



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Petri Hanhimäki

MOOTTORINKANNEN TAKAISINMAL- LINNUS

Tekniikka ja liikenne
2015

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Petri Hanhimäki
Opinnäytetyön nimi	Moottorinkannen takaisinmallinnus
Vuosi	2015
Kieli	suomi
Sivumäärä	28
Ohjaaja	Mika Billing

Työn tarkoituksena oli takaisinmallintaa moottoripyörän moottorinkansi ja saatujen tulosten avulla tehdä 3D-malli, jota voisi hyödyntää uusien moottorinkansien valmistamisessa.

Työssä perehdyttiin 3D-skannaukseen, koordinaattimittaukseen, patentteihin, 3D-mallintamiseen, takaisinmallintamisen periaatteisiin ja CAM-tekniikkaan. Ensiksi kannelle tehtiin 3D-skannaus ja sitten kansi mitattiin koordinaattimittauskoneella. Lopuksi kannesta tehtiin Siemens NX –mallinnusohjelmalla 3D-malli.

Havaintoina oli 3D-skannauksen ja koordinaattimittauksen käytettävyys takaisinmallinnuksessa. Lopputuloksena oli valmis 3D-malli kannesta, jota voi käyttää piirustusten tekemiseen ja hyödyntää CAM-ohjelmissa.

ABSTRACT

Author	Petri Hanhimäki
Title	Reverse Engineering of Motor head
Year	2015
Language	Finnish
Pages	28
Name of Supervisor	Mika Billing

The purpose of the thesis was to reverse engineer the motor head of a motorbike that can be made to a 3D-model in CAD. The 3D-model then can be used to make drawings for manufacturing or use the model in computer aided manufacturing.

Methods which was used were 3D-scanning, coordinate measuring and 3D-modeling. First the motor head was 3D-scanned then measured by 3D coordinate measuring machine. Lastly the motor head was made to a 3D-model in Siemens NX.

The results from the 3D-scanning were not usable because the model from the scanning was defective. The coordinate measuring on other hand gave usable results which were used to make the 3D-model of the motor head in Siemens NX.

The 3D-model made can be used to make a motor head.

Keywords Reverse engineering, 3D-scanning, 3D-modeling

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	6
2	TEORIATAUSTA.....	7
	2.1 Menetelmät	7
	2.2 Takaisinmallinnus	7
	2.3 3D-skannaus.....	8
	2.4 Koordinaattimittaus	9
	2.5 3D-mallinnus	11
	2.6 CAM.....	12
3	KOSKETUKSETON 3D-SKANNAUS	13
	3.1 Käytettävä skannauslaite	13
	3.2 Skannauksen kulku.....	14
	3.3 Skannatun 3D-mallin viimeistely.....	16
	3.4 3D-skannauksen tulos.....	17
4	3D-KOORDINAATTIMITTAUS.....	18
	4.1 Mittaaminen	18
	4.2 Tulos	22
5	3D-MALLIN TEKEMINEN.....	24
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	27
	LÄHTEET	28
	LIITTEET	

KUVALUETTELO

Kuva 1.	Aktiivisen skannerin toimintaperiaate.	s.5
Kuva 2.	Nivelvarsikoordinaattimittauskone	s.7
Kuva 3.	Nextengine skanneri	s.9
Kuva 4.	Kannen skannaus käynnissä	s.10
Kuva 5.	Näkymä skannerin käyttöohjelmasta	s.11
Kuva 6.	Geomagic- ohjelman näkymä	s.12
Kuva 7.	Koulun koordinaattimittauskone	s.13
Kuva 8.	Venttiilin reiän paikan ja kulman mittaus	s.14
Kuva 9.	Kannen mittaus toiselta puolelta.	s.15
Kuva 10.	Venttiilin reiän paikan ja kulman mittaus.	s.16
Kuva 11.	sytytystulpan reiän mittaus.	s.17
Kuva 12.	Valmis malli palotilan puolelta.	s.18
Kuva 13.	Toiselta puolelta	s.19
Kuva 14.	Malli palotilan vastapuolelta.	s.20

1 JOHDANTO

Projektin tarkoituksena oli saada olemassa olevasta moottoripyörän moottorin-kannesta aikaseksi 3D-malli, jota voisi hyödyntää esimerkiksi CAM-ohjelmoinnissa tai sen avulla voitaisiin tehdä työpiirustuksia. Kannen tutkimiseen käytettiin 3D-skannausta ja koordinaattimittausta, että kannesta saataisiin tehtyä mahdollisimman tarkka 3D-malli.

2 TEORIATAUSTA

2.1 Menetelmät

Takaisinmallinnuksessa käytettäviä menetelmiä ja välineitä on monenlaisia. Esimerkiksi on manuaaliset mittavälineet, kuten rullamitta, työntömitta ja kaarimikrometri, jotka voivat hyvin riittää jonkin tuotteen takaisinmallintamisessa. Muita manuaalisia mittavälineitä ovat erilaiset mikrometrit kuten kolmipistesisämikrometri, syvyysmikrometri, rakennemikrometri ja sisämikrometri. Näiden lisäksi voidaan käyttää erilaisia mittakelloja ja kulmamittoja. Varsinkin mittakellot tarvitsevat jalustan johon mittakellon voi kiinnittää. Näiden edellä mainittujen mittavälineiden kanssa mitattavasta kappaleesta riippuen voi tarvita erilaisia tukia, puristimen tai mittaustason.

Manuaalisten mittavälineiden lisäksi nykyään on käytettävissä erilaisia 3D-skannereita ja koordinaattimittauskoneita. 3D-skannerin avulla saa monimutkaisemmastakin kappaleesta tietokoneelle 3D-mallin. Skannattu 3D-malli ei ole suoraan skannauksen jälkeen käytettävissä kunnossa välttämättä, vaan sitä pitää vielä viimeistellä erillisellä ohjelmalla. Ohjelmalla mallista paikataan reiät, joita skanneri ei pystynyt skannaamaan ja ohjelmalla voidaan poistaa mallista turhat muodot. Joissakin tilanteissa valokuvakin voi olla tarpeellinen, esimerkiksi jos tarvitsee nähdä vain suuntaa antavaa tietoa tuotteesta ja sen mekaniikasta. Valaminen on hyvä keino, jos tarvitsee tutkia esimerkiksi tuotteessa olevia kanavia.

2.2 Takaisinmallinnus

Takaisinmallinnuksella tarkoitetaan prosessia, jossa tutkitaan jo olemassa olevaa tuotetta. Prosessin tuloksena saadaan tuotteesta tietoa, jonka avulla voidaan kopioida tuote, parantaa olemassa olevaa toista tuotetta tai kerätä tietoa esimerkiksi kilpailijan tuotteesta. Takaisinmallinnus on yleistä esimerkiksi autoteollisuudessa, elektroniikkateollisuudessa ja koneensuunnittelussa /5/

Koska patenttilait voivat olla hyvinkin erilaisia eri maissa ja patentointi olisi kallista, jos patentin haluaa olevan maailmanlaajuisesti voimassa, tuote voidaan takaisinmallintaa ja myydä omana tuotteena maassa, jossa ei ole voimassa olevaa patenttia. Patentti voi myös koskea vain jotain tiettyä osaa tuotteesta, jolloin kaiken muun voi takaisinmallintaa ja käyttää esimerkiksi hyödyksi omassa tuotteessa, paitsi sen patentoidun osan.

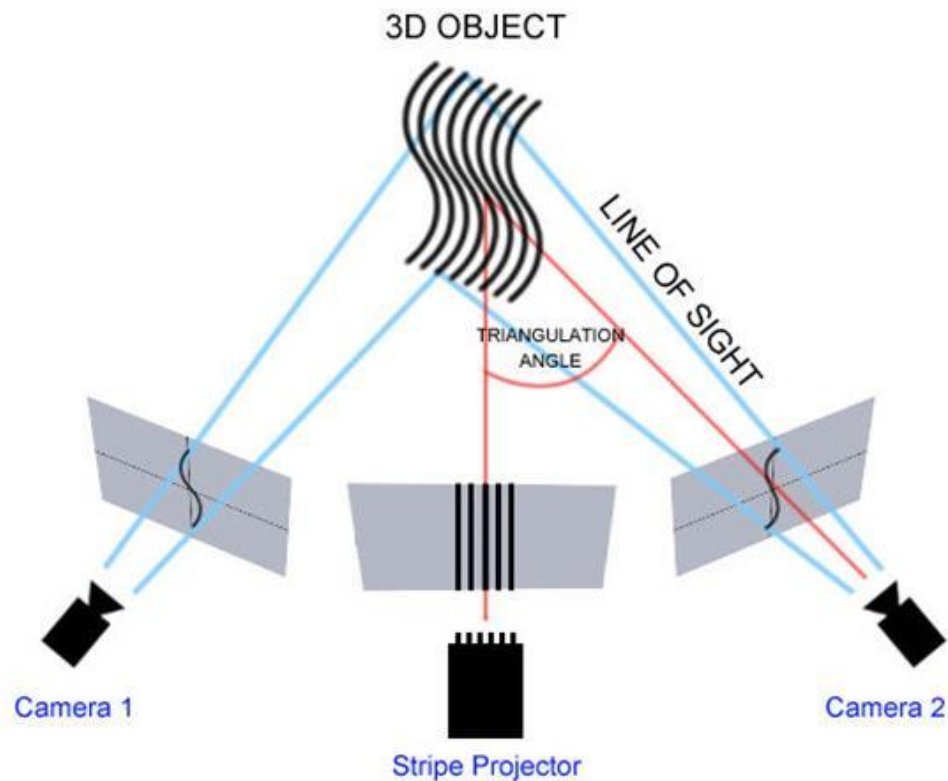
Yksi syy kilpailijoiden tuotteiden tutkimiseen on, että tutkitaan, onko kilpailija tehnyt patentti- tai kopiointirikkomusta. Varsinkin kun tutkitaan kilpailevan yhtiön tuotteita. Mutta toisaalta, jos tarvitsee jotain tiettyä tuotetta, jota ei enää valmisteta tai sen patentti ei ole voimassa enää, silloin tuote on vapaa kopioitavaksi.

Projektin aiheena olevan moottorinkannen takaisinmallintamisessa ei ole lainopillisia tai eettisiä ongelmia, koska kannen malli on yleisessä tiedossa ja käytössä harrastajien parissa.

2.3 3D-skannaus

3D-skannerin avulla tutkitaan olemassa olevaa tuotetta. 3D-skanneri luo pistepilven, joka koostuu datapisteistä, jotka sijaitsevat koordinaatistossa. Pistepilvestä saadaan kappaleen muoto. 3D-skannauksessa on kaksi toimintaperiaatetta, aktiivinen skanneri ja passiivinen skanneri. Skannereita käytetään esimerkiksi, laaduntarkkailussa ja takaisinmallinuksessa /4/ /5/ /6/

Aktiiviset skannerit koostuvat yhdestä tai useammasta kamerasta. Samalla niissä on oma säteilylähde, joka voi olla laserdiodi, projektori tai salamavallo. Laite sitten havaitsee heijastuneen säteilyn. Kuvassa 1 on Aktiivisen skannerin toimintaperiaate. /5/ /6/ /8/



Kuva 1. Aktiivisen skannerin toimintaperiaate.

Passiivinen skanneri havaitsee muista lähteistä lähtevää säteilyä esimerkiksi auringon- tai infrapunasäteilyä tai näkyvää valoa. Passiivinen skanneri käyttää yhtä tai kahta digitaalista kameraa. Yhdellä kameralla toimittaessa kuvattavasta kohdesta otetaan useita kuvia eri puolilta. Kuvien avulla muodostetaan kohdesta 3D-malli. Kahdella kameralla toimittaessa kamerat pidetään hieman erillään toisistaan kohdetta kuvattaessa ja syvyysnäkö syntyy tämän avulla. Saadut kuvat yhdistetään toisiinsa kuvissa olevien samojen pisteiden avulla. /9/

2.4 Koordinaattimittaus

Koordinaattimittauskoneita on usealla eri rakenteella. Rakennetyyppejä ovat portaali-, silta-, puomi, pylväs-, nivelvarsi-, ja yhdistelmäkoordinaattimittauskone.

Mittaus tapahtuu joko mekaanisella kosketuksella tai optisesti. Optisessa mittaus-tavassa voi esimerkiksi käytössä olla CCD-videokamera, konenäkö tai laser. /10/

Yleisin konetyyppi on portaalikone kiinteällä pöydällä. Siinä liikeakselit ovat suoraviivaisia ja kone on varustettu niin, että mittaus suoritetaan koskettamalla. Koneen runkona ja mittauspöytänä käytetään useimmiten mustaa diabaasi-kiveä, joka hiottu äärimmäisen tasomaiseksi. Silta-, puomi,- ja pylväskoordinaattimittaus-koneet ovat muunnelmia portaalikoneesta /10/

Nivelvarsilla toimiva koordinaattimittauskone on sitten enemmän aikasemmin mainituista tyypeistä poikkeava. Kuvassa 2 näkyy nivelvarrella oleva koordinaattimittauskone. Se on ulkonäöltään lähempänä robottia. Siinä on 6-7 vapausastetta. Nivelet ovat kiertyviä. Nivelissä ei ole servomootoreita, vaan konetta ohjataan käsin. Nivelvarsikoordinaattimittauskoneen varren nivelissä on sensorit, jotka mittaavat nivelen kulma-asentoa. Varren päässä on mittapää, joka voi olla mekaanisella kosketuksella toimiva tai esimerkiksi laser. /1/ /10/



Kuva 2. Nivelvarsikoordinaattimittauskone

2.5 3D-mallinnus

3D-mallinnus kuuluu tietokoneavusteiseen suunnitteluun, englanniksi se on computer aided design eli lyhennettynä CAD. Ennen kuin oli 3D-mallinnusta, tietokoneilla käytettiin 2D-suunnitteluohjelmia, joiden avulla tehtiin suoraan piirustuksia. 2D-piirtoohjelmat yleistyivät 1980-luvulla ja 1990-luvulla ne olivat syrjäyttäneet käsin piirtämisen kokonaan teollistuneissa maissa. 2000-luvulla 3D-mallinnus on syrjäyttämässä 2D-piirtämisen tietokoneavusteisessa suunnittelussa. 2D-piirtämistä on vielä käytetty laitos- ja layout-suunnittelussa, mutta näilläkin alueilla 2D-piirtäminen on jäämässä 3D-mallinnuksen yleistyessä. /7/

3D-mallinnusta käytetään nykyään koneensuunnittelussa. 3D-mallit ovat paljon havainnollisempia ja niiden avulla voidaan tarkastaa osien yhteensopivuutta jo suunnitteluvaiheessa tietokoneen ruudulla. Tämä ei poista vielä tarvetta tehdä prototyyppejä. /2/

2.6 CAM

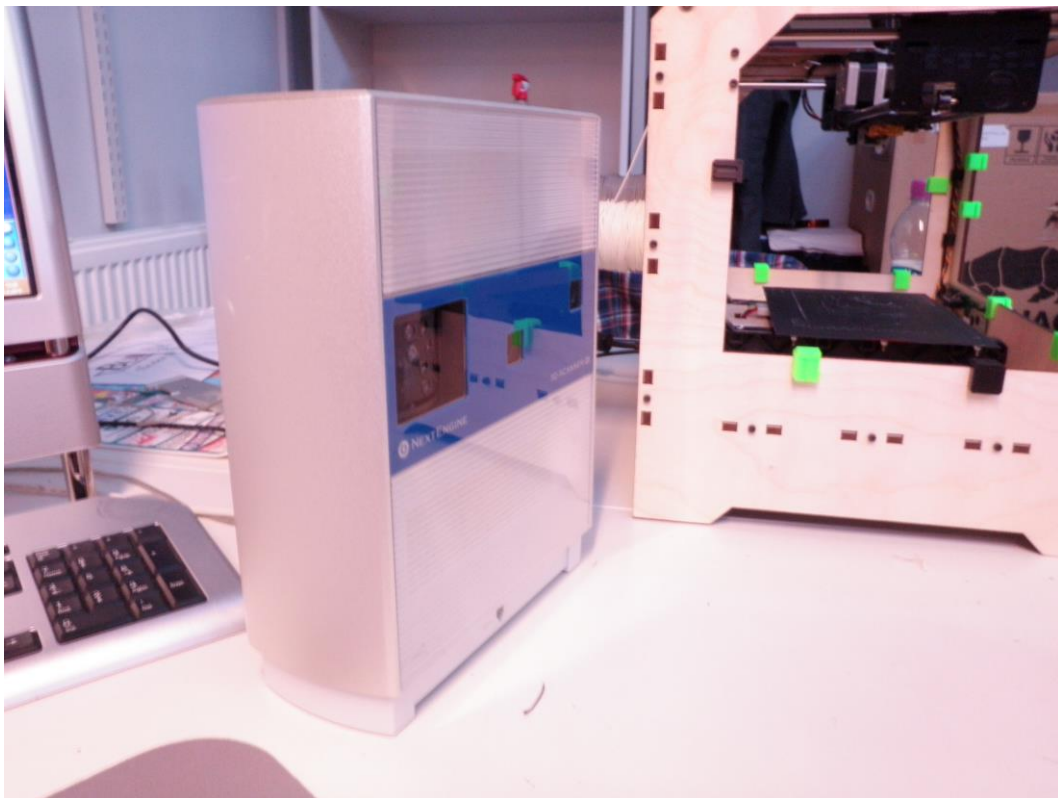
CAM on lyhenne sanoista computer aided manufacturing, eli se on tietokoneavusteinen valmistus suomeksi. CAM-ohjelmalla ohjataan erilaisia CNC-keskuksia. CAM-ohjelmalla ohjelmoitaessa käytetään kappaleista tehtyjä 3D-malleja. 3D-mallin avulla ohjelman tekeminen on havainnollista ja jo tietokoneella ohjelmaa simuloitaessa nähdään ohjelmassa mahdollisia parannuskohtia ja virheitä. Virheet ja parannettavat kohdat voidaan siten korjata jo ennen kuin yhtään kappaletta on ajettu CNC-keskuksella.

CAM-termillä voidaan myös tarkoittaa koko tehtaan tuotannon ohjaamista tietokoneen avulla. Sen päätarkoitus on nopeuttaa tuotantoprosessia ja lisätä tuotteiden mittatarkkuutta ja vähentää raaka-aineitten kulutusta. CAM-ohjelmointi ei korvaa vielä pätevää koneistajaa ohjelman optimoinnissa. Esimerkiksi 5-akselisen työstökeskuksen ohjelmoinnissa CAM-ohjelma on hyvä apuväline. /3/

3 KOSKETUKSETON 3D-SKANNAUS

3.1 Käytettävä skannauslaite

Käytettävä kosketukseton skannauslaite on Nextengine 3D-laserskanneri. Kyseinen skanneri on suosittu niin isoissa yhtiöissä kuin esimerkiksi General Electricissä, Whirpoolissa ja Black & Deckerissä. Myös jotkin huippuyliopistot käyttävät kyseistä skanneria kuten MIT (Massachusetts Institute of Technology). Kuvassa 3 on käytettävä skanneri.



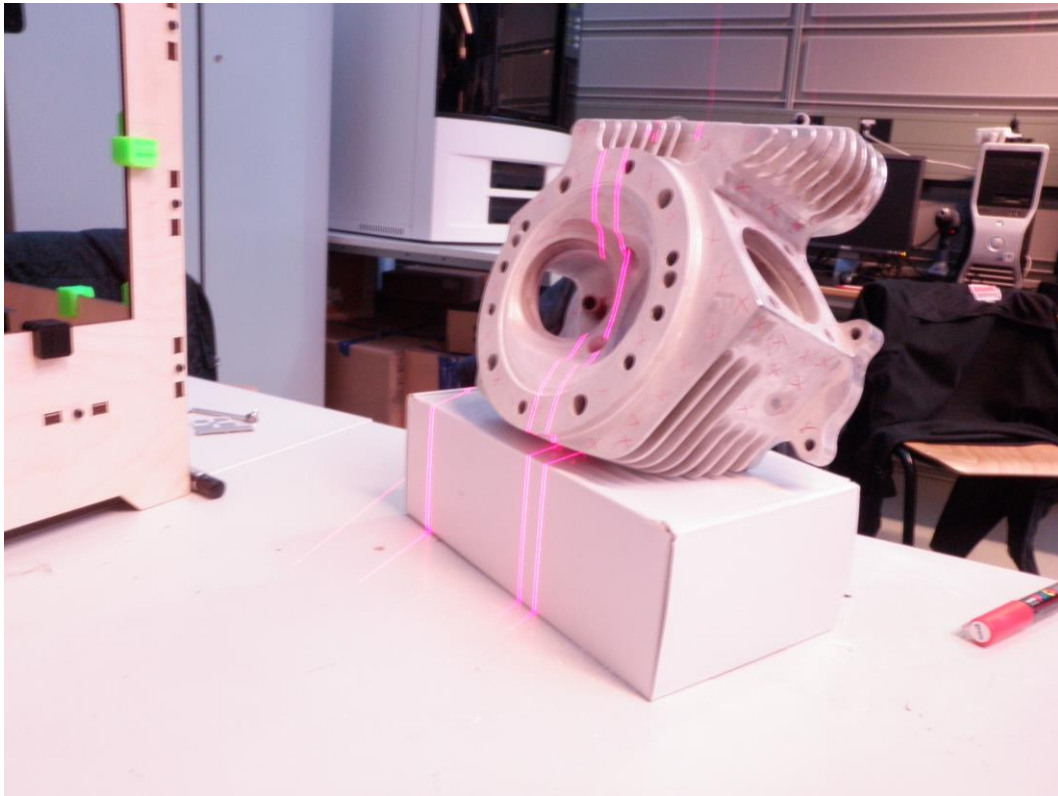
Kuva 3. Nextengine-skanneri.

Skanneri käyttää MultiStripe Laser Triangulation (MLT) teknologiaa. Lasereita on yhteensä kahdeksan ja näitten apuna on kaksi 3 megapikselin CMOS-kameraa.

Laitteen mittatarkkuus on tarkkuus-moodissa ± 0.013 millimetriä ja laaja-moodissa ± 0.38 millimetriä. Skanneriin saa apuvälineeksi pyörityspöydän.

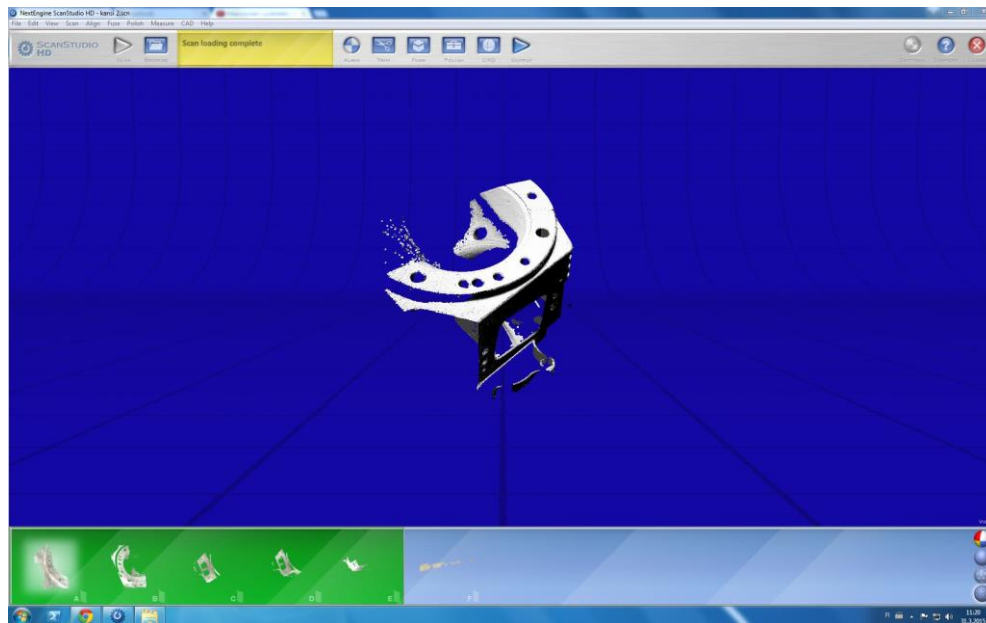
3.2 Skannauksen kulku

Aluksi huomattiin, että kannen koosta ja painosta johtuen skannerin omaa pyörityspöytää ei voida käyttää. Päädyttiin käyttämään pahvilaatikkoa ja erinäisiä kappaleita kannen asennon muuttamiseen, kuten kuvassa 4 näkyy. Myös kannen kiiltävä pinta haittasi skannaamista. Jauhetalkin avulla saatiin heijastumista vähennettyä, mutta ei se heijastumisongelmaa kokonaan poistanut. Heijastumista johtuvia aukkoja voi korjata sitten lopuksi mallin viimeistelyssä. Kanteen tehtiin tussilla paljon merkintöjä joiden avulla voitiin yhdistää skannauksia kokonaiseksi malliksi.



Kuva 4. Kannen skannaus käynnissä.

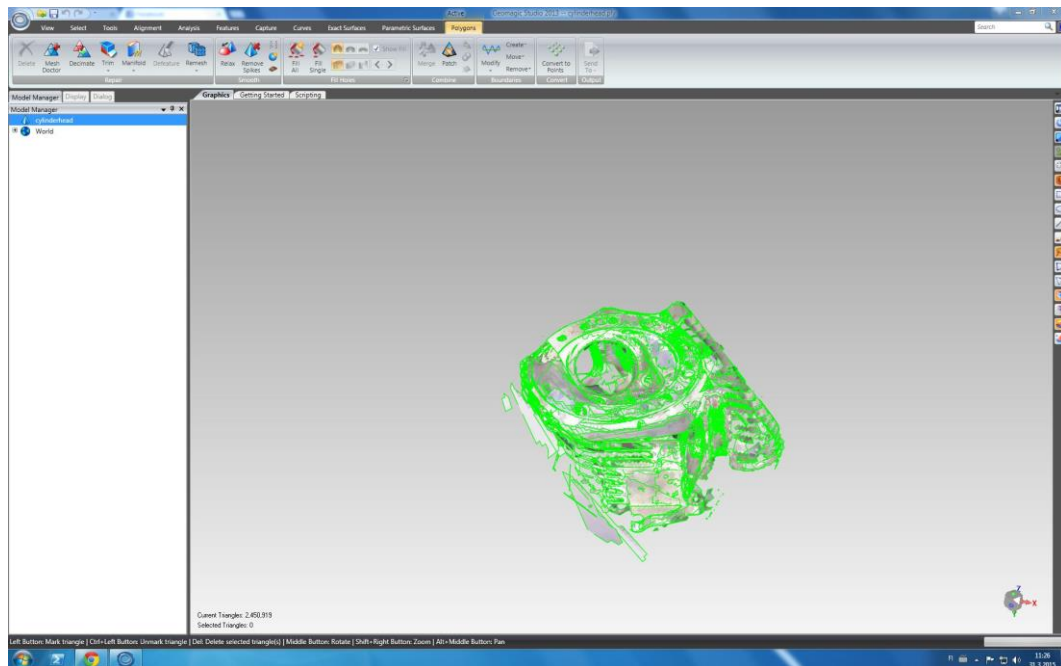
Muutaman skannauksen jälkeen saatuja skannauksia voi alkaa yhdistää kokonaiseksi malliksi Nextengin omassa Scan studiossa. Kuvassa 5 näkyy, miltä ohjelman käyttöliittymä näyttää. Saatuja skannauksia yhdistetään toisiinsa kolmen piirteen avulla. Sen takia kanteen piti tussilla tehdä merkintöjä, jotka olisivat helposti paikannettavia ja tarkkoja kohtia, joiden avulla yhdistää skannauksia. Skannauksia yhdistettäessä määritetään yhdistämistarkkuus, joka määrittää tulevan mallin mitatarkkuutta.



Kuva 5. Näkymä Scan studiossa.

3.3 Skannatun 3D-mallin viimeistely

Saatu 3D-malli yksinkertaistettiin ennen viimeistelyä. Malli piti yksinkertaistaa, jotta siitä poistuisi turhat muotojen päällekkäisyydet ja tiedostokoko olisi pienempi. Tiedoston koko pieneni neljästä gigabitistä 53 megabittiin. Mallin viimeistelyyn käytettiin Geomagic -ohjelmaa. Kuvassa 6 näkyy Geomagic- ohjelman käyttöliittymä ja kannen malli siirrettynä suoraan Scan Studio -ohjelmasta. Kannen mallissa oli lopuksi niin paljon aukkoja, ettei kannattanut käyttää aikaa kannen mallin viimeistelyyn. En ole myöskään koskaan aikaisemmin käyttänyt Geomagic -ohjelmaa, mikä olisi vaatinut oman aikansa, joka olisi ollut pois oman mallin tekemisestä.



Kuva 6. Geomagic -ohjelman näkymä.

3.4 3D-skannauksen tulos

Skannatusta mallista ei ollut lopuksi apua tässä projektissa. Malli olisi vaatinut suhteettoman paljon työtä, jotta siitä olisi tullut eheä malli. Mallin mittatarkkuus oli lopuksi myös epämääräinen, joten välttämättä eheäksi tehdystä mallista ei olisi saanut mitään hyödyllistä irti.

4 3D-KOORDINAATTIMITTAUS

Mittaamisessa käytettiin Vaasan ammattikorkeakoulun Technobotnian laboratoriossa olevaa koordinaattimittauskoneetta, joka näkyy kuvassa 7. Kone on portaalikone, jossa on mittaustasona kivitaso. Tämä koordinaattikone on sopivan kokoinen kannen mittaamiseen.



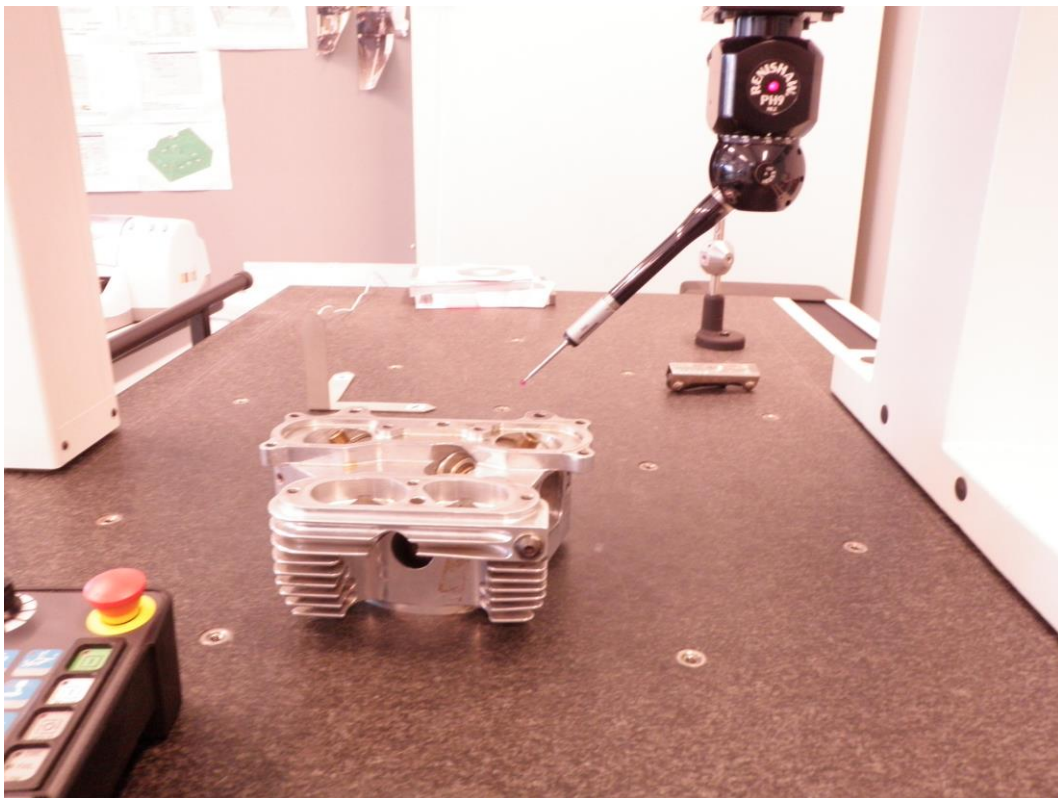
Kuva 7. Vaasan ammattikorkeakoulun Technobotnian koordinaattimittauskone.

4.1 Mittaaminen

Mittaaminen tehtiin kahdessa vaiheessa. Ensiksi mitattiin palotila vasten mittaustasoa omalla painollaan ja sitten palotila ylöspäin. Ennen varsinaisen mittaamisen

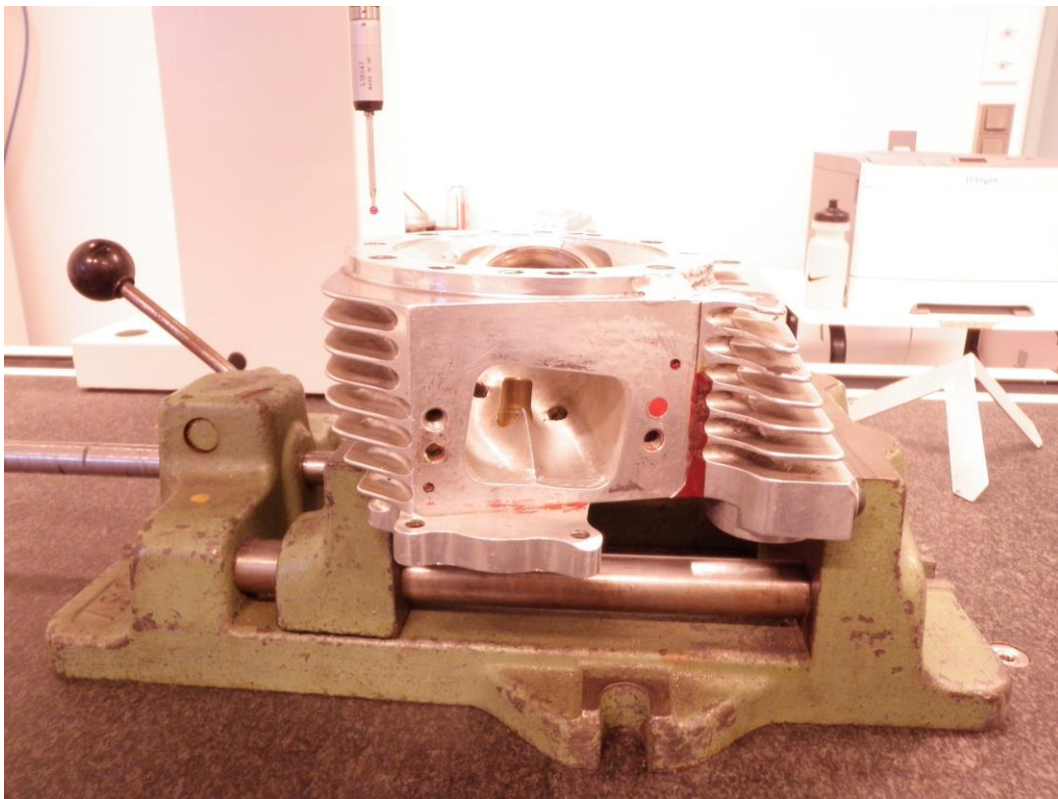
aloittamista pitää luoda koordinaatisto mittaamista varten. Nollataso oli mittatason pinnassa, josta Z-akseli on ylöspäin. X-akseli määritettiin kahden reiän avulla.

Varsinaisen mittaamisen aloitin mittaamalla kaikki Z-akselin kanssa yhdensuuntaisten reikien paikat. Sitten mittasin kaikki kulmassa olevat reiät, joita oli muutama kannen yläpuolella. Jotta näitä muutamaa reikää pystyi mittaamaan, piti mitatapään asentoa muuttaa. Tämän takia rei'istä piti ottaa paikka ja suunta eri tavalla kuin pystysuorassa olevista rei'istä. Kuvassa 8 on esimerkki, miten mitattiin kulmassa olevaa reikää. Reiän paikka ja suunta otettiin venttiilin ohjurin ulkopinnasta. Myös kulmassa oleva upotus ohjurin kohdalla mitattiin tasona.



Kuva 8. Venttiilin reiän paikan ja kulman mittaus.

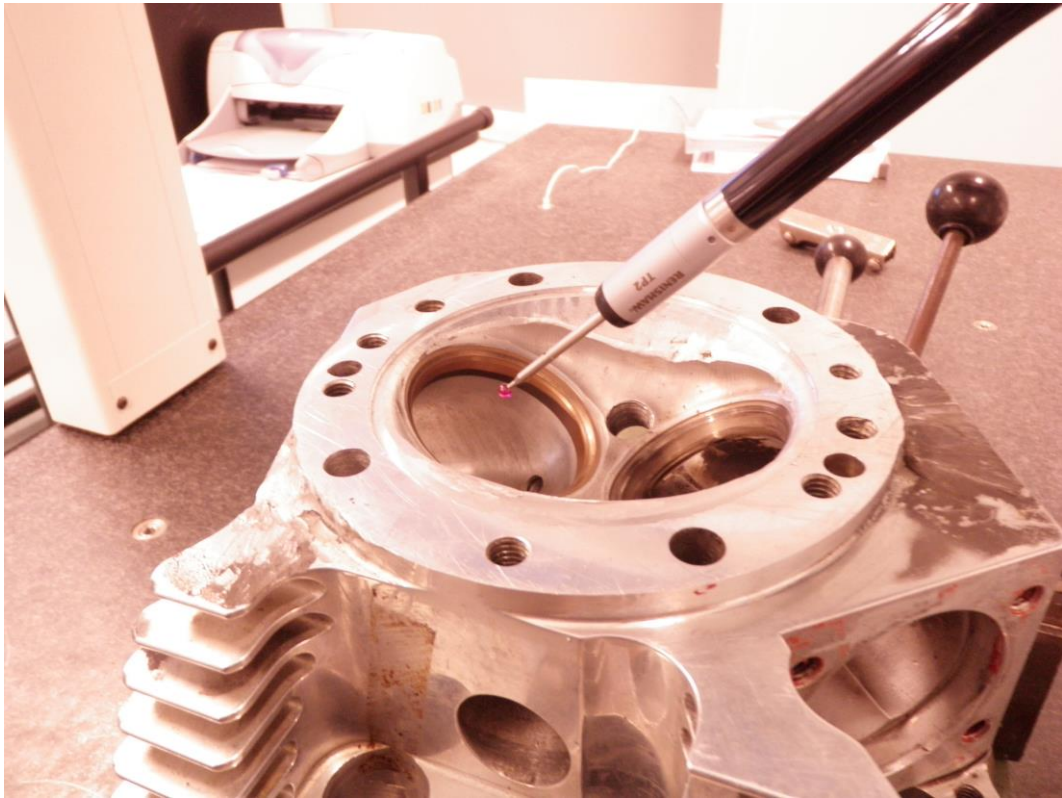
Seuraavaksi kantta mitattiin toiselta puolelta kuvan 9 osoittamalla tavalla. Kansi piti olla puristimessa, jotta se oli suorassa. Kansi ei olisi ollut suorassa ja se olisi keikkunut venttiilien ohjuriin varassa, jollei kantta olisi laitettu puristimeen. Samalla kansi pysyi paremmin paikoillaan, kun se ei ollut vain vasten mittaustasoa vasten omalla painolla.



Kuva 9. Kannen mittaaminen palotila ylöspäin.

Mittaaminen aloitettiin taas kohtisuorassa olevista rei'istä. Sitten muutettiin mitatapään asentoa, jotta pystyttiin mittaamaan venttiilin reikien kulma ja paikka. Kuvassa 10 näkyy venttiilin reiän paikan ja kulman mittausta. Kyseisten reikien paikan ja kulman mittausta oli hyvä suorittaa molemmilta puolilta, koska venttiilien paikat ja kulmat ovat tärkeitä moottorin toiminnan kannalta. Paikka ja kulma mitattiin

tältä puolelta ensiksi ottamalla muutama piste venttiilin ohjurin ympäriltä ja muutama piste seetin suorilta pinnoilta.



Kuva 10. Venttiilin reiän paikan ja kulman mittaus.

Sitten mittasin sytytystulpan reiän, joka oli jäänyt toiselta puolelta mitattaessa mittaamatta. Mittapään asento muutettiin vaakasuoraan, jotta reiän paikan ja kulman pystyi mittaamaan. Kuvassa 11 näkyy reiän mittaus.



Kuva 11. Reiän mittaus.

4.2 Tulos

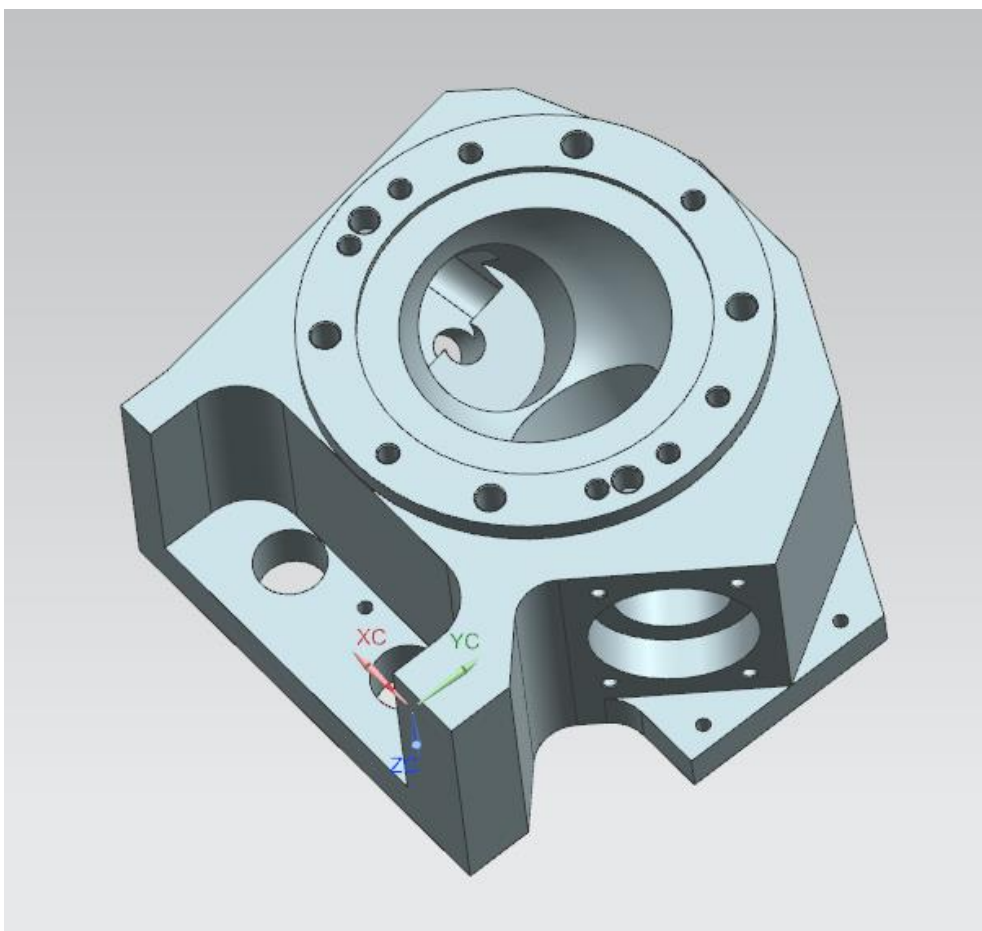
Kansi oli lopuksi helppo mitattava koordinaattikoneella, koska kannen ulkomuodolla ei ole väliä paria kohtaa lukuunottamatta, vain oikeastaan reikien paikat merkitsevät eniten. Venttiilien paikat ja kulmat tuli mitattua molemmilta puolilta mittatarkkuuden takia, ja koska venttiilien paikat ja kulmat ovat tärkeitä moottorin toiminnan kannalta.

Mittatulokset eivät tietenkään ole täydellisiä. Etenkin kierrereikiä mitattaessa syntyi mittavirhettä, koska reiän paikkaa ja halkaisijaa mitattiin kierteestä, eikä sileästä pinnasta. Tätä korjattiin mittaamalla saman reiän paikka kahdelta eri korkeudelta ennen kuin otettiin mittaustulos. Kierrereiän paikassa voi olla heittoa $\pm 0.1 - 0.3\text{mm}$. Kaikista rei'istä, jotka mitattiin kohtisuorassa suoralta sisäpinnalta,

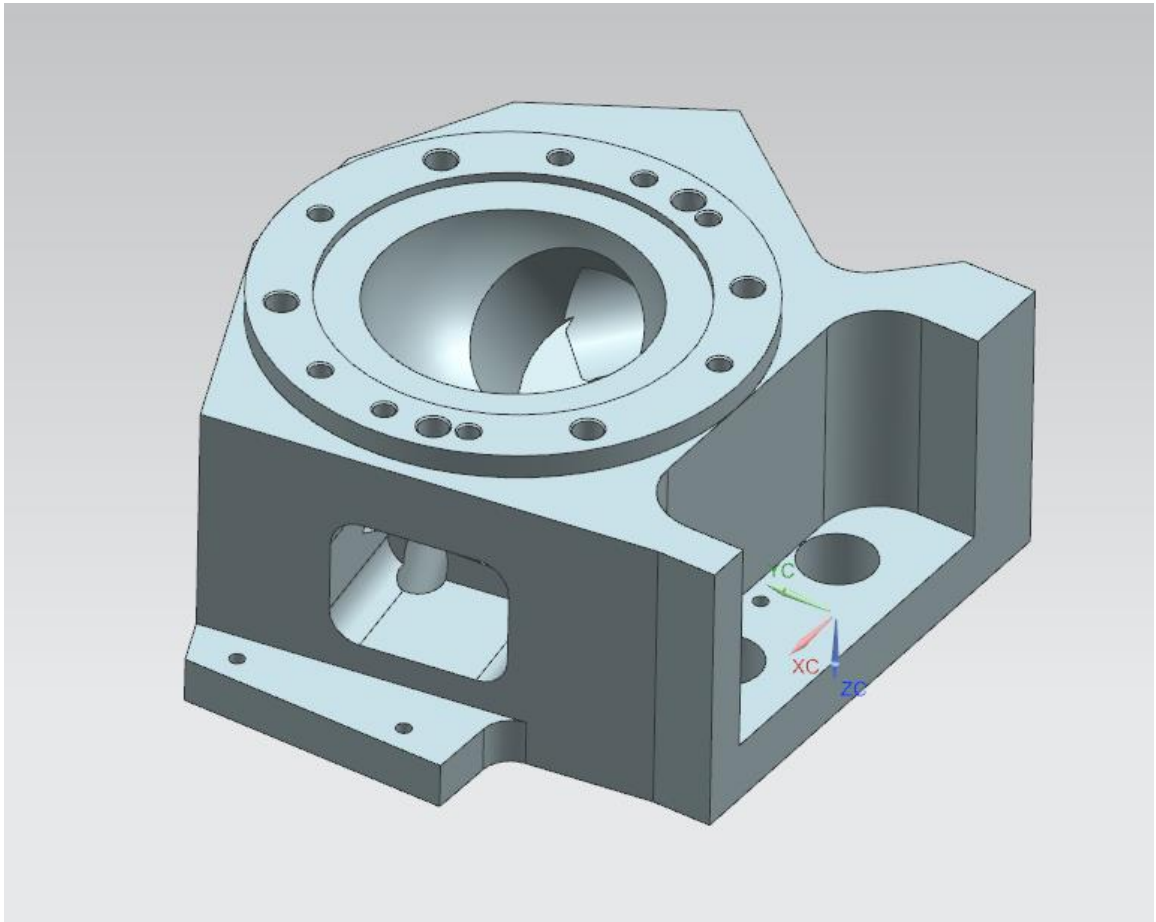
voi tuloksessa olla heittoa 0.05 – 0.1mm, riippuen kuinka sileä on pinta, jolta mita on otettu. Myös pari kannen muodosta otettua mitta riittävän tarkkoja, koska niissä on ehkä heittoa $\pm 1^\circ$ kulmassa, jota tarvitaan.

5 3D-MALLIN TEKEMINEN

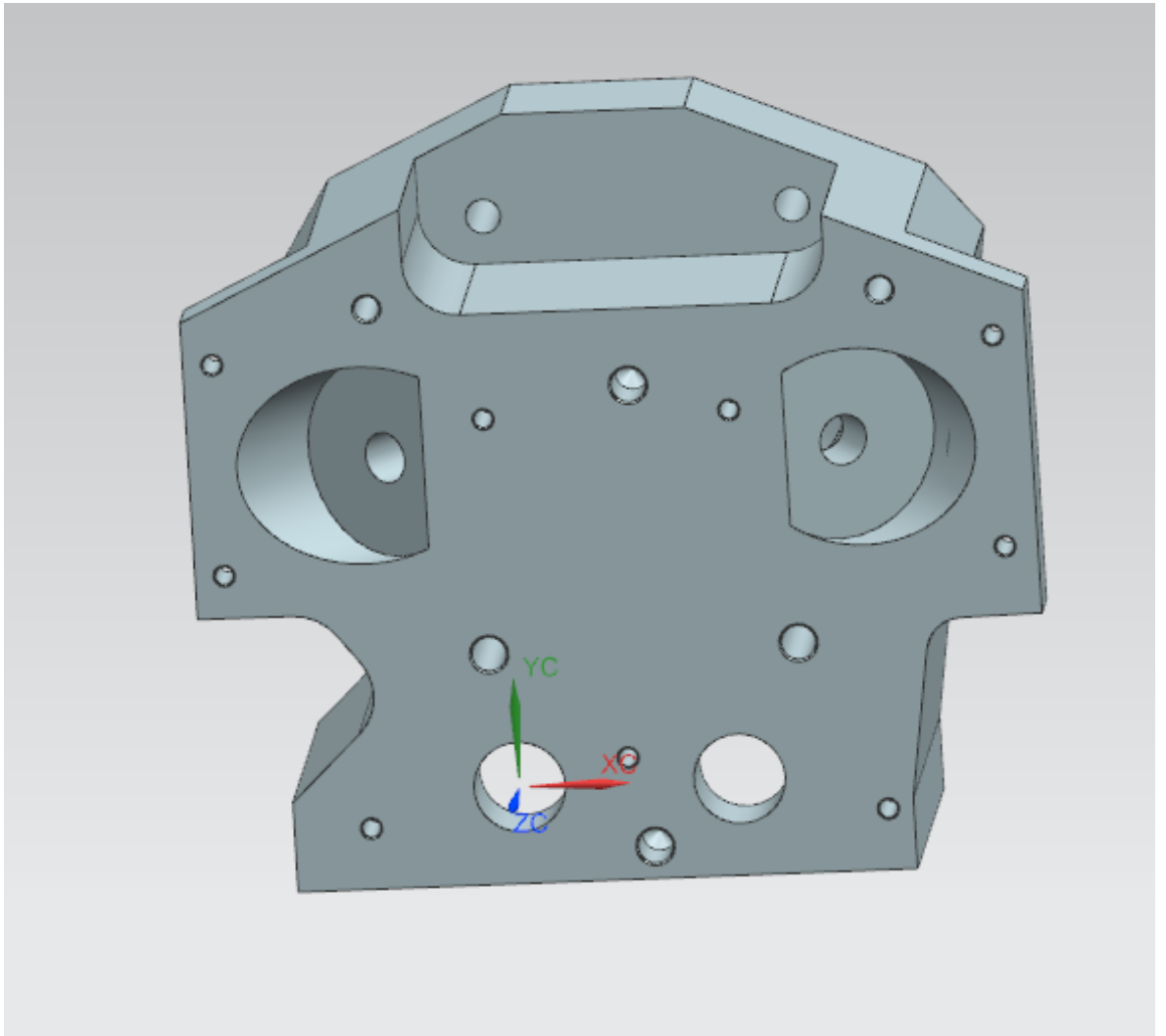
3D- malli tehtiin Siemens NX – mallinnusohjelman versio yhdeksällä. Aloitin mallintamisen tekemällä ison suorakulmaisen särmiön, johon kaikki tarvittavat kannen muodot ja piirteet voi tehdä. Särmiöön tein ensiksi kohtisuorat reiät, joiden jälkeen muokkasin särmiöstä kannen ulkomuodon. Ulkomuodon saatua tein imu- ja pakokanavat malliin. Viimeisenä tein venttiilin reiät ja upotukset. Kuvissa 12, 13 ja 14 näkyy valmis 3D-malli.



Kuva 12. Malli palotilan puolelta.



Kuva 13. Toiselta puolelta.



Kuva 14. Malli palotilan vastapuolelta.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kannen malli onnistui ainakin ulkonäön kannalta. Mittatarkkuudesta ja sopivuudesta käyttöön ei voi olla varma, koska prototyypin tekeminen ei kuulunut opinnäytetyöhön. Prototyypin avulla olisi voinut tutkia paremmin mallin toimivuutta. Itse tekoprosessi sujui hyvin. Mutta esimerkiksi koordinaattikoneella olisi voinut mitata kannen toisenkin kerran ja verrata saatuja tuloksia tarkemmin. Aikataulu olisi voinut hyödyntää paremmin työn tekemisen aikana. Alussa tehty aikataulu unohtui heti kun aloitin itse työn tekemisen. Keskityin vain siihen että työ tulee valmiiksi ajallaan.

Takaisinmallinnusmenetelmää valittaessa raha ratkaisee, koska hyvät 3D-skannerit ja koordinaattimittauskoneet maksavat. Onneksi manuaaliset mittavälineet ja kekseliäisyys ovat käyttökelpoisia monenlaisten tuotteiden tai kappaleiden takaisinmallintamisessa. Esimerkiksi yksinkertaisen akselin mittaamisessa ja takaisinmallintamisessa manuaaliset mittavälineet ovat riittäviä. Toisaalta jos tarvitsee takaisinmallintaa jotain monimutkaista, jonka muoto voi olla epäsäännöllinen ja siinä on paljon reikiä, silloin esimerkiksi koordinaattimittauskone helpottaa huomattavasti tarkkojen tulosten saamista.

3D-skannaus on varmasti tulevaisuudessa lisääntyvä menetelmä monimutkaisempien kappaleiden takaisinmallintamisessa, varsinkin kun laitteet tulevat ajan myötä halvemmiksi. 3D-skannaus vaikutti käytännölliseltä, kunhan vain perehtyisi paremmin skannaamiseen ja mallin viimeistelyyn. Skannatuista 3D-malleista saa sitten enemmän hyötyä, kun tietää, mitä tekee. Mekaaninen mittaaminen tulee kumminkin pysymään yleisessä käytössä, koska sen tarkkuus ja käytettävyys ovat omaa luokkaansa verrattuna 3D-skannaamiseen.

LÄHTEET

- /1/ https://en.wikipedia.org/wiki/3D_scanner Viitattu 3.3.2015
- /2/ https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_design Viitattu 10.3.2015
- /3/ https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_manufacturing Viitattu 10.3.2015
- /4/ https://en.wikipedia.org/wiki/Point_cloud Viitattu 25.3.2015
- /5/ https://en.wikipedia.org/wiki/Reverse_engineering Viitattu 3.3.2015
- /6/ <https://fi.wikipedia.org/wiki/3D-skanneri> Viitattu 20.3.2015
- /7/ https://fi.wikipedia.org/wiki/Tietokoneavusteinen_suunnittelu Viitattu 1.4.2015
- /8, 14/ Santaluoto O. 3D-skannaukseen perehtyminen
- /9, 11–12 / Santaluoto O. 3D-skannaukseen perehtyminen
- /10, 44–67/ Tikka H. 2007. Koordinaattimittaus 1. painos. Tampere. Tampereen yliopistopaino Oy