



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# 3D-SKANNERIN KÄYTTÖÖNOTTO JA TAKAISINMALLINNUKSEN OHJEISTUS

Ilja Korolev

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2016  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Laitautomaatio



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Laiteautomaatio

KOROLEV, ILJA:

3D-skannerin käyttöönotto ja takaisinmallinnuksen ohjeistus

Opinnäytetyö 60 sivua, joista liitteitä 30 sivua  
Huhtikuu 2016

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä 3D-skannaukseen käyttämällä hyväksi TAMKin uutta Creaform HandySCAN 700 -laserskanneria ja sen editointiohjelmaa VXEelementsia. Työn tavoitteena oli tutkia Creaform HandySCAN 700 -laserskannerin tarkkuutta ja vuorovaikutusta VXEelementsin, muiden skannereiden sekä CAD-ohjelmistojen kanssa ja soveltaa sitä kautta takaisinmallinnuksen periaatteita. Tehtävänä oli luoda opetusmateriaali laserskannerin ja ohjelmiston käytöstä sekä skannata Suomen Putkilaser OY:n antamaa kappaletta.

Creaform HadySCAN 700 -laserskanneria vertailtiin Mitutoyo SurfaceMeasure 610 -laserskanneriin ja siten mitattiin HandySCAN 700 -skannerin tarkkuus. Tuloksena saatua vertailudataa ei pystytty varmentamaan, minkä seurauksena valmistajan ilmoittama tarkkuus jäi epävarmaksi. VXEelements osoittautui monipuoliseksi ja hyväksi editointiohjelmaksi takaisinmallinnusprosessissa. Suomen Putkilaser OY:n kappaleen skannaaminen ja lopputulos vastasi asiakkaan tarpeita ja vaatimuksia. Tämän pohjalta luotiin pikakäyttöohje ja pikaopetusvideo, joiden tarkoituksenmukaisuus testattiin henkilöstön koulutuksessa.

Creaform HadySCAN 700 on helppokäyttöinen laserskanneri, joka soveltuu monipuolisiin skannaus- ja laadunvalvontatehtäviin. Laserskannerin mukana tullut VXEelements on monipuolinen ja erinomainen työkalu skannausdatan editoimiseen, mutta vaatii paljon aikaa datan prosessointiin ja laskentatehoa tietokoneelta. Pikakäyttöohjeet ja pikaopetusvideo todettiin toimiviksi, ja TAMKin tulisi jatkaa niiden kehittämistä opiskelijoita varten.

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Mechanical and Production Engineering  
Machine Automation

KOROLEV, ILJA:

The introduction of 3D-scanner and reverse engineering guidelines

Bachelor's thesis 60 pages, appendices 30 pages

April 2016

---

The purpose of the thesis was to investigate 3D scanning process by using the new TAMK's Creaform HandySCAN 700 laser scanner and its editing software VXElements. The aim was to study the Creaform HandySCAN 700 laser scanner's accuracy and interaction with VXElements software, other similar scanners, and CAD software. After that apply it to the principles of computer-aided reverse engineering.

The data were collected using Creaform's user manual and webinars, but also on the basis of working life case examples. The task was to create teaching material about the use of a laser scanner and its software, as well as determining scan Suomen Putkilaser OY's machine part for spare parts.

Creaform HadySCAN 700 laser scanner was compared to Mitutoyo SurfaceMeasure 610 in order to measure its accuracy. The data obtained was not possible to verify, thereby the accuracy provided by manufacturer's remained uncertain. VXElements proved to be a versatile and good editing program in the computer-aided reverse engineering process. The machine part scan and the result corresponded to the needs and requirements of the Suomen Putkilaser OY. On the basis of all this was created a quick user manual and quick training video that was tested in the TAMK's staff training session.

Creaform HadySCAN 700 is an easy-to-use laser scanner, which is suitable for all-around scanning and quality control tasks. VXElements software is versatile and a great tool for editing the scanning data, but requires a lot of time to process the data and computing power. Quick user manual and quick training video were found to be working well and TAMK should continue their (teaching material; user manual and video) development for the students.

---

Key words: 3d scanning, computer-aided reverse engineering, handyscan, vxelements

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	3D-LASERSKANNAUS .....	7
2.1	3D-laserskannauksen perusteet.....	7
2.2	Creaform HandySCAN 700.....	7
2.3	HandySCAN 700 ja kolmiomittaus.....	10
3	REVERSE ENGINEERING.....	12
3.1	CARE .....	12
3.2	HandySCAN 700 ja VXElements .....	14
3.2.1	VXScan .....	14
3.2.2	VXModel .....	15
3.2.3	VXInspect .....	17
4	HANDYSCAN 700 LASERSKANNERIN TARKKUUS.....	18
4.1	Laserskannerin tarkkuuteen vaikuttavat tekijät .....	18
4.2	Testikappaleen skannaus ja vertailu .....	18
5	PUTKILASER OY TUKIRULLAN SKANNAUS .....	22
5.1	Työn tarkoitus.....	22
5.2	Skannaus ja esivalmistelut .....	22
5.3	Skannausdatan editointi.....	24
6	POHDINTA .....	26
	LÄHTEET .....	29
	LIITTEET .....	31
	Liite 1. Pikakäyttöohje .....	31



**ERITYISSANASTO**

CAD-ohjelmisto	tietokoneavusteinen suunnitteluohjelmisto
CARE	computer-aided reverse engineering, tietokoneavusteinen takaisinmallinnus
IGES	3D-mallin tiedostomuoto
Mesh-verkko	3D-mallin monikulmioverkko
STEP	3D-mallin tiedostomuoto
STL	3D-mallin tiedostomuoto

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä 3D-skannaukseen ja takaisinmallinnukseen käyttämällä hyväksi TAMKin uutta Creaform HandySCAN 700 laserskanneria, sekä siihen liittyvää editointiohjelmistoa VXElementsia. Tarve tälle työlle syntyi, koska 3D-skannaus on kasvava ala ja tuo paljon erilaisia etuja kappaleiden mallintamiseen, sekä 3D-tulostamiseen.

Tässä työssä tavoitteena on tutkia Creaformin HandySCAN 700 laserskannerin vuorovai-  
kutusta VXElementsien, muiden skannereiden sekä CAD-ohjelmistojen kanssa. Tämän pe-  
rusteella luotiin pikakäyttöohjeen liittyen laserskannerin ja VXElementsien käyttöön. Pi-  
kakäyttöohjeen tehtiin VXElementsien manuaalin, oikeiden case-esimerkkien sekä  
Creaformin omien verkkoseminaareiden pohjalta. Tämän lisäksi luotiin pikaopetusvideo,  
jonka tarkoituksena on opettaa Creaformin laserskannerin ja ohjelmiston käyttöä TAM-  
Kin henkilökunnalle, sekä myöhemmin TAMKin opiskelijoille.

Työn tuloksia vertaillaan toiseen laserskanneriin, jossa tarkistetaan muun muassa lasers-  
kannerin tarkkuutta. Vertailussa käytetään samanlaista kappaletta, sekä samanlaisia olo-  
suhteita. Näin ollen pystytään sekä rajaamaan laserskannerin toiminta-alue että määritte-  
lemään mahdollisia lisähankintoja. Lopuksi skannataan Suomen Putkilaser OY:n anta-  
maa kappaletta ja pohditaan sitä kautta työn onnistumista.

Pohdinta osiossa käydään työn tulokset läpi, analysoidaan VXElementsien takaisinmal-  
linuksen vaiheita ja mietitään työn onnistumista. Lisäksi pohditaan mahdollisia kehittä-  
misehdotuksia sekä jatkotutkimuksen aiheita.

## 2 3D-LASERSKANNAUS

### 2.1 3D-laserskannauksen perusteet

3D-laserskannaus on nopea ja tarkka menetelmä, jonka avulla saadaan mitattavan kappaleen mittaustulokset järjestelmällisesti tietokoneelle. Näitä mittaustuloksia kutsutaan skannausdataksi. Skannausdata sisältää kappaleen oleellisen tiedon, kuten pituus, leveys, korkeus, tilavuus, pinta-ala jne. Tätä skannausdataa muunnetaan tarpeiden mukaan, esimerkiksi suunnittelua varten CAD-ohjelmistoon tai tulostusta varten 3D-tulostukseen.

On olemassa kolme eri laserskannaus menetelmää:

- Kolmiomittauksessa laser heijastuu kappaleesta tietyssä kulmassa takaisin kameran sensoriin, sekä laserin että kameran sensorin etäisyys tunnetaan. Tuloksena saatu kulma kertoo kappaleen etäisyyden skannerista.
- Valon kulkunopeusmittauksessa laservalon pulssi heijastuu kappaleesta ja palaa takaisin kameran sensoriin. Saatu heijastus havaitaan aikamuutoksena. Kun laserin nopeus tiedetään, voidaan siitä laskea etäisyys kappaleeseen.
- Valon vaihe-eromittauksessa kappaleen etäisyys saadaan vertaamalla alkuperäistä laserin valon vaihe-eroa ja heijastunutta valon vaihe-eroa. (Laser Design: 3D Scanning information 2015.)

### 2.2 Creaform HandySCAN 700

HandySCAN 700 (kuva 1) on kanadalaisen Creaform yrityksen valmistama 3D-laserskanneri. Creaform on maailmanluokan yritys, joka on tunnettu sen 3D mittaustekniikoista sekä 3D suunnittelupalveluista. (Creaform: The company 2016.) HandySCAN 700 on Creaformin yksi monista 3D-laserskannereista. Sen skannausmetodi perustuu kolmiomittaukseen, jonka avulla kappaleesta luodaan suoraan kolmiulotteinen mesh-verkko.



KUVA 1. Creaform HandySCAN 700 (Red Dot Award 2015)

HandySCAN 700 on kooltaan pieni ja sen käyttö onnistuu helposti yhdellä kädellä. Skannerissa on kaksi kameraa, kolme punaista laser lähtöä sekä kaksi led-valoa. (Creaform: Portable 3D Scanners 2016.) Alla olevassa taulukossa on esitetty tarkemmin skannerin ominaisuudet

TAULUKKO 1. HandySCAN 700 ominaisuudet (Creaform: Technical specifications 2016)

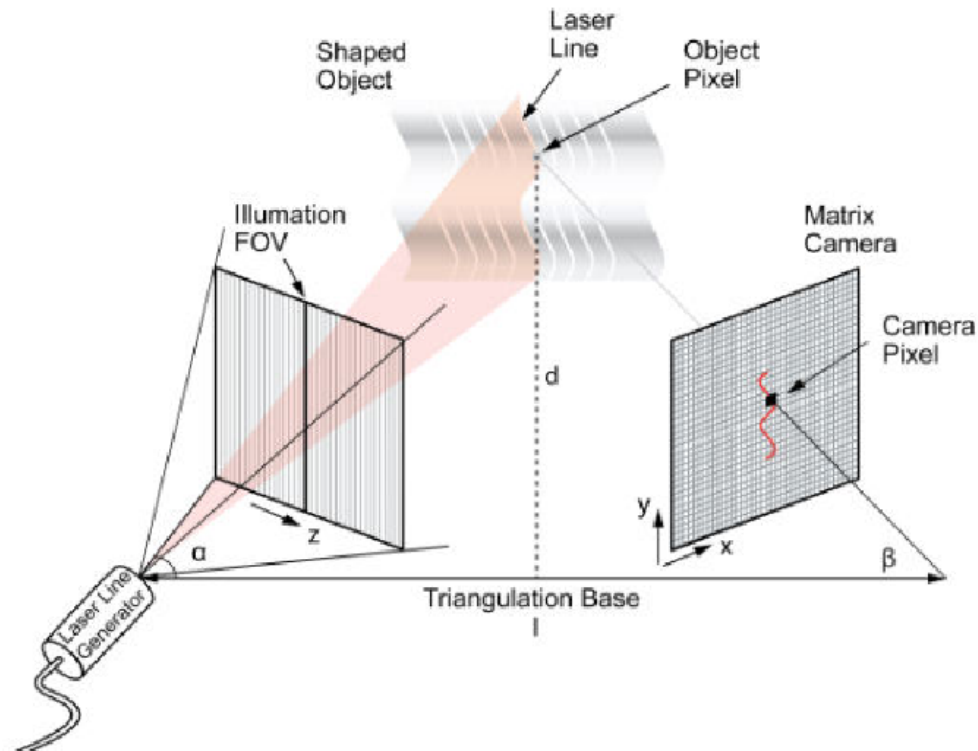
	<b>HandySCAN 700</b>
<b>Paino</b>	0,85 kg
<b>Mitat</b>	77 x 122 x 294 mm
<b>Mittausnopeus</b>	480 000 mittausta/s
<b>Skannausalue</b>	275 x 250 mm
<b>Laser lähtö</b>	7 laser ristiverkkoa (+1 laser viiva)
<b>Laser tyyppi</b>	2M (eye-safe)
<b>Resoluutio</b>	0,050 mm
<b>Tarkkuus</b>	Enintään 0,030 mm
<b>Volumetrinen tarkkuus (ISO 10360)</b>	0,020 mm + 0,060 mm/m
<b>Mittausetäisyys</b>	300 mm
<b>Syväterävyysalue</b>	250 mm
<b>Kappaleen koko (Suositus)</b>	0.1 – 4 m
<b>Ohjelmisto</b>	VXelements
<b>Tiedostomuodot</b>	.dae, .fbx, .ma, .obj, .ply, .stl, .txt, .wrl, .x3d, .x3dz, .zpr
<b>Yhteensopivat ohjelmistot</b>	3D Systems (Geomagic Solutions), InnovMetric Software (PolyWorks), Dassault (CATIA V5 and SolidWorks), PTC (Pro/ENGINEER), Siemens (NX and Solid Edge), Autodesk (Inventor, Alias, 3ds Max, Maya, Softimage).
<b>Liitäntä</b>	1x USB 3.0
<b>Käyttölämpötila</b>	5-40 °C
<b>Käyttökosteusalue</b>	10-90%

HandySCAN 700 laserskannerilla on monenlaisia käyttökohteita:

- Pienoismallien luonti, joka auttaa tuotteen suunnittelussa.
- ”3D Scan-to-CAD” eli tuotteen takaisinmallinnus ja vienti 3D CAD-ohjelmistoon.
- ”3D Scan-to-CAD Inspection” eli tuotteen laatutarkastus ennen kuin tuote vie-dään valmistukseen.
- Tuotteen elinkaaren hallinta. (Creaform: Portable 3D Scanners 2016.)

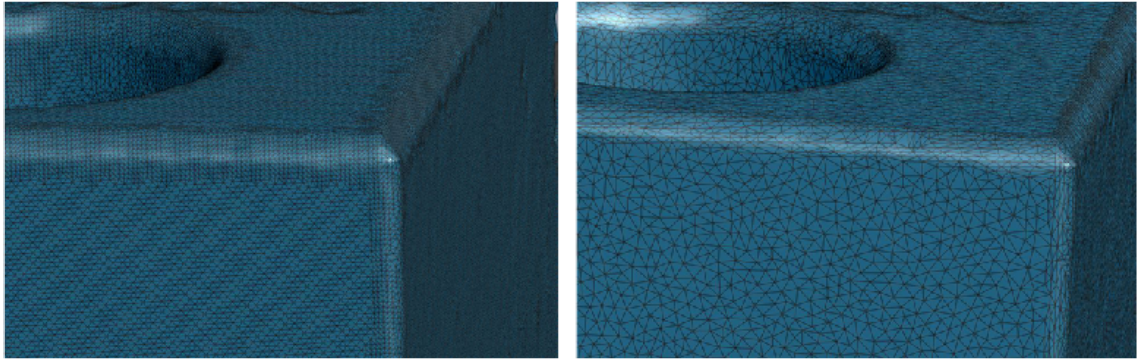
### 2.3 HandySCAN 700 ja kolmiomittaus

HandySCAN 700 käyttää kolmiomittausta (kuva 2) laserskannaus menetelmänä, joka on varsin pitkään tunnettu menetelmä muun muassa maanmittauksessa. Kolmiomittaus on tarkka menetelmä kappaleiden skannaamiseksi, sillä mittausetäisyys on noin 300 mm, mutta varsinainen yksityiskohtien tarkkuus riippuu kameran resoluutiosta, geometrisistä mitoista ja valaistuksesta. (Raja & Fernandes, 2008, 17–19.)



KUVA 2. Kolmiomittaus (Coherent 2016)

Ensisijaisesti skannaustarkkuuteen vaikuttaa kameran resoluutio, joka tarkoittaa mesh-verkon tiheyttä. Mitä suurempi resoluutio, sitä paremmin skanneri piirtää reunoja ja sitä enemmän on dataa. (Laser Design: Common 3D scanning industry terms 2016.) Käytännössä HandySCAN skannaa aina samalla tarkkuudella, mutta resoluutioon voidaan vaikuttaa. Kuvassa 3 nähdään kuinka vasemman puoleisen kappaleen reunat ovat pyöreämpiä, kuin oikean puoleisen kappaleen.



KUVA 3. Resoluution vaikutus kappaleen muotoon.

HandySCAN vaatii heijastavia markkereita, joko skannattavan kappaleen ympärille tai asetettuna itse kappaleeseen. Nämä markerit auttavat skanneria sitomaan kappaleen skannerin koordinaatistoon, jonka seurauksena skanneria tai kappaletta voidaan kääntää/liikuttaa vaikuttamatta skannaus tarkkuuteen. Käytännössä tämä näkyy siten, että HandySCAN tarvitsee aina neljä markkeria skannatakseen kappaleen. Kolme markkeria x-, y- ja z-arvoille sekä yhden markerin skannaus asemointia varten. (Brown 2012.)

### 3 REVERSE ENGINEERING

Reverse engineering eli takaisinmallinnus prosessi tarkoittaa sitä, että fyysinen kappale, josta ei ole CAD malleja tai piirustuksia luodaan uudelleen käyttämällä kehittyneitä laitteita ja ohjelmistoja. Tuloksena syntyy CAD malleja, piirustuksia sekä mesh-verkkoja, joita voidaan käyttää uudelleen komponenttivalmistuksessa, projekteihin tai analyyseihin. Tämä prosessi vaatii yleensä 3D-skannerin sekä kyseiseen skanneriin tarkoitettun tietokoneohjelmiston. Useimmat fyysiset kappaleet eivät voi mitata tarkasti käsityökaluilla tai mallintaa tarkasti perinteisellä CAD-ohjelmistolla. Tämän takia on käytettävä takaisinmallinnusta. (Laser Design: 3D Scanning myths 2016.)

#### 3.1 CARE

Tietokoneavusteinen takaisinmallinnus on tapa mallintaa kappale tietokoneelle käyttäen tietynlaista skannausmenetelmää hyväksi. Kyseinen tapa mallintaa kappaletta on päinvastainen CAD menetelmälle, sillä CARE tavassa käytetään olemassa olevaa kappaletta mallintamiseen, mutta CAD tavassa tarvitaan kappaleesta piirustuksia. Monen teollisuuden alalla tämä on tärkeää, sillä takaisinmallinnuksen avulla voidaan suorittaa nopeasti tarkistus- ja validointiprosesseja kappaleelle, sekä kokoonpano että komponentti tasolla, kun taas CAD prosessi saattaa kestää huomattavasti kauemmin.





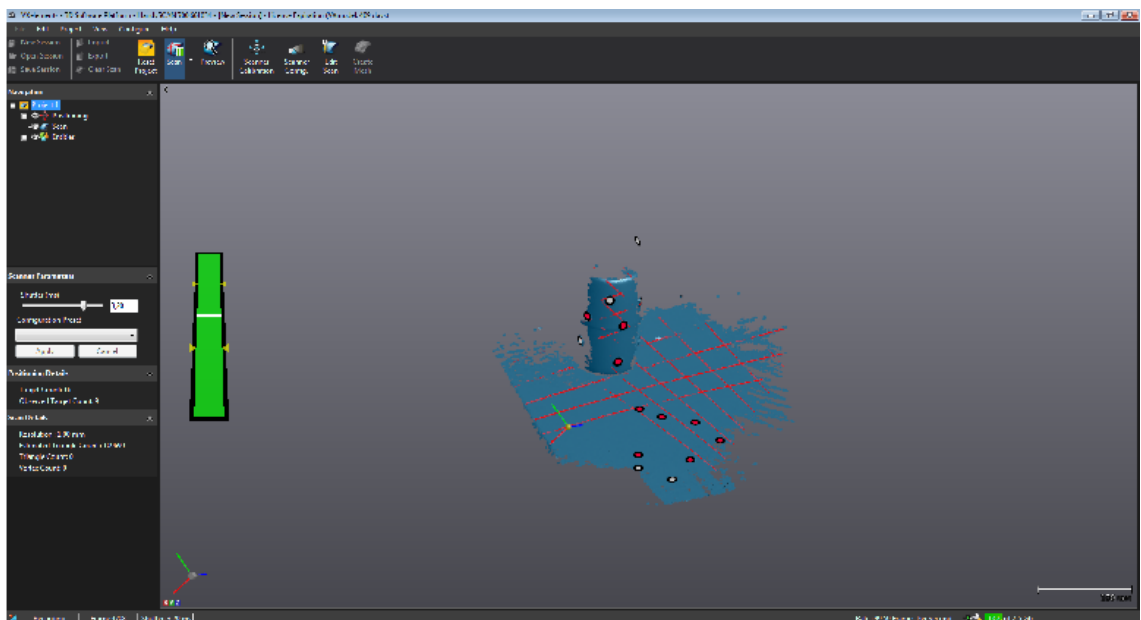
KUVA 4. Takaisinmallinnuksen vaiheet (EMS USA 2016)

Kuvassa 4 on esitetty takaisinmallinnuksen tärkeimmät vaiheet. Ensimmäisessä vaiheessa kappaletta skannataan käyttäen tiettyä skannausmenetelmää. Tässä vaiheessa skanneri luo kappaleesta x-, y- ja z-koordinaateista pistepilven tai suoraan mesh-verkon. Toisessa vaiheessa pistepilvi tai mesh-verkko siirretään tietokoneeseen skannauseditointiohjelmaan, jossa pystytään yleensä räätälöimään pistepilveä tai mesh-verkkoa. Tämä tarkoittaa sitä, että editointivaiheessa kyetään muokkaamaan mesh-verkkoa, jolloin CAD-käsittely tai 3D-tulostaminen on mahdollisimman helppoa. Kolmannessa vaiheessa editoitu mesh-verkko siirretään IGES- sekä STEP -tiedostoina joko CADiin jatkokäsittelyä varten tai suoraan 3D-tulostukseen. CADissa skannausdataa yleensä muunnetaan 2D- tai 3D-malliksi. Tällä tavalla skannauskappaleesta pystytään poistamaan tai lisäämään tarvittavia komponentteja, sekä tekemään korjauksia. Tämän jälkeen, kun 3D-malli on kokonaan valmis, voidaan 3D-malli verrata skannausdataan ja todeta haluttu tarkkuus lämpökartan avulla. Lämpökartasta voidaan todeta esimerkiksi missä on ollut skannausvaiheessa lommo tai halkeama ja korjata sitä mallinnusvaiheessa. Viimeisessä vaiheessa lopullinen 3D-malli viedään työstettäväksi tai muuhun tarkoitukseen. (Raja & Fernandes, 2008, 11–15.)

### 3.2 HandySCAN 700 ja VXElements

Tärkeä osa tietokoneavusteista takaisinmallinnusta 3D-skannauksen ohella on skannausdatan editointi ja jälkikäsitteily. Creaformilla on siihen oma ohjelmisto nimeltään VXElements, joka koostuu erilaisista moduuleista. Tärkeimmät näistä moduuleista ovat VXScan, VXModel ja VXInspect. VXScan on integroitu valmiiksi VXElementsiin, ilman sitä HandySCAN 700 ei voi toimia itsenäisesti. Muut moduulit tarvitsevat oman lisensinsä toimiakseen VXElementissä. (Creaform: 3D Software platform and application suite 2016.)

#### 3.2.1 VXScan

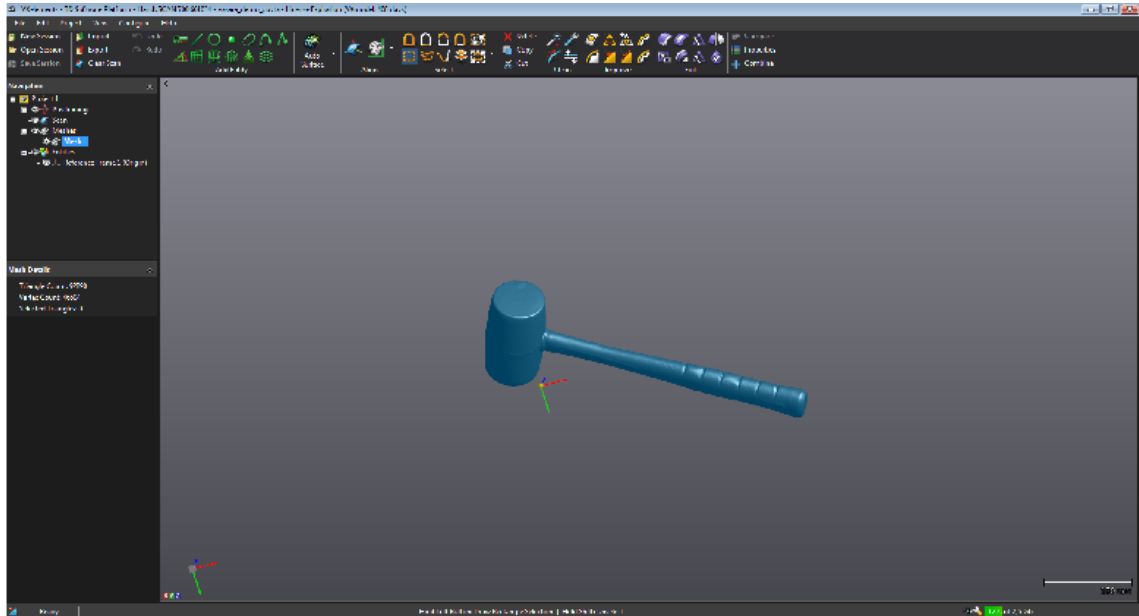


KUVA 5. VXScan moduuli

VXScan moduuli (kuva 5) on tarkoitettu kappaleiden skannaamiseen ja skannauksen nopeaan editoimiseen. VXScanin puolella kalibroidaan ja konfiguroidaan HandySCAN 700 skanneri käyttökuntoon. Skannerin kalibrointi tehdään mukana tulevan kalibrointilevyn avulla. Skannauksen aikana HandySCAN 700 luo suoraan mesh-verkon kappaleesta VXScanin reaaliaikaiseen 3D-näkymään. Skannauksen jälkeen VXScanin puolella pysytään skannausdatan nopeaan editoimiseen, kuten skannausdatan siivoamiseen ja reikien täyttämiseen. VXScan mahdollistaa myös skannausdatan yhdistämistä, mikä on erittäin

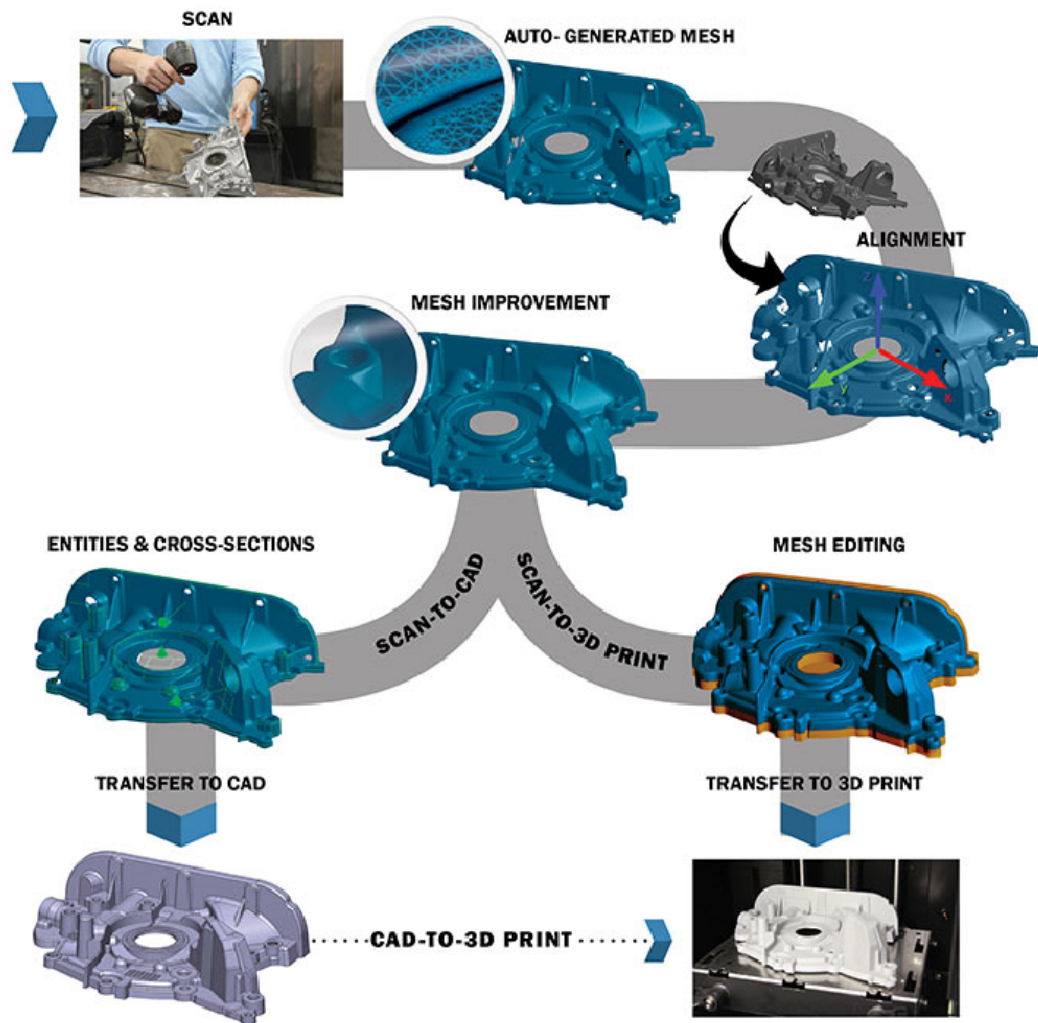
kätevä ominaisuus silloin kun skannataan suuria kohteita. Skannauksen jälkeen skannausdata voidaan tallentaa STL-tiedostona 3D-tulostusta tai CAD-käsittelyä varten. (Creaform 2010.)

### 3.2.2 VXModel



KUVA 6. VXModel moduuli

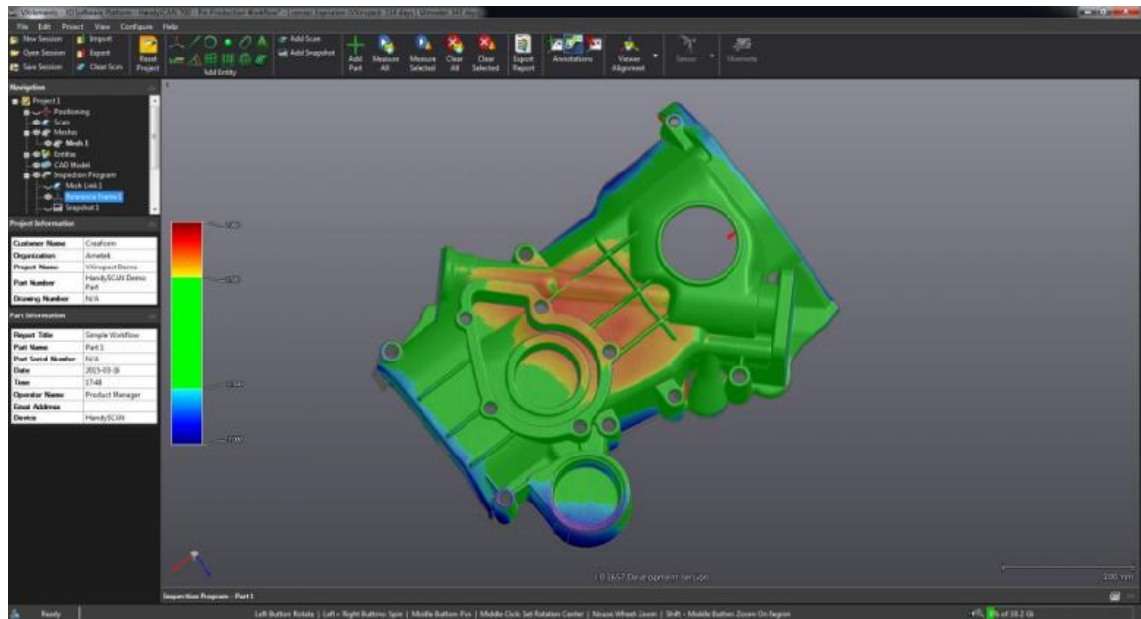
VXModel moduuli (kuva 6) on tarkoitettu meshin monipuoliseen editoimiseen, joka sisältää joukon työkaluja ja ominaisuuksia, joiden avulla saadaan tarvittava data CAD-ohjelmistoa varten (Scan-to-CAD) sekä 3D-tulostusta varten (Scan-to-3D Print). Skannauksen jälkeen on luotava mesh, jotta sitä pystytään editoimaan VXModelin puolella. VXModelin vaiheet voidaan kiteyttää kuvan 7 mukaisella tavalla.



KUVA 7. VXModelin vaiheet (Endless 3D 2016)

Meshin luomisen jälkeen luodaan kappaleelle koordinaatisto, jotta pystytään parantamaan meshiä jatkokäsittelyä varten. Koordinaatiston luonti on yksinkertainen, mutta tärkeä vaihe, sillä se vaikuttaa suuresti meshin editoimiseen ja lopulliseen tulokseen. Tämän jälkeen parannetaan meshiä tarvittavilla työkaluilla haluttuun lopputulokseen. Esimerkiksi VXModelin parannustyökaluilla pystytään täyttämään reikiä, muokkaamaan skannausdatan resoluutiota, poistamaan sekä parantamaan pintoja. Editointityökaluilla meshiä pystytään peilaamaan ja yhdistämään, jos kyseessä on suuri kappale tai tekemään siitä vesitiivis, joka on erittäin tärkeää 3D-tulostuksessa. Editoimisen ja parantelun jälkeen mesh data joko käsitellään lisää CAD-ohjelmistoa varten luomalla tarvittavia geometrisia aputasoja, kuten sylintereitä, poikkiprofileja, reikätasoja sekä yleisiä tasoja tai viedään mesh data suoraan 3D-tulostusta varten. VXModelin puolella mesh datan tallentaminen onnistuu IGES- sekä STEP-tiedostomuotoina, jotka ovat yleisiä CAD-tiedostomuotoja. VXScanin puolella kyseiset tiedostomuodot eivät ole käytössä. (Creaform: VXModel 2016.)

### 3.2.3 VXInspect



KUVA 8. VXInspect moduuli (Creaform 2016)

VXInspect on laadunvalvonta moduuli VXElements ohjelmistossa (kuva 8). Sen päätarkoitus on vertailla skannausdata CAD-malliin, joka on luotu skannausdatasta tai olemassa olevaan CAD-malliin. VXInspect tukee IGES- ja STEP-tiedostoja, joiden vertailu CAD-malliin antaa paremman ymmärryksen esimerkiksi valmistusvirheistä. VXInspectissä pystytään mittaamaan ja käyttämään toleranssiperiaatteita datan tarkastuksessa, sekä suorittamaan erinäköisiä algoritmisia laskuja, esimerkiksi lujuuslaskuja. Kyseinen moduuli soveltuu hyvin käyttöön sekä ennen tuotteen tuotantoon panna, että tuotannon aikana. (Creaform: VXInspect 2016.)

## **4 HANDYSCAN 700 LASERSKANNERIN TARKKUUS**

### **4.1 Laserskannerin tarkkuuteen vaikuttavat tekijät**

Laserskannerin tarkkuuteen vaikuttavat monet tekijät, mutta tärkeimmät niistä ovat lämpötila sekä ympäristö. Jokainen skanneri toimii kunnolla vain tietyllä lämpötila-alueella. On kuitenkin huomattava, että skannerin sisälämpötila voi olla huomattavasti korkeampi kuin skannattavan kappaleen lämpötila. Erityisesti metallikappaleet on vaikeata skannata, johtuen metallin ominaislämpökapasiteetista. Tästä seuraa myös se, että ympäristötekijät, kuten aurinko, pöly sekä skannattavan kappaleen epäpuhtaudet on otettava huomioon. Tämän takia skannattavat kappaleet olisi hyvä skannata puhtaissa ilmastoiduissa sisätiloissa ja huoneenlämpötilassa. (Boehler & Marbs 2003.)

### **4.2 Testikappaleen skannaus ja vertailu**

HandySCAN 700 laserskannerin ilmoittama tarkkuus on taulukon 1 mukaan 0,030 mm ja tätä haluttiin tarkistaa vertaamalla sitä Mitotoyo SurfaceMeasure 610 laserskanneriin (kuva 9), joka kiinnitetään Mitotoyon koordinaattimittauskoneeseen. Mitotoyo SurfaceMeasure 610 laserskannerin tarkkuus on valmistajan mukaan 0,015 mm ja se käyttää kolmiomittausmenetelmää, niin kuin HandySCAN 700 laserskannerikin.

Item\Model		SurfaceMeasure 606	SurfaceMeasure 610	SurfaceMeasure 1010	SurfaceMeasure 606T
Laser irradiation method		Line Laser (single)			Line Laser (cross)
Max. scan width		2.36" (60mm)	2.36" (60mm)	3.94" (100mm)	.2"×2.56" (3×65mm)
Max. scan depth		2.36" (60mm)	3.94" (100mm)	3.94" (100mm)	2.56" (65mm)
Working distance		4.84" (123mm)	6.5" (165mm)	6.5" (165mm)	8.1" (203.5mm)
Scanning error *		12µm	15µm	18µm	17µm
Max. Acquisition rate		75,000 points/sec			3×25,500 points/sec
Mass		.95 lbs (430g)	.88 lbs (400g)	.88 lbs (400g)	1.06 lbs (480g)
Laser Class	EN/IEC	Class2 [ EN/IEC 60825-1(2007) ]			
	JIS	Class2 [ JIS C 6802 : 2011 ]			
	Laser type	Red semiconductor			
Line Laser	Wavelength	660nm (Visible)			
	Output	4mW			
Point Laser	Wavelength	635nm (Visible)			---
	Output	1mW			---
Accuracy inspection environment		Temperature: 20°C±1°C / Humidity: 50%±10%			
* Target workpiece		Specified master ball for inspection (Diameter 30mm)			
Inspection method		According to Mitutoyo's acceptance procedure. (1σ/sphere measurement, probe alone)			

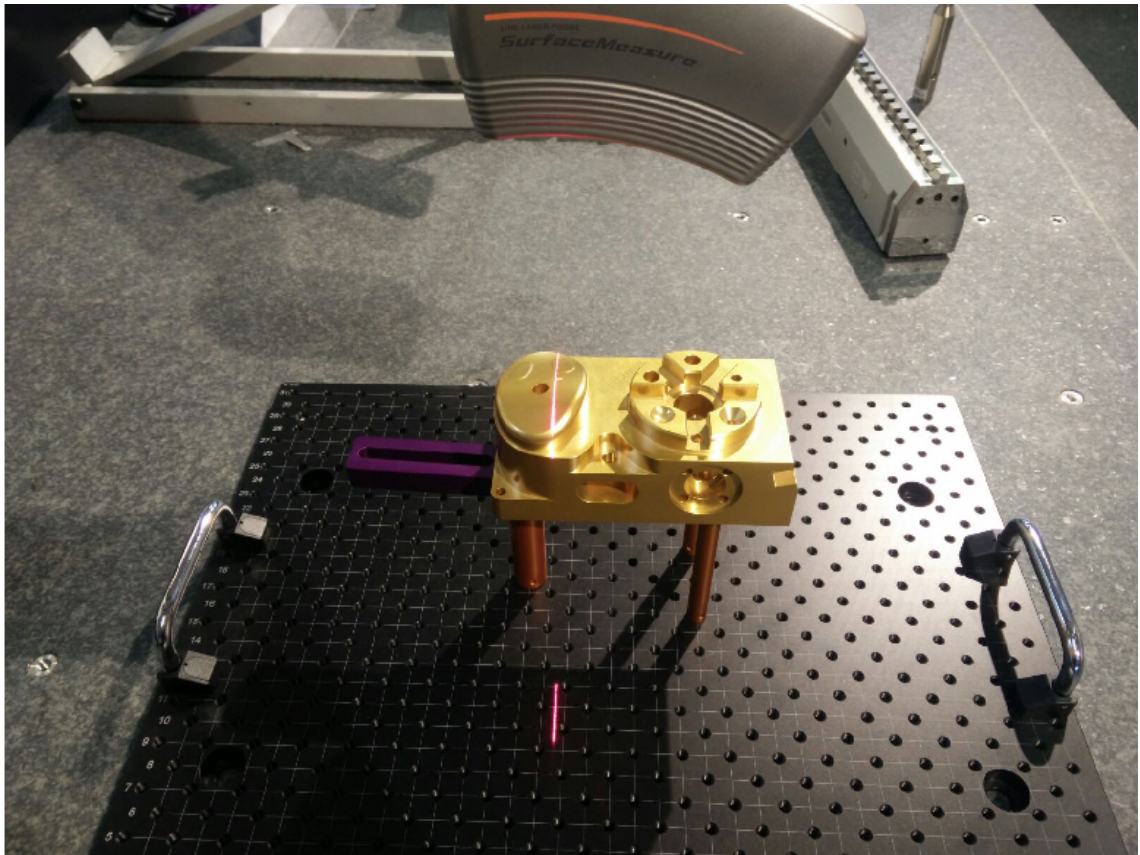


## Mitutoyo

### KUVA 9. Mitutoyo SurfaceMeasure 610 (Mitutoyo 2014)

Tarkoituksena oli skannata molemmilla skannereilla sellainen kohta, jossa oli riittävästi muotoja ja reunoja. Molemmat skannerit olivat kalibroitu ennen skannausta ja skannaukset suoritettiin sisätiloissa ja huoneenlämpötilassa. HandySCAN 700 laserskannerin tarkkuutta haluttiin verrata Mitutoyo SurfaceMeasure 610 laserskannerin tarkkuuteen. Vertailu suoritettiin niin, että molempien skannereiden skannausdataa verrattiin skannattavan kappaleen (kuva 10) CAD-malliin. Näin pystytään todentamaan Creaformin antama skannerin tarkkuus.



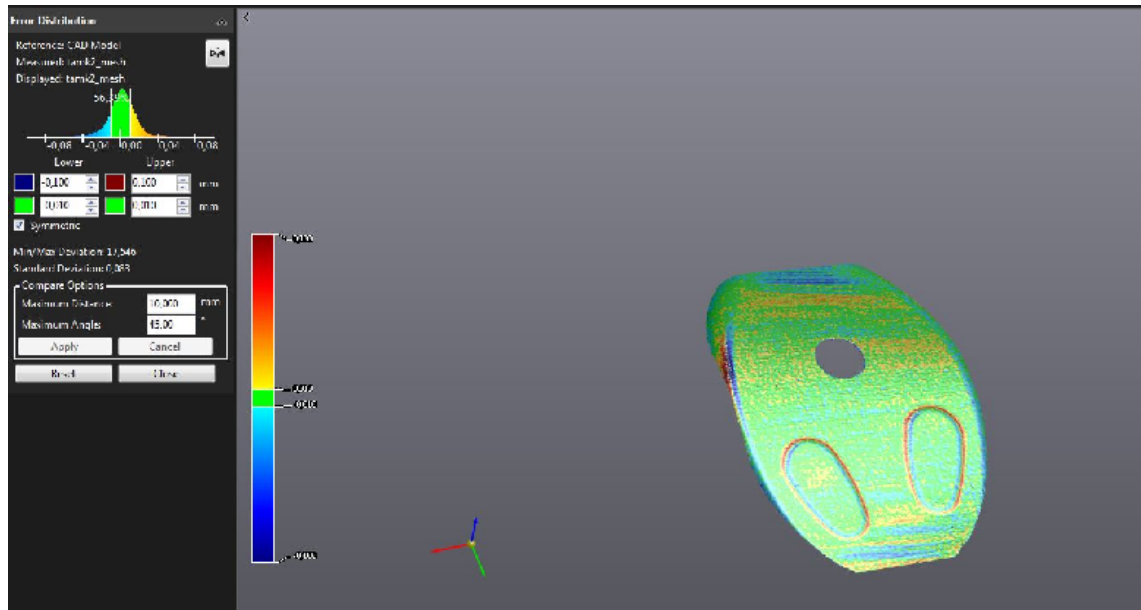


KUVA 10. Mitotoyo SurfaceMeasure 610 skannaamassa vertailukappaletta.

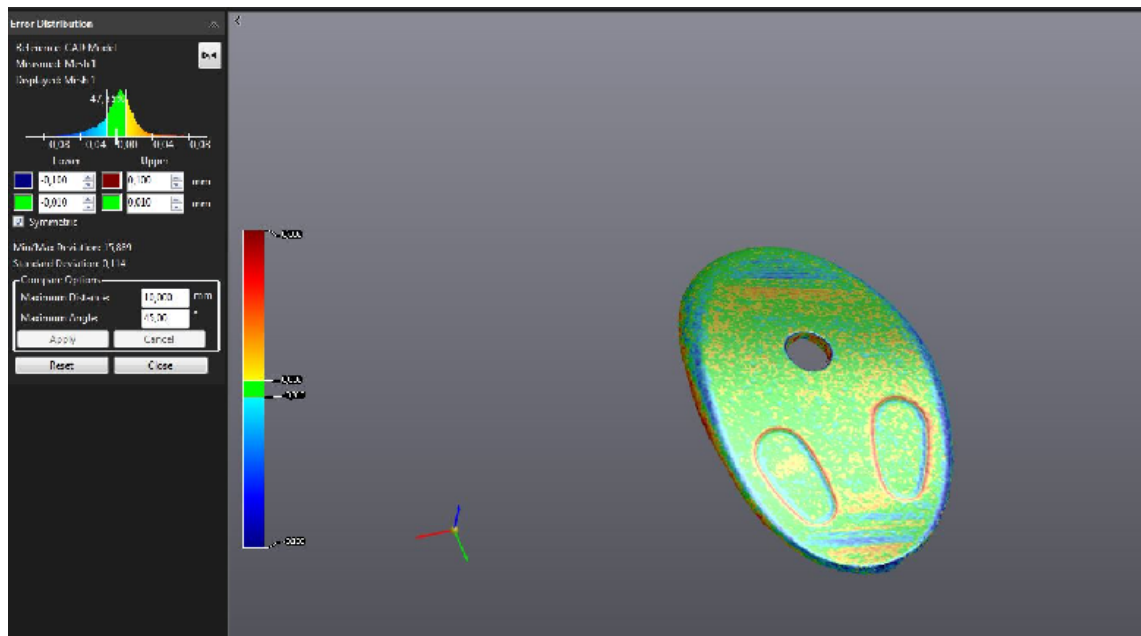
Skannausten jälkeen laserskannereiden skannausdata vietiin STEP-tiedostona VXModelin puolelle, jossa vertailu suoritettiin compare-työkalulla. Molemmissa vertailukohdissa asteikoksi valittiin 0,1 mm, sekä toleranssiksi 0,01 mm. Kuvassa 11 nähdään Mitotoyo SurfaceMeasure 610 laserskannerin skannausdata, jossa toleranssin sisällä on noin 56 %. Kuvassa 12 on HandySCAN 700 laserskannerin skannausdata, jossa toleranssin sisällä on noin 47 %. Skannausdatojen ero on noin 10 %, joka tarkoittaa käytännössä, että niiden ero on tuhannesosan luokkaa, joka on todella pieni ero.

Tästä huolimatta skannattavan kappaleen koneistustarkkuutta ei tiedetty, joka tuo absoluuttista virhettä jo ennen skannausta. Aikataulu syistä skannattava kappale skannattiin vain kerran molemmilla skannereilla, näin ollen oli oletettava, että HandySCAN 700 laserskanneri on niin tarkka, mitä valmistaja lupaa.





KUVA 11. Mitotoyo SurfaceMeasure 610 laserskannerin skannausdata



KUVA 12. HandySCAN 700 laserskannerin skannausdata

## 5 PUTKILASER OY TUKIRULLAN SKANNAUS

### 5.1 Työn tarkoitus

Työn tarkoituksena oli skannata Trumpf TruLaser Tube 7000 laserleikkauskoneen tukirulla (kuva 13) ja poistaa keskiuran kulumat VXELEMENTSIN avulla niin, että se olisi sileä ja viedä lopputulos STEP-tiedostona asiakkaalle. Työn tarkoituksena oli myös saada mahdollisimman tasainen skannausdata, jotta siitä voitaisiin tehdä CAD-malli varaosaa varten.



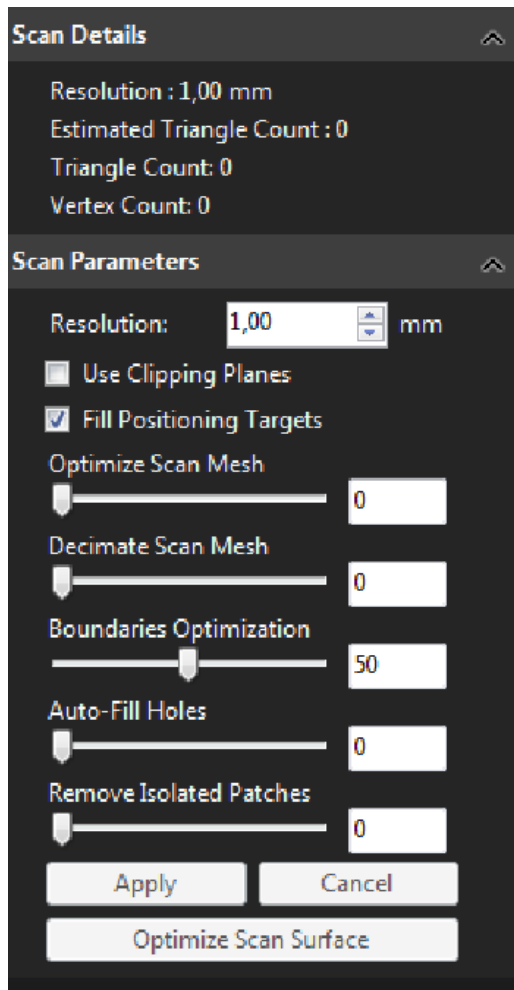
KUVA 13. Tukirulla valmiina skannaukseen.

### 5.2 Skannaus ja esivalmistelut

Skannaus suoritettiin TAMK:n sisätiloissa ja huoneenlämpötilassa. Ennen skannausta, laserskanneri kalibroitiin kalibrointilevyn avulla ja suljinaika konfiguroitiin VXELEMENTSIN kautta. Koska kappaleesta haluttiin sileä lopputulos, päätettiin kappale skannata 1 mm resoluutiolla (kuva 14), sillä se on riittävän tarkka keskisuurille kappaleille. Skannausmerkkarit laitettiin ainoastaan kappaleeseen, jotta kappaletta voitaisiin pyöritellä ja skannata kerralla ympäri. Vaikka tukirullassa olikin paljon erilaisia muotoja, löytyi siitä paljon

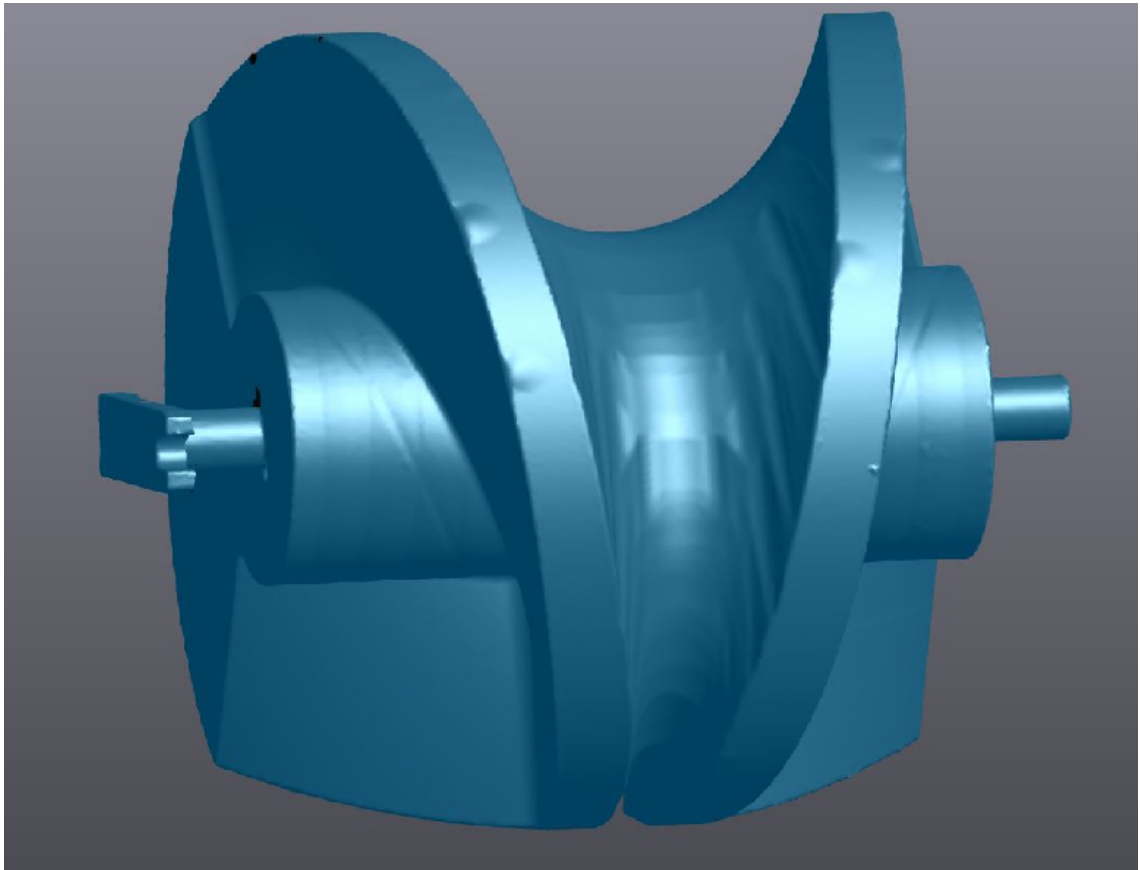
tasaisia pintoja ja tämä helpotti skannausta, sillä laserskanneri ymmärtää parhaiten tasaisia pintoja.

Skannauksen jälkeen skannausdata editoitiin VXScanin puolella, poistamalla ensin pöytätaso. Tämän jälkeen ylimääräinen virhedata poistettiin käyttämällä remove isolated patches -pikatyökalua (kuva 14).



KUVA 14. VXScanin pikaeditointityökalut sekä resoluution säätö ennen skannausta.

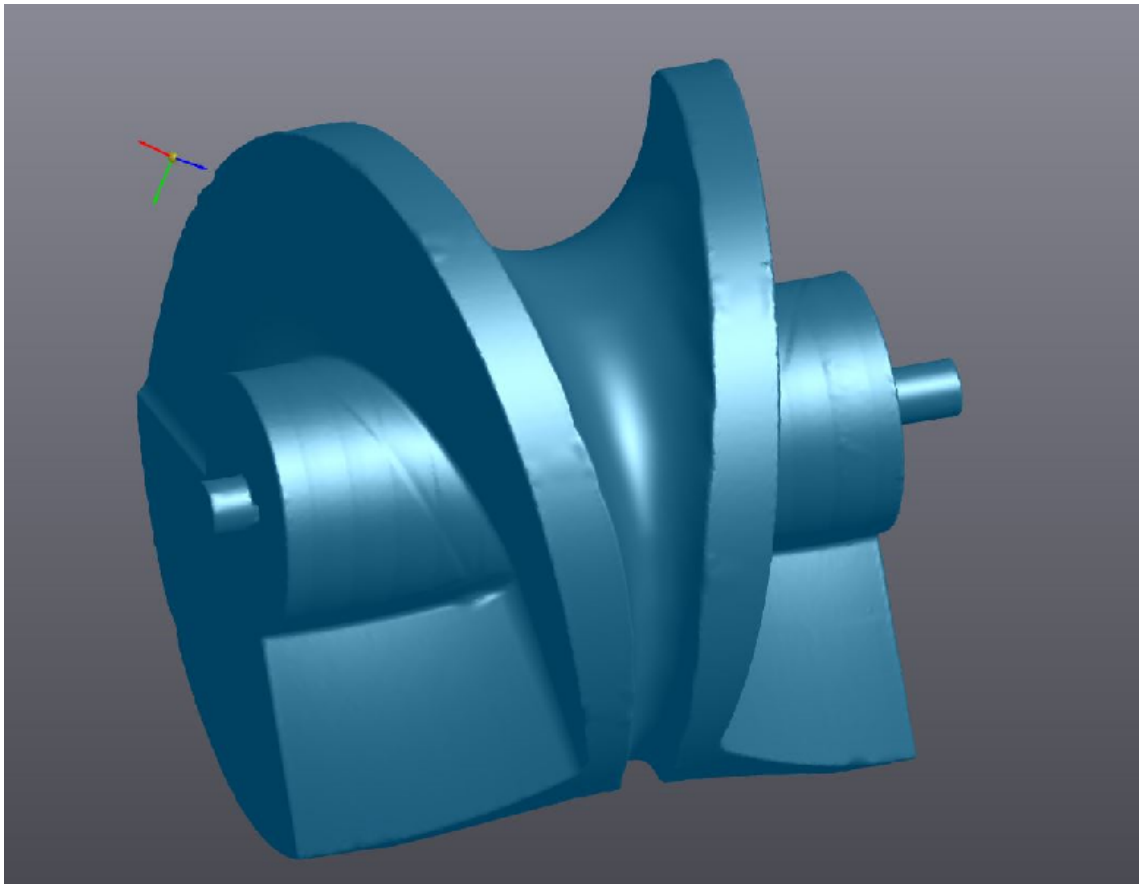
Raaka skannausdata näkyy kuvassa 15, joka vietiin VXModelin puolelle parempaa editoimista varten.



KUVA 15. Raaka skannausdata tukirullasta.

### 5.3 Skannausdatan editointi

Skannausdatasta luotiin mesh, jotta sitä voitiin muokata VXModelin puolella. Ensimmäiseksi ongelmaksi muodostui markkereiden automaattiset täytöt, jonka ohjelma oli täyttänyt huonosti. Tämä ongelma korjattiin täyttämällä markkereiden reiät manuaalisesti fill holes -työkalulla, johon oli laitettuna adaptive-asetus, joka mukautuu kappaleen muotoon. Tämän jälkeen valintatyökalulla valittiin tukirullan sisäura ja defeature-työkalulle poistettiin sisäuran kulumat. Kuvan 16 editoitu skannausdata muunnettiin yhdeksi pinnaksi auto surface -työkalulla. Tämän seurauksena pinta oli mahdollista viedä STEP-tiedostoksi.



KUVA 16. Editoitu skannausdata tukirullasta.

## 6 POHDINTA

Työn tarkoituksena oli perehtyä 3D-skannaukseen sekä takaisinmallinukseen ja sitä kautta opetella Creaformin HandySCAN 700 laserskannerin ja sen editointiohjelmiston VXElementsin käyttöä. Tavoitteena oli tutkia laserskannerin vuorovaikutusta VXElementsin, muiden skannereiden sekä CAD-ohjelmistojen kanssa. Näiden tavoitteiden lisäksi oli tarkoitus luoda opetusmateriaali TAMKIn henkilökuntaa ja mahdollisesti myös opiskelijoita varten. Työssä on hyödynnetty kvantitatiivisen tutkimuksen periaatteita ja menetelmiä.

HandySCAN 700 laserskanneriin tutustuttiin oikeiden case-esimerkkien, sekä verkkoseminaarien avulla. Tulosten perusteella HandySCAN 700 laserskanneri osoittautui helpokäyttöiseksi ja tarkaksi skanneriksi, mikä on erittäin tärkeää tämän päivän teollisuudessa, sillä yritykset edellyttävät tarkkaa ja nopeaa tuotantoa. Useamman käytön jälkeen skanneri osoittautui helpokäyttöiseksi ei pelkästään sen kevyen ja pienen rakenteen vuoksi, vaan myös mittausmenetelmän takia. Tärkeä on huomata, että markkereiden rooli skannatessa laserskannerilla on todella oleellinen osa koko skannausprosessia, sillä siitä voi riippua koko lopputulos. Toinen tärkeä asia on kappaleen pinta ja sen heijastuvuus. HandySCAN 700 isoin plussa on, että se tekee skannausdatasta suoraan mesh-verkon, eikä pistepilviverkon. Tämä ominaisuus nopeuttaa ja helpottaa takaisinmallinnusta huomattavasti. HandySCAN 700 laserskanneri sopii loppujen lopuksi monipuolisiin tehtäviin, kuten suunnitteluun, prototyyppien kehittämiseen sekä laadunvalvontatehtäviin.

HandySCAN 700 laserskannerin tarkkuutta ei todennettu varmaksi, sillä vertailukappaleen mittauskertoja tarvittaisiin huomattavasti enemmän, jotta tulos olisi järkevä. Myös koneistustarkkuus tulisi huomioida mitattaessa laserskannerin tarkkuuta, jotta voidaan todeta laserskannerin absoluuttinen tarkkuus. Aikataulu syistä tämä ei ollut mahdollista, sillä mittausten ja skannausdatan editointi sekä prosessointi olisi vienyt monta viikkoa.

VXElementsin käyttöä harjoiteltiin Creaform manuaalin, case-esimerkkien, sekä verkkoseminaarien avulla. VXElements on käyttömukavuudeltaan helppo ja yksinkertainen hallita, sillä ohjelman oppi käyttämään alle viikossa. VXElementsillä pystytään monipuolisesti editoimaan mesh-verkkoa jo pelkästään 3D-tulostusta varten, siirtämättä skannaus-

dataa CAD-ohjelmiston kautta. Siitä huolimatta ohjelma kuitenkin vaatii paljon laskenta-tehoa tietokoneelta ja erikoisoikeuksia toimiakseen käyttöjärjestelmässä. Tämä tarkoittaa sitä, että ohjelma ei pyöri opiskelijatunnuksilla ja sitä kautta syntyy mahdollinen turvallisuusriski. Toinen heikkous VXELEMENTSissa on, että ainoa ilmainen moduuli on VXScan moduuli, jolla ei pystytä perusteelliseen skannausdatan muokkaukseen ja ainoa tiedostomuoto mitä se tarjoaa, on pistepilvi STL-tiedostomuoto. STL-tiedostomuoto ei sisällä mittausdataa, joten sitä on vaikeaa työstää CAD-ohjelmassa, sillä se on tarkoitettu ainoastaan 3D-tulostukseen. Muut moduulit, kuten VXModel ja VXInspect ovat maksullisia ja niiden lisenssi toimii vain kerran. VXModel moduuli kuitenkin tarjoaa kattavat työkalut mesh-verkon editoimista varten. Työssä huomattiin, että jos skannausdata haluttiin viedä CAD-ohjelmistoon tai 3D-tulostukseen, se oli suositeltavaa editoida VXModelissa, sillä VXModel tukee paljon erilaisia CAD-tiedostomuotoja. Niistä suosituimmat ovat IGES- ja STEP -tiedostomuodot. STEP-tiedostomuoto on universaali CAD-tiedostomuoto, joka toimii kaikissa CAD-ohjelmistoissa. Erona STL-tiedostomuotoon on se, että se sisältää mittausdatan skannattavasta kappaleesta. VXInspect moduulia ei päästy kokeilemaan, koska se oli kallis lisähankinta. VXELEMENTS on loppujen lopuksi tärkeä osa 3D-skannaus prosessia, sekä takaisinmallinnus prosessia.

Työssä yhtenä tavoitteena oli miettiä takaisinmallinnus prosessia, varsinkin niitä vaiheita, mitä missäkin vaiheessa kannattaa tehdä, kun apuvälineenä toimii laaja käyttöohje. Työssä huomattiin, että on mahdotonta tehdä universaalia käyttöohjetta, sillä loppumahdollisuuksia on liian monta. Tämän takia luotiin pikakäyttöohje (liite 1) tärkeistä HandySCAN 700 laserskannauksen sekä VXELEMENTSin käytön vaiheista. Työn loppuvaiheessa huomattiin käyttöohjeen verbaalinen puutteellisuus, jonka seurauksena luotiin opetusvideo, joka toisi paremmin esille ja havainnollistaisi tärkeimmät tavoitteet laserskannauksessa ja sen datan editoimisessa.

Työn onnistumista kuvaa parhaiten se, että Suomen Putkilaser OY:ltä saatiin haastava kappale skannattavaksi, missä myös onnistuttiin. Kappaleesta saatiin sellainen, mitä yritys halusikin, käyttämällä takaisinmallinnus periaatteita sekä meidän luomia käyttöohjeita.

Työssä olisi voinut analysoida vielä CAD-tiedostomuotoja ja pohtia niiden käytettävyyttä tarkemmin, mutta siihen ei riittänyt aika tiukasta aikataulusta johtuen. Kehittämisehdotuksena TAMKIn tulisi hankkia tehokkaampi tietokone skannausta ja editoimista varten,

ja jatkaa käyttöohjeiden kehittämistä, jotta niiden perusteella laadittaisiin laserskannauskurssi opiskelijoita varten. Tämän seurauksena TAMKIn on panostettava yritysyhteistyöhön, jotta saataisiin konkreettisia case-esimerkkejä yrityksiltä. Jatkotutkimus aiheena voisi olla CAD-tiedostomuotojen siirrettävyys ja niiden vaikuttaminen takaisinmallinnukseen.



## LÄHTEET

- Boehler, W. & Marbs, A. 2003. Investigating laser scanner accuracy. Luettu 27.3.2016. [http://hds.leica-geosystems.com/hds/en/Investigating\\_Accuracy\\_Mintz\\_White\\_Paper.pdf](http://hds.leica-geosystems.com/hds/en/Investigating_Accuracy_Mintz_White_Paper.pdf)
- Brown D. 2012. Short-range 3D scanning technologies. Luettu 10.3.2016. <http://www.creaform3d.com/blog/2012/12/short-range-3d-scanning-technologies-an-overview/9>
- Coherent. 2016. Triangulation schematic. Kuva 2. <https://www.coherent.com/Products/index.cfm?2023/StingRay-Structured-Light-Laser#>
- Creaform 2010. Creaform launches VXEelements. Luettu 15.3.2016. <http://www.creaform3d.com/en/corporate/news-room/press-releases/creaform-launches-vxelements-its-all-one-3d-data-acquisition>
- Creaform 2016a. 3D Software platform and application suite. Luettu 15.3.2016. <http://www.creaform3d.com/en/metrology-solutions/3d-applications-software-platforms>
- Creaform. 2016b. Creaform, the company. Luettu 20.2.2016. <http://www.creaform3d.com/en/corporate>
- Creaform. 2016c. Portable 3D scanners. Luettu 20.2.2016. <http://www.creaform3d.com/en/metrology-solutions/portable-3d-scanner-handyscan-3d>
- Creaform. 2016d. Technical specifications: HandySCAN 700. Taulukko 1. Luettu 4.3.2016. <http://www.creaform3d.com/en/metrology-solutions/products/portable-3d-scanner/technical-specifications-handyscan-3d>
- Creaform 2016e. VXInspect. Kuva 8. Luettu 22.3.2016. <http://www.creaform3d.com/en/metrology-solutions/vxinspect-dimensional-inspection-software-module>
- Creaform 2016f. VXModel. Luettu 16.3.2016. <http://www.creaform3d.com/en/metrology-solutions/3d-applications-software-platforms/vxmodel-scan-cad-software-module>
- EMS USA. 2016. Reverse Engineering. Kuva 4. <https://www.ems-usa.com/services/3d-scanning-services/reverse-engineering/>
- Endless 3D. 2016. Creaform handyscan. Kuva 7. <http://www.endless3d.com.au/creaform-handyscan.html>
- Laser Design. 2015a. 3D Scanning information. Luettu 20.2.2016. <http://www.3dscanco.com/about/3d-scanning/>
- Laser Design. 2015b. 3D Scanning myths. Luettu 12.3.2016. <http://www.3dscanco.com/about/3d-scanning/myths.cfm>
- Laser Design. 2015c. Common 3D scanning industry terms. Luettu 6.3.2016. <http://www.3dscanco.com/about/3d-scanning/glossary.cfm>

Mitutoyo. 2014. Coordinate Measuring Machines. Esite. Kuva 9. Luettu 11.4.2016.  
<http://www.mitutoyo.com/wp-content/uploads/2014/03/2134-SurfaceMeasure.pdf>

Raja, V. & Fernandes, K. 2008. Reverse engineering. An industrial perspective. London. Springer cop.

Red Dot Award. 2015. HandySCAN 700. Kuva 1. <http://red-dot.de/pd/online-exhibition/work/?code=24-00236-2015&y=2015&c=168&a=0&lang=en>

**LIITTEET**

Liite 1. Pikakäyttöohje

1(30)

**VXElements 4.1 SR2 - pikakäyttöohje**

---

Ilja Korolev

4/2016

## Sisällys

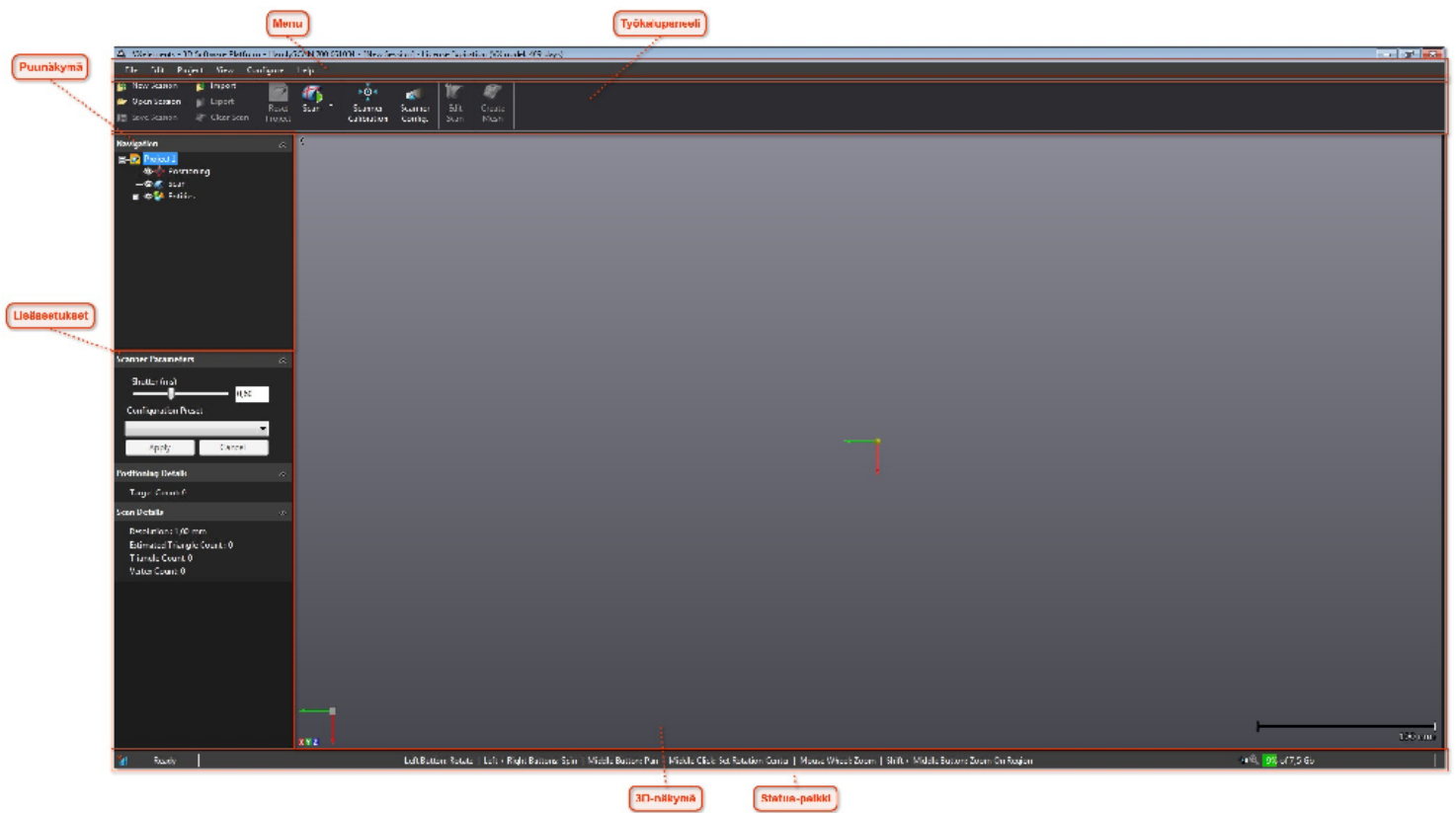
1. VXelements	3
1.1. Käyttöliittymä	4
2. VXScan	7
2.1. Skannaus-työtila	8
2.1.1. Skannerin kalibrointi ja konfigurointi	11
2.1.2. Skannaus	14
2.1.3. Skannauksen editointi	17
2.2. Asemointi-työtila	20
3. VXModel	22
3.1. Meshin teko	24
3.2. Mesh-työtila	25
3.2.1. Koordinaatiston luominen	30

## 1. VXelements

Tämä pikakäyttöohje sisältää oleellisimman tiedon VXelementsin VXScan ja VXmodel moduuleista, ja niiden käytöstä.

Tämän pikakäyttöohjeen tarkoituksena on tuoda esille HandySCAN 700 laserskannerin ja VXElementsin käytön tärkeimmät vaiheet.

## 1.1. Käyttöliittymä



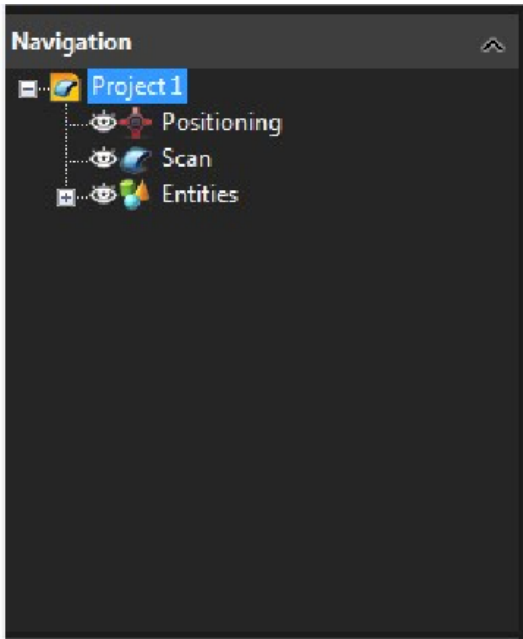
### 1 Menu

*Menu* valikosta löytyy ohjelmiston kaikki työkalut ja ohjelman manuaali englannin kielellä *Help* valikosta.

### 2 Työkalupaneeli

*Työkalupaneelissa* ovat keskeisemmät työkalut, esimerkiksi uusi projekti aloitetaan "New Session"-napista. *Työkalupaneeli* vaihtuu sen mukaan, mitä työtilaa käytetään.

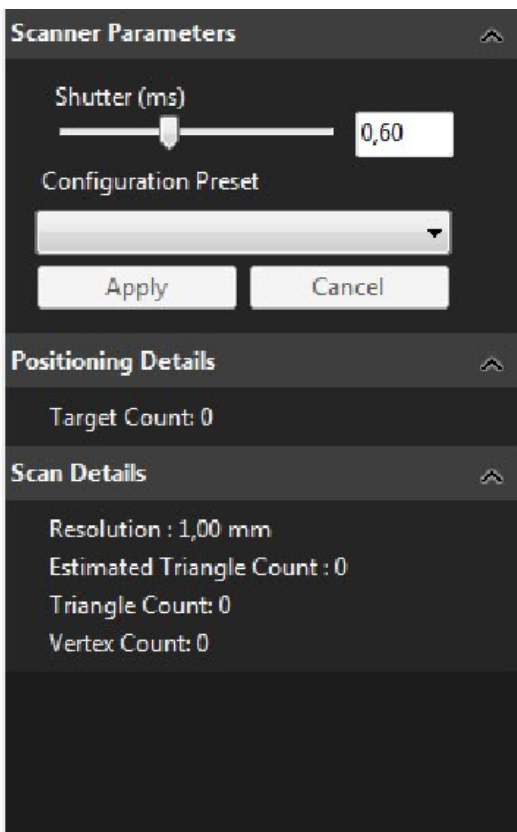
### 3 Puunäkymä



*Puunäkymässä* nähdään erilaisia työtiloja (Positioning, Scan, Mesh, Entities ym.), jotka voidaan mm. piilottaa klikkaamalla "silmä"-ikonia.

4

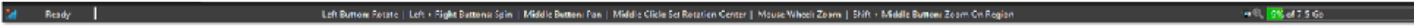
#### Lisäasetukset



*Lisäasetuksista* voi hienosäätää nykyisen työtilan parametreja sekä tarkastella työtilan lisätietoja, kuten skannauksen resoluutiota tai pisteverkkojen lukumäärää. *Lisäasetukset* vaihtuvat sen mukaan mikä työtila on käytössä.

5

## Status-palkki



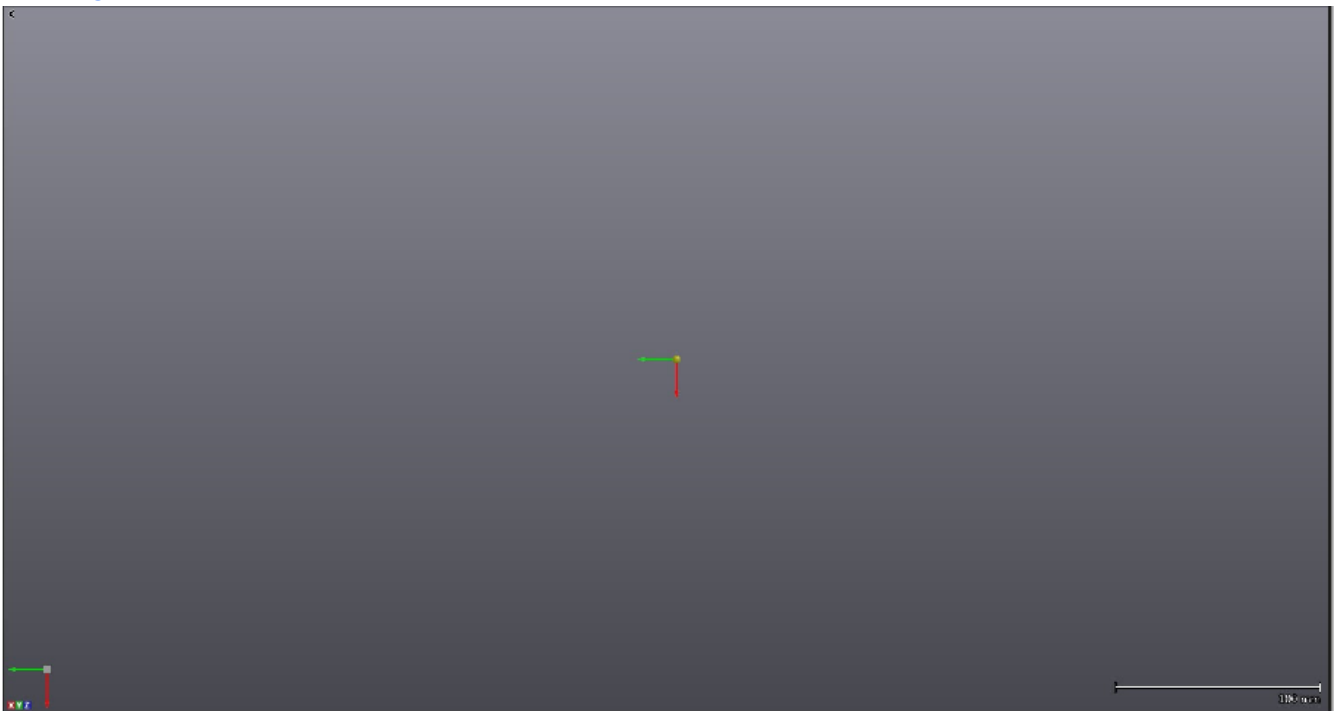
*Status-palkki* näyttää erilaisia arvoja koskien ohjelmiston nykytilaa ja selittää hiiren painikkeiden toimintoja. Skannerin tila näkyy vasemmalla arvoilla:

- **Ready**, skanneri on valmis aloittamaan prosessia
- **Recording**, skanneri vastaanottaa dataa
- **Disabled**, VXelements prosessoi dataa, eikä pysty vastaanottamaan sitä

Palkin oikealla puolella näkyy ohjelman käyttämä keskusmuisti.

6

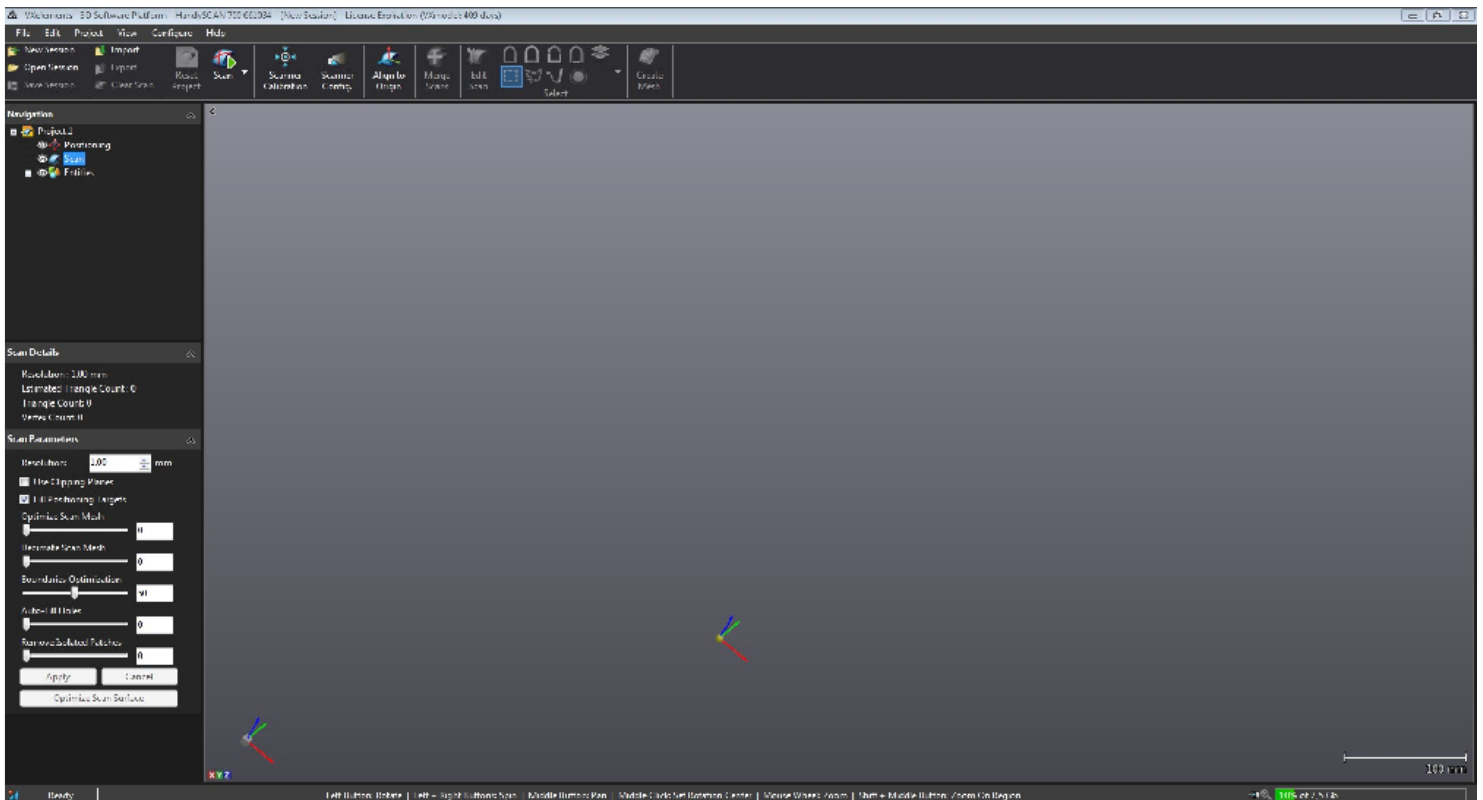
## 3D-näkymä



*3D-näkymässä* nähdään tulokset reaaliajassa ja työtilan skaalaus millimetreinä.



## 2. VXScan

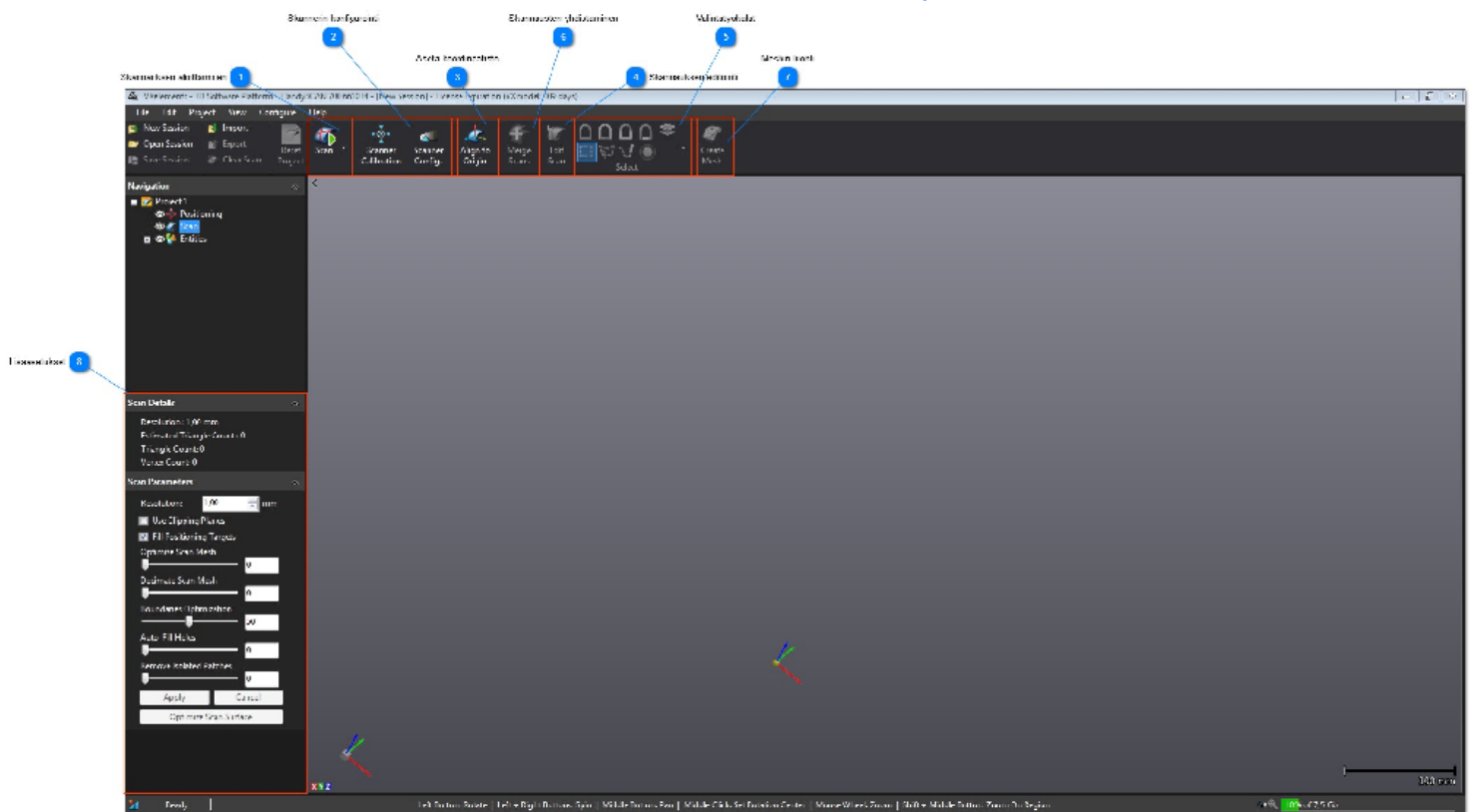


VXScan on yksi VXElements-ohjelman moduuleista, joka on tarkoitettu kappaleiden [skannaamiseen](#) ja skannauksen nopeaan [editoimiseen](#). Editoinnin jälkeen kappale voidaan viedä [VXModelin](#) puolelle monipuolisempaan editoimista varten tai exportata .STL-tiedostona 3D-tulostusta / CAD-käsittelyä varten.

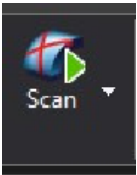
Tässä ovat tärkeimmät vaiheet VXScanin puolella:

1. [Skannerin kalibrointi ja konfigurointi](#)
2. [Skannaus](#)
3. [Skannauksen editointi](#)
4. [Skannauksen tallentaminen STL-tiedostoksi tai vienti \[VXModelin\]\(#\) puolelle \[Meshin editoimista\]\(#\) varten](#)

## 2.1. Skannaus-työtila



### 1 Skannauksen aloittaminen

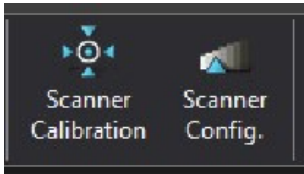


Skannauksen aloittaminen / lopettaminen tapahtuu "Scan"-napista joko painamalla sitä hiirellä tai painalla välilyöntiä näppäimistöllä. Fyysinen skannaus aloitetaan / lopetetaan painamalla skannerin "Trigger"-nappia (Kuva 1).



KUVA 1. Skannerin "Trigger"-nappi

## 2 Skannerin konfigurointi



Skannerin kalibrointi ja konfigurointi tapahtuu näistä napeista.

**HUOM: Skannerin kalibrointi ja konfigurointi on tehtävä aina ennen varsinaista skannausta, jotta skannauksesta tulisi mahdollisimman tarkka!**

## 3 Aseta koordinaatisto



XYZ-koordinaatiston luominen tapahtuu tästä napista.

## 4 Skannauksen editointi



Skannauksen editointi tapahtuu tästä napista. Editointi-tilassa nähdään lopullinen skannaus, joka voidaan räätälöidä tarpeen mukaan.

## 5 Valintatyökalut



Skannauksen aikana käytettävät valintatyökalut.

## 6 Skannausten yhdistäminen



Skannausten yhdistämistyökalulla voidaan yhdistää vaikeita skannauksia, esimerkiksi sellaisia skannauksia/kappaleita, jotka on vaikeaa skannata kerralla ympäri.

7

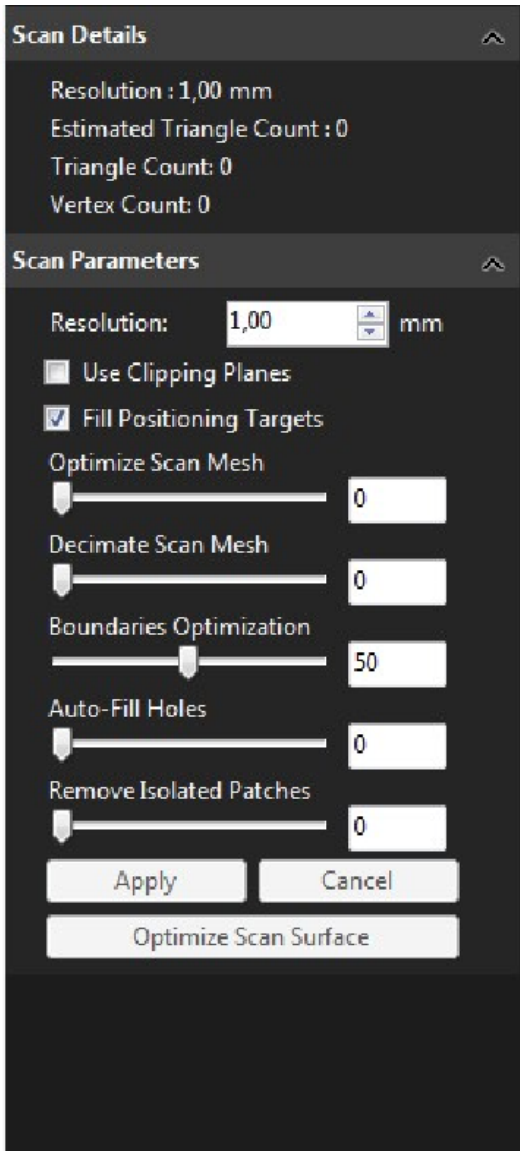
## Meshin luonti



*Meshin* eli VXmodelin puolella pystytään räätälöimään skannausta monipuolisemmin CAD tai 3Dprinttausta varten.

8

## Lisäasetukset



Skannauksen *lisäasetuksista* nähdään mm. tämän hetkisen skannauksen resoluutio, skannauspisteiden ja kolmioden (kolmioverkko) lukumäärä.

**HUOM:** Kuvassa näkyvät parametrit ovat ohjelman vakioarvoja ja ne kannattaa jättää sikseen, jotta skannauksesta tulisi mahdollisimman sulava.

Ainoastaan resoluutiota säädetään tarpeen mukaan ennen skannausta, loput arvot kannattaa säätää vasta skannauksen jälkeen.

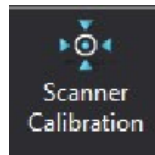
[Skannauksen editointi](#)

## 2.1.1. Skannerin kalibrointi ja konfigurointi

### Skannerin kalibrointi

Skannerin kalibrointi on vaivatonta ja siihen löytyy valmiit työkalut. Tähän tarvitaan seuraavat työkalut:

- Skanneri
- Kalibrointilevy
- VXelements-ohjelmisto



1. Avaa VXelements-ohjelma ja paina *Scanner Calibration* -nappia, jolloin tulee kalibrointinäkymä esille.
2. Aseta kalibrointilevy tasaiselle pinnalle.
3. Aseta skanneri noin 20cm etäisyydelle kalibrointilevystä ja paina skannausnappia eli "Trigger"-nappia, jolloinskannaus käynnistyy (Kuva 2).

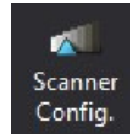


KUVA 2. Skannerin kalibrointi

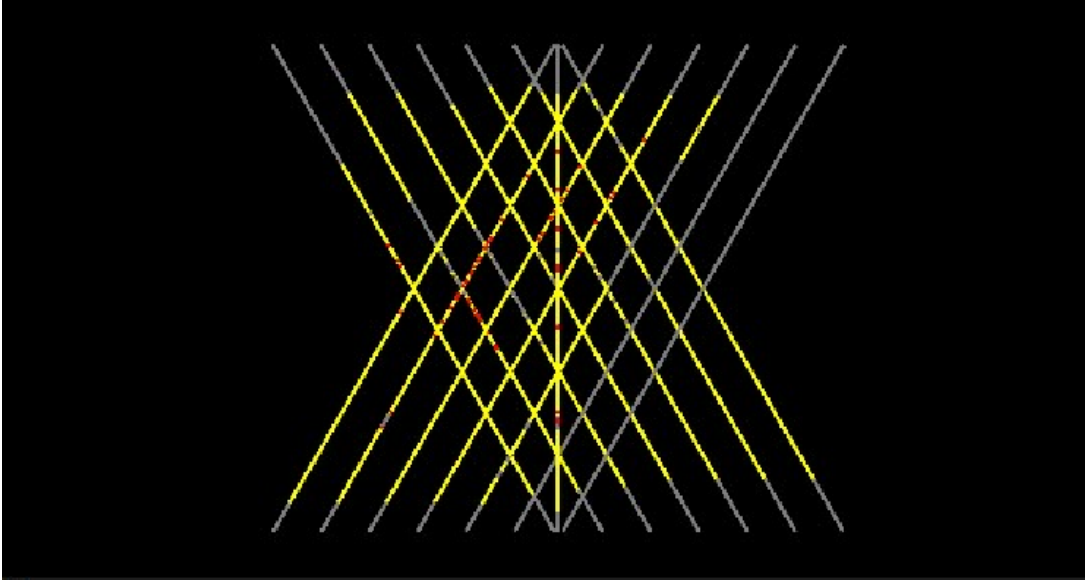
### Skannerin konfigurointi

Koska jokaisella pinnalla on omat heijastusominaisuudet, on tärkeää säätää skannerin suljinaikaa eli "Shutter" oikein laserviivojen havaitsemiseksi.

Skannerin suljinaika konfigurointi tehdään sille kappaleella, mitä aiotaan skannata.



1. Skannerin suljinaikaa säädetään *Scanner Config.* -napista VXelements-ohjelmassa.
2. Aseta skanneri noin 20cm etäisyydelle kappaleesta ja paina skannausnappia eli "Trigger"-nappia, jolloin skannaus käynnistyy.
3. Painamalla "Auto Adjust"-napista, joka sijaitsee vasemmassa alareunassa.



- **Under-Exposed (harmaa):** Alivalotus. Laserin heijastus on heikko, jolloin kamera ei näe. Tällöin skanneri ei pysty luomaan dataa.
- **Saturated (punainen):** Ylivalotus. Laserin heijastus on liian voimakasta, jolloin se "häikäsee" kameraan. Tällöin skanneri näkee kappaleen pinnan, mutta datan luonti saattaa olla vääristynyttä.
- **Reliable (keltainen):** Laseri heijastuu "puhtaana viivana". Pinta laskenta tapahtuu ihanteellisissa olosuhteissa.

Ihanteellinen tilanne on, mitä enemmän keltaista sen parempi.

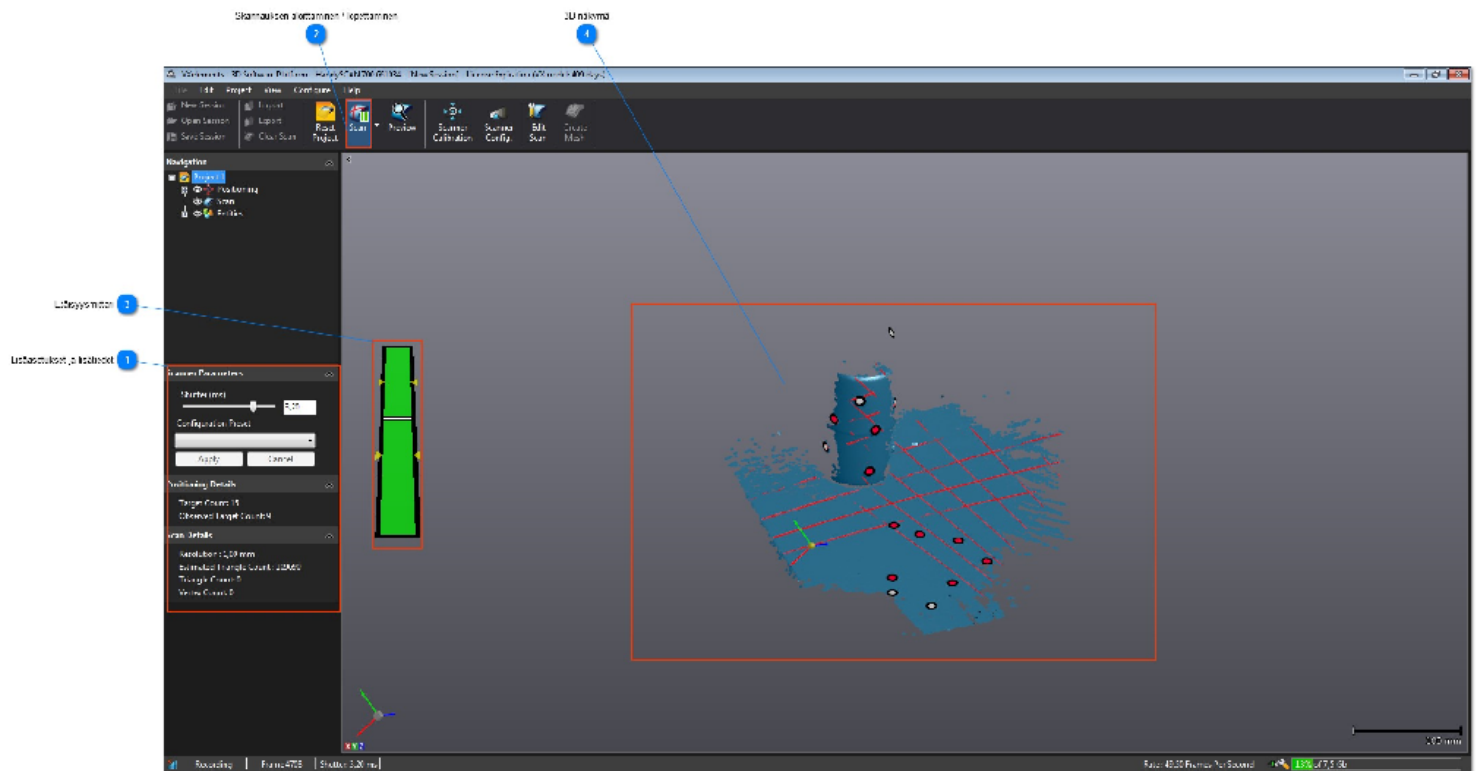
**HUOM:** Suljinaikaa pystytään säätää skannauksen aikana skannerista käsin painamalla "Zoom" (+)- ja "Zoom" (-) -nappeja (Kuva 3).

Konfiguroinnin aikana tehty suljinaika on vain suuntaa-antava arvo, sillä kappaleessa saattaa olla erilaisia pintoja.

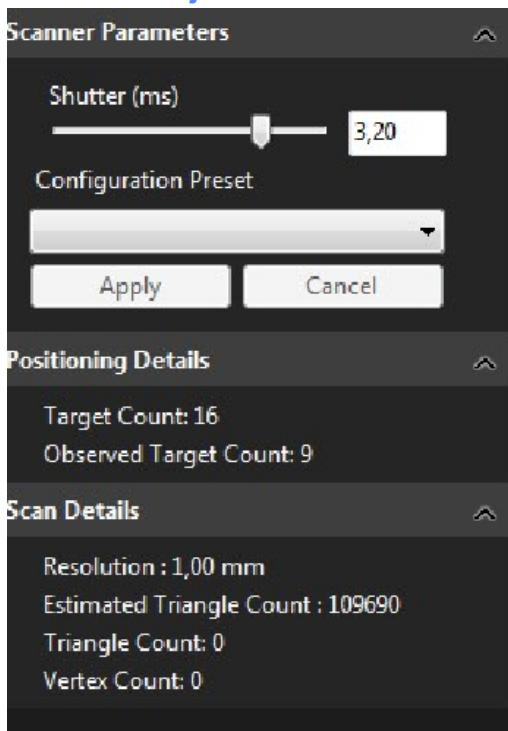


Kuva 3. Menu sekä Zoom –napit

## 2.1.2. Skannaus



### 1 Lisäasetukset ja lisätiedot

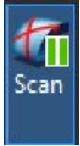


Kun [kalibrointi](#) on tehty suljinaika pitäisi olla samanlainen myös skannaus-työtilassa.

**HUOM: Suljinaikaa pystytään säätämään skannauksen aikana skannerista käsin painamalla "Zoom" (+)- ja "Zoom" (-) -nappeja (Kuva 4). Konfiguroinnin aikana tehty suljinaika on vain suuntaa-antava arvo, sillä kappaleella saattaa olla erilaisia pintoja.**



## 2 Skannauksen aloittaminen / lopettaminen

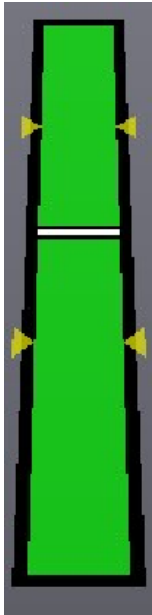


Skannauksen aloittaminen / lopettaminen tapahtuu "Scan"-napista joko painamalla sitä hiirellä tai painamalla välilyöntiä näppäimistöllä. Fyysinen skannaus aloitetaan / lopetetaan painamalla skannerin "Trigger"-nappia.

Skannaus voidaan laittaa *pauselle* milloin tahansa ja jatkaa ilman uudelleen skannaamista. Skannauksen laittaminen *pauselle* tehdään samoista "Scan" tai "Trigger" -napeista.

**HUOM: Koko skannausprosessi (ns. ohitetaan ohjelmapuoli) voidaan aloittaa / lopettaa suoraan, painamalla "Trigger"-nappia pohjaan muutama sekunti.**

## 3 Etäisyysmittari

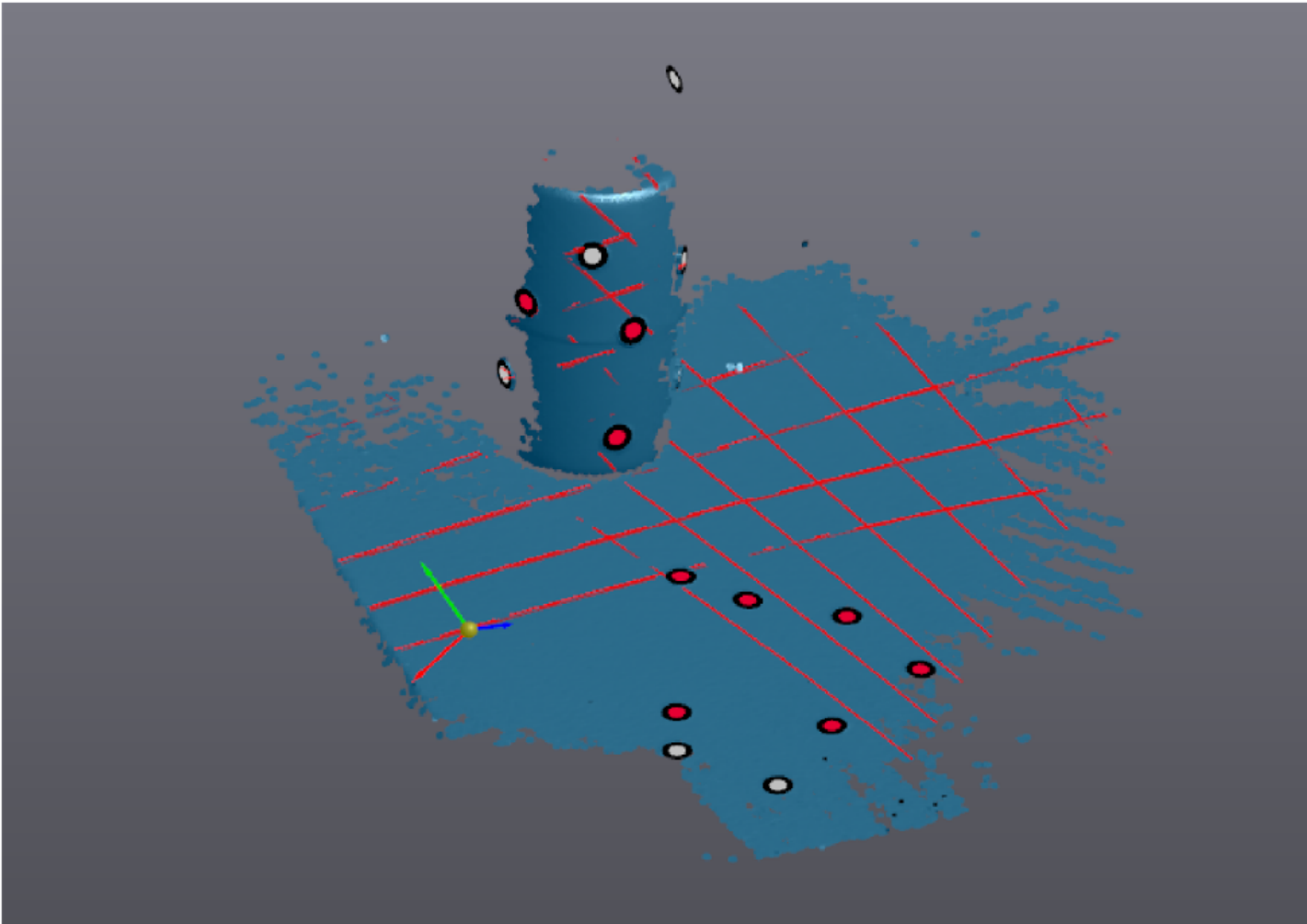


Etäisyysmittari kertoo missä skannerin pitäisi olla, jotta skannauksesta tulisi hyvä. Ohjelman etäisyysmittarin sekä skannerin ilmaisimen värit kertovat seuraavaa:

- **Vihreä**, skanneri on optimietäisyydellä. Skanneri näkee kappaleen hyvin eikä luo vääristynyttä dataa.
- **Sininen**, skanneri on liian kaukana kappaleesta. Skanneri ei näe kappaletta, joten ei pysty luomaan dataa.
- **Punainen**, skanneri on liian lähellä kappaleesta. Skanneri näkee kappaleen, mutta saattaa luoda vääristynyttä dataa.

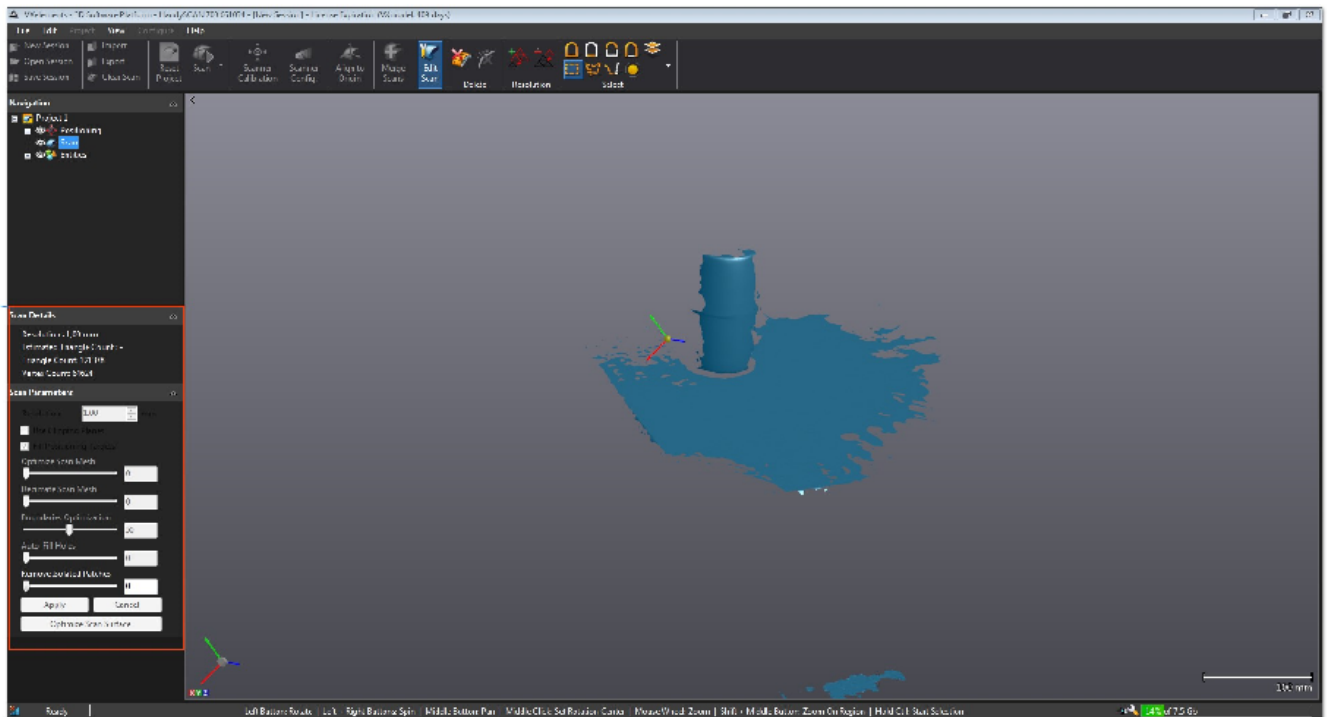
4

## 3D-näkymä



*3D-näkymässä* nähdään reaaliaikainen kuva skannauksesta. Punaiset pisteet kertovat sen, että skanneri näkee ja luo dataa kappaleesta ohjelmaan. Valkoiset pisteet kertovat sen, että skanneri näkee muttei luo varsinaista dataa ohjelmaan.

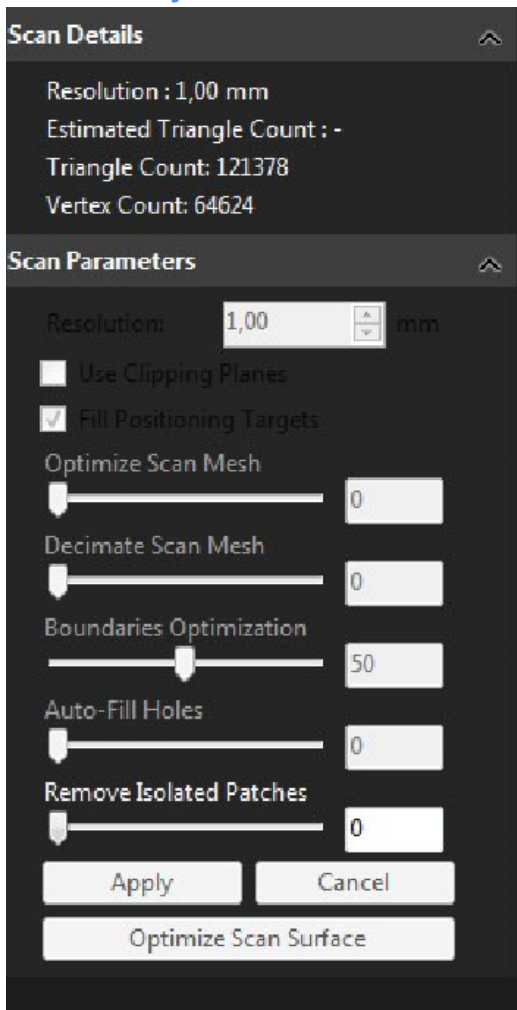
### 2.1.3. Skannauksen editointi



Liikennäkö. + Valikko 1

1

## Lisäasetukset ja lisätiedot



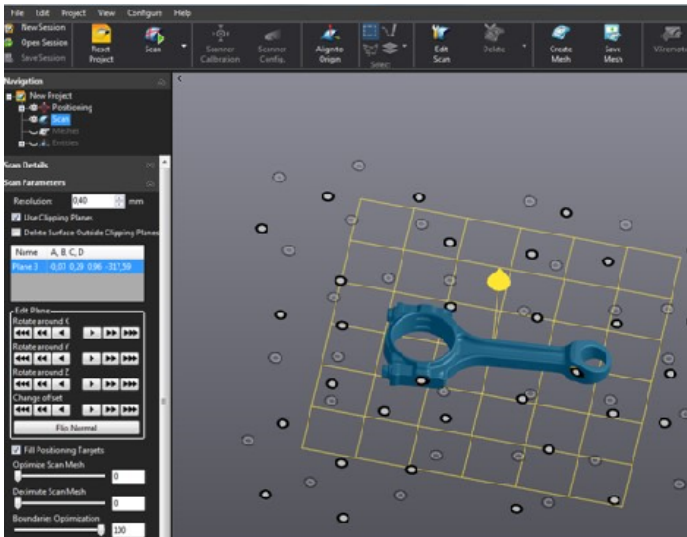
- **Resolution:** Resoluutio kertoo sen kuinka tarkasti skanneri "piirtää" kappaleen ja sitä mukaan luo kolmioverkkoa. Mitä pienempi arvo sen tarkemmin skanneri luo kulmikkaita muotoja, esimerkiksi reunoja.

Mitä pienempi arvo sitä enemmän ohjelma vie keskusmuistia, riippuen kappaleen koosta.



Resoluutiota pystytään säätämään myös erikseen näistä napeista.

- **Use Clipping Planes:** Tämä työkalu luo tasoja, joiden avulla voidaan poistaa skannattuja elementtejä, esimerkiksi poistaa pöydän skannattu pinta (Kuva 4).



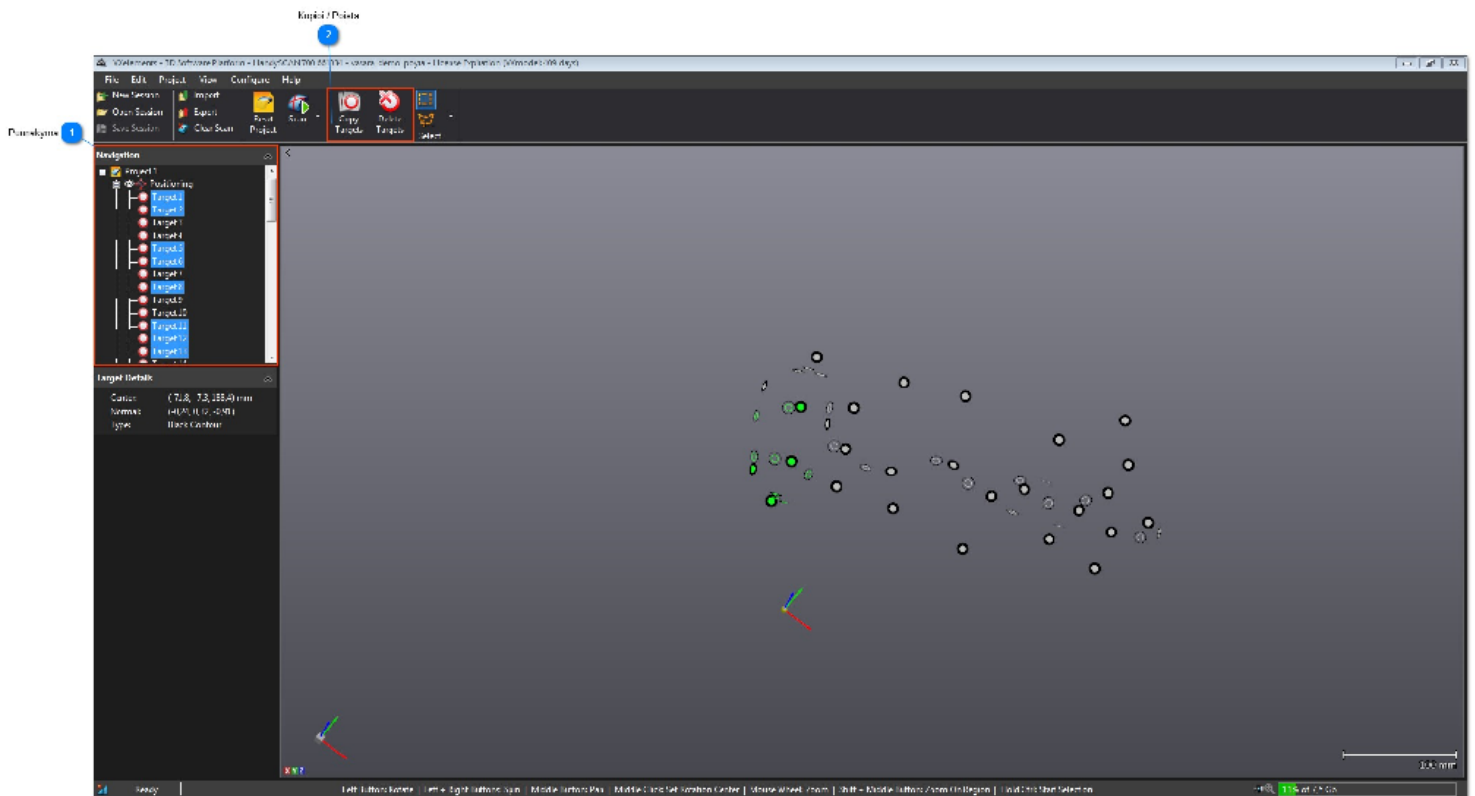
KUVA 4. Use Clipping Planes

- **Fill Positioning Targets:** Täyttää kappaleen pinnassa olevien markkereiden paikat.
- **Optimize Scan Mesh** Tämä työkalu *optimoi* skannatun kappaleen puhdistamalla sen reunoja, parantamalla sen resoluutiota ja skannaus häiriöitä.
- **Decimate Scan Mesh:** Tämä työkalu *harventaa* kolmioverkkoa lisäämällä kolmioiden kokoa niissä kohdissa, missä on huonot yksityiskohdat ja huono kaarevuus.
- **Boundaries Optimization:** Tämä työkalu optimoi reunoja, mitä isompi arvo sitä enemmän ohjelma optimoi reunoja.
- **Auto-Fill Holes:** Tämä työkalu täyttää automaattisesti skannatun kappaleen reikiä, mitä isompi arvo sitä isompia reikiä ohjelma täyttää.
- **Remove Isolated Patches :** Tämä työkalu poistaa mahdolliset poikkeukset ns. roskat, jotka on saattanut tulla skannauksen aikana ja eivät ole kiinni itse skannatussa kappaleessa.



Sama toiminto tapahtuu myös tästä napista.

## 2.2. Asemointi-työtila

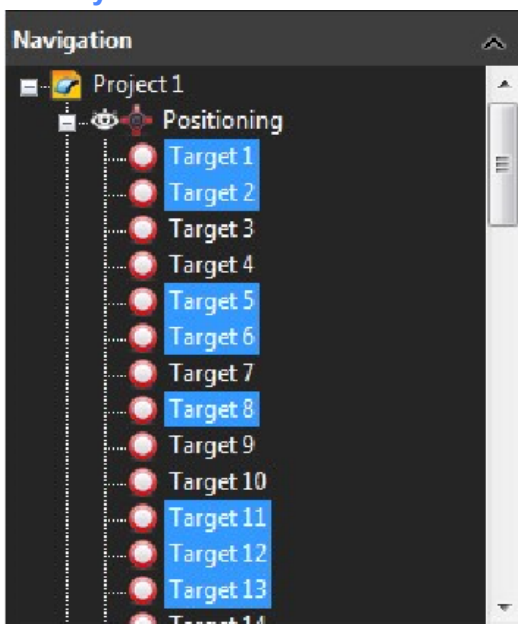


Asemointi-työtilassa nähdään skannauksen markkerit, jotka voidaan poistaa tai kopioida. Esimerkiksi, kappaleessa sekä pöydällä on asetettu markkereita, ja kappale halutaan kääntää. Asemointi-työtilassa poistetaan pöydän markkerit, jolloin kappale ei ole enää sidottu pöydän koordinaatistoon. Tämän jälkeen kappale voidaan kääntää ja aloittaa skannaaminen, jolloin skanneri sitoo kappaleen uudestaan pöydän markkereihin / koordinaatistoon.

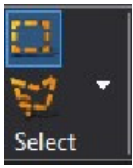
**HUOM: Jos kappaleessa ei ole markkereita ja poistetaan pöydän markkerit, kappale häviää.**

1

### Puunäkymä



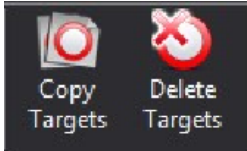
Markkerit voidaan valita joko puunäkymässä hiirellä tai suoraan 3D-näkymässä *valintatyökaluilla*



painamalla *Ctrl*-näppäintä + hiiren vasenta näppäintä.

2

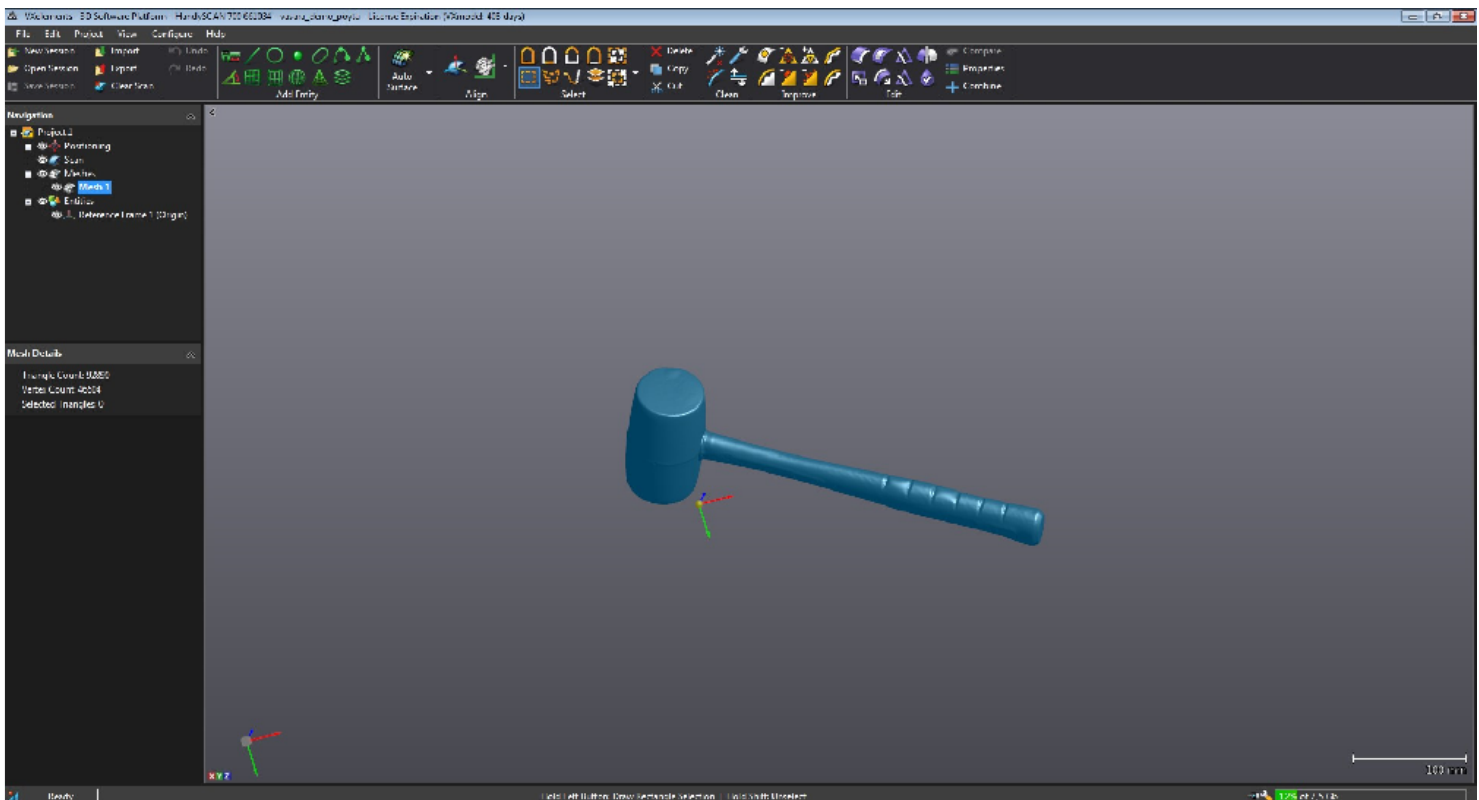
## Kopioi / Poista



Markkereiden *kopiointi ja poistaminen* tehdään näillä työkaluilla tai vaihtoehtoisesti näppäimistöllä.

Kopiointi *ctrl + c / ctrl +v* ja poistaminen *delete*-näppäimellä.

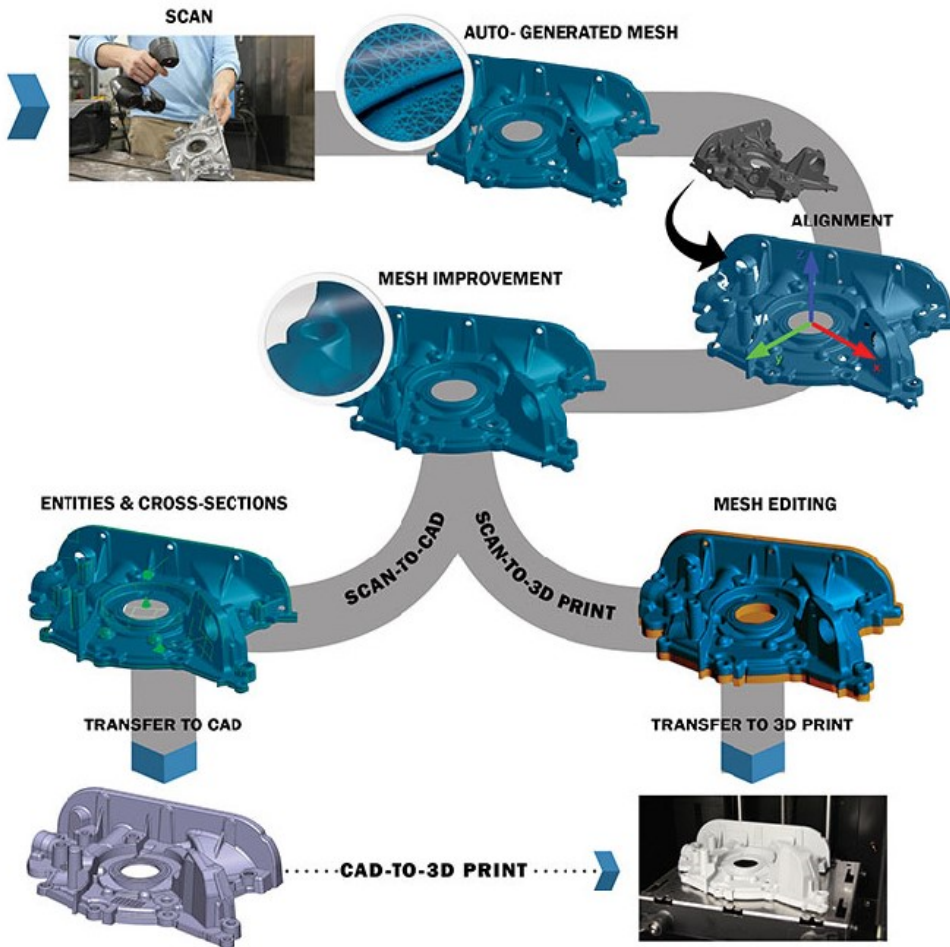
### 3. VXModel



VXModel on yksi VXEelements-ohjelman moduuleista, joka on tarkoitettu Meshin monipuoliseen [editoimiseen](#). Tämä moduuli sisältää joukon työkaluja ja ominaisuuksia, joiden avulla saadaan tarvittava data CAD-ohjelmistoa varten (Scan-to-CAD). Se sisältää myös työkaluja 3D-tulostusta varten (Scan-to-3D Print).

Tässä ovat tärkeimmät vaiheet VXModelin puolella (skannauksen jälkeen):





### CAD-puoli

1. [Meshin teko](#)
2. Koordinaatiston luominen
3. Meshin editointi ja parantelu ([Korjaustyökalut ja editointityökalut](#))
4. Tarvittaessa tasojen luonti kappaleeseen ([Geometriatyökalut](#))
5. Meshin vienti CAD puolelle (.IGES, .STEP, .CSV ym.)
6. CAD-to-3D Print

### 3D-printtaus puoli

1. [Meshin teko](#)
2. Koordinaatiston luominen
3. Meshin editointi ja parantelu ([Korjaustyökalut ja editointityökalut](#))
4. Scan-to-3D print (.IGES, .STEP, .CSV ym.)

### 3.1. Meshin teko

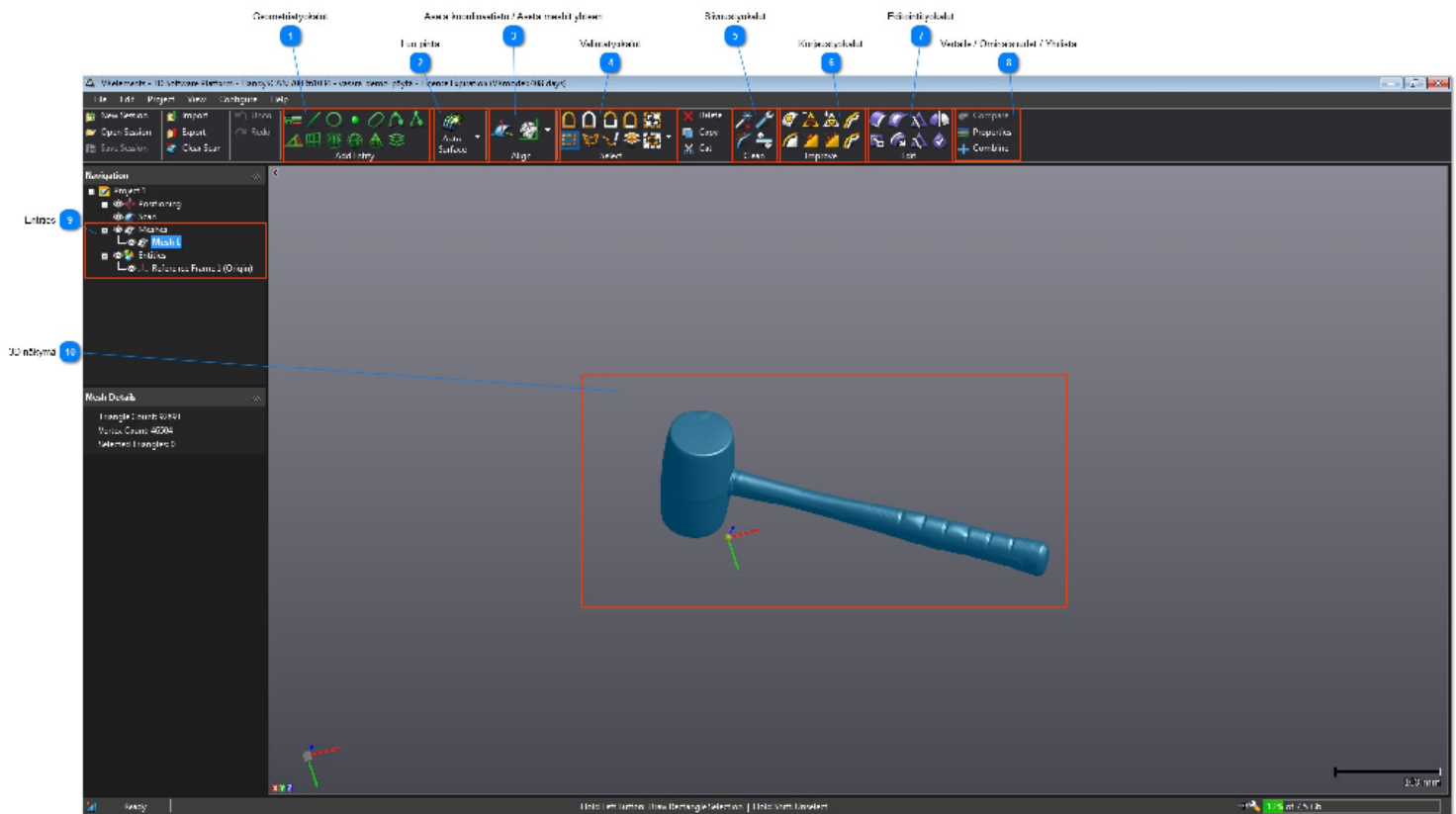


#### 1 Luo Mesh



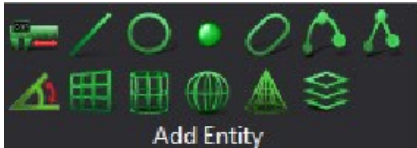
*Meshin luonti* tapahtuu tästä napista. *Meshin* luonti mahdollistaa tarkempaa skannauksen editoimista, kuten tasojen tekoa, koordinaatistojen luontia, skannauksen monipuolista parantelua ja erilaisten formaattien vientiä CAD tai 3D-tulostus prosessia varten.

### 3.2. Mesh-työtila

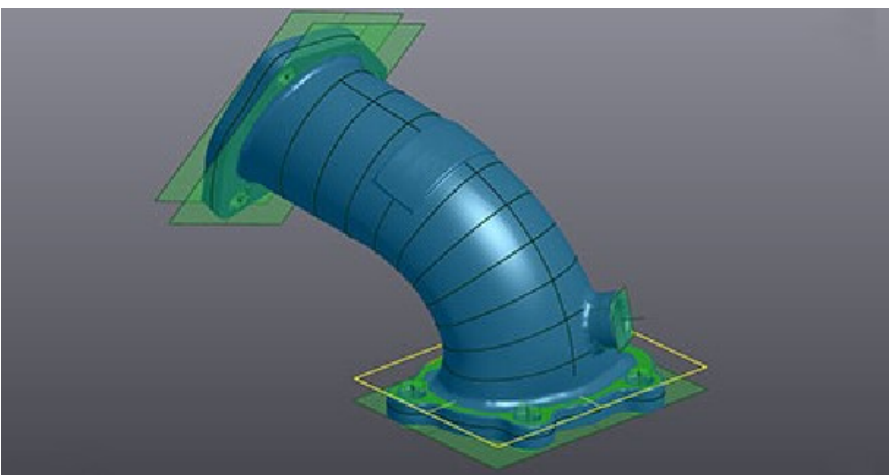


**HUOM:** Tarkemmat ohjeet työkaluista ja niiden käytöstä löytyy ohjelman User Manualista (Help -> User Manual)!

#### 1 Geometriatyökalut



*Geometriatyökaluilla* pystytään luomaan 2D- sekä 3D-muotoja/pintoja kappaleeseen. Kyseiset pinnat/ muodot auttavat mm. CAD puolella kappaleen mallinuksessa (Kuva 5).

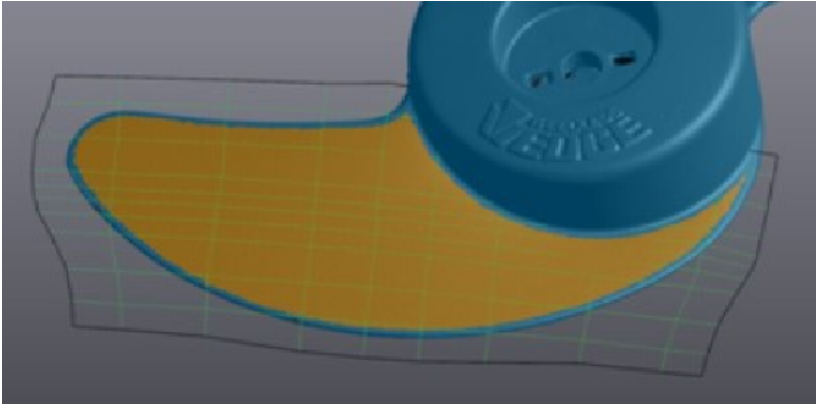


KUVA 5. *Geometriatyökaluilla* luodut tasot ja sylinterit.

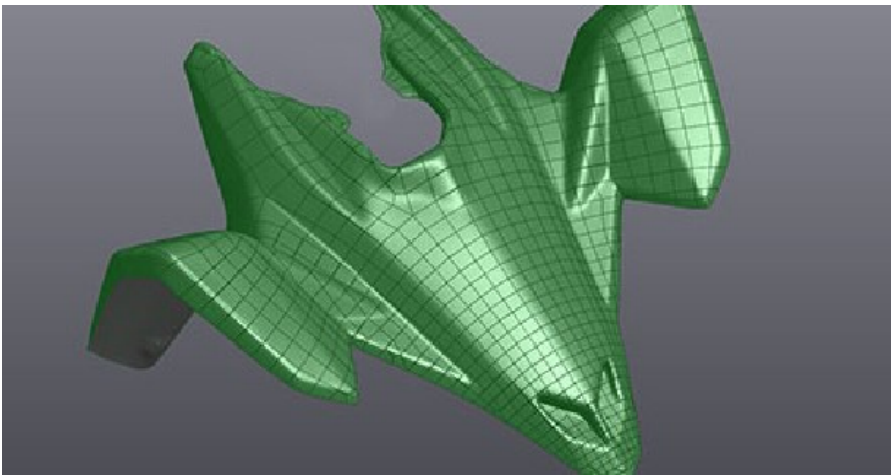
2

**Luo pinta**

*Auto Surface* -työkalulla pystytään luomaan automattisesti pinta, joko valittuun kohtaan (Kuva 6) tai koko kappaleesta (Kuva 7).

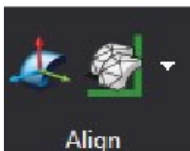


KUVA 6. Valitusta kohdasta luotu pinta/taso *Auto Surface* -työkalulla.



KUVA 7. Koko kappaleesta luotu pinta *Auto Surface* -työkalulla.

3

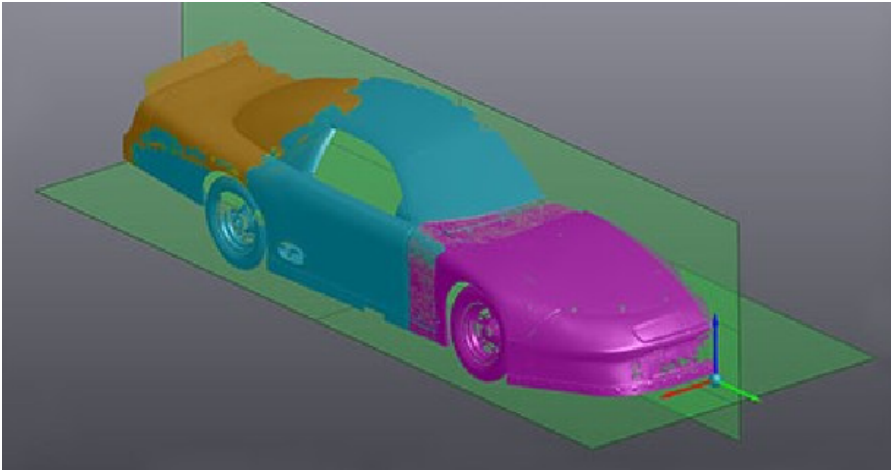
**Aseta koordinaatisto / Aseta meshit yhteen**

*XYZ*-koordinaatiston luominen tapahtuu tästä napista,

niin kuin *VXScan*inkin puolella.



Meshien asettaminen yhteen tapahtuu tästä napista . Tämä työkalu on erinomainen, jos kappale on suuri (Kuva 8.) ja sen skannaaminen ei onnistu kerralla tai kappale on liian ohut (esim. levy tai pohjallinen), jolloin ympäriskannaus ei onnistu.



KUVA 8. Eri meshien yhdistäminen *Align Meshes* -työkalulla.

4

#### Valintatyökalut



Valintatyökaluilla pystytään valitsemaan erilaisia pintoja, esimerkiksi valitaan kaareva pinta sylinteritasen luomiseksi.

5

#### Siivoustyökalut



Siivoustyökaluilla poistetaan ylijäämiä / roskia Meshistä sekä vaihdetaan normaalin (vektori) suuntaa ja korjaamaan sitä tarvittaessa.

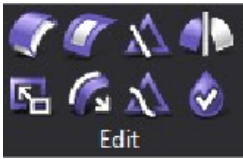
6

#### Korjaustyökalut



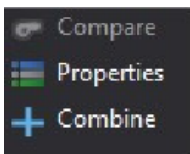
Korjaustyökaluilla korjataan Meshia, esimerkiksi paikataan reikiä, poistetaan epätasaisuudet ym.

## 7 Editointityökalut

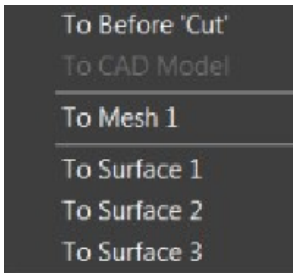


Editointityökalulla editoidaan Meshin kokoa ja muotoa, esimerkiksi voidaan skaalata Meshi uudelleen, tehdä uusi *offset* Meshistä tai peilata Meshi.

## 8 Vertaile / Ominaisuudet / Yhdistä

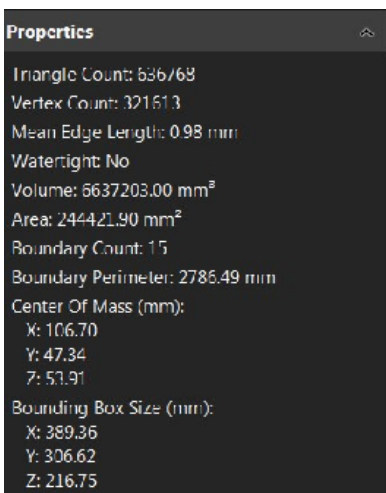


"Compare"-työkalulla voidaan vertailla alkeperäinen Meshi toiseen samanlaiseen Meshiin, CAD-malliin tai vaikkapa pintaan (Kuva 9).



KUVA 9. Vertailutyökalu

"Properties"-työkalun alta löytyy lisätiedot Meshistä, kuten onko Meshi vesitiivis (Kuva 10).



KUVA 10. Meshin lisätiedot

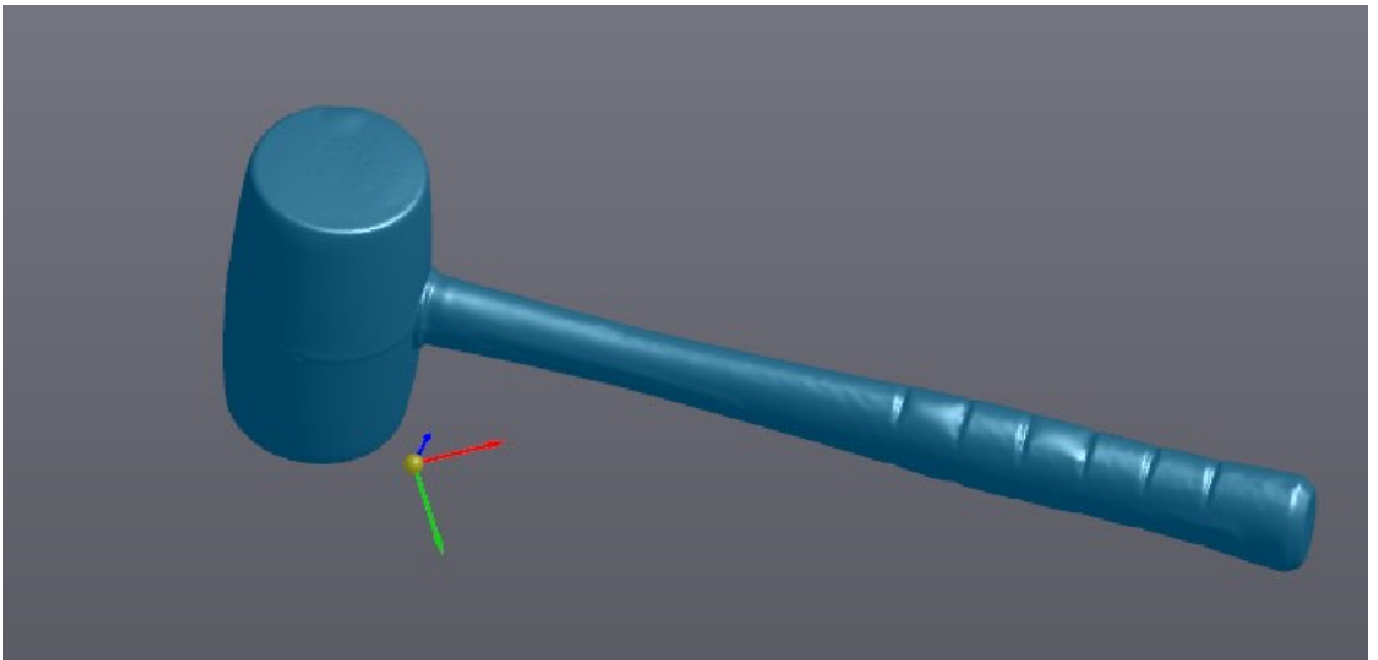
"Combine"-työkalulla yhdistetään kaksi tai enemmän Meshiä yhteen pysyvästi.

9

**Entities**

*Entities* puunäkymässä sijaitsevat kaikki geometriset tasot ja koordinaatistot. Nämät tasot ja koordinaatistot voidaan exportata .IGES- , .CSV- tai .STEP-tiedostoina eteenpäin CAD-käsittelyä tai 3Dtu-  
lostusta varten.

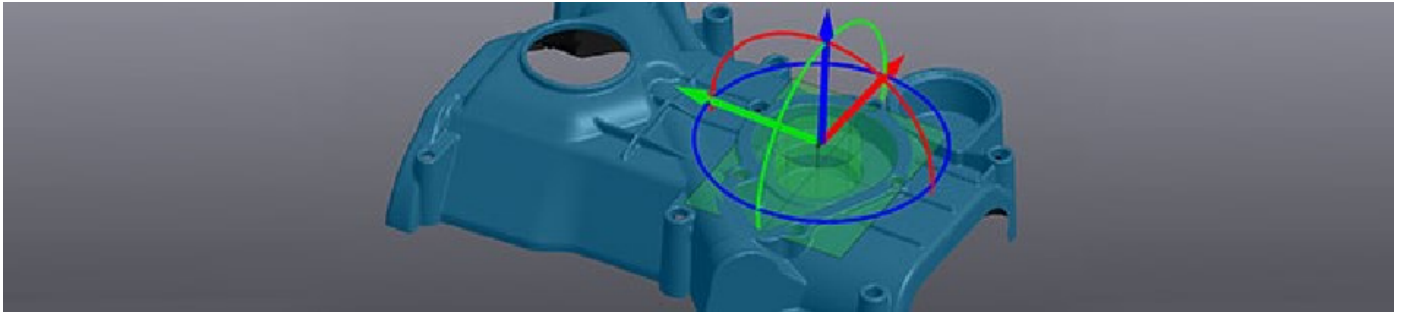
10

**3D-näkymä**

*3D-näkymässä* nähdään kaikki muutokset reaaliajassa.

**HUOM: Tarkemmat ohjeet työkaluista ja niiden käytöstä löytyy ohjelman User Manualista (Help -> User Manual)!**

### 3.2.1. Koordinaatiston luominen



*XYZ-koordinaatiston luominen* tapahtuu tästä napista

Koordinaatisto voidaan luoda Auto-Alignment työkalulla, joka päättelee kappaleen muodosta mihin koordinaatisto pitäisi sijoittaa.

Koordinaatisto voidaan luoda myös käyttämällä hyväkseen Geometriatyökaluja, joiden avulla luodaan manuaalisesti koordinaatisto haluttuun paikkaan.