



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Arto Yliselä

NOSTOVÄLINEEN SUUNNITTELU NX- OHJELMALLA

Tekniikka ja liikenne
2013

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Arto Yliselä
Opinnäytetyön nimi	Nostovälineen suunnittelu NX-ohjelmalla
Vuosi	2013
Kieli	suomi
Sivumäärä	65
Ohjaaja	Juha Hantula

Opinnäytetyön aiheena oli nostovälineen suunnittelu NX-ohjelmalla. Työ tehtiin Wärtsilän DCV-toimitusyksikön Työkalu- ja laitesuunnittelu osastolle. Osastolla käytetään tällä hetkellä suunnitteluun I-Deas-suunnitteluohjelmaa, joka tullaan tulevaisuudessa korvaamaan NX-suunnitteluohjelmalla. Työ toteutettiin suunnittelemaan nostoväline, joka on tarkoitettu viallisen öljypumpun vaihtoon koeajolosuissa. Suunnitteluun käytettiin NX-ohjelmaa, josta tehty raportti toimii ohjeena tulevaisuudessa tällä ohjelmalla tapahtuvassa suunnittelussa. Työn tarkoituksena oli myös löytää mahdolliset ongelmat ohjelman käyttöön liittyen. Tavoitteena oli myös laatia koulutussuunnitelma osaston henkilökunnalle.

Työ aloitettiin tutustumalla koeajosuun, jossa nostovälinettä käytettäisiin. Alkutietojen ja nostolaitteelle asetettujen vaatimusten perusteella tehtiin nostovälineestä muutama luonnos, joiden perusteella aloitettiin 3D-mallien tekeminen NX:llä. Valmiille nostovälineen 3D-mallille suoritettiin standardin vaatimat lujuuslaskut NX:n Advanced Simulation-ohjelmalla. Lopuksi nostovälineestä tehtiin tarvittavat piirustukset valmistusta varten sekä standardin vaatima dokumentaatio.

Työn tuloksena saatiin raportti nostovälineen suunnittelusta, jota voidaan käyttää karkeana ohjeena NX:llä suunniteltaessa. 3D-mallinnukseen liittyen ei esiintynyt ongelmia, jotka estäisivät ohjelman käyttöönoton tähän tarkoitukseen. Advanced Simulation-osion käyttöön liittyvät kysymykset vaativat vielä lisää selvittämistä ja estävät vielä tällä hetkellä ohjelman täyden käyttöönoton. Lisäksi laadittiin ehdotus osaston henkilökunnan kouluttamiseksi.

ABSTRACT

Author	Arto Yliselä
Title	Design of Lifting Device with NX
Year	2013
Language	Finnish
Pages	65
Name of Supervisor	Juha Hantula

The aim of this thesis was to design a lifting device for oil pump replacement in the test drive cell using the NX design program. The thesis was made for Wärtsilä Vaasa Delivery Centre's Tool and Device Design department. The staff in the department now uses the I-Deas-design program but in the near future NX will be replacing it. Other aims were to find out potential problems that are related to the use of NX and to make a training plan for the designers of the department.

The thesis was started by examining the test drive cell where the lifting device will be used. The next step was sketching the lifting device. Based on these sketches 3D-modeling with NX was started. When the assembly of device was ready it was analyzed for its strength by the Advanced Simulation program. The last step was the making of drawings and documents that are needed for the CE certificate.

The result of this thesis was report on the design project which can be used as a guide line in a design project with NX in the future. There were no big problems related to 3D-modelling with NX. The biggest problem was related to the use of the Advanced Simulation program which prevents the introduction of NX in full scale. A training plan for the designers of the department was also drawn up.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	9
2	WÄRTSILÄ	10
	2.1 Wärtsilä Suomessa	12
	2.2 Työkalu- ja laitesuunnittelu-osasto	13
3	TUOTESUUNNITTELU	14
	3.1 Nostovälineen suunnittelun erikoisvaatimukset	15
	3.2 Tietokoneavusteinen suunnittelu	15
4	FEM-LASKENTA	17
5	SUUNNITTELUOHJELMISTO.....	22
	5.1 CAD	22
	5.2 CAM	23
	5.3 CAE.....	24
	5.4 Tuotteen elinkaaren hallinta.....	25
6	ALKUSUUNNITTELU	26
	6.1 Suunniteltava nostoväline	26
	6.2 Nostotilan rajoitusten selvitys.....	27
	6.3 Alustavat suunnitelmat.....	28
	6.4 Tarvittavien kokoonpanojen haku.....	30
7	NOSTOVÄLINEEN MALLINNUS	32
	7.1 Osien mallinnus	32
	7.1.1 Öljypumpun tartuntaosa	32
	7.1.2 Runko	37
	7.2 Nostovälineen sovittaminen kokoonpanoon	38
	7.3 Karkeiden 3D-mallien näyttö tilaajalle	40
	7.4 Nostovälineen jatkokehitys	40
	7.4.1 Painopisteen määrittäminen.....	40
	7.4.2 Rungon vahvistuspalat	43
	7.4.3 Rungon reiät säädöille.....	45
	7.4.4 Lukitusmekanismin jatkokehittäminen	45

7.5	Kiskon suunnittelu	46
8	FEM-MALLINNUS	47
8.1	Alkutoimenpiteet.....	47
8.2	Kappaleen idealisointi analysointia varten	48
8.3	Elementtiverkon luonti.....	50
8.4	Reunaehtojen määrittely	51
8.5	Kuormitusten asettaminen	52
8.6	Laskenta ja tulosten tarkastelu	53
8.6.1	Tulosten varmistus	55
9	PIIRUSTUKSIEN TEKO.....	56
9.1	Osapiirustukset.....	56
9.2	Kokoonpanopiirustukset	57
10	DOKUMENTOINTI	58
11	KEHITYSKOhteet.....	60
11.1	I-Deaksella mallinnetut osat	60
11.2	WAVE Linkerin käyttö.....	60
11.3	FEM-mallinnus	61
11.4	Piirustukset.....	61
12	OSASTON KOULUTUS	63
	LÄHTEET.....	65
	LIITTEET	

LYHENTEET JA KÄSITTEET

CAD	computer aided design, tietokoneavusteinen suunnittelu
CAM	computer aided manufacturing, tietokoneavusteinen valmistus
CAE	computer aided engineering, tietokoneavusteinen laskenta
NX	suunnitteluohjelmisto
STEP	tiedostomuoto
NX I-Deas	suunnitteluohjelmisto
PLM	product lifecycle management, tuotteen elinkaaren hallinta
Teamcenter	tuotteen elinkaaren hallintaohjelma
FEM	finite element method, elementtimenetelmä
W20	Wärtsilän valmistama moottorityyppi
Natiivi NX	NX:n versio joka ei ole yhteydessä Teamcenteriin

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1.	Liikevaihdon jakautuminen liiketoimintoalueittain	s.10
Kuvio 2.	Henkilöstön jakautuminen.	s.12
Kuvio 3.	Henkilöstön jakautuminen Suomessa toimialueittain.	s.13
Kuva 1	3D-malleista valmistettu kokoonpano.	s.16
Kuva 2	Kappale elementteihin jaettuna.	s.17
Kuva 3	Päästä rajoitettu ja yläpinnalta kuormitettu kappale.	s.20
Kuva 4	Jännitykset väreillä ilmaistuna.	s.23
Kuva 5	Öljypumppu.	s.26
Kuva 6	Koeajosolun kattorakenne.	s.27
Kuva 7	Kiskon suunniteltu paikka.	s.28
Kuva 8	Luonnos nostovälineestä sivultapäin katsottuna.	s.29
Kuva 9	Tarvittavat kokoonpanot.	s.31
Kuva 10	Öljypumpun etulevy	s.31
Kuva 11	Tartuntaosan levyn luonnos.	s.33
Kuva 12	Tartuntaosan levyn 3D-malli.	s.33
Kuva 13	Tapin 3D-malli.	s.34
Kuva 14	Lukitusmekanismi.	s.35
Kuva 15	Tartuntaosan kokoonpano.	s.36
Kuva 16	Rungon 3D-malli.	s.37

Kuva 17	Nostovälineen kokoonpano.	s.38
Kuva 18	Nostoväline moottorin kokoonpanossa.	s.39
Kuva 19	Öljypumpun rungon painopiste.	s.41
Kuva 10	Runkoputken paikoitus sivusuunnassa.	s.42
Kuva 21	Holkki ja nostorengas.	s.43
Kuva 22	Rungon alemman osan vahvistinlevyt.	s.44
Kuva 23	Rungon ylemmän osan vahvistinlevyt.	s.44
Kuva 24	Rungon reiät sekä tappi.	s.45
Kuva 25	Kiinnitysmekanismiin lisätty holkki.	s.46
Kuva 26	Laskettava FEM-malli.	s.49
Kuva 27	Elementtiverkko runkoputkien liitoskohdassa.	s.50
Kuva 28	Kiinnityksiä varten tehty alue.	s.51
Kuva 29	Tappi kiinnitettynä.	s.51
Kuva 30	Voimat nostosilmukan reiässä.	s.52
Kuva 31	Suurin jännitys.	s.53
Kuva 32	Jännitys väripintoina ilmaistuna.	s.54
Kuva 33	Tarkastuslaskettu nostoväline.	s.55
Kuva 34	Levyn osapiirustus.	s.56
Kuva 35	Nostovälineen kokoonpanopiirustus.	s.57

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin Wärtsilän Vaasan tehtaan työkalu- ja laitesuunnitteluosastolle. Työn tarkoituksena on NX-suunnitteluohjelmiston käyttöönotto osastolla. Työ toteutetaan suunnittelemalla nostoapuväline käyttäen NX-suunnitteluohjelmistoa. Tästä projektista saatu raportti toimii apuna tulevaisuudessa suunnittelutyössä, kun ohjelman aktiivinen käyttö alkaa. Suunnittelun lopuksi laaditaan myös osastolle räätälöity koulutussuunnitelma, projektin aikana esiin tulleiden koulutustarpeiden pohjalta.

Työ on erittäin tarpeellinen, koska uudet tuotteet ovat suunniteltu pelkästään käyttäen NX-ohjelmistoa ja muualla yrityksessä ohjelmisto on jo osittain otettu käyttöön. Suunnittelutyön nopeuttamiseksi ja helpottamiseksi on eduksi, että kaikki suunnittelu tehdään yhdellä ohjelmistolla.

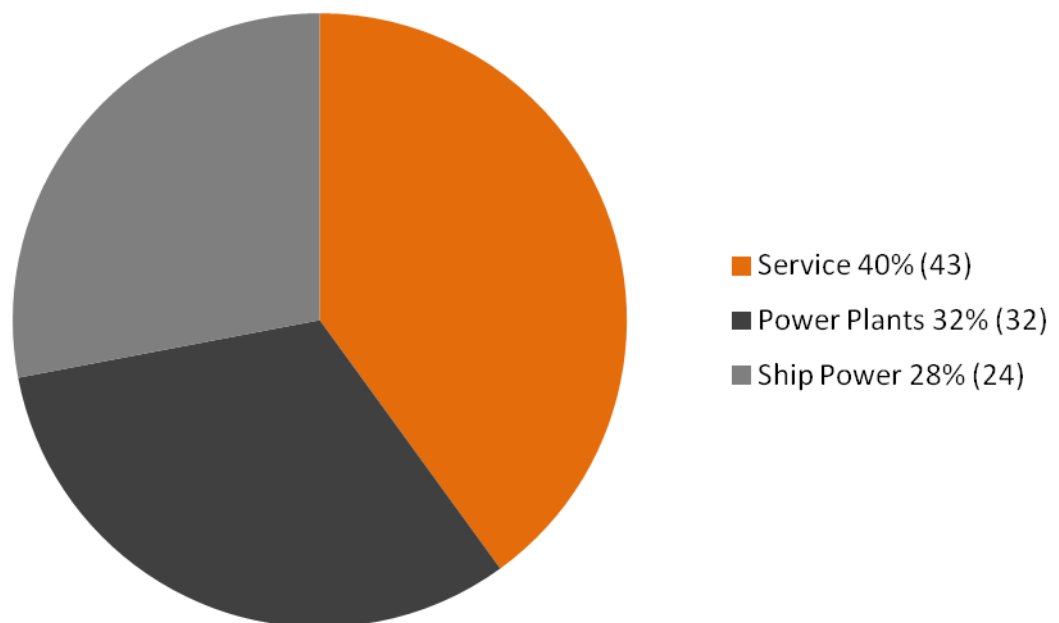
Työssä tullaan keskittymään suunnitteluun NX-ohjelmistoa käyttäen. Tuotesuunnittelun periaatteita noudatetaan niiltä osin kuin on tarpeellista.

Osastolla on nykyään käytössä NX I-Deas-suunnitteluohjelmisto. Tämä ohjelmisto on integroitu Teamcenter-tiedonhallintaohjelmistoon. Myös NX toimii yhteistyössä Teamcenterin kanssa, samaan tapaan kuin NX I-Deas. Tästä syystä työssä ei keskitytä Teamcenterin käyttöön.

2 WÄRTSILÄ

Wärtsilä on kansainvälisesti johtava voimantuottoratkaisujen toimittaja merenkulun ja energiamarkkinoiden tarpeisiin, joka tarjoaa asiakasyrityksilleen tukea koko tuotteen elinkaaren ajan. Keskittymällä teknologisiin innovaatioihin ja kokonaishyötysuhteeseen, Wärtsilä maksimoi alusten ja voimalaitosten ympäristötehokkuuden ja kokonaishyötysuhteen. Vuonna 2012 Wärtsilän liikevaihto oli 4,7 miljardia euroa ja henkilöstömäärä oli noin 18 900 henkeä. Yrityksellä on lähes 170 toimipistettä 70 maassa. /13/

Wärtsilä jakautuu kolmeen eri liiketoiminta-alueeseen: Ship Poweriin, Serviceen ja Power Plantsiin. Liikevaihto jakautui vuonna 2012 kuvion 1 mukaisesti liiketoiminta-alueiden kesken. /12/



Kuvio 1. Liikevaihdon jakautuminen liiketoiminta-alueittain vuonna 2012, suluissa vuosi 2011. /12/

- Ship Power

Ship Power tarjoaa meriteollisuudessa toimiville asiakkailleen ympäristöystävällisiä, turvallisia, tehokkaita, joustavia ja taloudellisia ratkaisuja. Ship Powerin tuotevalikoimaan kuuluu muun muassa seuraavat tuotteet ja palvelut: automaatio, propulsiojärjestelmät, laivasuunnittelu sekä tietysti moottorit. /12/

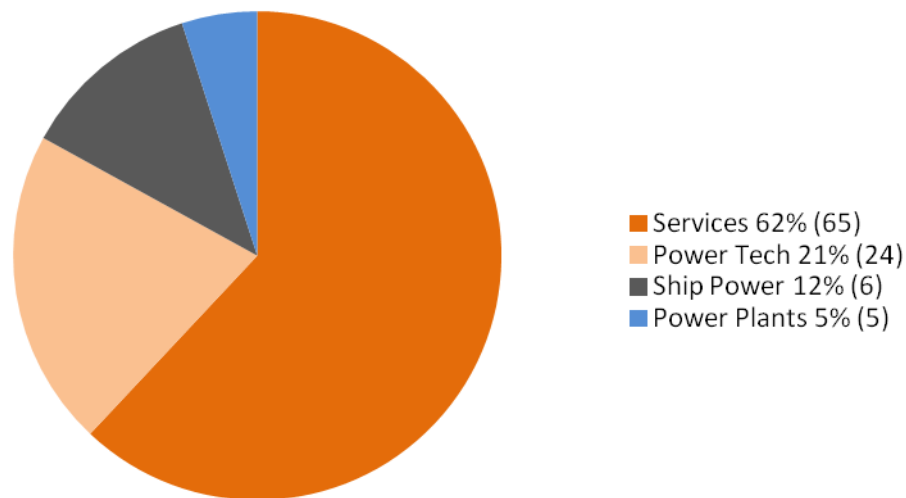
- Power Plants

Power Plants tarjoaa nykyaikaisia, tehokkaita, dynaamisia ja ympäristösuorituskyvyltään pitkälle kehitettyjä voimalaitosratkaisuja. Monipolttoainevoimalaitoksia voidaan käyttää perusvoimantuoton lisäksi kuormahuippujen tasaamiseen, sähköverkon vakauttamiseen ja nopeina varavoimaloina. Teknillisesti edistyksellisten tuotteiden lisäksi Power Plants tarjoaa nopean voimaloiden kokonaistoimituksen sekä pitkäaikaiset käyttö- ja kunnossapitosopimukset. /12/

- Service

Service tarjoaa sekä energia- että merenkulkumarkkinoilla toimiville asiakkailleen toimialan laajimman palveluvalikoiman sekä palveluverkoston. 11 000 huoltotyön ammattilaista yli 160 toimipisteessä 70 maassa eri puolilla maailmaa varmistavat, että laadukkaat ja asiantuntevat palvelut ovat kaikkien asiakkaiden ulottuvilla. /12/

Lisäksi Ship Power- ja Power Plants -liiketoimintojen markkina-alueita tukee Power Tech-yksikkö. Power Tech käsittää keskinopeiden moottorien tutkimus- ja kehitystoiminnan, 4-tahtimoottoreiden toimitusyksikön, hankintatoiminnan, laatujohtamisen sekä osaamiskeskukset. Power Tech on entinen Wärtsilä Industrial Operations. Kuviossa 2 on esitetty henkilöstön jakautuminen Wärtsilässä. /12/

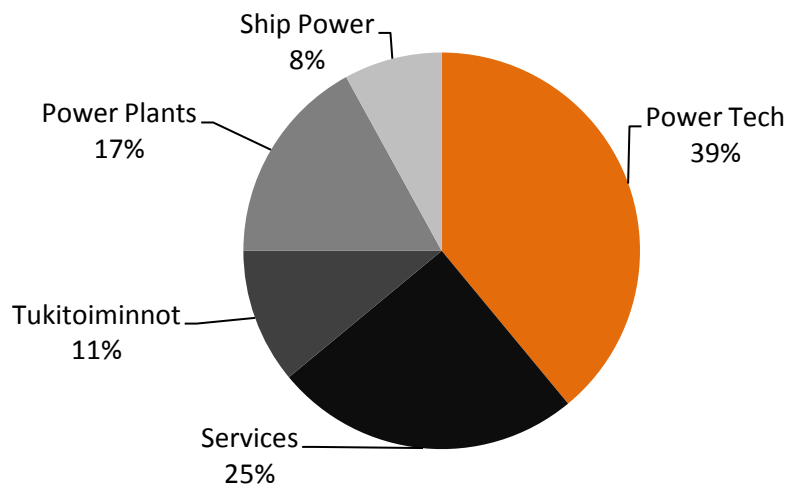


Kuvio 2. Henkilöstön jakautuminen. Suluissa edellinen vuosi. /12/

2.1 Wärtsilä Suomessa

Wärtsilä työllistää Suomessa yli 3 600 ihmistä kolmella eri paikkakunnalla: Helsingissä, Turussa ja Vaasassa. Helsingissä sijaitsee Wärtsilän pääkonttori, joka työllistää noin 320 ihmistä. Turussa sijaitsee, Service toimintojen lisäksi, Wärtsilä Land & Sea Academy, joka tarjoaa käyttö-, kunnossapito- ja hallintakoulutusta voimalaitosten käyttäjille sekä Wärtsilän omalle henkilökunnalle. Turussa työskentelee yhteensä 335 ihmistä. /11/

Vaasassa Wärtsilällä on toimintaa kahdessa eri paikassa, Runsorissa ja keskustassa. Runsorissa on kaikkien liiketoimialueiden, eli Ship Powerin, Power Plantsin ja Servicen toimintoja. Nämä yhdessä työllistävät 1500 ihmistä. Keskustan toiminnot kuuluvat Power Tech-yksikköön sisältäen moottoreiden kokoonpanon, tutkimus- ja tuotekehitystoiminnan, moottorilaboratorion ja valmistusteknologiakeskuksen. Keskustan toimintojen parissa työskentelee 1500 henkilöä ja yhteensä koko Vaasassa on siis 3000 wärtsiläläistä. Kuviossa 3 on esitetty henkilöstön jakautuminen Suomessa toimialueittain. /11/



Kuvio 3. Henkilöstön jakautuminen toimialueittain Suomessa. /11/

2.2 Työkalu- ja laitesuunnittelu-osasto

Opinnäytetyö tehdään Wärtsilän Vaasan keskustassa DCV-toimitusyksikössä toimivalle työkalu- ja laitesuunnittelu-osastolle. Osasto vastaa Vaasan tehtaan nostoapuvälineiden, koneistuskiinnittimien ja asennustyökalujen suunnittelusta. Suurimmat nostovälineet on suunniteltu 200 tonnin painoisille kappaleille. Osastolla on töissä 4 suunnittelijaa, jotka käyttävät tällä hetkellä NX I-Deas 6-suunnitteluohjelmaa. /3/

Lisäksi osastolla suunnitellaan tuotteita Wärtsilän yhteistyöyrityksille Kiinaan, Venäjälle ja Brasiliaan. Myös telakat ympäri maailmaa tarvitsevat silloin tällöin nostovälineitä erikoistapauksissa. Ship Powerille, Power Plantsille ja Servicelle suunnitellaan myös erilaisia tuotteita. /3/

Osastolla käytetään lisäksi alihankkijalta ostettavia suunnittelupalveluita hetkittäisten suurien työmäärien tasaamiseksi. Näissä tapauksissa osaston vastuulle jää vain konseptisuunnittelu, valmiiden suunnitelmien tarkastus ja hyväksyntä. Kaikki suunnittelutyö tehdään koneturvallisuusdirektiivien mukaisesti, mikä mahdollistaa tuotteiden CE-merkinnän. Suunnittelun lähtökohtana on aina turvallisuus. /3/

3 TUOTESUUNNITTELU

Tuotesuunnittelukäsitteellä tarkoitetaan projektia, jonka aikana tuotteen valmistuksessa tarvittavat tarkat suunnitelmat muodostuvat. Nykyaikaisessa tuotteiden valmistuksessa tuotteiden suunnittelija ja niiden valmistajat ovat eri ihmisiä, sekä nykyään usein eri organisaatioitakin. Tuotteet valmistetaan tavallisesti suunnittelijan tekemien teknisten piirustusten pohjalta. Piirustukset pitävät sisällään tiedot, jotka tarvitaan tuotteen valmistamiseen. Osien mitat, käytettävät materiaalit, valmistusmenetelmät, toleranssit ja tuotteen kokoonpanossa käytettävät menetelmät ovat tietoja, jotka piirustus yleensä pitää sisällään. Nykyään käytetään yhä enemmän ja enemmän hyväksi suoraan suunniteltua 3D-mallia, jota käytetään laadittaessa työstökoneiden tarvitsemia työstöratioja. /1/

Suunnitteluprojekti pitää sisällään muutakin kuin itse osien mallintamisen ja piirustusten laatimisen. Tärkein asia suunnitteluprojektin kannalta on tavoitteellinen pohdinta. Tämä pohdinta pitää sisällään ongelmien analysoinnin, tavoitteiden asettamisen sekä niiden muuttamisen ja ratkaisuvaihtoehtojen kehittämisen sekä niiden laadukkuuden arvioinnin. /1/

Suunnittelutoiminta ei ole erillinen toiminto, vaan se kuuluu oleellisena osana laajempaan innovaatioprosessiin. Tuotteen suunnittelu on mahdollista vain, jos sen käyttökohteesta, toimintaperiaatteesta, käyttäjistä ja valmistusmääristä on edes jonkinlaista tietoa. Tuotesuunnitteluprojekti käynnistyy vasta, kun tuoteidea ja tuotteen toimintaan liittyvät periaatteet ovat selvillä. /1/

Tuotesuunnittelun aikana on otettava huomioon useita eri tekijöitä. Tuotteen käyttäjä näkee tuotteen vaan käytettävänä kohteena, kun taas suunnittelijalle tuote on teknis-fysikaalinen systeemi, jonka on toimittava luotettavasti ja tehokkaasti. Tuotesuunnittelijalle kertyy uransa aikana runsaasti kokemusperäistä tietoa erilaisten rakenteiden ja materiaalien käytöstä. Tätä tietoa ei voida korvata millään suunnittelun menetelmällä, ja siksi kokenut suunnittelija on yritykselle arvokas. /1/

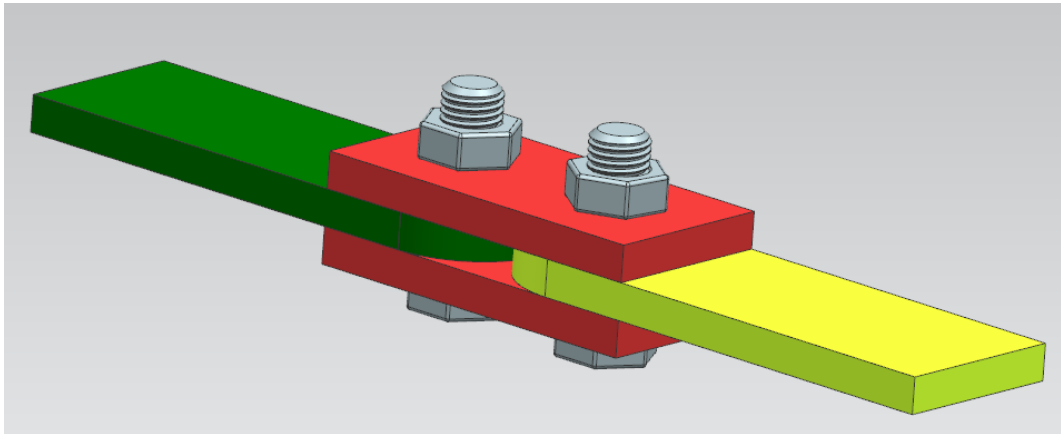
3.1 Nostovälineen suunnittelun erikoisvaatimukset

Nostovälineen suunnittelussa noudatetaan standardia EN 13155, joka asettaa suunniteltavalle tuotteelle joitakin rajoitteita. Standardin mukaan nostoväline pitää suunnitella kestäämään kaksi kertaa suurempi jännitys kuin nostettavasta kuormasta aiheutuu. Tämä täytyy myös lujuuslaskuin todistaa ja dokumentoida. /9/

Muita nostovälineeltä vaadittavia dokumentteja on käyttöohje, jossa käyttäjää opastetaan nostovälineen oikeaoppiseen käyttöön ja säilytykseen. Nostovälineestä täytyy myös tehdä riskiarviointi, jossa arvioidaan nostovälineen käyttämiseen liittyviä riskejä sekä niiden vakavuutta ja todennäköisyyttä. Lisäksi laaditaan EY-vaatimuksenmukaisuusvakuutus, jolla vakuutetaan nostovälineen täyttävän kaikki sitä koskevat standardit. /9/

3.2 Tietokoneavusteinen suunnittelu

Tietokoneavusteinen suunnittelu eli CAD (Computer Aided Design) käyttää hyväkseen tietokoneen matemaattista ja graafista mallinnuskykyä. Aluksi tietokonetta käytettiin pääasiassa piirrustusten laatimiseen ja tätä kuvaakin paremmin termi tietokoneavusteinen piirtäminen (Computer Aided Drafting) kuin suunnittelu. Tietotekniikan kehityksen myötä siirryttiin piirrustusten laatimisen sijaan kolmiulotteisten kappaleiden mallintamiseen. Tällä menetelmällä tuote suunnitellaan mallintamalla jokainen kappale vastaamaan todellista kappaletta. Kun jokaisesta kappaleesta on 3D-malli tehty, kootaan niistä kokoonpano liittämällä 3D-mallit toisiinsa rajoitteilla jotka vastaavat todellista tuotetta. Kuvassa 1 on 3D-malleista muodostettu kokoonpano Kun tuote on mallinnettu kokonaan, tehdään siitä valmistuspiirrustukset. /1/



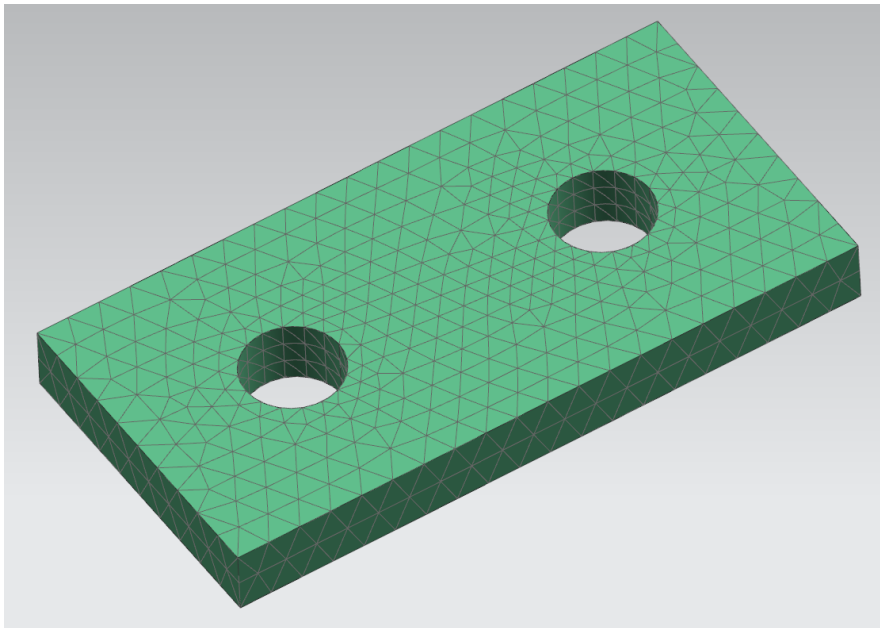
Kuva 1. 3D-malleista valmistettu kokoonpano.

Suunnittelun olennaisena osana nykypäivänä on tietokoneella tehtävät analyysit ja simuloinnit. Tyypillinen analyysin muoto on FEM-laskenta, jota voidaan käyttää esimerkiksi tuotteiden lujuusominaisuuksien ja lämpötilan jakautumien analysointiin. Simuloineilla voidaan myös esimerkiksi tutkia liikkuvien kappaleiden käyttäytymistä tai muoviosien valun täyttymistä. /1/

4 FEM-LASKENTA

FEM (Finite Element Method) eli elementtimenetelmä on menetelmä, jolla voidaan tuottaa likimääräisratkaisuja lähes jokaiselta insinööritieteen osa-alueelta. Tällä menetelmällä voidaan laskea esimerkiksi kappaleessa esiintyviä jännityksiä, lämpötilan jakaantumisia tai värähtelyitä. /2/

FEM-menetelmässä kappale jaetaan pienempiin osiin eli elementteihin, jotka on yhdistetty toisiinsa solmupisteistä. Elementit ovat muodoltaan keskenään samanlaisia, mutta niiden kokoa ja lukumäärää muuttamalla voidaan niiden verkkoa tihentää tai harventaa ja näin saadaan mallinnettua lähes millaisia osia tahansa. Kuvassa 2 näkyy esimerkki elementteihin jaetusta kappaleesta. /2/



Kuva 2. Kappale elementteihin jaettuna.

FEM-mallin voidaan kuvitella koostuvan jousien muodostamasta systeemistä. Kun tähän systeemiin vaikutetaan ulkoisella voimalla, niin sen seurauksena kaikki ”jouset” muuttavat muotoaan, kunnes systeemi on taas tasapainossa. Jokaiselle elementille voidaan kirjoittaa tasapainoyhtälö, jotka yhdistetään keskenään toisiinsa solmupisteissä yhteensopivuusehdoilla. Kuhunkin solmupisteeseen

vaikuttaa siis myös kaikkien muiden solmupisteiden voimat. Tämä johtaa monimutkaisiin yhtälöryhmiin, joiden ratkaisemiseen tarvitaan matriisilaskentaa.

/2/

Kun materiaalin ominaisuudet, jännityksen ja venymän perusyhtälöt ja solmupisteiden koordinaatit tiedetään, muodostetaan näistä jäykkyysmatriisi. Solmupisteiden siirtymät saadaan selville yhdistämällä jäykkyysmatriisi ja kuormitukset. Kappaleessa vaikuttavat jännitykset voidaan laskea näiden solmupistesiiirtymien avulla. Yksinkertaisenkin kappaleen ratkaisemiseksi joudutaan laskemaan suuri määrä yhtälöitä, joten erilaisten tietokoneohjelmien käyttö on miltei pakollista. /2/

FEM-mallinnus voidaan jakaa seuraaviin vaiheisiin:

- rakenteen idealisointi analysointia varten
- elementtiverkon muodostaminen
- reunaehtojen asettaminen
- kuormitusten määrittäminen
- laskenta
- tulosten tulkinta ja tarkastelu.

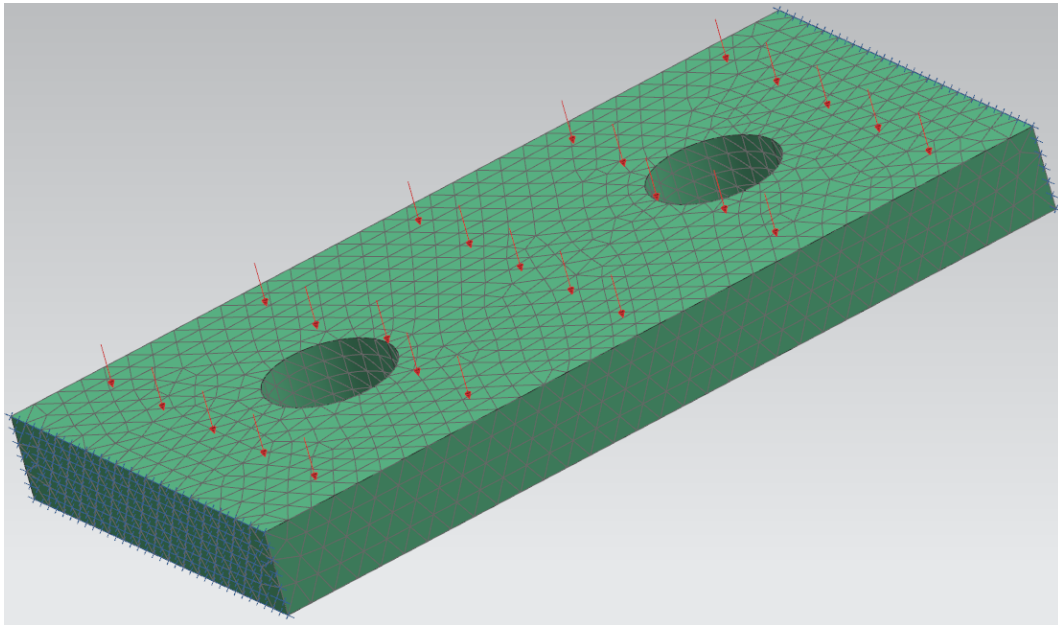
Rakenteen idealisoinnilla tarkoitetaan, että siitä etsitään symmetriatasoja sekä yksinkertaistetaan sellaisia yksityiskohtia, joiden mallintaminen olisi työlästä, mutta ne eivät olisi merkittäviä analyysin kannalta. Symmetriatasoja voidaan käyttää myöhemmin apuna rajoittamalla analyysi ainoastaan symmetriatason toiseen puoleen. Symmetrisyys takaa sen, että toinen puoli käyttäytyy täsmälleen samalla tavalla kuin analysoitava puoli. Yksinkertaistettavia yksityiskohtia on esimerkiksi reikien viisteet, reunojen pyöristykset tai analyysin kannalta merkityksettömät piirteet. Näin toimien säästetään työtä sekä laskenta-aikaa. /2/

Ennen kuin elementtiverkkoa voidaan muodostaa, on mietittävä, mitä elementtityyppiä käytetään, ja kuinka kappale tulisi jakaa elementteihin. Niihin kohtiin joihin tiedetään olevan tulossa suuria arvoja tuloksissa tai ne ovat kriittisiä toiminnan kannalta, on syytä muodostaa tiheämpi elementtiverkko. Näin

varmistetaan tulosten mahdollisimman suuri tarkkuus. Elementtiverkon jako ja tiheys määritetään käyttäjän asettamien arvojen mukaan ja verkonmuodostamisen hoitaa laskentaohjelma. /2/

Reunaehtojen asettamisella tarkoitetaan kappaleelle asetettavia rajoitteita, jotka vastaavat mahdollisimman hyvin todellista tilannetta. Kappale on aina rajoitettava jollakin tavalla, ettei se lähtisi liikkeelle. Reunaehtojen asettamiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota, sillä jo pienikin poikkeama todellisista reunaehdoista voi saada aikaan suuria muutoksia tuloksissa. Useimmiten juuri väärät tai puutteelliset reunaehdot ovat syynä FEM-laskennalla saatuihin virheellisiin tuloksiin. /2/

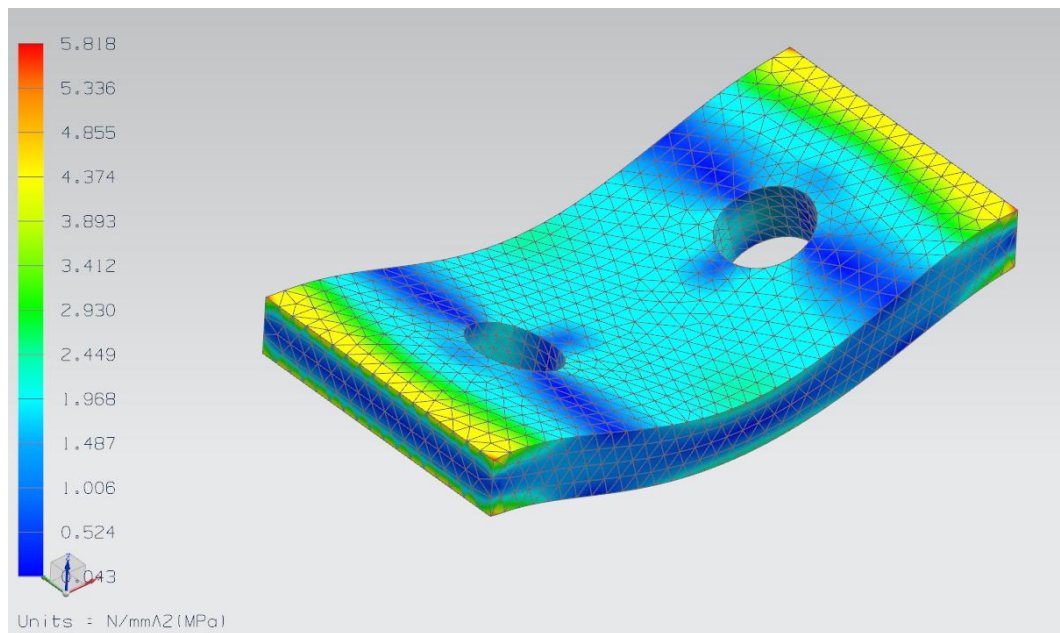
Myös kuormituksen määrittämisestä voi syntyä ongelmia. Tämä pätee kaikkiin lujuuslaskelmiin eikä pelkästään elementtimenetelmää käytettäessä. Kuormitukset ovat usein epämääräisiä ja niiden mittaaminen voi olla hankalaa. Tämän johdosta kuormitusten arvioinnissa joudutaan käyttämään suurta haarukkaa, ja laskijalla tulisi olla paljon kokemukseräistä tietoa. Monesti kuormitusten monimutkaisuus pakottaa yksinkertaistamaan kuormitustapauksia. Kuormitukset voidaan yleensä asettaa piste-, viiva- tai pintakuormina joko elementeille tai solmupisteisiin. Myös suuremmille alueille kuten viivoille tai pinnoille voidaan asettaa kuormituksia. Kuvassa 3 on esitetty levykappale, joka on päistään rajoitettu ja yläpinnalle on asetettu koko pintaa koskeva kuormitus. /2/



Kuva 3. Päästä rajoitettu ja yläpinnalta kuormitettu kappale.

Laskenta voidaan suorittaa mallin määrittelyn jälkeen. Kappaleen koosta riippuen laskenta saattaa kestää muutamista sekunneista tunteihin. Laskenta-aikaan vaikuttaa myös elementtiverkon tiheys sekä kuormitusten määrä. Tavallisesti analysoidaan staattisia ja lineaarisia analyysejä. Tämä tarkoittaa siis sitä, että jännitykset pysyvät materiaalin suhteellisuusrajan alapuolella. /2/

Analyysin jälkeen tuloksia tarkastellaan jälkikäsittelijällä. Tavallisimmat tarkasteltavat tulokset ovat rakenteen jännitykset ja muodonmuutokset. Jännitykset esitetään yleisesti väripintoina. Muodonmuutokset esitetään solmupistesiiirtymien avulla. Kuvassa 4 näkyy edellä mainitussa levyssä vallitsevat jännitykset. Kuvassa on myös havainnollistamista helpottamaan esitetty taipuma liioiteltuna. /2/



Kuva 4. Jännitykset väreillä ilmaistuna.

Vaikka FEM-laskenta on yleistynyt ja tullut lähes kaikkien ulottuville, on syytä muistaa, että sillä on helppo tehdä virheitä. Pienetkin virheet reunaehdoissa ja kuormituksissa voivat johtaa väärin tuloksiin ja siksi olisi suotavaa että analyysin tulokset tarkistettaisiin aina jollain muulla tavalla. /2/

5 SUUNNITTELUOHJELMISTO

NX on Siemens PLM Softwaren kehittämä suunnitteluohjelmisto tuotekehityksen, suunnittelun ja mekaniikkasuunnittelun tarpeisiin. NX on niin sanottu modulaarinen ohjelmisto, johon tuotteen tilaaja voi valita haluamansa osat. Nämä osat voidaan jaotella pääpiirteittäin seuraavasti: CAD, CAM ja CAE. /7/

NX on osa suurempaa Product Lifecycle Management(PLM) järjestelmää. PLM-järjestelmällä tarkoitetaan tuotteen koko elinkaaren hallintaa. Wärtsilässä on käytössä Siemens PLM Softwaren kehittämä PLM-järjestelmä nimeltään Teamcenter. /14/

5.1 CAD

NX:ssä CAD-osaan kuuluvat toiminnot ovat: 3D-mallintaminen, 2D-piirustusten tekeminen ja kokoonpanojen luonti. Osia mallintaessa NX:llä voidaan käyttää useaa eri tekniikkaa. Etuna muihin CAD-ohjelmiin, voidaan NX:ssä käyttää niin sanottua synchronous tekniikkaa. Tämän tekniikan yhdistää piirrepohjaisen ja historiavapaan mallintamisen. Tällä tekniikalla voidaan muokata kappaleita, jotka on tehty toisilla CAD-järjestelmillä tai toisella tekniikalla./6/

Tuote voidaan mallintaa myös niin sanotulla bottom-up tekniikalla. Tällä tavalla tuotteen jokainen osa mallinnetaan ennen kokoonpanoa. Kun kaikki osat ovat valmiita, tehdään tuotteesta kokoonpano. /6/

Päinvastainen tapa edellisestä on niin sanottu top-down-menetelmä. Tässä menetelmässä tuotteen kokoonpanorakenne luodaan ennen osien mallinnusta. Useimmat tapaukset ovat näiden kahden menetelmän yhdistelmiä. /6/

5.2 CAM

NX tarjoaa kattavan ja kokonaisvaltaisen paketin kattaen koko tuotteen elinkaaren, suunnittelusta aina valmistukseen ja valmiiseen tuotteeseen asti. Valmistettava tuote voidaan suunnitella NX CAD-osan työkaluilla ja kun tuotteesta on valmiit 3D-mallit, voidaan ne siirtää vaivattomasti ja ilman tiedostomuotojen vaihtoa CAM-puolelle. /5/

NX CAM sisältää ominaisuudet kehittyneeseen piirrepohjaisen ohjelmointiin, koneistusohjelmien post-prosessointiin ja ohjelmien simulointiin. Näillä ominaisuuksilla ohjelmalla onnistuu työt yksinkertaisesta NC-ohjelmoinista aina moniakselisten koneiden ohjelmointiin. /5/

Kehittynyt piirrepohjainen koneistusohjelmointi helpottaa ohjelmien laatimista, koska NX tunnistaa piirteet ja ohjelmoi ne koneistettavaksi piirteelle sopivalla tavalla. Tämä tekniikka voi säästää jopa 90 % suunnitteluajasta. /5/

5.3 CAE

NX CAE pitää sisällään työkalut tietokoneavusteiseen analysointiin ja simulointiin. Näillä työkaluilla voidaan esimerkiksi elementtimenetelmää käyttäen laskea osien ja kokoonpanojen kestävyyttä. Jo suunnitteluvaiheessa suoritettavat laskelmat osille ja kokoonpanoille vähentävät valmiiden osien jälkisuunnittelua ja valmiiden tuotteiden korjauksia. /4/

Kun suunnittelu ja laskenta tehdään samalla ohjelmalla, helpottaa se tuotteen valmistumista. Erillistä tiedonsiirtoa tai tiedostomuotojen vaihtoa ei tarvita liikkutaessa CAD ja CAE osien välillä, nopeuttaen suunnittelutyötä. Mikäli suunnitteluun ja laskentaan on kumpaankin omat ryhmänsä, voivat he toimia yhdessä saman tuotteen ympärillä. Jos suunnitteluryhmä muuttaa jotain osaa tai kokoonpanoa, päivittyy se automaattisesti laskentamalliin. /4/

NX CAE:lla voidaan analysoida ja simuloida myös muita fysikaalisia ilmiöitä. Esimerkiksi valumuotin täyttymistä valuaaineella voidaan tarkastella virtausanalyysin avulla. Myös lämmön jakautumista ja siirtymistä sekä liikeratoja voidaan simuloida. /4/

NX CAE sisältää monia erilaisia osia joista tuotteen tilaaja voi valita itselleen tarpeelliset osat. Näitä osia ovat esimerkiksi NX Flow ja NX Advanced Flow Simulation joilla voidaan simuloida nesteiden ja väliaineiden liikkeitä. Myös liikkeiden simulointiin löytyy omat osansa. /4/

Wärtsilässä käytössä on Advanced Simulation-osio joka on tarkoitettu tuotteiden suunnittelijoiden käyttöön mahdollistaen nopean simuloinnin. Tätä osiota voidaan käyttää FEM-menetelmää käyttäen lujuuslaskujen tekemiseen. Tällä menetelmällä voidaan laskea kappaleen siirtymät ja jännitykset erilaisissa kuormitustilanteissa. /4/

5.4 Tuotteen elinkaaren hallinta

Product Lifecycle Management eli PLM tarkoittaa tuotteen elinkaaren hallintaa. Tällä tarkoitetaan tuotteen koko elinkaaren ajan syntyvän tiedon hallinnointia ohjelmistokokonaisuuksien avulla. Tuotteen tietoja ovat esimerkiksi konseptisuunnitelmat, tuotteen 3D-mallit, piirustukset, testiraportit ja huoltoraportit. PLM-järjestelmällä määritellään myös tietojen hallinnoitua eli sitä kuka voi muokata ja tallentaa niitä. Näiden ohjelmistojen avulla tieto pyritään keräämään yhteen järjestelmään missä se on kaikkien helposti saatavilla. /8/

Oikein käytettynä PLM-järjestelmällä on useita yrityksen kannalta positiivisia vaikutuksia. Järjestelmä lyhentää tuotteen markkinoille saamiseen kuluvaa aikaa, koska kaikki tieto on keskitetty kaikkien helposti saataville, ja useat eri ryhmät voivat samanaikaisesti kehittää tuotetta. Koska tieto on helposti kaikkien saatavilla, voidaan sitä käyttää parempien päätösten tekemisen tukena. Paremmista ja oikeaan tietoon perustuvista päätöksistä syntyy taas parempia tuotteita. /14,8,10,/

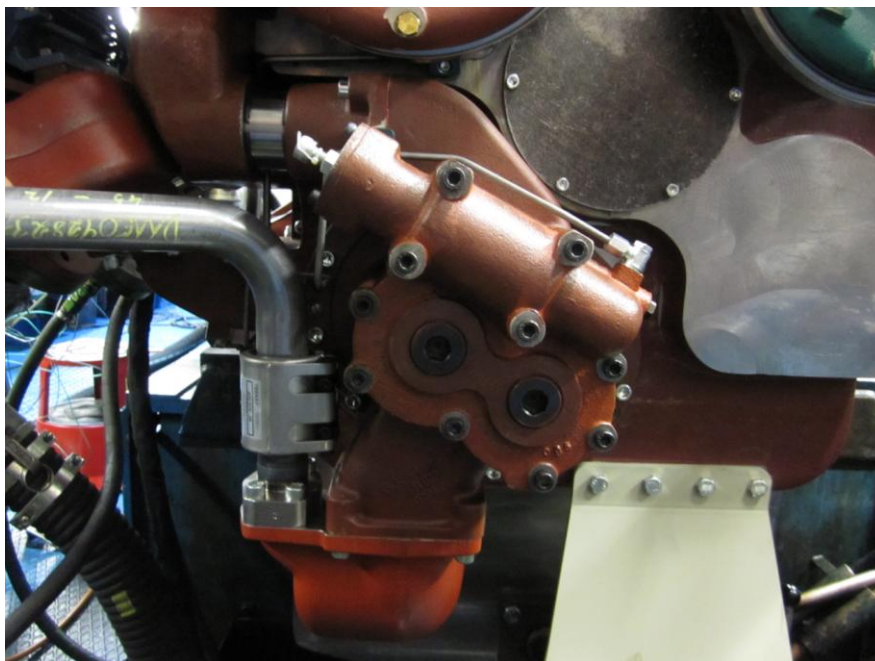
Wärtsilän käyttämä PLM-järjestelmä on nimeltään Teamcenter. Tähän järjestelmään tallennetaan ja hallinnoidaan kaikkea tuotteeseen liittyvää tietoa. Teamcenter toimii saumattomasti yhdessä NX:n kanssa ja kaikki tällä ohjelmalla tuotettu data tallentuu automaattisesti järjestelmään.

6 ALKUSUUNNITTELU

Työ suoritetaan tekemällä raportti nostovälineen mallinnusprojektista. Raportissa keskitytään pelkästään NX 7.5-ohjelman käyttöön mallinnusvaiheessa. Työn suorituksen muut osat kerrotaan tässä opinnäytetyössä.

6.1 Suunniteltava nostoväline

Suunniteltavana nostovälineenä on W20-moottorin öljypumpun vaihtoon koeajolosuissa tarkoitettu nostoväline. Nostovälineellä on tarkoitus vaihtaa koeajossa vialliseksi havaittu öljypumppu, joka näkyy kuvassa 5. Viallisia öljypumppuja vaihdetaan vuosittain vain pari kappaletta. Öljypumpulla on painoa yhteensä noin 60 kiloa, mikä tekee sen vaihtamisesta hankalaa ilman nostovälinettä.



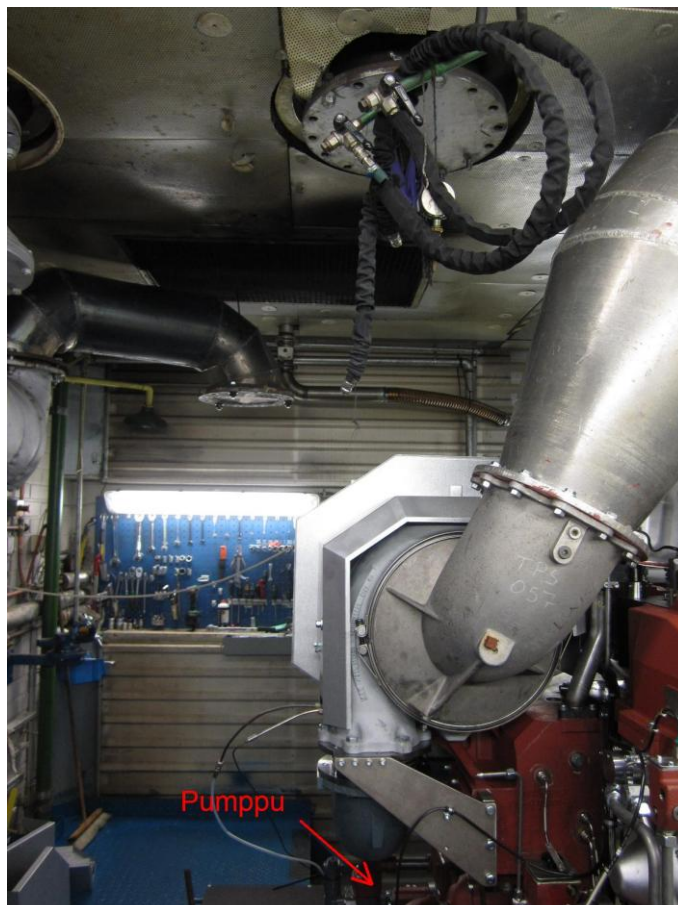
Kuva 5. Öljypumppu.

6.2 Nostotilan rajoitusten selvitys

Suunnittelu aloitettiin tutustumalla tuotteen tilaajan kanssa koeajosoluun, missä nostovälinettä tullaan käyttämään. Heti aluksi tila todettiin haastavaksi ja ahtaaksi. Moottorin pää, jossa öljypumppu sijaitsee, on koeajosolun kattorakenteen alla, ja näin ollen moottorin liikutteluun käytettävää siltanosturia ei voida käyttää. Kuvassa 6 näkyy tiellä oleva kattorakenne.

Tilaajan asettamina vaatimuksina oli:

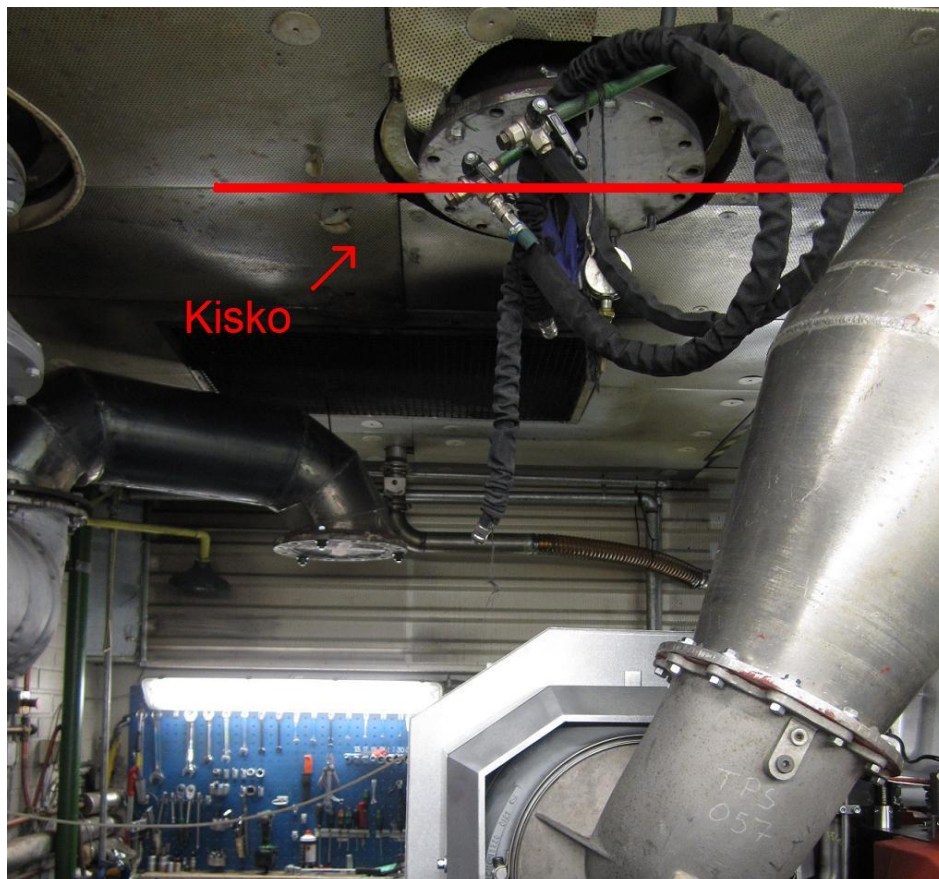
- nostovälineen kevyt paino
- mahdollisimman vähäinen varastointitilan tarve
- lisäksi ahdas tila asetti rajoituksia.



Kuva 6. Koeajosolun kattorakenne.

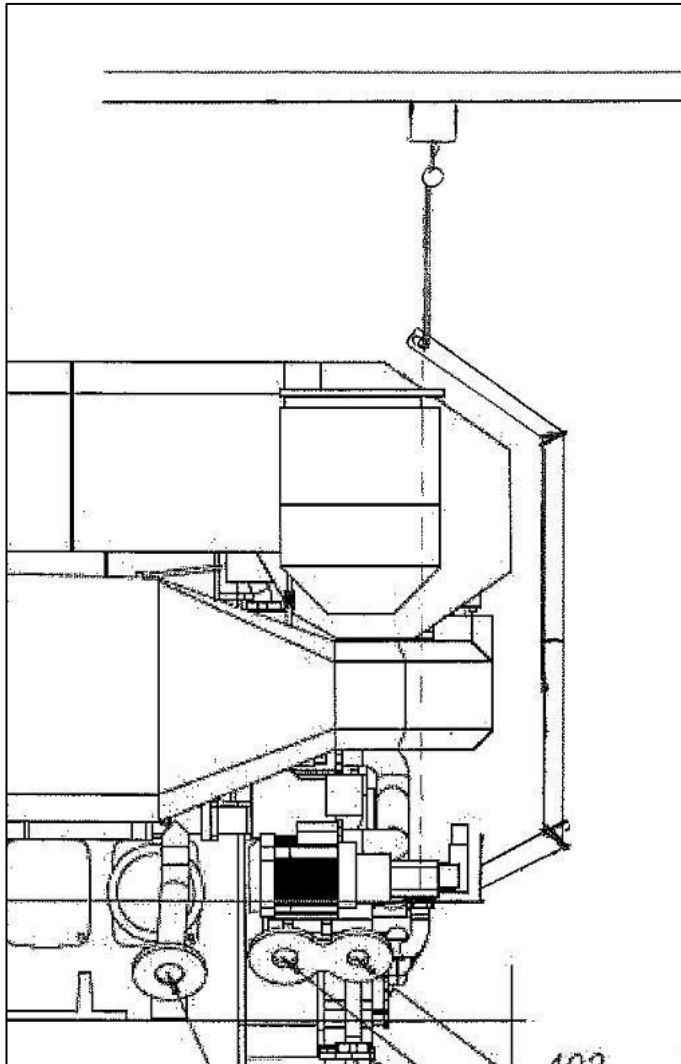
6.3 Alustavat suunnitelmat

Koska siltanosturia ei voitu käyttää, päätettiin nostoon käyttää käsiketjutiljaa. Koeajosolun kattoon päätettiin myös asentaa kisko, johon ketjutilja ja sillä nostettava nostoväline kiinnitettäisiin. Katossa sijaitsee juuri tällä kohtaa käytöstä poistetun pakoputken pää, johon kisko voidaan helposti kiinnittää. Tähän ratkaisuun päädyttiin, koska koeajettavien moottoreiden pituus vaihtelee, ja juuri tämän pään paikka vaihtelee moottorimallista johtuen. Tällä ratkaisulla varmistetaan myös, että nosto tapahtuu aina suoraan ylöspäin. Kisko myös helpottaa viallisen öljypumpun ulosvetoa ja laskemista koeajosolun tasolle, sekä uuden öljypumpun nostamista tältä tasolta ja asentamista. Nostovälinettä voidaan käyttää myös suoraan siltanosturiin kiinnitettynä. Kuvassa 7 kiskon suunniteltu paikka.



Kuva 7. Kiskon suunniteltu paikka.

Näiden suunnitelmien pohjalta lähdettiin miettimään vaatimukset täyttävää nostovälinettä. Käsini luonnostelemalla moottorin kokoonpanonpiirustuksen päälle saatiin aikaan kuvan 8 mukainen luonnos. Kuvassa näkyvä pystypalkki on kaksiosainen ja suunniteltu valmistettavaksi putkipalkista. Ylempi osa on läpimitaltaan sen verran pienempi, että se mahtuu alemman osan sisään. Tämä mahdollistaa pienemmän varastoimistilan tarpeen.



Kuva 8. Luonnos nostovälineestä sivultapäin katsottuna.

6.4 Tarvittavien kokoonpanojen haku

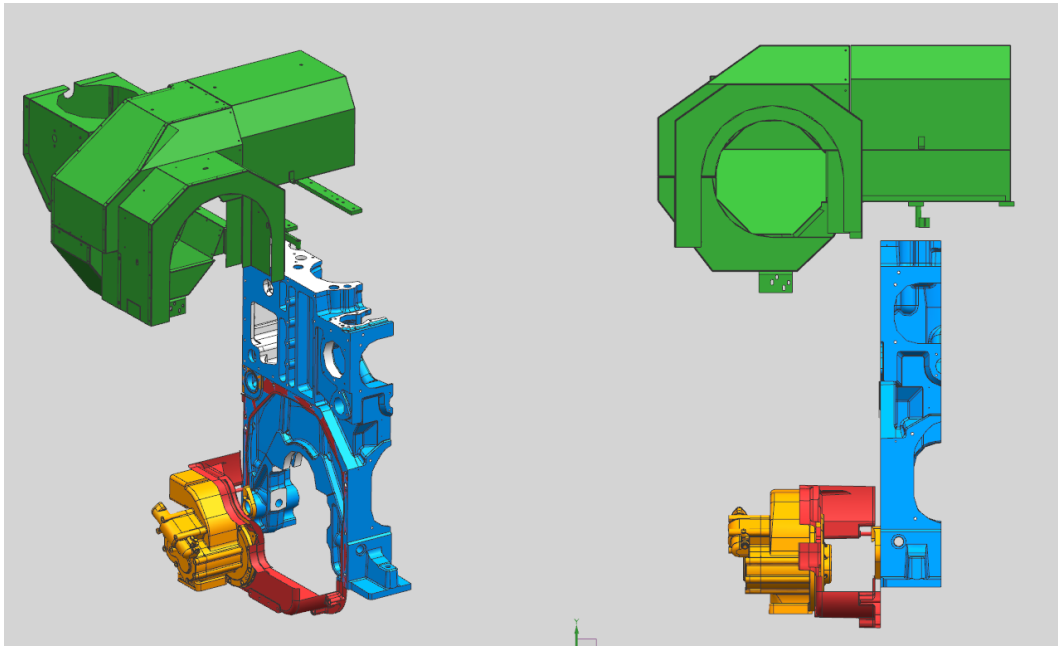
Kun alustavat suunnitelmat olivat selvillä ja nostovälineestä oli toimivan oloinen luonnos valmiina, haettiin Teamcenteristä tarvittavat kokoonpanojen 3D-mallit. Nämä 3D-mallit ovat apuna kun nostovälinettä suunnitellaan. Niiden avulla voidaan sovittaa nostovälineen 3D-mallia oikeaan toimintaympäristöön tarpeeksi tarkasti.

Tarvittaviksi kokoonpanoiksi tässä työssä katsottiin ainoastaan pumppumoduuli jossa öljypumppu on kiinni, moottorinlohko johon pumppumoduuli kiinnittyy sekä turbon eristyslaatikko joka on moottorin uloin osa nostovälineen käytön kannalta.

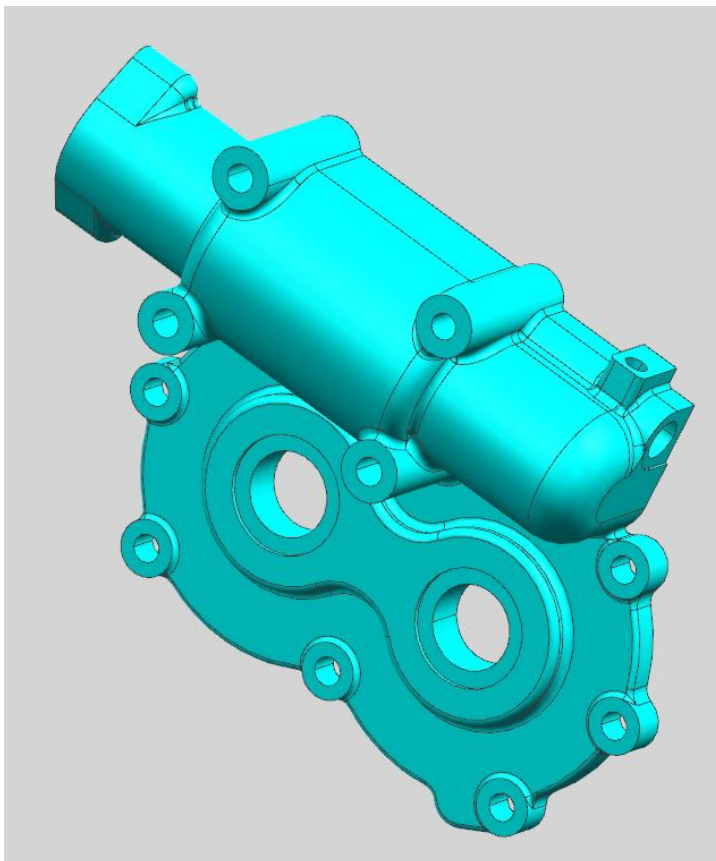
Kokoonpanoja avattaessa NX:llä, eivät ne näkyneet oikein ja joitain osia jäi puuttumaan. Kokoonpanot päätettiin avata ensiksi I-Deaksella, millä ne olivat alun perin tehty, ja karsia ylimääräiset osat pois, jättäen vain nostovälineen suunnittelun kannalta oleelliset osat paikoilleen. Turhien osien karsiminen oli tarpeen, sillä malleista haluttiin kevyet. Nopeasti huomattiin, ettei tietokoneen teho riittänyt suurten kokoonpanojen käsittelyyn. Kun ylimääräiset osat oli karsittu, muutettiin tiedostot STEP-muotoon ja tuotiin Teamcenteriin.

Kuvassa 9 vihreällä näkyvästä eristyslaatikosta jätettiin ainoastaan nostovälineen suunnittelun kannalta oleelliset osat. Eristyslaatikko on kiinnitetty etäisyysrajoitteilla moottorin lohkon. Sinisellä näkyvästä moottorinlohkosta jätettiin pelkästään siivu päästä johon pumppukotelo kiinnittyy, mahdollistaen osien oikean paikoittamisen toisiinsa nähden. Punaisella kuvassa näkyvästä pumppukotelosta jätettiin paikoilleen vain liitospinta, jolla se kiinnittyy moottoriin ja öljypumpun kiinnityspinnat. Muita osia ei katsottu nostovälineen suunnittelun kannalta oleellisiksi. Öljypumppuun, joka näkyy kuvassa oranssilla, ei koskettu lainkaan.

Lisäksi suunnittelun avuksi tarvittiin öljypumpun etulevyä. Sen avulla saadaan pumpun ulkomuodot. Etulevy tuotiin samalla tavalla kuin kokoonpanot. Etulevy näkyy kuvassa 10.



Kuva 9. Tarvittavat kokoonpanot. Öljypumppu näkyy kuvassa oranssilla.



Kuva 10. Öljypumpun etulevy.

7 NOSTOVÄLINEEN MALLINNUS

Parhaaksi tavaksi nostovälineen mallintamiseen todettiin Top-down-menetelmä. Tässä menetelmässä ensimmäisenä luodaan kokoonpanotiedosto ja vasta sitten luodaan yksittäisten osien mallit. Tähän menetelmään päädyttiin, koska se mahdollisti tarvittavien geometrioiden linkittämisen suunniteltaviin kappaleisiin.

Suunnitteluprojekti on tarpeen jakaa pienempiin osakokonaisuuksiin: öljypumpun tartuntaosan suunnitteluun, varren suunnitteluun sekä kattoon tulevan kiskon suunnitteluun.

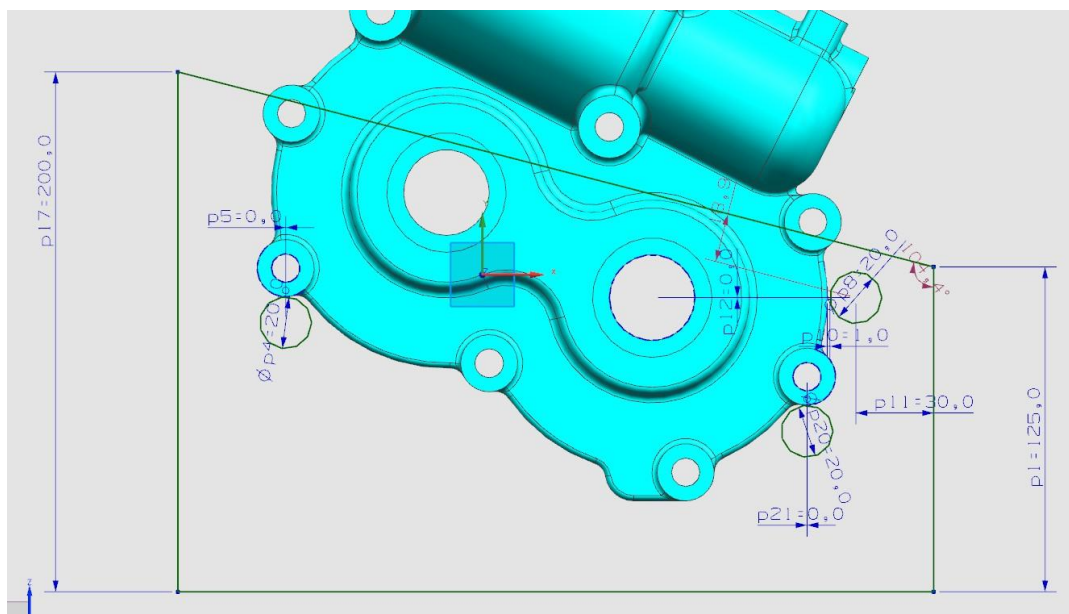
7.1 Osien mallinnus

Ensimmäisenä osana mallinnettiin öljypumpun tartuntaosa.

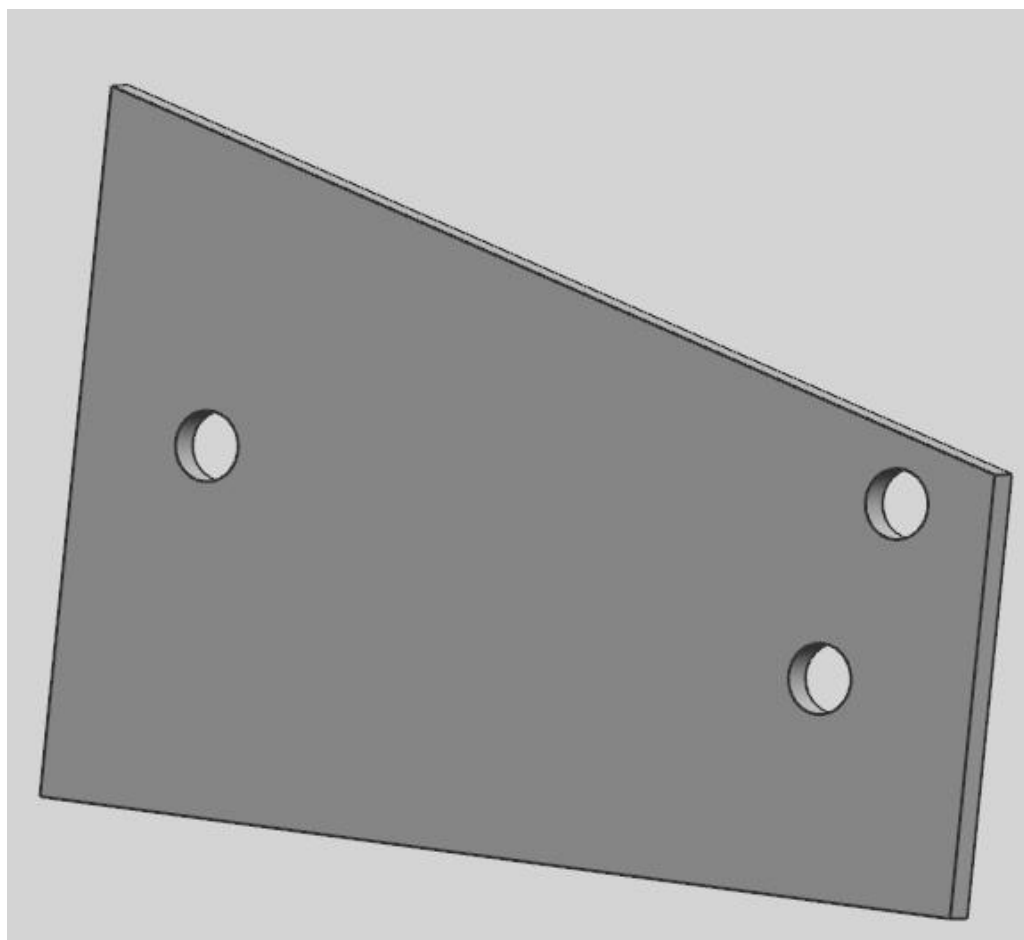
7.1.1 Öljypumpun tartuntaosa

Ensimmäisenä luotiin tartuntaosalle kokoonpanotiedosto. Tähän tiedostoon tuotiin kuvassa 10 näkyvä öljypumpun etulevyn STEP-tiedosto, jonka piirteitä hyödynnetään suunnittelussa.

Ensimmäisenä osana suunniteltiin tartuntaosan levy, johon nostotapit kiinnittyvät. Tarvittavat piirteet täytyi ensin kopioida WAVE Geometry Linker-toiminnolla levyosaan. Tällä toiminnolla voidaan linkittää muotoja ja piirteitä eri osien välillä, mahdollistaen niiden käytön uusien osien suunnittelussa. Kuvassa 11 näkyy tartuntaosan levyn luonnos, joka on tehty öljypumpun etuosasta linkitetyn muodon päälle. Tällä tavalla nostopisteet saatiin sovitettua tarkasti juuri oikeille paikoilleen. Kuvassa 12 näkyy valmiin levyosan 3D-malli.

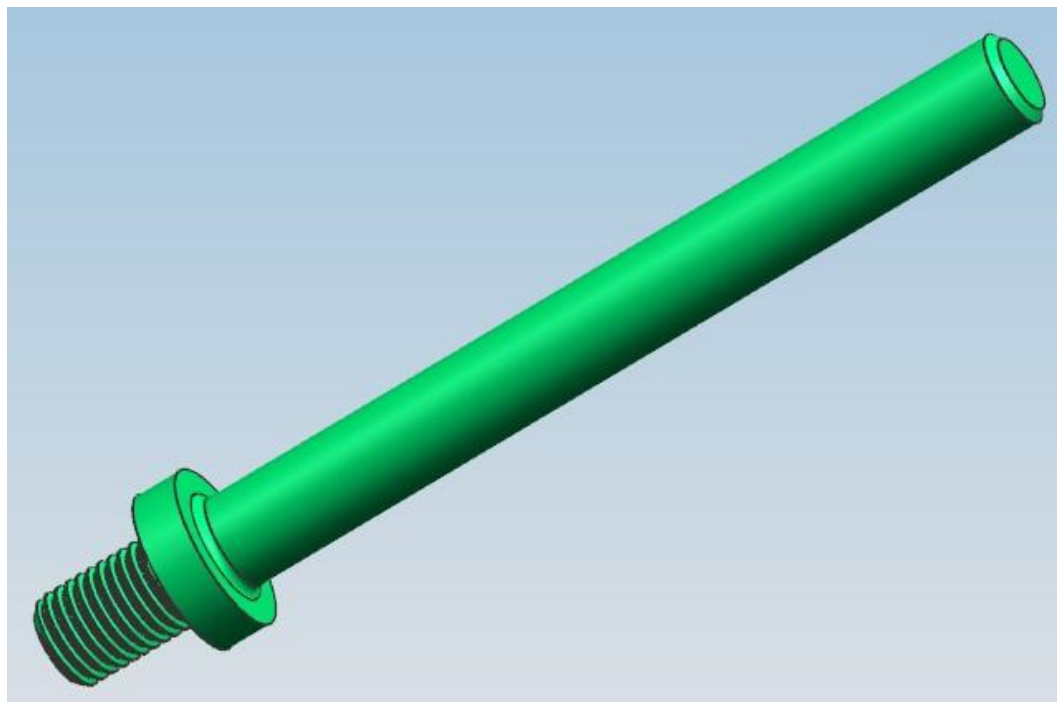


Kuva 11. Tartuntaosan levyn luonnos.



Kuva 12. Tartuntaosan levyn 3D-malli.

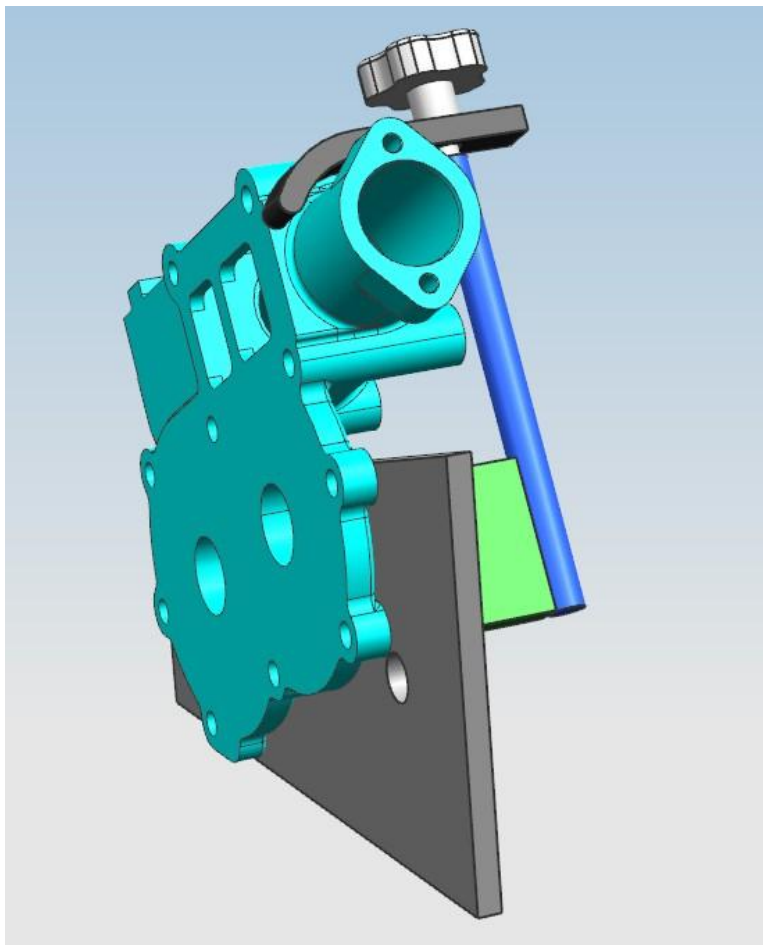
Seuraavaksi mallinnettiin nostotapit, jotka kiinnittyvät levyyn. Tapit on suunniteltu valmistettavaksi tangosta sorvaamalla. Kuvassa 13 on tapin 3D-malli jossa näkyy toiseen päähän tehty M20-kierre sekä olake, jota vasten tappi kiristetään levyyn.



Kuva 13. Tapin 3D-malli.

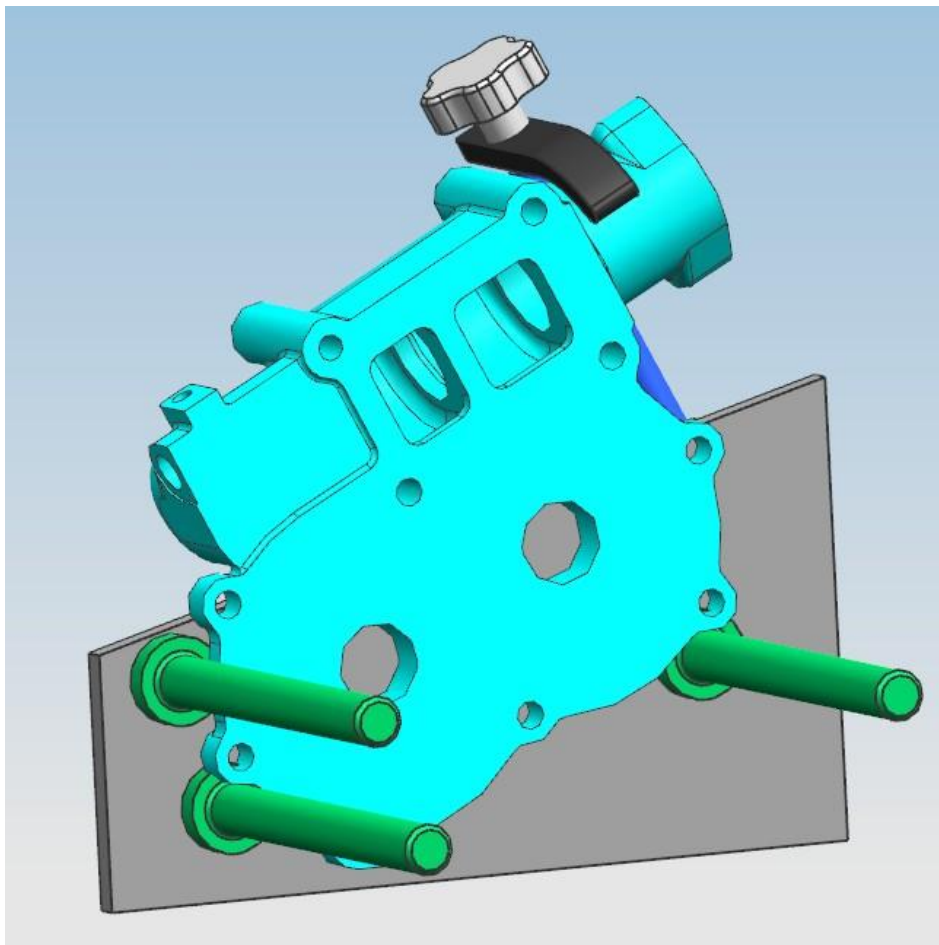
Tartuntaosaan täytyi vielä suunnitella lukitusmekanismi. Tällä haluttiin varmistaa, ettei pumppu irtoa nostovälineestä noston aikana. Lukituksesta haluttiin tehdä mahdollisimman yksinkertainen ja toimintavarma. Koska nostovälinettä käytetään varsin harvoin, ei suunnittelussa tarvinnut huomioida lukitukseen kuluva aikaa.

Kuvassa 14 näkyy suunnittelun lopputuloksena saatu yksinkertainen lukitusmekanismi. Lukitus tapahtuu kuvassa harmaana näkyvällä käsin pyöritettävällä ruuvilla. Ruuvia kiristäessä kuvassa mustalla näkyvä ”kynsi” painautuu öljypumpun pyöreää osaa vasten. Tämä muoto pitää pumpun noston ajan tarpeeksi hyvin kiinni nostovälineessä.



Kuva 14. Lukitusmekanismi.

Kuvassa 15 on esitettyä koko tartuntaosan 3D-malli ja öljypumpun etulevy takaapäin. Kolmen tapin ratkaisuun päädyttiin, koska se on riittävä määrä pitämään pumppu tukevasti paikoillaan noston ajan. Oikean puoleinen ja alempi vasemman puoleisista tapeista nostavat itse kappaletta, kun taas kolmas tappi estää sivuttaissuuntaisen liikehdinnän. Lukitusmekanismi estää kappaleen liikkumisen pystysuunnassa ja pitää muotosulkeisen kynnen avulla kappaleen nostovälineessä kiinni myös mahdollisen törmäystilanteen sattuessa.



Kuva 15. Tartuntaosan kokoonpano.

7.1.2 Runko

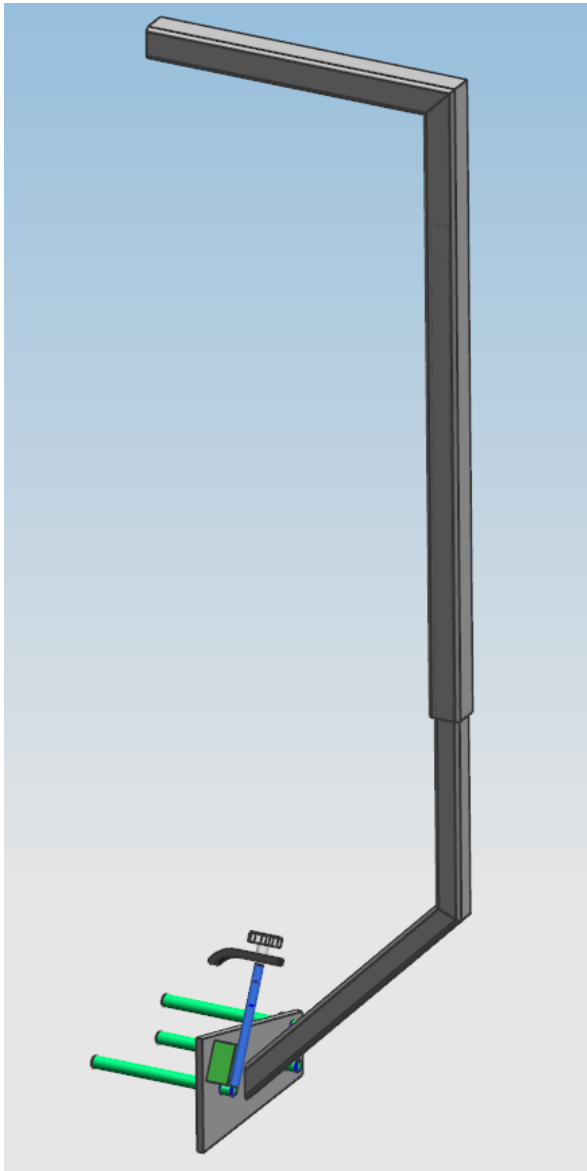
Kun tartuntaosa saatiin valmiiksi, aloitettiin rungon mallinnus. Tämä vaihe oli helpohko rakenteen yksinkertaisuudesta johtuen. Runko suunniteltiin valmistettavaksi neliöputkesta siten että ylempi pystyputki on halkaisijaltaan isompi, mikä mahdollistaa pienemmän pystyputken sopimisen sen sisään. Näin rakenteesta saatiin säädettävä, mikä helpottaa sen varastoimista. Pienempi eli alempi runkoputkikokoonpano päätettiin tehdä 40x40x3 mm neliöputkesta. Isompi runkoputkikokoonpano suunniteltiin valmistettavaksi 50x50x4 mm neliöputkesta. Nämä putken koot valittiin sen takia että sisäkkäin menevien putkien liitos olisi tarpeeksi tukeva. Kuvassa 16 näkyy rungon 3D-malli.



Kuva 16. Rungon 3D-malli.

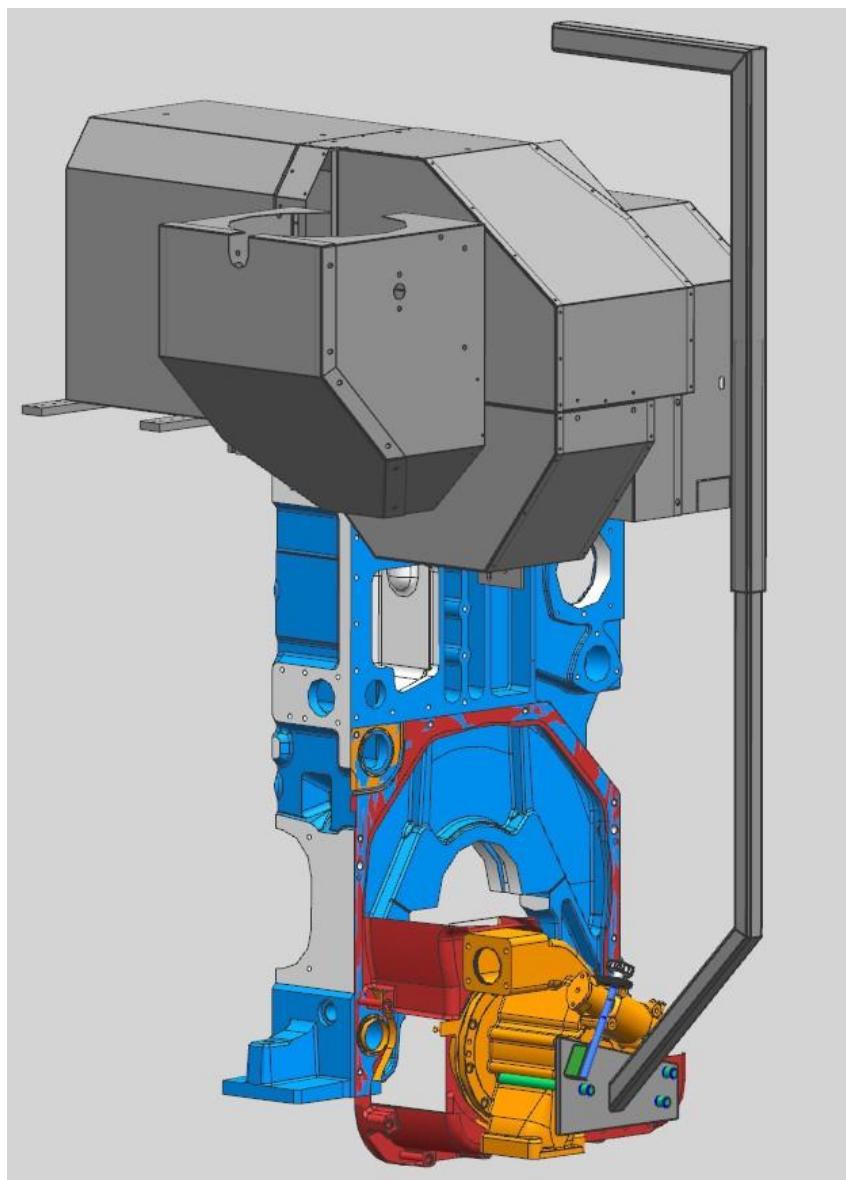
7.2 Nostovälineen sovittaminen kokoonpanoon

Tartuntaosan ja rungon valmistuttua, nostovälineestä tehtiin kokoonpano. Kuvassa 17 on nostovälineen karkea 3D-malli, jota lähdettiin sovittamaan edellä mainittuihin moottorin kokoonpanoihin.



Kuva 17. Nostovälineen kokoonpano.

Nostoväline sovitettiin moottorin kokoonpanoon rajoituksilla, jotka vastaavat mahdollisimman hyvin oikeaa tilannetta. Runko mitoitettiin lopullisiin mittoihinsa näiden kokoonpanojen avulla muuttamalla runkoputkien pituuksia siten, että rungon ja moottorin osien väliin jää tarpeeksi tilaa. Tästä vaiheesta oli erittäin paljon apua rungon mitoittamisessa.



Kuva 18. Nostoväline moottorin kokoonpanossa.

7.3 Karkeiden 3D-mallien näyttö tilaajalle

Tässä vaiheessa nostovälineen tilaajalle käytiin näyttämässä 3D-malleja kommenttien ja parannusehdotusten toivossa. Myös kattoon asennettava kisko vaati lisäselvityksiä ja tarkempaa tutustumista.

Tuotteen tilaaja oli esitettyyn ratkaisuun tyytyväinen ja nostovälineelle ei ollut mitään parannusehdotuksia. Keskusteluissa koeajosolun henkilökunnan kanssa kävi ilmi, ettei moottorin pää jossa öljypumppu sijaitsee liikukaan niin kuin ennakkotiedoista kävi ilmi. Tämä pää pysyy kutakuinkin samassa kohdassa riippumatta moottorimallista. Sivusuunnassa moottori pysyy aina täsmälleen samassa paikassa.

Nämä uudet tiedot eivät muuttaneet alustavia suunnitelmia, paitsi kattoon asennettavan kiskon osalta. Kiskosta suunniteltiin nyt vain lyhyempi, koska sitä tarvittiin nyt vain öljypumpun irrotuksen ja asennuksen apuna. Kisko sallii myös, ettei öljypumpun puoleisen pään tarvitse olla täsmälleen samassa kohdassa joka kerta.

7.4 Nostovälineen jatkokehitys

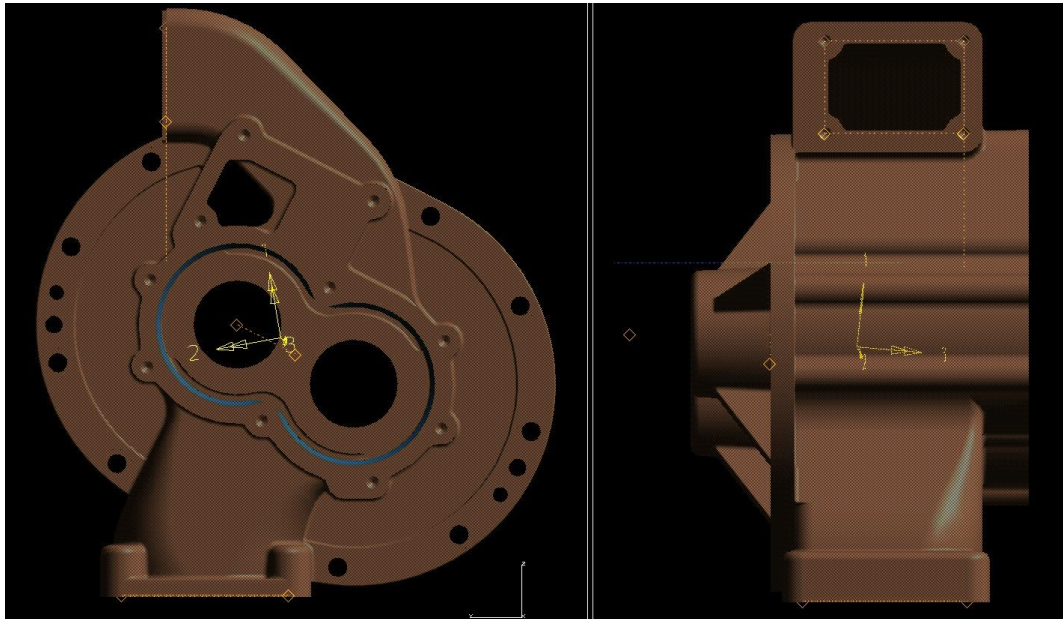
Ennen kuin kattoon asennettavaa kiskoa voitiin alkaa suunnittelemaan, täytyi nostoväline suunnitella valmiiksi. Näin toimittiin, koska kiskoa suunniteltaessa täytyi tietää tarkkaan, mistä kohtaa nostovälinettä täytyy nostaa.

7.4.1 Painopisteen määrittäminen

Öljypumpun painopisteen tarkkaa paikkaa tarvitaan, jotta nostettava kappale ja nostoväline ovat tasapainossa. Sivusuunnassa runko täytyy kiinnittää tartuntalevyyn painopisteen kohdalle, että nostettava kappale on tasapainossa sivusuunnassa. Pituussuunnassa nostokohdan pitää olla painopisteen kanssa samalla akselilla.

Koska öljypumppu on alun perin mallinnettu I-Deaksella, täytyi painopiste määrittää myös sillä. Heti aluksi todettiin koko öljypumppukokoonpanon

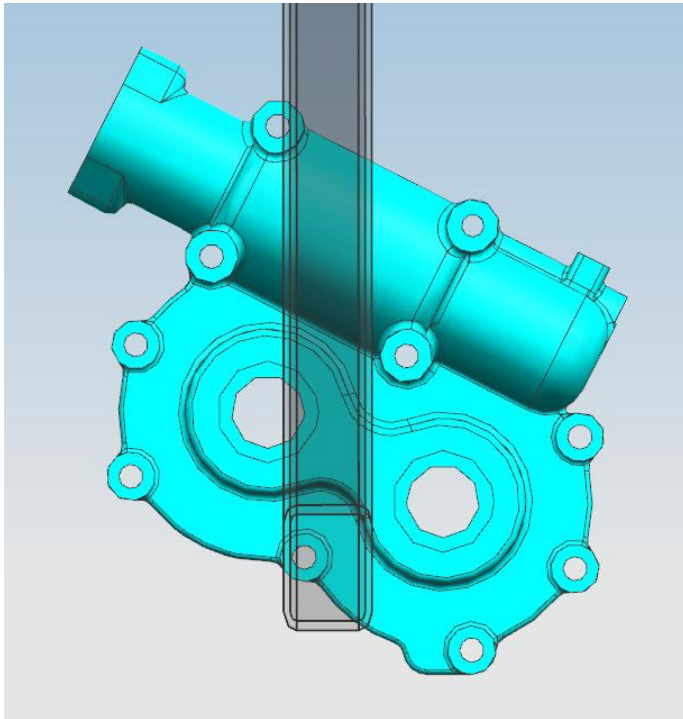
painopisteen määrittämisen liian työlääksi ja osittain mahdottomaksi. Tässä tapauksessa todettiin riittäväksi tarkkuudeksi määrittää öljypumpun painavimman osan eli rungon painopiste. Runko muodostaa öljypumpun painosta noin puolet. Kuvassa 19 on esitetty öljypumpun rungon painopiste, joka sijaitsee keltaisen koordinaatiston nollakohdassa.



Kuva 19. Öljypumpun rungon painopiste.

Öljypumpun kokoonpanopiirustusta tutkimalla voitiin todeta, että muut painavat osat sijaitsivat suurin piirtein tasaisesti painopisteen ympärillä. Voitiin siis olettaa, että koko öljypumpun painopiste sijaitsee suurin piirtein samassa kohdassa. Öljypumpun tarkkaa painopistettä ei voida myöskään käytännössä määrittää tarkasti, koska kyseessä on valettava kappale ja sen takia sen painopiste voi vaihdella.

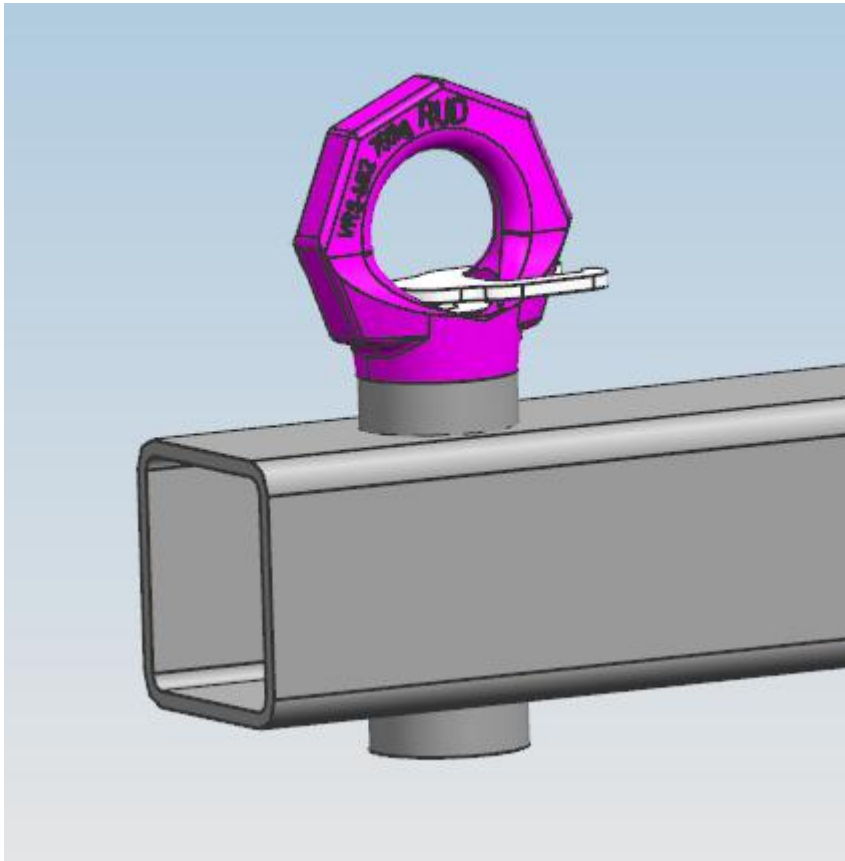
Näiden seikkojen pohjalta tyydyttiin määrittämään runkoputken ja tartuntalevyn kiinnitys sivusuunnassa vain silmämääräisesti. Kuvassa 20 näkyy runkoputken paikka suhteessa öljypumpun etulevyyn, tartuntalevy piilotettuna.



Kuva 20. Runkoputken paikoitus sivusuunnassa.

Moottorin kokoonpanomallista määritettiin NX:n mitta-apuvälinettä hyväksikäyttäen nostovälineen nostopiste. Nostopiste sijoitetaan pituus-suunnassa samalle akselille kuin painopiste, näin varmistetaan että nosto tapahtuu suoraan ylöspäin.

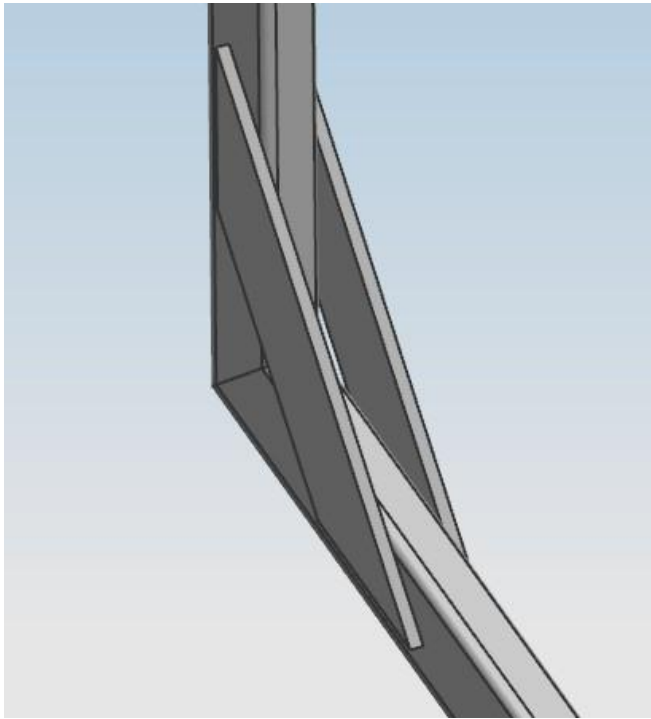
Määritettyyn nostopisteeseen runkoputkeen päätettiin porata halkaisijaltaan 30 millimetrinen reikä johon hitsataan holkki. Tässä holkissa on sisällä M12-kierre, johon asennetaan ruuvattava nostorengas. Kuvassa 21 näkyy nostopisteeseen asennettava holkki ja nostorengas.



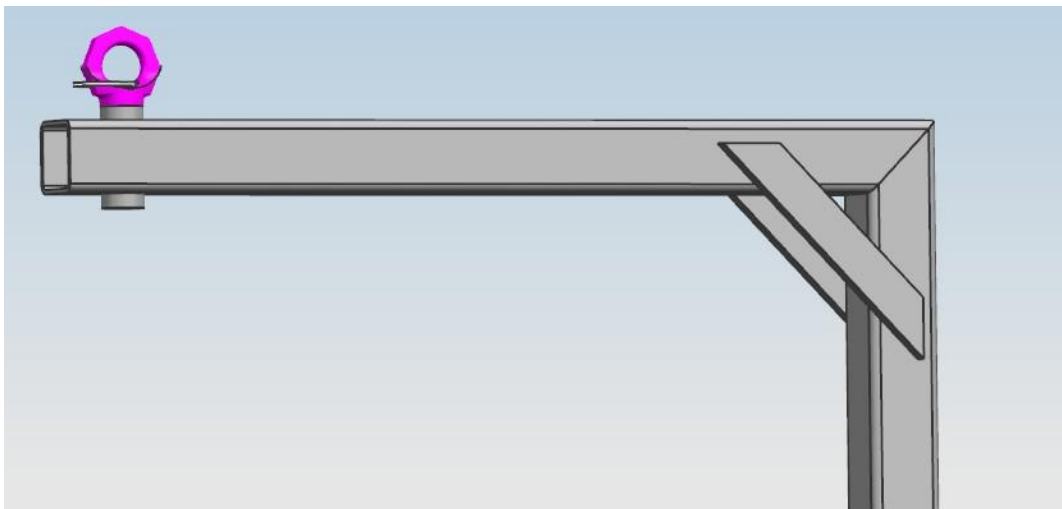
Kuva 21. Holkki ja nostorengas.

7.4.2 Rungon vahvistuspalat

Runkoputkien liitoskohtiin päätettiin suunnitella levypalat, koska nämä kohdat arvioitiin heikoimmiksi. Vahvistinlevyt suunniteltiin valmistettavaksi 30mm leveästä ja 10mm paksusta levystä. Kuvissa 22 ja 23 näkyy suunnitellut levyosat.



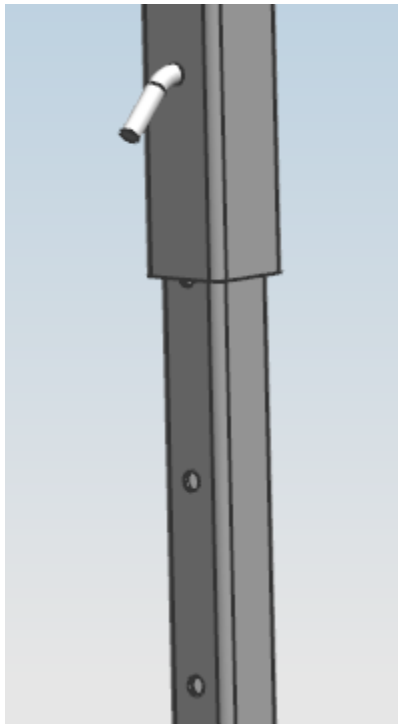
Kuva 22. Rungon alemman osan vahvistinlevyt.



Kuva 23. Rungon ylemmän osan vahvistinlevyt.

7.4.3 Rungon reiät säädöille

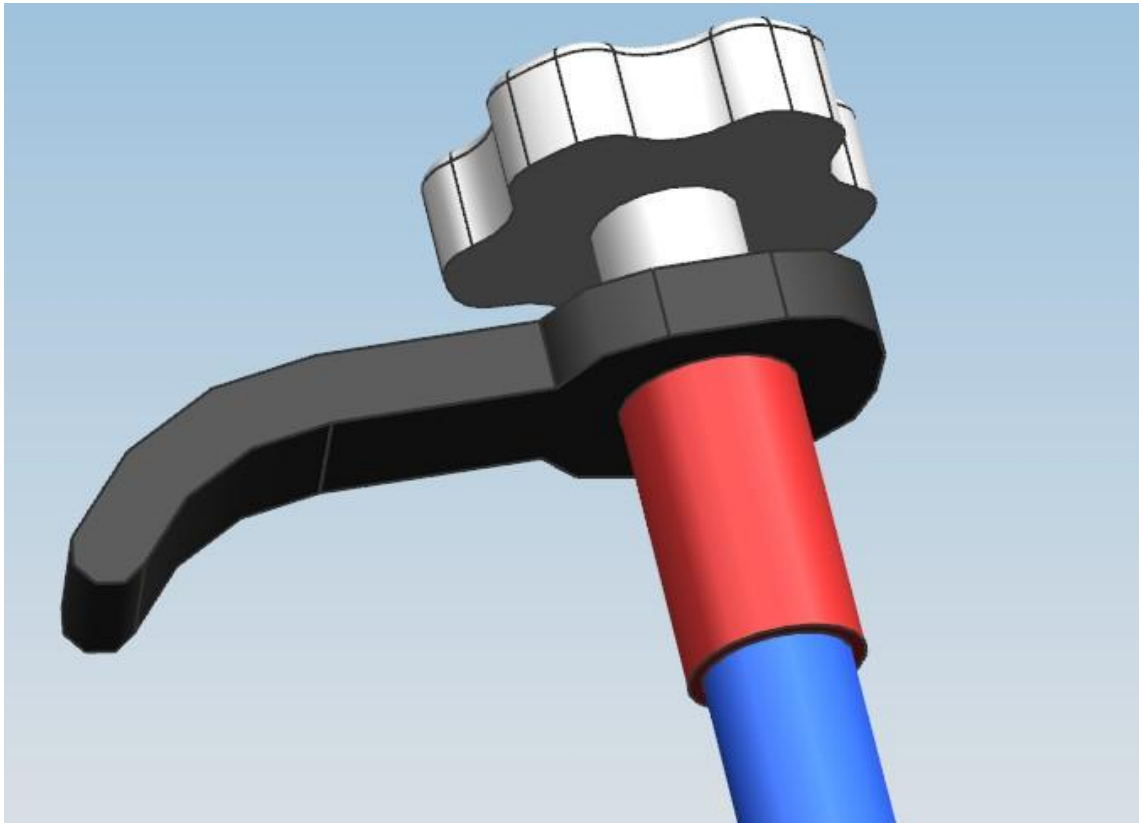
Runkoon suunniteltiin reiät säätöä varten. Isompaan runkoputkeen porataan vain yksi reikä, kun taas pienempään runkoputkeen porataan useampi reikä mahdollistaen rungon säädön. Halkaisijaltaan reiät ovat 10mm ja niihin asennetaan tappi joka lukitaan paikalleen sokalla. Kuvassa 24 näkyy rungon reiät sekä asennettava tappi.



Kuva 24. Rungon reiät sekä tappi.

7.4.4 Lukitusmekanismin jatkokehittely

Pienen pohdinnan jälkeen tultiin siihen johtopäätökseen, että lukitusmekanismi vaatisi jatkokehitystä. Tätä ratkaisua ei katsottu riittävän tukevaksi ja sen pelättiin pettävän kovan iskun tullen. Lukitusmekanismin ”kynteen” suunniteltiin hitsattavaksi holkki joka tekee ”kynnestä” tukevamman. Myös ”kynttä” jouduttiin muotoilemaan uudestaan mahdollistaen holkin kiinnityksen siihen. Kuvassa 25 holkki näkyy punaisena.



Kuva 25. Kiinnitysmekanismiin lisätty holkki (Kuvassa punaisena).

7.5 Kiskon suunnittelu

Kattoon tulevan kiskon suunnittelu vaatii sen tarkan paikan mittaamista suhteessa moottoriin. Kisko suunniteltiin kiinnitettäväksi koeajosolun katossa olevan pakoputken laipan reikiin.

Tuotannollisista syistä koeajosolussa ei juuri sillä hetkellä ollut moottoria jonka avulla kiskon paikka olisi voitu mitata. Koeajosolun henkilökunta ei myöskään osannut kertoa koska seuraava moottori sinne saapuu. Lisäksi työn tilaajalta täytyy ensin kysyä haluvatko he ottaa käyttöön tämän nostovälineen, koska sen paino alustavien suunnitelmien mukaan on 20 kg mikä on paljon 60 kg:n kappaleen nostoon. Tämän jälkeen kiskon suunnittelu aloitetaan. Tästä syystä työssä keskityttiin tästä eteenpäin pelkästään itse nostovälineen suunnitteluun.

8 FEM-MALLINNUS

FEM-mallinus aloitettiin kun nostovälineen 3D-mallit saatiin valmiiksi. Heti aluksi huomattiin, ettei FEM-mallinus onnistunut suoraan normaalin tapaan käytettävällä NX:llä joka on suoraan integroituna Teamcenteriin. Teamcenteristä puuttuivat simulointiin tarvittavat tiedostot, jotka luultavasti on poistettu, koska muualla yrityksessä ei käytetä NX:n Advanced Simulation toimintoa.

Tämä este voidaan kiertää suorittamalla FEM-mallinnus niin sanotulla natiivilla NX:llä. Natiivi NX tarkoittaa, että se käynnistyy ilman yhteyttä Teamcenteriin ja näin ollen tiedostot eivät päivyty sinne ollenkaan. Tästä johtuen FEM-mallinnus vaati ylimääräisiä tiedostonsiirtoja ja näin ollen FEM-mallin ja alkuperäisen 3D-mallin välinen yhteys katkeaa. Tästä johtuen kaikki NX-ohjelmiston hyvät puolet eivät tule tässä työssä esille.

8.1 Alkutoimenpiteet

Koska FEM-laskenta ei onnistunut Teamcenteriin yhteydessä olevalla NX:llä, täytyi nostovälineen 3D-mallit ottaa ulos Teamcenteristä. Tästä aiheutui luonnollisesti ylimääräistä työtä ja vaivaa verrattuna tilanteeseen, jossa laskenta olisi voitu suorittaa Teamcenter-ympäristössä. On myös tärkeää huomata, että yhteys nostovälineen alkuperäisen 3D-mallin ja laskentaan käytettävän mallin kanssa katkeaa. Eli jos laskennassa huomataan esimerkiksi jonkun kohdan vaativan muuttamista, täytyy se muuttaa sekä FEM-malliin että alkuperäiseen nostovälineen 3D-malliin.

Kun nostovälineen 3D-mallit otettiin ulos Teamcenteristä, jäi niistä puuttumaan nostorengas sekä tappien kiinnityspultit. Osat eivät latautuneet ulos, koska ne ovat vakio-osia eikä niitä voi ottaa ulos Teamcenteristä. Nämä osat eivät olleet laskennan kannalta oleellisia eikä niitä tarvittu FEM-mallissa.

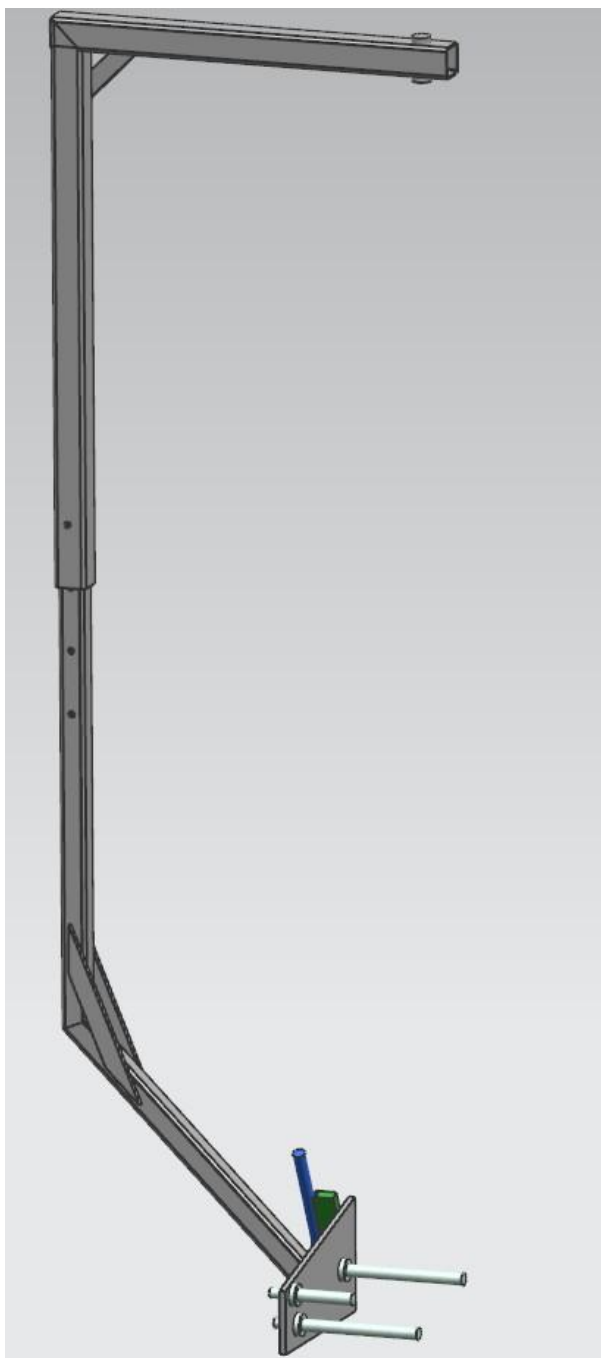
8.2 Kappaleen idealisointi analysointia varten

Koska nostovälineen runko on suunniteltu tehtäväksi kahdesta sisäkkäin liikkuvasta putkesta, joiden väliin jää muutama milli tilaa sallien putkien liikkumisen, täytyi tämä ero poistaa FEM-mallista. Tämä ongelma ratkaistiin kasvattamalla isomman runkoputken paksuutta niin että se koskettaa pienemmän putken ulkopintaa. Tällä seikalla ei ole laskennallista merkitystä, sillä suurimmat jännitykset eivät muodostuisi tähän runkoputkeen, sillä alempi runkoputki on heikompi.

Aluksi nostovälineen kokoonpanosta poistettiin kaikki laskennan kannalta epäoleelliset osat. Lukitusmekanismin kiristin ja kynsi poistettiin, koska niillä ei ollut laskennan kannalta merkitystä. Myös rungon säätötappi poistettiin kokoonpanosta ja se päätettiin laskea erikseen käsin.

Osista poistettiin myös ylimääräisiä piirteitä, kuten tappien ylimääräisiä pyöristyksiä. Myös kaikki kierteet ja laskennan kannalta epäoleelliset reiät poistettiin. Rungon säädölle suunnitellut reiät sen sijaan säilytettiin koska ne heikentävät runkoputkien kestävyyttä.

3D-malli oli aluksi kokoonpanomuodossa ja sisälsi jokaisen osan erillisenä tiedostona. Tästä kokoonpanotiedostosta täytyi tehdä tiedosto, joka sisältää vain yhden osan. Nostovälineen kokoonpanotiedosto muutettiin part-tiedostomuotoon NX:n export-toiminnolla. Tästä yhdestä osasta tehtiin laskettava FEM-malli. Kuvassa 26 näkyy nostovälineen FEM-laskentaa varten tehty 3D-malli.



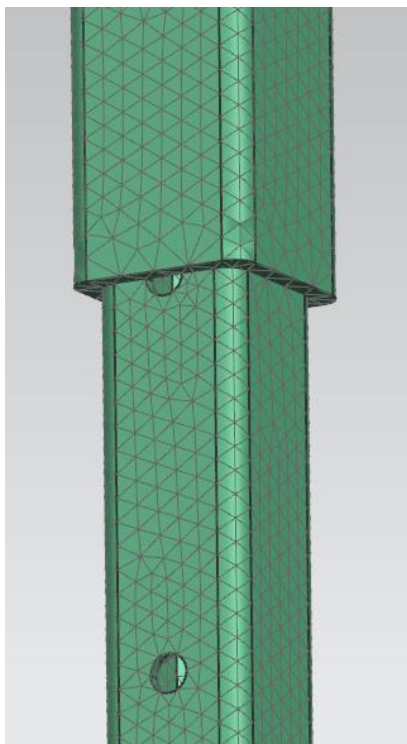
Kuva 26. Laskettava FEM-malli.

8.3 Elementtiverkon luonti

Elementtiverkko luotiin käyttäen tetra-elementtejä. Ohjelman automaattinen elementtikoon määrittäminen suositteli käyttämään 13.7 mm kokoisia elementtejä. Tämä koko todettiin liian isoksi, joten elementtiverkon kooksi valittiin 10 mm. Valitun koon elementtiverkko todettiin tarpeeksi tiheäksi eikä sitä ollut tarpeen tihentää.

Nostovälineelle valittiin myös tässä vaiheessa käytettävä materiaali. Koko kappale on valmistettu teräksestä, jonka lujuusominaisuudet ovat samat. Nämä arvot tarkastettiin vielä oikeiksi tarkastelemalla valitun materiaalin lisätietoja. Tarkastettavat arvot olivat kimmomoduli ja poissonin vakio, jotka osoittautuivat oikeiksi.

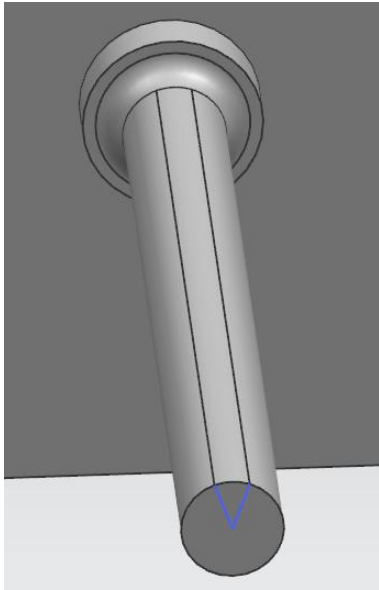
Elementtiverkon luominen sujui ilman suurempia ongelmia. Kuvassa 27 näkyy lopputuloksena saatu elementtiverkko runkoputkien liitoskohdassa.



Kuva 27. Elementtiverkko runkoputkien liitoskohdassa.

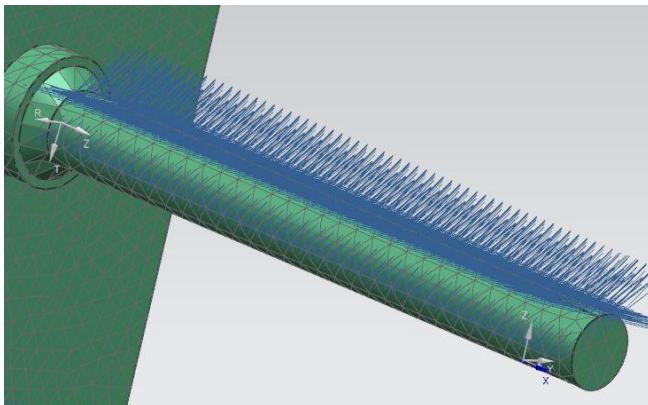
8.4 Reunaehtojen määrittely

Reunaehdot eli kiinnitykset päätettiin asettaa tappien yläpinnalle kohtiin missä öljypumppu koskettaa tappeja. Tapin päähän luonnosteltiin kuvan 28 mukainen kolmio, jonka avulla tapin yläpinnalle tehtiin alue johon kiinnitykset asetettiin. Toiselle tapille tehtiin vastaava toiminpide.



Kuva 28. Kiinnityksiä varten tehty alue.

Muodostetulle alueelle asetettiin kiinnitys, joka estää kappaleen liikkeen jokaisen vapausasteen suhteen. Kuvassa 29 on esitetty tappi kiinnitettynä.

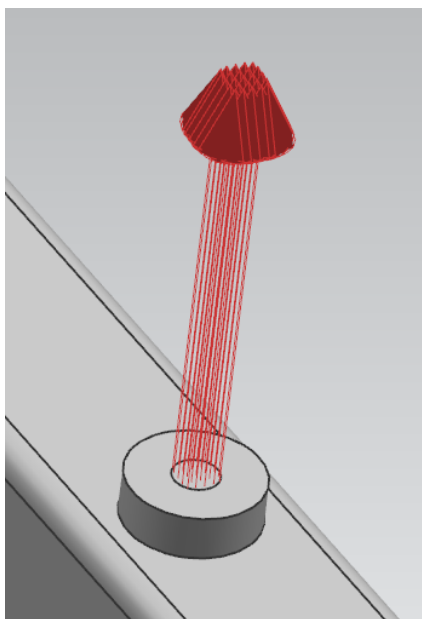


Kuva 29. Tappi kiinnitettynä.

8.5 Kuormitusten asettaminen

Ennen kuin voimia voitiin asettaa, täytyi nostorenkaan holkkiin tehdä piirre, johon voima voitiin kiinnittää. Holkkiin ei voitu tehdä pelkkää reikää, johon voima olisi asetettu, koska reikä olisi ollut tällöin tyhjä. Tämä tilanne ei vastaa todellisuutta, sillä reiässä on nostotilanteessa nostorenkaan kierre. Tämän takia holkin yläpinnalle tehtiin ympyrä, jonka halkaisija oli 10.2 mm M12-kierrereiän pienimmän halkaisijan mukaan. Näin tilanne vastaa tarvittavasti oikeaa ja reikä on ”täynnä”.

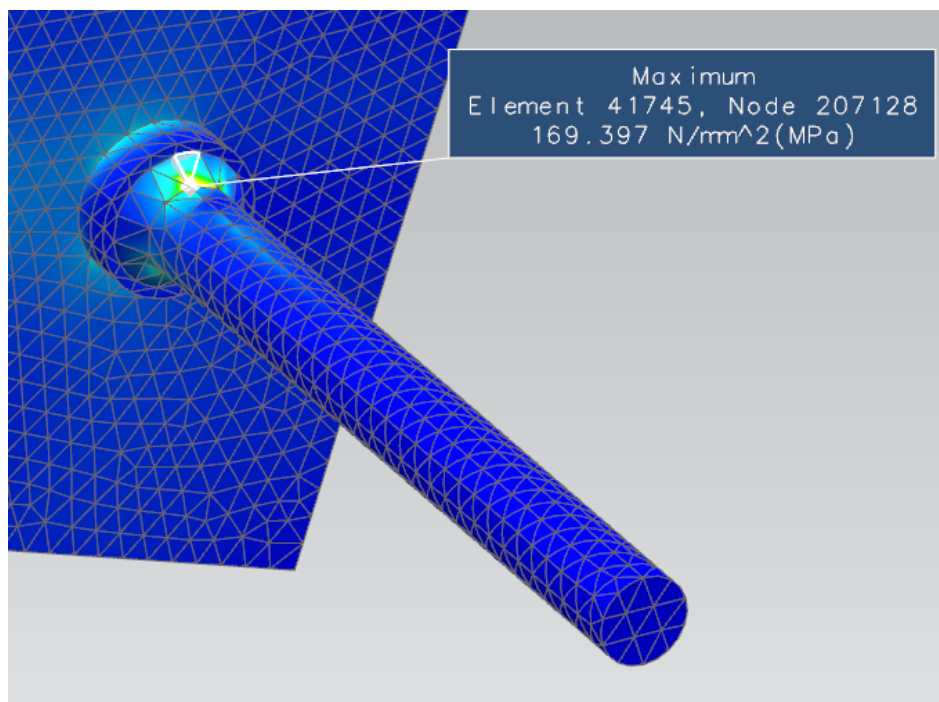
Seuraavaksi voima asetettiin lähteväksi tästä ympyrästä. Voiman suunnaksi valittiin tietysti ylöspäin. Koska kappale painaa noin 60 kg päätettiin voimana käyttää 800 Newtonia. Tällä haluttiin varmistaa se, että jos kappaleen paino muuttuu jostain syystä, kestää se kasvaneen rasituksen. Kuvassa 30 voimat on esitetty punaisilla nuolilla.



Kuva 30. Voimat nostosilmukan reiässä.

8.6 Laskenta ja tulosten tarkastelu

Laskennan tuloksena saatiin suurimmaksi jännitykseksi 169.4 N/mm^2 . Tämä suurin jännityshuippu löytyy tapin levynpuolisesta päästä. Kuvasta 31 näkyy suurimman jännityshuipun paikka.

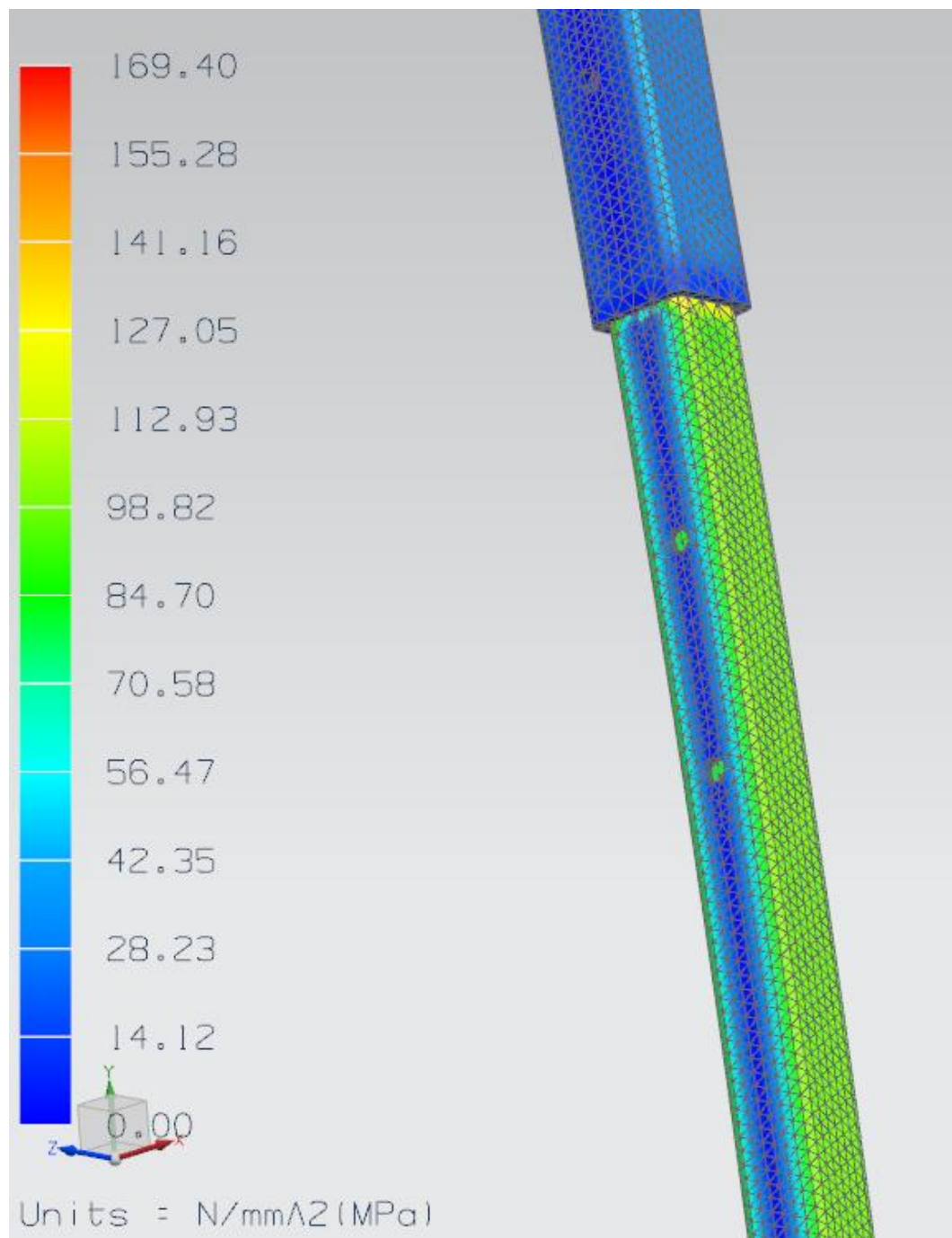


Kuva 31. Suurin jännitys.

Standardin EN 13155 + A2 mukaan nostovälineen laskennallisesti suurin jännitys saa olla korkeintaan puolet materiaalin myötörajasta. Nostovälineessä käytetyn teräksen myötöraja on 345 N/mm^2 . Eli suurin sallittu jännitys mikä standardin mukaan voidaan hyväksyä on 172.5 N/mm^2

Laskennassa saatu suurin jännitys jää siis tämän arvon alle. Nostovälineen voidaan siis todeta täyttävän edellä mainitun standardin vaatimukset.

Lisäksi näiden jännityshuippujen todettiin poikkileikkauskuvantojen perusteella olevan ainoastaan kappaleen pinnassa ja tästäkin johtuen nostovälineen todettiin täyttävän standardin. Kuvassa 32 näkyy jännitys runkoputkien liitoskohdassa.



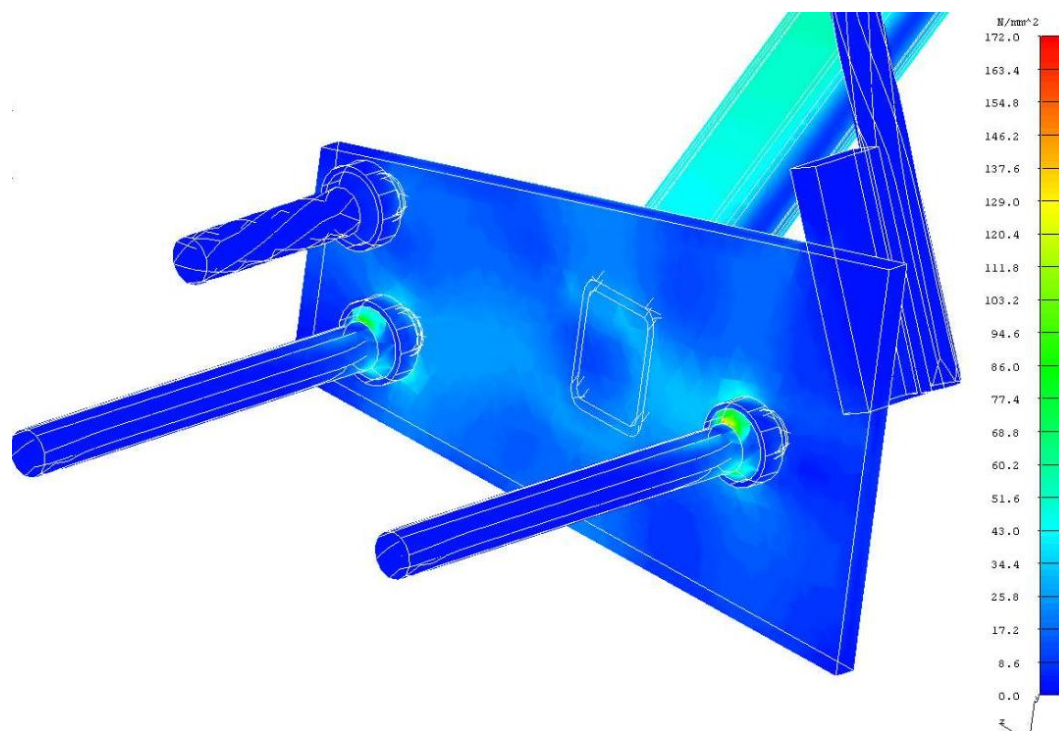
Kuva 32. Jännitys väripintoina ilmaistuna.

8.6.1 Tulosten varmistus

Tulosten varmistamiseksi päätettiin ne vielä tarkistaa kokeneen suunnittelijan toimesta. Tulokset tarkistettiin NX I-Deas Advanced Fem-ohjelmalla käyttäen samaa FEM-mallia kuin edellä. Tällä ohjelmistolla osaston lujuuslaskut suoritetaan tällä hetkellä.

Elementtiverkon kooksi määritettiin sama 10 mm ja elementtityyppinä käytettiin samaa tetraelementtiä. Kiinnitykset ja voimat määritettiin täsmälleen samalla tavalla kuten edellä mainittiin.

Tarkistuslaskennan tuloksena saatiin suurimman jännityksen arvoksi 172 N/mm^2 , joka on standardin mukaan hyväksyttävä arvo. Suurimmat arvot sijaitsivat samoissa kohdissa, tappien levynpuolisessa päässä. Tässäkin tapauksessa oli kyse vain pienistä pistejännityksistä tappien pinnassa. Kuvassa 33 tarkastuslaskettu nostovälineen tartuntaosa.



Kuva 33. Tarkastuslaskettu nostoväline.

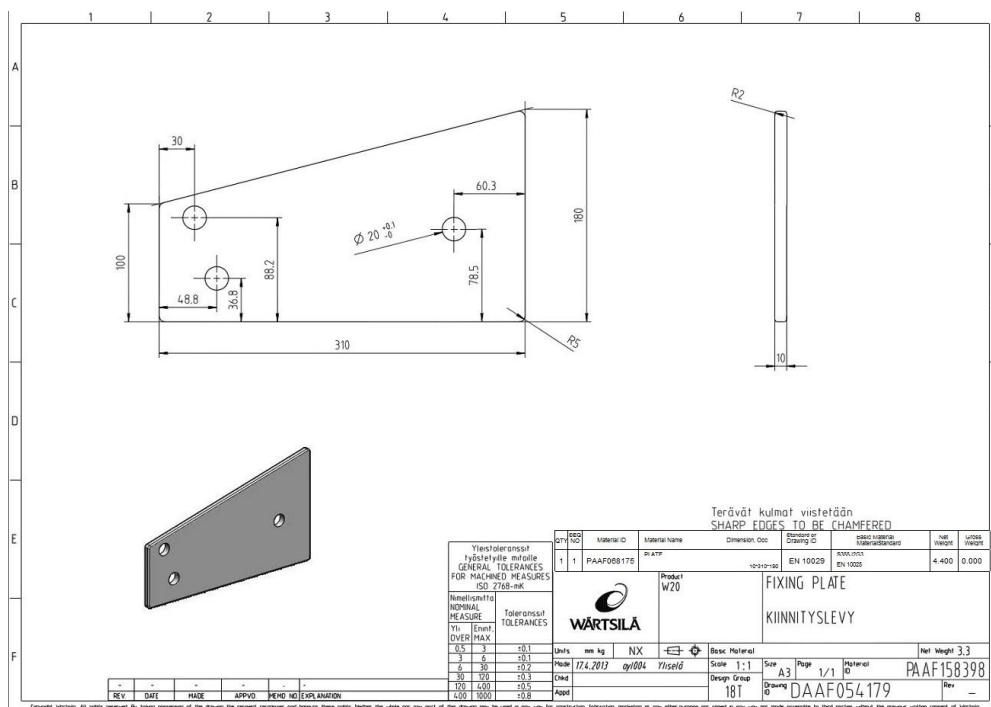
9 PIIRUSTUKSIEN TEKO

Kun nostoväline oli todettu lujuuslaskennassa standardien mukaiseksi, tehtiin siitä valmistuspiirustukset. Ensin tehtiin jokaisesta osasta oma piirustuksensa ja sen jälkeen kokoonpanopiirustukset.

9.1 Osapiirustukset

Saman aikaan kun osista tehtiin osapiirustuksia, määritettiin niille Teamcenterissä oikea materiaali, ja järjestelmästä haettiin kuvaava nimi. Näitä tietoja tarvitiin myöhemmin, kun kokoonpanoille haettiin automaattisesti osaluettelo.

Osapiirustuksiin lisättiin tarvittavat mitat kappaleen valmistamista varten. Kuviiin lisättiin otsikkotaulu, joka sisälsi myös materiaalitiedon. Lisäksi lisättiin yleistoleranssi- ja muutostaulukko. Piirustuksiin lisättiin myös pieni 3D-kuva, joka auttaa piirustuksen lukijaa hahmottamaan osan paremmin. Kuvassa 34 näkyy tartuntaosan levystä tehty piirustus.



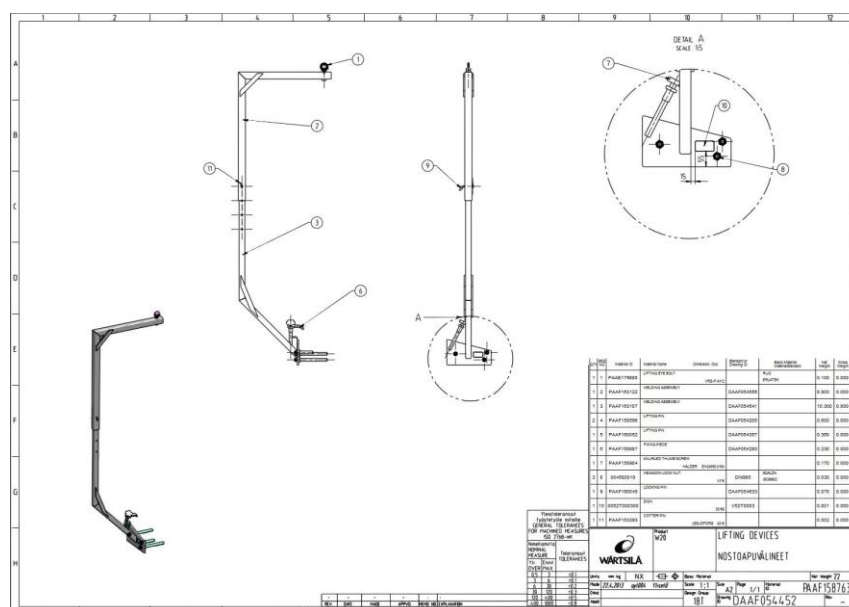
Kuva 34. Levyn osapiirustus.

9.2 Kokoonpanopiirustukset

Kun jokaisesta tarvittavasta osasta oli tehty piirustus ja tarvittavat tiedot oli päivitetty Teamcenteriin, voitiin kokoonpanopiirustusten teko aloittaa.

Kokoonpanopiirustusta laatiessa kävi ilmi, että osaluettelon automaattisen päivityksen takia kokoonpanoa piti hivenen muuttaa. Nostovälineen kokoonpanosta tallennettiin uutena osana hitsauskokoonpano, josta poistettiin kaikki muut paitsi hitsattavat osat. Tarkemman tutkiskelun jälkeen tarvittiinkin kaksi hitsauskokoonpanoa, sillä runko koostuu kahdesta eri osasta kokoontaittavuuden takia.

Kun molemmat hitsauskokoonpanot oli tehty, liitettiin ne pääkokoonpanoon. Tässä kokoonpanossa liitettiin muut osat hitsauskokoonpanoihin. Lopulta saatiin halutunlainen rakenne, joka näkyi automaattisissa osaluotteloissa oikein. Kokoonpanoihin jouduttiin lisäämään osanumerointi käsin, koska Teamcenteristä automaattisesti haettu osaluettelo ei tue automaattista osanumerointia. Kuvassa 35 näkyy valmiin nostovälineen kokoonpanokuva.



Kuva 35. Nostovälineen kokoonpanopiirustus.

10 DOKUMENTOINTI

Nostovälineestä täytyi myös tehdä tarvittavat dokumentoinnit CE-merkintää varten. Dokumentteja on yhteensä neljä: lujuuslaskut, käyttöohje, EY-vaatimuksenmukaisuus vakuutus ja riskianalyysi. Nämä kaikki dokumentit liitetään niin sanottuun technicalfile-tiedostoon, joka lisätään Teamcenteriin nostovälineen tiedostoon. Lisäksi tehtiin niin sanottu customerfile. Nostovälineen dokumentit laadittiin osaston suunnittelijoiden avustuksella valmiiden tiedostopohjien päälle. Dokumenttien laatimista auttoi myös vanhojen tiedostojen tutkiminen.

Lujuuslasku-tiedostossa esitettiin nostovälineen jokaisen osan materiaalien tiedot ja fysikaaliset arvot, joiden avulla lujuutta tarkasteltiin. Tiedostossa esiteltiin kuvakaappauksien avulla FEM-mallin kiinnitykset ja voimat. Tärkeimpänä esiteltiin tietenkin FEM-analyysin tulokset värein ilmaistuna, sekä laskutoimitus, jolla kaksinkertainen varmuus myötörajaan nähden todistettiin. Dokumentissa todistettiin myös käsin laskettuna runkoputkien tappiliitoksen kestävyys.

Käyttöohjeessa opastettiin nostovälineen oikeaoppiseen käyttöön, kunnossapitoon, tarkastukseen ja säilytykseen. Käyttöohjeen lukemista helpottamaan lisättiin siihen selventäviä kuvakaappauksia nostovälineen 3D-mallista. Käyttöohjeesta tehtiin myös englanninkielinen versio.

Nostovälineelle tehtiin myös riskianalyysi, jossa käsitellään nostovälineen käyttöön liittyviä vaaratilanteita. Riskianalyysissä arvioidaan myös näiden vaaratilanteiden todennäköisyyksiä, vakavuutta sekä välttämismahdollisuuksia.

Lopuksi nostovälineelle tehtiin EY-vaatimuksenmukaisuusvakuutus, jolla vakuutetaan nostovälineen täyttävän kaikki sitä koskevat standardit. Tämä vakuutus tehtiin myös englanniksi. Lopuksi laadittiin technicalfile, johon liitettiin kaikki edellä mainitut dokumentit. Tämä tiedosto lisättiin Teamcenteriin nostovälineen tiedostoon ja jää täten vain yrityksen sisäiseen käyttöön. Asiakkaalle tehtiin vielä niin sanottu customerfile, joka piti sisällään EY-

vaatimuksenmukaisuusvakuutuksen ja käyttöohjeen sellaisessa muodossa ettei niitä voi muokata.

11 KEHITYSKOhteET

Nostovälinettä suunniteltaessa esiin nousi joitakin kysymyksiä ja kehityskohteita. Itse suunnitteluohjelman käyttöön liittyen ei esintynyt mitään niin suuria ongelmia, mikä estäisi ohjelman käyttöönoton osastolla.

11.1 I-Deaksella mallinnetut osat

Jo suunnittelun alkuvaiheessa, kun haettiin moottorin ja öljypumpun kokoonpanoja kävi ilmi, etteivät ne sellaisenaan avautuneet kunnolla NX:ssä. Tämä johtui siitä, että ne olivat alun perin suunniteltu I-Deaksella, jolla ne jouduttiin avaamaan ja muuttamaan STEP-tiedostomuotoon, jota NX ymmärtää. Tämä aiheuttaa ylimääräistä työtä, kun tiedostoja joudutaan siirtämään ohjelmasta toiseen ja muokkaamaan niiden tyyppiä. Tiedostomuotoja vaihdettaessa on myös mahdollista ettei malli toimikaan kunnolla toisessa tiedostomuodossa. Osastolla on myös tehtävä päätös käytetäänkö tällaisissa tapauksissa ennemmin I-Deasta vai NX.:ää.

11.2 WAVE Linkerin käyttö

Suunnittelun aikana WAVE linkerillä linkitetyt osat aiheuttivat vähän ongelmia. Osia linkittäessä täytyi olla tarkkana, mitä osia linkitti mihinkin. Myös kokoonpanojen rajoitteita asettaessa piti varmistaa, ettei rajoiteta linkitettyjä osia oikeiden osien sijaan.

On myös tärkeää huomata, että jos tätä ominaisuutta aijotaan käyttää muiden suunnitelmien osien linkitykseen, tulee osien olla viimeisiä ja hyväksytyjä versioita osista. Jos käytetään vielä suunnittelilla olevia ja mahdollisesti muuttuvia osia, muuttuvat myös näistä osista linkityksen avulla hankitut piirteet.

11.3 FEM-mallinnus

Suunnittelutyön aikana suurimmat ongelmat liittyivät FEM-mallinnukseen. Koska Teamcenterissä ei ollut valmiita pohjatiedostoja analysointia varten, jouduttiin analysointi tekemään sen ulkopuolella. Tiedostojen edestakainen siirtely aiheuttaa ylimääräistä työtä ja vaivaa. On myös vaarana että simulointitiedostot ja analysointitulokset katoavat, koska ne tallentuvat vain käyttäjän kovalevyille eivätkä automaattisesti Teamcenteriin. Tämä vaikeuttaa näiden tiedostojen uudelleen tarkastelua, mikäli se jostain syystä on tarpeen. On siis syytä selvittää onnistuuko analysointi tulevaisuudessa NX:llä joka on yhteydessä Teamcenteriin.

Tärkein asia on selvittää käytetäänkö NX:n Advanced Simulation- ohjelmaa osastolla FEM-mallinnukseen. Myös Wärtsilässä käytössä olevien ohjelmien käyttämiseen oikeuttavien lisenssien määrä täytyy selvittää ja varmistaa, että niitä on riittävästi mahdollistamaan jouheva työskentely. Nämä kaikki selvitykset täytyy tehdä ennen kuin osastolle tilataan koulutusta Advanced Simulation-ohjelman käyttämiseen.

11.4 Piirustukset

Piirustuksien laatimisen aikana ei esiintynyt suuria ongelmia. Piirustuksiin lisättävä yleistoleranssitaulu täytyy tällä hetkellä kopioida siihen erillisestä piirustuksesta, johon on kerätty muitakin piirustuksiin lisättäviä merkintöjä. Tämä käytäntö on sinällään toimiva, mutta parempi ratkaisu olisi, jos kaikki tarvittavat merkinnät piirustuksiin haettaisiin samaan tapaan kuin nyt haetaan revisiotaulukko.

Kokoonpanopiirustuksiin lisättävä osaluettelo ei tällä hetkellä näy ollenkaan NX:n piirustustilassa eikä ennen hyväksymistä PDF-tiedostoissa. Otsikkotaulussa näkyy ainoastaan osaluetteloa varten varattu tila. Osalettelon saa kyllä näkymään erikseen joko NX:n tai Teamcenterin kautta verkkoselaimen ikkunassa. Teamcenterin kautta muutaman vaiheen avulla saadaan piirustuksista PDF-tiedostoja, joissa osaluettelo näkyy oikein.

Koska NX hakee osaluetteloiden tiedot suoraan Teamcenteristä, ei niitä pysty muokkaamaan NX:n piirustutilassa. Tämän takia on erittäin tärkeää, että yksittäisten osien ja alikokoonpanojen tiedot ovat oikein Teamcenterissä. Jos osaluettelosta ei saada automaattisella toiminnolla halutunlaista, on osaluettelon tekeminen erikseen mahdollista. Tämä vie luonnollisesti enemmän aikaa ja vaatii tarkkuutta tietojen syöttämisessä. Automaattista ja käsintehtyä osaluetteloa ei voi yhdistää.

12 OSASTON KOULUTUS

Osaston koulutus päätettiin tilata Ideal PLM:tä, koska he ovat kouluttaneet myös muita Wärtsilän osastoja NX:n käyttöön. Myös työkalu- ja laitesuunnitteluosasto on enemmän tilannut yritykseltä koulutusta ja kaikki olivat silloin tyytyväisiä koulutuksen tasoon, joten tämä yritys on luonteva valinta. Myös mahdollisuus järjestää koulutus Vaasassa oli tärkeä seikka joka puolti juuri tämän yrityksen valintaan.

Ideal PLM:n verkkosivuilla esitetyn kurssitarjonnan ja niiden sisällön tutkimisen perusteella pyydettiin yritykseltä lisätietoja seuraavista kursseista: NX-peruskurssista, NX-jatkokurssista, NX Advanced Simulation-kurssista. Vastauksena saatiin lisätietoja kursseista sekä kurssien järjestämisen käytännöistä. Lisäksi saatiin kursseilla käytettävä opetusmateriaali tutkittavaksi. Yrityksellä oli lisäksi tarjota NX-peruskurssi, joka oli räätälöity Wärtsilää varten.

Opetusmateriaaleihin tutustumisen jälkeen päädyttiin valitsemaan osaston henkilökunnalle opetettaviksi kursseiksi Wärtsilälle räätälöity NX-peruskurssi sekä Advanced Simulation-kurssi. NX-jatkokurssi todettiin sisällöltään turhaksi osaston suunnittelijoiden työnkuvaa ajatellen.

Wärtsilälle räätälöity NX-peruskurssi on sisällöltään lähes sama kuin vakiokurssi. Räätälöidyn kurssin etuna on, että siinä opetetaan toimimaan Wärtsilän sisäisten toimintatapojen mukaan. Kustannuksiltaan kurssit ovat samaa luokkaa. Tämä kurssi antaa hyvät valmiudet NX:n käyttöön ja sekä ohjelman itseopiskeluun.

Ennen kuin Advanced Simulation-kurssia järjestetään tai tilataan tulee selvittää edellä mainitut ongelmat FEM-mallinnukseen liittyen. Mikäli osastolla tullaan tulevaisuudessa käyttämään NX Advanced Simulation-ohjelmaa on tämän kurssin käyminen miltei pakollista käytön kannalta.

Kurssit on järkevintä järjestää eri osissa, siten että peruskurssin ja Advanced Simulation-kurssin välissä olisi esimerkiksi muutama kuukausi, jonka aikana NX:ää käytettäisiin päivittäisessä suunnittelutyössä. Tämä antaisi paremmat

lähtökohdat Advanced Simulation-kurssilla opetettaville asioille, joiden omaksumiseen tarvitaan hyvät perustiedot ja taidot NX:n käytöstä. Tästä syystä peruskurssi voidaan järjestää vaikka heti ja Advanced Simulation-kurssi kun sen vaatimat selvitykset on tehty.

LÄHTEET

- /1/ Hietikko, E 2008. Tuotekehitystoiminta. Viitattu 12.4.2013
- /2/ Hietikko, E 2004. Palkki, lujuuslaskennan perusteet. Viitattu 5.4.2013
- /3/ Mäkelä Veli-Matti, Työkalu- ja laitesuunnittelun päällikkö. Haastattelu 1.3.2013. Viitattu 6.3.2013.
- /4/ NX CAE-esite. Saatavilla:
http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/nx/simulation/index.shtml#lightview%26uri=tcm:1023-4321%26title=NX%20CAE%20-%20NX%20Brochure%20-%204153%26docType=.pdf.
Viitattu 8.3.2013
- /5/ NX CAM-esite. Saatavilla:
http://media.plm.automation.siemens.com/nx/CAM_2009/pdf/Siemens-PLM-NX-CAM-High-Productivity-Part-Manufacturing-br-X37.pdf.
Viitattu 8.3.2013
- /6/ NX help, Introduction to NX. Viitattu 1.3.2013.
- /7/ NX-esite. Saatavilla:
http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/nx/index.shtml.
Viitattu 1.3.2013.
- /8/ Product Lifecycle Management, Wikipedia. Saatavilla:
http://en.wikipedia.org/wiki/Product_lifecycle_management.
Viitattu 8.4.2013
- /9/ Standardi EN 13155+A2
- /10/ Teamcenter-esite. Saatavilla:
http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/plm/pdm.shtml#lightview%26uri=tcm:1023-79817%26title=Teamcenter%20Overview%20-.
Viitattu 10.4.2013
- /11/ Wärtsilä in Finland – powerpointesitys, saatavilla Wärtsilän intranetistä.
Viitattu 27.2.2013
- /12/ Wärtsilä vuosikertomus 2012, saatavilla Wärtsilän intranetistä.
Viitattu 26.2.2013.
- /13/ Wärtsilä Intranet. Viitattu 31.1.2013
- /14/ What is PLM software, Saatavilla:
http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/plm/index.shtml.
Viitattu 1.3.2013

