



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Lassi Lehtineva

MODULE DESIGN GUIDE UPDATE

NX 8.5 & Teamcenter 9

Tekniikka ja liikenne
2014

TIIVISTELMÄ

| | |
|--------------------|----------------------------|
| Tekijä | Lassi Lehtineva |
| Opinnäytetyön nimi | Module Design Guide Update |
| Vuosi | 2014 |
| Kieli | suomi |
| Sivumäärä | 36 |
| Ohjaaja | Juha Hantula |

Opinnäytetyö tehtiin Wärtsilä Power Plantsin Auxiliary Technology -tiimille. Työ oli osa tiimin tekemää Module Design Guide -ohjetta, joka on tarkoitettu avuksi voimalaitosmoottoreiden apulaitteiden eli moduulien suunnittelussa.

Työn ensimmäisessä osassa tutkittiin NX 8.5:n Clearance Check- ja Weld Assistant -työkalujen toimintaa ja käyttökelpoisuutta. Lisäksi tutkittiin menetelmiä putkilinjan tilavuuden laskemiseksi. Kaikista tutkimuskohteista laadittiin myös kuvitetut ohjeet.

Työn toisessa osassa laadittiin ohjeet komponenttien Reference Setin käytöstä, massojen muokkaamisesta ja putkieristeiden tilanvarauksien mallintamisesta. Työ suoritettiin Wärtsilän PDM-ympäristössä.

Clearance Check -työkalu todettiin toimivaksi ja siitä laadittiin ohjeet osaksi Module Design Guidea. Weld Assistant ja putkitilavuuksien laskenta todettiin toimiviksi, mutta liian vaikeakäyttöisiksi. Niistä laadittiin kuitenkin erilliset ohjeet mahdollisia jatkotutkimuksia varten.

Työn toisessa osassa laaditut ohjeet lisättiin kaikki osaksi Module Design Guidea. Työn lopussa esitettiin myös pohdintoja putkieristeiden tuotetiedon hallinnasta.

ABSTRACT

| | |
|--------------------|----------------------------|
| Author | Lassi Lehtineva |
| Title | Module Design Guide Update |
| Year | 2014 |
| Language | Finnish |
| Pages | 36 |
| Name of Supervisor | Juha Hantula |

The thesis was made for Wärtsilä Power Plants Auxiliary Technology team. The thesis was done as a part of Module Design Guide Update project. The thesis was done in Wärtsilä's PDM environment.

In the first part of the thesis the aim was to study the use of Clearance Check and Weld Assistant tools and how to calculate pipe volumes in NX 8.5. Instructions were also made from all the studied tools and methods. In the second part of the thesis the aim was to make instructions of three different tools which were already in use. The tools were Reference Set, Advanced Mass Properties and Overstock. The overstock is used when modeling space requirements for pipe insulations.

The Clearance Check tool was working as it should so the instructions were included in the Module Design Guide. Weld Assistant and Pipe Volume Calculation were also working but they were found too difficult to use compared to the value which they give. Separate instructions were still written for possible future studies. All the instructions that were made in the second part of the thesis were included in the Module Design Guide. At the end of the work some solutions for pipe insulations product data management were proposed.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

| | | |
|---|--|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 6 |
| 2 | WÄRTSILÄ POWER PLANTS | 7 |
| 3 | OHJEEN LAATIMINEN | 9 |
| | 3.1 Hyvän ohjeen laatiminen | 9 |
| | 3.2 Suunnitteluohjeen laatiminen..... | 10 |
| 4 | TUTKIMUSOSA | 14 |
| | 4.1 Törmäystarkastelu..... | 14 |
| | 4.2 Putkitilavuuksien laskenta | 17 |
| | 4.3 Weld assistant – hitsaustyökalu | 20 |
| 5 | OHJEISTUKSET | 23 |
| | 5.1 Reference Set | 23 |
| | 5.2 Massojen muokkaus..... | 25 |
| | 5.3 Putkieristeiden tilanvarauksen mallintaminen | 25 |
| | 5.4 Putkieristeiden tuotetiedon hallinta..... | 27 |
| 6 | TULOSTEN TARKASTELU | 29 |
| 7 | JATKOKEHITYSEHDOTUKSET | 31 |
| | 7.1 NX Check-Mate | 31 |
| | 7.2 Törmäystarkastelu..... | 31 |
| | 7.3 Putkitilavuudet | 32 |
| | 7.4 Hitsaustyökalut | 32 |
| | 7.5 Reference Set | 33 |
| | 7.6 Massojen muokkaus..... | 33 |
| | 7.7 Putkieristeet..... | 33 |
| 8 | YHTEENVETO | 35 |
| | LÄHTEET..... | 36 |

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

| | |
|------------|--|
| NX | Siemensin 3D-suunnitteluohjelma. |
| PDM | Product Data Management, tuotetiedon hallinta. |
| Teamcenter | Siemensin tuotetiedon hallinta -ohjelma. |
| IMO | ruotsalainen hydraulipumppuja valmistava yritys. |
| PDMS | Plant Design Management System, laitossuunnitteluohjelmisto. |
| IDM | Integrated Document Management, Wärtsilän käyttämä dokumenttien hallintajärjestelmä. |
| LNG | Liquefied Natural Gas, nesteytetty maakaasu. |

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia Siemensin NX 8.5-suunnitteluohjelmiston työkaluja ja laatia niistä ohjeistus suunnittelijoita varten. Työ tehtiin Wärtsilä Power Plantsin teknologiaosastolle. Wärtsilä aloitti Siemens NX- ja Teamcenter-ohjelmistojen käyttöönoton vuonna 2011. NX korvaa aikaisemmin käytössä olleen PDMS-ohjelman.

Työssä tutkittiin NX:n hitsaus- ja törmäystarkastelutyökalujen ominaisuuksia, toimintaa ja käyttökelpoisuutta voimalaitosmoottoreiden apulaitteiden eli moduulien suunnittelussa. Käyttökelpoisiksi osoittautuneista ohjeista laadittiin kuvitettu ohje. Lisäksi laadittiin ohjeet putkieristeiden tilanvarauksien mallintamisesta, komponenttien massojen muokkaamisesta ja Reference Setin käytöstä. Lopuksi pohdittiin mahdollisia ratkaisuja putkieristemateriaalien tuotetiedon hallintaan.

Ohjeet ovat osa laajempaa suunnitteluohjetta, Module Design Guidea, joka julkaistaan Wärtsilän IDM-tietokannassa. Ohjeet on tarkoitettu tueksi suunnittelijoille, joilla on kokemusta 3D-mallinnusohjelmien kanssa työskentelystä. Tästä syystä ohjeessa ei selitetä NX:n perusominaisuuksia.

2 WÄRTSILÄ POWER PLANTS

Wärtsilä perustettiin vuonna 1834. Nykyään yrityksen liikevaihto on noin 4,72 miljardia euroa. Yritys on jaettu kolmeen pääliiketoimintoon, jotka ovat Ship Power, Power Plants ja Services-osasto. Ship Power toimittaa laivojen moottoreita ja propulsiojärjestelmiä. Services osasto huoltaa kaikkia Wärtsilän toimittamia järjestelmiä, mutta sillä on myös merkiriippumatonta huoltotoimintaa maailmaan suurimmissa satamissa.

Wärtsilä Power Plants toimittaa ja kehittää kaasu- ja polttoöljykäyttöisiä alle 500 MW:n voimalaitoksia (**Kuva 1.**). Wärtsilän strategia on toimittaa asiakkaalle koko voimalaitos avaimet käteen periaatteella, toisin kuin kilpailevat yritykset, jotka yleensä toimittavat pelkän laitteiston. Wärtsilän merkittävä kilpailuetu onkin vahva osaaminen projektihallinnassa, voimalaitoksia kyetään toimittamaan jopa alle vuoden toimitusajalla.

Wärtsilän voimalaitokset ovat erittäin joustavia ja niitä käytetään usein vastaamaan sähkön tarpeen nopeisiin nousuihin ja laskuihin. Wärtsilän voimalaitosta voidaan ajaa täydellä kuormalla jo viiden minuutin kuluttua käynnistyksestä, kun kilpailevalla kaasuturbiinitekniikalla käynnistysaika on noin 60 minuuttia. Vastaavasti Wärtsilän voimalaitoksen voi myös pysäyttää huomattavasti lyhyemmässä ajassa kuin kaasuturbiinivoimalan. Tämä tulee olemaan tärkeä kilpailuetu, koska uusiutuvien energianlähteiden, kuten tuuli- ja aurinkovoiman käyttö tulee lisääntymään tulevaisuudessa, mikä lisää myös nopeasti reagoivan säätövoiman tarvetta. Tämän vuoksi Wärtsilä Power Plants on luonut Smart Power Generation markkinointikonseptin ja oppimateriaalin. /1/

Wärtsilän moottoreiden hyötysuhde ei myöskään laske yhtä merkittävästi pienellä kuormalla ajettaessa kuin muilla voimalaitostyypeillä. Lisäksi käytettäessä useita moottoreita, yhden suuren turbiinin sijaan, saavutetaan huomattavasti parempi toimintavarmuus, koska yhden moottorin vioittuessa muut voivat silti jatkaa toimintaansa. Moottorit voidaan myös huoltaa yksitellen, jolloin pitkiä huoltoseisokkeja ei yleensä tarvita. Usean moottorin käyttö lisää myös

voimalaitoksen joustavuutta, kun moottoreita voi käynnistää ja sammuttaa tarpeen mukaan.

Polttoaineista nesteytetty maakaasu (LNG) on yleisin polttoainetyyppi tällä hetkellä toimitetuissa voimalaitosmoottoreissa. Lisäksi kehittyviin maihin toimitetaan usein monipolttoainemoottoreilla (Dual fuel) varustettuja laitoksia, koska tiettyjen polttoainetyyppien saatavuus saattaa vaihdella merkittävästi, tai jos esimerkiksi maakaasua aiotaan käyttää tulevaisuudessa, mutta sitä ei vielä ole saatavilla. Tällöin voimalaitosta voidaan ajaa esimerkiksi raskaalla polttoöljyllä, kunnes kaasuntoimituslinjat saadaan rakennettua. Wärtsilä on myös kehittänyt järjestelmiään siten, että voimaloiden vedentarve on hyvin pieni, jolloin niitä voidaan rakentaa myös paikkoihin, joissa veden saatavuus on rajallinen.

Auxiliary Technology -tiimi kehittää voimalaitosmoottoreiden apulaitteita eli moduuleita (**Kuva 2.**). Moduulit sisältävät pumppuja, venttiilejä, lämmittimiä ja suodattimia, joilla käsitellään muun muassa polttoainetta, voiteluöljyä ja vettä. Ohje laadittiin erityisesti Auxiliary technology -tiimin tarpeisiin.



Kuva 1. 3D-malli Wärtsilän voimalasta.



Kuva 2. Moduulin 3D-malli.

3 OHJEEN LAATIMINEN

3.1 Hyvän ohjeen laatiminen

Ohjeiden laatiminen on tärkeä osa teknistä dokumentointia. Ohjeiden laatimisesta on kehitetty standardi IEC 182079-1. Standardin mukaan ohje on tuotteen valmistajan antama tuotteen turvallista ja tehokasta käyttöä koskeva tieto. Ohjeiden on sallittava ja varmistettava tuotteen oikea käyttö. Ohjeessa on myös mainittava tuotteen kohtuudella ennakoitavissa olevat käyttövirheet ja niiden aiheuttamat riskit. /2/

Hyvä ohje on selkeä, tasapainoinen ja helppolukuinen. Sen tulee myös välittää tieto lukijalle yksiselitteisesti ja ymmärrettävästi sellaisella kielellä, jota käyttäjä ymmärtää. Teknisessä dokumentissa ei tule pyrkiä erityisen taiteelliseen vaikutelmaan, eikä liian hienoja tyylikeinoja kannata käyttää, koska ne saattavat vaikeuttaa ohjeen ymmärtämistä. Turhia varoitustekstejä tulee myös välttää, koska ne heikentävät muiden varoitusten tehoa.

Ohjetta laatiessa on kiinnitettävä erityistä huomiota tekstin esitystyylisiin. Esimerkiksi verbien aktiivimuotoja kannattaa käyttää passiivimuotojen sijaan. Käskyt ovat myös huomattavasti tehokkaampia ja yksiselitteisempiä kuin kehoitukset. Ohje on kohdistettava suoraan lukijalle.

Teknisen dokumentin laatiminen on jaettu seuraaviin vaiheisiin:

- dokumentin tarkoituksen määrittäminen
- kohderyhmän määrittäminen
- tiedon kerääminen
- tiedon jäsentely ja rajaus
- ensimmäisen version kirjoittaminen
- dokumentin testaus ja päivitys
- julkaisu.

Ohjetta kirjoitettaessa tulee aina huomioida mille kohderyhmälle ohjetta laaditaan. Esimerkiksi auton käyttöohjekirja on täysin eri tavalla kirjoitettu kuin saman

auton korjaamokäsikirja, koska niiden kohderyhmä ja käyttötarkoitus ovat täysin erilaiset.

Tietoa kannattaa aina kerätä hieman enemmän kuin on tarpeellista. Tästä raakatiedosta rajaamalla saadaan ohjeeseen sisällytettyä sopiva tietomäärä, ilman että ohje jää vajavaiseksi. Tiedon myöhempi lisääminen onnistuu myös helpommin, kun tieto on jo valmiiksi kerätty ja arkistoitu. Kyky rajata tietoa on ohjeen kirjoittajalle tärkeä taito, koska kaikki ylimääräinen tieto ohjeessa heikentää ohjeen luettavuutta. Tieto tulee myös jäsenellä selkeästi, jotta lukija löytää sen mahdollisimman vaivattomasti.

Kun ohjeen ensimmäinen versio on kirjoitettu, kannattaa se tarkistuttaa esimerkiksi asiantuntijalla, asiakkaalla tai kollegalla ennen julkaisua. Usein tässä vaiheessa tulee ilmi tärkeitä puutteita ja korjauksia, jotka tulee tehdä ennen asiakirjan julkaisua.

Ohjeen luetuttaminen saattaa myös antaa täysin uusia näkökulmia asian tarkasteluun. Jos ohjeen kirjoittaja on esimerkiksi työskennellyt asian parissa pitkään, saattaa hän pitää sellaisia asioita itsestäänselvyyksinä, jotka ovat loppukäyttäjälle täysin vieraita. /3/

Näitä periaatteita noudattaen laadittiin sekä ohjeet Wärtsilälle että opinnäyte-työraportti.

3.2 Suunnitteluohjeen laatiminen

Opinnäytetyö tehtiin osana Module Design Guide -ohjetta. Ohjeen tarkoitus on toimia suunnittelijoiden tukena voimalaitosmoottoreiden apulaitteiden suunnittelussa. Ohjeen tulee olla sellainen, että suunnittelija voi helposti tarkistaa työkalun tai työtavan toiminnan, mikäli hän ei sitä ennestään tunne tai muista. Mahdollisten käyttövirheiden aiheuttamat riskit olivat niin minimaaliset, että niitä ei ohjeessa erikseen mainittu.

Module Design Guide tehtiin Wärtsilän voimalaitosteknologiaosaston Auxiliary Technology -tiimin ja sen alihankkijoiden käyttöön. Koska kohderyhmänä oli

suunnittelutiimi, jolla on aiempaa kokemusta suunnitteluohjelmistojen käytöstä, ei ohjeessa selitetty NX:n peruskäyttöä, vaan ainoastaan eri työkalujen toimintaa ja niiden käyttöä osana voimalaitosmoduulien suunnittelua. Ohjeet kirjoitettiin englannin kielellä, joka on Wärtsilän virallinen kieli.

Työn suunnitteluvaiheessa sovittiin kolme tutkimuskohdetta ja kolme ohjeistus-kohdetta, jotka tulisivat osaksi Module Design Guidea. Tutkimuskohteet olivat törmäystarkastelu (Clearance Check), hitsaustyökalu (Weld Assistant) ja putkitilavuuksien laskenta. Tiimillä ei ollut aikaisempaa kokemusta tutkittavista työkaluista, eikä niiden käyttökelpoisuudesta moduulien suunnittelussa, joten työ täytyi aloittaa täysin puhtaalta pöydältä.

Tiedon kerääminen aloitettiin Siemensin omilta ohjesivuilta. Sivut saa auki painamalla F1-näppäintä kun tutkittava työkalu, esimerkiksi Weld Assistant on aktiivisena. Siemensin ohjeet olivat melko vaikeaselkoiset, eivätkä ne sisältäneet lainkaan kuvia. Lisäksi Wärtsilälle kehitetty PDM-ympäristö ja sen mahdollisuudet ja rajoitukset tuli ottaa huomioon ohjetta laatiessa.

Tutkimus aloitettiin aina selvittämällä jokaisen työkalun toiminta Siemensin ohjeiden avulla. Tämän jälkeen selvitettiin oliko työkalu käyttökelpoinen moduulien suunnittelussa. Jos työkalu ei ollut riittävän helppokäyttöinen, tai jos se teki mallista liian raskaan ja monimutkaisen työkalusta saatavaan hyötyyn nähden, ei työkalua otettu käyttöön. Jos työkalua ei otettu käyttöön, mutta sillä kuitenkin oli jotain käyttöarvoa, laadittiin siitä erillinen ohje siltä varalta, että työkalulle tulevaisuudessa keksittäisiin jotain hyödyllistä käyttöä.

Ohjeistuskohteet olivat komponenttien massojen muokkaus ja Reference Setin käyttö sekä putkieristeiden tilanvarauksen mallintaminen. Nämä työkalut oli jo valmiiksi tutkittu ja havaittu toimiviksi. Niistä laadittiin ainoastaan ohjeistus. Reference Settien luomisesta laadittiin lisäksi erillinen ohje, jossa käydään läpi Reference Settien luominen IMO:n ruuvipumpun step-mallille.

Ohjeen laatimista varten oli luotu valmis Power Point -pohja. Power Pointia käytettiin siksi, että se sisältää hyvät työkalut nuolien, puhekuplien ja muiden

muotoilukeinojen luomiseen. Power Pointissa on myös se etu, että sitä voidaan kätevästi esitellä koulutustilaisuuksissa videotykin välityksellä. Lähes kaikki Wärtsilän sisäiset ohjeet on laadittu Power Pointilla.

Pohja sisälsi ohjeen rakenteen sekä muutamia valmiita ohjesivuja, joista otettiin mallia ohjesivujen laatimiseen (**Kuva 3.**). Lopulliseen Module Design Guiden sisällysluetteloon lisättiin hyperlinkit, joiden avulla siirtyminen halutulle ohjesivulle onnistuu helposti. Lisäksi jokaisen ohjesivun vasempaan alalaitaan lisättiin Back to Steps -painike, jolla pääsee siirtymään takaisin sisällysluetteloon.

Ohje laadittiin siten, että se pysyisi mahdollisimman helppolukuisena. Teksti pidettiin lyhyenä, selkeänä ja käskymuotoisena. Tekstin sijaan pyrittiin käyttämään mahdollisimman paljon kuvia. Kuvien tuli olla riittävä suuria eikä niitä saanut olla yhdellä sivulla kolmea enempää. Kuvat rajattiin siten, että ne sisältävät ainoastaan oleellisen tiedon.

Oranssilla värillä rajatut tekstikentät, nuolet ja numeroinnit ilmaisevat työjärjestyksen selkeästi ja yksiselitteisesti. Jos näytti siltä, että nuolia ja tekstikenttiä tulee liian monta yhdelle sivulle, jaettiin sivun tieto kahteen osaan, jos se oli mahdollista.

Kun ohjeiden ensimmäiset versiot oli laadittu, ne lähetettiin tarkistettavaksi Ville Verkamalle, joka toimi työn ohjaajana Wärtsilän puolelta. Ohjeisiin tehtiin joitain rajauksia ja lisäyksiä ohjaajan antamien kommenttien perusteella. Esimerkiksi merkittävä osa Reference Set-ohjeesta jätettiin pois Module Design Guidesta.

Kun ohjeet oli päivitetty ja korjattu, ne luovutettiin ohjaajalle, joka lisäsi ne lopulliseen Module Design Guideen. Hän vastasi myös loppujen ohjeiden laatimisesta. Myös erillisohjeet toimitettiin ohjaajalle. Erilliset ohjeet arkistoitii myöhempää käyttöä varten.

Routing – Overstocks on fittings

Overstock on fittings tool is used when insulation is applied on fitting parts like elbows and flanges etc.

1 Select overstock on fittings from the toolbar

2 Select face

3 The insulation type can be changed from specify overstock

Back to Steps

10/21 © Wartsila 3 July 2009 Presentation name / Author Doc ID: ORAC420202 Revision: a.3 Status: Draft

WÄRTSILÄ

Kuva 3. Mallin mukaan tehty ohjesivu.

4 TUTKIMUSOSA

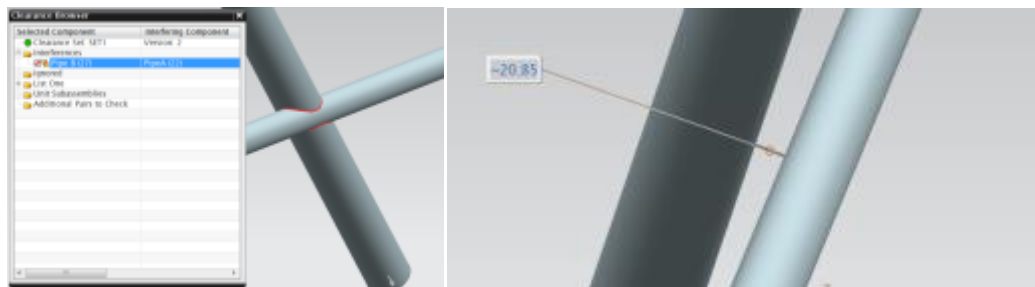
4.1 Törmäystarkastelu

Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia törmäystarkastelu- eli Clearance Check -työkalun toimintaa ja soveltuvuutta moduulien suunnitteluun. Törmäystarkastelulla voidaan helpottaa suurten kokoonpanojen suunnittelua ja vähentää suunnitteluvirheitä, joissa osat törmäyvät toisiinsa tai ovat liian lähellä toisiaan.

Esitutkimus aloitettiin tutustumalla Siemensin omaan ohjeistukseen työkalun käytöstä. Siemensin ohjeistus oli melko laaja ja siitä pyrittiin karsimaan ylimääräiset osat pois sekä tiivistämään teksti yksiselitteisempään muotoon. /4/ Lisäksi Siemensin ohjeissa ei ollut lainkaan kuvia, joten kuvat oli luotava itse kuvankaappaustyökalulla.

Työkalun perustoiminnot todettiin helppokäyttöisiksi ja niistä laadittiin ohjeistus. Työkalu listaa kaikki havaitut törmäykset. Kun listalta valitaan törmäys, näkyy kyseinen törmäys mallissa punaisella värillä (**Kuva 4.**). Törmäystä voidaan tarkastella myös siten, että ohjelma piilottaa mallista kaikki muut paitsi törmäyvät komponentit. Jos törmäyksiä ei löydy, antaa ohjelma ilmoituksen ”No interferences found”.

Perusominaisuuksiin kuului myös Default Clearance Zone -työkalu eli eräänlainen turvavyöhyke, jolla voidaan varmistaa että osien välille jää vähintään määritelty minimietäisyys (**Kuva 5.**). Myös Default Clearance Zonesta laadittiin ohjeistus.



Kuva 4. Kova törmäys.

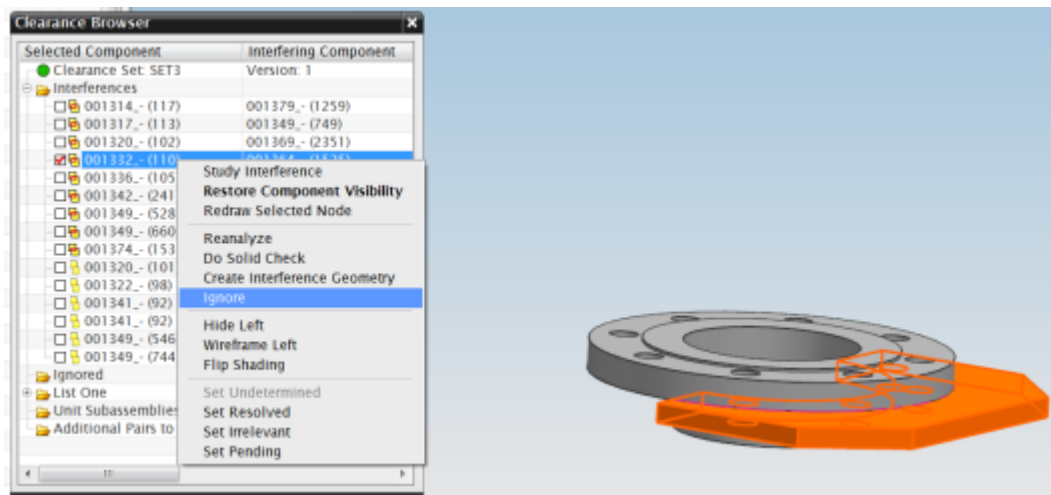
Kuva 5. Clearance Zonen törmäys.

Vaikka esitukimuksen aikana työkalun perustoiminnot todettiin helppokäyttöisiksi, todettiin ne myös riittämättömiksi työskenneltäessä suurten kokoonpanojen kanssa. Tämä nähtiin merkittäväksi puutteeksi, koska törmäystarkastelun tärkeimpiä käyttökohteita ovat juuri suuret kokoonpanomallit. Yksinkertaisissa kokoonpanoissa törmäystarkastelun voi suorittaa silmämääräisesti.

Törmäystarkastelutyökalun suurin hyöty saavutetaan suurissa ja monimutkaisissa kokoonpanomalleissa. Yksinkertaisessa tarkastelussa saattaa ilmetä muun muassa tilanteita, joissa ohjelma luulee tavallista laippaliitosta törmäykseksi. Tämän vuoksi törmäystarkastelun perustyökalut eivät riitä, vaan käyttöön on otettava Advanced-välilehdeltä löytyvät lisätyökalut.

Suoritettaessa törmäystarkastelua kokoonpanomallille, joka sisältää alikokoonpanoja tulee Advanced-välilehdeltä rastittaa kohta ”Ignore pairs within the same subassembly”. Lisäksi kannattaa rastittaa Mated Pairs -ruutu, joka jättää tarkastelussa huomioimatta kokoonpanorajoitteilla toisiinsa liitetyt komponentit. Törmäystarkastelun kannalta on erittäin tärkeää, että kokoonpanot ovat täysin rajoitettuja, jotta vältetään turhilta törmäysilmoituksilta.

Itse tarkastelu suoritetaan Object Zones -työkalulla. Todennäköisesti tarkastelu antaa suurehkon määrän turhia ilmoituksia, jotka täytyy kuitata Ignore -komennolla (**Kuva 6.**). Kannattaa kuitenkin ensin tarkistaa, että osa on kunnolla rajoitettu.



Kuva 6. Ignore komennon käyttö.

Jos käyttää Clearance Zoneja, kannattaa ne asettaa vasta sitten kun niin sanotut kovat törmäykset on tarkistettu ja korjattu, koska pienikin Clearance Zone -arvo voi lisätä turhien törmäy ilmoitusten määrää merkittävästi. Clearance Zonen käyttökelpoisuutta voidaan jopa hieman kyseenalaistaa, koska sen käyttö saattaa osoittautua liian työlääksi saavutettuihin hyötyihin nähden. Pienempiä osakokonaisuuksia tarkasteltaessa se saattaa olla käyttökelpoinen. Module Design Guideen lisättiin erillinen ohje suurten kokoonpanojen törmäystarkastelusta.

Törmäystarkastelutyökalu todettiin perusominaisuuksiltaan toimivaksi vaikkakin hieman työlääksi käyttää. Erityisesti monimutkaisten kokoonpanomallien kanssa. Wärtsilä ottaa sen kuitenkin käyttöön, koska oikein käytettynä työkalu voi olla merkittävä apu suunnittelutyössä.

Tarkan ohjeistuksen laatiminen oli haastavaa, koska törmäystarkastelu on hyvin tapauskohtaista ja jokaista mahdollista tilannetta on mahdoton sisällyttää yhteen ohjeeseen. Törmäystarkastelusta laadittiin Module Design Guideen ohje, joka sisältää törmäystarkastelun perusominaisuudet ja peruskäytön sekä ohjeita suurten kokoonpanomallien törmäystarkasteluun.

4.2 Putkitilavuuksien laskenta

Työn toinen tutkimuskohde oli putkitilavuuksien laskenta NX:llä. Putkitilavuuksia voitaisiin hyödyntää esimerkiksi laskettaessa moduulin kokonaispainoa täytenä. Tutkimuksen ensisijaiseksi tavoitteeksi asetettiin valmiin laskentatyökalun löytäminen ja sen käytön ohjeistus.

Jos valmista työkalua ei löydy, tehtäväksi jää selvittää millä muulla tavalla putkien tilavuudet voidaan määrittää mahdollisimman helposti. Putkitilavuudet eivät kuitenkaan ole merkittävän tärkeää tietoa, joten mikäli tarpeeksi yksinkertaista keinoa ei löydy ei erillistä ohjeistusta tarvitse laatia.

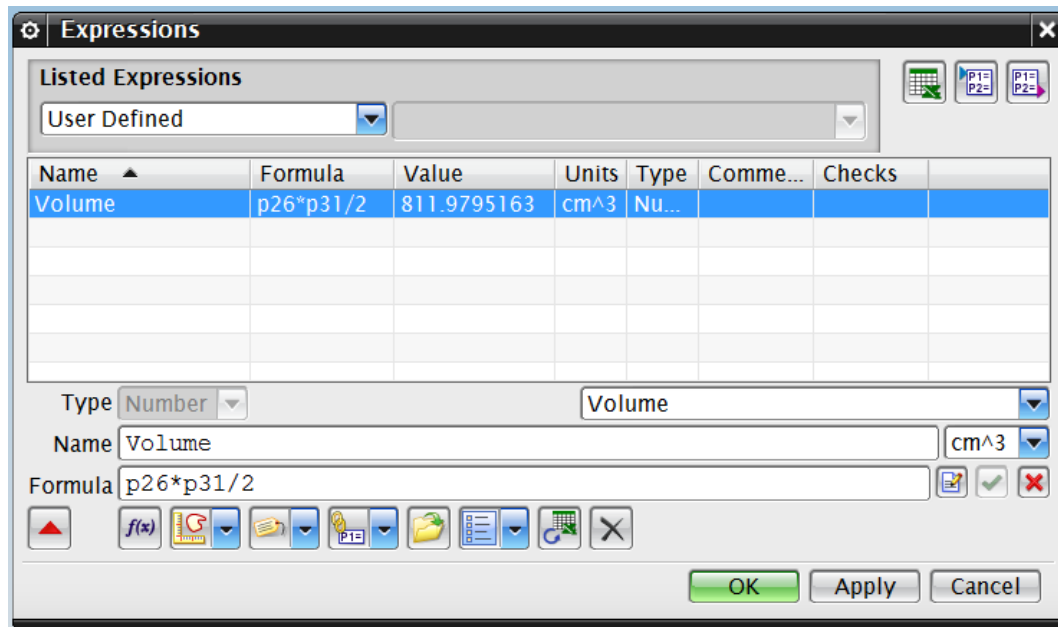
Heti tutkimuksen alkuvaiheessa osoittautui että valmista työkalua putkitilavuuksille ei löydy. Asia varmistettiin myöhemmin myös Idealin edustajalta Joakim Simonsilta. Esitutkimuksen aikana kehiteltiin erilaisia menetelmiä tilavuuksien laskemiseksi. Lopulta kolmea ideaa alettiin tutkia tarkemmin.

Ensimmäinen idea oli laskea putkien tilavuus putkilinjan keskiviivojen ja säteiden avulla. Menetelmä toimisi siten, että hiirellä osoitetaan putkien keskilinjat ja säde, joiden mitat syötetään sopivaan yhtälöön, joka antaa tilavuuden arvon. Menetelmä osoittautui kuitenkin haasteelliseksi, koska putkiston käyrillä osilla (elbow) ei ole valmista keskilinjaa, joten menetelmä ei toimisi kuin putkiston suorilla osuuksilla.

Toinen idea oli pursottaa putkien sisätilavuudet solideiksi ja mitata syntyneiden solidien tilavuudet Measure Bodies -työkalulla. Menetelmä hylättiin heti alussa, koska se tiedettiin työlääksi, vaikka sillä saadut tulokset ovatkin todella tarkkoja.

Menetelmän käyttöönotto olisi edellyttänyt, että valmiisiin komponentteihin olisi tehty sisälle solidi, jonka materiaaliksi olisi määrätty ilma, jotta se ei kasvattaisi komponentin massaa. Lisäksi routingilla tehtyihin putkiin solidit olisi pitänyt luoda erikseen. Tämän jälkeen linjan kokonaistilavuus olisi saatu laskemalla yhteen solidien tilavuudet. Tutkimuksen yhteydessä menetelmää käytettiin tarkistettaessa muiden laskentatapojen tuloksia.

Kolmas ja paras laskentatapa syntyi keskiviivamenetelmän pohjalta. NX sisältää mittaustyökalun, jolla voidaan mitata putkien sisäpinta-ala ja säde. Saadut arvot sijoitetaan sopivaan lausekkeeseen, joka antaa tilavuuden arvon hyvällä tarkkuudella (**Kuva 7**).



Kuva 7. Putkitilavuuden kaava sijoitettuna NX:ään.

Menetelmä kehittyi, kun käyrälle putkelle pyrittiin laskemaan keskiviivan pituutta. Huomattiin, että putkea taivutettaessa putken sisäpinta-ala ja tilavuus eivät muutu jos putken säde on vakio. Putken keskilinjan pituus ei myöskään muutu, joten tilavuus voidaan laskea keskilinjan pituuden avulla.

Suoran ja taivutetun putken keskiviivan pituus h saadaan lierion vaipan pinta-alan kaavasta (1).

$$A = 2\pi r h \rightarrow h = \frac{A}{2\pi r} \quad (1)$$

Kun tämä sijoitetaan lieriön tilavuuden kaavaan, saadaan putken tilavuus laskettua säteen r ja sisäpinta-alan A avulla (2).

$$V = \pi r^2 h \rightarrow V = \frac{\pi r^2 A}{2\pi r} \rightarrow V = \frac{rA}{2} \quad (2)$$

Menetelmä toimii todella hyvin mikäli putkien säteet pysyvät vakiona. Jos putkilinjassa käytetään erisäteisiä putkia, on mittaukset suoritettava erisäteisille putkille erikseen. Menetelmälle ongelmallisia tapauksia ovat komponentit, kuten putkien supistukset, joissa säde ei pysy vakiona. Tutkimuksissa huomattiin kuitenkin, että supistuksien tilavuudet voi laskea samalla menetelmällä, koska syntyvä virhe on vain 10-15 % suuruinen, mikä ei vaikuta lopulliseen kokonaistilavuuteen merkittävästi.

Lopulta suurimman ongelman aiheuttavat monimutkaisemmat komponentit, kuten pumput ja suodattimet, joiden 3D-mallit ovat yleensä sellaisia, että niistä ei voi laskea tilavuutta suoraan, vaan tilavuus on selvitettävä erikseen tuotekatalogista tai valmistajan edustajilta. Tämä tekee tilavuuksien tarkasta määrittämisestä huomattavasti työläämpää.

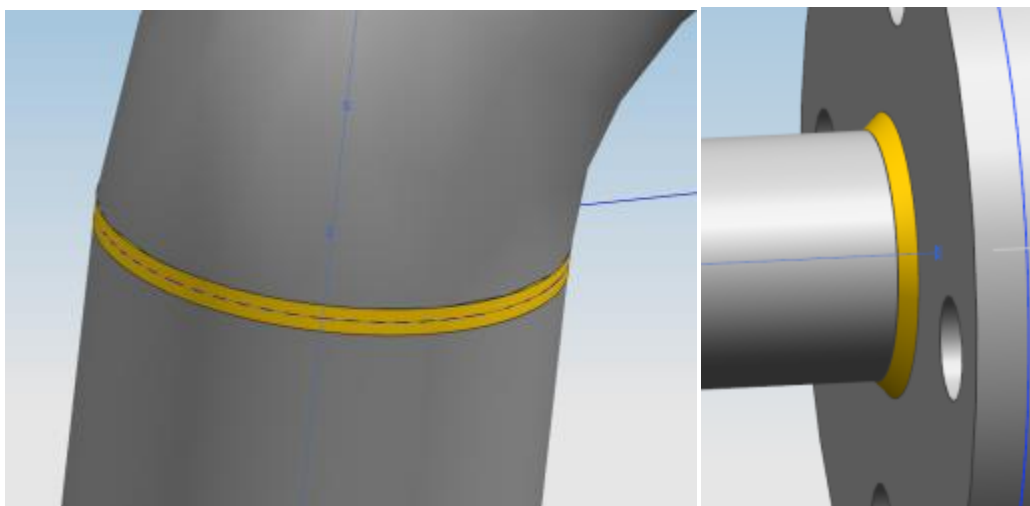
Putkitilavuuksien laskennan tutkimuksessa ei päästy ensisijaiseen tavoitteeseen, mutta tilavuuksien laskentaan löydettiin kohtuullisen toimiva laskentatapa. Työtavasta tehtiin lyhyt ohjeistus, mutta sitä ei sisällytetty Module Design Guideen, koska työtappaa pidettiin liian työläänä hyödyllisyyteensä nähden.

Idealilla olisi mahdollista teettää putkitilavuuslaskentatyökalu tilaustyönä, jonka pohjana voisi käyttää esimerkiksi tässä tutkimuksessa käytettyjä laskutappaa. Ominaisuutta ei kuitenkaan pidetty investoinnin arvoisena.

4.3 Weld assistant – hitsaustyökalu

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää NX:n hitsaustyökalujen toiminta ja käyttökelpoisuus moduulien suunnittelussa. Jotta hitsaustyökalu otettaisiin käyttöön, tulee sen olla helppokäyttöinen, sillä tulee kyetä selvittämään vähintään hitsien pituudet ja tilavuudet ja sen käyttäminen ei saa tehdä mallista liian raskasta ja monimutkaista.

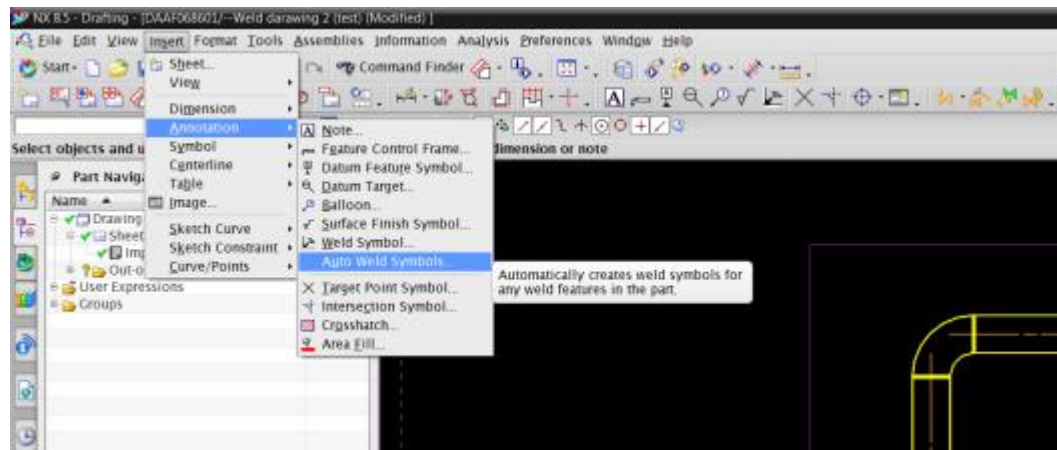
Weld Assistant on NX:n hitsaustyökalu, jolla voi mallintaa hitsejä ja muokata komponenttien malleja hitsausta varten (**Kuvat 8. ja 9.**). Weld Assistant sisältää kattavan valikoiman erityyppisiä hitsejä.



Kuva 8. V-hitsi.

Kuva 9. Pienahitsi.

Weld Assistantin avulla piirustuksiin saa lisättyä hitsausmerkinnät automaattisesti (**Kuva 10.**). Merkinnät myös päivittyvät piirustuksessa, jos hitsiä muutetaan 3D-mallissa. Weld Assistantilla saa selvitettyä myös yksittäisten hitsien tietoja, kuten hitsin pituuden ja tilavuuden, mutta kaikkien hitsien yhteispituutta ja yhteistilavuutta ei saa suoraan selville. /5/



Kuva 10. Hitsausmerkintöjen lisääminen automaattisesti.

Weld Assistantin heikkous on sen vaikeakäyttöisyys. Se myös luo valtavan määrän uusia piirteitä malliin, mikä tekee mallista huomattavasti raskaamman ja vaikeaselkoisemman. Nämä ongelmat aiheuttivat Weld Assistantin hylkäämisen jo melko aikaisessa vaiheessa.

Weld Assistantin hyödyt todettiin myös todella pieniksi, koska hitsausmerkkien lisääminen piirustuksiin on manuaalisesti huomattavasti nopeampaa kuin saumojen mallintaminen. Lisäksi hitsien pituudet ja tilavuudet eivät ole erityisen tärkeää tietoa.

Structure Welding on uudehko työkalu, joka on kehitetty NX:n laivansuunnittelulisäosan yhteydessä. Structure Welding merkitsee saumat ainoastaan värikkäillä viivoilla ja teoriassa sillä voidaan luoda suuri määrä hitsejä kerralla, joten sen tulisi sopia hyvin käytettäväksi suurten kokoonpanomallien kanssa.

Hitsin pituustiedot sai myös selville samalla tavalla kuin Weld Assistantilla. Tilavuutta ei saatu selvitettyä, koska attribuutteja ei voinut muokata vaikka Siemensin ohjeiden mukaan sen olisi pitänyt olla mahdollista. /6/

Structure Welding on täysin kokeiluasteella ja kysyttäessä Idealilta, eivät heidän osanneet neuvoa sen käytössä, koska heillä ei ole yhtään asiakasta, joka käyttäisi kyseistä työkalua. Toisin sanoen, jos Structure Welding -työkalu halutaan ottaa käyttöön, se täytyy kehittää ensin valmiiksi yhteistyössä Idealin kanssa. Tämä taas vaatii merkittävästi vaivannäköä ja kallista työaikaa.

Sekä Weld Assistant- että Structure Welding -työkalut todettiin soveltumattomiksi moduulien suunnitteluun. Vaikka työkaluilla saatiin halutut tiedot selvitettyä, olivat työkalut liian vaikeakäyttöisiä niillä saavutettaviin hyötyihin nähden. Weld Assistantin peruskäytöstä laadittiin ohjeet, mikäli sitä tulevaisuudessa halutaan tutkia enemmän. Structure Weldingistä ei laadittu erillistä ohjetta, koska sen peruskäyttö toimii samalla tavalla kuin Weld Assistantilla. Ainoastaan tapa jolla hitsit näkyvät mallissa on erilainen.

Hitsaustyökalut olisivat luultavasti paljon käyttökelpoisempia, jos käytettäisiin robotisoituja hitsausjärjestelmiä, koska työkaluilla saa muodostettua hitsien paikkatiedot 3D-koordinaatistossa. Näitä tietoja voisi käyttää hitsausrobottien ohjelmointiin.

5 OHJEISTUKSET

5.1 Reference Set

Työn toinen päävaihe oli tuottaa ohjeistus kolmelle jo kuluneen kesän aikana tutkitulle ja toimivaksi todetulle työkalulle. Näistä ensimmäinen oli komponenttien Reference Set.

Reference Set -työkalun avulla voidaan määrittää, millä tavalla komponentti näkyy kokoonpanomallissa tai piirustuksessa. Jokaiselle komponentille on oletuksena kolme Reference Settiä: model, entire part ja empty. Entire part sisältää kaikki mallin piirteet, apupiirteet ja luonnokset (sketch). Model sisältää oletuksena kaikki kiinteät piirteet ilman apupiirteitä ja luonnoksia. Empty ei sisällä mitään piirteitä, joten sen avulla komponentin voi piilottaa kokonaan kokoonpanosta.

Reference Set mahdollistaa usean esitystavan luominen yhdelle materiaalinumerolle. Materiaalinumero voisi esimerkiksi sisältää yksityiskohtaisen ja yksinkertaistetun 3D-mallin. Yksityiskohtaista mallia käytettäisiin komponentin valmistuspiirustuksissa ja yksinkertaistettua mallia kokoonpanomalleissa. Reference Setin ansiosta saman komponentin erilaisille esitystavoille ei tarvitse luoda omia materiaalinumeroita.

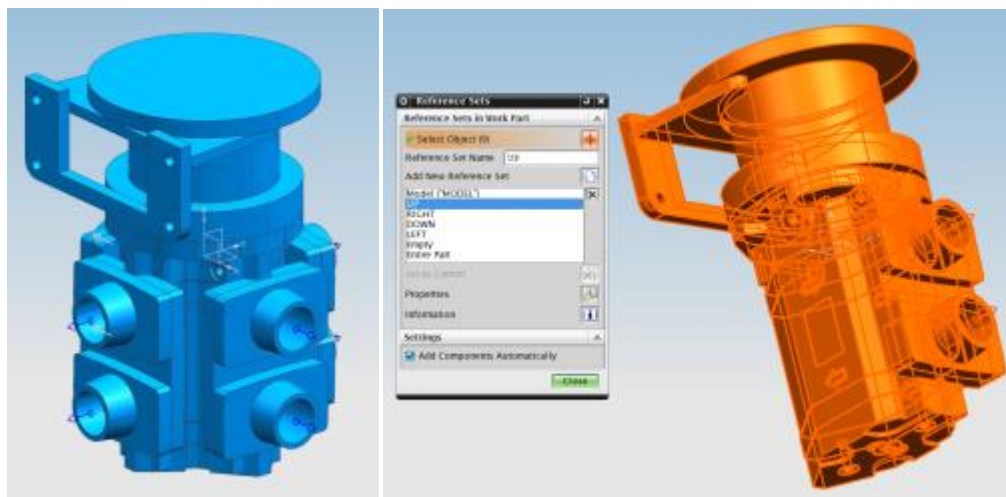
Reference Settiä käytetään myös silloin, kun yhdellä komponentilla on monta eri asennustapaa tai konfiguraatiota. Ohjeessa käytettiin esimerkkinä IMO:n ruuvipumppua, joka voidaan asentaa neljään eri asentoon omaan jalustaansa nähden (**Kuva 11.**). Reference Settien avulla kaikki asennot voidaan sisällyttää yhdelle materiaalinumerolle.



Kuva 11. IMO:n ruuvipumpun Reference Setit.

Esimerkkitapauksessa malli tuodaan Teamcenter-ympäristön ulkopuolelle, missä sen muokkaaminen on helpompaa. Kun malli on muokattu valmiiksi (**Kuva 12.**), se tuodaan takaisin Teamcenteriin ja sille luodaan Reference Setit.

Reference Set luodaan siten, että ensin piilotetaan kaikki piirteet, joita ei haluta sisällyttää Reference Settiin. Tämän jälkeen avataan Reference Set -työkalu. Seuraavaksi painetaan Add New Reference Set -näppäintä ja kirjoitetaan Reference Setille nimi esimerkiksi LEFT. Lopuksi valitaan kaikki näkyvät piirteet ja painetaan OK-näppäintä (**Kuva 13.**).



Kuva 12. Muokattu malli. **Kuva 13.** Reference setin luominen.

Reference Settien luomisesta tehtiin kaksi ohjetta, joista lyhyempi lisättiin Module Design Guideen. Lyhyempi ohje kertoo Reference Setin luomisesta yleisesti. Pidempi ohje sisältää tämän lisäksi ohjeita pumpun mallin muokkaamisesta

Teamcenterin ulkopuolella. Mallin muokkaaminen jätettiin pois Module Design Guidesta, koska muokkausvaihe on jokaiselle mallille yksillöllinen.

5.2 Massojen muokkaus

Komponentin massan (CAD Mass) muokkausohje oli osittain jatkoa Reference Set -ohjeelle. NX laskee komponentin massan kaikista sen sisältämistä piirteistä, huolimatta siitä mikä Reference Set on aktiivisena. Tämä aiheuttaa sen, että komponentin massasta tulee yleensä liian suuri. Toisaalta jos käytetään komponenttivalmistajan toimittamia step-malleja, kuten esimerkkitapauksessa, NX laskee komponentin massaksi 0 kg.

Massojen muokkaus on muulloinkin tarpeellista kuin Reference Settien kanssa työskennellessä. Suunnittelutiimin tapana on mallintaa komponentit mahdollisimman yksinkertaisiksi, koska ainoastaan osien tilanvaraus ja liitännät ovat moduulien suunnittelussa oleellisia. Tällöin esimerkiksi teräksinen paineilmatankki mallinnetaan umpinaiseksi.

Massojen muokkaus tehdään Analysis-valikon alla olevalla Advanced Weight Management -työkalulla. Työkaluikkunasta valitaan Assert Values -kentän alta Work Part, jolloin aukeaa uusi ikkuna. Ikkuna sisältää kentän, johon syötetään komponentin todellinen paino.

Teamcenterissä on tarkistustyökalu (Check-Mate), joka tarkkailee mitä työvaiheita komponentille on tehty ja estää revision hyväksymisen, jos joku vaadituista työvaiheista on jäänyt tekemättä. On suositeltavaa, että massojen muokkaus lisätään tarkistuslistaan. Näin moduulien kokonaismassat saadaan mahdollisimman tarkasti arvioitua jo ennen niiden valmistusta.

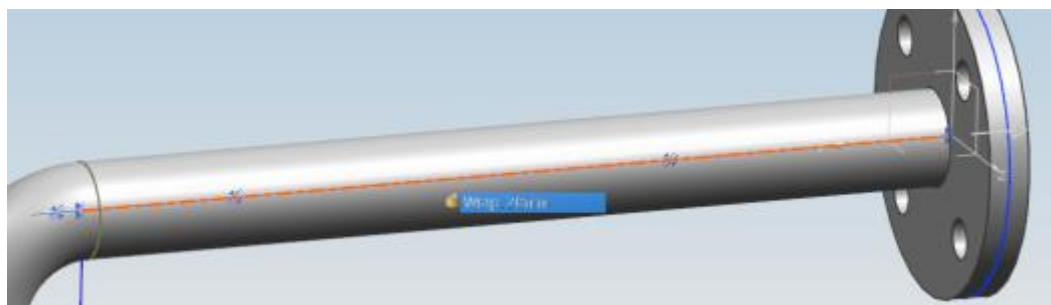
5.3 Putkieristeiden tilanvarauksen mallintaminen

Putkieristeiden tilanvaraus luodaan Overstock-työkalulla, joka kuuluu NX:n Mechanical Routing -lisäosaan. Eristeiden tilanvarauksien mallintaminen on tärkeä lisäominaisuus, koska moduulien valmistamisesta vastaavat alihankkijat

toivoivat, että eristeiden vaatima tila otettaisiin paremmin huomioon suunnittelussa.

Teamcenteriin on luotu kirjasto käytettävistä eristemateriaaleista ja eristeiden tilanvarauksista. Overstock-työkalulla luodaan ainoastaan tilanvarauksia. Eristemateriaalien tuotetiedon hallintaan se ei sovellu.

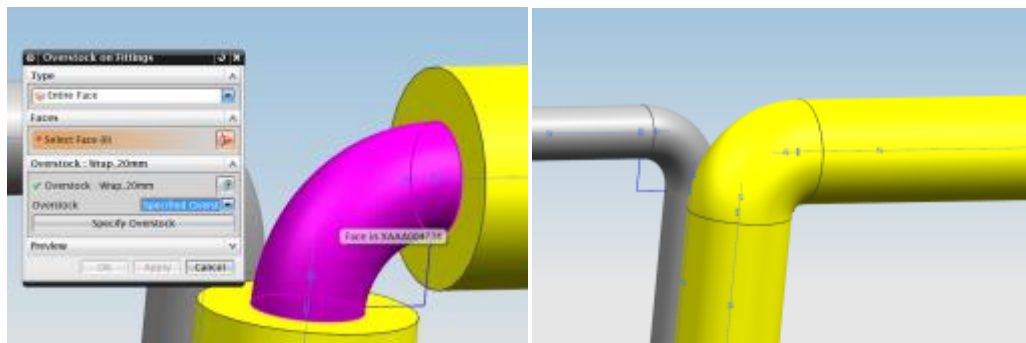
Eristeiden tilanvarauksien mallintaminen vaatii käytännössä kaksi työvaihetta. Ensimmäinen vaihe tehdään Overstock-työkalulla kaikkien Routing-työkalulla luotujen putkien päälle. Eristekirjasto avataan ikkunan vasemmasta laidasta. Kirjastosta valitaan sopiva eristeen tilanvaraus ja se raahataan hiirellä halutun putkiosuuden keskiviivan päälle (**Kuva 14.**).



Kuva 14. Eristeen lisäys malliin.

Eristeitä mallinnettaessa tulee tarkistaa Overlap Percentage -arvo, joka ainakin toistaiseksi on oletuksena 50 %. Arvo tulee asettaa nolaksi, koska muuten ohjelma luulee, että eristemateriaalia laitetaan useampi kuin yksi kerros, joka aiheuttaa sen, että eristeen mallista tulee liian paksu.

Toinen työvaihe koskee kaikkia muita kuin Routingilla luotuja osia, esimerkiksi putken käyriä osia ja laippoja. Näiden osien eristäminen tehdään Overstock on Fittings -työkalulla. Työkalu toimii siten, että eristettävästä osasta valitaan ne pinnat, joiden päälle eriste halutaan luoda (**Kuva 15.**). Eristekirjasto aukeaa Specify Overstock -painikkeella. Kun haluttu pinta ja eriste on valittu, painetaan OK-painiketta ja eriste ilmestyy valitun pinnan päälle (**Kuva 16.**).



Kuva 15. Overstock on Fittings.

Kuva 16. Valmiit eristeiden mallit.

5.4 Putkieristeiden tuotetiedon hallinta

Opinnäytetyön viimeisessä vaiheessa pohdittiin mahdollisia ratkaisuja putkieristeiden tuotetiedon hallintaan.

Eristemateriaalit lisätään kokoonpanomalliin siten, että Modeling -ympäristössä Classification -kirjastosta valitaan haluttu eristemateriaali ja se raahataan malliikkunaan. Materiaali ilmestyy Assembly Navigatoriin, mutta sillä ei ole mallia eikä määrää.

Todellinen eristys sisältää varsinaisen eristemateriaalin lisäksi rautalankaa, jolla eristemateriaali sidotaan paikoilleen. Eristeet peitetään ohuella alumiinilevyllä, joka kiinnitetään pop-niiteillä paikoilleen (**Kuva 17.**). Rautalanka, alumiinilevy ja niitit tulee lisätä kokoonpanoon samalla tavalla kuin eristemateriaali. Niille ei toistaiseksi ole olemassa uuden PDM-järjestelmän mukaisia materiaalinumeroita, eikä niiden tuotetiedon hallinnan työtapaa ole vielä tutkittu riittävästi. Eristeiden tuotetiedon hallinta -menetelmiä pohdittiin, mutta niistä ei tehty tämän työn puitteissa päätöksiä eikä ohjeistusta.

Käytännössä materiaalinumeroiden lisääminen kokoonpanoon ei ole ongelmallista, mutta materiaalien määrää on huomattavasti vaikeampi määrittää. Kaikki eristeisiin liittyvät materiaalit ovat hinnaltaan todella edullisia, joten tarkkojen määrien laskeminen ei ole tärkeää. Määristä tulisi kuitenkin saada karkea arvio osalistaa varten. Määrien arviointia hankaloittaa myös se, että vaihtelut putkilinjan suoruudessa ja paksuudessa vaativat useita erilaisia eristemateriaaleja, joiden peittäminen vaatii eri määrän levyä, rautalankaa ja niittejä.

Määrät voidaan syöttää Teamcenterin Structure Manageriin manuaalisesti. Työtä helpottavaksi ratkaisuksi pohdittiin muun muassa, että jokainen eristemateriaalinumero sisältäisi alumiinilevyn ja muut materiaalit alikokoonpanona. Alikokoonpano sisältäisi laskukaavan, joka laskisi muiden materiaalien tarpeen siihen syötetyn eristemateriaalin pituuden perusteella.

Alikokoonpanomalli todettiin kuitenkin toimimattomaksi, koska kokoonpanomallin materiaalimäärien muuttaminen muuttaisi määrät kaikissa malleissa, joissa sitä on käytetty. Tästä syystä kaikki eristeisiin liittyvät materiaalit on lisättävä malliin erikseen. Mahdollinen tulevaisuuden tutkimuskohde olisi selvittää voiko Teamcenterin Structure Manageriin tai NX:ään lisätä automaattisia laskukaavoja, jotka laskisivat eristemateriaalin pituuden perusteella kaikkien muiden materiaalien tarpeen.



Kuva 17. Tuotannossa eristeet peitetään alumiinilevyllä.

6 TULOSTEN TARKASTELU

Yleisellä tasolla tutkimusta voidaan pitää onnistuneena. Kaikissa annetuissa tehtävissä päästiin asetettuihin tavoitteisiin tavalla tai toisella. Tutkituista kohteista kuitenkin vain yksi kolmesta otettiin käyttöön, mitä voidaan pitää lievänä pettymyksenä. Syyt olivat kuitenkin ohjelmasta itsestään johtuvia.

Putkitilavuuksien laskentamenetelmää voidaan pitää kaikkein onnistuneimpana tutkimustuloksena. Vaikka sitä ei lopulta otettu käyttöön, oli se tutkimuskohteista selvästi haastavin, koska mitään valmista ohjetta tai tutkimustietoa ei ollut olemassa. Laskentakaava saatiin sievennettyä todella yksinkertaiseen muotoon ja pitkienkin putkilinjojen tilavuudenlaskenta onnistuu sillä kohtuullisen tehokkaasti. Laskentatapa vaatii kuitenkin vielä paljon jatkokehitystä mikäli se halutaan ottaa käyttöön isossa mittakaavassa.

Törmäystarkastelutyökalu päätettiin ottaa käyttöön. Tutkimuksen yhteydessä sen perusominaisuuksista laadittiin käyttöohjeet. Työkalun ominaisuuksien suuren määrän ja niiden käytön haasteellisuuden vuoksi, lopullinen käyttöönotto vaatii vielä lisätutkimusta ja yleisiä linjauksia siitä, miten työkalua tullaan tarkalleen käyttämään osana suunnittelua.

Hitsaustyökaluille asetettiin työn alussa melko korkeat odotukset, joten niiden käyttökelvottomuus oli melko suuri yllätys. Weld Assistant todettiin nopeasti sopimattomaksi suurten kokoonpanojen mallintamiseen. Se on luultavasti suunniteltu käytettäväksi pienempien mallien kanssa, joiden kokoa se ei voi kasvattaa kovin merkittävästi.

Structure Welding -työkalu on selvästi tarkoitettu suurikokoisten mallien kanssa työskentelyyn. Idealilta saatujen tietojen mukaan se on kehitetty NX:n laivansuunnittelutyökalun yhteydessä. Idealilla ei kuitenkaan ollut tiedossa ainuttakaan yritystä, joka olisi työkalua käyttänyt. Nopeiden testien jälkeen havaittiin, että työkalu oli ainoastaan puolivalmiiksi kehitetty, joten sen käyttöönotto olisi vaatinut työkalun loppuunkehittämistä yhdessä Idealin kanssa.

Reference Settien käyttöä oli tutkittu jo kuluneen kesän aikana ja se oli havaittu toimivaksi työkaluksi käytettäessä sellaisten komponenttien 3D-malleja, jotka voidaan asentaa useaan eri asentoon omaan jalustaansa nähden. Ongelma oli tullut alun perin ilmi esimerkissä käytettyjen IMO:n ruuvipumppujen kanssa. Reference Setit luotiin kesän aikana kaikille käytössä oleville IMO:n pumpuille. Reference Set -työkalulle tulee löytymään varmasti käyttöä myös tulevaisuudessa.

Toimiva ja yksinkertainen tapa komponentin massan arvon muuttamiseksi oli myös etukäteen tiedossa ja jo osittain käytössä. Massan arvoa joutuu muokkaamaan melko usein, koska yleensä komponenteista mallinnetaan ainoastaan fyysinen tilanvaraus, jolloin ohjelma ei laske massan arvoa oikein. Tämän lisäksi ohjelma ei osaa laskea step-malleille lainkaan massaa. Tästä syystä massan arvo kannattaa aina tarkistaa mallintamisen yhteydessä.

Eristeiden tilanvarauksen mallintamiseen soveltuva Overstock-työkalu oli kehitetty käyttövalmiiksi jo ennen työn aloittamista. Työkalun käyttö on nopeaa ja yksinkertaista, kunhan muistaa tarkistaa, että Overlap Percentage -arvo on nolla. Eristemateriaalien tuotetiedon hallinta puolestaan on täysin alkutekijöissään. Opinnäytetyön puitteissa suoritettiin alustavia pohdintoja mahdollisista ratkaisuvaihtoehdoista, mutta merkittäviin tuloksiin ei päästy.

7 JATKOKEHITYSEHDOTUKSET

7.1 NX Check-Mate

NX:n Check-Mate -työkalu on eräänlainen automaattinen tarkistuslista, jonka avulla suunnittelija muistaa suorittaa kaikki vaaditut työvaiheet. Työvaiheet määritetään etukäteen esimerkiksi suunnittelutiimin kesken. Käytännössä Check-Mate toimii siten, että se estää mallin hyväksymisen, jos joku listatuista työvaiheista on jäänyt tekemättä. /7/

Check-Mate otetaan käyttöön Wärtsilässä, kunhan PDM-projekti etenee tarpeeksi pitkälle. Käyttöönoton tärkein vaihe on vaatimuslistan määrittäminen sekä työtapojen ja työkalujen käyttöä koskevat linjaukset.

Tässä työssä tarkastelluista työkaluista ainakin törmäystarkastelu ja massan muokkaus tullaan luultavasti sisällyttämään Check-Mate -listaan. Törmäystarkastelu vaatii kuitenkin tarkan linjauksen siitä, miten sitä tullaan käyttämään.

7.2 Törmäystarkastelu

Törmäystarkastelun avulla voidaan melko tehokkaasti estää sellaisten suunnitteluvirheiden syntyminen missä osat törmäivät toisiinsa kokoamisvaiheessa. Check-Mate -toiminnolla voidaan varmistaa, että tarkastelu suoritetaan jokaiselle kokoonpanomallille.

Törmäystarkastelutyökalun käyttö asettaa myös vaatimuksia osien rajoittamiselle kokoonpanoissa. Törmäystarkastelutyökalu ilmoittaa välittömästi törmäyksestä, jos osia ei ole kunnolla rajoitettu toisiinsa.

Luultavasti tarkastelua kannattaa käyttää kuten Clearance Set -ohjeen Large Assemblies kohdassa opastetaan. Clearance Zone -vyöhykkeiden käyttöä ei välttämättä suositella, koska ne tekevät tarkastelusta erittäin työlää. Clearance Zoneja voi asettaa joidenkin tarkasti valittujen ja kriittisten osakokonaisuuksien välille. Overstock-työkalu soveltuu kuitenkin paremmin eristeiden tilanvarauksien mallintamiseen.

7.3 Putkitilavuudet

Putkitilavuuksien laskennasta työstettiin erilliset ohjeet mahdollista myöhempää käyttöä varten. Tilavuuslaskennan laajempi käyttöönnotto vaatii kuitenkin erillisen työkalun kehittämistä NX:ään Idealin kanssa. Työkalun pohjana voisi käyttää tämän tutkimuksen aikana kehitettyä laskukaavaa. Lisäksi Teamcenterin Structure Manageriin tulee lisätä valmiiden komponenttien, kuten pumppujen ja venttiilien sisätilavuudet tarkan lopputuloksen aikaansaamiseksi.

Työkalu toimisi siten, että hiirellä valitaan halutut putkiosuudet ja niihin liittyvät komponentit. Työkalu laskee tämän jälkeen putkiosien sisätilavuudet kehitetyllä kaavalla ja lopuksi lisää saatuun tilavuuteen valittujen komponenttien sisätilavuudet.

Tällaisen työkalun kehittäminen vaatii kuitenkin merkittävää rahallista investointia, mitä tuskin pidetään järkevänä työkalusta saatavaan hyötyyn nähden.

7.4 Hitsaustyökalut

Hitsaustyökalujen käyttöönottoa ei pidetty kannattavana ja erityisesti Weld Assistant teki mallista liian monimutkaisen. Weld Assistant toimii hyvin pienten kokoonpano- ja osamallien kanssa, koska pienestä mallista ei muodostu liian monimutkaista ja raskasta vaikka siihen lisättäisiinkin hitsisaumat. Työkalua voi käyttää myös tehokkaasti esimerkiksi osaperhemallien kanssa, jolloin hitsin pituudet ja a-mitat skaalautuvat taulukossa määritettyjen arvojen mukaan.

Jos hitsaustyökaluja joskus aiotaan ottaa käyttöön, on Structure Welding -työkalu huomattavasti käyttökelpoisempi Auxiliary Technology -tiimin käyttöön. Hitsisaumojen mallit ovat paljon yksinkertaisempia ja kevyempiä kuin Weld Assistantilla luotujen saumojen mallit. Structure Welding -työkalu ei kuitenkaan ole vielä valmis työkalu, joten sen käyttöönnotto vaatii vielä merkittävää kehitystyötä Idealin kanssa.

Mielenkiintoisin käyttökohde hitsaustyökaluille on robotisoidut hitsausjärjestelmät, koska muun muassa hitsien paikkatiedot, pituudet ja syvyudet saa tallennettua CSV-muotoon. CSV-tiedosto voidaan tuoda esimerkiksi ABB:n

Robotstudioon, missä tietoja voidaan käyttää hitsausrobottien liikeratojen ohjelmointiin.

Moduulituotannon automatisointi ei kuitenkaan ole tällä hetkellä ajankohtainen aihe Wärtsilällä. Jos tuotannon automatisointia joskus ryhdytään suunnittelemaan, antaa se täysin uutta käyttöarvoa myös NX:n hitsaustyökaluille.

7.5 Reference Set

Reference Set on todettu toimivaksi ratkaisuksi silloin kun samalle materiaalinumerolle tulee saada useita eri asennusvaihtoehtoja tai esitystapoja, kuten IMO:n hydraulipumpun tapauksessa. Reference Set -työkalulla on paljon erilaisia käyttömahdollisuuksia, joten sen käyttöä tulee opettaa kaikille 3D-mallien kanssa työskenteleville suunnittelijoille.

Reference Settiä ei luultavasti voida tehokkaasti liittää yhteen Check-Mate -toiminnon kanssa, koska kaikki komponentit eivät vaadi Reference Setin käyttöä.

7.6 Massojen muokkaus

Massojenmuokkaustyökalu sopii erinomaisesti yhteen Check-Mate -toiminnon kanssa, koska sen käyttö on nopeaa ja yksinkertaista. Lisäksi massojen tarkkojen arvojen asettamisesta saadaan kohtuullisia hyötyjä, kun moduulien kokonaismassat saadaan selville kilogrammojen tarkkuudella.

Työkalu on ollut jo käytössä, mutta sen käyttö ei ole ollut säännönmukaista. Check-Maten avulla tarkka massan arvo saadaan määritettyä jokaiselle komponentille, mikä tarkoittaa moduulin kokonaismassan arvoa merkittävästi.

7.7 Putkieristeet

Putkieristeiden tilanvauksien mallinnus on nopeaa ja yksinkertaista Overstock -työkalulla. Overstockin käytössä ei ole varsinaisesti kehittämistä, mutta eristeiden tuotetiedon hallintaa täytyy tutkia enemmän. Eristemateriaalinumeroiden lisääminen ei ole vaikeaa, mutta materiaalien määrien arviointi on melko haasteellista.

Ratkaisu löytynee luultavasti Teamcenterin Structure Managerista. Arvioidut määrät voi syöttää manuaalisesti Structure Manageriin. Olisi kuitenkin tehokkaampaa, jos siihen saisi lisättyä laskukaavoja, jotka laskevat muiden materiaalien, kuten alumiinilevyn ja niittien määrän eristemateriaalin pituuden perusteella.

Tutkimuksen tekee melko haasteelliseksi se, että eristyksissä käytetyt materiaalit ovat hinnaltaan todella edullisia, joten niiden tuotetiedon hallinnan kehittämiseen ei olisi suotavaa käyttää liikaa resursseja. Toisaalta juuri tästä syystä jonkinlainen työtä nopeuttava järjestelmä tulisi kehittää, koska suunnittelijan aikaa ei pidä kuluttaa näiden materiaalien määrien manuaaliseen laskemiseen, eikä tietojen manuaaliseen lisäämiseen Structure Manageriin.

8 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli tutkia NX 8.5:n eri työkalujen toimintaa ja laatia niistä tarpeen mukaan ohjeistus Wärtsilän Module Design Guide -suunnitteluoppaaseen. Tutkittavat kohteet olivat törmäystarkastelu (Clearance Check), hitsaustyökalu (Weld Assistant) ja putkitilavuuksien laskenta NX:llä.

Tutkimuskohteista törmäystarkastelutyökalu havaittiin toimivaksi ja käyttökelpoiseksi ja siitä laaditut ohjeet lisättiin lopulliseen suunnitteluohjeeseen. Tilavuuslaskentaan ei ollut valmista työkalua, mutta melko toimiva menetelmä kuitenkin löydettiin. Tilavuuslaskentaa ei lisätty lopulliseen suunnitteluohjeeseen, mutta siitä laadittiin erillinen ohjeistus tulevaisuuden varalle.

Hitsaustyökaluista Weld Assistant toimi kohtalaisesti, mutta sen käyttö oli melko vaikeaa ja siitä saatava hyöty oli hyvin rajallinen. Työkalun perustoiminnoista laadittiin ohje, jota ei kuitenkaan lisätty lopulliseen suunnitteluoppaaseen. Hitsaustyökaluista Structure Welding olisi huomattavasti käyttökelpoisempi, mutta sen kehitystyö on vielä kesken.

Tutkittavien kohteiden lisäksi ohjeistus laadittiin kolmesta jo aiemmin tutkitusta työkalusta. Nämä työkalut olivat Reference Set, massojen muokkaus ja putkieristeiden tilanvarauksen mallintaminen Overstock-työkalulla. Laaditut ohjeet lisättiin lopulliseen suunnitteluoppaaseen. Lopuksi esitettiin pohdintoja putkieristeiden tuotetiedon hallinnasta.

Työ valmistui suunnitellun aikataulun puitteissa. Ohjeet luovutettiin Wärtsilälle joulukuun puoleessa välissä, kuten oli sovittu. Ohjekokonaisuus tullaan tulevaisuudessa jakamaan kaikille suunnittelijoille, jotka työskentelevät voimalaitosmoottoreiden apulaitteiden NX-mallien parissa.

LÄHTEET

- /1/ Wärtsilä Power Plantsin Smart Power Generation sivusto. Viitattu 9.12.2013. <http://www.smartpowergeneration.com/>
- /2/ IEC 182079-1: 2012 Standardi, Preparation of instructions for use - Structuring, content and presentation - Part 1
- /3/ Hantula, J. Vaasan Ammattikorkeakoulu, Tekninen dokumentointi – Johdatus tekniseen viestintään, 2012
- /4/ Siemensin törmäystarkastelutyökalun ohje. Viitattu 11.11.2013 file:///fis0721/nx85_help/UGDOC/html_files/nx_help/index.html#goto:assemblies:anly_asmclr_clr_prop_basic_op
- /5/ Siemensin hitsaustyökalun ohje. Viitattu 27.12.2013 file:///fis0721/nx85_help/UGDOC/html_files/nx_help/index.html#uid:index_weld_assistant
- /6/ Siemensin structure welding ohje. Viitattu 8.1.2014 file:///fis0721/nx85_help/UGDOC/html_files/nx_help/index.html#goto:structure_weld:id1400537
- /7/ Siemensin esite Check-Mate –työkalusta. Viitattu 20.1.2014 http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/Images/2504_tcm1023-11882.pdf

