



CXT - KÖYSINOSTIMIEN NOSTOAPUVÄLINE

Pekka Juntunen

Opinnäytetyö
Tammikuu 2013
Kone- ja tuotantotekniikka
Kone- ja laiteautomaatio

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Kone- ja laiteautomaatio

JUNTUNEN, PEKKA:
CXT - köysinostimien nostoapuväline

Opinnäytetyö 39 sivua
Tammikuu 2013

Työn tarkoituksena oli suunnitella asiakkaalle nostoapuväline, jolla nostetaan CXT:N QA-QC - kokoluokkien köysinostimia testipukille. Apuvälineen mitat määräytyivät halutusta nostotavasta ja nostettavien nostimien mitoista ja paino ei saanut ylittää kuorman kanssa nosturin nostosuosituksia. Tavoitteena oli saada toimiva, mahdollisimman kompakti, helppokäyttöinen ja tietenkin turvallinen nostoapuväline korvaamaan käytössä olevan laitteen.

Nostoapuvälineen nostopintojen etäisyys toisistaan täytyy olla säädettävissä erikokoisia köysinostimia varten ja väline täytyy saada sijoitettua nostopisteiden väliin, mikä vaikeutti suunnittelua. Myös etäisyyden säätämisen toteutukseen joutui paneutumaan, sillä se piti saada lukittua asemaansa ja samalle sen piti olla tukeva, kun kaikki osat liikkuvat, kun etäisyyttä säädetään.

Opinnäytetyön tekijä mallinsi osat ja kokoonpanot, sekä laati valmistus- ja työpiirustukset valmistusta varten. Myös välineelle tarvittavat lujuustarkastelut, konekilven kaiverus ja tarvittavien dokumenttien laadinta tapahtui opinnäytetyön tekijän toimesta. CAD-ohjelmana käytettiin koneensuunnitteluun tarkoitettua VERTEX G14 -ohjelma ja lujuustarkastelut suoritettiin ANSYS -ohjelmalla.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Mechanical and Production Engineering

JUNTUNEN, PEKKA:
Lifting Tool for CXT Wire Rope Hoists

Bachelor's thesis 39 pages
January 2013

This thesis deals designing project that one of our clients ordered from us. The client needed a lifting tool that is especially designed for lifting QA-QC frame size wire rope hoists on test-bed. So the main measurements and demands are defined by the client. That kind of wire rope hoists are used, for example, in bridge cranes. The client ordered this lifting tool for replacing the old one and wished that the new one would be compact, easy to use and safe.

The lifting tool has to be adjustable for different size hoists and the distance between lifting surfaces has to be narrow enough for lifting tool to fit on the right place. The adjusting mechanism needs to be compact, supportive and hold its position so that needed also some thinking process. This was the first time that our company is going to make this kind of a device and there was a lot of thinking for finding the right solutions.

I made all the part and assembly modeling of this device and also all the drawings for manufacturing. I was using machine designing program called Vertex for making 3D-models and manufacturing drawings.

Strength calculations are some of the main things in designing lift tools. I made FEM-analysis for this device by using program called Ansys.

Key words: designing, lifting tool, thesis

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	YRITYS.....	6
2.1	Kuvaus	6
2.2	Tuotteet	6
3	TEORIA TAUSTAA.....	8
3.1	Nostoapuvälineet	8
3.1.1	Mekaaninen lujuus	8
3.1.2	Merkinnät	9
3.2	Hitsattavat seostamattomat rakenneteräkset	9
3.3	Elementtimenetelmä	10
4	NOSTOAPUVÄLINEEN SUUNNITTELU.....	11
4.1	Lähtötiedot	11
4.2	Alustavia ratkaisuja.....	12
4.3	3D-mallit ja valmiit ratkaisut	14
4.3.1	Valmiit komponentit	14
4.3.2	Kokoonpanojen ja osien mallinnus	16
4.4	FEM-analyysi.....	23
4.4.1	Mallin valmistelu analyysia varten	23
4.4.2	Mallin tuonti, haluttu analyysi ja materiaalitiedot	24
4.4.3	Elementtiverkon luominen	26
4.4.4	Tukipinnat ja kuormitukset	27
4.4.5	FEM-analyysin tulokset	30
4.5	Piirustukset.....	33
4.5.1	Valmistuskuvat.....	33
4.5.2	Työkuvat	35
4.6	Valmis nostoapuväline.....	36
4.6.1	Dokumentointi	36
4.6.2	Laitekilpi	37
5	LOPPU PÄÄTELMÄT	38
	LÄHTEET.....	39

1 JOHDANTO

Tämä työ oli asiakasprojekti, joka tilattiin yritykseltä jossa työskentelen. Yritys on nimeltään S.p.e Lift Tools Ky.

Työ käsittelee siltanostureissa käytettävien CXT QA-QC kokoluokkien köysinostimien nostoon tarkoitettua nostoapuvälinettä. Asiakas halusi saada paremman apuvälineen vanhan tilalle, joka on turhan kookas, epäkäytännöllinen, vailla lukitusta ja poikittaista tukevuutta. Pyrin myös suunnittelemaan välineestä mahdollisimman turvallisen ja helpon käyttää. Välineen perus periaate säilyi samana, mutta toiminta malli uudistui täysin. Kyseessä on kuitenkin eräänlainen prototyyppi, koska täysin vastaavaa laitetta ei ole tehty.

Tämä työ käsittelee nostoapuvälineen suunnitteluprojektia, valmiiksi välineeksi asti. Työ sisälsi osien ja kokoonpanojen mallintamisen, sekä valmistus- ja työpiirustuksien laatimisen. Mallinnukset ja piirustukset tein VERTEX G14 -ohjelmalla. Myös lujuustarkastelut ovat osa suunnittelua ja siihen käytin ANSYS -ohjelmaa. Konekilven kaiversin GraphoGraph laitteella, jota ohjataan Grapho style -ohjelmalla. Laadin myös tarvittavat dokumentit, kuten vaatimusten mukaisuus vakuutuksen, sekä käyttö- ja huolto-ohjeen.

2 YRITYS

2.1 Kuvaus

Yritys on nimeltään S.p.e Lift Tools Ky ja se suunnittelee sekä valmistaa nostoapulaitteita ja nostovälineitä pääasiassa asiakkaiden toiveiden ja tarpeiden mukaan. Toimisto sijaitsee Tampereella Kalevan kaupunginosassa ja siellä työskentelee omistaja/toimitusjohtaja, itse toimin suunnittelijana. Valmistus tapahtuu alihankintana.

2.2 Tuotteet

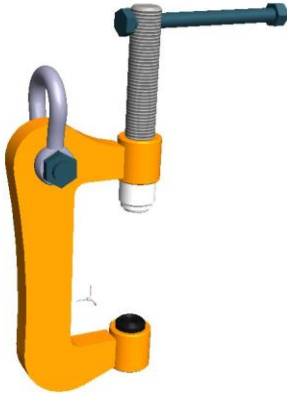
Toiminta perustuu yleisesti ottaen asiakastilauksiin ja tuotteet suunnitellaan yleensä tapauskohtaisesti asiakkaan toiveiden mukaisesti, mutta edellisten projektien valmiita ratkaisuja pyritään hyödyntämään mahdollisuuksien mukaan. Myös joitain vakiotuotteita löytyy ja niitä pyritään lisäämään tulevaisuudessa.

Pyrimme tuotteillamme tehostamaan tuotanto ja parantamaan työturvallisuutta nosto- ja käsittelytilanteissa. Tarkemmat tiedot tuotteista ja yrityksen toiminnasta löytyy yrityksen kotisivuilta www.lifttools.fi.

Tässä muutama kuva tuotteistamme:



Kuva 1 rullapihti (<http://lifttools.fi/kuvat>)



Kuva 2 ruuvitarrain (<http://lifttools.fi/kuvat>)



Kuva 3 nostopuomi (<http://lifttools.fi/kuvat>)



Kuva 4 erikoistyökalu (<http://lifttools.fi/kuvat>)

3 TEORIA TAUSTAA

3.1 Nostoapuvälineet

Valtioneuvoston määritelmä nostoapuvälineestä on seuraavanlainen:

'nostoapuvälineillä' tarkoitetaan komponenttia tai laitetta, jota ei ole pysyvästi kiinnitetty koneeseen ja joka on sijoitettu koneen ja kuorman väliin tai joka on kiinnitetty kuormaan, jotta siihen voidaan tarttua. (SFS-käsikirja 79 2001, s.11).

3.1.1 Mekaaninen lujuus

Nostoapuvälineiden ja siihen liittyvien komponenttien täytyy kestää niihin kohdistuvat kuormitukset käytön aikana ja myös silloin kun niitä ei käytetä. Kuten valmistajan ilmoittamissa asennus- ja käyttöolosuhteissa, sekä asiaankuuluvissa kokoonpanotilanteissa, ottaen huomioon ilmastolliset ja henkilöistä aiheutuvat rasitukset. Myös kuljetukset, kokoonpanon ja purkamisen aikana tämän vaatimuksen on täyttyttävä.

Käyttötarkoitus on huomioitava suunnittelussa ja valmistuksessa, jotta estettäisiin kulumisesta ja väsymisestä aiheutuvat vauriot.

Nostoapuvälineet on suunniteltava ja rakennettava kestävästi staattisten kokeiden ylikuorma niin, että niihin ei synny pysyvää vauriota tai näkyvää vikaa. Jotta voidaan varmistaa riittävä turvallisuustaso, nostoapuvälineiden staattisen kokeen turvakerto on puolitoista kertaa maksimi kuormasta syntyvät rasitukset. (SFS-käsikirja 79 2001, s.13).

3.1.2 Merkinnät

Jokaisesta nostoapuvälineestä on löydyttävä seuraavat tiedot:

- valmistajan tiedot
- raaka-aineiden tiedot
- suurimman sallitun nostokuorman tiedot (WLL)
- CE-merkintä

Tiedot täytyy olla helposti luettavissa ja sijoitettu niin, etteivät ne vaikuta välineen lujuuteen tai katoa työstön, kulumisen tai minkään muunkaan syyn takia.

(SFS-käsikirja 79 2001, s.18).

3.2 Hitsattavat seostamattomat rakenneteräkset

SFS-EN10020:2000 "Teräslajien määritelmät ja luokittelu" terästen luokittelustandardin mukaan seostamattomat rakenneteräkset ovat ominaisuuksiensa ja valmistusprosessiensa perusteella seostamattomia laatuteräksiä, joissa ei ylitetä minkään standardissa SFS-EN 10020 annettuja seosaineen pitoisuuden arvoja. Näiden terästen myötöraja on alueella 185...360 N/mm² ja murtolujuusalue on 310...690 N/mm². (Muokatut teräkset, Raaka-ainekäsikirja 1, 3. uudistettu painos, s.10).

Hitsattavat seostamattomat rakenneteräkset täyttävät hitsattavien rakenteiden perusaineen vaatimukset, jotka takaavat liitokselle laskentamenetelmän edellyttämän muodonmuutos kyvyn. Näillä teräksillä on on riittävä murtovenymä ja kyky muokkauslujittua niin, että jännitykset pystyvät tasaantumaan. Tämän lisäksi nämä teräkset täyttävät hitsattavuuden asettamat vaatimuksen, jotta saavutetaan hitsiluokan edellyttämä laatu. (Muokatut teräkset, Raaka-ainekäsikirja 1, 3. uudistettu painos, s.15).

3.3 Elementtimenetelmä

FEM, Finite Element Method, suomeksi elementtimenetelmä on lujuuslaskemisen tehokkain numeerinen ratkaisumenetelmä, eikä nykyään paljon muita enää käytetäkään. Menetelmän käyttö alkoi lentokoneiteollisuudessa yhdysvalloissa 1950-luvulla, josta se levisi nopeasti kantavien rakenteiden statiikan ja dynamiikan käsittelyyn kone- ja rakennustekniikan aloille.

Elementtimenetelmän menestys perustuu täysin tietokoneisiin, jotka mahdollistavat suurien laskutoimituksien käsittelyn riittävän nopeasti. 1960- ja 1970-luvuilla syntyi suuri määrä rakennetyyppien käsittelyyn sopivia lineaarisen statiikan ja dynamiikan ohjelmistoja. Ohjelmien käyttö keskustietokoneissa oli hankalaa, koska tiedot piti syöttää numeerisessa muodossa täysin manuaalisesti. 1980-luvulta lähtien ohjelmien käyttäjä-ystävällisyys parantui, kun ohjelmiin alettiin kehittämään esi- ja jälkikäsitteily ohjelmistoja. Nykyään laskentamahdollisuuksia on paljon enemmän ja voidaan tutkia myös materiaalin ja geometrian epälineaarista käyttäytymistä.

Jo alkuvaiheessa menetelmän kehitystä, havaittiin sen soveltuvan myös muillekin teknisen laskennan aloille, kuten lämmönsiirron, virtausopin, sähkötekniikan ja akustiikan tehtävien ratkaisemiseksi. Sovellusarvon selvittyä, myös menetelmän matemaattisen teorian tausta on nykyisin tarkoin selvitetty.

Kolmiulotteisille solidirakenteille interpolointiin perustuva elementtimenetelmä onkin ainoa mahdollinen menetelmä. (Elementtimenetelmän perusteet sessio 01: Johdanto. Elementtiverkko. Solmusuureet, s.1-2)

4 NOSTOAPUVÄLINEEN SUUNNITTELU

Tässä osiossa käsitellään itse työtä, eli nostoapuvälineen suunnitteluun liittyviä asioita.

4.1 Lähtötiedot

Asiakas haluaa vanhan nostovälineen tilalle uuden välineen, joka olisi kompaktimman kokoinen, helppokäyttöinen, pitää asentonsa (lukitus/pidätys) ja tietenkin mahdollisimman turvallinen.

Nostoapulaitteella nostetaan CXT QA-QC kokoluokan köysinostimia, joten osa pääasioista, kuten välineen mittoja ja sallittu kuorma määräytyvät niiden mukaan.

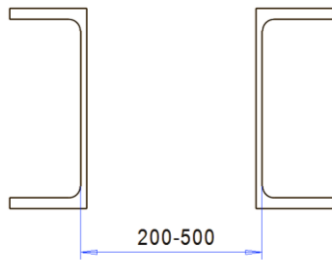
Maksimi kuorma on 3 000 kg ja itse nostoapuvälineen maksimi painoksi määritettiin 1 000 kg. Väline tulisi saada ujutettua nostimen pyörien väliin ja sen jälkeen nostopintojen etäisyys säädetään nostettavan nostimen mukaan, niin että nostimen pyörät lepäävät nostopinnoilla. Nostopintojen välinen etäisyys tulisi olla säädettävissä niin, että se mahtuu pienimmän nostimen pyörien väliin ja saadaan kiristettyä suurimman nostimen pyöriä vasten. Näin ollen minimi etäisyydeksi määräytyi 200mm ja maksimiksi 500mm. Pyörän maksimi halkaisija on 180 mm ja välineen pituudeksi asiakas määrittä 2000mm.



Kuva 5 CXT köysinostin (New CXT presentation.pdf)

4.2 Alustavia ratkaisuja

Kuten edellisessäkin apuvälineessä, käytetään tässäkin kahta U-palkkia, jotka ovat selät vastakkain, eli "U" osoittaa ulospäin. Näin ollen nostimen pyörät asettuvat U-palkkien sisään ja pyörät tukevat U-palkkien alemmaa sakaraa vasten. Nostopintojen välinen etäisyys määräytyy U-palkkien pystyseinämien uloimpien pintojen etäisyydestä.



Kuva 6 periaatekuva U-palkkien asettelusta ja etäisyydestä

Palkkien väliin tarvitaan jokin mekanismi, jolla U-palkkien etäisyyttä toisistaan saadaan säädettyä symmetrisesti ja että systeemi lukittuu asemaansa. Tämä on yksi aikaisemman välineen suurimmista ongelmista. Siinä on kömpelö vipu-mekanismi, jota ei saa lukittua. Mekanismin on mielellään mahdollista palkkien väliin ja näin ollen oltava tarpeeksi kompakti mahtumaan palkkien väliin, kun etäisyys on pienimmillään. Mutta myös mahdollistaa säätö maksimi etäisyyteen. Sen on myös oltava tukeva ja kestettävä maksimi kuorma.

Ratkaisuksi päätyi nivelletty mekanismi, jossa on kiinnitykset palkeissa ja jonkinlaiset tukivarret näihin kiinnitettyinä. Tukivarret olisivat symmetriset ja tukivarsien välillä olisi jonkinlainen kiinnitys, joka liikkuu lineaarisesti palkkien välissä. Mekanismi painuu kasaan ja oikenee etäisyyttä säädettyä. Kohtisuoraan palkkeihin nähden toimivat lineaariset ratkaisut, kuten sylinterit eivät tässä tapauksessa toimi, koska palkkien etäisyys on minimissään sen verran pieni, ettei iskun pituus riittäisi millään saavuttamaan maksimi etäisyyttä.

Tällaisia mekanismeja on tietenkin oltava palkkien välillä vähintään kaksi ja ne on saatava toimimaan symmetrisesti, jotta palkkien etäisyys on jokaisesta kohdasta yhtäsuuri. Tähän valitsin ratkaisuksi trapetsi-ruuvin ja siihen sopivat laippamutterit.

Laippamutterit kiinnitetään tukivarsien liitosratkaisuun ja yksi ruuvi menee molempien laippamutterien läpi, eli kun ruuvia pyöritetään paikallaan, mutterit liikkuvat ruuvia pitkin samanaikaisesti ja liikkeet ovat yhdenmukaisia. Tällöin mekanismeja voi myös tarvittaessa lisätä, koska jokaista mekanismia ohjataan samalla ruuvilla. Mutta ongelmaksi ruuvia pyörittäessä voi tulla se, että entä jos ruuvi kiertyy laippamuttereiden läpi ja mutterit pysyvätkin paikoillaan.

Yleensä kun ruuvilla toteutetaan lineariliikkeitä, ruuvin toinen pää on tuettu ja laakeroitu. Tässä tapauksessa tukevan tuennan toteuttaminen on hankalaa, koska ainut osa joka pysyy paikallaan on ruuvi ja sekin pyörii. Eli palkkien välille on hankalaa rakentaa tuenta, joka elää palkkien välissä.

Ratkaisuna tähän ajattelin, että puolet ruuvista on oikean käden kierteellä ja toinen puoli vasemman käden kierteellä. Tietenkin myös laippamutterit täsmäävät käteisyyteen.

Tämän johdosta myös mekanismit, jotka ovat välineen keskitasoon nähden vasemmalla ja oikealla puolella, toimivat peilikuvina. Eli mutterit liikkuvat ruuvia pitkin toisistaan pois päin tai toisiaan kohden, riippuen kumpaan suuntaan ruuvia pyöritetään. Näin saadaan aikaseksi se, että ruuvin toinen puoli pyrkii toiseen suuntaan ja toinen puoli vastakkaiseen suuntaan, eli ruuvi pyörii paikoillaan ja mutterit vain liikkuvat. Ruuvin toiseen päähän kiinnitetään pätkä kuusikulmaista tankoa, josta sitä voi pyörittää siihen sopivalla työkalulla.

Nostoapuväline kiinnitetään nostolaitteeseen neljästä pisteestä, eli molempiin U-palkkeihin tulee kaksi nostopistettä palkkien päätyjen läheisyyteen. Palkkeihin tulee jokaisen nostopisteen kohdalle nostosilmukka.

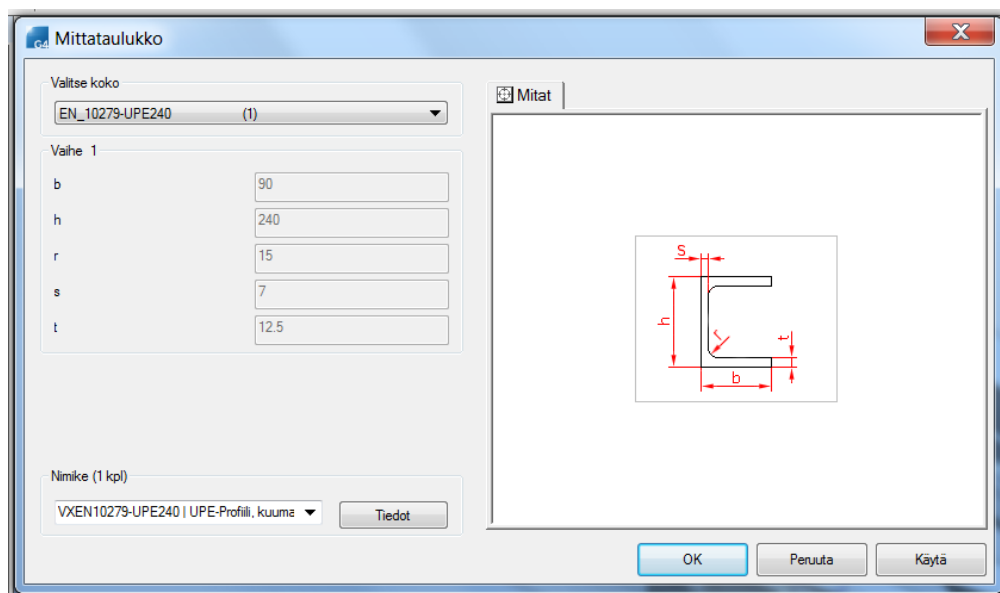
U-palkkien väliin on hyvä laittaa myös jonkinlaiset stopparit, ettei mekanismi mene liian linkkuun. Jos niveleen muodostuu 90 asteen kulma, voi käydä niin, että mekanismi ei lähde aukemaan ja tukivarsi yrittää työntyä yhdysosan "läpi".

4.3 3D-mallit ja valmiit ratkaisut

Alustavien ratkaisujen ja paperiluonnosten jälkeen oli aika ruveta mallintamaan osia ja kokoonpanoja, jotta saa paremmin hahmoteltua osien muotoja/mitoja, kokonaisuutta, mahdollisia ongelmakohtia ja välineen toimivuutta. Perus materiaalina käytämme S355 rakenneterästä.

4.3.1 Valmiit komponentit

U-palkeiksi valittiin UPE-240, jonka pituus on 2000mm. Tässä U-palkissa on riittävästi tilaa nostettavan nostimen pyörille, sekä kiinnityspinta-alaa palkkien väliin tulevalle mekanismille.



Kuva 7 profiilin valintaikkuna

Trapetsiruuvit ja niihin sopivat laippamutterit ovat myös osia joita myydään vakiokomponentteina. Suomalaisen Mekanex yrityksen tuotteista löytyi kyseiset komponentit ja ladattavat CAD-mallit, jotka saa suoraan lisättyä kokoonpanoon.

Kierteeksi valitsin TR24x5.



Kuva 8 trapetsiruuvi ja laippamuteri

(<http://www.mekanex.se/produkter/trans/fi-trapetskruvar.shtml>)

Myös nostosilmukat ovat nostoapuvälineiden peruskomponentteja ja niitä myy monet yritykset. Meidän yrityksellä on ollut tapana käyttää Haklift ABT Oy:n tuotteita. Tähän tapaukseen sopi hyvin pyörivät sankasilmukkanostoruuvit nostoon kaikissa asennoissa, maksimi työkuorma 1 500 kg.



Kuva 9 pyörivä sankasilmukkanostoruuvi (<http://www.haklift.com/naytatuote.php/pyorivat-sankasilmukkanostoruuvit-nostoon-kaikissa-asenoissa>)

Stoppareita varten löysin Korja-Kumi Oy:ltä tärinänvaimentimia, joita sovelsin stoppareiden päihin. Esitteestä löytyi myös mitat, joiden perusteella sain helposti mallennettua vaimentimen kokoonpanoa varten.



Kuva 10 tärinäestimen mallinnus

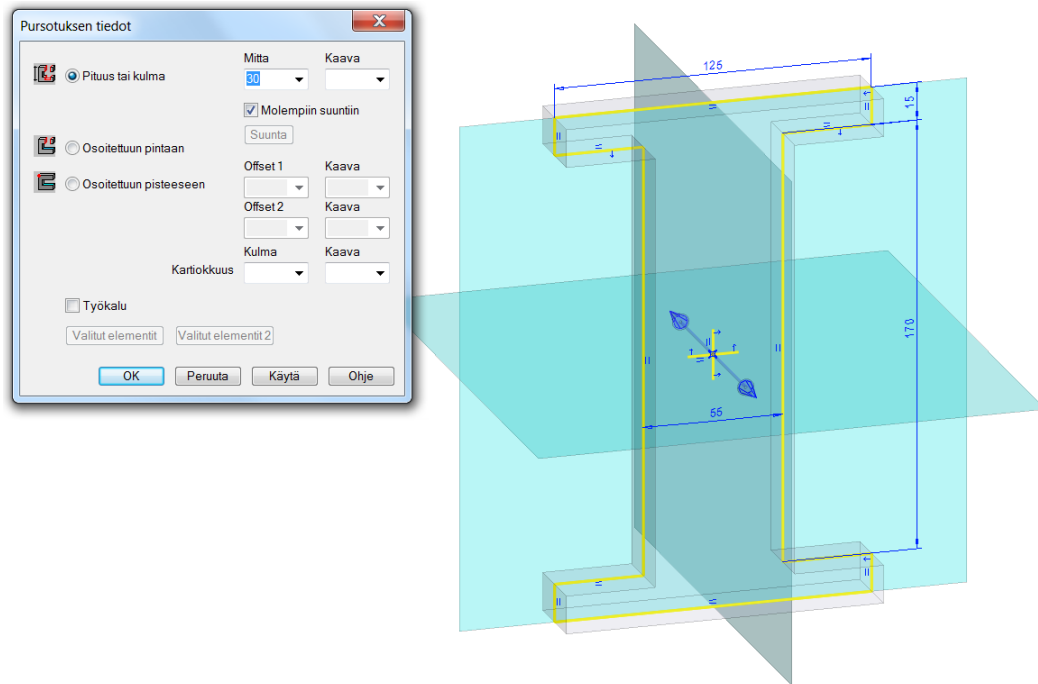
4.3.2 Kokoonpanojen ja osien mallinnus

Mallinsin ensin osan, johon laippamutteri kiinnitetään ja johon nivelten varret tulevat kiinni. Tämä osa siis liikkuu ruuvia pitkin yhdessä laippamutterin kanssa ja nivelöity mekanismi "aukeaa" ja "sulkeutuu" sen mukaisesti. Käyn seuraavassa tämän osan mallinnus prosessin läpi, koska tämän osan mallintamiseen käytettiin miltei kaikkia niitä perus mallinustekniikoita, joita koko työn aikana on käytetty.

Osilla ja kokoonpanoilla on kolme perus tasoa, vaaka(XY)-taso, pysty(XZ)-taso ja poikittais(YZ)-taso. Vektorikoordinaatiston nollapiste, eli origo on jokaisen tason yhteinen keskipiste ja kaikki tasot leikkaavat origon. Lisäksi voi luoda aputasoja, jotka voi paikoittaa tarvitsemaansa paikkaan.

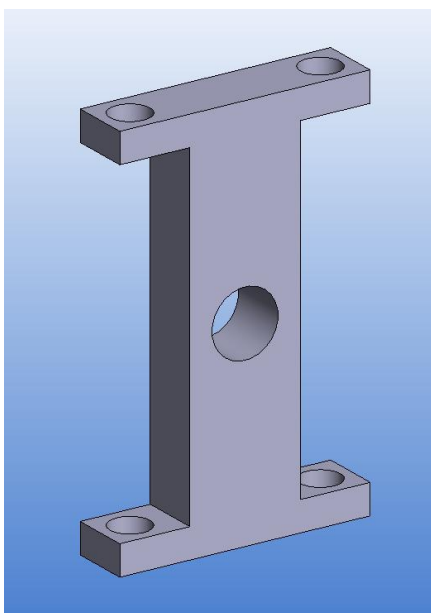
Tälle osalle loin kappaleen perusmuodon piirtämällä 2D-luonnoksen pysty(XZ)-tasolle ja pursotin molempiin, eli pysty-taso jää keskelle kappaletta. Pyrin käyttämään symmetriaa mahdollisimman paljon osien mallinnuksessa. Tämä helpottaa esimerkiksi piirteiden peilausta osia tehdessä. Kokoonpanoissa Symmetrisyys auttaa kappaleiden peilaamisessa, symmetriaehtojen luonnissa ja osien paikoituksessa. Tasojen avulla on helppo antaa geometria ehtoja osien välille.

Seuraavassa kuvassa näkyy hyvin pursotettava luonnos ja kuinka kaikki kolme tasoa kulkevat osan läpi. Origo sijaitsee keskellä kappaletta.



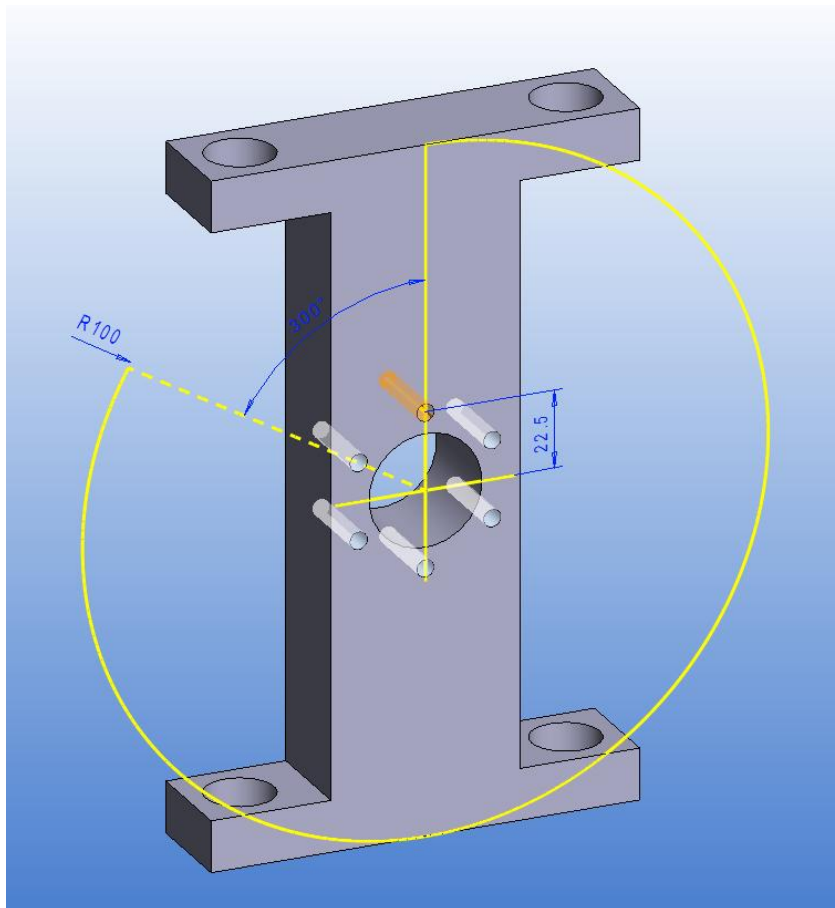
Kuva 11 osan pursotus ainetta lisäten

Tämän jälkeen tein reiät akselia varten, jolla yhdistetään tukivarret tähän osaan, sekä reiän, josta laippamutteri mahtuu läpi siten, että laipan pinta tulee osan pintaa vasten. Reikiä varten loin luonnoksen haluttuun pintaan ja tällä kertaa pursotin poistaen ainetta ja kappaleen läpi.



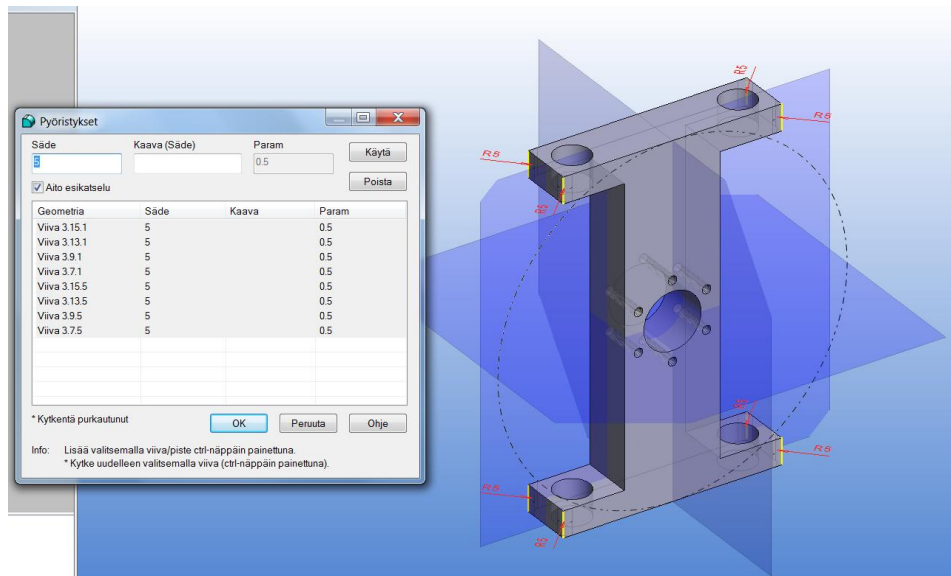
Kuva 12 valmiit reiät

Seuraavaksi otin valmiista laippamutterin mallista reikien mitat ja tein osaan niihin sopivat kierreupotukset. Tein ensin yhden kierteen käyttämällä "lisää kirjastopiirre - ainetta poistamalla" - toimintoa, josta voi valita sopivan kierteen, syvyyden ja valmiin upotuksen erilaisille ruuvinkannoille. Sen jälkeen aukeaa luonnostelu-tila, jossa paikoitetaan kierre. Tämän jälkeen tein piirresarjan, josta valitsin polaarisen vaihtoehdon ja annoin kappale määrän sarjalle.



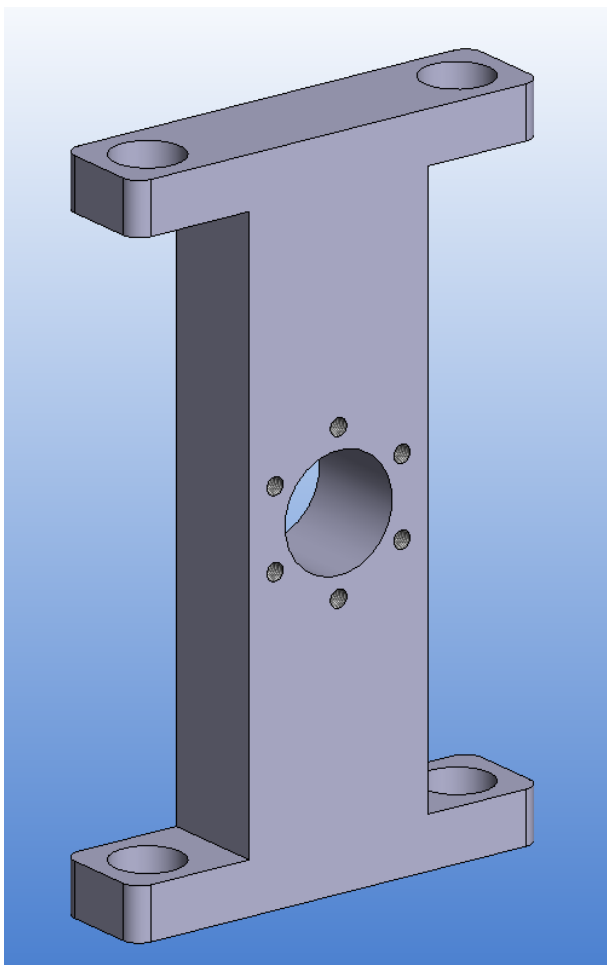
Kuva 13 polaarinen piirresarja

Viimeistelin osan pyöristämällä kulmat. Pyöristystä varten valitaan ctrl-näppäin pohjassa halutut kulmat ja hiiren oikean näppäimen takaa löytyy pyöristä/viistä - toiminto, jonne annetaan haluttu pyöristyssäde.



Kuva 14 kulmien pyöristys

Tämän jälkeen osan mallinnus on valmis ja seuraavassa kuvassa näkyy valmis osa.



Kuva 15 valmis osa

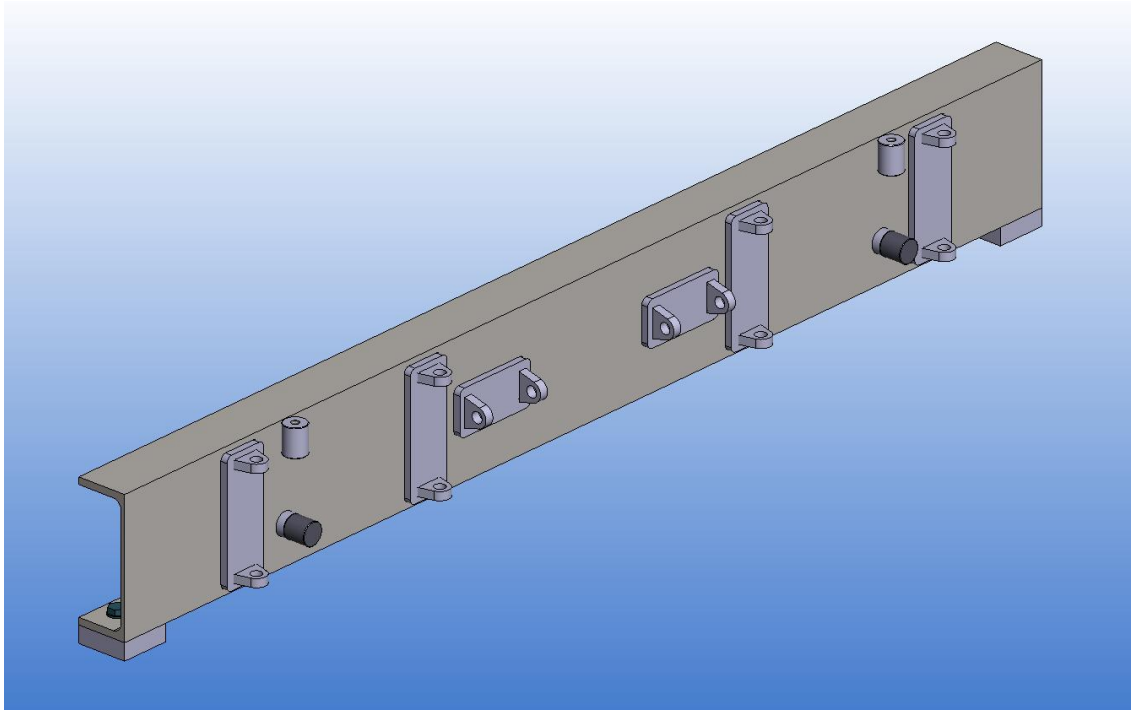
Kokoonpano kootaan halutuista osista, joiden välille määrätään erilaisia geometriaehtoja. Ehtoja voidaan määrittää osien pintojen, kulmien ja pintaosien välille. Näitä ehtoja ovat esimerkiksi yhtenevyys, samankeskisyys, pintojen välinen kulma, tangentiaalisuus, yhdensuuntaisuus ja niin edelleen. Näitä ehtoja hyväksi käyttäen saa täysin jäykän kokoonpanon. Vertexissä ei ole erikseen simulaatio-toimintoa, joten ehtoja pitää antaa vain sen verran, että kokoonpano pääsee liikkumaan haluamallaan tavalla ja näin voi esimerkiksi tarkkailla mahdollisia törmäystilanteita tai muita ongelmakohtia.

Ensimmäisenä toin kokoonpanoon U-palkit, jotka voi tuoda suoraan Vertexin profiilikirjastosta. Sieltä löytyy myös paljon muitakin standardisoituja profiileja, kuten yleisimmät rautapalkit, putket, tangot ja niin edelleen.

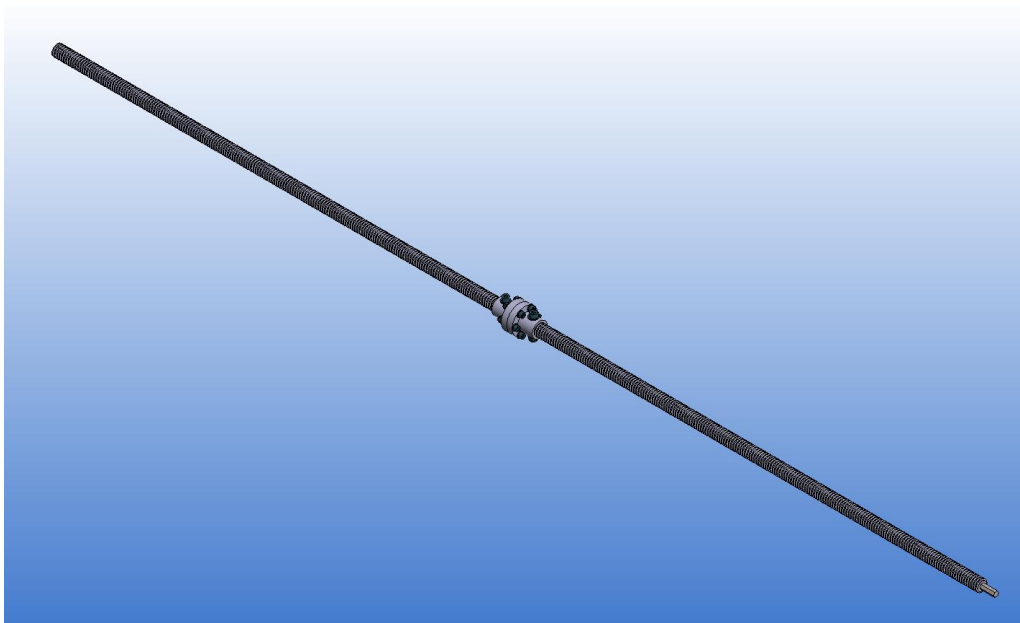
Anoinnin U-palkeille tarvittavat geometriset ehdot, jotta ne liikkuvat symmetrisesti toisiinsa nähden siten, että vain palkkien nostopintojen etäisyyttä saa säädettyä asiakkaan asettamien arvojen välillä.

Tämän jälkeen keräsin mallinnetut osat ensin yhteen kokoonpanoon. Kun osat rupesivat asettumaan paikoilleen ja nivelsysteemi palkkien etäisyyttä säädettyä liikkuvia ongelmitta, oli aika ruveta purkamaan kokonaisuutta pienemmiksi ryhmiksi, eli alikokoonpanoiksi. Tässä työssä esiintyy monta samanlaista osien yhdistelmää/ryhmää, joten on paljon helpompi muokata ja käsittää näitä ryhmiä omana kokoonpanona. Alikokoonpanoilla on myös helppo jakaa eri työvaiheita ja piirustusten laatimista tämä helpottaa myös huomattavasti, koska ei tarvitse yhteen piirustukseen laittaa liikaa tietoa.

Seuraavassa pari esimerkkiä alikokoonpanoista.

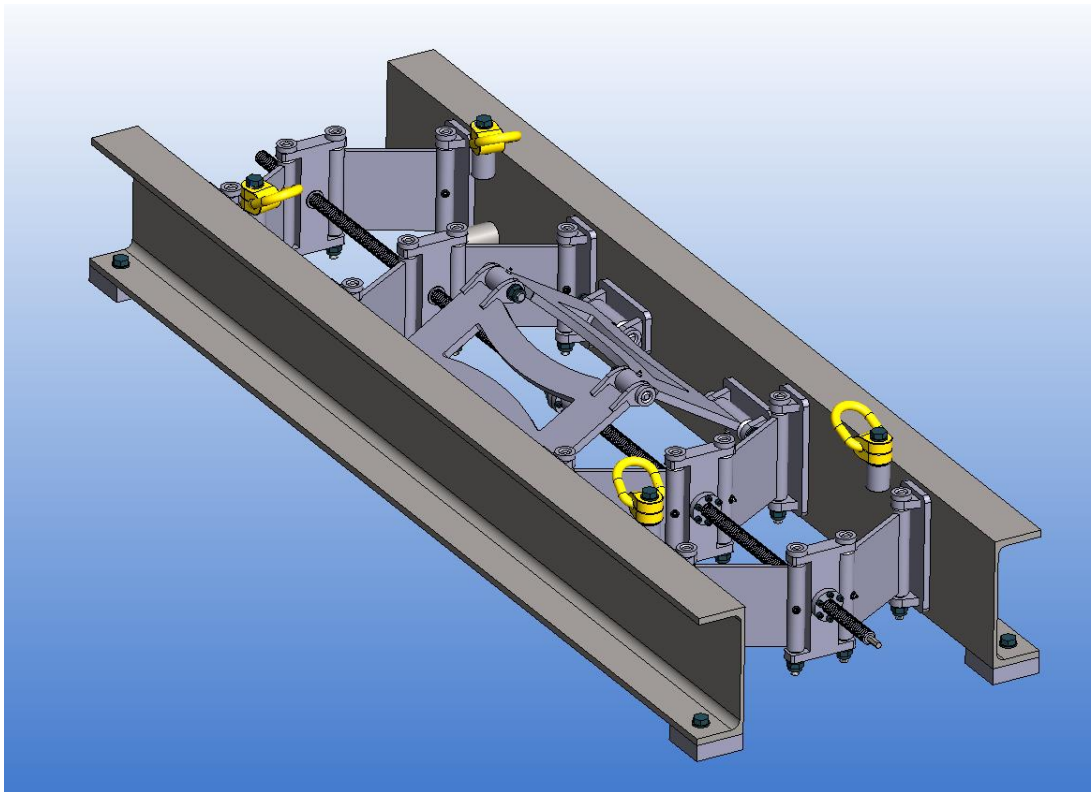


Kuva 16 toinen U-palkki ja siihen liitettävät osat ja alikokoonpanot

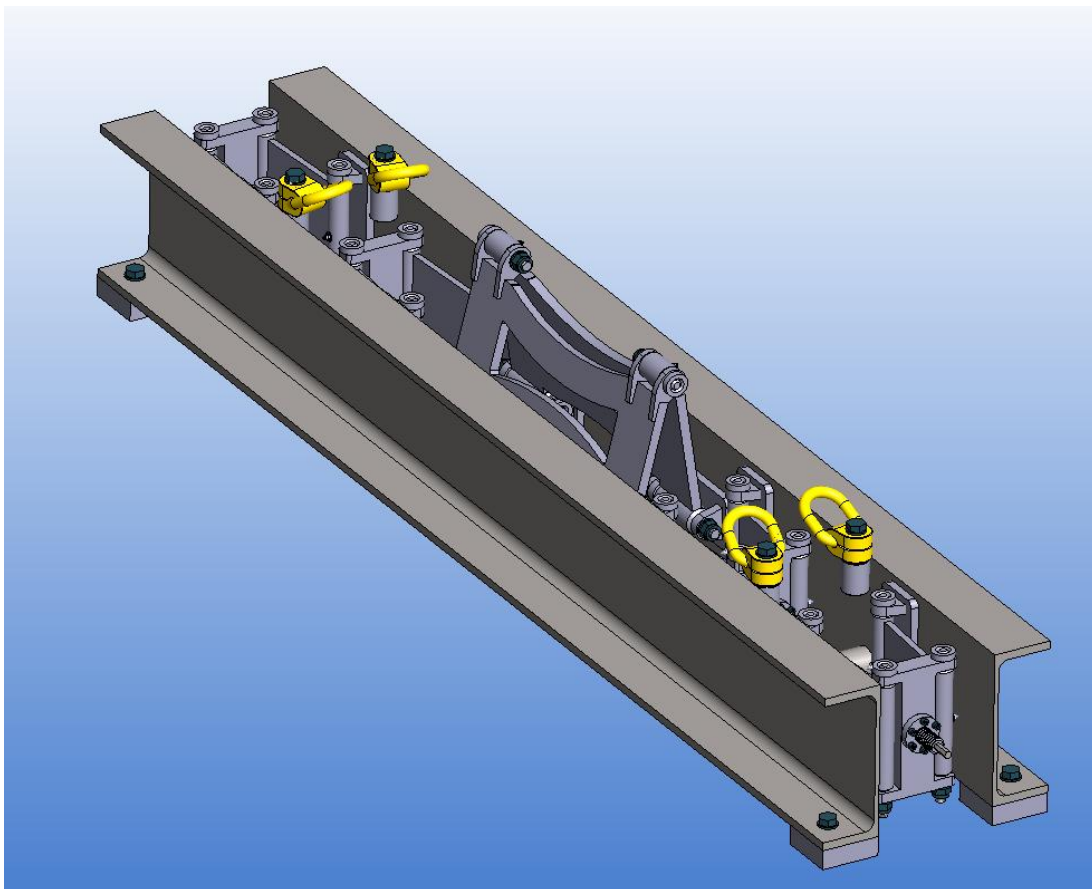


Kuva 17 Oikean- ja vasemmankäden trapetsiruuvien yhdistäminen laippamuttereilla

Kun kaikki osat ja alikokoonpanot olivat valmiita ja pääkokoonpano todettu toimivaksi, eli kaikki osat mahtuvat liikkumaan palkkien välissä, oli aika lisätä vielä tarvittavat aluslevyt, mutterit ja ruuvit. Nämä löytyvät suoraan komponenttikirjastosta, josta löytyy kattava kokoelma standardikomponentteja.



Kuva 18 Pääkokoonpano auki

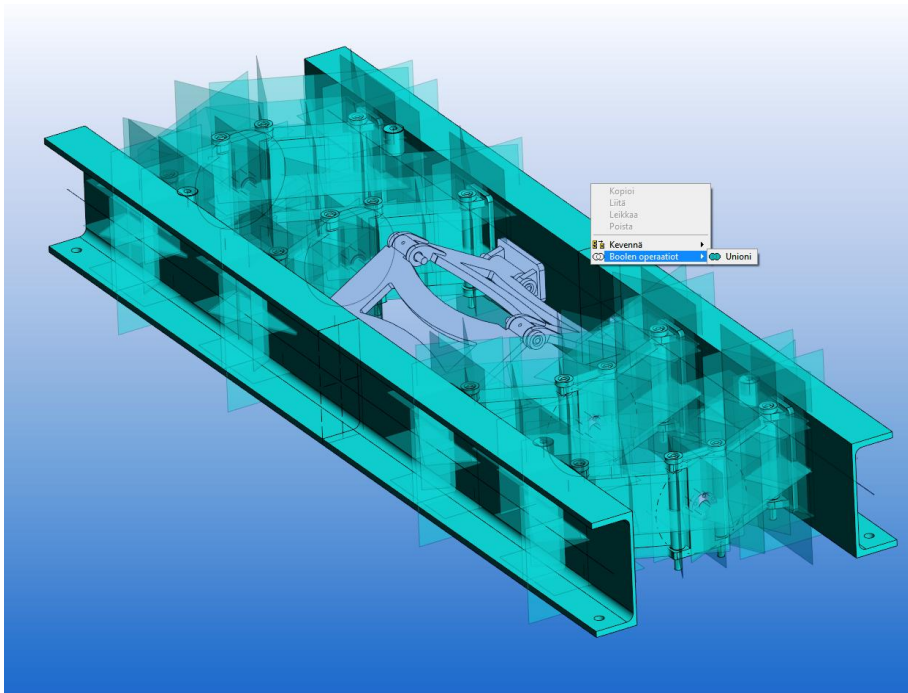


Kuva 19 Pääkokoonpano kiinni

4.4 FEM-analyysi

4.4.1 Mallin valmistelu analyysia varten

FEM-analyysin tekemiseen käytin Ansys-ohjelmaa. Käytössä oleva lisenssi kattaa vain yksittäisen osan tuonnin simulaatioon, eli en saanut kokoonpanon mallia tuotua Ansyskseen. Näin ollen kokoonpanon yksittäisistä osista täytyy tehdä yksi kokonainen osa. Tässä vaiheessa karsin kaiken ylimääräisen mallista pois ja jätin kokoonpanoon lujuustarkastelun kannalta olennaiset osat ja yhdistin ne yhdeksi osaksi. Vertex-ohjelmalla kyseinen operaatio tehdään boolean-toimintoa käyttäen. Tämä tapahtuu niin, että haluttuun kokoonpanoon tehdään kokoonpano-ikkunassa uusi osa. Tämän jälkeen nimetään osa, jonka jälkeen ollaan uuden osan muokkaus tilassa, mutta kokoonpano näkyy myös tässä tilassa, koska muokkausta toteutetaan kokoonpanotilassa, eikä avattu omaan ikkunaansa. Uuden osan muokkaustilassa voidaan valita kokoonpanosta halutut osat klikkaamalla haluttuja osia hiiren vasemmalla näppäimellä ja pitäen ctrl-näppäintä pohjassa. Kaikki kokoonpanon osat voidaan valita aktiiviseksi piirtämällä hiirellä neliö, jonka sisään koko kokoonpano mahtuu. Neliön piirto aloitetaan vasemmasta alakulmasta painamalla hiiren vasen näppäin pohjaan ja raahataan hiiri kokoonpanon yli oikeaa yläkulmaa kohti. Kun halutut osat ovat aktiivisena, klikataan ikkunassa hiiren oikeaa näppäintä ja valitaan tilannekohtaisista "Boolean operaatiot-unioni" - toiminta.



Kuva 20 Boolean operaatiot-unioni

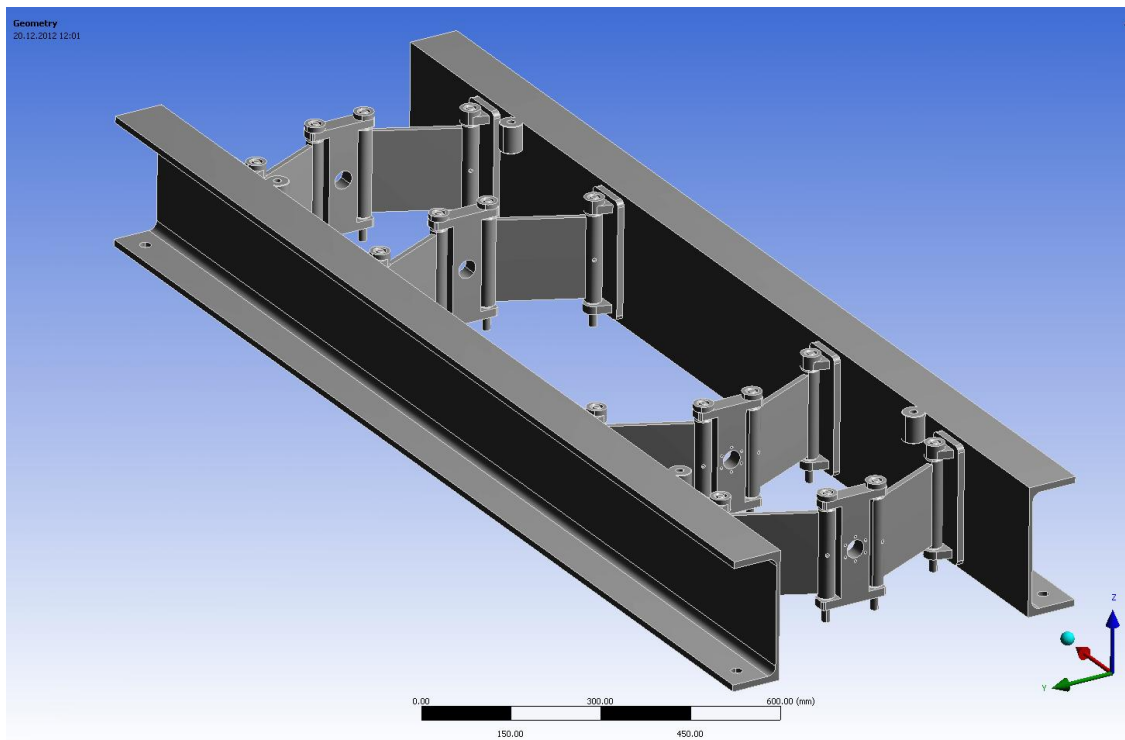
Näin valitut osat yhdistyivät yhdeksi osaksi siihen uuteen osaan, joka kokoonpanossa luotiin.

Tämän jälkeen osa täytyy tallentaa "vie"-toiminnolla iges-tiedostomuotoon, koska Ansys ei tue Vertexin omaa tiedostomuotoa.

Kun kokoonpanosta tehdään yksi kappale, on tärkeää ottaa huomioon mitä osia lujuustarkasteluun tarvitsee, koska mitä vähemmän osia yhdistää, sitä helpommin saa toimivan mallin vietyä lujuusohjelmaan. Osien pitää olla toisissaan aivan kiinni tai mielellään hieman "sisäkkäin". Jos osassa on vaikeita muotoja kuten pieniä välejä, rakoja tai törröttäviä kulmia, se monimutkaistaa elementtiverkon luomista ja koneen tekemiä laskutoimituksia. Pahimmassa tapauksessa elementtiverkkoa ei synny ollenkaan ja luotua mallia ei voi käyttää.

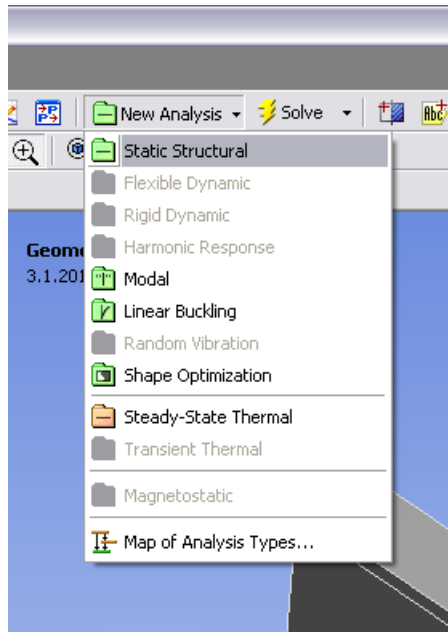
4.4.2 Mallin tuonti, haluttu analyysi ja materiaalitiedot

Valitaan uusi projekti "new workbench" ja avataan "browse" -toiminnolla hakuikkuna, josta avataan mallin iges-tiedosto sieltä minne se Vertexistä tallennettiin. Tämän jälkeen avataan "simulation" -tila ja kappaleen geometria näkyy ikkunassa.



Kuva 21 kappaleen geometria

Simulointitilassa valitaan myös haluttu analyysi. Tässä tapauksessa käytettiin staattista rakenteellista analyysia.



Kuva 22 uuden analyysin valintaikkuna

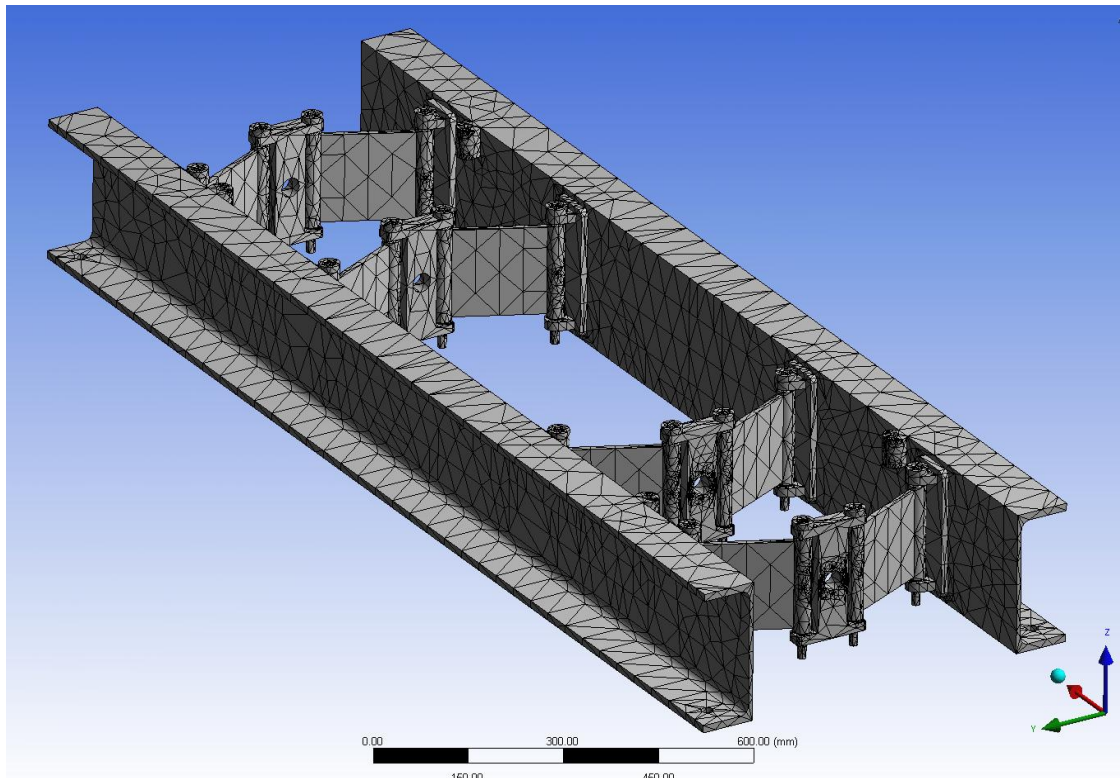
Engineer data - välilehdeltä löytyy materiaalitiedot, jonka mukaan analyysi tehdään kappaleelle. Sinne päivitettiin S355 rakenneteräksen tiedot.

Structural Steel	
<input type="checkbox"/> Structural Add/Remove Properties	
<input type="checkbox"/> Young's Modulus	2,e+005 MPa
<input type="checkbox"/> Poisson's Ratio	0,3
<input type="checkbox"/> Density	7,85e-006 kg/mm
<input type="checkbox"/> Thermal Expansion	1,2e-005 1/°C
<input type="checkbox"/> Alternating Stress	
<input type="checkbox"/> Strain-Life Parameters	
<input type="checkbox"/> Tensile Yield Strength	355, MPa
<input type="checkbox"/> Compressive Yield Strength	355, MPa
<input type="checkbox"/> Tensile Ultimate Strength	510, MPa
<input type="checkbox"/> Compressive Ultimate Strength	0, MPa

Kuva 23 analyysin materiaalitiedot

4.4.3 Elementtiverkon luominen

Tuotuun malliin luodaan elementtiverkko, joka luodaan generate mesh -toiminnolla. Tämä mahdollistaa FEM-analyysin laskennat ohjelmassa. Tämä on mielestäni paras tehdä heti ensimmäisenä tuotuun malliin, koska jos ohjelma ei kykene luomaan elementtiverkkoa tuotuun malliin, ei sille voida tehdä minkäänlaisia lujuustarkasteluja. Ansys näyttää ongelmakohdat, joihin verkkoa ei voitu luoda.



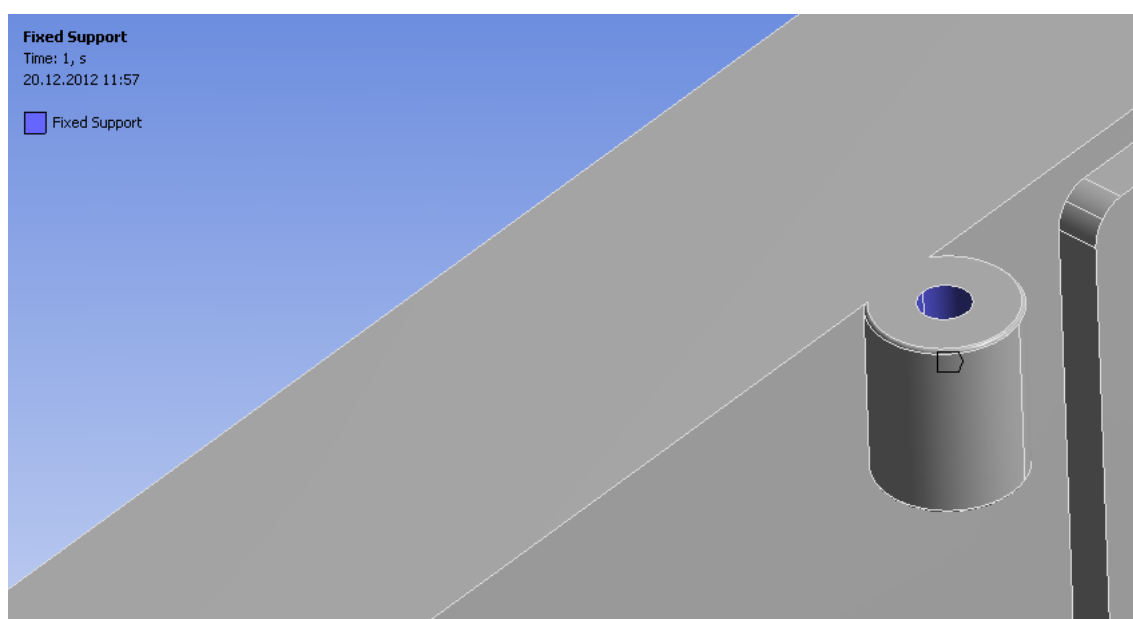
Kuva 24 elementtiverkko

Ansys luo verkon automaattisesti, mutta sen tiheyttä eri kohdissa voidaan vaihtaa. Verkko on automaattisesti tiheämpi kriittisemmissä kohdissa kuten kulmissa, taivutuksissa, reikien kohdalla jne. Ja vastaavasti harvempi suuremmilla ja tasaisilla pinnoilla. Mitä tiheämpi verkko on, sitä tarkemmat, mutta myös koneelle raskaammat laskutoimitukset ovat.

4.4.4 Tukipinnat ja kuormitukset

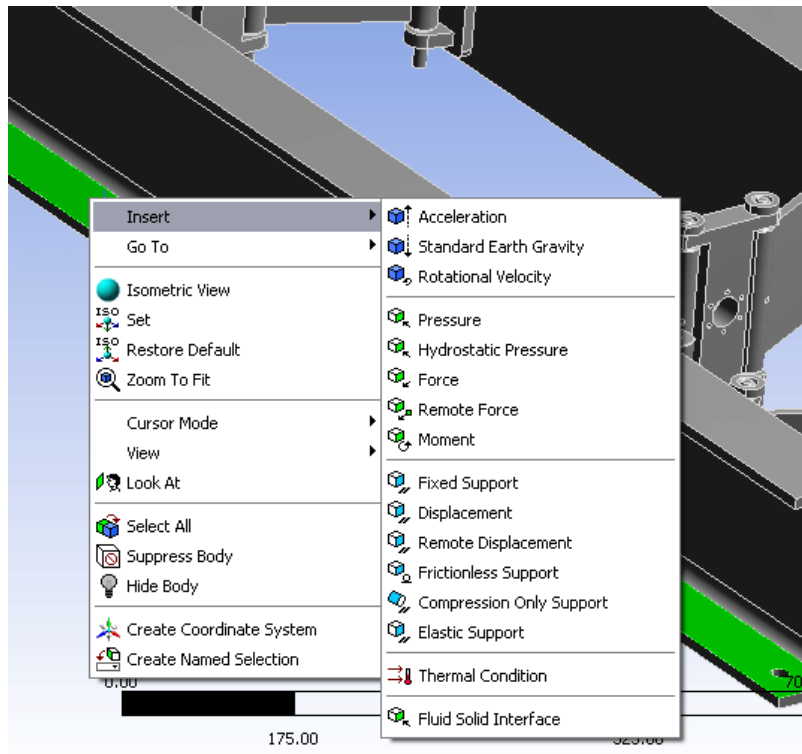
Seuraavaksi määritettiin mallista tukipinnat ja malliin kohdistuvat kuormat, eli voimat.

Tässä mallissa tukipinnoiksi valittiin nostosilmukoiden kiinnitysreikien sisäpinnat, joihin nostosilmukoiden pultit kierretään. Kaikkien neljän kiinnitysreiän sisäpinnat saadaan valittua siten, että pidetään ctrl-näppäin pohjassa samalla kun valitaan hiiren vasemmalla näppäimellä halutut pinnat. Tämän jälkeen hiiren oikeasta näppäimestä aukeaa valikko, josta valitaan "fixed support" toiminto, jonka jälkeen halutut pinnat ovat kiinteitä tukipintoja.



Kuva 25 yksi neljästä tukipinnasta

Kuormituksia varten valittiin U-palkkien sisäpuolen alapinta, eli pinta jota vasten nostettavan nostimen pyörät tukevat ja näin ollen kuormasta aiheutuvat rasitukset syntyvät. Pinnat valittiin samalla tavalla kuin tukipinnatkin ja valikosta valittiin voima, eli "force" toiminto.



Kuva 26 valitun pinnan toiminto-valikko

Tämän jälkeen määritetään voimien komponentit vektorimuodossa, eli x-, y- ja z-suunnalle. Tässä tapauksessa riittää kun valitaan molemmille voimille vain miinus z-suunnalle voima, eli alaspäin. Kokonais kuorma on maksimissaan 3 000 kg, eli 1 500 kg molemmille tukipinnoille. Kuormat annetaan voimina ja ne muutetaan voimiksi seuraavalla kaavalla:

$$F = m \times g$$

$$F = \text{voima (N)}$$

$$m = \text{massa (kg)}$$

$$g = \text{maanvetovoiman kiihtyvyys } 9,81 \text{ m/s}^2$$

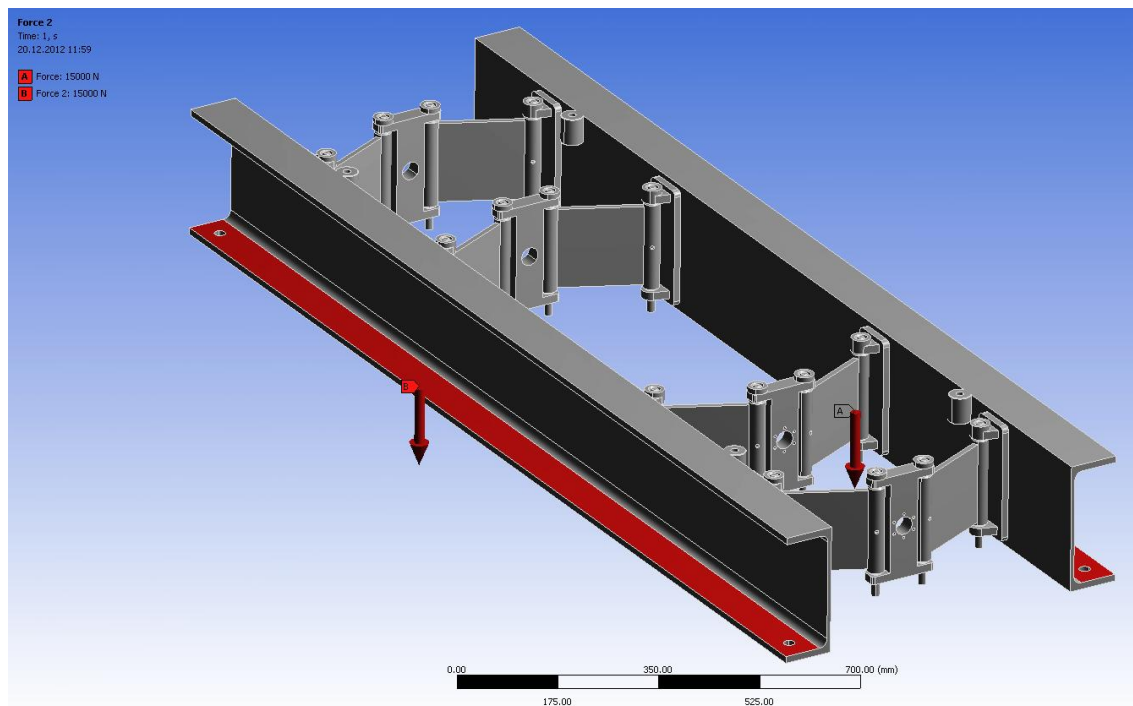
$$F = 1\,500 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 14715 \text{ N}$$

Pyöristin voiman tasan 15 000 N ja näin sain siitäkin hieman lisää varmuutta laskuihin.

Details of "Force"	
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Face
Definition	
Define By	Components
Type	Force
<input type="checkbox"/> X Component	0, N (ramped)
<input type="checkbox"/> Y Component	0, N (ramped)
<input type="checkbox"/> Z Component	-15000 N (ramped)
Suppressed	No

Kuva 27 voiman vektori-komponentit

Rasitukset eivät vastaa täysin todellisuutta, koska tässä tarkasteltiin staattista kuormitusta. Jos esimerkiksi kuormaa laskettaessa tulee äkkipysäytys, syntyy hetkellisesti suurempi rasitus. Tämänkin takia oli mielestäni hyvä pyöristää voimat ylöspäin.

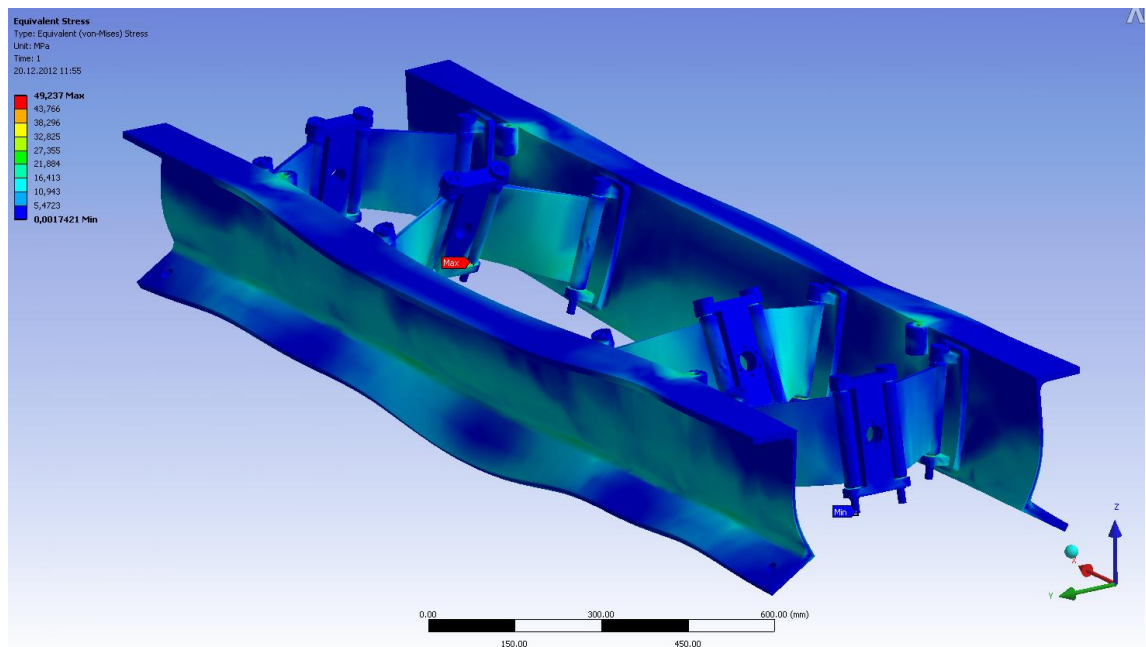


Kuva 28 rasitukset

4.4.5 FEM-analyysin tulokset

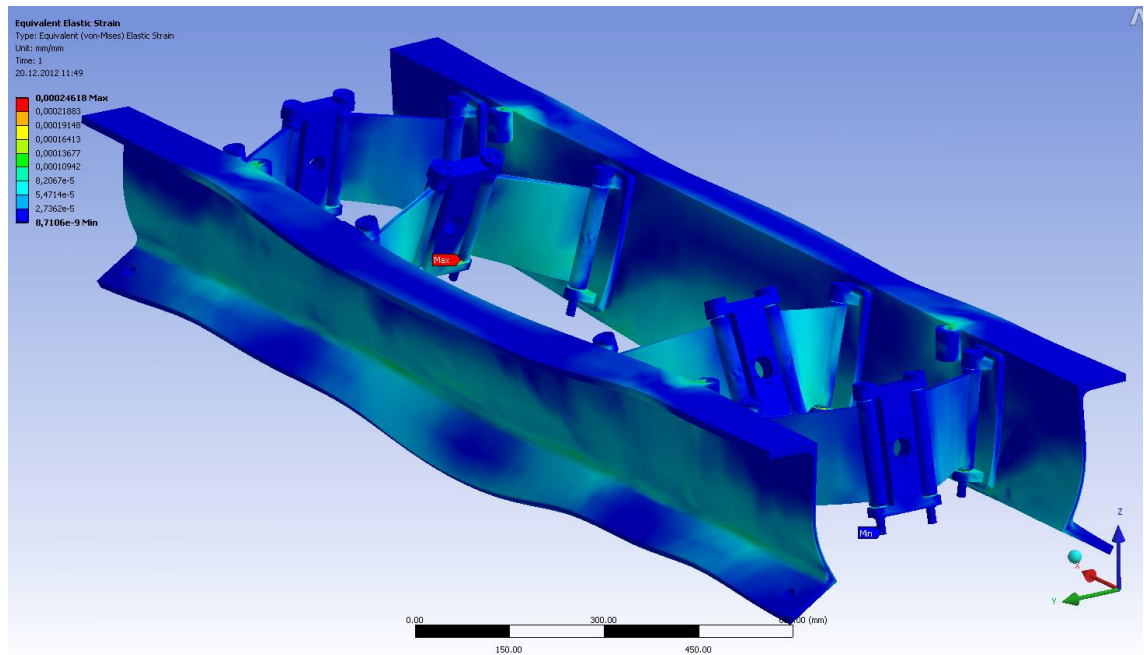
Tässä osiossa tarkastellaan Ansysksesta saatuja tuloksia. Pääasiassa tarkasteltiin jännityksiä, muodonmuutoksia ja varmuuskerrointa. Graafisten esityksien muodon muutokset ovat skaalattu todellista suuremmiksi, koska näin niitä on parempi tarkastella ja todellisia muutoksia olisi miltei mahdoton havaita.

Jännityksien analysointiin käytettiin ekvivalenttista jännitystä, koska silloin ohjelma laskee yhteen erisuuntaiset jännitykset, vääntömomentit sekä leikkausvoimat.



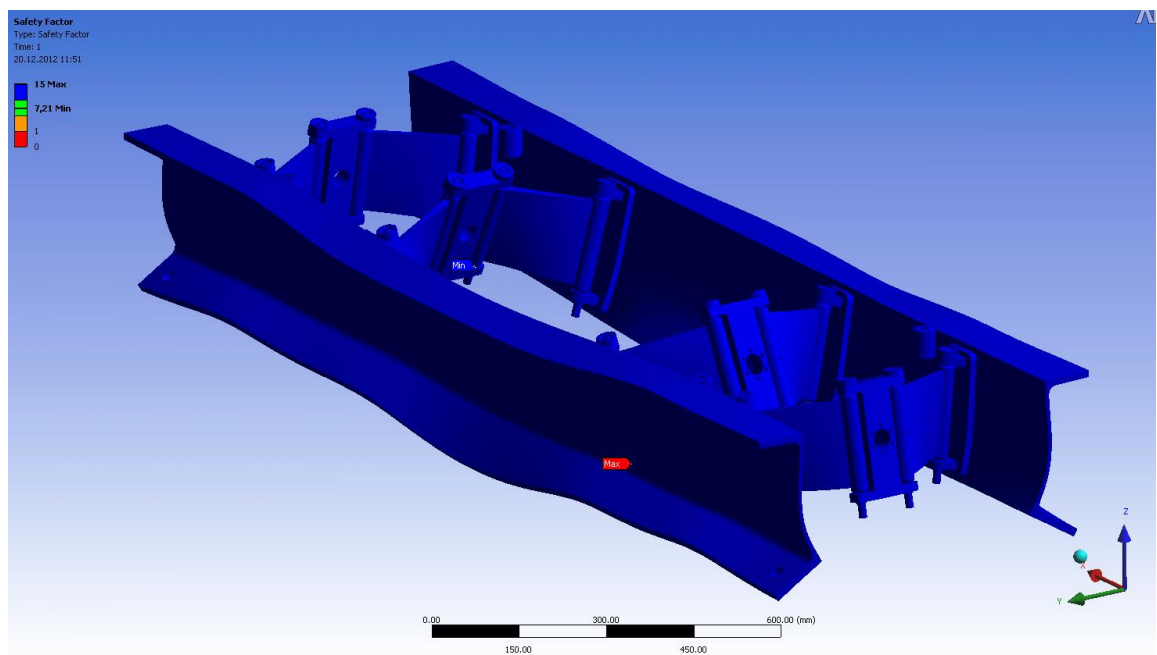
Kuva 29 ekvivalenttisten jännitysten esitys

Ekvivalenttisen jännityksen maksimi arvoksi saatiin n. 49,24 MPa. Maksimi jännityskohta näkyy kuvassa punaisella "Max"-osoittimella.



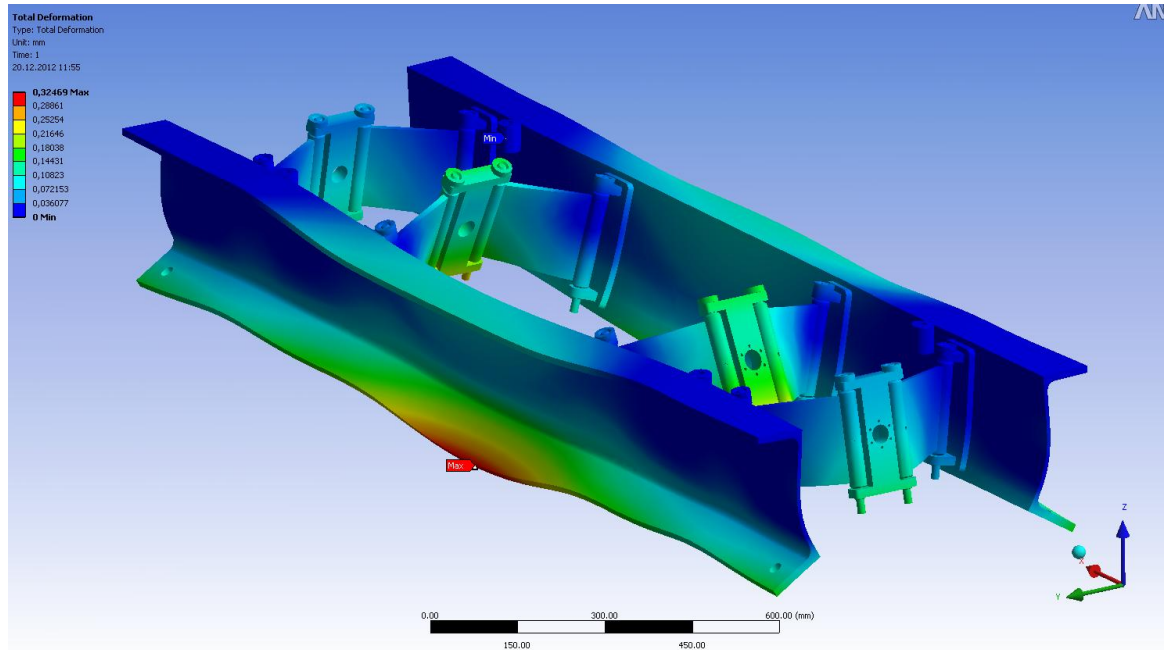
Kuva 30 ekvivalenttisten suhteellisten venymien esitys

Ekvivalentiset suhteelliset venymät kulkevat käsikädessä ekvivalenttisten jännityksien kanssa, eli missä on suurin jännitys, on myös suurin suhteellinen venymä (Hooken-laki). Näin ollen graafiset esityksetkin ovat identtiset, mutta tarkasteltavat tulokset vaihtuvat.



Kuva 31 turvakertoimen esitys

Ansystksesta löytyi myös työkalu, joka antaa suoraan varmuusluvun kyseiselle analyysille. Kuvassa näkyvät maksimi ja minini arvot, mutta miniarvohan on se ratkaisevin tekijä. Tässä tapauksessa päästiin yli 7 varmuuslukuun, joka on varmasti tarpeeksi.



Kuva 32 muodonmuutosten esitys

Muodonmuutosten arvoja voi tarkastella värien perusteella, jotka ovat graafisessa esityksessä ilmoitettu. Muodonmuutokset näyttävät olevan loogisia, koska suurin palkin taipuma on keskellä palkkia, eli siellä mistä on suurin etäisyys molemmille tuki/nostopisteille. Suurin muodonmuutos on alle puoli millimetriä, joten muodonmuutoksista ei tarvitse murehtia.

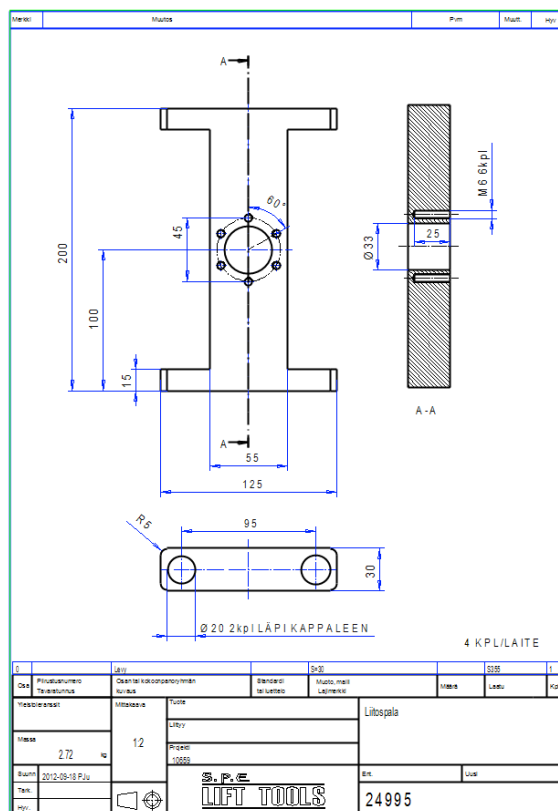
4.5 Piirustukset

Sen jälkeen kun osa- ja kokoonpanomallit ovat valmiita, sekä riittävät lujuudet varmistettu, on aika laatia tarvittavat 2D-piirustukset välineen valmistusta varten.

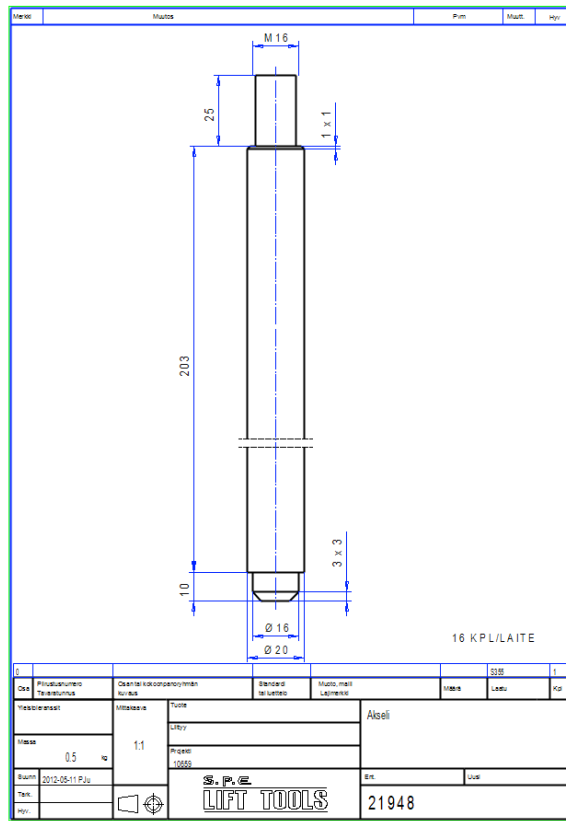
Tarvittavien tietojen esittämiseen voi joutua tekemään esimerkiksi osasuurennoksia, leikkauskuvantoja, viitetekstejä tai muita merkintöjä, jotta kaikki tiedot ja yksityiskohdat selviävät piirustuksista.

4.5.1 Valmistuskuvat

Osien valmistusta varten tehtävät piirustukset, joista on löydyttävä kaikki valmistusta edellyttävät tiedot, kuten kappaleen mitat, mahdolliset koneistukset, materiaalitiedot, kappalemäärät ja niin edelleen. Tässä muutama osapiirustus.

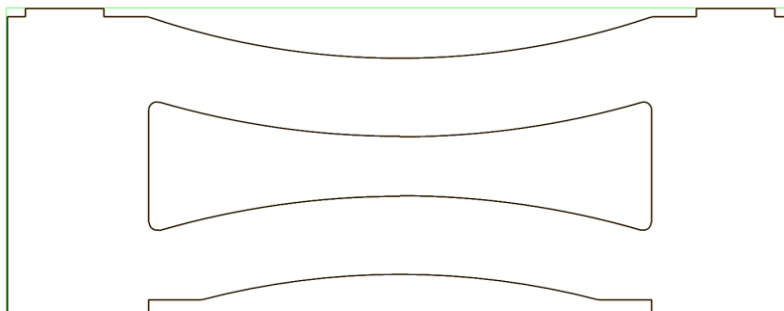


Kuva 33 osapiirustus



Kuva 34 osapiirustus

Leikattavia levyosia varten tein levyjen leikkaus profiilin 2D-piirustuksesta DXF-tiedoston, jota voi hyödyntää suoraan esimerkiksi laser-leikkurilla. Leikkuria ohjaava ohjelma saa DXF-tiedostosta luettua leikattavan muodon. DXF-tiedostoa varten luodaan normaali Vertexin 2D-piirustus, johon tuodaan vain "päältä"-kuvanto, josta näkyy levystä leikattava muoto. Mittakaavan on hyvä olla suoraan 1:1, eikä siinä saa olla mitään muuta kuin leikattava muoto, koska ohjelma lukee kaiken datan mitä kuvassa on ja leikkaa sen mukaan. Piirustuksesta luodaan DXF-tiedosta "vie" toiminnolla, josta valitaan tiedostomuodoksi .dxf ja tallennetaan haluttuun paikkaan.



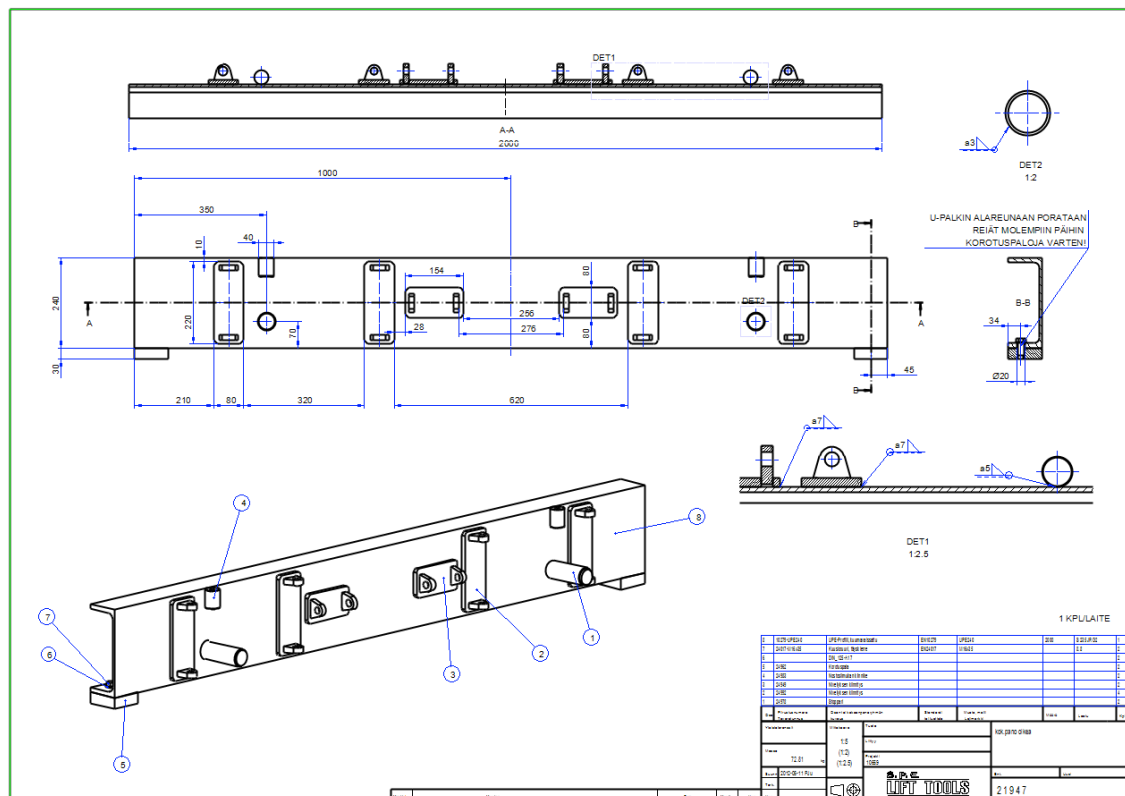
Kuva 35 mallikuva piirustuksesta, joka tallennetaan DXF-tiedostoksi

4.5.2 Työkuvat

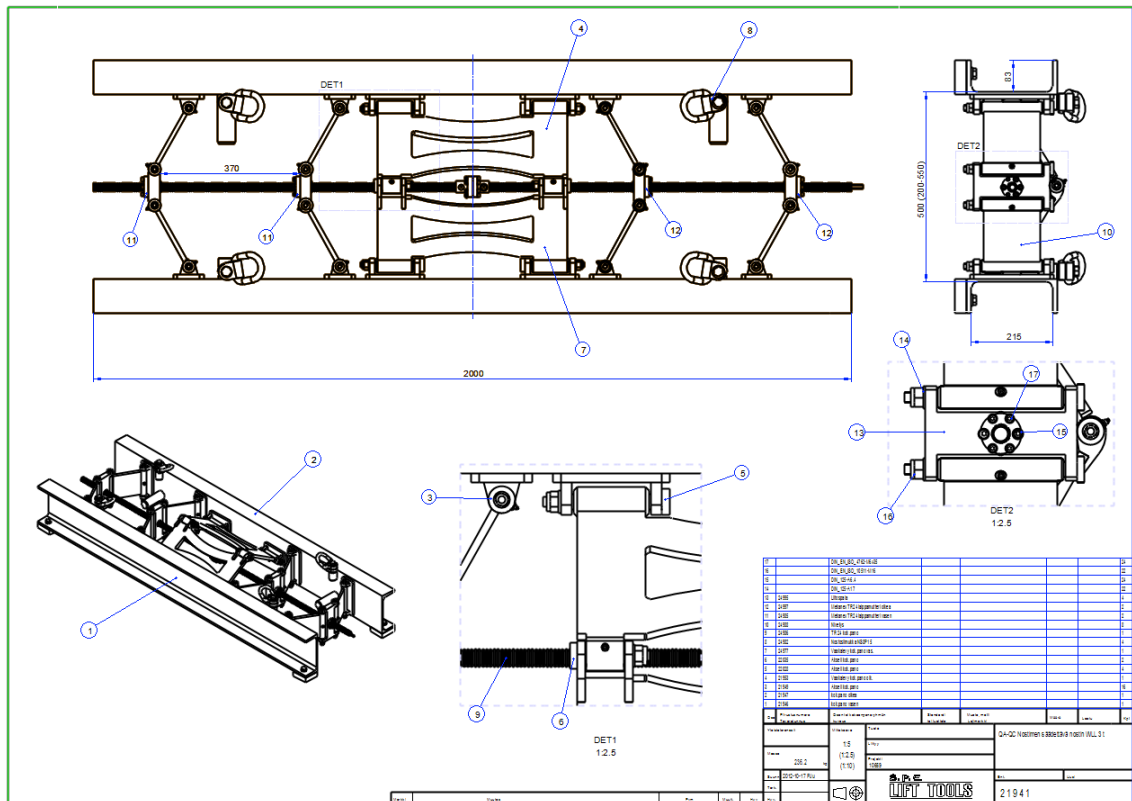
Näistä piirustuksista on löydettävä tiedot laitteen kokoonpanoa ja asennusta varten. Näitä tietoja ovat muunmuassa osien paikoituksen mittatiedot, hitsausmerkinnät, kokoonpanon koneistukset, työjärjestykset, muutostyöt, osanumerointi, lista kokoonpanossa olevista komponenteista ja alikokoonpanoista sekä kaikki asiaankuuluvat merkinnät ja huomautukset.

Tarvittavien tietojen määrä riippuu täysin valmistettavasta laitteesta. Mitä suurempi kokonaisuus on kyseessä, kannattaa se jakaa pienempiin alikokoonpanoihin, kuten jo aikaisemmin mainitsin. Näin ollen ei tarvitse yrittää saada kaikkia tietoja ja yksityiskohtia yhteen piirustukseen. Tämä selkeyttää ja helpottaa piirustusten lukemista.

Seuraavassa pari esimerkkiä kokoonpanopiirustuksista.



Kuva 36 työkuva



Kuva 37 kokoonpanokuva

4.6 Valmis nostoapuväline

4.6.1 Dokumentointi

Valmiille nostoapuvälineelle on laadittavat seuraavat dokumentit:

- Käyttö- ja huolto-ohje, josta löytyy kuvaus laitteen oikeanlaisesta käytöstä, välineen päämitat, käyttöolosuhteet, suurin sallittu nostokuorma sekä huolto-ohjeet.
- Vaatimustenmukaisuusvakuutus, josta löytyy sovelletut standardit ja määräykset, materiaalitiedot, sarjanumerot, valmistajan tiedot, asiakkaan tiedot, laitteen nimike tai kuvaus, suurin sallittu nostokuorma ja vaatimustenmukaisuudenvakuutuksen myöntäjä sekä allekirjoitus.

4.6.2 Laitekilpi

Nostoapuvälineen konekilvestä löytyy tieto valmistajasta, suurimmasta sallitusta nostokuormasta, omapaino, sarjanumero, valmistumiskuukausi ja CE-merkintä.

Kaiversin kilven Grapvograph merkkisellä laitteella, jota ohjataan Gravo style -ohjelmalla. Ohjelmassa määritetään kaiverrus alueen koko vastamaan valmiiksi leikattuja kilpiä, jonka jälkeen siihen sijoitetaan tarvittavat tiedot. Tämän jälkeen tarkistetaan laserin voimakkuuden ja nopeuden arvot, jonka jälkeen ohjelma lähettää arvot kaivertimelle, joka kaivertaa kilven.



Kuva 38 laitekilpi

5 LOPPU PÄÄTELMÄT

Työ oli mielenkiintoinen ja kuvasi mielestäni hyvin projektiluontoista työskentelyä asiakkaan tilaaman nostoapuvälineen parissa. Lähdettiin liikkeelle asiakkaan antamista lähtötiedoista, jonka jälkeen etenin mallintamisesta aina dokumentointiin ja laitekilven kaivertamiseen. Haasteellisuutta työhön toi toimivien ratkaisujen pohtiminen. Itse mallinnus ei ollut erityisen vaativaa, vaikka oman aikansa projektista ottikin. Joidenkin kokoonpanopiirustusten kanssa sai miettiä miten saa tarvittavat tiedot ja yksityiskohdat selvästi esitettyä.

Projektin eri vaiheet käytiin järjestyksessä läpi, mutta todellisuudessa projektin eri vaiheet edistyivät rinnakkain. 3D-malleihin tulee muutoksia ja piirustukset muuttuvat muutosten mukana. Lujuustarkasteluja tehdään mallin kehittyessä ja asiakkaalta saattaa tulla joitain lisätoiveita projektiin liittyen. Joskus voi käydä niinkin, että jokin ratkaisu menee kokonaan uusiksi, jonka johdosta pitää päivittää kaikki muutokseen liittyvät asiat. Tässäkin projektissa malli muuttui useaan otteeseen ja lopullisia ratkaisuja hiottiin mahdollisimman tarkkaan.

Osat on tilattu ja välineen kokoonpano aloitetaan konepajalla mahdollisimman nopeasti, mutta muutoksia voi vieläkin tulla, koska tämä on ensimmäinen kerta kun valmistamme tällaisen nostoapuvälineen.

Sain työstä paljon lisää kokemusta ja tietoa, josta on varmasti hyötyä työurallani.

LÄHTEET

Muokatut teräkset, Raaka-ainekäsikirja 1, 3. uudistettu painos, julk.
MET(Metalliteollisuuden Keskusliitto), kust. Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

SFS-käsikirja 79 Nostoapuvälineet 2001, 3. uudistettu painos, Maaliskuu 2001,
SUOMENSTANDARDISOIMISLIITTO.

ELEMENTTIMENETELMÄN PERUSTEET

SESSIO 01: Johdanto. Elementtiverkko. Solmusuureet.

<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/material/attachments/vanhaamk/digma/5h5F5G0jJ/FES01.pdf>

<http://korjakumi-fi->

bin.nettiavain.fi/@Bin/444f4a7e74f03ec01a37f46ae6dd7765/1358780413/application/pdf/139926/102%20T%C3%A4rin%C3%A4neristimet.pdf

<http://lifttools.fi>

New CXT presentation.pdf

<http://www.mekanex.se/fi/>

<http://www.haklift.com/>