kompostissa tarkoita hajoamista luonnonoloissa. PLA:n käyttäytyminen meressä oli yllättävää, ja se pilkkoutui kyllä paloiksi mutta ei hvinnyt edes vuoden aikana, kuten kuva 21 osoittaa. Tutkimus korosti myös, että biohajoavat muovit eivät ole automaattisesti ympäristöystävällisiä vaihtoehtoja, sillä ne voivat päätyä meriroskaksi. Kuluttajille voi olla hankalaa valita ympäristöystävällisiä vaihtoehtoja, koska biohajoavia muoveja valmistetaan myös fossiilista raaka-aineista, mikä hämmentää valintojen tekemistä. (Toivanen 2019.)



Kuva 21. Ylhäällä on uusia PLA-kalvoja, keskellä kuuden kuukauden ja alhaalla kahdentoista kuukauden ajan merivedessä olleita kalvoja. Kuva: © Hermanni Kaartokallio. (Toivanen 2019.)

Vaikka teknologia on edistynyt, 3D-tulostus ei ole vielä täysin ympäristöystävällinen. Tulostusprosessit kuluttavat paljon energiaa ja voivat tuottaa haitallisia päästöjä. (Willows 2023.) 3D-tulostuksen kehitys voi siis tukea kestävämpää tulevaisuutta, mutta se vaatii edelleen teknologisia parannuksia ja materiaalien huolellista valintaa. Tämän saavuttaminen riippuu siitä, kuinka tehokkaasti 3D-tulostusteollisuus pystyy hyödyntämään kierrätettäviä materiaaleja, sillä arviolta 40–60 % 3D-tulostetuista esineistä voitaisiin kierrättää. Jos nämä tavoitteet

saavutetaan, 3D-tulostus voi merkittävästi vähentää valmistuksen ympäristövaikutuksia. (3D Printing and Recycled Materials.)

3.7 3D-tulostuksen tulevaisuus

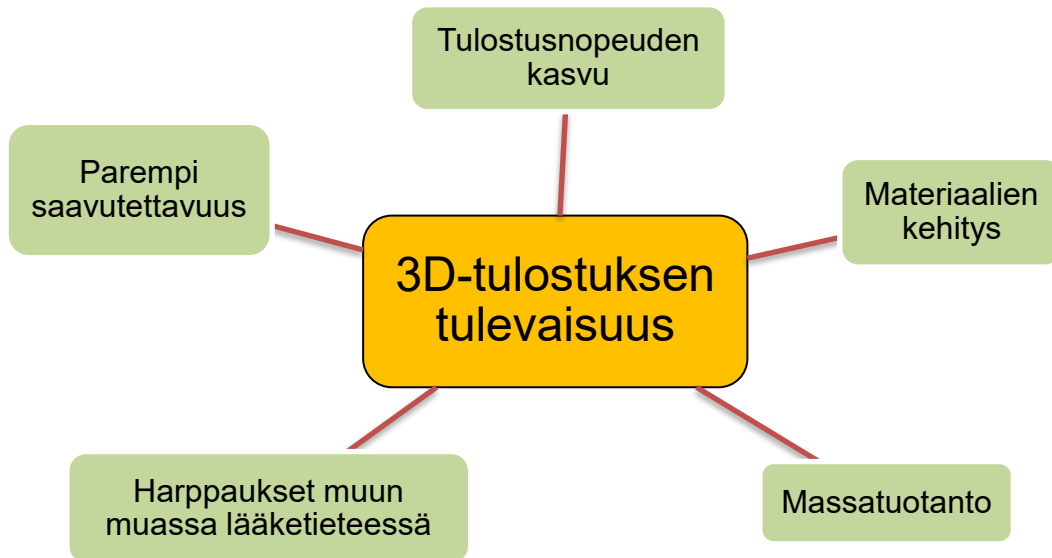
Teknologian jatkuva kehitys näkyy paitsi materiaalien laadun paranemisena, myös tulostusnopeuden kasvuna. Nykyiset laitteet pystyvät valmistamaan tuotteita paljon nopeammin, joka tekee teknologiasta houkuttelevamman eri aloille. 3D-tulostus mahdollistaa entistä laajemman käytön suunnittelussa ja tuotannossa, tehostaa kehitystyötä ja parantaa kykyä vastata nopeasti muuttuviin tarpeisiin. (The Future of 3D Printing.)

Materiaalien kehitys on tärkeä osa 3D-tulostuksen edistymistä. Tulevaisuudessa materiaalien yhdisteltävyys ja ominaisuuksien muokattavuus tulevat entistään parantamaan 3D-tulostuksen hyötyjä. (The Future of 3D Printing.) Lisäksi tulostus mahdollistaa jo nyt kevyempien rakenteiden luomisen hyödyntämällä tuotteen sisäisiä geometrioita, kuten hunajakennorakenteita. Tällöin tuote on edelleen vahva, mutta sen sisärakenne ei ole täysin kiinteä. (Plastic 3D Printing.)

Massatuotannon näkökulmasta 3D-tulostus on vielä alkuvaiheessa, mutta kehitys etenee nopeasti. 3D-tulostuksen avulla voidaan jo nyt valmistaa tuotteita kustannustehokkaasti, ja tuottavuus lisääntyy, kun prototyyppisiä ja komponentteja voidaan valmistaa nopeasti. Tämä vaikuttaa koko toimitusketjuun ja tekee prosesseista tehokkaampia. (The Future of 3D Printing.) Lisäksi se mahdollistaa räätälöityjen ratkaisujen tuottamisen eri aloilla, kuten autoteollisuudessa ja lääketieteessä. Tulevaisuudessa 3D-tulostusteknologian kehittyminen voi avata mahdollisuuden myös elinsiirtoelinten tulostamiseen, vaikka se ei ole vielä mahdollista. (3D Printing.)

Tulostimien ja materiaalien hintojen lasku on tehnyt teknologiasta entistä saavutettavampaa. Aiemmin vain suur yritysten ulottuvilla olleet laitteet ovat nyt myös pienempien toimijoiden ja yksityishenkilöiden saatavilla. (The Future of 3D

Printing.) Teknologian kehittyessä entisestään, sen käyttömahdollisuudet tulevat laajentumaan uusille aloille ja mahdollistavat entistä tarkemman ja nopeamman valmistusprosessin (Plastic 3D Printing). Kuva 22 esittää tiivistetysti 3D-tulostuksen tulevaisuuden keskeisiä suuntauksia.



Kuva 22. 3D-tulostuksen tulevaisuuden keskeisiä suuntauksia (3D Printing; Plastic 3D Printing; The Future of 3D Printing).

4 Maustehyllyn ja -telineen suunnittelu ja toteutus

4.1 Kehittämistutkimus

Kehittämistutkimuksen tavoitteena on yhdistää teoreettinen tieto ja käytännön ratkaisut. Tämä eroaa perinteisestä akateemisesta tutkimuksesta, sillä sen päämääränä ei ole pelkästään ilmiöiden ymmärtäminen, vaan myös käytännönläheisten ratkaisujen kehittäminen ja testaaminen. Kehittämistutkimuksessa prosessi etenee syklisesti jatkuvan arvioinnin ja muokkauksen kautta, jolloin se kehittyy ja paranee saatujen havaintojen ja analyysien perusteella. (Pernaa 2013: 9–26.) Tässä insinööriyössä prosessi kuvataan neljässä vaiheessa, jotka ovat tavoitteen määrittely, suunnittelu, toteutus ja arviointi. Tämä syklinen lähestymistapa tukee kehittämistutkimuksen keskeistä periaatetta, jossa pyritään kehittämään ja testaamaan ratkaisuja aidoissa olosuhteissa (Pernaa 2013: 9–26).

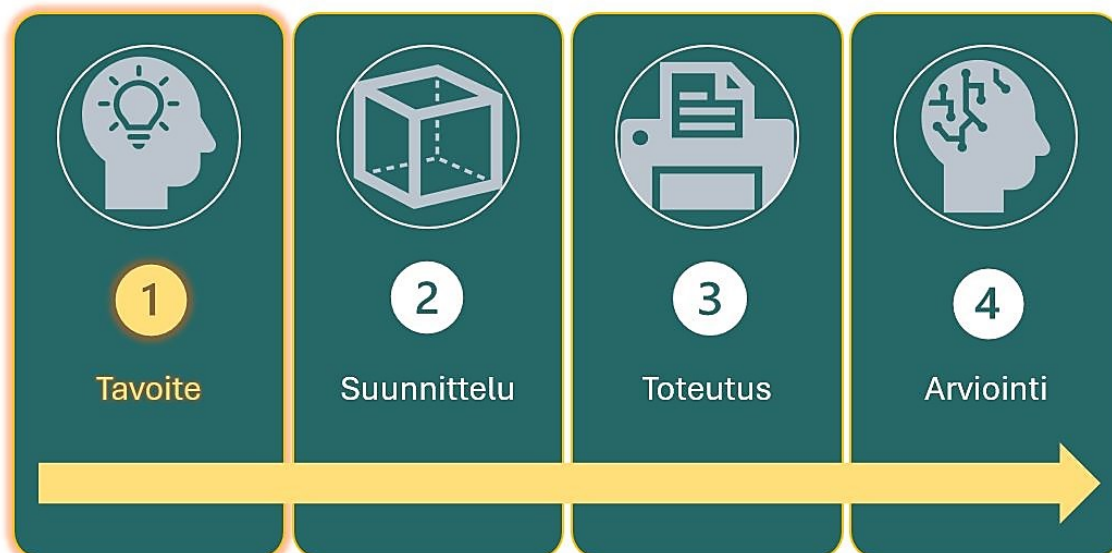
Kehittämistutkimuksen peruseriaatteisiin kuuluu ongelmalähtöisyys, jatkuva arviointi ja käytännönläheisyys. Ongelmalähtöisyys tarkoittaa, että tutkimus saa alkunsa käytännön tarpeesta tai kehittämishaasteesta. Jatkuva arviointi tarkoittaa, että kehittämisprosessia arvioidaan ja tarkastellaan kriittisesti sen eri vaiheissa, jolloin tutkimuksen edetessä voidaan tehdä tarvittavia muutoksia ja parannuksia. Käytännönläheisyys näkyy siinä, että tutkimuksen tulokset ovat sovellettavissa todellisiin tilanteisiin, kuten tämän työn lopputuloksina syntyviin 3D-mallinnettuihin ja 3D-tulostettuihin tuotteisiin. (Pernaa 2013: 9–26.)

Tässä insinööriyössä kehittämistyön lähtökohtana on käytännön ongelma, eli toimivan ja kestävästä maustehyllyn ja -telineen suunnittelu ja valmistus. Ratkaisun kehittämiseksi hyödynnetään sekä teoreettista tietoa että kokeellista testausta. Työ etenee vaiheittain, jolloin aluksi määritellään tavoite, sitten kehitetään ratkaisumalleja ja prototyyppejä suunnittelun avulla, jonka jälkeen ne toteutetaan ja valmistetaan ja lopuksi arvioidaan niiden toimivuutta. Kehittämistutkimus vaatii lähestymistapaa, jossa yhdistyvät analyyttinen ajattelu, luovuus ja käytännön kokeilut, jotta saavutetaan mahdollisimman laadukas ja kestävä lopputulos. (Pernaa 2013: 9–26.)

4.2 Projektin kulku

4.2.1 Tavoite

Kuvassa 23 on esitelty projektin kulun vaiheet, joista ensimmäinen on tavoitteen määrittäminen. Tämä on projektin tärkein lähtökohta, sillä se toimii suuntaviivana kaikille myöhemmille työvaiheille ja päätöksille. Selkeä tavoite auttaa keskittymään olennaisiin asioihin ja varmistaa, että lopputulos vastaa alkuperäisiä tarpeita. Ilman hyvin määriteltyä tavoitetta projekti voi jäädä epämääräiseksi, mikä voi vaikeuttaa suunnittelua ja johtaa esimerkiksi aikatauluongelmiin. Lisäksi selkeä tavoite auttaa arvioimaan työn onnistumista jälkikäteen. (Miller 2025a.)



Kuva 23. Projektin ensimmäinen vaihe on tavoitteen määrittäminen.

Tässä projektissa ensimmäisenä tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa toimiva, käytännöllinen ja visuaalisesti miellyttävä maustehylly, joka kestää päivittäistä käyttöä ja helpottaa maustepurkkien löytämisessä. Idea projektiin syntyi omasta tarpeesta järjestellä maustekaappi, sillä syvässä kaapissa maustepurkit katoavat helposti kaapin takaosaan. Halusin maustehyllyn olevan pyörivä ja kaksikerroksinen, jotta purkit ovat helposti saatavilla ja säilytystila maksimoituu kompaktissa koossa. Kaupoista en löytänyt valmista ratkaisua, joka täyttäisi sekä mitoitus- että toiminnallisuusvaatimukseni, joten päätin suunnitella ja valmistaa sen itse.

Toisena tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa toimiva, käytännöllinen ja visuaalisesti miellyttävä mausteteline, joka mahdollistaa suurikokoisten, 16 cm korkeiden, maustepurkkien säilyttämisen niin, että ne ovat helposti saatavilla ja pysyvät järjestyksessä. Maustetelineessä tuli olla kaarevat muodot, jotta purkit asettuisivat siihen vaakatasossa hyvin ja pysyisivät paikoillaan. Lisäksi telineen rakenteen täytyi olla riittävän tukeva, jotta se kestäisi käytössä eikä huojuisi. En löytänyt kaupasta valmista ratkaisua myöskään tähän ongelmaani.

Kuvassa 24 nähdään keittiön maustekaappini kehittämistutkimuksen alussa. Se oli sekava ja epäkäytännöllinen. Koska maustehylly sekä mausteteline tulivat

omaan kaappiini, mittojen oli oltava tarkat. Lopputuloksena odotan siistiä ja järjestelmällistä maustekaappia, jossa kaikki purkit ovat helposti nähtävissä ilman, että niitä tarvitsee siirrellä. Päätin hyödyntää 3D-mallinnusta ja -tulostusta, sillä niiden avulla voin suunnitella täsmälleen oikean kokoisen ja käyttötarkoitukseen sopivan ratkaisun. Lisäksi projekti tarjoaa minulle arvokasta käytännön kokemusta 3D-teknologioista, josta on varmasti hyötyä myös tulevaisuudessa.



Kuva 24. Kehittämistutkimuksen alkutilanteena on sekava ja epäkäytännöllinen maustekaappi.

4.2.2 Suunnittelu

Kuvassa 25 on esitelty projektin kulun vaiheet, joista toinen on suunnittelu. Suunnitteluvaihe on projektin onnistumisen kannalta ratkaiseva, sillä hyvin laadittu suunnitelma auttaa ennakoimaan mahdolliset haasteet ja varmistaa, että lopputulos vastaa asetettuja tavoitteita. Suunnittelu on usein iteratiivinen prosessi, jossa suunnitelmaa tarkennetaan ja muokataan tarpeen mukaan. Huolellinen suunnittelu vähentää virheiden riskiä ja tekee toteutusvaiheesta sujuvampaa. (Project Planning Phase.)

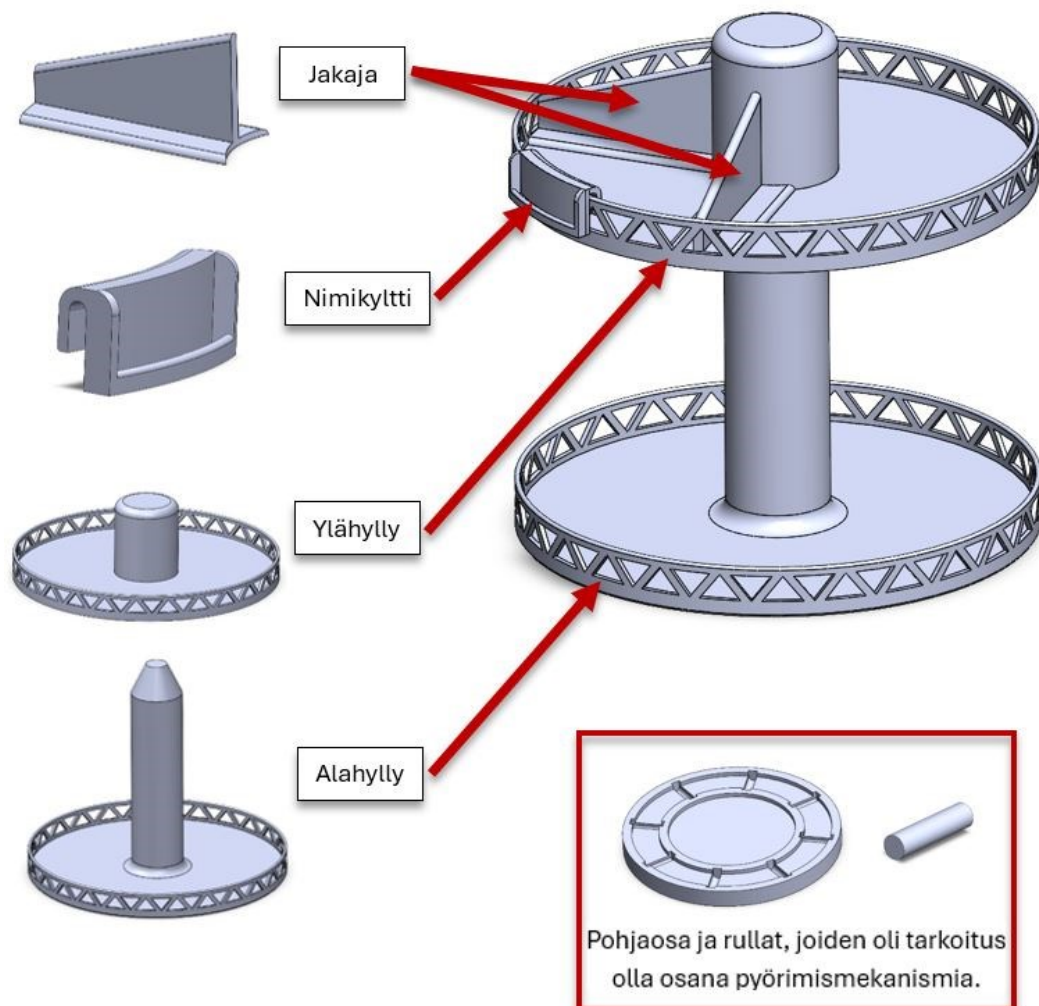


Kuva 25. Projektin kulun toinen vaihe on suunnittelu.

Tämän projektin suunnitteluvaiheessa tärkeimpiä lähtökohtia olivat keittiön kaapin mittojen ja 3D-tulostimen tulostusalueen rajoitusten huomioiminen. Sekä maustehyllyn että maustetelineen tuli olla toimivia ja helposti käytettäviä, mutta samalla riittävän tukevia. Käytin suunnitteluun SolidWorks-ohjelmaa, joka mahdollisti tarkkojen 3D-mallien luomisen sekä eri osien kokoonpanon ja toimivuuden testaamisen ennen tulostusta. Tavoitteena oli osoittaa, että toimivia ja käytännöllisiä tuotteita voidaan suunnitella hyödyntämällä pääasiassa SolidWorksin peruskomentoja.

Maustehyllyn suunnittelu

Maustehyllyn tuli olla kaksikerroksinen ja pyörivä, jotta maustepurkit olisivat helposti saatavilla. Halusin pitää ulkonäön siistinä ja selkeänä, mutta tärkeintä oli purkkien hyvä näkyvyys ja helppo saatavuus. Kuvassa 26 nähdään alkuperäiseen suunnitelmaani kuuluvat kuusi osaa: pohjaosa, rullat, alahylly, ylahylly, nimikyltit ja jakajat, sekä niiden kokoonpano. Osien tuli olla helposti yhteen liitettäviä ja mahdollistaa hyllyn sulava pyörimisliike, joka oli yksi suunnittelun haasteista. Varmistaakseni osien sopivuuden ja toimivuuden päätin hyödyntää testitulostuksia jo suunnitteluvaiheessa.



Kuva 26. SolidWorksilla mallinnetut 3D-mallit maustehyllyn osista ja niiden kokoonpanosta.

Suunnittelussa mallinsin maustehyllyn eri osat käyttäen pääosin SolidWorksin peruskomentoja. SolidWorksissa mallinnus alkaa Sketch-tilassa, jossa piirretään 2D-luonnos ennen kuin se muutetaan kolmiulotteiseksi eri työkalujen avulla. Tässä vaiheessa on tärkeää määritellä mitat, jotta osat sopisivat toisiinsa ilman ylimääräistä säätöä. Tarkkoja mittoja ei kuitenkaan ole välttämätöntä asettaa heti, sillä niitä voi helposti muokata jälkikäteen Sketch-tilassa.

Projektin alussa tiesin, että isoimmaksi haasteeksi muodostuisi maustehyllyn pyörimismekanismin toteuttaminen, joten päätin aloittaa suunnittelun siitä. Pyörimismekanismi koostui pohjaosasta, jonka koloissa oli kahdeksan mustaa rullaa, jotka pääsivät pyörimään vapaasti alahyllyn liikkua niiden päällä. Alahyllyn suunnittelin pohjaosaan sopivat muodot, jotka antaisivat tukea koko rakenteelle. Tarkistin osien yhteensopivuuden SolidWorksin kokoonpanotoiminnon avulla. Koska epäilin mekanismin toimivuutta, päätin testata sen tulostamalla ensin vain pohjan ja alahyllyn.

Kuvassa 27 nähdään alahyllyn testitulostus, jossa havaitsin, että sen alaosa ei tulostunut tasaisena, mikä esti pyörimismekanismin sulavan liikkeen pohjaosan kanssa. Jotta en kuluttaisi ylimääräistä materiaalia ja aikaa uusintatestauksiin, päätin alkaa etsimään kaupasta valmista pyörivää tarjotinta, joka varmistaisi hyvän pyörimisliikkeen. Tämän vuoksi muokkasin alahyllyn alaosan tasaiseksi, jotta se pysyisi tukevasti pyörivän tarjottimen päällä.



Kuva 27. Alahyllyn alaosan testitulostus oli epätasainen, eikä sen takia sopinut testitulostettuun pohjaosaan.

Pohjaosan, rullien ja alahyllyn mallinnuksessa käytin pääasiassa Boss Extrude-, Cut Extrude- ja Fillet-komentoja. Koska alahyllyn reunoihin halusin koristeellisen ilmeen, loin reunukseen kolmiomaiset yksityiskohdat sketsaamalla ne erilliselle tasolle (Plane) ja jakamalla ne tasaisesti Circular Pattern -komennolla. Ylähyllyn mallinnuksessa käytin samoja peruskomentoja kuin alahyllyssä yhtenäisen rakenteen varmistamiseksi. Ylähyllyn sylinterirakenne on mallinnettu ontoksi, ja sen sisärakenne vastaa alahyllyn sylinterin kartiomaista muotoa, jotta ne saisi helposti kiinnitettyä toisiinsa.

Mallinsin maustehyllyyn lisäosiksi jakajat, joiden tarkoituksena oli jakaa ylähylly eri osiin, jotta mausteet tai muut tarvikkeet olisivat helposti löydettävissä. Suunnittelussa oli tärkeää, että jakajan sisä- ja ulkokehän halkaisija vastasi ylähyllyn reunuksen halkaisijan mittoja, jotta ne istuisivat siinä täsmällisesti. Lisäksi jakajien ulkoreunan tuli olla yhtä korkea kuin ylähyllyn koristereunus, jotta visuaalinen ilme ei kärsisi. Jakajat mallinsin käyttäen samoja Boss Extrude-, Cut

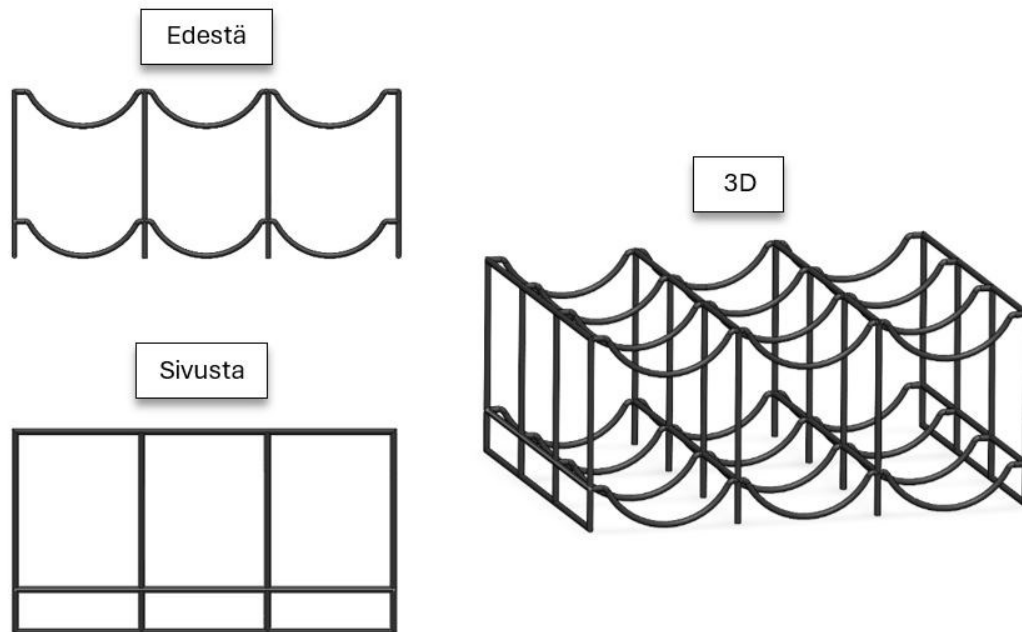
Extrude- ja Fillet -komentoja kuin muutkin hyllyn rakenteelliset osat, ja ne onnistuivat täydellisesti ensimmäisellä testitulostuksella.

Lopuksi mallinsin nimikyltit, jotka sopivat ylähyllyn koristereunukseen. Niihin kirjoittamalla tai laittamalla pienen lapun voi helpommin tunnistaa kunkin osion sisällön. Nimikylttien kohdalla käytin vain Boss Extrude- ja Fillet -komentoja, jotta niiden muotoilu pysyi selkeänä ja yhtenäisenä kokonaisuuden kanssa. Nimikylttejä jouduin testitulostamaan ja muokkaamaan muutamaan otteeseen, jotta ne sopivat kokonaisuuteen visuaalisesti ja rakenteellisesti. Lopullinen versio nimikyltistä peitti ylähyllyn koristereunuksen kokonaan ja oli helposti irrotettavissa reunuksesta. Tarkistin vielä kaikkien osien yhteensopivuuden SolidWorksin koonpanotoiminnossa Mate-komennon avulla ja totesin ne onnistuneiksi. Kaikki maustehyllyä varten mallinnetut osat ja niiden käyttötarkoitus sekä haasteet esitellään selkeästi liitteessä 2.

Maustetelineen suunnittelu

Maustetelineen suunnittelussa tavoitteena oli luoda rakenne, joka on sekä toimiva, että tarpeeksi tukeva. Ensimmäinen vaihe oli mittojen ja muodon määrittely niin, että teline mahtuu kaappiin ja purkit asettuvat siihen tukevasti. Maustetelineessä tuli olla kaarevat muodot, jotta purkit asettuisivat siihen vaakatasossa hyvin ja pysyisivät paikoillaan. Halusin, että maustetelineeseen tulee mahtumaan kuusi isoa maustepurkkia ja, että ne ovat helposti saatavilla.

Kuvassa 28 nähdään maustetelineen SolidWorks-malli eri kuvakulmista. Mausteteline mallinnettiin hyödyntäen 3D Sketch -tilaa, joka mahdollistaa viivojen ja muotojen luomisen kolmiulotteisesti ilman, että ne ovat sidottuja yksittäisiin tasoihin. Tämä mahdollisti telineen rakenteiden joustavan suunnittelun. Mallinnuksessa käytettiin Sweep-, Mirror- ja Linear Pattern -komentoja, joiden avulla saatiin luotua symmetrinen ja yhtenäinen rakenne. Sweep-komennolla sain pak-suutta koko rakenteeseen, ja Mirror- sekä Linear Pattern -komennolla toistin rakenteen osia tehokkaasti.



Kuva 28. Maustetelineen SolidWorks-malli eri kuvakulmista.

Halusin ensin testata, oliko maustetelineen rakenne tarpeeksi tukeva. Testitulostuksessa tulostettiin telineestä vain pieni osa, joka nähdään kuvassa 29. Rakenteen alkuperäinen paksuus, 3 millimetriä, oli liian ohut, ja teline kaipasi lisää tukevuutta. Suunnittelun edetessä toteutusvaiheeseen oli tärkeää kiinnittää lisähuomiota sekä rakenteen kestävyteen että käytännöllisyyteen. Lisäksi testitulostus antoi mahdollisuuden tarkistaa, että maustepurkit asettuivat telineeseen suunnitellulla tavalla.



Kuva 29. Maustetelineen testitulostuksessa rakenne havaittiin liian ohueksi.

4.2.3 Toteutus

Kuvassa 30 on esitelty projektin kulun vaiheet, joista kolmas on toteutus. Toteutusvaiheessa on tärkeää varmistaa, että projektin työ etenee suunnitelman mukaisesti. Tässä vaiheessa haasteisiin ja riskeihin varaudutaan ennakoivasti, ja poikkeamiin reagoidaan nopeasti, jotta projekti pysyy suunnitelman mukaisena. Toteutusvaiheessa keskiössä on suunnitelman mukainen tarkkuus ja huolellinen eteneminen. Lisäksi työn etenemistä seurataan jatkuvasti, ja tarvittaessa tehdään pieniä säätöjä, jotta lopputulos vastaa asetettuja tavoitteita ja on toimiva käytännössä. (Project Execution & Control Phase.)



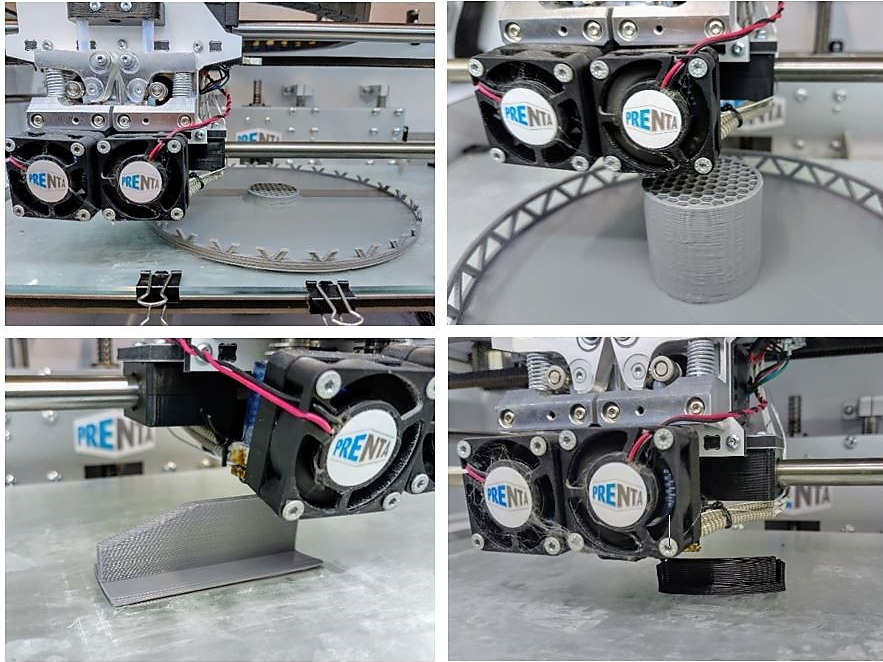
Kuva 30. Projektin kulun kolmas vaihe on toteutus.

3D-tulostuksessa käytin Kotkan pääkirjaston Prenta Duo XL SE -tulostinta, jossa oli saatavilla PLA-muovia tulostusmateriaaliksi. PLA oli hyvä valinta, sillä se on kevyt, helppotulosteinen ja riittävän kestävä maustehyllyn ja maustetelineen tekoon. Koska maustehyly- ja teline sijoitetaan kaappiin eivätkä joudu alttiiksi suurelle lämmölle tai kosteudelle, muita materiaaleja ei tarvittu. Kotkan pääkirjaston mediaohjaaja Juha Tenhunen auttoi minua paljon tulostusprosessin aikana. Sain häneltä paljon hyviä neuvoja sekä käytännön opastusta tulostukseen ja tulostimen asetusten säätöön.

Aloitin toteutusvaiheen valmistelemalla kaikki 3D-mallit tulostusta varten. Tarkistin jokaisen osan mitat ja varmistin niiden yhteensopivuuden ennen tulostamista. SolidWorksissa tekemistäni malleista loin STL-tiedostot, jotka siirsin Simplify3D-ohjelmaan viipalointia ja viimeisiä muokkauksia varten. Tenhusen (2025) mukaan tulostuksen täyttöasteeksi kannatti valita 20 prosenttia, mikä oli riittävä rakenteen kestävyys kannalta mutta ei kuluttanut tarpeettomasti materiaalia. Tarkempien kohtien, kuten koristereunuksen, kohdalla hän neuvoi alentamaan tulostusnopeutta hyvän pinnanlaadun varmistamiseksi (Tenhunen 2025).

Maustehyllyn toteutus

Maustehyllyn osat valmistettiin 3D-tulostamalla, kuvassa 31 näkyvät käynnissä olevat tulostusprosessit. Suunnitteluvaiheessa muokkaamani alahylly ja ylähylly tulostuivat ongelmitta. Molempien osien sylinterinmuotoiset rakenteet tulostuivat Fast Honeycomb -asetuksella, joka loi kevyen mutta kestävästä hunajakennorakenteen. Tämä myös vähensi materiaalinkulutusta ja lyhensi tulostusaikaa. Alahyllyn ja ylähyllyn tulostusaika oli suunnilleen sama, eli noin neljä tuntia. Myös jakajien ja nimikylttien tulostaminen sujui ongelmitta, molempia tulostin viisi kappaletta. Päätin vaihtaa nimikylttien värin mustaksi, jotta ne erottuisivat paremmin. Yhden jakajan tulostus kesti noin 40 minuuttia ja yhden nimikyltin noin 15 minuuttia. Maustehyllyn osien 3D-mallit sekä niitä vastaavat 3D-tulostetut mallit ovat kuvattuna liitteessä 3.



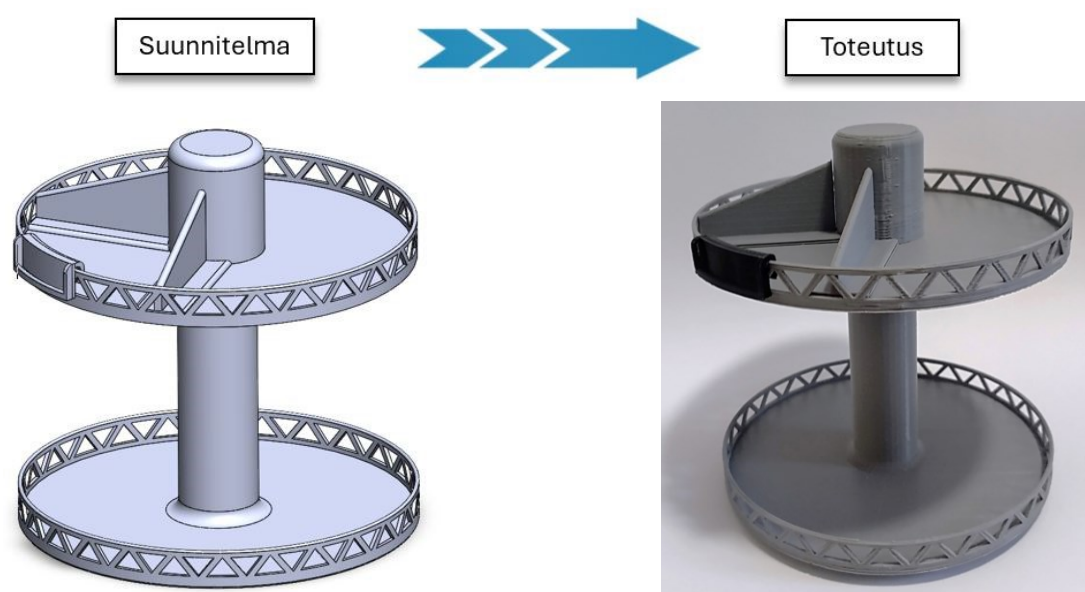
Kuva 31. Maustehyllyn osien 3D-tulostus käynnissä.

Kuten jo suunnitteluvaiheessa totesin, valmis pyörivä tarjotin olisi luultavasti paras vaihtoehto pyörimismekanismin sujuvan toiminnan varmistamiseksi. Löysin kaupasta sopivan tuotteen, joten päätin ottaa sen lopulliseen käyttöön. Sovitakseni maustehyllyn paremmin pyörivään tarjottimeen, sahasin pois tarjottimen korkean reunan, hioin sen tasaiseksi ja lisäsin reunakumin parantamaan ulkonäköä ja tuntumaa. Kuvassa 32 näkyy hankkimani pyörivä tarjotin pienen muokkauksen jälkeen.



Kuva 32. Valmis pyörivä tarjotin oli pienen muokkauksen jälkeen paras vaihtoehto pyörimisliikkeen toteuttamiseksi.

Kun kaikki maustehyllyn osat olivat tulostettu, viimeistelin ne hiomalla terävät kohdat sileiksi. Viimeinen vaihe oli koota maustehylly. Alimmaiseksi tuli alahylly, johon kiinnitin seuraavaksi ylähyllyn. Kiinnittämisessä piti käyttää vähän voimaa, jotta alahyllyn kartiomainen osa saatiin sopimaan ylähyllyn onttoon kohtaan. Halusin, että ylähylly on napakasti paikoillaan, joten voimankäytön tarve ei tullut yllätyksenä. Molemmat hyllyt olivat paikallaan ja ne tuntuivat tukevilta. Lopuksi laitoin ylähyllyyn jakajat ja nimikyltit, jotka toimivat hyvin. Kuten kuva 33 esittää, valmistunut tuote vastasi lopullista suunnitelmaani niin ulkonäön kuin käytännön puolesta.

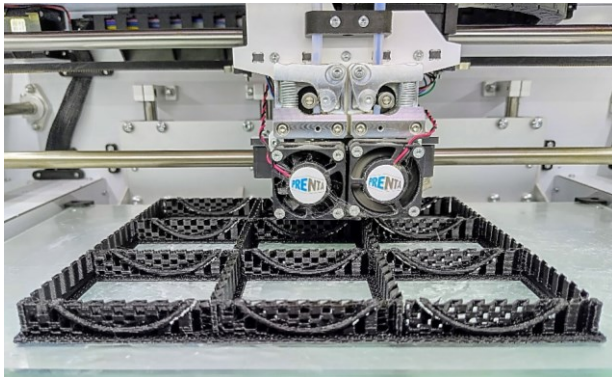


Kuva 33. Valmis maustehylly, suunnitelmasta toteutukseen.

Maustetelineen toteutus

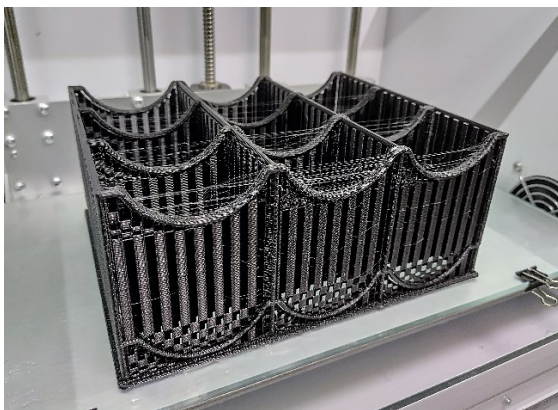
Jo suunnitteluvaiheessa todettiin testitulostuksen ansiosta, että maustetelineen rakennetta piti paksuntaa ennen siirtymistä koko telineen tulostukseen. Tenhusen (2025) mukaan maustetelinettä voisi muokata Simplify3D-ohjelmassa, jotta kaarevat ja pystysuuntaiset rakenteet saisivat lisäpaksuutta. Muokkauksen ansiosta maustetelineestä tuli vakaampi ja kestävämpi. Lisäksi vielä varmistin, että kaikki rakenteet olivat tasapituisia ja koskettivat alustaa tasaisesti, jotta

lopullinen teline ei huojuisi. Kuvassa 34 näkyy maustetelineen käynnissä oleva tulostusprosessi.



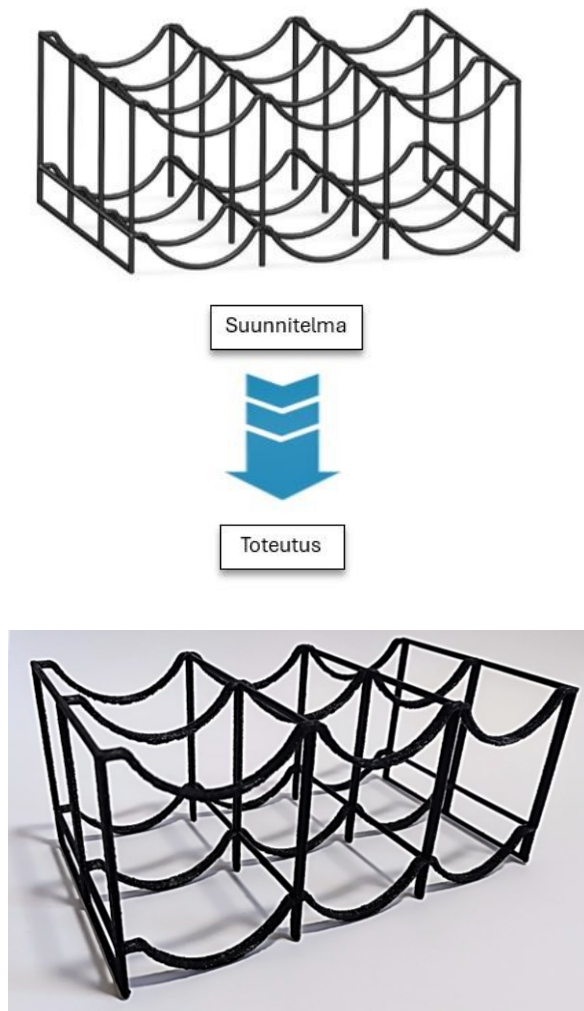
Kuva 34. Maustetelineen 3D-tulostus käynnissä.

Maustetelineen tulostus vaati runsaasti tukirakenteita, kuten kuva 35 osoittaa. Tukirakenteet lisättiin ennen tulostuksen aloittamista Simplify3D-ohjelmassa. Telineen kaarevat muodot ja horisontaaliset rakenteet tarvitsivat paljon tukea, sillä 3D-tulostin ei voi tulostaa niin sanotusti tyhjän päälle. Lisäksi Tenhusen (2025) mukaan telineen pohjaan kannatti lisätä raft-tuki, joka varmisti vahvan perustan ylemmille kerroksille. Tämä oli erityisen tärkeää, jotta maustetelineen alaosan ohut rakenne ei päässyt vääntymään tulostuksen aikana. Raft-tuki auttoi myös vakauttamaan maustetelinettä, koska sillä oli vain vähän tartuntapintaa tulostusalueeseen. (Tenhusen 2025.) Tulostusprosessi oli pitkä ja kesti noin yhdeksän tuntia.



Kuva 35. Maustetelineessä oli paljon tukirakenteita.

Tulostuksen jälkeen napsautin tukirakenteet pois, ja ne irtosivat helposti. Mausteteline tuntui tarpeeksi tukevalta, joten sen rakenteiden muokkaaminen paksummiksi oli oikea päätös. Kokeilin asettaa ison maustepurkin telineeseen ja se sopi hyvin, mutta purkin poistaminen oli hieman hankalaa, sillä se jäi vähän kiinni telineen etummaiseen kaarevaan osaan. Päätin lyhentää telinettä ja leikkasin yhden rivin kaarevia rakenteita pois. Tämä osoittautui hyväksi ratkaisuksi, sillä nyt purkit sai helposti pois, mutta ne pysyivät silti tukevasti paikallaan. Maustetelineen uudelleentulostus ei olisi ollut järkevää, koska leikkaamalla saavutin haluamani tuloksen, ilman turhaa muovin tuhlausta. Tulostuksen jäljiltä telineessä oli paljon teräviä kulmia, koska tukirakenteita oli niin paljon. Hiomiseen meni aikaa, mutta lopputulos oli todella hyvä, kuten kuva 36 osoittaa.



Kuva 36. Valmis mausteteline, suunnitelmasta toteutukseen.

4.2.4 Arviointi

Kuvassa 37 on esitelty projektin kulun vaiheet, joista viimeinen on arviointi. Projektin arviointi on keskeinen osa projektinhallintaa, ja sen tarkoituksena on selvittää, kuinka hyvin projekti on saavuttanut tavoitteensa sekä mitä voidaan oppia tulevia projekteja varten. Arviointi tarjoaa keinoja mitata projektin tehokkuutta, vaikuttavuutta ja resurssien käyttöä. Se mahdollistaa tiedon keräämisen ja analysoinnin projektin toiminnasta, tuloksista ja vaikutuksista, jotta voidaan arvioida ja tunnistaa parannettavat alueet. Hyvin toteutettu arviointi ei pelkää paljasta projektin lopputuloksia, vaan myös edistää työskentelytapojen kehittämistä ja tukee tulevien projektien tehostamista. (Miller 2025b.)



Kuva 37. Projektin kulun viimeinen vaihe on arviointi.

Maustehyllyn arviointi

Otin maustehyllyn käyttöön saman tien ja aloitin sen testaamisen. Halusin varmistaa, että pyörimistoiminto toimi sujuvasti ja että maustepurkit olivat helposti saatavilla ilman, että niitä tarvitsi siirrellä edestakaisin. Pyörivä tarjotin pyöri hyvin ja pysyi tukevasti paikallaan. Maustepurkit löytyivät kätevästi maustehyllystä ja kaappi pysyi puhtaana ja järjestelmällisenä. Vaikka jouduin tekemään kompromissin itse tulostetun pyörimismekanismien suhteen, päätös vähentää

muovijätettä ja valita varmempi ratkaisu oli mielestäni parempi. Lisäksi mauste-hyllyn kompakti koko osoittautui käytännölliseksi, sillä se mahtui hyvin kaappiin ja tarjosi riittävästi tilaa maustepurkeille.

Kuvassa 38 on maustehylly muutaman viikon käytön jälkeen. Ylähyllyn jakajat pitivät tavarat hyvässä järjestyksessä, ja nimikyltit helpottivat niiden tunnistamista. Käytön myötä varmistui, että rakenne oli toimiva eikä maustehyllyyn tarvinnut tehdä lisäsäätöjä. Kokonaisuudessaan lopputulos täytti alkuperäiset tavoitteet, eli maustehylly oli toimiva, käytännöllinen ja visuaalisesti miellyttävä sekä kesti päivittäistä käyttöä.



Kuva 38. Maustehylly ratkaisi ongelman ja kaappi on nyt järjestelmällinen ja käytännöllinen.

Maustetelineen arviointi

Otin myös maustetelineen käyttöön heti ja testasin sen toimivuutta arjessa. Teline osoittautui käytännölliseksi, ja isot maustepurkit olivat helposti näkyvillä ja saatavilla ilman turhaa etsimistä. Se sopi hyvin kaappiin ja täytti tilan tehokkaasti. Muutaman viikon testikäytössä huomasin kuitenkin, että mausteteline liikkui hieman, kun maustepurkkeja otettiin siitä tai laitettiin takaisin. Ratkaisin tämän ongelman hankkimalla kumimaton, jonka asetin kaapin pohjalle. Kumimatto piti maustetelineen hyvin paikallaan ja paransi sen käyttömukavuutta.

Kuvassa 39 on mausteteline muutaman viikon käytön jälkeen. Kokonaisuudessaan mausteteline täytti alkuperäiset tavoitteensa. Se mahdollisti suurikokoisten, 16 cm korkeiden, maustepurkkien säilyttämisen niin, että ne olivat helposti saatavilla ja pysyivät järjestyksessä. Käytännön testit osoittivat, että rakenteelliset muutokset, kuten lyhennetty muoto, olivat oikeita ratkaisuja. Mausteteline oli toimiva ja käytännöllinen lisä keittiöön.



Kuva 39. Mausteteline ratkaisi ongelman ja isot, 16 cm korkeat, maustepurkit ovat nyt hyvin järjestyksessä ja helposti saatavilla.

5 Pohdinta ja yhteenveto

Tämä insinööri työ tarjosi minulle arvokasta oppia 3D-mallinnuksesta ja -tulostuksesta sekä niiden käytännön haasteista. Vaikka SolidWorks mahdollisti tarkan suunnittelun, käytännön kokemus 3D-tulostamisesta osoitti, että mallien toimivuus ei aina vastaa alkuperäistä suunnitelmaa. Työn myötä opin arvioimaan kriittisesti mallien rakennetta ja tarvittaessa keksimään muita ratkaisuja ilman, että lopputuotteen toiminnallisuus kärsi. Tästä esimerkkinä oli päätökseni käyttää valmista pyörivää tarjotinta maustehyllyn sujuvan pyörimismekanismin saavuttamiseksi. Lisäksi sain käytännön kokemusta ongelmanratkaisusta ja prototyyppien kehittämisestä vaiheittain.

Tutkimuskysymykseen, miten 3D-mallinnusta ja -tulostusta voidaan hyödyntää toimivan, käytännöllisen ja visuaalisesti miellyttävän maustehyllyn ja -telineen suunnittelussa ja valmistuksessa, vastattiin työssä esitetyn käytännön projektin sekä teorian avulla. Työssä suunniteltiin tarkat, tarpeisiin ja tilaan mitoitettut 3D-mallit SolidWorks-ohjelmistolla. Valmistus toteutettiin 3D-tulostamalla osat PLA-muovista. Tulokset osoittivat, että 3D-teknologia soveltuu hyvin yksilöllisten säilytysratkaisujen toteuttamiseen varsinkin silloin, kun markkinoilla ei ole valmiita vaihtoehtoja. Iteratiivinen suunnittelu, eli toistuvien kehitysvaiheiden hyödyntäminen, mahdollisti rakenteellisten ratkaisujen parantamisen ja testitulostusten avulla voitiin varmistaa lopputuotteen käytännöllisyys ja visuaalinen laatu. Samalla projekti osoitti, kuinka digitaalinen suunnittelu ja fyysinen valmistus voidaan yhdistää käytännölliseksi prosessiksi, jota voidaan soveltaa monilla eri aloilla.

Projektin jatkokehitysideana voisi olla muunneltavan hyllyjärjestelmän kehittäminen, jossa itsenäisistä osista koostuva rakenne mukautuisi helposti erilaisiin tiloihin ja tarpeisiin. Tällainen ratkaisu sopisi esimerkiksi toimistoihin tai työpajoihin, joissa säilytystilan muunneltavuus on tärkeää. Lisäksi järjestelmää voisi kehittää sisäänrakennetulla LED-valaistuksella, mikä parantaisi sekä käytettävyyttä että visuaalista ilmettä. Muunneltava rakenne edellyttäisi todennäköisesti laajemman SolidWorks-komentovalikoiman hyödyntämistä, ja samalla voitaisiin

testata, kuinka hyvin monimutkaisemmat osat 3D-tulostuisivat ja toimisivat käytännössä.

Toisena jatkokehitysideana voisi olla ekologisten näkökulmien syvempi tarkastelu. Esimerkiksi 3D-tulostetun säilytysjärjestelmän kehittäminen kierrätysmateriaaleja hyödyntäen voisi tarjota kestävän ja innovatiivisen ratkaisun. Kierrätysmuovien käyttö vähentäisi uuden raaka-aineen tarvetta ja pienentäisi tuotannon hiilijalanjälkeä. Lisäksi voitaisiin selvittää, miten erilaiset materiaalit vaikuttavat lopputuotteen laatuun ja käyttöikään sekä testata, kuinka hyvin ne toimisivat jatkapäiväisessä käytössä.

Jatkossa 3D-mallinnuksen ja -tulostuksen rooli tulee korostumaan entisestään kestävän kehityksen ratkaisuihin, joissa pyritään minimoimaan ympäristövaikutuksia sekä käyttämään resursseja tehokkaasti. Nopeasti kehittyvä teknologia tarjoaa entistä kestävämpiä, kustannustehokkaampia ja innovatiivisempia ratkaisuja eri teollisuudenaloille, mukaan lukien lääketieteeseen. Samalla tekoäly kehittyy merkittäväksi osaksi tuotekehitystä, tarjoten uusia mahdollisuuksia suunnitteluprosessien tehostamiseen. 3D-tulostus on puolestaan kehittänyt vaihtoehtoisesta valmistusmenetelmästä modernin tuotannon kulmakiveksi.

Lähteet

3D CAD software. Verkkoaineisto. PTC. <<https://www.ptc.com/en/technologies/cad/3d-cad-software>>. Luettu 21.1.2025.

3D Modeling Software Industry Research Report. 2025. Verkkoaineisto. Business Research Insights. <<https://www.businessresearchinsights.com/market-reports/3d-modelling-software-industry-market-104773>>. Päivitetty 21.4.2025. Luettu 29.4.2025.

3D Printing. Verkkoaineisto. Dassault Systèmes. <<https://www.3ds.com/make/guide/process/3d-printing>>. Luettu 5.5.2025.

3D Printing and Recycled Materials. Verkkoaineisto. Dassault Systèmes. <<https://www.3ds.com/make/solutions/blog/3d-printing-and-recycled-materials>>. Luettu 2.5.2025.

3D-tulostus yleistyy vauhdilla. Verkkoaineisto. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). <<https://tukes.fi/3d-tulostus>>. Luettu 13.4.2025.

A short history of 3D. 2024. Verkkoaineisto. Adobe. <<https://helpx.adobe.com/substance-3d-epic/3d-intro/3d-history.html?x-product=Helpx%2F1.0.0&x-product-location=Search%3AForums%3Alink%2F3.6.4>>. Päivitetty 6.3.2024. Luettu 20.1.2025.

Adding Mates. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help. <https://help.solidworks.com/2025/English/SWConnected/swdotworks/t_Adding_Mates_SWassy.htm>. Luettu 10.2.2025

Al Baki, Abdullah. 2024. Understanding 3D Modeling | From its Evolution to Revolution. Verkkoaineisto. 7CGI. <<https://7cgi.com/blog/understanding-3d-modeling-evolution-to-revolution/>>. 7.8.2024. Päivitetty 27.2.2025. Luettu 5.4.2025.

Annotations Overview. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help. <https://help.solidworks.com/2025/English/SWConnected/swdotworks/c_annotations_overview.htm>. Luettu 10.2.2025.

Arcs. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help. <https://help.solidworks.com/2025/English/SWConnected/swdotworks/c_Arcs.htm>. Luettu 10.2.2025.

Autodesk Fusion plans and pricing. Verkkoaineisto. Autodesk. <<https://www.autodesk.com/campaigns/fusion-360/pricing.mobile.mobile?term=1-YEAR&tab=subscription>>. Luettu 17.3.2025.

Bambu Lab A1 Mini -3D-tulostin. Verkkoaineisto. Verkkokauppa.com. <<https://www.verkkokauppa.com/fi/product/964352/Bambu-Lab-A1-Mini-3D-tulostin>>. Luettu 29.4.2025

Carolo, Lucas. 2022. What Is 3D Bioprinting? – Simply Explained. Verkkoaineisto. All3DP. <<https://all3dp.com/2/what-is-3d-bioprinting-simply-explained/>>. Päivitetty 12.5.2022. Luettu 18.2.2025.

Carolo, Lucas. 2024. SolidWorks vs Fusion 360: The Differences. Verkkoaineisto. All3DP. <<https://all3dp.com/2/fusion-360-vs-solidworks-cad-software-compared-side-by-side/>>. Päivitetty 12.2.2024. Luettu 15.3.2025.

Chamfers. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help. <https://help.solidworks.com/2025/english/swconnected/swdotworks/t_creating_chamfer_feature.htm>. Luettu 10.2.2025.

Circles. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help. <https://help.solidworks.com/2025/English/SWConnected/swdotworks/c_Circles.htm>. Luettu 10.2.2025.

Convert Entities. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help.

<https://help.solidworks.com/2025/English/SWConnected/swdotworks/c_Convert_Entities.htm>. Luettu 10.2.2025.

Creating an Extrude Feature. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help.

<https://help.solidworks.com/2025/English/SWConnected/swdotworks/t_creating_an_extrude_feature.htm>. Luettu 10.2.2025.

Detail View. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help.

<https://help.solidworks.com/2025/English/SWConnected/swdotworks/c_detail_view.htm>. Luettu 10.2.2025.

Dimensioning a 2D Sketch. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help.

<https://help.solidworks.com/2025/English/SWConnected/swdotworks/t_Dimensioning_a_2D_Sketch.htm>. Luettu 10.2.2025.

Ekaran, Sammy. 2021. History of 3D Modeling. Verkkoaineisto. SelfCAD.

<<https://www.selfcad.com/blog/when-did-3d-modeling-start-a-brief-history>>. 31.5.2021. Luettu 20.1.2025.

Eskola, Toni. 2023. 3D-mallinnus pähkinänkuoressa. Verkkoaineisto. Suomen

Yrittäjäopisto. <<https://www.syo.fi/blogi/3d-mallinnus-pahkinankuoressa/>>. 16.8.2023. Luettu 20.1.2025.

Fillet Overview. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help.

<https://help.solidworks.com/2025/english/swconnected/swdotworks/c_fillet_overview.htm>. Luettu 10.2.2025.

Five Industries that Benefit the Most from 3D Printing. Verkkoaineisto. Dassault

Systemes. <<https://www.3ds.com/make/solutions/blog/five-industries-benefit-most-3d-printing>>. Luettu 28.4.2025.

Future by Design. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS. <[https://www.solid-](https://www.solidworks.com/lp/future-design)

[works.com/lp/future-design](https://www.solidworks.com/lp/future-design)>. Luettu 3.2.2025.

Gershgorn, Dave. 2025. The Best 3D Printer. Verkkoaineisto. The New York Times. <<https://www.nytimes.com/wirecutter/reviews/best-home-3d-printer/>>. Päivitetty 15.4.2025. Luettu 29.4.2025.

How 3D CAD modeling is changing the face and future of industries. Verkkoaineisto. Dassault Systèmes. <<https://www.3ds.com/store/how-3d-cad-modeling-changing-face-and-future-industries>>. Luettu 5.4.2025.

Inserting Components from the PropertyManager. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help. <https://help.solidworks.com/2025/English/SWConnected/swdotworks/t_inserting_components_propertymanager.htm>. Luettu 10.2.2025.

Kamran, Medhavi & Saxena, Abhishek. 2016. A Comprehensive Study on 3D Printing Technology. MIT International Journal of Mechanical Engineering. Vol. 6, No. 2, s. 63–69.

Mass Properties and Section Properties. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help. <https://help.solidworks.com/2025/english/swconnected/swdotworks/c_Mass_and_Section_Properties_Overview.htm>. Luettu 10.2.2025.

Measure Tool. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help. <https://help.solidworks.com/2025/english/swconnected/swdotworks/HIDD_MEASURE.htm>. Luettu 10.2.2025.

Medical 3D Printing. Verkkoaineisto. Dassault Systèmes. <<https://www.3ds.com/make/solutions/industries/medical-3d-printing>>. Luettu 28.4.2025.

Miller, David. 2025a. The Importance of Goal Setting. Verkkoaineisto. ProProfs Project. <<https://www.proprofsproject.com/blog/importance-of-goal-setting/>>. Päivitetty 5.3.2025. Luettu 13.4.2025.

Miller, David. 2025b. What Is Project Evaluation? A Guide to Methods, Steps, & Elements. Verkkoaineisto. ProProfs Project. <<https://www.proprofsproject.com/blog/improve-project-evaluation/>>. Päivitetty 11.4.2025. Luettu 13.4.2025.

Modelcam technologies. 2024. Creo vs SolidWorks: Which CAD Tool Is Right for You? Verkkoaineisto. Modelcam Technologies. <<https://www.modelcamtechnologies.com/Creo-vs-SolidWorks>>. 26.6.2024. Luettu 17.3.2025.

Model View. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help. <https://help.solidworks.com/2025/English/SWConnected/swdotworks/c_model_view.htm>. Luettu 10.2.2025.

Moving Components. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help. <https://help.solidworks.com/2025/English/SWConnected/swdotworks/t_Moving_a_Component_SWassy.htm#dzt1450446514708>. Luettu 10.2.2025.

Norris Forcier, Madie. SOLIDWORKS Keyboard Shortcuts That'll Increase Your Design Efficiency. Verkkoaineisto. SolidProfessor. <https://solidprofessor.com/blog/solidworks-keyboard-shortcuts-thatll-increase-your-design-efficiency/?utm_source=chatgpt.com>. Luettu 18.2.2025.

Oanes, Sam. 2024. The History of SOLIDWORKS. Verkkoaineisto. GoEngineer. <<https://www.goengineer.com/blog/history-of-solidworks>>. 12.2.2024. Luettu 3.2.2025.

OpenAI. 2025. ChatGPT (GPT-4). Tekoälykeskustelu 7.4.2025.

Ortiz, Leon. 2020. The 3 Main Types of 3D Modeling – Simply Explained. Verkkoaineisto. All3DP. <<https://all3dp.com/2/types-of-3d-modeling/>>. 25.2.2020. Luettu 26.1.2025.

Patterns and Mirroring. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help. <https://help.solidworks.com/2025/english/SWConnected/swdotworks/c_Patterns_and_Mirroring_top.htm>. Luettu 10.2.2025.

Pernaa, Johannes. 2013. Kehittämistutkimus opetuslalla. Jyväskylä: PS-kustannus.

Plastic 3D Printing. Verkkoaineisto. Dassault Systèmes. <<https://www.3ds.com/make/service/3d-printing-service/plastic-3d-printing#Brick-99202a22-31a1-4081-8804-5eee200ff23d>>. Luettu 5.5.2025.

Prenta 3D Tulostin Duo XL SE. Verkkoaineisto. Dustin. <<https://www.dustin.fi/product/5011119411/3d-tulostin-duo-xl-se>>. Luettu 29.4.2025.

Prenta Duo XL SE. Verkkoaineisto. AIPWorks. <https://aipworks.fi/3d-tulostus/3d-tulostimet/prenta-duo-xl-se/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA5Ka9BhB5EiwA1ZVtvJjm35tKnjDFFU3Q7mDDoE6u4e35VY7EwXz6lsPiQ0m_7RSNtpXnORoClx0QAvD_BwE>. Luettu 29.4.2025.

Project Execution & Control Phase. Verkkoaineisto. University of Massachusetts Boston. <<https://www.umb.edu/it/about/project-management-office/project-execution-control-phase/>>. Luettu 21.2.2025.

Project Planning Phase. Verkkoaineisto. University of Massachusetts Boston. <<https://www.umb.edu/it/about/project-management-office/project-planning-phase/>>. Luettu 21.2.2025.

Projected View. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help. <https://help.solidworks.com/2025/English/SWConnected/swdotworks/c_projected_view.htm>. Luettu 10.2.2025.

Prusa MK4S. Verkkoaineisto. 3DJAKE. <<https://www.3djake.fi/prusa/mk4s?sai=28996>>. Luettu 29.4.2025.

PTC Creo 11.0 Design Essentials – Subscription. Verkkoaineisto. Novedge. <<https://novedge.com/products/buy-ptc-creo-11-0-design-essentials-subscription?srsltid=AfmBOor1-dkcujeMK24hArn711gHmXyu72FQJdqeH14SYD-yLAaQN1M3&variant=31020032786490#reviews>>. Luettu 17.3.2025.

Rectangles. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help. <https://help.solidworks.com/2025/English/SWConnected/swdotworks/c_Rectangles.htm>. Luettu 10.2.2025.

Revolves. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help. <https://help.solidworks.com/2025/english/swconnected/swdotworks/c_Revolves_Folder.htm>. Luettu 10.2.2025.

Rotating Components. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help. <https://help.solidworks.com/2025/English/SWConnected/swdotworks/t_Rotating_a_Component_SWassy.htm#jec1450446514837>. Luettu 10.2.2025.

Roth, Gary & Vixama, Grace. 2024. Safe 3D Printing is for Everyone, Everywhere. Verkkoaineisto. Centers for Disease Control and Prevention. <<https://blogs.cdc.gov/niosh-science-blog/2024/07/29/safe-3d-printing/>>. 29.7.2024. Päivitetty 25.11.2024. Luettu 7.4.2025.

Save to This PC. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help. <https://help.solidworks.com/2025/English/SWConnected/swdotworks/c_saving_to_this_PC.htm>. Luettu 10.2.2025.

Schwaar, Carolyn. 2024. 10 Most Used Metal 3D Printing Materials. Verkkoaineisto. All3DP. <<https://all3dp.com/1/top-3d-printing-metals-compared/>>. 17.5.2024. Luettu 29.4.2025.

Section Views in Drawings. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help. <https://help.solidworks.com/2025/English/SWConnected/swdotworks/c_section_views_in_drawings.htm>. Luettu 10.2.2025.

Shells. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help. <https://help.solidworks.com/2025/english/swconnected/swdotworks/c_Shells_Folder.htm>. Luettu 10.2.2025.

Sketching Lines. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help. <https://help.solidworks.com/2025/english/SWConnected/swdotworks/t_Sketching_Lines.htm?id=2507e079cd254d98af89de272580674a#Pg0>. Luettu 10.2.2025.

Skidmore, Paul. 2019. 3D Modeling Uses: 9 Industries that Can't Do Without it. Verkkoaineisto. Cad Crowd. <<https://www.cadcrowd.com/blog/3d-modeling-uses-9-industries-that-cannot-do-without-it/>>. Päivitetty 2.1.2019. Luettu 21.1.2025.

SOLIDWORKS 3D CAD. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS. <<https://www.solidworks.com/product/solidworks-3d-cad>>. Luettu 3.2.2025.

SOLIDWORKS by the Numbers. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS. <https://www.solidworks.com/sites/default/files/2024-02/SOLIDWORKS_By_The_Numbers_Infographic_0.pdf>. Luettu 27.1.2025.

SOLIDWORKS Plans and Pricing. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS. <<https://www.solidworks.com/how-to-buy/solidworks-plans-pricing>>. Luettu 17.3.2025.

Swanepoel, Elize. 2021. Do You Know The Three Major Types of 3D Models? Verkkoaineisto. Cad Crowd. <<https://www.cadcrowd.com/blog/do-you-know-the-three-major-types-of-3d-models/>>. 23.12.2021. Luettu 27.1.2025.

Tenhunen, Juha. 2025. Mediaohjaaja, pääkirjasto, Kotka. Keskustelut 24.2. – 11.3.2025.

The Future of 3D Printing. Verkkoaineisto. Autodesk. <<https://www.autodesk.com/autodesk-university/article/Future-3D-Printing>>. Luettu 3.5.2025.

The History of Game Engines. Verkkoaineisto. IdeaLabsLk.
<https://idealabs.lk/the-history-of-game-engines/?utm_source=chatgpt.com>.
Luettu 20.1.2025.

Tiigimäki, Siim. Mikä on 3D-mallinnus: 3D-mallinnus: Kaikki mitä sinun tarvitsee tietää. Verkkoaineisto. 3D Studio. <<https://3dstudio.co/fi/what-is-3d-modeling/>>.
Luettu 20.1.2025

Time Flies When You're Having Fun: A Brief History of SOLIDWORKS Enhancements. 2023. Verkkoaineisto. The SOLIDWORKS Blog.
<<https://blogs.solidworks.com/solidworksblog/2023/06/time-flies-when-youre-having-fun-a-brief-history-of-solidworks-enhancements.html>>. 2.6.2023. Luettu 27.1.2025.

Toivanen, Pauliina. 2019. SYKE selvitti: Yleinen biopohjainen muovi PLA ei hajonnut vuoden aikana meressä lainkaan. Verkkoaineisto. Yle. <<https://yle.fi/a/3-11068310>>. 14.11.2019. Päivitetty 15.11.2019. Luettu 3.5.2025.

Trim Entities. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help.
<https://help.solidworks.com/2025/English/SWConnected/swdot-works/c_Trim_Entities.htm>. Luettu 10.2.2025.

Turney, Drew. 2021. History of 3D printing: It's older than you think. Verkkoaineisto. Autodesk. <<https://www.autodesk.com/design-make/articles/history-of-3d-printing>>. 31.8.2021. Luettu 17.3.2025.

Turney, Drew. 2023. Metal, concrete, and wood are the next frontiers in 3D-printing materials. Verkkoaineisto. Autodesk. <<https://www.autodesk.com/design-make/articles/what-materials-are-used-in-3d-printing>>. 19.5.2023. Luettu 28.4.2025.

Undo and Redo. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help.
<https://help.solidworks.com/2025/english/swconnected/swdot-works/c_undo_and_redo.htm>. Luettu 10.2.2025.

Viewing Models Normal To. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help. <https://help.solidworks.com/2025/english/swconnected/swdotworks/t_viewing_models_normal_to.htm#wid1450446578607>. Luettu 10.2.2025.

Vorih, Drazen. 2024. What's the Difference Between CAD and 3D Modeling? Verkkoaineisto. LinkedIn. <<https://www.linkedin.com/pulse/whats-difference-between-cad-3d-modeling-drazen-vorih-06otf>>. 1.10.2024. Luettu 26.1.2025.

What are the Advantages and Disadvantages of 3D Printing? Verkkoaineisto. TWI. <<https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-3d-printing/pros-and-cons>>. Luettu 13.4.2025.

What are the Most Common Materials Used for 3D Printing? Verkkoaineisto. Dassault Systèmes. <<https://www.3ds.com/make/solutions/blog/most-common-materials-3d-printing>>. Luettu 29.4.2025.

What can you make with a 3D printer? Verkkoaineisto. HP. <<https://www.hp.com/us-en/printers/3d-printers/learning-center/what-can-you-make-with-3d-printer.html>>. Luettu 28.4.2025.

What is 3D CAD Modeling? Verkkoaineisto. Design Launchers. <<https://www.designlaunchers.com/what-is-3d-cad-modeling>>. Luettu 20.1.2025.

What is 3D Modeling? Verkkoaineisto. Adobe. <<https://www.adobe.com/products/substance3d/discover/what-is-3d-modeling.html>>. Luettu 21.1.2025.








What is SOLIDWORKS? 2019. Verkkoaineisto. Capitol Technology University. <<https://www.captechu.edu/blog/solidworks-mechatronics-design-and-engineering-program>>. 18.11.2019. Luettu 27.1.2025.









Why Choose SOLIDWORKS. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS. <<https://www.solidworks.com/solution/why-choose-solidworks>>. Luettu 3.2.2025.

Willows, Molly. 2023. The Impact of 3D Printing Sustainability. Verkkoaineisto. Sustainly. <<https://sustainly.com/3d-printing-sustainability/>>. Päivitetty 29.4.2023. Luettu 30.4.2025.






Zoom to Fit. Verkkoaineisto. SOLIDWORKS Connected Help. <https://help.solidworks.com/2025/english/swconnected/swdot-works/t_zoom_to_fit.htm>. Luettu 10.2.2025.








SolidWorksin peruskomennot jaettuna viiteen pääryhmään (OpenAI 2025)

Pääryhmä	Komento ja kuvaus	Kokonaisuus
Luonnostelu (Sketch)	Line: Piirrä viivoja. 	Perusmuotojen piirtäminen ja mi- toitus 2D-luonnok- sissa.
	Rectangle: Piirrä suorakulmioita. 	
	Circle: Piirrä ympyröitä. 	
	Arc: Piirrä kaaria. 	
	Smart Dimension: Lisää mittoja luonnokseen. 	
	Trim Entities: Leikkaa ylimääräisiä viivoja pois. 	
	Convert Entities: Kopioi reunoja luonnokseen. 	

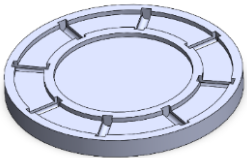

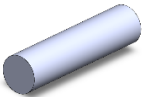

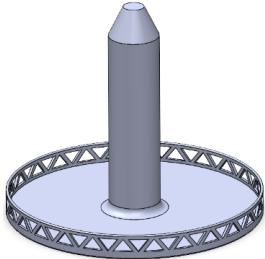

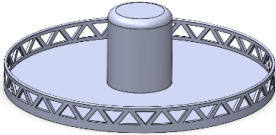

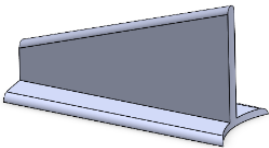

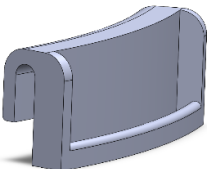

Pääryhmä	Komento ja kuvaus	Kokonaisuus
3D-mallinnus (Features)	Extruded Boss/Base:  Pursota luonnoksesta 3D-muoto.	3D-muotojen luominen, muokkaaminen ja yksityiskohtien lisääminen.
	Extruded Cut:  Leikkaa pois materiaalia luonnoksen avulla.	
	Revolved Boss/Base:  Pyöräytä luonnos akselin ympäri.	
	Fillet:  Pyöristä reunoja.	
	Chamfer:  Viistä reunoja.	
	Shell:  Tee kappaleesta ontto.	
	Mirror:  Peilaa piirteitä.	
	Linear/Circular Pattern:  Toista piirteitä lineaarisesti tai ympyrän muotoon.	

Pääryhmä	Komento ja kuvaus	Kokonaisuus
Kokoonpano (Assembly)	Insert Components: Lisää osia kokoonpanoon.	Osien kokoaminen toimiviksi rakenteiksi ja liikkuvuuden määrittely.
	Mate: Määritä suhteita osien välillä.	
	Move Component: Liikuta osia.	
	Rotate Component: Pyöritä osia.	

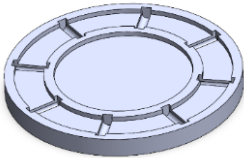
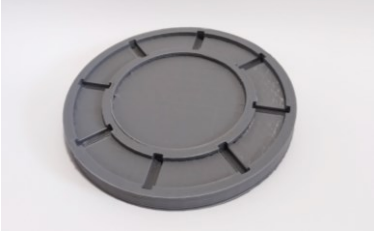
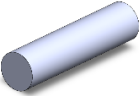

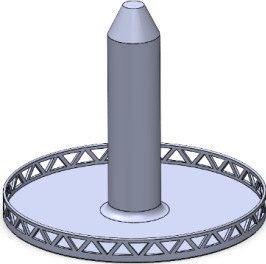

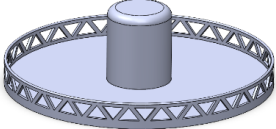
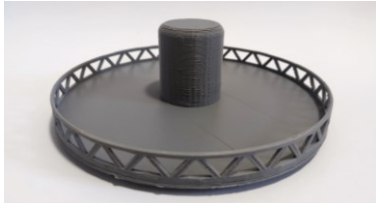
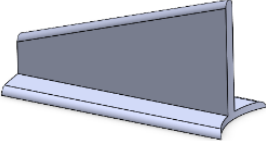
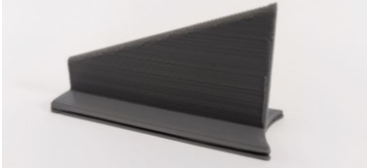
Pääryhmä	Komento ja kuvaus	Kokonaisuus
Piiirustus (Drawing)	<p>Model View: </p> <p>Luo yksittäisen näkymän määritetyn suuntauskulman mukaan.</p>	2D-piirustusten luominen 3D-malleista tuotantoa tai dokumentointia varten.
	<p>Projected View: </p> <p>Luo näkymiä olemassa olevasta näkymästä eri kulmista.</p>	
	<p>Section View: </p> <p>Leikkauskuva.</p>	
	<p>Detail View: </p> <p>Suurentaa tiettyä aluetta.</p>	
	<p>Annotation-välilehti: </p> <p>Lisää esimerkiksi mittoja, nuolia tai tekstiä.</p>	

Pääryhmä	Komento ja kuvaus	Kokonaisuus
Yleiset toiminnot	Ctrl + S: Tallenna.	
	Ctrl + Z: Kumoa.	
	Ctrl + Y: Tee uudelleen.	
	Zoom to Fit (F): Sovita näkymä ikkunaan.	
	Normal To: Katso luonnosta kohtisuoraan.	
	Measure: Mittaa etäisyyksiä tai kulmia.	
	Mass Properties: Näe esimerkiksi kappaleen paino ja tilavuus.	
		Perustoiminnot ja näkymän hallinta ohjelman käytössä.

Maustehyllyä varten 3D-mallinnettujen osien esittely

Osa	3D-malli	Kuvaus	Käytettiinkö lopulta?
Pohja-osa		<ul style="list-style-type: none"> • Pyörimismekanismi ei toiminut. • Korvattu pyörivällä tarjottimella. • Kahdeksan rullaa mahtuu koloihin, jolloin alahyllyn olisi ollut tarkoitus pyöriä niiden päällä. 	Ei 
Rulla 8 kpl		<ul style="list-style-type: none"> • Ei tarpeellisia, koska pyörimismekanismi ei toiminut. 	Ei 
Alahyllä		<ul style="list-style-type: none"> • Pohja muokattiin taiseksi, koska pyörimismekanismi korvattiin pyörivällä tarjottimella. • Sopii pyörivän tarjottimen päälle. 	Kyllä 
Ylahyllä		<ul style="list-style-type: none"> • Keskustan sylinterimuoto on onntto ja sisäosa on muodoltaan kartiomainen. • Sopii kiinnitettäväksi alahyllään. 	Kyllä 
Jakaja 5 kpl		<ul style="list-style-type: none"> • Ylahyllään sopiva. • Voidaan jakaa osioita paremman järjestyksen saavuttamiseksi. 	Kyllä 
Nimikyltti 5 kpl		<ul style="list-style-type: none"> • Ylahyllään ja alahyllään sopiva. • Voidaan nimetä eri osiot, jotta tiedetään mitä osio sisältää. 	Kyllä 

Maustehyllyn osien 3D-mallit ja 3D-tulostetut mallit

Osa	3D-malli	3D-tulostettu malli
Pohja-osa		
Rulla		
Alahylly		
Ylähylly		
Jakaja		
Nimi- kyltti	