

Hamza Taher

Ristikkopuominosturin turvataso suunnittelu ja toteutus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone -ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

1.10.2014

Alkulause

Tämä insinööri työ tehtiin lopputyöksi Metropolian Ammattikorkeakoulun kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelmassa. Työn toimeksiantaja oli Pekkaniska oy:n ajoneuvonostureiden huoltoyksikkö. Työn tarkoitus oli suunnitella ja toteuttaa turvataso puominosturin puomiin. Työn ohjaajana toimivat oppilaitoksessa Jyrki Kullaa, ja yrityksessä Hannu Salmela.

Haluan kiittää kaikkia henkilöitä, jotka ovat auttaneet minua työn tekemisessä ja opastaneet ongelmatilanteissa. Erityisesti haluan kiittää Pekkaniska oy:tä, että pääsin tekemään insinööri työtä yritykseen työn ohessa ja Hannu Salmelaa neuvoista ja opastuksesta, sekä työkavereitani Pekkaniska oy:ssä opastuksesta työhöni liittyvissä tehtävissä. Lisäksi haluan kiittää Jyrki Kullaata ja Metropolian Ammattikorkeakoulua hyvästä opetuksesta.

Helsingissä 1.10.2014

Hamza Taher

Tekijä Otsikko	Hamza Taher Ristikkopuominosturin turvataso suunnittelu ja toteutus
Sivumäärä Aika	48 sivua 1.10.2014
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone -ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Energiatekniikka
Ohjaaja	Yliopettaja Jyrki Kullaa
Valvoja	Huoltopäällikkö Hannu Salmela
<p>Tässä insinööriyössä suunniteltiin ja valmistettiin turvataso Lieberrin valmistamaan ristikkopuominosturiin. Turvataso sijoitettiin ristikkopuomin alaosaan puomin osien yhdistymiskohtaan. Ensin valmistettiin yksi taso yhteen puomin osaan. Lisää tasoja valmistettiin myöhemmin kun puomiin tarvittiin lisää jatko-osia.</p> <p>Tason tarkoituksena oli tarjota asentajalle turvallinen työskentelytaso nosturin puomia koottaessa ja purettaessa. Taso tekee puomin kokoamisesta myös nopeampaa, koska asentaja pääsee tasolta käsiksi puomin kummankin puolen kiinnitystappeihin. Aiemmin puomin alaosan yhdystapit oli asennettu tikkailta. Tikkaat aiheuttivat vaaratilanteita liukumalla puomia vasten sivuttaissuunnassa. Tikkailta asentajan oli myös hankala saada ergonomista työasentoa.</p> <p>Taso oli tarkoitus valmistaa mahdollisimman edullisesti ja sitä piti pystyä valmistamaan useita kappaleita lyhyessä ajassa. Jotta tasosta saatiin mahdollisimman yksinkertainen ja halpa, täytyi etsiä materiaalit, joita oli helposti saatavilla ja joita oli helppo työstää. Tason piti myös olla helposti asennettava hankalissakin olosuhteissa. Tämä tarkoitti sitä, että sen piti olla koottavissa ilman monimutkaisia asennusohjeita. Myös kuljetuksen työmaille piti onnistua helposti, joten tason piti olla tarpeeksi pienissä paloissa. Yksi kriteereistä oli se, että asennuksen piti tapahtua ilman hitsausta puomiin. Tämä aiheutti päänvaivaa asennuksen yksinkertaisuuteen pyrittäessä.</p> <p>Valmiin tason oli täytettävä nostureiden turva -ja asennustasoja koskeva standardi. Tämä vaati tarkkaa perehtymistä standardeihin ja niiden tulkintaan. Suunnittelussa oli myös otettava huomioon asentajien toiveet valmiista tasosta.</p> <p>Työn tuloksena syntyi turvataso, joka asennettiin puominosturin puomiin. Taso testattiin ja todettiin toimivaksi. Se palvelee asentajia nosturin purku -ja kokoamistilanteissa.</p>	
Avainsanat	turvataso, asennustaso, ristikkopuominosturi

Author Title	Hamza Taher Lattice Boom Crane Safety Platform Planning and Execution
Number of Pages Date	48 pages 1 October 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering and Production Technology
Specialisation option	Energy Technology
Instructor	Jyrki Kullaa Principal Lecturer
Supervisor	Hannu Salmela Service Manager
<p>The objective of this theses was to design and build a safety platform to a lattice boom crane made by Liebherr. The safety platform was located at the lower part of the lattice boom next to the joining point of the lattice boom parts. First, one safety platform was made. Later more platforms were made when the demand for the platforms grew.</p> <p>The purpose of the platform was to offer a safe working platform for the mechanic when assembling and disassembling the lattice boom. The platform also makes the assembling and disassembling of the boom faster because mechanic has access for both of the lower joining points of the boom. Before the platform mechanics used ladders to help them install the lower joining pins of the boom. However, there were many incidents where the ladders were starting to slide against the boom. In addition it was hard for the mechanic to gain an ergonomic working position from the ladders.</p> <p>The platform was supposed to be as cheap and as simple as possible. It was important to be able to produce the platform in relatively short time so it could be mass produced. It was important to choose the right materials so that the platform would correspond to the demands. The materials had to be easily available and easy to work with. The platform also had to be easy to transport and it had to be easily assembled even in challenging conditions without any complicated instructions. One of the criteria was that the platform had to be able to be installed without the need of welding. This caused difficulties when the simplicity of the platform was one of the main goals.</p> <p>When ready, the platform had to meet the standards set for safety platforms in lattice boom cranes. This required thorough studying of the standards concerning lattice boom cranes and their safety equipment. The demands of the mechanics also had to be taken into account.</p> <p>As a result of this theses a safety platform was created. The platform was tested and it is currently used to safely assemble and disassemble lattice boom cranes.</p>	
Keywords	safety platform, lattice boom crane, assembly platform

Sisällys

1	Johdanto	2
2	Ristikkopuomisen ajoneuvonosturin rakenne	3
2.1	Puomin rakenne	4
2.2	Ylävaunun rakenne	6
2.2.1	Ohjaamo	7
2.2.2	Vinssit	8
2.2.3	Moottori	10
2.2.4	Vastapainot	11
2.3	Alavaunun rakenne	12
3	Ristikkopuomisen ajoneuvonosturin kuljetus ja kokoaminen	13
3.1	Osien kuljetus työmaalle	13
3.2	Nosturin kokoaminen	15
4	Turvataason suunnittelun lähtökohdat ja tavoitteet	16
4.1	Standardi	16
4.2	Asentajien toiveet	19
4.3	Suunnittelun työkalut	19
4.4	Tasoon kohdistuvat rasitukset	21
4.5	Puomin kuljetuksen aiheuttamat vaatimukset	22
5	Suunnittelun vaiheet	22
5.1	Tason mitat	23
5.2	Rasitusten arviointi	25
5.3	Tason kiinnitys	30
6	Tason valmistus	31
6.1	Seisomatason valmistus	32
6.2	Kiinnitysosien valmistus	36
7	Tason asennus ristikkopuomiin	40
8	Tason testaus	41
9	Yhteenveto ja pohdinta	42

1 Johdanto

Tämä insinööriyö tehtiin Pekkaniska oy:lle. Yritys on perustettu vuonna 1988. Se vuokraa henkilönostimia ja tarjoaa nostopalveluita. Toimipisteitä on Suomessa, Venäjällä, Ruotsissa ja Ukrainassa. Pekkaniskan nosturiyksikkö tarjoaa nostopalveluita ympäri Eurooppaa. Yrityksen kalusto koostuu 7000 koneesta. Pekkaniska työllistää noin 350 henkilöä, ja sen liikevaihto on noin 82 miljoonaa euroa (2008). [1.]

Työn tarkoitus oli suunnitella ja toteuttaa turvataso ristikkopuominosturin puomiin. Tason tarkoitus oli tehdä ristikkopuominosturin puomin kokoamisesta turvallisempaa ja helpompaa asentajalle.

Taso tuli suunnitella mahdollisimman yksinkertaiseksi, jotta se olisi halpa ja nopea valmistaa, helppo kuljettaa ja helppo asentaa ilman monimutkaisia asennusohjeita. Suunnittelussa oli otettava huomioon nostureiden turvatasoja koskeva standardi ja asentajien toiveet.

2 Ristikkopuomisen ajoneuvonosturin rakenne

Tässä luvussa käydään läpi ristikkopuomisen ajoneuvonosturin rakennetta. Pekkaniskan ajoneuvonosturit koostuvat kahdesta tyypistä: tela-alustaisista nostureista ja kumipyörillä varustetuista kuorma-automaisen alustan päällä kulkevista nostureista.

Tela-alustaisilla ajoneuvonostureilla pystytään liikkumaan työmaa-alueella, ilman että nosturin päältä puretaan paljon painoa pois. Heikko puoli tämän tyyppisissä nostureissa on se, että ne joudutaan kuljettamaan erillisellä kuljetuskalustolla työmaakohteen läheisyyteen.

Kumipyörillä kulkevat nosturit ovat yleensä hydraulisella teleskooppipuomilla varustettuja nostureita, jotka pystyvät liikkumaan omavaraisesti maantiellä työpaikalta toiselle. Jos nostettava massa ei ole lähellä nosturin nostokapasiteettia, nosturi pystyy kuljettamaan kaikki nostossa tarvittavat tarvikkeet mukanaan. Jos nostettavan esineen massa on lähellä nosturin nostokapasiteettia, tarvitaan nosturiin lisää vastapainoja. Vastapainot täytyy kuljettaa työmaalle kuorma-auton kyydissä.

Ristikkopuomiset ajoneuvonosturit ovat yleensä tela-alustaisia, koska niiden komponentit joudutaan joka tapauksessa kuljettamaan kuorma-autoilla työmaalle. Nosturi, johon työn taso suunniteltiin, oli Liebherr LR1750-mallinen ristikkopuominen tela-alustainen nosturi (kuva 1).

[2.]



Kuva 1 Liebherr LR1750-mallinen ristikkopuominosturi työmaalla. [10.]

2.1 Puomin rakenne

Ristikkopuominosturin puomi on nimensä mukaan ristikko. Puomi koostuu metalliputkista, jotka on hitsattu neliöprofiilin muotoon. Vaikka puomin profiili on nelikulmio, se on koottu kolmiopaloista. Puomi koostuu noin 10 m:n osista. Puominosan koko matkalla kulkee jokaisessa neljässä kulmassa suuri metalliputki. Suuret putket on liitetty toisiinsa pienemmillä metalliputkilla, jotka muodostavat kolmioita. Pieniä putkia kutsutaan diagonaaliputkiksi.

Nosturiin kootaan eripituisia ristikkopuomeja (kuva 3) riippuen noston vaatimuksista. Yleensä riittää, kun nosturissa on yksi ristikkopuomi, joka on noin 50 m pitkä. Pidempiä ristikkopuomeja kootaan, jos tarvitaan enemmän ulottuvuutta nosturiin.

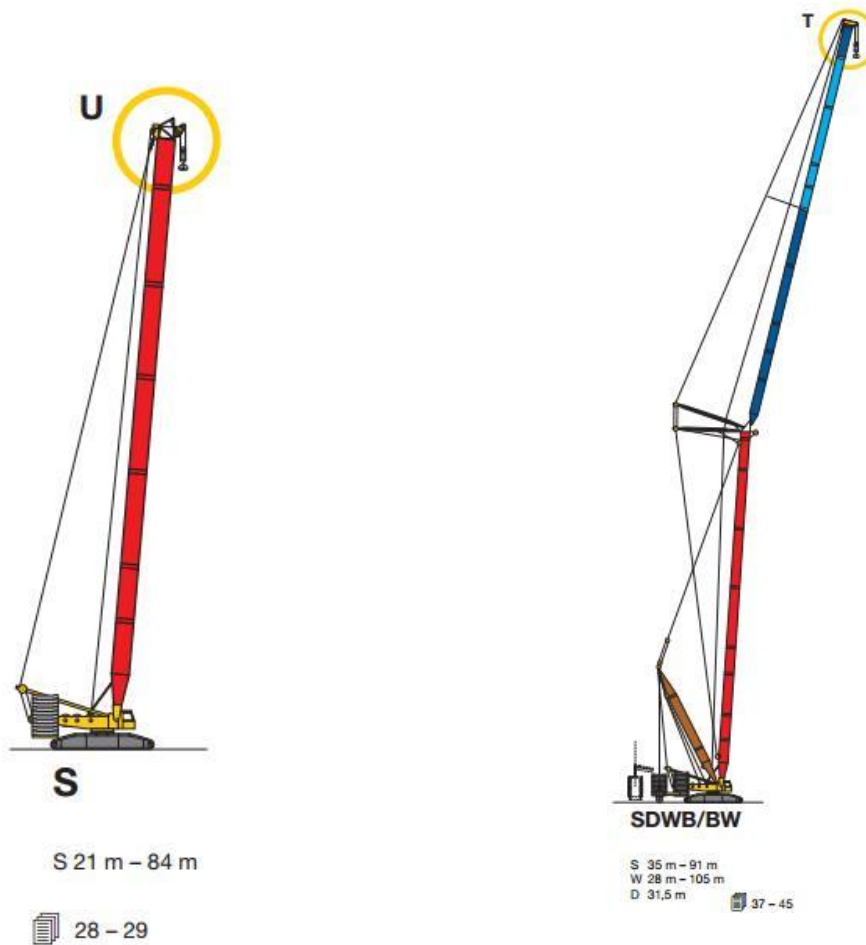
Puominosien päässä on jokaisessa neljässä kulmassa kiinnityspiste. Kiinnityspisteet on hitsattu suurten putkien päihin. Kiinnityspiste koostuu kahdesta paksusta metallilevystä, joissa on reikä kiinnitystapille. Kahden puominosan kiinnityspisteiden metallilevyt tuodaan limittäin ja reiät haetaan kohdakkain. Reikiä ollessa kohdistettuna, niiden läpi ujutetaan kiinnitystappi. Työn tarkoituksena on tehdä taso helpottamaan näiden tappien asennusta.

Puomin päällä kulkee suurimmissa nostureissa kävelytasanne (kuva 2), jossa asentaja voi liikkua turvallisesti nosturin kokoamisen aikana. Ristikon sisältä eli puomin alapuolelta taso kuitenkin usein puuttuu. Tässä insinööriyössä on tarkoitus tehdä taso myös puomin alapuolelle.

[3.]



Kuva 2 Liebherrin valmistama ristikkopuomi. Puomin päällä näkyy kävelytasanne.[11.]



Kuva 3 Yksinkertaisimmillaan LR1750 voidaan koota vain yhdellä ristikkopuomilla varustettuna (vas.). Monimutkaisimmillaan se voidaan koota useilla ristikkopuomeilla ja ulkopuolisilla vastapainoilla varustettuna (oik.). [4.]

2.2 Ylävaunun rakenne

Ylävaunu on nosturin tärkein osa. Siinä sijaitsevat nosturin ohjaamo ja kaikki tärkeimmät komponentit. Ohjaamon lisäksi muita tärkeitä ylävaunun osia ovat vinssit, nosturin moottori ja vastapainot. Kaikki nämä osat sitoo yhteen ylävaunun metallirunko, joka on suunniteltu kestävään puomin ja vastapainojen aiheuttamat suuret kuormitukset.

2.2.1 Ohjaamo

Ohjaamo (kuva 4) sijaitsee yleensä ylävaunun etuosassa, lähellä kohtaa josta pääpuomi on kiinnitetty ylävaunuun. Ohjaamosta nosturin ohjaaja pystyy ohjaamaan nosturin toimintoja monien ohjainlaitteiden kautta.

Tärkein varuste ohjaamossa on istuin. Istuimen tulee olla mukava ja siinä pitää olla monipuoliset säädöt, koska kuljettaja joutuu viettämään ohjaamossa usein koko työpäivänsä.

Käsien ulottuvilla olevista ohjainsauvoista voidaan ohjata puomin liikettä ja vinssin liikettä ja niillä voidaan kääntää koko ylävaunua suhteessa alavaunuun. Jalkatilassa olevilla polkimilla voidaan lisätä moottorin kierroksia ja niillä voidaan jarruttaa teloja erikseen kun nosturia liikutellaan.

Nostureissa on nykyään paljon kameroita, joilla kuljettaja näkee paremmin nostettavan lastin ja nosturia ympäröivän tilan. Kameroiden kuvaa näytetään ohjaamossa yleensä kahdelta ruudulta. Hienoimmissa kameroissa on moottori, jolla kuljettaja voi suunnata kameran haluamaansa suuntaan. Useimmissa kameroissa on toiminto, jolla pystyy zoomaamaan kameran kuvaa isommaksi ja pienemmäksi. Kameran näyttöjen lisäksi nykyaikaisissa nostureissa on näytöt koneen omalle tietokoneelle. Koneen tietokone käsittelee kuljettajan tekemät liikkeet ja arvioi, ovatko ne turvallisia. Tietokoneen näytöt ovat usein kosketusnäyttöjä. Näytöiltä kuljettaja näkee arvoja kuten nostettavan lastin painon ja puomin kulman. Arvot saadaan sadoilta antureilta, jotka mittaavat nosturin arvoja.

[4.]



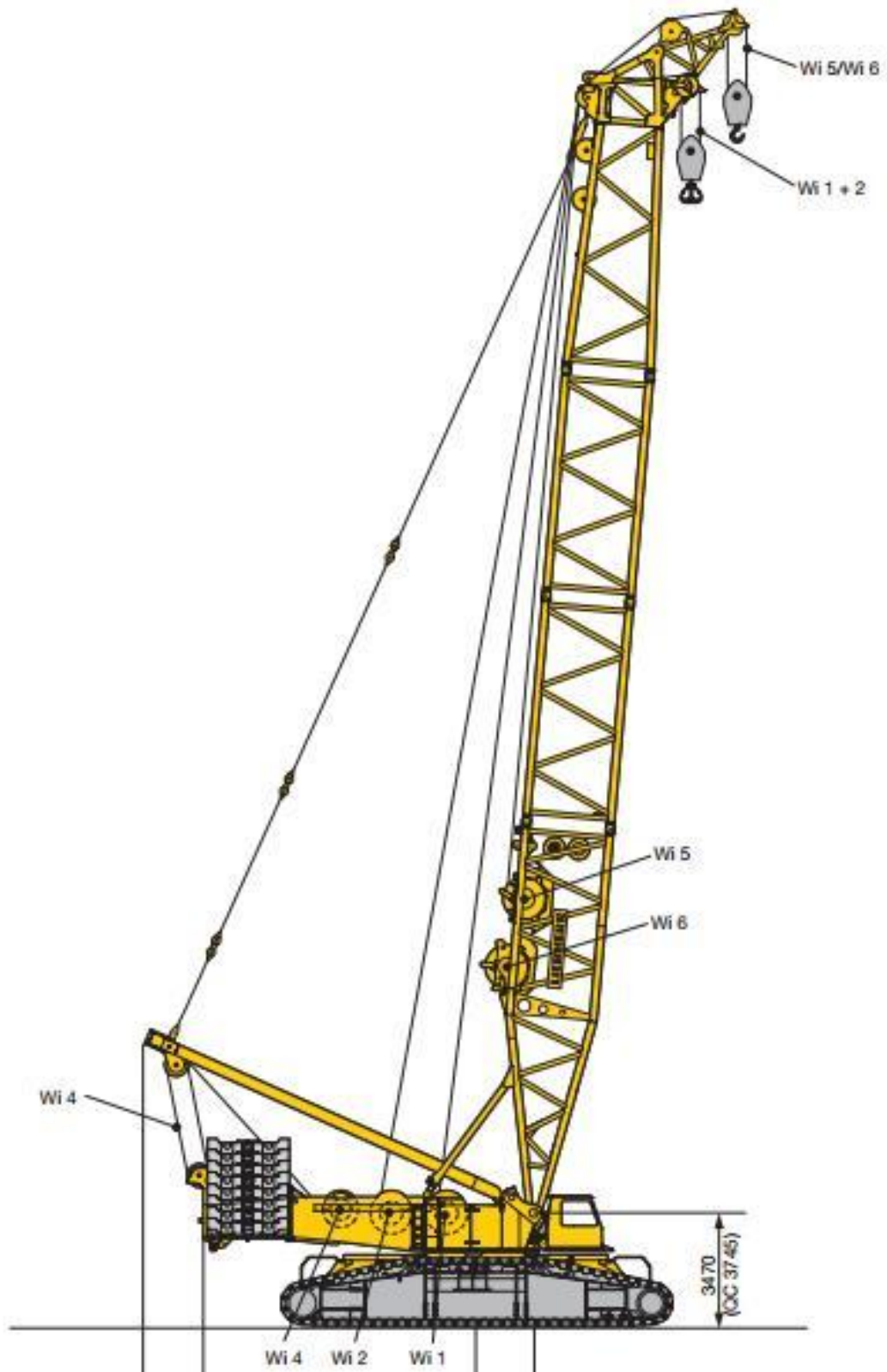
Kuva 4 Nykyaikainen nosturin ohjaamo. Näytöiltä kuljettaja saa tietoja nostosta. [12.]

2.2.2 Vinssit

Liebherr LR1750-nosturissa on kuusi vinssiä (kuva 5). Kolme niistä sijaitsee ylävaunun keskiosassa ohjaamon takana. Loput kolme vinssiä on sijoitettu puomin alkuosaan. Niitä käytetään, jos nosturiin tarvitaan jatko-osia. Normaalisti nosturi käyttää vinssejä, jotka ovat ylävaunussa. Kahta vinssiä käytetään koukun nostamiseen ja yhtä vinssiä puomin kulman säätämiseen.

Vinssien ympärillä on siistillä rullalla 28 mm:n paksuista teräsvaijeria. Koukkua liikutteluvien vinssien halkaisija on 1400 mm ja niissä on kummassakin 1300 m kaapelia. Puomia liikutteleva vinssi koostuu itse asiassa kahdesta pienemmästä vinssistä. Niiden halkaisija on hieman pienempi kuin koukkua liikutteluvien vinssien halkaisija. Puomia liikuttelevissa vinsseissä on yhteensä vain 750 m vaijeria.

[4.]



Kuva 5 Vinssien paikat, ja kohteet, joita vinssi liikuttaa. Yleisimmin käytetyt vinssit sijaitsevat ylävaunussa. [4.]

2.2.3 Moottori

Nosturin moottori (kuva 6) on sen sydän. Moottori tuottaa hydraulijärjestelmään paineen, jolla vinssit pystyvät nostamaan satojen tonnin painoisia taakkoja. Moottorin tuottamaa hydraulipainetta tarvitaan myös, kun nosturia siirretään paikasta toiseen työmaalla, koska nosturin teloja liikuttavat hydraulimoottorit. Moottori tuottaa myös sähköä nosturin monimutkaiseen sähköjärjestelmään.

Liebherr LR1750-mallisessa nosturissa käytetään 8-sylinteristä dieselmootoria. Moottori tuottaa 400 kW tehoa, kun moottorin kierrosnopeus on 1800 1/min, ja 2450 Nm vääntöä kun moottorin kierrosnopeus on 1500 1/min. Nosturissa on 820 L dieselsäiliö.

Moottori on sijoitettu ylävaunuun vinssien viereen. Moottoria peittää metallinen kuori, joka suojaa moottoria lialta ja iskuilta. Metallisuojausten sisäpuoli on vuorattu äänieristemateriaalilla. Äänieristeellä pyritään pitämään nosturin tuottama melu mahdollisimman pienenä.

[4.]



Kuva 6 Liebherr D9508 A7 SCR -mallinen dieselmoottori. Moottori tuottaa 505 kW tehoa. Moottorin iskutilavuus on 16.2 litraa. [13.]

2.2.4 Vastapainot

Vastapainojen ansiosta nosturi pystyy nostamaan satojen tonnien painoisia taakkoja. Ilman vastapainoja nosturi kaatuisi yrittäessään nostaa painavia taakkoja. Vastapainot on sijoitettu nosturin peräpäähän ja telojen väliin. Osa vastapainoista on sijoitettu ylävaunun peräpäähän ja osa alavaunuun telojen väliin. Kun ylä- ja alavaunun vastapainot eivät enää riitä, nosturin perään laitetaan pyörillä varustettu alusta johon voidaan lastata lisää vastapainoja.

Vastapainot ovat metallista tehtyjä laattoja. Niitä on ylävaunun peräpäässä 12 - 18 kpl riippuen tarpeesta (kuva 7). Jokainen niistä painaa 12,5 t. Telojen välissä on 2 tai 6 kpl 12,5 t painavaa vastapainoa riippuen tarpeesta. Yhteensä vastapainoja ylävaunussa on siis 215 - 340 t riippuen tarpeesta. Lisäalusta (kuva 8) kantaa maksimissaan 400 tonnia vastapainoja. [4.]



Kuva 7 Liebherr LR1750 pelkillä ylä- ja alavaunun vastapainoilla varustettuna. [14.]



Kuva 8 LR1750 varustettuna vastapainojen lisäalustalla. [15.]

2.3 Alavaunun rakenne

Alavaunu koostuu teloista ja teloja yhdistävästä osasta. Teloja yhdistävä runko pitelee myös alavaunun vastapainoja. Rungon sisällä kulkee hydrauliputkia, jotka tuovat hydraulioöljyä teloja liikutteleville hydraulimoottoreille. Alavaunun rungon on kestävä valtavia rasituksia. Rungon päällä on kääntökehä, jonka päällä koko muu nosturi lepää. Kääntökehä mahdollistaa sen, että ylävaunua puomeineen pystytään kääntämään 360 astetta alavaunuun nähden vaivattomasti.

LR 1750-nosturin telat ovat 12 m pitkät ja korkeimmillaan 2,1 m korkeat (kuva 9). Telat ovat 1,5 m leveät. Kumpikin tela painaa 44 t eli yhteensä ne painavat 88 t. Alavaunun runko on 8,1 m pitkä ja 2 m korkea. Alavaunulla on telat asennettuna leveyttä 10,3 m.

[4.]



*Kuva 9 Liebherr LR1750 -mallisen nosturin toinen tela kiinnitettynä alavaunun runkoon.
[15.]*

3 Ristikkopuomisen ajoneuvonosturin kuljetus ja kokoaminen

Tässä luvussa käsitellään ristikkopuomisen ajoneuvonosturin kokoamista työmaalla. Kokoamiseen sisältyy monta eri vaihetta. Ensin osat täytyy kuljettaa nosturiyrityksen toimipisteeltä tai toiselta työmaalta uudelle työmaalle. Työmaalla nosturi on koottava tietyssä järjestyksessä ja varmistettava, että sillä voidaan tehdä töitä turvallisesti.

3.1 Osien kuljetus työmaalle

Nosturi kuljetetaan työmaalle osissa. Yleisimmin kuljetukseen käytetään rekka-auton vetämää lavettia. Nosturin osat ovat niin painavia, että niiden nostamiseen tarvitaan toinen nosturi. Osien nostamiseen lavetille käytetään usein pienempää kumipyöräistä ajoneuvonosturia. Pienempää nosturia käytetään myös kuljetettavan nosturin purkamisessa, koska yleensä kuljetettava nosturi puretaan vasta juuri ennen kuljetusta.

Rekka-autot kuljettavat alavaunun, ylävaunun ja tarvittavan määrän puomin osia työmaalle (kuva 10). Jos määränpäässä ei ole käytettävissä apunosturia osien purkamiseen laveteilta ja nosturin kokoamiseen, täytyy nosturifirman kuljettaa apunosturi paikalle. Koska apunosturit ovat yleensä kumipyörillä varustettuja, ne ajetaan paikalle. Jos matka työmaalle on pitkä, saattaa olla kannattavampaa kuljettaa myös apunosturi lavetilla.



Kuva 10 Ristikkopuomin osia sisäkkäin lavetin päällä. [16.]

3.2 Nosturin kokoaminen

Kun osat on saatu kuljetettua työmaalle, alkaa kokoaminen. Yleensä ylävaunu on kiinnitettynä kääntökehästä alavaunun runkoon, joten niitä ei tarvitse erikseen yhdistää. Alavaunun rungossa on neljä tukijalkaa, joiden varaan se pystyy nostamaan itsensä. Ylävaunu nousee alavaunun rungon kanssa irti lavetista, kun alavaunun rungon tukijalat on levitetty lavetin ulkopuolelle ja hydraulisylinterien varret ajettu alas. Kun ylävaunu ja alavaunun runko ovat tukijalkojen varassa, lavetti ajetaan pois niiden alta.

Seuraavaksi alavaunun rungon lähelle tuodaan telat. Ne nostetaan apunosturilla yksitel- len alavaunun rungon lähelle ja kiinnitetään alavaunun runkoon. Telat lukitaan alavau- nunrunkoon kiinnitystapeilla ja telojen hydraulimoottoreille liitetään hydraulikkaletkut. Nyt nosturi pystyy liikkumaan omatoimisesti.

Kun telat on saatu liitettyä, aletaan vastapainoja lastaamaan nosturin kyytiin. Vastapai- not on koottu lavettien päälle muutaman levyn kasoihin. Lavetit ajetaan apunosturin lä- helle ja apunosturi nostaa vastapainot koottavan nosturin päälle. Vastapainot asetetaan ensin telojen väliin ja sitten ylävaunun peräpäähän.

Kun nosturissa on telat ja vastapainot, voidaan aloittaa puomin kokoaminen. Puomin suippo tyviosa kiinnitetään kahdesta pisteestä ylävaunuun. Tyviosan toisessa päässä on neljä kiinnityspistettä, joihin puomin välisosia aletaan kiinnittää. Kiinnitettävien väliosien määrä riippuu siitä kuinka pitkä puomi työmaalla tarvitaan. Puomin osat kiinnitetään toi- siinsa kiinnitystapeilla. Kiinnitystapit joudutaan hakkaamaan usein lekalla paikoilleen. Kun tappi on saatu läpi kiinnityspisteiden rei'istä, se lukitaan paikalleen lukitushakasella.

Kun puomi on koottu haluttuun pituuteen, puomien päällä olleet harukset yhdistetään. Harukset liitetään toisesta päästään puomin päähän ja toisesta päästään väkipyörään (kuva 11). Väkipyörään tulee kaapeli, jolla puomin kulmaa muutetaan vinssaamalla. Ha- rukset ovat pitkiä metallitankoja, jotka yhdistetään päistään miltei koko puomin pituiseksi ketjuksi. Harusten tehtävä on kannatella puomin painoa.



Kuva 11 Liebherr LR1750-merkkinen ristikkopuominosturi kokoamisvaiheessa. Harukset on kiinnitetty nosturin puomin päähän ja väkipyörään, joka on apupuomissa. Väkipyörän vaijeria vinssataan kireämmälle ja puomi nousee pikkuhiljaa pystyasentoon. [17.]

4 Turvataso suunnittelun lähtökohdat ja tavoitteet

4.1 Standardi

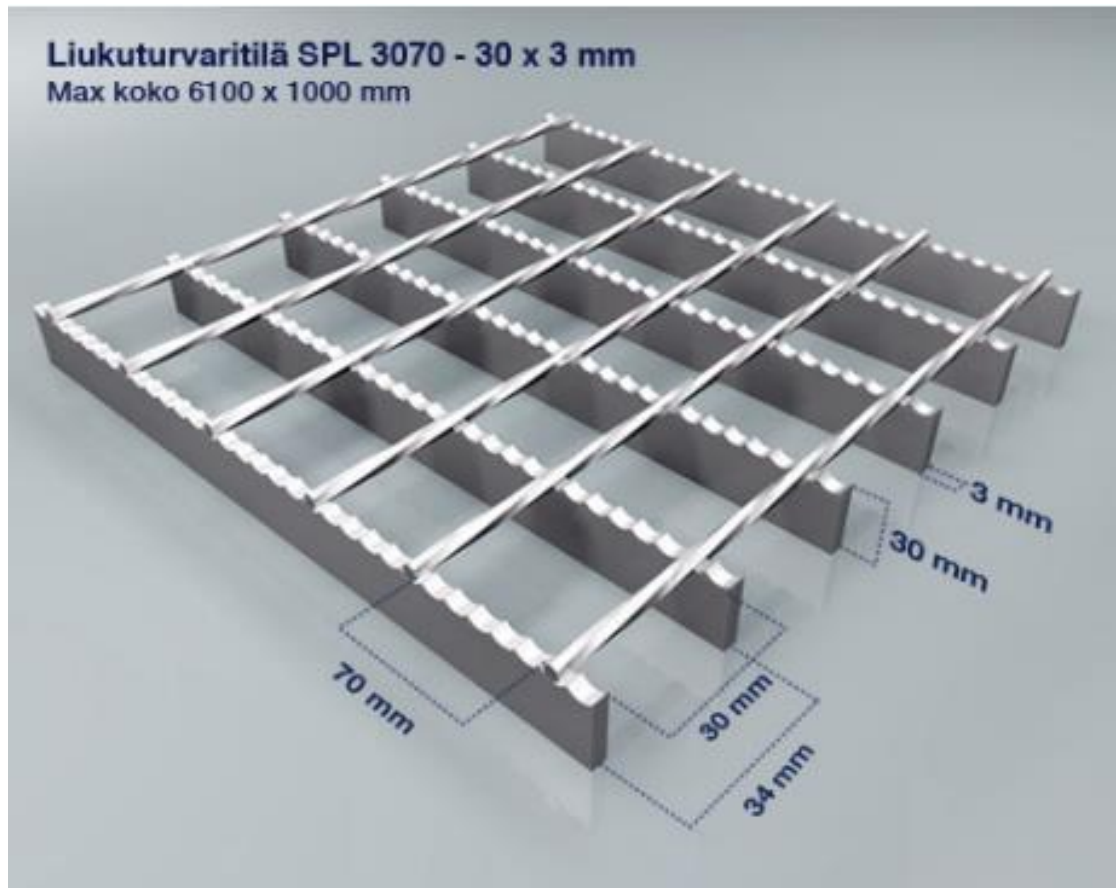
Yksi suunnittelun lähtökohdista oli nostureiden turvatasoja koskeva standardi EN 13586 + A1. Standardi määritteli tason suunnittelulle tietyt rajat, joiden sisällä piti pysyä. Standardi tarjoaa yhden tavan nosturin kulkuteiden suunnitteluun niin, että konedirektiivin 98/37/EY olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset tulisivat täytetyiksi.

Seuraavana ote standardista EN 13586 + A1:

”Tässä eurooppalaisessa standardissa esitetään suunnitteluvaatimukset nostureihin asennetuille kulkuteille, joita ei käytetä konevoimalla. HUOM. 1 Muuntyyppisten kulkuteiden käyttäminen vaaditaan esitettäväksi käyttöohjeissa. Tämä eurooppalainen standardi kattaa kulkutiet ohjauspaikoille ja kaikki kunnossapitotehtävissä, määrätyissä asennus- ja purkutöissä (ks. alla) sekä hätätilanteissa vaadittavat kulkutiet. Nostureille jotka on tarkoitus asentaa ja purkaa paikoissa, joissa niillä työskennellään, asennukseen ja purkuun tarvittavia kulkuteitä koskevat erityisvaatimukset on esitetty asianomaisissa nosturityyppikohtaisissa eurooppalaisissa standardeissa. HUOM. 2 Eri nosturityyppien kulkuteitä koskevat erityisvaatimukset on esitetty asianomaisissa, nosturityyppikohtaisissa eurooppalaisissa standardeissa. Tässä eurooppalaisessa standardissa esitetyissä mitoissa ei ole otettu huomioon turvaetäisyyksiä, jotka koskevat: - suojuksia - nosturin ja läheisten rakenteiden suhteellista liikettä - vaarallisia pintalämpötiloja - sähkölaitteita. Tämän eurooppalaisen standardin kattamat merkittävät vaarat esitetään kohdassa 4. Tätä eurooppalaista standardia ei sovelleta nostureihin, jotka on valmistettu ennen päivämäärää, jolloin CEN on julkaissut tämän standardin.”

Standardissa vaadittiin tasolta luiston estävää pintaa. Tämä voitiin helposti toteuttaa käyttämällä tason valmistusmateriaalina hammastettua teräsritilää (kuva 12). Teräsritilän muutkin ominaisuudet olivat sopivat. Teräsritilän rakenteellinen kestävyys oli hyvä tason käyttö huomioiden. Ritilä oli kuumasinkittyä, joten sen säänkesto oli hyvä.

[7;8.]



Kuva 12 Cronvallin valmistama liukaturvaritilä. Samankaltaista ritilää käytettiin turvatason valmistukseen. [18.]

Standardissa oli määritelty myös tason ja ympäröivän rakenteen minimimitat. Taso oli tarkoitettu sijoittamaan puomin ristikkoputkien väliin, joten tason ja ristikkoputkien väliin oli jätettävä tarpeeksi tilaa niin, että taso ei hankaisi putkia vasten. Huomioon piti ottaa myös se, että asentajan käsi tai jalka ei pääsisi musertumaan tason ja putkien väliseen tilaan. Standardissa oli määritelty kädelle turvalliseksi väliksi 100 mm. Väliksi päätettiin valita 100 mm, koska siitä käsi mahtuisi hyvin sisään ja ulos, mutta jalkaa siihen väliin ei saisi laitettua.

4.2 Asentajien toiveet

Standardi oli antanut suunnitteluun suuntaa antavan ohjenuoran. Suunnittelussa piti kuitenkin ottaa huomioon muitakin asioita. Yksi niistä oli asentajien toiveet. Asentajat tulisivat viimekädessä käyttämään tasoa työssään, joten oli tärkeää että he olisivat tyytyväisiä lopputuotteeseen. Muutamilta asentajilta kysyttiin heidän mielipidettään turvatasosta, ja saatiin tietää sen suunnitteluun liittyviä toiveita.

Tärkein toive oli, että taso olisi mahdollisimman mukava kun asentaja työskentelee polvillaan. Tämä tarkoitti sitä, että kiinnityspisteet piti pyrkiä saamaan samaan tasoon kuin ritilä. Jos tasosta pistäisi esiin pultinpäitä tai muita teräviä kohtia, niin ne tuntuisivat asentajien polvissa, vaikka tämä käyttäisi polvisuojia.

Toinen huolenaihe oli tason vakaus. Teräsrtilä pääsee joustamaan jonkin verran, kun sen päällä seisoo. Varsinkin jos ritilä on vain muutaman tukipisteen päällä. Asentajat toivoivat, että tukipisteitä olisi riittävästi, jotta ritilä tuntuisi tukevalta jalkojen alla.

4.3 Suunnittelun työkalut

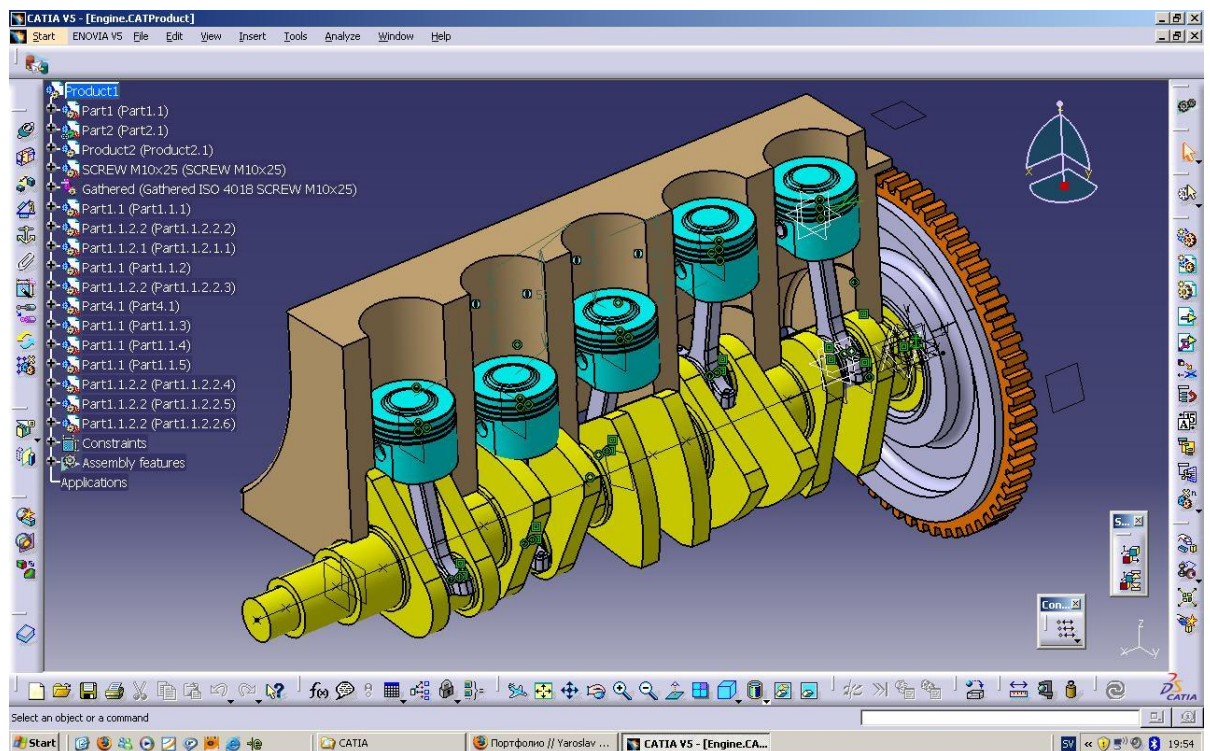
Suunnittelussa käytettiin pääosin perinteisiä työkaluja kuten kynää ja paperia. Perinteisten työkalujen rinnalla käytettiin myös CATIA 3D-mallintamisohjelmaa. Catialla pystyttiin suunnittelemaan tason rakennetta tarkemmin kuin perinteisillä suunnittelun työkaluilla.

Catia on tietokoneohjelma, jolla pystyy luomaan kolmiulotteisen mallin mistä tahansa esineestä (kuva 13). Catialla voidaan luoda esine ja muuttaa sen mittoja halutuiksi. Esi-
neen valmistusprosessi voidaan myös suunnitella catialla virtuaalisesti.

Catiassa on neljä erilaista suunnittelutilaa. Ne ovat: muotoilu, mekaaninen suunnittelu, sähkö -ja nestejärjestelmien suunnittelu sekä systeemin suunnittelu.

[5.]

Jokainen koneen suunnittelu alkaa periaatteessa siitä, että luodaan mallinnettavan kohteen ääriviivat jostain suunnasta katsottuna. Esimerkiksi jos halutaan luoda ympyräpohjainen lieriö, piirretään ensin sketcheriin ympyrä. Sketcher on tila, jossa valittuun tasoon voidaan luoda kaksiulotteinen kuva. Kun on saatu piirrettyä ympyrä, käytetään pursotustyökalua. Pursotustyökalulle kerrotaan, mistä pinnasta halutaan pursottaa, kuinka kauas ja mihin suuntaan. Pursotuksen alkupinnaksi valitaan taso, johon aiemmin piirrettiin ympyrä. Pursotuksen suunta on tässä tapauksessa yhdentekevää, koska suunnittelutilassa ei ole muita esineitä. Pursotuksen pituudeksi voidaan valita esimerkiksi 200 mm, jolloin saadaan 20 cm korkea ympyrälieriö. Pursotuksen jälkeen ruudulle on saatu mallinnettua ympyräpohjainen lieriö, jonka mitat on voitu vapaavalintaisesti valita. Lieriön mittoja voidaan jälkepäin muuttella vapaasti. Esimerkiksi alussa piirretyn ympyrän halkaisijaa voidaan muuttaa halutuksi. Valitaan ruudun sivulla olevasta valikosta sketcher, jossa piirrettiin ympyrä. Sketcherissä voi asettaa ympyrälle halkaisijan, esimerkiksi 30 mm. Kun tulemme pois sketcheristä, lieriö päivittyy pohjan halkaisijaltaan 20 mm:seksi.



Kuva 13 Pienellä kärsivällisyydellä, Catialla voi mallintaa vaikka polttomoottorin. [19.]

4.4 Tasoon kohdistuvat rasitukset

Tasoon kohdistuvat rasitukset piti ottaa huomioon suunnitteluvaiheessa, jotta tasosta saataisiin varmasti tarpeeksi vahva. Tasoon kohdistuu monenlaisia rasituksia, kun se on kiinnitettynä nosturin puomiin.

Asentajien työskentely tason päällä aiheuttaa tasoon rasituksia, joita pystytään etukäteen arvioimaan. Tason päälle mahtuu seisomaan kaksi asentajaa. Asentajan elopainon oletetaan olevan noin 100 kg. Näin ollen taso on suunniteltava kestämään 200 kg:n paino. Kun asentajille annetaan työkaluja, kokonaispaino nousee noin 20 kg. Kun laskeetaan yhteen asentajien paino ja työkalujen paino, saadaan yhteispainoksi 220 kg. Tason on siis kestettävä tämän painoista kuormitusta jatkuvasti.

Asentajien aiheuttamien rasitusten lisäksi tasoon kohdistuu ympäristön aiheuttamaa kuormitusta. Taso on kiinnitettynä sellaiseen puomin osaan, joka on koko käyttöikänsä ulkona. Tason on siis kestettävä luonnon siihen kohdistamat rasitukset. Tason on kestettävä muun muassa lämpötilan muutoksia, tuulta, jäätä ja vettä.

Tasoon kohdistuu rasituksia myös puomin kuljettamisesta. Tason piti olla tarpeeksi vahva, ettei se vahingoittuisi aivan pienimmistä kolhuista, joita siihen saattaa kohdistua. Kuljetuksen aiheuttamia rasituksia oli kuitenkin erittäin hankala ennustaa. Kun puomin osia lastataan kuorma-auton lavetille ja lavetilta pois, ne saattavat vahingossa osua ympäristössä oleviin esteisiin ja vahingoittua.

Rasitusta tasoon aiheutti myös puomin pieni liikkuminen suurten nostotaakkojen alla. Tämä liike on kuitenkin niin pientä, että se voitiin jättää huomiotta.

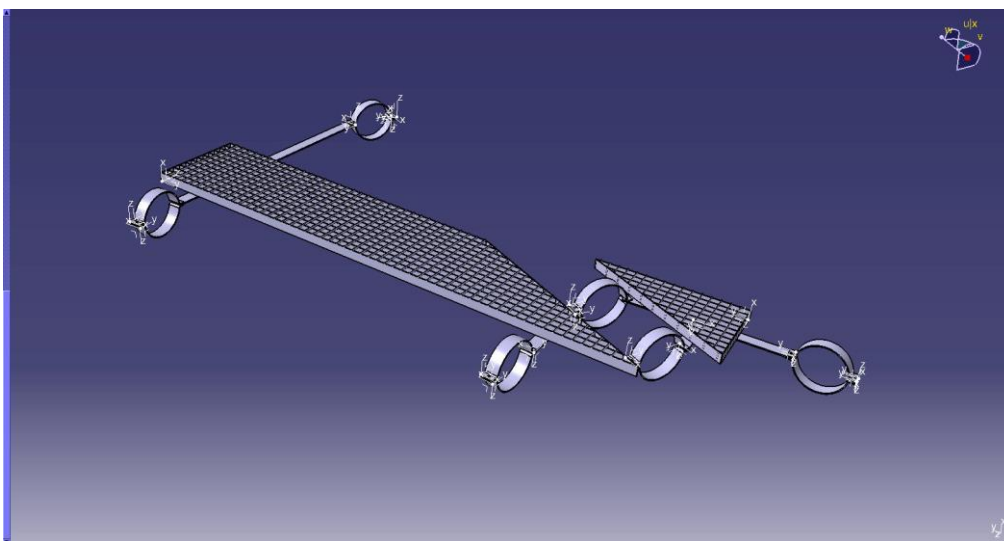
4.5 Puomin kuljetuksen aiheuttamat vaatimukset

Kun puomi puretaan osiin ja kuljetetaan paikasta toiseen, joissain tapauksissa erikokoiset puominosat laitetaan sisäkkäin. Pienempi puominosa laitetaan isomman puominosan sisälle. Puominosien väliin jäävä tila on hyvin pieni, joten suunnittelussa piti ottaa huomioon, ettei turvataso estäisi puominosien sovitusta sisäkkäin.

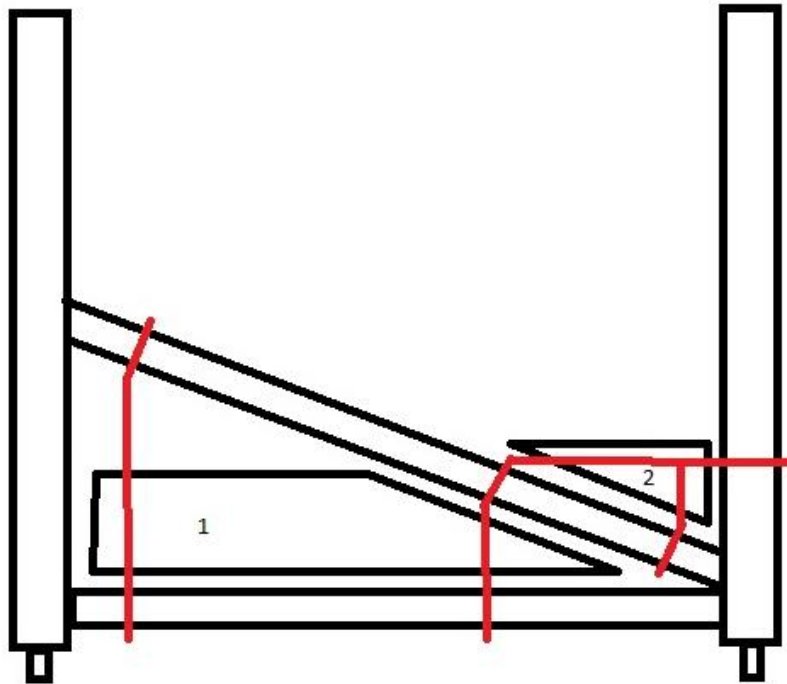
5 Suunnittelun vaiheet

Tason suunnittelu aloitettiin luonnostelemalla paperille eri vaihtoehtoja tasosta (kuva 15). Kun taso oli pääpiirteissään hahmoteltu paperille, käytiin puomista ottamassa tarkat mitat tason tulevasta paikasta. Näin tasolle saatiin mitat, joiden perusteella se saatiin suunniteltua yksityiskohtaisemmin. Tasosta tehtiin myös 3D-malli Catialla (kuva 14). 3D-mallilla saatiin tarkempi käsitys tason tulevasta muodosta.

Tason suunnitteluvaiheessa arvioitiin tasoon mahdollisesti kohdistuvia maksimirasituk-
sia, jotta osattiin valita tarpeeksi vahva materiaali. Asentajien ja ympäristön aiheuttamat rasitukset katsottiin tärkeimmiksi tarkastelun kohteiksi. Kun rasitukset oli kartoitettu, alettiin miettiä sopivaa materiaalia tasolle. Rasitusten perusteella tasolle voitiin miettiä myös sopivaa kiinnitystä puomiin.



Kuva 14 3D-malli turvatasosta.

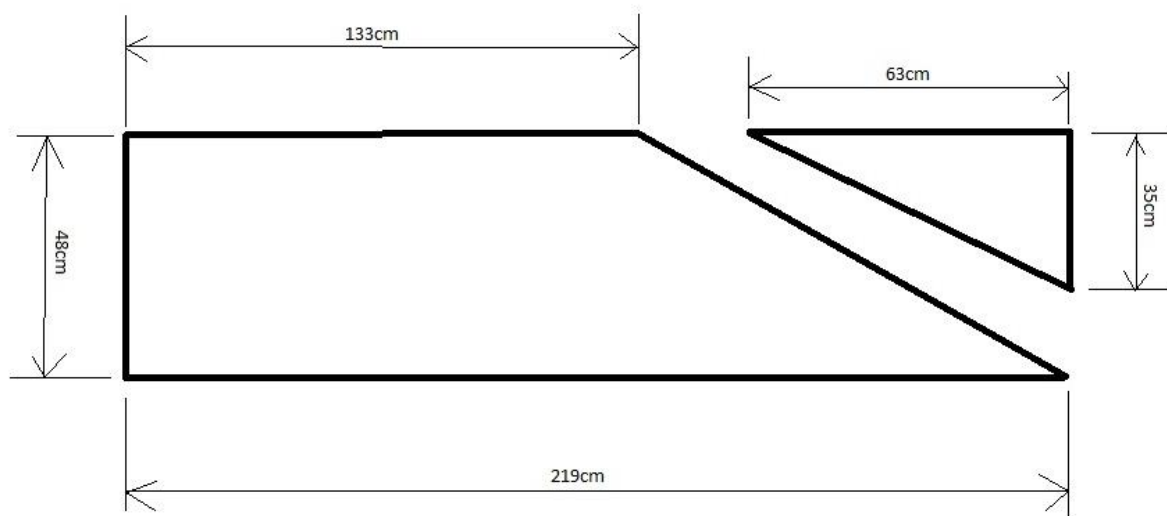


Kuva 15 Hahmotelma turvatasosta tason suunnittelun alkuvaiheesta. Kuvassa puomin päätä katsotaan ylhäältä päin. Punaiset viivat ovat tason kiinnitysrautoja ja tason ritiläosat on numeroitu.

5.1 Tason mitat

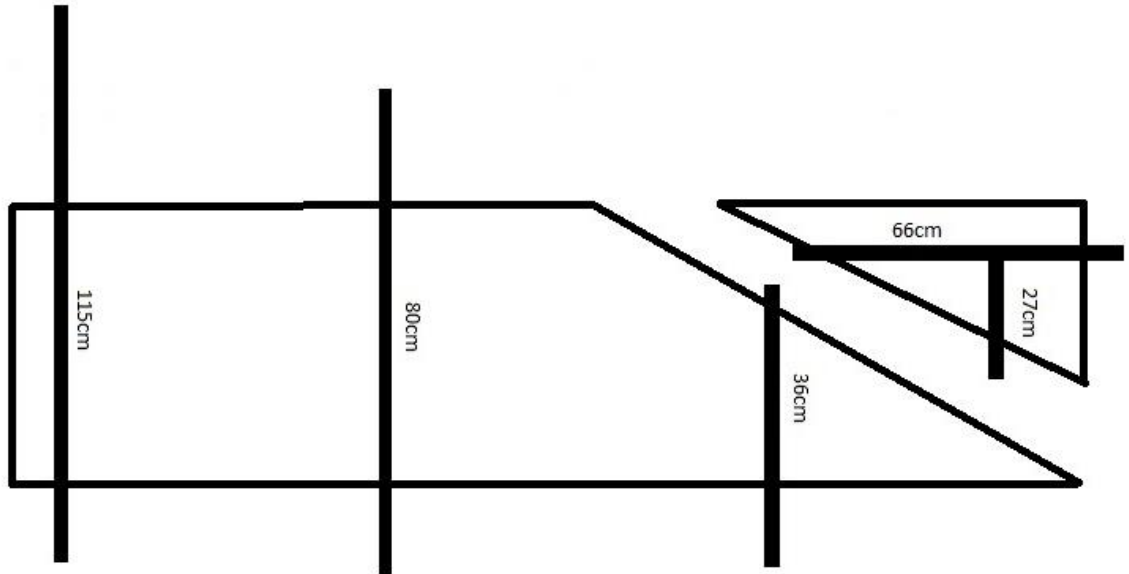
Tason mitat määräytyivät osittain standardin määräämänä ja osittain puomin mukaan. Standardi määräsi, että tason ja puomin putkien väliin on jätävä 10 cm väliä. Loput mitat määräytyivät puomin mukaan.

Mittaaminen tapahtui käytännössä menemällä Pekkaniskan varikolle mittanauhan ja muistiinpanovälineiden kanssa. Mittanauhalla mitattiin väli, johon taso oli tarkoitus asentaa. Mittausten jälkeen paperille piirrettiin tason hahmotelma, jossa näkyivät tason mitat (kuva 16). Mittaukset luonnollisesti tarkastettiin moneen kertaan.



Kuva 16 Mitat, joiden mukaan tason ritilät valmistettiin.

Tason kiinnikkeiden mitat saatiin mittaamalla ensin halkaisijat puomin putkista, joihin taso oli tarkoitus kiinnittää. Kun putkien halkaisijat tiedettiin, tietojen perusteella tilattiin putkenpidikkeitä. Putkenpidikkeitä käytettiin kiinnittämään taso puomin putkiin. Tason alla olevien kiinnikkeiden pituudet (kuva 17) saatiin mittaamalla etäisyys putkenpidikkeeltä toiselle.



Kuva 17 Tason kiinnikkeiden mitat. Kiinnikkeiden materiaalina käytettiin 5 mm x 50 mm profiilista lattarautaa.

5.2 Rasitusten arviointi

Tasoon kohdistuvia rasituksia mietittiin jonkin verran tason suunnitteluvaiheessa. Tarkoitus oli tehdä varmasti kestävä rakenne, joka testattaisiin huolella ennen käyttöönottoa. Tasoa katsottiin kuormittavan sen päällä oleva paino eli ihmiset ja työkalut, sekä ympäristö.

Teräsritilän valmistaja oli antanut nettisivuillaan kuormitustaulukon (kuva 18), josta pystyi arvioimaan ritilän kantokyvyn. Ritilät oli alun perin tarkoitettu suurten kävelytasanteiden valmistukseen, joita rasi­­tettaisiin tasaisesti. Koska tason käyttötarkoitus poikkesi hieman tarkoit­­etusta ja tasoa aiottiin muokata sovellukseen sopivaksi, katsottiin parhaaksi valita hieman kestävämpää ritilää kuin taulukon perusteella olisi ollut tarpeellista valita.

Aiemmin arvioitiin, että tason päällä tulisi työskentelemään kaksi ihmistä työkaluineen. Ihmiset ja työkalut tulisivat painamaan yhteensä 220 kg. Tason päällä olevan painon ja tason pinta-alan avulla saatiin laskettua keskimäärin tasoon kohdistuva rasitus.

Newtonin lain perusteella saadaan tasoon kohdistuvaksi voimaksi

$$F = ma$$

jossa m on tason päällä oleva massa ja a on kiihtyvyys, joka tässä tapauksessa on g eli maan putoamiskiihtyvyys. Maan putoamiskiihtyvyys on $9,81 \text{ m/s}^2$.

$$F = mg = 220 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2 = 2158,2 \text{ N}$$

Tason pinta-ala A saadaan lasketuksi tason mittoja hyväksikäyttäen.

$$A = (1,33 \text{ m} * 0,48 \text{ m} + (0,86 \text{ m} * 0,48 \text{ m}) / 2) + (0,63 \text{ m} * 0,35 \text{ m}) / 2 = 0,955 \text{ m}^2$$

Tasoon kohdistuva paine P saadaan laskettua jakamalla voima pinta-alalla.

$$P = F / A = 2,158 \text{ kN} / 0,955 \text{ m}^2 = 2,259 \text{ kN/m}^2 \sim 2,3 \text{ kN/m}^2$$

Ritilän pinnalle kohdistuvan keskimääräisen paineen avulla voitiin taulukosta valita oikeanlainen ritilä käyttötarkoitukseen. Ritilävalmistaja oli ilmoittanut ritilöiden kestävyysniiden pinnalle kohdistuvana paineena.

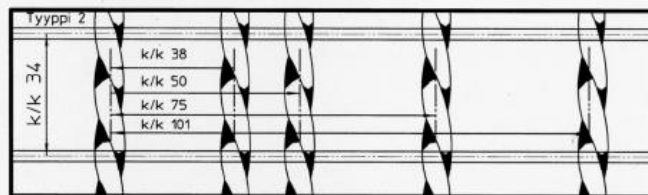
Teräsritilätyypit

2.7

Kuormitustaulukko tyyppi 2 (kantoterästen välinen silmäkoko k/k-mitta on 34 mm)

Kantoteräksen koko mm	Ritilän vapaa jänneväli (mm)																			
	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1800	2000	2200	2400		
	Porrastetun rajalinjan vasemalla puolella on taipuma < 1/200 jännevälillä, kun tasaisesti jakautunut kuorma on 5 kPa.																			
20 * 2	Q	55	31	20	13,8	10,2	7,8	6,2												
	f	0,7	1,2	2	2,8	3,8	5	6,3												
20 * 3	Q	82,4	46,5	29,9	20,8	15,3	11,7	9,3	7,6	6,3										
	f	0,7	1,2	2	2,8	3,8	5	6,3	7,7	9,4										
25 * 2	Q	85,8	48,4	31,1	21,6	16	12,2	9,7	7,9	6,5										
	f	0,6	1	1,6	2,2	3	4	5	6,2	7,5										
25 * 3	Q	128,7	72,6	46,8	32,5	24	18,4	14,6	11,8	9,8	8,3									
	f	0,6	1	1,6	2,2	3	4	5	6,2	7,5	9									
30 * 2	Q	123,6	69,7	44,8	31,2	23	17,6	14	11,3	9,4	8	6,8								
	f	0,5	0,9	1,3	1,9	2,5	3,3	4,2	5,2	6,3	7,5	8,7								
30 * 3	Q	185,4	104,6	67,2	46,8	34,5	26,5	21	17	14,1	12	10,2	8,8	7,7	6,8					
	f	0,5	0,9	1,3	1,9	2,5	3,3	4,2	5,2	6,3	7,5	8,7	10,1	11,6	13,2					
30 * 5	Q	309	174,4	112	78	57,5	44,2	35	28,5	23,6	19,9	17	14,7	12,8	11,3					
	f	0,5	0,9	1,3	1,9	2,5	3,3	4,2	5,2	6,3	7,5	8,7	10,1	11,6	13,2					
40 * 2	Q	219,7	124	79,8	55,5	40,9	31,4	24,9	20,2	16,8	14,1	12,1	10,4	9,1	8					
	f	0,4	0,6	1	1,4	1,9	2,5	3,2	3,9	4,7	5,6	6,5	7,6	8,7	10					
40 * 3	Q	329,6	186	119,4	83,2	61,3	47,1	37,4	30,3	25,1	21,2	18,1	15,7	13,7	12,1	9,6	7,8	6,5		
	f	0,4	0,6	1	1,4	1,9	2,5	3,2	3,9	4,7	5,6	6,5	7,6	8,7	10	12,5	15,5	18,7		
40 * 4	Q	439,4	248	159,2	110,9	81,8	62,8	49,8	40,5	33,5	28,3	24,2	20,9	18,3	16,1	12,8	10,4	8,7	7,3	
	f	0,4	0,6	1	1,4	1,9	2,5	3,2	3,9	4,7	5,6	6,5	7,6	8,7	10	12,5	15,5	18,7	22,3	
40 * 5	Q	549,3	310	199	138,7	102,2	78,5	62,2	50,6	41,9	35,3	30,2	26,1	22,8	20,1	16	13	10,9	9,2	
	f	0,4	0,6	1	1,4	1,9	2,5	3,2	3,9	4,7	5,6	6,5	7,6	8,7	10	12,5	15,5	18,7	22,3	
50 * 3	Q	515	290,6	186,6	130	95,8	73,6	58,3	47,4	39,3	33,1	28,3	24,5	21,4	18,9	15	12,2	10,2	8,6	
	f	0,3	0,5	0,8	1,1	1,5	2	2,5	3,1	3,7	4,5	5,2	6,1	7	8	10	12,4	15	17,8	
50 * 4	Q	686,7	387,5	248,8	173,4	127,8	98,2	77,8	63,2	52,4	44,2	37,8	32,7	28,5	25,2	20	16,3	13,6	11,5	
	f	0,3	0,5	0,8	1,1	1,5	2	2,5	3,1	3,7	4,5	5,2	6,1	7	8	10	12,4	15	17,8	
50 * 5	Q	858,3	484,4	311	216,7	159,7	122,7	97,3	79	65,5	55,2	47,2	40,8	35,7	31,5	25	20,4	17	14,3	
	f	0,3	0,5	0,8	1,1	1,5	2	2,5	3,1	3,7	4,5	5,2	6,1	7	8	10	12,4	15	17,8	
60 * 3	Q	741,6	418,5	268,7	187,2	138	106	84	68,3	56,6	47,7	40,8	35,3	30,8	27,2	21,6	17,6	14,7	12,4	
	f	0,3	0,4	0,7	1	1,3	1,7	2,1	2,6	3,1	3,7	4,4	5,1	5,8	6,6	8,4	10,3	12,5	14,9	
60 * 4	Q	960,0	550	350,0	240,7	184	141,4	112	91	75,5	63,6	54,4	47	41,1	36,3	28,8	23,6	19,6	16,6	
	f	0,3	0,4	0,7	1	1,3	1,7	2,1	2,6	3,1	3,7	4,4	5,1	5,8	6,6	8,4	10,3	12,5	14,9	
60 * 5	Q	1236	697,6	447,9	312,1	230	176,7	140	113,8	94,4	79,6	68	58,8	51,4	45,3	36	29,4	24,4	20,6	
	f	0,3	0,4	0,7	1	1,3	1,7	2,1	2,6	3,1	3,7	4,4	5,1	5,8	6,6	8,4	10,3	12,5	14,9	
70 * 4	Q	1345,8	759,6	487,7	339,8	250,5	192,4	152,6	124	102,8	86,6	74	64	56	49,4	39,2	32	26,6	22,5	
	f	0,2	0,4	0,6	0,8	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,2	3,8	4,3	5	5,7	7,2	9	10,7	12,7	
70 * 5	Q	1682,3	949,5	609,7	424,8	313,1	240,5	190,7	155	128,5	108,3	92,6	80	70	61,7	49	40	33,3	28,1	
	f	0,2	0,4	0,6	0,8	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,2	3,8	4,3	5	5,7	7,2	9	10,7	12,7	
80 * 4	Q	1757,9	992,1	637,1	443,9	327,2	251,3	199,2	162	134,3	113,2	96,7	83,7	73,1	64,5	51,3	41,8	34,7	29,4	
	f	0,2	0,3	0,5	0,7	1	1,2	1,6	2	2,4	2,8	3,3	3,8	4,4	5	6,3	7,8	9,4	11,2	
80 * 5	Q	2197	1240	796,3	554,8	409	314,2	249	202,4	167,8	141,5	121	104,6	91,4	80,6	64,1	52,2	43,5	36,7	
	f	0,2	0,3	0,5	0,7	1	1,2	1,6	2	2,4	2,8	3,3	3,8	4,4	5	6,3	7,8	9,4	11,2	
100 * 5	Q	3433	1937,7	1244,3	867	639	491	389,2	316,3	262,2	221	189	163,5	142,8	126	100,2	81,6	67,9	57,4	
	f	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1	1,3	1,6	1,9	2,2	2,6	3,1	3,5	4	5	6,2	7,5	9	
120 * 5	Q	4944	2790	1791,8	1248,5	920,3	707	560	455,4	377,6	318,3	272,1	235,4	205,7	181,1	144,2	117,8	97,8	82,7	
	f	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,9	1	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,9	3,3	4,2	5,2	6,2	7,4	

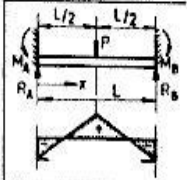
Q=suurin sallittu tasaisesti jaettu kuorma (kN/m² tai kPa)
f=taipuma (mm) kuormalla Q



Kuva 18 Kuvan taulukosta valittiin ritilän kantoteräksen kooksi 40x3 mm, jonka Q eli suurin sallittu tasaisesti jaettu kuorma on 6,5 kN/m² 2,2 m vapaalla jännevälillä. Kantoterästen väli on valitussa ritilätyypissä 34 mm. Yhdystankojen väliksi valittiin 38 mm, jotta tasolla olisi mahdollisimman mukava työskennellä, ja jotta työkalut pysyisivät ritilän päällä mahdollisimman hyvin. [21.]

Ritilän kiinnikkeiden rasitusta arvioitiin yksinkertaisella tuetun palkin mallilla (kuva 19). Tason alle tulevaa kiinnikerautaa käsiteltiin palkkina, joka on tuettu kiinteästi kummastakin päästään. Laskennassa kuormitus sijoitettiin keskelle palkkia.

FIXED BEAMS

Reaction	Bending Moment	Deflection	Type of Loading
$R_A = \frac{P}{2}$	$M_{max} (+) = \frac{PL}{8}; M_{max} (-) = \frac{PL}{8}$	$y_x = \frac{-Px^2}{EI} \left[\frac{x}{12} - \frac{L}{16} \right]$ for $0 < x < \frac{L}{2}$	
$R_B = \frac{P}{2}$	$M_A = M_B = -\frac{PL}{8}$	$y_{max} = \frac{PL^3}{192 EI}$ at $x = \frac{L}{2}$	

Kuva 19 Kiinteästi tuetun palkin laskukaavoja. [20.]

Valitaan palkkia keskeltä pistemäisesti kuormittava vaihtoehto, koska se aiheuttaa suuremman kuormituksen tukirautoihin. Voima P (kuva 18), joka painaa palkkia keskeltä alaspäin on tason päälle tuleva massa kerrottuna maan putoamiskiihtyvyydellä.

$$P = 220 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 2158,2 \text{ N}$$

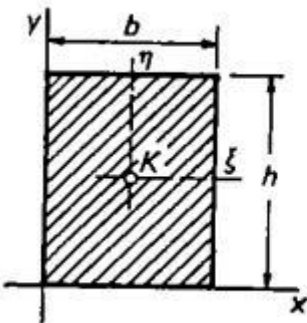
Palkin päitä vääntävä momentti saadaan palkin pituuden ja palkkia rasittavan voiman avulla. Valitaan palkin pituudeksi 60 cm, joka on keskimääräinen kiinnikkeiden pituus.

$$M_{max} = PL/8 = 2158,2 \text{ N} \cdot 0,6 \text{ m} / 8 = 161,87 \text{ Nm}$$

Kiinnikkeiden raaka-aineena käytettiin myötörajaltaan 235 Mpa:n vahvuista terästä. Käytetään varmuuskerrointa 1,2, joten maksimijännitys $Q_{sall} = 196 \text{ Mpa}$. Taivutusvastus W saadaan taivutusjännityksen kaavasta $Q_{sall} = M_{max} / W$.

$$W = M_{max} / Q_{sall} = 161,87 \text{ Nm} / 196 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 = 8,26 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 = 0,826 \text{ cm}^3$$

Käytetyn teräsprofiilin taivutusvastus saadaan laskettua kaavalla $W_{latta} = I/e$, jossa I on poikkileikkauksen neliömomentti (kuva 20), ja e on suurin reunaetäisyys neutraaliakselista taivutusmomentin tason suunnassa, eli tässä tapauksessa $b/2$.

<p>5</p>  <p>Suorakulmio</p>	$A = bh$ $x_O = b/2$ $y_O = h/2$	$I_x = bh^3/3$ $I_y = b^3h/3$ $I_{\xi} = bh^3/12$ $I_{\eta} = b^3h/12$ $I_O = \frac{bh}{12}(b^2 + h^2)$
---	----------------------------------	---

Kuva 20 Kaavoja joilla saadaan laskettua suorakulmaiselle poikkileikkaukselle neliömomentti. Tässä tapauksessa valitaan I_{η} , koska profiilimme sijoitetaan siten, että pidempi sivu on vaakasuorassa. [22.]

$$I_{\eta} = (b^3h)/12 = ((0,005 \text{ m})^3 * 0,05 \text{ m}) / 12 = 5,2 * 10^{-10} \text{ m}^4$$

$$W_{\text{latta}} = I/e = (5,2 * 10^{-10} \text{ m}^4) / (0,0025 \text{ m}) = 2,1 * 10^{-7} \text{ m}^3 = 0,21 \text{ cm}^3$$

Tarvittava tukirautojen määrä saadaan vertailemalla lattaraudan taivutusvastusta ja taivutusvastusta, joka tarvitaan tason kuorman kannatteluun.

$$W / W_{\text{latta}} = 0,826 \text{ cm}^3 / 0,21 \text{ cm}^3 = 3,93$$

Eli laskelmien mukaan noin 4 kpl 60 cm:n pituisia tukirautoja riittäisi kannattelemaan tasoa turvallisesti. Lopulliseen tasoon tuli 5 kpl tukirautoja, jotta tasosta saatiin varmasti turvallinen ja vakaa.

Suunnitteluvaiheessa oltiin huolissaan tukirautojen kestävydestä silloin, kun koko 220 kg:n paino tulee yhden tukiraudan kannateltavaksi. Käytännön testeissä kuitenkin huomattiin, että vaativimmassakin tapauksessa yksi asentaja työkaluineen (110 kg) olisi ainakin kahden tukiraudan kannattelema.

[9.]

5.3 Tason kiinnitys

Tason kiinnitys ristikkopuomiin piti tehdä jollain muulla tapaa kuin hitsaamalla. Tason hitsaamiseksi ristikkopuomiin olisi tarvittu Liebherrin hitsausluvut omaava hitsaaja. Tämä olisi kuitenkin tullut liian kalliiksi, eikä tasoa olisi voitu järkevästi asentaa maasto-olosuhteissa.

Tason kiinnitys päätettiin toteuttaa yksinkertaisella pultti -ja mutterikiinnityksellä. Itse tasoa kannattelemaan tilattiin teräsprofiilia, jonka mitat olivat 5x50 mm.

Tason kiinnitys ristikkopuomin putkiin päätettiin toteuttaa teräksisillä lvi putkikannakkeilla (kuva 21). Putkikannakkeet oli helppo asettaa putken ympärille ja kiinnittää pultilla ja mutterilla. Putkikannakkeen pultteihin saatiin kiinnitettyä myös helposti teräsprofiilit, jotka kannattelivat tasoa. Putkikannakkeet oli valmistettu 40 x 5 mm teräsprofiilista.



Kuva 21 Kuvassa vasemmalla ristikkopuomin isompiin putkiin kiinni tulevat putkikannakkeet ja oikealla pienempiin putkiin kiinni tulevat putkikannakkeet. Vasemmanpuoleiset kannakkeet on jo käsitelty ruosteenestomaalilla ja valkoisella pintamaalilla. Oikeanpuoleiset kiinnikkeet ovat vielä maalaamatonta terästä.

6 Tason valmistus

Tason valmistuksessa käytettiin mahdollisimman yksinkertaisia ja kustannustehokkaita valmistustapoja. Raakamateriaalina käytettiin STR Oy:ltä tilattua liukaturvaritilää. Ritilä leikattiin kulmahiomakoneella oikeaan mittaan ja leikkauskohta vahvistettiin 40x3 mm profiilisella teräsprofiililla eli lattaraudalla. Lattarauta kiinnitettiin ritilään hitsaamalla.

Koska ritilän pinta oli sinkitty, sitä oli hankala hitsata sellaisenaan. Jotta hitsaus onnistui paremmin, oli hitsattavista kohdista hiottava sinkkipäällyste pois. Sinkkiä hitsatessa vapautuu myös haitallista sinkkioksidia. Sinkkioksidi on havaittavissa valkoisena savuna. Joutuessaan elimistöön, sinkkioksidi voi aiheuttaa pahoinvointia, päänsärkyä ja kuumetta. [10.]

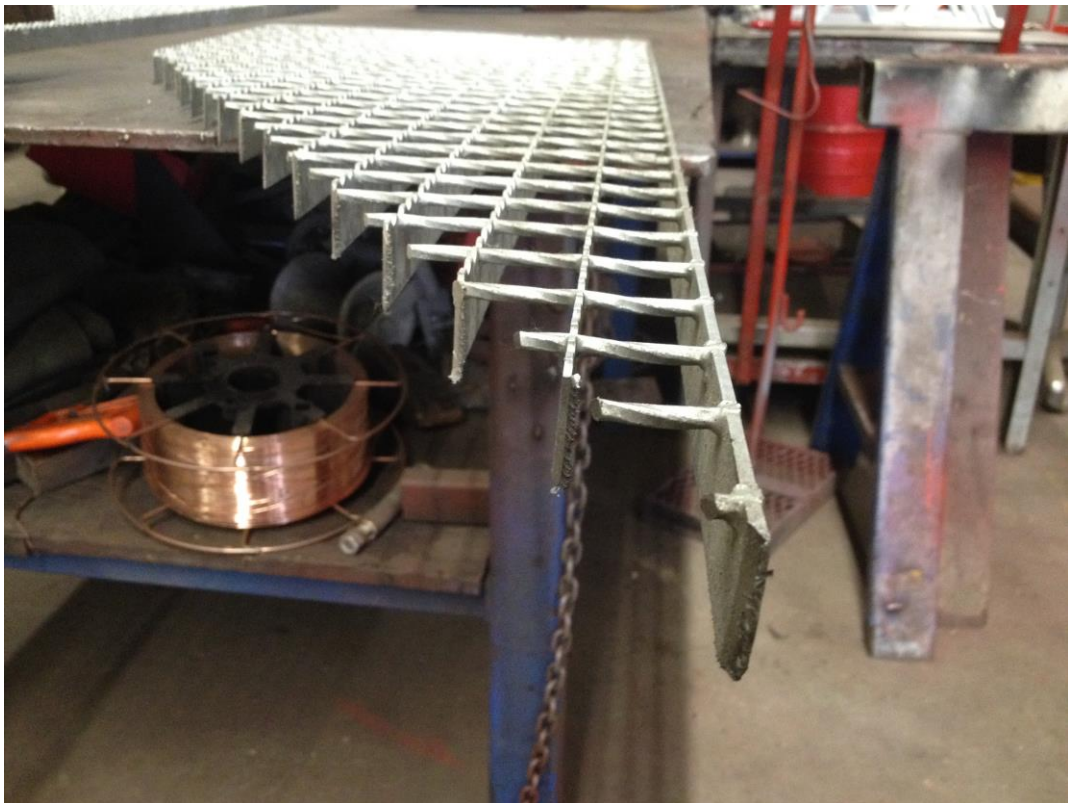
6.1 Seisomatason valmistus

Seisomatason valmistus aloitettiin leikkaamalla tason ritiläosat oikean kokoisiksi (kuva 22). Leikkaamiseen käytettiin kulmahiomakonetta. Leikkauskohta oli heikko ja suojaamaton (kuva 23), joten siihen piti hitsata vahviste, ja se piti maalata. Jotta hitsaus olisi ollut helpompaa, hitsattavat kohdat puhdistettiin kulmahiomakoneella (kuva 24). Ritilän leikattuun kohtaan hitsattiin valmiiksi oikeaan mittaan leikattu lattarauta (kuvan 25).

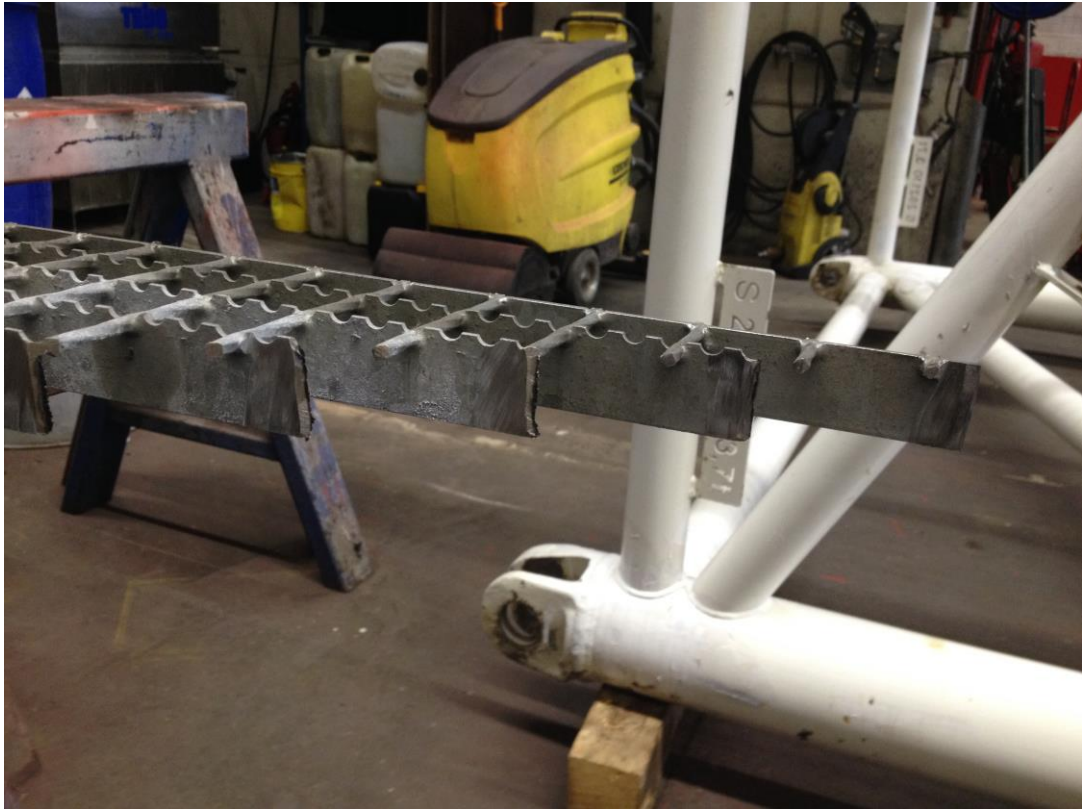
Kun ritilä oli vahvistettu leikkauskohdasta lattaraudalla, kaikki paljaat metallipinnat putattiin ja maalattiin ruosteenestomaalilla (kuva 26). Ruosteenestomaalauksen lisäksi ritilä maalattiin valkoisella maalilla antamaan lisäsuojaa (kuva 27). Valkoinen väri sopi hyvin yhteen nosturin puomin valkoisen värityksen kanssa.



Kuva 22 Täysimittaiseen ritilään on merkitty kohta mistä ritilä täytyy leikata.



Kuva 23 Leikattu ritilän pää.



Kuva 24 Puhdistetut kantoterästen päät.



Kuva 25 Ritilään hitsattu vahvike. Hitsaus suoritettiin MIG-hitsauslaitteella.



Kuva 26 Paljaat teräspinnat putsattiin ja maalattiin sinkkimaalilla ruosteen estämiseksi.



Kuva 27 Lopuksi ritilä maalattiin vielä valkoisella maalilla lisäsuojaa antamaan. Valkoinen väri sopi myös hyvin nosturin muuhun väriytykseen.

6.2 Kiinnitysosien valmistus

Kiinnitysosien valmistus aloitettiin tilaamalla 5 x 50 mm teräsprofiilia (kuva 28). Teräsprofiilista leikattiin oikean mittaisia palasia kulmahiomakoneella. Kannakerautaan porattiin pylväsporakoneella kiinnitysreiät (kuva 29), kun se oli leikattu oikeaan mittaan. Kun kannakerauta oli leikattu oikeaan mittaan, ja siihen oli porattu reiät, se maalattiin sinkkimaalilla ja valkoisella maalilla (kuva 30).

Putkikannattimet liitettiin kannakerautoihin pulteilla ja muttereilla (kuva 31). Kannakeraudat kiinnitettiin ritilään siten, että kannakerauta tuli tason alle. Kannakerauta kiinnitettiin ritilään pultilla ja mutterilla. Pultin luiskahtaminen ritilän silmän läpi estettiin suurella neliö välilevyllä (kuva 32).

Kun kaikki kiinnikkeet ovat oikeilla paikoillaan ja mutterit on kiristetty, taso pysyy tukevasti paikallaan puomissa (kuva 33).



Kuva 28 Profiilin mitat ovat 5x50 mm. Teräsprofiilista leikattiin oikean pituisia palasia kulmahiomakoneella.



Kuva 29 Poraus suoritettiin pylväsporakoneella.



Kuva 30 Kannattimetkin maalattiin sinkkimaalilla ja valkoisella maalilla.



Kuva 31 Putkikannattimet ja teräsprofiilit liitettiin yhteen käyttäen pultteja ja muttereita. Putkikannattimet maalattiin myös sinkkimaalilla ja valkoisella maalilla.



Kuva 32 Tasonkannattimet liitettiin tasoon pulteilla ja muttereilla. Neliövalilevyllä estettiin pultin luiskahtaminen ritilän silmän läpi.

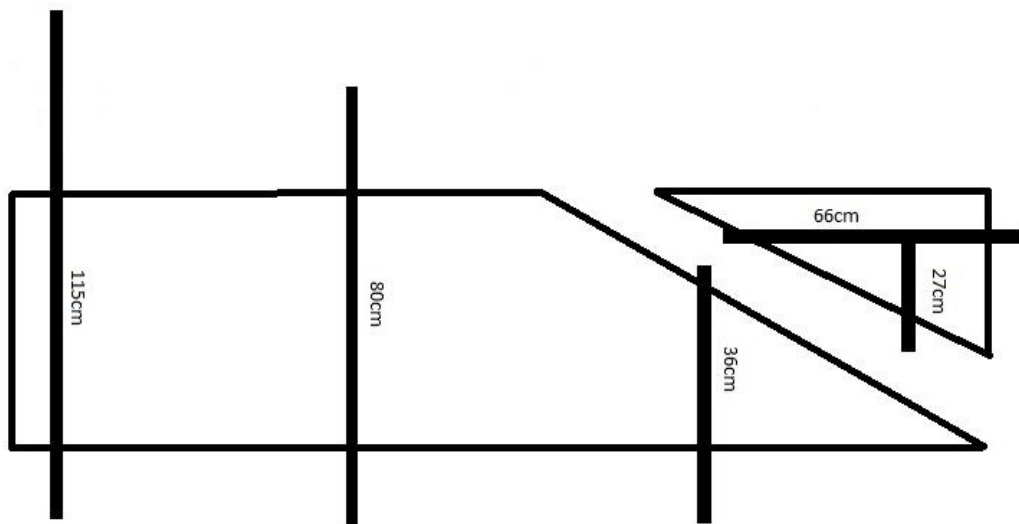


Kuva 33 Turvataso on asennettuna kiinni nosturin puomiin. Kuvan ottamisen jälkeen tason isompaan osaan asennettiin vielä yksi tukirauta keskivaiheille, jotta tasosta saatiin tukevampi.

7 Tason asennus ristikkopuomiin

Tason asennus suoritetaan yleensä maasto-olosuhteissa asentajan tai nosturikuskin toimesta. Tason valmistaja ja asentaja ovat usein eri henkilöitä, joten oli tärkeää että taso olisi koottavissa yksinkertaisten ohjeiden mukaan. Tässä onnistuttiin siten, että tason kaikki osat pakattiin saman laatikkoon. Laatikkoon laitettiin mukaan piirros tasosta ja tason kannattimien sijainnista (kuva 34). Lisäksi kaikki tason kiinnityspultit ja mutterit valittiin samankokoisiksi, jottei sekaantumisen mahdollisuutta ollut, ja jotta pystyttiin käyttämään samoja työkaluja koko asennuksen ajan.

Tason asennus tapahtuu käytännössä siinä vaiheessa, kun nosturia ollaan purkamassa tai kokoamassa työmaalla. Jotta taso saataisiin asennettua puomiin, on puomin oltava maassa. Puomin ollessa maassa asentaja ottaa kuormasta paketin, jossa on kaikki tason osat. Asentaja kiinnittää ensin tason kiinnikkeet löysästi suurin piirtein oikeaan paikkaan. Kun kannakkeet on laitettu löysästi paikalleen, voidaan tason ritiläosa laskea kannattimien päälle. Kun ritiläosa lepää kannattimien päällä, voidaan ritilä kiinnittää kannattimiin pulteilla ja muttereilla. Sen jälkeen kun ritilä on tukevasti kiinni kannattimissa, kannattimet voidaan kiristää tiukasti kiinni puomin putkiin. Kun kaikki pultit ja mutterit on kiristetty tiukasti kiinni, voidaan tason kiinnitys testata nopeasti nousemalla seisomaan tason päälle ja hieman pomppimalla tason päällä. Jos huomataan, että tasossa on löysiä pultteja tai se ei muuten sovi puomiin, voidaan asennusta korjata löysäämällä pultteja ja sovittamalla tason kiinnikkeet uudelleen.



Kuva 34 Tällainen ohje tulostettiin paperille ja laitettiin tason osien kanssa samaan pakettiin.

8 Tason testaus

Tasoa testattiin monessa vaiheessa valmistusprosessin aikana. Testauksella kerättiin tietoja tason käyttäytymisestä kuormituksen alaisena. Myös tason asennusta testattiin, jotta saatiin tietoja sen asennuksen helppoudesta.

Tason käyttäytymistä kuormituksen alaisena testattiin siten, että kaksi noin satakiloista asentajaa meni seisomaan tason päälle työkaluineen. Asentajat kertoivat mielipiteensä tason vakaudesta ja tasoa paranneltiin toivomusten mukaan. Tasoon lisättiin esimerkiksi yksi kannatin lisää, jotta tasosta saatiin tarpeeksi tukeva.

Tason asennusta testattiin maasto-olosuhteissa niillä työkaluilla mitä asentajilla tulisi olemaan mukana tositilanteessakin. Asennuksessa kiinnitettiin huomiota siihen, että taso olisi asennettavissa yksin. Asentamiseen kuluva aika pyrittiin minimoimaan, jotta asentamisesta koituisi mahdollisimman vähän rasitteita nosturin kokoamisprosessiin.

Myös tason säänkestoa päästiin testaamaan pienimuotoisesti kun taso oli asennettuna varikolla olleeseen puomiin noin kaksi kuukautta. Aikajaksolla tason kiinnityspultteihin ja muttereihin oli alkanut muodostumaan ruostetta. Testin tuloksena tason pultit ja mutterit päätettiin maalata asennuksen jälkeen valkoisella maalilla ruostumisen estämiseksi.

9 Yhteenveto ja pohdinta

Tämän insinööriyön tarkoitus oli suunnitella, toteuttaa ja asentaa turvataso ristikkopuominosturiin. Tärkeintä tason suunnittelussa oli tehdä asentajan työstä turvallisempaa ja mukavampaa. Samalla kun taso toi turvaa ja ergonomiaa asentajille, se nopeutti puomin kokoamista.

Tason materiaalit valittiin halvimasta päästä, näin yhden tason materiaalien hinta saatiin pysymään reilusti alle tuhannessa eurossa. Valmistuskustannukset saatiin myös pysymään alhaisina lyhyen valmistusajan takia. Yksi asentaja saa valmistettua ja paketoitua lähetysvalmiiksi noin neljä tasoa työpäivän aikana.

Tason asennus puomiin onnistuu tason yksinkertaisen suunnittelun ansiosta helposti myös maasto-olosuhteissa. Käytännössä tason asentamiseksi puomiin tarvitaan vain kaksi 19 mm lenkkiavainta. Asennus onnistuu yhdeltä asentajalta noin tunnissa.

Kun turvaritilää alun perin alettiin laatimaan nosturiin, taso oli suunniteltu Liebherr LR1750-malliselle ristikkopuominosturille. Tason sovellus erikokoiseen tai toiseen malliseen ristikkopuominosturiin on kuitenkin täysin mahdollista. Periaate pysyy muissakin ristikkopuomeissa samana, mitat vain muuttuvat. Itse asiassa siihen mennessä kun opinäytetyö lähestyi jo loppuaan, muutama muukin Pekkaniska oy:n ristikkopuominosturi oli saanut puomiinsa jälkiasennetun turvatason.

Tason suunnittelussa olisi voitu kiinnittää vielä entistä enemmän huomiota nosturikusmien ja asentajien toiveisiin tason yksityiskohdista. Tason suunnittelun aikaan nosturi, johon taso oli tarkoitettu, oli työmaalla Ruotsissa, eikä siellä töissä oleva henkilökunta juurikaan kerennyt kiireiltään osallistumaan tason suunnitteluprosessiin. Rajallisen kommunikaation takia joitakin tärkeitä päätöksiä jouduttiin tekemään ilman kusmien ja asentajien mielipiteitä.

Lähdeluettelo

1. Pekkaniska oy. 2014. Verkkodokumentti. <<http://www.pekkaniska.com/fi/fi/tietoameista/yritysesittely.html>>. Luettu 1.4.2014.
2. Ritchie Bros. 2014. Verkkodokumentti.<www.rbauktion.com/blog/5-types-of-mobile-cranes-and-what-they-re-used-for>. Luettu 1.4.2014.
3. Lattice boom crane. 2014. Verkkodokumentti.<enginemechanics.tpub.com/14081/css/14081_304.htm>. Luettu 10.4.2014.
4. Liebherr LR1750. 2014. Verkkodokumentti. <http://www.liebherr.com/CR/en-GB/products_cr.wfw/id-1093-0/measure-metric/tab-1460_1504?file=%7e%2fcatsXmedia%2fcr%2fDocuments%2f128_LR_1750_TD_128.00.DEFISR05.2013_11050-4.pdf>. Luettu 15.4.2014.
5. Dassault Systemes. 2014. Verkkodokumentti. < <http://www.3ds.com/products-services/catia/>>. Luettu 14.5.2014.
6. Helon kuumasinkitys Oy. 2014. Verkkodokumentti. <<http://www.helonkuumasinkitys.fi/HITSAUS.pdf>>. Luettu 20.7.2014.
7. SFS-EN 13586 Nosturit. Kulcutiet. 2005. Kävelytiet, kaltevat kävelytiet, tasot ja kulkuaukot. Helsinki: Suomen Standardisoiimisliitto.
8. Eur-Lex. 1998. Verkkodokumentti. <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:31998L0037>>. Luettu 10.8.2014.
9. Engineers Edge. 2014. Verkkodokumentti. <http://www.engineersedge.com/material_science/section_modulus_12893.htm>. Luettu 15.9.2014.
10. Liebherr crawler crane LR1750. 2014. Verkkodokumentti. <http://www.liebherr.com/CR/en-GB/products_cr.wfw/id-1093-0/layout-PopupTabWide/item-ImageGalleryImage1460_797_256/measure-metric/tab-1460_797>. Luettu 20.4.2014.
11. Lattice boom. 2014. Verkkodokumentti. <<http://i1.ytimg.com/vi/reihHsBvJL8/hqdfault.jpg>>. Luettu 23.4.2014.
12. Crane cabin. 2014. Verkkodokumentti. <http://www.cranestodaymagazine.com/uploads/pictures/web/i/w/p/operator_cabin_cc8800.jpg>. Luettu 1.5.2014.
13. Engines. 2014. Verkkodokumentti. <http://www.liebherr.com/catXmedia/cp/Thumbnails/diesel-engine-D9508-A7-SCR-StufelIIB-Tier4interim-in-LTM1350-still-front-view-left-146713_14276-0_W300.jpg>. Luettu 8.5.2014.

14. LR 1750. 2014. Verkkodokumentti. <<http://www.equipmatching.com/uploads/images/ood15fcq0j.jpg>>. Luettu 15.5.2014.
15. Trucks and cranes. 2014. Verkkodokumentti. <http://www.trucks-cranes.nl/hijskranen/liebherr/lr/1750/pve1750_01.jpg>. Luettu 21.5.2014.
16. Boom transport. 2014. Verkkodokumentti. <<http://www.cranehireireland.com/img/truck-transport.jpg>>. Luettu 22.5.2014.
17. Mammoet. 2014. Verkkodokumentti. <http://www.mammoetrus.ru/img_goods/original/img_43.jpeg>. Luettu 30.5.2014.
18. Cronvall. 2014. Verkkodokumentti. <http://www.cronvall.fi/sites/cronvall.fi/files/esitteet/cronvall_terasritilat_230113.pdf>. Luettu 1.6.2014.
19. Catia v5. 2014. Verkkodokumentti. <<http://www.coroflot.com/e027159/catia-v5>>. Luettu 7.6.2014.
20. Fixed beam formulae. 2014. Verkkodokumentti. <<http://www.ecs.umass.edu/mie/labs/mda/dlib/ref/beam2.html>>. Luettu 14.6.2014.
21. Teräsrilätyypit. 2014. Verkkodokumentti. <<http://www.str.fi/dokumentit/kuormitustaulukko.pdf>>. Luettu 19.6.2014.
22. Jäyhyysmomentit. 2014. Verkkodokumentti. <https://moodle.metropolia.fi/pluginfile.php/170418/mod_resource/content/2/taulukkoita.pdf>. Luettu 10.9.2014.