

Panu Ojala

Nostoapuvälineiden mallinnus ja lujuustarkastelu

Opinnäytetyö

Syksy 2009

Tekniikan yksikkö

Tietotekniikka

Mekatroniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Tietotekniikan koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Mekatroniikan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Panu Ojala

Työn nimi: Nostoapuvälineiden mallinnus ja lujuustarkastelu

Ohjaaja: Mika Kumara

Vuosi: 2009

Sivumäärä: 31

Liitteiden lukumäärä: 1

Työn tarkoituksena oli mallintaa ja piirtää Ylistaron terästakomo Oy:ssä käytössä olevat, itse valmistetut nostoapuvälineet.

Nostoapuvälineet mallinnettiin ja niistä tehtiin piirustukset. Nostoapuvälineille tehtiin lujuusmallinnus suurimman sallitun kuorman määrittämiseksi. Nostoapuvälineisiin merkittiin suurin sallittu nostokuorma sekä muut tarvittavat tiedot.

Nostoapuvälineistä kerättiin tekninen tiedosto, jossa on kaikkien nostoapuvälineiden tekniset piirustukset, lujuuslaskelmat, ohjeet ja EY-vaatimuksenmukaisuusvakuutus. Nämä tiedot säilytetään yrityksen hallussa, josta ne voidaan esittää eri viranomaisille pyydettyäessä.

Opinnäytetyö onnistui hyvin ja työsuojelutarkastajan käydessä elokuussa 2009, ei nostoapuvälineistä löytynyt moitittavaa. Näin ollen työlle asetetut tavoitteet ja vaatimukset saavutettiin.

Asiasanat: Mallintaminen, tekninen piirustus, lujuustarkastelu

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology
Degree programme: Information Technology
Specialisation: Mechatronics

Author: Panu Ojala

Title of the thesis: Modelling and strength calculation of lifting instruments

Supervisor: Mika Kumara

Year: 2009

Number of pages: 31

Number of appendices: 1

Purpose of this project was drawing and modelling self made lifting instruments that are in used in Ylistaron terästäkomo Oy. The lifting instruments were modelled and drawings were made. Strength calculation was made to lifting instrument so that maximum lifting capacity could be documented.

A technical file was collected from lifting instruments. It contained data from all of the lifting instruments including modelling, drawing pictures, strength calculations, manuals and EY- declaration of conformity. This technical file is kept in Ylistaron terästäkomo Oy where it can be present when asked.

The thesis was successful and when the industrial safety inspector visited the company in August 2009 he had nothing to complain about the lifting instruments. All the objectives and requirements set for this project were, therefore, achieved.

Keywords: Modelling, technical drawing, strength analysis

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

1 JOHDANTO	8
1.1 Ylistaron terästakomo Oy	8
1.2 Työn lähtökohta ja tavoitteet	11
2 NOSTOAPUVÄLINEET	12
2.1 Säännökset	12
2.2 Nostoapuvälineiden käyttö	13
3 NOSTOAPUVÄLINEIDEN MALLINNUS	14
3.1 Suunnittelu ja ohjelman valinta.....	14
3.2 SolidWorks Office Premium 2007	14
3.3 Tarvittavat kuvat	16
3.3.1 K-osat.....	17
3.3.2 L-osat	17
3.4 Mallinnus	17
3.5 Piirustus.....	18
3.6 Kokoonpano	20
4 LUJUUSTARKASTELU	23
5 NOSTOAPUVÄLINEIDEN MERKINTÄ	28
6 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET	30
LÄHTEET	31
LIITTEET	32

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

VNP Valtioneuvoston päätös

BOM Bill of materials. Suomeksi materiaalilista.

FEM Finite Element Method. Suomeksi elementtimenetelmä.

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

TAULUKKO 1. Lujuuslaskennassa käytetyt myötörajat ja murtolujuudet.....22

TAULUKKO 2. Nostoapuvälineiden suurimmat sallitut kuormat.....26

1 JOHDANTO

1.1 Ylistaron terästakomo Oy

Vuonna 1954 Perustettu Ylistaron terästakomo Oy aloitti toimintansa tekemällä maa- ja metsätalouden työvälineitä. Myöhemmin yritys erikoistui tekemään polttopuun valmistamiseen erikoistuneita koneita ja niiden lisävarusteita. Nykyään yritys tekee myös metalliteollisuuden alihankintaa.

Terra Patris-konsernin kanssa tehtyjen yrityskauppojen kautta Ylistaron terästakomo Oy:stä tuli sen tytäryhtiö. Terra Patris-konserniin kuuluu Ylistaron terästakomo Oy:n lisäksi kaksi klapi-konevalmistajaa. Muita konsernin tytäryhtiöitä ovat Maaselän kone Oy, Laitilan Rautarakenne Oy, Metalpower Oy, Unisto Oy sekä Seliö Boats Oy. Ylistaron terästakomo Oy:n liikevaihto vuonna 2008 oli noin 9 miljoonaa euroa, joista noin puolet tuli viennistä. Yritys työllistää tällä hetkellä 50 henkilöä. (Vaurio 2009.)

Yrityksellä on oma levyosasto, jossa se tekee levyosat omiin Palax-klapi-koneisiin sekä suorittaa erilaista metalliteollisuuden alihankintaa. Konekantana sillä on Amada-laserit, kaksi Finn-Power-levytyökeskusta, levyleikkureita sekä Amadan ja Alikon CNC-ohjatut särmäyspuristimet. Alihankinta koostuu ohutlevy- ja särmäystöistä. Lisäksi tehdään myös hitsausta sekä kokoonpanoa. Levyosasto valmistaa omana tuotteena hyllystöön kiinnitettäviä, sinkittyjä vetotasoja. (Palax 2008.)

Palax on yrityksen oma tuotemerkki. Se valmistaa sekä ammatti- että yksityiskäyttöön tarkoitettuja polttopuu- eli klapi-koneita. Koneita on kahdenlaisia. Osa on tarkoitettu pelkästään puiden halkomiseen ja toiset ovat sekä puun katkaisuun että halkomiseen tarkoitettuja koneita. Puun katkaisu tapahtuu pienemmissä malleissa ketjusahalla ja isommissa malleissa puu katkaistaan sirkkelinterällä. Katkaistu klapi halkaistaan painamalla hydraulisella työntösylinterillä halkaisuterään. Pienim-

mässä mallissa (Palax 55) puunhalkaisu tapahtuu työntösynteristä poiketen kierrekartiolla. Siinä puu työnnetään vasten pyörivää halkaisukartiota, joka halkaisee puun.

Pelkkään puun halkaisuun tarkoitettut Logsplit 60 -sarjan hydraulihalkojat on kaikki varustettu hydraulisella, 5000 kg:n työntövoiman omaavalla halkaisusynterillä. Koneet on varustettu turvallisella kaksikäsihjouksella. Siinä puun halkaisu keskeytyy heti, mikäli päästetään irti toisesta käyttövivusta ja työntösynteri palauttaa taakse. Pienemmät puut voidaan halkaista suoraan pikaliikkeellä, joka on noin kaksi kertaa nopeampi, kuin vakioliike. Pitemmät puut, maksimissaan 60 cm, halkaistaan alkuun vakioliikkeellä ja kun puu on lähtenyt halkeamaan voidaan se halkaista loppuun pikaliikkeellä. Logsplit 60 -hydraulihalkoja on saatavilla kolmena eri mallina. Se voidaan varustaa joko traktori-, sähkö- tai polttomoottorikäytöllä (kuva 1). Koneissa on vakiona pikalukituksen toimivat kumipyörät, jolloin koneen siirtely on helppoa ja nopeaa. (Palax 2008.)



KUVA 1. Logsplit 60 hydraulihalkoja.

Yrityksen uusin, Power 90 -sarja (kuva 2) on suunniteltu kovaan ammattikäyttöön. Se on saatavilla sekä Power 90s- ja Power 90sG -mallina. Power 90s on tarkoitettu jatkuvaan ammattikäyttöön ja on varustettu yläpuolisella 900 mm kovapalaterällä. Lisäksi se on varustettu patentoidulla Palax-optimi-järjestelmällä, täyshydraulisella ohjausjärjestelmällä, syöttökuljettimella, sekä 4,3 metriä pitkällä poistokuljet-

timella. Se on tarkoitettu pohjosiin puulajeihin, kuten koivu, mänty, ja kuusi. Halkaisukourun saa vakiona 2/4-osaan tai lisävarusteena 2/6-osaan halkaisevalla terällä. Halkaisusylinteri on joko 5,6:n tai 8,0:n tonnin työntövoimalla. (Palax 2008.)

Power 90sG on tarkoitettu jatkuvaan ammattikäyttöön myös kovien puulajien, kuten tammi ja pyökki, osalta. 90sG voidaan varustaa joko 10 tai 16 tonnin sylinterillä. Koneessa on vakiona 2/6-osaan halkaiseva terä, mutta on saatavana jopa 2/8-osaan halkaisevalla terällä. Power 90sG:ssä on teräskasetilla varustettu halkaisukouru. Halkaisukouru on erikoisvahvistettu ja se on vaihdettavissa vinssin avulla. Molempia koneita toimitetaan sekä traktorikäyttöisenä että traktori-/sähkömoottorikäyttöisenä yhdistelmäkonena. (Palax 2008.)



KUVA 2. Power 90sG

1.2 Työn lähtökohta ja tavoitteet

Yrityksen valmistamien klapikoneiden tuotantotiloissa on useita eri valmistusvaiheita. Ensin koneiden runkoon tulevat materiaalit katkaistaan raaka-ainetangoista. Sen jälkeen rungot hitsataan kasaan. Hitsauksen jälkeen rungot/osat menevät maalaukseen ja sieltä edelleen eri kokoonpanolinjoille. Näissä eri työvaiheissa joudutaan käyttämään nostolaitteita. Yrityksen tuotteet ovat kuitenkin uniikkeja, eikä niihin ole saatavilla valmiita nostoapuvälineitä. Nämä nostoapuvälineet joudutaan siksi valmistamaan itse.

Kesällä 2008 Ylistaron terästakomossa kävi työsuojelutarkastaja. Yrityksen käyttämissä omavalmiste nostoapuvälineissä huomattiin puutteita. Niitä ei ollut merkitty työsuojelulain vaatimalla tavalla. Niissä olisi tullut olla merkittynä mallinimi ja suurin sallittu kuorma. Nostoapuvälineistä ei myöskään ollut olemassa mitään lain vaatimaa teknistä dokumentaatiota. Työn lähtökohtana oli siis suorittaa työsuojelulainsäädännön edellyttämät toimenpiteet nostoapuvälineiden osalta. Tavoitteena on seuraavaan työsuojelutarkastukseen mennessä koota tarvittava tekninen dokumentaatio, sekä merkitä nostoapuvälineet lain vaatimalla tavalla.

2 NOSTOAPUVÄLINEET

2.1 Säännökset

Nostoapuväline on irtonainen laite tai väline, jota ei ole pysyvästi kiinnitetty nostolaitteeseen. Nostoapuväline kiinnitetään kuorman ja nostolaitteen väliin tai suoraan itse kuormaan, jotta se voidaan nostaa turvallisesti. Myös nostoraksit, sekä niiden komponentit ovat nostoapuvälineitä. Valtioneuvosto on antanut päätöksen koskien työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta (VNP 403/2008). Tämän päätöksen luvussa 24 § on nostoapuvälineitä koskevat lisävaatimukset. Nostoapuvälineitä koskee myös valtioneuvoston päätös koneiden turvallisuudesta, eli niin sanottu konepäätös (VNP 400/2008). Valtioneuvoston päätöksen 400/2008 liitteessä 1 mainitaan nostoapuvälineisiin kiinnitettävät merkinnät.

Jokaisessa nostoapuvälineessä tulee olla seuraavat merkinnät.

- tiedot valmistajasta
- tiedot raaka-aineesta, jos tätä tietoa tarvitaan yhteensopivuutta varten
- tiedot suurimmasta sallitusta nostokuormasta
- CE-merkintä.

Lisäksi nostoapuvälineistä tulee tehdä tekninen tiedosto. Teknisestä tiedostosta tulee käydä ilmi ainakin seuraavat osat: rakennetiedosto, josta käy ilmi koneen yleiskuvaus, tarkat piirustukset, kuvat ja laskelmat, käytetyt standardit, jäljennös ohjeista sekä jäljennös EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksesta. Vaatimuksenmukaisuusvakuutuksessa koneen tekijä ilmoittaa laitteen valmistuksessa käytetyt standardit ja vakuuttaa, että laitetta valmistettaessa kyseisiä standardeja on noudatettu. Teknisen tiedoston ei tarvitse olla koko ajan aineellisessa muodossa, mutta EY-vaatimuksenmukaisuustodistuksessa mainitun henkilön on koottava tekninen tiedosto viranomaisten sitä pyytäessä. (Finlex 400/2008.)

Tässä työssä mallinnettujen nostoapuvälineiden tekninen tiedosto on koottu paperiversioksi ja sitä säilytetään yrityksen tiloissa. Tekniseen tiedostoon koottiin yksi-

tyiskohtaiset piirustukset kaikista osista sekä kokoonpanoista, lujuuslaskelmien kuvat, ohjeet nostoapuvälineiden käytöstä ja huollosta sekä EY-vaatimuksenmukaisuusvakuutus.

2.2 Nostoapuvälineiden käyttö

Nostotyöhön liittyy aina vaaratekijöitä, joita ei täysin voida poistaa. Vaaratilanteita voidaan kuitenkin välttää hyvällä suunnittelulla, koulutuksella ja välineiden tarkastuksilla sekä huolloilla. Työnantajan on nostotilanteissa huolehdittava siitä, että nostot suunnitellaan huolellisesti ja niitä valvotaan. Nostolaitteiden ja nostoapuvälineiden oikea käyttö tulee opettaa jokaiselle työntekijälle, joka joutuu käyttämään nostolaitteita.

Nostoapuvälineet tulee tarkastaa vuosittain sekä niille on tehtävä silmämääräinen tarkastus aina ennen käyttöönottoa. Nostoapuvälinettä, johon ei ole merkitty suurinta sallittua nostokuormaa, ei saa ottaa käyttöön. Mikäli tarkastuksessa havaitaan nostoapuvälineen rikkoutuneen tai siinä havaitaan näkyviä murtumia, halkeamia tai muita rakenteellisia muutoksia, jotka saattavat vaikuttaa nostoapuvälineen turvalliseen käyttöön, tulee niistä välittömästi ilmoittaa esimiehelle ja kyseinen nostoapuväline tulee asettaa käyttökieltoon. Nostoapuväline tulee myös merkitä selvästi, ettei sitä voida vahingossa ottaa käyttöön. Rikkoutuneen nostoapuvälineen tilalle on ostettava tai valmistettava uusi vastaava laite. (Finlex 403/2008.)

Yrityksen kaikki työntekijät olivat saaneet koulutuksen kiertopuominostureiden ja nostoapuvälineiden käyttöön ja oikeanlaiseen kiinnittämiseen taakkaan, joten uutta koulutusta ei ollut tarvetta järjestää. Yrityksen käyttämät nostoapuvälineet oli suunniteltu tiettyä työvaihetta varten. Nämä nostot tapahtuvat kaikki sisätiloissa, joten nostoapuvälineet eivät altistu sään vaihteluille. Tästä johtuen erityistä säältä suojaavaa varastointia ei tarvitse järjestää. Nostoapuvälineiden säilytys tulee kuitenkin järjestää niin, etteivät ne pääse vahingoittumaan tai rikkoutumaan säilytyksen aikana.

3 NOSTOAPUVÄLINEIDEN MALLINNUS

3.1 Suunnittelu ja ohjelman valinta

Nostoapuvälineiden mallinnus aloitettiin kartoittamalla kuinka monta erilaista välinettä yrityksessä oli käytössä. Yrityksessä oli entuudestaan käytössä SolidWorks Office 2007 Premium -ohjelma. Aloituskokouksessa päätettiin mallinnus tehdä jo käytössä olevalla ohjelmalla.

Suurin osa välineistä oli hitsaamossa ja kokoonpanossa. Välineet päätettiin lajitella osastojen mukaan. Osastoja olivat hitsaamo, maalaamo ja kokoonpano. Isoin osa välineistä on hitsaamossa, jossa on paljon erilaisia jigejä. Näihin nostimiin ei yleensä kohdistunut suurta painoa, sillä hitsaamossa koottiin runkojen erilaisia osia, jotka myöhemmin hitsattiin kokonaiseksi rungoksi. Kokonaisia runkoja liikuteltiin pumppukärryillä niiden suuren koon vuoksi.

Kokoonpanolinjoilla oli käytössä lähinnä erilaisia koukkuja. Maalaamosta tulevat rungot nostetaan pois linjalta koukuilla. Kokoonpanossa oli käytössä myös muutamia erikoisia asennusrautoja, kuten sähkömoottorin- ja kulmavaihteenasennusrauta, sekä kuljettimennostin. Maalaamossa oli käytössä vain muutama nostin. Niillä nostettiin lähinnä isoimpia osia maalauslinjalla oleville koukuille tai niistä pois.

3.2 SolidWorks Office Premium 2007

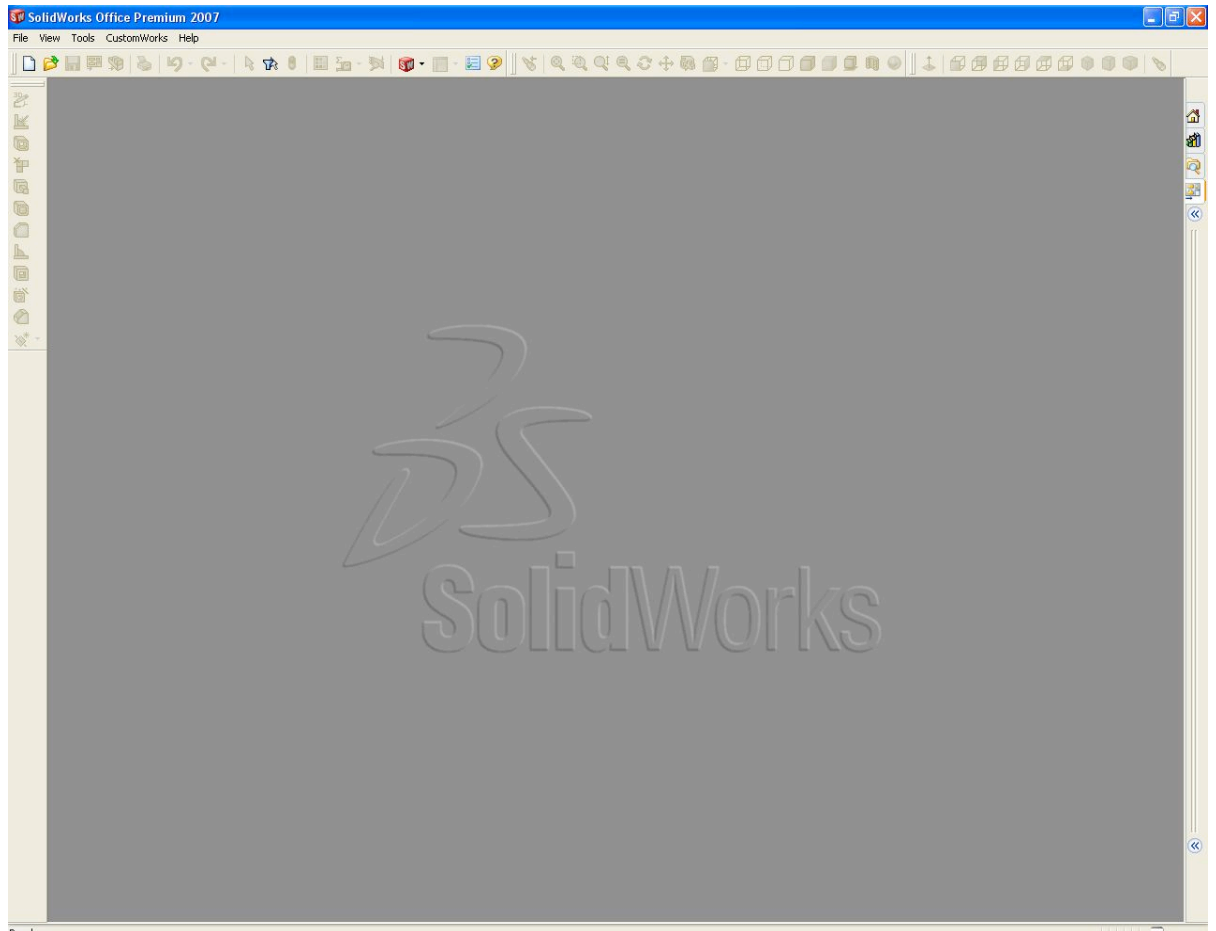
Solidworks on 3D CAD -ohjelmisto. Sillä voidaan mallintaa, piirtää ja suunnitella kappaleita ja kokonaisuuksia kolmiulotteisesti. Solidworksin Premium-versio sisältää valmiiksi integroituja analyysityökaluja, kuten Customworks -tiedostojenhallinta sekä cosmosXpress -lujuusmallinnuksen. Customworks on tiedonhallintaan tarkoitettu lisäosa. Siihen voidaan tallentaa jo osan mallinnuksen aikana kappaletta koskevat tiedot, kuten esimerkiksi osanumero, nimi, materiaali, mitat ja päivänmäärä.

Customworksissä olevat tiedot tulevat automaattisesti näkyviin piirustuksen tietoihin. (CadworksSoftware 2009.)



KUVA 3. Esimerkki Customworksin käyttövalikosta

Solidworks-aloitusnäky (KUVA 4) aukeaa ohjelman käynnistyksestä. Vasemmassa olevasta Tiedosto-valikosta voidaan valita uusi työ tai aukaista vanha, jo aloitettu työ ja jatkaa sitä. Graafinen käyttöliittymä on yksinkertainen käyttää ja nopea oppia. Pikanäppäinten (ikkunan vasen-, oikea- ja yläreuna) kuvat helpottavat ja nopeuttavat löytämään oikean toiminnon, jolloin mallintaminen nopeutuu huomattavasti.



KUVA 4. SolidWorks 2007, aloitusnäky

3.3 Tarvittavat kuvat

Nostoapuvälineitä mallinnettaessa niistä tehdään kolme erilaista kuvaa: yksittäisen osan 3D-malli, kokoonpano, jossa kaikki osat on liitetty kokonaisuudeksi, sekä piirustukset. Myös kokoonpanosta tehtiin omat piirustukset. Kuvat nimettiin juoksevilla numeroinnilla. Nostoapuvälineet nimettiin malliltaan 20-sarjaksi. Osat numeroitiin juoksevasti kymmenen välein siten, että ensimmäisen osan numero oli 200010, seuraava 200020 jne. Mikäli kyseessä oli yksittäinen osa (part-osa) niin numeroinnin eteen liitettiin osaa kuvaava kirjain tunnus, esimerkiksi K200010 tai L200010. Näin ollen tietyn osan etsiminen helpottui oleellisesti. Kokoonpanokuvat nimettiin pelkällä numeroinnilla ilman kirjaintunnusta. Kokoonpanon nimi määräytyi sen mukaan, mikä osa liitettiin ensimmäisenä.

3.3.1 K-osat

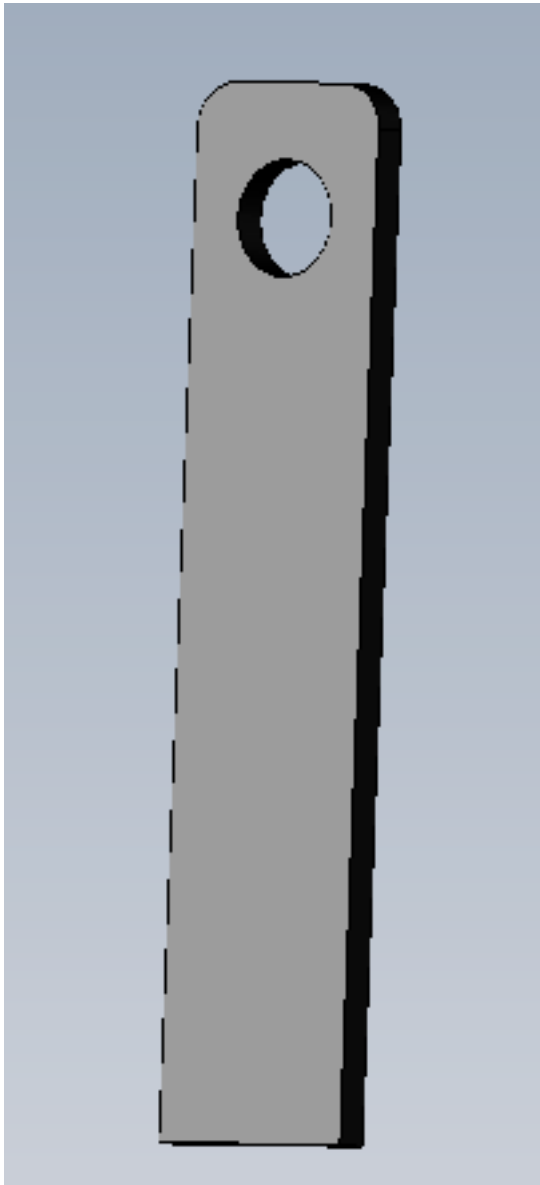
K-osaksi luettiin kaikki paitsi levystä tehdyt osat. K-osia olivat esimerkiksi erilaiset latat, tangot, putket sekä profiilit. Solidworksissä oli valmiina erilaisia pohjia standardikokoisille profiileille, joihin annettiin vain haluttu pituus. Esimerkiksi neliöputkipalkista oli valmiiksi tehty poikkileikkauskuva, jossa oli kulman pyöristykset ja sivun pituudet valmiina. Kuvaan annettiin vain haluttu pituus käyttäen pursotus toimintoa. Tämän jälkeen kappaleen perusmuoto on valmis ja siihen voidaan lisätä reikiä, kierteitä, leikkauksia ja pyöristyksiä.

3.3.2 L-osat

L-osia olivat erilaiset levystä leikatut osat. Yleensä nämä osat olivat ohutlevystä leikattuja osia, joita taitettiin särmäyspuristimella lopulliseen muotoon. Levyosissa oli tärkeää tehdä niistä ensin projektio jolloin taitettava levyosa oli auki. Tällöin saatiin levyn oikeat ääriimitat, Koska levyosia taitetaan särmäyspuristimella, niiden ääriimitat valmiina kappaleena ovat erilaiset, kuin suorana levynä. Tämä johtuu särmäyskoneella tehdystä taitoksesta.

3.4 Mallinnus

Ensin piirrettiin nostoapuvälineen kaikista osista 3D-mallit. Mallinnetut osat olivat part-osia ja niiden nimen päätte oli *.SLDPRT. Osia oli kahdenlaisia. K-osia, sekä L-osia. Osan mallinnusvaiheessa valittiin yläpalkin valikosta Customworks. Customworks on Solidworksiin saatava lisäosa, johon pystytään laittamaan osaa koskevia tietoja. Customworksiin kirjattiin osan nimi, piirustusnumero, materiaali, mitat ja mihin tuotteeseen se liittyy. Nämä tiedot tulivat myöhemmin automaattisesti piirustukseen sitä tehtäessä. Kun mallinnettava kappale oltiin saatu valmiiksi tallennettiin se ja aloitettiin uusi kappale. Jo tehty kappale jätettiin taustalle auki ja valitaan vasemmasta yläkulmasta File-valikko ja sieltä edelleen New.

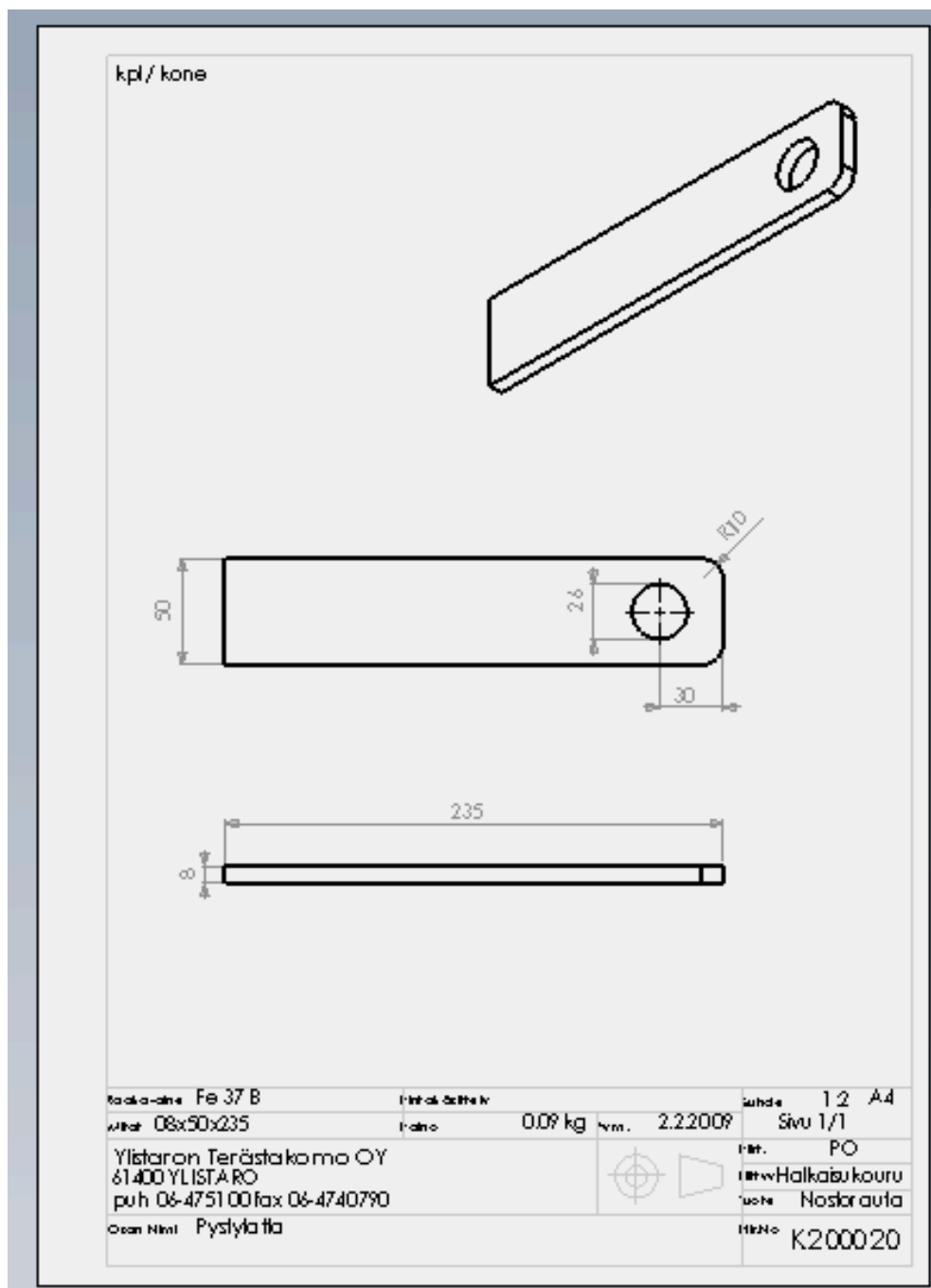


KUVA 5. Mallinnettu kappale K200020

3.5 Piirustus

Kun tarvittavat osat oli mallinnettu, tehtiin niistä piirustukset. Piirustuskuvat ovat päätteeltään *.SLDDRW. Ne nimettiin samalla nimellä kuin kyseinen osa, josta kuva tehtiin. Piirustukseen merkittiin osan päämitat sekä tarvittavat mitat osan valmistuksen kannalta, kuten paksuus, kulmat, reikien- /kierteiden koot sekä mahdolliset pyöristykset. Piirustuksen tekoon käytettiin Palaxin valmista A4-kokoista piirustus pohjaa. Pohjassa oli valmiina alalaidassa tarvittavat tiedot yrityksestä, kuten nimi, mihin tuotteeseen osa viittaa, materiaali sekä osan nimi. Osan tiedot, ku-

ten nimi, materiaali ja mitat, tulivat automaattisesti Customworksista. Mikäli mallin-
 usvaiheessa Customworksiin oli vahingossa tullut väärää tietoa tai jos tietoa ha-
 lusi muuttaa tai täydentää oli se edelleen mahdollista. Tällöin tulee mennä takaisin
 mallinnettavaan kappaleeseen, joka on edelleen taustalla auki. Kappaleen ikku-
 nasta valitaan Customworks-valikko, muutetaan halutut tiedot sekä tallennetaan
 uudelleen. Kun siirrytään takaisin piirustukseen, ovat tiedot muuttuneet automaat-
 tisesti.

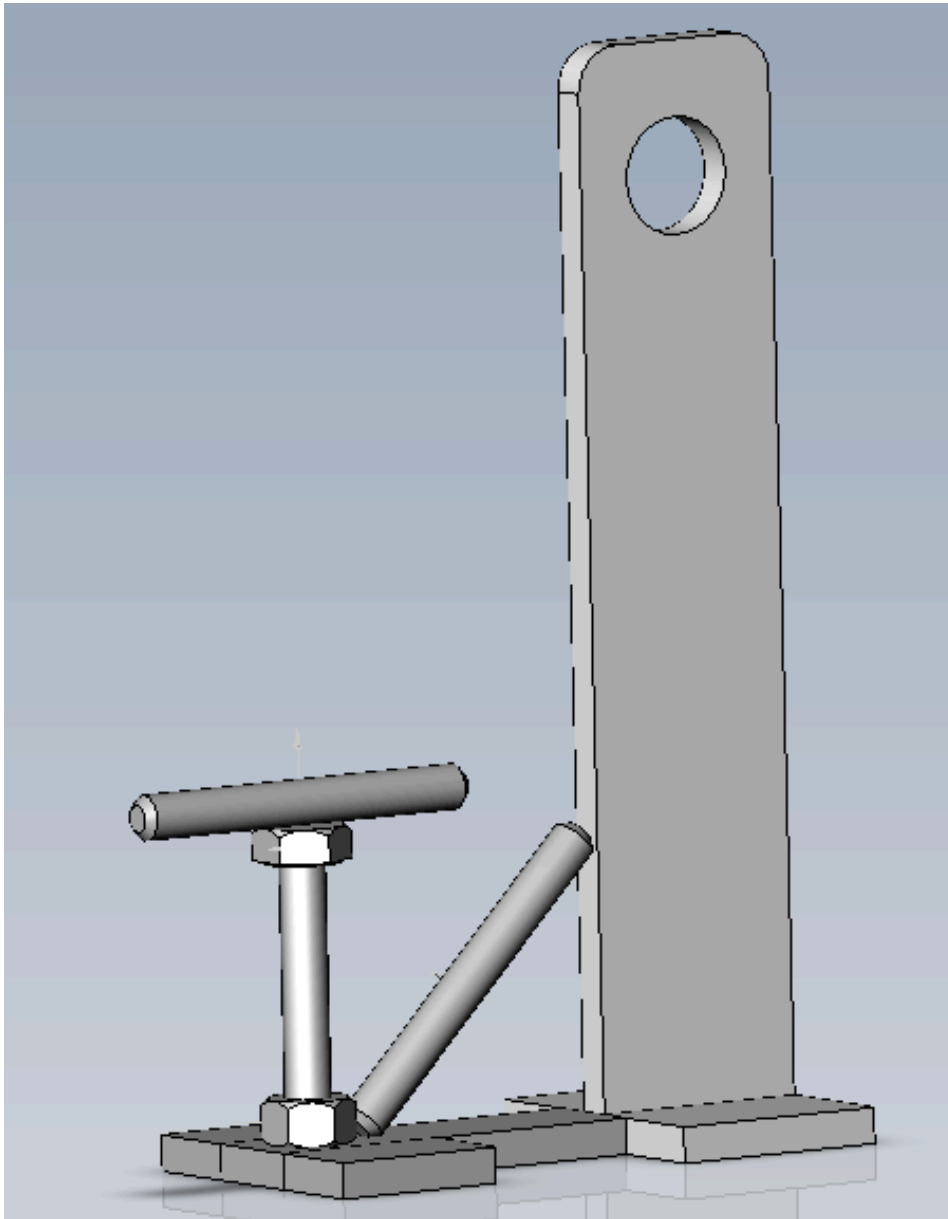


KUVA 6. Kappaleen K200020 piirustukset.

3.6 Kokoonpano

Kun kaikki nostoapuvälineet osat on mallinnettu ja tarvittavat piirustukset tehty tehdään niistä kokoonpano. Kokoonpanotiedostot ovat nimeltään *.SLDASM. Kokoonpanotiedoston nimessä ei käytetty kirjaintunnusta. Kokoonpano nimettiin sen mukaan, mikä osa liitettiin kyseiseen kokoonpanoon ensimmäisenä. Kokoonpanossa kaikki nostoapuvälineen osat liitetään toisiinsa, jolloin saatiin valmis malli nostoapuvälineestä.

Kokoonpanossa osia liitettiin erilaisilla komennoilla. Osille määrättiin ehtoja, joiden mukaan niiden tuli olla toisiinsa nähden tietyssä asennossa. Erilaisia käskyjä olivat esimerkiksi reunojen tai pintojen kohtisuoruus- tai samansuuntaisuus, reikien ja akseleiden sisäkkäisyys, tasojen päällekkäisyys tai samansuuntaisuus, etäisyys tai kulma tasoon/pintaan nähden. Tarttumalla hiirellä kappaleeseen pysyy kokeilemaan voiko kappaletta vielä liikuttaa vai onko sen liikkeen estäviä ehtoja riittävästi, jolloin se ei enää liiku vapaasti. Kun kaksi kappaletta on saatu niin, etteivät ne voi enää liikkua toisiinsa nähden, voidaan liittää seuraava osa. Ehtoja käyttäen yhteen kokoonpanoon voidaan liittää niin monta osaa kuin on tarve. Kokoonpanoon voidaan liittää myös osakokoonpanoja. Silloin tehdään kaksi- tai useampia kokoonpanoja, jonka jälkeen aukaistaan uusi kokoonpano, jossa ne liitetään yhdeksi isommaksi kokoonpanoksi. Ikkunan vasemmassa laidassa näkyy käytettyjen osien luettelo, sekä kyseisiin osiin tehdyt liitosehdot. Liitospuusta näkee, mikäli jokin ehto on jonkin toisen ehdon vastainen, eikä sitä tämän takia voida toteuttaa. Ohjelma ilmaisee punaisella tai keltaisella kolmiolla, että ehtoa täytyy muuttaa tai poistaa. Vasemmassa reunassa, liitospuun vieressä ovat käytettävien liitoskäskyjen pikapainikkeet.



KUVA 7. Nostoapuvälineen 200010 valmis kokoonpano.

Kun kokoonpano on saatu valmiiksi, tehdään siitä piirustus samalla tavalla kuin yksittäisistä osista. Piirustuksen nimeksi tulee sama kuin kokoonpanolla. Valmiin kokoonpanon piirustus eroaa osa-piirustuksesta siten, että siihen ei laiteta kuin päämitat, sekä ne mitat, jotka ovat kokoonpanon kasaamisen kannalta tarvittavat. Piirustuksen oikeaan alalaitaan liitetään valmis, Excel-pohjainen, materiaalista BOM-lista. Ylistaron terästakomo oli tehnyt valmiiksi oman Bills of material -listan, jota käytettiin kokoonpano kuvissa. BOM oli tehty Excelillä ja se nouti tiedot Customworksista. BOM sisältää kappaleen nimen, piirustusnumeron, materiaalin, mitat, massan ja kappalemäärän.

kpl/ kone

Osa	Nimitys	Pir.No	Materiaali	Mitat	Massa	kpl
1	Pohjalatta	K200010	Fe 37 B	08x90x71	0.21	1
2	Pystylatta	K200020	Fe 37 B	08x90x235	0.67	1
3		K200710	Fe 37 B	08x25x90	0.13	1
4	Latta	K200700	Fe 37 B		0.06	2
5	Kuusiomutter			M12		1
6	Tanko	K200720	Ovako 550	Ø10x85	0.05	2
7	Kuusiruuvi			M12x70		1

Koko-ohje: 1:5 A4
 Mittat: 1.32 kg Nro. 2.2.2009
 Sivut: 1/1

Ylistaron Terästekomo OY
 61400 YLISTARO
 puh 06-475100 fax 06-4740790
 Osoite Nostrauta

Piir. PO
 Halkaisukouru
 Nostrauta
 PiirNo 200010

KUVA 8. BOM tulee kokoonpanopiirustuksen oikeaan alalaitaan.

4 LUJUUSTARKASTELU

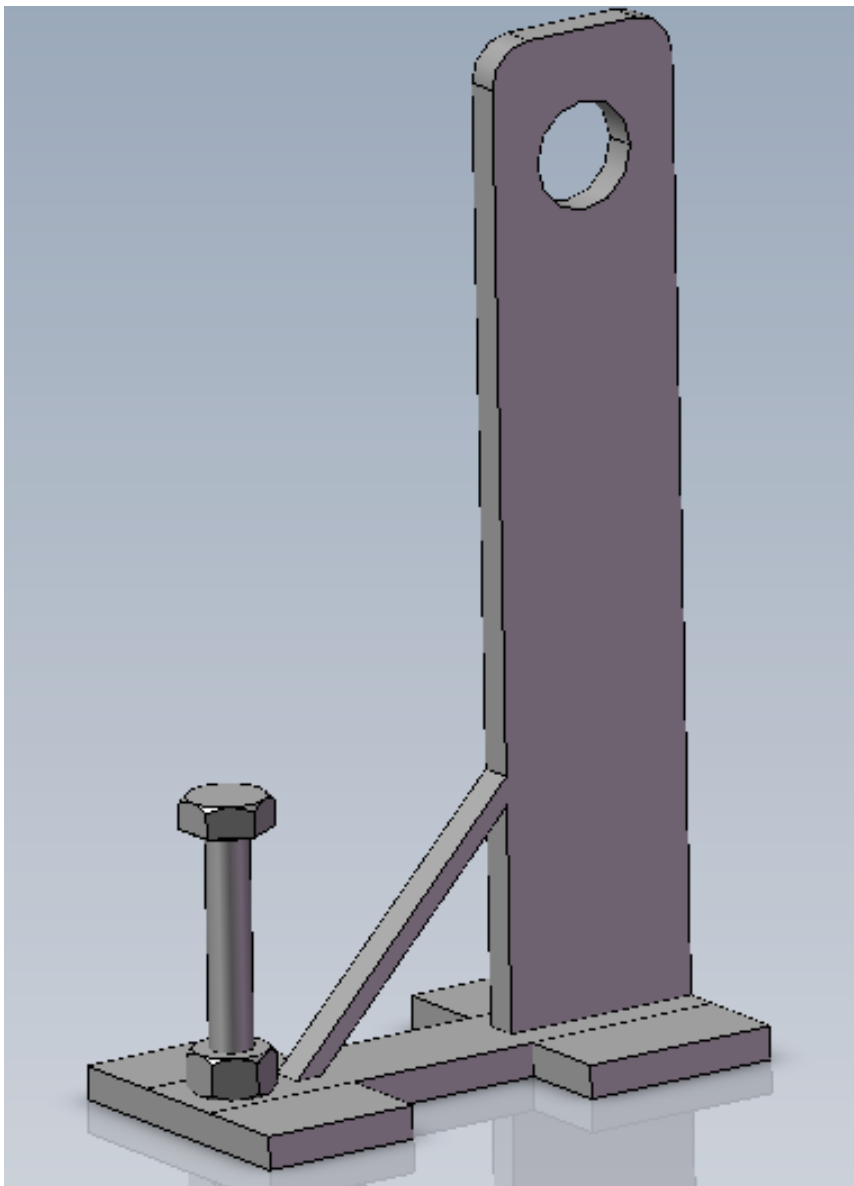
Nostoapuvälineiden lujuustarkastelu suoritettiin Solidworks Professional 2007-ohjelmassa olevalla lisäosalla, CosmosXpressillä. Nostoapuvälineistä tuli tehdä lujuuslaskelmat suurimman sallitun kuorman määrittämistä varten. Suurinta sallittua nostokuormaa laskettaessa tulee ottaa huomioon varmuuskerroin. VNP 400/2008 on määritelty varmuuskertoimet käsikäyttöiselle koneille ja nostoapuvälineille. Tämä kerroin on nostoapuvälineillä 1,5. Tämä tarkoittaa sitä, että nostoapuvälineen tulee kestää staattisten kokeiden ylikuorma ilman pysyvää vauriota. Jos esimerkiksi nostoapuvälineen suurin sallittu nostokuorma on 200 kilogrammaa (200010), tulee sen testeissä kestää 300 kg:n kuorma ($1,5 \times 200 \text{ kg} = 300 \text{ kg}$) ilman näkyviä vaurioita. (Finlex 400/2008.)

CosmosXpress-ohjelmassa, määriteltäessä lujuuksia, ensin tuli tietää mistä materiaalista kyseinen nostoapuväline oli valmistettu. Suurin osa oli tehty tavallisesta hiiliteräksestä S235JRG2. Putket ja erilaiset profiilit olivat eri materiaalia. Ne olivat S355JR. Lisäksi muutamissa nostoapuvälineissä oli käytetty tankoa, jotka olivat kaikki materiaailtaan Ovako 550. Näille materiaaleille saatiin myötörajat, sekä murtolujuudet valmistajien internetsivuilta, sekä Rautaruukin suunnittelijan oppaasta. Käytetyt arvot ovat taulukossa 1. (Silvennoinen 2000.)

TAULUKKO 1. Lujuuslaskennassa käytetyt myötörajat ja murtolujuudet.

Nimike	Myötöraja: R_{eh}, N/mm²	Murtolujuus: R_m, N/mm²
Ovako 550	500	550
S235JRG2	235	360-510
S355J2G	355	510-680

Käytetyt myötörajat ja murtolujuudet laitettiin muistiin jo mallinnusvaiheessa Customworks-tiedostojen hallintaan. Näin ollen tehtäessä lujuusmallinnusta ne olivat valmiiksi asetettuja arvoja kyseisessä kappaleessa. CosmosXpress ohjelmassa lujuustarkastelun saattoi tehdä ainoastaan yksittäiselle kappaleelle. Kokoonpanolle ei voinut tehdä tarkastelua, sillä se koostuu useammasta osasta. Tätä varten kokoonpanot tuli tallentaa uudelleen, tehden niistä yksittäisiä kappaleita (KUVA 9). Siinä kokoonpano tallennetaan PART-tiedostoksi. Tämä saattaa jättää myös joi-tain osia pois, joten tallennuksen kanssa tulee olla tarkka, että kaikki osat tulevat mukaan.



KUVA 9. Nostoapuväline 200010 kokonaisena lujuusmallinnusta varten

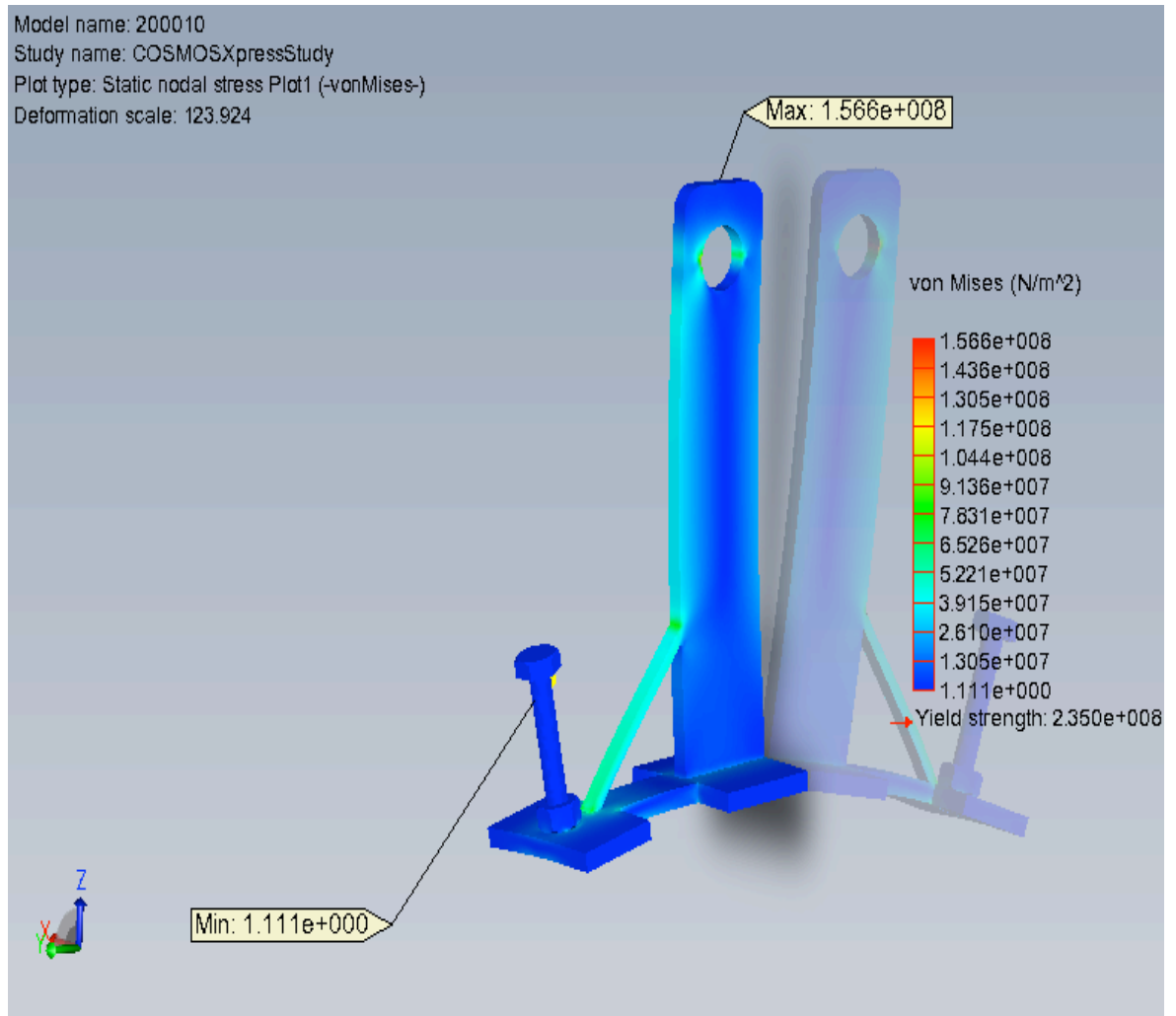
Suurin sallittu kuorma määräytyy sen mukaan kuinka suuren kuorman kyseinen nostoapuväline kestää ilman, että siihen syntyy pysyviä muodonmuutoksia. Tätä simuloitiin käyttäen von Mises -jännityshypoteesia. Siinä lasketaan vertailujännitys tietylle pisteelle kappaleessa ja tätä verrataan myötörajaan. Vertailujännityksen kaava on seuraavanlainen:

KAAVA 1.

$$\sigma_{vert.} = \sqrt{\left(\frac{1}{2}[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2] + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)\right)}$$

Missä σ on normaalijännitys ja τ on leikkausjännitys. (Karhunen 1997, 308-309.)

Ohjelmassa kappaleeseen määrättiin kohta, johon nostettavan kappaleen paino vaikuttaa, sekä vaikutuskohdan pinta-ala tai taso, jolle kuormitus on jakautunut. Sen jälkeen tietokone laski von Mises-jännityksen ja se ei saanut ylittää myötörajaa (Yield strenght) kertoimella 1,5. Kuvassa 9 on esimerkki nostoapuvälineen 200010 lujuusmallinnuskuvasta. Siinä kappaleeseen on tehty FEM-mallinnus CosmosXpressillä käyttäen lineaarista laskentamenetelmää.



KUVA 10. 200010:n jännityskuva kertoimella 123,9

Ohjelma näyttää suurimman (MAX.) ja pienimmän (MIN.) arvon, sekä kohdat joissa ne sijaitsevat. Oikeassa reunassa on von Mises -taulukko. Taulukon alapuolella on kappaleen myötöraja, joka on erilainen materiaalista riippuen. Kuvassa yhdeksän (KUVA 9) olevan 200010:n materiaali on S235JRG2, jonka myötöraja on 235 N/mm². Taulukon värit edustavat kyseisen suuruista muutosta kappaleessa. Kuvasta nähdään, että varmuuskertoimella 1,5 suurin jännitys käytetyllä kuormalla oli 1,586 N/m², joten se jäi reilusti halutusta. Tämän jälkeen simulaatio tehtiin uudelleen, mutta suuremmalla kuormalla. Tätä jatkettiin, kunnes löydettiin suurin mahdollinen kuorma, ylittämättä myötörajaa. Nostolaitteelle 200010 suurin sallittu kuorma on 200 kg. Kaikille kappaleille ei aina laitettu suurinta sallittua kuormaa. Yksi rajoittava tekijä oli puominosturit, joiden suurin sallittu nostokapasiteetti oli 500 kg. Koska lähes kaikki nostoapuvälineet on tarkoitettu tiettyä, yksittäistä työvaihetta varten, eikä niillä muuta tehdä, niin nostettavien kuormien painot on etu-

käteen tiedossa. Jos kuorma oli etukäteen tiedossa, laitettiin lujuuslaskelmaan suoraan tämä kyseinen paino ja simuloitiin se. Muiden nostoapuvälineiden suurimmat sallitut nostokuormat on taulukossa kaksi (TAULUKKO 2). Mikäli nostoapuväline kesti sille asetetun kuorman, ei sitä lähdetty tarpeettomasti asettamaan suuremmaksi. CosmosXpress-ohjelmasta saattoi myös katsoa kappaleen siirtymät. Siirtymä oli esitetty millimetreinä. Siirtymiä ei ollut tarvetta tutkia tarkemmin, sillä tutkimuksissa pysyttiin alle myötörajan, jolloin palautumattomia muodonmuutoksia ei vielä tapahdu.

TAULUKKO 2. Nostoapuvälineiden suurimmat sallitut kuormat.

Nostoapuväline	Max. Kuorma (Kg)
200010	200
200030	100
200050	200
200070	200
200090	300
200140	75
200160	75
200210	100
200270	150
200280	150
200300	250
200310	100
200350	300
200360	300
200370	100
200410	300
200440	100
200460	100
200470	50
200490	100
200510	50
200600	200
200640	250
200680	100
200750	120
200940	100
200990	60

5 NOSTOAPUVÄLINEIDEN MERKINTÄ

Nostoapuvälineiden merkintään päätettiin käyttää siihen sopivaa kylttiä. Nostoapuvälineet olivat useimmiten pieniä ja malliltaan sellaisia, että kylttiä ei voitu asentaa suoraan nostoapuvälineeseen vaan kiinnitystä varten kylttiin tehtiin reikä, josta kiinnitys voitiin suorittaa. Valmistaa kylttiä ei ollut saatavilla, joten kyltti päätettiin valmistaa itse. Kyltissä tuli olla yrityksen nimi, nostoapuvälineen nimi, CE-merkintä ja suurin sallittu nostokuorma. Kyltistä tehtiin 40 mm leveä ja 60 mm pitkä. Siihen tehtiin 4 mm:n reikä kiinnitystä varten. Yrityksen nimi, CE-merkintä ja kilogrammamerkinnot kirjailtiin levyntyöstökeskuksella kylttiin valmiiksi. Nostoapuvälineen nimi ja suurimman sallitun kuorman numerot stanssattiin käsin jokaiseen kylttiin.

Ensin kyltti suunniteltiin paperille ja sen jälkeen siitä tehtiin 3D-mallin Solidworksillä. Kun malli oli valmis, siitä tehtiin piirustukset. Piirustukset käännettiin Solidworksillä *.DXF muotoon levyntyöstökoneetta varten. DXF-tiedostosta saatiin Amada-laser-leikkurille työstöradat ja ajettiin muutamia testikappaleita (KUVA 11). Testikappale todettiin muuten hyväksi, mutta reikä vasemmassa yläkulmassa oli huono ja se päätettiin siirtää varsinaiseen kylttiin kappaleen oikeaan reunaan, keskelle kappaletta.



KUVA 11. Kyltti nostoapuvälineen merkintää varten. Ensimmäinen testikappale.

Valmiisiin kyltteihin stanssattiin yrityksen nimen alapuolelle kyseisen nostoapuvälineen nimi. MAX- ja KG-merkinnän väliin merkittiin suurin sallittu nostokuorma. Valmiit kyltit kiinnitettiin nostoapuvälineisiin. Stanssaukset tehtiin käsin vasaralla ja numerostansseilla.

6 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Nostoapuvälineisiin tehdyt merkinnät olivat tarpeellisia. Nostoapuvälinettä, johon ei ole merkitty suurinta sallittua nostokuormaa ei saa käyttää. Myös uudet työntekijät, jotka eivät sallittuja kuormia tiedä, voivat kyltistä tarkistaa suurimman sallitun kuorman. Merkinnät palvelevat myös vanhoja työntekijöitä. Mikäli he siirtyvät uusiin tehtäviin, eivät he välttämättä tiedä uuden työpisteen työvälineitä.

Elokuussa 2009 vierailut työsuojelutarkastaja oli tarkastanut tehdyt muutokset nostoapuvälineisiin, sekä niistä koottuun tekniseen tiedostoon, joista viime tarkastuskäynnillä oli huomautettu. Työsuojelutarkastajalla ei ollut asiasta moitittavaa, joten tältä osin saavutettiin opinnäytetyölle asetetut tavoitteet.

LÄHTEET

Vaurio, M. Toimitusjohtaja, Ylistaron terästäkomo Oy, Ylistaro. Haastattelu 17.4.2009.

Palax/Ylistaron terästäkomo Oy. [WWW-dokumentti]. Palax 2008. [viitattu 15.5.2009]. Saatavissa: <http://www.palax.fi/klapikoneet.html>

Finlex, Valtioneuvoston asetus 400/2008. [verkkodokumentti]. Oikeusministeriö. [viitattu 1.8.2009]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2008/20080400>

Finlex, valtioneuvoston asetus 403/2008. [WWW-dokumentti]. Oikeusministeriö. [viitattu 25.8.2009]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2008/20080403>

CadworksSoftware Oy Ltd. [WWW-dokumentti]. Solidworks [viitattu 10.8.2009]. Saatavissa: <http://www.cadworkssoftware.com/modules/system/stdreq.aspx?P=128&VID=default&SID=848558304144827&S=1&A=closeall&C=26442>

Silvennoinen, S. 2000. Rautaruukin terästuotteet suunnittelijan opas. Raahen Rautaruukki.

Karhunen, J. ym. 1992/1997. Lujuusoppi. 5.korjattu painos. Helsinki: Otatieto.

LIITTEET

Aloituskeskustelun pöytäkirja.

27.3.2009

Nostoapuvälineet-aloituskokous

Aika 27.3.2009 klo 9.30 – 10.00

Paikka Ylistaron terästäkomo

Läsnä	Martti Vaurio	Toimitusjohtaja
	Panu Ojala	Opinnäytetyöntekijä
	Mika Kumara	Työn ohjaaja

1 Kokouksen avaus

Mika Kumara avaa kokouksen ja todettiin kutsutuksi koolle sääntöjen määräämällä tavalla.

2 Työn esittely

Panu Ojala esittelee työn ja siihen liittyvät tehtävät. Esitettiin mahdolliset ohjelmat joilla työ voidaan suorittaa.

3 Ohjelmien valinta

Mallinnukseen ja lujuustarkasteluun esitettiin seuraavia ohjelmia

- SolidWorks 2007 professional
- SolidWorksin lisäosaa; CosmosXpress
- Comsol Multiphysics 3.5

4 Työn toteutus

Työ päätettiin suorittaa yrityksestä jo löytyvillä ohjelmilla. Piirto ja mallinnus suoritetaan SolidWorks 2007 – ohjelmalla. Lujuustarkasteluun valittiin SolidWorks ohjelmaan kuuluva CosmosXpress. Tämä ohjelma tarjosi tarvittavat ominaisuudet yksinkertaiseen mallinnukseen. Comsol hylättiin, sillä se olisi vaatinut uuden ohjelman käytön opetteluun eikä sen tuomille lisäominaisuuksille olisi ollut käyttöä.

5 Kokouksen päättäminen

Pöytäkirjan tekijäksi valitaan Panu Ojala.
Martti Vaurio ja Mika Kumara päättivät kokouksen klo 10.00

28.3.2009
Panu Ojala