

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Tuotekehityksen koulutusohjelma

Sami Palonen

3D-SUUNNITTELUOHJELMISTON KÄYTTÖÖNOTTO: KÄYTTÖOHJEEN
DOKUMENTOINTI JA KOULUTTAMINEN

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Tuotekehitys

PALONEN, SAMI	3D-suunnitteluohjelmiston käyttöönotto: käyttöohjeen dokumentointi ja koulutus
Opinnäytetyö	44 sivua + 44 liitesivua
Työn ohjaaja	Yliopettaja Ilkka Estlander
Toimeksiantaja	Etteplan Oyj, Kotka
Huhtikuu 2010	
Avainsanat	kolmiulotteisuus, NX, dokumentointi, koulutus

Etteplanilla on ollut suunnitteilla Siemens PLM Softwaren NX-ohjelmiston käyttö eräälle asiakkaalle tehtäviin 3D-mallintamisiin. NX on kolmiulotteinen suunnitteluohjelmisto tuotekehityksen, valmistuksen ja suunnittelun tarpeisiin. Huonon taloudellisen tilanteen johdosta NX:n käyttöönotto suoritetaan kertaluontoisena, kun sopimus yhteistyöstä varmistuu. Ennen sopimuksen syntymistä taloudellisia resursseja ei käyttöönottoon ole tarkoitus käyttää. Opinnäytetyön aiheena oli edellä mainitun käyttöönoton avustaminen.

Käyttöönottoa avustettiin perehtymällä ohjelmiston ominaisuuksiin, tutustumalla sen laitevaatimukseen sekä käyttöön. Käyttöönottoa avustettiin myös luomalla dokumentointi, jossa esitellään, kuinka mallintaminen ohjelmalla käytännössä onnistuu. Sama dokumentointi toimii myös koulutusmateriaalina. Dokumentoinnin pääpaino oli pintamallinnustyökalujen käytöllä. Lopuksi ohjelmiston käyttöä esiteltiin vielä pitämässäni koulutustilaisuudessa.

Koulutustilaisuudessa selvisi, että jatkokoulutuksessa tulisi panostaa pintamallinnukseen entistäkin syvemmin, sillä siitä henkilöstöllä on vain vähän kokemusta. Sen lisäksi kokoonpanotyökalut poikkesivat totutuista ohjelmistoista, joten lisäkoulutusta olisi hyvä järjestää myös siltä alueelta.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Product Development

PALONEN, SAMI

Implementation of 3D Modeling Software: Instructions,
Documentation and Training

Bachelor's Thesis

44 pages + 44 pages of appendices

Supervisor

Ilkka Estlander, Principal Lecturer

Commissioned by

Etteplan Oyj, Kotka

April 2010

Keywords

three dimensional, NX, documentation, training

Etteplan Oyj has plans to start using Siemens PLM Software's NX to fulfill its clients' needs. NX is a three dimensional modeling software solution for use in research and development, production and design. Because of the bad economic situation in Finland, the implementation of the software will be done in one go. A possible contract between the client and Etteplan Oyj would be the launching event for the implementation. Before the contract is made, Etteplan Oyj does not intend to use economic resources for this project. The goal of this thesis work was to assist NX's implementation.

The implementation was assisted by studying the NX properties, system requirements and use. A document was also made as part of the thesis. The document presents how the modeling tools are used in NX and the same document can also be used as training material. The document is focused on the deployment of NX's surface modeling tools. The last part of this thesis work was to hold a training session for engineers in Etteplan Oyj.

It became clear during the training session that further training would be needed. Etteplan Oyj's staff is not highly experienced with surface modeling tools so more training is required there. Also, NX has slightly different assembly tools compared to other similar software so more training is also needed in that field.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	7
1.1	Työn taustaa	7
1.2	Etteplan Oyj	7
1.3	Laatu Etteplanilla	8
2	3D-MALLINTAMINEN	8
2.1	3D-mallintamisen perusteet	8
2.2	3D-mallinnuksen historiaa	9
3	NX:N ESITTELY	9
3.1	NX yleisesti	9
3.2	NX:n käyttö maailmalla ja Suomessa	11
3.3	Kilpailevat ohjelmistot	11
4	NX:N LAITEVAATIMUKSET	12
4.1	Suoritin eli prosessori	12
4.2	Muisti	13
4.3	Näytönohjain	13
5	NX:N MODULAARISUUS	13
5.1	Kappalemallinnus	14
5.2	Pintamallinnus	14
5.3	Levy mallinnus	15
5.4	2D-piirtäminen ja työkuvat	16
5.5	Muottisuunnittelu	16
5.6	Hitsatut rakenteet	16
5.7	Jonoleikkaimet	17
5.8	Kaapelointi ja putkistot	18
5.9	Käänteinen suunnittelu	18

5.10 Työkalusuunnittelu	18
5.11 Analyysit	19
5.12 Valmistettavuuden analyysit	20
5.13 Valmistuksen ohjelmointi	20
5.14 Simulointi ja testaus	21
5.15 Visualisointi	21
6 NX 7.0	22
7 DOKUMENTOINNIN LÄHTÖKOHDAT	24
7.1 Siemens PLM Software NX –ohjelmaan perehtyminen	24
7.2 Dokumentoinnin laatu	25
7.3 Dokumentoinnin merkitys	26
8 DOKUMENTOINNIN SISÄLTÖ	26
8.1 Dokumentoinnin ensimmäinen osa: Hiiren ulkokuori	26
8.1.1 Aloitus	26
8.1.2 Sketsien teko	27
8.1.3 Pintamallin valmistaminen	27
8.1.4 Tilavuusmallin luominen	28
8.1.5 Viimeistely ja kokoonpano	29
8.2 Dokumentoinnin toinen osa: Vioittuneen pintamallin korjaaminen	30
8.2.1 Lähtötilanne ja aloitus	30
8.2.2 Korjausmenetelmät	31
9 KOULUTTAMINEN	32
9.1 Kouluttajan tarkoitus ja tehtävät	33
9.2 Hyvä kouluttajuus	33
9.2.1 Asiantuntemus	34
9.2.2 Läsnäolo	34
9.2.3 Arvostus	35
9.2.4 Samaistuminen	35
9.2.5 Innostus	35
9.2.6 Nöyryys	36

9.3 Kouluttaminen Etteplanilla	36
9.4 Koulutuksen arviointi	37
10 JATKOTOIMENPITEET	38
10.1 Käyttöönotto	38
10.2 Käyttöönoton aloittaminen kokeiluprojektilla	39
10.3 Jatkokoulutus	39
10.4 Käyttöönoton jatkaminen	41
LÄHTEET	42
LIITTEET	
Liite 1. Mallinnuksen dokumentointi	
Liite 2. Koulutuksen arviointilomakkeet	

1 JOHDANTO

1.1 Työn taustaa

Opinnäytetyö koskee Siemens PLM Software NX 6.0:n käyttöönottoa Etteplanin Kotkan toimipisteessä. Syynä uuden ohjelman käyttöönottoon on tarve kehittyneempään pintamallinnukseen sekä se, että yksi asiakkaista on siirtymässä käyttämään NX:ää. Käyttämällä samaa ohjelmistoa vältetään mahdollisilta sovellusten yhteensopivuusongelmilta.

Etteplanilla on tällä hetkellä käytössä 3D-suunnitteluun Kotkassa lähinnä Dassault Systemsin CATIA ja SolidWorks. Etteplanilla on osasta toimipisteitä jonkin verran NX:n käyttöä, mutta Kotkan toimipisteessä NX:ää ei ole aiemmin käytetty.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli helpottaa käyttöönottoa. Käyttöönottoa helpotettiin perehtymällä ja esittelemällä NX:n ominaisuuksia, luomalla dokumentointi NX:n käytöstä mallinnuksessa ja kouluttamalla ohjelman käyttöön neljä henkilöä.

1.2 Etteplan Oyj

Etteplan on teollisten laitteistojen suunnitteluun ja teknisen tuoteinformaation ratkaisuihin ja palveluihin erikoistunut asiantuntijayritys. Etteplanilla on yli 60 toimipistettä Suomessa, Ruotsissa, Italiassa ja Kiinassa. Etteplanin asiakkaat ovat usein globaaleja yrityksiä, jotka toimivat esimerkiksi auto-, lentokone- ja puolustusvälineiteollisuudessa, sähkön tuotannossa ja voimansiirrossa sekä materiaalinkäsittelyssä. Yritys on perustettu vuonna 1983. (Etteplan Oyj. Yritysesittely 2009)

Etteplanilla on laaja osaaminen elektroniikan ja sulautettujen järjestelmien kehittämisessä, automaatio- ja sähkösuunnittelussa, mekaniikkasuunnittelussa ja teknisen tuoteinformaation ratkaisuihin ja palveluihin. (Etteplan Oyj. Yritysesittely 2009)

Vuonna 2008 Etteplanin liikevaihto oli 161,6 miljoonaa euroa. Yrityksessä työskentelee tällä hetkellä yli 2 000 suunnittelun ammattilaista. Etteplan on listattu NASDAQ OMX Helsinki Oy:ssä tunnuksella ETT1V. (Etteplan Oyj. Yritysesittely 2009)

1.3 Laatu Etteplanilla

Etteplan panostaa asiakaslähtöiseen palveluun ja laadukkaaseen suunnitteluun. Etteplanin toimintaa ohjaavat ISO 9001-laatu järjestelmä, ISO 14001-ympäristöjärjestelmä sekä sisäinen laatupolitiikka.

Etteplanin EMC-laboratorio täyttää EN/ISO 17025 -standardin mukaiset vaatimukset. Todisteena korkeatasoisesta toiminnasta on Lloyd's Register Quality Assurance myöntänyt Etteplanille laatusertifikaatin. (Etteplan Oyj. Laatu 2009)

2 3D-MALLINTAMINEN

2.1 3D-mallintamisen perusteet

3D-mallinnuksella tarkoitetaan erilaisten tuotteiden suunnittelua kolmiulotteisesti. Suunnittelijan näkökulmasta tämä tarkoittaa sitä, että kappaleet osat ja kokoonpanot näyttävät oikeilta ja niille annetaan kaikki ne mekaaniset ja fysikaaliset ominaisuudet, jotka valmistettavalla tuotteella todellisuudessakin on. (Tuhola & Viitanen 2008: 17)

3D-mallintaminen on suunnittelutapana viime vuosien aikana kasvattanut merkittävästi osuuttaan ja tulevaisuudessa yritykset siirtyvät yhä enemmän pelkästään 3D-mallinnukseen 2D-mallinnuksen sijaan. 3D-mallinnusohjelmistot mahdollistavat useita asioita mitä 2D-maailmassa ei voida tarjota. (Tuhola & Viitanen 2008: 13)

2.2 3D-mallinnuksen historiaa

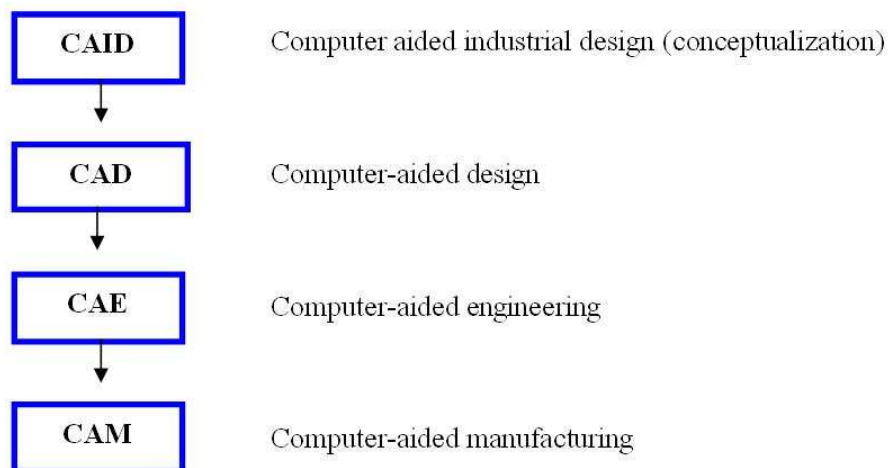
Tietokonegrafiikan juuret ulottuvat 1950-luvulle. Tuolloin grafiikkaa hyödynnettiin lähinnä tieteessä, valmistuksessa ja sotilastoiminnassa. Sen avulla voitiin saada näkymättömät asiat näkyviksi. Esimerkiksi fyysikoille kehitettiin tomografiaskannereita, joilla pystytään kurkkaamaan ihmisen kehon sisälle aukaisematta tätä oikeasti. Vasta myöhemmässä vaiheessa tietokonegrafiikka osoittautui hyödylliseksi myös taiteen ja viihteen saralla. Nykyään se on suunnittelun lisäksi olennainen osa mm. elokuva- ja peliteollisuutta. (Kerlow 2004: 4)

3 NX:N ESITTELY

3.1 NX yleisesti

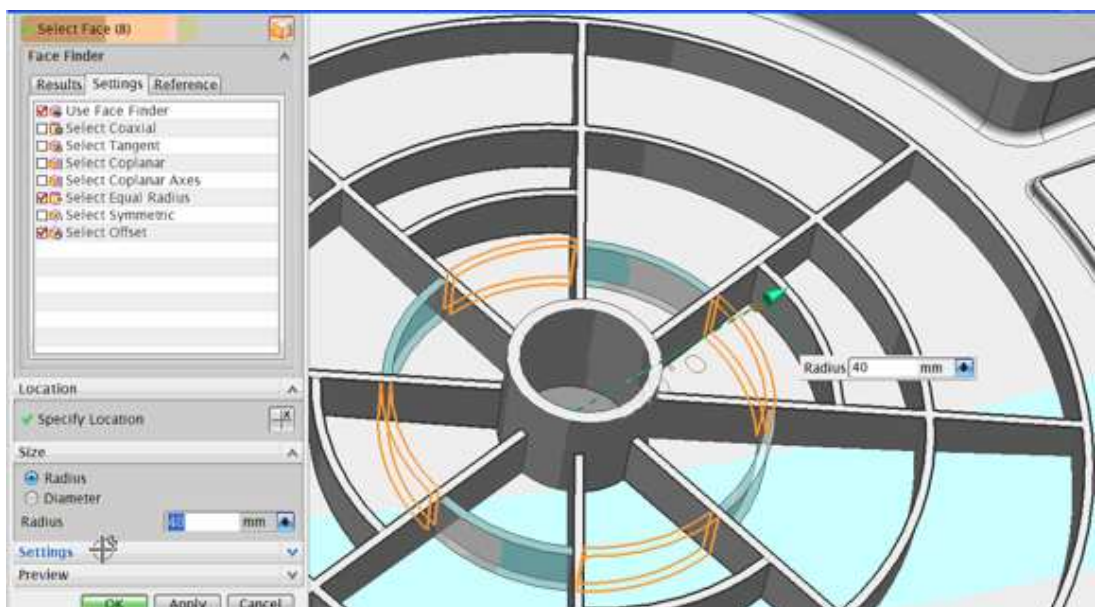
NX on 3D-suunnitteluohjelmisto tuotekehityksen, suunnittelun ja valmistuksen tarpeisiin. NX on syntynyt yhdistämällä I-DEAS ja Unigraphics-ohjelmistojen toiminnallisuuksia. Se on kaupallinen CAD/CAM/CAE ohjelmistopaketti, jonka nykyinen kehittäjä on Siemens PLM Software. Siemens PLM Softwaren pääkonttori sijaitsee Texasin Planossa ja se on maailman johtava tuotteiden elinkaaren hallintaohjelmia tuottava yritys. (NX. Wikipedia; Siemens PLM Software. About Us)

3D-suunnitteluohjelmistoa laajempi käsite on PLM-ohjelmisto. NX mielletäänkin usein PLM-ohjelmistoksi sen laajuutensa ansiosta. PLM tulee sanoista Product Lifecycle Management ja se tarkoittaa tuotteen elinkaaren hallintaa. PLM-ohjelmiston avulla toteutetaan kaikki neljä vaihetta konseptoinnista valmiiseen tuotteeseen. (NX software. Wikipedia)



Kuva 1. PLM-ohjelmisto kattaa kaikki neljä vaihetta konseptivaiheesta suunnittelun ja analyysien kautta ja valmistukseen.

Yksi NX:n vahvuuksista on sen käyttämä synkroninen tekniikka. Synkronista tekniikkaa käytettäessä ei tarvitse tuntea mallin historiaa, jotta sen ominaisuuksia pääsee muokkaamaan, sillä synkroninen tekniikka ei tarvitse mallin historiaa. Tästä on etua etenkin, kun käsitellään toisilla ohjelmilla tehtyjä mallinnuksia. Joidenkin operaatioiden väitetään tulevan jopa sata kertaa nopeammaksi synkronisen tekniikan ansiosta. (NX software. Wikipedia; Synchronous Technology. Wikipedia)



Kuva 2. Historiaton mallin muokkaaminen on mahdollista synkronisen tekniikan ansiosta. Kuvassa vaihdetaan väliseinien säde, jolla väliseinät sijaitsevat kappaleen keskipisteestä. (Desktop Engineering. NX7 with HD3D)

3.2 NX:n käyttö maailmalla ja Suomessa

NX on teollisuudessa laajalti maailmalla käytetty ohjelmisto. Asiakkaita on maailmanlaajuisesti 56 000 ja käyttäjiä noin kuusi miljoonaa. Auto- ja lentokoneteollisuus suosivat erityisesti NX:n käyttöä, mutta se on käytössä myös kulutustavarasuunnittelussa. NX-järjestelmää käyttäviä yrityksiä maailmalla:

- Autoteollisuus: Adam Opel AG, Autocar (LLC), B-A-R, Isuzu, JCB, Joe Gibbs Racing, Hendrick Motorsports, Honda, Nissan ja Triumph Motorcycles
- Kuluttajatuotteet: Alloy, Bosch und Siemens Hausgeräte (BSH), Canon, Dyson, LEGO, Rowenta, Samsonite ja Samsung
- Konepajateollisuus: ABB, Alfa Laval, Demag Delaval Ind, Hyundai Heavy Industries, Konecranes, Metso Minerals, Otto Bihler Maschinenefabrik, Ruhrpumpen GmbH, Sandvik, Terex Equipment ja Wichita Co (NX. Wikipedia)

Suomessa Siemens PLM tuotteiden myynnistä vastaavat Ideal Product Data Oy ja JAMAplan Oy. Suomessa on yli 500 asiakasta, jotka hyödyntävät NX, Tecnomatix ja/tai Teamcenter tuoteperheen ohjelmistoja. Esimerkkejä asiakkaista Suomessa:

- Konepajateollisuus: ABB, Finn-Power, Metso Minerals, Patria Vehicles, Rolls-Royce, Sandvik, Sulzer ja Wärtsilä
- Elektroniikkateollisuus: Polar Electro, Salcomp, PKC Group, Flextronics ja Vacon
- Vaateteollisuus: Halti, ImageWear ja Marimekko (Ideal Product Data Oy. Asiakkaat; JAMAplan Oy. Palvelut)

3.3 Kilpailevat ohjelmistot

NX on linjannut tuoteperheensä tukemaan monimutkaisia ja kestäviä tuotteita sekä niiden tuotantoa. Erityisesti se pyrkii keskittymään auto- ja lentokoneteollisuuteen. Kahden muun yhtiön linjaukset ovat suoria kilpailijoita NX:lle. Ne ovat Dassault

Systemsin CATIA, DELMIA ja ENOVIA tuotteet sekä Parametric Technology Corporationin (PTC) Pro/ENGINEER ja Windchill tuotteet. Muita kilpailijoita NX:lle ovat Autodeskin Inventor, SolidWorks sekä lähinnä Suomessa tunnetut kotimaiset Cadmatic ja Vertex. (NX. Wikipedia; NX software. Wikipedia)

4 NX:N LAITEVAATIMUKSET

Laitevaatimusten määrittäminen on vaikeaa, sillä avainasemassa olevat vaatimukset, kuten muisti, eroavat käyttäjältä toiselle. Seuraavat ohjeistukset ovat viitteellisiä, mutta ne tulee ottaa huomioon ennen ohjelmiston hankkimista. NX toimii Linuxilla, Unixilla, Windows XP:llä ja sitä uudemmilla versioilla sekä versiosta 6.0 alkaen myös Mac OS X:llä. (NX 6 Documentation. NX 6 System Information)

4.1 Suoritin eli prosessori

Vaikkakin puhtaalla prosessorinopeudella on suuri merkitys laitteiston suorituskykyyn, myös muut tekijät vaikuttavat siihen. Esimerkiksi kovalevyn tyyppi (SCSI, ATA, Serial ATA), kovalevyn nopeus, muistin nopeus, näytönohjain ja väylänopeudet vaikuttavat. Yleisesti voidaan todeta, että mitä nopeampi prosessori, sitä parempi suorituskyky. Laitteistoja ei voida suoraan kuitenkaan vertailla paitsi, jos niiden rakenne on muuten sama.

Suurin osa nykyisistä suorittimista on moniytimisiä, mikä kannattaa huomioida bios-asetuksissa. Jos käytetään kokoonpanoa, missä on käytössä moniytiminen prosessori tai useampi rinnakkainen prosessori, kytketään SMP (Symmetric Multiprocessing) bios-asetuksista päälle. Jos taas käytössä on perinteinen yksiytiminen prosessori, on SMP:n käytöllä lievästi hidastava vaikutus.

HT (Hyper-Threading) kannattaa myös kytkeä pois päältä prosessoryyppistä riippumatta, koska sillä ei ole juurikaan käyttöä 3D-mallinnuksessa. Kannattaa myös muistaa, että enemmän ytimiä ei aina välttämättä tarkoita parempaa suorituskykyä tietokoneessa. Jotkut laitteistot sallivat yksittäisten ydinten kytkemisen pois päältä ja vähemmillä ytimillä voidaankin saavuttaa jopa parempi suorituskyky kuin kaikkien

ydinten ollessa päällä. (NX 6 Documentation. NX 6 System Information; Suoritin. Wikipedia)

4.2 Muisti

Yleisenä ohjeena NX:lle suositellaan vähintään yhtä gigatavua muistia, jos käyttöjärjestelmä on 32-bittinen. Jos käytettävä käyttöjärjestelmä on 64-bittinen, suositellaan vähintään neljää gigatavua muistia. Microsoftin käyttöjärjestelmistä Windows VISTA:lle kannattaa varata enemmän muistia käyttöön kuin vanhemmalle Windows XP:lle. Muisti on erittäin tärkeä osa laitteiston suorituskykyä ja liian vähän muistia voi alentaa laitteiston suorituskykyä merkittävästi. (NX 6 Documentation. NX 6 System Information)

4.3 Näytönohjain

Myös näytönohjain on tärkeä osa kokonaisuutta 3D-mallinnukseen käytettävissä kokoonpanoissa. Näytönohjaimen suorituskykyyn vaikuttavat useat eri seikat, kuten grafiikkasuorittimen kellotaajuus ja näytönohjaimen muisti. Kaikki ammattikäyttöön tehdyt mallinnusohjelmistot eivät välttämättä tue kaikkia kuluttajille suunniteltuja näytönohjaimia. Sen takia yhteensopivuus tulee varmistaa ennen uusia hankintoja. NX ei ole myöskään sertifioinut useamman monitorin samanaikaista käyttöä. (NX 6 Documentation. NX 6 System Information; Näytönohjain. Wikipedia)

5 NX:N MODULAARISUUS

NX on modulaarinen suunnitteluohjelmisto. Se koostuu useiden muiden mallinnusohjelmistojen tapaan erilaisista toiminnallisista moduuleista, joita voi ottaa käyttöön tarpeen mukaan. Eri moduulit sisältävät erilaisia työkaluja ja osakirjastoja helpottamaan 3D-suunnittelun eri osa-alueita.

Kaikkien ominaisuuksien ja työkalujen ostaminen käyttöön tulee erittäin kalliiksi ja niiden opettelu veisi aikaa ja resursseja huomattavan paljon. Siksi on kannattavaa kartoittaa ensin, mille työkalupaketeille on yrityksellä käyttöä. Seuraavassa on

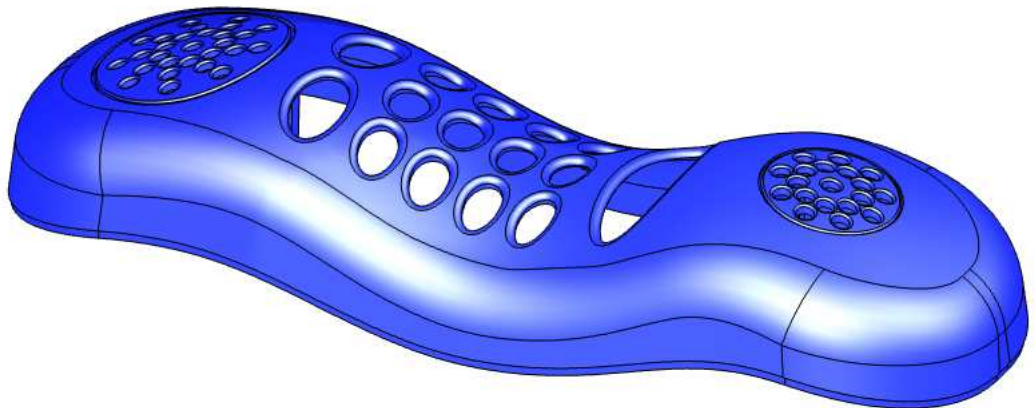
esitelty tärkeimmät moduulit, jotta voidaan valita helpommin ne työkalupaketit, jotka katsotaan yrityksen toiminnan kannalta tarpeellisiksi.

5.1 Kappalemallinnus

Kappalemallinnus eli solidimallinnus sisältää mallintamisen perustyökalut. Se sisältyy NX:n ohjelmistopakettiin riippumatta siitä, mitä lisämoduuleja halutaan. Kappalemallinnus perustuu valmiiden muotojen käyttöön. Mallinnuksen pohjana on jokin valmis umpinainen muoto, esimerkiksi kartio, ympyrä, neliö tai kolmio, jota voidaan muokata halutulla tavalla. Yleisimmät muokkaustavat ovat pursotus, pyöräytys ja leikkaus, jolloin valmiista muodosta otetaan pois tai siihen lisätään muita sopivanmuotoisia kappaleita. Joissain mallinnusohjelmissä, kuten myös NX:ssä, on valmiita ydinkappaleita, joita muokkaamalla aloitusmalli luodaan. Yleisempää on kuitenkin aloittaa tekeminen aloitussketsillä, joka sitten pursotetaan tai pyöräytetään. (Tuhola & Viitanen 2008: 26)

5.2 Pintamallinnus

Pintamallinnus perustuu mallin muotoiluun erilaisten pintojen avulla. Se mahdollistaa paljon monimutkaisempien kappaleiden mallinnuksen, kuin kappalemallinnus. Pintamallinnus on pääasiassa muotoilijoiden työkalu ja tyypillisesti sitä käytetään mallinnettaessa tuotteita, jotka valmistetaan valamalla ja erilaisia muovimuotteja sekä pursotustyökaluja käyttäen. Hyviä esimerkkejä tästä ovat puhelimen kuori, veneen muotti, auton runko ja turbiinien lavat. Pintamallinnustyökaluja käytetään usein myös konseptisuunnitteluun ja niiden käyttö onkin suosittua esimerkiksi autoteollisuudessa. (Tuhola & Viitanen 2008: 29-30)



Kuva 3. Matkapuhelimen kuoret ovat tyypillisiä pintamallinnuskohteita. Kuvassa on SolidWorksin harjoituksiin kuuluva pintamalli.

Tärkeä seikka muotoa rakennettaessa on pintojen jatkuvuus. Tällä tarkoitetaan sitä, kuinka sulavasti pinnat liittyvät toisiinsa. Pintojen sulava yhteen liittyminen on tärkeää esimerkiksi auton muotoilussa. Jos jatkuvuus ei ole G3-luokkaa pinnoilla, vähintään heijastukset paljastavat ei sulavan jatkuvuuden. Jatkuvuuden eri luokat ovat

- G0–paikka, pinnat koskettavat toisiaan
- G1-tangentiaalisuus, kosketuskohdassa pintojen tulo- ja lähtökulma ovat samat
- G2-kaarevuus, pinnat ovat saman säteisesti kaarevia kosketuskohdassa
- G3-kaarevuuden muutos. (Freeform surface modelling. Wikipedia)

5.3 Levymallinnus

Levymallinnusmoduuleissa mallit perustuvat erilaisten levyjen käyttöön. Jos levyn paksuus on alle 6 mm, puhutaan ohutlevymallinnuksesta. Jos paksuus on taas yli 6 mm, puhutaan levymallinnuksesta. Levymallinnuksessa käytettävät työkalut tukevat levyntyöstössä käytettäviä menetelmiä, joita ovat

- kanttaus
- särmäys
- puristus- ja vetotyökalut
- pyöristyskoneet.

Tyypillisiä levymalleja ovat esimerkiksi säiliöt ja kotelopalkit. Useimmat levymallinnusmoduulit, kuten NX Sheet Metal, osaavat mallinnetun kappaleen perusteella näyttää myös, millainen aihio levystä tulee leikata työstöä varten. (Tuhola & Viitanen 2008: 27-28)

5.4 2D-piirtäminen ja työ kuvat

Usein 2D-piirustus on tuote, jota varten 3D-mallit tehdään. Tieto siis välitetään edelleen pääsääntöisesti eteenpäin piirustusten avulla. Piirustukset generoidaan sen jälkeen, kun mallinnus on tehty ja osat on sovitettu hyväksytysti yhteen. Piirustukset luodaan NX:ssä, kuten monissa muissakin 3D-mallinnusohjelmissa siten, että mallinnuksen jälkeen valitaan arkki, jolle piirustukset halutaan tuottaa. Sen jälkeen kuvataan halutut projektiot ja mitoitetaan ne. Lopuksi vielä lisätään halutut lisämerkinnät kuten toleranssit, pinnankarheudet ja hitsausmerkit. (Tuhola & Viitanen 2008: 31-32, 137-138)

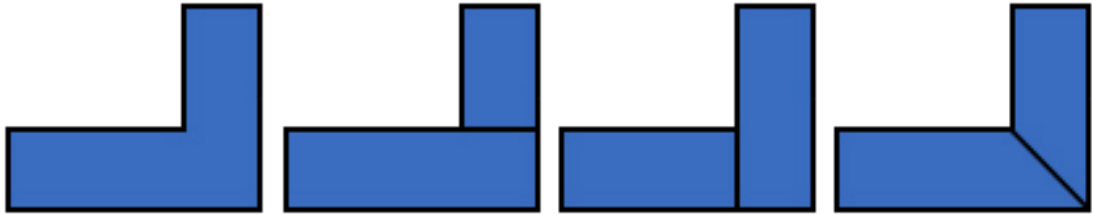
5.5 Muottisuunnittelu

Muottisuunnittelutyökalut on tarkoitettu helpottamaan ja nopeuttamaan esimerkiksi ruiskuvalun ja muiden valumuottien tekemistä. Näitä muotteja voidaan käyttää, jotta valukappaleeseen saataisiin tehtyä sisäpuolisia muotoja tai onkaloita. Muottisuunnittelutyökaluilla voidaan myös valmistaa mallit muotin nostimista, muotin kokoonpano-osista tai inserteistä. (NX 6 Documentation. Mold Design)

5.6 Hitsatut rakenteet

Hitsatut rakenteet tuovat lisähaasteita mallinnettaessa, sillä usein on vaikea vetää raja mallinnuksien välille, ovatko ne osien kokoonpanoja vai yksi osatiedosto. Jos ne luokittelee kokoonpanoksi, vaikeutuu osille yhteen liitettynä tehtävien työstöjen ja

operaatioiden tekeminen, kuten reiän poraaminen kahden kappaleen läpi. Jos hitsattavat kappaleet taas luokittelee yhtenäiseksi osatiedostoksi, häviävät kappaleiden väliset rajat ja niistä saattaa tulla monitulkintaisia.



Kuva 4. Välillä on vaikea tulkita, miten hitsattu rakenne rakentuu. Kuvassa on esitetty eri vaihtoehdot mahdollisille tulkinnoille.

Hitsattujen rakenteiden käsittelyä voidaan helpottaa niille tarkoitetulla lisämoduulilla. NX:ssä tämä moduuli on nimeltään Weld Assistant. Sen avulla hallinnoidaan osien välisiä rajoja, rakennetaan hitsausseamat, ja tarkennetaan rakenteelle tehtyjä analyyssejä. (NX 6 Documentation. Weld Assistant)

5.7 Jonoleikkaimet

Jonoleikkaimia käytetään, kun halutaan valmistaa suuria kappalemääriä ohutlevy tuotteita meiotekniikalla. Jonoleikkaimessa rullalla oleva ohutmetallilevy syötetään jonoleikkainmuotin sisälle. Muottia painetaan kiinni ja avataan ja rullaa keritään auki, jolloin jonoleikkain poistaa vaihe vaiheelta materiaalia. Kun haluttu muoto on saavutettu, jonoleikkain leikkaa muotoilemansa kappaleen irti metallilevystä. Rullan syöttölaitteet eivät ole tarpeeksi tarkkoja, jotta ne osaisivat syöttää levyä aina oikean määrän. Niinpä leikkausvaiheet täytyy kohdistaa käyttämällä luodin- tai kartionmuotoisia ohjureita, jotka sisältyvät jonoleikkainmuottiin. Jonoleikkainmuotit tehdään yleensä työkaluteräksestä, koska se säilyttää hyvin vaadittavan terävät kulmat muotissa, kestää sille kohdistuvan suuren paineen puristuksen alaisena ja on kulutuskestävää.

NX:n jonoleikkain moduuli sisältää useita työkaluja nopeuttamaan ja helpottamaan jonoleikkainmuotin suunnittelua. Moduulin käyttö aloitetaan avaamalla lopputuloksena syntyvä kappale ja moduulin työkalujen avulla suunnitellaan

leikkausprosessi ja –muotti. Moduulin avulla voi valmistaa simulaation kuvaamaan leikkausprosessia, jolloin NX myös laskee eri leikkausvaiheissa niin muottiin, kuin kappaleeseenkin kohdistuvat voimat. (Progressive stamping. Wikipedia; NX 6 Documentation. Progressive Die Design)

5.8 Kaapelointi ja putkistot

Kaapelointi ja putkistotyökalut on kehitetty kaapelointeja, johdotuksia, putkistoja ja eristyksiä sisältävien systeemien suunnitteluun. Työkaluilla voidaan lisätä myös erilaisia komponentteja, liittimiä, koneita ja laitteita, pumppuja tankkeja ja venttiileitä.

NX sisältää erilliset työkalupaketit kaapeloinnille ja putkistosuunnittelulle. Ne ovat samankaltaisia, mutta eroavat käytettävissä olevien komponenttien lisäksi myös hieman työkaluiltaan. Kaapeloinnin ja putkistojen 2D-diagrammien tekoon NX:llä on vielä oma moduulinsa, Routing Logical. (NX 6 Documentation. Routing Tools)

5.9 Käänteinen suunnittelu

Käänteinen suunnittelu on prosessi, jonka tarkoituksena on saada selville jonkin laitteen, järjestelmän tai komponentin tekniset ominaisuudet tai toimintaperiaatteet. 3D-mallinnusohjelmien maailmassa käänteinen suunnittelu tarkoittaa yleensä jonkin kappaleen skannaamista ja skannaustuloksen muokkaamista 3D-malliksi. 3D-skannaukseen käytetään teknologioita, kuten CMM, laserskannerit tai laskennallinen kerroskuvaus. Skannauksen lopputuloksena on yleensä pistejoukko, josta 3D-mallinnusohjelmien avulla muodostetaan kappalemalli. NX:ssä tähän tarkoitukseen on erillinen Imageware sovellus. (Reverse Engineering. Wikipedia; NX 6 Documentation. Reverse Engineering)

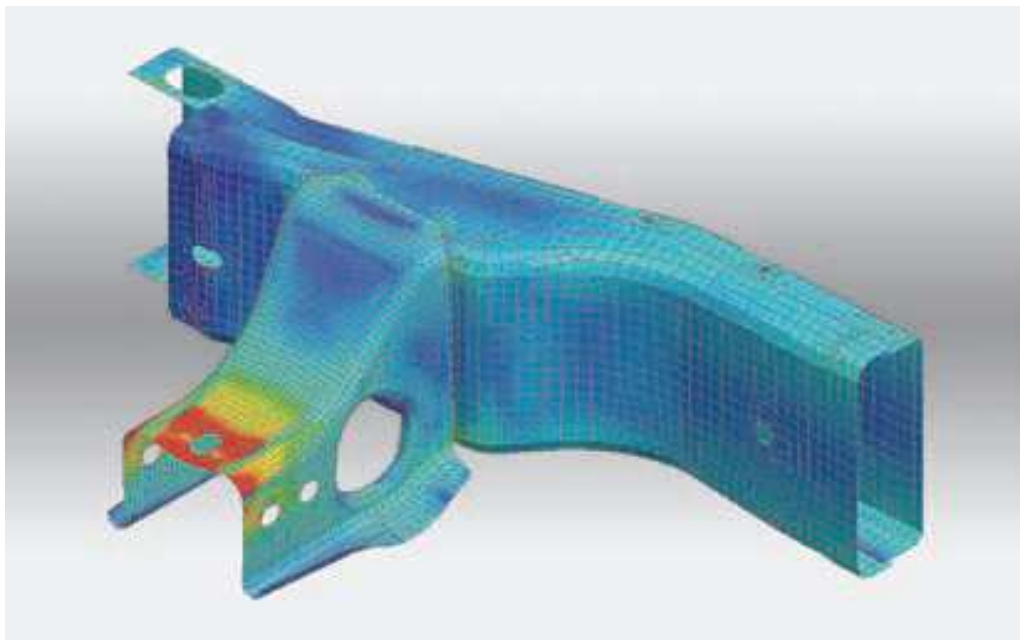
5.10 Työkalusuunnittelu

Työkalusuunnittelu ja -valmistus ovat tyypillisesti kriittisessä asemassa, kun halutaan tuoda nopeasti uusi tuote markkinoille. Markkinoilletuontiprosessissa saattaa usein olla varattu työkalujen valmistukselle päivien tai viikkojen sijaan vain

tunteja, mikä asettaa omat haasteensa myös mallinnusohjelmistolle. Nopean valmistuksen lisäksi työkaluilta odotetaan aina myös korkeaa laatua, sillä niiden laatu vaikuttaa suoraan myös lopputuotteen laatuun. Työkalusuunnittelumoduulilla suunnitellaan erilaisia teriä, leikkaimia ja stansseja, mutta myös muotteja, jigejä ja elektrodeja. Mallinnuksen jälkeen niiden kestävyyttä ja suorituskykyä voidaan vielä digitaalisesti testata. (Siemens PLM Software. NX Tooling: 2-3, 14)

5.11 Analyysit

Analyysit eivät ole itsetarkoitus, vaan niiden avulla yritetään löytää rakenne, joka täyttäisi sille asetetut vaatimukset. Rakenneanalyysien avulla voidaan optimoida massaa ja etsiä mahdollisimman tehokas ja toimiva muoto. Näin saavutetaan etu, että mekaanista testaamista voidaan vähentää ja suunnitteluprosessi nopeutuu. NX:n rakenneanalyysityökaluilla tarkastellaan mm. kuormituksia, värähtelyä, rakenteen virheitä ja kestävyyttä, lämmön johtumista, melua ja akustiikkaa sekä toleransseja. (Siemens PLM Software. NX Nastran – Basic: 1-2, 5-6)



Kuva 5. Kuvassa on NX:llä tehty analyysikuva kuormituksen jakaantumisesta 3D-kappaleelle. (Siemens PLM Software. NX Nastran – Basic: 5)

5.12 Valmistettavuuden analyysit

Valmistettavuuden analysointiin on usein, kuten myös NX:ssä, olemassa omat erilliset työkalunsa. Näillä työkaluilla voidaan automatisoidusti tarkistaa sisältävätkö 3D-malli tai piirustukset virheitä, jotka voivat estää kappaleen valmistuksen tai tuottaa väärinymmärryksiä. Valmistettavuuden analysointityökaluja käytetään seuraavien asioiden tarkastamiseen:

- Tiedostot ovat oikeassa muodossa.
- Mallien pinnoissa ei esiinny tarkoituksettomia rakoja.
- Mallissa ei ole päällekkäisiä kappaleita.
- Kokoonpanot ovat täysin valmiita ja komponentteja ei puutu.
- Kappaleiden toleranssit tukevat kokoonpanon syntymistä.
- Mallin koko ja massa ovat halutunlaiset.
- Malli on mahdollista valaa tai koneistaa.

Valmistettavuuden analysointityökalujen käyttö parantaa ja varmistaa mallinnustuotteiden laatua. Niiden käyttö on erityisen hyödyllistä silloin, kun malliin tehdään muutoksia ja mallin halutaan muutoksien jälkeenkin pysyvän virheettömänä. Valmistettavuuden analysointityökalut voidaan laittaa säännöllisesti tarkistamaan, että malli täyttää halutut kriteerit. (NX 6 Documentation. Product validation)

5.13 Valmistuksen ohjelmointi

Valmistuksen ohjelmoinnissa suunnitellaan työkoneiden liikeradat 3D-mallia hyväksikäyttäen. Työkoneeksi voidaan valita jyrsimiä, sorveja, kipinätyöstökoneita tai NC-työstökeskuksia, joiden akselimäärä on valinnainen. Myös aihio, käytettävät työkalut ja kappaleen kiinnitys voidaan valmiiksi suunnitella. Lopuksi käännetään suunnitellut työkaluradat tiedostomuotoon, jonka työstökone ymmärtää ja valmistetaan konepajalle tarvittavat asiakirjat. (Siemens PLM Software. NX Machining - A complete solution for machine tool programming: 2-3)

5.14 Simulointi ja testaus

Simulointi- ja testaustyökalujen tarkoituksena on, 3D-mallia apuna käyttäen, tarkastella osien ja rakenteiden sopivuutta tilaansa ja kuormitukseensa nähden. Näissä tarkasteluissa kohteena voivat olla esimerkiksi liikeradat, vierintäradat, osien tilantarve laitteen ollessa käynnissä, osien kosketuspintojen määrittely, rakenteen kestävyys käynnin aikana tai kuormituksen vaihtelevuus. Simulointi- ja testaustyökaluja käytetään tyypillisesti pumppujen, moottorien ja vivustojen mallinnuksen apuna. Avainasemassa simuloinnin lopputuloksen tarkkuudessa on, että lähtöarvot ja kuormitukset on sijoitettu mallinnukseen tarkasti, eikä mallinnusta ole yksinkertaistettu liikaa. (NX 6 Documentation. Digital Simulation; Predictive Engineering. NX Nastran: 3-5)

5.15 Visualisointi

Visualisointi tarkoittaa pintojen ja mallin esitystä mahdollisimman luonnollisesti värjättynä niin, että voidaan matkia oikeata ympäristöä. NX visualisointi- ja renderöintityökalut sallivat valokuvarealististen korkearesoluutioisten kuvien valmistamisen. Näitä kuvia käytetään yleensä prototyyppien esittelyyn, päätösten tueksi tai markkinointiin ja promootioon. Visualisointityökaluilla pääsee muokkaamaan mm. pintojen värejä, tekstuureja, materiaaleja, läpinäkyvyyttä sekä valaistusta ja varjoja. NX:n visualisointityökalut sallivat myös esittelyvideon tekemisen mallinnetusta kappaleesta tai kokoonpanosta. (Siemens PLM Software. NX Visualize and NX Render: 1)



Kuva 6. Visualisointityökaluilla voidaan valmistaa valokuvarealistia kuvia mallinnetuista kappaleista. (Siemens PLM Software. NX Visualize and NX Render: 1)

6 NX 7.0

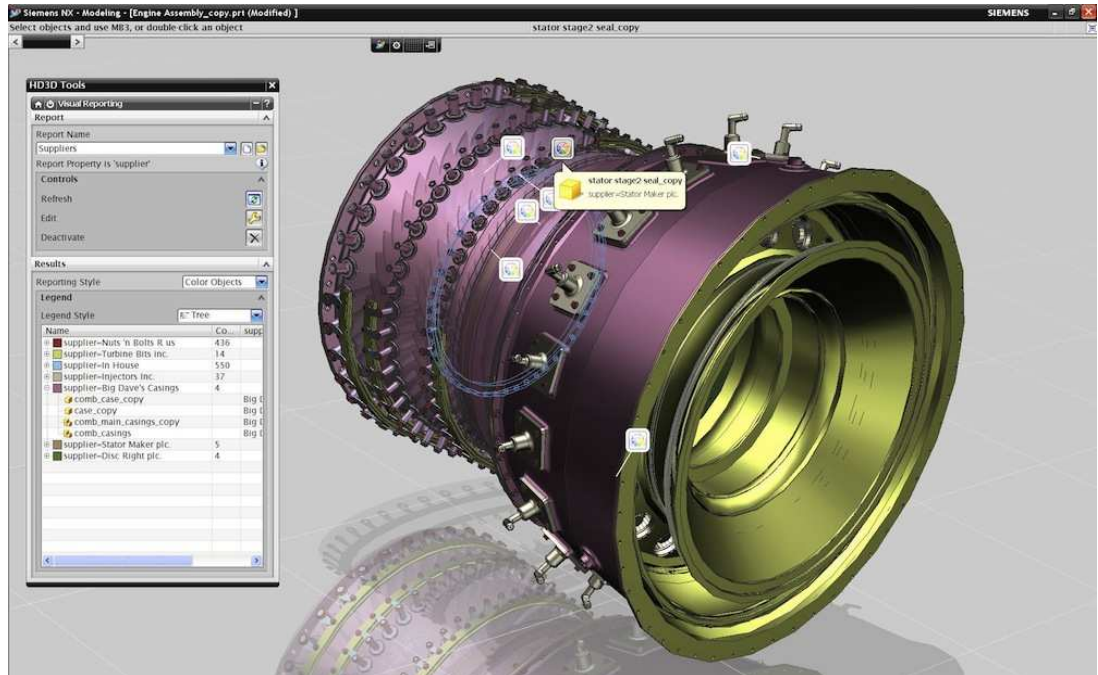
NX:n uusin versio 7.0 julkaistiin lokakuussa 2009. Uuden version tärkeimmät uutuudet ovat historiavapaan synkronisen tekniikan kehittyminen sekä uuden HD3D-tekniikan tulo osaksi ohjelmistoa. (Develop 3D. Siemens PLM-Software NX 7.0; Siemens PLM Software. Press Release. Siemens PLM Software Delivers NX 7.0 with "HD3D" and Enhancements to Synchronous Technology)

Synkroninen tekniikka on ollut NX:n eniten otsikoita keräävä ominaisuus viimeisen puolentoista vuoden ajan. Synkronista tekniikkaa on voinut käyttää hävittämällä mallin historian, mutta nyt sitä voi käyttää myös historiapuuhun perustuvan mallinnuksen rinnalla. Kaikki muokkaukset tallentuvat, joten ne voidaan jäljittää ja niitä voidaan editoida ja toistaa myöhemmin. Synkroninen tekniikka ei ole ratkaisu

kaikkiin mallinnusongelmiin. Sen hyödyllisyys tulee parhaiten esiin silloin, kun jokin monimutkainen historiapuu pitäisi purkaa, jotta malliin voisi tehdä ensin pieneltä vaikuttaneen muutoksen. Näitä synkronisen tekniikan muokkaustyökaluja on NX 7.0:ssa julkaistu monia uusia sekä vanhojen käyttökelpoisuutta on parannettu. (Develop 3D. Siemens PLM-Software NX 7.0; Siemens PLM Software. Press Release. Siemens PLM Software Delivers NX 7.0 with "HD3D" and Enhancements to Synchronous Technology)

HD3D-tekniikalla, eli High Definition 3D -tekniikalla on tarkoitus ratkaista ongelmia, jotka liittyvät suunnitteluprosessin aikana hukkuneeseen tietoon ja suunnitteluprosessin hallintaan. Jo aikaisemmillä NX-versioilla on ollut mahdollista täysin dokumentoida suunniteltava tuote. Ei ainoastaan sen muotoa ja toimintaa, vaan myös tuotteen valmistamiseen, suunnitteluun ja elinkaareen liittyvä tieto. Suuresta määrästä tietoa on vaikea etsiä jotakin tiettyä faktaa, jollei ole perinpohjaisesti selvillä missä kaikki tieto sijaitsee. HD3D tarjoaa käyttöympäristön, jossa metatietoon pääsee käsiksi suunnittelun aikana. Metatieto on linkitetty osiin ja sitä pääsee tutkimaan milloin haluaa suunnittelun rinnalla. (Develop 3D. Siemens PLM-Software NX 7.0; Desktop Engineering. NX7 with HD3D)

Myös suunnitteluprosessin hallintaa helpotetaan HD3D-tekniikan avulla. Käyttäjä voi värikoodata tai suodattaa kokoonpanon sisältöä esimerkiksi painon, hinnan, materiaalin, osien toimituksen tilan tai tavarantoimittajan mukaan. Myös laatuun, kuten pinnankarheuteen tai toleransseihin, liittyviä suodatuksia voidaan HD3D-moduulissa käyttää. HD3D-moduulista löytyy valmiita suodattimia, mutta niitä voi myös luoda itse lisää. (Develop 3D. Siemens PLM-Software NX 7.0; Desktop Engineering. NX7 with HD3D)



Kuva 7. Visuaalinen raportointi sallii värikoodata kokoonpanon esimerkiksi tavarantoimittajan mukaan. Viestiruutu tarjoaa samalla lisätietoa tavarantoimittajista. (Develop 3D. Siemens PLM-Software NX 7.0)

7 DOKUMENTOINNIN LÄHTÖKOHDAT

Siemens PLM Software NX:n käyttö ei ollut entuudestaan tuttua Etteplanin Kotkan toimipisteen työntekijöille. Ohjelmasta haluttiin pintamallinnustyökaluihin keskittyvä dokumentointi, jonka tulisi toimia myös koulutusmateriaalina. Koska haluttiin selvittää pintamallinnustyökalujen käyttö käytännössä, päätöksenä oli tehdä jonkin tyyppillisen pintamallinnuskappaleen dokumentointi. Jotta dokumentointi vastaisi tarpeeseen, kappaleen tuli olla muodoiltaan pintamallinnustekniikkaan soveltuva ja sen mallinnuksessa tuli käyttää mahdollisimman monia pintamallinnuksen perustyökaluja. Ennen kuin dokumentointia päästiin aloittamaan, piti ohjelman käyttö tehdä itselle selväksi.

7.1 Siemens PLM Software NX –ohjelmaan perehtyminen

NX-ohjelmistoon perehtyminen alkoi ohjelmiston asennuksella ja lisenssin aktivoinnilla. Käytössäni oli versiot 5.0 ja 6.0. Etteplanilla on jonkin verran NX:n käyttöä, mutta Kotkan toimipisteessä ei ole ihmisiä, jotka olisivat ohjelmaa

käyttäneet, joten sen opiskelu suoritettiin itseopiskeluna. Ohjelman käyttöä opeteltiin tekemällä sen englanninkielisestä oppaasta löytyneet harjoitukset, tekemällä internetistä löytyneitä käyttäjien lähettämiä harjoituksia sekä tutkimalla ohjelman sähköistä käyttöopasta. Ilmaista materiaalia oli ominaisuuksin nähden saatavilla melko vähän, joten osittain työkalujen käyttöä joutui opettelemaan myös kokeilupohjalta ilman harjoitusmateriaalia.

7.2 Dokumentoinnin laatu

Perehtymisen jälkeen oli tarkoitus dokumentoida mallinnusta NX:llä. Hyvän dokumentoinnin perusominaisuuksiin kuuluu, että siinä oleva tieto on jäsenneily ja järjestetty niin, että se on helposti ymmärrettävää käyttäjälle. Dokumentointia ei välttämättä lueta aina kannesta kanteen, vaan sitä voidaan käyttää vain jonkin tietyn tehtävän suorittamiseksi. Sen takia sisällön tulee olla tiivistä, helppokäyttöistä ja helposti ymmärrettävää.

Hyvän dokumentaation tärkeimmät ominaisuudet ovat seuraavat:

- Hyvä rakenne
- Kattavuus
- Tarpeeseen sopiva julkaisukanava
- Selkeä sisältö
 - Selkeä terminologia
 - Luettavuus ja ymmärrettävyys
 - Helppokäyttöinen sisältö

Dokumentoinnin tavoitteena on, että sen käyttäjä pystyy saavuttamaan tavoitteensa ilman kohtuuttoman suurta vaivaa. Dokumentoinnin viestintää voidaan tehostaa kuvilla ja kaaviolla. Etteplanille tekemässäni dokumentoinnissa koin, että runsaalla kuvituksella saa monia työvaiheita selitettyä kaikkein selkeimmin ja yksinkertaisimmin. (TC Europe SecureDoc 2004)

7.3 Dokumentoinnin merkitys

Tekninen dokumentaatio mm. nopeuttaa tuotteen käytön oppimista ja auttaa käyttäjää saamaan nopeammin hyötyä tuotteesta. Dokumentaatio myös vähentää koulutuskustannuksia ja edistää käytön leviämistä erilaisten käyttäjäyhteisöjen käyttöön. Suomenkielisen ohjeistuksen laatiminen parantaa organisaation suorituskykyä. Käyttöohje madaltaa suunnittelijan kynnystä lähteä kokeilemaan NX:n pintamallinnusta ja pintojen korjausta. Ns. prosessiajattelussa on tärkeää työntekijöiden yhdenmukaiset toimintatavat. Tämä edellyttää sitä, että kaikilla on myös yhdenmukaiset ohjeet. (Fröjd 2008: 41)

8 DOKUMENTOINNIN SISÄLTÖ

Dokumentointi toteutettiin ohjelmaan perehtymisestä saadun tiedon ja aiemman mallinnuskokemuksen perusteella. Lopputuloksena oli kaksiosainen 40-sivuinen PDF-muotoinen dokumentti, joka löytyy liitteistä. (Liite 1). Seuraavissa luvuissa kerrotaan tarkemmin dokumentoinnin sisällöstä. Dokumentoinnin ei ole tarkoitus olla kaiken mahdollisen tiedon ja työkalujen kattava, vaan sen avulla on tarkoitus päästä helpommin sisälle NX:n käyttöön ja etenkin pintamallinnukseen.

8.1 Dokumentoinnin ensimmäinen osa: Hiiren ulkokuori

Dokumentoinnin ensimmäisen osan tarkoituksena oli kertoa ja opettaa käyttäjälle, kuinka NX:n pintamallinnustyökaluilla mallinnetaan jokin kyseiseen tekniikkaan soveltuva kappale. Mallinnusprosessi pyrittiin pitämään johdonmukaisena ja tyypillisenä pintamallinnusprosessina. Samalla yritettiin kuitenkin esitellä erilaisia työkaluja, joita mallinnuksessa tyypillisesti tarvitaan. Ensimmäinen osa esitellään liitteissä sivuilla 1/1 - 1/23.

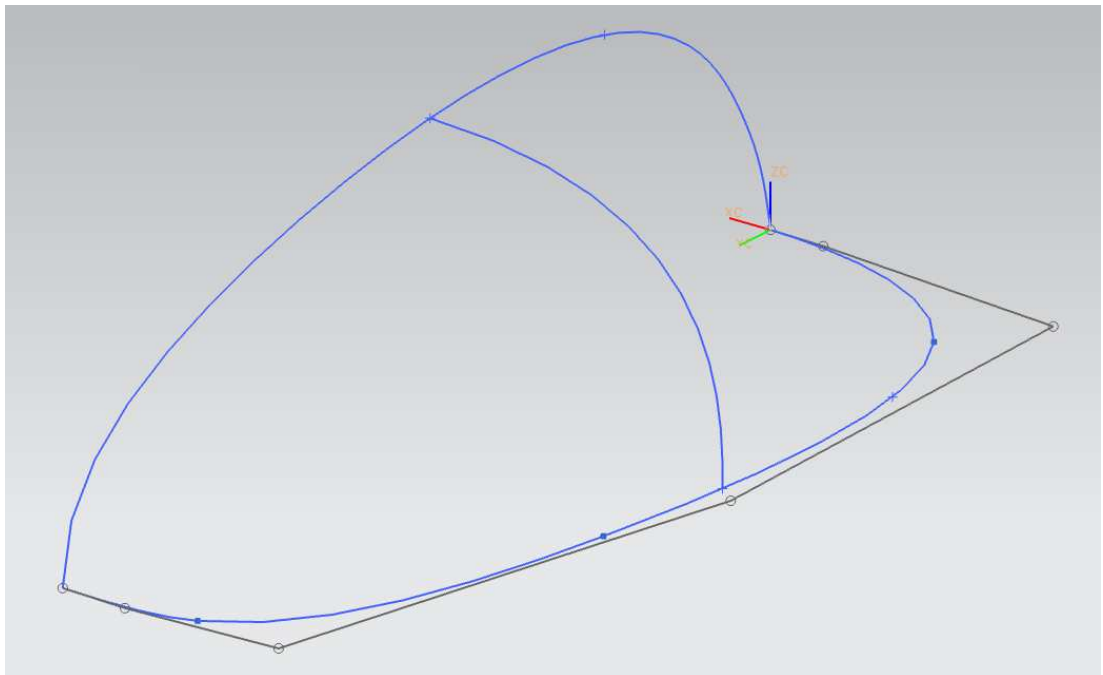
8.1.1 Aloituis

Dokumentointi aloitetaan kertomalla, mitä dokumentoinnissa tehdään, mihin sitä on tarkoitus käyttää ja mitä käyttäjältä odotetaan. Lisäksi kansilehdessä on kuva mallinnettavasta kappaleesta. Näin käyttäjä pääsee paremmin mukaan harjoituksen

tekemiseen ja on motivoituneempi sen suorittamiseen. Ennen varsinaisen mallinnuksen aloitusta esitellään lyhyesti uusien mallinnusten aloitus sekä käyttöympäristössä navigointi. Asiantuntijayrityksessä ei kannata antaa liikaa painoarvoa perusasioiden opetteluun, sillä ne ovat monissa ohjelmissa hyvin samankaltaisia ja tämän takia jo kutakuinkin hallussa.

8.1.2 Sketsien teko

Aloitusvaihe mallinnuksessa, kuten myös pintamallinnusprosessissa, on yleensä sketsien teko. Sketsit ovat viivapiirroksia, joiden avulla on tarkoitus tuottaa malli. Sketsit piirretään niiden tekoon tarkoitettujen työkalujen avulla, ne mitoitetaan ja niille annetaan rajoitteita. Myös dokumentoinnissa ensimmäinen vaihe oli rakentaa aloitussketsit. Aloitussketsillä rakennettiin dokumentoinnissa hiiren yläkuoren puolikkaan rautalankamalli. Dokumentoinnissa selvitetään vaihe vaiheelta kunkin viivan piirtäminen ja mitoitus. Sketsien teko on liitteissä sivuilla 1/3 – 1/7.

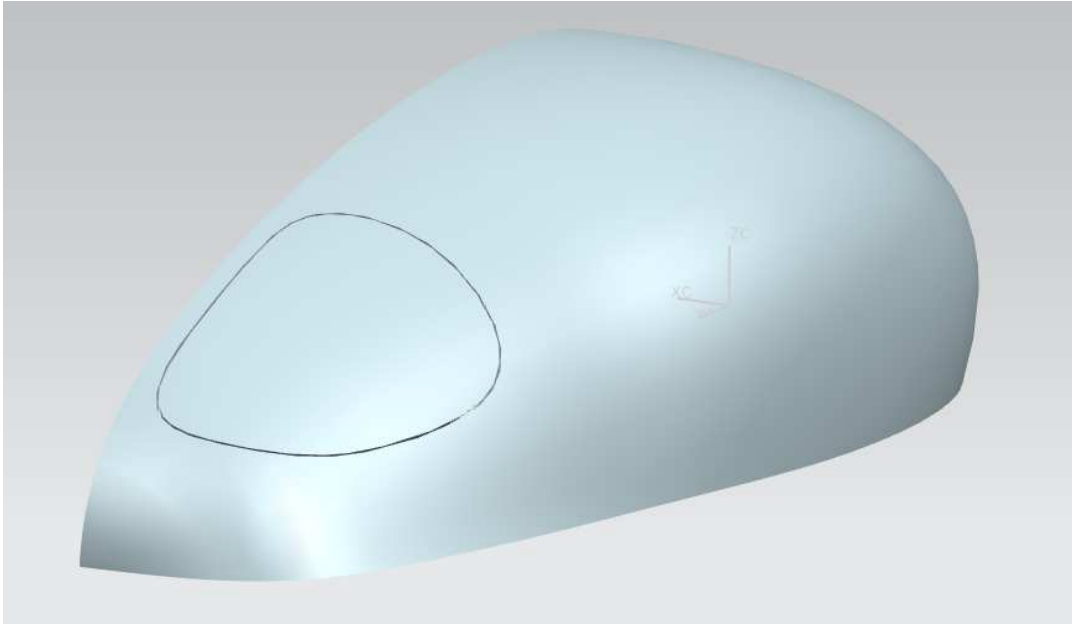


Kuva 8. Kuvassa on hiiren puolikkaan aloitussketsit.

8.1.3 Pintamallin valmistaminen

Kun aloitussketsit on saatu mitoitettua, voidaan niiden avulla luoda pintoja. Dokumentoinnissa opetetaan kuinka NX:ssä luodaan pintoja juuri sketsien avulla.

Pintoja voidaan luoda myös muulla tavoin, mutta sketsien käyttö on varsinkin teknisessä 3D-suunnittelussa yleisin vaihtoehto ja sen takia sen käyttö on myös dokumentoinnissa mukana. Dokumentoinnissa näytetään käyttäjälle myös, kuinka pintamallin muotoa voidaan muokata kontrollipisteiden ja -viivojen avulla ja kuinka pintamallin pintaan voidaan luoda erillisiä objekteja leikkaustyökalujen avulla. Pintojen valmistuksesta kerrotaan liitteiden sivuilla 1/7 – 1/12.



Kuva 9. Aloitussketsien avulla luotiin pintamalli, johon leikattiin hiiren painonappi erilliseksi objektiksi.

8.1.4 Tilavuusmallin luominen

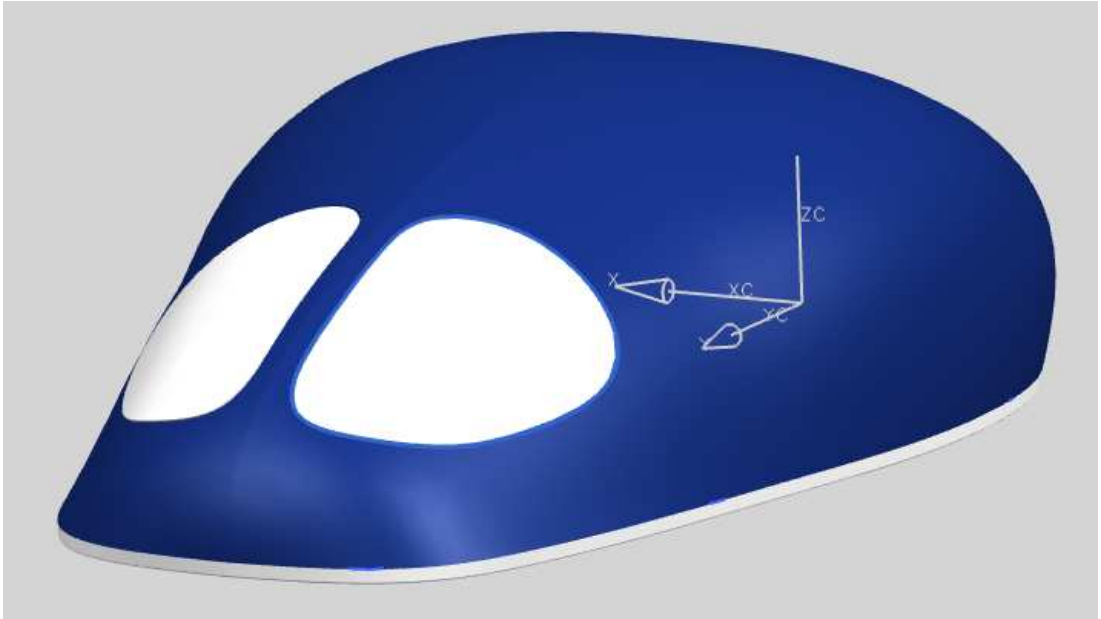
Yleensä pintamallista pyritään tekemään tilavuusmalli teknisessä suunnittelussa, sillä pelkistä pinnoista muodostuvan mallin käyttö on varsin rajoitettua. Sillä ei ole massaa eikä juuri muitakaan kiinteiden aineiden ominaisuuksia, joten sen lisäksi, että sitä on mahdoton valmistaa, sillä ei voi myös ajaa simuloitteja eikä analyyseja 3D-ympäristössä. Kun pintamalli saa paksuuden, mallista tulee tilavuusmalli. Paksuuden voi antaa esimerkiksi pursottamalla pinta, tekemällä lisää pintoja niin, että pinnat muodostavat suljetun tilan tai kuten dokumentoinnissa tehtiin, erityisen paksuntamistyökalun avulla. Tilavuusmalliin lisättiin vielä paikat kiinnitysruuveille ja puolikas peilattiin niin, että saatiin kokonainen hiiren yläkuori. Nämä asiat käsitellään liitteissä sivuilla 1/12 - 1/22.



Kuva 10. Hiiren yläkuoren tilavuusmalli alhaalta päin kuvattuna

8.1.5 Viimeistely ja kokoonpano

Mallin viimeistely- ja kokoonpanovaihe on yleensä samankaltainen riippumatta siitä, millä mallinnustekniikalla se on tehty. Dokumentoinnissa tehdään pieni yläkuoresta ja mallinnetusta pohjalevystä koostuva kokoonpano. Kokoonpanossa erilliset objektit kasataan yhteen ja paikoitetaan ne erilaisten rajoitteiden avulla oikeille kohdille oikeaan asentoon. Viimeistelyvaiheessa käydään läpi ylimääräisten tasojen ja apupisteiden piilottaminen, pyöristykset ja objektien värien vaihtaminen. Asioiden käsittely on liitteen 1 sivuilla 22-23.



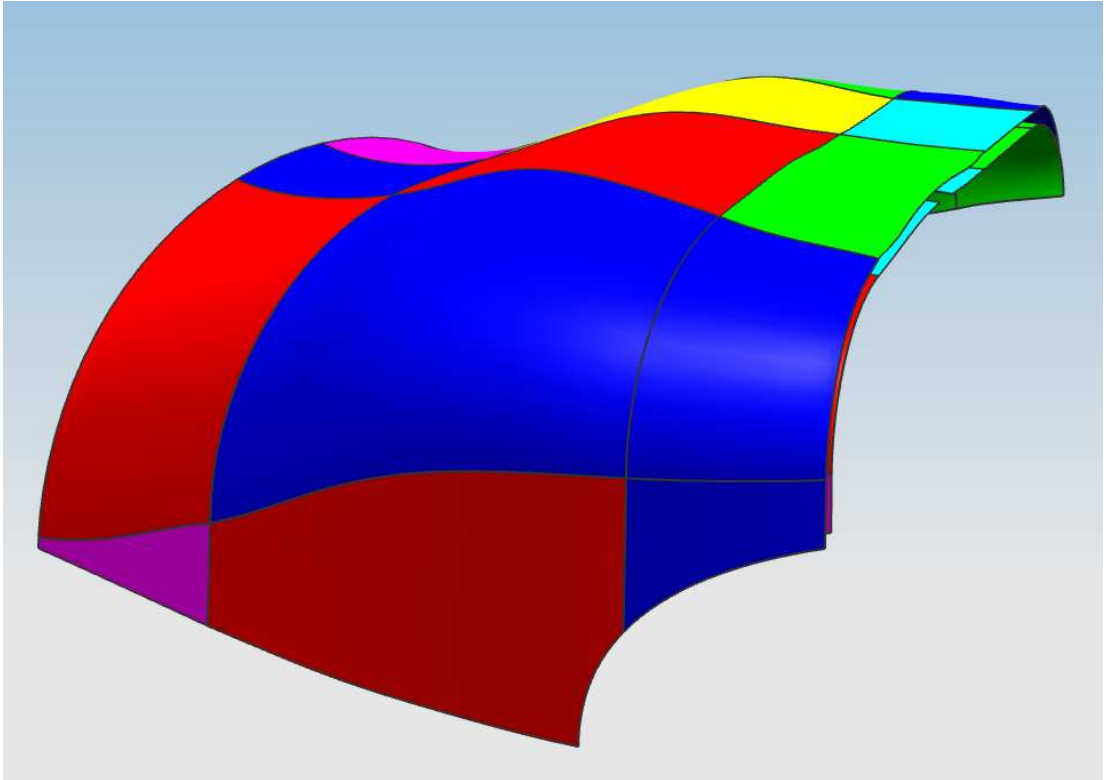
Kuva 11. Viimeistelty hiiren kokoonpano

8.2 Dokumentoinnin toinen osa: Vioittuneen pintamallin korjaaminen

Ensimmäisen osion valmistumisen jälkeen dokumentointia haluttiin vielä laajentaa. Dokumentointiin lisättiin toinen osa. Sen haluttiin käsittelevän NX:n pintamallinnuksen käyttöä vioittuneiden pintamallien korjaamisessa. Tiedostoja tuodaan toisista ohjelmistoista toisiin, niitä käännetään toisiin tiedostomuotoihin ja ohjelmistojen versiot muuttuvat. Tämän takia yleensä kappalemalleja monimutkaisempaa matematiikkaa sisältävät pintamallit saattavat edellä mainittujen syiden vuoksi vioittua. Tyypillinen vioittuminen on pinnan palasten irtoaminen erilleen toisistaan. Näin oli myös mallissa, jonka korjaaminen suoritetaan dokumentoinnin toisessa osassa (liite 1/23 – 1/40).

8.2.1 Lähtötilanne ja aloitus

Lähtötilanteen malli on IGES-muotoinen pintamalli. Se näyttää ensi vilkaisulla ehjältä. Tarkemmin tarkasteltuna palasten välistä löytyy kuitenkin pieniä rakoja. Dokumentoinnin alussa kerrotaan, kuinka muualla tehdyt tiedostot avataan NX:ssä ja kuinka mahdolliset raot pinnoissa paikannetaan.



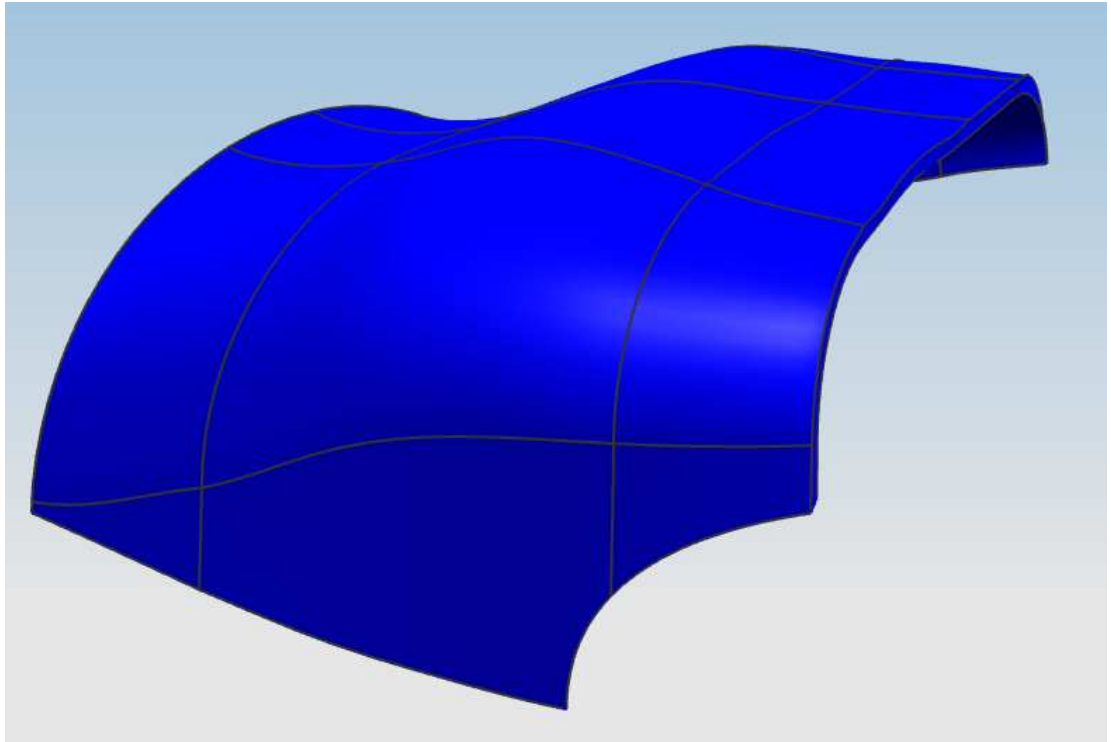
Kuva 12. Dokumentoinnin toisessa osassa alkutilanteen vioittunut pintamalli sisältää rakoja palasten välissä.

8.2.2 Korjausmenetelmät

Pintamallia korjataan kahdella eri tavalla dokumentoinnin toisessa osassa. Ensisijaisesti palasten välisiä rakoja pyritään korjaamaan Match Edge –työkalun avulla. Se on melko helppokäyttöinen työkalu, jonka avulla palasten reunoja pakotetaan yhtymään. Kaikissa tapauksissa tämä ei kuitenkaan onnistu, sillä pakottaminen saattaa aiheuttaa matemaattisen ristiriidan palasten muodostavien kurvien kanssa. Tällöin käytetään toista korjausmetodia. Tässä toisessa metodissa palanen korvataan uudella palasella. Uuteen palaseen lainataan muoto vanhasta palasesta muodostamalla viivanpiirtotyökalujen avulla vanhan palasen pinnalle verkko. Vanha palanen poistetaan käytöstä ja uusi palanen luodaan tehdyn verkon ja viereisten palasten reunojen perusteella. Liitteessä 1 sivuilla 27–33 käsitellään näitä asioita.

Kun pintamalli on korjattu, dokumentoinnissa opetetaan vielä käyttäjä muuntamaan pintamalli tilavuusmalliksi. NX osaa tehdä muunnoksen itse, kun yhtenäiset pinnat

rajaavat aukottoman alueen ja nämä pinnat yhdistetään. Tätä ominaisuutta hyväksikäyttäen luodaan tilavuusmalli. Dokumentoinnin seuraava osa käsittelee pintamallin muuntamista tilavuusmalliksi (liite 1/33 – 1/37). Loppuosassa näytetään vielä yksi vaihtoehtoinen tapa pintamallien korjaamiseksi (liite 1/37 - 1/40).



Kuva 13. Dokumentoinnin toisen osan lopputuloksena on yhtenäinen tilavuusmalli

9 KOULUTTAMINEN

Kouluttaminen on organisoitua, ajalliselta kestoaltaan etukäteen määritettyä, koulutettavissa tapahtuvaksi toivotun oppimisen ohjaamista. Uutta oppiainesta kuljetetaan ja siirretään koulutettaville ja siirtäjänä toimii kouluttaja. (Heikkurinen 1995: 7)

Tässä luvussa käsitellään teoriaa, joka liittyy hyvänä kouluttajana olemiseen, koulutustaitoihin sekä kouluttajan tarkoitukseen ja tehtäviin. Jotta ihmisellä on edellytykset toimia hyvänä kouluttajana ja ennen kaikkea kehittyä kouluttajana, täytyy tämän tuntee osa-alueet, joista hyvä kouluttajuus rakentuu. Tämän takia yritin itsekin opiskella teoriaa kouluttajana toimimiseen. Hyvän kouluttajuuden perusta

huomioidaan ennen koulutusta ja koulutuksen aikana sekä rakennetaan toimintaa teorian pohjalta. Lopuksi arvioidaan eri osa-alueita. Arvioinnin pohjalta koulutusta ja koulutustaitoja voidaan kehittää eteenpäin.

9.1 Kouluttajan tarkoitus ja tehtävät

Kouluttajan primaarinen tarkoitus on, niin yksilö- kuin ryhmätilanteissakin, helpottaa koulutettaviensa oppimista toivotuissa suunnissa. Toimintansa lähtökohdaksi kouluttajan on asetettava se, että hänen tulee toimia oppimiseen liittyvän muutoksen agenttina. Kouluttajan tehtävänä on pyrkiä ohjaamaan koulutettaviensa sisäistä rakentumista (oppimista) ja heidän ulkoista käyttäytymistään (tilannesidonnaista toimintaa) sekä auttamaan koulutettavia samalla ymmärtämään omat kehittymismahdollisuutensa. Ensin on ohjattava sisäistä toimintaa ja sen ulkoistettuna seurauksena tilannekäyttäytymistä (havaittavissa oleva koulutettavan toiminta). (Heikkurinen 1995: 63)

9.2 Hyvä kouluttajuus

Kouluttaja voi olla hyvä monella eri tavalla: hän voi olla esimerkiksi ulospäin suuntautunut, hiljainen, karismaattinen, taustalla pysyttelevä, huumorintajuinen tai korostetun asiallinen. Joitakin yhteisiä piirteitä heissä voi kuitenkin huomata. Hyvään kouluttajuuteen liittyvät piirteet eivät ole henkilöiden persoonallisuuteen liittyviä piirteitä, vaan pikemminkin ne kuvaavat tapaa, jolla he suhtautuvat itseensä, oppijoihinsa ja asiantuntemukseensa. Hyvän kouluttajuuden perustan muodostavat asiantuntemus, läsnäolo, arvostus, samaistuminen, innostus ja nöyryys. Sanojen etukirjaimista muodostuu ALASIN, jota voidaan pitää hyvän kouluttajuuden perustana. (Kupias 2007: 11-12)

*Asiantuntemus**Läsnäolo**Arvostus**Samaistuminen**Innostus**Nöyryys*

Kuva 14. Hyvän kouluttajuuden perusta

9.2.1 Asiantuntemus

Kouluttajan tehtävänä on käyttää asiantuntemustaan siten, että hän tukee oppijoitaan kehittymään ja pääsemään koulutukselle asetettuihin tavoitteisiin. Kouluttajan asiantuntemus voi olla sisällöllistä asiantuntemusta tai oppimisprosessin ohjaamiseen liittyvää asiantuntemusta. Parhaimmillaan se on molempia. Kouluttajan täytyy tuntea riittävästi käsiteltävä asia, mutta hän ei voi eikä hänen tarvitse tietää kaikkea siitä. Joskus hän tuo jonkun tietyn näkökulman koulutukseen, mikä on tarkoitus yhdistää oppijoiden jo aikaisempien näkökulmien kanssa. Kouluttajan kannattaa ehdottomasti hyödyntää myös koulutettavien osaamista kouluttaessaan. (Kupias 2007: 12-13)

9.2.2 Läsnäolo

Kouluttaja voi olla sujuvasanainen ja taitava esiintyjä olematta läsnä. Tällainen kouluttajankin kannalta hankala tilanne syntyy, kun sama koulutus toistetaan usein lyhyen ajan sisällä. Tällöin voi tuntua siltä, että suun avaamisen jälkeen puhe vain soljuu eikä kouluttaja tiedä enää mitä on koulutettavien kanssa puhunut ja mitä ei. Asia muuttuu niin rutiininomaiseksi, että kouluttaminen ei vaadi keskittymistä ja kouluttaminen siirtyy ei-tietoiselle tasolle. Parhaiten kouluttaja pysyy läsnä koulutuksessa vuorovaikutuksen avulla. Vuorovaikutuksellinen koulutus ei koskaan ole rutiininomaista, sillä vuorovaikutus tuo aina uudenlaisia näkökulmia ja

ennakoimattomia tilanteita. Läsnaolo syntyy usein siitä, että on mieltänyt läsnaolon merkityksen itselleen. (Kupias 2007: 13)

9.2.3 Arvostus

Arvostus pitää sisällään ensisijaisesti oppijoiden, mutta myös oman itsensä ja oman asiansa arvostamisen. Yleensä kouluttaja ei saa anteeksi, jos hän aliarvioi oppijoita ja heidän asiantuntijuuttaan ja käyttäytyy ylimielisesti. Aikuisilla oppijoilla on paljon asiantuntemusta ja kokemuksia. Ne voivat olla eri alueelta kuin kouluttajan, mutta usein ne ovat jopa samalta alueelta. Jos tämän asiantuntemuksen mitätöi, on koulutuksella vain vähän onnistumisen edellytyksiä Toisaalta, jos kouluttaja ei arvosta itseään ja omaa asiantuntijuuttaan, hän tuskin on kovin vakuuttava osallistujienkaan silmissä. (Kupias 2007: 14)

9.2.4 Samaistuminen

Hyvään kouluttajaan on helppo samaistua. Hän on perehtynyt etukäteen oppijoiden maailmaan ja pystyy hyödyntämään tätä tietoa koulutustilaisuudessa. Tämä tarkoittaa, että kouluttaja puhuu koulutettavien kanssa samaa kieltä ja pystyy käyttämään esimerkkejä heidän työtodellisuudestaan. Hän voi myös hyödyntää osallistujien kokemuksia ja pyytää heitä kertomaan aiheeseen ja teemoihin sopivia esimerkkejä. Hyvä kouluttaja toimii välittäjänä opiskeltavan asian ja oppijoiden välillä. (Kupias 2007: 15)

9.2.5 Innostus

Kouluttajan innostuneisuus näkyy kiinnostuksena oppijoita, opiskelusisältöä ja kouluttajana toimimista kohtaan. Innostunut kouluttaja voi innostaa oppijoita. Ei-innostunut kouluttaja voi puolestaan tappaa myös oppijoiden innostuksen. Kouluttajan onkin löydettävä oma kipinänsä sellaisina päivinä, jolloin oma innostus on laimeampaa. Kouluttaja saattaa joutua kouluttamaan saman koulutuksen monta kertaa peräjälkeen, mikä voi lannistaa omaa innostusta. Oppijoille tilaisuudet ovat kuitenkin ainutkertaisia. (Kupias 2007: 15-16)

9.2.6 Nöyryys

Kouluttajan työ on palvelutehtävä. Kouluttajan tehtävä on auttaa ja tukea oppijoita heidän oppimisessaan. Vaikka kouluttajalle kertyisi kuinka paljon kokemusta ja osaamista, hänen on oltava sopivasti nöyrä. Kouluttaja ei koulutustilanteessa ole itseään tai asiaansa varten, vaan oppijoita varten. (Kupias 2007: 16)

9.3 Kouluttaminen Etteplanilla

Koulutuksen tavoitteena oli saada esiteltyä NX ja sen ominaisuudet neljälle Etteplanin suunnitteluinsinöörille. Etteplanilla haluttiin nähdä, kuinka tehokas suunnitteluohjelmisto NX oikeastaan on ja kuinka vaivattomasti sen avulla saadaan mallinnuksia tuotettua. Heille oli tarkoitus myös opettaa perustoiminnot NX:n käytöstä keskittyen pintamallinnustyökaluihin. Näitä tavoitteita tukien myös opinnäytetyön koulutusmateriaali aikaisemmin luotiin.

Etteplanilla lisenssit ovat toimipisteiden yhteiskäytössä ja ne otetaan aina tarvittaessa käyttöön yhteiseltä serveriltä. Etteplanilla ei ollut tarjota koulutushetkellä kuin yksi sopivalla lisenssillä varustettu tietokone. Yksi kone ja neljä käyttäjää ei mahdollistanut sitä, että kaikki olisivat päässeet tekemään ohjelmalla harjoitteita. Se häittäisi hiukan käytön oppimisen tehokkuutta, sillä tekemällä oppii parhaiten. Optimitilanteessa jokaisella koulutettavalla olisi ollut NX-lisenssillä varustettu tietokone käytössään.

Yhdellä tietokoneella vietiin koulutus lävitse. Ohjelman esittelyä lisenssien puuttuminen ei haitannut. Esittely tapahtui Etteplanin neuvotteluhuoneessa. Esittelyä varten tein PowerPoint-esityksen, jonka esitin paikalla olijoille videotykin kautta. PowerPoint-esityksessä käytiin läpi lyhyesti, mikä NX on, ketkä sitä käyttävät ja millaisia moduuleita NX sisältää. Esittelyssä kerroin myös lyhyesti, mitä NX versio 7.0 sisältää. Ennen varsinaisen käyttökoulutuksen alkamista esittelin vielä NX:n ulkoasun ja käyttöliittymän videotykin kautta.

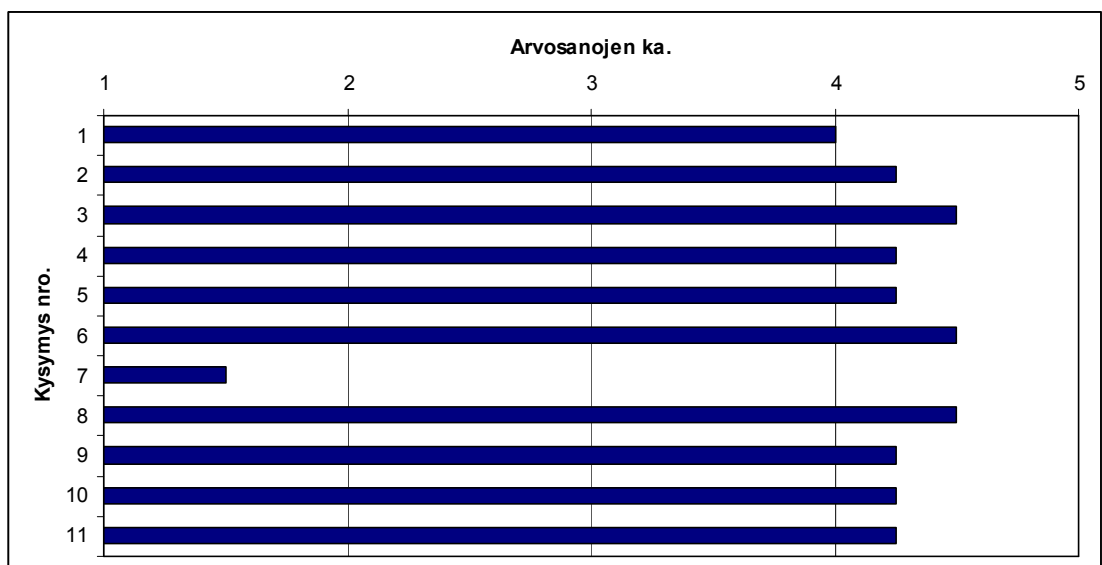
Koulutusosiossa käytiin lävitse ohjelmalla mallintamista pintamallinnukseen keskittyen. Koulutusmateriaaleina toimivat tekemäni dokumentaatio ja NX:n oma

opas. Koska koulutus on palvelutehtävä, rohkaisin kaikkia osallistujia kysymään ohjelmiston käytöstä aina, kun siltä tuntuu. Koulutukseen osallistuvilla henkilöillä oli paljon kokemusta erilaisten suunnitteluohjelmistojen parista, joten hyviä kysymyksiä tulikin aika runsaasti. Vastamiseen käytin hyväksi saamaani kokemusta ohjelman parista. Joihinkin kysymyksiin minulla oli vastaus, mutta kaikkeen en osannut verrattain vähäisellä kokemuksellani vastata. Olihan koulutettavillani kuitenkin moninkertainen kokemus suunnitteluohjelmistoista, vaikka NX ei ollutkaan tuttu. Koulutuksen kesto oli kuusi ja puoli tuntia.

9.4 Koulutuksen arviointi

Koulutuksen arviointi on koulutuksen viimeinen osio. Jotta kouluttajana voi kehittyä, on sen suorittaminen erittäin tärkeää. Koulutuksen arviointia varten tein arviointilomakkeen (Liite 2), joka jaettiin osallistujille koulutuksen jälkeen. Sen avulla kartoitin koulutuksen onnistumista. Kysymyksillä 1 - 3 oli tarkoitus selvittää koulutuksen järjestelyjen onnistumista. Kysymykset neljä ja viisi testasivat, kuinka hyvin koulutukselle asetetut tavoitteet täyttyivät. Kysymykset 6 - 11 kartoittivat taas, kuinka hyvin onnistuin suoriutumaan hyvälle kouluttajalle asetetuista osa-alueista.

Laskemalla arviointilomakkeen tulosten keskiarvot saadaan yleiskuva koulutuksen onnistumisesta. Kuva 15 esittää lasketut tulokset.



Kuva 15. Koulutuksen arviointilomakkeiden arvosanoista lasketut keskiarvot.

Arviointilomakkeita tarkastelemalla voidaan päätellä, että yleisesti ottaen koulutus oli onnistunut. Kehitettävää löytyi melko tasaisesti kaikilta osa-alueilta, mutta kovin paljoa ei miltään yksittäiseltä alueelta. Koulutuksen sisältö sai heikoimman arvostelun keskiarvolla 4,0. Sisältö keskittyi lievästi liikaa perusasioihin, jotka suunnittelutyötä ammatikseen pitkään tehneet insinöörit jo osasivat. Kokoonpanojen tekemisestä olisi kaivattu enemmän tietoa, sillä sitä pidettiin tärkeänä osana sujuvaa 3D-suunnittelua.

Oma arvioni koulutuksen onnistumisesta on melko samankaltainen, kuin arviointilomakkeen tulokset antavat ymmärtää. Yleisesti koulutusta voi pitää onnistuneena, mutta keräämällä taustatietoja, mitä koulutettavat insinöörit itse olisivat halunneet koulutuksen sisältävän, olisi sisältö vastannut paremmin tarvetta. Koulutuksen olisi voinut myös järjestää kaksiosaisena, siten että koulutustapahtumien välille olisi jäänyt tarpeeksi aikaa etsiä vastauksia minulle esitettyihin kysymyksiin.

10 JATKOTOIMENPITEET

10.1 Käyttöönotto

Ylin ehto jonkin uuden järjestelmän käyttöönotolle on ylemmän johdon vakuuttuneisuus. Johtajat voivat olla vastahankaisia vedoten lisääntyneisiin kuluihin, henkilöstön lisäkoulutustarpeeseen, pienentyneeseen tuottavuuteen ja useiden vuosien aikana kootun tiedon menettämiseen. Joillekin näistä vastalauseista löytyy tietysti perustelu, mutta jotkin niistä perustuvat todellisiin ongelmakysymyksiin, jotka tulee selvittää huolellisesti, ennen kuin uusi järjestelmä otetaan käyttöön. (Machine Design. 3D käyttöönotto: pikaopas 2D CAD –käyttäjälle: 13)

Käyttöönoton aloittamisesta oli kuitenkin tässä tapauksessa päätetty jo aikaisemmin ja ylemmän johdon vakuuttelua ei minun tarvinnut tehdä. Tämän takia tässä opinnäytetyössä ei tehdä perusteluja ohjelmiston käyttöönotolle esimerkiksi laskemalla tuottavuuden ja kulujen muutoksia.

10.2 Käyttöönoton aloittaminen kokeiluprojektilla

Machine Designin julkaiseman 3D-käyttöönotto-oppaan mukaan käyttöönottoa suositellaan aloitettavaksi kokeiluprojektilla. Vanhan järjestelmän lopettaminen ja siirtyminen kaikissa töissä kokonaan uuden järjestelmän käyttöön on yleensä hankalaa, mutta myös riskialtista. Käyttöönoton onnistumiseen vaikuttaa ratkaisevasti oikea aika ja tehtävä, jossa järjestelmää testataan. Käyttöönotto onkin hyvä aloittaa kokeiluprojektilla, jotta saadaan varmuus tehtyjen päätösten oikeellisuudesta ja perusteellisuudesta. Kokeiluprojektien avulla voi testata käyttöönottoa, dokumentointia ja koulutusprosesseja pienessä ja hallitussa ympäristössä ja prosesseihin voi sen perusteella tehdä pieniä säätöjä tai muutoksia tarvittaessa. Kokeiluprojektien tulee olla helposti hallittavia ja pieniriskisiä lyhyen aikavälin projekteja. (Machine Design. 3D käyttöönotto: pikaopas 2D CAD – käyttäjälle: 16-17)

Johtajien on valittava tarkkaan, ketkä henkilöt valitaan uuden järjestelmän käyttöönoton aloittajiksi. On analysoitava objektiivisesti, ketkä suunnittelijat sopivat taidoiltaan ja motivaatioltaan parhaiten ensimmäisiksi käyttäjiksi. Ensimmäisiltä käyttäjiltä voidaan odottaa kunnianhimoa, innovatiivisuutta ja valmiutta ottamaan vastaan uusia haasteita. Heiltä on myös löydyttävä aikaa, sillä nämä ensimmäiset käyttäjät ovat todennäköisesti osajia, jotka auttavat siirtymävaiheessa ja joilta kysytään ohjeita ongelmatilanteissa. He voivat tarvita aikaa myös lisäkoulutukseen. (Machine Design. 3D käyttöönotto: pikaopas 2D CAD –käyttäjälle: 17-18)

Kokeiluprojektin päätyttyä suunnittelutiimin johtajien tulisi pitää koko projektitiimin kanssa päätöspalaveri, jossa keskustellaan projektin onnistumisesta ja prosessien kehittämisestä. (Machine Design. 3D käyttöönotto: pikaopas 2D CAD – käyttäjälle: 18)

10.3 Jatkokoulutus

Etteplanin henkilöstölle järjestetään mahdollisesti jatkokoulutusta, mikäli käyttöönotto tapahtuu. Ohjattua koulusta NX:lle järjestää Suomessa vantaalainen

Ideal Product Data Oy. Sen pintamallinnuskurssi on 4-päiväinen ja sisältö on seuraavanlainen:

- Kaksoiskaarevien pintojen mallintaminen eri pintamallinnus käskyillä
- Pintojen laadun tarkistus
- Pyöristykset ja kaarevuusjatkuvat pinnat
- Splinien käsittely
- Tilavuusmallin luonti
- Mallien korjaus
- Open part modelling -tekniikka
- Päästöt ja valuosien mallintaminen

Kurssin hinta on 560 €/päivä. Muut tarjotut kurssit ovat peruskurssi, piirtämiskurssi (drafting), NX CAM –kurssi, kokoonpanokurssi sekä ohutlevykurssi. (Ideal Product Data Oy. Kurssit)

Itseopiskelulla pääsee myös hyvin käsiksi ainakin perusteisiin. Oppimateriaaleista paras lienee NX:n oma harjoitusopas *NX for Engineering Design*. Internetistä löytyy myös hiukan harjoitusmateriaalia ilmaiseksi. Parhaiksi kokemani osoitteet olivat:

- <http://ugs-tutor.blogspot.com/>
- <http://www.3dcadforums.com/>

Näissäkin osoitteissa harjoitusmateriaali oli tosin laadultaan vaihtelevaa ja osittain tiedoiltaan vanhentunutta. Ammattikäytössä internetistä löytyneiden harjoitusten käyttö on ehkä hieman toisarvoista.

Yhtenä vaihtoehtona jatkokoulutukselle on vielä Siemens PLM:n tarjoamat maksulliset internet selaimella suoritettavat verkkokurssit. Siemens PLM tarjoaa niitä noin 400 erilaista ja niitä suoritetaan omaan tahtiin ilman henkilökohtaista ohjausta.

10.4 Käyttöönoton jatkaminen

NX:n käyttöönoton jatkoon vaikuttaa oleellisesti tämän hetkinen heikko taloudellinen tilanne. Ohjelmiston hankintaa eikä taloudellisia resursseja kuluttavaa koulutusta voida järjestää, ennen kuin päätös yhteistyöstä asiakkaan kanssa on lyöty lukkoon. Alustavia keskusteluja NX:n käytöstä asiakkaalle tehtävään suunnitteluun Etteplanilla on käyty jo pitkään, mutta virallista päätöstä ei asiasta ole vielä syntynyt. Jos vallitsisi normaalitilanne, käyttöönotto aloitettaisiin mahdollisesti kokeiluprojektilla. Nyt NX otetaan käyttöön kertaluontoisesti asiakkaalle tehtävän mahdollisen yhteistyön kautta.

Huonon taloudellisen tilanteen takia ei voida myöskään maksullista koulutusta järjestää ennen edellä mainitun yhteistyösopimuksen syntymistä. Omatoimista oppimista jonkin harjoitusmateriaalin tai selainkurssin avulla ei ole yleensä juurikaan Etteplanilla käytetty ja sitä ei tulla myöskään NX:n kanssa käyttämään. Sen sijaan insinöörien kurssittaminen esimerkiksi Ideal Product Datan tarjoamalla kurssilla, on NX:n käyttöönoton tapahtuessa mahdollista. Koulutuksesta tullaan vielä keskustelemaan asiakasyrityksen henkilöstön kanssa niin, että kummassakin yrityksessä saataisiin mahdollisesti sama koulutus.

LÄHTEET

Desktop Engineering. NX7 with HD3D. [online, viitattu 3.1.2010].

Saatavissa: http://www.deskeng.com/virtual_desktop/?tag=nx

Develop 3D. Siemens PLM-Software NX 7.0. [online, viitattu 29.12.2009].

Saatavissa: <http://develop3d.com/reviews/siemens-plm-software-nx-7.0>

Etteplan Oyj. Laatu. [online, viitattu 19.12.2009]

Saatavissa: <http://www.etteplan.fi/yritys/laatu.php>

Etteplan Oyj. Yritysesittely. [online, viitattu 18.12.2009]

Saatavissa: <http://www.etteplan.fi/yritys/>

Freeform surface modelling. Wikipedia. [online, viitattu 4.1.2010].

Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/Freeform_surface_modelling

Fröjd, Tanja. 2008. Visualisoinnin kehittäminen laitossuunnittelussa. Opinnäytetyö.

Kotka: Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, tuotekehityksen koulutusohjelma.

Heikkurinen, Toivo. Kouluttamisen perusteet. 1995. Pieksämäki: RT-paino.

Ideal Product Data Oy. Asiakkaat. [online, viitattu 3.1.2010].

Saatavissa: <http://www.ideal.fi/referenssit.htm>

Ideal Product Data Oy. Kurssit. [online, viitattu 13.3.2010].

Saatavissa: <http://www.ideal.fi/kurssisisalto.htm>

JAMApplan Oy. Palvelut. [online, viitattu 3.1.2010].

Saatavissa: <http://www.jamaplan.fi/palvelut/>

Kerlow, Isaac Victor. 2004. The art of computer animation and effects. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Inc.

Kupias, Päivi. 2007. Kouluttajana kehittyminen. Helsinki: Yliopistopaino.

Machine Design. 3D käyttöönotto: pikaopas 2D CAD –käyttäjälle. [online, PDF, viitattu 21.1.2010].

Saatavissa: http://www.finsw.net/wb/media/File/Going_3D_Guide_FI.pdf

NX 6 Documentation. 2008. Sähköinen käyttöopas. Texas USA: Siemens Product Lifecycle Management Software Inc.

NX. Wikipedia. [online, viitattu 2.1.2010].

Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/NX>

NX software. Wikipedia. [online, viitattu 2.1.2010].

Saatavissa: [http://en.wikipedia.org/wiki/NX_\(software\)](http://en.wikipedia.org/wiki/NX_(software))

Näytönohjain. Wikipedia. [online, viitattu 10.6.2009].

Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Näytönohjain>

Predictive Engineering. NX Nastran. [online, PDF, viitattu 22.6.2009].

Saatavissa: http://www.predictiveengineering.com/Solutions/products/nastran/docs/nx_nastran.pdf

Siemens PLM Software. Press Release. About Us. [online, viitattu 2.1.2010].

Saatavissa:

http://www.plm.automation.siemens.com/fi_fi/about_us/newsroom/press/press_release.cfm?Component=82370&ComponentTemplate=85647

Siemens PLM Software. Press Release. Siemens PLM Software Delivers NX 7.0 with "HD3D" and Enhancements to Synchronous Technology. [online, PDF 28.12.2009].

Saatavissa: http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/about_us/newsroom/press/press_release.cfm?Component=87261&ComponentTemplate=822

Siemens PLM Software. NX Machining - A complete solution for machine tool programming. [online, PDF, viitattu 20.6.2009].

Saatavissa: http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/Images/4129_tcm1023-4561.pdf

Siemens PLM Software. NX Nastran – Basic. [online, PDF, viitattu 18.6.2009].

Saatavissa: http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/Images/2661_tcm1023-4481.pdf

Siemens PLM Software. NX Tooling. [online, PDF, viitattu 17.6.2009].

Saatavissa: http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/Images/4672_tcm1023-4494.pdf

Siemens PLM Software. NX Visualize and NX Render. [online, PDF 25.6.2009].

Saatavis-

sa:http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/Images/fs_vis_render%5B1%5D_tcm1023-1009.pdf

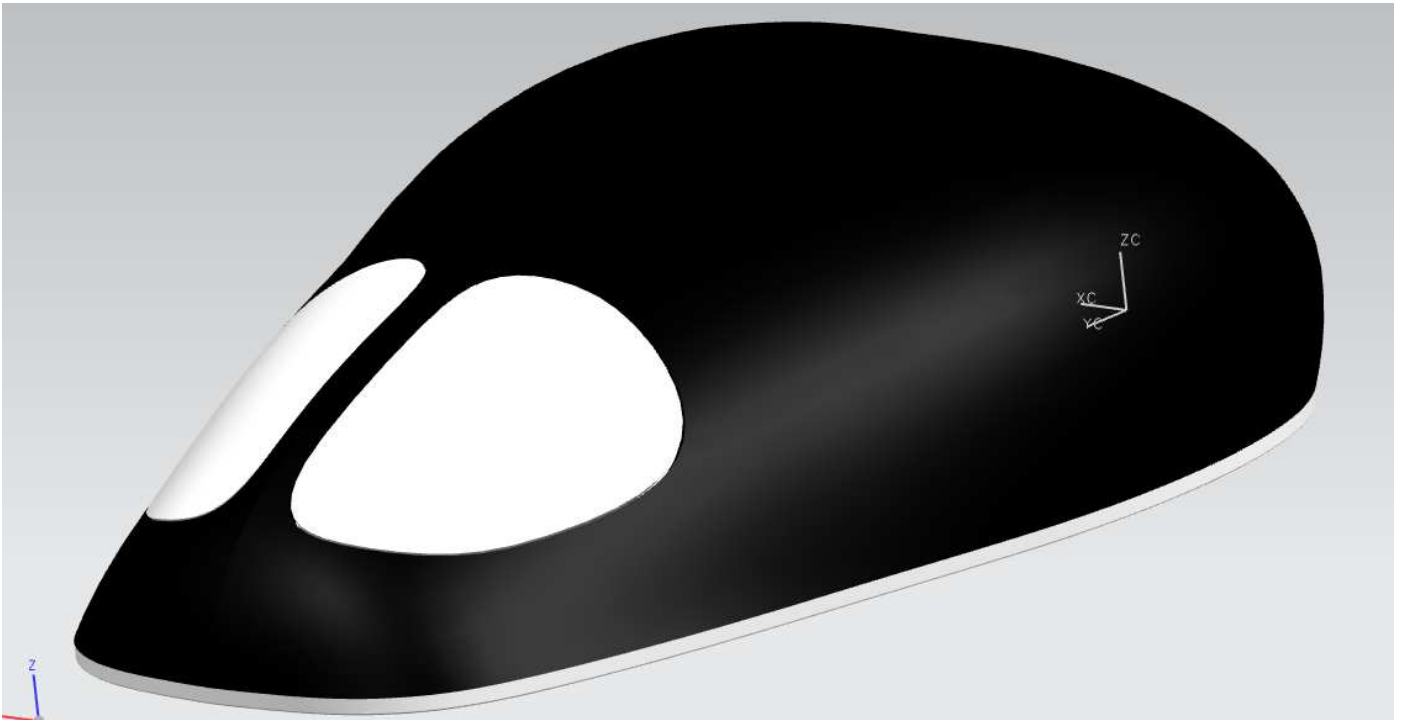
Suoritin. Wikipedia. [online, viitattu 10.6.2009].

Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Suoritin>

Synchronous Technology. Wikipedia. [online, viitattu 3.1.2010].

Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/Synchronous_Technology#Synchronous

Tuhola, Esa & Viitanen, Kristiina. 2008. 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. 1. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.



Mallinnuksen dokumentointi

OSA 1: Hiiren ulkokuoren mallintaminen

OSA2: Vioittuneen pintamallin korjaaminen

Sami Palonen

Kymenlaakson amk

27.12.2009

Sisältö

<i>OSA 1: Hiiren ulkokuoren mallintaminen</i>	3
1. Aloitus	3
1.1. Navigointi	3
2. Mallintaminen, yläkuori	3
2.1. Runkokurvit	3
2.2. Kurveista pinnaksi, yläpinta	7
2.3. Objektien leikkaaminen rungosta, nappien teko	9
2.4. Paksuuden antaminen	12
2.5. Rungon trimmaaminen	13
2.6. Reikien ja kierteiden teko	15
2.7. Peilaaminen	18
3. Pohjalevy	20
3.1. Muodon liittäminen ja pyöristykset	20
4. Kokoonpano	22
4.1. Viimeistely	23
<i>OSA 2: Vioittuneen pintamallin korjaaminen</i>	24
1. Aloitus	25
1.1. Lähtötilanne	25
1.2. IGES-tiedoston avaaminen NX:ssä	26
1.3. Rakojen etsiminen	26
2. Yläpinnan korjaaminen	27
2.1. Raon korjaaminen Match Edge –työkalun avulla	27
2.2. Palasen korvaaminen	27
3. Alapinnan korjaaminen	31
3.1. Aloitus ja rakojen korjaaminen Match Edge –työkalun avulla	31
3.2. Alapinnan palasten korvaaminen	32
4. Pinnoista Solid-malliksi	33
4.1. Yhdistävien pintojen rakentaminen	34
4.2. Solid-mallin tekeminen	37
5. Vaihtoehto: Pintojen korjaaminen Sew-työkalun avulla	39

OSA 1, Hiiren ulkokuori

Tässä dokumentissa käyn vaihe vaiheelta läpi mallintamani hiirenkuori esimerkin. Mallinnuksessa käytetty ohjelma on UGS NX 6.0. Dokumentoinnin tarkoitus on näyttää, kuinka ohjelmalla tehdään mallinnuksia käytännössä ja dokumentointia seuraamalla voidaan rakentaa malli uudelleen likimain samanlaisena. Dokumentissa keskitytään NX:n pintamallinnussovelluksen käyttämiseen. NX:n pintamallinnussovellus on nimeltään Shape Studio ja se on erikseen ohjelmistoon ostettava lisäsovellus. Dokumentin käyttäjältä odotetaan jonkin olemassa olevan 3D-mallinnusohjelman osaamista.

1. Aloitus

Luodaan uusi tiedosto. Ylävalikosta File -> New

Model välilehdeltä valitaan tyypiksi Modeling ja käytettäväksi yksiköiksi millimetrit. Alhaalta voi valita tallennuksen kohdekansion ja tallennettavan tiedoston nimen. Klikataan OK.

Jotta päästään pintamallinnustilaan, painetaan start-nappia ja valitaan -> All Applications -> Shape Studio.



1.2. Navigointi

Zoom in / Zoom out: hiiren rulla

Pyörittys: Hiiren keskinappi alhaalla + hiiren liikuttaminen

Siirto (pan): Shift + Hiiren keskinappi + hiiren liikuttaminen

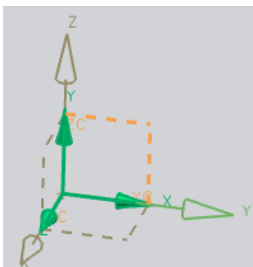
2. Mallintaminen, yläkuori

2.1. Runkokurvit

Aloitetaan mallintaminen luomalla uusi sketchi. Painetaan joko ylhäällä olevaa työkalupalkissa olevaa Sketch-nappia tai Insert- valikosta -> Sketch.



Valitaan käytettäväksi tasoksi taso Y-Z klikkaamalla sitä kerran.



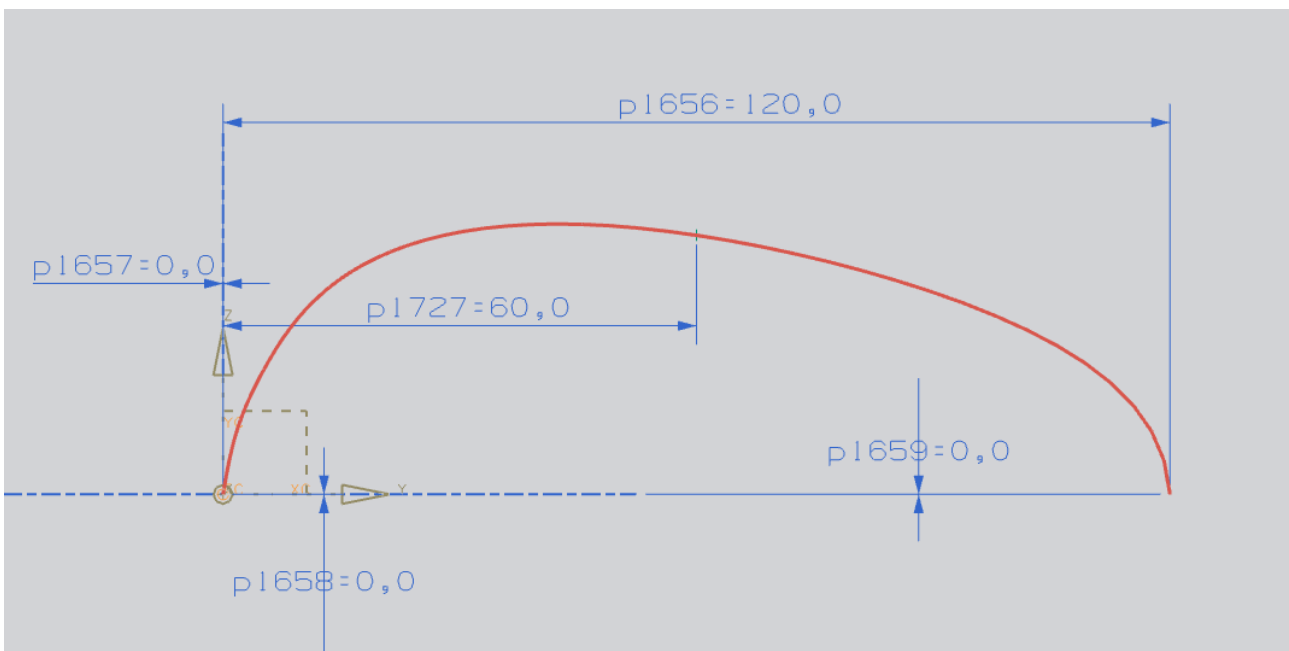
Hyväksytään valinta klikkaamalla OK Create Sketch ikkunasta.

Valitaan käytettäväksi työkaluksi Studio Spline työkalu. Insert -> Curve -> Studio Spline

Rakennetaan alla olevan näköinen kurvi. Kurvi kuvaa hiiren muotoa leikattuna Y-Z tasossa keskeltä kappaletta.

Klikataan aloituspiste lähelle origoa ja muutamalla pisteellä muotoillaan kurvi.

Mitoitetaan aloituspiste origoon ja kurvin loppupiste 120mm päähän samalle X-Y tasolle valitsemalla Insert -> Dimensions -> Inferred Dimensions. Tarvittaessa muotoillaan kurvia mitoituksen jälkeen tuplaklikkaamalla kurvia ja raahaamalla pisteitä vasen nappi pohjassa.

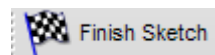


Tehdään vielä yksi piste kurville tulevaa käyttöä varten. Klikataan Insert -> Datum/Point -> Point. Varmistetaan, että Point On Curve -toiminto (snap) on aktivoituna työkalupalkissa ja klikataan piste kurville. Mitoitetaan se 60 vielä mm:n päähän origosta/Z-akselista.



Point On Curve

Sketchi on valmis. Lopetaan Sketchin tekeminen Finish Sketch- painikkeella.



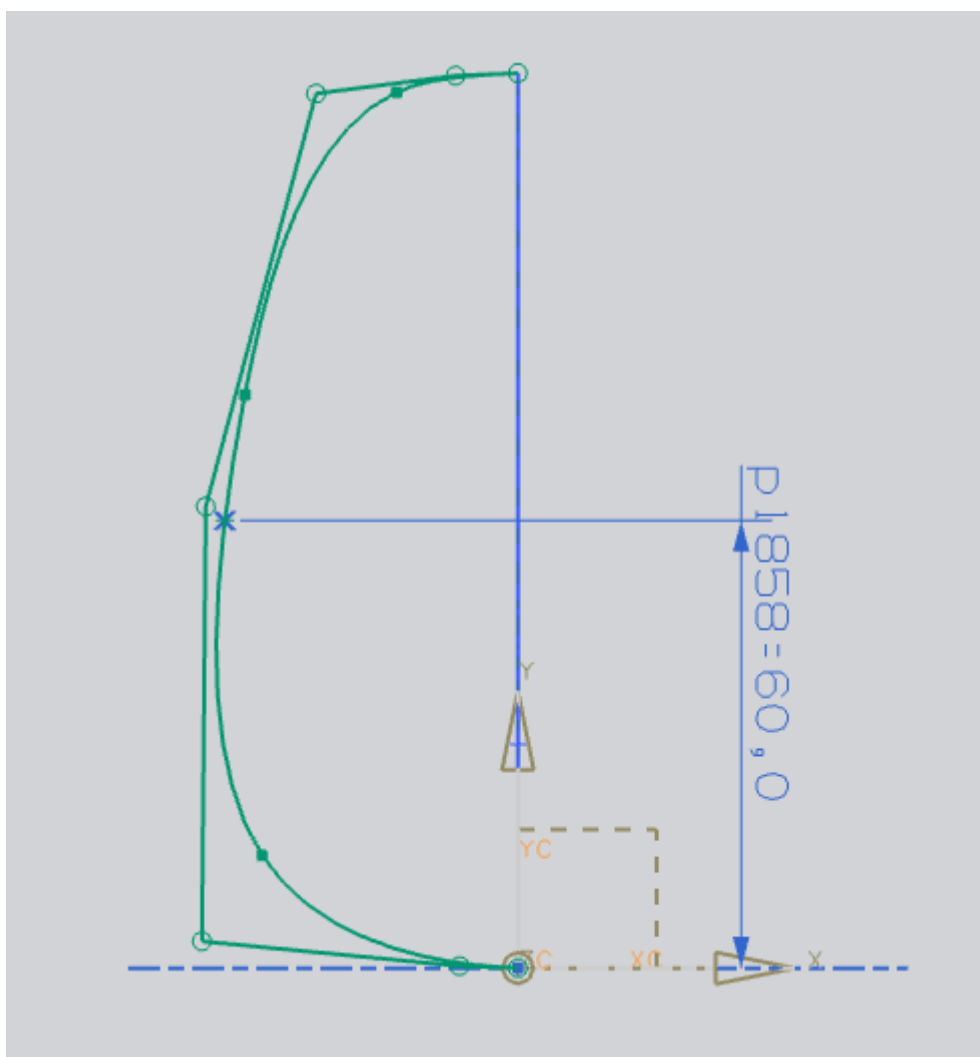
Tehdään uusi sketchi nyt X-Y tasolle. Tämä Sketchi tekee hiiren pohjamuodon puolikkaan.



End Point

Ennen aloittamista varmistetaan, että Point On Curve –työkalu ei ole päällä, mutta sen sijaan End Point snap on oltava päällä.

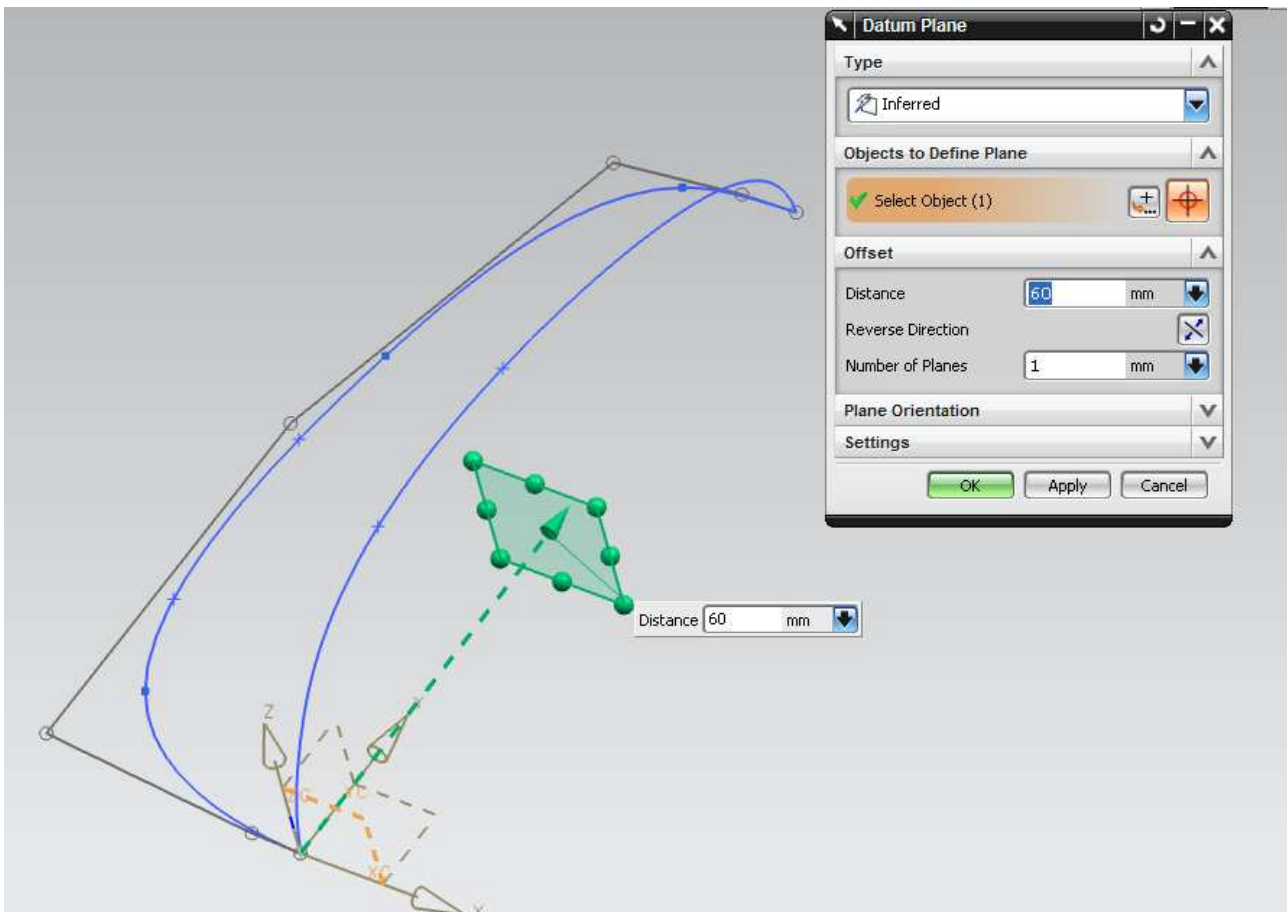
Valitaan Studio Spline työkalu. Klikataan aloituspiste origoon, rakennetaan kurvi muutamalla pisteellä ja klikataan päätepiste edellisen sketchin päätepisteeseen. Kuten edellisessä sketchissa, rakennetaan myös tässä vielä yksi piste kurville 60mm:n päähän origosta.



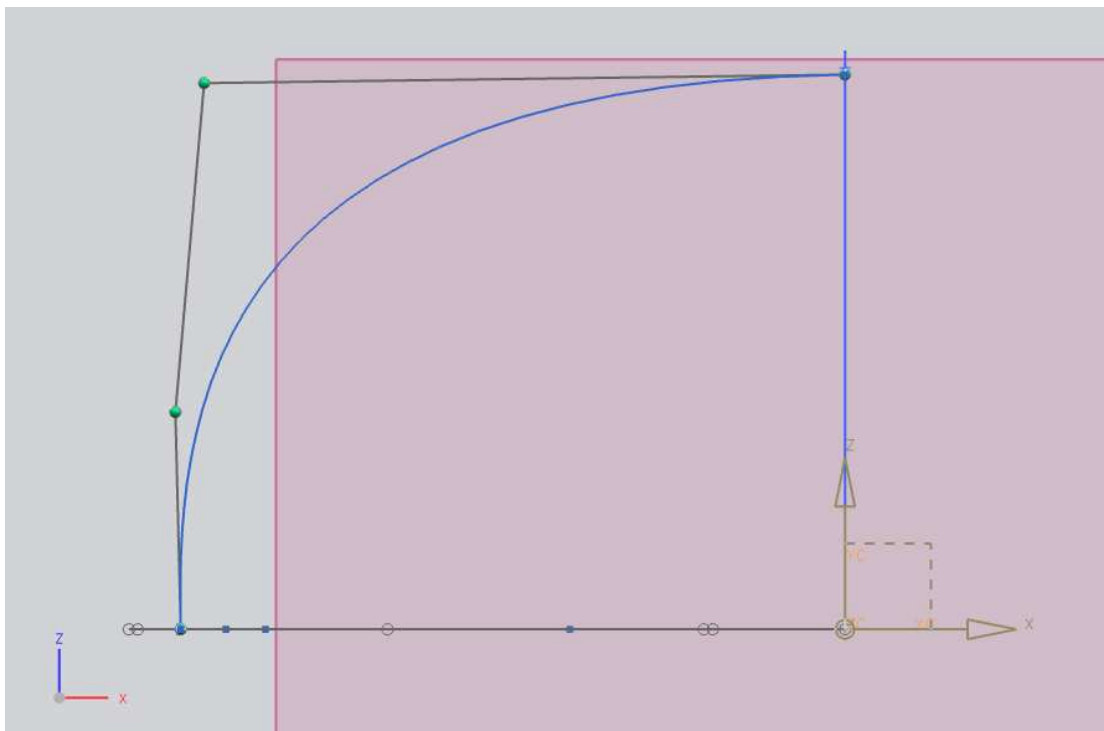
Sketchi on valmis ja voidaan klikata Finish Sketch painiketta.

Dokumentissa rakennetaan puolikasta kuorta, joka tullaan myöhemmin peilaamaan. Kokonaisuuden hahmottamisen helpottamiseksi voidaan kytkeä päälle Mirror Display. View -> Operation -> Mirror Display. Peilaustaso asetetaan View -> Operation -> Set Mirror Plane. Klikataan YZ-suuntaista koordinaatistotasoa ja painetaan oikeaa hiiren nappia ja valitaan OK.

Tehdään uusi ZX-suuntainen taso. Insert -> Datum/Point -> Datum Plane. Klikataan origossa sijaitsevaa XZ tasoa ja vaihdetaan Distance kohtaan arvoksi 60 mm. Tarvittaessa painetaan Reverse Direction -painiketta, jotta uusi taso muodostuu oikealla paikalla.



Tehdään sketchi uudelle luodulle tasolle. Sketchi antaa pääpiirteisen muodon hiiren kuorelle. Jälkeenpäin muotoa tullaan vielä hieman viimeistelemään.



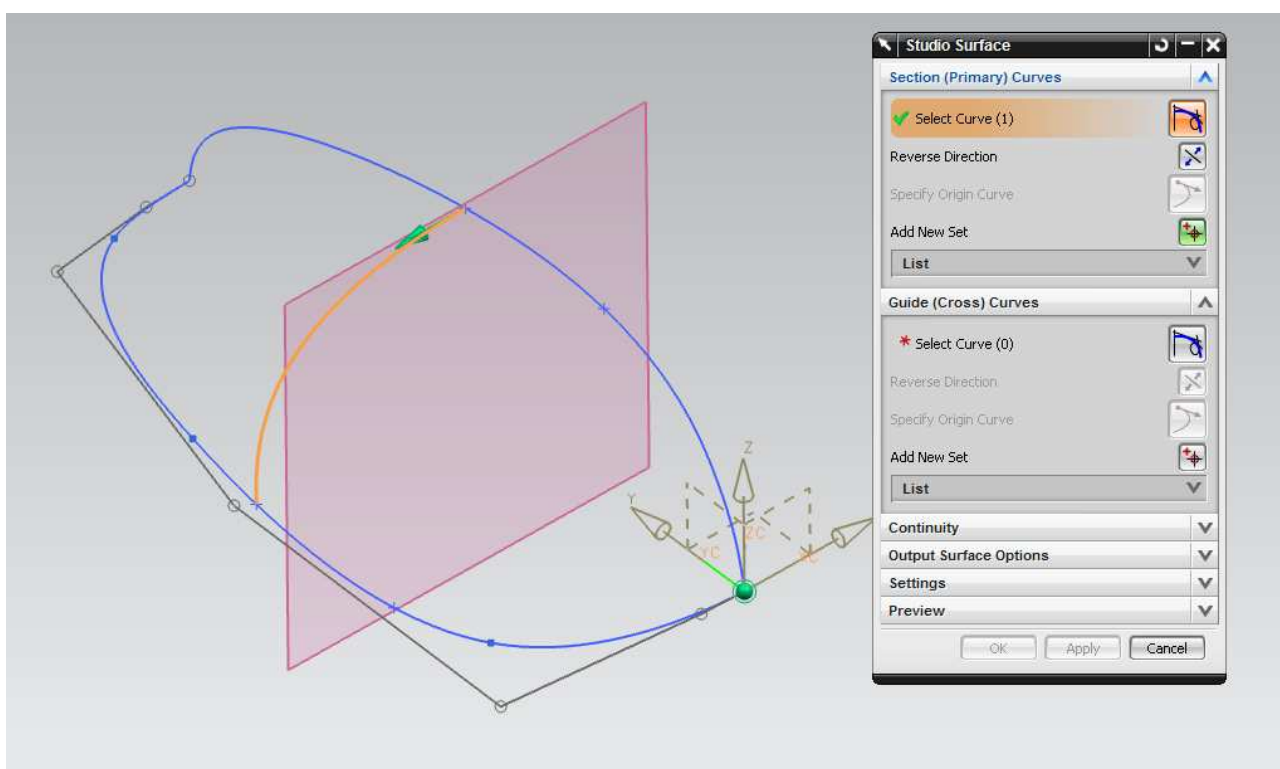
Aloituspisteiden tulee sijaita kahdella aikaisemmin luoduilla sketcheilla. Varmistetaan, että Existing Point on päällä snap-valikosta.



Sketchi on valmis ja se voidaan sulkea.

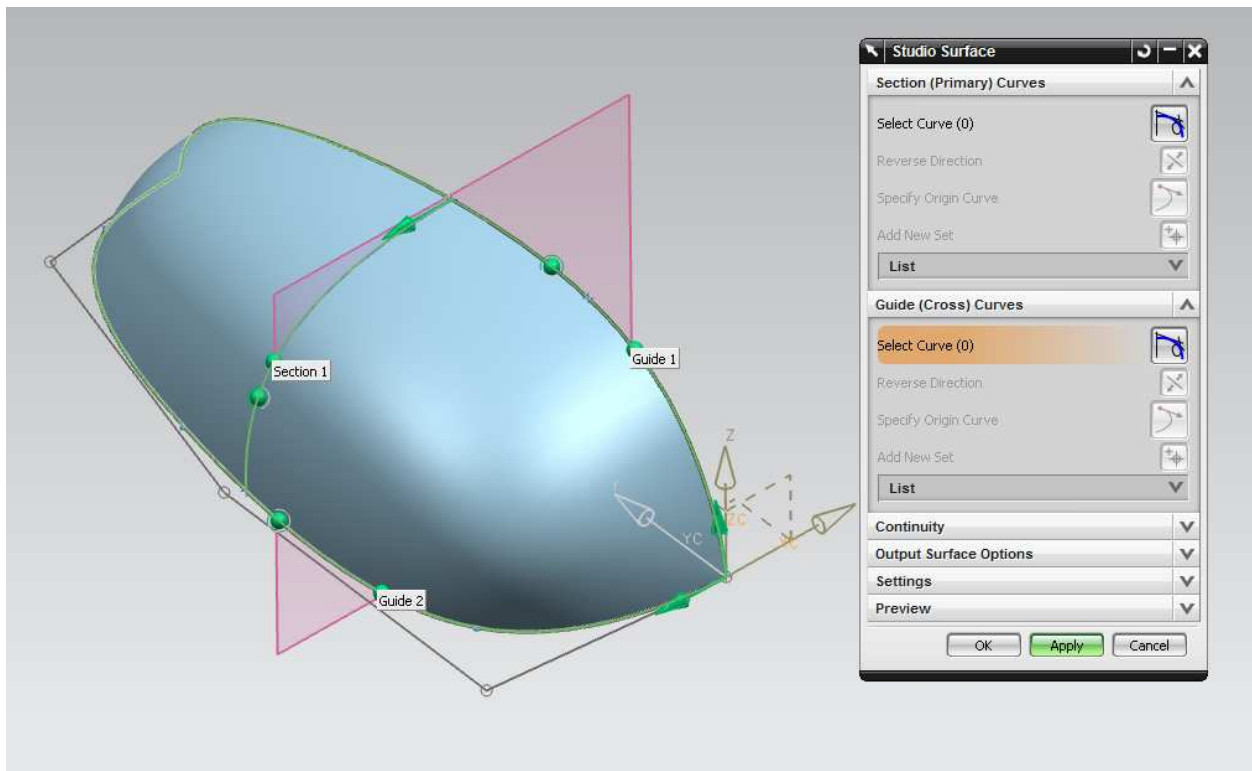
2.2. Kurveista pinnaksi, yläpinta

Seuraavaksi rakennetaan pintamallinnustyökaluja hyväksikäyttäen hiiren ulkopinta. Valitaan Studio Surface työkalu. Insert -> Mesh Surface -> Studio Surface.



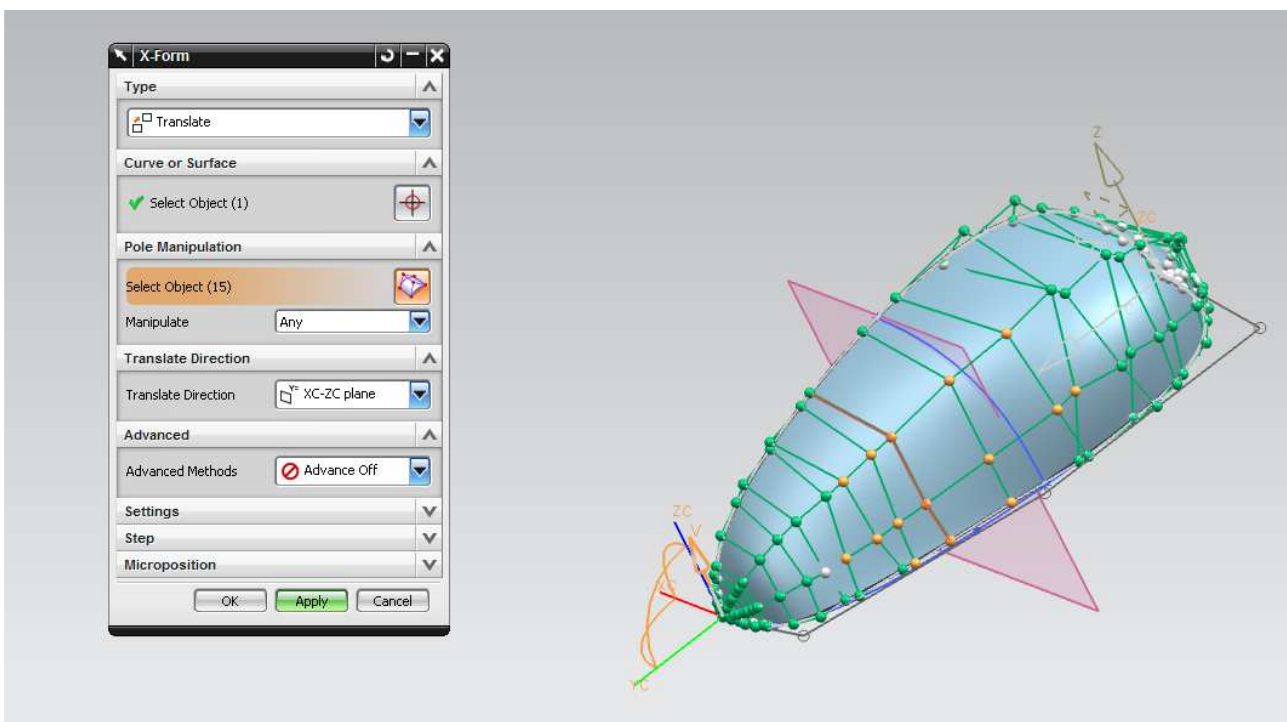
Klikataan kuvassa näkyvää kurvia kerran vasemmalla napilla ja sen jälkeen painetaan hiiren keskinappia.

Vaihdetaan ponnahdusikkunasta kurvin valinta (Primary Curves -> Cross Curves). Klikataan ensimmäisenä tehtyä sketchiä kerran läheltä origoa, jonka jälkeen painetaan hiiren keskinappia. Klikataan toisena tehtyä sketchiä kerran ja painetaan keskinappia vielä kerran. Jos lopputulos on oikeanlainen (alla), painetaan ok.



Haetaan ergonomisempi muoto hiiren puolikkaalle X-Form työkalun avulla. Edit -> Surface -> X-Form.

Muotoilupisteitä voi liikuttaa täysin vapaasti yksi kerrallaan, mutta yleensä kannattaa valita useampi piste ja Translate Direction alasettoavalkosta joko jokin taso tai akselisuunta.

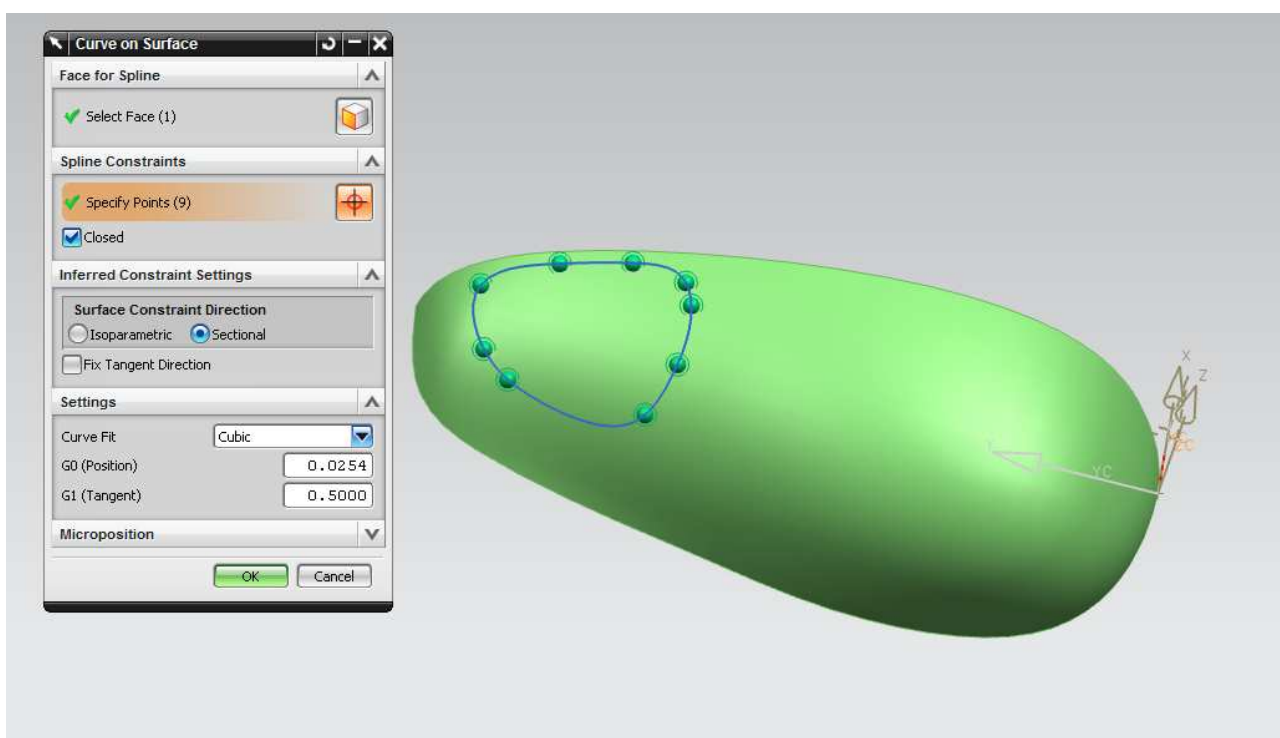


Kun muotoon on tyytyväinen, painetaan OK ja hyväksytään muutokset.

2.3. Objektiin leikkaaminen rungosta, nappien teko

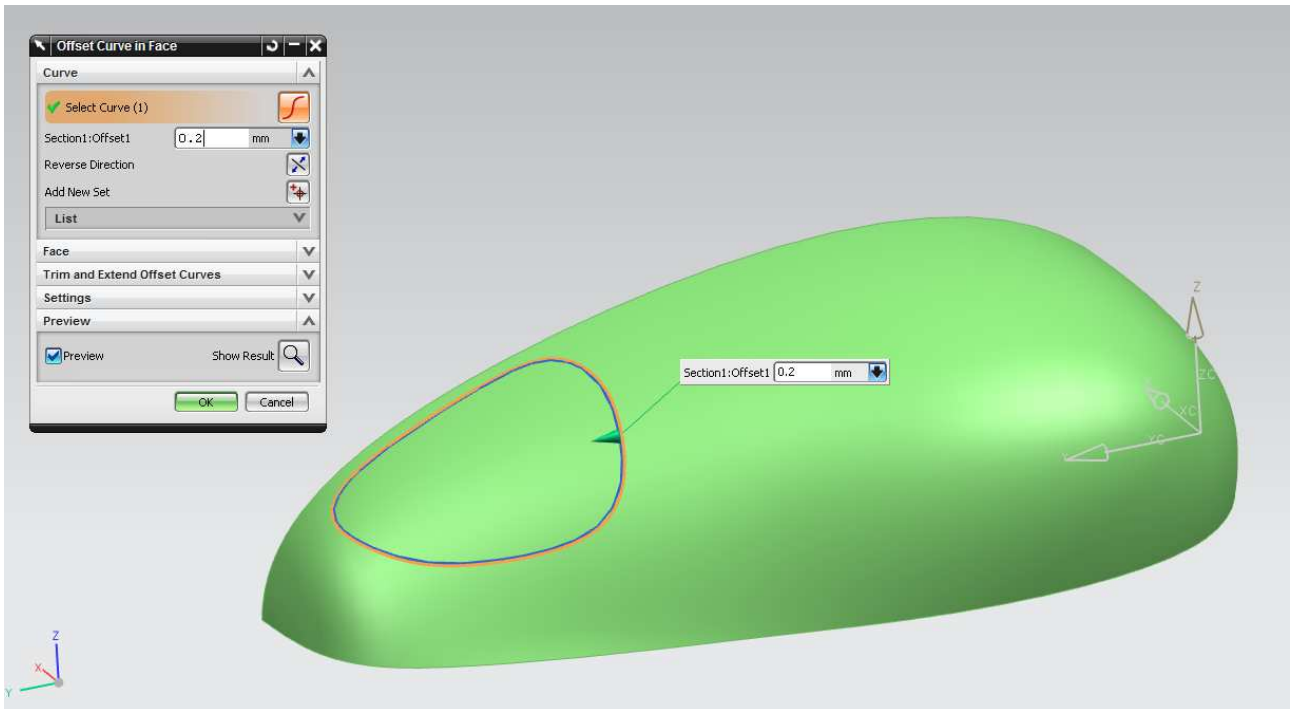
Seuraavaksi piirretään hiiren pinnalle nappi, Curve on Surface työkalun avulla. Insert -> Curve -> Curve on Surface.

Klikataan pisteitä pinnalle ja muotoillaan nappi halutunlaiseksi. Varmistetaan, että Spline Constraints otsikon alta on Closed checkbox valittuna. Liikutetaan pisteitä vetämällä niitä. Pisteitä saa lisää klikkailemalla niitä muotoviivan päälle ja poistettua niitä saa painamalla hiiren oikeaa nappia pisteen päällä ja valitsemalla delete point. Kun muotoon on tyytyväinen, klikataan OK.

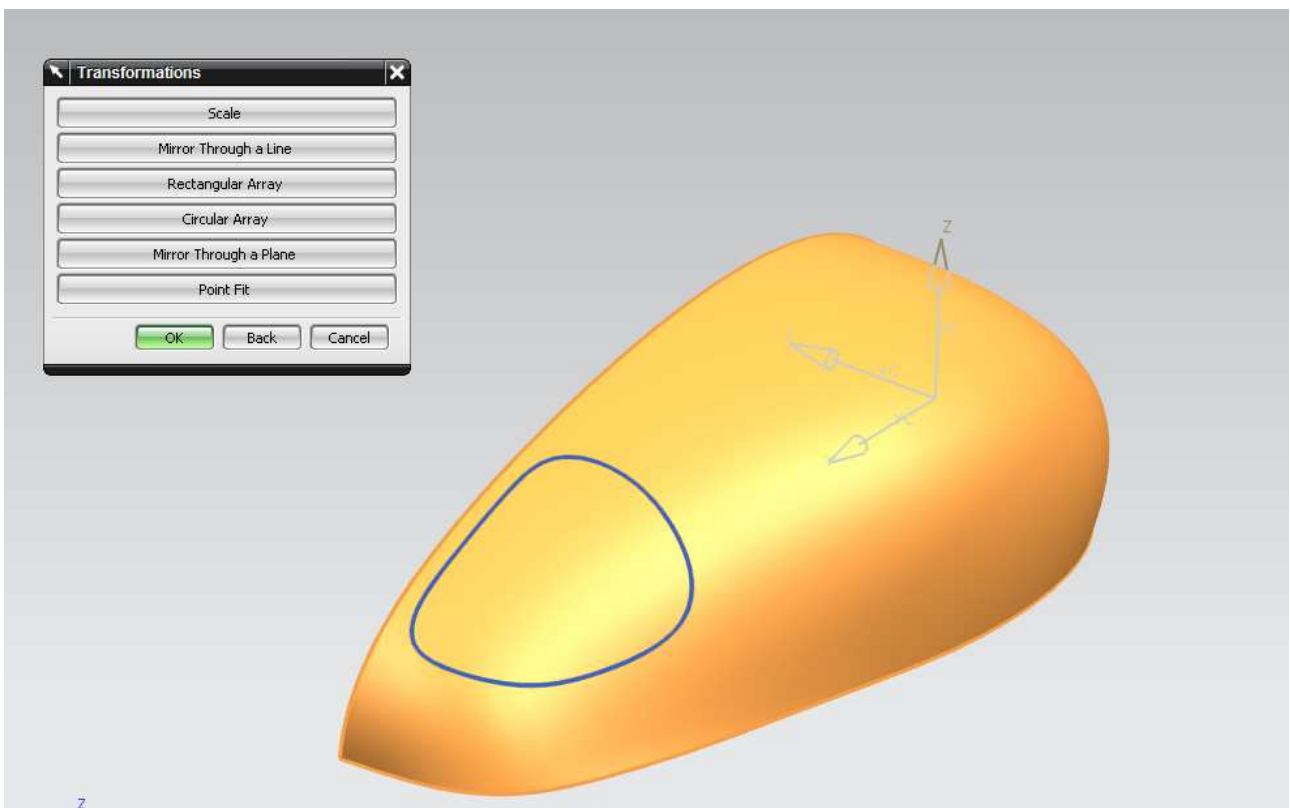


Tehdään skaalattu kopio hiiren pinnalle tekemään aukko nappia varten. Käytetään Offset in Face työkalua. Insert -> Curve from Curves -> Offset in Face.

Klikataan viimeksi tehtyä kurvia ja vaihdetaan Section1:Offset1 arvoksi 0.2 mm. Varmistetaan, että uusi kurvi tulee vanhan kurvin ulkopuolelle, muutoin klikataan alla olevaa Reverse Direction painiketta. Klikataan OK.



Tehdään väliaikaisesti päällekkäinen kopio syntyneestä muodosta, jotta saadaan hiiren nappi ja runko erillisiksi objekteiksi ja niiden välille syntymään tyhjä rako. Valitaan Trimmed Sheet pinta klikkaamalla sitä ja painetaan Ctrl+T. Transformations ponnahdusikkuna tulee esiin.



Klikataan skaalausvaihtoehto Scale.

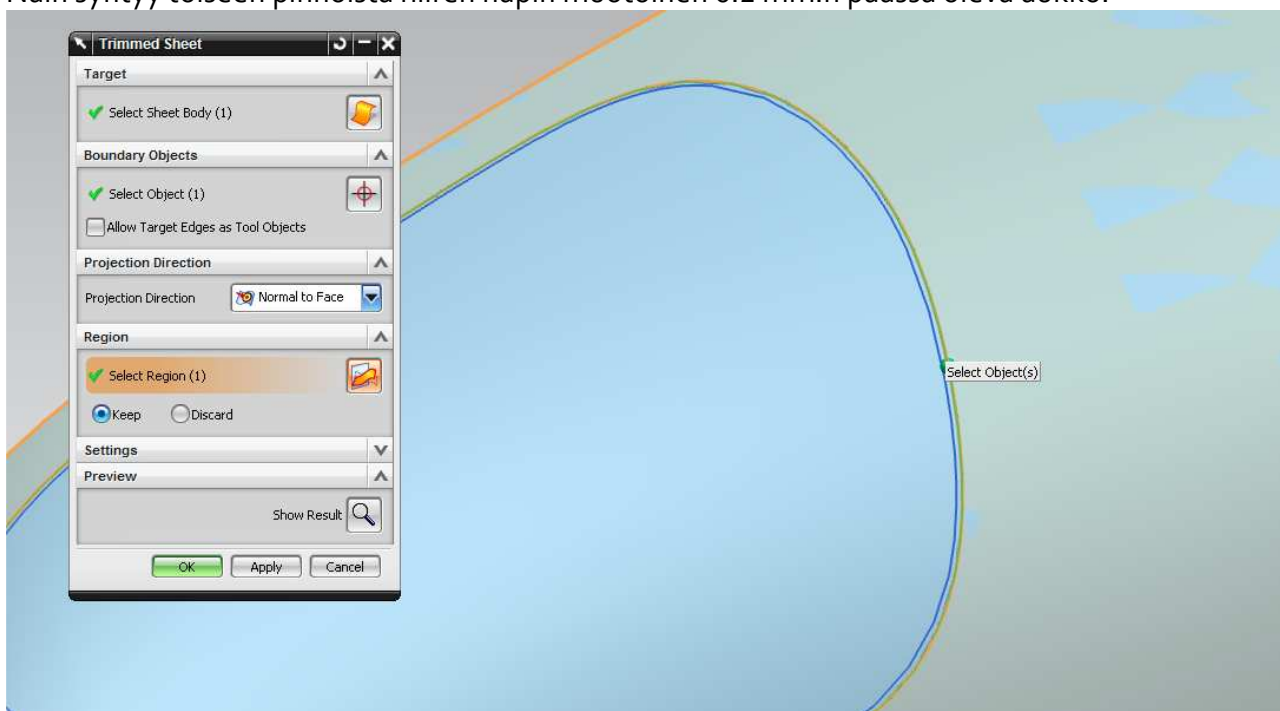
Seuraavassa Point ikkunassa varmistetaan, että skaaluspisteenä toimii origo. XC, YC ja ZC kentissä tulee siis olla kaikissa arvoina 0.00000 mm. Klikataan OK.

Seuraavassa Transformations ikkunassa valitaan skaalauskerroin. Käytetään oletusarvoa 1.0000 ja klikataan OK.

Viimeisestä ikkunasta painetaan kerran vaihtoehtoa copy, jonka jälkeen painetaan cancel. Nyt päällekkäin on kaksi identtistä pintaa.

Käytetään Trimmed Sheet työkalua päällekkäisten pintojen poistamiseksi. Insert -> Trim -> Trimmed Sheet. Klikataan jompaakumpaa luoduista pinnoista niin, että se tulee valituksi kohdepinnaksi (Target). (Pitämällä kursoria paikallaan pintojen päällä noin kahden sekunnin ajan ilmestyy valikko, josta saa tarkentaa mitä haluaa valita). Boundary Objects valinnaksi tehdään ulompi pintakuvio (Curve in Face). Select Region kohtaan painetaan rajatun alueen ulkopuolista aluetta ja radiobutton valinnaksi jätetään Keep. (Jos tulee valittua ylimääräisiä pintoja valinnan voi poistaa pitämällä Shift pohjassa + klikkaamalla uudelleen virheellisesti valittua pintaa). Painetaan OK.

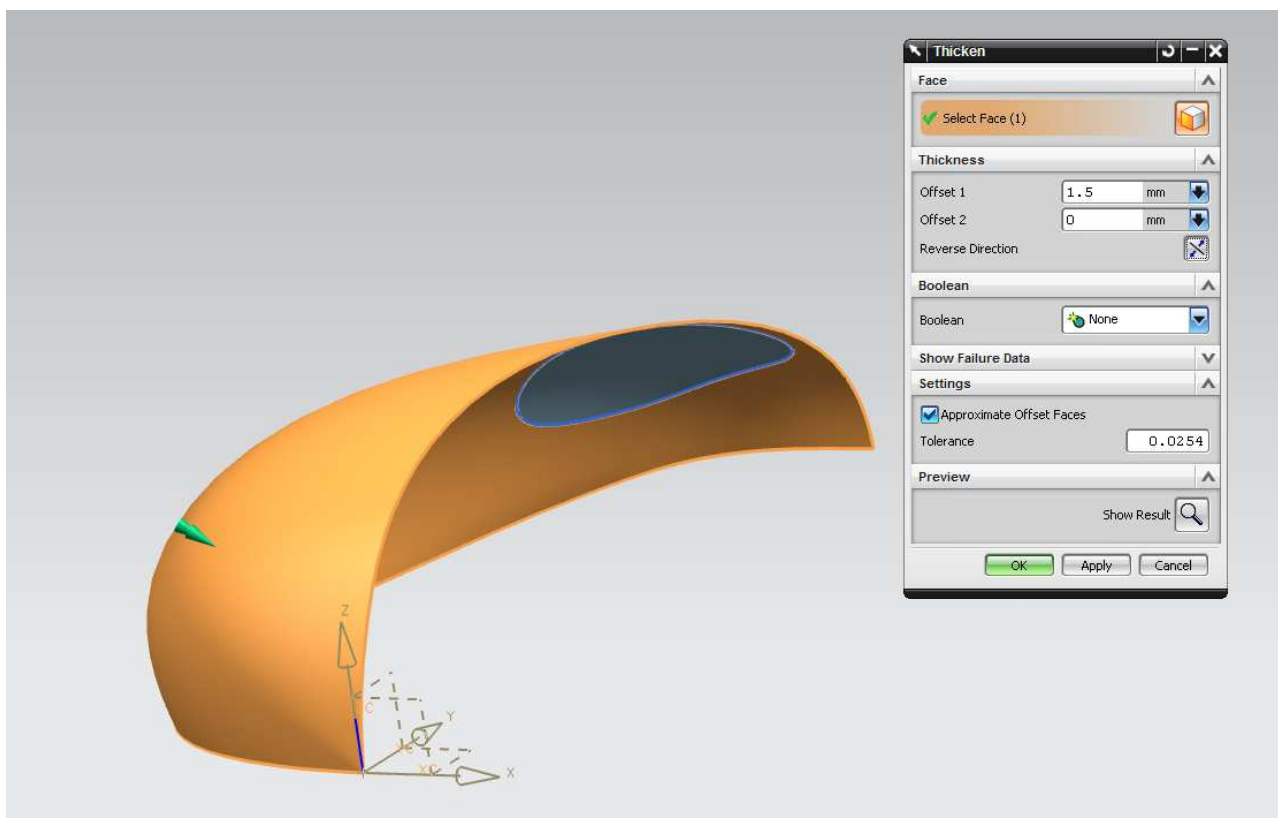
Näin syntyy toiseen pinnoista hiiren napin muotoinen 0.2 mm:n päässä oleva aukko.



Erotetaan vielä samaa työkalua käyttäen nappi pinnasta erilliseksi objektiksi. Target Sheet Body valinnaksi tehdään nyt toinen päällekkäisistä pinnoista. Boundary Objektics valinnaksi tehdään sisempi pintakuvio, Select Region valinnaksi rajatun alueen sisäpuolinen alue ja radiobutton valinnaksi Keep. Klikataan OK.

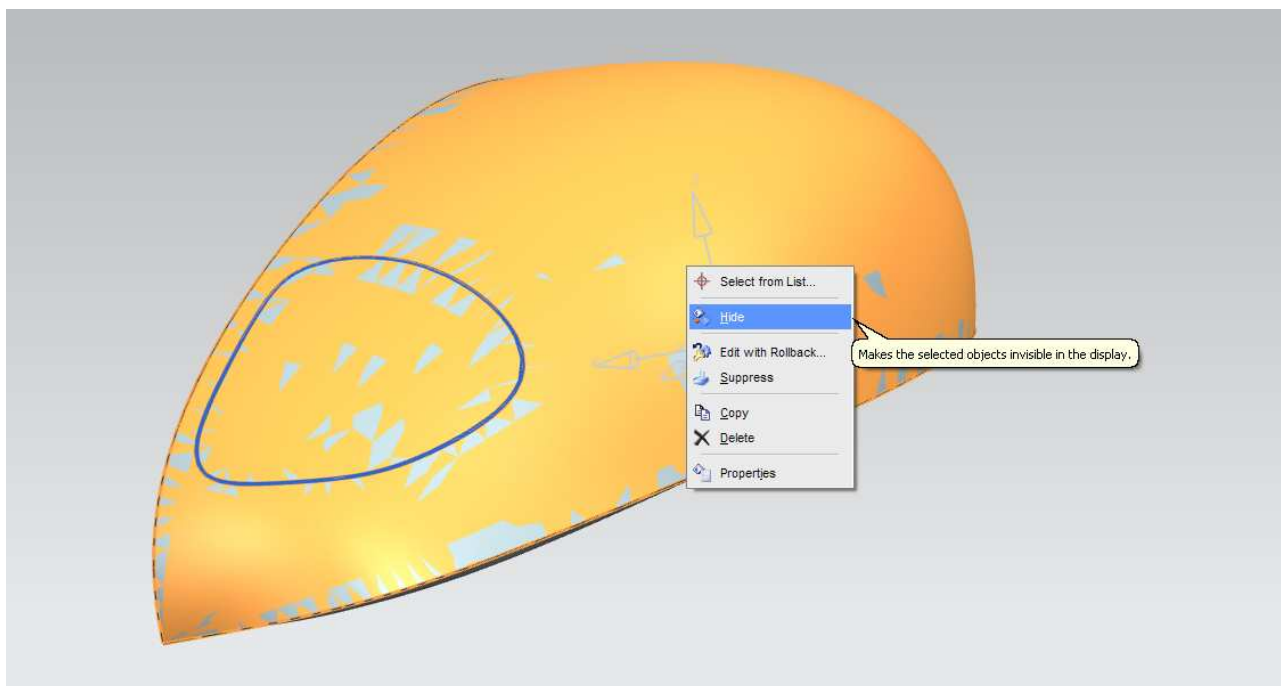
2.4. Paksuuden antaminen

Annetaan paksuus pinnoille Thicken työkalun avulla. Insert -> Offset/Scale -> Thicken. Valitaan paksuus kohtaan Offset1 esim. 1,5 mm. Jotta ulkopinta pysyy ennallaan, valitaan pursotuksen suunnaksi sisäänpäin. Suuntaa voi vaihtaa Reverse Direction painikkeesta. Jos tulee virheilmoitus: Cannot apply thicken, vaihdetaan pursotuksen toleranssia suuremmaksi. Maksimitoleranssi on kuitenkin 1/10 valitusta paksuudesta. Klikataan OK.




Toistetaan sama operaatio myös hiiren napille. Valitaan suunta sisäänpäin ja paksuudeksi 1,5 mm.

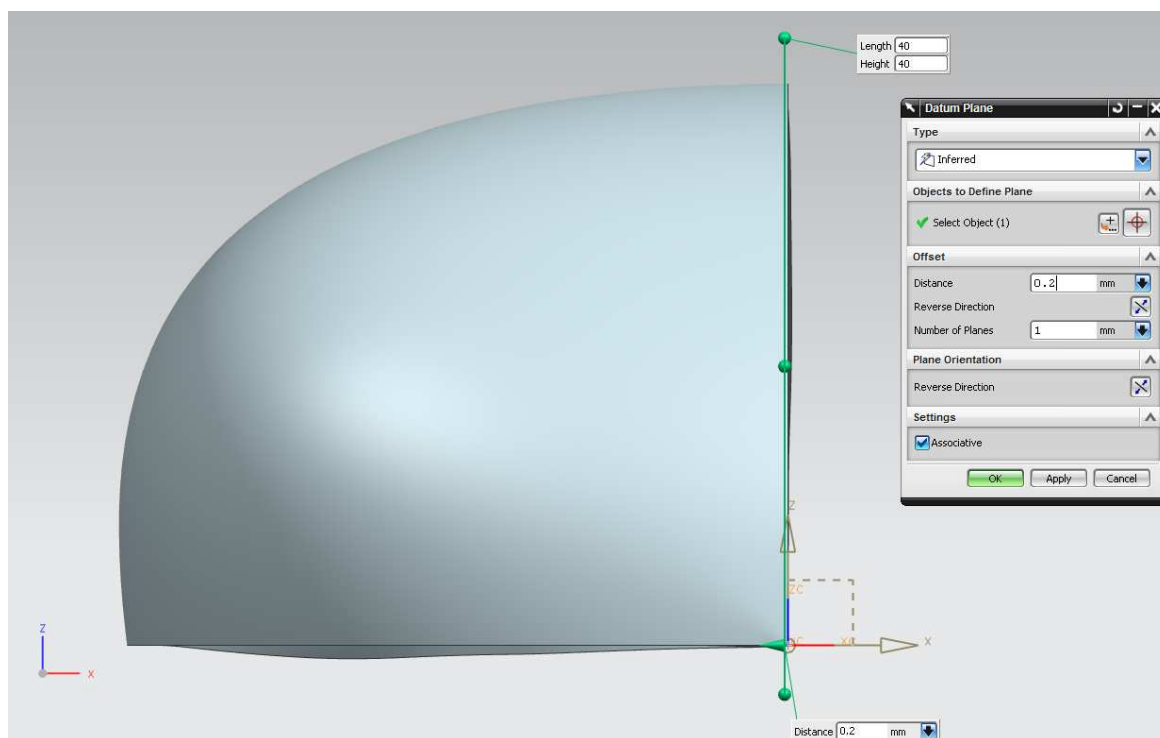
Nyt mallissa on pinta ja pinnasta tehty Solid Body päällekkäin. Piilotetaan pintaobjektit. Pidetään kursoria paikallaan pari sekuntia, että päästään valitsemaan ilmestyvästä listasta halutut objektit. Piilotettavat pintaobjektit on oletusnimellä Body(01) ja Body(02). Valitaan ne ja painetaan hiiren oikeaa nappia ja klikataan Hide.



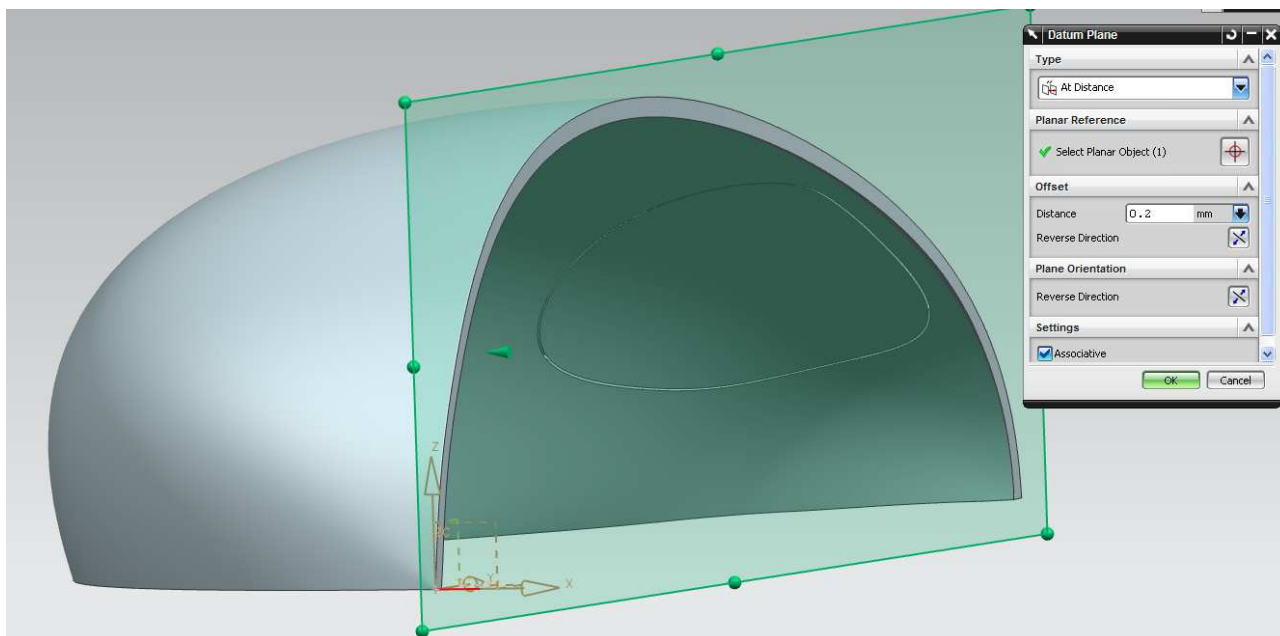
2.5. Rungon trimmaaminen

Seuraavaksi trimmataan kappaleen alapinta ja keskipinta tasaiseksi. Trimmausta varten tarvitaan kaksi aputasoa. Insert -> Datum/Point -> Datum Plane. Klikataan ZY tasoa. Klikataan

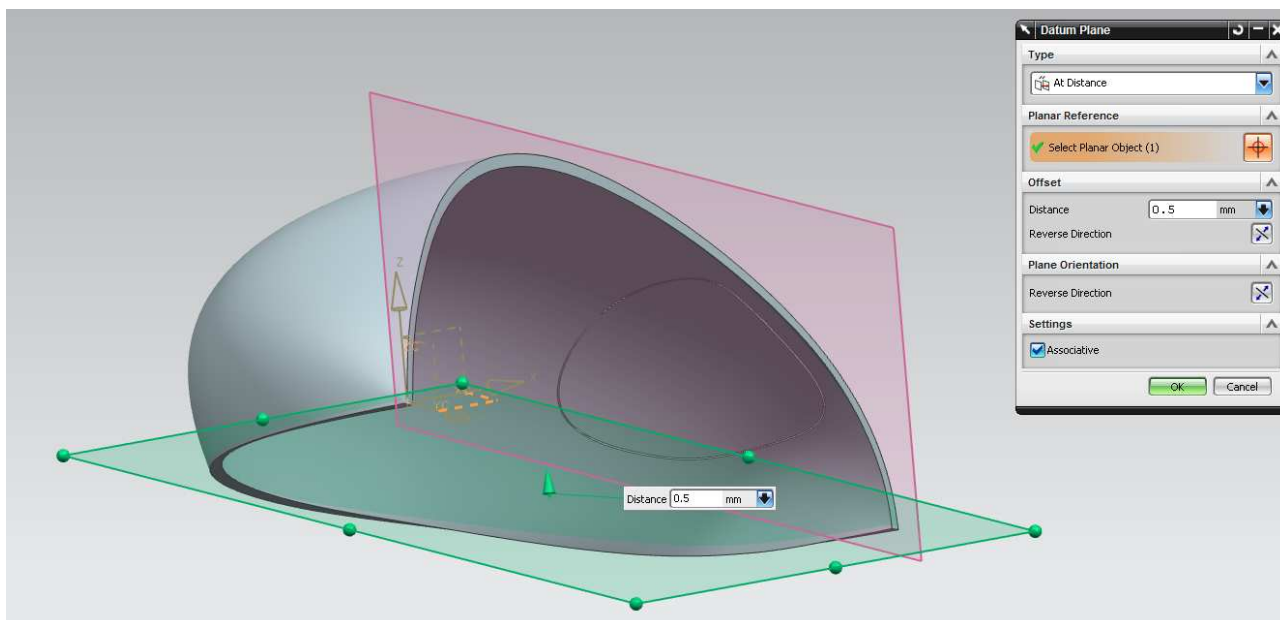
työkalupalkin kuvakulmapainiketta  ja valitaan kuvakulmaksi Front. Kirjoitetaan Distance kohtaan sellainen arvo mikä riittää tekemään leikkauspinnasta tasaisen. Esimerkiksi 0,2 mm. Suuntaa voi vaihtaa Reverse Direction painikkeesta.



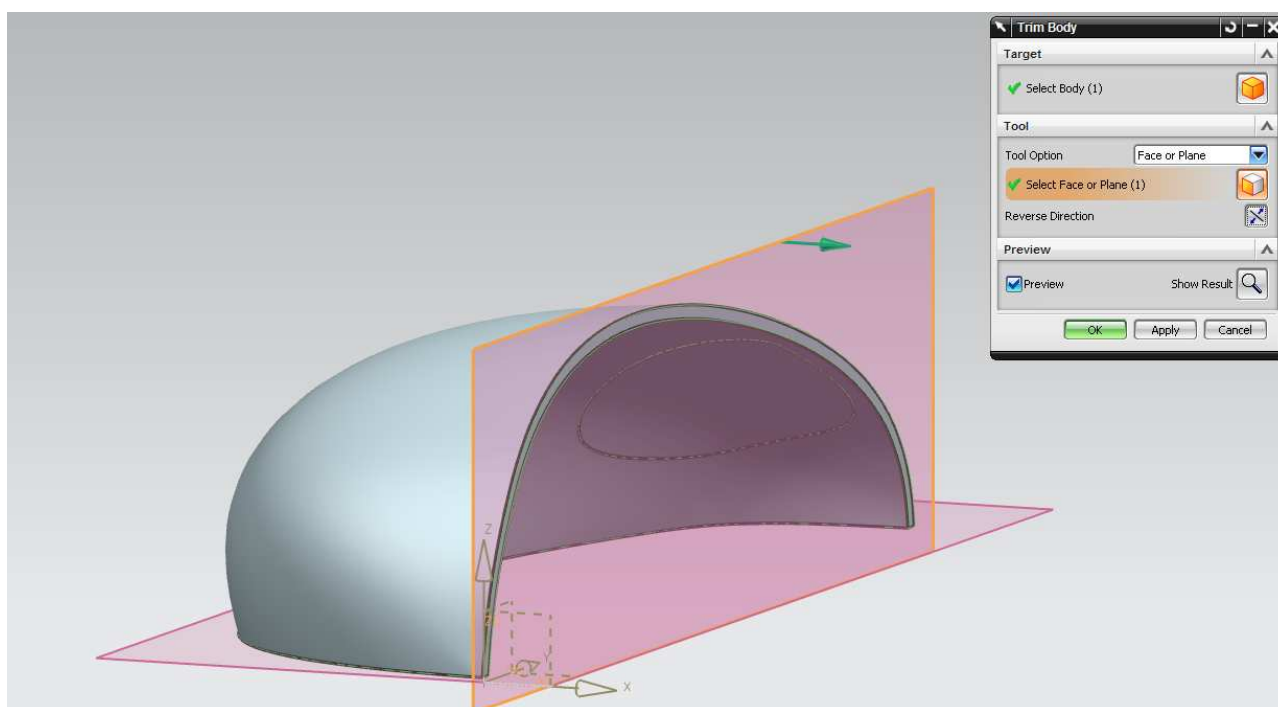
Kuvakulmaa pyörittelemällä tarkastetaan, että taso on sijoittunut siten että materiaalia on joka kohdassa tason molemmin puolin. Tasoa venytetään kulmapisteitä raahaamalla niin, että se kattaa koko leikkauspinnan. Klikataan OK.



Luodaan XY-suuntainen taso leikkaamaan alareuna tasaiseksi. Toimitaan, kuten edellä, mutta klikataan XY-tasoa tällä kerralla. Valitaan sopiva Distance-arvo ja klikataan OK.



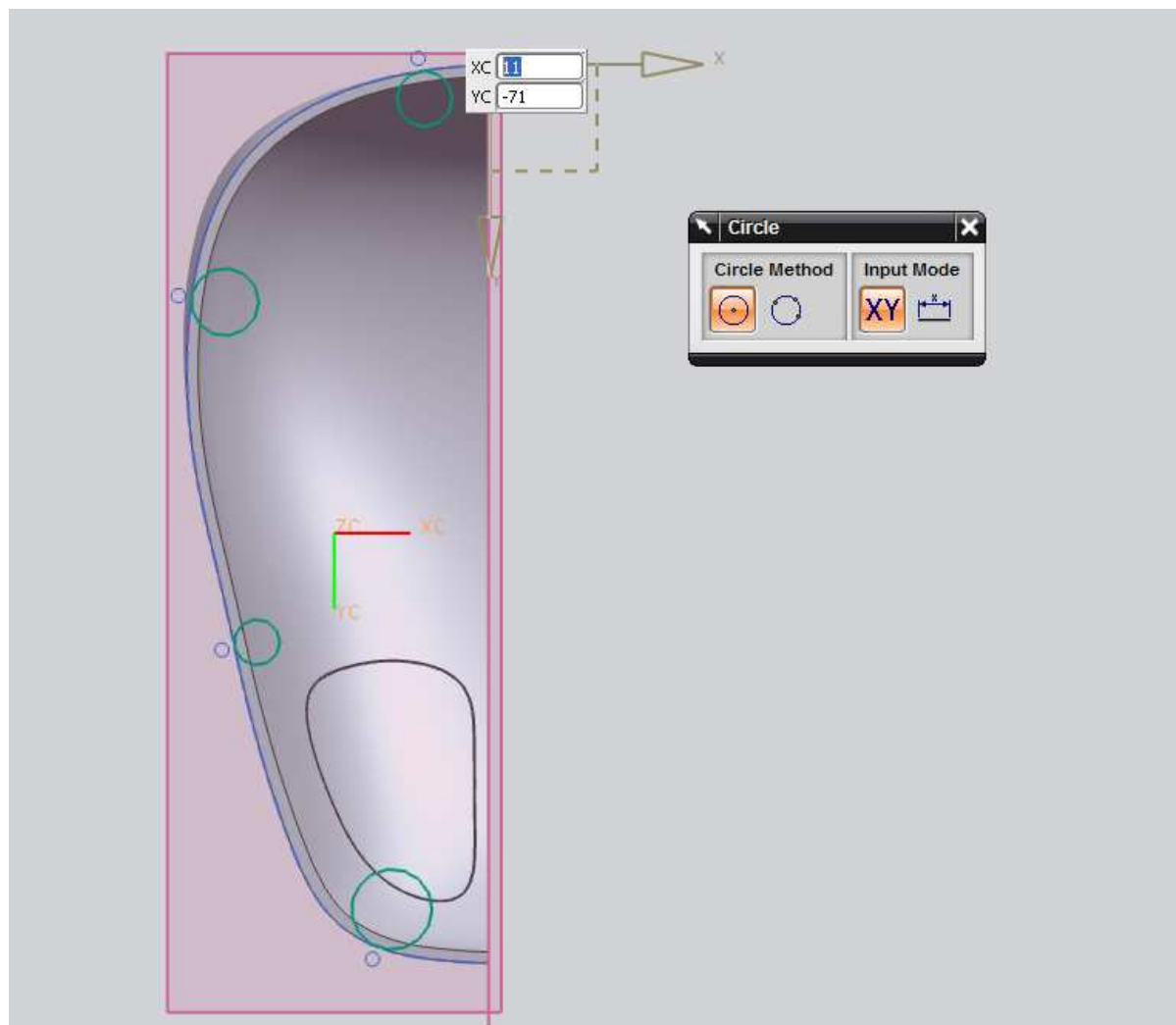
Nyt kun tasot on luotu, suoritetaan trimmaus. Valitaan Insert -> Trim -> Trim Body. Klikataan ensin hiiren kuorta, jonka jälkeen valitaan jompikumpi äsken luoduista tasoista. Varmistetaan, että trimmauksen suunta on ulospäin (vihreä nuoli) ja klikataan OK. Toistetaan trimmausoperaatio myös toisella tasolla.



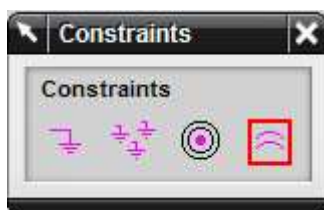
2.6. Reikien ja kierteiden teko

Tehdään muoviulokkeet ja kierteet kuoreen kiinnitysruuveja varten. Luodaan uusi Sketch luodulle XY-suuntaiselle tasolle. Valitaan kuvakulmaksi bottom.

Valitaan ympyrätekotyökalu käyttöön. Insert -> Curve -> Circle. Klikataan ympyröiden keskipisteet haluttuihin paikkoihin ja toiset klikkaukset tehdään hiiren pohjan ulkokehälle, jotta kurvi tangeeraa ympyröitä. Suljetaan ympyrätyökalu.

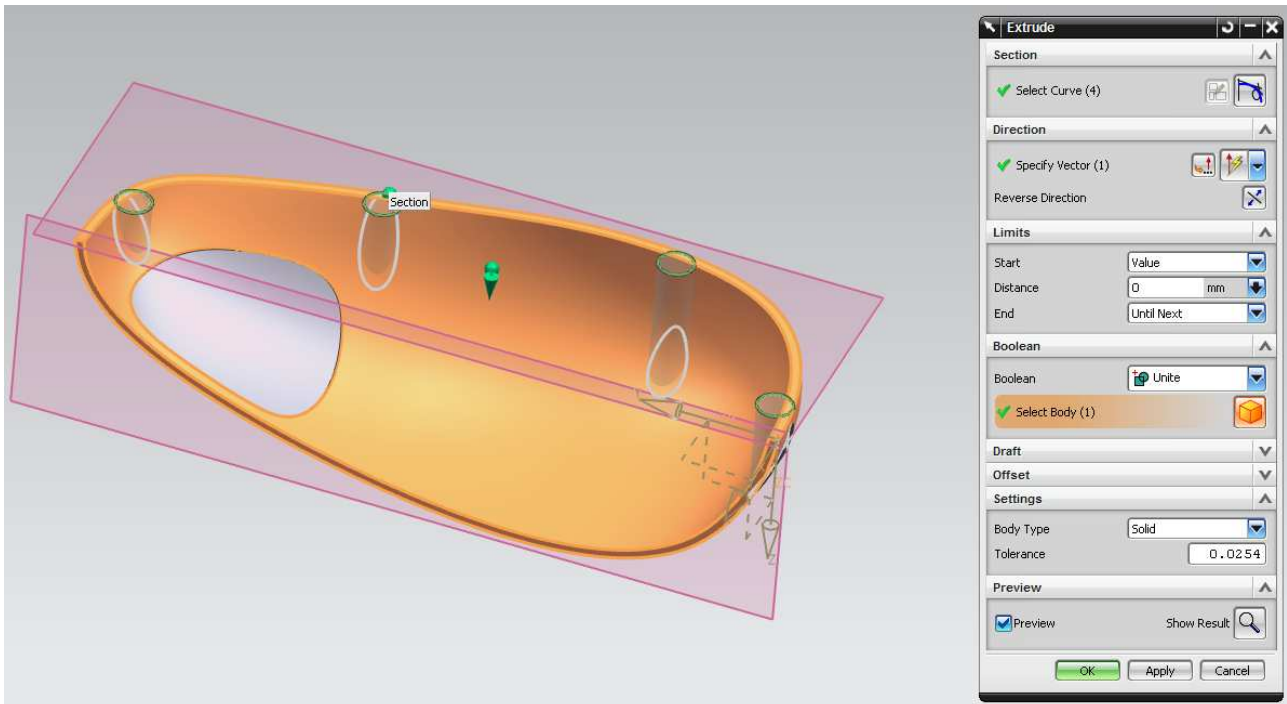


Asetetaan rajoitteita ympyröille. Avataan Constraints työkalu. Insert -> Constraints. Klikataan kaikkia ympyröitä kehältä, jotta ne tulevat aktiivisiksi. Thedään kaikista ympyröistä samansäteisiä. Painetaan Constraints ponnahdusikkunasta Equal Radius painiketta.

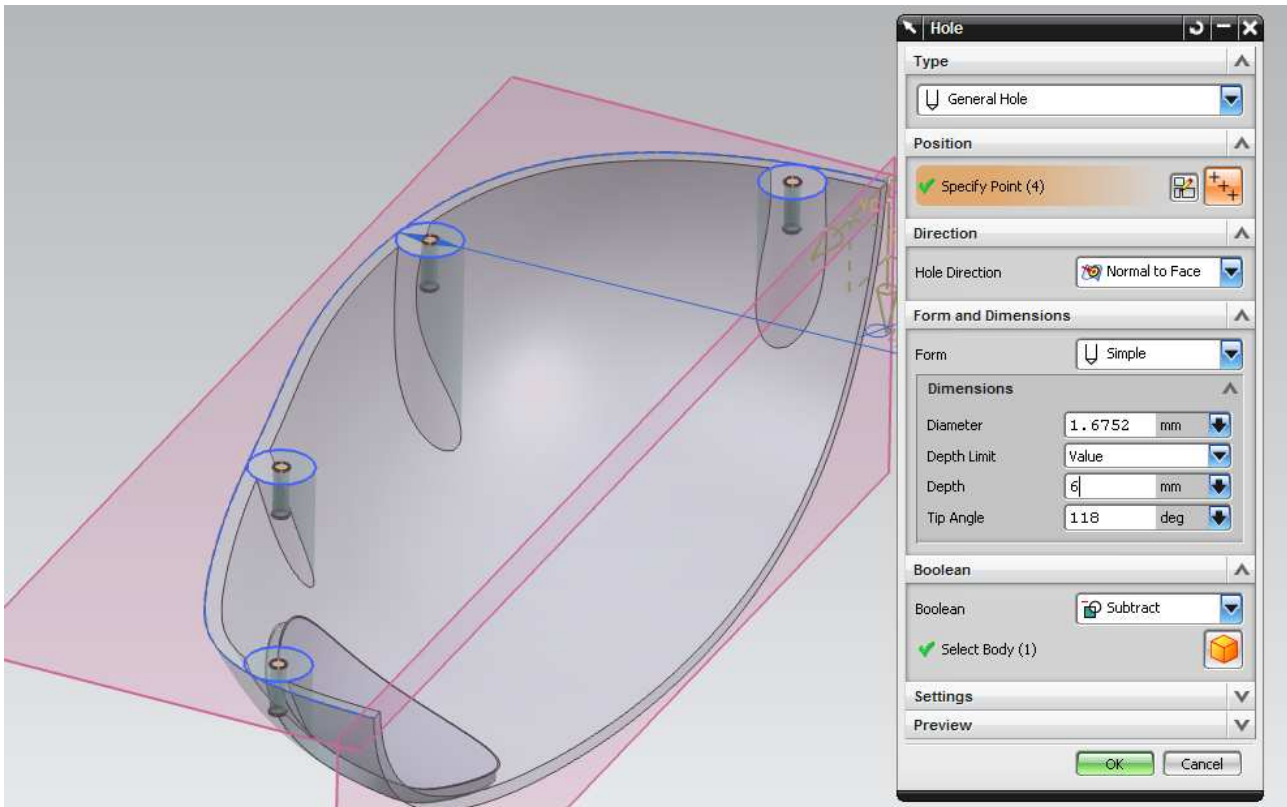


Mitoitetaan Inferred Dimensions työkalun avulla ympyröiden halkaisijaksi 7 mm.

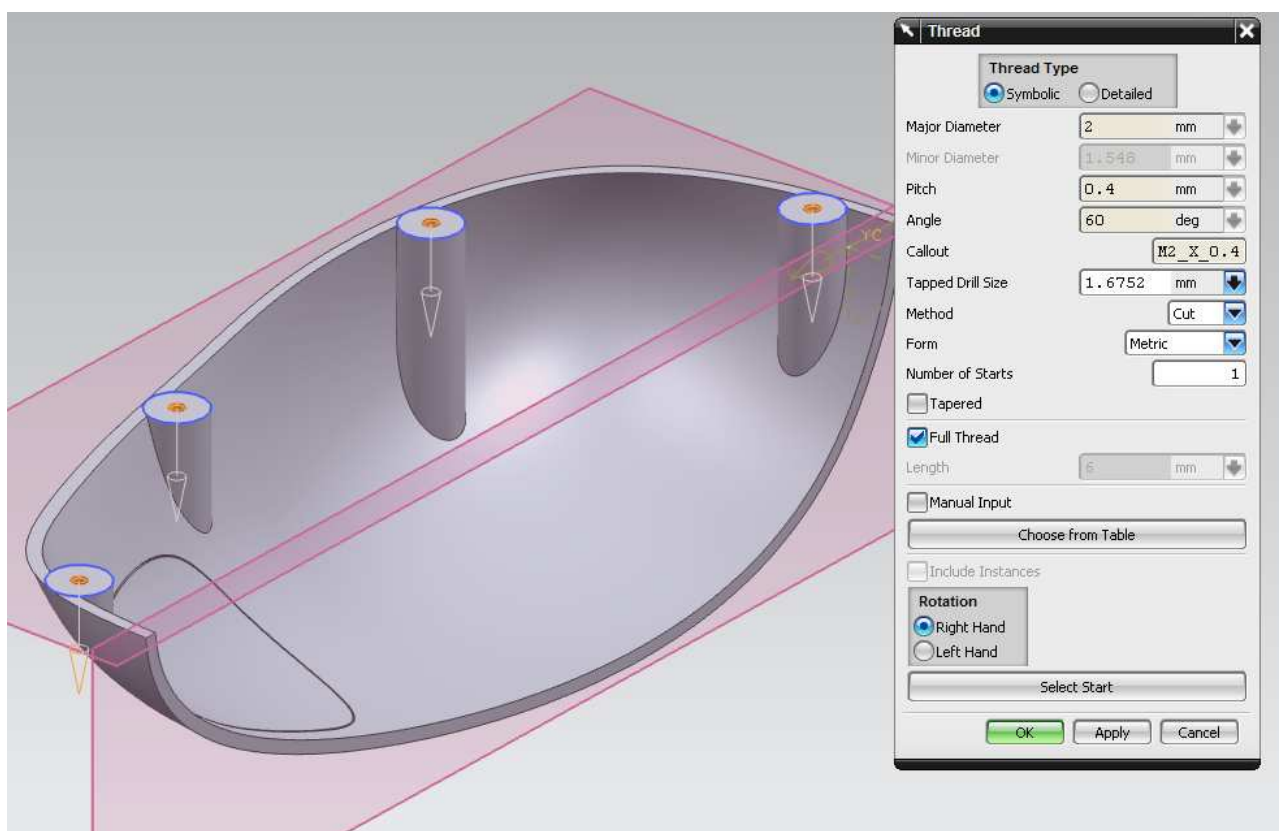
Pursotetaan Sketchissä tehdyt ympyrät Extrude työkalun avulla. Insert -> Design Feature -> Extrude. Section valinnaksi klikataan äsken tehtyä sketchiä, End Limit valinnaksi Until Next ja Boolean valinnaksi Unite. Tässä kohtaa joudutaan vielä valitsemaan mihin objektit yhdistetään, joten klikataan vielä hiiren kuorta. Painetaan OK.



Tehdään reiät ja niihin kierteet. Vaihdetaan Modelling tilaan. Klikataan Start -> Modelling. Valitaan reikätyökalu Insert -> Design Feature -> Hole. Klikataan kaikkia neljää ympyrää kehältä siten, että reiät syntyvät tappien keskipisteeseen. Asetetaan parametrit kuvan mukaisiksi ja klikataan OK.



Tehdään kierteet reikiin. Valitaan kierrettyökalu Insert -> Design Feature -> Thread. Klikataan tehtyjen reikien sisäpintoja ja asetetaan parametrit kuvan mukaisesti. Ohjelman pitäisi tunnistaa kierre automaattisesti M2 x 0,4 kierteeksi. Klikataan OK.

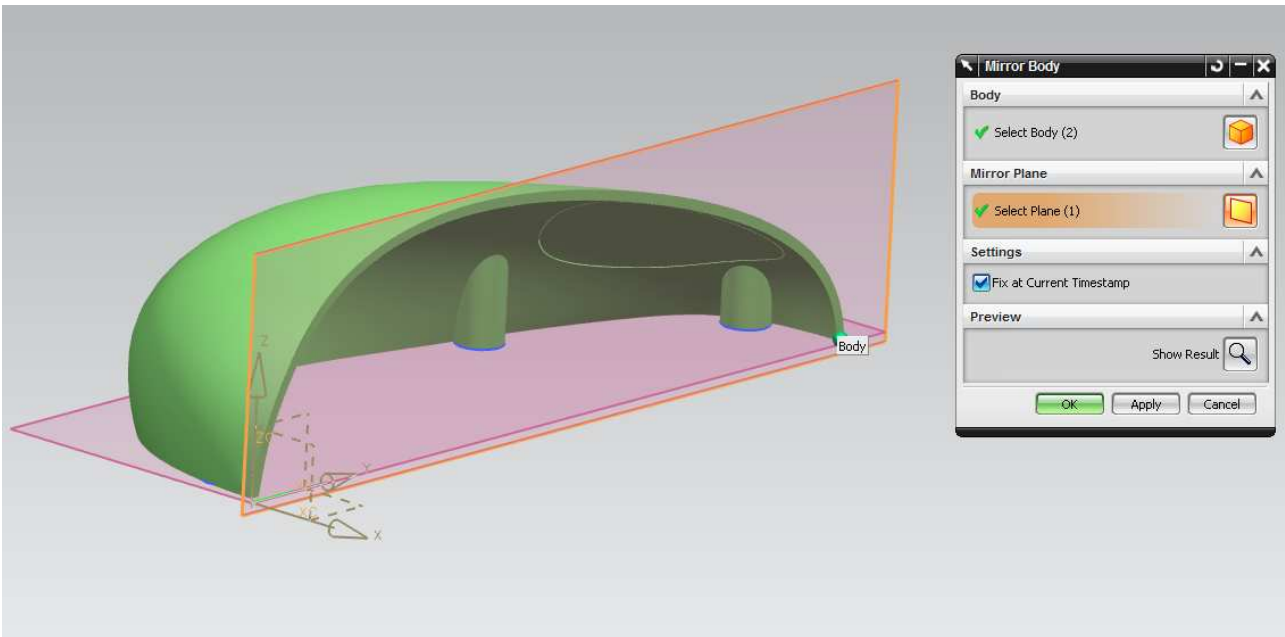


2.7. Peilaaminen

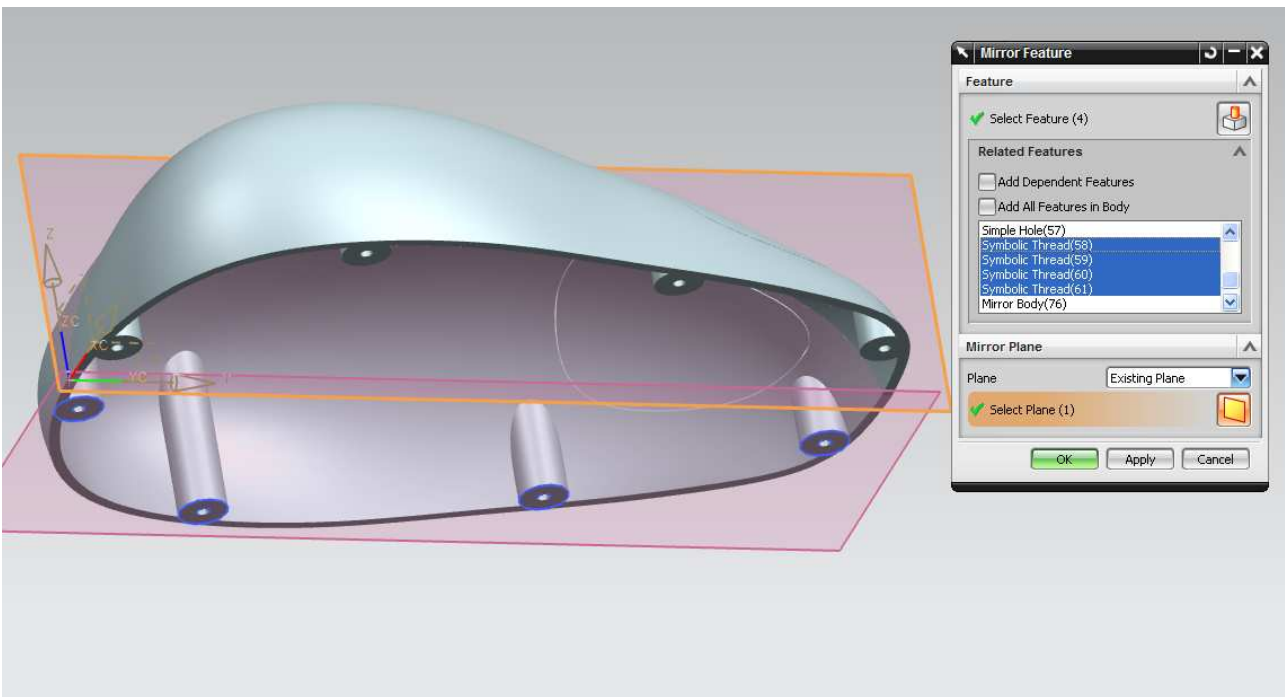
Jos työskenneltäessä on ollut käytössä Mirror Display, kannattaa se nyt ottaa pois päältä. View -> Operation -> Mirror Display.

Peilataan hiiren puolikas kokonaiseksi. Käytetään Mirror Body toimintoa, Insert -> Associative Copy -> Mirror Body.

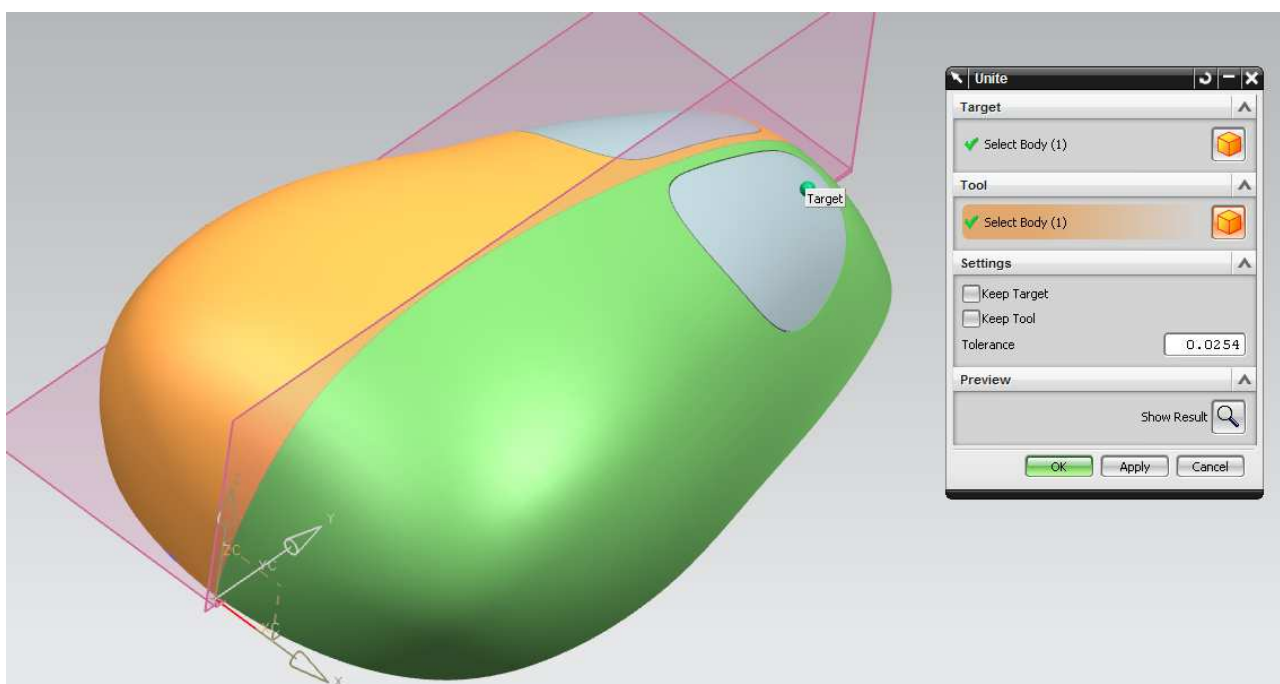
Valitaan sekä hiiren runko, että hiiren nappi Select Body kohtaan. Select Plane valinnaksi tehdään luotu YZ-suuntainen taso. Klikataan OK.



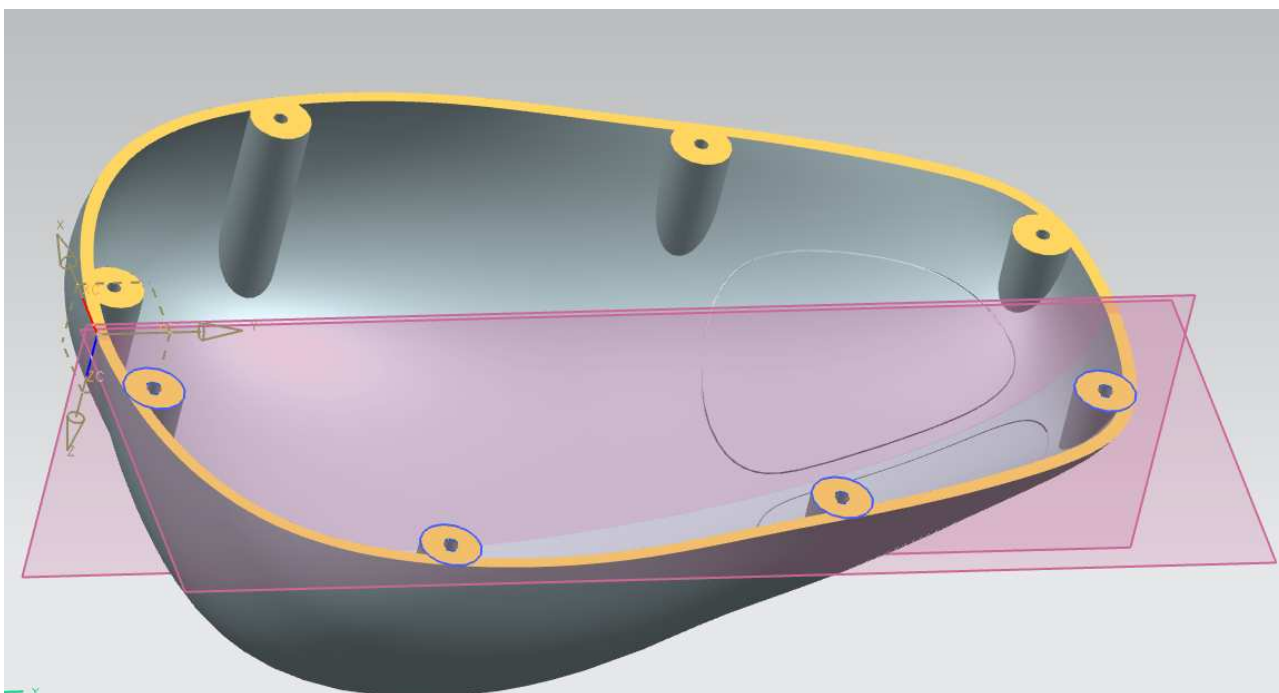
Peilataan kierteet Mirror Feature toiminnon avulla. Insert -> Associative Copy -> Mirror Feature. Valitaan peilattaviksi piirteiksi vierityspalkkivalikosta kaikki neljä kierrettä pitämällä ctrl pohjassa. Peilaustasoksi valitaan luotu YZ-suuntainen taso ja klikataan OK.



Yhdistetään oikea ja vasen puolisko yhdeksi Unite toiminnolla. Insert -> Combine Bodies -> Unite. Valitaan molemmat puoliskot ja klikataan OK.



Kopioidaan pohjapinta pohjalevyä varten. Valitaan pohjapinta, jonka jälkeen Edit -> Copy.



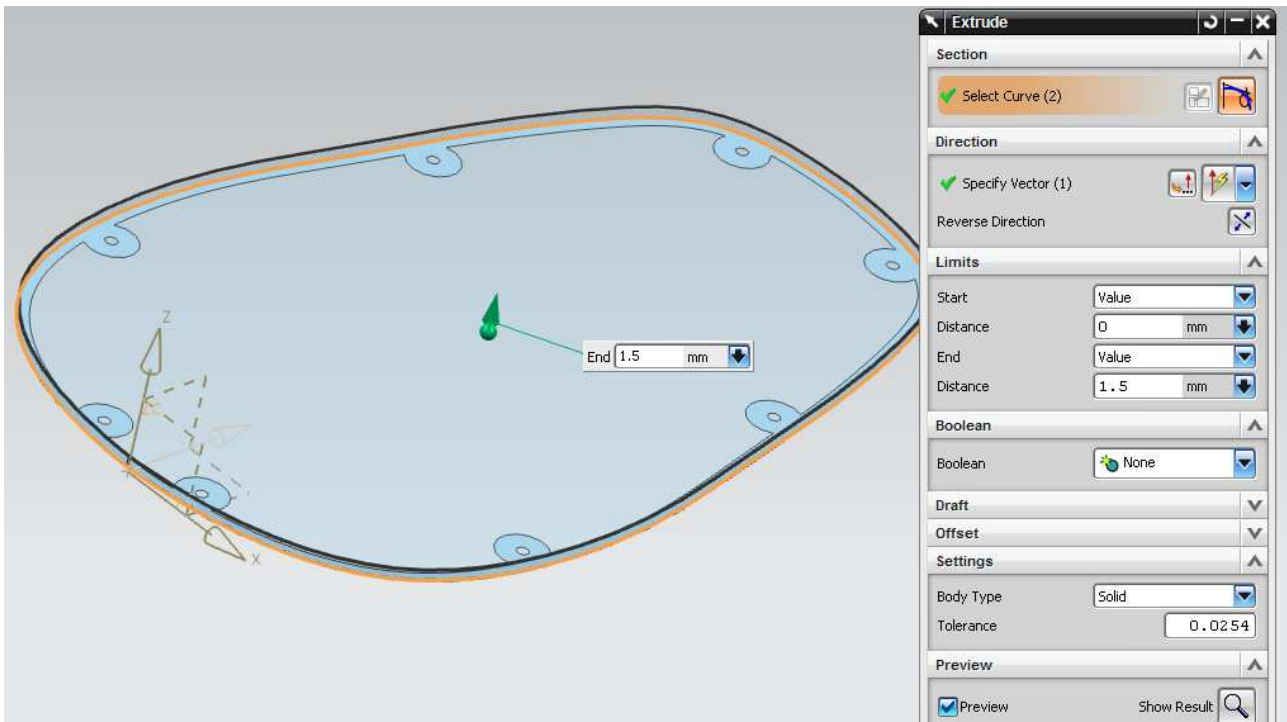
Tallennetaan työ.

3. Pohjalevy

3.1. Muodon liittäminen ja pyöristykset

Luodaan uusi dokumentti pohjalevyä varten. Liitetään kopioitu pinta uuteen dokumenttiin. Edit -> Paste.

Käynnistetään Extrude työkalu. Valitaan ulkokehän muodostava kurvi ja pursotetaan se 1,5 mm:n paksuiseksi.



Hole työkalulla tehdään reiät ruuveja varten. Valitaan reiän muodoksi Countersunk ja syötetään arvot kuten kuvassa. Varmistetaan, että Arc Center snap on päällä ja valitaan keskipisteet rei'ille klikkaamalla kaikkia ympyröitä kehältä. Klikataan OK.



Piilotetaan kopioitu pinta.

Edge Blend työkalulla pyöristetään terävät kulmat. Insert -> Detail Feature -> Valitaan kuvassa näkyvät kulmat, valitaan pyöristyssäteeksi 0,5 mm ja klikataan OK. Tallennetaan työ.



4. Kokoonpano

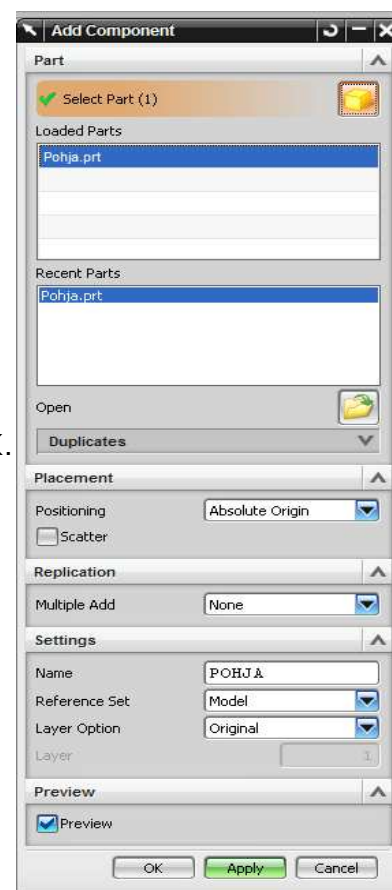
Tehdään vielä pieni kokoonpano yhdistämällä alaosa ja yläosa toisiinsa. Luodaan uusi kokoonpano klikkaamalla Start nappulaa. Valitaan Assembly ja klikataan OK.

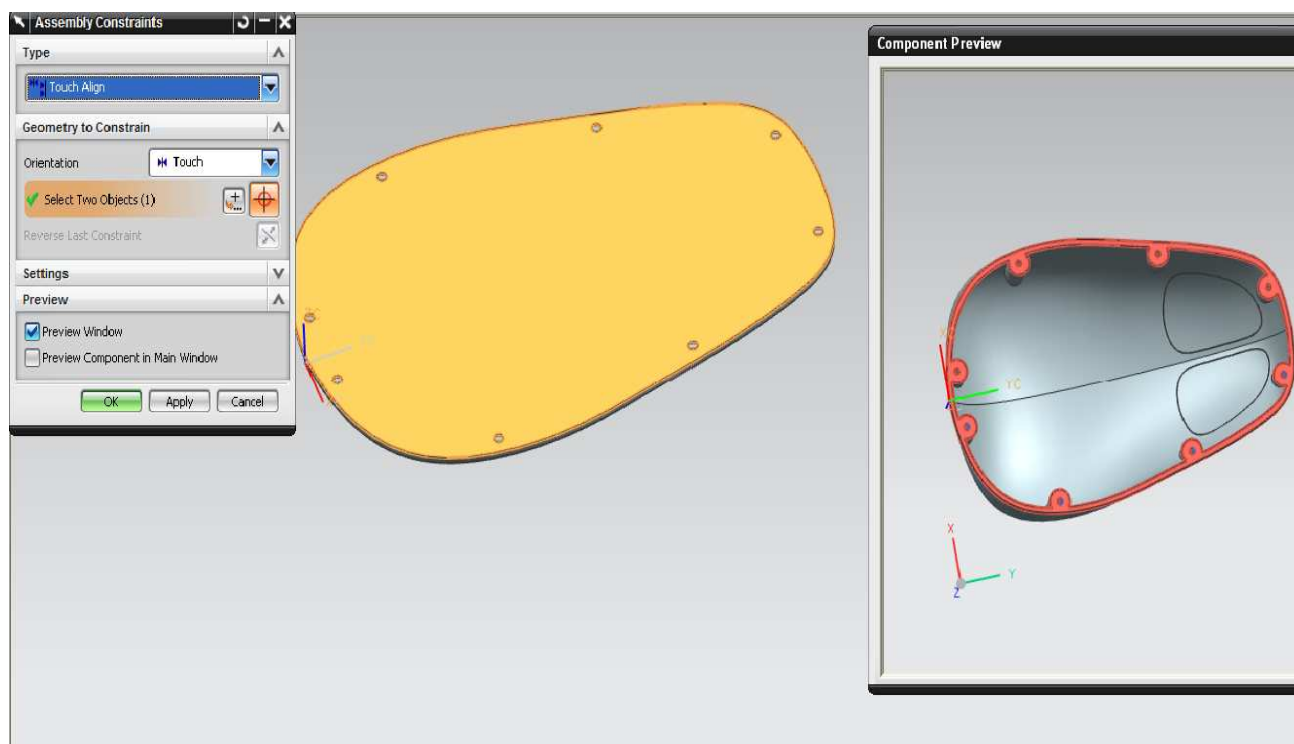
Avautuu Add Component ikkuna, josta lisätään kokoonpanoon haluttavat komponentit. Tarkistetaan, että valinnat ovat oikeat. Lisätään pohjalevy kokoonpanoon Open nappulan kautta ja klikataan OK.

Pohjalevy on nyt kokoonpanossa ja kappaleen origo on samassa pisteessä, kuin kokoonpanon origo.

Avataan ikkuna uudelleen. Assemblies -> Components -> Add Component. Lisätään yläpuoli kokoonpanoon Open-nappulan kautta, vaihdetaan Positioning kohtaan By Constraints ja klikataan OK.

Valitaan Type alasveto valikosta Touch Align, orientation valikosta Touch ja klikataan kuvassa korostettuna olevia pintoja. Klikataan OK.

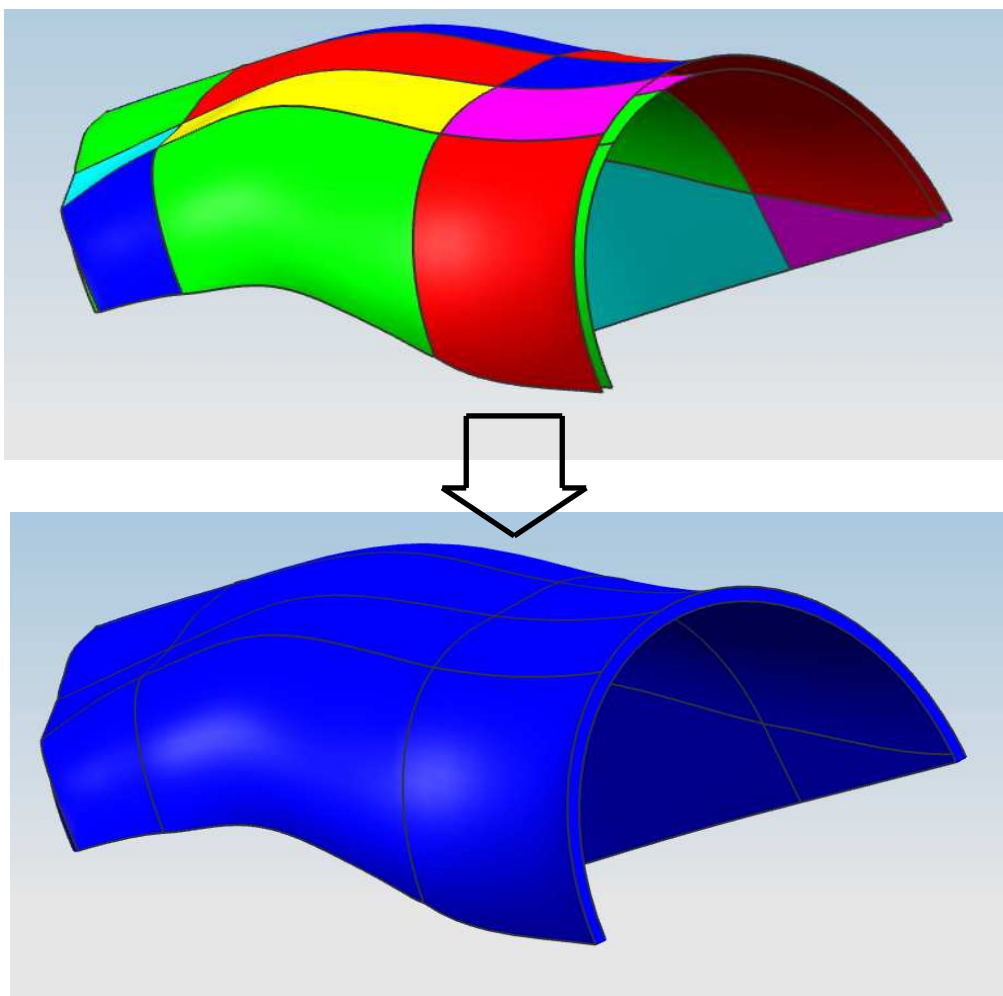




4.1. Viimeistely

Kokoonpano on valmis, mutta siinä näkyy vielä ylimääräisiä pintoja, tasoja ja sketchejä, joita ei enää tarvita. Piilotetaan ne Hide työkalulla. Edit -> Show and Hide -> Hide (Ctrl + B).

Objektien ulkonäköä ja värejä voi muokata Object Display työkalulla. Edit -> Object Display. (Ctrl +J)



Mallinnuksen dokumentointi

OSA 2, Vioittuneen pintamallin korjaaminen

1. Aloitus

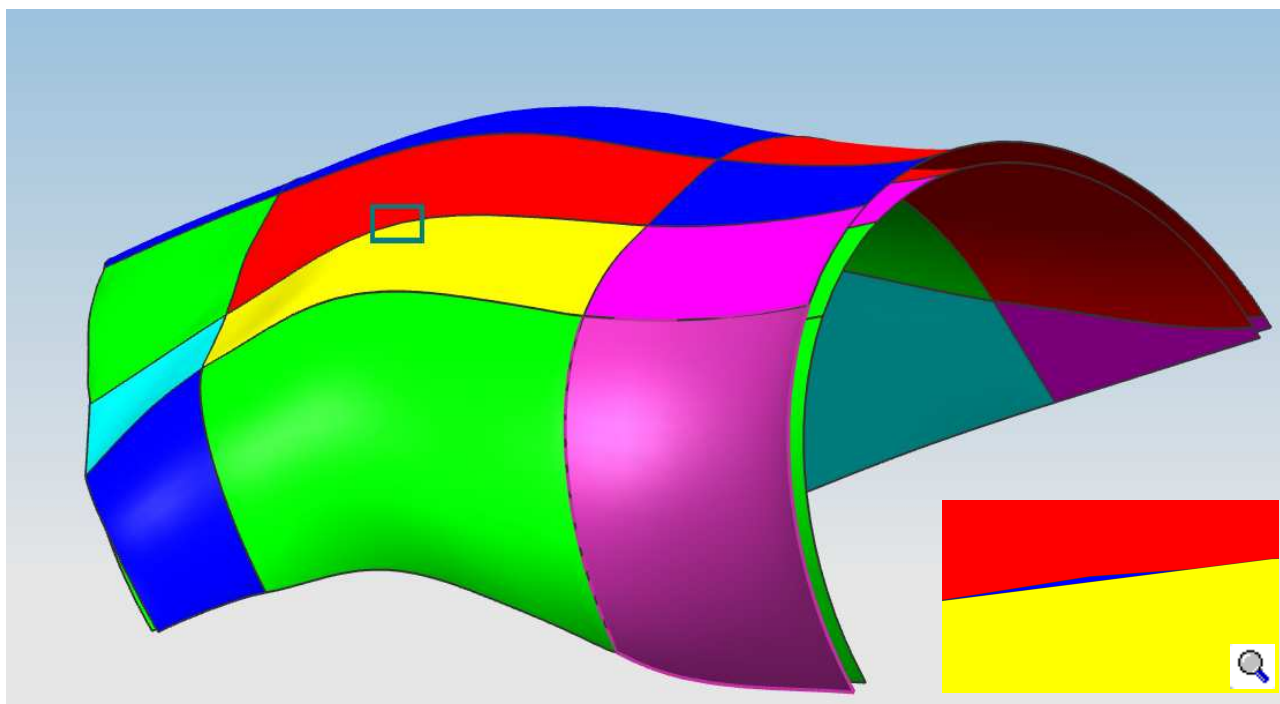
1.1 Lähtötilanne

Osassa kaksi on tarkoitus rakentaa korruptoituneesta pintamallista ehjä solid-malli säilyttäen samalla kappaleen muoto ennallaan. Pintamalli on lähtötilanteessa IGES-muotoinen ja ylä- sekä alapinnan palaset ovat pirstoutuneet erilleen. Kaikkien pintamallin palasten reunat eivät ole myöskään täysin tangentiaaliset keskenään, vaan palojen väleissä on rakoja.

Pintoja korjataan kolmella tavalla dokumentoinnissa:

- 1. Match Edge-työkalun avulla** pakotetaan pintojen reunoja tangentiaalisiksi keskenään.
- 2. Korvaamalla pintoja** rakentamalla tilalle uusia pintoja, joiden muoto lainataan vanhasta pinnasta.
- 3. Sew-työkalun avulla** pakotetaan useampi pala muodostamaan yksi yhtenäinen pinta.

Luvuissa 2 ja 3 korjataan pinnat käyttämällä kahta ensimmäistä työkalua. Luvussa 4 muodostetaan solid-malli korjatuista pinnoista. Luvussa 5 kerrotaan kuinka lukujen 2 ja 3 korjaukset voidaan suorittaa helpommin Sew-työkalun avulla. Sen käyttöön liittyy kuitenkin joitakin ongelmia ja siksi sen käyttö näytetään vasta lopussa.



Kuvassa on lähtötilanteen korruptoitunut pintamalli. Turkoosi neliö kuvaa alakulman zoomauksen rajausta, mistä näkyy yksi monista palasien välisistä raoista.

1.2. IGES-tiedoston avaaminen NX:ssä

Aloitetaan kappaleen korjaaminen tiedoston avaamisella. Jos tiedosto on tallennettu jollakin muulla ohjelmalla, NX kääntää IGES-muotoisen tiedoston NX:n tukemaan muotoon ennen sen avaamista. Jotta kääntösovellus osaa tehdä kääntötyön, on käännettävän IGES-tiedoston sijaittava samassa kansiossa kuin kääntötyökalu. Kansion vakiopolku on C:\Program Files\UGS\NX 6.0\IGES.

Kun tiedosto sijaitsee oikeassa kansiossa, se aukeaa normaalisti. Avataan tiedosto.

1.3. Rakojen etsiminen

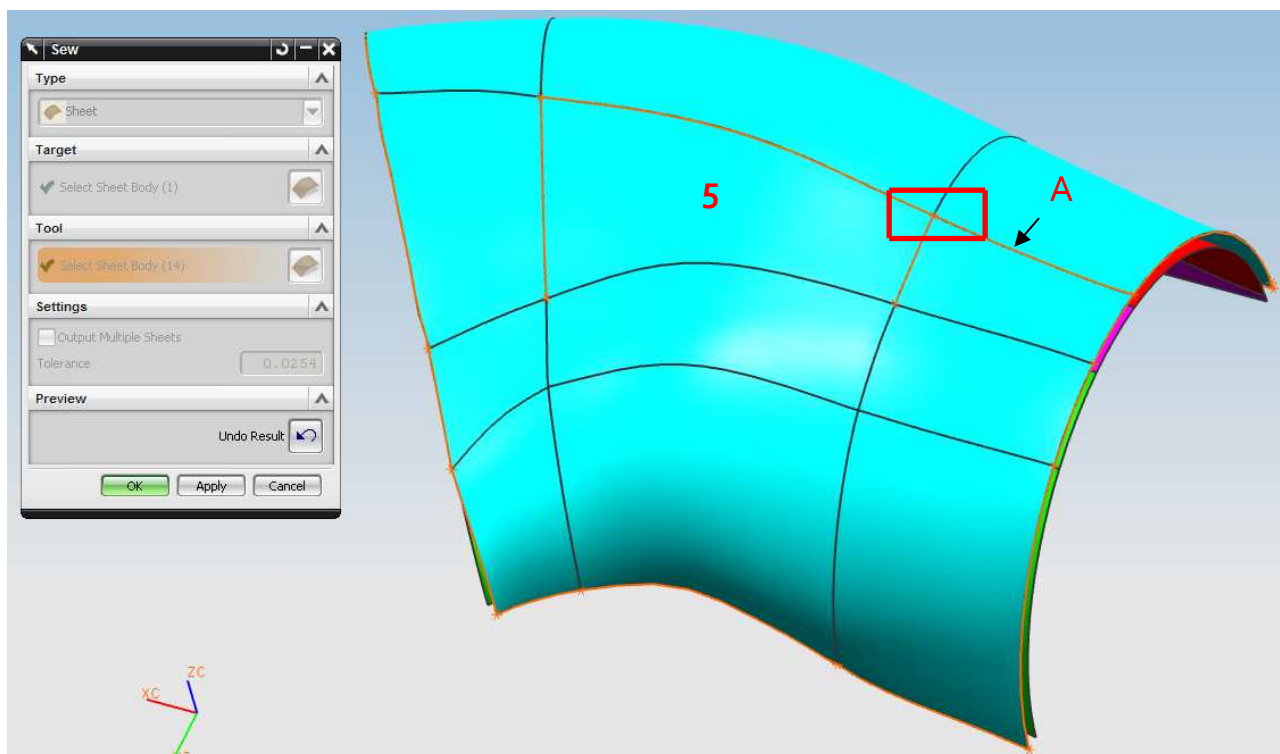
Jos malli näkyy wireframe muodossa, vaihdetaan näkymä työkalupalkin kuvakkeesta. -> Shaded with Edges



Vaihdetaan pintamallinnustilaan. Start -> Shape Studio.

Ongelmalliset pintojen väliset raot saa hyvin näkyviin esimerkiksi Sew-työkalun avulla. Käynnistetään työkalu, Insert -> Combine Bodies -> Sew.

Valitaan kaikki yläpinnan muodostavat palaset ja klikataan Show Result -painiketta. Sew työkalu yrittää liittää palaset toisiinsa ja näyttää, minkä reunojen liittäminen toisiinsa ei onnistu. Näin saadaan selville missä raot sijaitsevat. Palasia ei nyt liitetä toisiinsa, joten klikataan Cancel.

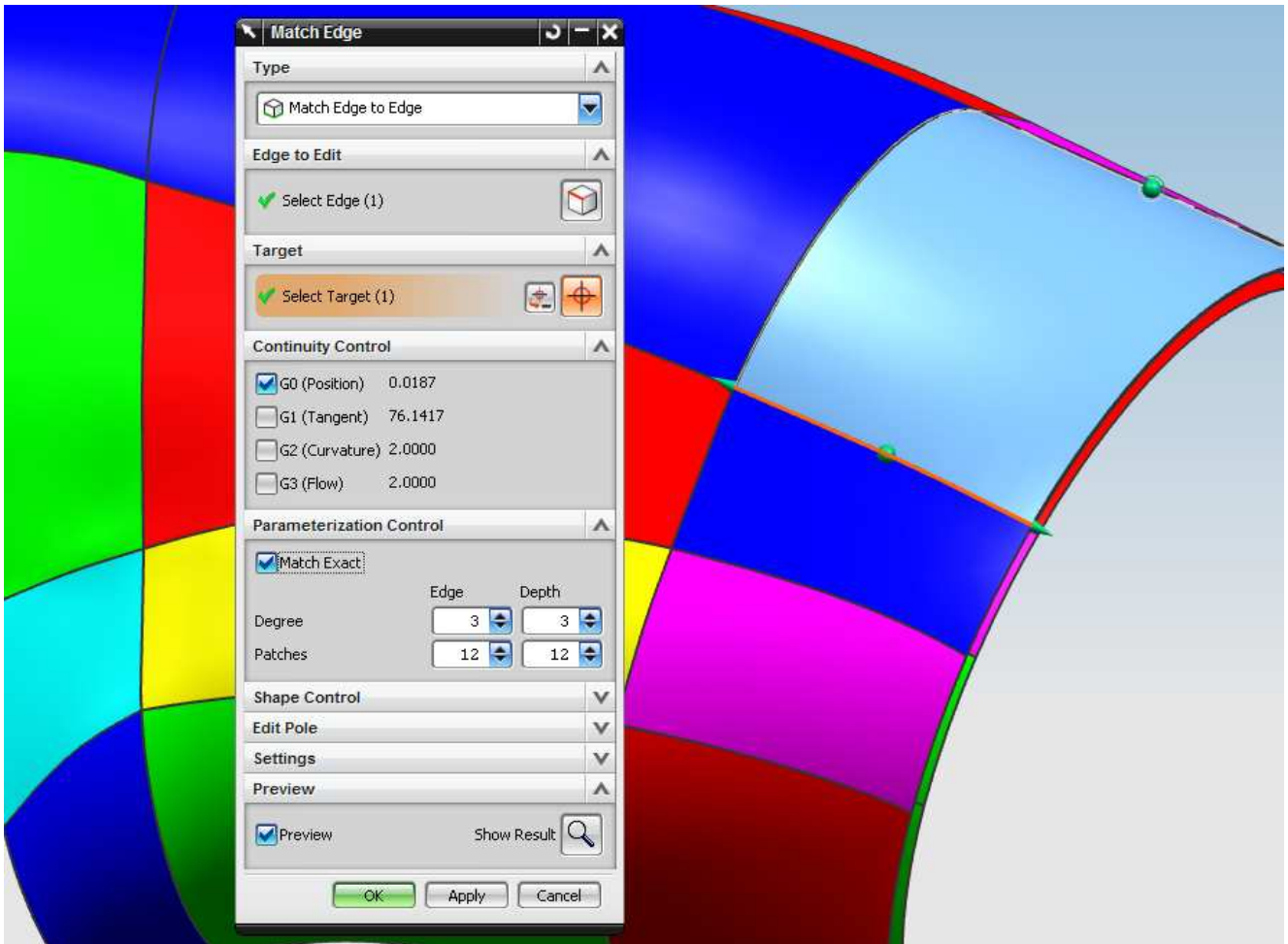


Esimerkkikuva 1. Yläpinnan korjattavat raot (merkitty oranssilla).

2. Yläpinnan korjaaminen

2.1. Raon korjaaminen Match Edge –työkalun avulla

Korjataan esimerkkikuva 1:ssä kirjaimella A näkyvä rako. Avataan Match Edge työkalu. Edit -> Surface -> Match Edge.



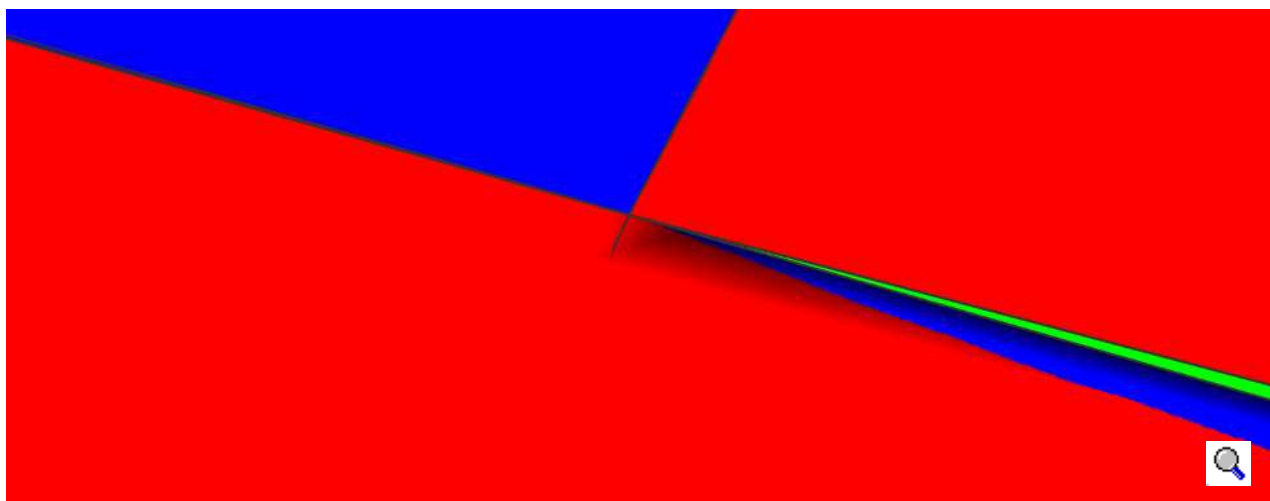
Match Edge –työkalulla pakotetaan pintojen reunoja vastaamaan toisia pintojen reunoja tai kurveja.

Tehdään Edge to Edit valinnaksi kuvassa näkyvä reuna Edge of Body 9. Target Edge valinnaksi valitaan vierekkäisen palasen vastareuna Edge of Body 8. Tarkistetaan, että asetukset vastaavat kuvassa olevia ja klikataan OK. Ensimmäinen rako on korjattu. Korjaantumisen voi tarkistaa Sew työkalun esikatselun avulla, kuten aiemmin neuvottiin.

2.2. Palasen korvaaminen

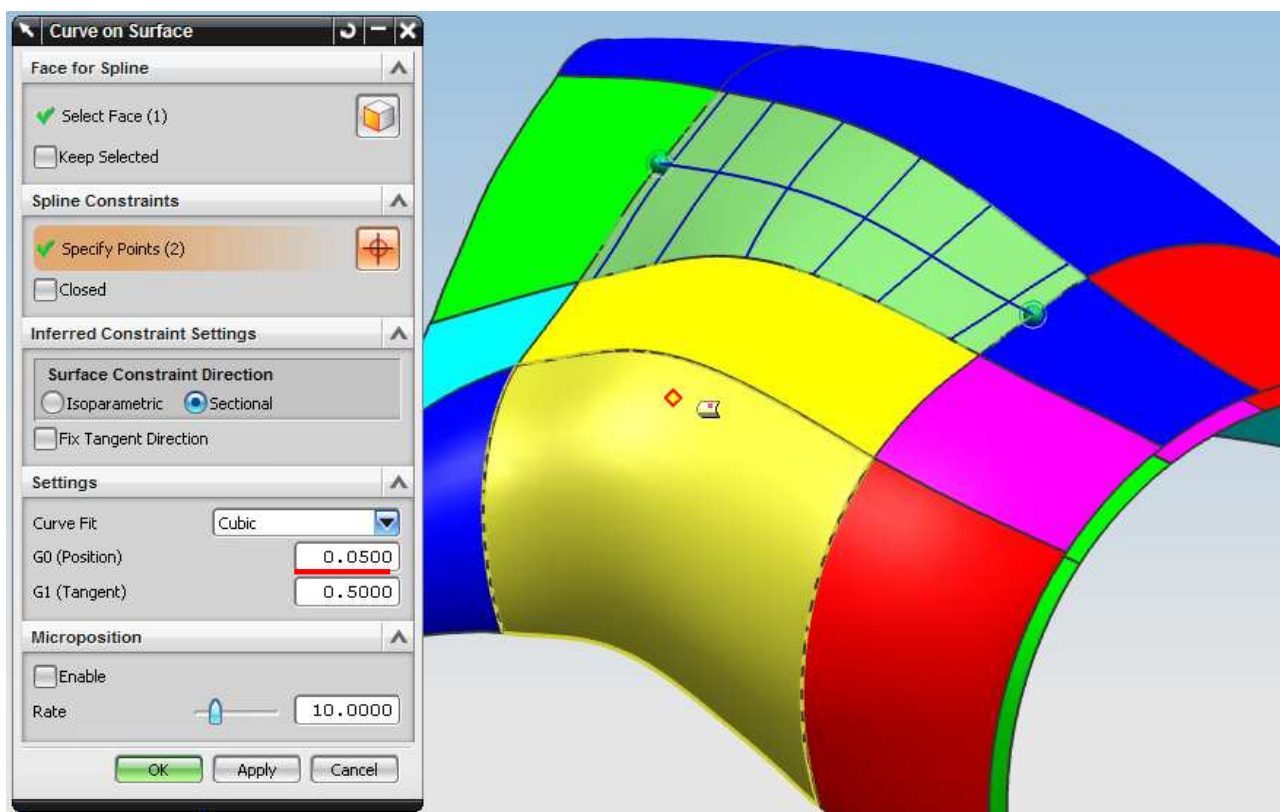
Keskimmäisen palasen (esimerkkikuva 1, numero 5) reunojen korjaaminen ei onnistu Match Edge –työkalulla. Match Edge -työkalua ei voi käyttää trimmattuihin pintoihin. Trimmauksen voi poistaa Boundary-työkalulla, mutta lopputuloksena oleva pinta sisältää kurveja, jotka tekevät

palasen 5 kaikkien neljän reunan sovittamisen viereisten reunojen kanssa yhteen mahdottomaksi. Niinpä trimmausta ei kannata poistaa vaan luodaan uusi pinta korvaamaan pinta 5.



Kuvassa on suurennus, jonka rajaus on piirretty esimerkkikuva 1:een. Kuvasta näkee yhden pinnan 5 trimmauksen poistamisen jälkeisistä ongelmakohtista, jotka estävät sen korjaamisen Match Edge –työkalun avulla.

Tehdään kurveja palan 5 pinnalle, joilla lainataan muoto korvaavalle pinnalle. Avataan Curve on Surface –työkalu. Insert -> Curve -> Curve on Surface.

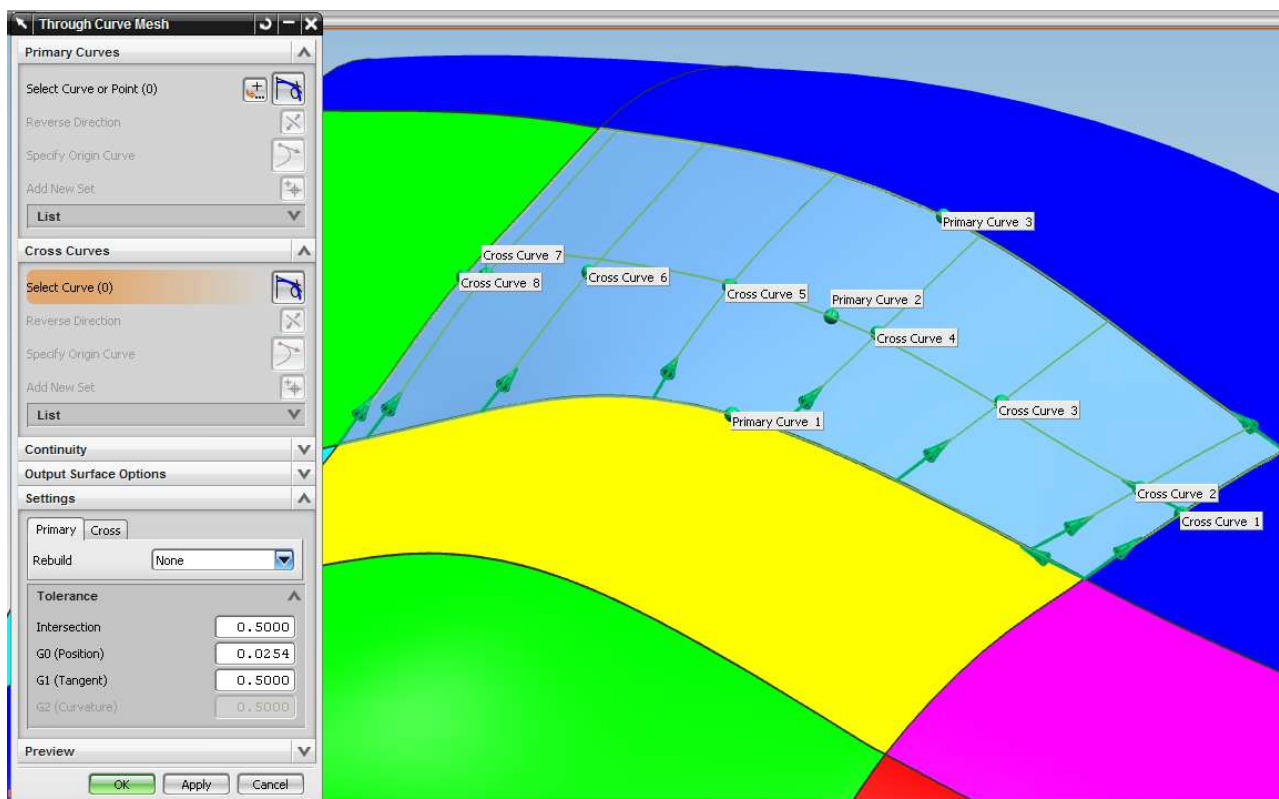


Luodaan kurveilla palan 5 pinnalle verkko, kuten yllä olevassa kuvassa. Mitä tiheämpi verkko on, sitä tarkemmin alkuperäinen pinta kopioituu. Kurvien alku- ja loppupisteiden tulee sijaita

viereisten pintojen reunoilla (esim. Edge of Body 8). Jos kurveja luodessa tulee virheilmoitus: "Point out of distance tolerance", se johtuu siitä, että viereisten pintojen reunat eivät sijaitse tarpeeksi lähellä pintaa, jolle kurveja luodaan. Tällöin kasvatetaan Go (Position) toleranssiarvoa Settings alaotsikon alta (alleviivattu punaisella edellisessä kuvaan).

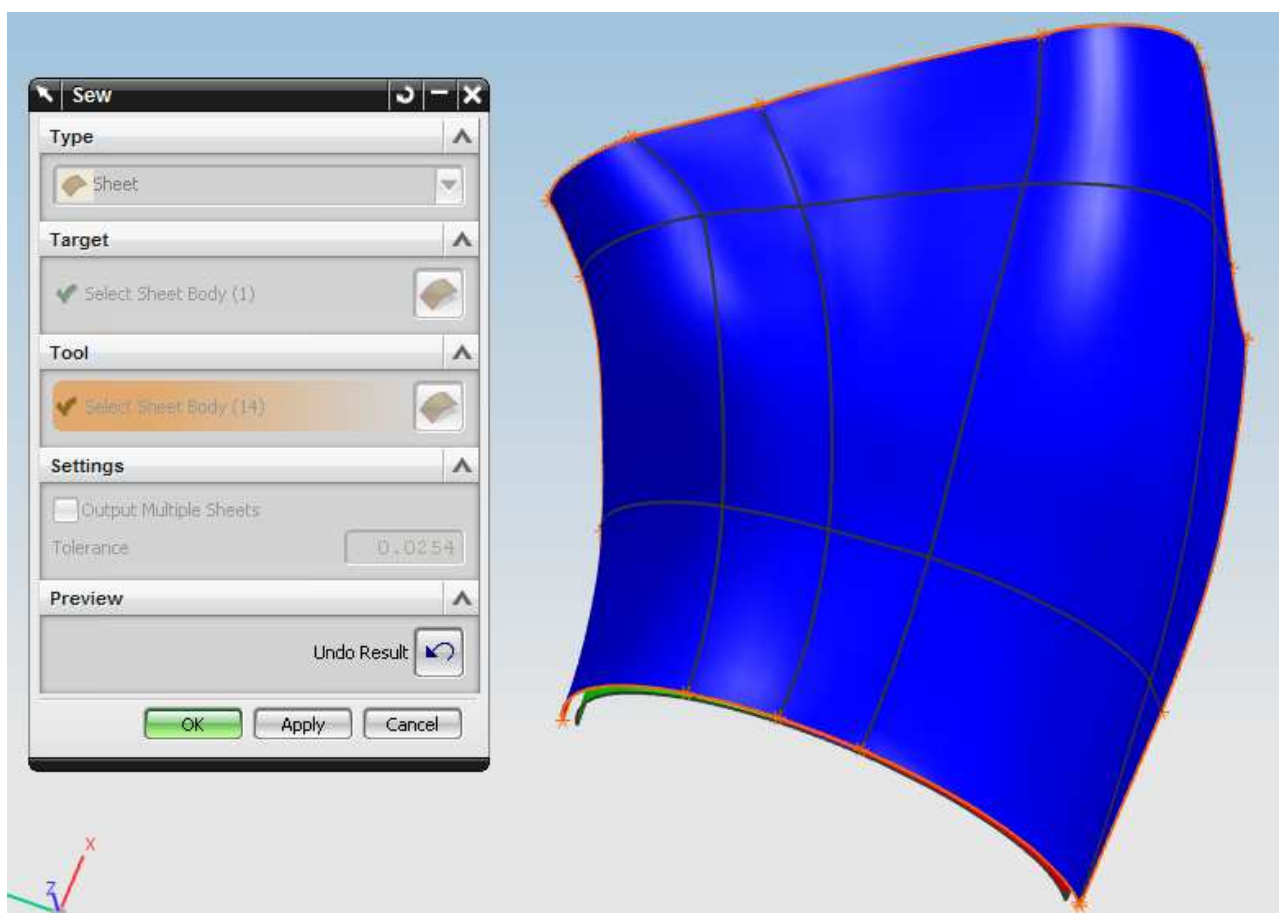
Piilotetaan pala 5. Klikataan sitä hiiren oikealla napilla ja valitaan hide.

Luodaan uusi pinta Through Curve Mesh –työkalun avulla. Insert -> Mesh Surface -> Through Curve Mesh.



Tehdään Primary Curve ja Cross Curve valinnat kuten kuvassa. Aina kun valitaan kurvi, katsotaan, että se on samansuuntainen kuin muut saman kategorian kurvit. Eli nuolien tulee osoittaa samaan suuntaan. Jokaisen valinnan jälkeen painetaan hiiren keskimmäistä painiketta. Pintaa tehdessä voi olla mahdollista, että toleranssiarvoa (Intersection) joutuu nostamaan, jotta pinnan luominen onnistuu. Kun pinta on rakennettu, klikataan OK.

Tarkistetaan vielä Sew-työkalulla, että rakoja ei jäänyt. Jos toleranssiarvoja on joutunut nostamaan liikaa, on rakoja mahdollisesti syntynyt ja ne pitää vielä kuroa umpeen Match Edge –työkalun avulla, kuten tehtiin luvussa 2.1.

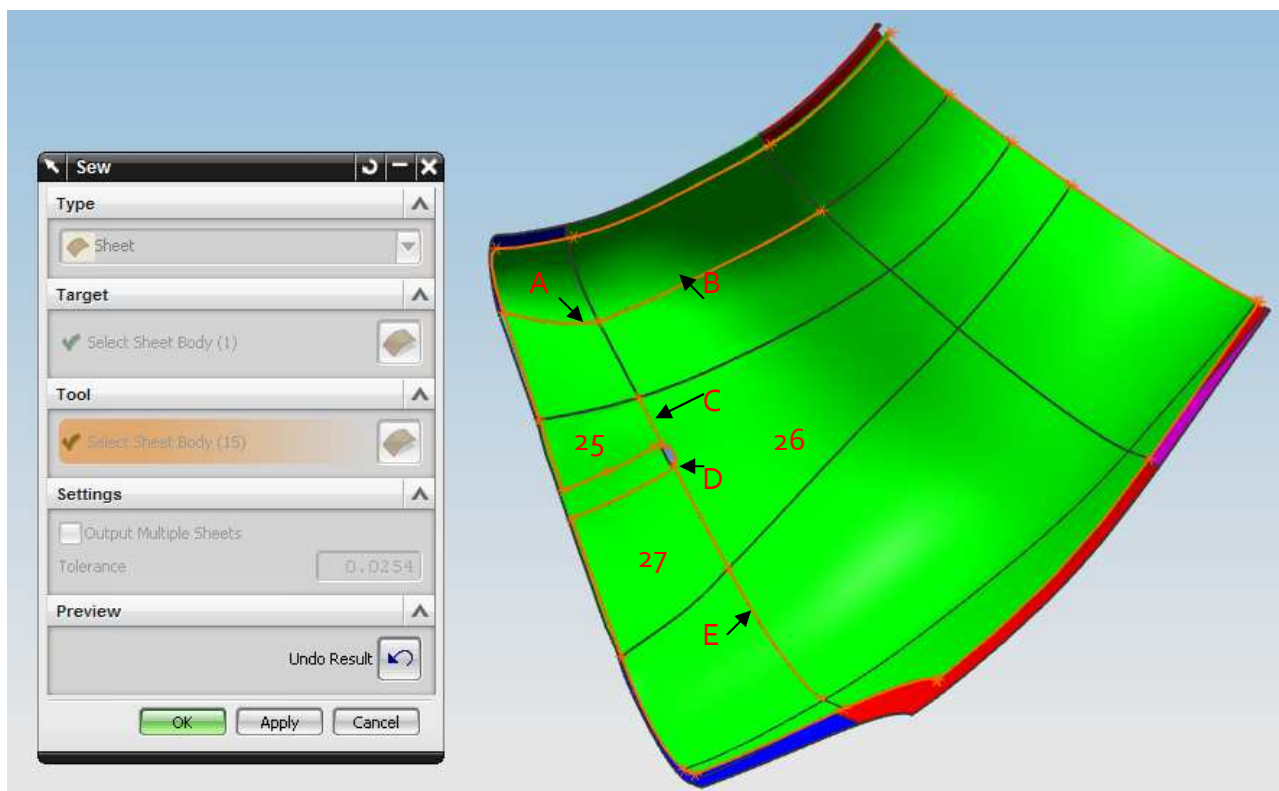


Yläpinta on nyt yhtenäinen kappale. Sew-työkalun esikatselu paljastaa, että rakoja ei enää ole. Pinnan muoto on säilynyt samana pois lukien mahdolliset toleranssiarvojen nostamisesta aiheutuneet pienet muutokset. Jos pinnan muoto olisi täysin identtinen, olisi se myös edelleen pirstoutunut.

3. Alapinnan korjaaminen

3.1. Aloitus ja rakojen korjaus Match Edge –työkalun avulla

Myös kappaleen alapinta on pirstoutunut. Tässä luvussa käsitellään sen korjaamista.



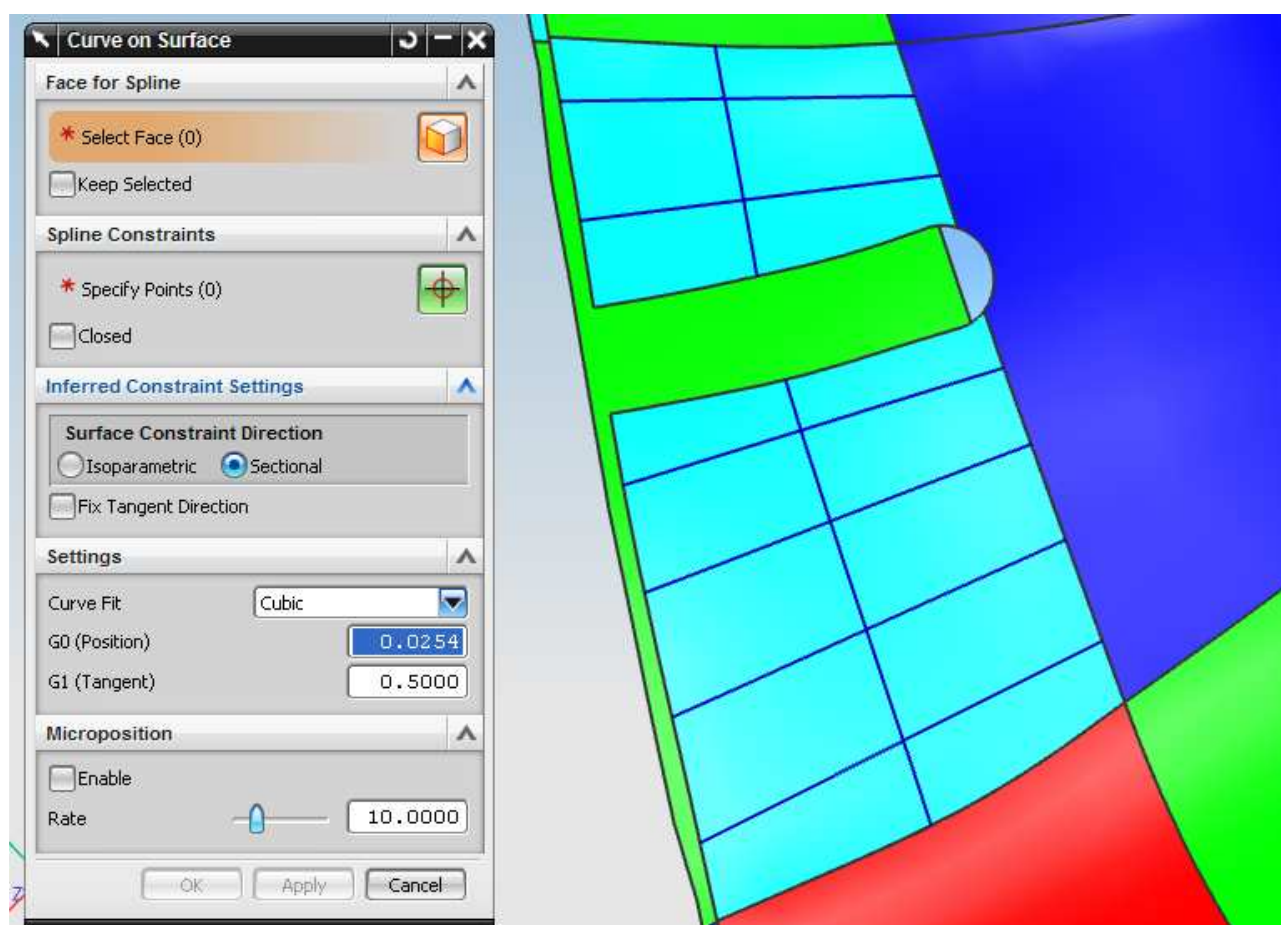
Esimerkkikuva 2. Alapinnan korjattavat raot.

Alapinnalla on viisi kappaleiden reunojen välistä rakoja. Korjataan raot (Esimerkkikuva 2. raot **A,B,E**) Match Edge –työkalun avulla, kuten tehtiin luvussa 2.1.

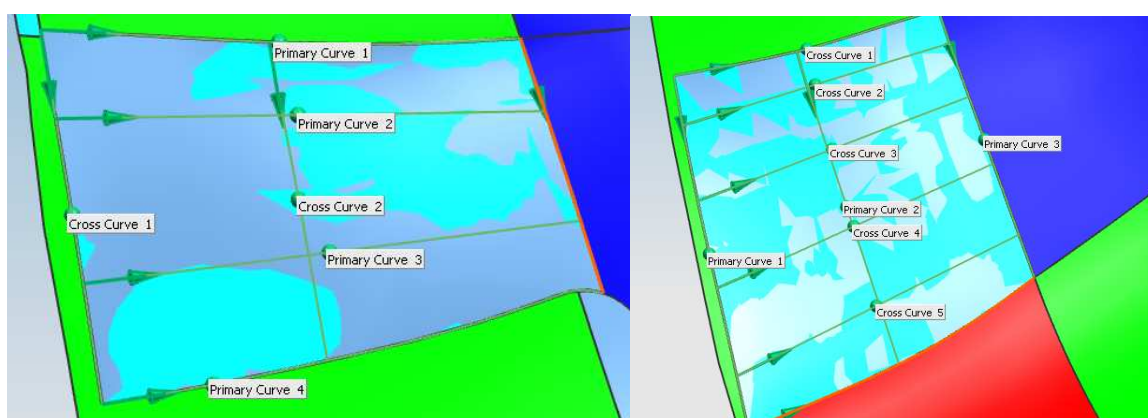
Koska kaikki pinnat **25**, **26** ja **27** ovat trimmattuja, ei rakojen **C** ja **D** korjaaminen onnistu Match Edge –työkalun avulla. Myöskään trimmausta ei voida poistaa, sillä silloin menetetään esimerkkikuvassa 2 näkyvän hahlon muoto.

3.2. Alapinnan palasten korvaaminen

Rakennetaan palasten 25 ja 27 tilalle uudet palaset samalla metodilla kuin tehtiin luvussa 2.2.



Tehdään verkot Curve on Surface –työkalulla palasten 25 ja 27 pinoille. Käytetään kurvien alkua ja loppupisteinä viereisten palasten reunoja ja ulkopuolisissa muodoissa palasten omia ulkoreunoja. Vaihdetaan toleranssiarvoja, jos se on tarpeellista.



Kun kurvit ovat valmiit, tehdään korvaavat palaset Through Curve Mesh –työkalulla.

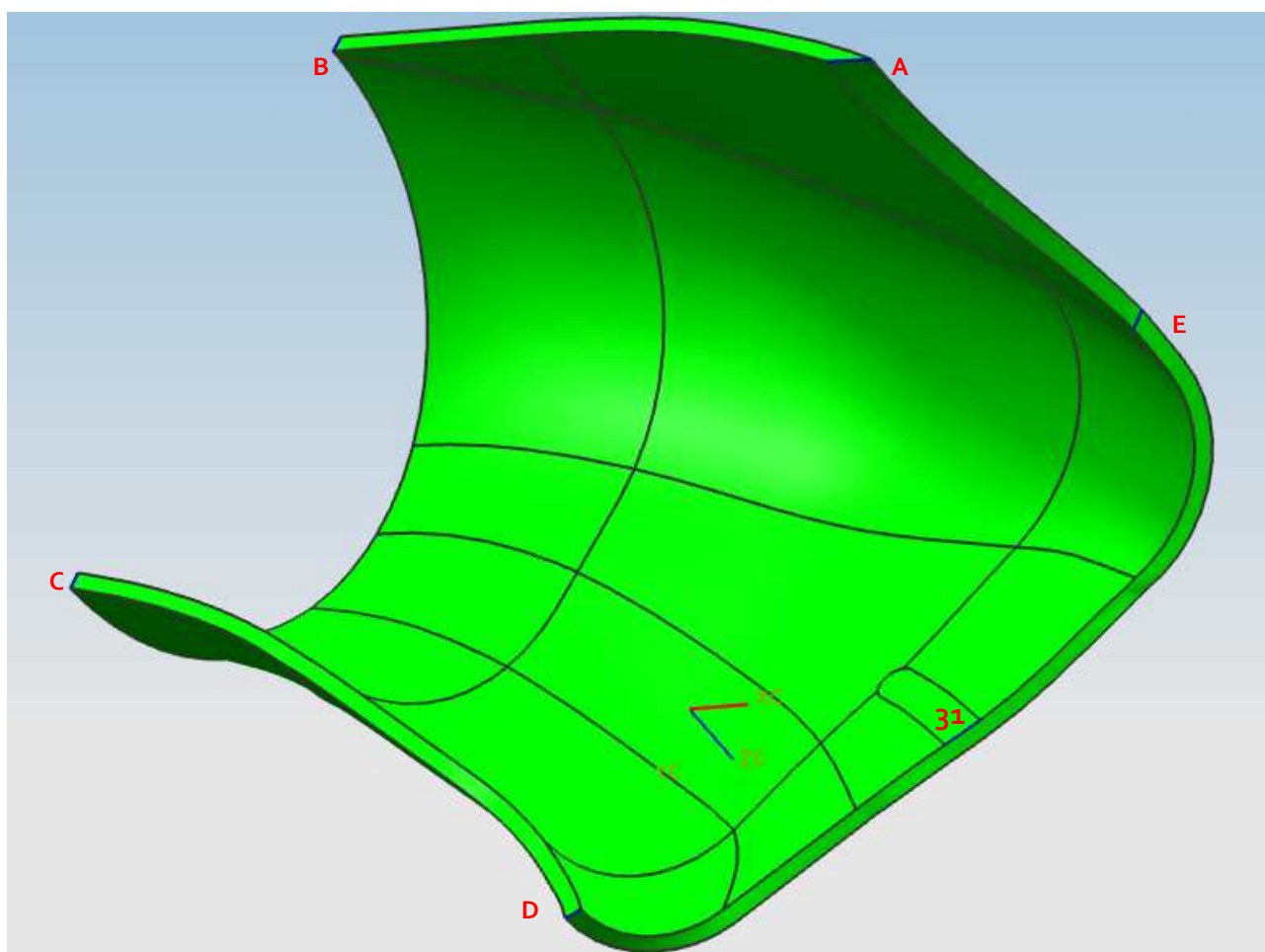
Klikataan jokaisen kurvin valinnan jälkeen hiiren keskinappia ja vaihdetaan toleranssiarvoa tarpeen mukaan.

Piilotetaan vanhat pinnat 25 ja 27.

Tarkistetaan jäiko pintojen väliin rakoa. Käytetään Match Edge –työkalua, jos rakoja tarvitsee vielä paikata. Nyt alapinta ja yläpinta ovat molemmat saumattomia.

4. Pinnoista Solid-malliksi

Jotta pinnoista voidaan muodostaa Solid-malli, tarvitsee pintojen muodostaa suljettu tila, jossa ei ole pieniäkään aukkoja. Koska esimerkkimallinnus sisältää vain kaksi pintaa, yhdistetään ne ensin solid-mallin rakennusta varten uusilla pinnoilla.

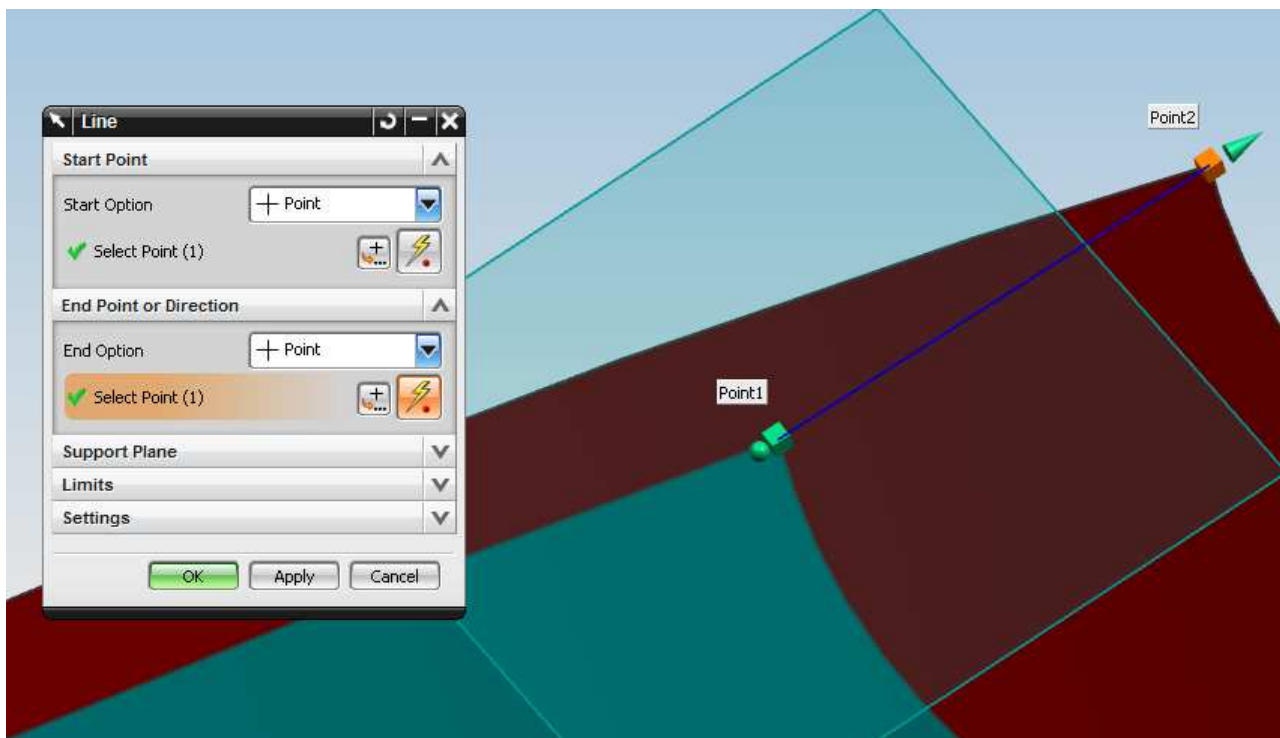


Esimerkkikuva 3. Lopputuloksena on saumaton solidimalli.

4.1 Yhdistävien pintojen rakentaminen

Yhdistetään pinnat Through Curve Mesh –työkalun avulla. Sitä varten tarvitsee pintojen välille tehdä niitä yhdistäviä viivoja, jotka toimivat luotavien pintojen reunoina.

Käytetään viivanpiirtotyökalua. Avataan Insert -> Curve -> Line.

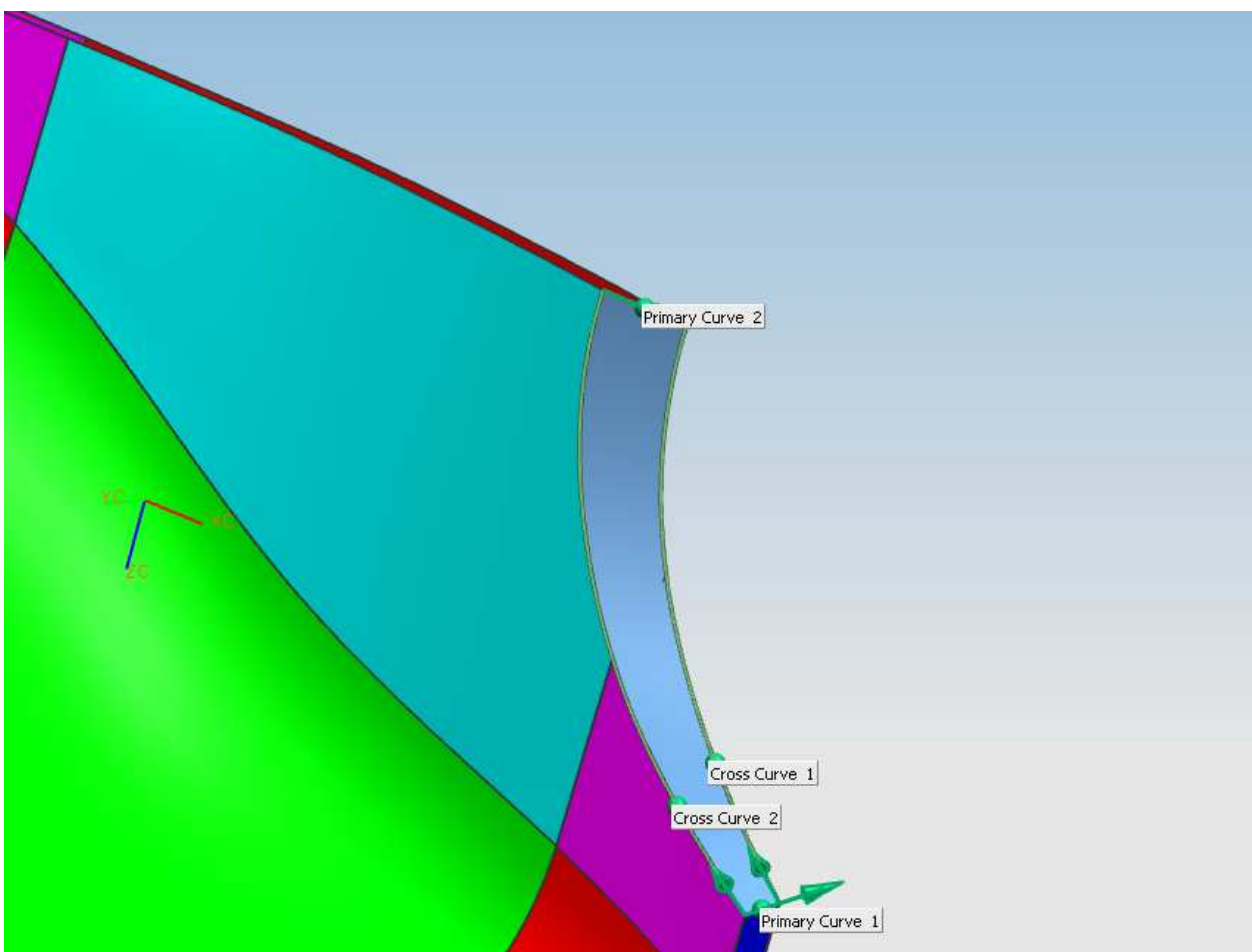


Piirretään jokaiseen kulmaan **A,B,C,D** ja **E** (esimerkkikuva 3) pintoja yhdistävä viiva. Varmistetaan, että piirrettävän viivan alku- ja loppupiste sijaitsevat päällekkäin jo olemassa olevien reunaviivojen alku- tai loppupisteiden kanssa.

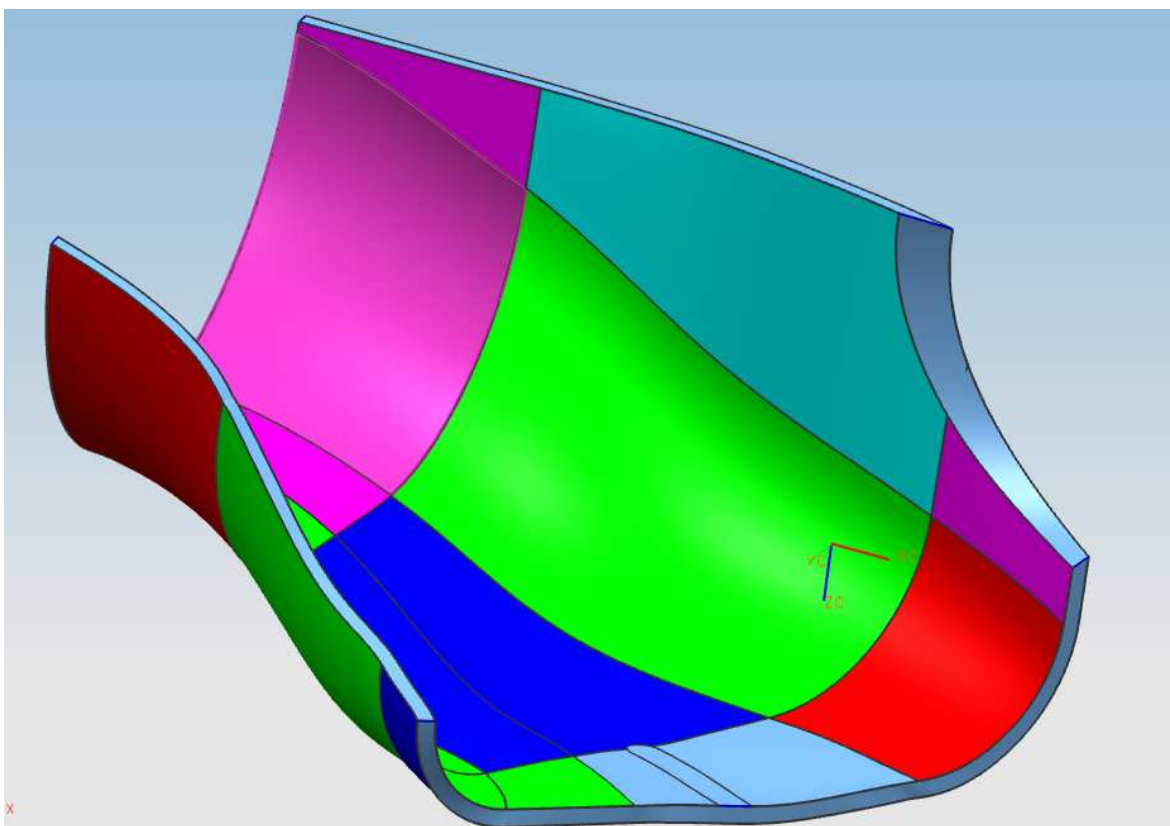
Ennen kuin reunapinnat voidaan rakentaa, täytyy vielä alapinnalle tehdä uusi pala täyttämään hahlo. Hahlo voidaan myöhemmin rakentaa malliin jäävän profiilin perusteella, kun kaikki sen rakentamiseen tarvittavat parametrit ovat tiedossa.



Tehdään viivanpiirtotyökalulla reunaviiva (Cross Curve 1) ja käytetään Through Curve Mesh – työkalua pinnan valmistamiseen.



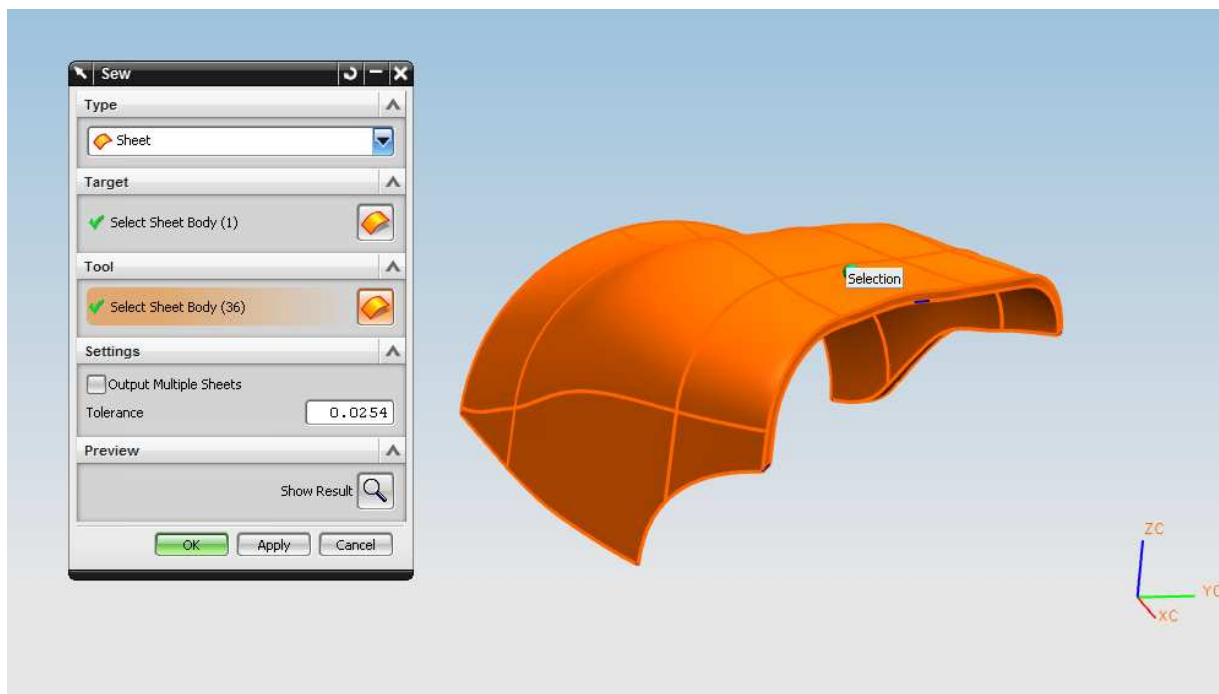
Yksi kerrallaan tehdään kaikki viisi tarvittavaa reunapintaa, jotta mallista tulee suljettu. Käytetään työkaluna Through Curve Mesh –työkalua.



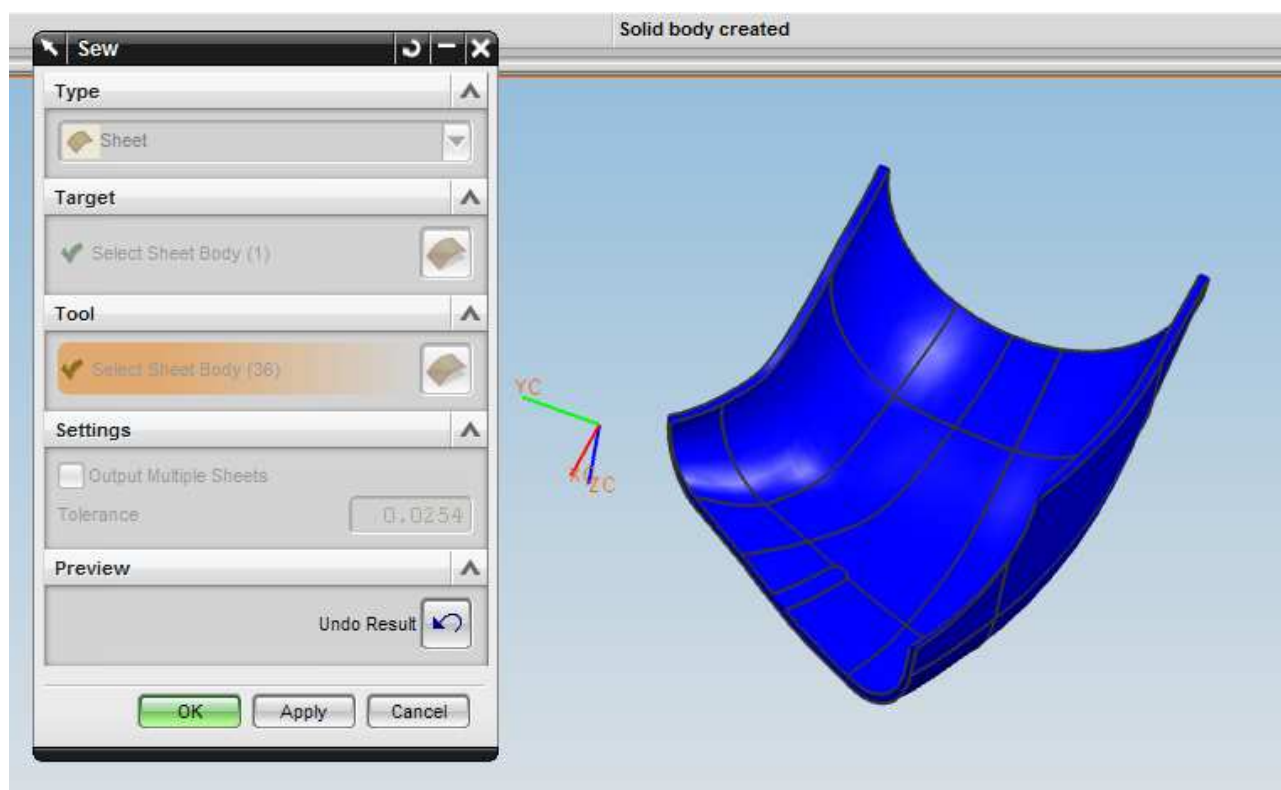
Viisi uutta reunapintaa on tehty ja pinnat muodostavat nyt suljetun tilan.

4.2. Solid-mallin tekeminen

Kun pinnat muodostavat suljetun tilan, jossa ei ole aukkoja, solid-mallin tekeminen onnistuu helposti.



Liitetään kaikki palaset yhteen Sew-työkalun avulla. Painetaan Show Result –painiketta.



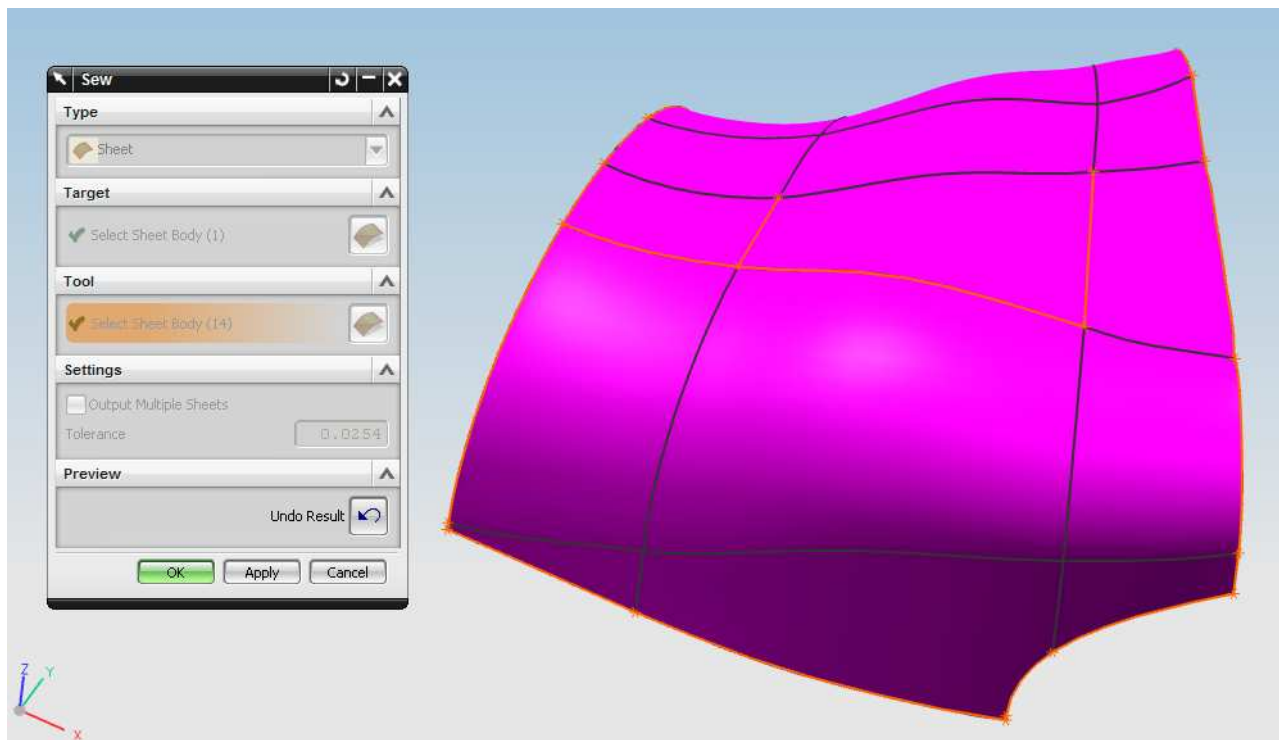
Jos esikatselussa ei näy yhdistämättömiä saumoja (merkitty oranssilla värillä), on Sew-toiminto onnistunut. Lopputulos on automaattisesti solid-malli, jonka NX ilmoittaa ylhäällä palkissa tekstillä "Solid body created". Klikataan OK.

Työ on valmis ja pirstoutuneesta pintamallista on saatu ehjä solid-malli.

5. Vaihtoehto: Pintojen korjaaminen Sew-työkalun avulla

Sew-työkalun avulla pintojen korjaaminen on nopeaa ja helppoa, mutta lopputuloksessa saattaa olla ongelmia. Siitä lisää myöhemmin. Aloitetaan pintojen korjaus Sew-työkalun avulla.

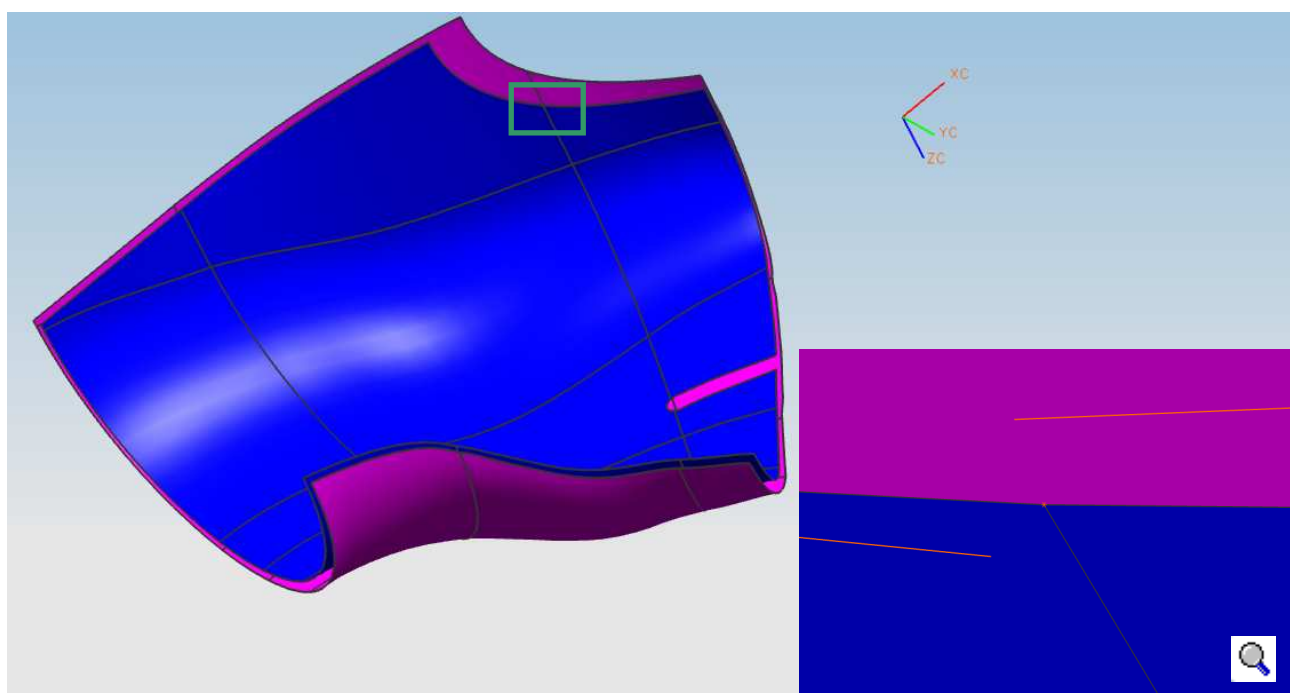
Kun muokkaamaton malli on avattu, avataan Sew-työkalu. Insert -> Combine Bodies -> Sew.



Valitaan kaikki yläpinnan palaset ja painetaan esikatselua. Esikatselussa näkyy oranssilla pinnassa esiintyvät raot. Painetaan Undo Result ja muutetaan toleranssiarvoa. Kasvatetaan lukua vähän kerrallaan ja painetaan esikatselua, kunnes raot häviävät pinnasta. Kyseisessä tapauksessa lukuarvo 0.425 on riittävä. Klikataan OK. Yläpinta on nyt yhtenäinen.

Toistetaan sama alapinnalle. Toleranssiarvolla 0.7 pinta yhdistyy.

Kun solid-mallia pitäisi alkaa rakentamaan, tulee Sew-työkalun käytön ongelmallisuus esille.



Kuvassa näkyy mitä voi tapahtua, kun Sew-työkalulla yhdistetään pintoja ja toleranssiarvoa joudutaan nostamaan huomattavan paljon. Pinnat ovat visuaalisesti yhdistyneet, mutta pinnat muodostavat kurvit poikkeavat toisistaan matemaattisesti. Ne ovat vain toleranssiarvon salliman etäisyyden päässä toisistaan. Tämä saattaa aiheuttaa myöhemmin ongelmia, joita on vaikea korjata. Tässä mallinnuksessa esimerkiksi solid-mallin muodostaminen ei onnistunut, Sew-työkalun käytön kautta.

Pintoja kannattaa korjata Sew-työkalun avulla silloin, kun toleranssiarvoa ei tarvitse nostaa liikaa. Se mikä on liikaa, täytyy harkita aina tapauskohtaisesti, mallin muut toleranssit huomioon ottaen. Kyseisessä mallinnuksessa Sew-työkalun käyttö pintojen korjaamiseen olisi ollut väärä valinta.

Koulutuksen arviointi	1	2	3	4	5
1. Koulutuksen sisältö vastasi tarvetta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Koulutuksen kesto oli sopiva?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Koulutusmenetelmät olivat tarkoituksenmukaiset?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Koulutus selvensi NX:n ominaisuuksia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Opin perusteet mallintamisesta NX:llä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Koulutus sisälsi vuorovaikutusta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Asiantuntemustani aliarvostettiin?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Ymmärsin hyvin kouluttajaa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Olin kiinnostunut aiheesta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Kouluttaja oli kiinnostunut aiheesta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Kouluttaja pyrki auttamaan oppimistani?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Vapaat kommentit:

1 = Eri mieltä

4= Jokseenkin samaa mieltä

2 = Jokseenkin eri mieltä

5= Samaa mieltä

3 = En osaa sanoa

Koulutuksen arviointi	1	2	3	4	5
1. Koulutuksen sisältö vastasi tarvetta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Koulutuksen kesto oli sopiva?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Koulutusmenetelmät olivat tarkoituksenmukaiset?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Koulutus selvensi NX:n ominaisuuksia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Opin perusteet mallintamisesta NX:llä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6. Koulutus sisälsi vuorovaikutusta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Asiantuntemustani aliarvostettiin?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Ymmärsin hyvin kouluttajaa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Olin kiinnostunut aiheesta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Kouluttaja oli kiinnostunut aiheesta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Kouluttaja pyrki auttamaan oppimistani?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Vapaat kommentit:

1 = Eri mieltä

4= Jokseenkin samaa mieltä

2 = Jokseenkin eri mieltä

5= Samaa mieltä

3 = En osaa sanoa

Koulutuksen arviointi

	1	2	3	4	5
1. Koulutuksen sisältö vastasi tarvetta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2. Koulutuksen kesto oli sopiva?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3. Koulutusmenetelmät olivat tarkoituksenmukaiset?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4. Koulutus selvensi NX:n ominaisuuksia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5. Opin perusteet mallintamisesta NX:llä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6. Koulutus sisälsi vuorovaikutusta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7. Asiantuntemustani aliarvostettiin?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Ymmärsin hyvin kouluttajaa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9. Olin kiinnostunut aiheesta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10. Kouluttaja oli kiinnostunut aiheesta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11. Kouluttaja pyrki auttamaan oppimistani?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Vapaat kommentit:

1 = Eri mieltä

4= Jokseenkin samaa mieltä

2 = Jokseenkin eri mieltä

5= Samaa mieltä

3 = En osaa sanoa

Koulutuksen arviointi

	1	2	3	4	5
1. Koulutuksen sisältö vastasi tarvetta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Koulutuksen kesto oli sopiva?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Koulutusmenetelmät olivat tarkoituksenmukaiset?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4. Koulutus selvensi NX:n ominaisuuksia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Opin perusteet mallintamisesta NX:llä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Koulutus sisälsi vuorovaikutusta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7. Asiantuntemustani aliarvostettiin?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Ymmärsin hyvin kouluttajaa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9. Olin kiinnostunut aiheesta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Kouluttaja oli kiinnostunut aiheesta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Kouluttaja pyrki auttamaan oppimistani?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Vapaat kommentit:

1 = Eri mieltä

4= Jokseenkin samaa mieltä

2 = Jokseenkin eri mieltä

5= Samaa mieltä

3 = En osaa sanoa