

Kaivoskoneiden ohjauskonsolin ja penkkien nostoapuvälineen suunnittelu

Juho Everilä

Opinnäytetyö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Juho Everilä	
Työn nimi Kaivoskoneiden ohjauskonsolin ja penkkien nostoapuvälineen suunnittelu	
Päiväys 16.4.2013	Sivumäärä/Liitteet 51 / 4
Ohjaaja(t) päätoiminen tuntiopettaja, Tatu Westerholm, yliopettaja, Esa Hietikko	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Normet Oy / menetelmäkehittäjä, Antti Sonninen	
Tiivistelmä <p>Tämän työn tarkoituksena oli suunnitella nostoapuväline helpottamaan Normetin Iisalmen-yksikön ohjaamoiden esivarustusolosuhteissa tapahtuvaa ohjauskonsolien ja penkkien asennusta sekä parantamaan työergonomiaa. Työn tavoitteena oli suunnitella mahdollisimman edullinen ja toimiva alle 1000 euron nostoapuväline, joka voidaan CE-merkitä. Tarkoituksena oli tehdä 3D-mallit ja valmistuspiirustukset, jotka työn valmistumisen jälkeen luovutettaisiin Normetille.</p> <p>Työn alussa esiteltiin tuotekehitysprosessin vaiheet ja mitä ne sisältävät, CE-merkintä ja mitä sen saaminen edellyttää sekä nostoapuvälineet ja mitä ne ovat. Tämän jälkeen siirryttiin suunnitteluvaiheeseen, jossa käytiin lävitse luonnosteluvaihetta, itse suunnittelua ja aikaan saatua nostoapuvälinettä sekä FE-analyysiä.</p> <p>Tuloksina saatiin 3D-malli ja valmistuspiirustukset, joiden pohjalta nostoapuväline voidaan valmistaa. Onnistuneesta FE-analyysistä pystyttiin näkemään, missä kohdassa nostoapuvälinettä ovat suurimmat jännityskeskittymät ja toteamaan, että tuotteen rakenne kestää kuorman, joka se on suunniteltu nostamaan. Rakenne kesti jopa kolminkertaisen kuorman nostamisen ilman hajoamista. Hinta-arvio oli erittäin karkea, siinä listatut komponentit ja materiaalit pystyvät vielä muuttumaan sekä niiden hinta vaihdella. Arvion pohjalta voitiin kuitenkin todeta, että tuotteen valmistushinta ilman ruuvitarraimia mitä todennäköisimmin jäi alle 1000 euron, mutta ruuvitarraimien kanssa nostoapuvälineen hinta lähes kaksinkertaistui.</p>	
Avainsanat CE-merkintä, nostoapuväline, FEM, alumiini, hitsaus	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering and Production Technology			
Author(s) Juho Everilä			
Title of Thesis Designing Lifting Accessory for a Mining Machine Control Console and Seats			
Date	16 April, 2013	Pages/Appendices	51 / 4
Supervisor(s) Mr Tatu Westerholm, Principal Lecturer; Mr Esa Hietikko, Senior Lecturer			
Client Organisation /Partners Normet Oy / Mr Antti Sonninen, Method Developer			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to design lifting accessory to facilitate the installation of a control console and seats installation in a cabin pre-equipping cell at Iisalmi section of Normet Oy and to improve work ergonomics. The lifting accessory was to be designed as inexpensive and functional as possible. The equipment should cost less than 1000 euros and it should be possible to give it a CE-marking. The purpose was to produce 3D models, make manufacturing drawings and write the thesis which would be handed over to Normet Oy after finishing the work.</p> <p>The stages of the research and development process and what they include is presented at the beginning of the work. CE marking is also explained and what it requires to achieve it as well as lifting accessories and what they are. After this, the designing stage is introduced in which we go through the sketching phase, the designing and the lifting accessory itself and FE analysis.</p> <p>The results of this work were the 3D models and manufacturing drawings on which the lifting accessory could be manufactured. Due to the lack of commercial license of AutoDesk 3D models or manufacturing drawings cannot be handed over to Normet Oy in digital format. However manufacturing drawings are handed over on paper. From the successful FE analysis it can be seen where on the lifting accessory the biggest stress concentrations show up and it can be seen that the structure can handle the weight it was designed to lift. In fact, the structure can handle the weight so well that it can take up to three times the weight it is meant to lift without breaking. The cost estimate is very rough and the components and materials listed in it can still change and their prices vary. However, based on the estimate it can be said that without screw lifting clamps the manufacturing costs of the lifting accessory will most likely remain below 1000 euros but with clamps its price will almost double.</p>			
<p>Keywords CE marking, lifting accessory, FEM, aluminium, welding</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	8
2	NORMET OY:N JA NOSTOAPUVÄLINEIDEN ESITTELY	9
3	TUOTEKEHITYS	10
3.1	Tuotekehitys ja sen tavoite	10
3.2	Tuotekehityksen työkulku	10
3.2.1	Käynnistäminen.....	11
3.2.2	Luonnostelu.....	11
3.2.3	Kehittely.....	11
3.2.4	Viimeistely.....	12
3.3	Tietokoneavusteiset tuotekehitysmenetelmät.....	12
4	CE-MERKINTÄ	15
4.1	CE-merkintä ja sen tavoite.....	15
4.2	CE-merkintä nostoapuvälineessä	15
4.3	CE-merkinnän saamisen edellytykset nostoapuvälineelle	15
5	NOSTOAPUVÄLINEET	18
5.1	Nostoapuvälineiden tarkoitus, määrittely ja tavoitteet	18
5.2	Nostoapuvälinetyypit.....	18
6	NOSTOAPUVÄLINEEN SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT.....	19
6.1	Vaatimusten määrittely.....	19
6.1.1	Materiaalin vaatimukset	19
6.1.2	Valmistuksen vaatimukset	21
6.1.3	Toiminnalliset vaatimukset	21
6.1.4	Nostoapuvälineen vaatimukset.....	22
6.1.5	Työturvallisuuden ja käytettävyyden asettamat vaatimukset	22
6.2	Aikaisemmat nostoapuvälineet tai nostomenetelmät.....	23
6.3	Nostoapuvälineen varastointi	23
6.4	Suunnittelun rajoitukset	23
7	SUUNNITTELU.....	24
7.1	Perusrakenteen suunnittelun eteneminen.....	24
7.2	Luonnoksen valinta	24
7.3	Rakennemuotoilun pääsäännöt ja niiden noudattaminen.....	25
7.3.1	Yksikäsitteinen	25
7.3.2	Yksinkertainen	26
7.3.3	Turvallinen	26
7.4	Siltanosturilla nostettava nostoapuväline	27

7.4.1	Nostoapuvälineen mitoitus	29
7.4.2	Nostoapuvälineen putkipalkkiosa.....	30
7.4.3	Nostoapuvälineen nostokorvakkeet ja niiden päätylevyt.....	30
7.4.4	Nostoapuvälineen vahvikelevyosa	31
7.4.5	FE-analyysi	33
8	RISKIANALYYSI	45
9	KUSTANNUSARVIO	46
10	JATKOTOIMENPITEET	49
11	YHTEENVETO	50

LÄHTEET

LIITTEET

- Liite 1 Vaatimusluettelo
- Liite 2 Nostokorvakkeen hitsin a-mitan laskeminen
- Liite 3 Vahvikelevyn hitsin a-mitan laskeminen
- Liite 4 Valmistuspiirustukset ja hitsauspiirustus

MERKINNÄT

Tässä opinnäytetyössä käytetään yleisesti seuraavia merkintöjä:

a	hitsin a-mitta;
f_w	hitsiaineen ominaislujuus;
F_{ed}	liitetyn osan mitoituskuorma;
F_{ed2}	liitetyn osan toinen mitoituskuorma;
F_{oma}	nostoapuvälineen itsensä aiheuttama voima nostokorvakkeeseen;
F_{kuorma}	kolminkertaisen kuorman aiheuttama voima nostokorvakkeeseen;
G	maan vetovoima;
h	liitetyn osan korkeus;
L_w	hitsin pituus;
m_{oma}	nostoapuvälineen omamassa;
m_{kuorma}	kolminkertaisen kuorman massa;
M_a	momentti pisteen a ympäri;
t	liitetyn osan paksuus;
γ_{Mw}	hitsattujen liitosten osavarmuusluku;
τ_{Ed}	liitetyn osan leikkausjännitys.

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Normet Oy:n toimeksiannosta. Työ saatiin menetelmäkehittäjä Antti Sonnisen kanssa käydyn keskustelun pohjalta. Tavoitteena on suunnitella Normetille nostoapuväline ohjauskonsolin ja penkkien nostamista varten ohjaamoiden esivarustusolosuhteissa. Nykyisten ohjauskonsolin ja penkkien asennus tapahtuu käsin, joka on hidasta, raskasta ja hieman vaarallista. Konsoli painaa noin 140 kg ja se pitää nostaa pumppukärryjen avulla metrin korkeuteen, josta se siirretään käsin ohjaamon sisään. Painavimpien penkkien asennus tapahtuu samalla tavalla. Näihin työvaiheisiin haluttiin lisää turvallisuutta ja nopeutta sekä keventää niiden rasittavuutta. Tästä syntyi tarve nostoapuvälineelle, joka suunnitellaan tässä opinnäytetyössä. Työn tuloksena tehtävän nostoapuvälineen on tarkoitus nopeuttaa esivarustelua ja parantaa työergonomiaa esivarustusolosuhteissa. Työssä otetaan huomioon CE-merkinnän nostoapuvälineen rakenteelle asettamat määräykset. Tämä helpottaa CE-merkinnän saamista valmiiseen tuotteeseen, ennen kuin nostoapuväline otetaan käyttöön.

2 NORMET OY:N JA NOSTOAPUVÄLINEIDEN ESITTELY

Normet Oy on kaivoskoneiden ja -laitteiden suunnittelun, valmistuksen ja markkinoinnin yksi markkinajohtaja kaivos- ja tunnelitoiminnan alalla. Normet perustettiin vuonna 1962 Iisalmessa ja 1970-luvulla yritys alkoi kansainvälistyä. Nykyään yrityksellä on tuotantolaitoksia Iisalmessa, Ruotsissa ja Santiago de Chilessä sekä 34 toimipistettä eri puolilla maailmaa. Yhtiö työllistää 540 henkilöä, joista noin 60 % työskentelee Suomessa.

Nostoapuvälineet nimensä mukaan on suunniteltu auttamaan ja helpottamaan erilaisien esineiden ja tuotteiden nostamista. Nostoapuvälineitä on olemassa todella monenlaisia eri tarkoituksia varten. Yksinkertaisin ja yleisimmin käytettävä nostoapuväline on kettinkiraksi, joka koostuu kettingistä ja siihen liitetyistä varusteista. Kettinkiraksi voi olla yksi- tai useampihaarainen. Muita nostoapuvälineitä ovat esimerkiksi mekaaninen liitoselin, teräsköysiraksi, tekokuituiset päällysteraksit ja nostovyöt, nostotarraimet, nostosakset, nostomagneetit, alipainetarttijat, nostohaarukat, nostopalkit sekä erilaiset nostotarvikkeisiin luettavat tuotteet. (SFS-EN 13155 + A2 2009, 12–45.)

Vaikka nostoapuvälineet saadaankin turvallisiksi, nosto- ja siirtotöitä ei koskaan saada täysin turvallisiksi. Vaara-aluetta ei myöskään yleensä pystytä täysin eristämään niin, ettei siirrettävä taakka aiheuttaisi jonkinlaista vaaraa nostotyöhön osallistuville tai muille lähellä oleville. Nostolaitteiden turvallisuus on merkittävä asia, koska niissä melkein minkä tahansa osan pettäminen voi aiheuttaa vaaratilanteen. Tämän takia nykyään jokaiselle nostoapuvälineelle vaaditaan CE-merkintä, jolla taataan, että nostoapuväline on testattu ja tarkastettu täyttämään luotettavan nostoapuvälineen vaatimukset. (Nostoapuvälineet, turvallisuus. 2012, 7.)

3 TUOTEKEHITYS

3.1 Tuotekehitys ja sen tavoite

Tuotekehitys on monivaiheinen prosessi, jossa pitää ottaa huomioon monia asioita ja muuttujia. Onnistuneen prosessin lopputuloksena syntyy uusi tuote tai tuoteparannus. Nykykäsityksen mukaan tuotekehityksen eri toimintoja on sisällytetty niin moneen yrityksen muuhun toimintaan, ettei voida enää puhua erillisestä tuotekehitysprosessista vaan enneminkin innovaatiotoiminnasta. Tämä siis tarkoittaa sitä, että tuotekehitysprosessi on sulautunut yritysten jokapäiväiseen toimintaan. Tuotekehitysprojekti taas ei ole tuotekehitysprosessin tapaan jatkuvaa ja jokapäiväistä vaan se on yksi osa prosessia. Projekti koskee jotain tiettyä kohdetta ja sille asetetaan tietyt tavoitteet, resurssit ja aikataulu, joiden täyttymisen tai loppumisen jälkeen projekti on pitänyt saada valmiiksi. (Hietikko 2008, 15–45.)

Tuotekehitys on yksi merkittävimmistä tekijöistä yrityksen kilpailukyvyn ylläpitämisessä jatkuvasti muuttuvassa maailmassa. Asiakkaiden mieltymykset muuttuvat, teknologia kehittyy, kilpailijat esittelevät uudempia ja parempia tuotteita ja taloudellinen ympäristö vaihtelee. Kaikki nämä asettavat haasteita, joihin pitää vastata omilla uudemmillä, kehittyneemmällä, paremmilla ja edullisemmilla tuotteilla kuin kilpailijoilla on, jotta oman yrityksen rahantulo ei lakkaa. Vanhan parantaminen ja uuden keksiminen onkin otettava osaksi jokapäiväistä toimintaa ja on välttämätöntä yrityksen menestyksen kannalta. (Hietikko 2008, 15–45.)

3.2 Tuotekehityksen työkulku

Suunnittelutyö on luovaa työtä ja ajan saatossa on todettu, ettei sitä pystytä asettamaan menetelmällisesti ja organisaatiollisesti jäykkään toimintaympäristöön. Tämän takia tuotekehitysprojektit ovat alkaneet noudattaa toimiviksi todettuja prosessimalleja. Tuotekehitysprojekti voidaan jakaa neljään eri toimintavaiheeseen: käynnistäminen, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. (Jokinen 1987, 14.) Seuraavissa luvuissa käydään lävitse tuotekehitysprosessin yleiset toimintavaiheet yllä esitetystä järjestyksessä.

3.2.1 Käynnistäminen

Jotta tuotekehitysprojekti voidaan käynnistää, on oltava tarve uudelle tuotteelle ja mielikuva sen toteuttamismahdollisuudesta eli näkemys siitä, millä tavalla ja menetelmillä tuote voitaisiin toteuttaa. Kun tarve tuotekehityshankkeelle ilmenee ja se päätetään käynnistää, määritellään hankkeen reunaehdot, tavoitteet ja laaditaan vaatimusluettelo. Mitä tarkempi vaatimusluettelo on, sitä paremmin kehitysprojektin lopputulos vastaa sitä, mitä on lähdetty hakemaan.

(Jokinen 1987, 17–21.)

3.2.2 Luonnostelu

Tuotekehitysprosessin luonnosteluvaiheessa ideoidaan erilaisia luonnoksia tuotteen tulevasta ja lopullisesta muodosta. Tässä vaiheessa ei pyritä yksityiskohtaiseen tai mittakaavassa olevaan malliin vaan havainnollistavaan kuvaan tai piirustukseen, joka näyttää tuotteen oleelliset ratkaisuperiaatteet. Kuvat tai piirustukset piirretään yleensä käsin ideoiden nopeasti kehittyvän ja muuttuvan luonteen takia. (Jokinen 1987, 21–22.)

Luonnostelu mukailee samoja työvaiheita kuin päätöksenteko tai ongelman ratkaiseminen. Yleinen etenemistapa näillä kaikilla on samantyyppinen ja sisältää seuraavat vaiheet: ongelman havaitseminen, tietojen keruu ongelmasta ja ongelman analysointi, tavoitteiden ja vaatimusten laatiminen, erilaisten mahdollisten ratkaisujen etsiminen, ideoiden karsiminen ja arvostelu, valittujen ratkaisujen testaus ja lopullisen päätöksen tekeminen. (Jokinen 1987, 21–22.)

3.2.3 Kehittely

Luonnosteluvaihe päättyy valittujen luonnosten arvosteluun ja testaukseen. Jatkoon pääsee lupaavin luonnos, josta lopullinen tuote suunnitellaan markkinoille yksityiskohtia myöten kilpailukykyiseksi tuotteeksi. (Jokinen 1987, 89.)

Kehittelyvaiheessa tuotteen rakenne viimeistellään periaatteellisesta mallista yksikäsittiseksi, selkeäksi ja niin täydelliseksi, kuin vain se on mahdollista teknisistä ja taloudellisista näkökulmista. Kehittelyn lopputuloksena saadaan tuotteen rakenteellinen muoto, joka tulee olemaan tuotteen lopullinen muoto. (Pahl & Beitz 1990, 176.)

3.2.4 Viimeistely

Viimeistelyvaiheessa kehitetystä mallista tehdään valmistuspiirustukset, työselitykset, asennus- ja käyttöohjeet sekä muu tarvittava materiaali ja dokumentit, jotka tarvitaan tuotteen valmistamiseen ja käyttämiseen. Tässä vaiheessa päätetään lopullisista raaka-aineista, valmistusmenetelmistä, toleransseista, pintakäsittelyistä ja muista vastaavista toimista. Edullisista laitteista ja sarjatuotteista tehdään prototyyppi ja nollasarja. Kalliista laitteista ei pystytä valmistamaan prototyyppiä, mutta tehtyjen ratkaisujen toimivuus voidaan testata pienoismallilla tai tekemällä kriittisimmistä osista täysimittaisia koekappaleita. (Jokinen 1987, 96.)

3.3 Tietokoneavusteiset tuotekehitysmenetelmät

Yksi nykyaikaisen tuotekehityksen- ja konstruktiosuunnittelun perusteista on tietokoneen käyttö tuotekehitysprojektin aikana. Tietokonetta voidaan käyttää erilaisiin laskentatehtäviin, piirustusten laadintaan, luonnosteluun ja moniin muihin suunnittelun aikana tehtäviin asioihin. Tietokoneavusteisen suunnittelun tarkoitus on ensisijaisesti parantaa tuotteen rakennetta ja alentaa valmistuskustannuksia. Tietokoneavusteinen suunnittelu eli CAD (Computer Aided Design) käsittää piirtämisen, mallintamisen ja simuloinnin. (Pahl & Beitz 1990, 513.)

Tietokone on järkevää pitää mukana melkein kaikissa suunnitteluvaiheissa sähköisen tiedon välittämisen helppouden ja kopioimisen takia. Suunnittelun alussa tietokonejärjestelmiä käytetään tiedon varastointiin ja jäsentelyyn. Tietokone mahdollistaa helpon tavan laatia standardisoituja vaatimusluetteloita ja esimerkiksi tuotteen tietopankin rakentamisen. Tietokoneavusteisen mallintamisen ansiosta erilaisten luonnosten, vaihtoehtojen ja ratkaisujen arviointi helpottuu niiden rakenteen helpon muunneltavuuden takia. Rakenteiden kestävyys voidaan arvioida myös huomattavasti nopeammin laskentaohjelmilla kuin käsin laskien. (Pahl & Beitz 1990, 523–524.)

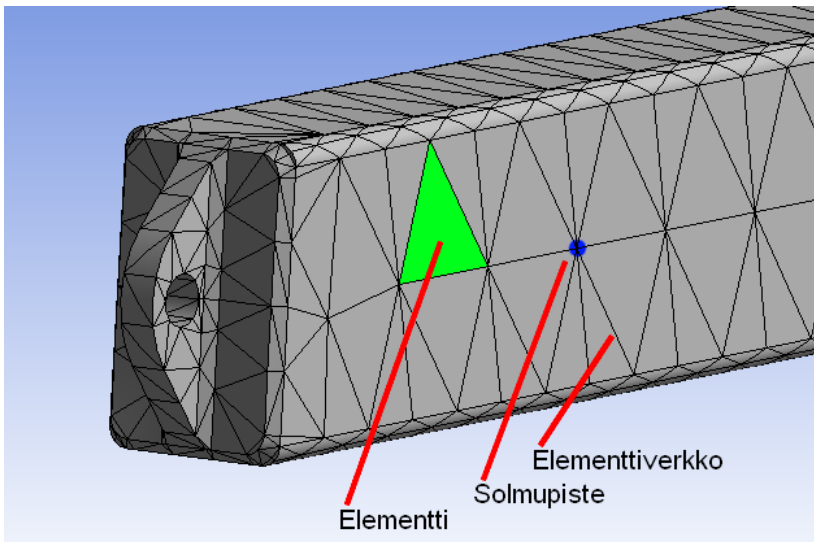
Tietokonetta voidaan hyödyntää usealla eri tavalla suunnittelun eri vaiheissa, mutta yleisin osatoimi, jossa tietokonetta käytetään nykyään hyödyksi, on piirustusten laatiminen. Tietokoneiden tehokkuuden kasvaessa on siirrytty kaksiulotteisesta piirtämisestä kolmiulotteiseen mallintamiseen. Tämä taas on mahdollistanut parametriseen piirremallinnuksen hyödyntämisen kolmiulotteisessa mallinnuksessa, mikä on edelleen tehostanut kolmiulotteista mallinnusta. Toinen yleinen osatoiminto, jossa tietokoneita käytetään hyödyksi yhä enemmän, on erilaisten analyysien ja simulaatioiden teko. (Hietikko 2008, 128.)

Simulointimenetelmien kehittyminen on helpottanut rakenteiden lujuuksien ja kestävyysarviointia ja mahdollistanut tuotteen ominaisuuksien selvittämisen jo konseptisuunnitteluvaiheessa. Eniten kuitenkin simuloinnista on hyötyä tuotteen detaljisuunnitteluvaiheessa, jolloin tuotteen rakenne ja yksityiskohdat ovat alkaneet hahmottua ja ne voidaan mallintaa paljon tarkemmin kuin konseptivaiheessa. Kun yhdistetään kenttämittauksista ja simuloinnista saatuja tietoja, saadaan parhaiten todellisuutta vastaavat tulokset. (Hietikko 2008, 179.)

Erilaisten rakenteiden toimivuuden selvittäminen onnistuu tietokoneella helpoiten käyttämällä elementtimenetelmää eli FEM:ä (Finite Element Method), jossa tietokone analysoi yksittäisiä osia eli elementtejä. Analyysin lopuksi jokaisen elementin tulokset kerätään yhteen vastaamaan koko mallia koskevaa analyysiä. (Hietikko 2008, 179.)

FE-menetelmällä voidaan analysoida lähes minkälaisen kappaleen tai kokonaisuuden käyttäytymistä tahansa. Se mahdollistaa likimääräisten ratkaisujen saannin lähes miltä tahansa insinööritieteen alalta. Alun perin FEM oli tarkoitettu jännitysten laskemiseen, mutta pian huomattiin, että samoja periaatteita pystytään käyttämään hyödyksi monien muidenkin analyysien teossa, kuten nesteiden dynamiikan ja lämmönjohtumisen simuloinnissa. (Hietikko 2008, 103.)

FE-menetelmässä kappaleen rakenne korvataan elementtiverkolla, joka koostuu pienistä rakenneosasista eli elementeistä. Esimerkki tällaisesta elementtiverkosta on esitetty kuvassa 1. Elementit liittyvät toisiinsa solmupisteiden kautta, joiden välillä on jousimainen sidos. Ulkoisen kuorman vaikuttaessa tällaiseen järjestelmään, sen tasapainotila muuttuu, jolloin järjestelmän solmupisteiden täytyy siirtyä saavuttaakseen uuden tasapainotilan. Tämä taas näkyy rakenteen muodonmuutoksina. Rakenteeseen kohdistuvat jännitykset saadaan laskettua solmupisteiden siirtymien perusteella. (Hietikko 2008, 103.)



KUVA 1. Elementtiverkko ja sen osat

FEM-analyysillä pystytään simuloimaan monimutkaisienkin rakenteiden muodonmuutoksia. Oikein tehdyn analyysin tulokset ovat hyvin lähellä todellisen rakenteen käyttäytymistä. (Hietikko 2008, 103.) Tämä kuitenkin edellyttää sitä, että rakenteen reunaehdot, kuten tukipisteet ja niiden tyypit, on määriteltävä oikein. Myös tulosten lukeminen vaatii kokemusta ja kykyä tulkita saatuja tuloksia oikein. Odottamattomat tulokset eivät välttämättä aina johdu itse rakenteesta, vaan ne voivat johtua esimerkiksi väärin asetetuista reunaehdoista. Tukipisteiden läheisyydessä vallitsevat jännitteet voivat myös poiketa paljon todellisista jännityksistä.

4 CE-MERKINTÄ

4.1 CE-merkintä ja sen tavoite

CE-merkintä ilmaisee tuotteen olevan valmistajalle kuuluvien sovellettavien yhteisön vaatimusten mukainen. Tuotteeseen kiinnitetty CE-merkintä on merkinnän kiinnittämisestä vastaavan henkilön antama vakuutus siitä, että tuote on kaikkien siihen sovellettavien yhteisön säännösten mukainen ja aiheelliset vaatimustenmukaisuudet arviointimenettelyt on saatettu loppuun. (SFS-käsikirja 133.)

4.2 CE-merkintä nostoapuvälineessä

Tämän opinnäytetyön tuote, nostoapuväline, pyritään suunnittelemaan siten, että sen rakenteelliset ratkaisut täyttävät standardin SFS-EN 13155 + A2 nostoapuvälineille asettamat vaatimukset. Tällä tavalla varmistetaan, että itse CE-merkinnän hankkiminen tuotteelle ei jää kiinni tuotteen huonoista rakenneratkaisuista.

Tämä opinnäytetyö ei kata CE-merkinnän saamisen vaatimia testauksia, tarkasteluita, käyttöohjetta tai telineen suunnittelua.

4.3 CE-merkinnän saamisen edellytykset nostoapuvälineelle

Standardissa SFS-EN 13155 + A2 käsitellään, mitä edellytyksiä nostoapuvälineelle asetetaan, jotta se voi saada CE-merkinnän. Alla on luettelo kohdista, jotka nostoapuvälineen pitää täyttää ennen CE-merkinnän saamista.

- 1) Apuväline on suunniteltava kestävänsä staattinen kuorma, joka on kolme kertaa nostokyky, niin ettei se irrota kuormaa, vaikka siinä tapahtuisi pysyvä muodonmuutos.
- 2) Apuväline on suunniteltava kestävänsä staattinen kuorma, joka on kaksi kertaa nostokyky, niin ettei siinä tapahdu pysyvää muodonmuutosta.
- 3) Vakaus varastoinnin aikana. Kun apuvälinettä ei tarvita käytössä, on oltava mahdollista laskea se alas niin, että se on vakaa varastoinnin aikana. Apuvälinettä voidaan pitää vakaana, jos se ei kaadu, kun sitä kallistetaan 10° mihin tahansa suuntaan. Tämä voidaan saavuttaa joko apuvälineen muodolla tai käyttämällä lisälaitetta kuten telinettä.

4) Jotta tilaaja voi turvallisesti valita, asentaa, käyttää ja kunnossapitää irrotettavaa nostoapuvälinettä sen normaalin eliniän aikana, valmistajan on annettava ainakin seuraavat tiedot ja ohjeet käyttöohjekirjassa, joka on tarkoitettu toimitetulle apuvälineelle:

- a) lyhyt kuvaus
- b) nostokyky
- c) tarkoitettu käyttö
- d) kuorman ominaisuudet mukaan lukien suoritusarvot sekä kappalemäärä, jota voidaan samanaikaisesti käsitellä
- e) käyttöalueen määrittäminen
- f) toiminta- ja käyttöohjeet
- g) apuvälineen sovittaminen, kiinnittäminen, säätäminen, kytkeminen ja irrottaminen nosturiin
- h) apuvälineen käsittely ja varastointi
- i) vakavuus (mikäli tarpeellista)
- j) lämpötila-alue, jolla apuvälinettä voidaan käyttää
- k) käytön rajoitukset erityisolosuhteissa (esim. suuri kosteus, räjähdysvaara, suolaisuus, happoisuus, emäksisyys)
- l) rajoitukset vaarallisten tavaroiden käsittelyssä (esim. sulat massat, radioaktiiviset materiaalit)
- m) mikäli tarpeellista, kielto käsittelystä henkilöiden yläpuolella
- n) käyttäjien erityiskoulutus, mikäli tarpeellista.

5) Valmistajan on annettava riittävät tiedot apulaitteen asianmukaisen kunnossapidon varmistamiseksi, käsittäen

- a) ohjeet määräaikaisesta kunnossapidosta
- b) korjausohjeet
- c) korjauksen aikana tehtävät turvatoimet
- d) alkuperäisten varaosien käytön
- e) kunnossapidon kirjauksen, mikäli tarpeellista
- f) luettelon osista, jotka vaativat erityistoimia ja tarkistuksia
- g) erityisvoiteluaineiden käytön.

6) Kaikissa irrotettavissa apuvälineissä on oltava selvästi näkyvällä paikalla kestävä tunniste, jossa on seuraavat tiedot:

- a) valmistajan toiminimi ja täydellinen osoite ja, sovellettavin osin, tämän valtuutetun edustajan toiminimi ja täydellinen osoite

- b) laitteen nimitys
- c) sarjanumero
- d) kuormamattoman apuvälineen paino, kun se ylittää 5 % nostokyvystä tai 50 kg, kumpi tahansa on pienempi
- e) valmistusvuosi, jolloin valmistusprosessi on saatettu päätökseen. On kiellettyä päivätä konetta aikaisemmaksi tai myöhemmäksi CE-merkintää kiinnittäessä
- f) nostokyky tonneina tai kilogrammoina. Jos apuvälinettä käytetään useassa kokoonpanossa, kutakin kokoonpanoa koskevat nostokyvyt on myös merkittävä. (SFS-EN 13155 + A2.)

5 NOSTOAPUVÄLINEET

5.1 Nostoapuvälineiden tarkoitus, määrittely ja tavoitteet

Nostoapuvälineiden tarkoitus on vähentää työtapaturmien määrää, jotka johtuvat vääristä työtavoista, huonosta ergonomiasta ja itse tehdyistä epäluotettavista apuvälineistä. Nostoapuvälineiksi katsotaan sellaiset välineet, jotka kiinnittävät nostettavan kuorman nostolaitteeseen luoden yhdistävän linkin näiden kahden välille. (Safe use of lifting equipment 1998, 14) Nostoapuväline ei myöskään ole pysyvästi kiinnitetty koneeseen, joka nostaa kuormaa. (Valtioneuvoston päätös koneiden turvallisuudesta 1994, 4.1.1 a.)

Nostoapuvälineiden tavoitteena on helpottaa ja nopeuttaa ihmisten työskentelyä samalla parantaen työergonomiaa ja -turvallisuutta. Joissain tapauksissa nostoapuvälineiden käyttö voi olla välttämätöntä, jotta kuorma saadaan nostettua sen muodosta tai koosta johtuvista syistä.

5.2 Nostoapuvälinetyypit

Nostoapuvälinetyyppejä on monia erilaisia, mutta standardista SFS-EN 13155 + A2 löytyy määritelmä yleisimmille markkinoilla oleville nostoapuvälinetyypeille. Näitä tyyppiejä ovat muun muassa: C-koukku, tarrain, nostopuomi, nostohaarukka, nostomagneetti ja alipainetarttuja. Tässä työssä suunniteltava nostoapuväline voidaan mieltää C-koukun ja nostopuomin yhdistelmäksi.

6 NOSTOAPUVÄLINEEN SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT

Haasteita nostoapuvälineen suunnittelulle asetti ohjauskonsolin rajalliset nostokohdat, ohjaamon mitat, mihin ohjauskonsoli ja penkit nostettaisiin nostoapuvälineen avulla ja vaatimus nostaa myös ohjaamoiden penkkejä. Nostimelle ei jää nykyisessä ohjaamotyypissä juuri yhtään ylimääräistä tilaa, kun konsolia siirrellään ohjaamon sisällä. Rajallinen tila taas kannusti suunnittelemaan mahdollisimman yksinkertaisen tuotteen nostoapuvälineelle varatun budjetin asettaman rajoitteen kanssa. Ohjauskonsolin ja penkkien eriävien kiinnityskohtien takia kiinnitysmenetelmän pitää olla mahdollisimman yleispätevä. Tämän takia ruuvitarraitimet on paras vaihtoehto niiden moniin eri tilanteeseen sopivan kiinnitysmenetelmän takia. Yksinkertainen rakenne myös mahdollistaa sen, että kuka tahansa voi valmistaa nostoapuvälineen yleisimmillä saatavilla olevilla valmistusmenetelmillä.

Rakenteen piti myös olla mahdollisimman kevyt, mieluusti jopa niin kevyt, että tuotteen pystyy siirtämään käsivoimin paikasta toiseen sekä asentamaan toimintakuntoon. Keveys myös auttaa nopeuttamaan tuotteen käyttöä ja käytöstä pois ottamista. Rakenteen keveys ei kuitenkaan saa tulla tuotteen kestävyuden kustannuksella. CE-merkintä vaatii, että rakenne kestää pysyvät muodonmuutokset, kun nostokyky ylittää kolminkertaisesti, ja että rakenteen pitää kestää kaksinkertainen kuormitus ilman pysyviä muodonmuutoksia.

6.1 Vaatimusten määrittely

Ennen kuin suunnittelutyö aloitettiin, ohjauskonsolin nykyistä asennustapaa käytiin katsomassa Normetin ohjaamon esivarustusolosuhteissa, jossa nykyisen asennustavan vaikeus tuli hyvin ilmi. Tämän käynnin ja myöhemmin käydyin keskustelun pohjalta pystyttiin määrittelemään nostoapuvälineen vaatimukset, jotka listattiin vaatimusluetteloon (liite 1). Määritelmät ovat vähäisiä nostoapuvälineen yksinkertaisen olemuksen takia.

6.1.1 Materiaalin vaatimukset

Suunnittelun edetessä oikean materiaalin valitseminen tuli aina vain oleellisemmaksi asiaksi, koska kevyt materiaali helpottaa nostoapuvälineen käyttöä, siirtämistä ja varastointia merkittävästi. Kevyen nostoapuvälineen pystyy varastoimaan helposti melkein minne tahansa ilman, että sen siirtämiseen tarvitaan koneellista apua.

Toinen materiaalille asetettu vaatimus on sen riittävä kestävyys, jotta suunniteltu rakenne kestää sen koko käyttöajan eikä aiheuta turvallisuusriskiä missään vaiheessa sen elämänsykliä. Muita vaatimuksia, jotka nousivat esille suunnittelun edetessä, olivat materiaalin edullisuus ja taivutettavuus. Kyseessä oleva tuote on kuitenkin suhteellisen yksinkertainen ja pieni, joten materiaalin hinnan ei pitäisi nousta kovinkaan korkeaksi. Tämä takia voidaan keskittyä materiaalin varsinaisiin ominaisuuksiin ja siihen mikä materiaali tarjoaa näitä parhaiten.

Teräs oli yksi materiaalivaihtoehto, mutta sen painavuuden takia päädyttiin alumiiniin ja erityisesti seostettuihin alumiineihin eli duralumiineihin. Esimerkki mahdollisista alumiiniseoksista käytettäväksi tuotteessa oleville levyille ja profiilille on standardien SFS-EN 485-2 ja SFS-EN 755-2 mukaiset alumiiniseokset 3003, 5083 ja 6061 ja erityisesti 3003:n H14-tila, 5083:n H111-tila sekä 6061:n T4- ja T6-tilat. Alla olevissa taulukoissa 1 ja 2 on listattu näiden alumiiniseoksien ominaisuuksia levy- ja profiililähtökäyttöön. Seokset on valittu niiden 0,2 % venymisrajan, paksuuden ja venymän mukaan. Lopullinen päätös käytettävästä alumiiniseoksesta tuotteen rakentamiseksi tehdään opinnäytetyön valmistumisen jälkeen, kun valmistajilta pyydetään tarjousta nostoapuvälineen valmistuksesta.

TAULUKKO 1. Mahdollisia alumiiniseoksia levyilähtökäyttöön

Seos	Tila	Paksuus [mm]		Venymisraja $R_{p0,2}$ [N/mm ²]	Murtolujuus, min. R_m [N/mm ²]	Venymä [%]		Kovuus [HBW]
		yli	enintään			A_{50mm}	A	
3003	H14	3,0	6,0	125	145	4		46
3003	H14	12,5	25,0	125	145		5	46
5083	H111	3,0	6,3	125	275	15		75
5083	H111	12,5	50,0	115	270		15	75
6061	T4	3,0	6,0	110	205	16		58
6061	T4	12,5	40,0	110	205		15	58
6061	T6	3,0	6,0	240	290	10		88
6061	T6	12,5	40,0	240	290		8	88

TAULUKKO 2. Mahdollinen alumiiniseos profiililähtökäyttöön

Seos	Tila	Seinämänpaksuus [mm]	Venymisraja $R_{p0,2}$ [N/mm ²]	Murtolujuus R_m [N/mm ²]	Venymä [%]		Kovuus [HBW]
					A_{50mm}	A	
6061	T4	≤ 25	110	180	13	15	65
6061	T6	5 < t ≤ 25	240	260	8	10	95

Kaikki alumiiniseokset taulukoissa 1 ja 2 ovat ylimitoitettuja tätä käyttötarkoitusta varten, koska nostoapuvälineen suurin jännitys on noin 99 MPa, joka saavutetaan, kun nostoapuvälinettä kuormitetaan kolme kertaa isommalla kuormalla, kuin se on suunniteltu nostamaan. CE-merkintä ei vaadi tällaista kestävyyttä nostoapuvälineeltä vaan apuvälineen pitää pystyä nostamaan vain kaksi kertaa isompi kuorma, kuin se on suunniteltu ilman muodonmuutoksia. Nyt mikä tahansa esitellyistä materiaaleista kestää kolminkertaisen rasituksen ilman, että apuvälineessä alkaa edes tapahtua muodonmuutoksia.

Alumiiniseos 3003 H14:lla olisi kokonaisuudessaan parhaat ominaisuudet. Sen venymä on erittäin pieni, venymisraja on sopivan korkea eikä ylimitoitusta tule kuin vähän ja se soveltuu myös paksumpien nostokorvakkeiden valmistamiseen. Sitä kuitenkaan ei standardin SFS-EN 775-2 mukaan voida käyttää profiiliihoiden valmistamiseen. Seos 5083 on ominaisuuksiltaan samanlainen kuin 3003, mutta sillä on huomattavasti korkeampi murtolujuus ja on kovempaa. Toisaalta taas sen venymä kasvaa verrattuna 3003:een. Seoksen 6061 T4-tilalla on alhaisin venymisraja kaikista vertailukohteista, mutta sen venymä on isoin. Toisaalta se kuitenkin soveltuu myös profiiliihoiden tekoon. Sen T6-tila myös soveltuu profiiliihioille ja sillä on pienempi venymä, mutta sen venymisraja on reilusti ylimitoitettu. Tämä taas nostaa materiaalikustannuksia tarpeettomasti.

6.1.2 Valmistuksen vaatimukset

Itse väline pitäisi pystyä valmistamaan mahdollisimman edullisesti ja helposti. Tätä edesauttaa yksinkertainen rakenne, koska tällöin rakenne vaatii vähemmän erikoistyökaluja ja -koneita valmistamiseen ja useampi konepaja pystyy valmistamaan sen. Levyt pystytään leikkaamaan käyttäen plasma-, laser- tai vesileikkausta. Levyt pystytään myös leikkaamaan kulmahiomakoneella, mikä kuitenkin vaatii CNC-ohjattuja leikkaimia enemmän aikaa. Osien yhteen hitsaamisessa voidaan käyttää joko MIG- tai TIG-hitsausta. Valmistuksen yksityiskohtiin keskittyminen ei kuitenkaan ole tässä tapauksessa tarkoituksenmukaista, koska tuotetta valmistetaan hyvin pieniä määriä.

6.1.3 Toiminnalliset vaatimukset

Hyvin suunniteltu nostoapuväline on helppo ottaa käyttöön ja poistaa käytöstä ja on luotettava. Apuvälineen käyttö ei saa haitata muiden töiden tekemistä nostettavan esineen läheisyydessä ohjaamoiden esivarustelusolussa. Mahdollisimman pieni ja yksinkertainen rakenne mahtuu hyvin ohjaamon sisään, mutta mahdollistaa myös sen

käytön tilanteissa, joissa tilaa ei ole paljon, kuten silloin kun ohjaamo on kiinnitettyä ohjaamon kääntölaitteeseen toisen kääntölaitteen vieressä. Yksinkertainen rakenne vaatii myös vähemmän liikkuvia osia, joita saattaa joutua ajansaatossa huoltamaan. Yksinkertaisimmassa ratkaisussa ei ole yhtään huollettavia mekanismeja. Tässä opinnäytetyössä on pyritty saavuttamaan yksinkertainen rakenne alusta lähtien.

Nostoapuvälineen CE-merkintä vaatii tuotteen rakenteen oikein suunnittelun lisäksi tuotteelle käyttöohjekirjan sekä telineen. Kun nostoapuvälinettä ei käytetä, se ei saa kaatua, kun sitä kallistetaan 10° mihin tahansa suuntaan. Nykyinen rakenne ei mahdollista tätä, minkä takia tälle apulaitteelle pitää vielä erikseen suunnitella teline.

6.1.4 Nostoapuvälineen vaatimukset

Oleellisin nostoapuvälineen ominaisuus, jota siltä vaaditaan, on kyky pystyä nostamaan kaivoskoneiden ohjauskonsoli ohjaamoon. Tämä vaatimus taas johti nostoapuvälineen ulottuvuuden olemaan vähintään yhden metrin verran, joka tulee suoraan ohjaamon muodosta ja asennuspaikasta ohjaamossa, johon konsoli kiinnitetään. Tämä vaatimus myös määritteli nostoapuvälineen kuorman määrän, mikä sen pitää pystyä nostamaan. Nostovälineeltä myös vaaditaan luotettavuutta sen luonteen ja nostettavan kuorman painon takia. CE-merkintä asetti omat vaatimuksensa taas varmuuskertoimille, jotka tuotteen pitää täyttää, jotta se voi saada CE-merkinnän.

Toinen iso vaatimus nostoapuvälineelle on se, että sen pitää pystyä nostamaan ohjauskonsoli ohjaamoon myös silloin, kun ohjaamo on kiinni ohjaamon kääntölaitteessa esivarustelusolussa. Ottaen huomioon Normetin lisälmen tehtaan nykyisen ohjaamoiden esivarustelusolun ahtauden sekä ohjaamoiden kääntölaitteen jalkojen lattialla viemän tilan, tämä vaatimus rajasi melkein kaikki lattialle sijoitettavat nostoapuvälineet pois suunnitelmista. Suurin ongelma lattialle sijoitettavien nostoapuvälineiden kanssa olisi tullut tukipisteen kanssa, koska niiden jalkoja ei olisi saanut järkevällä tavalla kääntölaitteen jalkojen ohitse ja ohjaamon alle tukemaan, kun ohjauskonsoli siirretään ohjaamon sisään.

6.1.5 Työturvallisuuden ja käytettävyyden asettamat vaatimukset

Nostoapuvälineen suunnittelussa noudatetaan standardin SFS-EN 13155 + A2 turvallisuusvaatimuksia. Standardin mukaan nostoapuvälineen kuormaa kantavilla osilla pitää olla sellainen mekaaninen lujuus, joka mahdollistaa kolme kertaa painavamman staattisen kuorman nostamisen, kuin mikä nostoapuvälineen nostokyky on siten, ettei

se irrota kuormaa vaikka siinä tapahtuisi pysyviä muodonmuutoksia. Apuvälineen pitää kestää staattinen kuorma, joka on kaksi kertaa nostoapuvälineen nostokyky ilman, että nostoapuvälineeseen tulee pysyviä muodonmuutoksia. Kyseinen standardi myös vaatii, että nostoapuvälineelle laaditaan käyttöohjekirja.

6.2 Aikaisemmat nostoapuvälineet tai nostomenetelmät

Normetin Iisalmen tehtaalla ei ole aikaisemmin ollut nostoapuvälineitä käytössä ohjaamoiden esivarustelusolussa. Tämän takia ohjauskonsolit on pitänyt nostaa paikoilleen käsin käyttäen apuna pumppukärrejä ja trukkilavoja. Ohjauskonsoli nostetaan aluksi pumppukärreillä trukkilavojen päällä ylös ohjaamon lattian tasalle, josta konsoli siirretään käsin ohjaamon sisään. Tämä työvaihe on turvallisuuden kannalta suuri riski, koska pumppukärrejä ei pystytä lukitsemaan mitenkään paikoilleen, ne voivat kaatua työntekijän astuessa liian lähelle trukkilavan reunaa ja siirrettävä konsoli on noin 140 kilogrammaa, joka pumppukärrien päältä tippuneen työntekijän päälle kaatuessa pystyy aiheuttamaan merkittävän vaaratilanteen.

6.3 Nostoapuvälineen varastointi

Kun tuotetta ei käytetä, se pitää pystyä varastoimaan siten, että se vie mahdollisimman vähän tilaa esivarustelusolussa. Jos tuotteesta saadaan niin kevyt, että sen pystyy siirtämään käsivoimin paikasta toiseen, niin se voidaan myös sijoittaa kauemmas esivarustelusolusta, jossa se ei vie tilaa tai jopa ripustaa seinään kiinnitettävään telineeseen.

6.4 Suunnittelun rajoitukset

Nostoapuvälineen suunnittelulle ei asetettu alustavasti muita rajoittavia tekijöitä kuin se, että nostoapuvälineen valmistus saa maksaa enimmillään 1 000 euroa. Myöhemmin luonnostelun edetessä kävi ilmi, että ohjaamon muoto ja sen sisätilan koko asettivat omat rajoitteensa nostoapuvälineen koolle ja monimutkaisuudelle. Ohjaamossa oleva tila oli konsolin sisään siirtämisen jälkeen niin rajallinen, että tämä rajoitti nostoapuvälineen ohjaamon sisään menevän osan kooltaan niin pieneksi kuin mahdollista. Pienuus taas ohjasi yksinkertaisia ratkaisuja kohti, koska niitä on helpoin saada pienennettyä ja optimoitua.

7 SUUNNITTELU

7.1 Perusrakenteen suunnittelun eteneminen

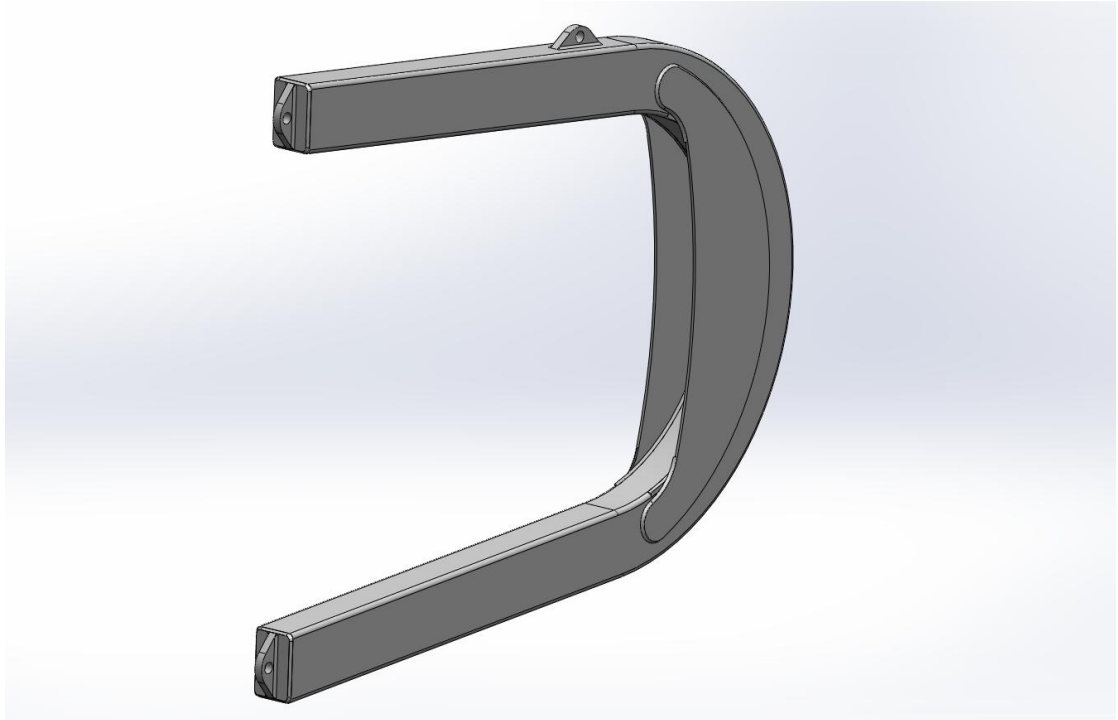
Luonnostelu aloitettiin jo Normetilla palaverin päätteeksi piirtämällä yksinkertaisia hahmotelmia paperille. Tavoitteen oli luoda mahdollisimman yksinkertainen, luotettava ja mahdollisimman paljon valmiita ratkaisuja hyödyntävä nostoapuväline. Tällöin olisi helpompi löytää ratkaisuja, jotka on todettu toimiviksi. Luonnostelun ohella laadittiin vaatimusluettelo, joka ohjasi myöhempää suunnittelua. Luonnokset mukailivat paljon nykyisiä markkinoilla olevia nostoapuvälineitä. Näistä kuitenkin mikään ei täysin soveltunut käyttötarkoitukseen, josta johtuen tarve suunnitella uusi nostoapuväline oli tullut.

7.2 Luonnoksen valinta

Alussa luonnostellut nostoapuvälineet olivat suhteellisen monimutkaisia ja isoja. Ideat pohjautuivat nostopuomeihin, nostohaarukoihin ja erilaisiin paikoilleen tuettaviin nostoapuvälineisiin. Ideoiden kehittyessä kuitenkin kävi aina vain ilmeisemmäksi, että on järkevämpää hyödyntää nostoapuvälineen suunnittelussa esivarustelusolussa jo paikoillaan olevaa siltanosturia ja kääntöpuominosturia. Tällainen lähestymistapa myös mahdollistaa sen, ettei nostoapuvälineen tarvitse enää ottaa tukea lattiasta tai olla sijoitettuna lattialle. Tämä taas poisti tukipisteongelman ohjaamoiden kääntölaitteen jalkojen ja nostoapuvälineen kanssa.

Ongelmana kuitenkin vielä oli ohjauskonsolin vaikea muotoilu, joka on puolikaaren muotoinen kiinteästi paikoilleen hitsatun istuinosan kanssa. Ohjauskonsolia ei ole suunniteltu siten, että siitä löytyisi nostokohtia asennusta varten tai, että sen rakenne olisi modulaarinen, joka olisi helpottanut kookkaalle konsolille suunniteltavan nostoapuvälineen tarttumakohtien ja -tapojen miettimistä. Tämän lisäksi nostoapuvälineen piti pystyä vielä nostamaan paikoilleen ohjaamoihin asennettavia penkkejä, jolloin nostoapuvälineeseen piti keksiä mahdollisimman yleismaallinen ja lähes kaikkiin tilanteisiin sopiva kiinnitysmekanismi. Vaikeuksia myös tuotti ohjaamon oviaukon ja sisätilojen ahtaus kookkaan konsolin kanssa, jolloin nostoapuvälineelle ei jäisi paljoa tilaa olla ohjaamon sisällä. Ohjauskonsolia joutuu myös pyörittämään paljon oviaukolla sen muodon vuoksi, jonka takia nostoapuväline ei voi olla missään vaiheessa ohjauskonsolin rakenteen tiellä sen pyöriessä.

Näiden erilaisten seikkojen huomioon ottamisen jälkeen luonnostelussa päädyttiin yksinkertaiseen hieman avattuun U:n muotoiseen putkipalkkirakenteeseen, joka pysyttäisiin kiinnittämään siltanosturin koukkuun. Kuvassa 2 näkyy kyseisen luonnoksen pohjalta tehty 3D-malli.



KUVA 2. Valitun luonnoksen pohjalta tehdyn nostoapuvälineen 3D-malli

7.3 Rakennemuotoilun pääsäännöt ja niiden noudattaminen

Rakennemuotoilulle on tyypillistä, että rakenne muuttuu jatkuvasti saatujen tulosten, harkinnan ja kokeilujen perusteella. Mikäli rakenne ei täytä jotain sille asetettua määritelmää, kuten turvallisuutta, ergonomiaa, valmistettavuutta, käytön helppoutta tai muuta määritelmää, rakennesuunnittelussa palataan aiempiin vaiheisiin, kunnes rakenne saadaan toimivaksi.

7.3.1 Yksikäsitteinen

Yksikäsitteisyyden pääsääntö edellyttää, että tuotteeseen kohdistuvat kuormat, suuruudet, laadut ja toistuvuudet tunnetaan. Toisin sanottuna siis tuotteeseen liittyvät muuttujat ja vaikuttavat tekijät pitää tuntea eikä niissä saa olla ristiriitoja tai tulkinnan varaa. Tässä tapauksessa vaikuttavat muuttujat ovat vähäiset, koska nostoapuvälineeseen kohdistuvat ainoastaan ohjauskonsolin alaspäin kohdistama voima sekä siltanosturin koukusta tuleva tukivoima. Maan vetovoimaa ei tässä tapauksessa oteta huomioon laskuissa, koska se ei vaikuta rakenteeseen tarpeeksi, jotta sillä olisi mi-

tään merkittäviä vaikutuksia. Sen vaikutus on kuitenkin huomioitu siinä, kuinka se kääntäisi nostoapuvälinettä, jos se olisi kiinni vain yhdestä kiinnityspisteestä. Tämän takia nostoapuvälineen päällä on toinenkin kiinnityspiste, joka pitää tuotteen halutussa asennossa noston kaikkina hetkinä.

7.3.2 Yksinkertainen

Yksinkertainen rakenne saadaan luonnollisesti mahdollisimman vähillä komponenteilla, mikä taas edesauttaa valmistuskustannusten pienentämistä. Yksinkertaiset osat ovat myös helpompia ja nopeampia valmistaa kuin monimutkaiset ja hankalan muotoiset osat, joiden valmistukseen kuluisi enemmän aikaa ja rahaa. Tämä taas ei tuotteen tai asiakkaan kannalta ole suotavaa, koska tällöin on vain kulutettu aikaa ja rahaa turhaan tuotteeseen, joka ei hyödy millään tavalla sen monimutkaisista muodoista.

Alussa ideat olivatkin monimutkaisia ja kalliita valmistaa. Erilaiset hydrauliset nostimet ja vintturit eivät olleet järkeviä ratkaisuja, toisin kuin luonnostelun alussa tuntui. Kuitenkin jatkuvan ”yksinkertaista ja edullista” –ajattelun jälkeen nostoapuvälineestä saatiin huomattavasti yksinkertaisempi ja edullisempi valmistaa, kuin ensimmäiset ideat siitä olivat.

Ensimmäiset ideat pohjautuvat samalle periaatteelle kuin siltanosturi. Kyseiset versiot olisivat nostaneet tuotteita ilman itse kehittämällään voimalla. Tämä kuitenkin ei ole järkevää, koska olemassa oleva siltanosturi pystyy myös tarjoamaan tämän saman perusominaisuuden. Onkin järkevämpää yksinkertaistaa rakennetta siten, ettei se itse tuota minkäänlaista nostovoimaa, vaan se hyödyntää ulkoista jo olemassa olevaa nostovoimaa toiminnassaan. Nostoapuvälineen oman voimanlähteen karsiminen myös alensi sen valmistuskustannuksia huomattavasti.

7.3.3 Turvallinen

Turvallisuus oli myös yksi tärkeä osa nostoapuvälinettä ja tämän pitäminen mielessä oli tärkeää erilaisia rakenteita suunniteltaessa. Turvallisuuden huomioon ottamista edesauttoi rakenteiden pitäminen yksinkertaisina ja tämän takia mahdollisesti hajoa-
vien osien määrää jäi vähäiseksi. Kaikkein yksinkertaisimmissa rakenteissa ei ole yhtään liikkuvia osia, jotka voisivat olla turvallisuusriski. Tämän takia päädyttiin yksinkertaiseen rakenteeseen, jotta se olisi myös turvallinen.

7.4 Siltanosturilla nostettava nostoapuväline

Luonnostelun päätteeksi valittiin paras luonnos, joka oli siltanosturiin kiinnitettävä nostoapuväline. Kyseinen tuote kiinnitetään siltanosturin koukkuun kahdella teräsköysiraksilla. Esimerkki mahdollisesti käytettävästä teräsköysiraksista on näkyvässä kuvassa 3.



KUVA 3. Esimerkki teräsköysiraksista

Vaikka tuotteeseen tuleekin kiinni kaksi teräsköysiraksia, tarkoituksena on, että näistä vain toinen ottaa kaiken rasituksen vastaan ja toinen on olemassa vain tukeakseen U:n muotoisen nostoapuvälineen vaakatasoon, jottei se aiheuta vaaratilanteita oie- tessaan oikeaan asentoon kuormaa nostaessaan. Toinen teräsköysi voisi olla pituu- deltaan 50 cm pitkä ja toinen 90 cm pitkä. Köysien pituuksien suhde on siis 5:9 tai karkeasti 1:2. Tällöin nostoapuväline asettuu sen luonnolliseen nostoasentoon ja toi- nen teräsköysi ottaa kaiken voiman ja toinen vain vakauttaa nostoapuvälineen. Toi-

senlasiakin köysien pituuksien suhteita voitaisiin käyttää, mutta riskinä on se, että nostoapuväline kuormaa nostaessa kääntyy odottamattomasti eri asentoon ja pystyy aiheuttamaan vaaratilanteen.



KUVA 4. Havainnollistava kuva mahdollisesti käytettävästä ruuvitarraimesta

Nostolaitteen alapäähän tulee kolme tai neljä ruuvitarrainta ketjujen päähän. Ketjut voidaan varustaa lyhennyskoukuilla, jolloin niitä pystytään säätämään tilanteen mukaan sopivan pituisiksi sen mukaan, nostetaanko niillä ohjauskonsolia vai penkkejä. Määrä riippuu siitä, kuinka hyvin ruuvitarraimet saadaan sijoitettua nostettavien penkkien ympärille, jotta tuolien painopiste ei jää ruuvitarraimien muodostaman tukialueen ulkopuolelle. Ruuvitarraimet voivat olla esimerkiksi kuvan 4 mukaiset.

Ruuvitarraimien ketjut ja teräsköysien päät voidaan kiinnittää nostoapuvälineeseen esimerkiksi sakkeliin avulla. Esimerkki käytettävästä sakkelistasta on kuvassa 5. Muunlaisiakin kiinnitystapoja voidaan käyttää, mutta sakkelit mahdollistavat teräsköysien ja ketjujen helpon vaihdettavuuden.



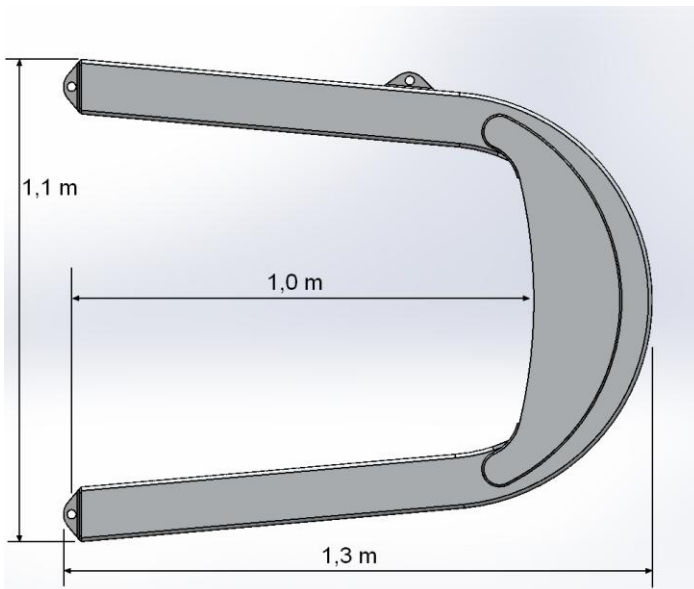
KUVA 5. Havainnollistava kuva mahdollisesti käytettävästä sakkelistä

7.4.1 Nostoapuvälineen mitoitus

Määräävät tekijät apuvälineen koon määrittelemisessä olivat nostoapuvälineen kyky pystyä itse siirtymään ohjaamon sisään konsolin kanssa tai jollain muulla tavalla kyky pystyä siirtämään konsoli ohjaamon sisään sekä se, että nostoapuvälineen pitäisi viedä mahdollisimman vähän tilaa, kun sitä ei käytetä.

Nämä vaatimukset johtivat nostoapuvälineen U:n muotoiseen ratkaisuun, joka on kuvassa 6 sen äärimittojen kanssa. Sen varret ovat kokonaisuudessaan n. 1,3 metriä pitkät ja itse varren hyödyksi käytettävä pituus konsolia siirrettäessä ohjaamon sisään on n. 1,0 metriä. Hyötykäytössä olevan varren pituus voisi olla pidempikin, jottei se osuisi ohjaamon katon reunaan niin helposti, mutta tämä taas olisi hankaloittanut nostoapuvälineen varastointimahdollisuuksia. Nykyinen varsien pituus ei vielä ole varastoinnin kannalta hankalan kokoinen.

Apuvälineen korkeus myös määräytyi pääsääntöisesti ohjaamon mittojen ja varastoinnin ehtojen mukaan. Nostoapuvälineen haarukan korkeus on n. 1,1 metriä, joka tekee nostoapuvälineen haarukasta tarpeeksi suuren, jotta se sopii ohjaamon katon ympärille ja nostoapuvälinettä voidaan liikuttaa ylös ja alas, jotta konsoli saadaan myös irrotettua ruuvitarraimista. Kuitenkin korkeus pysyy järkevissä mitoissa, jotta se olisi vielä suhteellisen helppo sijoittaa pieneen tilaan, kun sitä ei käytetä. Se menee karkeasti ottaen 1,5 m x 1,5 m x 0,15 m tilaan, jolloin se pystytään helposti sijoittamaan esimerkiksi seinälle roikkumaan.



KUVA 6. Nostoapuvälineen korkeus, leveys ja haarukan hyötypituus

7.4.2 Nostoapuvälineen putkipalkkiosa

Nostimen keskeisin osa on alumiininen putkipalkki, jonka profiili on 120x80x6 milliiä ja joka valmistetaan taivuttamalla profiiliputki muotoonsa mankelilla tai muulla vastaavalla työkonella n. 3,5 metrin pituisesta putkesta. Lopuksi putken päät leikataan siten, että ne ovat pystysuorassa samaan suuntaan keskenään. Nostoapuvälineen kokoonpano tapahtuu hitsaamalla kaikki muut osat kiinni tähän putkipalkkiin.

7.4.3 Nostoapuvälineen nostokorvakkeet ja niiden päätylevyt

Putkipalkin molempiin päihin hitsataan kiinni päätylevyt, joihin itse nostokorvakkeet tulevat kiinni. Päätylevyjen mitat ovat 112x72x5 mm. Päätylevyihin kiinni hitsattavien nostokorvakkeiden pohjien mitat ovat 112x15 mm. Laskemme alla korvakkeiden hittien vaatimat a-mitat ja sovellamme tätä arvoa myös päätylevyjen a-mittaan, koska korvakkeet ovat kiinni päätylevyissä periaatteessa vain kaksoispienahitseillä, kun taas päätylevyt on hitsattu kiinni kaikilta puolilta, jolloin korvakkeiden hitseihin kohdistuu isompi rasitus kuin päätylevyjen hitseihin.

Keskitymme nostoapuvälineen yläpään päätykorvakkeeseen, koska se on suunniteltu kannattelemaan itse nostoapuvälinettä sekä kuormaa. Alapuolen korvake on suunniteltu kantamaan vain kuormaa ja nostoapuvälineen päällä oleva korvake on suunniteltu vain pitämään nostoapuväline oikeassa asennossa eikä siihen yritetä kohdistaa muita voimia kuin mitä nostoapuvälineen kannattelusta seuraa.

Nostoapuvälineen korvakkeen a-mitan laskemisessa käytetään standardin SFS-EN 1999-1-1 + A1 luvun 8.6.6.3 kaavaa, joka on näkyvässä yhtälössä 7.1.

$$a \geq \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{\tau_{Ed} \cdot t}{\frac{f_w}{\gamma_{Mw}}} \quad (7.1)$$

missä:

a on hitsin a-mitta;

τ_{Ed} on liitetyn osan leikkausjännitys;

t on liitetyn osan paksuus;

f_w on hitsiaineen ominaislujuus (SFS-EN 1999-1-1 + A1, 149);

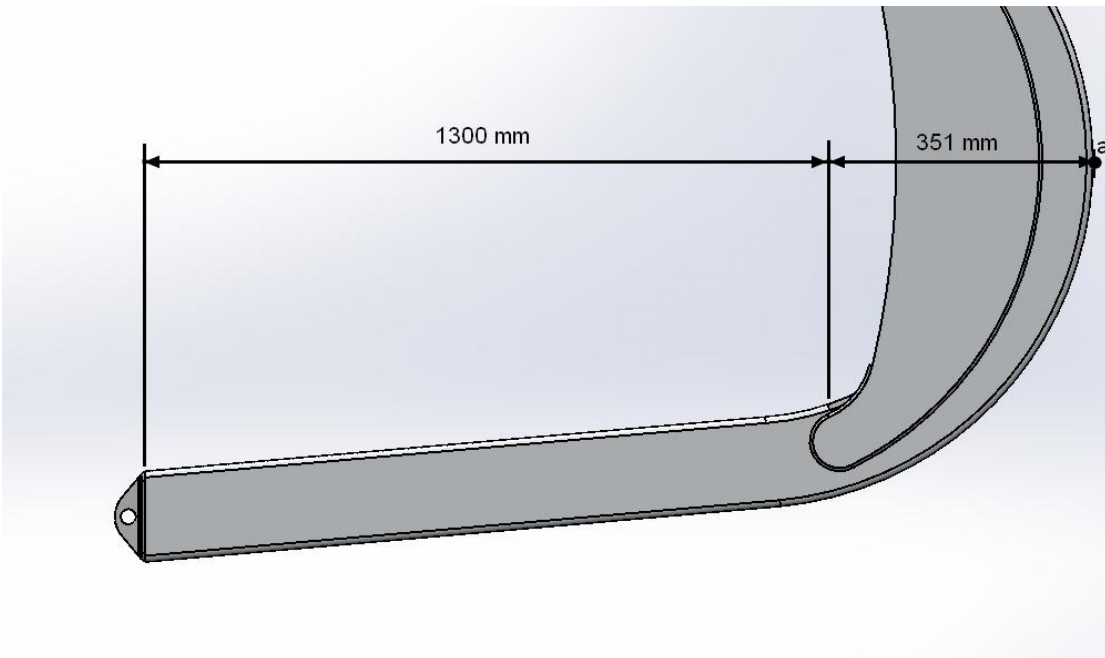
γ_{Mw} on hitsattujen liitosten osavarmuusluku (SFS-EN 1999-1-1 + A1, 129).

Liitteessä 2 käydään lävitse itse laskutoimitukset. Hitsin a-mitaksi saadaan laskemalla arvo, joka on alle 3,0 mm. Tämän takia hitsin a-mitaksi valitaan 3,0 mm. Tätä samaa a-mitan arvoa käytetään myös päätylevyjen hitseissä.

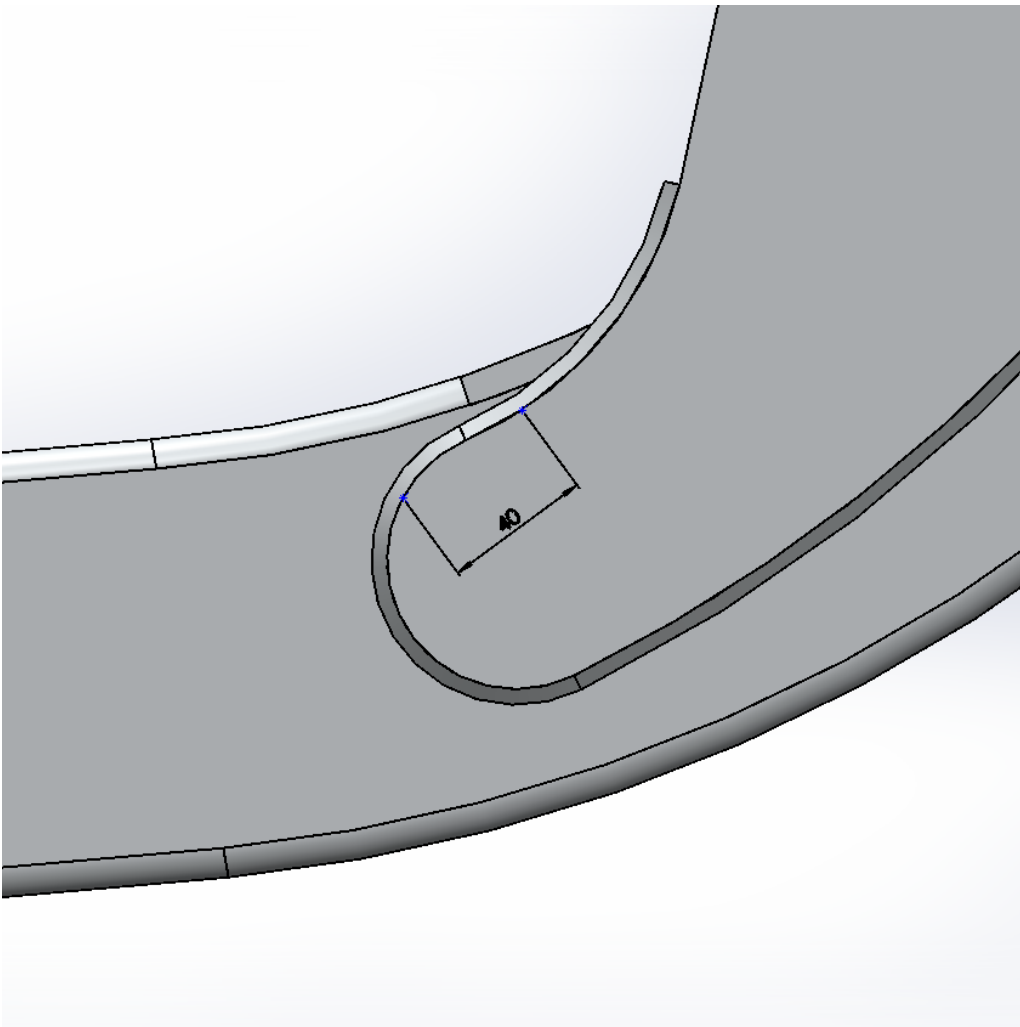
7.4.4 Nostoapuvälineen vahvikelevyosa

Putkipalkin molemmille puolille hitsataan vahvikelevyt, jotka tukevat putkipalkkia ja vähentävät sen taipumaa sitä kuormitettaessa. Periaatteessa nostoapuvälinettä voisi käyttää ilmankin vahvikelevyjä, mutta riskinä on nostoapuvälineen aukeaman kasvaminen ajan saatossa. Vahvikelevyt estävät tämän.

Vahvikelevyjen ympäri menevien kaikkien hitsien a-mittojen laskeminen olisi haastavaa levyn vaihtuvan muodon ja jännitysten vuoksi, joten tämän takia keskitytään vahvikelevyn alueelle, jossa jännitykset ovat suurimmat, kuten myöhemmin FE-analyysillä pystytään toteamaan. Kuvissa 7 ja 8 näkyy tämän alueen sijainti nostoapuvälineessä sekä hitsin pituuden arvo, jonka mukaan a-mitta tullaan laskemaan koko vahvikelevyn pituudelle.



KUVA 7. Etäisyydet pisteestä a nostovarren kärkeen ja hitsin mitoituksessa käytettävän alueen keskelle



KUVA 8. Laskuissa käytettävän hitsin pituus on 40 millia pitkä

Nostoapuvälineen levyn a-mitan laskemisessa käytetään standardin SFS-EN 1999-1-1 + A1 luvun 8.6.6.3 samaa kaavaa, kuin mitä käytettiin korvakkeiden a-mitan laskemiseen. Kaava on näkyvissä yhtälössä 7.2.

$$a \geq \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{\tau_{Ed} \cdot t}{\frac{f_w}{\gamma_{Mw}}} \quad (7.2)$$

Liitteessä 3 käydään lävitse itse laskutoimitukset. Hitsin a-mitaksi saadaan laskemalla arvo, joka on alle 3,0 mm. Tämän takia hitsin a-mitaksi valitaan 3,0 mm. Tätä samaa a-mitan arvoa käytetään koko vahvikelevyn ympäri hitsaamiseen lukuun ottamatta kohtaa, missä jännitykset ovat suurimmillaan.

7.4.5 FE-analyysi

Nostoapuvälineelle tehtiin FE-analyysi, jotta pystyttiin varmistamaan, että valittu rakenneratkaisu kestäisi siltä vaaditun kuorman nostamisen. Analyysin materiaalin arvoissa käytettiin alumiinin 6061 seosta ja sen T6 tilaa. Analyysi tehtiin normaalilla 140 kg:n kuormalla, kolminkertaisella 420 kg:n kuormalla ja kolmikymmenkertaisella 4200 kg:n kuormalla. 140 kg:n kuorma on normaali kuorma, jonka nostoapuvälineen pitää pystyä nostamaan jokaisessa tilanteessa ilman ongelmia. 420 kg:n kuorma on CE-merkinnän vaatima kolminkertainen kuorma, joka nostoapuvälineen pitää pystyä nostamaan irrottamatta otettaan kuormasta vaikka rakenteessa tapahtuisikin pysyviä muodonmuutoksia. 4200 kg:n kuormalla taas tarkastellaan kuinka rakenne käyttäytyy suurin piirtein, kun se pakotetaan myötämään ja nostolaitteen rakenne hajoaa.

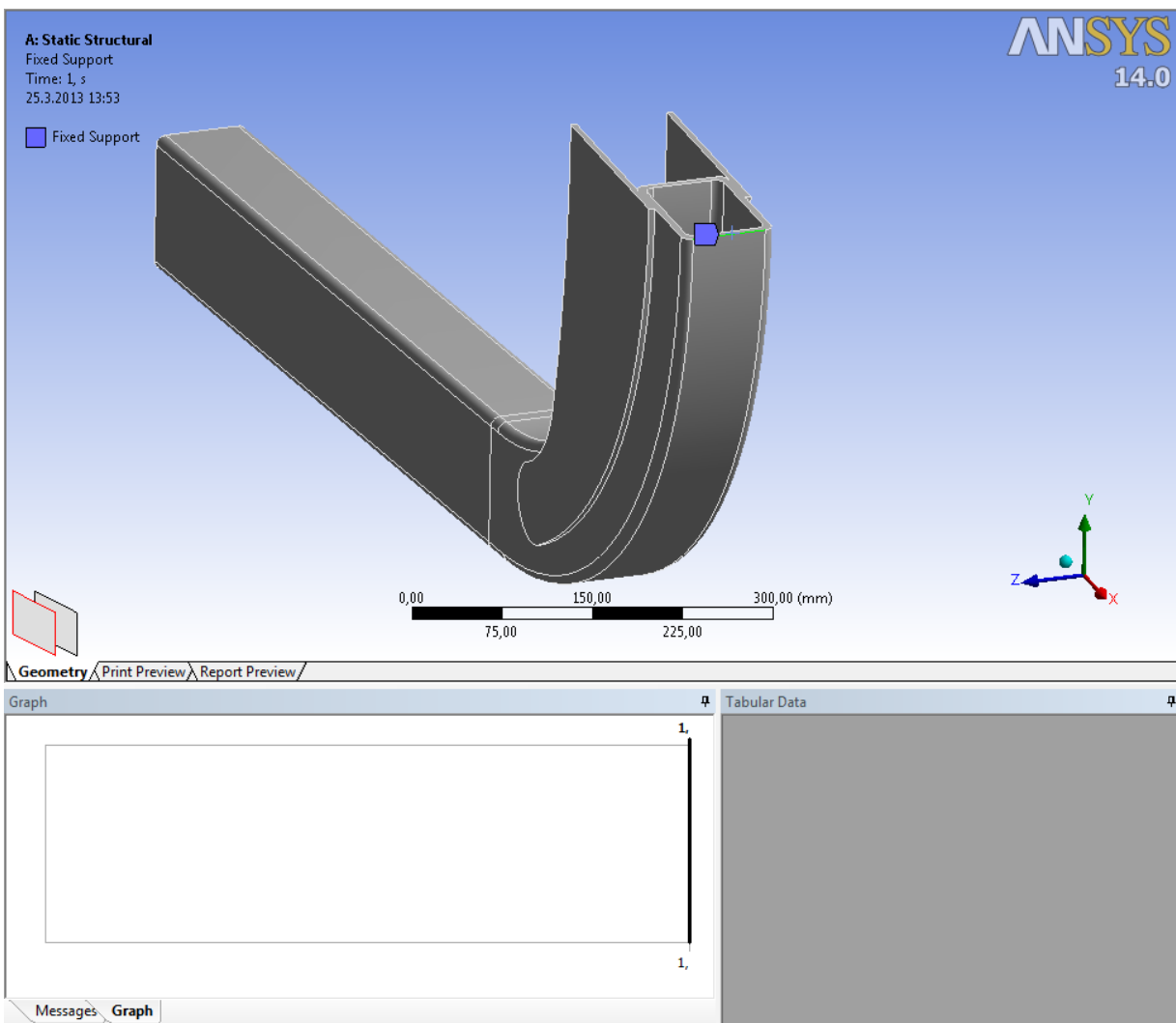
Kaksinkertaisen kuorman eli 280 kg:n tarkastelu jätettiin tekemättä. Tällä analyysillä olisi todistettu, että rakenne kestää kaksinkertaisen kuorman ilman pysyviä muodonmuutoksia tai irrottamatta otettaan kuormasta, kuten CE-merkinnän saaminen edellyttää. Myöhemmin analyysijä tehdessä kuitenkin huomattiin, että 280 kg:n kuormalla olevaa analyysiä ei ollut tarpeellista tehdä, koska rakenne kesti jopa kolminkertaisen kuorman ilman hajoamista.

7.4.5.1 Esivalmistelu ja reunaehtojen asettaminen

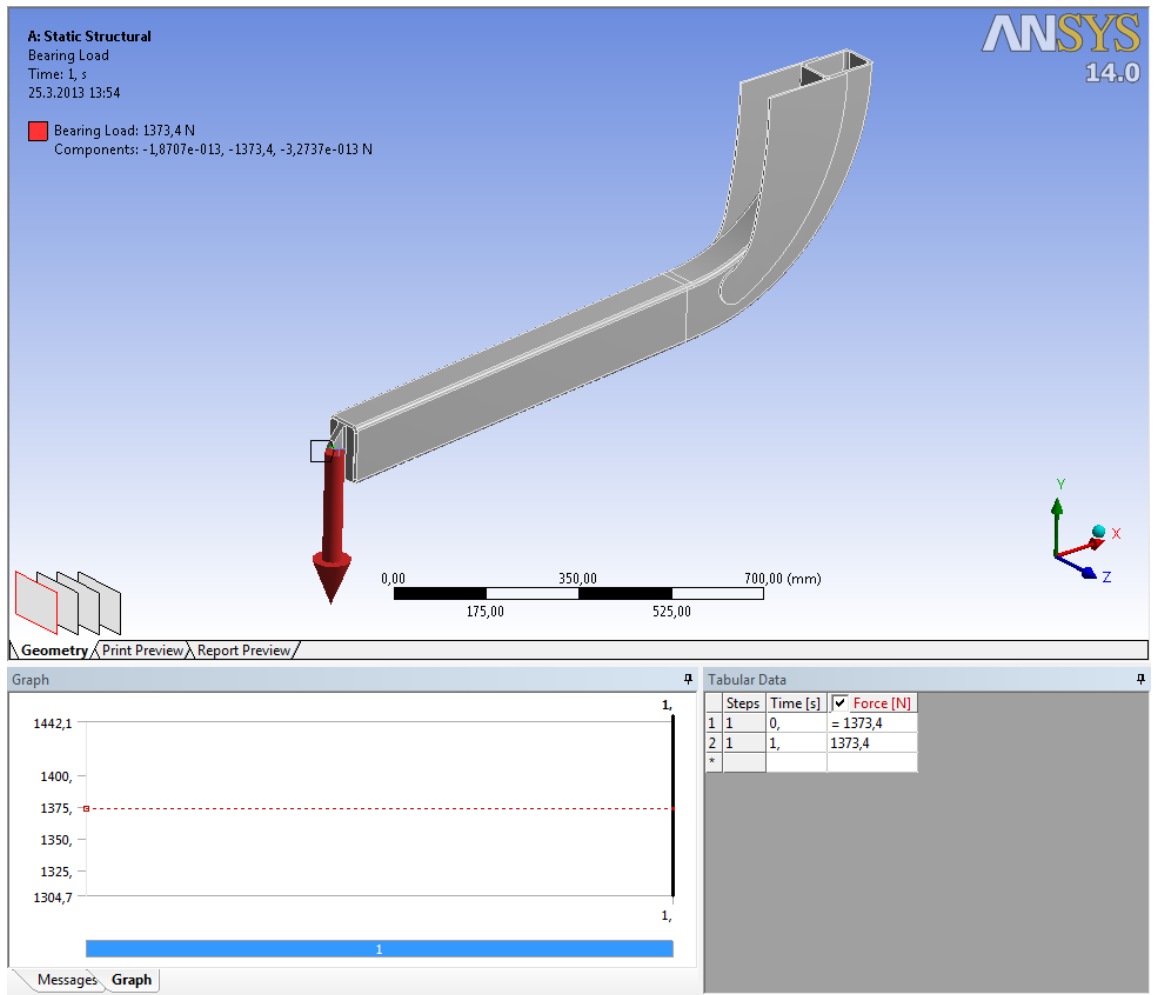
Analyysin yksinkertaistamiseksi ja laskentanopeuden lisäämiseksi nostoapuväline halkaistiin keskeltä kahtia ja vain sen alapuolta tarkasteltiin, koska rakenteen muotoilu on lähes täysin symmetrinen ylä- ja alapuolilla, jolloin myös rakenteeseen kohdis-

tuvat rasituksetkin tulevat olemaan lähes täysin symmetrisiä. Tämä taas johtaa samanlaisiin siirtymiin ja muodonmuutoksiin ylä- ja alapuolella, mutta vain peilikuvina. Tämän takia mallia yksinkertaistettiin sen verran, että nostoapuvälineen yläpuolta ei huomioida analyysissä ollenkaan.

Kuvissa 9 ja 10 näky asetetut reunaehdot. Kuvassa 9 oleva fixed support pitää koko nostoapuvälineen paikalla analyysin ajan ja se ei salli minkäänlaista liikettä mihinkään suuntaan kyseisen reunan kohdalla. Kuvassa 10 oleva bearing load taas mallintaa sakkelin akselin kohdistamaa voimaa korvakkeen reikään, kun kuorma on kiinni ruuvitarraimissa ja kuorma on nostettu ilmaan.



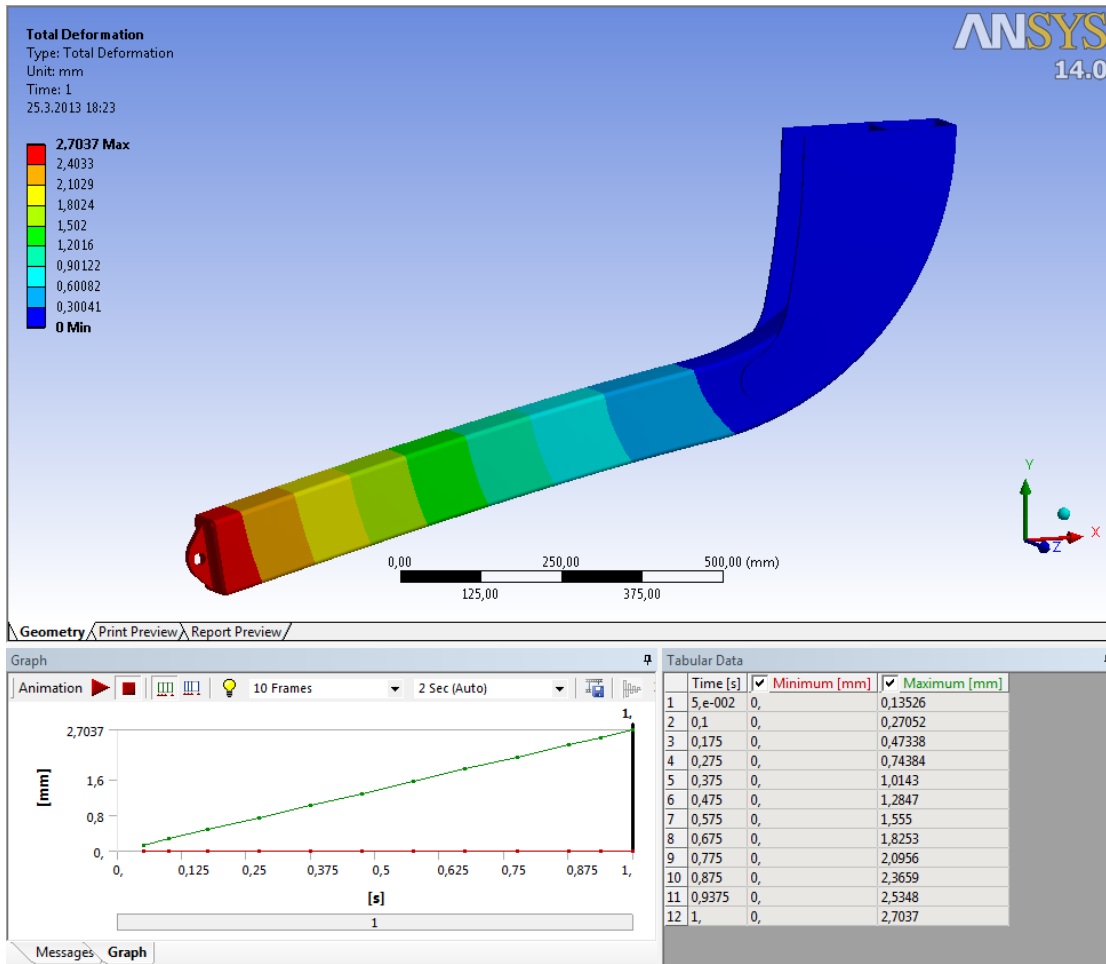
KUVA 9. Fixed support ja sen sijainti analyysissä



KUVA 10. Bearing load ja sen sijainti analysissä. Voima kohdistuu nuolen osoittamaan suuntaan alaspäin.

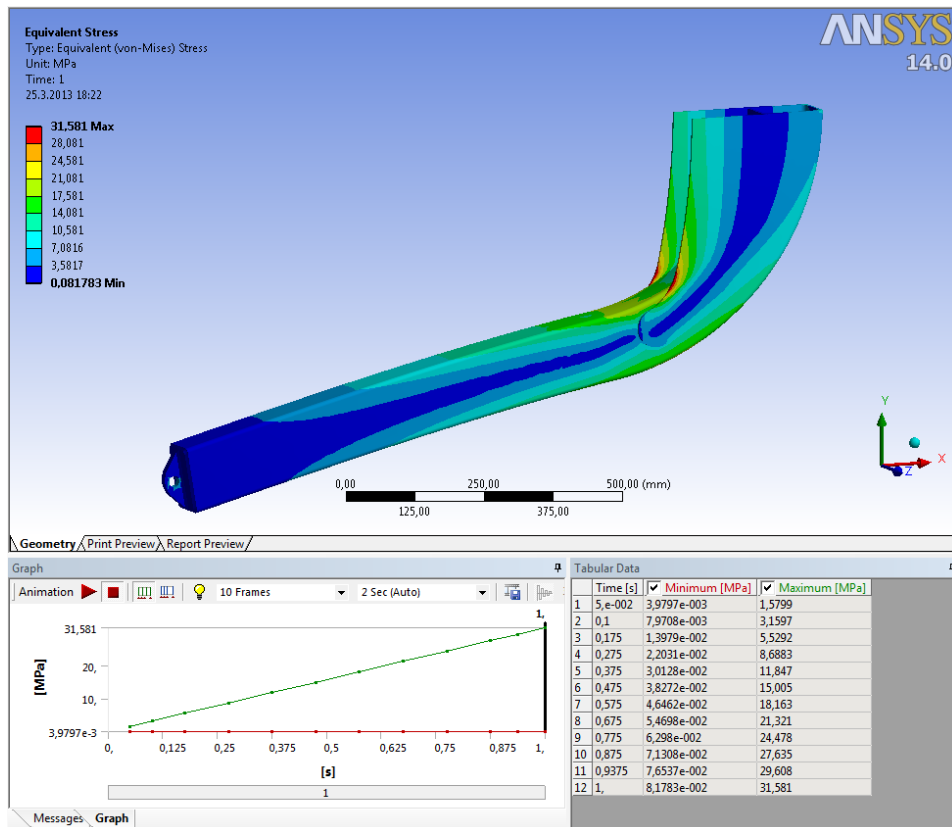
7.4.5.2 140 kg:n kuorman analyysi

Kuvassa 11 nähdään, kuinka paljon nostoapuvälineeseen tulee muodonmuutoksia, kun sitä rasitetaan 140 kg:n kuormalla. Suurin siirtymä on n. 3 mm. Muodonmuutosten skaalaus on tässä kuvassa 53-kertainen, jotta materiaalin käyttäytyminen tulee korostetusti esille ja muutokset nähdään paremmin.

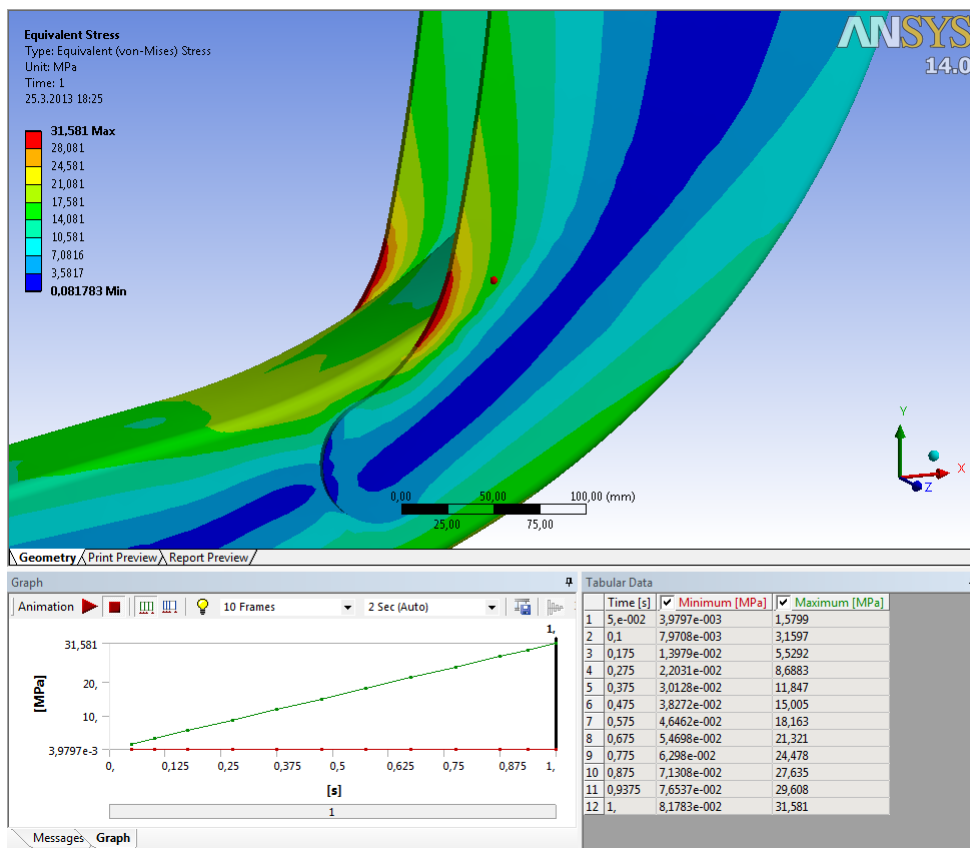


KUVA 11. Suurin siirtymä tapahtuu odotetusti varren päässä

Kuvissa 12 ja 13 nähdään, kuinka jännitykset jakaantuvat nostoapuvälineeseen normaalissa rasituksessa. Kuvien muodonmuutosten skaalaus on myös 53-kertainen. Kuten oli odotettavissa, suurin jännitys tulee vipuvarren juuren puolelle eli vahvikelevyn alapäähän. Vastaavasti sama jännitys tulee myös vahvikelevyn yläpäähän, jota ei siis näy kuvassa. Jännityksen suuruus, n. 32 MPa, on kuitenkin hyvin pieni suhteessa materiaalin venymisrajaan, joka on 240 MPa, ja nostoapuväline pystyy nostamaan 140 kilon painoisen konsolin ongelmitta. Kuvassa 11 näkyvä punainen piste on kameran kohdistuspiste eikä liity jännityksiin mitenkään.



KUVA 12. Yleisnäkymä jännitysten jakautumisesta 140 kg:n kuormalla

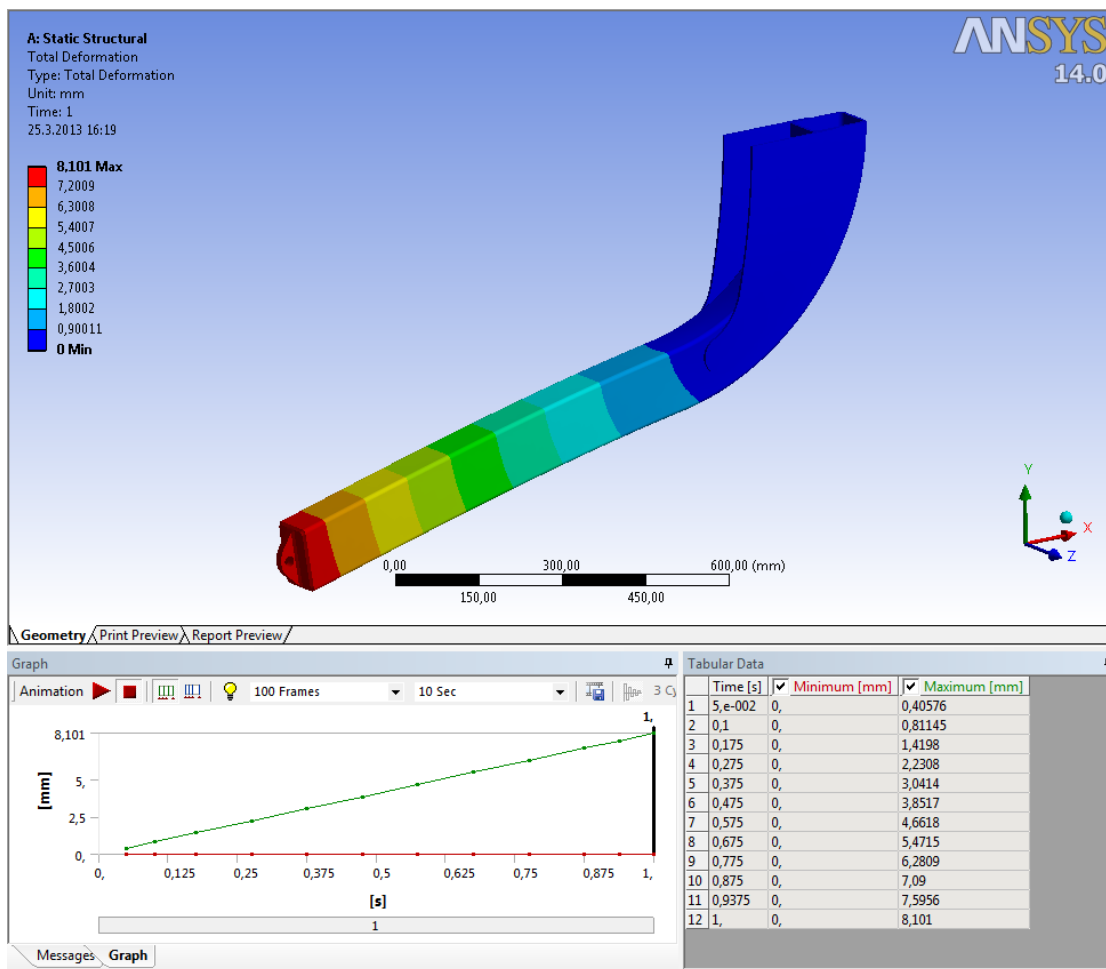


KUVA 13. Tarkempi kuva jännityskeskittymästä

Normaalissa käytössä suurin jännityskeskittymä on siis lähellä levyn alapäätä ja menee hyvin läheltä sitä kohtaa, jossa levyn hitsin olisi tarkoitus olla. Tämän takia hitsattaessa pitääkin huomioida, ettei hitsaa levyä täysin ympäri kiinni putkipalkkiin vaan hitsi lopetetaan hieman ennen jännityskeskittymän paikkaa. Tällä tavalla pystytään välttämään hitsiin kohdistuvat rasitukset ja mahdollinen hitsauksen haurasmurtuminen ajan saatossa.

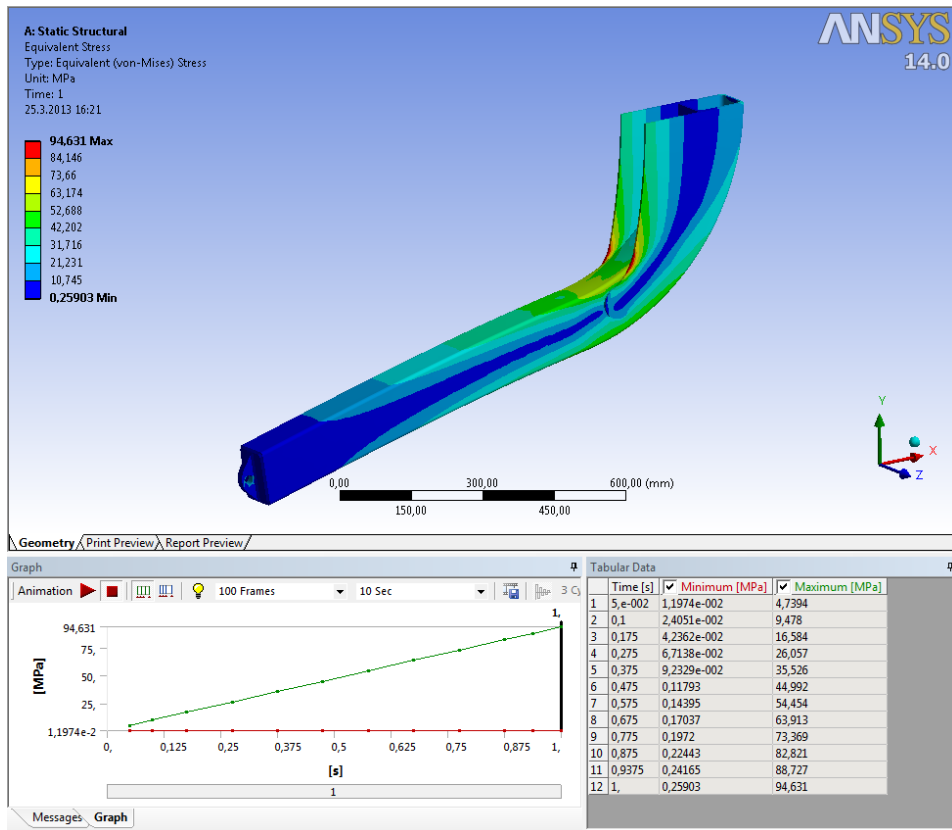
7.4.5.3 420 kg:n kuorman analyysi

Kuvassa 14 näkyy muodonmuutokset 18-kertaisina, kun nostoapuvälinettä rasitetaan 420 kilon kuormalla. Nostovarren pää siirtyy n. 8 mm ja vastaavasti nostoapuvälineen koko aukeama kasvaa kaksinkertaisesti suhteessa tähän arvoon eli 16 mm.

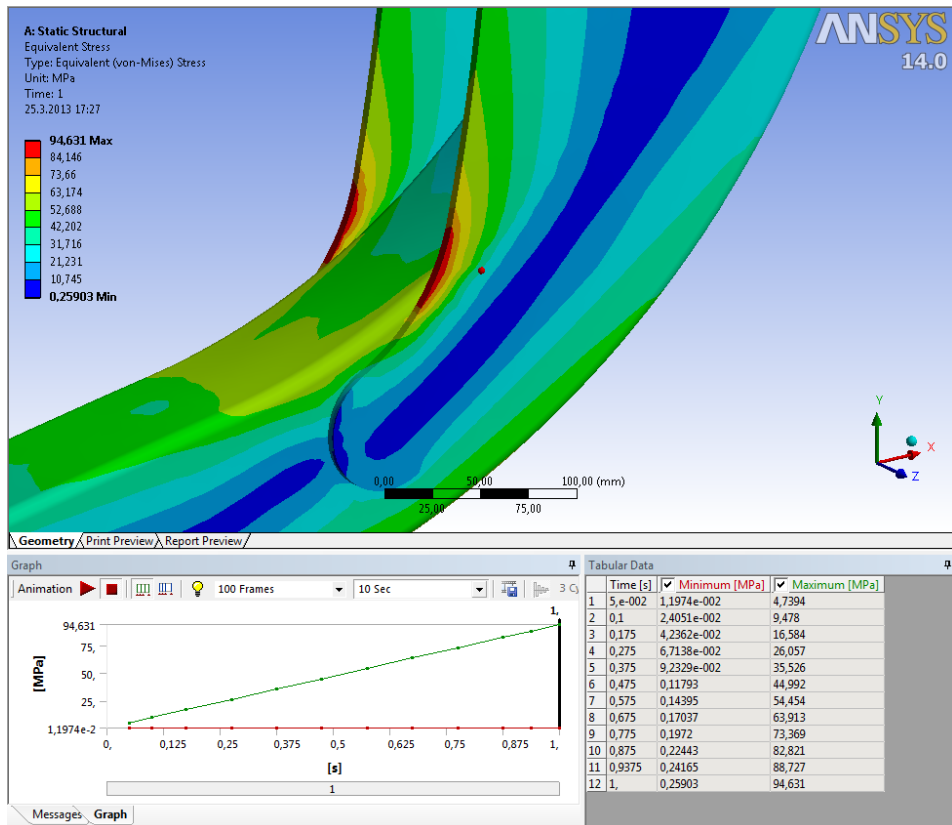


KUVA 14. Kolminkertaisen kuorman aiheuttama siirtymän määrä

Kuvissa 15 ja 16 näkyy samanlainen jännitysjaakauma kuin kuvissa 12 ja 13.



KUVA 15. Yleisnäkymä jännitysten jakautumisesta 420 kg:n kuormalla

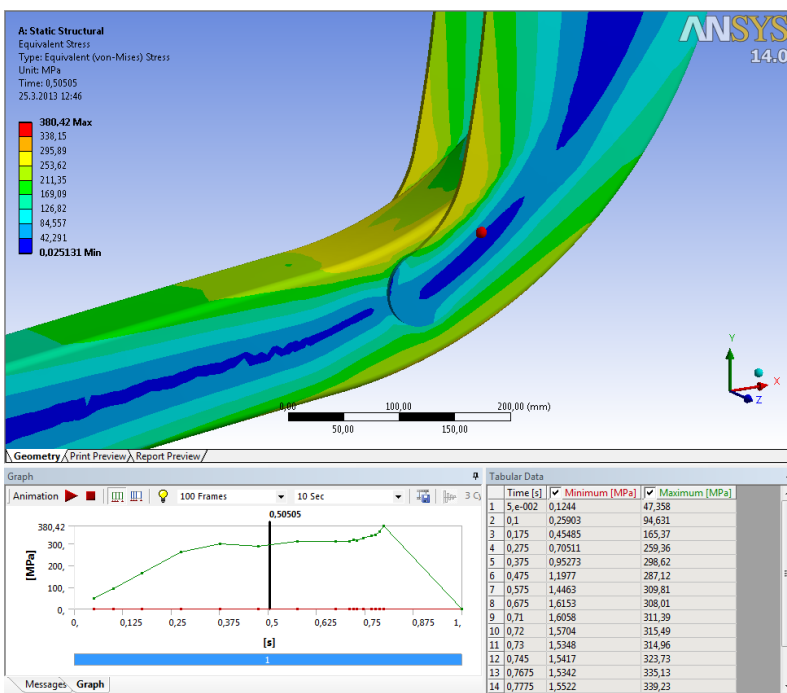


KUVA 16. Lähempi kuva jännityskeskittymästä

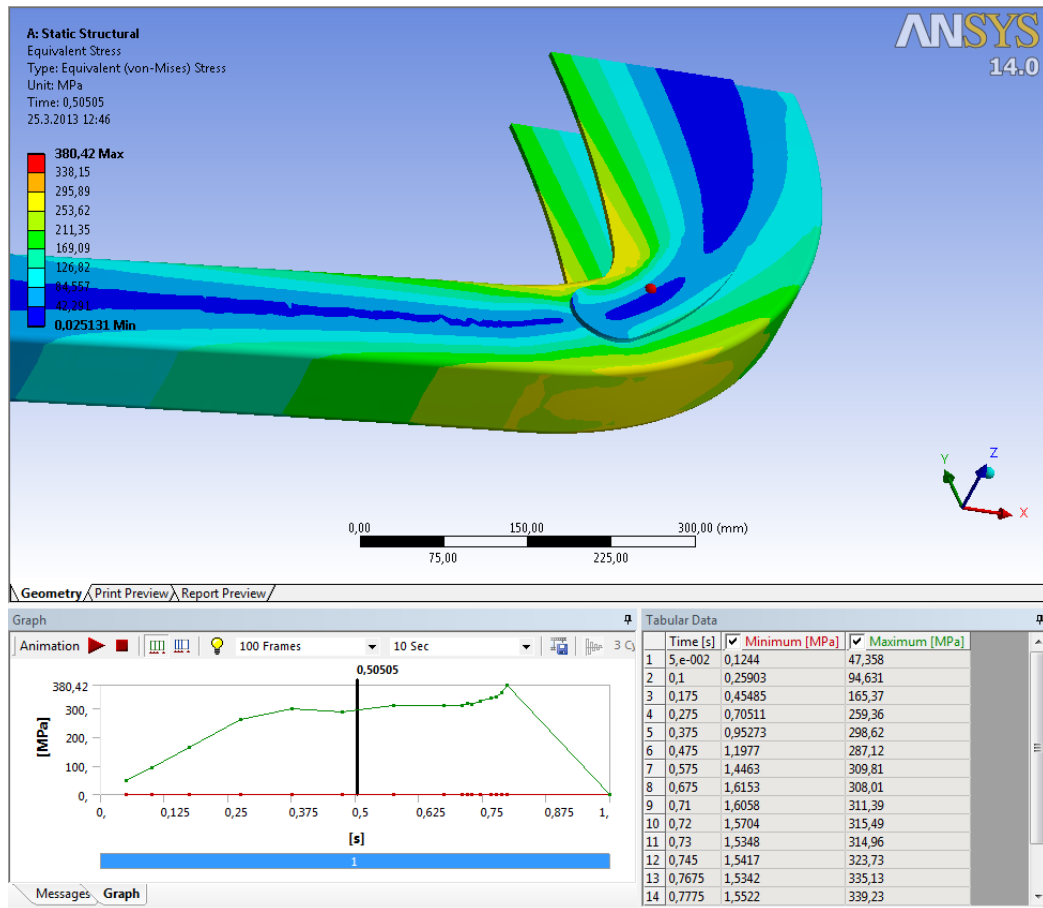
Jännityskeskittymän suurin arvo on nyt n. 95 MPa. Jännitys on siis kasvanut odotetusti lineaarisesti kuorman määrän mukaan. Tämä tarkastelu kuitenkin osoittaa, että suunniteltu rakenne on ylimitoitettu sille tarkoitettua tehtävää varten ja periaatteessa kestää liian paljon. CE-merkinnän saaminen edellyttää vain, että nostoapuväline pysyy nostamaan kolminkertaisen kuorman ilman, että nostettava kappale irtoaa nostoapuvälineestä, vaikka siinä tapahtuisikin pysyviä muodonmuutoksia. Tämä analyysi taas osoittaa, että kyseisen apuvälineen jännitykset eivät edes saavuta materiaalin plastisten muodonmuutosten rajaa, vaikka seokseksi valittaisiinkin alumiiniseoksen 6061 alemman venymisrajan omaava T4-tila T6-tilan sijaan. Rakenteen kestävyyttä rajoittaakin hitsin kestävyys.

7.4.5.4 4200 kg:n kuorman analyysi

Tässä analyysissä näkyvät muodonmuutokset ovat 1:1 luonnollisessa skaalassa eikä siirtymiä ole korostettu mitenkään. Kuten 140 kg ja 420 kg kuormien analyyseissä, myös 4200 kg:n kuorman analyysissä suurin jännityskeskittymä tulee vahvikelevyn alareunaan, (kuva 17), kun analyysi on edennyt 0,5 s kohdalle. Tässä vaiheessa materiaali on jo alkanut myötää ja on päästy lähelle murtorajaa, kuten kuvassa keltaiset alueet osoittavat. Keltaisille alueille kohdistuvat jännitykset ovat noin 253 ja 295 MPa:n välissä. Tämän lisäksi ilmenee kuitenkin toinen jännityskeskittymä kuvan 18 mukaan, joka muodostuu nostolaitteen alapuolelle puristuksen voimasta, kun materiaali alkaa antaa periksi.

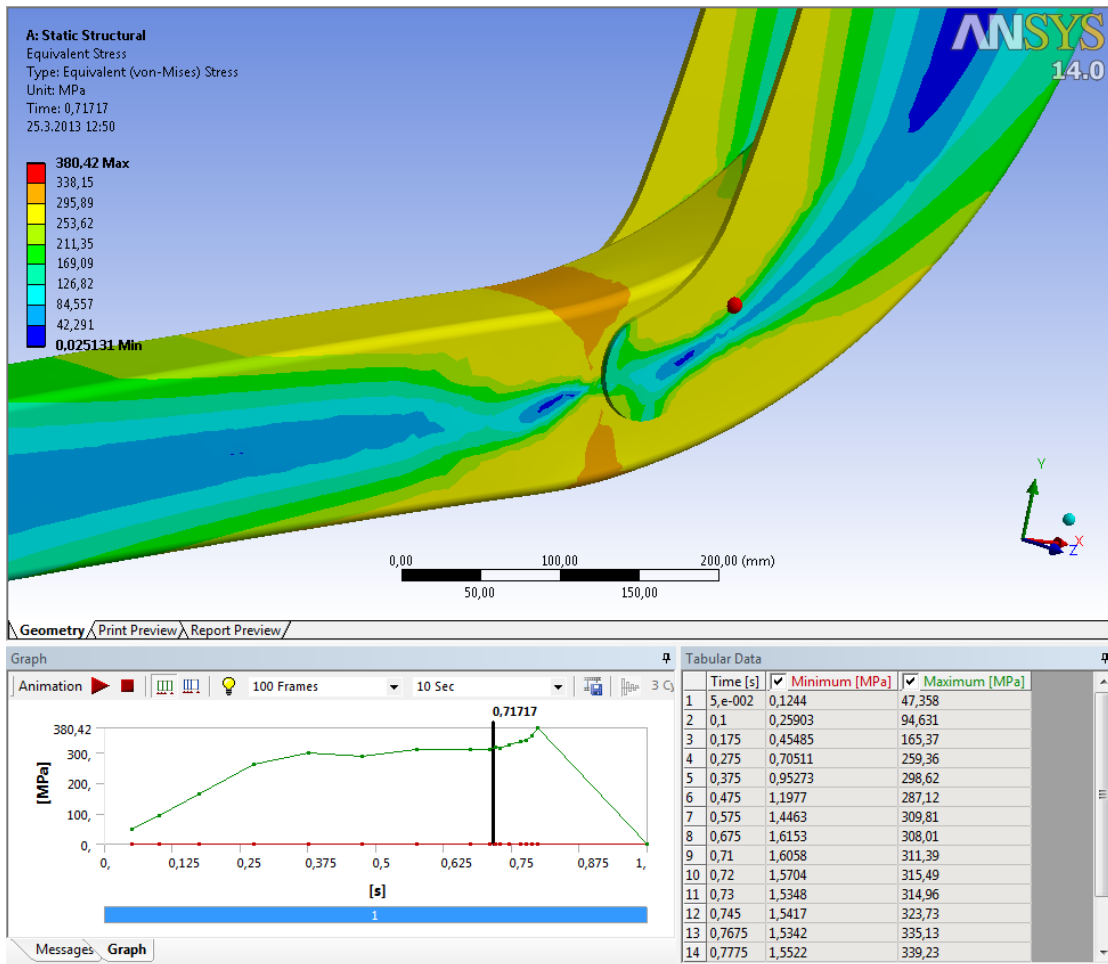


KUVA 17. Jännityskeskittymät 0,5 s kohdalla



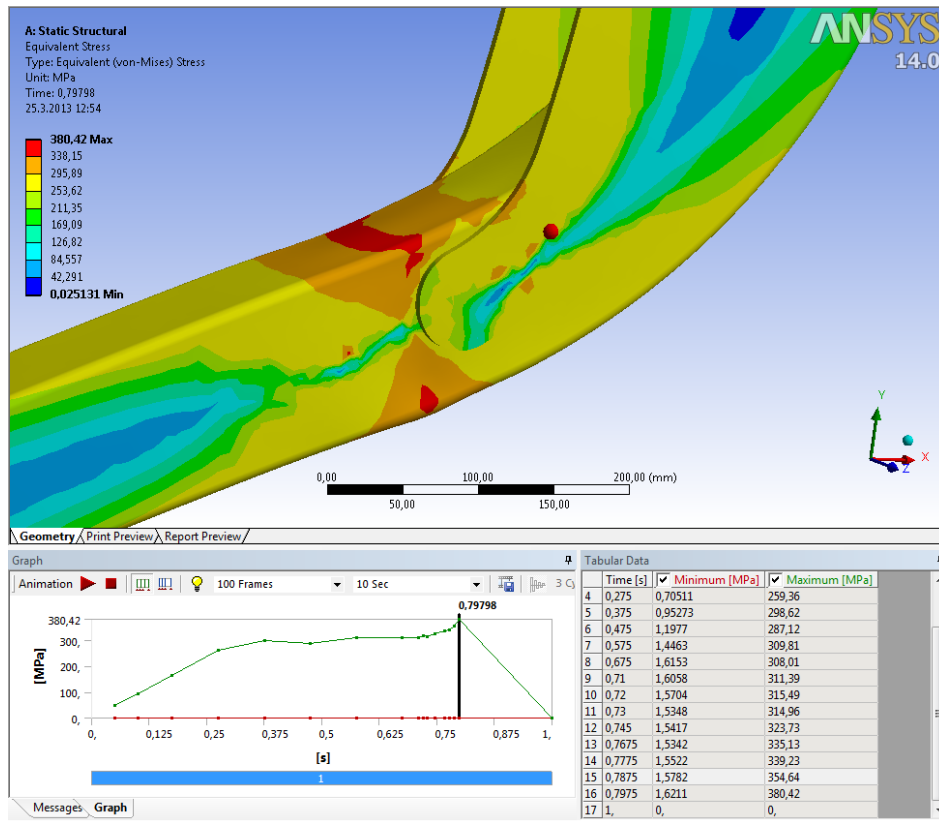
KUVA 18. Uuden jännityskeskittymän muodostuminen alapuolelle

Levyn alapäässä tapahtuva oletettu hajoaminen ei kuitenkaan yllättävästi tapahdukaan materiaalin myötämisen ja osittaisen hajoamisen jälkeen. Rakenne hajoaakin putkipalkin kohdalta levyn alapään juuresta kuvan 19 mukaisesti. Tällöin jännitykset ovat menneet jo venymisrajan ja murtorajan ylitse ja materiaalissa tapahtuu pysyviä muodonmuutoksia sekä hajoamista.

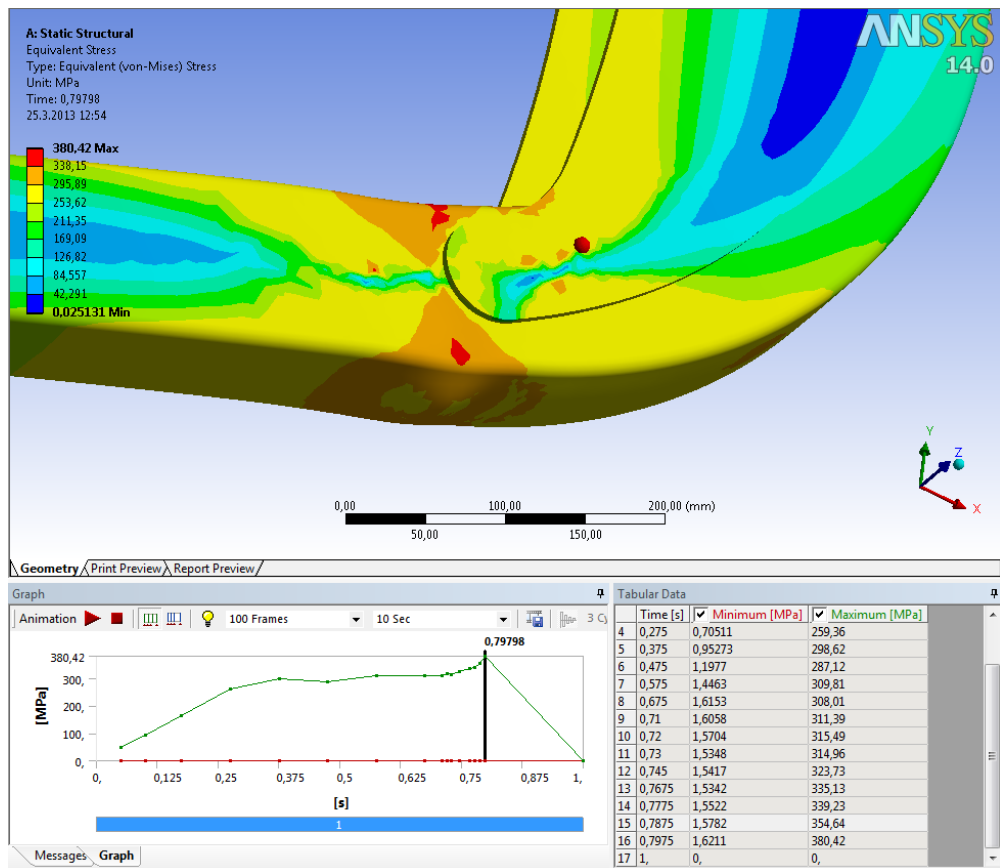


KUVA 19. Jännityskeskittymän siirtyminen levytä putkipalkille

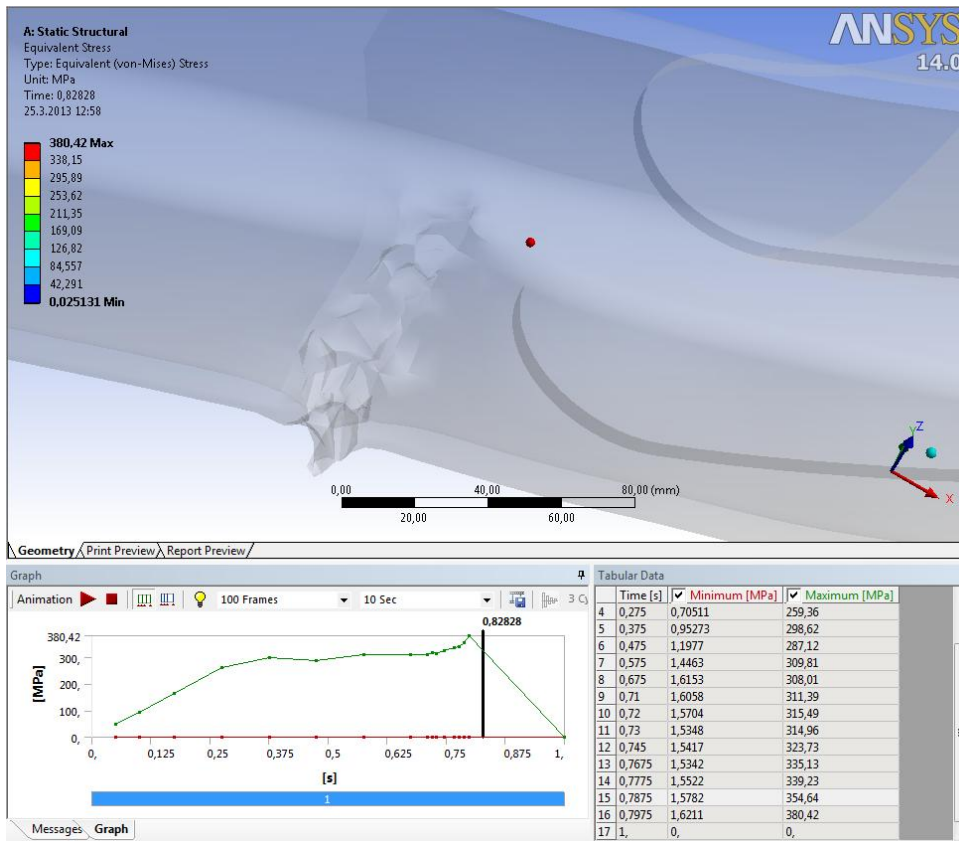
Lopulta 0,8 sekunnin kohdalla materiaali murtuu täysin ja nähdään kuinka putkipalkin alapuolella tapahtuu pullistumista ja lopulta kasaan painumista sekä laskostumista kuten kuvissa 20, 21 ja 22 näkyy. Näiden saatujen tulosten pohjalta voidaan todeta, jos nostoapuvälinettä rasitetaan liikaa, niin mitä todennäköisimmin apuväline alkaa myötämään levyn alapään puolelta sekä levyn kärjen kohdalta putkipalkista. Tämän takia käytön aikana kannattaa kiinnittää huomiota erityisesti näiden alueiden silmällä pitämiseen ja siihen alkaako näillä alueilla tapahtua muodonmuutoksia. Myös näiden alueiden lähellä olevan hitsin kunnon silmällä pitäminen on oleellista. Mahdolliset halkeamat ja repeämät hitsissä heikentävät rakennetta huomattavasti. Rakenteen hajoaminen lähtee etenemään mitä todennäköisimmin hitsien repeämisestä. Kuvassa 22 näkyy kuinka nostovarren taivuttua alas rakenne on puristunut pilalle. Kuvassa 23 näkyy vielä jännitys jakaumat juuri ennen rakenteen hajoamista.



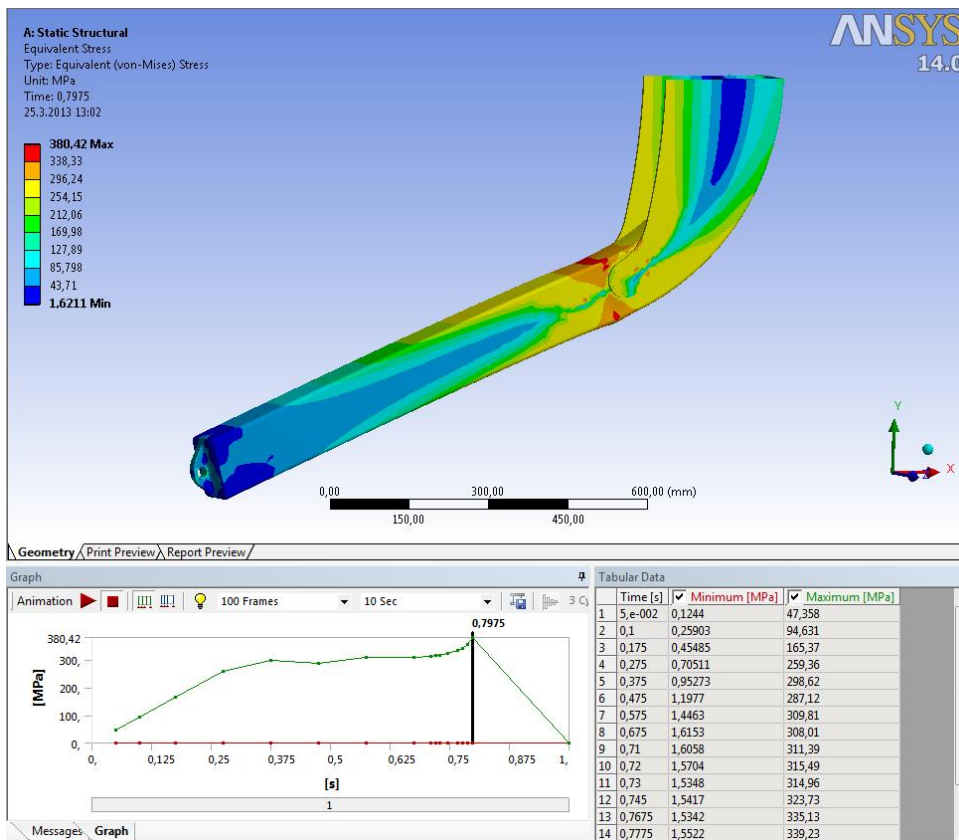
KUVA 20. Rakenteen hajoaminen



KUVA 21. Putkipalkin pullistuma puristumisen seurauksena



KUVA 22. Kasaan painunut hajonnut rakenne



KUVA 23. Jännitysjaakaumat juuri ennen hajoamista

8 RISKIANALYYSI

Jotta nostoapuvälineelle saataisiin CE-merkintä, pitää sille tehdä riskianalyysi, jossa listataan kaikki nostoapuvälineen todennäköisimmät ja vakavimmat riskit.

Taulukossa 3 on suuntaa antava riskianalyysi tässä opinnäytetyössä tehdystä nostoapuvälineestä.

TAULUKKO 3. Riskianalyysi nostoapuvälineelle

Nro	Tunnistettu vaaratekijä, vaarallinen tilanne tai vaarallinen tapahtuma	Mahdollinen vamma tai muu vahinko	Riskin suuruuden arviointi			
			Vahingon vakavuus	Altistumisen toistuvuus ja kesto	Esiintymistodennäköisyys	Vahingon vältettävyyden ja rajoitettavuus
1	Putoavat esineet	Vahingot jalkoihin ja kuormaan	Lievä	Erittäin harvoin, lyhyt	20 %	Vältettävissä
2	Rikkoutuminen käytön aikana	Vahingot työntekijään ja kuormaan	Vakava	Erittäin harvoin, lyhyt	5 %	Vältettävissä
3	Puutteellinen ketjujen, köysien tai kuorman yhdistäminen nostoapuvälineeseen	Vahingot työntekijään ja kuormaan	Kohtalainen	Harvoin, lyhyt	10 %	Vältettävissä
4	Liian suuret heilahdukset liikkumisen aikana	Vahingot työntekijään ja kuormaan	Lievä	Kohtalaisen usein, lyhyt	80 %	Mahdollisesti vältettävissä

9 KUSTANNUSARVIO

Tässä luvussa käydään lävitse nostoapuvälineen valmistuksen, materiaalien ja komponenttien kustannuksia ja eritellään, mistä kaikesta hinta koostuu. Hinta-arvio on erittäin karkea ja vain suuntaa-antava, eikä sitä pitäisi käyttää varsinaisia tarpeita ostettaessa vaan ammattilaisen pitää kilpailuttaa hinnat asiaan kuuluvilta tahoilta. Osa hinnoista sisältää veron ja osa ei.

Hinnat on saatu Clickmetalilta, BE Groupilta, Hakliftiltä ja Berner Pultilta. Alumiinilevyn ja korvakkeiden palikan materiaalihinnat saatiin Clickmetalilta, suorakaideputki-profiilin hinta BE Groupilta ja muiden materiaalien ja komponenttien hinnat Hakliftiltä ja Berner Pultilta.

Taulukossa 4 on listattuna materiaalien ja komponenttien mitat, määrät ja hinnat ilman ruuvitarraimien hintaa. Listaan ei ole otettu mukaan sakkeliin hintaa, koska niitä on myös Normetilla itsellään. Listassa ei myöskään ole mukana teräsköysilukkoja, koska teräsköysien kokoonpano voi tapahtua monella eri tavalla. Ruuvitarraimien hintaa ei ole listattu taulukkoon 4 niiden erittäin korkean hinnan takia. Kyseiset komponentit vääristäisivät kaikkien materiaalien ja komponenttien hintaa liikaa.

TAULUKKO 4. Materiaalien ja komponenttien hinnat ilman ruuvitarraimia

Materiaalit ja komponentit	Mitat [mm]	Muuta	Määrä	Hinta [€]
Alumiinilevy	1660 x 620 x 5	Tarpeet vahvikelevyille ja päätylevyille.	1 kpl	107,40
Korvakkeet	51 x 112 x 36	Alumiini palikka, joka sahataan korvakkeiksi.	1 kpl	9,51
Suorakaideputki-profiili	120 x 80 x 6 - 3500	Hinta laskettu 6m salosta.	1 kpl	177,12
Teräsköysi	D 8		2,0 m	8,00
Koussit		8 mm vaijerille.	2 kpl	2,20
Nostorengas	160 x 100 x 8		1 kpl	20,00
Nostoketju	D 8	8-luokka.	4,0 m	67,00
Lyhennyskoukut		8-luokka, nostoketjulle.	4 kpl	92,60
			Yht.	483,83

Kun verrataan taulukoita 4 ja 5, voidaan nähdä selvästi, että ruuvitarraimet ovat erittäin kallis investointi kyseisessä nostoapuvälineessä. Muitakin vaihtoehtoja kiinnittä-

miseen harkittiin, mutta ruuvitarraimet olivat ainut vaihtoehto, joka ei vaurioita maali-pintaa ja jotka saadaan tarpeeksi tiukasti kiinni paikoilleen. Ne pystytään myös kiinnit-tämään eri paksuisiin ja muotoisiin pintoihin.

TAULUKKO 5. Materiaalien ja komponenttien hinnat ruuvitarraimien hintojen kanssa

Materiaalit ja komponentit	Mitat [mm]	Muuta	Määrä	Hinta [€]
Ruuvitarraimet		Aukeama 28 mm, nos-tokyky 500 kg, pienin mahdollinen.	4 kpl	1080,00
Muut materiaalit ja komponentit				483,83
			Yht.	1563,83

Taulukossa 6 on arviot kuljetuksen ja materiaalin työstämisen hinnoista. Ajat on mitä todennäköisimmin arvioitu liian pitkiksi ja todellisuudessa työt tapahtuu paljon nope-ammin, jolloin hinnatkin laskevat.

TAULUKKO 6. Materiaalin työstämisen ja kuljetuksen hinta-arviot

Leikkaaminen, esityöt ja kuljetus	Muuta	Euroa / tunti	Kuluva aika [h]	Hinta [€]
Plasmaleikkaus	Käytetään alumiini-levyn leikkaukseen.	80	1	80,00
Sahaus	Käytetään palikan ja putkiprofiilin leik-kaukseen.	45	1	45,00
Mankelointi	Putkiprofiilin muo-toilu.	45	1	45,00
Kuljetus	Valmiin nostoapu-välineen kuljetus.			50,00
			Yht.	220,00

Taulukossa 7 on arvio hitsauksesta aiheutuvista kustannuksista.

TAULUKKO 7. Hitsauskustannukset

Hitsaustyö	Muuta	Euroa / tunti	Kuluva aika [h]	Hinta [€]
Hitsauksen silloitus	Osien paikoitus ja kiinnitys.	45	1	45,00
Hitsaustyö	Itse hitsaaminen.	45	2	90,00
			Yht.	135,00

Taulukkoihin 8 ja 9 on koottu arviot nostoapuvälineen valmistamisesta syntyvästä kokonaishinnasta ilman ruuvitarraimia ja ruuvitarraimien kanssa.

TAULUKKO 8. Kokonaishinta ilman ruuvitarraimia

Nostoapuvälineen hinta ilman ruuvitarraimia	Hinta [€]
Materiaalit ja komponentit	483,83
Leikkaaminen, esityöt ja kuljetus	220,00
Hitsaustyö	135,00
Yht.	838,83

TAULUKKO 9. Kokonaishinta ruuvitarraimien kanssa

Nostoapuvälineen hinta ruuvitarraimien kanssa	Hinta [€]
Materiaalit ja komponentit	483,83
Leikkaaminen, esityöt ja kuljetus	220,00
Hitsaustyö	135,00
Ruuvitarraimet	1080,00
Yht.	1918,83

Kuten yllä olevista taulukoista 8 ja 9 voidaan nähdä, nostoapuvälineen hinta karkeasti kaksinkertaistuu, kun hintaan lisätään mukaan ruuvitarraimet, joiden avulla ohjauskonsolista ja penkeistä otettaisiin kiinni siirtoa varten. Hinnat kuitenkin voivat vaihdella suurestikin, kun arviot tekee ammattilainen ja summista vähennetään verot sekä jälleenmyyjien lisäykset.

10 JATKOTOIMENPITEET

Jotta tässä työssä suunnitellulle nostoapuvälineelle voitaisiin saada CE-merkintä, täytyy sille vielä suorittaa joitain jatkotoimenpiteitä. Nostoapuvälineelle pitää suorittaa standardeissa määritetyllä tavalla tarvittavat testit, jotta rakenne voidaan virallisesti todeta riittävän kestäväksi. Välineestä pitää kirjoittaa käyttöohje, johon sisältyy vähintään luvussa 4 listatut kohdat. Nostoapuväline ei ole vakaa varastoinnin aikana, koska se ei kestä 10° kallistusta mihin tahansa suuntaan. Tämän takia nostoapuvälineelle pitää vielä suunnitella teline, jotta sen vakaus voidaan taata, kun se ei ole käytössä tai on varastoituna pidempään. Jotta väline voidaan todeta virallisesti hyväksyttäväksi nostoapuvälineeksi, nostoapuvälineeseen pitää vielä kiinnittää CE-merkintä, josta käy ilmi luvussa 4 mainitut asiat.

11 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella nostoapuväline, joka voitaisiin CE-merkitä ja joka helpottaisi Normetin ohjaamoiden esivarustusolosuolun toimintaa. Aluksi työssä esiteltiin mitä vaatimuksia työympäristö ja CE-merkintä asettivat nostoapuvälineelle. Tämän jälkeen tutustuttiin standardien mukaisiin nostoapuvälineisiin ja valittiin samankaltaisin suunnitellun nostoapuvälineen kanssa, jotta sen CE-merkinnän saamisen ehtoja voitaisiin soveltaa suunniteltuun nostoapuvälineeseen. Seuraavaksi valittiin materiaali ja tarkennettiin nostoapuvälineen muotoja. Lopuksi nostoapuvälineelle tehtiin lujuustarkastelu ja piirrettiin lopullisen rakenteen valmistuspiirustukset.

Lopputuloksena saatiin nostoapuväline, jonka muoto on yksinkertainen ja helposti käsiteltävä. Rakenne kestää siltä vaaditut kuormat erittäin hyvin ja se on suunniteltu CE-merkinnän hyväksymistä silmällä pitäen. Nostoapuvälineen yksinkertainen muoto tekee sen valmistamisesta edullista, mutta sen tärkein komponentti eli ruuvitarra nostaa sen hintaa huomattavasti yli asetetun rajan.

Vaikka nostoapuvälineen rakenne onkin suunniteltu CE-merkintää silmällä pitäen, tämä ei kuitenkaan vielä riitä nostoapuvälineen CE-merkitsemiselle. Jotta nostoapuvälineelle saataisiin CE-merkintä, niin sen saaminen edellyttää vielä paljon työtä puuttuvien testien, dokumenttien ja varastointilinjien tekemistä.

LÄHTEET

Työsuojeluhallinto 2010. Nostoapuvälineet, turvallisuus. [Verkkodokumentti] Multiprint Oy [viitattu 18.2.2013]. Saatavissa:

http://tyosuojelujulkaisut.wshop.fi/documents/2011/01/TSO_12.pdf

Jokinen, T. 1987. Tuotekehitys. Helsinki: Otatieto Oy.

Hietikko, E. 2008. Tuotekehitystoiminta. Savonia-ammattikorkeakoulun julkaisusarja B 2/2008. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulun kuntayhtymä.

Pahl, G. & Beitz, W. 1990. Koneensuunnitteluoppi. Porvoo: Metalliteollisuuden kustannus Oy.

Banner, R. 1998. Safe use of lifting equipment. [Verkkodokumentti] HSE Books [viitattu 5.3.2013] Saatavissa:

<http://www.hse.gov.uk/pubns/priced/l113.pdf>

Kanerva, I. 1994. Valtioneuvoston päätös koneiden turvallisuudesta. [Verkkodokumentti] Finlex [viitattu 5.3.2013] Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1994/19941314>


SFS-EN 13155 + A2. 2009. Nosturit. Turvallisuus. Irrotettavat nostoapuvälineet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-käsikirja 133. 2010. CE-merkintä. Perustiedot. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 485-2. 2009. Alumiini ja alumiiniseokset. Levyt ja nauhat. Osa 2: Mekaaniset ominaisuudet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 755-2. 2008. Alumiini ja alumiiniseokset. Pursotetut tangot, putket ja profiilit. Osa 2: Mekaaniset ominaisuudet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 1999-1-1 + A1. 2009. Eurokoodi 9. Alumiinirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Rakenteita koskevat yleiset säännöt. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

 SAVONIA		VAATIMUSLUETTELO Sivun 1(1) Päiväys: 9.1.2013. Laatinut: Juho Everilä	
Projektin nimi: Kaivoskoneiden ohjaamon kääntö- laitteen adapterin suunnittelu		Tavoitteena on suunnitella kaivoskoneiden ohjaamoiden kääntölaitteelle adapteri, joka mahdollistaa Normetin ohjaamosolun paremman ja tehokkaamman toiminnan sekä auttaa ohjaamosolun tuotannon virtauttamisessa.	
Muut.	K/V/T	Kehitettävän tuotteen tulee täyttää seuraavat vaatimukset:	Vastaava
	K	Kiinteä vaatimus: Vaatimuksen tulee toteutua kaikissa tilanteissa	
	V	Vähimmäisvaatimus: Vaatimuksella on raja-arvo, joka on saavutettava ja jonka ylittäminen tai alittaminen on toivottavaa	
	T	Toivomus: Tarve, joka otetaan huomioon mahdollisuuksien mukaan	
	K	Pitää pystyä nostamaan ohjauskonsoli ja painavin penkki. Eli n. 140 kg.	
	V	Helposti varastoitava ja vähän tilaa vievä.	
	V	Nopea ottaa käyttöön ja poistaa käytöstä.	
	T	Suunnitellaan siten, että voidaan CE hyväksyä.	
	T	Hinta enimmillään n. 1000€	
	K	CE-merkintää varten, pitää kestää staattinen voima 3F eli 3 x nostokyky vaikka nostoapuvälineessä tapahtuisi muodonmuutoksia. Eli pitää pystyä nostamaan 420kg.	
	K	Pitää olla turvallinen käyttää.	
	K	Pitää pystyä nostamaan ohjauskonsoli ohjaamoon myös silloin, kun ohjaamo on kiinni ohjaamon kääntölaitteessa.	

NOSTOKORVAKKEEN HITSIN A-MITAN LASKEMINEN**Lähtötiedot**

Nostokorvakkeen mitat:

$$t = 15 \text{ mm};$$

$$h = 112 \text{ mm}.$$

Missä:

t on liitetyn osan paksuus.

h on liitetyn osan korkeus.

Massat:

$$m_{oma} = 22,0 \text{ kg};$$

$$m_{kuorma} = 420 \text{ kg}.$$

Missä:

m_{oma} on nostoapuvälineen omamassa.

m_{kuorma} on kolminkertaisen kuorman massa.

Muut (SFS-EN 1999-1-1 + A1, 129 ja 149):

$$f_w = 190 \text{ N/mm}^2;$$

$$\gamma_{Mw} = 1,25.$$

Missä:

f_w on hitsiaineen ominaislujuus.

γ_{Mw} on hitsattujen liitosten osavarmuusluku.

Huom! Hitsiaineen ominaislujuus on seoksen 6061 ja hitsauslisäaine tyyppin 5356 mukainen.

a-mitan laskeminen

Liitetyn osan mitoituskuorma F_{Ed} :

$$F_{oma} = m_{oma} \cdot G$$

ja

$$F_{kuorma} = m_{kuorma} \cdot G$$

missä:

F_{oma} on nostoapuvälineen itsensä aiheuttama voima nostokorvakkeeseen;

F_{kuorma} on kolminkertaisen kuorman aiheuttama voima nostokorvakkeeseen;

G on maan putoamiskiihtyvyyys.

Jolloin saadaan

$$F_{oma} = 22,0 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F_{oma} = 215,82 \text{ N}$$

ja

$$F_{kuorma} = 420 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F_{kuorma} = 4120,2 \text{ N}$$

Tällöin mitoituskuorma F_{Ed} on

$$F_{Ed} = F_{kuorma} + F_{oma} = 215,82 \text{ N} + 4120,2 \text{ N} = 4336,02 \text{ N}.$$

Liitetyn osan leikkausjännitys τ_{Ed} :

$$\tau_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{t \cdot h}$$

$$\tau_{Ed} = \frac{4336,02 \text{ N}}{15 \text{ mm} \cdot 112 \text{ mm}} \approx 2,581 \text{ N/mm}^2$$

a-mitan suuruus:

Kaava a-mitalle löytyy standardista SFS-EN 1999-1-1 + A1 luvusta 8.6.6.3.

$$a \geq \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{\tau_{Ed} \cdot t}{\frac{f_w}{\gamma_{Mw}}}$$

$$a \geq \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{2,581 \text{ N/mm}^2 \cdot 15 \text{ mm}}{\frac{190 \text{ N/mm}^2}{1,25}}$$

$$a \geq 0,21 \text{ mm}$$

$$\rightarrow a \geq 3,0 \text{ mm}$$

Valitaan a-mitaksi 3,0 mm.

VAHVIKELEVYN HITSIN A-MITAN LASKEMINEN**Lähtötiedot**

Vahvikelevyyn liittyvät mitat:

$$t = 5 \text{ mm};$$

$$h = L_w = 40 \text{ mm}.$$

Missä:

t on liitetyn osan paksuus.

h on liitetyn osan korkeus, joka on tässä tapauksessa sama kuin L_w .

L_w on hitsin pituus kuvan 8 mukaisesti.

Muut (SFS-EN 1999-1-1 + A1, 129 ja 149):

$$f_w = 190 \text{ N/mm}^2;$$

$$\gamma_{Mw} = 1,25.$$

Missä:

f_w on hitsiaineen ominaislujuus.

γ_{Mw} on hitsattujen liitosten osavarmuusluku.

Huom! Hitsiaineen ominaislujuus on seoksen 6061 ja hitsauslisäaine tyyppin 5356 mukainen.

a-mitan laskeminen

Voiman F_{Ed} arvona käytetään samaa lukemaa kuin liitteessä 2 eli 4368,393 N. Tämän avulla ratkaistaan hitsin 40 mm pitkälle alueelle kohdistuva voima F_{Ed2} .

Mitoituskuorma F_{Ed2} :

Lasketaan aluksi momentti pisteessä a kuvan 7 osoittamassa kohdassa.

$$M_a = F_{Ed} \cdot 1,3 \text{ m} = 4368,393 \text{ N} \cdot 1,3 \text{ m} = 5678,9109 \text{ Nm}$$

Tästä saadaan ratkaistua hitsiin kohdistuva voima F_{Ed2} .

$$M_a = F_{Ed2} \cdot 0,351 \text{ m}$$

$$F_{Ed2} = \frac{M_a}{0,351 \text{ m}} = \frac{5678,9109 \text{ Nm}}{0,351 \text{ m}} \approx 16179 \text{ N}$$

Huom! Laskuissa ei oteta huomioon, että voima kohdistuu putkipalkin molemmilla puolilla oleviin hitseihin.

Vahvikelevyn hitsin leikkausjännitys τ_{Ed} :

$$\tau_{Ed} = \frac{F_{Ed2}}{t \cdot h} = \frac{F_{Ed2}}{t \cdot L_w}$$

$$\tau_{Ed} = \frac{16179 \text{ N}}{5 \text{ mm} \cdot 40 \text{ mm}} \approx 80,895 \text{ N/mm}^2$$

a-mitan suuruus:

Kaava a-mitalle löytyy standardista SFS-EN 1999-1-1 + A1 luvusta 8.6.6.3.

$$a \geq \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{\tau_{Ed} \cdot t}{\frac{f_w}{\gamma_{Mw}}}$$

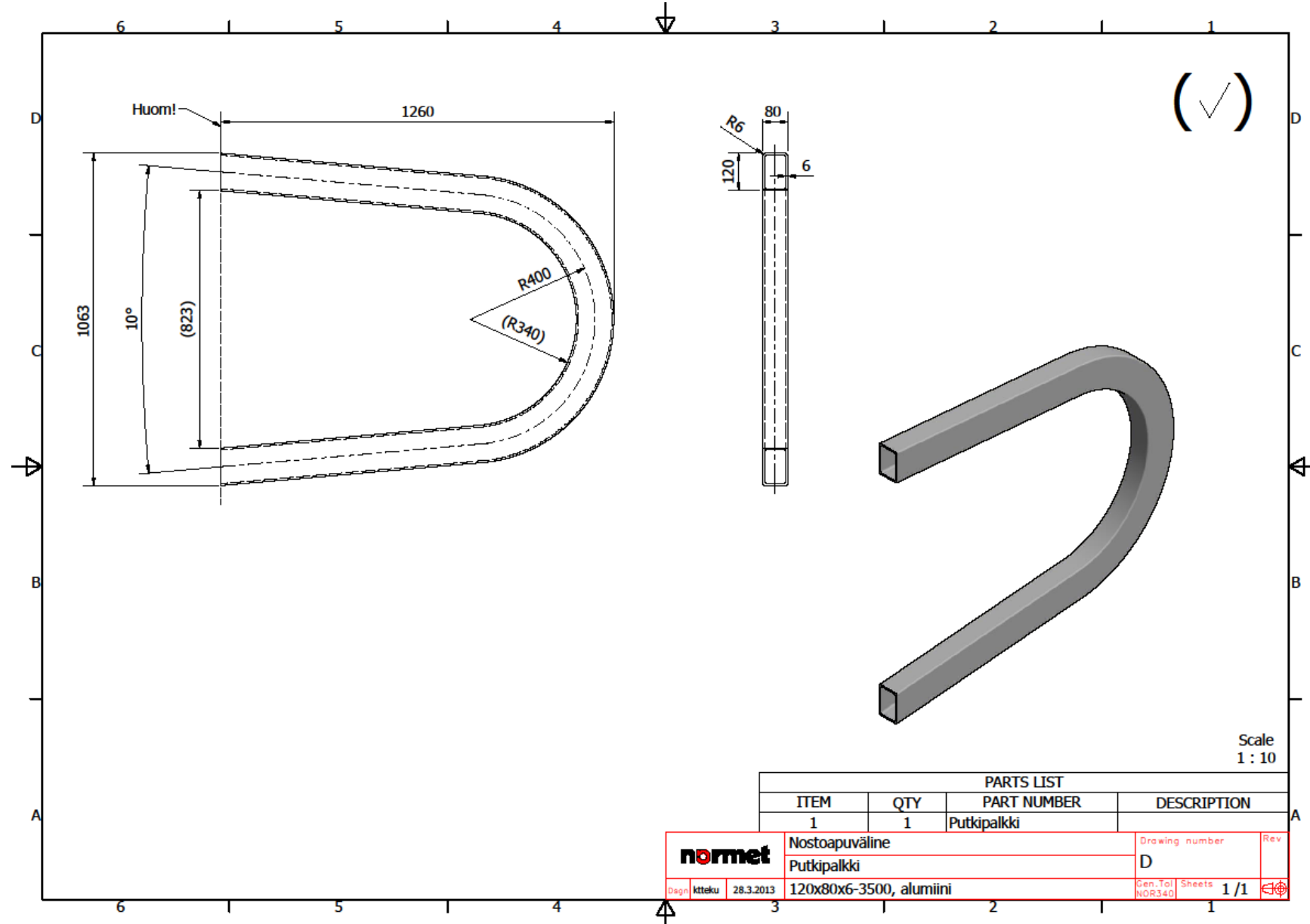
$$a \geq \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{80,895 \text{ N/mm}^2 \cdot 5 \text{ mm}}{\frac{190 \text{ N/mm}^2}{1,25}}$$

$$a \geq 2,17 \text{ mm}$$

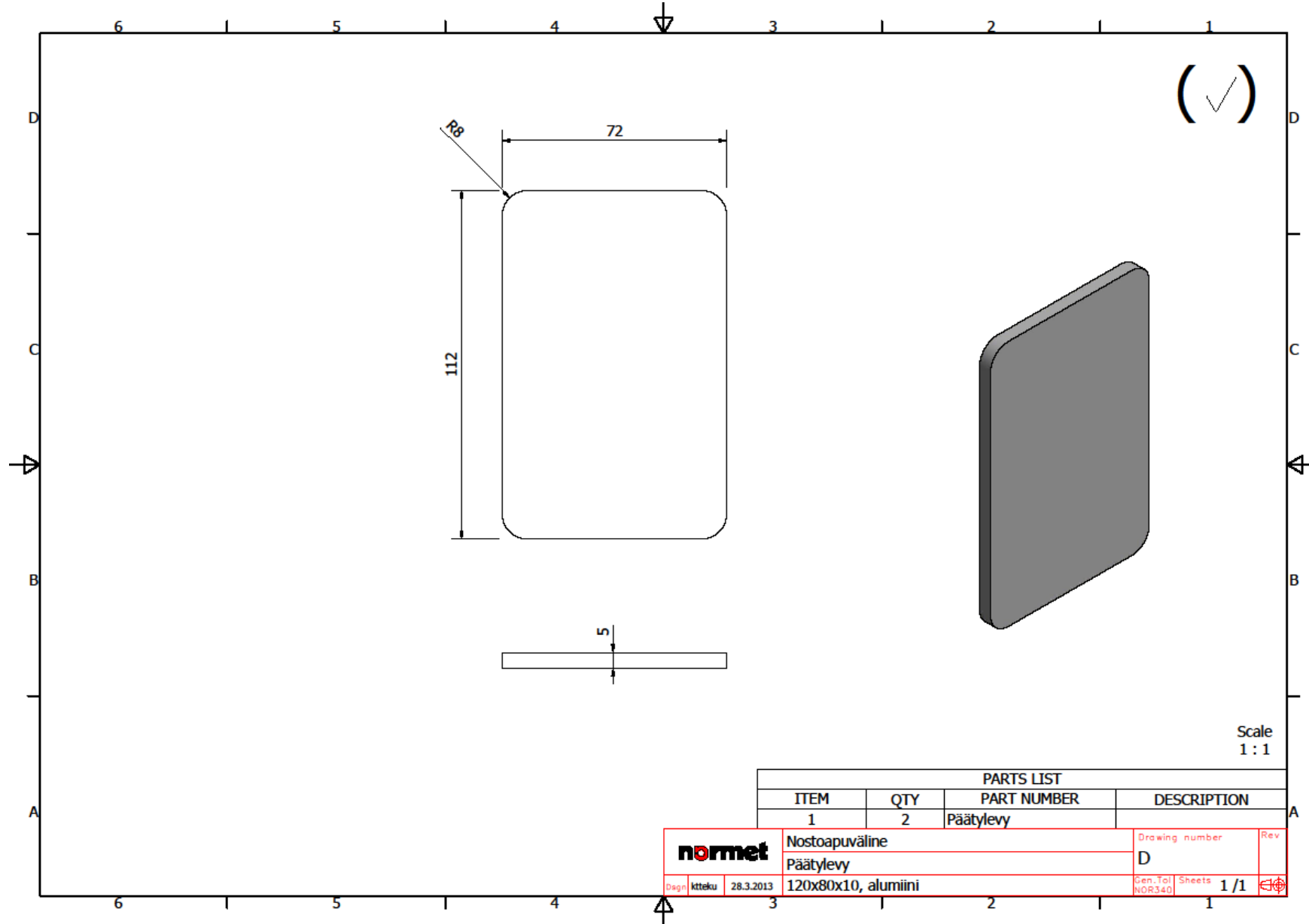
$$\rightarrow a \geq 3,0 \text{ mm}$$

Valitaan a-mitaksi 3,0 mm.

Putkipalkin valmistuspiirustus



Päätylevyn valmistuspiirustus.

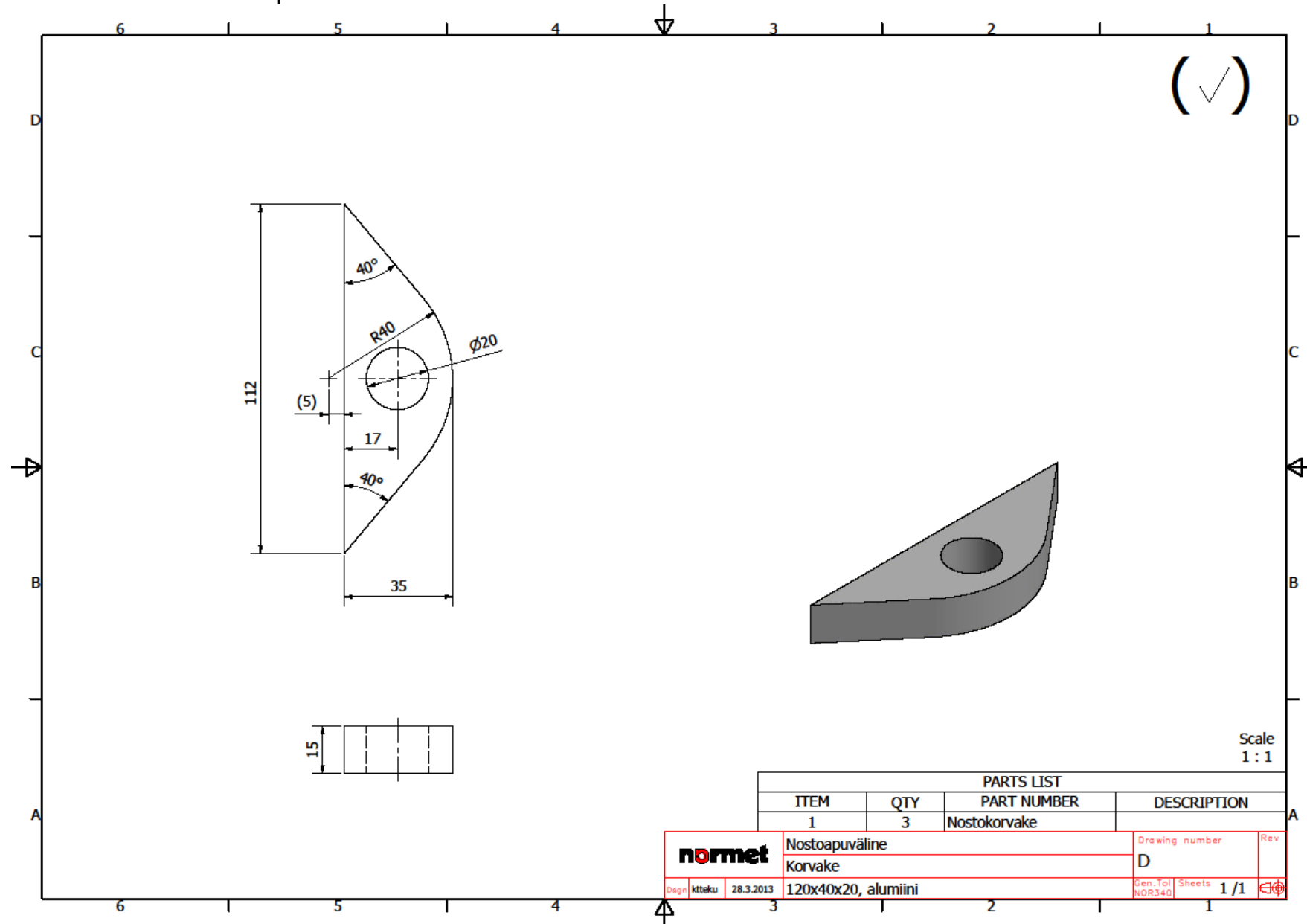


Scale
1 : 1

PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	2	Päätylevy	

normet	Nostoapuväline		Drawing number	Rev
	Päätylevy		D	
Dagn	ktteku	28.3.2013	120x80x10, alumiini	Gen.Tol NOR340
			Sheets	1/1

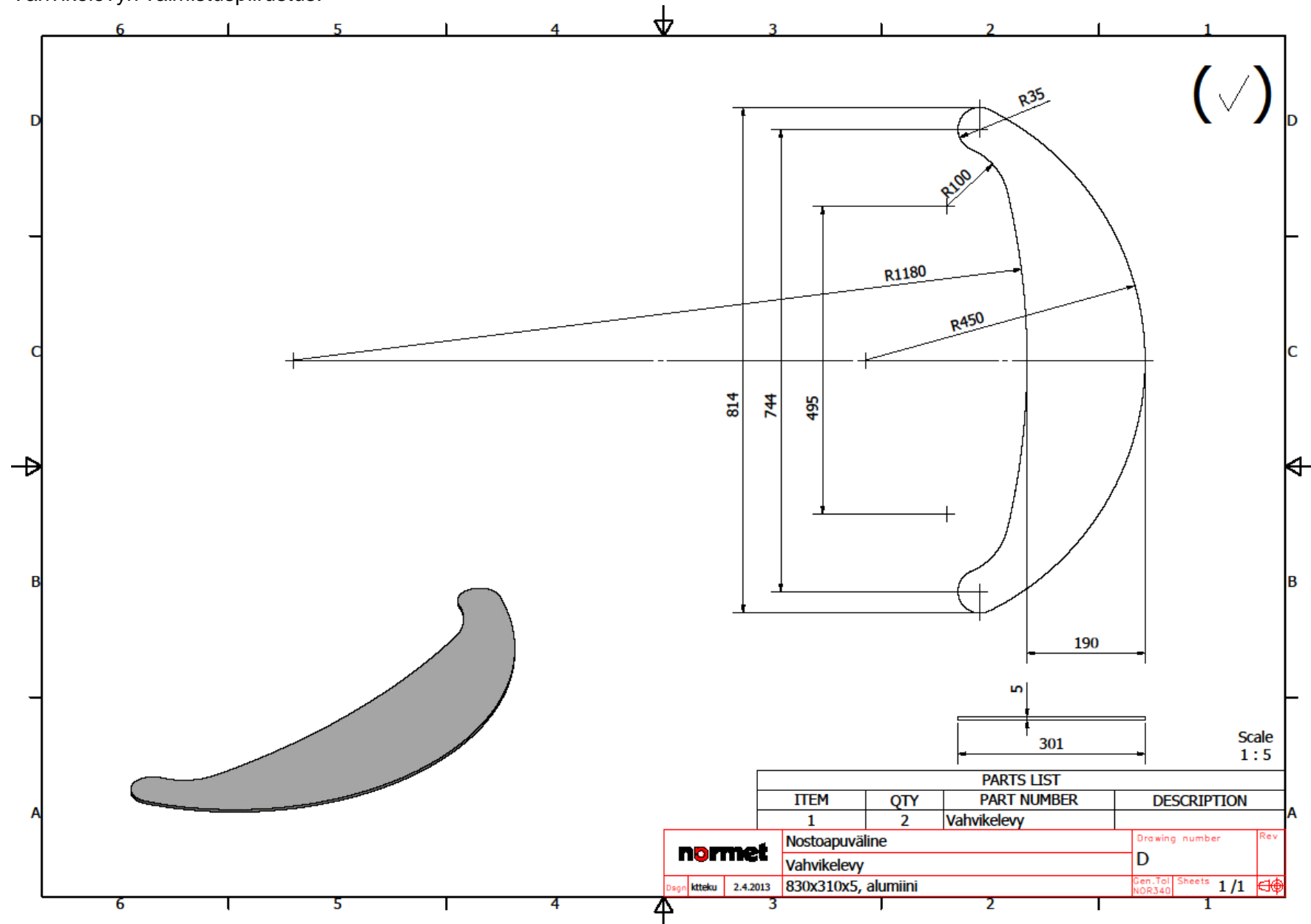
Nostokorvakkeen valmistuspiirustus.



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	3	Nostokorvake	

normet	Nostoapuväline		Drawing number	Rev
	Korvake		D	
Dayn	ktteku	28.3.2013	Gen. Tol NOR340	Sheets 1/1
120x40x20, alumiini				

Vahvikelevyn valmistuspiirustus.



Nostoapuvälineen hitsauspiirustus

