

Pistepilvimallien käyttöönotto ja hyödyntäminen Catia-ympäristössä

Antti Haapsaari

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2020
Tekniikan ala
Insinööri (AMK), kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotekehitys

Tekijä(t) Haapsaari, Antti	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Huhtikuu 2020
	Sivumäärä 85	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Pistepilvimallien käyttöönotto ja hyödyntäminen Catia-ympäristössä		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Antti Henell, Kalevi Jaaranen		
Toimeksiantaja(t) Valmet Technologies Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyössä kehitettiin 3D-skannausprosessia, sekä selvitettiin sen tuottaman datan jatkokäsittelymahdollisuuksia suunnitteluohjelmissa. Toimeksiantajana opinnäytetyössä toimi Valmet Technologies Oy. Valmet tahtoi kehittää tämän opinnäytetyön avulla omaa 3D-skannaus prosessiaan, sekä tutkia mittausdatan käsittelymahdollisuuksia.</p> <p>Opinnäytetyössä edettiin toimintatutkimusmallin mukaisesti. Ensin tutustuttiin nykytilaan ja käytettävissä oleviin suunnitteluohjelmistoihin. Opinnäytetyössä luotiin pikaopas ohjelmistojen käyttämiseen. Suunnitteluohjelmien suorituskykyä testattiin matkimalla todennukaisia työskentelytilanteita. Tiedostojen siirtoaikaa tutkittiin ja vertailtiin suunnitteluohjelmien välillä. Tiedostoformaattien eroja selvitettiin sekä määritettiin yleisesti käytettävät tiedostoformaattit.</p> <p>Catia-ohjelmiston uudet ominaisuudet saatiin otettua käyttöön onnistuneesti. Pintamalleja sekä mesh-kolmioverkkomalleja saatiin luotua onnistuneesti suunnitteluohjelmistossa. Tiedostoformaattien määrittäminen saatiin tehtyä ja niiden eroavaisuudet selvitettyä. Skannausprosessia kehitettiin pistepilvien käsittelyohjelman ominaisuuksien selvityksellä ja niiden käyttöön otolla.</p> <p>Ongelmia aiheuttivat suurten tiedostokokojen käsittelyajat, jotka veivät tutkimukselta paljon resursseja. Pistepilvien käsittelyyn vaaditaan tehokas työasema, jotta työskentely onnistuu ongelmitta. Prosessi voidaan suorittaa työssä käytetyin menetelmin 3D-skannatusta materiaalista yhdeksi pistepilveksi, ja pistepilvestä edelleen osien pintamalleiksi.</p>		
Avainsanat (asiasanat) 3D-skannaus, pistepilvi, laserkeilaus, mesh-malli, pintamalli, pistepilven käsittely		
Muut tiedot		

Author(s) Antti Haapsaari	Type of publication Bachelor's thesis	Date April 2020 Language of publication: Finnish
	Number of pages 85	Permission for web publication: x
	Title of publication Deploying point cloud models and exploitation Catia-environment	
Degree programme Degree programme in Mechanical Engineering		
Supervisor(s) Henell, Antti; Jaaranen, Kalevi		
Assigned by Valmet Technologies Oy		
Abstract <p>The thesis develops the 3D scanning process and investigated the possibilities of data processing in design programs. This thesis was commissioned by Valmet Technologies Oy. With this thesis Valmet wanted to develop its own 3D scanning process and investigate the possibilities of processing measurement data.</p> <p>Thesis proceeded according to the activity analysis model. First, we got acquainted with the current state and the available design software. This thesis created a quick guide for using software. The performance of the design programs was tested by imitating real-world work situations. File transfer times were examined and compared them between design programs. Differences between file formats were investigated and a commonly used file formats was determined.</p> <p>The Catia software's new features introduced were successfully implemented. Surface models and mesh triangle models was created successfully with the design software. The file formats were determined, and their differences resolved. The Scanning process was developed by exploring the features of a point cloud processing program and introducing them.</p> <p>Problems were caused by processing times for large file sizes, which took a lot of resources from research. An efficient workstation is required to handle point clouds for trouble-free work. The process can be performed by methods used in the work, from 3D-scanned material to one big point cloud, and further from point cloud to surface models of parts.</p>		
Keywords/tags (subjects) 3D-scanning, point cloud, laser scanning, mesh model, surface model, point cloud processing		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Johdanto	4
1.1	Lähtökohdat	4
1.2	Tavoite	5
1.3	Tutkimusmenetelmät	6
2	3D-skannaus	7
2.1	Historia	7
2.2	Opinnäytetyön keskeiset käsitteet.....	8
2.3	Menetelmä	9
2.3.1	Ei koskettavat menetelmät.....	9
2.3.2	Koskettavat menetelmät	12
3	3D-laserkeilaus	13
3.1	3D-laserkeilauksen periaate	13
3.2	Keilaintyytit	14
3.3	Laatu	15
3.4	Pistepilvien yhdistäminen ja käsittely	15
3.4.1	Pistepilvien yhdistämistapoja	15
3.4.2	Mesh-malli	16
3.5	Tiedostoformaattit.....	17
3.6	Ohjelmistot	18
3.7	Työssä käytetyt laitteistot	22
4	Toteutus	23
4.1	3D-laserskannaus	24
4.1.1	3D-laserskannaus ja skannausohjeet	24
4.2	Ohjelmien käyttöönottoaminen.....	24
4.2.1	Pikakäyttöoppaat.....	27
4.3	Pistepilvien käsittely	28

	2
4.4 Suorituskykyanalyysi	29
4.5 Ohjelmien tiedostoformaattit	30
5 Tulokset	31
5.1 Skannausohjeet	31
5.2 Ohjelmien suorituskyky	32
5.3 Tiedostoformaattit.....	37
5.4 Mesh-mallin tekeminen pistepilvestä ja pintamallinnus	38
5.5 Toimintatapa	43
6 Jatkokehitys	44
7 Pohdinta	45
Lähteet	47
Liitteet	50
Liite 1. 3D-skannauksen pikaopas	50
Liite 2. Leica Field 360 pikakäyttöopas.....	51
Liite 3. Leica Cyclone Register pikakäyttöopas.....	56
Liite 4. Pistepilvimallin lataaminen Catia ohjelmistoon pikaopas.....	64
Liite 5. Haastattelun apukysymykset.....	82

Kuviot

Kuvio 1. 3D-skannausmenetelmät	9
Kuvio 2. Laserkolmiomenetelmä	10
Kuvio 3. Valostruktuurimenetelmä	10
Kuvio 4. Fotogrammetriatekniikka	11
Kuvio 5. Laserpulssimenetelmänperiaate	12
Kuvio 6. Koskettava 3D-Skanneri	13
Kuvio 7. Pyöreä tähys	16
Kuvio 8. Neliömallinen tähys.....	16
Kuvio 9. Mesh-malli.....	17

Kuvio 10. Tehdassuunnittelu.....	19
Kuvio 11. Navisworks-ohjelmaan tuotu 3D-malli ja pistepilvi	20
Kuvio 12. ReCap 360 Pro-ohjelmistoon tuotu pistepilvi tarkastelussa.....	22
Kuvio 13. Leica-laserkeilauslaite	23
Kuvio 14. Cyclone Register 360 ohjelman käyttöoppaan sisältö	25
Kuvio 15. Valokuva vs. pistepilvi Cyclone Register 360-ohjelmassa	26
Kuvio 16. Pistepilvestä mesh-malliksi ja mesh-mallista pintamalliksi	27
Kuvio 17. Pistepilvien paikoitus.....	29
Kuvio 18. Catia-ohjelmistossa tarjolla olevat tiedostoformaatit pistepilventuontiin..	30
Kuvio 19. ReCap 360:n tukemat tiedostoformaatit	31
Kuvio 20. Naviworks Freedom -ohjelman tiedostoformaatit	31
Kuvio 21. Ipad Field 360 -ohjelmalla tehty pistepilvi	34
Kuvio 22. Origon asettaminen Leica Cyclone Register 360 -ohjelmistossa	35
Kuvio 23. Pistepilvi PTX-formaatissa	37
Kuvio 24. Pistepilvi PTS-formaatissa	38
Kuvio 25. Pistepilvessä Sampling % vaikutus RGB-ASCII ASCII-formaatti	39
Kuvio 26. Mesh neighborhood arvon vaikutus	39
Kuvio 27. Suuntaa antava mitoitus mesh-mallista.....	40
Kuvio 28. Mesh-mallista pintamalliksi Catia-suunnitteluohjelmassa	41
Kuvio 29. Kaarevanpintamallin luominen Catia-suunnitteluohjelmassa	42
Kuvio 30. Pistepilvestä tehtyä pintamalli Catia-suunnitteluohjelmassa.....	42

Taulukot

Taulukko 1. Suorituskykypisteitys	33
Taulukko 2. Latausaika ja värit	33

1 Johdanto

1.1 Lähtökohdat

Tämän opinnäytetyön aiheena on 3D-skannattujen pistepilvimallien käyttöönotto suunnittelutyön tukemiseksi Catia-suunnitteluohjelmaympäristössä sekä pistepilvimallien hyödyntäminen suunnittelutyössä. Nykyään laserkeilatut pistepilvet joudutaan muokkaamaan oikeaan muotoon useamman ohjelman kautta, eikä niitä ole voitu lisätä Catia-suunnitteluohjelmistoon, jossa varsinainen suunnittelutyö tapahtuu. Catia-suunnitteluohjelmaan on tullut päivitys, jonka myötä pistepilvet pystytään siirtämään suunnitteluohjelmaan ja luomaan näistä pintamalleja.

Suunnittelutyölle olisi erittäin hyödyllistä, jos pistepilvet ja pistepilvimalleista tehdyt pintamallit saataisiin käyttöön Catia-ympäristöön. Tämän ominaisuuden käyttöönoton myötä suunnittelutyöstä jäisi pois tai vähenisi vanhojen tehtaiden tai osien mallinnus suunnitteluohjelmassa ja vanhojen työkuvioiden tarve. Positiivista olisi myös, että suunnittelutyön laatu ja tarkkuus paranisivat ja yrityksen kilpailukyky vahvistuisi.

Myös matkustamisen tarve kohteeseen vähenisi, jos tarvittava tieto saataisiin pistepilvistä.

Täsmälleen samasta aiheesta ei aiemmin ole tehty opinnäytetöitä, mutta samankaltaisia aiheita ovat Pistepilven tehokas käsittely inventointimallinnusta varten (Miinalainen 2019), Laserkeilauksen hyödyntäminen inventointimallin valmistuksessa (Roiwas 2014), Laserkeilauksen hyödyntäminen paperikoneuusinnan tarjoustyössä (Oikarinen 2016) ja 3D-laserkeilainaineiston hyödyntäminen uudisrakentamisessa (Kauppinen 2015).

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja oli Valmet Oyj. Valmet on maailman johtava sellu- paperi ja energiateollisuuden teknologia ja automaatio palvelun tarjoaja. Valmetilla on visio tulla maailman parhaaksi asiakas palvelussa. Valmetilla työskentelee 13 000 ammattilaista ympärimaailmaa asiakkaiden lähellä, sitoutuneina edistämään asiakkaiden menestystä. (Valmet lyhyesti n.d.)

Valmetin tarjoamia palveluja ovat aina varaosista, parannus ratkaisuihin ja kunnossapidon ulkoistamiseen tehtaille, sekä voimalaitoksiin. Valmetin teknologia tarjonnan muodostaa sellutehtaat, pehmopaperin-, paperin- ja kartonginvalmistuslinjat ja bioenergia voimalaitokset. Valmetin automaattioratkaisut kattavat niin kokonaisten tehtaiden avaimet käteen projektit, kun yksittäiset mittaukset. (Mt.)

Valmetin historia on jo yli 200 vuotinen ja yhtiön uudelleen syntyminen koettiin paperi-, sellu ja voimantuotantoliiketoiminnan irtautuessa Metso Oyj:stä 2013. Liikevaihto Valmetilla oli vuonna 2018 noin 3,3 miljardia euroa. Pääkonttori Valmetilla on Espoossa ja osakkeet noteerataan Nasdaq Helsingissä. (Mt.)

1.2 Tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää ratkaisu pistepilvidatan käsittelyyn ja selvittää sen hyötyjä ja mahdollisuuksia suunnittelutyön tukemiseksi. Opinnäytetyössä pyrittiin selvittämään oikea tiedostomuoto datan käsittelyyn Catia-3D-suunnitteluohjelmiston sekä Leica-3D-skannausohjelmiston välillä ilman, että tiedostoa joudutaan muokkaamaan kolmannen osapuolen sovelluksella. Opinnäytetyössä tutkittiin pistepilvidatanhyödyntämisen mahdollisuuksia Catia-ympäristössä, sekä voitaisiinko pistepilvestä tehdä Catia ohjelmistossa pintamalleja, jotka ovat pistepilvimalleja selkeämpiä, kevyempiä ja helpommin käsiteltävissä. Opinnäytetyössä tutkitaan tiedostokoon mahdollisuuksia, jotta voidaan saada selville optimi tiedostokoko niin, että 3D-malleista, joissa pistepilvidataa käytetään ei tulisi liian raskaita käsitellä. Lisäksi opinnäytetyössä kehitetään 3D-skannaus prosessia ja tutkitaan tiedostoformaatteja.

Opinnäytetyössä pyritään luomaan skannaukseen ja tämän käyttöön liittyviä ohjeistuksia, sekä skannaus datan käsittelyyn liittyvien ohjelmien pikaoppaat. Pois työstä on jätetty tarkempi 3D-mallinnus pistepilvestä ja se on tehty tässä opinnäytetyössä aivan pintaraapaisulla, työstä on myös rajattu pois pistepilvien hyödyntäminen työpiirustuksien käytössä. Näistä aiheista jatkaa toinen opiskelija omassa opinnäytetyössään, joka tehdään myös samaan yritykseen.

Työnkannalta keskeisimmät seikat, sekä tärkeimmät kysymyksiä ovat

1. 3D-laserskannaus työn ohjeistus/menettely, sekä ohjelmien Register 360 ja Field 360 pikaoppaat.
2. Pistepilviaineiston käsitteleminen ja työn variaatiot. Pistepilveen nollakohdan eli origon luominen.
3. Onko pistepilvi datan vieminen mahdollista Catia-suunnitteluohjelmistoon ilman kolmatta osapuolta, sekä mikä olisi järkevin käytetyn datan muoto (Valmet formaattien määrittely). Pikakäyttö ohjeistus Catia Delmia käyttöön pistepilvien käsittelyssä. Suorituskyky vertailu Navis, ReCap ja Catia Delmia välillä.
-Tiedosto formaattien erojen selvitys
4. Voidaanko pistepilvistä luoda pintamalleja Catia-suunnitteluohjelmalla? Pikakäyttöohje, pintamallinnuksen tutkiminen, kolmioverkotus mesh ja tämän hyödyntäminen työkuvioiden tekemisessä ja Suorituskyky Catia.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyö suoritettiin kvalitatiivisena toimintatutkimuksena, koska se sopi aiheeseen hyvin. Opinnäytetyö eteni seuraavasti: Ensiksi nykytilanne kartoitettiin haastattelemalla työntekijöitä, jonka jälkeen hankittiin teoreettinen ymmärrys 3D-skannaamisesta, sekä sen keskeisistä käsitteistä haastattelujen ja internet lähteiden avulla, jotta aiheeseen pystyttiin paneutumaan käytännössä. Tietopohjaa haettiin pääasiassa sähköisten lähteiden kautta, sillä kirjallisuutta oli varsin vähän saatavilla aiheesta.

Toimintatutkimuksen perusajatus on ongelman määrittely, ratkaisun esitys sekä ratkaisun kokeilu ja arviointi. Ongelman määrittelyyn, sekä tilanteen kartoitukseen tulee varata riittävästi aikaa. Siirtyminen ratkaisuvaiheeseen liian nopeasti voi aiheuttaa todellisen ongelman analysoinnin suppeaksi jäämisen. Toiminnan onnistumisen kannalta tärkeää on se, kuinka onnistutaan ongelman määrittelyssä ja miten se voidaan muuttaa määrittämisen jälkeen tutkimuskysymyksiksi. Menetelmässä oleellista on ongelman ytimen löytäminen, sekä sen ymmärtäminen. Tutkimusmenetelmän erivaiheissa etsitään oikeita kysymyksiä liittyen ongelmaan, ongelman ratkaisuun, informaatio-ongelmiin ja toimintaongelmiin. (Kananen 2014, 34-36.)

Toimintatutkimuksessa ongelman ytimen löytäminen voi tuottaa ongelmia. Ongelman määrittelyvaiheeseen kannattaa käyttää aikaa, koska todellinen ongelma ei ole välttämättä se, miltä se ensin vaikuttaa. Ongelman hahmottamisen avuksi voidaan käyttää kysymyksiä kuka, mitä, missä, milloin ja kuinka. Toimintatutkimuksen ongelman määrittelymenetelmiä ovat Mind Mapping -käsitekartta, KJ-menetelmä, kalantuomalli ja kaukaiset ajatusmallit sekä pumppaavat kysymykset, joita ovat entä sitten -tekniikka ja viiden miksi-kysymyksen tekniikka. (Mts. 37-44.) Tässä työssä käytettiin ongelmien hahmottamisen avuksi joissakin tilanteissa käsitekarttamenetelmää.

Tietoperustaa haettiin myös käytetyistä ohjelmista, ja niiden käyttöön liittyviä ohjeita selvitettiin videoista internetistä sekä valmistajien tekemistä käyttöoppaista. Nykytilanteen kartoituksen jälkeen ongelmaa analysoitiin ja sen syitä tutkittiin. Seuraavassa vaiheessa tehtiin parannus ehdotus, jonka jälkeen suoritettiin useita kokeiluja. Kokeilujen tulosta arvioitiin ja seurattiin. Sama sykli toistettiin useaan otteeseen opinnäytetyötä tehdessä.

2 3D-skannaus

2.1 Historia

3D-skannaus on kehitetty 1900-luvun loppupuoliskolla. Teknologia on erittäin hyödyllinen suunnittelu- ja tutkimusalalla. Ensimmäinen 3D-skannausteknologia on luotu 1960-luvulla. Skannerit käyttivät projektoreja, kameroita ja valoja tämän prosessin suoritukseen. Laitteiden rajoitusten takia skannaukseen kului usein paljon aikaa ja vaivaa. Vuonna 1985 nämä laitteistot korvattiin laitteilla, jotka käyttivät lasereita, varjoja ja valkoista valoa pinnan kaappaamiseen. Tietokoneiden tulo mahdollisti monimutkaisten mallien rakentamisen, mutta ongelmia oli itse mallin luomisessa. 1980-luvulla keksityt kosketusskannauslaitteet auttoivat hankalien pintojen mitoituksessa, mutta menetelmät olivat erittäin hitaita. Tavoitteena oli luoda järjestelmä, jolla pystyttäisiin luomaan nopeammin samanlainen määrä yksityiskohtia kuin aiemmin. Tämä ajoi tutkijat kehittämään optista tekniikkaa, koska valon käyttäminen oli

paljon nopeampaa. Tällainen menetelmä salli myös pehmeiden objektien skannaamisen. (History of 3D scanners n.d.)

Kehitys johti selvästi eteenpäin, mutta pian kävi ilmi, että varsinaiset haasteet olisivat ohjelmistopohjaisia. Anturit tekisivät useita skannauksia objektin eri paikoista kolmiulotteisen mallin saamiseksi. Haasteeksi muodostui näiden skannattujen tietojen yhdistäminen sekä päällekkäisten ja ylijäävien tietojen poistaminen, joita väistämättä syntyy. (Mt.)

Ensimmäisiä sovelluksia oli ihmisen skannaus animaatioteollisuudelle, jota kehitti Los Angelesin Cyberware Laboratories 1980-luvulla pääskannerillaan. Yritys oli 1990-luvun puoleenväliin mennessä kehittänyt koko kehon skannerin. Samoihin aikoihin Cyberware oli kehittänyt tarkkuuslukijoitaan, jotka pystyivät sieppaamaan myös esineiden värejä. Edistyksistä huolimatta kolmiulotteinen skannaus pysyi vaikeana. Digibotics esitteli 4-akselisen koneensa, jolla pystyttiin skannaamaan 3D-malli yhdellä kertaa. Laite oli kuitenkin hidas, eikä sillä voitu taltioida objektin värejä. 1996-vuonna tehtiin läpimurtoa 3D-skannauksen kehityksessä, kun otettiin käyttöön käsikäyttöiset ja raitoja käyttävät 3D-skannerit. Nyt edistyksellisellä laitetekniikalla voidaan tehdä monimutkaisia malleja, sekä taltioida tekstuuria ja värejä muutamissa minuuteissa. (Mt.)

2.2 Opinnäytetyön keskeiset käsitteet

Seuraavassa on muutamia tämän opinnäytetyön keskeisiä käsitteitä määriteltyinä standardin PSK 3402:2013 mukaisesti:

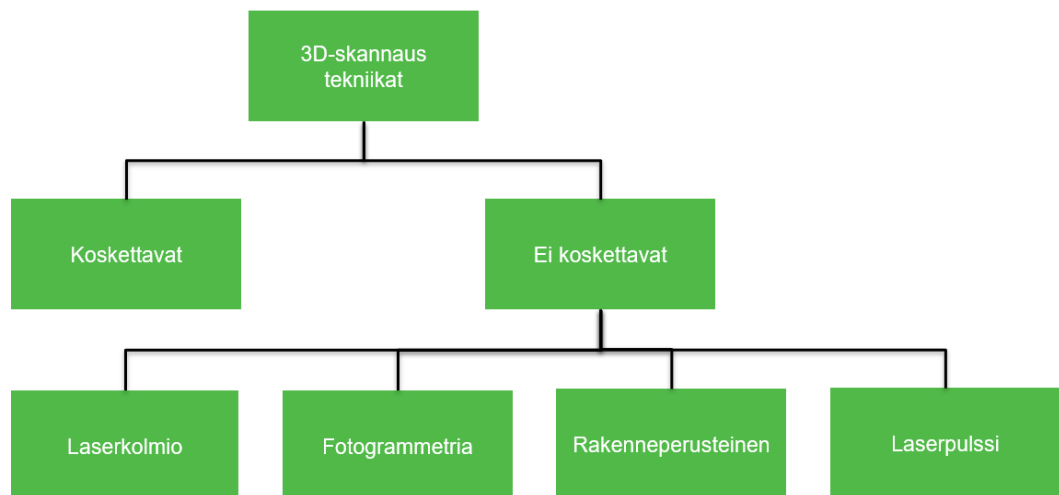
- Laserkeilaus tarkoittaa mittaustapaa, jota käyttämällä kohteen pintoja voidaan mitata koskematta, mittaustapahtuu lasersäteiden avulla.
- Mittauspiste on yksi piste mitatun kohteen pinnalta, josta lasersäde on palannut mittauslaitteeseen.
- Pistepilvi on laserkeilauksella saatu kolmiulotteinen geometriatieto.
- Koordinaatisto tarkoittaa suorakulmaista järjestelmää, jolla kohteen sijainti voidaan ilmoittaa x-, y-, ja z-akselien mukaan.
- Navigointi tarkoittaa liikkumista tietokonemallissa kohdennettuna, tai vapaasti.
- 3D-malli on vektorimuotoisille kolmiulotteisille geometriamalleille käytetty yleisnimi, joka voi olla tilavuus-, pinta- tai älykäs malli.
- Pintamallissa on esitetty kolmiulotteisten rakenteiden vaippa.

- Katselumalli tarkoittaa mallia, jossa voidaan navigoida tai se voidaan esittää mistä perspektiivistä tahansa.
- Älykäs malli sisältää geometria tietoa ja attribuuttitietoa.
- Tilavuusmalli tarkoittaa mallia, jossa on esitetty komiulotteiset rakenteet kappaleina, joilla on myös vaipan määrittelemä tilavuus. (PSK 3402:2013, 2-3.)

2.3 Menetelmä

Varsinainen 3D-skannausmenetelmä syntyi 1900-luvun lopulla. 1980-luvulla käytetyt skannerit toimivat kontaktianturein, joilla kappaletta tuli koskettaa fyysisesti lukuisia kertoja. 3D-skannauksessa käytetään seuraavia menetelmiä: Koskettavat ja ei-koskettavat menetelmät, joista ei- koskettavia menetelmiä on useampi. Näitä ovat esimerkiksi laserkolmio, fotogrammetria, valostruktuuri ja laserpulssi (ks. kuvio 1).

(Chougule, Gosavi, Dharwadkar & Gaind 2018, 41.)



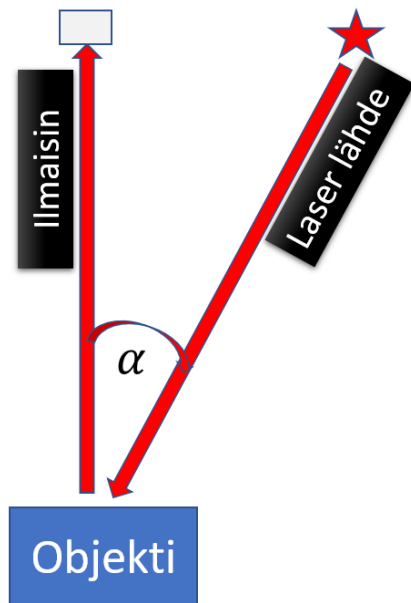
Kuvio 1. 3D-skannausmenetelmät

(Chougule, Gosavi, Dharwadkar & Gaind 2018, 41, muokattu)

2.3.1 Ei koskettavat menetelmät

Laserkolmiomenetelmä

Laserkolmio-3D-skannaus lähettää mitattavan objektin pintaan laserpisteen, joka heijastuu esineestä takaisin ja sen kulma tunnetaan. Laserin lähde, esine ja ilmaisimet muodostavat kolmion, josta nimitys on peräisin. Tämän tyyppisten skannauslaitteiden suurimpia etuja ovat tarkkuus ja täsmällisyys, ja suurimmat haitat ovat kuvattavan kappaleen pinnanominaisuudet (ks. kuvio 2). (Chougule, Gosavi, Dharwadkar & Gaind 2018, 42.)

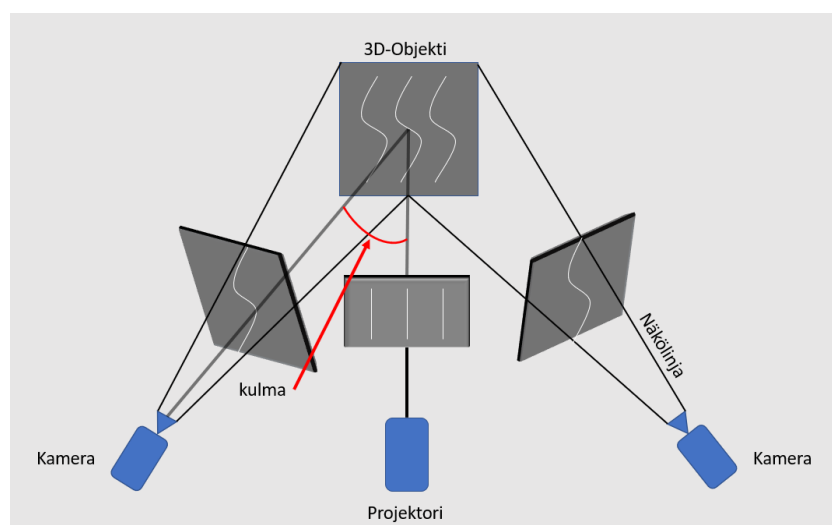


Kuvio 2. Laserkolmiomenetelmä

(Chougule, Gosavi, Dharwadkar & Gaind 2018, 41, muokattu)

Valostrukturi

Triangulaatio on pääkonsepti nykyisissä 3D-skannauslaitteissa. Valo projisoidaan, tyypillisesti useilla rinnakkaisilla viivoilla, jotka vääristyvät esineen pinnalle. Kameralla kaapataan vääristymä useista eri kulmista ja kolmiomittaus laskee sen, kuinka kaukana objekti on (ks. kuvio 3). (Ricken n.d.)



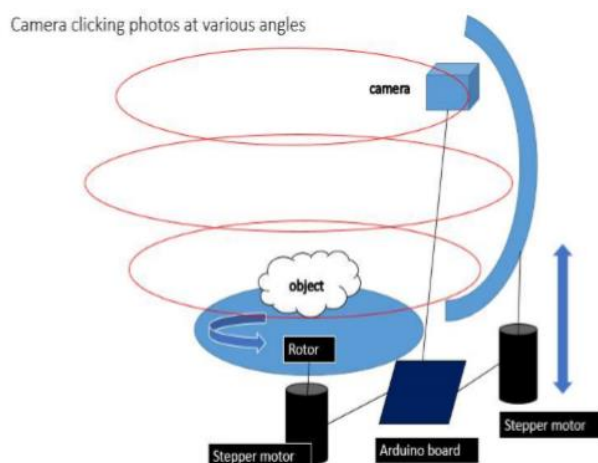
Kuvio 3. Valostruktuurimenetelmä

(Chougule, Gosavi, Dharwadkar & Gaind 2018, 41, muokattu)

Fotogrammetria

Fotogrammetria perustuu valokuvien ottamiseen, joka paljastaa sen avulla kuvattavan kohteen geometriset ominaisuudet. Tarkoituksena on ottaa useita kuvia objektista useista eri näkymistä. Skannattava objekti on asetettava selkeään ja hyvin valaistuuun paikkaan ennen skannaustyön aloittamista (ks. kuvio 4). (Chougule, Gosavi, Dharwadkar & Gaiind 2018, 42-43.)

Fotogrammetriaa käytetään paljon ilmakuvauksissa, koska sillä päästään hankaliin paikkoihin, kuten talojen vesikattoihin. Menetelmällä saadaan esiin myös värit ja todentuntuiset materiaalit. Fotogrammetria voidaan yhdistää laserkeilattuun aineistoon, jos halutaan millitarkkoja mittatietoja. Fotogrammetriaa käytetään paljon rakennuskohteissa, jolloin voidaan esimerkiksi tarkastella suunnitelman soveltuvuuksia kaupunkikuvaan. (Ilmakuvaus ja fotogrammetria n.d.)



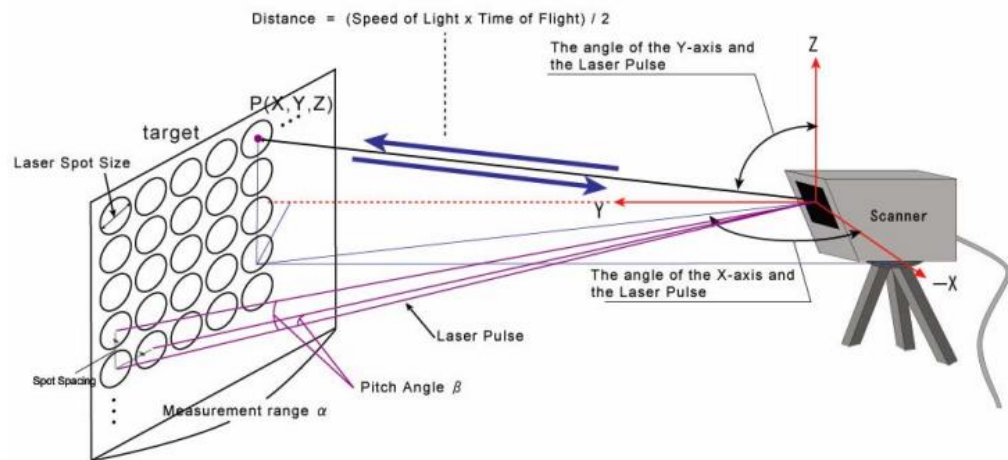
Kuvio 4. Fotogrammetriatekniikka

(Chougule, Gosavi, Dharwadkar & Gaiind 2018, 43.)

Laserpulssi

Laserpulssiskannerit tunnetaan myös nimellä "time-of-flight", "lentoaika". Laserpulssikonsepti on hyvin yksinkertainen ja se perustuu valon nopeuteen, joka tunnetaan hyvin tarkasti. Aikaa, jonka valo kulkee esineen pintaan ja siitä heijastumalla takaisin anturiin, mitataan, kun etäisyys esineestä anturiin tunnetaan. Laserpulssiskannereilla voidaan skannata 360 astetta laitteen ympäriltä (ks. kuvio 5). (Type of 3D

Scanners and 3D Scanning Technologies.) Opinnäytetyössä paneuduttiin nimenomaan juuri tähän menetelmään.



Kuvio 5. Laserpulssimenetelmänperiaate

Kuviosta käy ilmi mitä tarkoitetaan lentoajalla, sekä laserpulssimenetelmän perusperiaate. Kuviossa kohteen ja skannerin välille on piirretty viivoja, jotka kuvastavat skannauslaitteen toimintaa. Etäisyys on valonnopeus kertaa lentoaika jaettuna kahdella. Lentoaika tarkoittaa sitä aikaa, joka kuluu laserpulssin lähdöstä skannerista ja palatessa skanneriin heijastuttuaan kohteesta.

(Sumitro, Matsuda, Itoh & Nishimura n.d.)

2.3.2 Koskettavat menetelmät

Yksi varhaisimmista 3D-skannausmenetelmistä on koskettavat menetelmät, ja ne ovat erittäin tarkkoja esineen mittauksiin. Laitteet voivat olla varusteltu nivelvarsin, joissa on tarkkuusanturit. Esineen on oltava tarkalla tasaisella pinnalla, ja se on pidettävä paikoillaan hyvin tarkoin. Kontaktipohjaiset 3D-skannauslaitteet ovat yksinkertaisia ja melko edullisia, mutta nämä laitteet ovat myös hitaita menetelmiä verrattuna toisiin 3D-skannauslaitteisiin. (Flynt 2019.)

Perinteiset koskettavat skannauslaitteet keksittiin jo 1960-luvulla. Rajoitteena näissä laitteissa oli se, että niitä tuli käyttää vakaassa ja kontrolloidussa ympäristössä. 1980-luvulla keksittiin kannettavat laitteet, jolloin niiden käyttö helpottui ja mittausvälineet tulivat myyntiin. Laitteita kutsutaan myös pistepohjaisiksi järjestelmiksi, koska

anturilla kosketetaan kohdetta, jolloin saadaan kerättyä yksi mittauspiste (ks. kuvio 6). (Motley 2017.)



Kuvio 6. Koskettava 3D-Skanneri

(Motley 2017)

3 3D-laserkeilaus

Tässä luvussa kerrotaan laserkeilausprosessista ja siihen liittyvistä vaiheista. Luvussa kerrotaan myös menetelmän peruseriaatteesta, keilaintyypeistä, laadusta, pistepilvistä ja niiden käsittelystä, tiedostoformaateista, sekä opinnäytetyössä käytetyistä ohjelmista ja laitteista. Luvussa käsitelty teoria tukee opinnäytetyön hahmottamista.

3.1 3D-laserkeilauksen periaate

Laserkeilain on mittalaite, jolla mitataan pisteitä kohteesta niin, että itse kohteeseen ei tarvitse koskettaa. Kohteesta saadaan laserkeilaamalla mitattua kolmiulotteinen pistepilvi. Mittauslaitteessa on nollapiste, josta lasersäde lähtee liikkeelle ja jonka avulla voidaan mitata etäisyys kohteen ja mittalaitteen välillä. Mittaus perustuu valon kulkemista mittaaviin laitteisiin sekä siihen, kuinka kauan valolla kestää kulkea mittalaitteesta kohteeseen ja takaisin. (Joala 2006, 1.) Laserkeilaus on laserpulssimetelmällä tehtävää 3D-scannausta.

Pistepilvi

Laserkeilaamalla saadaan 3D-tietoa yksityiskohtaisesti kaikista kohteista, joista dataa halutaan. Keilaus tuottaa ympäristöstä kolmiulotteisia pisteitä suuren joukon, jota kutsutaan pistepilveksi. Pistepilvet ovat pohja mallinnukselle ja kohteen tunnistamiselle. (Pointcloud-hanke luo edellytyksiä 3D-teollisuuden kasvulle Suomessa n.d.)

Pistepilvet ovat teknisesti tietokantaa, joka sisältää kolmiulotteisessa koordinaatiojärjestelmässä pisteitä. Pistepilvi on erittäin tarkka tieto objektista tai tilasta, kun skannaus tallentaa erittäin suuren määrän pisteitä kohteen pinnalta. Pisteet pistepilvissä sijaitsevat aina kohteen uloimmalla pinnalla, koska siitä valo voi heijastua takaisin havainnointi laitteeseen. (Ciępka 2016.)

Mikäli yksittäisen pisteen koko on riittävän suuri, niin tietyssä näkymässä tai tarkentamalla se voidaan nähdä jatkuvana pintana. Avainseikka pistepilvien tietojen ja laadun takaamisessa on, että havaittavan kohteen kaikki pinnat saadaan näkyviin. Pinnoilta, jotka eivät ole näkyvissä, on mahdotonta saada tietoa. On siis vaihdettava havaintoasemaa kappaleen tai kohteen suhteen, jotta kaikki pinnat saadaan kuvattua. Näistä pistepilvistä luodaan yhdistämällä yksi kokonainen pistepilvi. Pistepilven tiheys kertoo resoluutiosta, joka tarkoittaa pisteiden välistä etäisyyttä. Tiheämmät pistepilvet ovat tietenkin raskaita ja hitaampia käsitellä kuin kevyemmät, joissa pisteet ovat harvemmassa. (Mt.)

3.2 Keilaintyytit

Laserkeilaimet ovat luokiteltu kolmeen pääluokkaan, joita ovat kaukokartoitus- maalaser- ja teollisuuslaserkeilaimet. Kaukokartoitus-laserkeilaimia käytetään helikoptereissa, lentokoneissa ja avaruusaluksissa. Mittaetäisyydet ovat 0,1-100 km sekä mittatarkkuus alle 10 cm. Maalaserkeilaimet, joiden tyypilliset mittausetäisyydet ovat 1-300 m ja tarkkuus 2 cm. Maalaserkeilaimet voidaan jakaa neljään eri tyyppiin kupolimainen mittaustapa, keilamainen mittaustapa, panoraaminen mittaustapa ja optinen kolmiomittaus. Teollisuuslaserkeilaimet, joiden avulla mitataan alle 30 m etäisyyksiä ja pieniä kohteita, mittaus tarkkuus alle millimetrin. (Joala 2006, 1.) Opinnäytetyössä käytettiin laserkeilaukseen maalaserkeilausta.

3.3 Laatu

Kohteen laserkeilauksen tuloksena saadaan pistepilvi, jonka laatuun vaikuttavia seikkoja ovat pistepilven tiheys, yksittäisten mitattujen pisteiden laatu sekä eri positiossa mitattujen pistepilvien yhdistämisen laatu. Laatuun vaikuttaa kohteen muotoseikat sekä pinnan laatu. Erimuotoiset pinnat heijastavat valoa takaisin eri vahvuudella, jolloin se vaikuttaa takaisin heijastuvan valon laatuun (paluusignaali). Yleisenä ohjeena pidetään, että mitä tiheämpi pistepilvi on, sitä parempi sen pohjalta on tehdä mallinnusta. Ei kuitenkaan voi unohtaa pisteiden laadun merkitystä, sillä jos pisteiden laatu on heikko, ei tiheästä verkosta ole hyötyä. Tiedetään, että pistepilvien tiheys huononee etäisyyden funktiona. (Joala 2006, 3.)

3.4 Pistepilvien yhdistäminen ja käsittely

3.4.1 Pistepilvien yhdistämistapoja

Kohteiden mittaamisessa tarvitsee usein tehdä mittaustyö useammasta havaintoasemasta, jolloin pistepilviä tulee useampi ja ne täytyy yhdistää yhdeksi suureksi pistepilveksi. Pistepilvien yhdistämiseen on useita eri tapoja, kuten tähyksien käyttö, yhteiset mallinnetut kohteet, pistepilvien yhteiset alueet ja isoimmassa projekteissa edellä mainittujen yhdistelmänä. Tarkimpana tapana pidetään tähyksien käyttöä, jolloin kaikista mitatuista pistepilvistä tulisi löytyä vähintään kolme yhteistä tähyistä. Tähysten avulla pistepilvet voidaan yhdistää samaan koordinaatistoon ja tähykset voivat olla pallomaisia, puolipalloja tai tasomaisia. Menetelmällä pistepilvet voidaan parhaimmillaan yhdistää 1-3 mm tarkkuudella. Tähykset ovat apuvälineitä laserskannauksessa, joita käytetään apuna pistepilvien käsittelyssä (ks. kuviot 7-8). (Joala 2006, 4.)



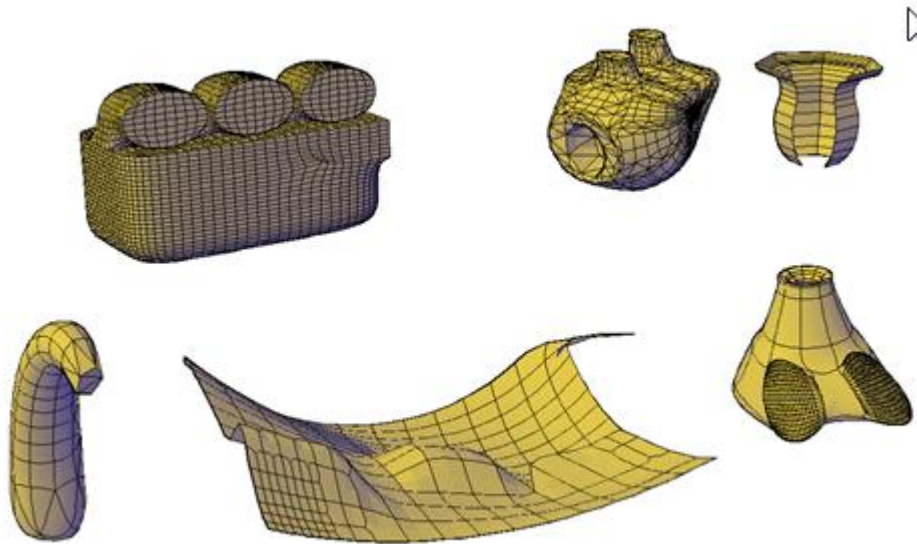
Kuvio 7. Pyöreä tähys
(Tähys laserskannereille n.d.)



Kuvio 8. Neliömallinen tähys
(Tähys laserskannereille n.d.)

3.4.2 Mesh-malli

Mesh-mallit eli verkkomallit koostuvat reunoista pinnoista ja kärkipisteistä, jotka käyttävät monikulmaista esitystä sisältäen neliöt ja kolmiot, joiden mukaan 3D muodot määritellään. Toisin kuin kiinteät 3D-mallit, verkko malleilla ei ole massaominaisuuksia. Mesh-malleja voidaan muokata tavoilla, joilla kiinteitä malleja ei voida muokata kuten, sileyttä voidaan lisätä, sekä ryppyjä ja halkeamia voidaan levittää (ks. kuvio 9). (About Creating 3D Meshes 2019.)



Kuvio 9. Mesh-malli

(About Creating 3D Meshes 2019.)

3.5 Tiedostoformaatit

3D-mallinnusta varten on satoja tiedostotyyppiä, mikä tuottaa ongelmia yhteensopivuuden suhteen toisinaan. Skannerit tuottavat raakatietoja useissa muodoissa riippuen skannerista. Prosessointiohjelmat pystyvät käsittelemään osaa näistä tiedostotyypeistä. Suuria toimijoita, jotka tuottavat laitteistoja, sekä ohjelmia ovat Leica, Faro ja Trimble, muut ovat suunniteltu toimimaan kolmansien osapuolien tekniikan kanssa. Autodesk on suuri pistepilvi ohjelmisto kehittäjä, mutta ei itse tuota laitteita skannaukseen. Toisaalta Leica:n laitteistosta suuri osa on yhteensopivia vain heidän omien ohjelmien kanssa. Vaikka huomattavia päällekkäisyyksiä on, niin markkinoilla on patentoituja laitteistoja ja ohjelmia, jotka eivät sovi yhteen. Käyttäjien on oltava huolellisia valitessaan pistepilvien toimittajaa, jotta tiedostot ovat yhteensopivia omien järjestelmien kanssa. (Thomson n.d.)

Suurin osa kaikista ohjelmistoista pystyy käsittelemään suurta osaa tiedosto tyy-
peistä, sekä niillä voidaan luoda erityyppisiä tiedostotyyppiä. Yleisiä tiedostotyyppi-
pejä on olemassa useita ja niiden yhteensopivuus on hyvä. On viisasta käyttää niitä
tiedosto tyyppiä, joita suurin osa ohjelmistoista tukee.

Isoin eroavaisuus pistepilvitiedostotyyppien välillä on binaarien ja ASCII:n käyttäminen. ASCII (American Standard Code for Information Interchange) on asettunut binariin, mutta tietoa välittää tekstin avulla. ASCII-tiedostotyyppinä ovat yleisesti XYZ, OBJ, PTX (Leica) ja ASC. (Mt.)

Binaarijärjestelmät tallentavat tiedot binaarikoodiin suoraan. Binaarimuotoja ovat taas yleisesti FLS (Faro), LAS ja PCD (pistepilvikirjasto). Molempiin ASCII ja binariin kykeneviä tiedostomuotoja ovat PLY, FBX ja E57. E57 tallentaa dataa molempiin, ja luo yhden tiedoston molempien tyyppien eduista. Yleisesti ASCII tiedostoja suositellaan pitkäaikaiseen arkistointiin, yksi syy tähän on, koska näitä voidaan avata tekstieditorissa. Nämä tiedostot ovat suurempia, kun binaarityyppiset tiedostot. Binaaritiedostot voivat myös sisältää enemmän tietoa, sekä binaari tiedostojen käsittely ja visualisointi vie vähemmän aikaa. Binaaritiedostoihin pääsemiseen liittyy kuitenkin rajoituksia. (Mt.)

3.6 Ohjelmistot

Tässä luvussa kerrotaan työssä käytetyistä ohjelmista sekä niiden käyttötarkoituksista. Tässä työssä käytetyt ohjelmat valittiin Valmetin puolesta, ja osa näistä ohjelmista on ollut käytössä yrityksessä pitkään aikaan. Uusia ohjelmia olivat skannauslaitteen mukana tulleet Leica-ohjelmat. Catia 3D-Experiencen uuden päivityksen mukana tulleet ominaisuudet otettiin myös käyttöön tässä työssä, mikä olikin yksi työn tavoitteista.

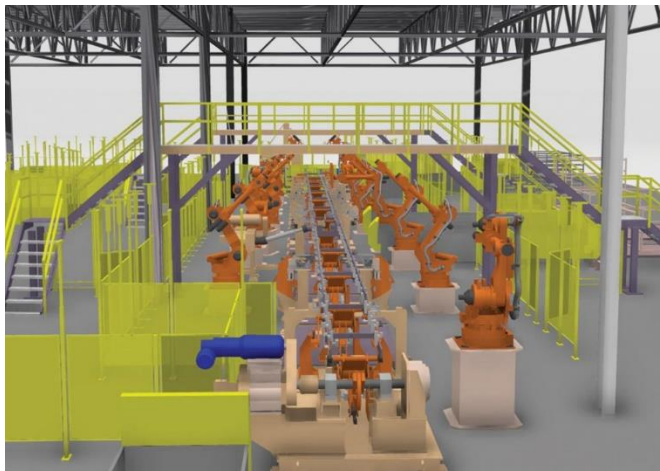
3D-Experience Delmia

Delmia on 3D-Experiencen alustalla toimiva tuotanto- ja valmistusratkaisuohjelma, joka optimoi tuotantoratkaisuja sekä prosesseja. Pääpiirteet ovat digitaalisessa valmistuksessa, valmistustoiminnassa ja hallinnassa, sekä toiminnan suunnittelussa ja optimoinnissa. (Delmia n.d.)

Yksi keskeinen työssä käytettävä käyttäjärooli on (PLA) Plant Layout Designer, joka antaa tuotannon suunnittelijoille tehokkaita työkaluja tehdasresurssien hallintaan.

Voidaan tuoda kuljettimia, robotteja, työkaluja, koneita ja järjestellä resursseja. Ohjelma on tarkoitettu tehdassuunnitteluun ja sen resurssien hallintaan (Ks. kuvio 10). (Plant Layout Designer n.d.)

Virtual & Physical Prototyper (RPE) on yksi käyttäjärooli ohjelmistossa ja sen tarkoitus on virtuaali suunnittelu, 3D-tulosteiden luominen sekä käänteinen suunnittelu. Ohjelmistolla voidaan käsitellä 3D-skannattuja tiedostoja ja luoda niistä 3D-malleja, sekä muuntaa tiedostoja 3D-tulostettaviin muotoihin. (Virtual & Physical Prototyper n.d.)



Kuvio 10. Tehdassuunnittelu

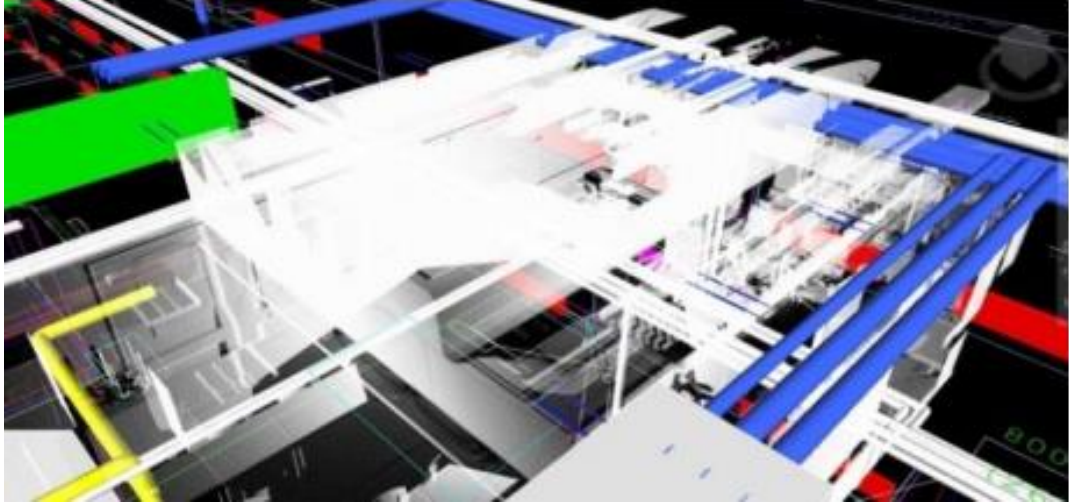
PLA (Plant Layout Designer n.d.)

Navisworks

Navisworks on ohjelmisto, jolla tarkastellaan visualisesti 3D-malleja tai ohjelmistoon tuotuja pistepilvimalleja ja näiden yhdistelmiä. Navisworks-ohjelmistolla voidaan tarkastella tehtaalla kuvattuja pistepilvimalleja ja näihin lisättyjen 3D-mallejen yhteensopivuutta, jolloin nähdään, onko suunniteltu 3D-mallit yhteensopiva pistepilvien kanssa. Navisworks-ohjelmistolla voidaan muuttaa 3D-mallien läpikuultavuutta, sekä tehdä mittauksia ja 3D-mallien leikkauksia. (Visualisoi projektitoimintasi n.d.)

Ohjelma tukee useita eri CAD-formaatteja, jolloin myös tiedon käsittely on helppoa ja CAD mallit saa auki vaivatta. Navisworks-ohjelmisto on tyypillisesti suunnitteluorganisaatioiden käyttämä, jolloin myös urakoitsijoiden on mahdollista saada Navisworks

malli, josta urakoitsija voi seurata työn etenemistä. Ohjelmistossa voidaan värjätä malleja eri värisiksi esimerkiksi työn etenemisen mukaan (ks. kuvio 11). (Mt.)



Kuvio 11. Navisworks-ohjelmaan tuotu 3D-malli ja pistepilvi
(Visualisoi projektitoimintasi n.d.)

Leica Geosystems HDS Cyclone

Leica geosystems HDS Cyclone on johtava pistepilvien käsittelyohjelmisto markkinoilla. Ohjelma tarjoaa valintoja 3D-skannausprojektien käsittelyyn, oli kyseessä sitten rakennus tai maanmittausalan, tai vastaavien sovellukset. Ohjelmalla organisaatiot voivat lisätä pistepilvidatan prosesseihin. Ohjelmaan on saatavilla useita moduuleja, joilla voidaan suoriutua myös raportoinnista, 3D-malleista, kartoista ja elokuvista/animaatioista. (Pistepilvien Leica Cyclone 3D-käsittelyohjelmisto n.d.)

Leica Cyclone FIELD 360 on automaattinen kohdistus- ja skannausten esitallennussovellus kenttäkäyttöön mobiililaitteilla. Tällä sovelluksella käyttäjä voi automaattisesti kuvata, tutkia skannauksia ja tallentaa tietoja suoraan työmaalla.

Ohjelmisto toimittaa tablettiin pistepilvet ja kuvatiedot. Ohjelmistoon voidaan lisätä kentällä ollessa myös kuvia, tekstiä, mittauksia ja äänitiedostoja. Ohjelma tekee esitallennusta automaattisesti ja käyttäjät voivat suorittaa laadunvalvontaa työmaalla, joka parantaa tuottavuutta. (Leica Cyclone FIELD 360 n.d.)

Leica Cyclone Register 360 on pistepilvien rekisteröintiohjelmisto, josta löytyy kaiken tasoille käyttäjille toimintoja automaattisista rekisteröinneistä aina yksinkertaistettuun ja älykkäämpään työskentelyyn. Ohjelmaan saadaan tuotua dataa yksinkertaisella vedä pudota valmis menetelmällä, ohjelmassa on sisäinen laadunvalvonta ja siitä luodaan loppuraportti automaattisesti. (Leica Cyclone Register 360 n.d.)

Autodesk ReCap

ReCap, ”Reality Capture”, tarkoittaa todellisuuden kaappaamista, ja ohjelmassa työskennellään laserskannattujen pistepilvien kanssa. Pistepilvidatat ovat suurikokoisia, ja näiden tarkasteluun ja muokkaamiseen on aina tarvittu tähän erikoistuneita ohjelmia. ReCap on yksi tähän soveltuvista ohjelmista. (Ks. kuvio 12). (Coppinger 2019.)

ReCap-ohjelmistoon voidaan tuoda pistepilvidataa ja sitä voidaan siivota, eli poistaa turhia pisteitä materiaalista, sekä tiedostomuotoja voidaan muuntaa toisiin tiedostotyyppeihin, joita toiset ohjelmat tukevat. Ohjelmistossa on esimerkiksi mahdollista suunnitella putkiliitoksia, joita ei ole parametrisoitu, koska ne voidaan kaapata laserskannaamalla todellisesta paikasta. (Mt.)

ReCap-ohjelmalla voidaan tuoda pistepilvistä myös vain tiettyjä alueita rajaamalla nämä ja valitsemalla pelkkä rajatun alueen sisäpuoli. Ohjelmistossa on paljon helpotuksia datan käsittelyyn ja myös tiedon tarkastelua on helpotettu yksinkertaisilla työkaluilla. (Mt.)



Kuvio 12. ReCap 360 Pro-ohjelmistoon tuotu pistepilvi tarkastelussa

3.7 Työssä käytetyt laitteistot

Tässä osiossa kerrotaan työssä käytetyistä laitteista, sekä niiden kokoonpanoista. Osiossa kerrotaan laserkeilaimen teknisistä tiedoista, sekä laserkeilatun materiaalin käsittelyyn käytetyn tietokoneen teknisistä tiedoista.

Laserkeilain

Opinnäytetyössä on käytetty laserkeilauksiin Leica RTC360 3D- merkkistä laitetta. Laitte on erittäin nopea ja se pystyy ottamaan 2 miljoonaa pistettä sekunnissa, myös värilliset 3D-pistepilvet onnistuvat HDR-kuvankäsittelyjärjestelmällä. Laitteella pistepilvien luominen onnistuu myös nopeasti, jopa kahdessa minuutissa. Laitte on kooltaan pieni ja kevyt niinpä sen kuljettaminen on helppoa paikasta toiseen. RTC360 3D-laserskannauslaite on myös helppokäyttöinen, joka parantaa tuotettavuutta. Laitteessa on matala melutaso, mikä tuottaa korkealaatuisia skannauksia (Ks. kuvio 13). (Leica RTC360 Product Specifications 2018.)



Kuvio 13. Leica-laserkeilauslaite

Laserkeilaimen tekniset tiedot

Laitteen tarkkuus on ± 1.9 mm - 10 metriin, ± 2.9 mm - 20 metriin ja ± 5.3 mm - 40 metriin. Meluetäisyys ± 0.4 mm - 10 metrin ja $\pm 0,5$ mm - 20 metriin. Nopeus 2 miljoonaa pistettä sekunnissa ja kuvattavan kohteen etäisyys 0.5 m - 130 m. (Leica RTC360 Product Specifications 2018)

Tietokone DELL Precision 7540

Opinnäytetyössä käytetty tietokone on Dell-merkkinen kannettava työasema. Tietokoneessa on Quadro RTX 3000-näytönohjain, 32 GB RAM muisti, 1000GB SSD, Intel core i9 prosessori ja Windows 10- käyttöjärjestelmä. Tämän tietokoneen kokoonpano on luotu raskasta 3D-mallinnusta varten. Tietokoneeseen hankittiin tämän opinnäytetyön aikaan vielä lisämuistia ulkoisen kovalevyn avulla. Kovalevy on 13T:n kokoinen.

4 Toteutus

Toteutus-osiossa käydään läpi työn vaiheita ja menetelmiä, joita on käytetty näiden työvaiheiden yhteydessä. Toteutuksessa kerrotaan laserskannauksesta, skannausohjelmien luomisesta, skannausohjelmien käytöstä, sekä niiden pikaoppaiden tekemisestä ja taustoista. Opinnäytetyössä testattiin eri ohjelmien suorituskykyä, ja tässä luvussa kerrotaan, kuinka se toteutettiin. Työvaiheet noudattivat toimintatutkimusmallia, ja testauksia tehtiin erittäin paljon ohjelmien suorituskyvyn ja tiedostoformaattien tutkimista vasten.

4.1 3D-laserskannaus

Laserkeilaus tulee suorittaa niin, että skannattu materiaali olisi mahdollisimman laadukasta. Laserskannaus tulee tehdä johdonmukaisesti ja siksi siitä tehtiin pikaopas. Pikaoppaassa kerrotaan, kuinka laserkeilaus pitää suorittaa ja mitä täytyy huomioida keilauspaikkaa valitessa. Ohjeen ei ole tarkoitus olla laitteen käyttöopas vaan painotua itse työprosessin suorittamiseen.

4.1.1 3D-laserskannaus ja skannausohjeet

3D-skannausohjeet suunniteltiin, jotta skannaustyö tehtäisiin mahdollisimman tarkasti ja johdonmukaisesti. Ohjeiden tekemisessä tarkoitus oli, että työntekijä, joka lähtee laserkeilaamaan kohdetta voi lukea ohjeet, vaikka matkalla kohteeseen ja saada riittävän käsityksen siitä, mitä tulee skannata ja ottaa huomioon skannaus työtä suunnitellessa. Skannaus ohjeet tehtiin tutkimalla teoriaa, mutta myös haastatteleamalla henkilöitä, jotka ovat tehneet laserskannausta. Haastattelut tehtiin osittain skype:n välityksellä, koska välimatkat olivat suuria.

4.2 Ohjelmien käyttöönotto

Tässä osiossa keskitytään työssä tarvittaviin ohjelmiin ja niiden käyttöönottoon. Ohjelmille tehtiin pikakäyttöoppaat, ja niiden sisällöstä on kerrottu myös tässä osiossa. Työssä tarvittavia ohjelmia vertailtiin ja niiden eroja tutkittiin niin suoritus-, kun käytettävyyssmielessä. Suorituskykyanalyysissä kerrotaan ohjelmien tukemista tiedostomaateista, sekä siitä, kuinka raskaita pistepilviä ohjelmat voivat pyörittää. Oleellista oli myös selvittää, kuinka kauan pistepilvimallien lataaminen kestää kuhunkin ohjelmaan.

Leica Field 360

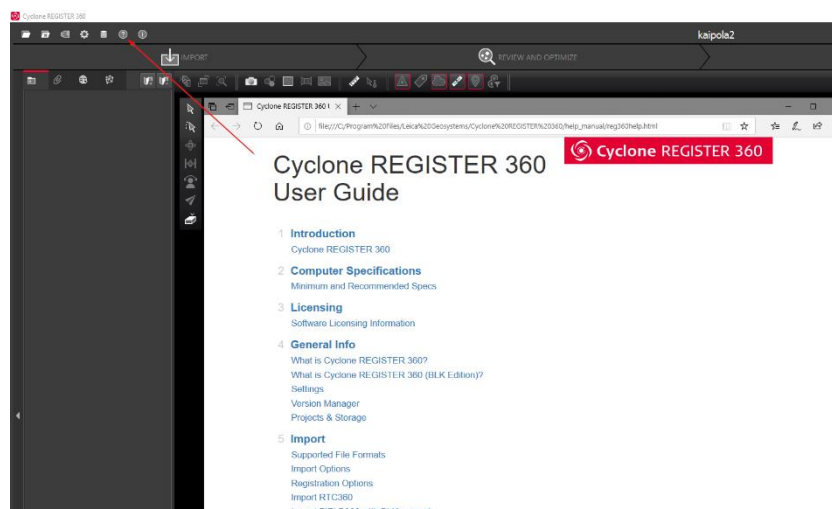
Ohjelman hyötyjä tutkittiin 3D-skannaus prosessin kannalta käytännössä. Ohjelma on sovellus mobiililaitteeseen, joka oli tässä tapauksessa ladattu Apple Ipad merkkiseen taulutietokoneeseen. Ohjelman hyötyjä tutkittiin vertaamalla sitä skannaus työhön, joka oltiin tehty ilman ohjelmistoa. Ohjelman ominaisuuksia selvitettiin testaamalla

ohjelmistoa käytännön työssä. Ohjelman käyttöön ottaminen oli helppoa, koska ohjelman käyttö ei tarvinnut pitkää ohjeistusta. Ohjelman ikonit olivat selkeitä, joten niistä pysty pitkälle päättelemään toimintoja.

Leica Cyclone Register 360

Opinnäytetyössä selvitettiin ohjelmien toimintaperiaatteita, sekä niiden käyttöönottoon liittyviä seikkoja, kuten ohjelmalisenssin käyttöä. Aluksi käyttöön otettiin Leica Cyclone Register 360-ohjelmisto, jolla laserkeilattua materiaalia käsitellään. Uuden ohjelmiston käyttöönotto isossa organisaatiossa oli melko monimutkaista, sillä ohjelman asennuksen tuli tehdä It-henkilö. Lisenssin asennus täytyi tehdä tukiasemaan, josta se voitiin jakaa muille yrityksen koneille. Lisenssin asennuksessa toimi apuna myös Leica:n edustajat, jotka olivat tulleet vierailemaan Jyväskylän toimipisteessä. Leica:n edustaja oli tehnyt opetusvideoita YouTube-kanavalle, josta ohjelman käyttöön ottaminen piti aloittaa. Videoissa kerrottiin käyttövinkkejä, sekä ohjelman ominaisuuksia. Ohjelman käyttöön liittyen oltiin yhteydessä Leica:n edustajaan.

Ohjelmasta löytyi linkki sivustolle, josta löytyi pikakomennot ja kaikkien komentojen tarkoitukset. Sivustolta löytyi myös paljon muuta hyödyllistä tietoa ohjelmasta, kuten tiedostojen avauksesta ja asetusten asettamisesta (Ks. kuvio 14).



Kuvio 14. Cyclone Register 360 ohjelman käyttöoppaan sisältö

Käyttöönoton yhteydessä myös skannauksen laatua tarkasteltiin ja verrattiin pistepilveä valokuvaan samaisesta kohteesta. Kuvasta kyllä erottaa toisen olevan pistepilveä vain, jos todella tarkasti katsoo (ks. kuvio 15).

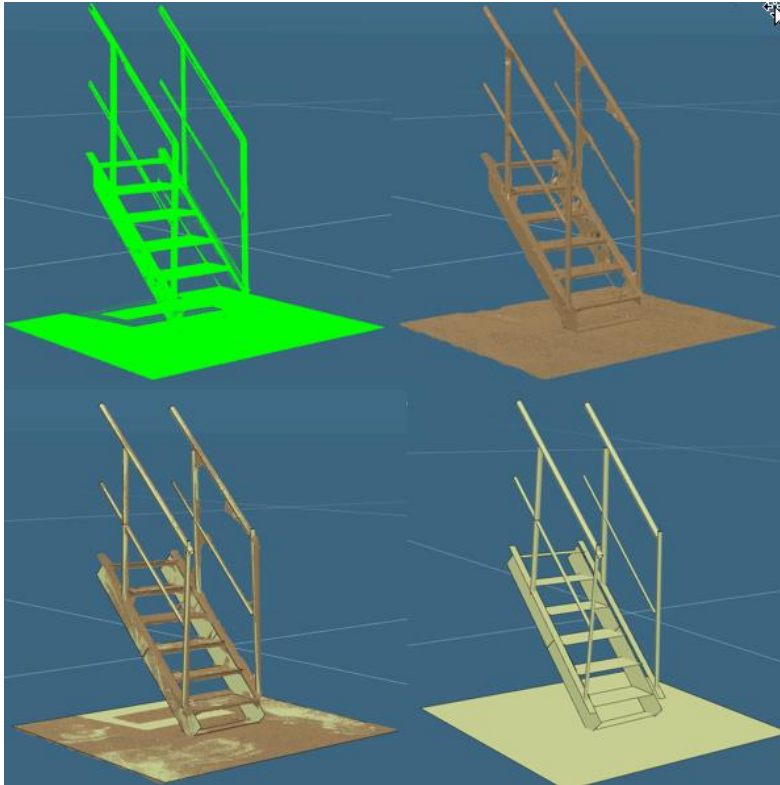


Kuvio 15. Valokuva vs. pistepilvi Cyclone Register 360-ohjelmassa

Delmia PLA ja Catia RPE lisenssit

Catia-ohjelman käyttöönotto tehtiin Delmia-puolelle nimenomaan pistepilvimallien käyttöön tarkoitettuun sovellukseen. Käyttöönotto vaati lisenssin, joka saatiin Valmetin it-puolelta. Sovellus, jossa pistepilveä voidaan tarkastella, on PLA (Plant Layout designer). Catia-ohjelman käyttöönotto aloitettiin heti, kun opinnäytetyön tekeminen alkoi. Käyttöönotossa saatiin apua Valmetin it-osaajalta, joka myös toimi apuna Catia-ohjelmiston ongelmien ratkaisussa, sekä yhteishenkilönä ohjelman ylläpitoon. PLA työtilan puolella tarkasteltiin pistepilvien laatuja, sekä tehtiin suorituskyvyllisiä testauksia. Pistepilvien tiedostomuotoja vertailtiin ja käytössä olevia käsittely työkaluja testattiin. Työssä tutkittiin myös pistepilvien tiedostomuodon muuntamista jatko käsittelemistä varten, joka tapahtuisi toisella lisenssillä.

Työssä tutustuttiin myös RPE (Virtual & Physical Prototyper) lisenssiin ja sen toimintaympäristöön. Pistepilvistä leikattiin palasia, joita käsiteltiin sitten RPE-lisenssin avulla. Vertailua tehtiin tiedostoformaattien laatuja kannalta myös tässä vaiheessa, jotta voitaisiin määritellä uusi työskentelytapa mahdollisimman sujuvaksi. RPE-lisenssin avulla luotiin mesh-malleja pistepilvestä, josta pystyttiin tunnistamaan pintoja ja luomaan niistä pintamalleja. Työssä selvitettiin, kuinka suuria datakokonaisuuksia voidaan käsitellä niin, että ohjelman toimivuus on vielä sulavaa (Ks. kuvio 16).



Kuvio 16. Pistepilvestä mesh-malliksi ja mesh-mallista pintamalliksi

Pintamalien tekemistä tutkitaan myös suoraan pistepilvestä, jolloin mesh-malleja ei tarvita. Pistepilvestä pintamallin luomista tutkitaan, koska mesh-mallin tekeminen ei ole tarpeellista kaikissa projekteissa. Pintamalleja pyritään luomaan pistepilvestä ja selvittämään, kuinka paljon näistä luoduista pintamalleista voisi olla hyötyä suunnittelijoille.

4.2.1 Pikakäyttöoppaat

Leica Cyclone Register 360 Ja Fied 360

Ohjelmalle tehtiin pikakäyttö-opas, jotta pistepilvien parissa työskentelevät ja sen käyttöä aloittavat voisivat tutustua aineistoon ennen varsinaisen työn aloittamista, ja työ voitaisiin aloittaa jouhevammin. Käyttöoppaassa käydään lävitse pintakosketukselta ohjelmatoimintoja niin, että käyttäjä pystyy aloittamaan sen käytön itsenäisesti. Oppaassa esitellään keskeiset komennot ja toimintatavat, sekä tiedoston käsittely ja muutosmenettelyt. Leica Cyclone-ohjelmalla tiedostoa valitessa täytyy miettiä, mihin tarkoitukseen tiedosto tulee, ja millä ohjelmalla sitä tullaan aukaisemaan. Tiedostotyyppien välillä on suuria eroja myös kokonsa puolesta. Leica Field 360-ohjelmistosta

tehtiin myös lyhyt käyttöopas käyttäjälle, jotta tämänkin sovelluksen käyttöönotto onnistuisi uudella käyttäjällä vaivattomasti.

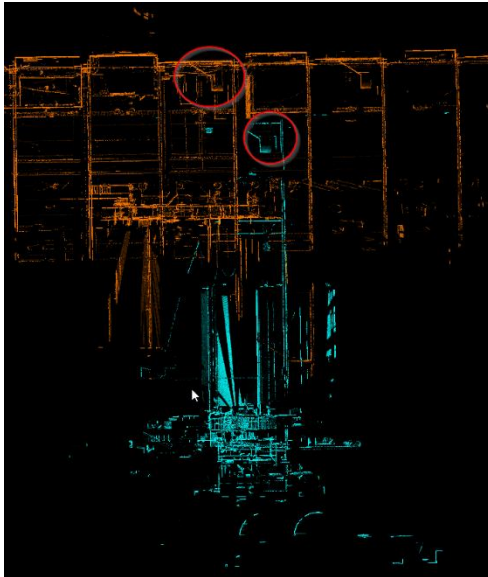
Catia Delmia

Catia-ohjelmisto on suunnittelukäytössä Valmetilla, mutta Delmia:n puolella ei ole aiemmin pistepilvimalleja käytetty. Ohjelmistossa valitaan PLA (Plant Layout Designer) lisenssi. Myös tälle ohjelmalle tehtiin pikakäyttöopas samoista syistä, kun Leica:n ohjelmistoille. Oppaassa näytetään, kuinka tiedosto tuodaan sovellukseen, sekä mitä mahdollisia tiedostoformaatteja voidaan käyttää. Keskeisten työkalujen käyttötarkoitukset on myös kerrottu.

Käyttöoppaan tarkoitus oli, että suunnittelijat, jotka tarvitsevat pistepilvimalleja, voivat lukea pikakäyttöoppaat itsenäisesti ja pääsevät tällä tavoin alkuun ohjelman käytössä. Ohjeet tehtiin kirjallisiksi ja niiden tueksi on otettu kuvakaappauksia ohjelmasta, mikä parantaa lukijaymmärrystä siitä, mitä tulee tehdä.

4.3 Pistepilvien käsittely

Pistepilvien käsittely tehtiin Leica cyclone Register 360-ohjelmalla. Aluksi pistepilvet täytyy asetella oikeisiin asentoihin niin, että ne voidaan yhdistää toisiin kuvattuihin pistepilviin. Pistepilvissä tulee olla yhtäläisyyksiä, eli samoja kuvattuja kohteita, jotta ne on helppo paikoittaa (Ks. kuvio 17). Kun pistepilvien paikoitus löytyi, piti seuraavaksi luoda linkkejä näiden pistepilvien välille.



Kuvio 17. Pistepilvien paikoitus

Seuraavassa vaiheessa, kun kaikki pistepilvet oli saatu yhdistettyä, täytyi alkaa selvittämään, mitkä pisteet voidaan siivota mallista pois. Ylimääräiset pisteet täytyi poistaa pistepilvimallista, jotta malli kevenisi ja selkeytyisi. Ylimääräisiä pisteitä tulee aina, kun kuvataan 360- kameralla, sillä kaikkia kuvattuja pintoja ei tarvita. Pistepilven siivoamisen jälkeen selvitettiin, voidaanko origoa luoda Leica-ohjelmistossa. Lopussa pistepilvistä ohjelma teki raportin, josta käy ilmi pistepilvien päällekkäisyys, sekä tarkkuus. Pistepilvi seuraavaksi vietiin ulos ohjelmasta PTS-, PTX- ja E57- tiedostoformaateina jatkokäsittelyä ja vertailua varten. Pistepilvidata vie paljon muistia. Vaikka tietokoneessa oli lähes teratavu vapaata tilaa, ei se riittänyt pitkälle, joten laserskannausdatalle hankittiin ulkoinen kovalevy, jonne tiedostot voitiin siirtää.

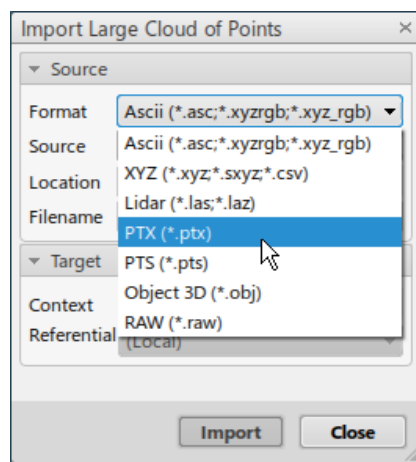
4.4 Suorituskykyanalyysi

Suorituskykyanalyysi tehtiin kaikkiin pistepilviä käsitteleviin ohjelmiin, jossa vertailtiin eri ohjelmien kyky suoriutua eri tyyppisistä kuormituksista. Ohjelmia testattiin muun muassa eri kokoisten tiedostojen lataamisella ohjelmistoon, sekä sen jälkeen niiden avaamisella. Ohjelmien suorituskykyä testattiin myös pistepilven heiluttelulla avaruudessa sisälle pilveen mentäessä ja muokkaustyökaluja käyttäessä. Pistepilven kokoa muutetaan ja sen vaikutukset kirjataan ylös. Tarkoituksena oli jäljitellä normaaleja työtapoja ja sen aiheuttamia kuormituksia, jotta tiedostettaisiin ohjelmien heikkoudet ja vahvuudet suorituskyvylisesti. Lisäksi Catia-ohjelmalla tehdään mesh-malleja,

joista pystytään luomaan taas pintamalleja. Tämän prosessin toimivuutta testataan sekä tutkitaan sen mahdollisuuksia ja suorituskykyä.

4.5 Ohjelmien tiedostoformaatit

Tässä osiossa tutkittiin tiedostoformaatteja ja sitä, mitä mahdollisuuksia eri ohjelmissa on tarjota. Tutkinnassa olivat tiedostotyyppit ja niiden eroavaisuudet. Catia-ohjelmistoon voidaan ladata seitsemää erityyppistä tiedostoformaattia (Ks. kuvio 18).



Kuvio 18. Catia-ohjelmistossa tarjolla olevat tiedostoformaatit pistepilventuontiin

Leican Cyclone-ohjelmistoon voidaan tuoda XYZ, PTS, PTX, LAS, E57, ZFS ja DP- tiedostoja. Cyclone-ohjelmistosta voidaan taas tuoda XYZ, PTS, PTX, E57, DXF, PCI/CWF, DBX JA Land XML -tiedostoja.

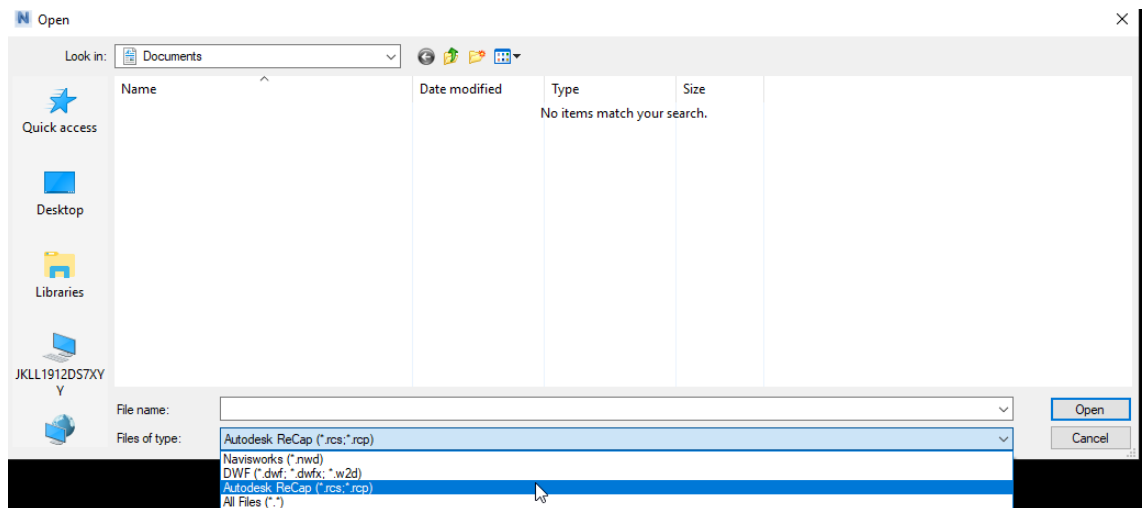
Tiedostotyyppit ovat eri kokoisia, vaikka ne olisivat samasta pistepilvestä muunnettu sillä ne sisältävät erityyppisiä tietoja. Työssä Leica:n ohjelmalla muunnettiin siivottu pistepilvi jatkokäsittelyä varten PTX, PTS ja E57 -tiedostoformaateiksi. PTX formaatin koko oli 58 GB, PTS formaatin 34 GB ja E57 formaatti 25GB.

Autodesk ReCap 360-ohjelmisto tukee useita tiedostoformaatteja (Ks. kuvio 19). Autodesk ReCap 360-ohjelmistolla voidaan myös tuoda RCS, RCP, PCG, PTS, E57, DXF ja DWG tiedostoformaatteja.

All Supported Files (*.rcs;*.fls;*.fws;*.lsp;*.pts;*.ptg;*.pbc;*.zfs;*.zfpri;*.las;*.laz;*.xyz;*.txt;*.c3;*.clr;*.e57;*.rdxb;*.rsp;*.rcp;*.dp;*.prj;*.pcg;*.xyb)
 Autodesk ReCap Scans (*.rcs)
 Faro FLS Files (*.fls)
 Faro FWS Files (*.fws)
 Faro Project Files (*.lsp;*.pts)
 Leica PTG Files (*.ptg)
 Leica PTS Files (*.pts)
 Leica PTX Files (*.pbc)
 Lidar LAS Files (*.las)
 Lidar LASZip Files (*.laz)
 Zoller&Frohlich ZFS Files (*.zfs)
 Zoller&Frohlich ZFPRI Files (*.zfpri)
 Topcon CLR Files (*.clr)
 Topcon CL3 Files (*.cl3)
 E57 Files (*.e57)
 Riegl Files (*.rdxb)
 Riegl Project Files (*.rsp)
 Text Files (*.txt)
 XYZ Files (*.xyz)
 Autodesk ReCap Projects (*.rcp)
 DotProduct Scan File (*.dp)
 Leica Raw Project File (*.prj)
 Autodesk Point Cloud (*.pcg)
 Faro XYB Files (*.xyb)

Kuvio 19. ReCap 360:n tukemat tiedostomuodot

Navisworks Freedom tukee NWD, RCS, RCP ja DWF tiedostoja (Ks. kuvio 20). Navisworks Freedom-ohjelmistoa käytetään katselumallin tarkastelussa. RCP- ja RCS-tiedostomuodot saatiin tutkittuina Leica-ohjelmistosta, sekä ReCap-ohjelmistosta.



Kuvio 20. Navisworks Freedom -ohjelman tiedostomuodot

5 Tulokset

5.1 Skannausohjeet

Ennen skannausta mahdollisuuksien salliessa voitaisiin tutkia tehtaan layout piirustuksia samalla, kun tehdään skannaus suunnitelmaa. Layoutpiirustuksesta voitaisiin hahmotella kuvauspaikkoja esimerkiksi kynää ja viivoitinta avuksi käyttäen.

Tähyksien käyttäminen kannattaa varsinkin silloin, jos pistepilven käsittelee myöhemmin joku toinen henkilö, kun itse skannaaja, kuten haastattelussa ilmeni.

- *-että se jos mä en ole käynyt siellä missä sä oot skannannut, niin se helpottaa mua, et ahaa toi palkki on sama kun tuossa toi palkki. (Suunnitteluassistentti)*

Eri kerroksissa voi olla todella erinäköistä, joten tähyksien käyttäminen helpottaa löytämään kohteet pistepilviä yhdistäessä. Tähyksin käyttömäärä on täysin paikasta riippuvainen.

3D-skannauksen laatuun vaikuttavia tekijöitä tulee tarkastella skannaussuunnitelmaa laatiessa, samoin laatuun vaikuttavia tekijöitä. 3D-skannauksen laatuun vaikuttavat kaikki ylimääräinen tavara mittausalueella sekä liike.

- *-Kaikki ylimääräinen rompe siellä, liike jos joku kävelee siitä edestä. Pitäis olla koneet seis, että kaikki liike sotkee sitä. (suunnitteluassistentti)*

Valkoiset tähykset sekä kirkkaat pinnat voivat aiheuttaa pistepilven laadun heikkene- mistä.

- *-Jos käyttää niitä tähyksiä, niin niissä on varsinkin se vaara et niistä tulee sem- mosia hohtavia, et siinä mielessä se valkonen väri ei ole kyllä ihan kovin jär- kevä siinä, kun niistä tulee sellasia aurinkoja sitten jos niihin osuu. (suunnitte- luassistentti)*

Skannauspaikkaa valitessa kannattaa siis kiinnittää huomiota valoihin, sekä ympärillä oleviin pintoihin. Skannaustyössä on tärkeää, että yhdenmukaisuuksia löytyy erillis- ten pistepilvien väliltä selvästi, koska se helpottaa pistepilvien yhdistämistä myöhem- min. Mitä enemmän päällekkäisyyksiä on pistepilvissä, sitä paremmin ne voidaan yh- distää ja pistepilvestä tulee tarkempi.

5.2 Ohjelmien suorituskyky

Tässä osiossa käydään läpi suorituskyvylliset seikat eri ohjelmien välillä ja vertaillaan niiden ominaisuuksia suoriutua pistepilvidatan käsittelystä. Testit tullaan tekemään aiemmin mainitulla tietokoneella, jonka kokoonpano on myös ilmoitettu otsikon ”3.7.2 Tietokone” alla. Vertailua tehtiin ohjelmien välillä muun muassa tiedostojen aukaisuaikojen, sekä itse datan käsittelyn suhteen. Työssä testattiin miten ohjelmat kestävät rasitusta, tuleeko ohjelmien kaatumisia, ja mikä on maksimaalinen tiedosto- koko, jota on vielä järkevää käsitellä. Lopuksi ohjelmia on vertailtu keskenään ja

nämä on pisteytetty suorituskyyvyn mukaan. Vertailun hahmottamisenvuoksi tehtiin Excel taulukko pisteytyksestä, josta käy ilmi ohjelmien pisteytys osa-alueittain (ks. taulukko 1-2).

Taulukko 1. Suorituskyyvypisteitys

		Pisteet			
		CATIA	Navis simulate	ReCap	
Visuaalisuus		2	1	3	
Suorituskyyky		2	2	2	
Muokkaus ominaisuudet		3	1	2	
Importtaus		2	3	3	
Exporttaus		1	2	2	
YHT:		10	9	12	

Pisteytys perustuu saman tiedostokoon käsittelyyn ja tulokset saattavat hieman muuttua, jos testaus tehtäisiin huomattavasti suuremmilla tiedostoilla.

Taulukko 2. Latausaika ja värit

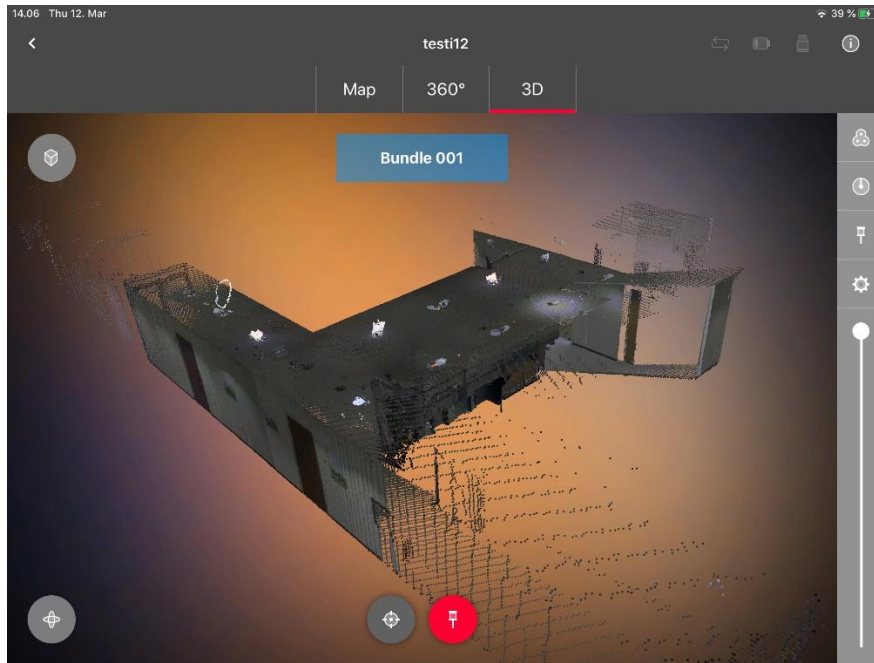
Ohjelma		Latausaika (h)			Värit			
		Koko (GB)	PTX	E57	PTS			
Catia		1,5	Ei tue		1	Kyllä		
Navis simulate		0,5	Ei tue		1	Ei		
ReCap		1	1	1	1	Kyllä		

Testauksessa käytettiin PTX-, E57- ja PTS-formaatteja. Navis simulate ei tue värejä näillä formaateilla, mutta värit saa RCP ja RCS-formaateissa.

Field 360

Ohjelmisto oli käytännöllinen ja nopeutti skannaus prosessia. Sovelluksella voitiin tehdä esirekisteröinti pistepilvien välille skannaustyön edetessä. Esirekisteröinti helpotti lopullista rekisteröintiä, joka tehdään tietokoneella, koska rekisteröitäviä pistepilviä on vähemmän. Ilman Field-ohjelmistoa jouduttaisiin jokainen pistepilvi liittämään tietokoneella yksitellen. Ohjelmistolla on kuitenkin hankalampi tehdä rekisteröintiä, jos pistepilvissä on päällekkäisyyttä vähän. Taulutietokoneella käytettävyys ei

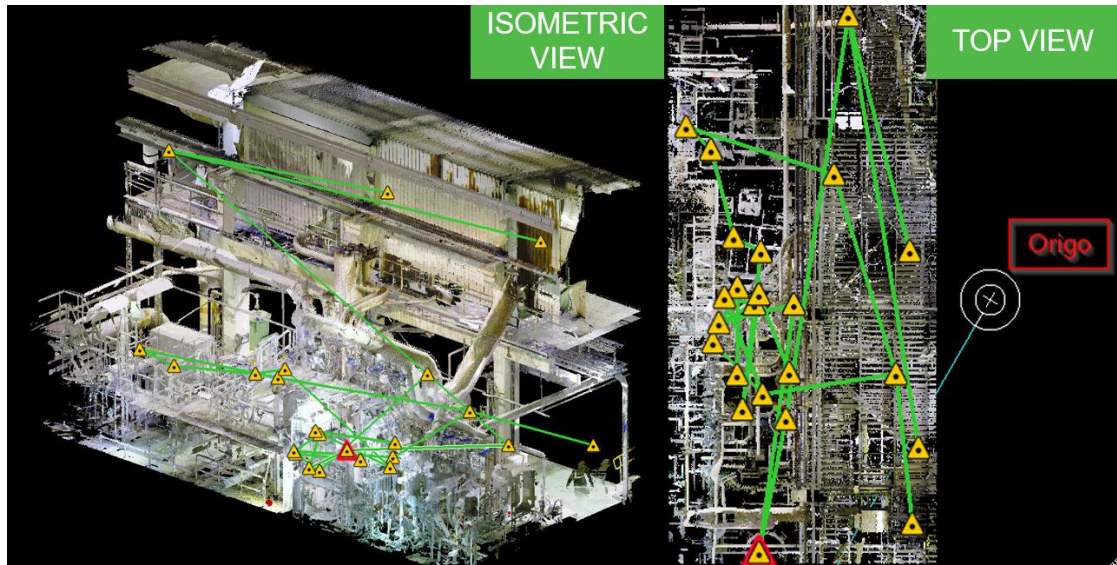
ole yhtä hyvää, mitä se on tietokoneella. Ohjelmistosta voidaan katsoa 360 kuvia, sekä pistepilviä heti skannauksen jälkeen (ks. kuvio 21). Näiden ominaisuuksien ansiosta pystytään heti tarkistamaan tuliko skannaukseen kaikki se tieto mitä oltiin ha-
luttu.



Kuvio 21. Ipad Field 360 -ohjelmalla tehty pistepilvi

Cyclone Register 360

Ohjelma oli miellyttävä käyttää visuaalisesta näkökulmasta katsottuna. Ohjelma kaatui pistepilvettä käsitellessä noin kerran, tai kaksi päivässä. Ohjelma kuitenkin aukesi aina nopeasti kaatumisen jälkeen. Ohjelmassa pystytään valitsemaan, tuodaanko siivotut pisteet tiedoston ulosviemisen yhteydessä vai ei. Ominaisuus ei kuitenkaan toiminut ainakaan PTX-formaatin kohdalla, sillä oli tämä käytössä tai ei oli tiedosto siivoamaton toisessa ohjelmassa avatessa. Ohjelmistossa ei ollut takaisin komentoa, joka oli aika suuri miinus käytettävyydessä, koska jos poisti jotain vahingossa, oli se ladattava uudestaan ohjelmistoon. Origo voitiin luoda ohjelmistossa, sekä linjata pistepilven suunta. Origo, jonka voi ohjelmistossa luoda on melko epätarkka, koska sen voi luoda vain ylhäältäpäin katsottuna. Origo on ohjelmassa pyöreä merkki, jonka voi siirtää kohtaan, johon sen haluaa. Origo kulkee tiedoston mukana ohjelmasta toiseen. Pistepilven keskelle ei siis voida luoda origo, jos se vaikka haluttaisiin jonkun paperikoneen telan keskiöön (Ks. kuvio 22).



Kuvio 22. Origon asettaminen Leica Cyclone Register 360 -ohjelmistossa

Catia-ohjelmisto

Catiaan vei noin puolitoista tuntia ladata 58 GB:n kokoinen pistepilvi tiedostomuodon ollessa PTX. Tämä pistepilvien lataaminen ohjelmaan kuormittaa enimmäkseen prosessoria, mikä hidastaa tietokoneen käyttöä. Vertailua tehtiin muun muassa myös PTS-tiedostomuodolla, jossa tiedostokoko oli noin 36 GB. Tämän lataaminen vei noin tunnin.

Catia-ohjelmistossa törmättiin ongelmiin, kun PTX-tiedostoformaattit eivät auenneet oikein, vaan pistepilvet olivat päällekkäin kasassa. Catia-ohjelmisto ei lukenut tiedostosta paikka dataa. Ongelmaa ei ilmennyt PTS-tiedosto formaateissa. Catia ohjelmisto suoriutuu hyvin vielä pistemäärän ollessa $9,6 \times 10^6$ miljoonaa. Ohjelman käyttö oli melko sulavaa vielä tämän kokoisilla tiedostoilla. Toki pistepilven käsittely oli hitaampaa, kun keskikokoisen 3D-mallin pyörittely ja muokkaus. Tulee kuitenkin muistaa, että tässä työssä käytetty tietokone on kasattu kyseisiä töitä varten eikä näitä suorituskykyjä voida verrata muihin, kuin vähintään yhtä tehokkaisiin työasemiin. Catia-ohjelmaan ladattu pistepilvi voidaan tallentaa ohjelmaan, jolloin sen uudelleen avaaminen ei kestä kauaa.

Navisworks-ohjelmistot

Navisworks Simulate -ohjelmaan 58 GB:n tiedoston lataus kesti noin puolitoista tuntia, mikä on sama aika Catia-ohjelmiston kanssa tiedoston ollessa PTX-muodossa. Navisworks loi ensimmäisen avauksen jälkeen tiedostosta NWC-tiedoston, joka on ohjelmiston oma tiedostoformaatti. Tämän uudelleen avaaminen ei kestä kuin joitakin minuutteja. Pistekoolla oli merkitystä suorituskyvylisesti, sekä mallin selkeyden kannalta. PTS- ja PTX-formaatit aukesivat Navisworks-ohjelmassa ilman värejä ja hahmottaminen oli hankalaa. Leica-ohjelmasta ReCap-ohjelmistoon viety PTS-, tai PTX-formaatti voitiin muuntaa ReCap-ohjelmistolla RCS-, tai RCP-formaatiksi, jolloin Navisworks-ohjelmisto avasi tiedoston oikein, jolloin myös värit tulivat näkyviin.

Autodesk ReCap-ohjelmisto

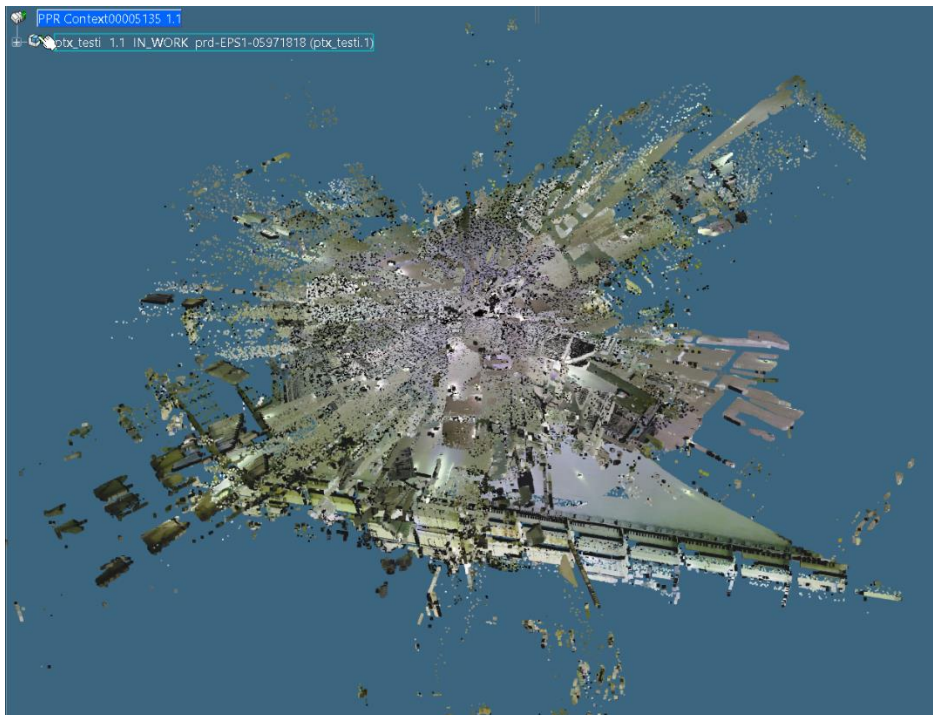
ReCap-ohjelmistoon tuotiin vertailun vuoksi myös 58 GB:n kokoinen pistepilvi, ja sen lataaminen ohjelmistoon PTX-muodossa vei noin kaksi tuntia. Tämä kesti siis hiukan kauemmin, kun Catia-ohjelmassa.

Autodesk ReCap-ohjelmistoon avattiin vertailun vuoksi myös sama PTS-tiedosto, kuin Catia ohjelmistoon. Lataus kesti melkein yhtä kauan, eli noin tunnin, mutta pistepilvi oli selkeämmin luettavissa, kun Catia-ohjelmalla avatessa. Pistepilven käsittely ja tarkastelu tuntui hieman paremmalta ReCap-ohjelmalla, kun Catia-ympäristössä, koska värit ja visuaalisuus toimi paremmin. ReCap-ohjelmistossa ei myöskään ollut havaittavissa pisteiden katoamista, kun pistepilveä tutkittiin lähempää, toisin kuin Catia-ohjelmistossa.

Leica-ohjelmistosta tuotu PTS-formaatti aukesi ReCap-ohjelmistossa oikein ja, kun tämä PTS-formaatti vietiin Catia-ohjelmistoon sen, laatu oli parempi kuin suoraan Leica-ohjelmistosta Catia-ohjelmistoon viety tiedosto. PTX-formaatti Leica-ohjelmistosta onnistuttiin lataamaan oikein ReCap-ohjelmistoon, jonka jälkeen tiedosto voitiin muuntaa PTS-formaatiksi. PTS-formaatti saatiin Catia-ohjelmistossa auki, mutta tämän laatu vastasi samaa, kun Leica-ohjelmistosta PTS-formaatti suoraan Catia-ohjelmistoon vietyinä. Pisteet siis vähenivät, kun pistepilven sisälle mentiin ja näin visuaalisuus on heikohkoa.

5.3 Tiedostoformaatit

PTS-formaatti oli kevyempi, kuin PTX-formaatti, mutta ei yhtä kevyt, kun E57-formaatti. PTX-formaatti on Catia-ohjelmistossa hieman selvempi pisteiden esityksen kannalta, mutta Catia-ohjelmistossa saadaan avattua vain yksittäisiä pistepilviä PTX-formaatin muodossa. Yhtenäistä isoa pistepilvää Catia-ohjelmistoon tuodessa huomattiin, että PTX-formaatti ei toimi vaan yksittäiset pistepilvet menevät päällekkäin ja paikka data menee sekaisin (ks. kuvio 23).



Kuvio 23. Pistepilvi PTX-formaatissa

PTX-formaatin pisteet näkyvät selkeästi ja pysyvät zoomatessa, kun taas PTS-formaatissa pisteet katoavat kauemmas zoomatessa joiltain osin. Tämä on kuitenkin vähäistä ja laatu pysyy riittävänä myös PTS-formaatissa. Ongelma johtuu Leica-ohjelmistosta, koska jos tiedosto viedään ensin ReCap-ohjelmistoon ja sieltä Catia-ohjelmistoon tämä ongelma poistuu. PTX-formaatissa tämä ongelma taas ilmenee, jos PTX-formaatti viedään ensin ReCap-ohjelmistoon ja sieltä Catia-ohjelmistoon. Parhaiten toimiva tiedostomuoto on PTS, joka valikoitui Catia käyttöön (ks. kuvio 24). PTS-

formaatti on karsitumpi versio PTX-formaatista, joten se on myös pienempi tiedostomuoto ja näin myös parempi käsitellä. E57-formaatti taas on ReCap-ohjelmisto käyttöön, koska sisältää myös 360 valokuvat.



Kuvio 24. Pistepilvi PTS-formaatissa

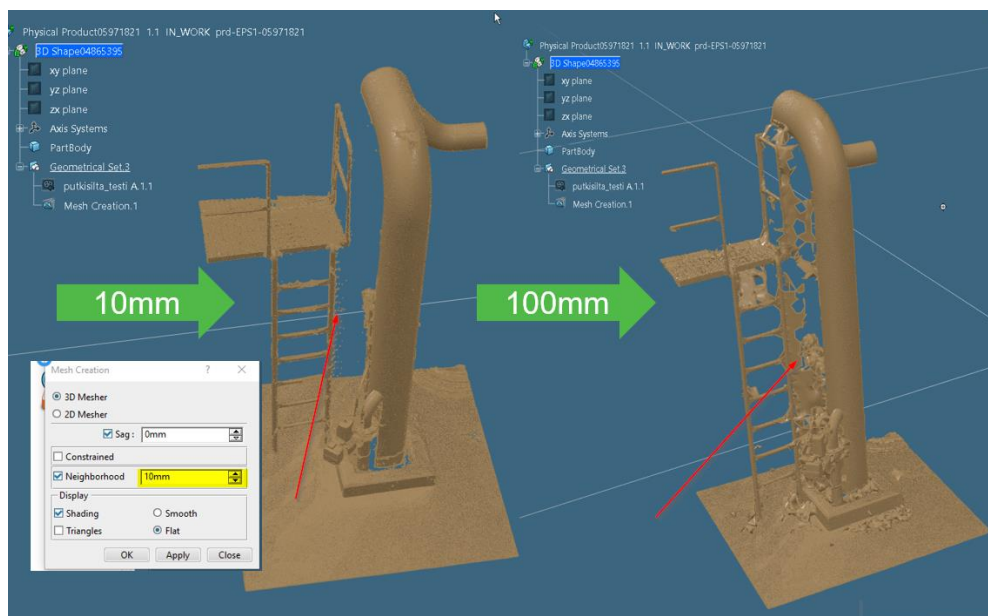
5.4 Mesh-mallin tekeminen pistepilvestä ja pintamallinnus

PLA-lisenssin puolelta tuodut pistepilvet voitiin tuoda, joko XYZ- tai ASCII-formaatteina RPE-lisenssin puolelle. Tuonti vaiheessa voitiin vielä vaikuttaa pisteiden laatuun, sekä määrään. Mesh-malleja saatiin luotua Catia-ohjelmalla pistepilvistä, RPE-lisenssin avulla. Mesh-mallit muuttuivat nopeasti raskaaksi käsitellä, ja tämä ilmeni ohjelman muuttuessa hyvin hitaaksi. Ohjelman hidastumista pystytään kuitenkin kontrolloimaan tekemällä pistepilvistä pintamalleja pienissä osissa, ja käsittelemällä yhtä pientä osaa kerrallaan, jolloin suorituskyky paranee. Pistepilven pisteiden näkyvyyttä voidaan myös muuttaa asetuksista, jolloin sen käsittely helpottuu, koska malli keventyy (Ks. kuvio 25).



Kuvio 25. Pistepilvessä Sampling % vaikutus RGB-ASCII ASCII-formaatti

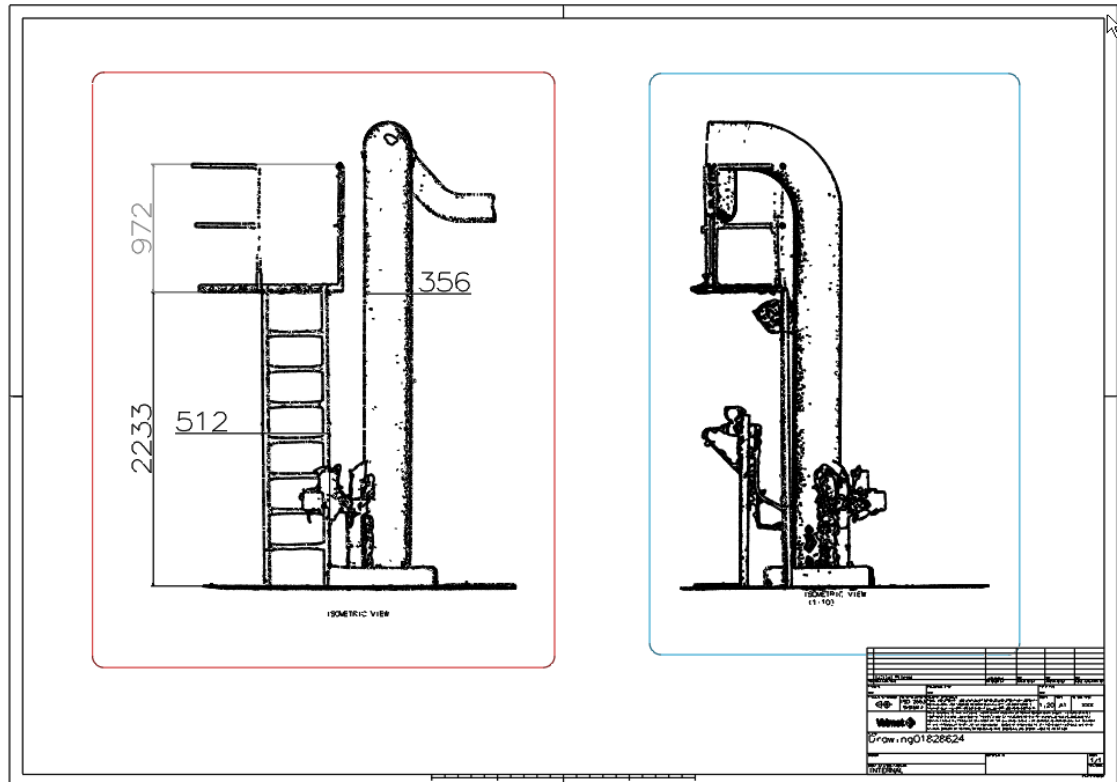
Mesh-mallin tekemisessä suurin vaikutus sen laadulle oli kolmioverkotuksen koko, jonka pystyi määrittellä ohjelmassa. Suurella (naapuri)arvolla saatiin toisistaan etäällä olevienkin pisteiden välille luotua mesh-pintaa, mutta tämä myös aiheutti yleisen laadun heikkenemistä, koska (naapuri)arvoa kasvattamalla mesh-pintaa tuli väärienkin muotojen välille (Ks. kuvio 26).



Kuvio 26. Mesh neighborhood arvon vaikutus

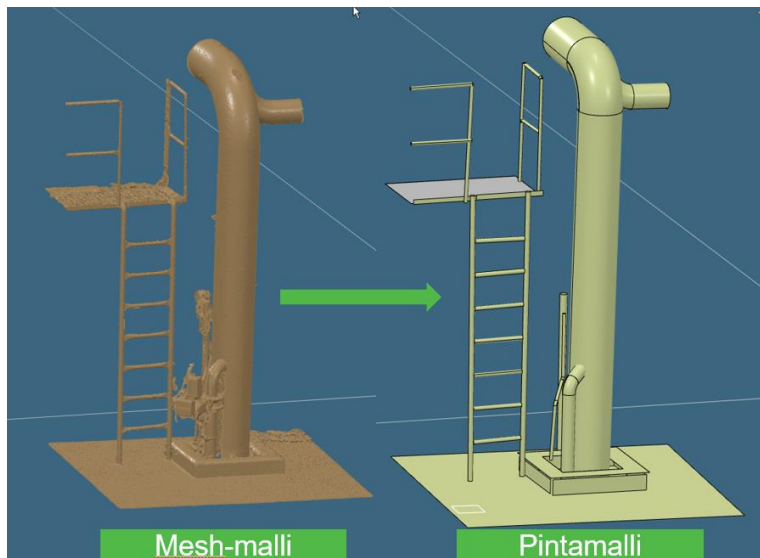
Ohjelmaan pistepilven tuontivaiheessa RPE puolella voidaan määrittää myös näytteen prosentuaalinen arvo-sampling, joka määrittää pisteiden määrän pistepilvessä.

Tämä oli oleellinen arvo laadun ja käsittelyn kannalta, sillä sitä pienentämällä esimerkiksi 100 prosentista 10 prosenttiin oli käsiteltävyydessä suuri ero. Pienemmällä prosenttiarvolla saatiin mesh-malleista helpommin hallittavia, ja ohjelma tuotti mallit huomattavasti nopeammin. Laatu heikkeni vain niiltä alueilta, jossa oli ennestään vähän pisteitä. Mesh-malli pystyttiin tuomaan myös piirustusarkille, josta voidaan ottaa suuntaan antavia mittoja (Ks. kuvio 27).



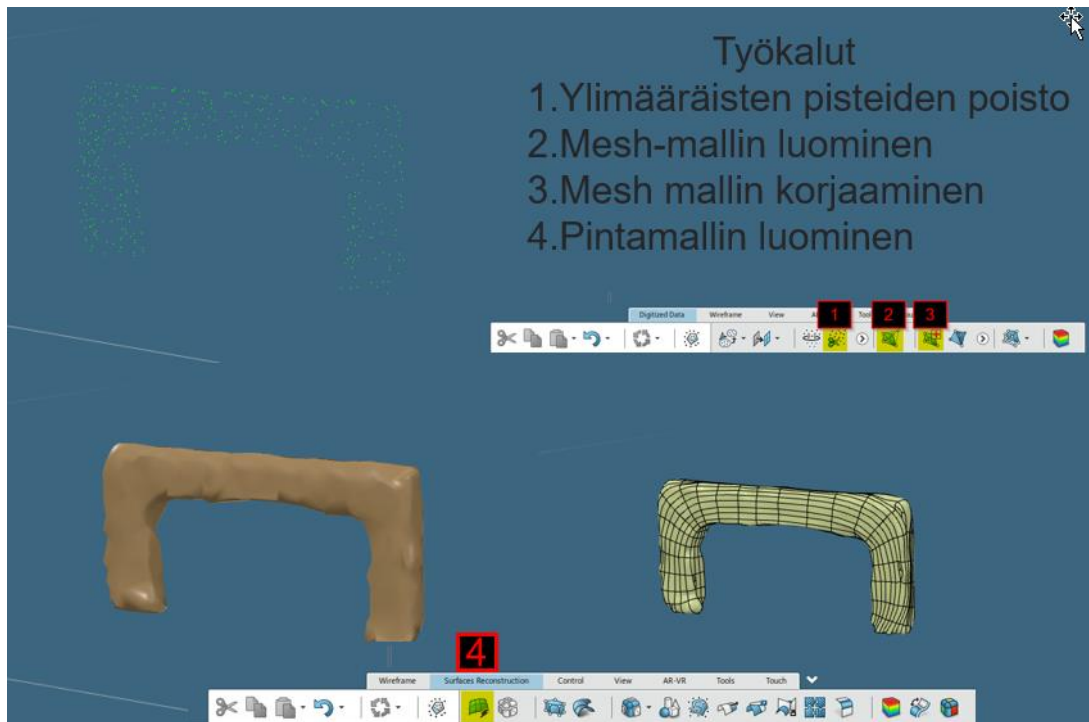
Kuvio 27. Suuntaa antava mitoitus mesh-mallista

Catia-ohjelmistolla luodusta mesh-mallista pystyttiin tunnistamaan pintoja, joista voitiin luoda pintamalleja. Pintamallien luominen mesh-mallista onnistui käyttämällä RPE-lisenssiä. Pintamallit olivat huomattavan paljon kevyempiä, kuin mesh-mallit ja pistepilvet (Ks. kuvio 28).



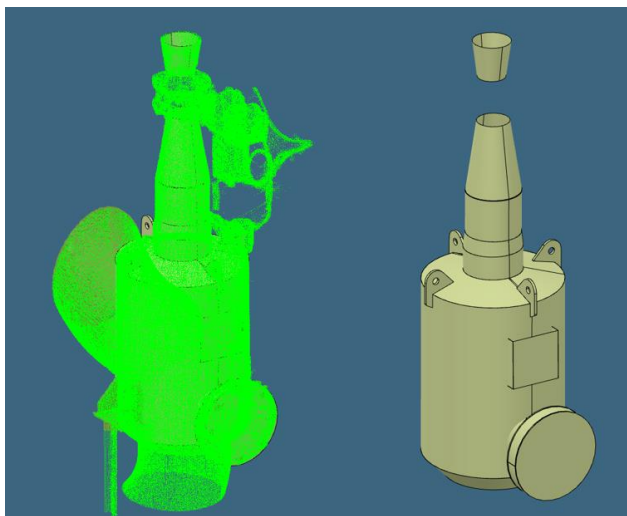
Kuvio 28. Mesh-mallista pintamalliksi Catia-suunnitteluohjelmassa

Mesh-mallista voitiin luoda myös monimutkaisempia pintoja kuten kaarevia malleja. Tämä vaati tiheämmän pistepilven, kun mitä suurten kappaleiden mallintamisessa käytettiin. Kappalekoon ollessa pieni ei mesh-mallista tule raskas, vaikka pisteitä olisi tiheästi, koska suhteessa suurempaan malliin ei pisteiden kappalekoko kasva liian suureksi. Mesh-mallin tulee olla siisti, eikä siinä voi olla suuria piikkejä, jotta pinta voidaan luoda mallin perusteella. Mesh-mallia voidaan Catia-ohjelmistossa korjata ja siistiä siihen tarkoitukseen luodulla työkalulla. Tämän tekeminen auttaa löytämään ongelmakohtia mesh-mallista, sekä korjaamaan niitä. Työkalu soveltuu paremmin käsin skannattujen pienten alueiden mallintamiseen, kun laserkeilatun alueen mallintamiseen (ks. kuvio 29).



Kuvio 29. Kaarevanpintamallin luominen Catia-suunnitteluohjelmassa

Pintamalleja onnistuttiin luomaan myös ilman mesh-mallia, jolloin yksi työvaihe jäi pois. Ilman mesh-malleja suunnitteluprosessi nopeutui, sillä mesh-mallin luominen kesti minuuteista tuntiin riippuen käsiteltävän alueen koosta. Myös ohjelman hallinta ja suorituskyky oli parempaa, kun mesh-mallia ei luotu, sillä pistepilvet olivat kevyempiä käsitellä, kun mesh-mallit (Ks. kuvio 30).



Kuvio 30. Pistepilvestä tehtyä pintamalli Catia-suunnitteluohjelmassa

5.5 Toimintatapa

3D-skannaus projektia aloittaessa on tutustuttava huolellisesti skannausohjeisiin ja noudatettava niitä. Ohjeiden noudattamisella päästään parempaan lopputulokseen ja välttyään turhilta työvaiheilta, kuten skannaus järjestyksen ja paikkatietojen selvityksiltä pistepilveä käsiteltäessä myöhemmässä vaiheessa.

3D-skannauksesta saatu raakadata tallennetaan verkkolevyille niille tarkoitettuun sijaintiin. Data siirretään, joko ulkoiselle kovalevyille tai koneen omalle kiintolevyille, kun sitä aletaan käsittelemään. Verkkolevyjen kautta tehdyssä työssä data saattaa vaurioitua. Raakadata käsitellään Leica Cyclone Register 360-ohjelmistossa, jonka käyttämiseen on luotu lyhyt käyttöopas. Ohjelmiston luomadata määrätään tallentamaan ulkoiselle kovalevyille. Pistepilvet rekisteröidään ohjelmistossa luomalla linkit yksittäisten pistepilvien välille, jotta saadaan yksi kokonainen pistepilvi. Pistepilvi tulee siivota ylimääräisistä pisteistä, kuten mittaukseen tulleista henkilöistä ja mittausalueen ulkopuolelle jääneistä pisteistä. Lopuksi pistepilvidata viedään ohjelmistosta ulos E57- ja PTS-formaatteina.

PTS, tai E57 tuodaan ReCap-ohjelmistoon riippuen siitä, tarvitaanko 360 valokuva-dataa. ReCap-ohjelmistossa luodaan pistepilvestä RCS-formaatti Nawisworks-ohjelmistoa varten. Mikäli kyseessä on erittäin suuri pistepilvi, datakoon ollessa useita satoja GB:n kokoisia tiedostoja. Kannattaa tiedosto viedä ensin ReCap-ohjelmistoon ja viedä sieltä Catia-ohjelmistoon paloiksi jaettuna. PTS-formaatti voidaan viedä Catia-ohjelmistoon jatkokäsittelyä ja hyödyntämistä varten. Osakokonaisuuksia voidaan viedä myös Leica Cyclone Register 360-ohjelmistosta PTS-formaatteina Catia-ohjelmistoon.

Catia-ohjelmistoon pistepilven lataamiseen vaaditaan PLA-lisenssi. Catia-ohjelmiston käytöstä pistepilvien käsittelyä varten on luotu myös käyttöopas, jonka avulla käyttäjä pääsee alkuun suunnittelutyössä. Catia Delmia-ohjelmistossa pistepilvi jaetaan pienempiin osakokonaisuuksiin, jotka voidaan myöhemmin tallentaa käyttäjän asettamaan kohteeseen, joko ASCII-, tai XYZ-formaatteina. Tallennettu tiedostoformaatti

avataan Catia-ohjelmistossa uutena osana, johon tarvitaan, RPE-lisenssi. RPE-lisenssin avulla voidaan pistepilvestä luoda mesh-malleja ja pintamalleja.

6 Jatkokehitys

Jatkokehitystä ja tutkintaa Catia-ohjelmistosta löytyy pistepilvien hyödyntämisen osalta paljon. Tässä opinnäytetyössä ei käsitelty kaikkia työkaluja ja mahdollisuuksia Catia-ympäristössä. Jatkotutkimusta voisi tehdä pintamallien hyödyntämisestä myös työpiirustuksien tekemiseen, sekä tutkia mitä mahdollisuuksia voisi vielä hyödyntää pistepilvistä suunnitteluohjelmistossa. Myös 360-kuvien tuomista Catia-ohjelmistoon voitaisiin tutkia, sillä tästä voisi olla hyötyä tehdassuunnittelun kannalta.

3D-skannatun materiaalin 3D-tulostaminen voisi olla myös tulevaisuudessa tutkimisen arvoinen seikka, sillä Valmetilla käyttöön otettu RPE-lisenssi antaa mahdollisuudet tämänkin toiminnan tutkimiseen. Tällä menetelmällä voitaisiin luoda nopeasti prototyyppisiä tuotekehitykseen, sekä kehittää 3D-tulostamisen prosessia. Pistepilvestä tai mesh-mallista tarkkojen pintojen tekemistä voitaisiin tutkia tarkemmin, koska Catia-ohjelmistossa on laajat mahdollisuudet näiden tarkasteluun. Näitä ominaisuuksia voitaisiin hyödyntää koneenosien mallintamisessa, sekä työkuvioiden tekemisessä.

Jatkotutkimusta voitaisiin tehdä siitä, mikä pistepilvien käsittely ohjelma on paras mahdollinen niin ajansäästämisen, kun suorituskyvyn kannalta. Myös hintoja ohjelmien ja lisenssien välillä voitaisiin vertailla, jotta pistepilvien käsittelyprosessista saataisiin mahdollisimman hallittu alusta loppuun. Tutkimusta Leica-ohjelmiston lisäosien mahdollisuuksista voitaisiin selvittää. Voitaisiko mesh-malleja tehdä joillakin Leica-ohjelmiston lisenssillä ja olisiko mahdollista myös tehdä pintamalleja jollakin Leica:n lisenssillä.

Tiedostojenlataus ohjelmistoihin tapahtuu ulkoisen kovalevyntä kautta, koska se on nopeintapaa tällä hetkellä. Tiedostojen ollessa ulkoisella kovalevyllä niiden yhteinen

käyttäminen suunnittelijoiden välillä on haastavaa, koska kovalevyä joudutaan kuljettaa työpisteiltä toisille. Tätä tiedonkäsittelyä voitaisiin tutkia löytyisikö jokin toinen toimintatapa, jotta kaikki tiedostot olisivat kaikkien saatavilla helposti.

7 Pohdinta

Tietoperusta pohjautuu pitkälti artikkeleihin, sekä laite- ja ohjelmistovalmistajien tuottamiin teksteihin. Kaikissa artikkeleissa ei ollut ilmoitettu tekstin kirjoittajaa, joten on mahdotonta olla täysin varma lähteen luotettavuudesta. Aihe on vielä sen verran uusi näillä mittakaavoilla, että tietoperustaa on vähän. Työn edetessä toteutus vaiheeseen pystyi kuitenkin hahmottamaan teoriasta opitut käsitteet ja tunnistamaan lähdetekstien tiedot täsmäävän toteutukseen. Opinnäytetyössä on käytetty lähteitä monipuolisesti, jotta erotetaan poikkeava informaatio.

Suorituskyvylisiä tuloksia voidaan verrata vain samantasoiseen laitteistoon. Lataukset ohjelmistoihin kestivät keskimäärin saman verran toisessa toimipisteessä tehdyissä kokeiluissa. Suorituskykyä voitaisiin parantaa vieläkin tehokkaammalla työasemalla. Ohjelmistojen käyttöönotossa onnistuttiin melko hyvin, kehitettävää kuitenkin olisi vielä Leica-ohjelmistojen osalta. Ohjelmisto on uusi ja siinä itsessäänkin on varaa kehittämiselle paljon. Tämä kävi ilmi keskustellessani Elomatic Oy:llä työskentelevien pistepilviin erikoistuneiden henkilöiden kanssa.

Työn aikana ilmeni, kuinka tärkeää oli hyvät kommunikaatioväylät. Opinnäytetyöprosessissa käytettiin seuraavia väyliä kommunikointiin: Skype, Teams ja Outlook. Ilman tehokasta viestintää ja tiedonvälitystä opinnäytetyö olisi varmasti ollut haastavampi toteuttaa. Pistepilvien tiedostoformaatteja on paljon, ja eri ohjelmat tukevat eri formaatteja. On olemassa vain muutama tiedostoformaatti, jota useimmat ohjelmat tukevat. Tämä vuoksi oli tärkeää miettiä mitkä ovat ne tiedostomuodot, joiksi tallennettava data tulisi muuttaa. Mielestäni näiden pistepilvien käsittelyohjelmissa olisi vielä jatkokehittämistä käyttäjäystävällisemmiksi. Varsinkin Leica:n ohjelmisto oli yksinkertainen käyttää, mutta työkaluja käsittelyyn olisi voinut olla enemmän. Ohjelma myös kaatui pari kertaa pistepilveä käsitellessä, eikä se antanut mitään virhettä tätä

ennen. Ohjelma kuitenkin tallensi koko ajan projektia, joten muutokset eivät hävinneet ja ohjelman sai nopeasti taas auki. Työssä aikaa kului paljon tiedostojen muuntamisprosessissa ja tietokone piti monesti jättää työpäivän jälkeen tekemään tiedostotformaatin muutoksia. Datan lataaminen käsittelyohjelmiin oli myös hyvin hidasta, sillä se kesti yleensä yhdestä kolmeen tuntia. Tämä hidasti opinnäytetyön tekemistä muilla osa-alueilla, joten kirjoitusprosessia ja muuta taustatyötä tehtiin paljon etänä. Pistepilvimallit ovat todella raskaita, jopa 200 GB:n suuruisia, ja näin suurien tiedostojen käsittely vie aikaa jopa tehokkailta tietokoneilta. On mielenkiintoista jäädä seuraamaan tietokoneiden kehitystä, ja kuinka tällaiset aikaa vievät työt pystytään joskus hoitamaan nopeammin. Vaikka tietokoneessa oli uusi i9-prosessori, se oli 100-prosenttisessä käytössä aina, kun pistepilviä ladattiin esimerkiksi Catia-ohjelmaan. Uskon, että jossain vaiheessa tulevaisuudessa, kun kvanttietokoneet alkavat olemaan stabiileja ja yritysten käytössä, nämä laskentaa vaativat työvaiheet helpottuvat. Kvanttietokoneella oli pystytty tekemään tehtävä 200 sekunnissa, joka olisi vaitunut nykypäivän supertietokoneelta 10 000 vuotta. Tietoa näistä laskentatehoista kuulin tiedeykkönen podcastista. Maailmassa jylläävällä COVID-19 viruksella oli merkitystä työn etenemiselle, koska lähes kaikki olivat etätöissä ja työskentelykotoa aiheutti omat haasteensa.

Lähteet

About Creating 3D Meshes. 2019. Artikkelit Autodeskin sivustolla. Viitattu 25.2.2020.
<https://knowledge.autodesk.com/support/autocad/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/AutoCAD-Core/files/GUID-A6232957-5039-4AB7-8B1D-8FD0AD98F77B-htm.html>

Chougule, V.N., Gosavi, H.S., Dharwadkar, M.M. & Gaiind, A.A. 2018. Review of Different 3D Scanners and Scanning Techniques. 7th National conference on Recent Developments In Mechanical Engineering RDME-2018, 41-44. Viitattu 10.1.2020.
<http://iosrjen.org/Papers/RDME-2018/Volume-2/8.%2041-44.pdf>

Ciępka, G. 2016. What is a point cloud?. Blogikirjoitus 3Deling sivustolla. Viitattu 14.1.2020.
<https://www.3deling.com/whta-is-a-point-cloud/>

Coppinger, J. 2019. Autodesk ReCap What is it, really. Artikkelit Lifewire-sivustolla. Viitattu 28.1.2020.
<https://www.lifewire.com/autodesk-recap-485205>

Delmia. N.d. Tietoa Delmia-ohjelmistosta TECHNIA:n sivustolla. Viitattu 10.1.2020.
<https://www.technia.us/software/delmia/>

Flynt, J. 2019. What is 3D Scanning?. Artikkelit 3DINSIDER sivustolla. Viitattu 13.1.2020.
<https://3dinsider.com/what-is-3d-scanning/>

GZT21 Tähys laserskannerille. N.d. Kuvio Ingeos sivustolla. Viitattu 23.2.2020.
<https://www.ingeo.fi/tuotteet.html?id=74/763137>

History of 3D scanners. N.d. Artikkelit Modena Design Center sivustolla. Viitattu 14.1.2020.
<https://www.modena.co.za/history-of-3d-scanners/>

Ilmakuvaus ja fotogrammetria. N.d. Artikkelit Tietoa Finland Oy:n sivustolla. Viitattu 13.1.2020.
https://tietoa.fi/palvelut/luotettavat-lahtotiedot/?utm_source=Google&utm_medium=cpc&utm_campaign=visualisointi&utm_content=fotogrammetria&gclid=CjwKCAiApOvwBRBUEiwAcZGdGN8WotYLYcfAUQsSHxU6-6R2M06pmY2rQSE1KYX-ji7lqLv8V57khRoC7KQQAvD_BwE

Joala, V. 2006. Laserkeilauksen perusteita ja mittauksen suunnittelu. Leica geosystems. Espoo: Leica Nilomark Oy. Viitattu 9.1.2020.
<https://drive.google.com/file/d/0B3MfAq-wXowIN2Q4MzJIYjktZTA5Ni00ZGMylTIkOWUtNTQzMdIwZTI3NDVm/view>

Kananen, J. 2014. Toimintatutkimus kehittämistutkimuksen muotona. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kauppinen, A. 2015. 3D-laserkeilainaineiston hyödyntäminen uudisrakentamisessa. Opinnäytetyö AMK. Jyväskylän ammattikorkeakoulu (JAMK), Rakennustekniikan koulutusohjelma. Viitattu 07.01.2020.

Leica Cyclone FIELD 360. N.d. Artikkel Leica Geosystems AG sivustolla. Viitattu 28.1.2020.

<https://leica-geosystems.com/fi-fi/products/laser-scanners/software/leica-cyclone/leica-cyclone-field-360>

Leica Cyclone Register 360. N.d. Artikkel Leica Geosystems AG sivustolla. Viitattu 28.1.2020.

<https://leica-geosystems.com/fi-fi/products/laser-scanners/software/leica-cyclone/leica-cyclone-register-360>

Leica RTC360 3D Reality Capture Solutions. 2018. Leica geosystems AG. Heerbrugg. Viitattu 9.1.2020.

<https://leica-geosystems.com/fi-fi/products/laser-scanners/scanners/leica-rtc360>

Miinalainen, K. 2019. Pistepilven tehokas käsittely inventointimallinnusta varten. Opinnäytetyö AMK. Jyväskylän ammattikorkeakoulu (JAMK), Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma. Viitattu 07.01.2020.

Motley, D. 2017. Examining the Reverse Engineering Workflow from 3D Scan to CAD. Artikkel GOMEASURE3D:n sivustolla. Viitattu 13.1.2020.

<https://gomeasure3d.com/blog/reverse-engineering-workflow-scan-to-cad/>

N.d. Types of 3D Scanners and 3D Scanning Technologies. ems-usa. Tampa. Viitattu 13.1.2020.

<https://www.ems-usa.com/tech-papers/3D%20Scanning%20Technologies%20.pdf>

N.d. Visualisoi projektitoimintasi. Navisworks. Järvenpää: Profox. Viitattu 10.1.2020.

<http://profox.fi/pdf/Navisworks%20for%20Sitework%20-%20esite.pdf>

Oikarinen, M. 2016. Laserkeilauksen hyödyntäminen paperikoneuusinnan tarjoustyössä. Opinnäytetyö AMK. Jyväskylän ammattikorkeakoulu (JAMK), paperikoneteknologian tutkinto-ohjelma. Viitattu 07.01.2020.

Pistepilven Leica Cyclone 3D-käsittelyohjelmisto. N.d. Artikkel Leica Geosystems AG sivustolla. Viitattu 10.1.2020.

<https://leica-geosystems.com/fi-fi/products/laser-scanners/software/leica-cyclone>

Plant Layout Designer (PLA). N.d. Artikkel 3DS Academy sivustolla. Viitattu 21.1.2020.

https://cloud.academy.3ds.com/r2017x/role_pla.html

Pointcloud-hanke luo edellytyksiä 3D-teollisuuden kasvulle Suomessa. N.d. Artikkel Pointclud sivustolla. Viitattu 14.1.2020.

<https://pointcloud.fi/pointcloud-hanke/>

PSK 3402:2013. Laserkeilauksen ja mallinnuksen hankinta teollisuudessa. Viitattu 3.2.2020.

<https://janet.finna.fi/> , PSK Online.

Ricken, D. N.d. Principles of Structured Light 3-D Scanning. Artikkelit Medit corp:n sivustolla. Viitattu 13.1.2020

<https://blog.medit.com/solutionix/what-is-structured-light-3d-scanning-0>

Sumitro, S., Matsuda, H., Itoh, Y. & Nishimura, S. N.d. Application of smart 3-D Laser Scanner in Structural Health Monitoring. Viitattu 14.1.2020.

http://www.krcnet.co.jp/topics/33_sumitro.pdf

Thomson, C. N.d. Common 3D point cloud file formats & solving interoperability issues. Artikkelit Vercator sivustolla. Viitattu 17.1.2020.

<https://info.vercator.com/blog/what-are-the-most-common-3d-point-cloud-file-formats-and-how-to-solve-interoperability-issues>

Tähys laserskannereille. N.d. Kuvio Ingeos sivustolla. Viitattu 23.2.2020.

<https://www.ingeo.fi/tuotteet.html?id=74/301>

Valmet lyhyesti. N.d. Artikkelit Valmet Oyj:n sivustolla. Viitattu 9.1.2020.

<https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/>

Virtual & Physical Prototyper (RPE). N.d. Artikkelit 3DS Academy sivustolla. Viitattu 21.1.2020.

https://cloud.academy.3ds.com/r2017x/role_rpe.html

Tähys laserskannereille. N.d. Kuvio Ingeos sivustolla. Viitattu 23.2.2020.

<https://www.ingeo.fi/tuotteet.html?id=74/301>

Liitteet

Liite 1. 3D-skannauksen pikaopas

3D-Scanning Quick Guide

Scanning should follow **PSK3402 Procurement of industrial laser scanning and modelling** standard.

3D-scanning plan:

- Always make scanning plan even rough with pen and paper. Scanning plan may include for example, departure information, scanning conditions, scanning target, scanning positions, scanning order, target need and disposition.
- Scanning plan benefits are minimize surprises, identify problems to be resolved and make facilitates schedule evaluation.

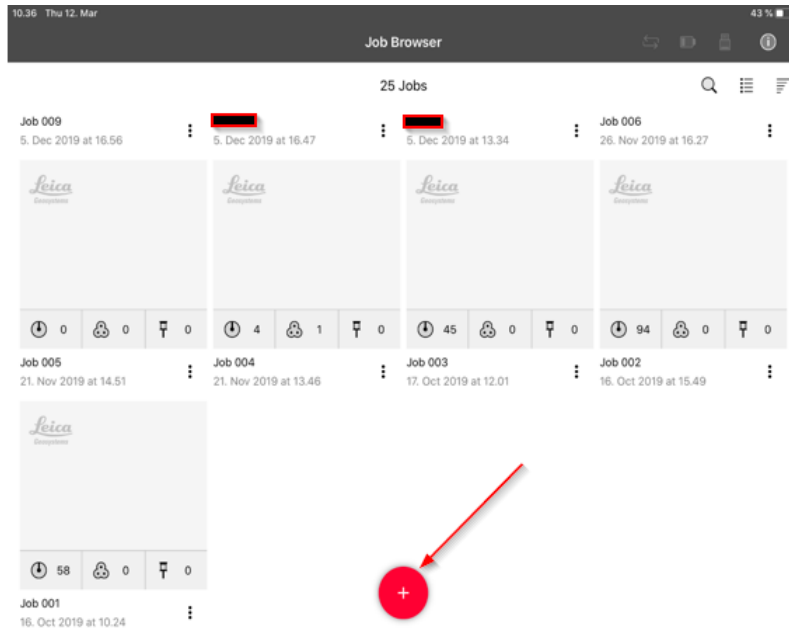
The scanning should be taking notice:

- The location of the scanner should be selected so that dead corners of the subject are visible. What you don't see by yourself will not be scanned either. At the next scanning location you should be able to see former scanning location or targets sphere and checkerboard if they are used.
- The stairs must be taken into notice, when the floor is changing. Enough stairs scans, it facilitates later processing of the point cloud.
- I'd rather have too many scans than too few. There must be overlap so they can be connected later.
- Using the targets sphere and checkerboard will help later to point cloud registration, by using them you will make others job much easier.
- Please note that, all people, moving components, running devices and possible vibration can degrade scanning quality.

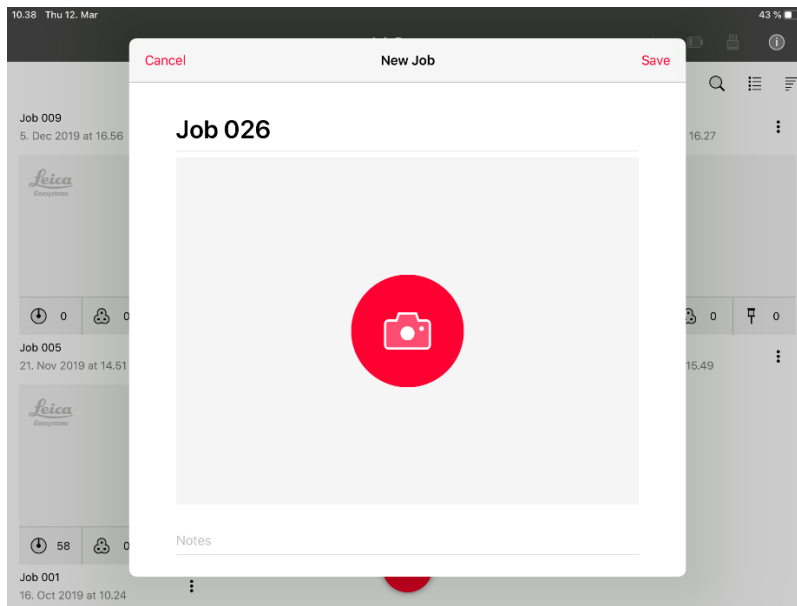
Liite 2. Leica Field 360 pikakäyttöopas

Leica Field 360 Quick Guide

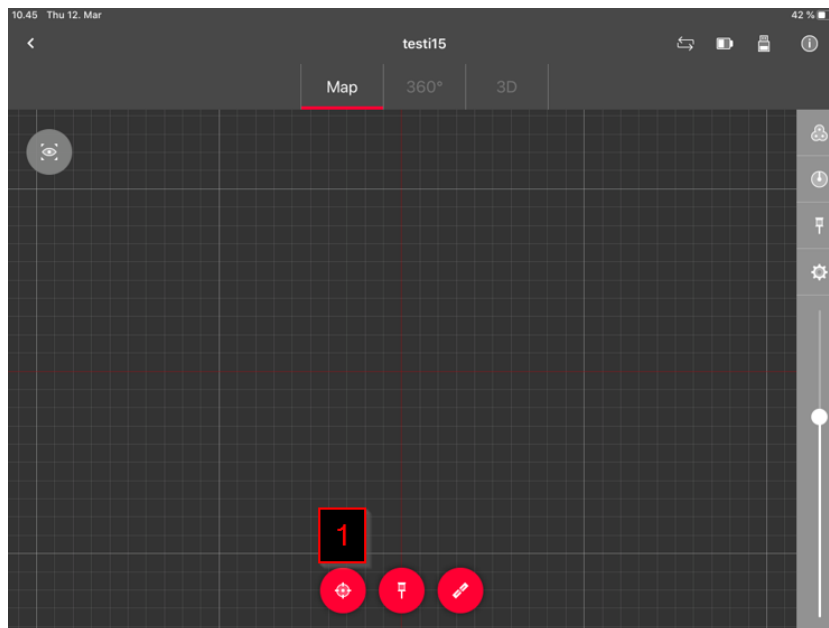
1. Make a new project by touching plus icon (picture below).



2. Name your project and save it (picture below).

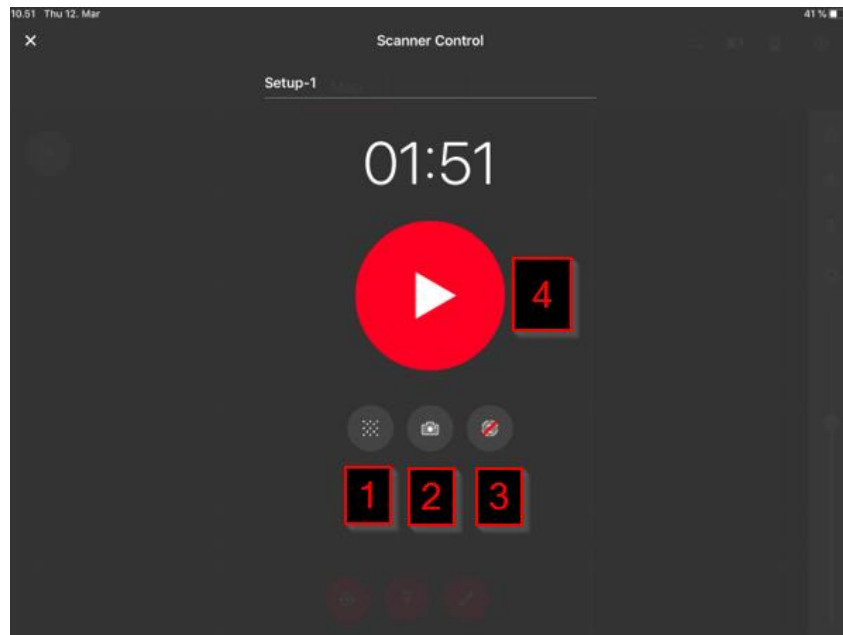


3. On this point make sure the scanner is on. Target icon is light gray at first but turns red after the device recognize scanner. Touch target icon when its red (picture below).

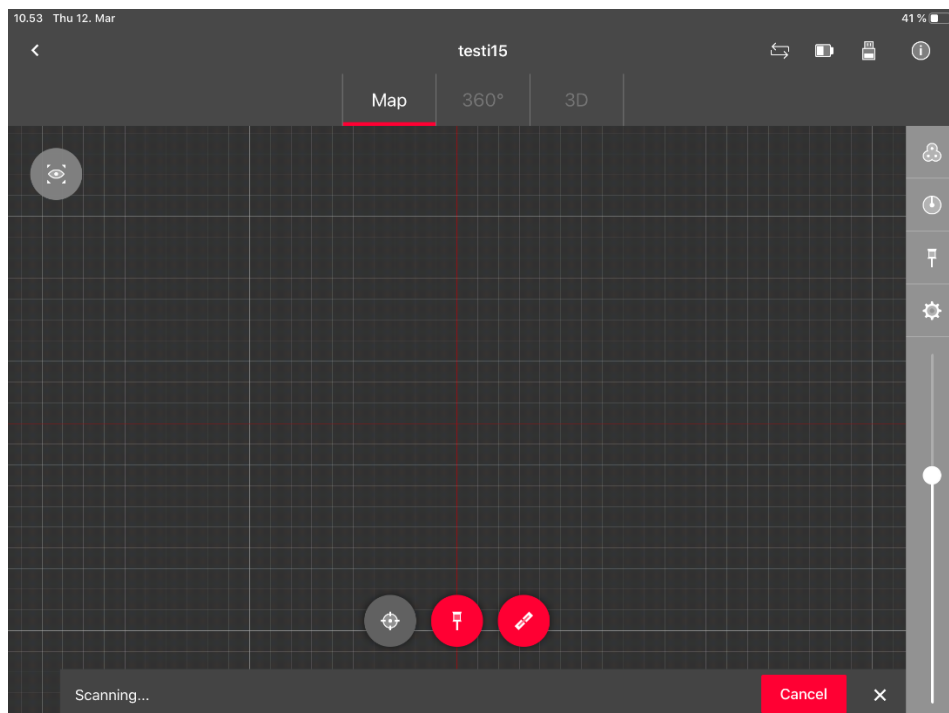


4. Now you can choose scan settings.
 - 1 The point density. 2 HDR image on/off 3 Double scans enabled/disabled 4 Start scan.

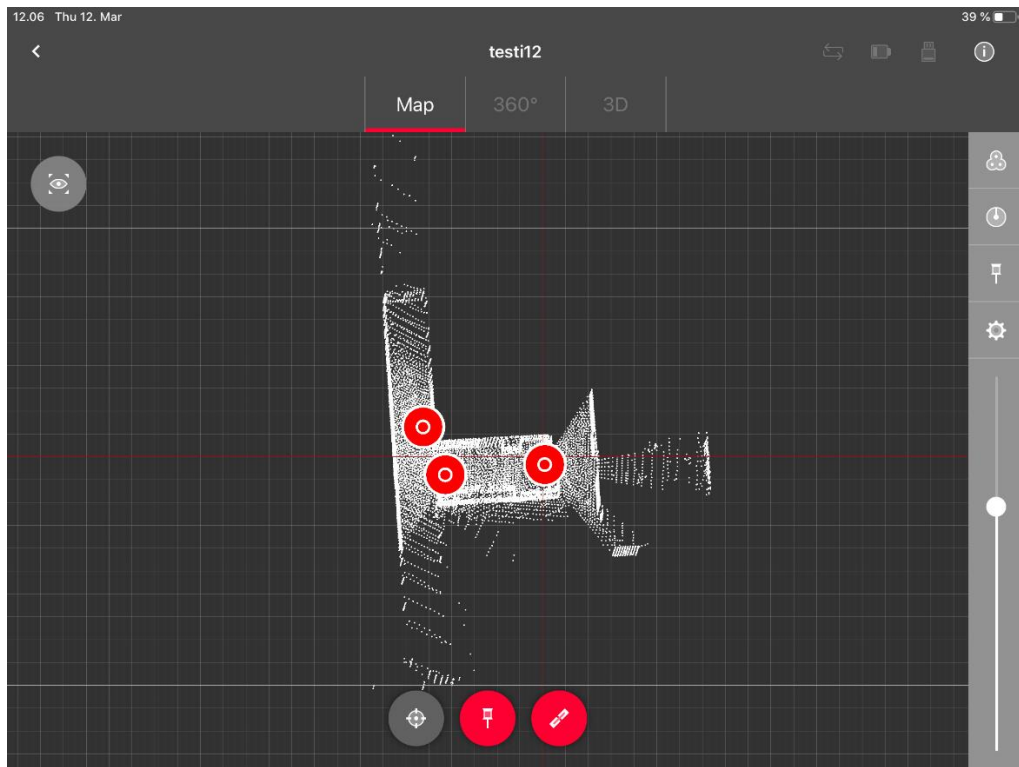
-The settings affect scanning time (picture below).



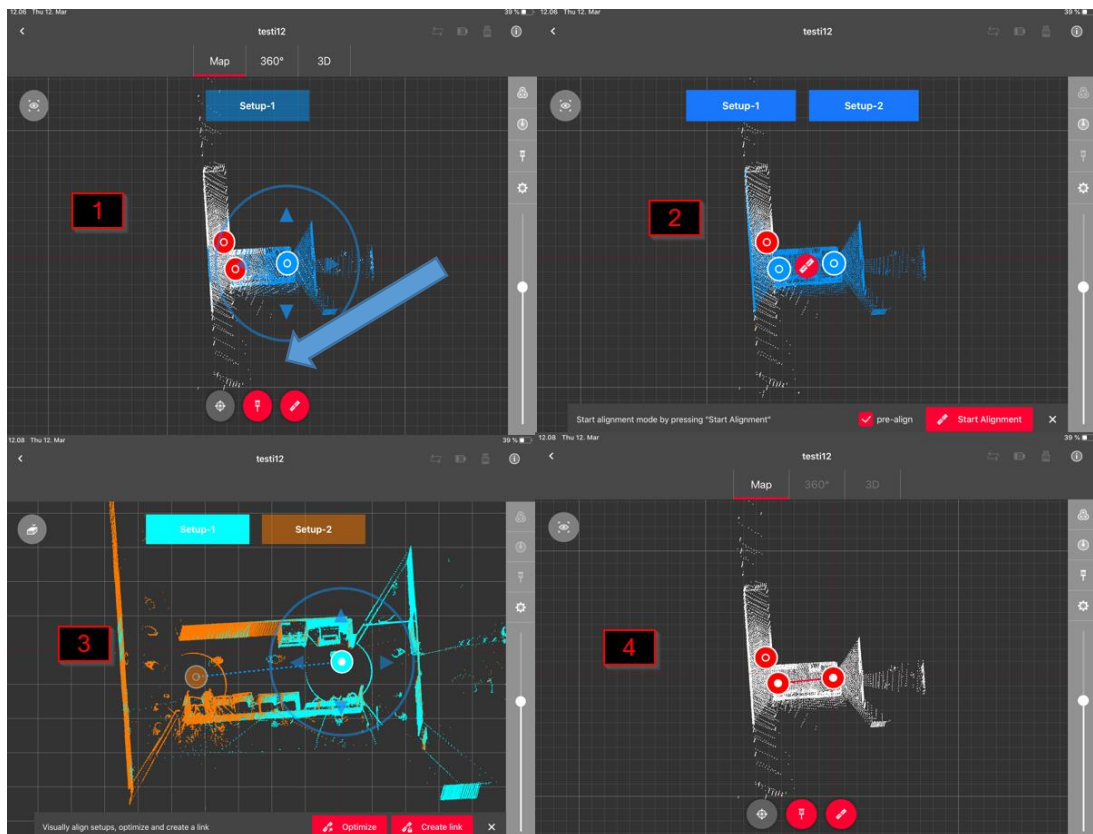
5. You will see the scanning time on the bottom bar (picture below).



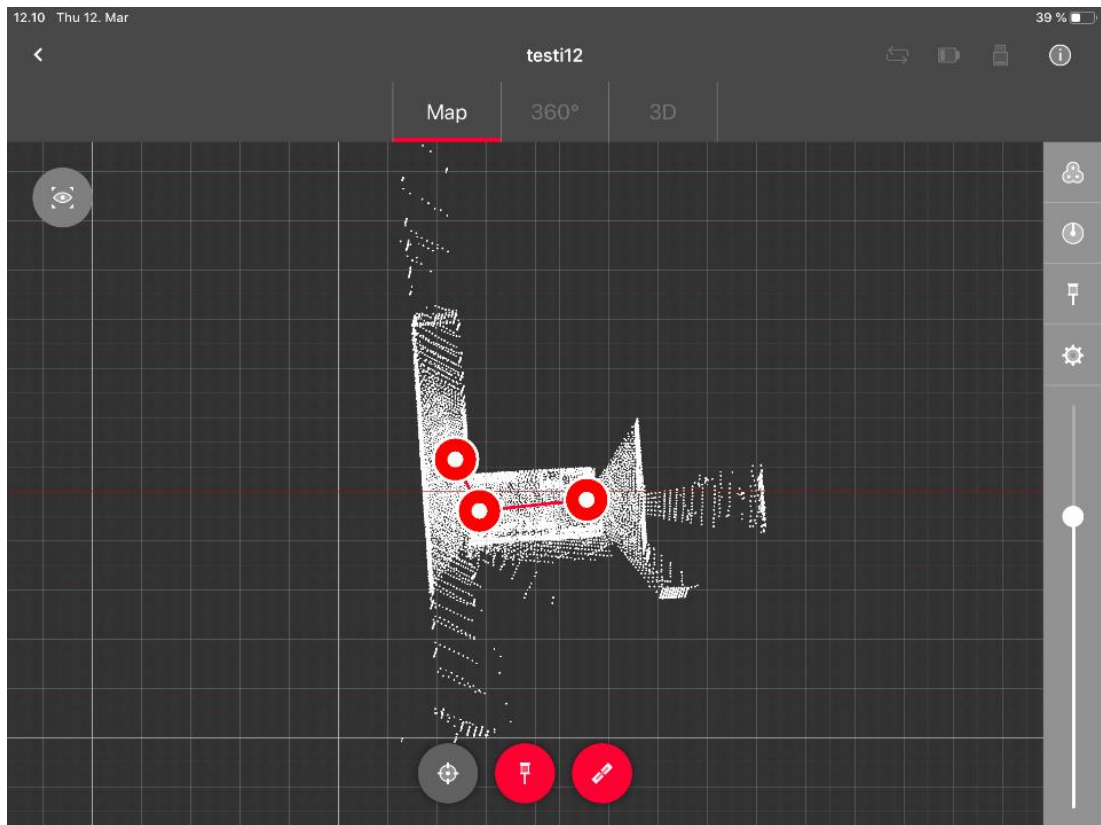
6. Red dots are scanning points and they will appear on the map (picture below).



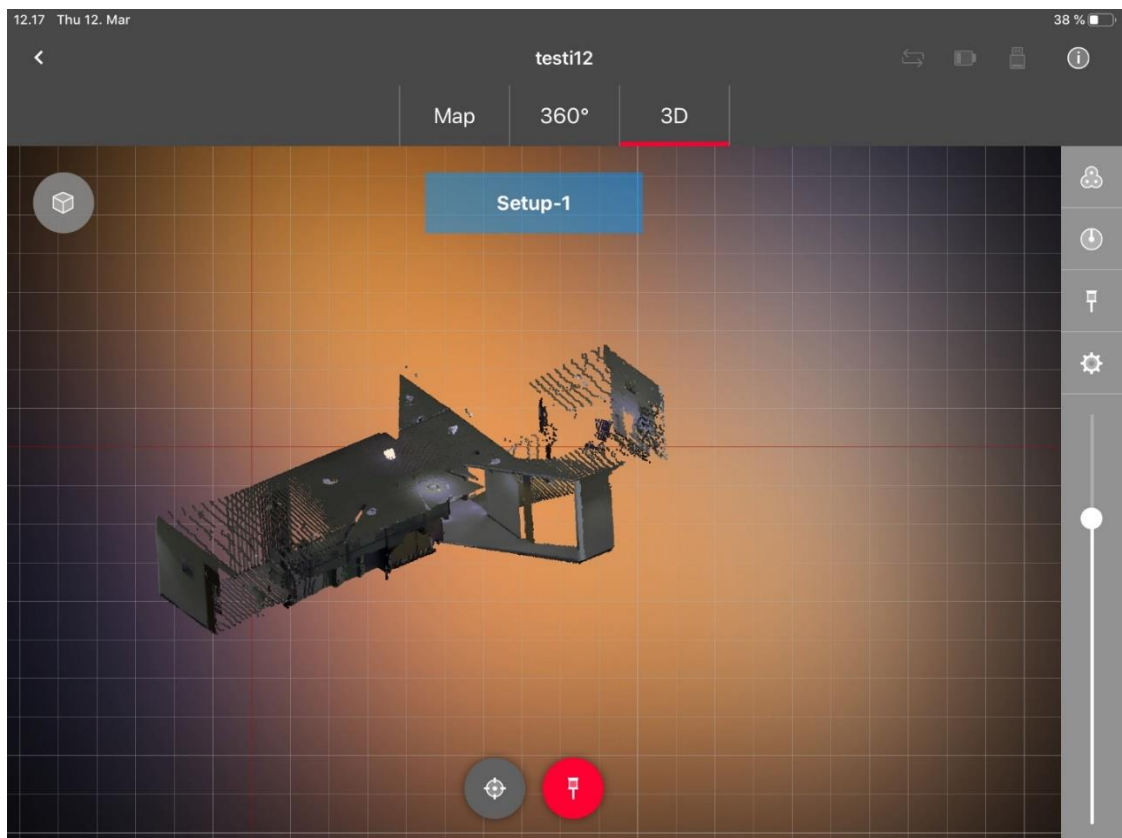
7. Pre-registration. 1 Touch setup and click create link. 2 Click second setup to make link. 3 Position the clouds and click create link. 4 Link is created (picture below).



8. Always make links after the scanning.



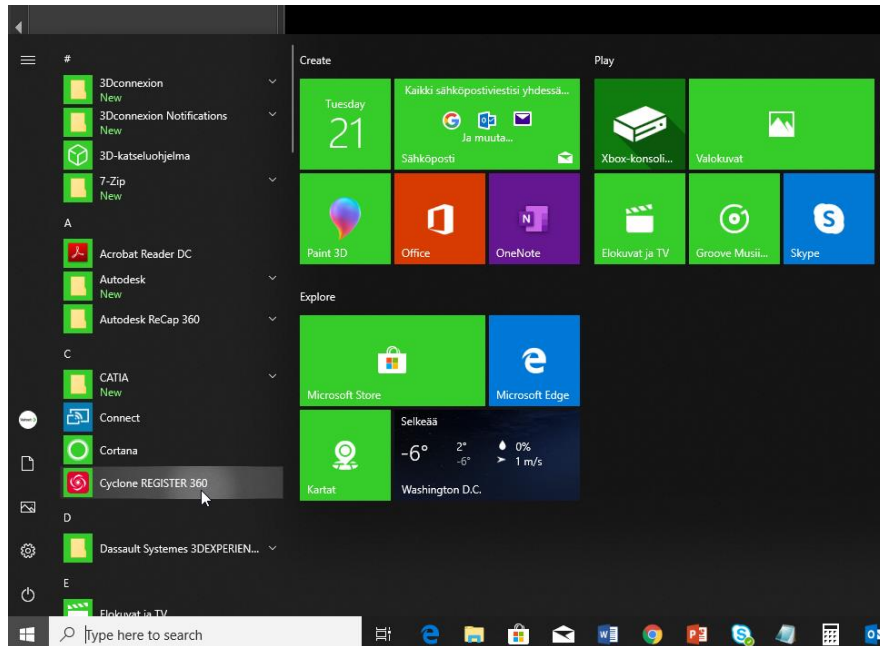
9. You can view scans in the program 3D mode or 360 photos.



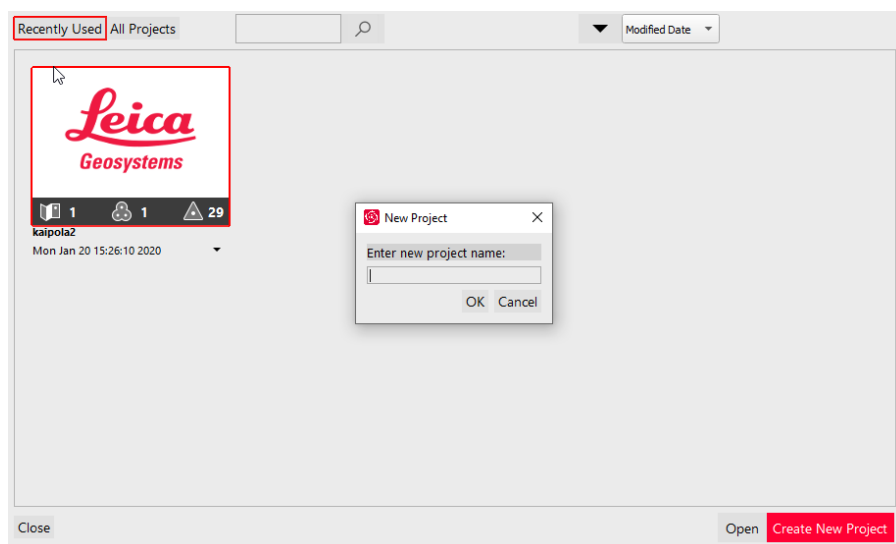
Liite 3. Leica Cyclone Register pikakäyttöopas

Cyclone Register 360 Quick guide.

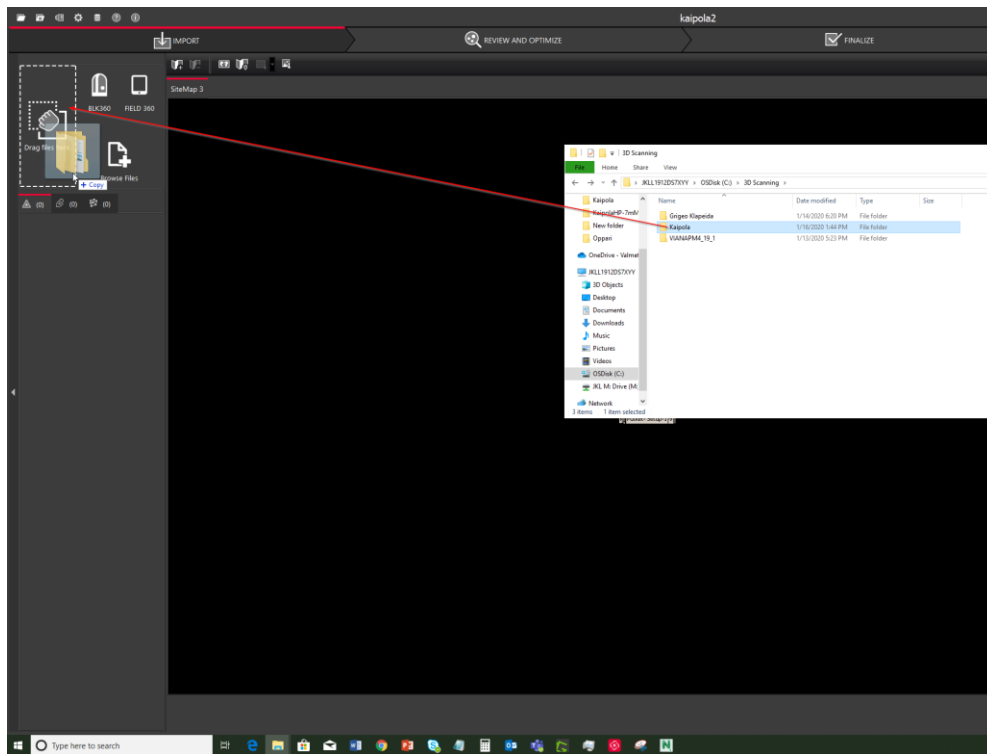
1. Open program from desktop or home menu. (picture below).



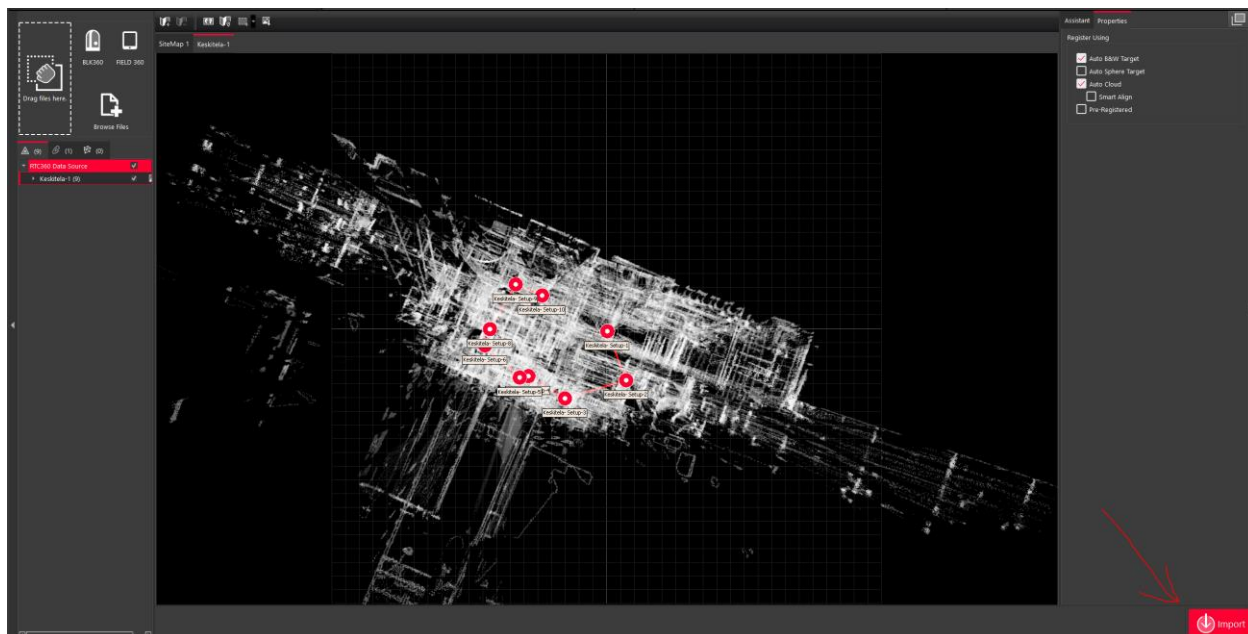
2. First create new project and name it. (picture below).

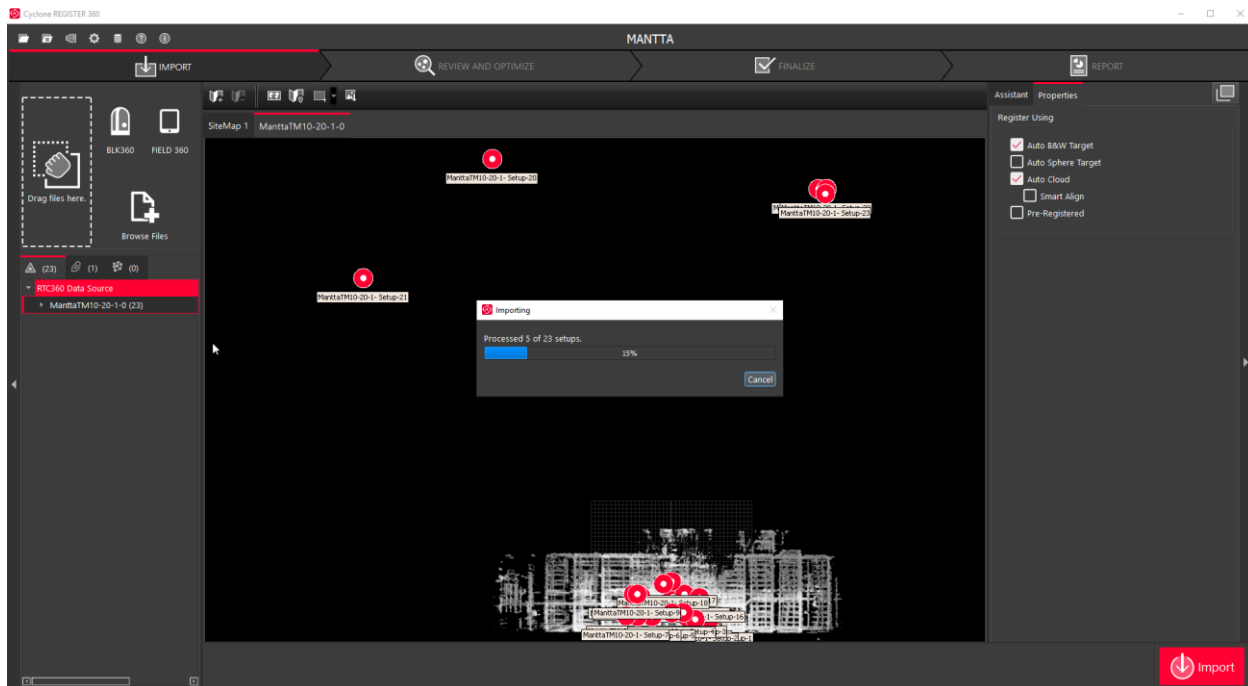


3. "Import" Download material to program, open data folder first and then drags it over the "drag files here" icon (picture below).

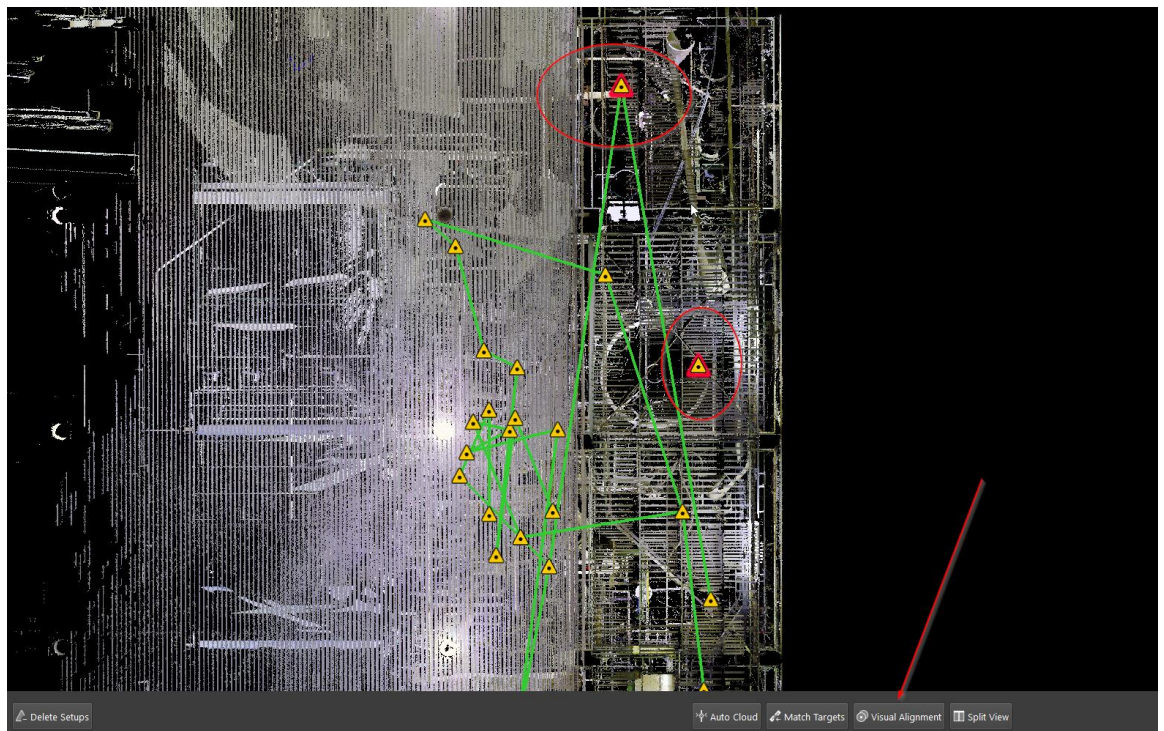


4. After the data has been loaded into the program, it must be imported. This might take several minutes (pictures below).



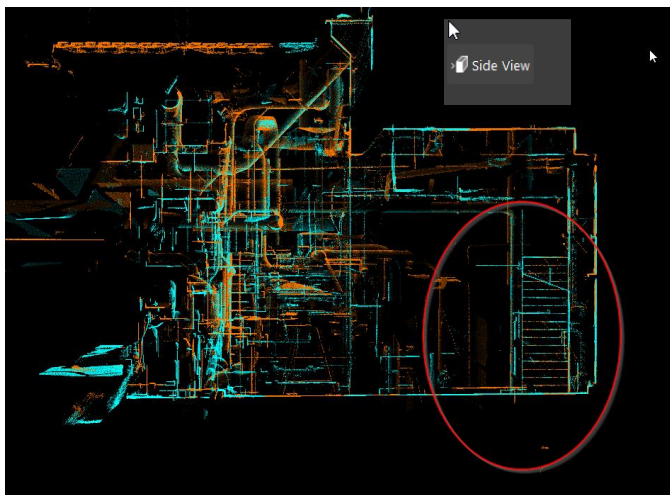
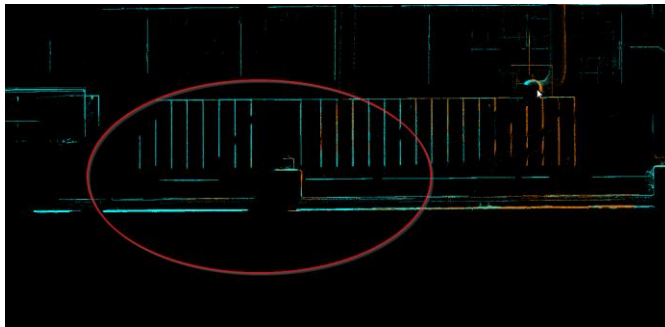
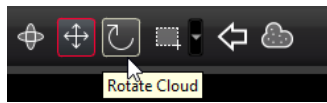


5. "Review and optimize" Next we will make links between the scans (red triangles). Hold control down and click both triangles then click visual alignment. Proceed systematically in the scanning order step by step. Don't make extra links! (picture below).

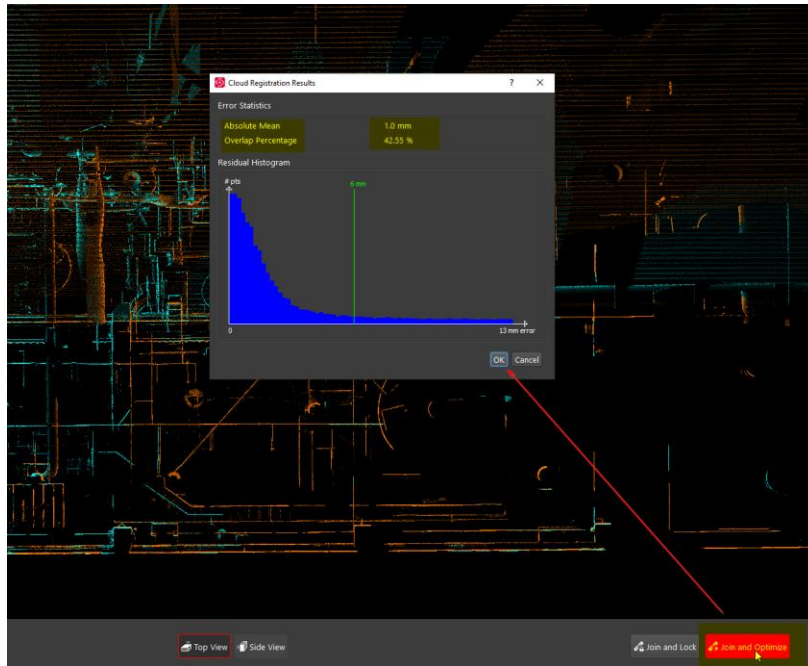


6. Connect the clouds. Look for overlaps and move them on top of each other. The positions of the point clouds can be modified with the tools found in the

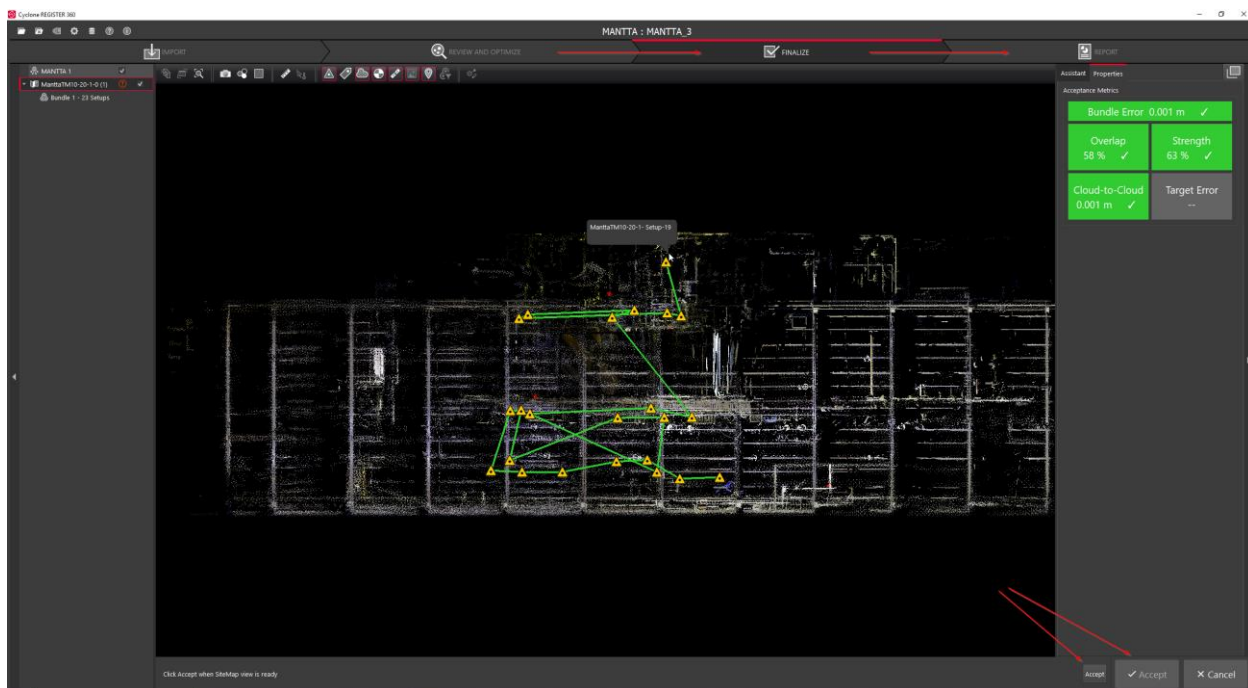
top bar. Be sure to look at the clouds from top view and side view. (See pictures below).



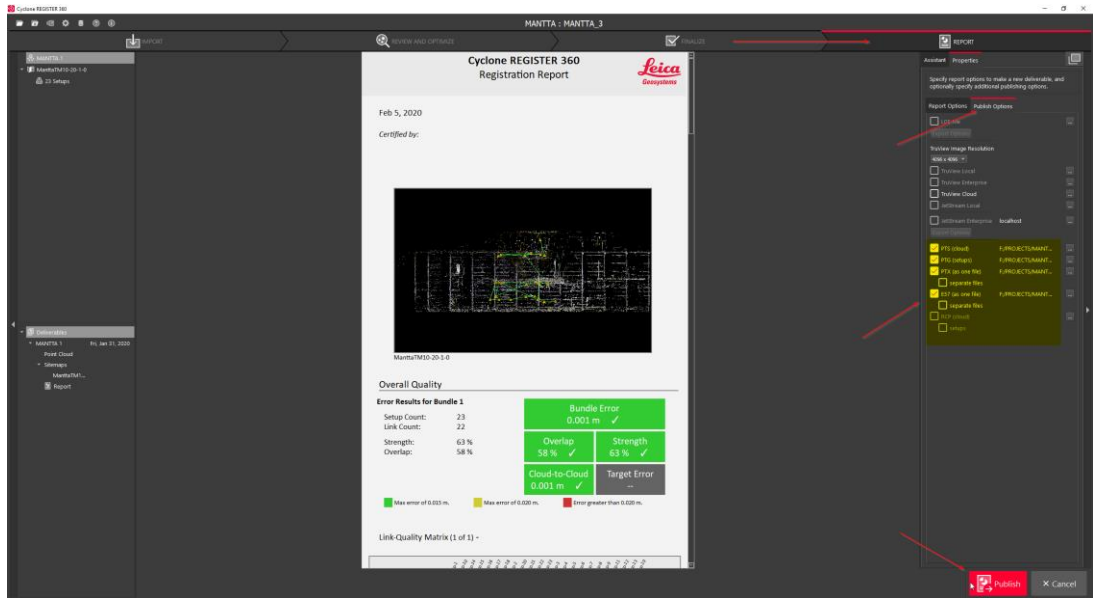
When you are ready click join and optimize. See error statics and then click ok to continue (picture below). Do this step for all point clouds and after that click Finalize.



7. "Finalize and report" If everything looks fine just click both accept icons (picture below).



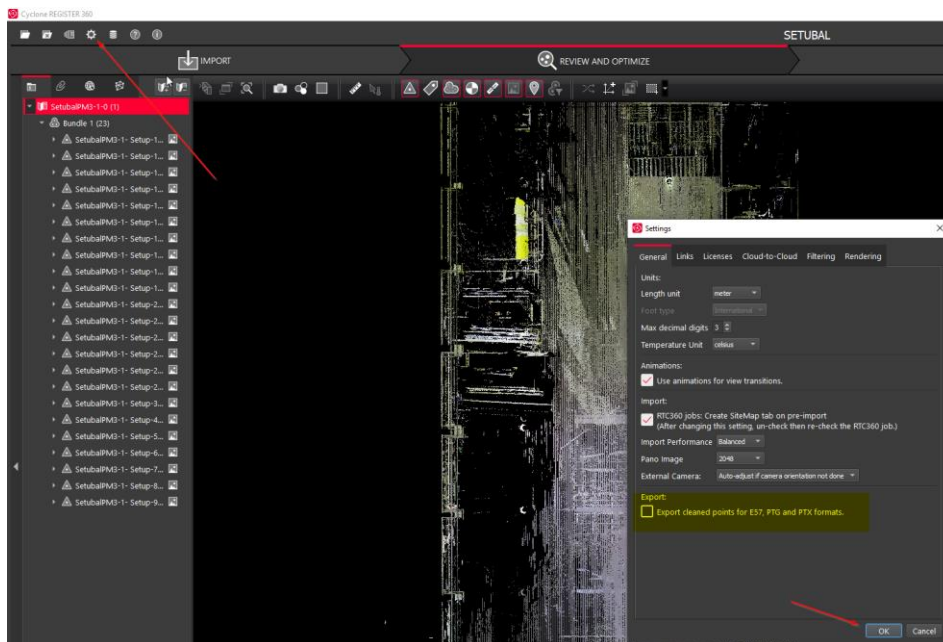
The last step "Report" Click publish and choose data formats then click publish, this step can take many hours (picture below).



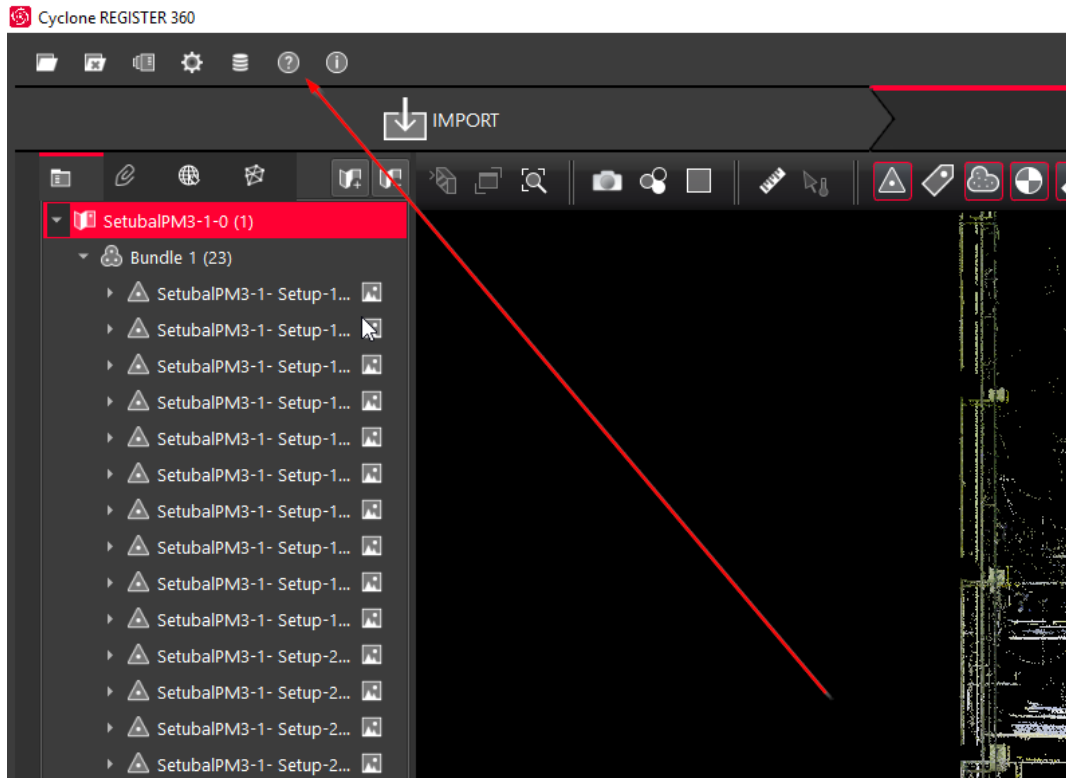
8. Nice to know

- Points

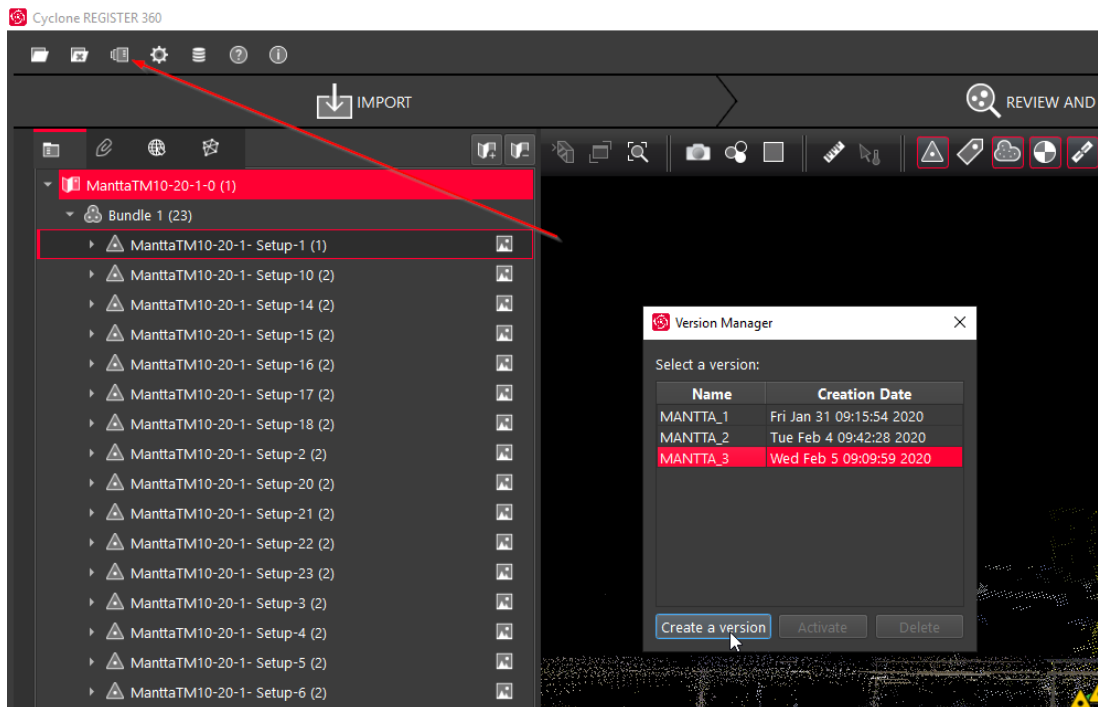
If you want the deleted points not to appear after the export click settings, general and export cleaned points on (picture below).



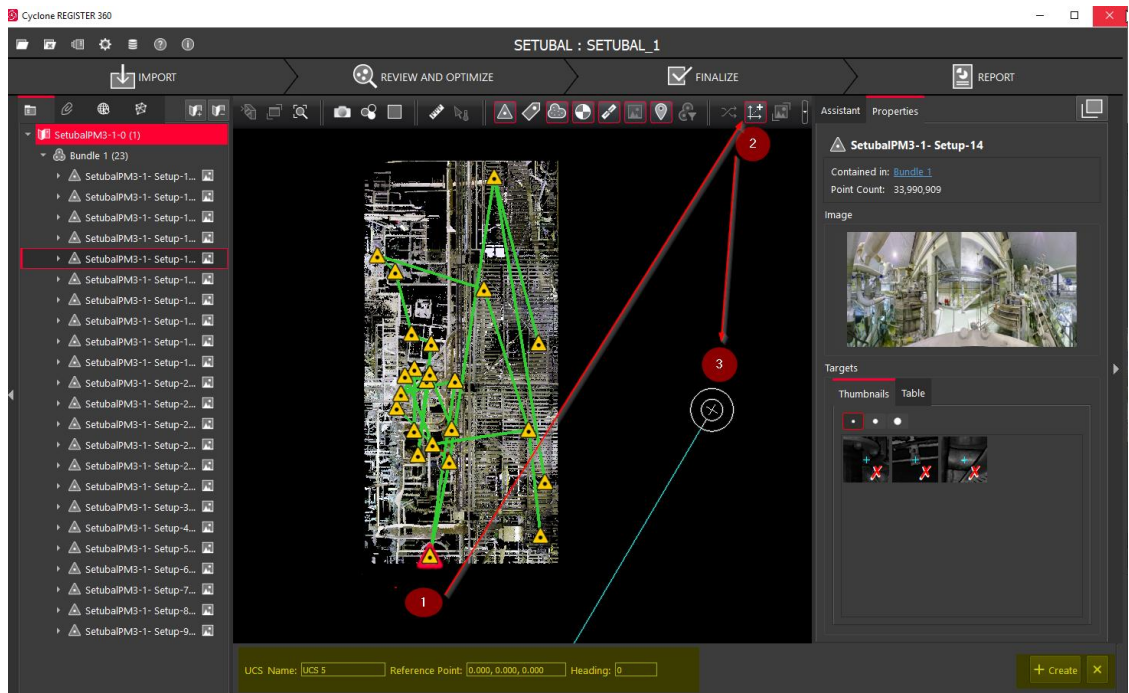
- More specific user manual can be found by click the question mark top left (picture below).



- If you make changes to your work afterwards you will need to make a new version of it. Click the third icon in the top bar, create a new version and activate it (picture below).



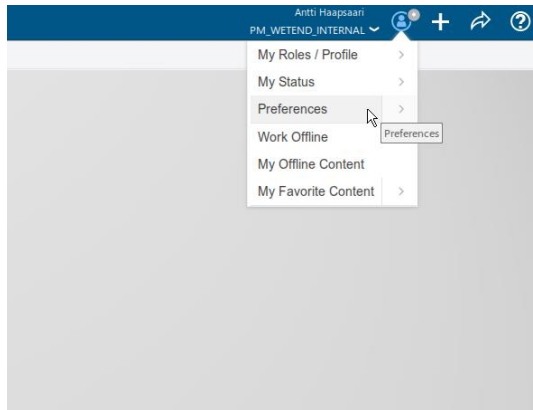
- How to make origin. Click scan and then click USS icon on top bar. Origin appears in the image, you can set its location by moving it and give the direction value (picture below).



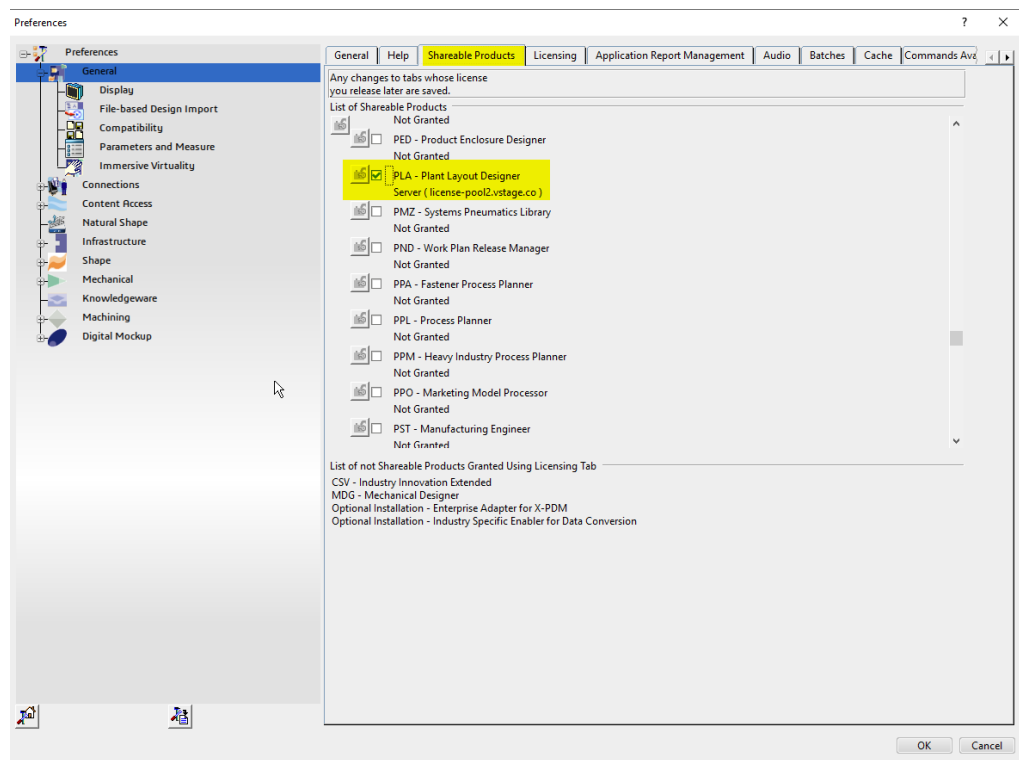
Liite 4. Pistepilvimallin lataaminen Catia ohjelmistoon pikaopas

3D-Experience Catia quick guide for point cloud importing and surface modeling.

→Open Catia, press avatar and preferences (picture below).




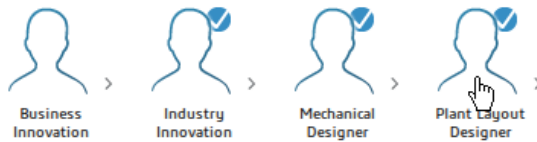
→Select the PLA license. General-Shareable Products-PLA Plant Layout designer and press OK (picture below).




→Next click 3D from the navigation circle and then click Plant Layout Designer. (pictures below).

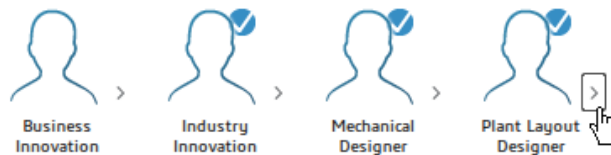


▼  My Roles / Profile



→Click small arrow next to Plant Layout Designer icon. From the open menu choose Plant Layout Designer (pictures below).

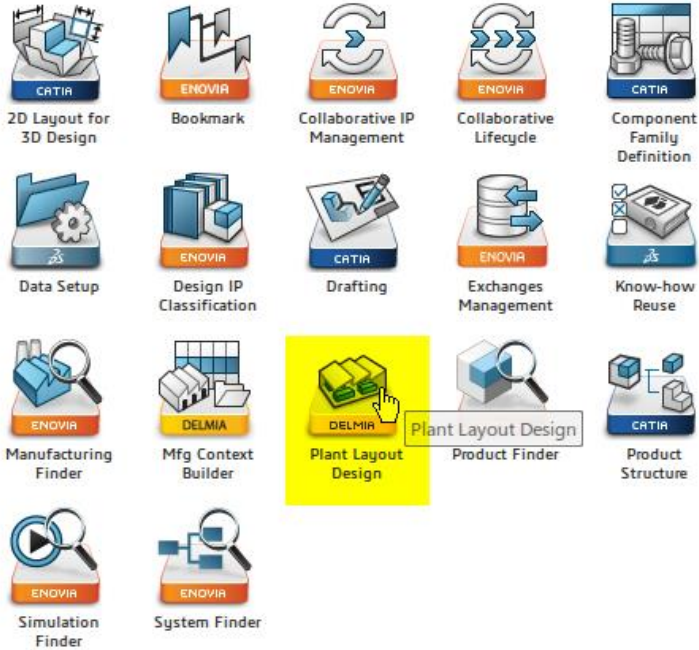
▼  My Roles / Profile



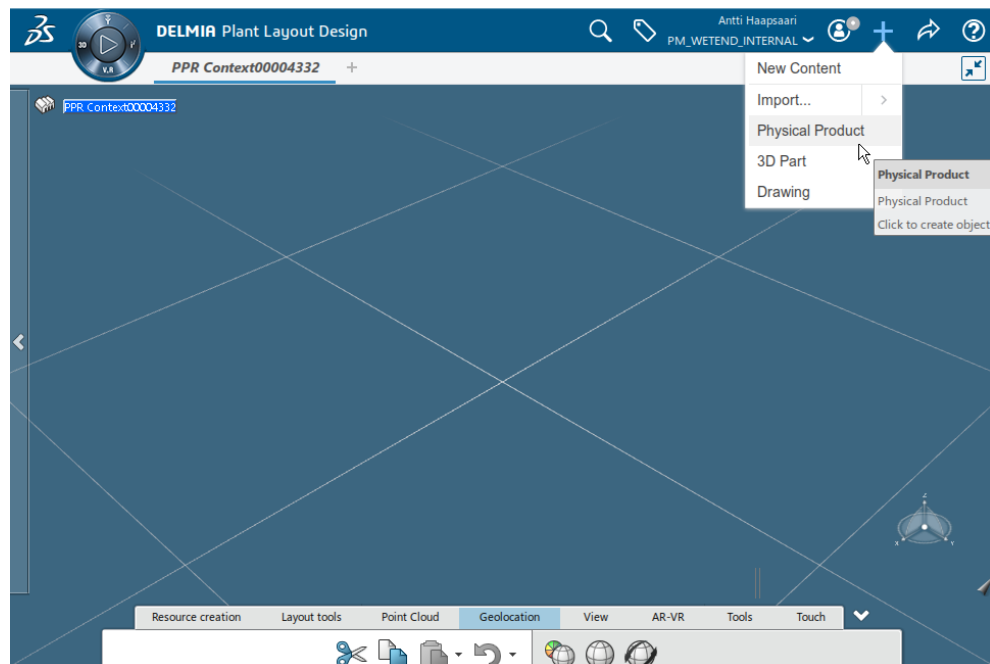
3DEXPERIENCE Roles & Apps

My Roles / Profile

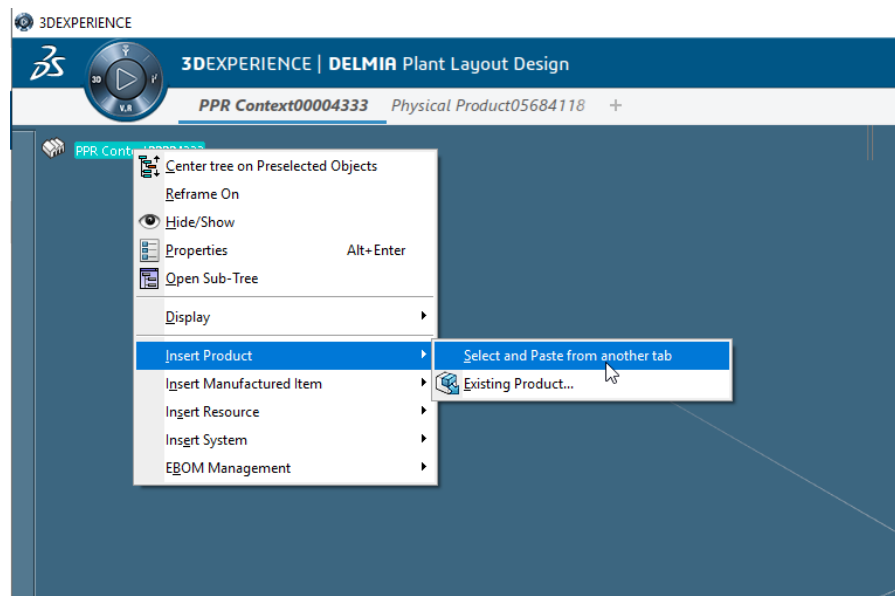
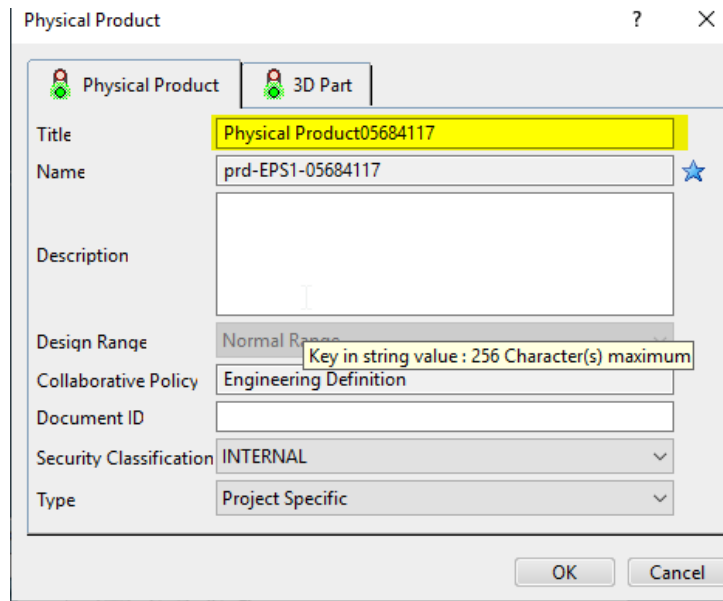
Plant Layout Designer

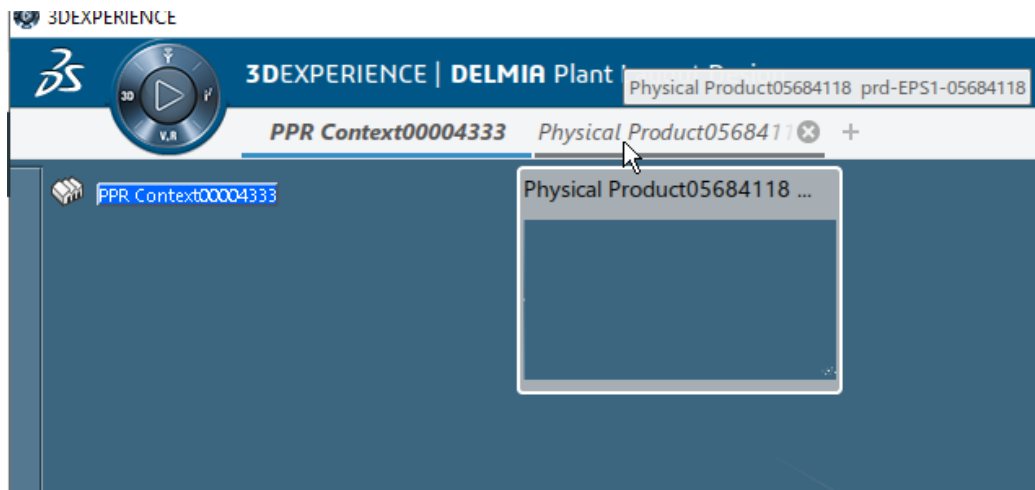


→Next add physical product to the file, click plus icon and choose Physical Product. Right click PPR Context insert product, select and paste from another tab (pictures below).

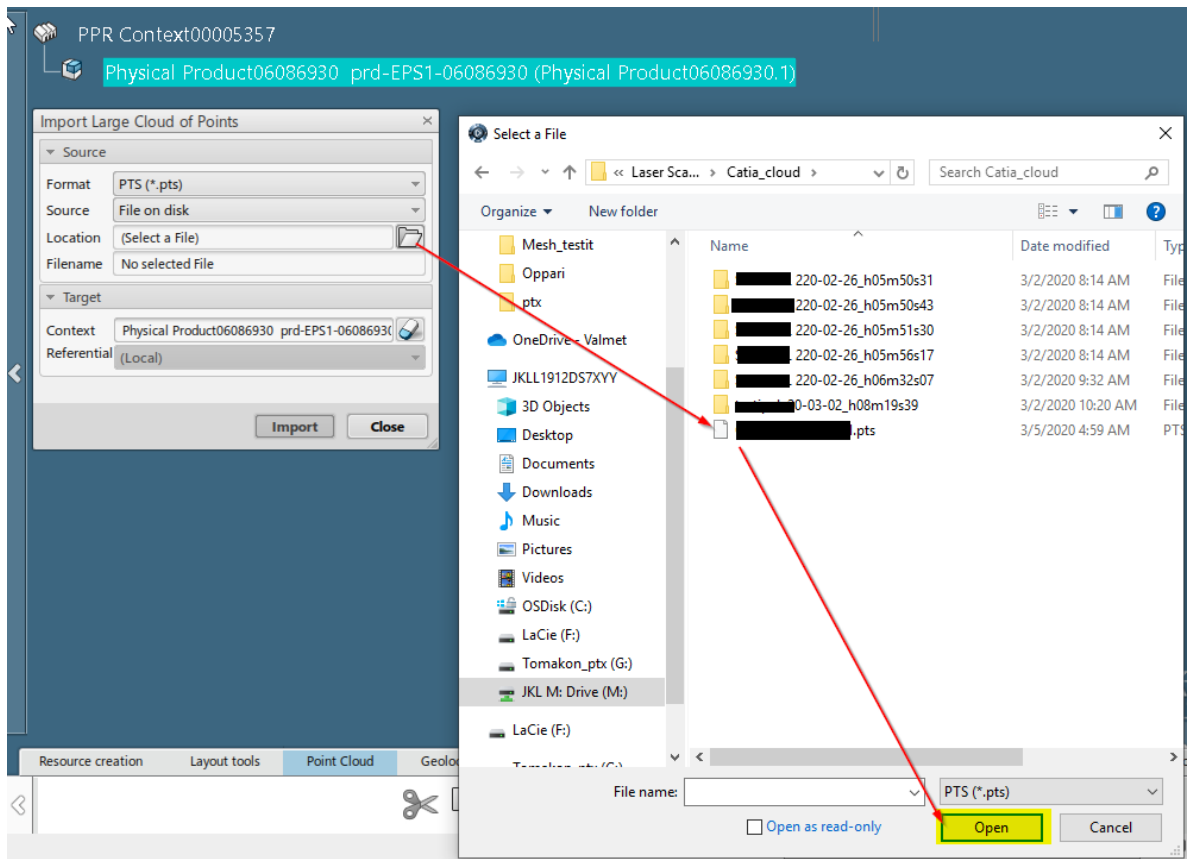
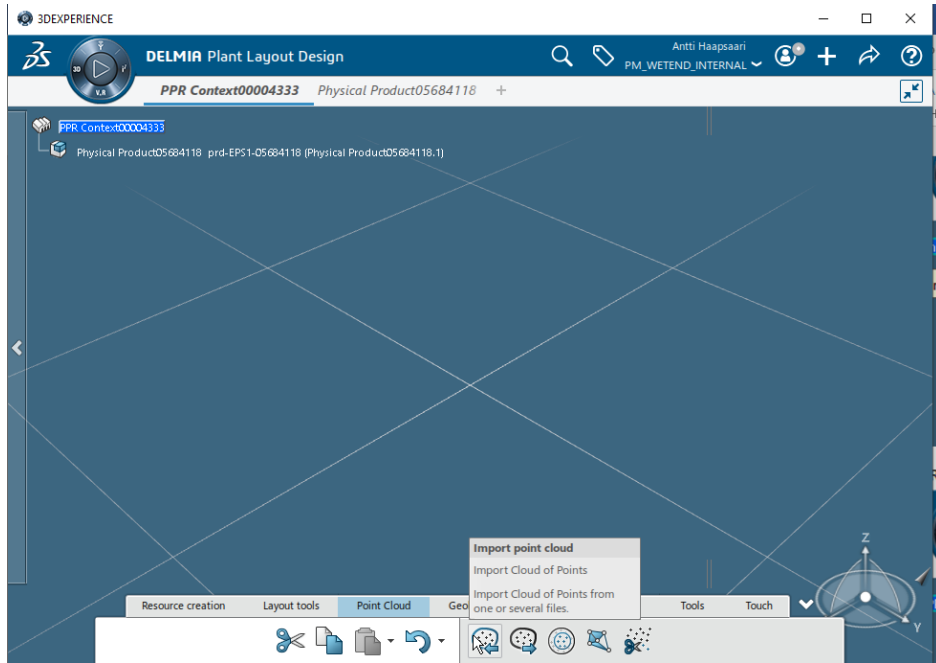


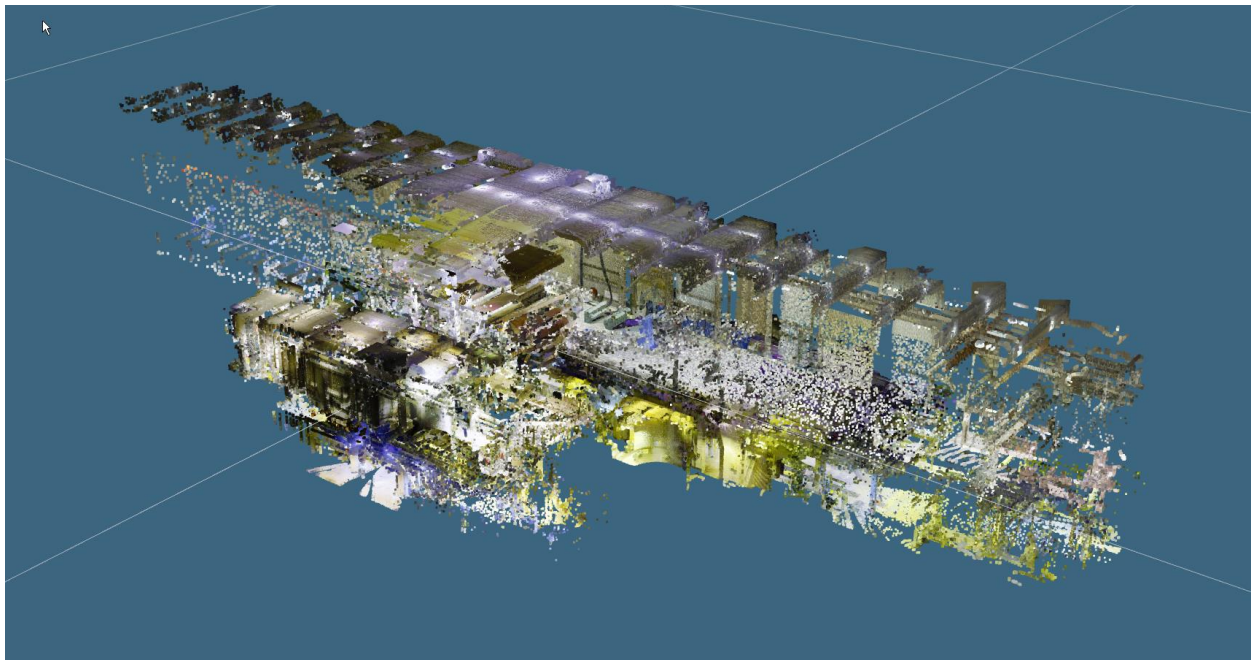
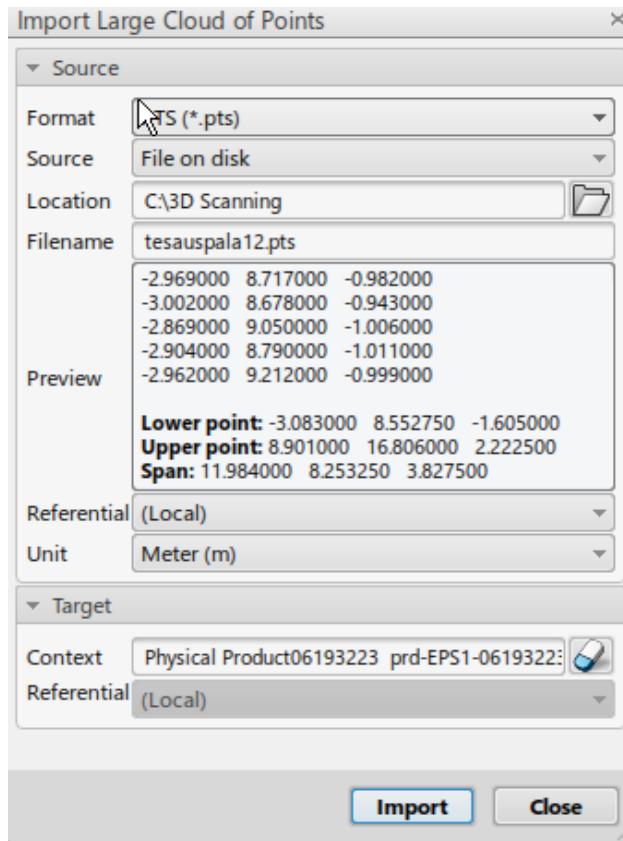
→Write title and then click OK (pictures below).



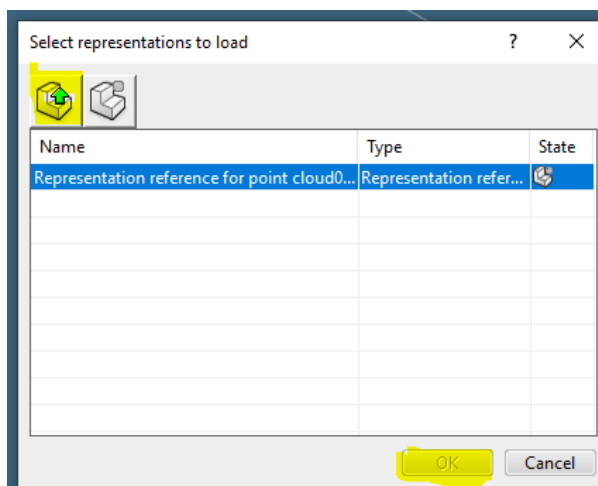
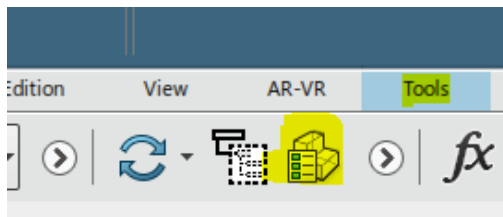


→Click import point cloud and choose file format and add file. This might be taken several minutes (pictures below).





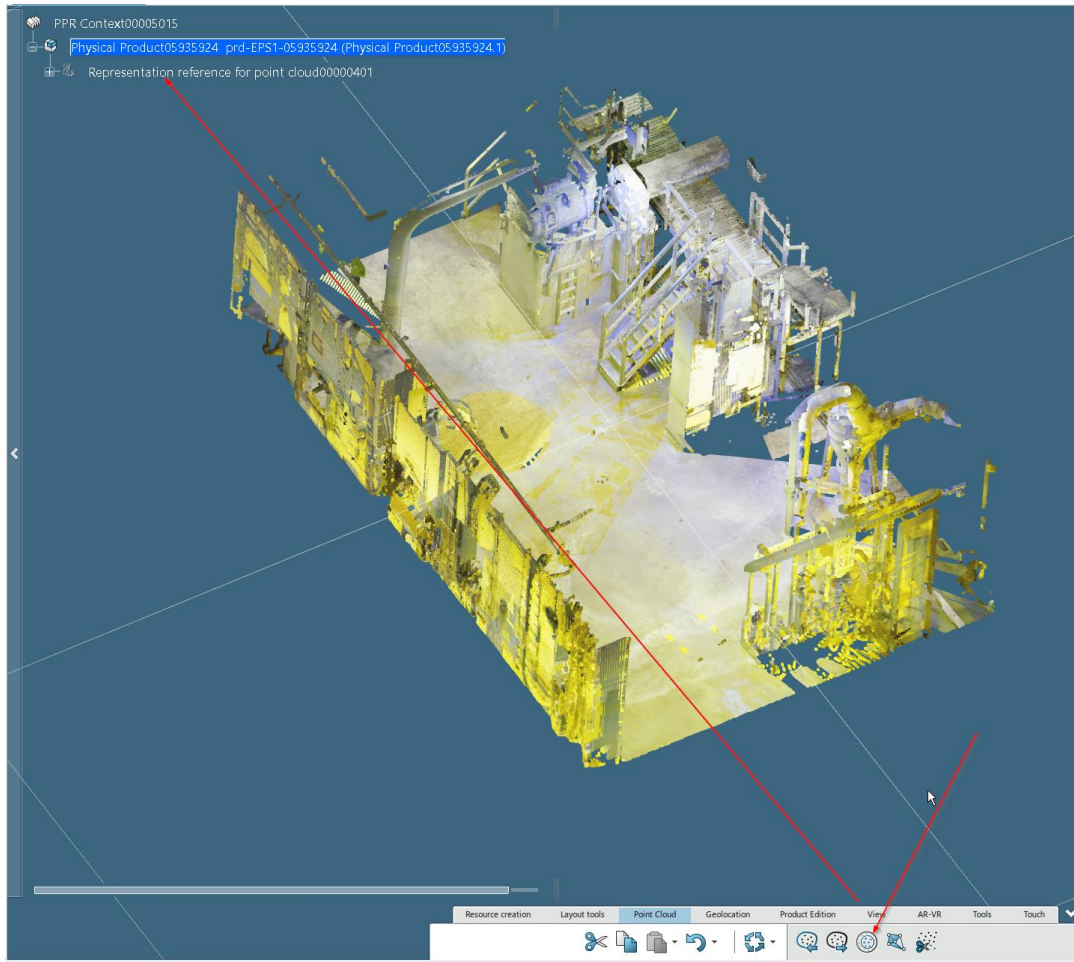
- Open existing cloud
- Search PPR object linked with cloud
- Open the PPR -> Cloud is directly visualized
- Search Product with attached cloud
- Open -> Cloud is not visible
- Select the product then select from Icon bar / Tools / Manage Representations
- Select representation to load and Load icon -> Cloud becomes visible (pictures below).



→RPE (Reality & Physical Prototyper) Here is tips how to make mesh models and surface from mesh.

→First you must open point cloud and then then you need split it into pieces.

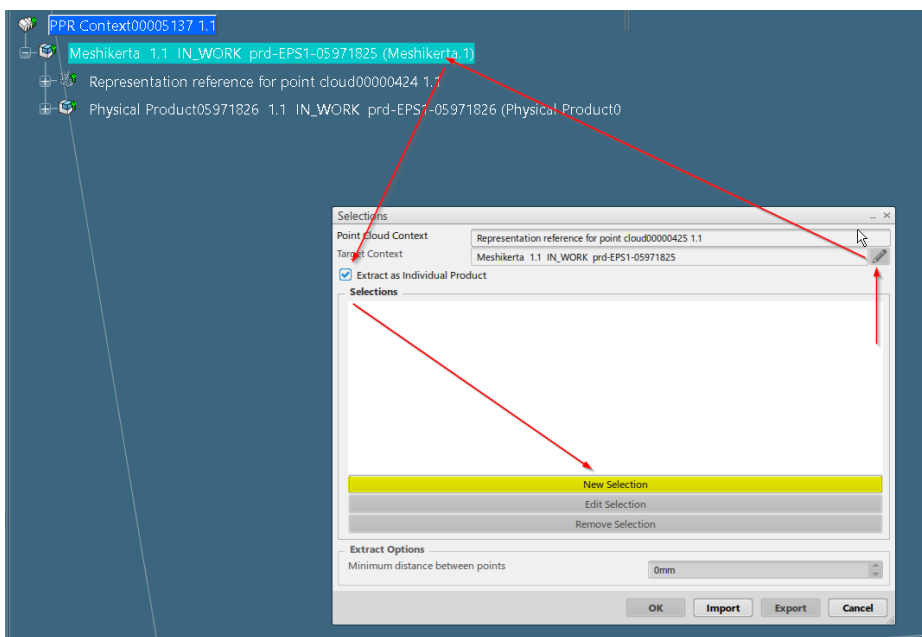
→Click a round icon with point inside "Extract point cloud" and then click point cloud object in structural tree (Picture below).



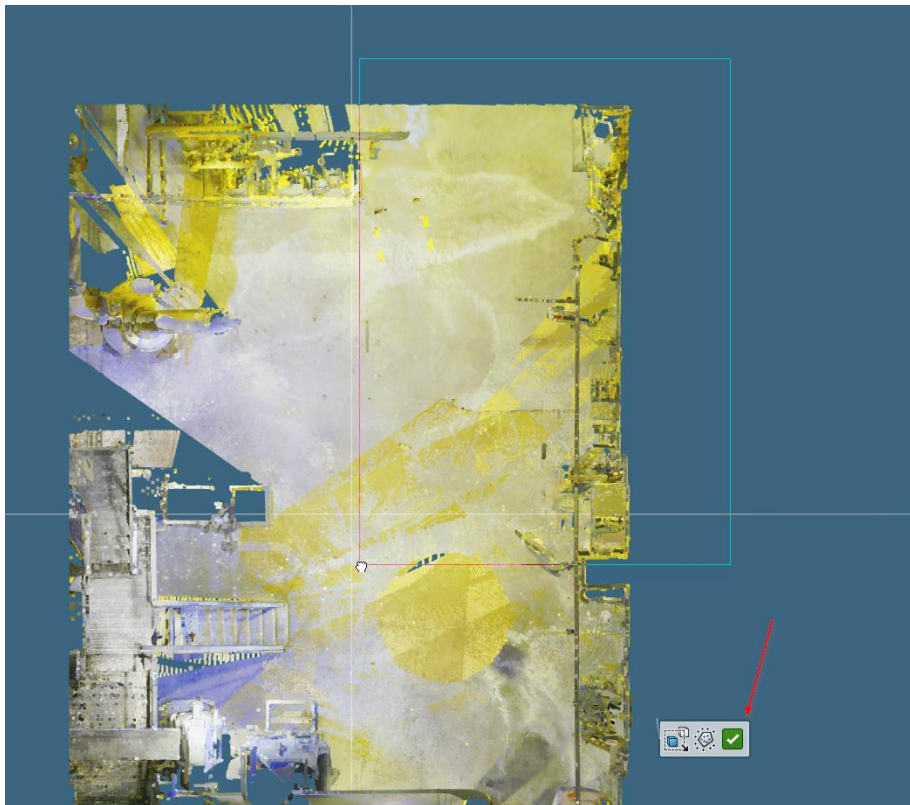
→ The window will open with the functions. The pen icon selects the new part location in structural tree.

→ Extract as individual product.

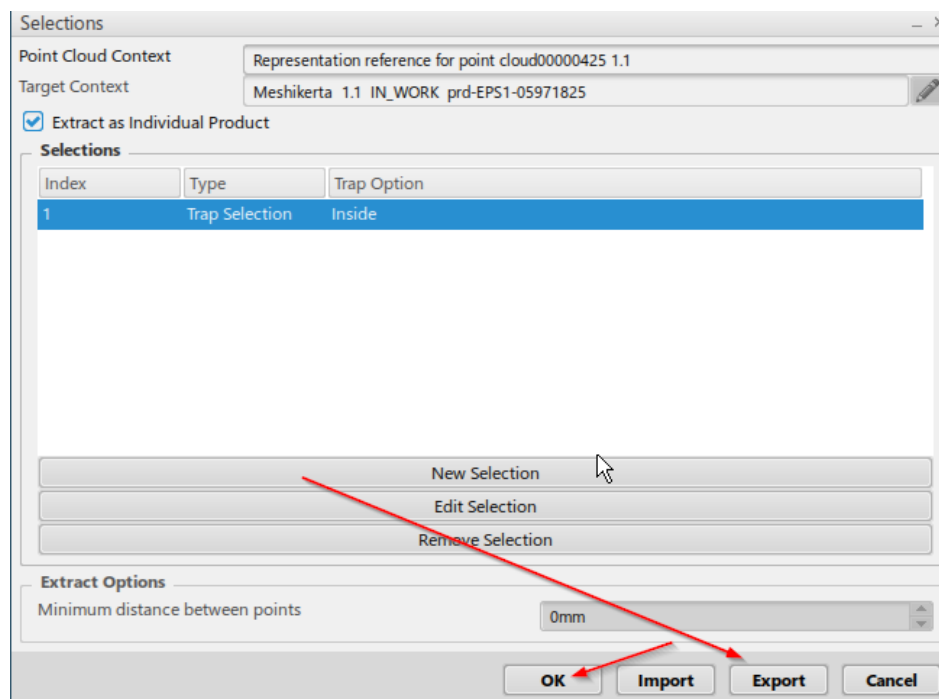
→ Make new section (Picture below).



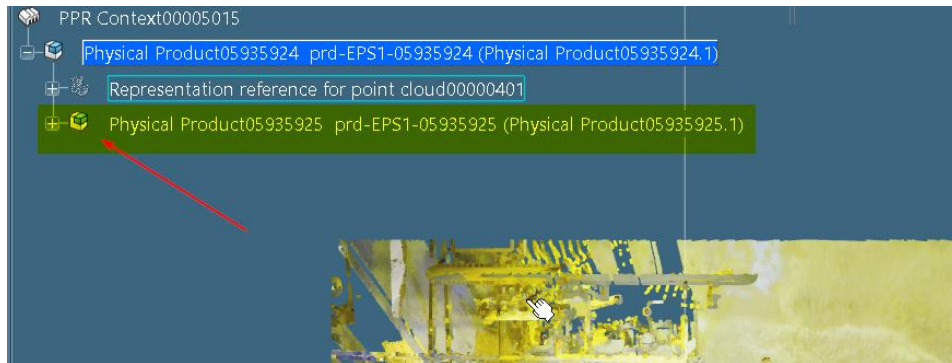
→ Select the area where you want make the mesh model and click green access icon (Picture below).



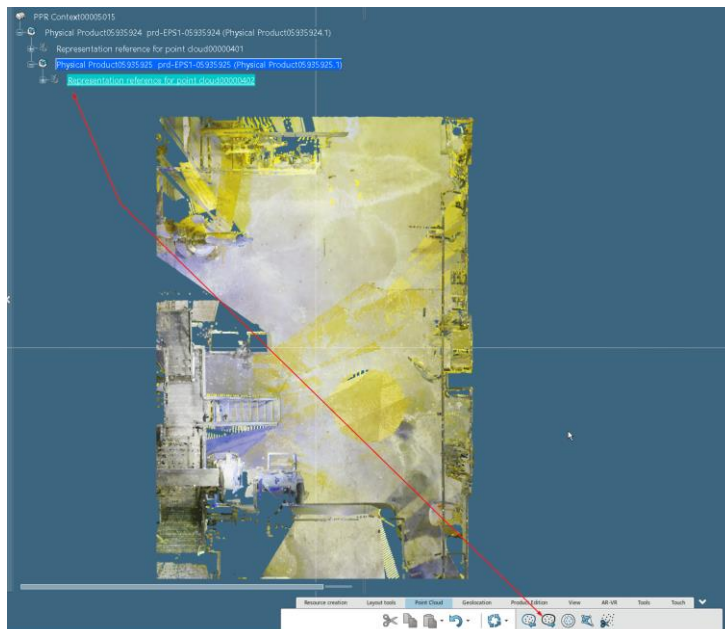
→Click export and name sellDat file after that click ok to continue (Picture below).



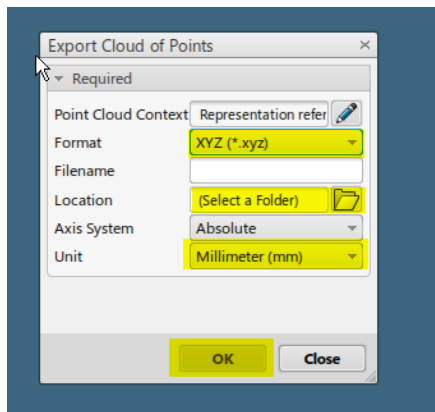
→ Now a new part comes into the structural tree (Picture below).



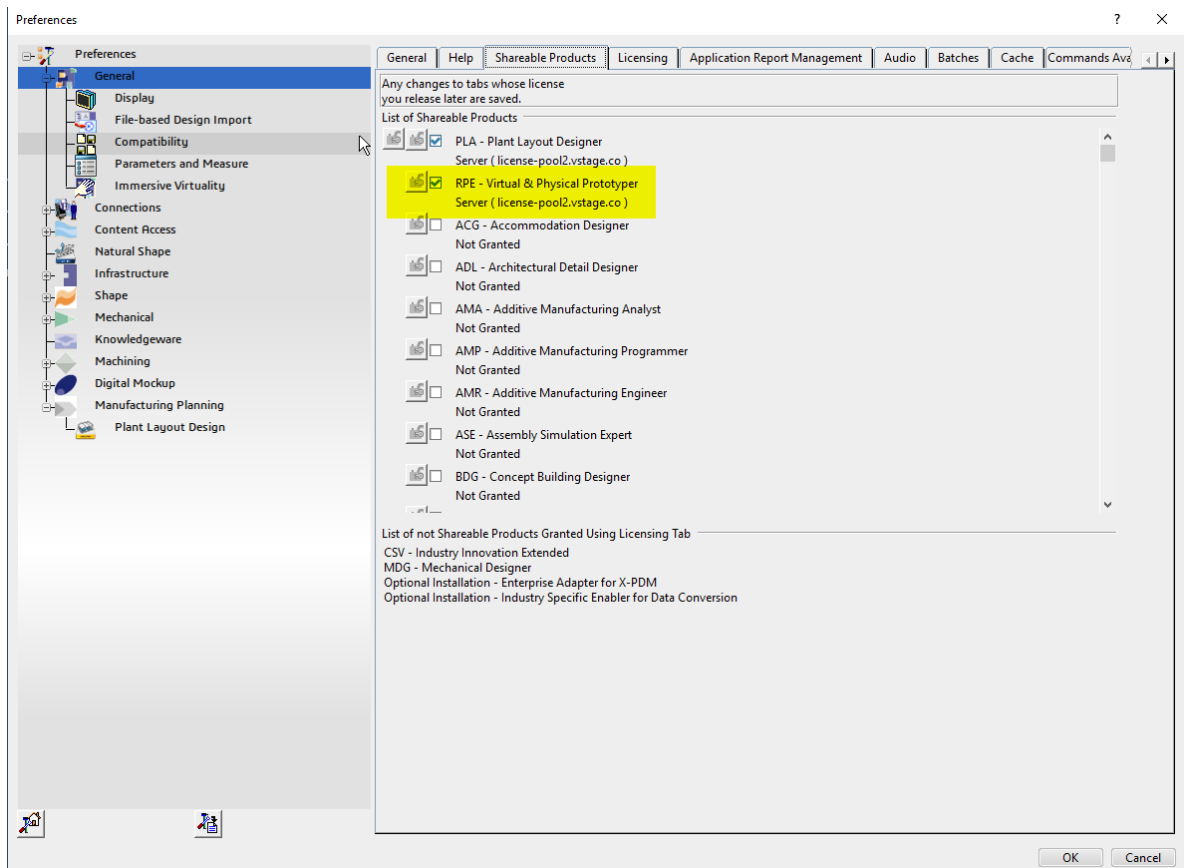
→ You can export now the previously selected point cloud area. Click point cloud part and the round icon with right arrow (Picture below).



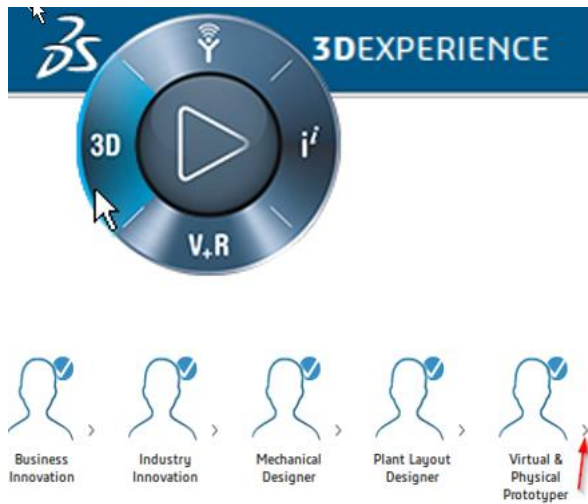
→ The window will open with the functions. Choose format type, name file and select location then select unit to millimeter, then click Ok to continue (Picture below).



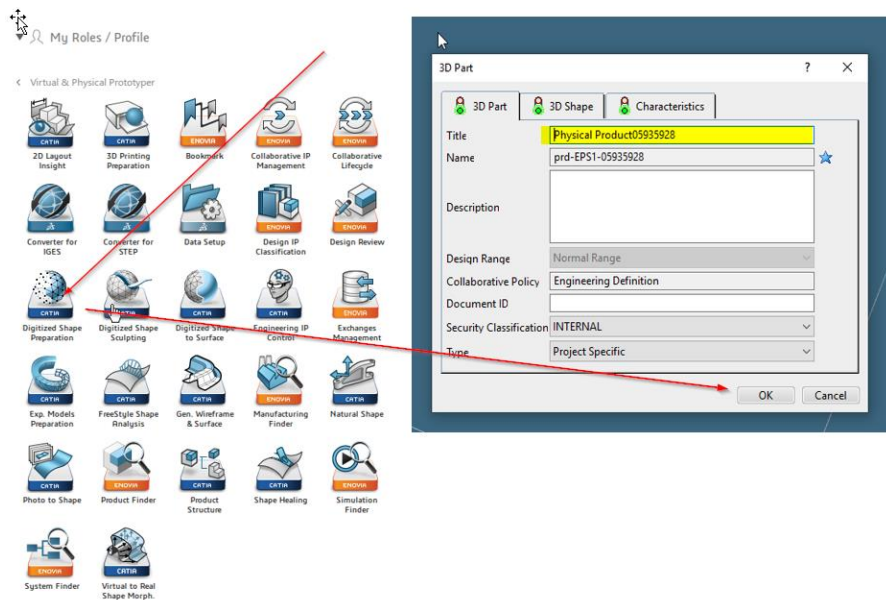
→The RPE license must be in use on this point. License selection is in same place as the previously selected PLA license (Picture below).



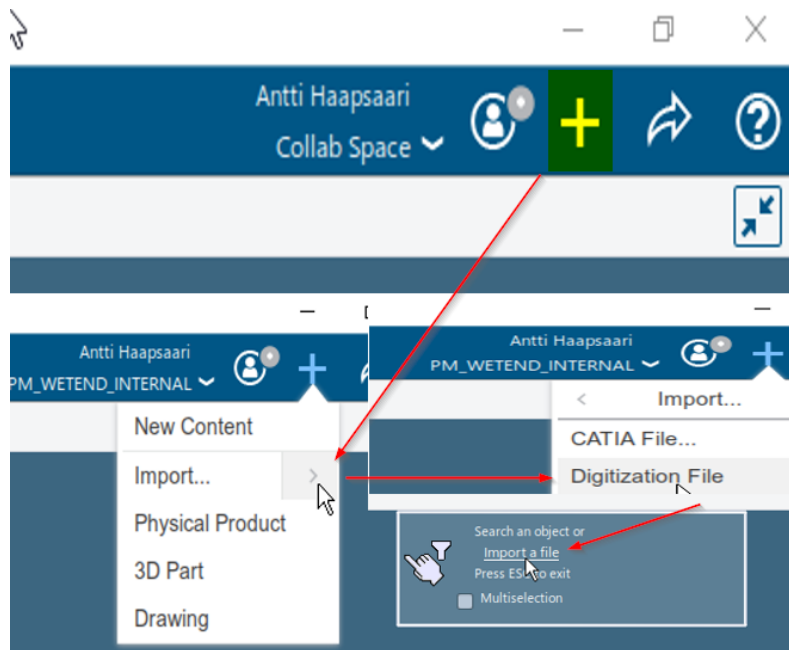
→Click the top of the navigation circle and 3D icon. Open Virtual & physical Prototyper role from a small arrow (Picture below).



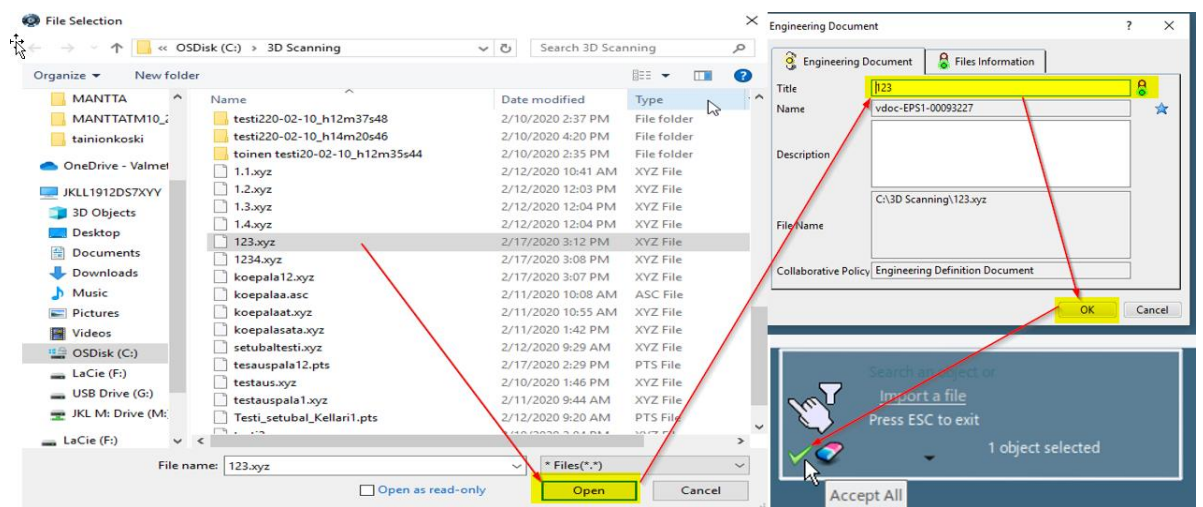
→ Choose Digitalized Shape Preparation and create new part (Picture below).



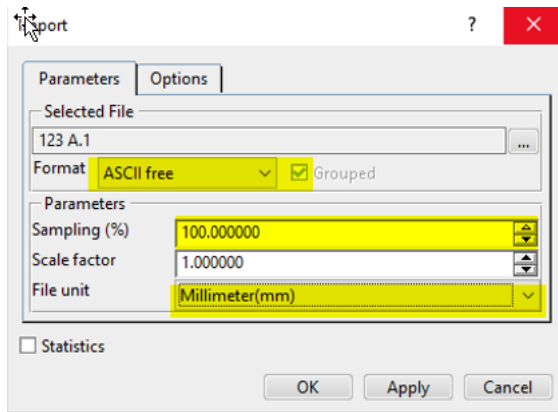
→ Next is to import the point cloud part into the structure tree. Click plus icon, then open import to small arrow and click Digitization File. A window will pop up with an import file, so click that (Picture below).



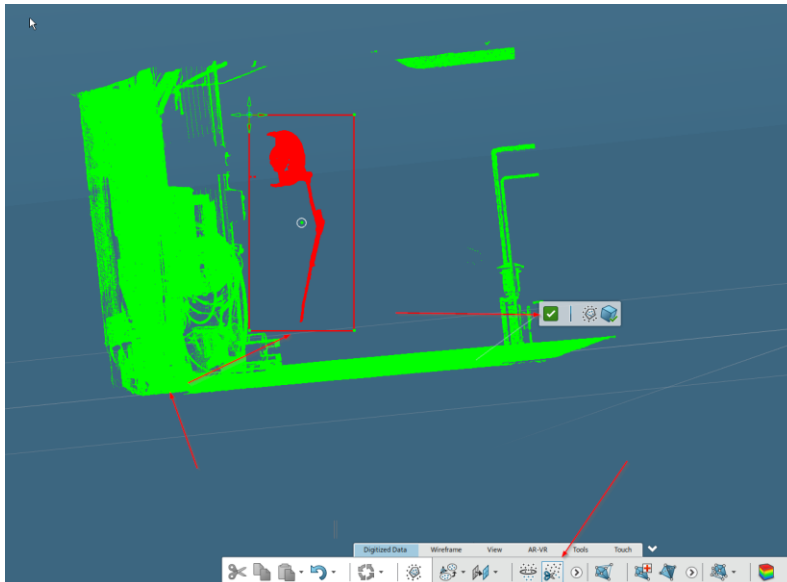
→ Choose pointcloud file XYZ-, or ASCII-format and open. Name Engineering Document, click ok and then accept all (Picture below).



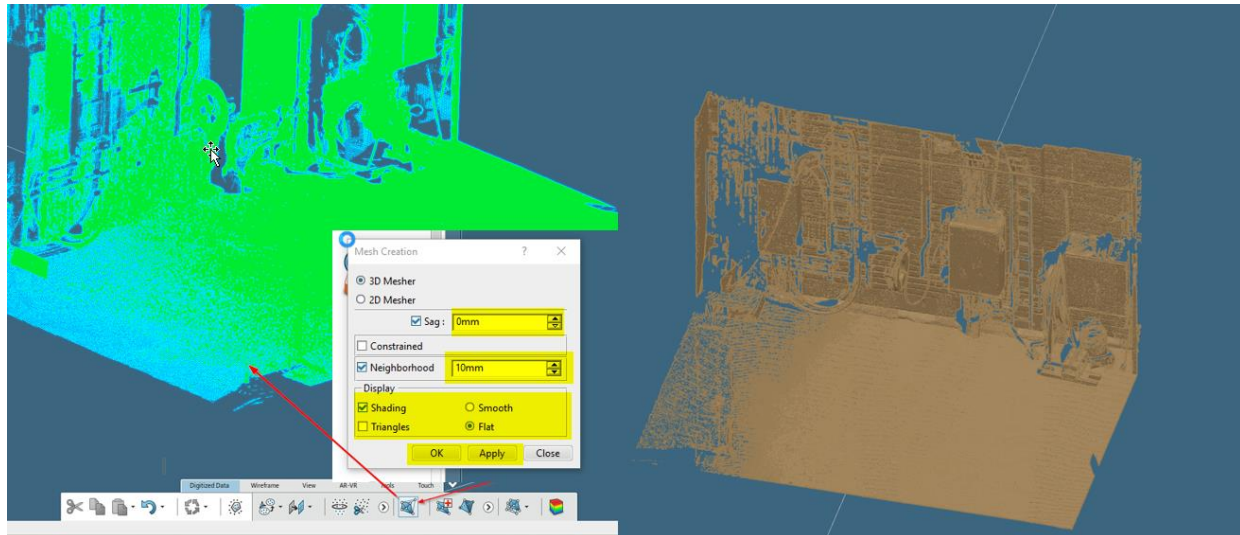
→ Next opens window where you can select parameters. Click ok, this will take several minutes (Picture below).



→When the point cloud has been opened, you can next clean up the unnecessary points. Click the scissors icon-Click point cloud-paint the are to be removed-Click green access icon to continue (Picture below).



→Mesh-model making. Click Mesh icon-Click point cloud-set parameters-Click OK. This step can take several minutes (Picture below).

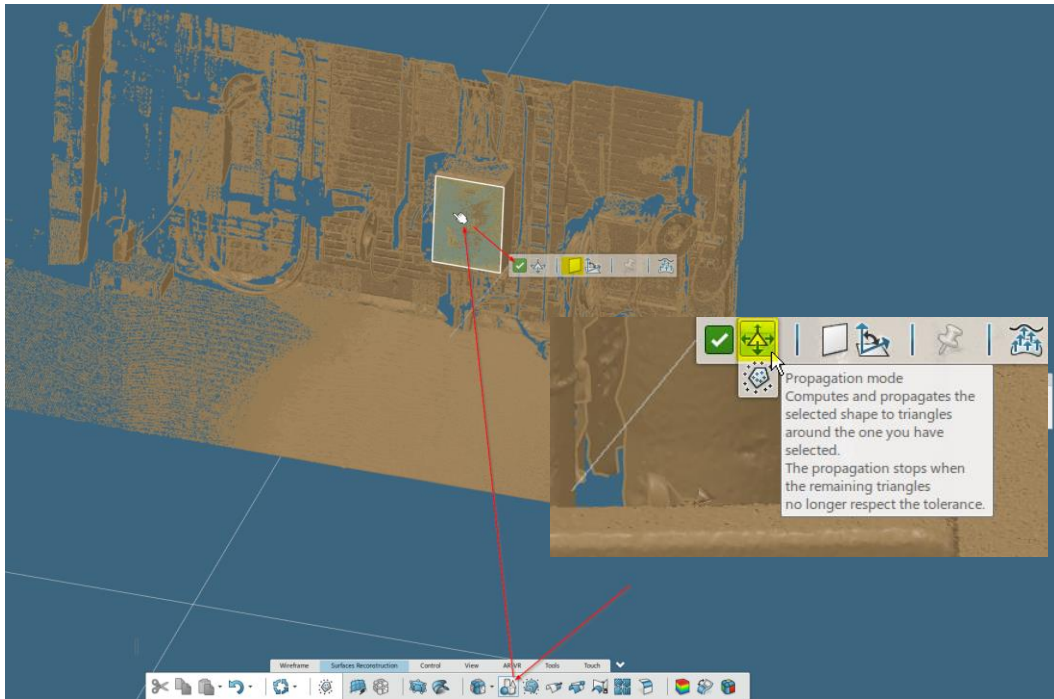


→Surface modeling from a point cloud or mesh-model.

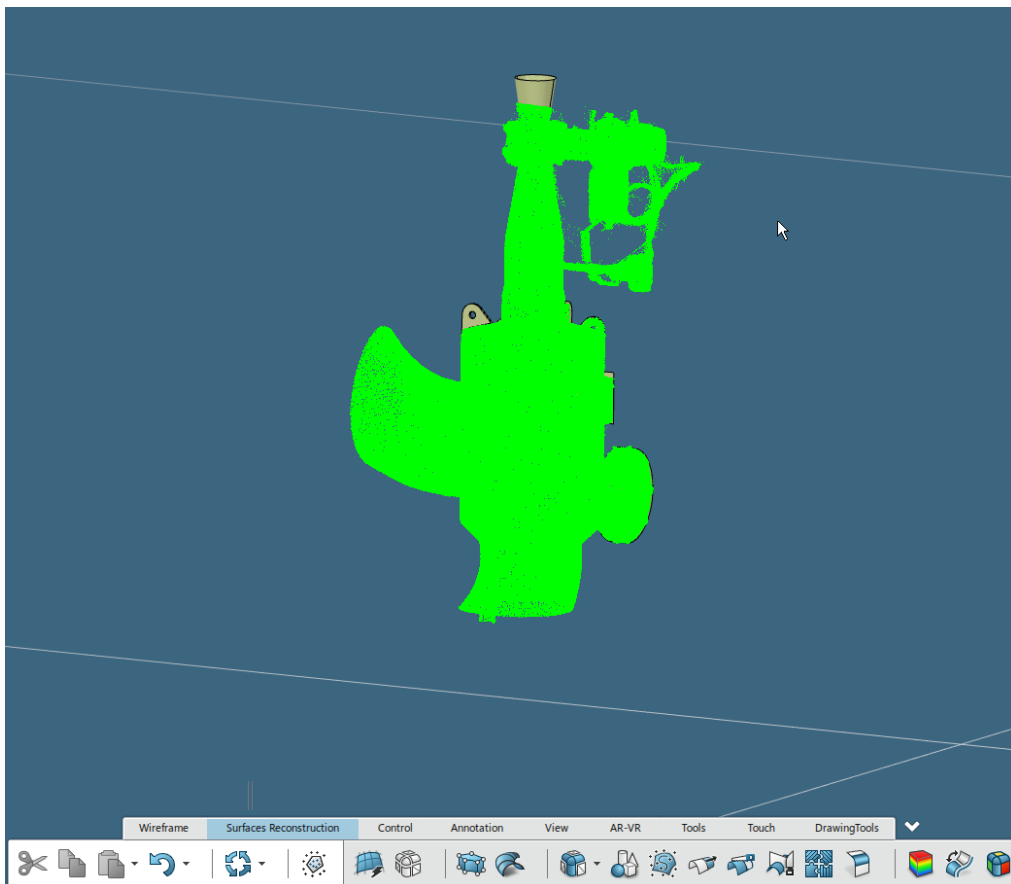
→Surface to mesh-model. Change work space, **Digitalized Shape Preparation** to **Digitized Shape to Surface** (Picture below).



→Click the icon with the ball, triangle and cylinder→Use propagation mode→Click on the surface where you want to create the surface, then ok (Picture below).



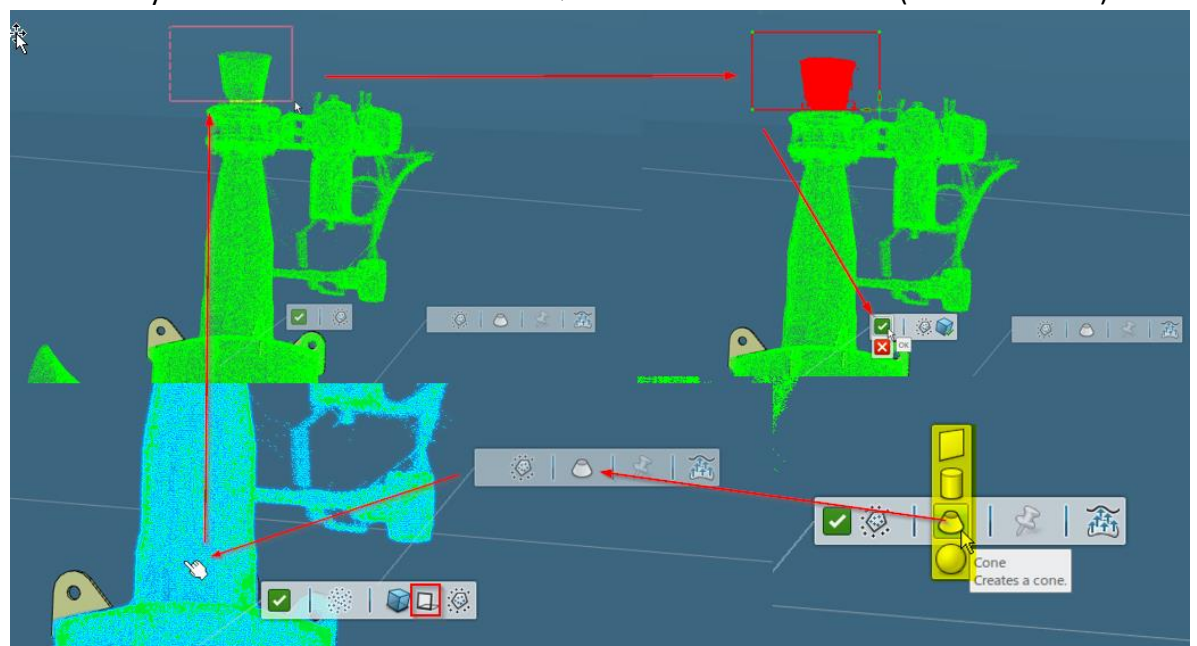
→Surface modeling with out mesh model. Use RPE licence and **Digitized Shape to Surface** role. Otherwise the same proses as before, but the mesh is not done (Picture below).



→Click 3D Primitive Recognition and use select (Picture below).



→Next, the surface shape is selected → Pick a shape → Click point cloud → paint the area were you want to create the surface → Click ok to make surface (Pictures below).



Liite 5. Haastattelun apukysymykset

Haastattelu

3D-skannaus prosessi:

- Mitä pitää huomioida skannaus paikkaa valitessa?
 - Miten ympäristö vaikuttaa?
 - Vaikuttaako valaistus?
- Mitä etuja on tähyksien käyttämisestä?
- Mitkä tekijät vaikuttavat skannaus laatuun?
- Voidaanko jotain tehdä prosessin edesauttamiseksi ennen skannauksen aloittamista?
- Miten skannaus laatua voidaan parantaa?
- Miten kerrosten vaihdossa tulee toimia?

Kokemus:

- Montako skannausta olet suorittanut?
- Montako pistepilveä olet rekisteröinyt?
- Millä ohjelmilla olet tehnyt rekisteröintiä?