



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jouni Laukkonen

3D-skannaus ja sen hyödyntäminen konepajateollisuudessa

Opinnäytetyö
Kevät 2024
Insinööri (AMK), Konetekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Jouni Laukkonen

Työn nimi alaotsikoineen: 3D-skannaus ja sen hyödyntäminen konepajateollisuudessa

Ohjaaja: Jussi Yli-Hukkala

Vuosi: 2024

Sivumäärä: 30

Liitteiden lukumäärä: 0

Työn toimeksiantajana toimi Kuortaneen Teollisuuspalvelu Oy. Yritys on teollisuuden materiaalinkäsittely- ja varastointijärjestelmiin erikoistunut asiantuntija. Työn tavoitteena oli selvittää, millaiset skannausmenetelmät ja skannerit soveltuvat erikokoisille kappaleille ja osakokonaisuuksille sekä millaiseen mittatarkkuuteen skannaamalla pääsee. Lisäksi selvitettiin alan toimijoita ja minkälaisia palveluja he tarjoavat. Työssä pohdittiin myös minkälaisiin kohteisiin skannausta voi hyödyntää sekä mitä rajoitteita voi tulla vastaan.

Työ sai alkunsa siitä, kun syntyi ajatus mitata kuorma-auton perävaunua 3D-skannaamalla perinteisten menetelmien sijaan. Työ eteni skannaamalla erilaisia osia ja kokoonpanoja sekä selvittämällä 3D-skannauspalveluita tarjoavia yrityksiä. Työn avulla yritys sai paremman käsityksen 3D-skannauksen tuomista mahdollisuuksista, ja näitä tietoja voidaan hyödyntää tulevaisuuden projekteissa.

¹ Asiasanat: mittausmenetelmät, laserkeilaus, takaisinmallinnus, konepajateollisuus, tuotekehitys

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering

Specialisation: Mechanical and Production Engineering

Author: Jouni Laukkonen

Title of thesis: 3D-scanning and its benefits for mechanical engineering industry

Supervisor: Jussi Yli-Hukkala

Year: 2024

Number of pages: 30

Number of appendices: 0

The client of the thesis was Kuortaneen Teollisuuspalvelu Oy. The company specializes in industrial material handling and storage systems. The goal of the thesis was to investigate scanning methods and scanners suitable for various-sized components and subassemblies, as well as the measurement accuracy achievable with 3D-scanners. Additionally, the thesis explored industry players and what kind of services they offered. It also considered the potential applications of scanning and the limitations that might arise.

The project began with the idea of measuring a truck trailer using 3D scanning instead of traditional methods. The project progressed by scanning various parts and subassemblies, as well as researching companies offering 3D scanning services. With the project, the company gained a better understanding of the possibilities brought by 3D scanning, and the information could be utilized in future projects.

¹ Keywords: measuring methods, lidar, reverse engineering, mechanical engineering industry, product development

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva-, kuvioluettelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Työn tausta	8
1.2 Työn tavoite.....	8
1.3 Työn rakenne	8
1.4 Yritysesittely	9
2 LASERSKANNAUS	10
2.1 Suunnittelu ja tuotekehitys	10
2.2 3D-mallinnus	10
2.3 Laserkeilaus konepajateollisuudessa	10
2.4 Laserkeilaus	11
2.5 Skannerin valinta	12
2.6 Artec Leo	12
2.7 Faro Focus S.....	13
2.8 Creaform MetraSCAN	15
2.9 Mittauksen teoriaa	15
2.10 Käänteinen suunnittelu	15
3 SKANNAUKSEN TESTAUS	17
3.1 Ajoneuvojen päällysrakenteet.....	17
3.2 Teollisuuden kuljettimet ja säiliöt.....	17
3.3 Käänteinen suunnittelu	17
3.4 Huomioita	17
3.5 Mahdollisuudet	18
3.6 Rajoitteet	18

4 TOIMIJAKARTOITUS.....	19
4.1 Toimijakartoitus	19
4.2 Skannausyritykset	19
5 SKANNAUSTULOKSET	21
5.1 Putkisto-osien skannaus	21
5.2 Perävaunun skannaus.....	24
5.3 Artec Studio.....	25
6 YHTEENVETO JA POHDINTA.....	27
6.1 Työn tulokset.....	27
6.2 Mahdolliset käyttökohteet.....	27
6.3 Johtopäätökset.....	28
LÄHTEET	29

Kuva-, kuvioluettelo

Kuva 1. Artec Leo skanneri	13
Kuva 2. Faro Focus skanneri	14
Kuva 3. Pohjaventtiin käsitelty skannaus	21
Kuva 4. Pohjaventtiin käsittelemättömät skannaukset	22
Kuva 5. Purkausyhteen skannausongelma	23
Kuva 6. Purkausyhde	24
Kuva 7. Artec Studio	25
Kuvio 1. Skannausprosessin kulkukaavio	11

Käytetyt termit ja lyhenteet

Navisworks

Navisworks on teollisuudessa laajasti käytössä oleva projektitar-
kistusohjelmisto, jolla voi yhdistää useita 3D-mallinnusohjelmia ja
tarkastella niitä yhdestä paikasta.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Työ sai alkunsa, kun syntyi ajatus mitata kuorma-auton perävaunua 3D-skannaamalla perinteisten menetelmien sijaan. Ongelmaksi syntyi tietämättömyys 3D-skannauksen tuomista mahdollisuuksista, rajoitteista sekä palveluntarjoajista.

Työ aloitettiin skannaamalla erilaisia osia ja kokoonpanoja Artec Leo ja Faro Focus 3D-skannereilla. Työssä selvitettiin myös, kuinka tuloksia pystytään hyödyntämään.

1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on selvittää, millaiset skannausmenetelmät ja skannerit soveltuvat erikoisille kappaleille ja osakokonaisuuksille, millaiseen mittatarkkuuteen skannaamalla pääsee sekä selvittää alan toimijoita ja minkälaisia palveluja he tarjoavat. Työssä pohditaan myös, minkälaisiin kohteisiin skannausta voi hyödyntää sekä mitä rajoitteita voi tulla vastaan.

1.3 Työn rakenne

Työn ensimmäisessä luvussa on työn johdanto. Luvussa 2 eli työn teoriaosassa käsitellään laserskannausta, mittausta, suunnittelua sekä vertaillaan eri skannereiden ominaisuuksia. Tämän jälkeen luvussa 3 käydään läpi yrityksen tämänhetkistä tilaa sekä käsitellään skannauksen hyötyjä ja haittoja. Lukuun 4 on kerätty tieto yrityksistä, jotka tarjoavat 3D-skannauspalveluita. Luvussa 5 esitellään, kuinka eri skannerin ja ohjelmistojen käyttö onnistui ja minkälaisia tuloksia työn aikana saatiin. Työn viimeisessä luvussa pohditaan, kuinka skannausta voisi tulevaisuudessa hyödyntää, miten työn tekeminen onnistui ja mitä olisi voitu tehdä toisin.

1.4 Yritysesittely

Työn toimeksiantajana toimii vuonna 1994 perustettu Kuortaneen Teollisuuspalvelu Kutepa Oy. Kutepa Group on erikoistunut teollisuuden materiaalinkäsittely- ja varastointijärjestelmiin ja se koostuu useasta erikoistuneesta yrityksestä, jotka tekevät tiivistä yhteistyötä kokonaistoimituksissa, mutta palvelevat myös asiakkaita omilla erikoisaloillaan (Kutepa, i.a.). Kutepa Groupin palveluihin kuuluvat materiaalinkäsittelyjärjestelmät, osavalmistus ja konepaja, kuljetuskalustojen valmistus, asennus ja kunnossapito, materiaalien kulu- ja korroosiosuojaus sekä rengaspinnoitus. Vuonna 2022 Kutepa Oy:n liikevaihto oli 9,5 miljoonaa euroa ja yrityksessä työskenteli 54 henkilöä.

2 LASERSKANNAUS

2.1 Suunnittelu ja tuotekehitys

Yrityksen menestyminen tuotantotoiminnassa on riippuvainen sen kyvystä tunnistaa asiakkaiden tarpeet ja nopeasti vastata niihin kehittämällä nykyisiä ja uusia tuotteita (Hietikko, 2019). Tuotteella tarkoitetaan perinteisten konkreettisten ja kosketeltavien esineiden lisäksi yhä enemmän myös abstraktimpia käsitteitä, kuten palveluita ja osaamista. Tuotekehitys on strategisesti keskeinen tekijä teollisuusyrityksille riippumatta siitä, onko yrityksellä omia tuotteita. Verkostomaisen toiminnan yleistyessä voi tuotekehityksen hajauttaa verkostoon niin, että jokainen osapuoli vastaa omasta ydinosastaan prosessissa. Tuotteiden katsotaan heijastavan alkuperäisen idean lisäksi myös yrityksen osaamista muokata idea lisäarvoa tuottavaksi kohteeksi.

2.2 3D-mallinnus

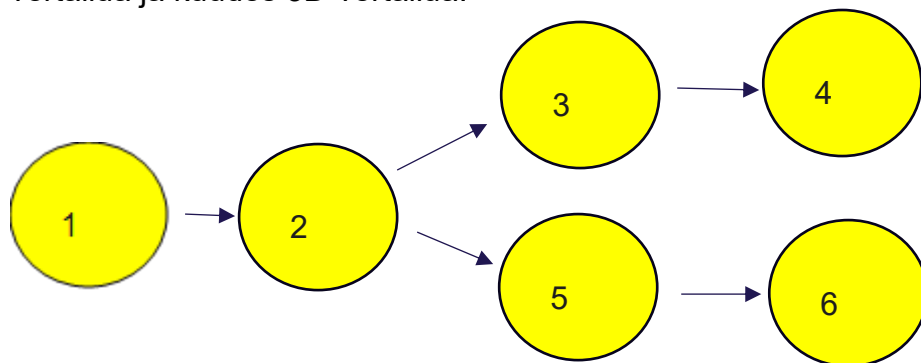
3D-mallinnuksella tarkoitetaan erilaisten tuotteiden suunnittelua kolmiulotteisesti (Tuhola & Viitanen, 2008, s. 17). Kun kappaleille määritellään kaikki mekaaniset ja fysikaaliset ominaisuudet, ne esitetään x-, y- ja z-koordinaattiakselien muodostamassa avaruudessa siten, että ne näyttävät ja toimivat kuten todellisetkin tuotteet.

Tuotteiden suunnittelu on usein ryhmätyötä, ja siihen osallistuu usein asiantuntijoita yli organisaatorajojenkin (Laakko, 1998, s. 9–10). Kun kokoonpanot kasvavat, korostuu tuotetiedon hallinnan tärkeys. Kun tietoa käytetään ja levitetään usealle henkilölle, täytyy sen tapahtua reaaliajassa ja helposti. Tuotetieto sisältää geometriatiedon lisäksi paljon muita tietoja kuten paino, materiaalit ja mitat.

2.3 Laserkeilaus konepajateollisuudessa

Skannausta hyödynnetään koneteollisuuden aloilla usein laitteiden tai osien laaduntarkkailuun tai niiden digitaaliseen taltioimiseen (ATI teräs, i.a.). Menetelmä voidaan soveltaa hyödynnettäväksi myös valmistukseen, kunnossapitoon tai esimerkiksi tuotesuunnitteluun. Kuviossa 1 kuvataan perinteinen 3D-skannausprosessin kulkukaavio, kun mallia

hyödynnetään takaisinmallinnukseen tai 3D-mittaukseen. Kuviossa ensimmäinen pallo kuvaa skannattavaa kappaletta ja toinen pallo kuvaa skannaustulosta. Kolmas pallo kuvaa CAD-optimoinnin vaihetta ja neljäs valmista CAD-mallia. Viides pallo kuvaa mittojen 2D-vertailua ja kuudes 3D-vertailua.



Kuvio 1. Skannausprosessin kulkukaavio (soveltaen ATI-teräs, i.a.-a).

2.4 Laserkeilaus

Laserkeilaus on optinen mittausmenetelmä, joka perustuu lähetettyjen laserpulssien ja pinnoista takaisin heijastuneiden paluupulssien kulkeman ajan mittaamiseen (Tietoa, i.a.). Laserkeilain tallentaa keräämistään etäisyystiedoista sarjan, joiden avulla luodaan kolmiulotteinen pistepilvi. Hotkasen (2015) mukaan on tiedettävä laserkeilaimen asento ja sijainti, jotta etäisyystieto olisi tarkka.

Laserkeilausta kutsutaan toiselta nimeltä myös laserskannaukseksi (Tietoa, i.a.). Laserskannerilla kohteen tai kappaleen kaikki näkyvät pinnat saadaan mitattua yhdellä kertaa. Skannerilla saatu 3D-mittausaineisto on kattava ja havainnollinen, ja siitä on myös helppo myöhemmin tarkastella mittoja, joita ei alun perin tiedetty tarvittavan.

Teollisuudessa laserskannausta voidaan hyödyntää monissa eri sovelluksissa ja vaiheissa, esimerkiksi käänteisessä suunnittelussa, tuotekehityksessä, tuotantoprosessin eri vaiheissa ja lopputarkastuksissa (Anteroinen, i.a.). Skannaus helpottaa etenkin suurten tai muuten hankalasti mitattavien kappaleiden mittausprosessia.

Laserskannerien tarkkuudet voivat olla optimaalisissa olosuhteissa jopa 0,0001 mm (Keinänen & Järvinen, 2014, s. 170). Valitettavasti mittausolot ja mitattavien kappaleiden

muodot vaihtelevat konepajateollisuudessa niin paljon, että tämä vaatisi erityisvalmistellun tilan, jossa mittaustuloksia voitaisiin tarkastaa koordinaattimittauskoneella.

2.5 Skannerin valinta

Ennen skannerin valintaa on hyvä pohtia, minkälaisia ja minkä kokoisia kappaleita on tarkoitus skannata (3D-Cadsolutions, i.a.-b). Myös skannausnopeuteen täytyy kiinnittää huomiota, jos tarkoituksena on skannata jotain muuta kuin staattisia kohteita.

Skannerin teknisiä tietoja tarkasteltaessa tulee kiinnittää huomiota etenkin skannerin tarkkuuteen ja resoluutioon (Siitonen, 2015). Tarkkuus ilmoittaa toleranssin, jonka sisään tietyn kokoisen kappaleen mittaus onnistuu toistuvasti, kun taas resoluutio ilmoittaa, kuinka paljon kappaleesta saadaan kerättyä yksityiskohtia. Mittaresoluutio ilmoittaa mittapisteiden välimatkan mittadatassa, joten pienempi resoluutio on parempi.

2.6 Artec Leo

Artec Leo on käsikäyttöinen ja langaton 3D-skanneri 5 tuuman sisäänrakennetulla näytöllä (Rensi, i.a.). Artec Leo tallentaa muotojen lisäksi värillistä kuvaa. Skannaamisen aloitus on nopeaa, koska laite on täysin langaton ja skannauksen kulkua voi seurata laitteen näytöltä. Laitteen huippuluokkaisen geometrian ja tekstuurien seurannan ansiosta se soveltuu hyvin kappaleille, joiden pinnoille ei voi liimata paikoitustarroja.

Skannausetäisyys on 35–120 cm, maksimi skannaustilavuus 160000 cm³, näkökenttä pienimmällä tarkennusetäisyydellä 244x142mm ja pisimmällä 838x488mm. 3D-tarkkuus on jopa 0,1 mm +0,3 mm/m, 35miljoonaa pistettä sekunnissa. Paino on 2.6 kg (Maker3D, i.a.).

Kuvassa 1 Artec Leo skanneri on testikäytössä.



Kuva 1. Artec Leo -skanneri.

2.7 Faro Focus S

Faro Focus skannerit soveltuvat suurten rakennusten ja laitosten skannaamiseen (Faro, i.a.). Skanneri asetetaan jalustalle, josta se skannaa ympäristönsä horisontaalisesti 360° ja vertikaalisesti 300°. Skanneri kuvaa myös 360 asteen panoraamakuvan, jonka se yhdistää pistepilveen.

Skannaus alue on pintojen heijastuksen mukaan joko 0.5 m – 50 m tai 0,5 m – 350 m. 3D-tarkkuus 2 mm/ 10 m tai 3,5 mm/25 m. Paino 4,4 kg

Kuvassa 2 Faro Focus skanneri skannaustelineeseen aseteltuna.



Kuva 2. Faro Focus skanneri.

2.8 Creaform MetraSCAN

Creaform MetraSCAN on kanadalaisvalmisteinen käsikäyttöinen 3D-skanneri, joka soveltuu kaikkiin olosuhteisiin (MLT, i.a.-a). Skanneri soveltuu hyvin erityyppisille kohteille, ja sillä onnistuu myös mustien ja kiiltäväpintaisten osien skannaus. 16.6 kuutiometrin skannausalue voidaan laajentaa siirtämällä skannerin kamerayksikköä ilman mittatarkkuuden heikkenemistä.

Skannerin mittaavolyymi on 16.6 m³, tarkkuus on jopa 0,025 mm, tallennusnopeus on 1,8 miljoonaa pistettä sekunnissa. Skannerissa on 30 mittaavaa laseria, skannausalue on 310 mm x 350 mm. Suositeltava skannauskoko on 0.2 m – 6 m.

2.9 Mittauksen teoriaa

Laserskannaus kuuluu uusimpiin mittausten menetelmiin, ja sitä voi hyödyntää pienten kolmiomittauslaitteistojen ja GPS-paikannuksen ohessa esimerkiksi suurta tarkkuutta vaativissa asennuskohteissa tai rakennelmissa, joissa on paljon mitattavia kappaleita (Keinänen & Järvinen, 2014, s. 16).

Kun kappaleita mitataan, otetaan niistä talteen koordinaattipisteitä (Keinänen & Järvinen, 2014, s. 157). Kun koordinaattipisteitä on otettu riittävästi, voidaan niiden avulla muodostaa erilaisia muotoja ja siten luoda 3D-malli.

3D- mittausta voidaan suorittaa myös koskettavalla mittalaitteella esimerkiksi koordinaattimittauskoneella (Keinänen & Järvinen, 2014, s. 164). Koskettavia menetelmiä hyödyntävät laitteet ovat yleensä tarkempia, mutta aiheuttavat kuitenkin joitain rajoituksia laserskannaukseen verrattuna. Koskettavalla mittalaitteella mittapisteiden ottaminen on huomattavasti hitaampaa kuin skannaamalla, joten se vaatii myös paljon enemmän aikaa. Koskettavalla mittalaitteella mittaaminen ei sovellu heikoille materiaaleille.

2.10 Käänteinen suunnittelu

Käänteinen suunnittelu eli takaisinmallinnus on prosessi, jossa ohjelmistoja, koneita, rakenteita tai muita tuotteita puretaan, jotta voitaisiin selvittää, miten ne on luotu (Hess,

2022). Prosessissa voidaan selvittää suuremman kokoonpanon tai yksittäisen osan tietoja, jotta se voitaisiin luoda uudelleen. Usein tätä lähestymistapaa käytetään, kun laitteen alkuperäinen toimittaja ei valmista varaosia tai niiden hankkiminen ei ole mahdollista. Käänteisen suunnittelun kustannukset voivat nousta korkealle riippuen siitä, kuinka monimutkainen tuote on kyseessä, mutta prosessin aikana hankittuja tietoja voi hyödyntää tulevaisuudessa uudelleen tarpeen vaatiessa riippumatta siitä, ovatko alkuperäiset valmistajat toiminnassa.

Takaisinmallinuksessa eli käänteisessä suunnittelussa luodaan 3D-malli ja mahdollisesti valmistuspiirustukset jo olemassa olevasta kappaleesta (Siitonen, 2015). 3D-skannausta voidaan hyödyntää takaisinmallinuksessa, kun luodaan esimerkiksi varaosia vanhoihin tai yksilöllisiin kappaleisiin, joista ei ole olemassa valmistuspiirustuksia.

3 SKANNAUKSEN TESTAUS

3.1 Ajoneuvojen päällysrakenteet

Tietoisuus skannaavasta mittauksesta yleistyy ja syrjäyttää jo kosketuspohjaista mittausta, joten yritysten täytyy pysyä kehityksessä mukana (Anteroinen, i.a.). Tällä hetkellä eniten mittaamista vaatii päällysrakenteiden suunnittelu ja muutostyöt muiden valmistajien kärkeille, koska niistä ei ole saatavilla mittapiirustuksia. Päällysrakenteiden suunnittelussa täytyy ottaa huomioon mahdolliset kiinnityspisteet ja tavat, sekä mahdolliset törmäykset muihin alustan rakenteisiin. Tällä hetkellä mittaus tehdään rullamitalla ja valokuvia ottamalla, sekä käytetään mittapiirustuksia, jos sellaisia on saatavilla.

3.2 Teollisuuden kuljettimet ja säiliöt

Teollisuuden projektien ja asennusten suunnittelussa on hyödynnetty pistepilviä ja teollisuuslaitosten Navisworks-malleja. Malleista on jo suunnitteluvaiheessa helppo tarkastaa kokoonpanojen maksimimitat, mahdolliset törmäykset putkistoihin ja muihin laitteisiin, sekä asennusta suunniteltaessa on mallista helppo tarkastaa reitit, joita pitkin kuljettimet tai säiliöt saadaan kuljetettua ja asennettua paikoilleen.

3.3 Käänteinen suunnittelu

Käänteistä suunnittelua harjoitetaan teollisuudessa, kun uudelleen valmistetaan vanhoja komponentteja tai korjataan muiden valmistajien laitteita. Esimerkiksi kuljettimien suunnittelussa täytyy tietää, minkä kokoisia määriä muut laitteet syöttävät siirrettävää materiaalia kuljettimelle tai muiden kuljettimeen liitettävien laitteiden toimintaperiaate.

3.4 Huomioita

Heti työn alkuvaiheessa todettiin, että käsimallin skannerilla ei pysty skannaamaan kovin isoja osakokonaisuuksia. Kiiltäväpintaisten ja kappaleiden skannausta voi helpottaa kappaleen pinnalle levitettävällä pulverilla. Erilaiset paikoitustarrat voivat helpottaa skannausta ja etenkin jälkikäsitteilyä.

Kohdistustarrojen merkitys korostuu etenkin sellaisten osien skannauksessa, jossa muoto muuttuu todella vähän ja on sileä (Sulkanen, 2019). Vaikka skannauksissa olisi päällekkäisyyksiä, useita eri skannauksia voi olla haastava paikoittaa toisiinsa, jos niissä ei ole yhteistä tartuntapintaa.

3.5 Mahdollisuudet

3D-skannerilla tehtävän mittauksen hyödyt tulevat esiin hankalien muotojen, kuten ei-pyörähdyssymmetristen säiliörakenteiden mittaamisessa, isojen tuotantolaitosten skannauksessa, hankalien putkisto-osien ja kaarevien pintojen mittaauksessa. 3D-skanneri soveltuu myös heikkojen materiaalien mittaamiseen.

3.6 Rajoitteet

Skannerien ja ohjelmistojen hankintahinta on korkea ja skannauksen ostaminen palveluna muualta maksaa, joten täytyy pohtia, saavutetaanko skannauksella hyötyjä suhteessa skannauksen kustannuksiin.

Yksi skanneri ei sovellu kaikille kappaleille. Tarkemmissa skannereissa rajoitteita aiheuttaa liian pieni skannausalue tai vastaavasti isomman skannaus alueen skannereissa mittatarkkuus ei välttämättä riitä.

Skannausten jälkikäsittely ja valmiiden mallien tarkastelu vaatii tietokoneelta paljon laskentatehoa, ja jälkikäsittelyyn voi kulua paljon aikaa etenkin isojen kokonaisuuksien parissa.

Keinänen ja Järvinen (2014, s. 154) toteavat skannauksen olevan hankalaa läpikuultavilla kappaleilla tai vääränlaisessa valaistuksessa.

4 TOIMIJA-KARTOITUS

4.1 Toimijakartoitus

Toimijakartoituksessa tutkittiin eri yritysten internetsivuja ja selvitettiin, minkälaisia skannauspalveluita he tarjoavat. Samalla tutkittiin myös sitä, mitä muita palveluita yritykset tarjoavat. 3D-skannauksen lisäksi voi usein tarvita myös muita palveluita kuten valmistuskuvien tekoa, vauriomekanismien tarkastelua tai konsultointiapua.

4.2 Skannausyritykset

Solid Comp Oy tarjoaa laserskannausta ja mobiililaserskannausta, ilmakuvausta ja fotogrammetriaa sekä maanmittausta ja koordinaatistopalveluita. Yrityksellä on käytössään Faron, Riegelin sekä Leican mittalaitteita. Yritys tarjoaa myös rakenteiden analysointia skannaustulosten pohjalta sekä mekaniikkasuunnittelupalveluita (Solidcomp, i.a.).

MLT-Finland Oy tarjoaa apua teollisuuden eri mittauksiin ja 3D-skannauksiin. Yritys tarjoaa mittaus- ja skannauspalveluja, kunnon valvontaa sekä linjaus- ja geometriamittauksia. Yritys myös myy ja vuokraa tunnettuja mittalaittebrändejä (MLT, i.a.-b). Yritys käyttää isojen kokonaisuuksien skannaukseen Z+F IMAGER 5016-laserkeilainta ja pienempien kappaleiden skannaukseen Creaformin 3D-skannereita (MLT, i.a.-b).

AIPworks Oy myy ja kouluttaa Solidworksin ohjelmia, 3D-skannereita ja -tulostimia sekä tarjoaa niiden käyttö- ja ylläpito palveluita (AIPworks, i.a.).

Elomatic Oy on suunnittelu- ja konsultointiyritys, joka toimii useilla eri teollisuuden aloilla (Elomatic, i.a.). Elomatic suorittaa laitos- ja laivaskannausta, yksittäiskappaleskannausta, droneskannausta ja mobiiliskannausta. Yrityksen palveluihin kuuluvat myös projektinjohto, tekninen laskenta ja visualisointi sekä tuote- ja palvelukehitys.

3D Cadsolutions Oy maahantuo 3D- tulostimet, -skannerit ja -ohjelmistot (3D-Cadsolutions, i.a.-a). Yritys tarjoaa myös laitteiden asennuksia, koulutusta, 3D-tulostusta ja -skannausta sekä CNC-jyrsintää puulle ja muoville.

ATI-teräs Oy tarjoaa 3D-skannauksen lisäksi myös raepuhallusta, sopimus- ja osavalmistuspalveluita sekä koneensuunnittelua (ATI-teräs, i.a.-b).

Hydroline Services Oy tarjoaa skannauspalveluita hydraulisylintereille ja hyödyntää tekniikkaa itse sylinterien valmistuksessa ja huollossa (HydrolineService, i.a.).

5 SKANNAUSTULOKSET

5.1 Putkisto-osien skannaus

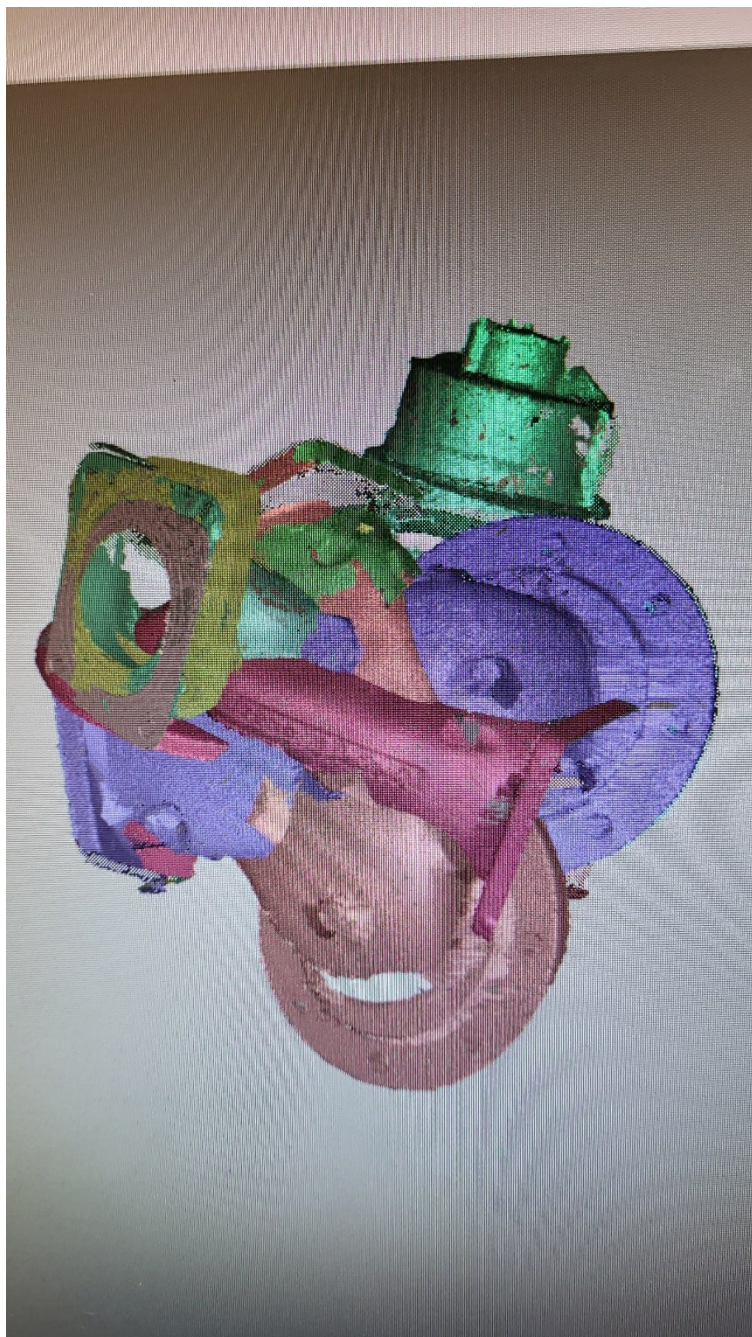
Osa perävaunun putkistokomponenteista skannattiin itse Artec Leo -skannerilla. Skannattuja malleja voidaan hyödyntää putkistosuunnittelussa. Skannattu malli on huomattavasti raskaampi kuin mallintamalla tehty, joten sitä ei kannata sellaisenaan lisätä jo valmiiksi raskaisiin putkistomalleihin. Skannattua mallia voidaan kuitenkin keventää joillain suunnitteluohjelmilla löytyvillä työkaluilla tai se voidaan takaisinmallintaa normaaliin tapaan ottamalla mittoja skannatusta mallista.



Kuva 3. Pohjaventtiilin käsitelty skannaus.

Kuvassa 3 Artec Leolla skannattu polttoainesäiliön pohjaventtiili STP-muotoon käännettyinä. Skannaus onnistui käyttäjän vähäisestä kokemuksesta huolimatta yllättävän hyvin.

Skannaus tehtiin ilman kohdistusmerkkejä ja pulveria. Eniten haasteita aiheutti skannausten käsittely Artec studiossa. Kuvassa 4 käsittelemättömät skannaukset Artec studioon tuotuna.

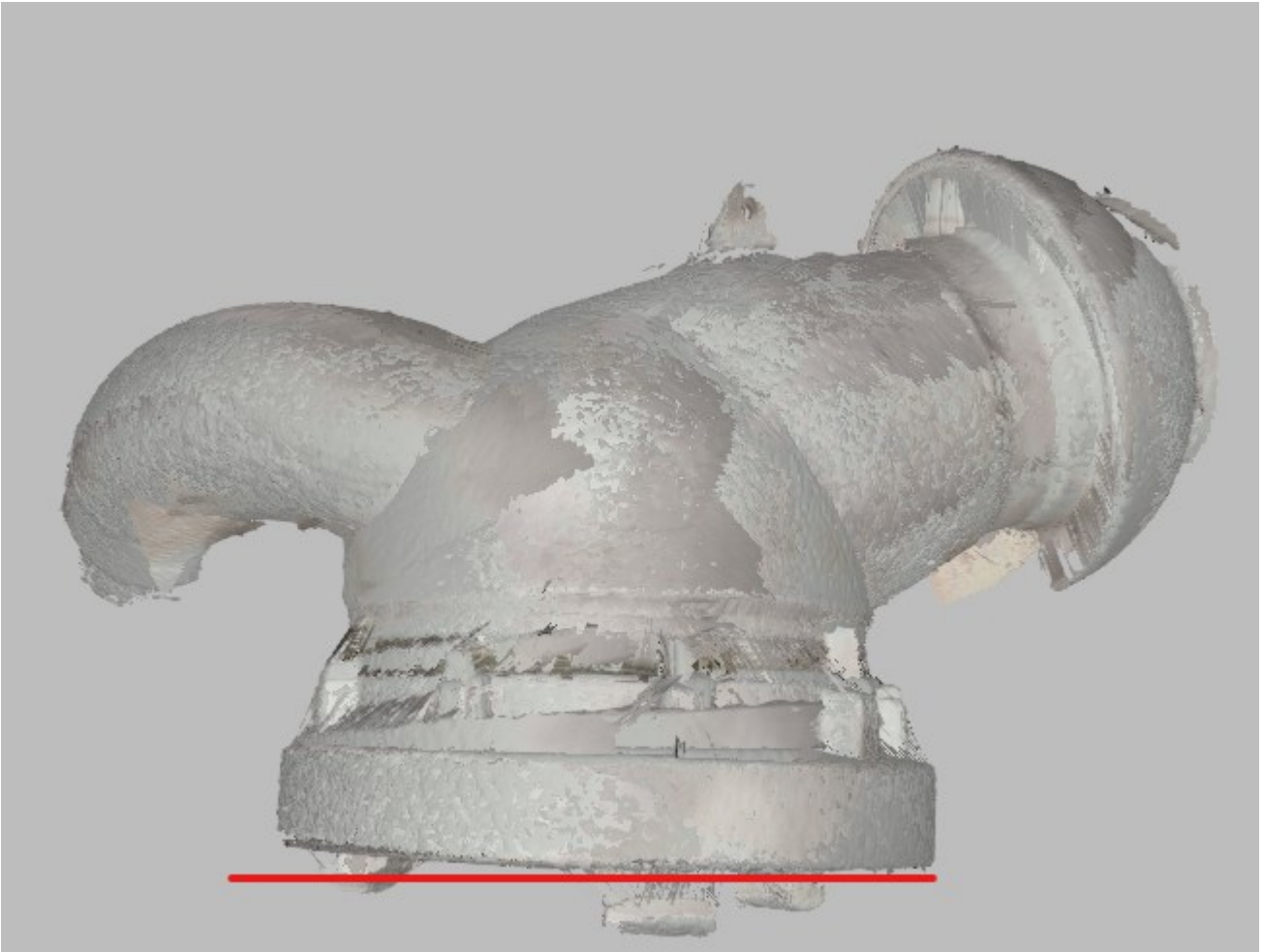


Kuva 4. Pohjaventtiin käsittelemättömät skannaukset.

Eri suunnasta otetuista skannauksista poistetaan mahdolliset skannauksen aikana tulleet virheet, jonka jälkeen ne paikoitetaan toisiinsa. Paikoituksen jälkeen mallista korjataan

ylimääräiset reiät ja muut epätasaisuudet. Käsittelyn jälkeen malli käännetään haluttuun tiedostomuotoon.

Purkausyhteen skannauksessa skannerin paikoituksen kanssa ilmeni ongelmia. Koska osassa oli paljon kaarevia pintoja, hukkasi skanneri paikkansa ja myös suoraa pintaa skannatessa pinta muuttui skannerin näytöllä kaarevaksi kuvan 5 mukaisesti.



Kuva 5. Purkausyhteen skannausongelma.

Sama ongelma ilmeni myös suoraa profiilia skannatessa. Purkausyhte skannattiin skannauspulveria käyttäen, mutta paikoitusmerkkien lisäämistä ei testattu ajanpuutteen vuoksi. Kuvassa 6 purkausyhte skannauspulverilla peitettynä.



Kuva 6. Purkausyhde.

5.2 Perävaunun skannaus

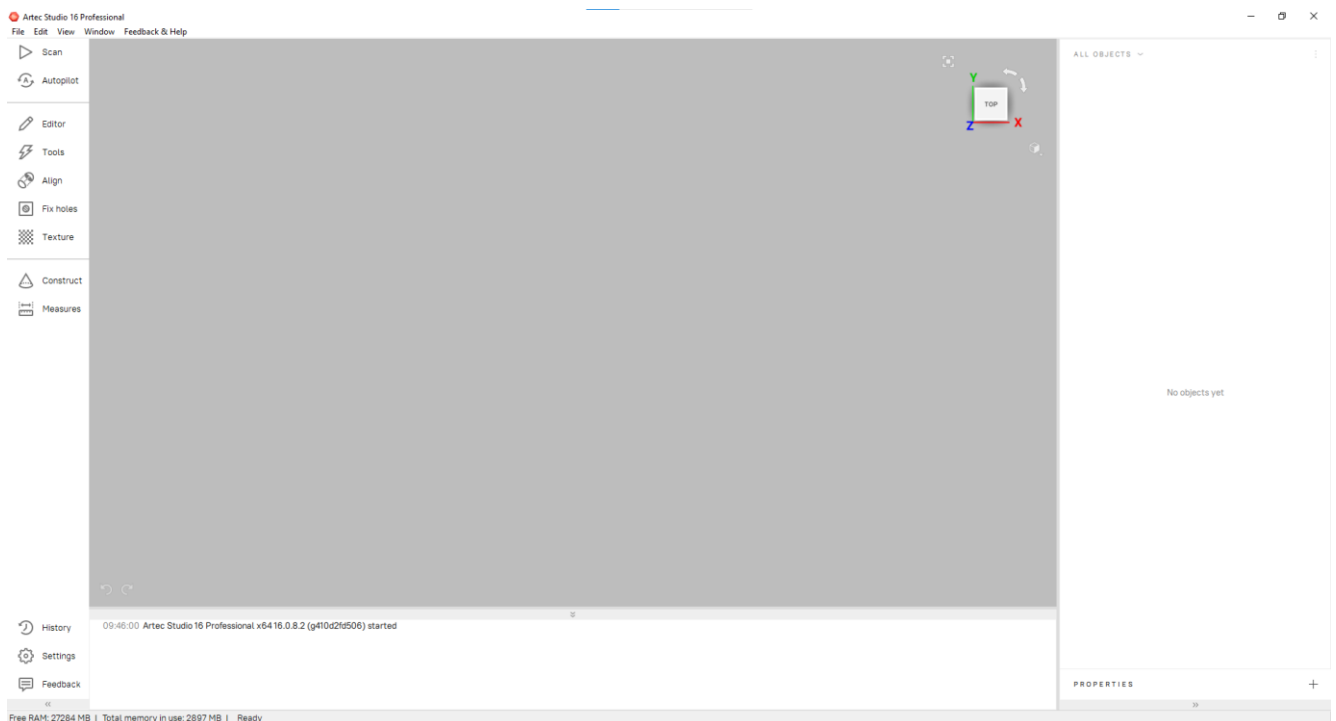
Solid Comp skannasi säiliöperävaunun kahdella Faro Focus S skannerilla ja toimitti siitä pistepilvet, sekä pintamallin sisä- ja ulkopuolelta. Kuvassa 2 näkyviä skannereita siirrettiin eri paikkoihin säiliön ympärillä, ja jalustan korkeutta säädeltiin. Artec Leosta poiketen Faro Focus skanneri oli paikallaan skannauksen ajan ja siirrettiin vasta, kun se oli skannannut ympäristönsä. Koko perävaunun skannaaminen valmisteluineen kesti reilu 2 tuntia ja

valmis malli saatiin noin viikon kuluttua. Solid Compin toimittama malli oli tarkkuudeltaan riittävä suunnittelun tarpeisiin. Valmiista mallista tarkastellut mitat poikkesivat rullamitalla tarkastelluista noin 1 mm 4.5 m matkalla.

Mallia ja pistepilviä hyödynnetään säiliön muutostöiden suunnittelussa, mutta ajanpuutteen vuoksi skannauksen todellista hyötyä suhteessa aikaisempiin menetelmiin tai skannauksen kustannuksiin ei voi työn kirjoittamisen hetkellä vielä arvioida.

5.3 Artec Studio

Artec Studio on skannausdatan käsittelyyn tarkoitettu ohjelmisto, jossa skannaukset voidaan erilaisilla työkaluilla yhdistää toisiinsa ja luoda 3D-malli. Ohjelmalla voidaan käntää valmis malli useaan eri tiedostomuotoon. Artec Studion käyttö osoittautui yksinkertaiseksi mutta aikaa vieväksi käyttää, varsinkin tietokoneen vähäisen laskentatehon takia. Ohjelmaa käytettiin työssä pohjaventtiiliin ja purkausyhteen skannausten käsittelyssä. Kuvassa 7 Artec Studion perusnäky.



Kuva 7. Artec Studio.

Kuvan 7 vasemmassa laidassa näkyvät ohjelman perustyökalut, joilla skannaustuloksia lähdetään muokkaamaan.

6 YHTEENVETO JA POHDINTA

6.1 Työn tulokset

Työn tavoitteena oli selvittää, millaiset skannausmenetelmät ja skannerit soveltuvat erikoisille kappaleille ja osakokonaisuuksille, millaiseen mittatarkkuuteen skannaamalla pääsee sekä selvittää alan toimijoita ja minkälaisia palveluja he tarjoavat sekä pohtia minkälaisiin kohteisiin skannausta voi hyödyntää sekä mitä rajoitteita voi tulla vastaan. Työ eteni skannaamalla erilaisia putkistokomponentteja ja säiliöperävaunua, sekä tutkimalla skannaustuloksia. Työn avulla saatiin selkeämpi käsitys siitä, millaisia tuloksia 3D-skannaamalla voidaan saada. Myös skannauspalveluita tarjoavista yrityksistä saatiin kerättyä tietoa. Lopputulosta voidaan pitää onnistuneena ja kerättyä tietoa ja kokemusta voidaan hyödyntää tulevaisuuden projekteissa.

6.2 Mahdolliset käyttökohteet

Skannausta voisi tulevaisuudessa hyödyntää enemmän etenkin teollisuuden projekteissa, joissa on tarve tehdä muutoksia jo olemassa oleviin laitteisiin tai laitoksiin. etenkin silloin, jos asiakkaan toimittamat lähtötiedot ovat suppeat.

Mittaus. Teollisuuslaitoksien skannauksista on helppo jälkikäteen mitata esimerkiksi asennuspaikalla oleva tila ja haalausreitit, joiden kautta koneet asennetaan paikoilleen.

Laadunvalvonta. Kun laitteen tai osan skannausta vertaa CAD-malliin, on helppo huomata eroavaisuus niiden välillä. Laatu on hyvä tarkkailla koko valmistuksen ajan. Jos jokin virhe huomataan vasta kun tuote on toimitettu asiakkaalle, sen korjaaminen on kallista.

Takaisinmallinnus. Skannausta voi hyödyntää myös takaisinmallinnuksessa. Usein tulee tarve valmistaa osia rikkoutuneen osan pohjalta. Jos osassa on paljon kaarevia muotoja, voi sen mallintaminen olla helpompaa skannauksen perusteella.

Muodonmuutokset. Skannausta voidaan hyödyntää myös muodonmuutosten tarkastelussa. Jokin laite voidaan skannata tyhjänä ja kuormitettuna ja myöhemmin vertailla, onko skannausten välillä suuria eroja. Jotkin säiliöt tai niiden osat saatetaan pullauttaa lopulliseen muotoonsa paineen avulla. Skannerilla voisi tarkastella todellista muotoa toimenpiteen jälkeen. Skannaus helpottaa ja nopeuttaa rasisusten aiheuttamien muodonmuutosten mittaamista ja mahdollistaa myös animoidun tallentamisen mittaustapahtumasta (Keinänen & Järvinen, 2014, s. 16).

Suunnittelu. Olemassa olevista osista tai koneista voidaan luoda skannaamalla CAD-malli, jota voidaan hyödyntää laitteen kokoonpanosuunnittelussa. Tämä auttaa varmistamaan uusien osien yhteensopivuuden ja integraation olemassa oleviin laitteisiin.

6.3 Johtopäätökset

Skannaustulosten käsittely vaatii paljon käyttäjältä, ohjelmistolta sekä tietokoneelta. Skannereiden ominaisuuksien vertailu ja niiden käyttö oli hankalaa ilman aikaisempaa kokemusta skannerien käytöstä. Pelkkien skannerivalmistajien ilmoittamien ominaisuuksien vertailu ei välttämättä kerro tarpeeksi skannerin todellisista ominaisuuksista, vaan tämä vaatisi niitten kokeilua käytännössä. Työn aikana olisi ollut hyvä päästä kokeilemaan useampia erilaisia skannereita ja skannauskohteita sekä skannereiden ohjelmistoja. Tämä olisi varmasti antanut laajemman näkökulman skannaamisesta ja skannaustulosten käsittelystä.

LÄHTEET

- 3D-Cadsolutions. (i.a.-a). *3D-cadsolutions on 3D-asiantuntija*. https://www.an-cadsolutions.fi/?gad_source=1&gclid=EAlalQobChMI9NrCg_KshAMVbgCiAx1DwQP_EAAYASAAEqLpB_D_BwE
- 3D-Cadsolutions. (i.a.-b). *3D-skanneri*. <https://www.an-cadsolutions.fi/3d-laitteet-ja-materiaalit/3d-skanneri/>
- AIPworks. (i.a.). *AIPworks*. https://aipworks.fi/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA3JCvBhA8EiwA4kujZuBblzq2NXetge-a7cijOoMECZ2TarWW9dMIWowdsvPR26z8UL1izRoCbUoQAvD_BwE
- Anteroinen, S. (2019). Skannaava mittaus herättää yritysten päättäjiä. *Prometalli*, 4(2019), 42.
- ATI-Teräs. (i.a.-a). *3D-skannaus*. <https://ati-teras.fi/sopimusvalmistus-osavalmistus-suunnittelu-palvelut/3d-skannaus/>
- ATI-Teräs. (i.a.-b). *Palvelut*. <https://ati-teras.fi/sopimusvalmistus-osavalmistus-suunnittelu-palvelut/>
- Elomatic. (i.a.-a). *Laserskannaus*. <https://www.elomatic.com/fi/teknologiaratkaisut/laserskannaus/>
- Elomatic (i.a.-b). *Tietoa meistä*. <https://www.elomatic.com/fi/tietoa-meista/>
- Faro. (i.a.). *FARO Focus Premium*. <https://www.faro.com/en/Resource-Library/Brochure/FARO-Focus-Premium>
- Hess, B. (9.9.2022). *What Is Reverse Engineering and How Does It Work?* <https://astromachineworks.com/what-is-reverse-engineering/>
- Hietikko, E. (2019). *3D-suunnittelua pilvessä: Onshape* (2. painos.). BoD - Books on Demand.
- Hotkanen, M. (19.2.2015). *Laser mallintaa maailmaa*. Tieteessä tapahtuu. <https://www.tieteessatapahtuu.fi/kategoriat/arkistosta/12015/laser-mallintaa-maailmaa>

- Hydroline services. (i.a.). *3D-skannaus* <https://www.hl-hydraulics.fi/3d-skannaus/>
- Keinänen, T., & Järvinen, M. (2014). *Mittaustekniikka*. Sanoma Pro.
- Kutepa. (i.a.). *Kutepa Group*. <https://www.kutepa.fi/kutepa-group/>
- Laakko, T. (1998). *Tuotteen 3D-CAD-suunnittelu*. WSOY.
- Maker3D (i.a.). *Artec Leo 3D-skanneri*. <https://www.3d-tulostus.fi/Artec-Leo-3>
- MLT Finland. (i.a.-a). *MetraSCAN 3D-skanneri*. <https://www.mltfinland.fi/metrascan3d/>
- MLT Finland. (i.a.-b). *Tarkkaa ja luotettavaa laserkeilausta*. <https://www.mltfinland.fi/palvelut/laserkeilaus-palvelut/>
- Rensi. (i.a.). *Artec Leo 3D-skanneri*. <https://www.rensi.fi/tuotteet/mittauskoneet/artec-3d-skannerit/artec-leo-3d-skanneri/>
- Siitonen, E. (10.11.2015). *3D-skannauksessa on vain mielikuvitus rajana*. *Promaint*. <https://promaintlehti.fi/Laite-ja-korjaustekniikat/3D-skannauksessa-on-vain-mielikuvitus-rajana>
- SolidComp. (i.a.). *Teollisuusympäristöjen digitalisointi*. <https://solidcomp.fi/teollisuusymparistojen-digitalisointi/>
- Sulkanen, A. (5.6.2019). *3D-skannaus ja kohdistusmerkkien merkitys*. 3D-cadsolutions. <https://www.an-cadsolutions.fi/3d-skannaus-ja-kohdistusmerkkien-merkitys/>
- Tietoa. (i.a.). *Laserkeilaus käynnistää korjausrakentamishankkeesi oikein*. <https://tietoa.fi/palvelut/luotettavat-lahtotiedot/laserkeilaus/>
- Top3d. (17.6.2022). *Käänteinen suunnittelu ja 3D-tulostus ruostumattomasta teräksestä*. <https://www.top3d.se/fi/resursseja/asiakkaan-tapaus/kaanteinen-3d-varjays-ruostumattomasta-teraksesta/>
- Tuhola, E., & Viitanen, K. (2008). *3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä*. Tammer-tekniikka.