

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Laiva- ja venetekniikka

2013

Mikko Hakala

SOLIDWORKS-OHJELMAN KÄYTTÖ STX FINLANDIN TOIMINNOISSA



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Laiva- ja venetekniikka

2013 | 36 Sivua

Kai Saarinen ja Kim Olin

Mikko Hakala

SOLIDWORKS- OHJELMAN KÄYTTÖ STX FINLANDIN TOIMINNOISSA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia SolidWorks-suunnitteluohjelman käyttöä ja siitä saatavaa hyötyä, sekä säästöjä STX Finlandin kansivarustelun perussuunnittelussa. Ankkuritaskujen toimintaa havainnollistetaan erittäin vanhanaikaisin menetelmin. Jokaisesta ankkuritaskusta laaditaan pienoismalli, jolla toimintaa varmistetaan ja kuvataan. Tapa on vanhanaikainen, kallis ja ennen kaikkea hidas. Pienoismallilla voidaan todeta ainoastaan laitteen toimivuus, joten optimointia ei voida toteuttaa.

SolidWorksin simulointityökaluilla vastaavan esityksen luominen onnistui saavuttaen tarkemman lopputuloksen ja mahdollistaen suunnittelun ja tuotekehityksen täysin uusien keinoin. Ohjelman lujuuslaskenta ominaisuuksien käyttö nostimien kiinnityspisteiden rakenteita arvioidessa nopeuttaa luokitukselle lähetettävien dokumenttien kiertoa, ellei laitetoimittaja toimita näitä arvioita aikaisessa suunnitteluvaiheessa. SolidWorksillä voidaan myöskin tuottaa asiakkaalle selkeitä ja havainnollisia mallinnuksia niin rakenteista kuin sisustuksestakin. Samalla tutkittiin myös mahdollista ratkaisua SolidWorksin mallien siirtämiseen telakan yhtenäiseen Cadmatic-malliin ja siitä mahdollisesti syntyviä ongelmia.

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and production engineering | Naval engineering

2013 | 36 pages

Kai Saarinen ja Kim Olin

Mikko Hakala

SOLIDWORKS- OHJELMAN KÄYTTÖ STX FINLANDIN TOIMINNOISSA

The purpose of this thesis is to study usage of SolidWorks design suite and the possible savings and gain of using it in STX Finland's deck out fitting design departments basic design. The functionality of anchor pockets are being presented with very old fashion way. Every anchor pocket is scale modeled and the functionality is tested and presented with it. The way is old fashion, expensive and especially slow. Scale model can only present current models functionality and there is no possibility for design optimization.

With SolidWorks simulation tools similar presentation was able to be created with more accurate results and it allows design and product development to be done completely new ways. The usage of the programs strength calculation features in designing of cranes installation will improve document circulation, in such situations where the device manufacturer will not provide these estimates in early state of product design. With SolidWorks designer can also produce clear and demonstrative renderings for the customer about structures and also interior parts. Possibly solution about transferring SolidWorks models into shipyards Cadmatic model was studied and the possible problems caused by it.

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Työn tavoitteet	7
1.2 STX Finland oy	8
2 KÄYTETTYJEN OHJELMIEN KUVAUS	9
2.1 SolidWorks	9
2.2 SolidWorks Simulation-tuotteet	9
2.3 Solidworks eDrawings viewer	10
2.4 Nupas-Cadmatic ja Cadmatic eBrowser	10
2.5 Aveva Marine	10
3 ANKKURITASKUN TOIMINNAN SIMULOINTI	11
3.1 Ongelmatilanteet ankkurin nosto- ja laskutilanteissa	11
3.2 Pienoismallit	11
3.3 Mallinnus	13
3.4 Simulointi	13
3.5 Motion Studyn asetusten määrittäminen	14
3.6 Simulaation tulokset	15
3.7 Simuloinnin kehitysmahdollisuudet	19
3.7.1 Ankkuritaskun muoto-optimointi	19
3.7.2 Ankkurivarren pituuden optimointi	19
3.7.3 Klyyssi-putken kallistuksen optimointi	20
4 LUJUUSLASKENTA PERUSSUUNNITTELUSSA	21
4.1 FEA	21
4.2 Nostolaitteen voimakuva	21
4.3 Nostimen kiinnityspisteiden voimien arviointi SolidWorks- ohjelmaa käyttäen	22
4.4 Laitaportin voimakuva	26
4.5 Voimaresultantit	26
4.6 Tulokset	27
5 SOLIDWORKS PIIRTEIDEN SIIRTO CADMATICIIN	29
5.1 Cadmatic	29

5.2 Solidworks kappaleen vienti Cadmatic malliin Cadmatic eXchangerilla	29
5.3 Cadmatic mallitiedoston tuominen Solidworksiin	31
6 YHTEENVETO	32
LÄHTEET	33
LIITTEET	34
Liite 1. HHP JYNP- ankkuri	34

KUVAT

Kuva 1 Pleksimalli ankkuritaskusta	12
Kuva 2 Integraattorin valinta	15
Kuva 3 Lähtöasento	16
Kuva 4 Nousun aikainen oikaisu	17
Kuva 5 Lopullinen asento ankkuritaskussa	18
Kuva 6 Kiinnityspisteiden asettaminen	23
Kuva 7 Palkki ja kiinnityspisteet	23
Kuva 8 Voimaresultantit asennossa 1	24
Kuva 9 Lineaariset muoto poikkeamat asennossa 1	24
Kuva 10 Voimaresultantit asennossa 2	25
Kuva 11 Lineaariset muoto poikkeamat asennossa 2	25
Kuva 12 Voimat ja voimaresultantit	27
Kuva 13 Tulokset	28
Kuva 14 Cadmatic_in parametrit	30
Kuva 15 Cadmatic_out parametrit	31
Kuva 16 HHP JYNP- Ankkuri	34
Kuva 17 Ankkurin varsi	35

KÄYTETYT LYHENTEET

Lyhenne	Lyhenteen selitys (Lähdeviite)
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
FEA	Finite Element Analysis
FEM	Finite Element Method
JRE	Jacobian Re-evaluation
SWL	Safe Working Load

1 JOHDANTO

1.1 Työn tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda SolidWorks-suunnitteluohjelmistolla ankkuritaskun toimintaa simuloiva tietokonemalli, jolla voidaan syrjäyttää vanhanaikaiset toimintaa havainnollistavat pleksimallit, sekä käyttää ankkurin ja ankkuritaskun tuotekehityksessä. Tämän lisäksi tarkastellaan FEM-lujuuslaskentamalleja laivan nostimen sekä laitaportin kiinnityspisteiden laskemisessa.

Mallinnus ja simulointi toteutetaan SolidWorks-suunnitteluohjelmistolla ja ohjelmistoon integroidulla Solidworks Motion Study -lisäosalla. FEM-laskentaan käytetään Solidworks Simulation -laskentatyökalua.

Työ tehdään STX Finlandin Turun telakan kansivarusteluosastolle. Tavoitteena on laskea suunnittelun kustannuksia ja parantaa varustamolle lähetettävän havainnollistamismateriaalin laatua ja ajanmukaisuutta. SolidWorks-ohjelma mahdollistaa myös alustavien voimakuvien tekemisen telakalla tilanteessa jossa laitetoimittajan tiedot osin tulevat telakan kireän aikataulun vuoksi liian myöhään. Työn liitteenä tilaajalle toimitetaan valmis tuotekehitysmalli ja havainnollistamisaineisto ankkurin toiminnasta erilaisissa nostotilanteissa ja asennoissa.

1.2 STX Finland oy

Yritysprofiili 20.11.2012

STX Finland Oy:llä on kolme telakkaa Suomessa: Turussa, Helsingissä ja Raumalla. Helsingissä toimii Arctech Helsinki Shipyard Oy on STX Finland Oy:n ja United Shipbuilding Corporation (USC) tasaosuuksin omistama yhteisyritys. STX Finland Oy kuuluu kansainväliseen STX Europe -ryhmään, jonka tuotevalikoimaan kuuluvat matkustajalaivat sekä kauppa- ja offshore-alukset. STX Euroopassa on henkilöstöä noin 14 000. STX Europan pääosakkeenomistajalla, kansainvälisellä monialayhtymällä STX Business Groupilla on eri teollisuudenalojen tuotantolaitoksia ympäri maailman ja yhteensä noin 70 000 työntekijää.

STX Finland Oy työllistää suoraan noin 2 500 henkilöä ja sen lisäksi suuren joukon suomalaisten yhteistyökumppanien väkeä, ja näin hyödyttää koko ympäröivää seutua.

Suomalaisista telakoista Turku on suurin ja erikoistunut risteily- ja automatkustajalaivoihin ja teknisesti vaativiin offshore hankkeisiin. Turun telakka työllistää noin 1500 henkilöä. Turussa maa-alueella on kaikkiaan 144 hehtaaria. Rakennusaltaan mitat ovat 365 x 80 m, ja sitä palvelee 600 tonnin nosturi. Raumalla rakennetaan noin 900 henkilön voimin autolauttoja, pienempiä risteilyaluksia ja erikoisaluksia kuten tutkimusaluksia, jäänmurtajia ja merivoimien aluksia. Rauman telakan rakennusallas on 260 x 85 m.

Arctech Helsinki Shipyard työllistää noin 400 henkilöä ja yritys keskittyy arktiseen meriteknologiaan ja laivanrakennukseen sekä yhdistää Venäjän ja Suomen meriteollisuusklusterit. Yritys keskittyy arktisten erikoisalusten, kuten jäänmurtajien ja muiden jäätämurtavien alusten rakentamiseen. Helsingin telakan katettu rakennusallas on mitoiltaan 280,5 x 34 m.

2 KÄYTETTYJEN OHJELMIEN KUVAUS

2.1 SolidWorks

Solidworks-suunnitteluohjelmisto on Dassault Systemes:n tuote, joka on kehitetty mekaniikkasuunnittelun ja muotoilun tarpeisiin. Ohjelmisto käsittää osa-, pinta- ja kokoonpanomallinnuksen sekä ohutlevytoiminnot. Se tuottaa automaattisesti muun muassa piirustukset, osaluettelot, osanumeroinnin sekä tilavuus- ja massalaskelmat. Solidworks myydään eri ominaisuudet sisältävinä paketteina: SolidWorks Standard, Standard Plus, Professional, sekä Premium.

2.2 SolidWorks Simulation-tuotteet

SolidWorks SimulationXpress kuuluu jokaiseen SolidWorks 3D-ohjelmaan ilman lisäkustannuksia. SolidWorks Simulation kuuluu jokaiseen SolidWorks Premium-pakettiin. Se on tarkoitettu suunnittelijalle, jolle on oleellisinta saada tietää suunniteltavan osan tai koko rakenteen siirtymät ja varmuuskerroin staattisessa kuormituksessa. Analyysi tehdään materiaalin lineaarisen muodonmuutoksen alueella. Tämä tarkoittaa sitä, että muodonmuutos ei ole pysyvä.

SolidWorks Simulation Professional lisää käyttöön värähtely- ja nurjahduslaskennan, jotka ovat kriittisiä hoikkien tai ohuiden rakennelmien suunnittelussa. Lisenssin ominaisuuksiin sisältyy myös paineastialaskenta lineaarisoidulla jännityskuvaajalla useammasta erillisestä analyysistä.

SolidWorks Simulation Premium laajentaa analyysiominaisuudet värähteleviin rakenteisiin ja epälineaarisiiin materiaaleihin. Silloin kun laskettavana on muovi- tai kumiosia, päästään epälineaarisella laskennalla oikeisiin tuloksiin. (Dassault Systemes 2013.)

2.3 Solidworks eDrawings viewer

eDrawings viewer on Solidworksin valmistajan kehittämä ilmainen katseluohjelma Solidworksin tuottamien DWG-tiedostojen katseluun ja tulostamiseen, sekä jakamiseen. Se on tarkoitettu suunnittelutiedostojen esittämiseen ja katseluun asiakaslähtöisesti eikä vaadi minkään varsinaisen suunnitteluohjelmiston asentamista tietokoneelle. eDrawings mahdollistaa myös 3-ulotteisten kappaleiden havainnollisen esityksen ja animaatioiden näyttämisen selkeästi ja helposti. (Dassault Systemes 2013.)

2.4 Nupas-Cadmatic ja Cadmatic eBrowser

Nupas-Cadmatic on CAD/CAM-suunnitteluohjelma, joka on räätälöity erityisesti laivanrakennus ja offshore-teollisuuteen. Ohjelmistoa kehittää ja markkinoi suomalainen Cadmatic Oy, joka on osa Elomatic oy:tä. Cadmatic 3D- malli luodaan helpottamaan reititystä, varustelua, törmäystarkastelua sekä tilasuunnittelua. Cadmatic mallista generoidaan joka yö uusi Camatic eBrowser-katselumalli, jossa tiloja ja varusteita voidaan tarkastella miltä tahansa telakan tietokonepäätteeltä, ilman että malliin voi tehdä muutoksia. eBrowser mahdollistaa mallissa kävelyn, mittausten tekemisen ja tilojen tarkastelun. (Nupas Cadmatic 2013.)

2.5 Aveva Marine

Aveva Marine on uudistettu versio Tribon M3:sta. Se on laivanrakennusteollisuuden tarpeisiin kehitetty rakennesuunnitteluohjelmisto, jolla pystyy tekemään myös varustelua, reitityksiä ja diagrammeja. STX Finlandin Turun telakka käyttää Aveva Marinea enimmäkseen rungon suunnittelussa. Runko viedään Avevasta Cadmatic:iin varusteltavaksi. (Aveva Marine 2013)

3 ANKKURITASKUN TOIMINNAN SIMULOINTI

3.1 Ongelmatilanteet ankkurin nosto- ja laskutilanteissa

Joskus ankkuri ei tahdo nostotilanteessa mennä paikoilleen, vaan se jää kynnet laivan ulkosivua vasten. Tällöin ankkuri joudutaan laskemaan takaisin vedenpintaan ja nostamaan uudelleen samalla kettinkiä kiertäen. Aina tämäkään ei auta ja joudutaan ankkurin kynsiä kääntämään köyden avulla. (Tissari Erkki 2000.)

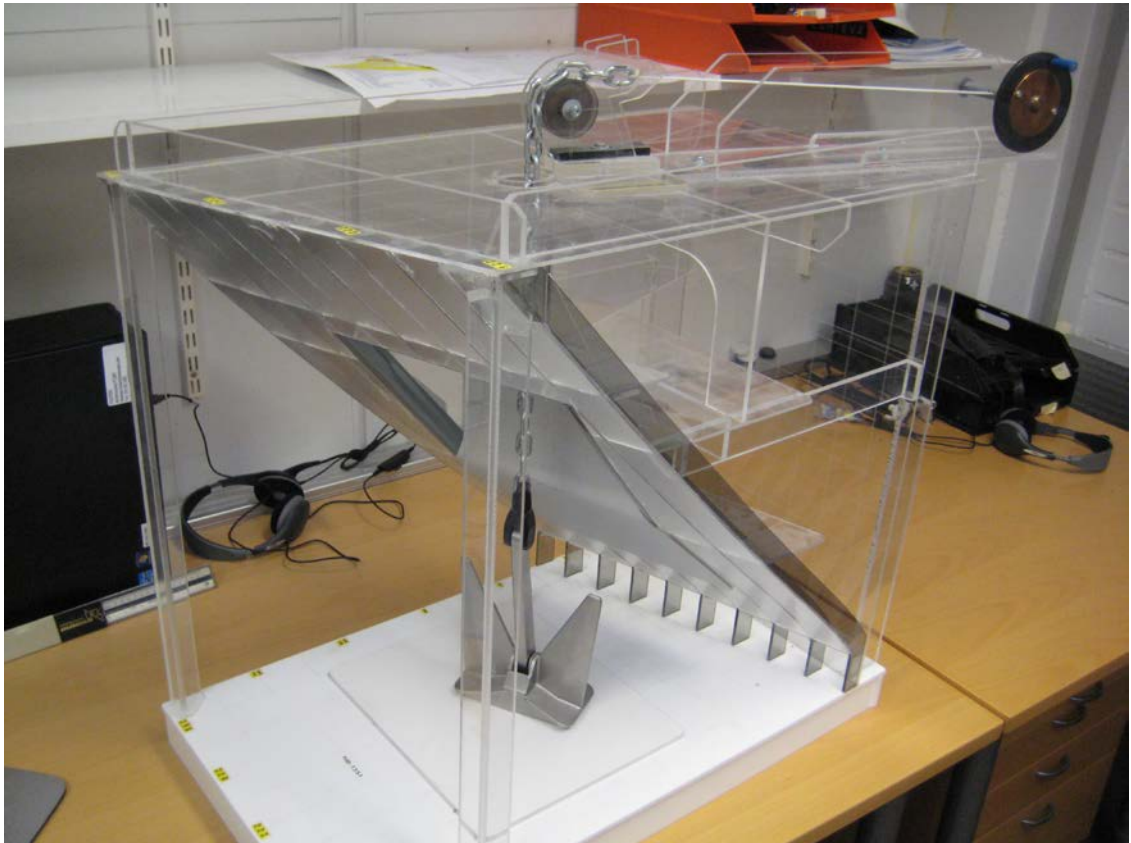
Kuvattu ongelmatilanne aiheuttaa ylimääräistä työtä ja saattaa aiheuttaa vahinkoa ankkurilaitteistolle. Tilanne voidaan välttää suunnittelemalla ankkuritasku paremmin. Joissain moderneissa matkustaja-aluksissa ankkurin nousun tarkkailu on vaikeaa runkomuodon ja ankkuritaskun aseman vuoksi, tällöin ongelmien välttäminen korostuu.

3.2 Pienoismallit

Ankkuritaskuista teetetään lähes poikkeuksetta pleksinen pienoismalli, jolla ankkurin nostoa ja laskua voidaan havainnollistaa ja testata käytännössä (kuva 1). Pienoismallin tarkoituksena on havainnollistaa ankkurin nousu ja lasku, sekä osoittaa mahdolliset siinä esiintulevat ongelmat. Jokaisesta laivasta tai laivasarjasta on teetettävä oma mallinsa, jonka valmistuskustannukset ovat yleensä noin 3500-4000 euroa. Malli teetetään perussuunnitteluaineiston pohjalta ja sen valmistus kestää noin kuukauden. Valmiin mallin jälkeen saatetaan suunnitteluaineistoa kuitenkin vielä muokata, eikä pleksimallia välttämättä ehditä päivittämään vastaamaan ajanmukaista suunnitteluaineistoa. SolidWorks- mallin muokkaaminen onnistuu vielä suunnittelun loppuvaiheissakin, jolloin havainnointimateriaali, sekä toiminnan varmistaminen pysyy luotettavalla ajankohtaisella tasolla. Tekemällä ankkurin toiminnan tarkastelu SolidWorks-simulaatiolla säästetään kuluissa, nopeutetaan

ankkuritaskun suunnittelua ja parannetaan suunnitteluaineiston ajanmukaisuutta, sekä mahdollistetaan täysin uudenlainen tapa optimoida rakennetta.

Toiminnan tarkastus tehdään, jotta välttyttäisiin asennuksen jälkeisiltä korjaustoimenpiteiltä, jotka ovat erityisen hankalia ja vaativia työturvallisuuden kannalta rakenteiden suurien massojen vuoksi.



Kuva 1 Pleksimalli ankkuritaskusta

3.3 Mallinnus

Mallinnus SolidWorksissa tehdään tuomalla Autocad- perussuunnitteluaineisto Solidworksiin referenssiksi. Tämä tapahtuu SW:n import .dxf- toiminnolla, jolla tuodaan piirteet ja niiden referenssipisteet valitulle SW-tasolle. Import DFX/DWG -toiminnon nopeuttamiseksi Autocad-kuvista poistetaan kaikki mallinnuksen kannalta epäolennainen ennen SolidWorksiin tuomista. Tuonnin yhteydessä piirteiden väliset yhteydet otetaan mukaan referenssiin helpottamaan mallinnusta. Mallinnus tehdään 1:1-mittakaavassa, sekä materiaaleille annetaan aidot massat valitsemalla niille oikeat materiaalit, joko valmiista materiaalikirjastosta tai syöttämällä materiaalitiedot itse. Valitulla mallinnustavalla voidaan vaikuttaa merkittävästi siihen miten raskas simulaation laskennasta lopulta tulee. Näin ollen mallinnuksessa kannattaa pitää kappaleiden lukumäärä mahdollisimman vähäisenä, mutta tämä ei saa kuitenkaan vaikuttaa mallin käyttäytymiseen millään tavalla.

Jos ankkuritaskusta tai siihen liittyvästä laitteistosta on jo tehty Aveva Marine - mallinnukset, voidaan niitä käyttää Solid Worksissa tallentamalla ne STEP AP214 -standardin mukaan ja tuomalla STEP-piirteet Solid Worksiin. (Laitinen 2013.)

3.4 Simulointi

Simuloinnilla tarkoitetaan yksityiskohtaista reaali maailman kuvaamista tietokoneella. SolidWorksilla suunnittelija voi simuloida aidossa realistisessa ympäristössä kappaleiden käyttäytymistä tunnetuilla voimilla. Jotta simulaation tulokset olisivat riittävän tarkkoja, vaaditaan erittäin tarkkaa mallinnusta.

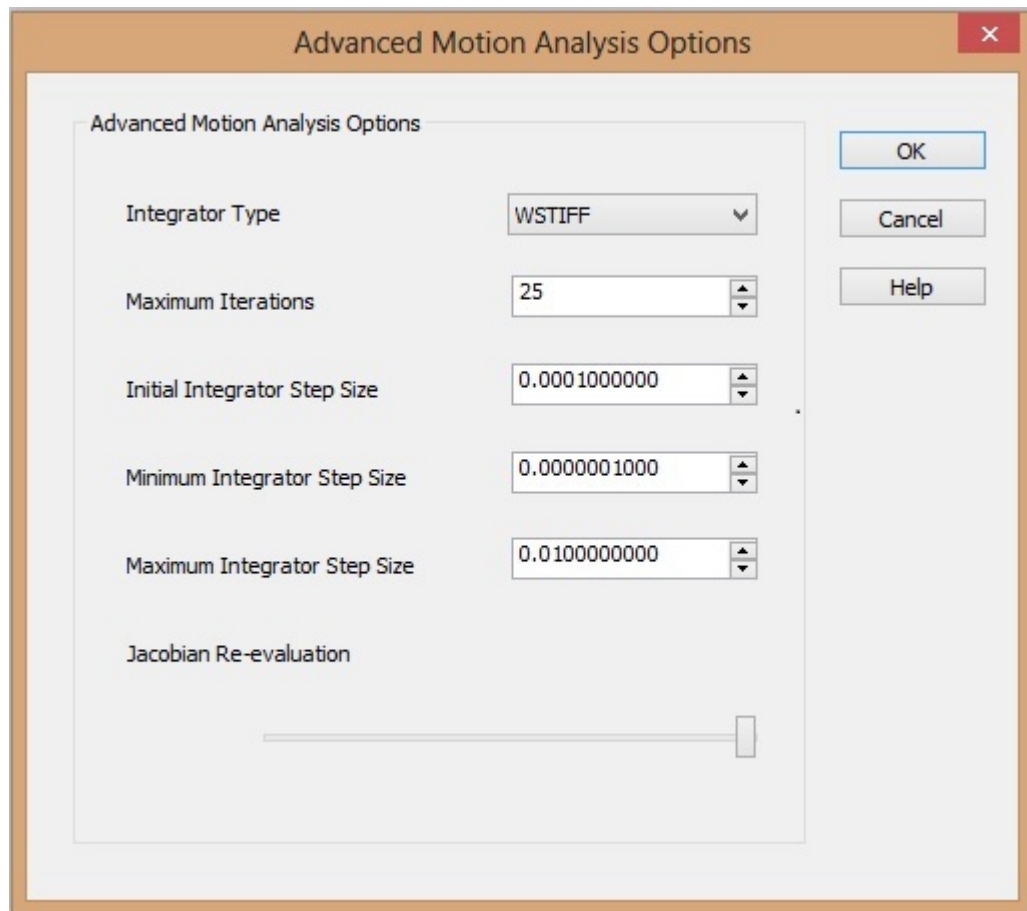
Simulointi poikkeaa täysin perinteisestä animoimisesta, sillä animointi ei ota huomioon aitoa painovoimaa, kitkaa, eikä kappaleiden toisiinsa törmäyksistä johtuvia liikkeitä ja animoinnissa kappaleiden liikeradat on ennalta määrättyjä. SolidWorks Simulation on täydellisesti integroitu mallinnusympäristöön, joten mallinnuksesta voidaan suoraan siirtyä simulointiin siirtymättä ohjelmasta toiseen. Simulaatiossa on sallittava kappaleiden liikkeille mahdollisimman korkeat vapausasteet, ilman että mitään liikesuuntaa tai voimaa rajoitettaisiin keinotekoisesti. Simulaatio tehdään SolidWorks Simulation-lisäosan Motion Studyllä.

Simuloinnin tarkoituksena on tarkastella ankkurijärjestelmän käyttäytymistä nosto- ja laskutilanteessa. Ankkuri ei saa takertua ankkuritaskuun missään olosuhteissa ja sen on taituttava taskuun suunnittelijan määrittämään asentoon, oli ankkuri missä tahansa asennossa noustessaan taskuun. Ankkurin sakkeli mahdollistaa pyörimisen kettingin ympäri täydet 360 astetta.

3.5 Motion Studyn asetusten määrittäminen

Lopputuloksen saamisen ja paikkansapitävyyden kannalta ratkaisevaa on oikeiden asetusten löytäminen ajettavaan simulaatioon ennen laskennan käynnistämistä. Näin poikkeuksellisen raskaan mallin ajaminen vaatii simulaation lisäasetusten muuttamista perusasetuksia sopivimmiksi. SolidWorks:ssä on valittavana kolme numeerista Integraattoria GSTIFF, SI2_GSTIFF ja WSTIFF. Näistä oletuksena on valittuna GSTIFF, joka ei kuitenkaan sovellu vapaiden kontaktipintojen simulointiin vaan on käytettävä metodeiltaan vastaavaa, mutta tasa-aikavälein integroinnin suorittavaa WSTIFF integraattoria (Kuva 2). Iteraatioiden maksimi- ja minimimäärät annetulla aikavälillä tulee hakea mallikohtaisesti sopiviksi. Jacobian Re-evaluation määrittää, kuinka usein pintojen muodot lasketaan uudelleen. JRE-arvoa

voidaan vähentää silloin, kun malli ei muutu merkittävän paljoa simulaation aikana. Tällä saavutetaan huomattava vähennys laskenta-ajassa.

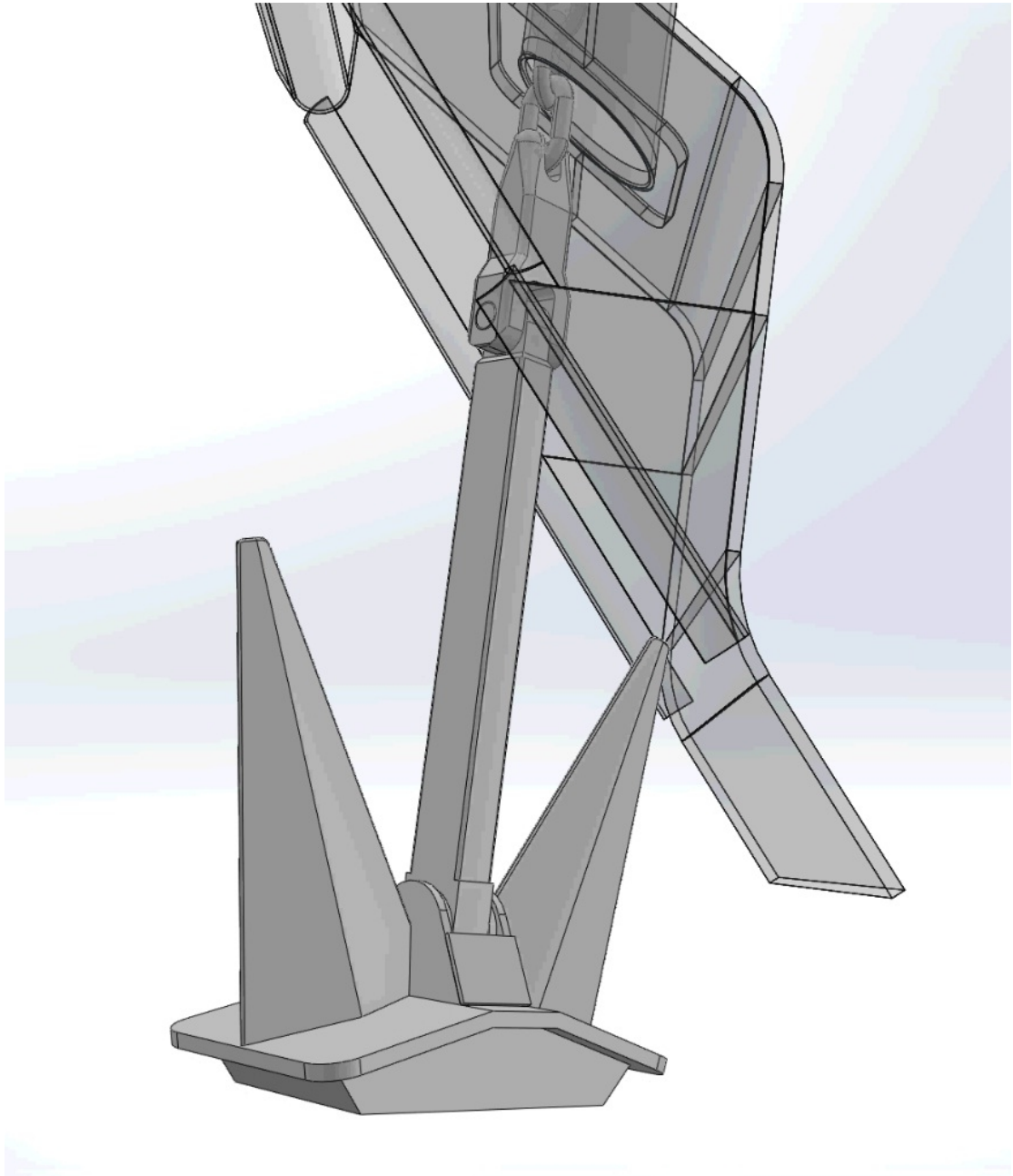


Kuva 2 Integraattorin valinta

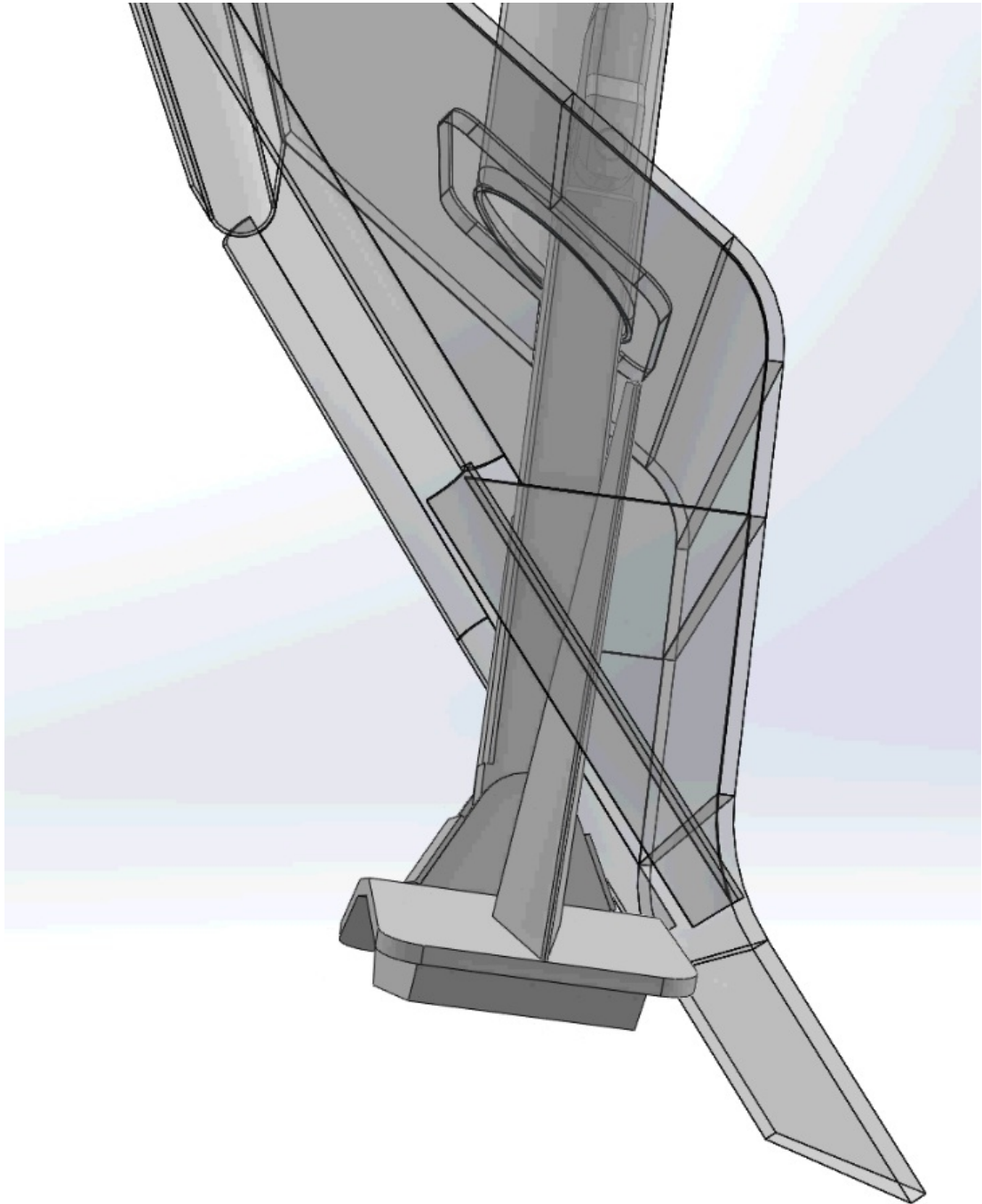
3.6 Simulaation tulokset

Simulaation luominen ja ajaminen onnistui odotusten mukaisesti. Lopputuloksena saatua mallia voidaan soveltaa ankkuritaskun tuotekehityksessä, optimoinnissa, havainnollistamismateriaalina ja voidaan todeta simulaation korvaavan pleksimallin luotettavalla tavalla. Mallin luominen onnistuu suunnittelijalta kohtuullisessa ajassa suunnittelun varhaisessa vaiheessa jolloin simulaatiosta saadaan täysi hyöty. Havainnollistamisen helpottamiseksi on ankkuritasku muutettu läpinäkyväksi ja havainnollistamismateriaalissa asetettu kamerat ja valot edesauttamaan

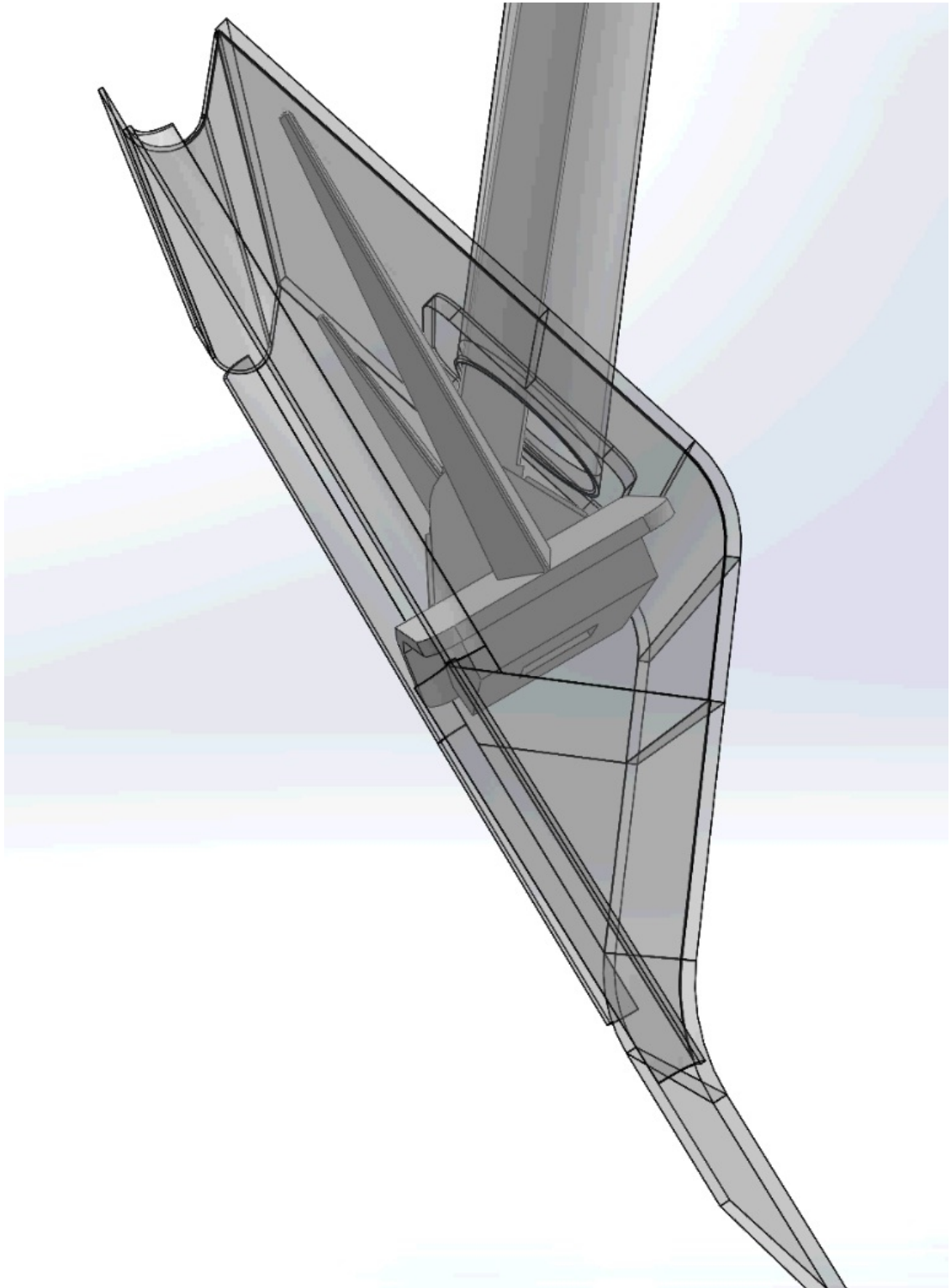
kaikkien liikkeiden näkemistä. Kuvat 3, 4 ja 5 ovat simulaation nostovaiheen alusta, keskivaiheelta ja loppuasennosta. Simulaatiosta tuotettu videoaineisto on luovutettu STX Finlandin käyttöön.



Kuva 3 Lähtöasento



Kuva 4 Nousun aikainen oikaisu



Kuva 5 Lopullinen asento ankkuritaskussa

3.7 Simuloinnin kehitysmahdollisuudet

3.7.1 Ankkuritaskun muoto-optimointi

Simulaatio mahdollistaa ankkuritaskun tuotekehityksen täysin uudella tavalla. Muutokset taskun geometriaan voidaan laskea uudelleen ja tarkastaa mallissa sekä tutkia taskun toiminta lukuisilla eri muotovaihtoehdoilla. Valmistuksen kannalta pienikin muutos voi vaikuttaa merkittävästi valmistuskustannuksiin ja valmistustyön helppouteen. Kokoonpanotyön huomioimisella perussuunnitteluvaiheessa voidaan parantaa lopputuotteen laatua.

3.7.2 Ankkurivarren pituuden optimointi

Ankkurin varren pituus vaikuttaa siihen miten ja missä asennossa ankkuri taittuu klyyssi-putkeen, eli putkeen, jota pitkin ankkurikettinki vedetään sisään. Liian lyhyt varsi mahdollistaa nostotilanteessa lähestymiskulman, jossa ankkurin sarvet taittuvat alaspäin ja ankkuri saattaa vahingoittua. Varren pidentäminen nostaa valmistuskustannuksia ja liian pitkä varsi saattaa kiilata ankkurin taskun ja rungon väliin nostotilanteessa, jossa ankkuri on taittuneena noin 90 astetta runkoon nähden. Sopiva geometria voidaan hakea simulaatiossa ajamalla eri nostoasentoja ja sääntöjenmukaisia varrenpituuksia.

3.7.3 Klyyssi-putken kallistuksen optimointi

Perinteisesti klyyssi-putki on suunniteltu hieman kallistetuksi. Viime aikoina on käytetty täysin pystysuoria ratkaisuja. Simulaatio mahdollistaa eri kallistuskulmilla tarkastelun ja optimaalisen ratkaisun hakemisen runkoon ja käytettävään tilaan nähden. Kallistetun klyyssi-putken kitkahäviöt ovat hyvin suunnitellussa järjestelmässä 35–40 %, mutta saattavat ylittää jopa 55%. Käytettäessä ohjurirullaa klyyssi-putken päässä kitkahäviö voidaan vähentää jopa 20%:iin.(The Society of naval architects and marine engineers 1992.)

4 LUJUUSLASKENTA PERUSSUUNNITTELUSSA

4.1 FEA

SolidWorks käyttää laskennassaan 1970-luvulla puolustusvoimien, ilmailualan, ydinvoimalaitosten ja autoteollisuuden käyttöön kehittämää niin sanottua Finite Element Analysis (FEA) -menetelmää. Se perustuu Walter Ritzin 1943 kehittämään Ritz-metodiksi kutsuttuun numeeriseen analyysiin. FEA-menetelmän perusajatuksena on luoda elementtiverkko kappaleen pinnalle, joka ohjelmoidaan käyttäytymään halutun materiaalin mukaisesti rasituksen alaisena. FEA-menetelmä on nykyisin perustana useimmissa kaupallisissa mallinnus- ja simulaatio ohjelmissa. (Virginia Tech Material Science and Engineering 2013)

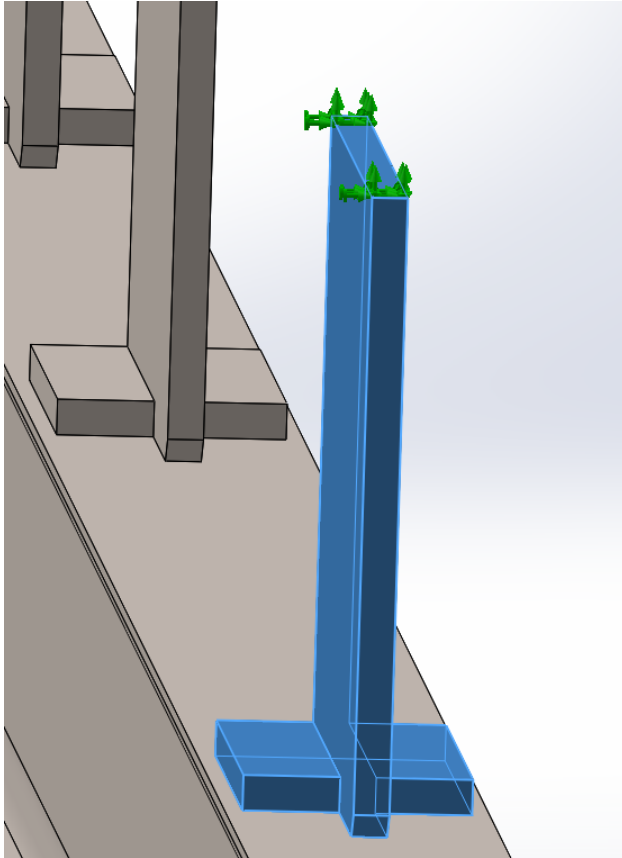
4.2 Nostolaitteen voimakuva

Voimakuvan on tarkoitus havainnollistaa voimat, niiden vaikutuspisteet ja suunnat. Perussuunnitteluvaiheessa on tärkeää selvittää telakan luokitusosastolle ja runkosuunnittelijoille asennettavan varustelun vaikutukset sen kiinnityspisteissä. Nämä voimatiedot jäävät usein laitetoimittajalta saamatta, koska annettaessa ne sitoisivat toimittajan lupaamiinsa arvoihin varhaisessa suunnitteluvaiheessa. Tällöin suunnittelijalle jää voimatietojen laskenta, ja tässä SolidWorks-ohjelma on hyvä apuväline. Voimien maksimiarvot ja rasitukset voidaan laskea ajamalla nosturi simulaatiossa ääriasennosta toiseen. Laitetoimittajan myöhemmässä vaiheessa telakalle luovuttamat voimatiedot ovat huomattavasti monipuolisemmat ja sisältävät kiinnityspisteiden tarkastelun lisäksi mm. operointivoimatiedot merellä ja satamassa, sekä varastointiaseman mitoituksen, jotta varastointiasemaan lukitus kestää myös merenkäynnissä.

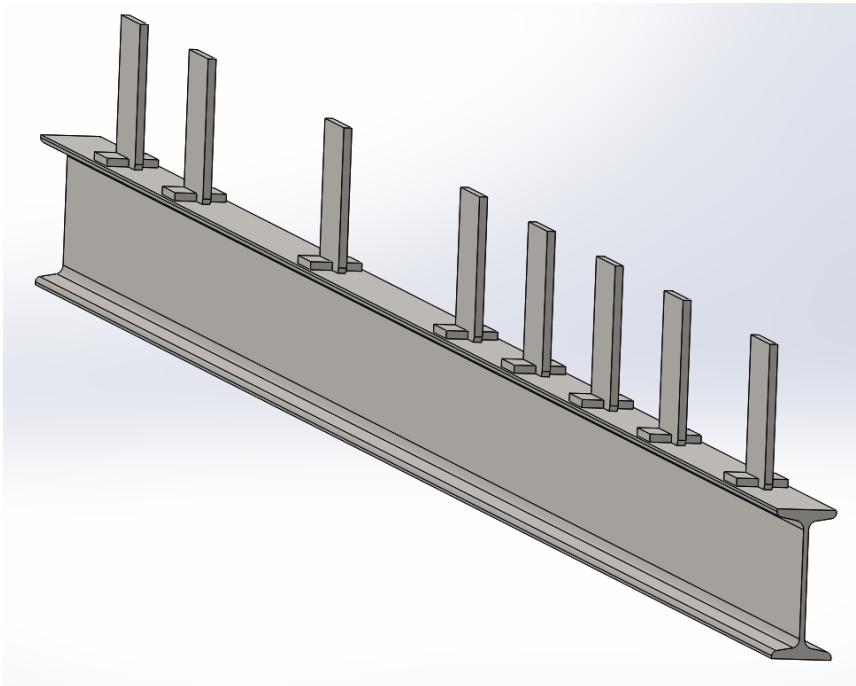
4.3 Nostimen kiinnityspisteiden voimien arviointi SolidWorks- ohjelmaa käyttäen

Nostimen kiinnitys suunnitellaan tapauskohtaisesti asennettavan tilan ja sen rakenteen mukaan. Asennusta suunniteltaessa tulisi tietää, miten erilaiset asennusvaihtoehdot vaikuttavat voimien jakaantumiseen ja miten se pitää huomioida rakenteissa. Telakan luokitusosasto tarkastelee voimia tarkemmin, mutta perussuunnitteluvaiheessa karkea arvio voimista ja tarvittavista kiinnityksistä ja kiinnitysvaihtoehdoista olisi tärkeää olla tiedossa.

Mallinnus tehdään mahdollisimman yksinkertaistetusti mallintamatta nostolaitteen rakenteiden ympäristöä. Kiinnityspisteiden kohdat, jotka ovat hitsattuina runkorakenteisiin, asetetaan SW:n Simulation fixtures -kiinnityksillä paikoilleen malliavaruuteen (Kuva 6 ja 7). Kyseisessä asennuksessa on ennalta määrätty maksimi pystysuuntaiseksi voimaksi yhtä kiinnityspistettä kohdin 10 kN. Nostimen SWL (Safe Working Load), eli turvallinen valmistajan asettama käyttökuorma on 5 kN. Mitoituksessa käytetään maksimikuormaa, ja rasitus tutkitaan nostimen ollessa ajettuna ääriasentoihin. Rasituksen lisäksi saadaan osoitettua muoto-poikkeamien määrät ja niiden asemia havainnollistavat analyysikuvat. (Hietikko 2012, 253–266.)



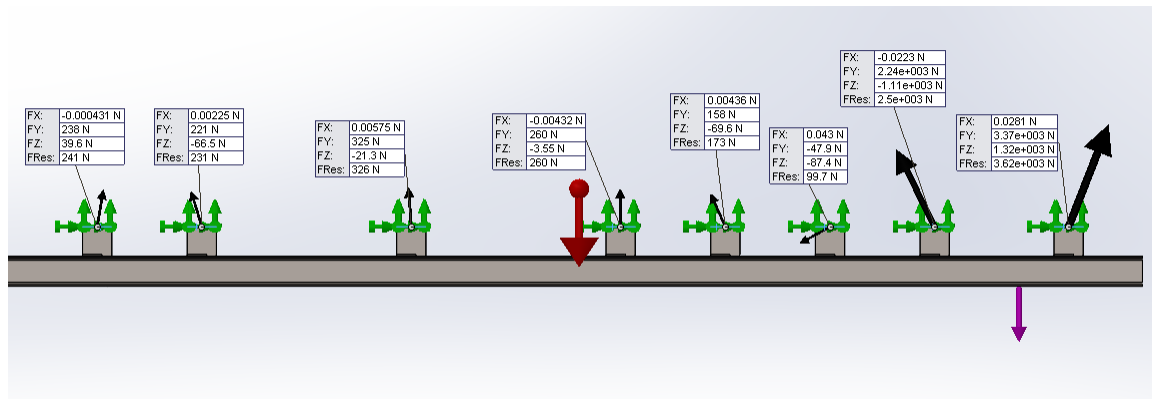
Kuva 6 Kiinnityspisteiden asettaminen



Kuva 7 Palkki ja kiinnityspisteet

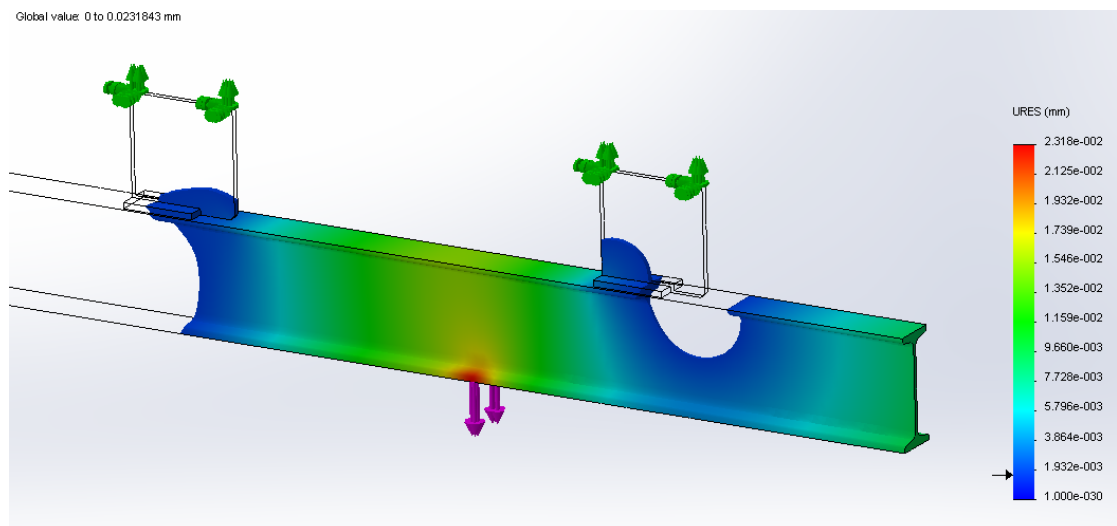
Tulokset asennossa 1

Kun kuorma oli 5 kN asetettuna 765 mm kraanapalkin äärioikeasta laidasta, eli kraanan ollessa mahdollisimman ulos ajettuna, saatiin seuraavat tulokset (Kuva 8). Lila nuoli osoittaa kuorman aiheuttaman voiman 5 kN, punainen on painovoima 9,81 m/s², vihreät nuolet havainnollistavat kiinnityksiä ja mustat ovat resultanttivoimia. Korkein mitattu voiman resultantin lukema on 3620 N.



Kuva 8 Voimarelevantit asennossa 1

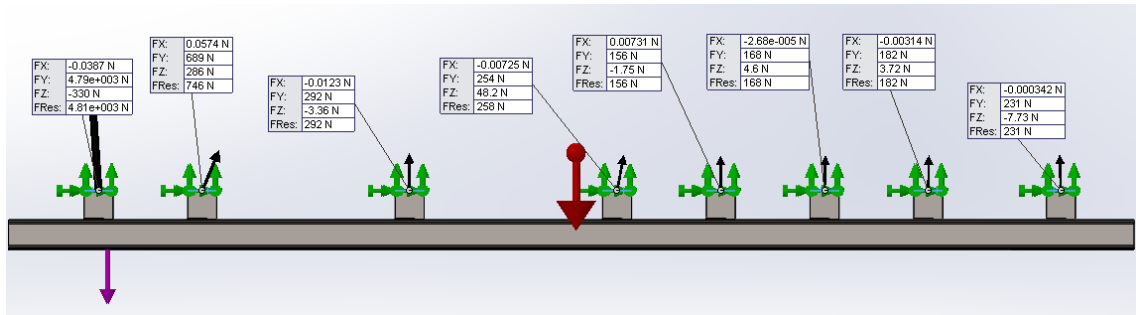
Lineaariset muotoikkeamat havainnollistettuna muodonmuutosalueet värjättyinä (Kuva 9). Suurin mitattu muotoikkeama 0.023 mm, kiinnityspisteissä korkein saatu arvo on 0.01 mm.



Kuva 9 Lineaariset muotoikkeamat asennossa 1

Tulokset asennossa 2

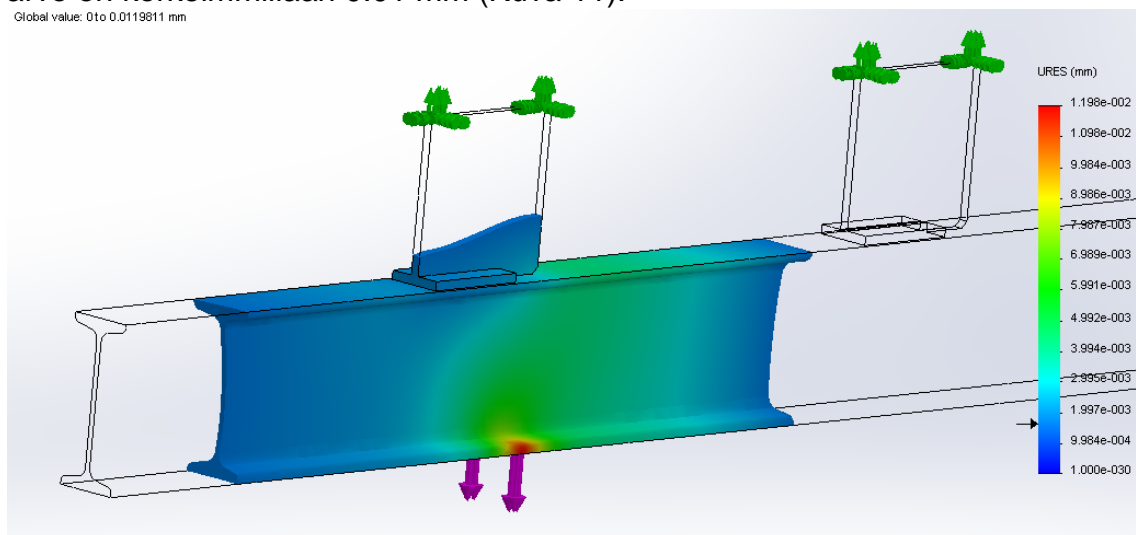
Kiinnityspisteiden ja nostimen ääriasennon epäsymmetrisyydestä johtuen voimat jakaantuvat nosturipalkin eri päissä hieman eri tavoin (Kuva 10). Asennossa 2 on 5 kN voima kohtisuoraan alaspäin 622 mm palkin toisesta päästä. Tällöin suurin kiinnityspisteeseen kohdistuva resultanttivoima on 4801 kN.



Kuva 10 Voimaresultantit asennossa 2

Asennossa 2 suurin mitattu muoto poikkeama on 0.019 mm ja kiinnityspisteissä arvo on korkeimmillaan 0.01 mm (Kuva 11).

Global value: 0 to 0.0119811 mm



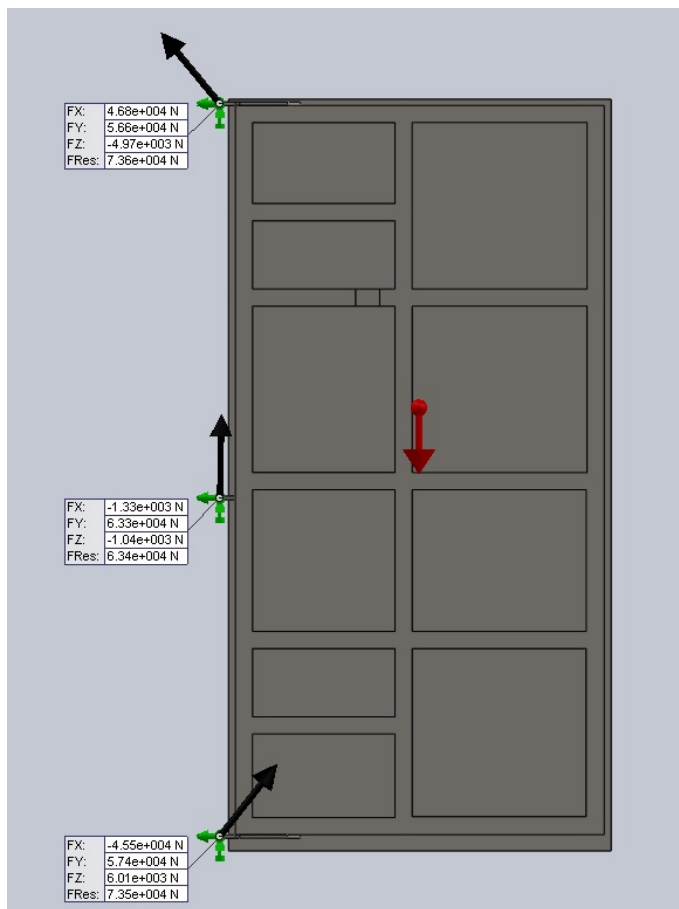
Kuva 11 Lineaariset muoto poikkeamat asennossa 2

4.4 Laitaportin voimakuva

Tutkimuksen kohteena on laita-portin runkoon aiheuttamat voimat. Tarkoituksena on lisätä suunnittelun tietoutta voimien suuruuksista ja kriittisistä alueista laita-portin asennuksessa. Laita-portit tilataan ja toimitetaan Turun telakalle nykyään laite-toimittajilta niin, että portti sisältää valmiin oven mekanismeineen ja sitä ympäröivän laita-rakenteen ns. asennuslevyn. Asennustapa siirtää suunnittelun onnistumisen painetta lähemmäs perussuunnittelua, koska asennuksen joustavuus on eri luokkaa verrattuna perinteiseen ilman asennuslevyä tehtävään asennukseen. Perussuunnitteluvaiheen suunnitelmat rakenteiden osalta hyväksytetään telakan luokitusosastolla. Luokitusosaston työtä ja ylimitoitettuja asennuksia voidaan kuitenkin vähentää tutkimalla laita-porttien aiheuttamia voimia karkeasti jo perussuunnitteluvaiheen alussa.

4.5 Voimaresultantit

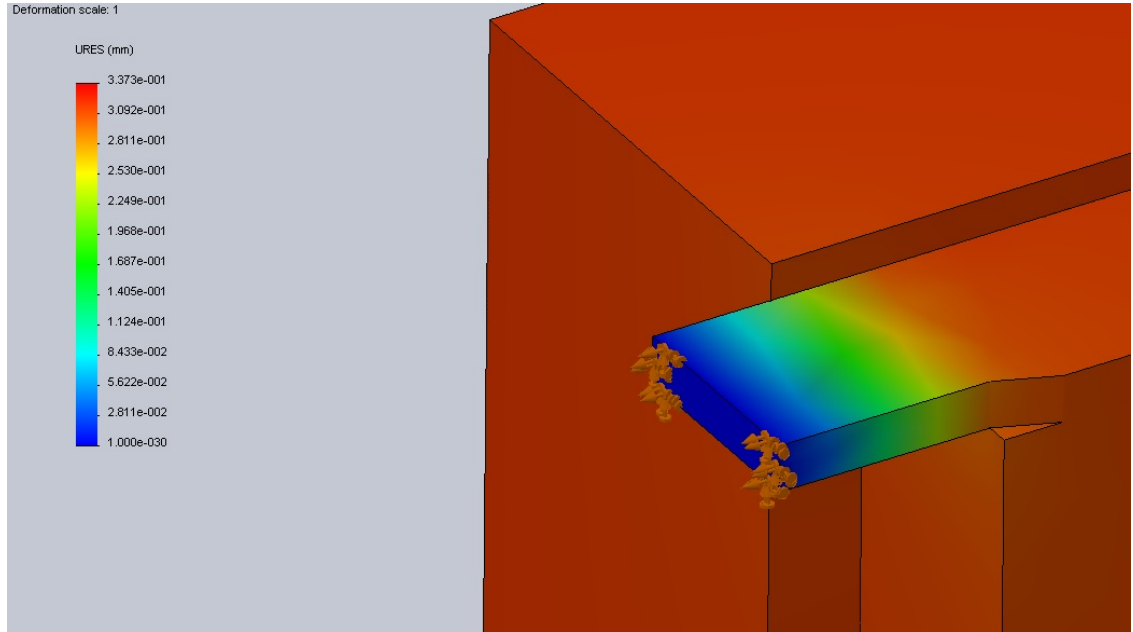
Voimien ja niiden suunnat osoitettu 4200 kg painavalle laita-portille (kuva 12). Mallin rakenteessa huomioitu kaikki ovilehden massakeskipisteeseen vaikuttavat tekijät. Voimien mittausta suoritettu saranoiden ääripäistä. Kuvassa Punainen nuoli osoittaa painovoiman suunnan, mustat nuolet ovat voimaresultantteja ja vihreät kiinnityspisteitä.



Kuva 12 Voimat ja voimareseptantit

4.6 Tulokset

Resultanttien suunnista ja summista voidaan päätellä rakennetta eniten rasittavat alueet. Suurimmat voimien summat 7,36 kN ovat ylimmässä ja alimmassa saranapisteessä. Keskimäinen sarana toimii pystysuorana tukipisteenä jossa resultantti saa arvon 6.24 kN. Muodonmuutokset skaalaamattomina osoittavat sen, että kyseisillä suunnitelluilla saranapisteillä ovilehti tulisi roikkumaan asennuspisteistä kohtisuoraan alaspäin mitattuna lähes 3,0 mm (Kuva 13).



Kuva 13 Tulokset

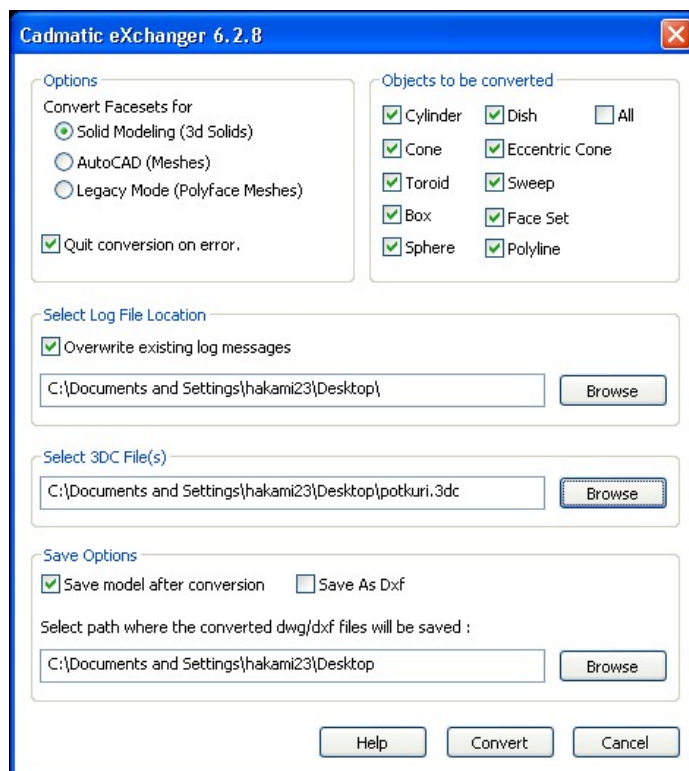
5 SOLIDWORKS PIIRTEIDEN SIIRTO CADMATICIIN

5.1 Cadmatic

STX Finlandin Turun telakalla on käytössään Cadmatic-suunnitteluohjelmisto, jolla suunniteltavasta laivasta tehdään yksityiskohtainen 3D-malli. Mallilla voidaan tarkastaa reitityksiä ja tilasuunnitteluja. Cadmatic ei suoraan tue SolidWorksin 3D-malleja, mutta Cadmatic eXchanger -toiminnon avulla Autocad-tiedostoja voidaan tuoda osaksi mallia ja Autocadiin voidaan tuoda jo oletuksena Solidworksin tukemia 3D DWG- malleja. Cadmatic eXchanger on ilmaiseksi ladattavissa cadmatic.com osoitteesta ja sen voi joko asentaa pysyväksi lisäosaksi Autocadiin tai erikseen käyttöönottavaksi lisäohjelmaksi purkamalla paketin ja uudelleen nimeämällä ARX1 ja ARX2- tiedostot ARX:siksi ja lataamalla ne Autocadin Application Loaderilla. Tämä saattaa olla tarpeen ellei käyttäjällä ole Admin-oikeuksia käytettävään tietokoneeseen tai Autocad-käynnistys halutaan pitää mahdollisimman kevyenä.

5.2 Solidworks kappaleen vienti Cadmatic malliin Cadmatic eXchangerilla

Cadmatic eXchanger on Autocadin lisäosa, jolla SolidWorksista ulos tuotu 3D DWG-tiedosto voidaan Autocadissa konvertoida Cadmatic:in 3DC-formaattiin Cadmatic_in-komennolla (Kuva 14) ja tuoda Cadmatic:iin.



Kuva 14 Cadmatic_in parametrit

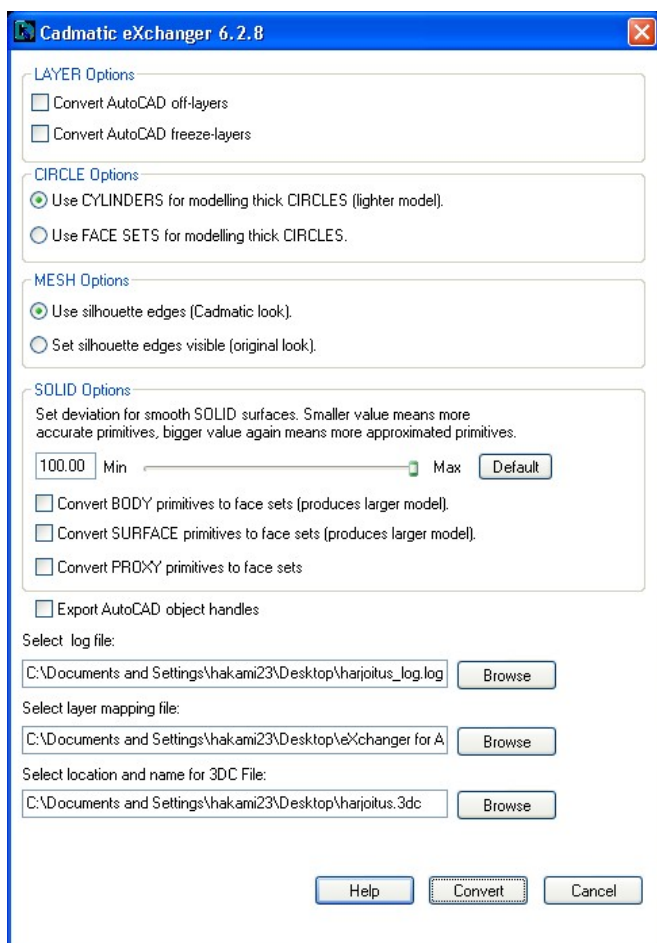
Cadmatic-malliin voidaan tuoda konvertoituja kappaleita kaksin eri tavoin. Model import -toiminnolla malleina tai Component managerilla komponenttimuodossa. Tärkein ero näillä tuontitavoilla on niiden malliympäristöön sijoittumisen toteutuminen. Tuomalla kappale Model importilla sijoittuu se automaattisesti niihin koordinaatiston pisteisiin, johon se alun perin on SolidWorksissa mallinnettu. Component managerilla tuotuna kappale sijoitetaan malliin ja sen siirtely onnistuu kuten minkä tahansa varusteen.

Minkä tahansa kappaleen vieminen SolidWorksista Cadmatic-malliin on Turun telakalla lähtökohtaisesti kielletty. Näin ollen vietävää kappaletta on tarkasteltava hieman syvällisemmin ennen malliin viemistä, ettei telakan yhteinen Cadmatic-malli kuormitu liikaa ja muutu käyttökelvottoman raskaaksi. Tarkastelu voidaan tehdä Cadmatic-harjoitusympäristössä. Ensin on luotava koko mallialueesta uusi eBrowser-katselutiedosto ennen kappaleen viemistä ja tallennettava se myöhempää käyttöä varten. Tämän jälkeen suoritetaan tutkittavan kappaleen vieminen harjoitteluympäristöön ja tallennetaan uusi koko

alueen kattava eBrowser-malli. Näiden kahden mallin tiedostokoko vertailemalla voidaan todeta mallin raskauden muutos että onko kyseisen kappaleen käyttö mahdollista sellaisenaan. Useamman megatavun kasvu tiedostokoossa ei ole hyväksyttävää, ellei komponentti tai malli ole yksittäinen kuten esimerkiksi ankkuritasku.

5.3 Cadmatic mallitiedoston tuominen Solidworksiiin

Cadmatic:iin mallinnetun kappaleen vieminen solidworksiiin saattaa joskus olla tarpeellista ja sitä varten Cadmatic eXchangeriin on kehitetty Cadmatic_out toiminto (Kuva 15). Cadmatic mallista generoidaan 3DS tiedosto, joka voidaan Cadmatic_out komennolla importoida autocadiiin jolla se voidaan tallentaa Solidworksille sopivaan 3D DWG-muotoon. (Puranen 2013.)



Kuva 15 Cadmatic_out parametrit

6 YHTEENVETO

Tavoitteena oli tutkia ankkurin toiminnan simulointia ja lujuuslaskentaa SolidWorks-ohjelmalla. Opinnäytetyön mittavin osuus, ankkuritaskun toiminnan simulointi täysin uudella menetelmällä oli haasteellinen, mutta samalla opettavainen prosessi. Ankkuritaskun toiminnan varmistus SolidWorksilla toteutettiin ilman pleksimallia aidossa risteilijäprojektissa ja voidaan olettaa menetelmää käytettävän jatkossakin. Ehdottomasti vaikein osuus oli löytää oikeat asetukset simulaatioon, jossa on vapaita kosketuspintoja ja erittäin suurien massojen törmäyksiä. Näiden kuitenkin löytyttyä on vastaava tutkimus helposti toistettavissa. Eri ohjelmilla tehtäviä samojen kappaleiden mallinnuksia voidaan välttää, kun noudatetaan työssä esitettyjä ohjeita Solidworks-mallin viennistä Cadmatic-malliin ja päinvastoin.

FEM-laskennan perusteiden opiskelu SolidWorkissa onnistui kirjallisten lähteiden avulla kohtuullisella työllä. SolidWorks FEM -laskennoilla voidaan toteuttaa nopeasti arvioita tarvittavista rakenteista ja niiden mitoituksista. Tällainen rakenteiden tarkastelutapa olisi hyvä ottaa huomioon perussuunnittelussa aina uudenlaisten rakenteiden toteutustapoja pohdittaessa.

LÄHTEET

Dassault systemes www-sivut. 2013. Tietoa Solidworksista. Viitattu 10.5.2013
<http://www.solidworks.fi>

eDrawings viewer www-sivut. 2013. Products. Viitattu 18.7.2013
<http://www.edrawingsviewer.com>

Hietikko, Esa. 2012. SolidWorks 2012. Savonia-ammattikorkeakoulu. Kuopio.

Laitinen Kimmo 2013. Systemivastuullinen STX Finland. Turku.
Henkilökohtainen tiedonanto.

Nupas Cadmatic 3D Ship design Software. Brosyyri. Viitattu 10.7.2013
http://www.nupas-cadmatic.com/assets/publications/NC_brochure_2013/#/1/

Puranen Pekka 2013. Suunnitteluohjelmistojen pääkäyttäjä, STX Finland.
Turku. Henkilökohtainen tiedonanto.

Roy L. Harrington 1971. The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
Marine Engineering Viitattu 1.6.2013

STX Finland 2013. Virallinen yritysprofiili.

Tissari, Erkki 2000. Vahtimiehen laivatieto ja merimiestaito. Kotkan sopusointu.
Kotka.

Peter Widas 1997. Introduction to Finite Element Analysis. Virginia Tech Mate-
rial Science and Engineering. Viitattu 1.6.2013

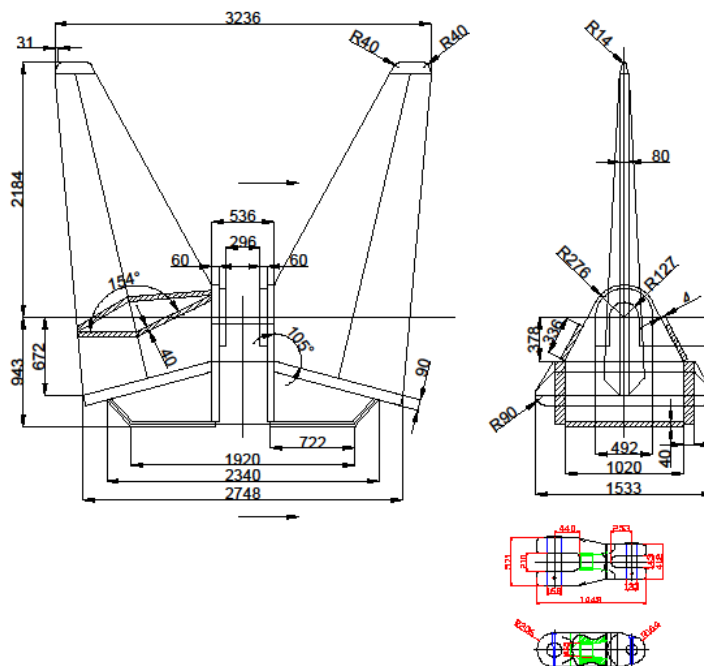
http://www.sv.vt.edu/classes/MSE2094_NoteBook/97ClassProj/num/widas/history.html

LIITTEET

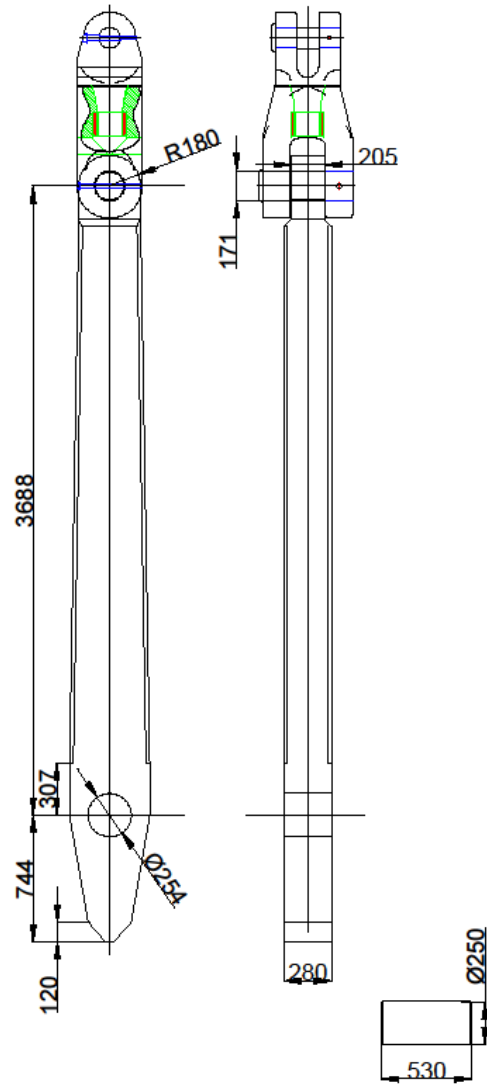
Simulaatiot ja niiden mallit, sekä FEM-mallit luovutettu STX Finlandin käyttöön.

Liite 1. HHP JYNP- ankkuri

Työssä mallinnettu ja simuloitu 12075 kg HHP JYNP- tyyppinen ankkuri ja sen varsi (Kuvat 16 ja 17).



Kuva 16 HHP JYNP- Ankkuri



Kuva 17 Ankkurin varsi