



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

NOSTURIKOKKONPANON TYÖSKENTELYTASOJEN SUUNNITTELU

TEKIJÄ:

Juho Hakkarainen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Juho Hakkarainen			
Työn nimi Nosturikokoonpanon työskentelytasojen suunnittelu			
Päiväys	9.5.2021	Sivumäärä/Liitteet	43/2
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Ponsse Oyj			
Tiivistelmä			
<p>Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella metsäkoneiden nosturikokoonpanon liittolinjalle työskentelytasot. Ponsse Oyj:n Vieremän tehtaan viimeisimmässä laajennuksessa metsäkoneiden nosturikokoonpano muuttui solutyöskentelystä linjatyöskentelyyn. Linjan toimivuutta kehitetään ja parannellaan jatkuvasti. Opinnäytetyö oli osa tätä jatkuvan parantamisen prosessia. Opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa nosturikokoonpanon liittolinjan työntekijöiden ergonomiaa ja työturvallisuutta suunniteltujen työskentelytasojen avulla.</p> <p>Opinnäytetyö pohjautui työn tekijän toiseen erikoistumisprojektiin, joka tehtiin Ponsse Oyj:n tuotannon kehitykselle. Projektissa selvitettiin liittolinjan mahdollisia muutostöitä sekä tasojen raja-arvoja ja suuntauksia. Opinnäytetyössä tehty mekaniikkasuunnittelu toteutettiin SolidWorks-mallinnusohjelmalla. Ansys Workbench -ohjelman avulla laskettiin työskentelytasojen vähimmäiskuormitukset. Työn teoriaosuus koostui koneturvallisuudesta ja teräksen ominaisuuksista rakennusmateriaalina. Tilajan vaatimukset sekä koneturvallisuuteen liittyvät standardit ja lait toimivat työn perustana. Suunnitteluosuudessa keskityttiin työskentelytasojen yksityiskohtien suunnitteluun.</p> <p>Työn tuloksena saatiin suunniteltua työskentelytasot nosturikokoonpanon liittolinjalle ja liittovaunuihin. Suunnitelman mukaiset työskentelytasot parantavat asentajien työergonomiaa ja työturvallisuutta huomattavasti. Tuloksia voidaan käyttää nosturikokoonpanon muutostöissä.</p>			
Avainsanat koneturvallisuus, nosturikokoonpano, suunnittelu, 3D-mallinnus			

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering	
Author Juho Hakkarainen	
Title of Thesis Designing Working Platforms to Crane Assembly Department	
Date 9.5.2021	Pages/Appendices 43/2
Client Organisation /Partner Ponsse Plc	
Abstract <p>The subject of the thesis was to design working platforms for the joint line of forest machine crane assembly department. In the latest expansion of Ponsse Plc's Vieremä plant, the crane assembly department was changed from cell work to line work. The functionality of the line is constantly being developed and improved. The thesis was part of this process of continuous improvement. The aim of the thesis was to improve the ergonomics and occupational safety of the crane assembly line workers with the help of the planned working platforms.</p> <p>The thesis was based on the second specialization project of the author's studies, which was done for Ponsse Plc's production development department. The project investigated possible modifications to the joint line as well as level limits.</p> <p>The mechanical design used in this thesis project was implemented with SolidWorks modeling software. The Ansys Workbench program was used to calculate the minimum workloads. The theoretical part of the thesis consisted of machine safety and properties of steel as a building material. The client organisation's requirements as well as standards and laws related to machine safety served as the basis for the thesis. The design part focused on designing the details of the working platforms.</p> <p>As a result of the work, working platforms were planned for the crane assembly's joint line and joint wagons. The planned working platforms significantly improve the ergonomics and occupational safety of installers. The results can be used when carrying out modifications in crane assembly department.</p>	
Keywords design, crane assembly department, machine safety, 3D modeling	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	8
2	LÄHTÖTIEDOT JA LIITYNNÄT	9
2.1	Nosturikokoonpano	9
2.2	SolidWorks	11
2.3	Ansys ja Ansys Workbench -alusta	11
2.4	Työergonomia	12
3	KONETURVALLISUUS	13
3.1	Kiinteät suojukset	14
3.2	Teräs rakennusmateriaalina	15
3.3	Myötö- ja murtolujuus	15
4	LIITTOLINJAN TYÖSKENTELYTASOJEN SUUNNITTELU	16
4.1	Luonnosteluvaihe	16
4.1.1	Ratassarana	16
4.1.2	Nousevan vaakataason saranamekanismi	17
4.1.3	Nouseva saranatappi neliöputken sisässä	18
4.1.4	Sivusta liukuvat tasot	20
4.1.5	Kiinteät tasot	21
4.2	Luonnosteluvaiheen jatkosuunnittelu	22
4.3	Detaljisuunnitteluvaihe	25
4.3.1	Kiinteä taso liittolinjassa	25
4.3.2	Saranataso liittovaunussa	26
4.3.3	Väistötaso liittolinjassa	31
4.3.4	Liukuva taso liittovaunussa	34
4.3.5	Työskentelytasojen pintakäsittely	36
4.4	Työskentelytasojen kokonaisuus liittolinjassa paikalla kaksi	37
5	POHDINTA	39
	LÄHTEET	40
	LIITE 1: LUONNOSTEN PISTEYTYSLOMAKE	42
	LIITE 2: SARANATASON RUNGON HITSAUSPIIRUSTUS	43

KUVA 1. L-muotoinen liittolinja (Juho Hakkarainen 2021).....	10
KUVA 2. Liittovaunu (Juho Hakkarainen 2021)	11
KUVA 3. Vähimmäiskuormituksen vaikutus lattian taipumaan (Juho Hakkarainen 2021)	14
KUVA 4. Ratassarana auki (Juho Hakkarainen 2021)	17
KUVA 5. Ratassarana yläasennossa (Juho Hakkarainen 2021)	17
KUVA 6. Nousevan vaakatason saranamekanismi ala-asennossa (Juho Hakkarainen 2021)	18
KUVA 7. Nousevan vaakataso saranamekanismi yläasennossa (Juho Hakkarainen 2021)	18
KUVA 8. Nousevan saranatopin pää (Juho Hakkarainen 2021).....	18
KUVA 9. Nousevan saranatopin mekanismi (Juho Hakkarainen 2021)	19
KUVA 10. Saranatopin mekanismi yläasennossa (Juho Hakkarainen 2021)	19
KUVA 11. Sivusta liukuvat tasot (Juho Hakkarainen 2021)	20
KUVA 12. Liittovaunu kiinteiden tasojen välissä (Juho Hakkarainen 2021).....	21
KUVA 13. Profiloitu taso viininpunaisella värillä (Juho Hakkarainen 2021)	21
KUVA 14. Kiinteä taso liittovaunun rinnalla (Juho Hakkarainen 2021).....	22
KUVA 15. Saranatasot liittovaunun molemmin puolin levitettyinä (Juho Hakkarainen 2021)	23
KUVA 16. Saranatasot käännettynä liittovaunun päälle (Juho Hakkarainen 2021)	23
KUVA 17. Saranataso runko ja oletetut saranan paikat sinisellä (Juho Hakkarainen 2021).....	24
KUVA 18. Saranataso jännitteet (Juho Hakkarainen 2021)	24
KUVA 19. Hybridimalli (Juho Hakkarainen 2021)	25
KUVA 20. Kiinteä taso (Juho Hakkarainen 2021)	26
KUVA 21. Moduulikiinnitys (Juho Hakkarainen 2021)	26
KUVA 22. Liittovaunun levennys saranatasolla (Juho Hakkarainen 2021)	27
KUVA 23. Saranatasojen kääntyminen (Juho Hakkarainen 2021).....	27
KUVA 24. Saranataso (Juho Hakkarainen 2021)	28
KUVA 25. Saranataso lujustarkastelu (Juho Hakkarainen 2021)	28
KUVA 26. Saranamekanismi, saranataso ollessa liittovaunun päällä (Juho Hakkarainen 2021)	29
KUVA 27. Saranataso saranaraon peittäminen kulmaraudalla (Juho Hakkarainen 2021)	29
KUVA 28. Saranamekanismin vastepinnat (Juho Hakkarainen 2021)	30
KUVA 29. Saranamekanismi kuormituksen alaisena (Juho Hakkarainen 2021)	30
KUVA 30. Väistötaso väistötilassa (Juho Hakkarainen 2021).....	31
KUVA 31. Väistötaso asennustilassa (Juho Hakkarainen 2021)	31
KUVA 32. Väistötaso auki (Juho Hakkarainen 2021)	32
KUVA 33. Väistötaso kiinni (Juho Hakkarainen 2021).....	32
KUVA 34. Väistötason sisällä liikettä tekevät ja välittävät osat (Juho Hakkarainen 2021).....	33
KUVA 35. Väilirunko (Juho Hakkarainen 2021)	33

KUVA 36. Pysäytin eli stoppari (Juho Hakkarainen 2021)	34
KUVA 37. Liukuva taso (Juho Hakkarainen 2021)	35
KUVA 38. Kappaleeseen kohdistuvat voimat (Juho Hakkarainen 2021)	35
KUVA 39. Kuormituksen alaisena aiheuttava venymä millimetreinä (Juho Hakkarainen 2021).....	36
KUVA 40. Ei massan gravitaatiota (Juho Hakkarainen 2021)	36
KUVA 41. Pintakäsittelyaine (Ahlsell Oy s.a.)	37
KUVA 42. Liittovaunu liittolinjan toisella paikalla (Juho Hakkarainen 2021)	37
KUVA 43. Liittovaunu juuri saapunut liittolinjan toiselle paikalle (Juho Hakkarainen 2021).....	38

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaaja oli Ponsse Oyj. Einari Vidgrén on perustanut Ponsse Oyj:n vuonna 1970. Nykyinen yrityksen muoto on pörssiyhtiö, jonka suurin osake-enemmistö on Einarin lapsilla. Ponsse Oyj on kansainvälinen yritys, joka valmistaa kappaletavaralajimenetelmän metsäkoneita. Yrityksen päätoimipaikka on Pohjois-Savossa Vieremällä. Tehdas työllistää suoraan noin 600 henkilöä ja Vieremän kumppanuuskylässä 250 henkilöä. Ponsse Oyj:n tavoitteena on menestyä kestävä kehityksen mukaisilla puunkorjuun ratkaisuilla yhdessä asiakkaiden ja kumppaneiden kanssa. Ponsse Oyj:n asiakkaat ovat Suomessa yleensä perheyrityksiä. (Ponsse Oyj 2021.)

Ponsse Oyj:n Vieremän tehtaan viimeisimmässä laajennuksessa metsäkoneiden nosturikokoonpano muuttui solutyöskentelystä linjatyöskentelyyn. Nykyisessä linjatyöskentelyssä asentajat joutuvat nousemaan ja laskemaan eri tasoille useita kertoja tunnissa, ja tämä lisää työn kuormittavuutta. Työn ergonomia ja turvallisuus voivat alentua työskentelylinjan epäsopivuuden takia. Liittolinjalla työ on raskasta ja työasennot ovat monesti haastavia. Tämän takia on erittäin tärkeää, että työvälineet ja tilat ovat toimivia, turvallisia ja ergonomisia.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella metsäkoneiden nosturikokoonpanon liittolinjalle työskentelytasot. Opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa nosturikokoonpanon liittolinjan työntekijöiden ergonomiaa ja työturvallisuutta suunniteltujen työskentelytasojen avulla. Tässä työssä keskityttiin työskentelytasojen mekaniikan suunnitteluun. Työn ulkopuolelle jätettiin laitteen ohjaussuunnittelu ja valmistus sekä sähkösuunnittelu ja sen jälkeinen mahdollisten turvalaitteiden asennus. Työssä otettiin huomioon tilaajan vaatimukset ja suunniteltiin työskentelytasot asetettujen lakien ja standardien mukaisesti.

2 LÄHTÖTIEDOT JA LIITYNNÄT

Ponsse Oyj:n Vieremän tehtaan laajennuksen yhteydessä muutettiin nosturikokoonpanon työskentelymuoto solutyöskentelystä linjatyöskentelyyn. Ponsse Oyj:llä ei ollut entuudestaan kokemusta nostureiden kokoonpanosta linjamuodossa. Linjan toimivuutta kehitetään ja parannellaan jatkuvasti. Opinnäytetyö oli osa tätä jatkuvan parantamisen prosessia. Jatkuvalla parantamisella kehitetään turvallisuutta ja tuottavuutta työympäristössä.

Työympäristön parantaminen ja työntekijöiden työkyvyn turvaaminen sekä ergonomia ja työn kuormittavuus ovat tärkeitä asioita Ponsse Oyj:lle, ja näistä asioista on säädetty myös työturvallisuuslaissa. Työturvallisuuslain viidennessä luvussa 24. momentissa on säädetty työpisteen ergonomiasta, työasunnoista ja työliikkeistä:

Työpisteen rakenteet ja käytettävät työvälineet on valittava, mitoittettava ja sijoitettava työn luonne ja työntekijän edellytykset huomioon ottaen ergonomisesti asianmukaisella tavalla. Niiden tulee mahdollisuuksien mukaan olla siten säädettävissä ja järjestettävissä sekä käyttöominaisuuksiltaan sellaisia, että työ voidaan tehdä aiheuttamatta työntekijän terveydelle haitallista tai vaarallista kuormitusta. (Työturvallisuuslaki 2002, § 24.)

Työturvallisuuslaissa säädetään myös, että työnantajan velvollisuus on selvittää työn kuormitustekijöitä ja käytettävissään olevin keinoin vähentää ja välttää työn kuormitusta (työturvallisuuslaki 2002, § 25).

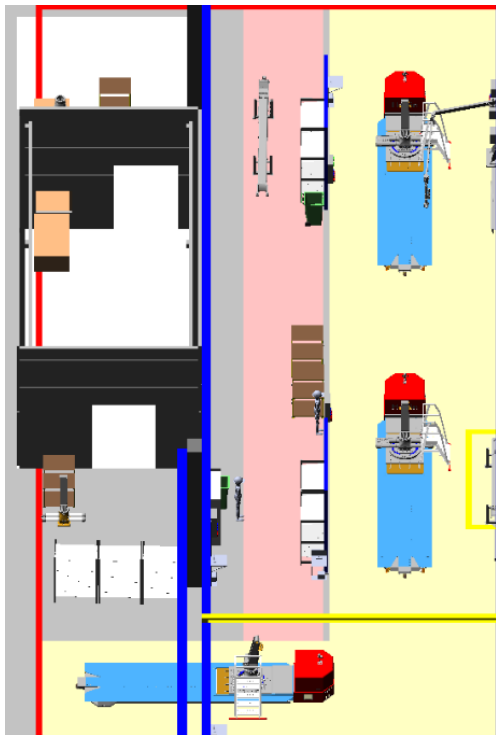
Opinnäytetyössä suunnitteluhanke tehtiin jo olemassa olevaan tuotantoon. Suunnittelussa otettiin huomioon työntekijöiden kokemuksia ja suunnittelu oli hyvin konkreettista. Suunnitteluhankkeessa, joka tehdään vanhan tuotannon pohjalta, työtä voidaan analysoida jo olemassa olevassa työpisteessä. Jatkuvan tuotannon ohessa tapahtuva hanke on nimeltään rajattu hanke. Rajatussa hankkeessa käytännön kokemuksella ja ergonomiatiedolla on suuri merkitys. (Launis ja Lehtelä 2011, 322.)

Opinnäytetyön taustaprojektina oli opintojeni toinen erikoistumisprojekti, joka tehtiin Ponsse Oyj:n tuotannon kehitykselle. Projektissa selvitettiin liittolinjan mahdollisia muutostöitä sekä tasojen rajoja ja suuntauksia. Projektissa pyrittiin mahdollisimman kattavaan selvitykseen liittolinjan ergonomian juurisyistä ja haasteista. Projektin selvityksessä kävi ilmi, että ei ole olemassa tarpeeksi perusteita muuttaa linjan muotoa, vaan se tulee säilyttää L-muodossa. L-muodon säilyttämisen vuoksi opinnäytetyössä jouduttiin suunnittelemaan yhden sijasta neljä työskentelytasoa.

2.1 Nosturikokoonpano

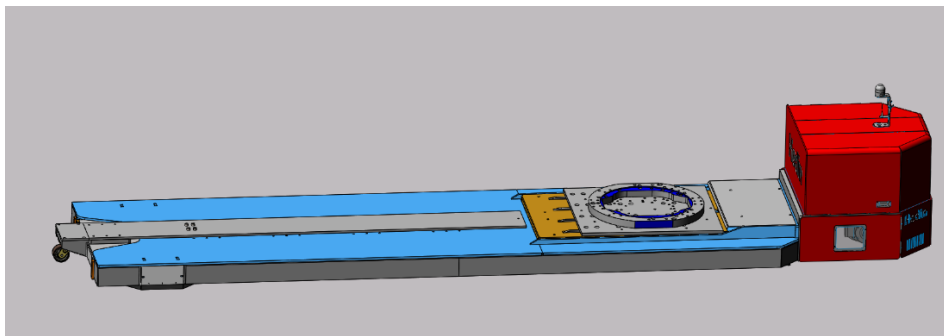
Nosturikokoonpanossa valmistetaan Ponsse-merkkisen metsäkoneen nostureita ja kuormaimia. Työ sisältää komponenttien yhteen liittämistä. Nosturin kokoonpanovalmistus alkaa yleensä tilitin tai pylvään kokoonpanosta. Nosturikokoonpanossa toimii monta eri linjaa. Jatkelinja on kolmepaikkainen, ja siinä asennetaan siirtopuomin sisään yksi tai kaksi jatketta mallin mukaan. Nostopuomilinja on kaksipaikkainen, jossa nostopuomi varustellaan asentamalla hydraulikkasynterit, -putket ja -letkut. Liittolinjalla nosturin eri komponentit liitetään toisiinsa ja siitä syntyy valmis tuote. Nosturikokoonpano siirtyi tehtaan laajennuksen myötä uuteen paikkaan 2018. Uuteen paikkaan siirryttäessä, nosturikokoonpanoon on tullut liittolinja ja sitä myötä liittovaunut käyttöön.

Liittolinjalla liitetään nosturin eri komponentit yhteen toisiinsa. Liittolinja on kolmipaikkainen, L-kirjaimen muotoinen linja. Sen ensimmäisen ja toisen paikan välissä on 90 asteen kulma. Linja on jouduttu alun perin rakentamaan L-muotoon, koska kokoonpanolinjojen alkupään käytävällä oli väliaikainen maalaamoradan purkupaikka. Tämä purkupaikka sijoittui käytävälle nosturilinjan eteen. Nykyään maalaamon purkupaikka on sijoitettu oikeaan paikkaansa. Liittolinjan suoristamiselle ei kuitenkaan ole perusteita, joten linja jää L-muotoon. Kuvassa 1 näkyy vaaleankeltaisena L-muotoinen linja ja kolme liittovaunua.



KUVA 1. L-muotoinen liittolinja (Juho Hakkarainen 2021)

Liittovaunu (kuva 2) on nosturikokoonpanon linjalla manuaalisesti liikkuva alusta, jonka päällä nosturin ja kuormaimen komponentit liitetään yhteen. Liittovaunua ohjataan kauko-ohjaimella. Liittovaunussa voidaan kasata yhtä nosturia lukuun ottamatta kaikki Ponssen nosturit ja kuormaimet. Ponsse Oyj on suunnitellut ja rakentanut liittovaunun yhteistyössä kahden muun kansainvälisen yrityksen kanssa. Liittovaunu on räätälöity ainoastaan Ponssen tarpeisiin ja se on noin kahdeksan metriä pitkä, mutta se voidaan pidentää jopa yli yhteentoista metriin. Vaunu on kolmipyöräinen ja etuvetoinen. Etupyörä kääntyy 180 astetta. Vaunu liikkuu sähköllä, ja siinä on hydraulikalla toimivia lisäominaisuuksia. Esimerkiksi vaunun tility ja jatke toimivat hydraulikalla. Nämä erilaiset toiminnot helpottavat asentajan työtä.



KUVA 2. Liittovaunu (Juho Hakkarainen 2021)

Vaunussa on viisi eri työskentelytasoa, joista suurimmalla osalla työntekijä työskentelee. Enimmäkseen työntekijä työskentelee 260 millimetrin korkeudella lattiatasosta. Koneturvallisuusstandardissa määritetään, että "jos kulkutasoilta tai työskentelytasoilta on mahdollista pudota vähintään 500 mm korkeudelta, tasot on varustettava standardin ISO 14122-3 mukaisilla suojakaiteilla" (SFS-EN ISO 14122-2 2016, 11). Työskentelytasolle ei siis vaadita suojakaiteita.

2.2 SolidWorks

SolidWorks on ranskalaisen Dassault Systèmes -yrityksen valmistama suunnitteluohjelmisto tietokoneavusteiseen mekaniikkasuunnitteluun. SolidWorks 3D CAD -ohjelmistolla voidaan mitoittaa ja mallintaa kokoonpanoja ja kolmiulotteisia osia. SolidWorks antaa käyttäjälleen mahdollisuuden muokata kappaletta ilman työn uudelleen aloittamista. Ohjelmisto on maailmanlaajuisesti laajalti käytetty. Se on käytössä yli 240 000 organisaatiossa. Usea teollisuuden ala hyötyy SolidWorksista, esimerkiksi konepajateollisuus, rakennusteollisuus, avaruusteollisuus ja ilmailuteollisuus. (Dassault Systèmes 2020.) Opinnäytetyöprojektissa SolidWorksia hyödynnettiin luonnosten tekemisessä ja tarkemmassa 3D-mallintamisessa työskentelytasojen suunnittelussa.

2.3 Ansys ja Ansys Workbench -alusta

Ansys on vuonna 1970 perustettu teknologia-alan yritys. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Yhdysvalloissa Pennsylvanian osavaltiossa, Canonsburgissa. Yrityksellä on 75 myyntipistettä maailmanlaajuisesti ja yhteistyökumppaneita yli 50 maassa. (Ansys 2020.)

Ansys on erikostunut tekniseen simulointiin. Yrityksen toimintaan kuuluvat simulointiohjelmistojen markkinointi, kehittäminen ja ylläpito. Simulointiohjelmistoja käytetään tuotesuunnittelun ennustamiseen ja ominaisuuksien analysointiin. Tavoitteena on määrittää, kuinka malli tai tuote käyttäytyisi todellisessa ympäristössä rakentamatta testituotteita. Ansysille on tärkeää jatkuvasti kehittää tuotteitaan innovatiivisesti ja tarjota asiakkailleen uusia ratkaisuja. Ansys tarjoaa asiakkailleen useita eri laskenta-alustoja. (Ansys 2020.)

Ansys Workbench -alusta on yksi yrityksen päätuotteista. Se toimii selkärankana kattavalle ja integroidulle simulointijärjestelmälle. Workbenchin käyttämisellä tuotekehityssimulaatioihin voidaan lisätä sovellusten tuottavuutta. Alustan perustana toimii innovatiivinen projektikaavio, joka yhdistää simulointiprosessin. Suuremmat rakenteet paloitellaan yleensä pienemmiksi komponenteiksi, jotka testataan ja mallinnetaan erikseen. Ansys-ohjelmisto analysoi lopuksi ajan myötä tulevia vaikutuksia testattavaan kohteeseen. (Wilde Analysis Ltd 2020.) Opinnäytetyössä hyödynnettiin Ansys Workbench-

alustaa lujuuslaskentojen tekemisessä. Ansys Workbench-alusta toimii yhteen SolidWorks-ohjelmiston kanssa.

2.4 Työergonomia

Ergonomia-käsite tulee kreikan kielen sanasta *ergo*, joka tarkoittaa työtä ja *nomos*, joka tarkoittaa luonnon lakeja. Ergonomiassa tutkitaan toimintajärjestelmän ja ihmisen vuorovaikutusta. Ergonomian tietoperusta koostuu fyysisestä ja psyykkisestä toiminnasta sekä teknisistä ratkaisuista. Se perustuu käytännön tilanteissa toteuttaviin tutkimuksiin. Ihmisen terveys ja hyvinvointi sekä turvallisuus ovat parannettavissa ergonomian avulla. Ergonomia parantaa myös järjestelmän tehokkuutta ja häiriötöntä toimintaa. (Launis ja Lehtelä 2011, 19.) Tekniikan suunnittelussa tulee ottaa huomioon ihmisen ominaisuudet. Tämä edesauttaa sujuvaa, turvallista ja tehokasta toimintaa. Ergonomia käsitteenä perehtyy juuri tähän osaamiseen. Parempien toimintaympäristöjen luominen on helpompaa ergonomiosaamisen myötä. (Launis ja Lehtelä 2011, 17.) Työergonomia otettiin huomioon opinäytetyössä tasojen suunnittelussa.

3 KONETURVALLISUUS

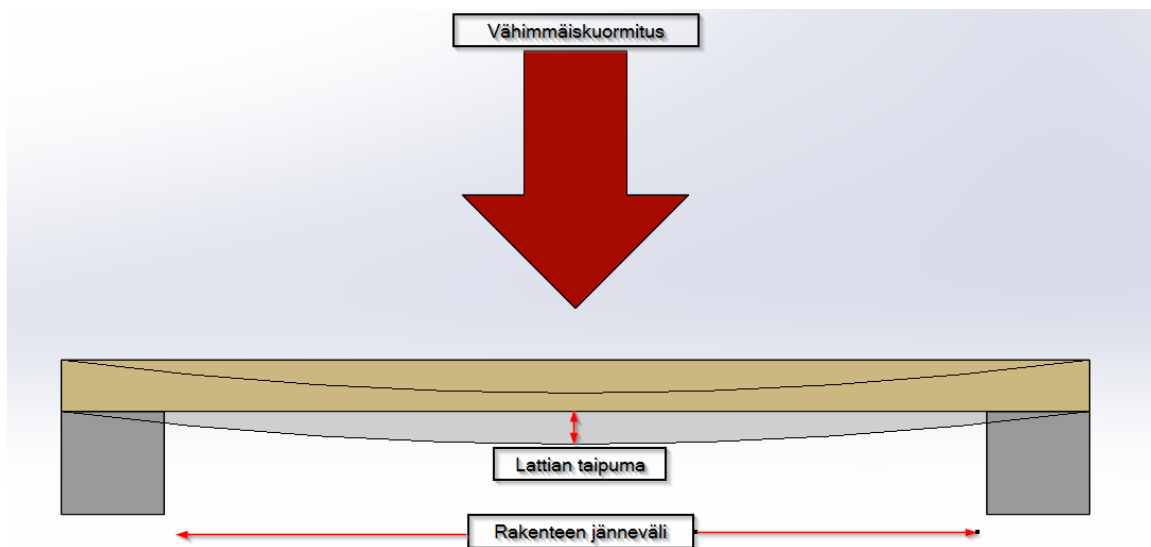
Opinnäytetyötä määrittäviä lakeja olivat työturvallisuuslaki (2002), työterveyshuoltolaki (2001) ja laki eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta (2004). Työturvallisuuslain tarkoituksena on ”parantaa työympäristöä ja työolosuhteita työntekijöiden työkyvyn turvaamiseksi ja ylläpitämiseksi sekä ennalta ehkäistä ja torjua työtapaturmia, ammattitauteja ja muita työstä ja työympäristöstä johtuvia työntekijöiden fyysisen ja henkisen terveyden, jäljempänä terveys, haittoja” (työturvallisuuslaki 2002, 1 §). Työturvallisuuslain toisessa luvussa, 12 momentissa on määritetty, että kun suunnitellaan työympäristön rakenteita, on huolehdittava, että suunnittelussa otetaan huomioon niiden vaikutukset turvallisuuteen. Viidennessä luvussa 24 momentissa käsitellään ergonomiaa ja fyysistä kuormittavuutta. Painotettavia asioita ovat rakenteiden tulee olla ergonomisesti asianmukaisia ja työntekijällä tulee olla riittävästi tilaa sekä mahdollisuus vaihtaa työasentoa. Työturvallisuuslain 7 luvussa käsitellään työn turvallisuuteen vaikuttavien muiden henkilöiden velvollisuuksia. 57 momentissa määritetään suunnittelijan velvollisuutta huolehtia siitä, että työturvallisuuslain säännökset on otettu huomioon kyseisen kohteen ilmoitetun käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla.

Työterveyshuoltolain (2004, 1 §) tarkoituksena on ehkäistä työhön liittyviä tapaturmia ja sairauksia, edistää työympäristön terveellisyyttä ja turvallisuutta sekä edistää työntekijöiden toimintakykyä. Kansankielessä konelain eli lain eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta (2004) mukaan tekninen laite tulee valmistaa vaatimusten mukaisesti eikä se saa aiheuttaa vaatimusten mukaisessa käytössä tapaturman vaaraa eikä haittaa terveydelle. Laki varmistaa myös asianmukaista suunnittelua, valmistusta ja varustusta. (Laki eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta 2004, 1 §.)

Opinnäytetyötä määrittää myös konedirektiivi (2006/42/EY). Nykyinen konedirektiivi valmistui vuonna 2006, ja se otettiin käyttöön vuonna 2009. Koneasetukseksikin kutsutussa direktiivissä esitetään koneisiin sovellettavat terveys- ja turvallisuusvaatimukset. Konedirektiivi onkin Euroopan talousalueelle liittyvä keskittyvä säädös, jossa säädetään turvallisuuteen ja terveyteen liittyviä vaatimuksia. Tarkoituksena on, että konedirektiivi opastaa tunnistamaan vaaroja ja sen avulla pienentämään riskejä jo koneen suunnitteluvaiheessa. (Siirilä ja Tytykoski 2016, 34–42.)

Keskeisimmät opinnäytetyötä koskevat standardit olivat koneturvallisuuden standardeja. Viranomaisen voi edellyttää standardien käyttöä, vaikka ne ovat vain suosituksia. Standardit ovat luotu yhteiseksi menettelytavaksi. (Suomen standardisoimisliitto, SFS ry 2020.) Tärkein opinnäytetyöhön liittyvä standardi on ”Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 2: Työskentelytasot ja kulkutasot” (SFS-EN ISO 14122-2 2016). Työskentely- ja kulkutasoja koskevassa standardissa asetetaan vaatimuksia tasojen mitoituksesta ja suunnittelusta. Standardissa määritetään, että työtason koko tulee suunnitella niin että sinne mahtuu työkaluja ja varaosia. Tämä on myös huomioitava tasojen kantavuudessa. Normaalisti työtason leveyden on oltava vähintään 1 000 millimetriä, kun käyttöä on runsaasti. Vapaan korkeuden tulee olla vähintään 2 100 millimetriä. Askelman käyttämiseen on tietyt ehdot ja niitä saa käyttää, jos taso ei ole yhtenäinen. Askelman korkeuden on oltava 150–300 millimetrin välillä. (SFS-EN ISO 14122-2. 2016, 9.) Työtasojen materiaali valinnassa tulee huomioida tasojen luistamattomuus. Tasoissa tulee huomioida, että tasolle kertyvä neste pääsee valumaan pois. (SFS-EN ISO 14122-2. 2016, 11).

Kuormitukset vaihtelevat paljon eri tilanteissa, ja tämä tulee ottaa huomioon lujutta mitoitettaessa. Tasoihin kohdistuvia kuormituksia on huomioitava jo suunnittelun alkuvaiheessa. Huomioon otettavia asioita ovat muun muassa työskentelevien henkilöiden lukumäärä ja työvälineiden massa. Tasojen mitoituksessa huomioitavat vähimmäiskuormat ovat seuraavanlaiset: Koko rakenteeseen tasaisesti kohdistuva kuorma, jonka rakennelman tulee kestää 2000 N/m² ja rakenteen heikoimpaan kohtaan kohdistuva 1500 N pistekuorma kohdistettuna 200 mm x 200 mm -kokoiselle alueelle. Lattian taipuma ei saa olla yli 1/200 osaa rakenteen jännevälillä. (SFS-EN ISO 14122-2 2016, 13–14.) Kuvassa 3 on esitetty vähimmäiskuormituksen vaikutusta lattian taipumaan verrattuna rakenteen jänneväliin.



KUVA 3. Vähimmäiskuormituksen vaikutus lattian taipumaan (Juho Hakkarainen 2021)

Korkeusero kuormitetun tason ja kuormittamattoman tason välillä saa olla enintään 4 millimetriä ja vierekkäisen tason välinen aukko ei saa ylittää 20 millimetriä. Tasojen ja niiden rakenteiden tulee olla tarpeeksi jäykkiä. Tällä estetään ylimääräinen heiluminen. Liikuteltavissa työtasoissa huomioon otettavia asioita standardin mukaan on muun muassa, että liikuteltavan työtason tulee olla kiinnitettyä kiinteään kulkutiehen ja puristumisriskin tulee olla mahdollisimman pieni. Lisäksi liikuteltava osa ei saa käyttöasennossaan tukkia kulkuteitä. Työtasojen reunoille ei vaadita kaiteita, kun taso on alempana kuin 500 millimetriä. (SFS-EN ISO 14122-2. 2016, 11–14.)

Koneita suunniteltaessa sovelletaan ISO GPS -järjestelmää. GPS:n eli geometrisen tuotemäärittelyn avulla kuvataan tiettyjä geometrisiä ominaisuuksia, esimerkiksi sijainti, muoto ja mitta sekä pinnan ominaisuudet. Tuotemäärittelyä käytetään esimerkiksi suunnittelu-, tarkastus- ja valmistusvaiheissa. GPS:n liittyviä standardeja on noin 130. (Suomen standardisoimisliitto, SFS ry, 2021.)

3.1 Kiinteät suojuukset

Konetta suunniteltaessa on otettava huomioon, että koneen liikkuvat osat voi aiheuttaa vaaratilanteita. Koneeseen tulee valita mahdollisimman tarkoituksenmukaisia suojuksia turvalaitteita. Suojuksen tarkoitus on suojata asentajia esimerkiksi liikkuvilta osilta. Kiinteän suojuksen määrittelmä on, että sitä ei voi irrottaa muuten kuin työkalujen avulla. Kiinteä suojuks on tarkoituksenmukainen silloin, kun suojusta pitää irrottaa harvemmin kuin kerran kuukaudessa. (Siirilä ja Tytykoski 2016, 376–377.)

3.2 Teräs rakennusmateriaalina

Teräs on erittäin hyvä materiaali rakentamisessa. Teräksen koostumus ja valmistusprosessi määrittävät sen mekaanisia ominaisuuksia. Teräslajeja onkin olemassa useita tuhansia ja sitä voidaan valmistaa erilaisilla ominaisuuksilla. Teräs on palamaton aine, eikä se reagoi kosteuden vaihtelulle. Teräksessä korroosio ei myöskään etene kovin voimakkaasti. Teräksestä voidaan helposti valmistaa keveitä ja lujia rakenteita, ja liitosten sekä kiinnitysten tekeminen teräkseen ovat helppoja. Teräsrakenteisiin on suhteellisen helppo tehdä myös myöhemmässä vaiheessa muutoksia. Teräksen haittoja ovat muun muassa sen korkea hinta, pehmeneminen korkeissa lämpötiloissa ja pinnan korroosio-ongelmat. Metallin syöpymistä ei voi kokonaan estää, mutta sen todennäköisyyttä saadaan pienennettyä esimerkiksi pinnoittamalla ja seostamalla. (Väisänen 2007, 27–28, 41.)

Teräkset voidaan luokitella käyttötarkoituksensa mukaan: rakenneteräksiin, työkaluteräksiin ja erikoisteräksiin. Muitakin luokittelutapoja on myös olemassa. Rakenneteräksiin sisältyy koneteräkset ja rakenneteräkset. Työkaluteräksillä tarkoitetaan teräksiä, joilla työstetään muita teräksiä. Erikoisteräksiin luetaan esimerkiksi ruostumaton teräs ja sään kestävä teräs. Terästuotteiden laatua ja mittoja määrittävät viralliset järjestöt, eli ne ovat standardoituja tuotteita. Näistä esimerkkinä on muun muassa teräslajistandardi. Kansalliset standarditunnukset ovat kansainvälisen standardisoimisjärjestön (ISO) suositusstandardeihin perustuvia standardeja. (Väisänen 2007, 27.)

3.3 Myötö- ja murtolujuus

Myötölujuudella tarkoitetaan rajaa, jolloin teräs ei enää palaudu tietyn kuormituksen jälkeen takaisin muotoonsa. Tällöin teräkseen tapahtuu plastisia eli pysyviä muutoksia, mutta se ei kuitenkaan vielä murru. Kimmorajaksi kutsutaan jännitystä, jolloin pysyvä muodonmuutos alkaa. Kimmorajan mittaaminen on kuitenkin vaikeaa, joten plastisen muodonmuutoksen alkamiskohtana pidetään myötölujuutta. Rakenneosien mitoituksessa on tärkeää, että materiaalin sallittu jännitys ei ylity. Yleisin tutkittu rasitusmuoto on rakenteiden staattinen kuormitus. Laskettaessa teräksen sallittua jännitystä staattisessa kuormituksessa tarvitaan varmuusluku. Myötölujuus jaetaan varmuusluvulla, jolloin tulokseksi saadaan vetojännitys Newtonia neliömillimetriä (N/mm^2) kohden. Mitä pienempi myötölujuus on, sitä työstettävämpää materiaali on. Murtolujuudella tarkoitetaan suurinta painetta, jonka kappale kestää murtumatta. (Koivisto ym. 2010, 11–17, 63–64.)

4 LIITTOLINJAN TYÖSKENTELYTASOJEN SUUNNITTELU

Nosturikokoonpanon liittolinjan työskentelytasojen suunnittelu aloitettiin perehtymällä työhön liittyviin standardeihin ja koneturvallisuuden periaatteisiin. Näitä periaatteita noudatettiin koko projektin ajan. Seuraavaksi tutustuttiin nosturikokoonpanoon. Nosturikokoonpanoon jalkautumisessa selvisi, että suunnittelussa tulee ottaa huomioon muun muassa liittovaunun manuaalinen ohjaus, liittolinjan korkeus 260 millimetriä ja työskentelytasojen pintakäsittely. Suositeltavaa olisi, että työtasot suunniteltaisiin muun rakennesuunnittelun kanssa yhtä aikaa. Tällä varmistettaisiin ergonominen työskentely. (Siirilä ja Tytykoski 2016, 287.)

Erikoistumisprojektissa ilmenneet tulokset otettiin huomioon projektin alusta lähtien. Yksi tärkeimmistä asioista, joka projektin toteutuksessa tuli ottaa huomioon, olivat asentajien haasteet liittovaunun päällä työskenneltäessä. Isoimpia haasteita oli se, että asentaja joutuu työskentelemään päkiöidensä varassa, kyynärpäät ovat yli hartialinjan monessa eri työvaiheessa ja että asentajalle tulee vaunun ja lattian välisiä nousuja ja laskuja useita kymmeniä kertoja päivässä. Ongelmana oli myös liittovaunun kapeus. Näiden haasteiden myötä lähdettiin kehittämään työskentelytasojen luonnoksia. Luonnosteluvaiheessa pidettiin palavereja asentajien kanssa ja muokattiin luonnoksia heidän tarpeidensa mukaan. Detaljisuunnitteluvaiheeseen valittavista työtasoista päätettiin äänestyksellä, johon osallistui nosturikokoonpanon liittovaiheen työntekijöitä.

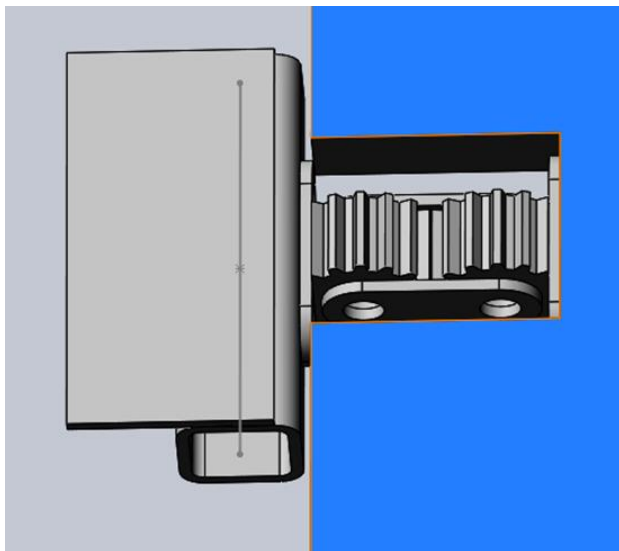
4.1 Luonnosteluvaihe

Luonnosteluvaiheessa tehdyillä alustavilla karkeilla luonnoksilla oli tarkoitus löytää suunta liittolinjan ergonomian parantamiseen ja sitä kautta suunnitella yhtenäinen tasanne liittolinjasta ja liittovaunusta. Luonnosteluvaiheessa huomioitiin turvallisuus- ja standardiasiat. Luonnosteluvaihe voidaan jakaa kahteen osaan: liittovaunuun suunnitellut mekanismit ja liittolinjaan suunnitellut mekanismit.

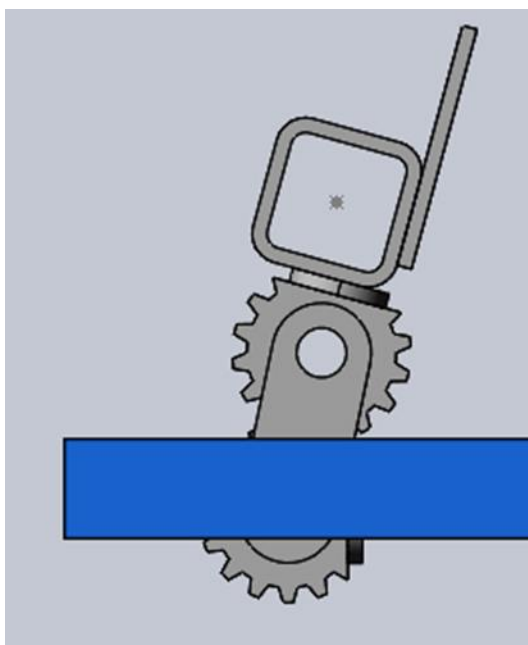
Liittovaunuun suunnitellun saranatason saranan mekanismin kääntyvyys ja sen suunnittelu standardien mukaiseksi tuotti haasteita. Saranatason mekanismin valinnassa otettiin huomioon, tuleeko tasoon erillinen voimanlähde vai ei. Jos tasossa olisi erillinen voimanlähde, se tarkoittaisi sitä, että saranataso olisi laite. Saramekanismin luonnoksia mallintaessa tehtiin useita variaatioita saranan mekaniismista.

4.1.1 Ratassarana

Luonnosteluvaiheen alussa tehtiin varhaisluonnos ratassarana, joka asennetaan liittovaunuun (kuva 4). Ratassaranan avulla liittovaunua levennetään. Suojaamattoman ratassaranan heikkoutena olisi mahdollisesti työskentelytasolla oleva lika ja epäpuhtaus, jotka tukkisivat rattaiden hampaat niin, että mekanismi ei kääntyisi enää. Toinen huono ominaisuus olisi se, että sarana ei kääntyisi kuin noin 105 astetta tason päälle (kuva 5). Turvallisuuden kannalta tämä tarkoittaisi sitä, että ratassaranaan tai tasoon pitäisi liittää lukkiutumismekanismi. Tällä estettäisiin tason aukeaminen ja vältettäisiin vaaratilanteita. Tämä luonnos ei edennyt detaljisuunnitteluvaiheeseen huonon toimintavarmuuden takia.



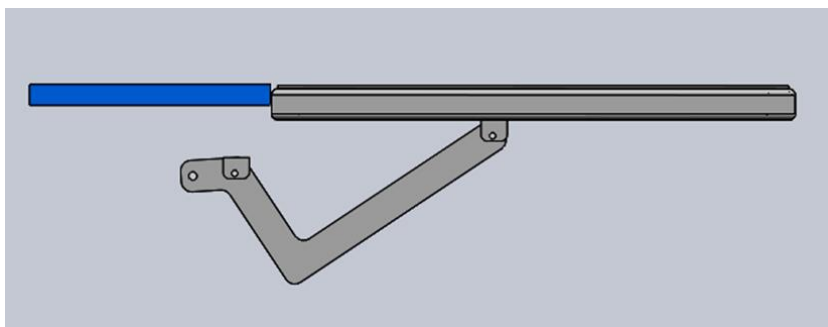
KUVA 4. Ratassarana auki (Juho Hakkarainen 2021)



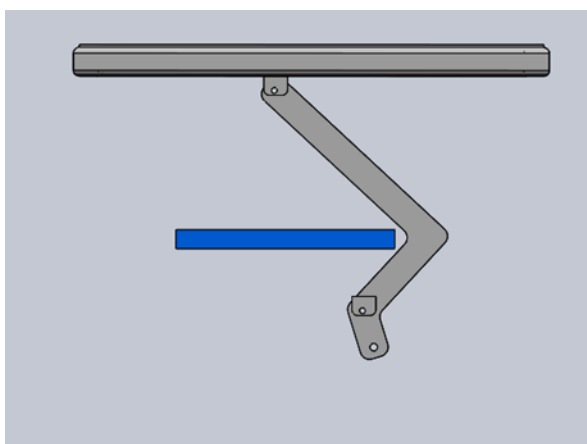
KUVA 5. Ratassarana yläasennossa (Juho Hakkarainen 2021)

4.1.2 Nousevan vaakataso saraimekanismi

Nousevaa vaakatasoa suunniteltiin asennettavaksi liittovaunuun. Luonnoksessa mekanismin tarkoitus olisi pitää taso vaakasennossa koko ajan sen ollessa ylhäällä tai alhaalla (kuva 6 ja 7). Vaakataso tarvitsisi ulkoisen voimanlähteen, esimerkiksi hydraulisen sylinterin. Jos tämä mekanismi olisi edennyt detaljivaiheeseen, vaakatasoon olisi piirretty reaktiotanko, joka pitäisi tason vaakatasossa nousun ja laskun ajan. Vaakataso toteutuksen haasteena oli ahdas tila liittovaunun tasolevyn alla. Tila on 230 millimetriä syvä ja 240 millimetriä korkea. Tämä luonnos ei edennyt detaljisuunnitteluvaiheeseen, koska ahtaaseen tilaan ei löydetty sopivaa voimanlähdeä.



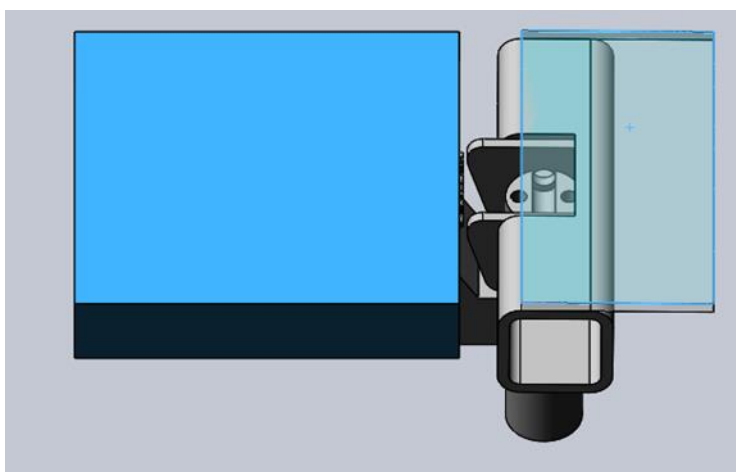
KUVA 6. Nousevan vaakatason saranamekanismi ala-asennossa (Juho Hakkarainen 2021)



KUVA 7. Nousevan vaakatason saranamekanismi yläasennossa (Juho Hakkarainen 2021)

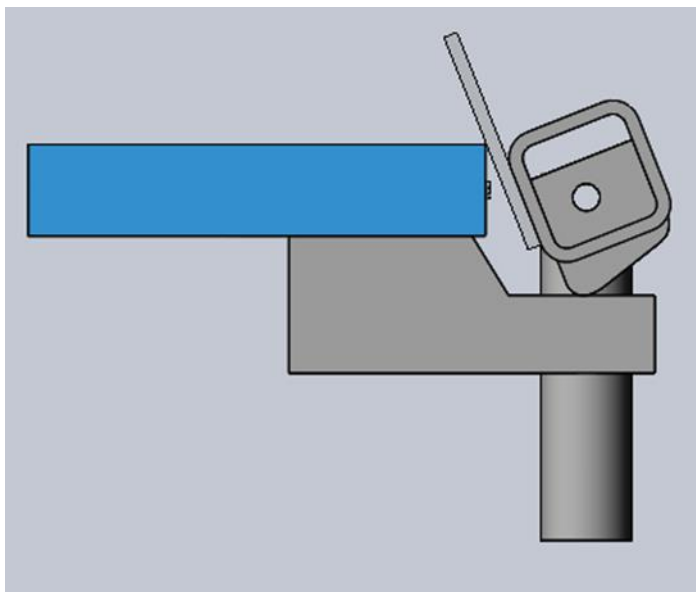
4.1.3 Nouseva saranatappi neliöputken sisässä

Nousevan saranatapin idea oli saada saranatason vaak akseli tarpeeksi korkealle, jotta se voidaan kääntää liittovaunun päälle ilman suurta momenttia. Nousevan tapin päähän kiinnitetään päätylevy. Pystytapin urassa oleva vaakasuuntainen tappi mahdollistaa tason kääntymisen. Kuvassa 8 näkyy nousevan saranatapin pää, jossa on ura vaakasuuntaiselle tapille ja sisäkierteet ruuveille, joilla päätylevy kiinnitetään tappiin. Luonnoksessa kävi ilmi, että mekanismi olisi toimiva, mutta sen sijainti putken sisällä ei toisi sille lisäarvoa. Nouseva saranatappi on siis mekaanisesti toimiva ratkaisu ja on varteen otettava vaihtoehto. Luonnoksen haasteina ovat vaakatapin asennus ja huollon yhteydessä rakenteen purkaminen.



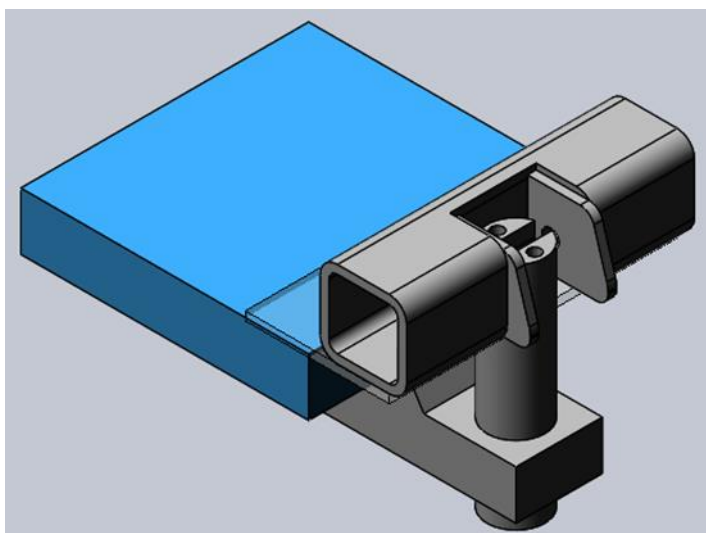
KUVA 8. Nousevan saranatapin pää (Juho Hakkarainen 2021)

Nousevan saranatapin nousun mahdollistaa muotoiltu levy, jossa on reikä vaakatapille. Kuvassa 9 levy pakottaa pystytappia nousemaan ylemmäksi, millä pyritään vähentämään vaakatappiin kohdistuvaa momenttia. Tämä mahdollistaa saranatason kääntymisen helposti omalla painollaan liittovauunun päälle.



KUVA 9. Nousevan saranatapin mekanismi (Juho Hakkarainen 2021)

Jos nouseva saranatappi sijoitetaan neliöputken runkoon, neliöputken ei jäisi kuin yksi ehjä sivu. Kuvassa 10 kuvataan saranatason painon aiheuttamaa vipuvoimaa, joka kääntää saranatason liittovauunun päälle. Saranamekanismiin on haastavaa liittää ulkopuolista voimanlähdettä, koska mekaniismissa on sekä lineaarista että akselin ympäri pyörivää liikettä.



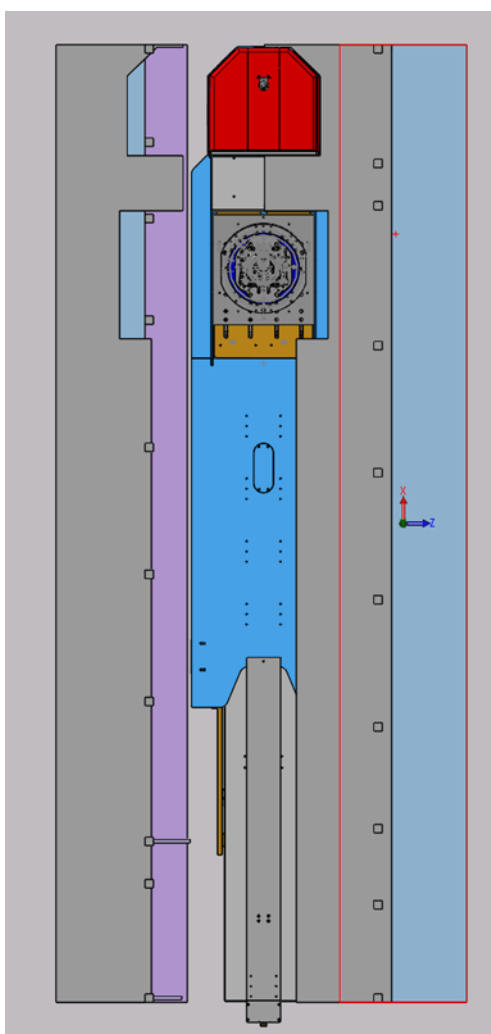
KUVA 10. Saranatapin mekanismi yläasennossa (Juho Hakkarainen 2021)

Nousevan saranatapin mekanismin luonnostelu eteni detaljisuunnitteluvaiheeseen, koska siinä oli paljon hyviä ominaisuuksia. Mekanismi oli riittävän yksinkertainen ja toimintavarmuus oli hyvä.

4.1.4 Sivusta liukuvat tasot

Sivusta liukuvien tasojen suunnittelu liittyy liittolinjatasen luonnosteluun. Sivusta liukuville tasoilla pyrittiin siihen, että kaikki työ tehtäisiin samalla korkeudella. Liittovaunu ajettaisiin tarkasti kahden tason väliin, ja sivulta liukuisi liittovaunun sivuprofiilin muotoiset levyt vaunun molemmin puolin (kuva 11). Sivuilta tulevat levyt nostaisivat työskentelytason korkeutta ja täten keskellä asennettava nosturi jäisi hieman alemmaksi nykyisestään. Tämä lisäisi ergonomista työskentelyä liittolinjassa tietyissä vaiheissa, mutta ei kaikissa. Taso pitäisi suunnitella tiiviiksi, jotta työkalut, pientarvikkeet ja asennettavat letkut eivät tippuisi raoista, eivätkä jäisi liittolinjan ja tason väliin.

Suunnittelun riskinä oli, että tasoista voisi tulla liian korkeat, jolloin ne tarvitsisivat kaiteet ympärilleen standardien täyttämiseksi. Tämä tarkoittaisi tasojen korkeuden ylittävän 500 millimetrin rajan. Sivusta liukuvan tason kestävyys ja toimivuus ovat myös riski pitkien komponenttien takia.



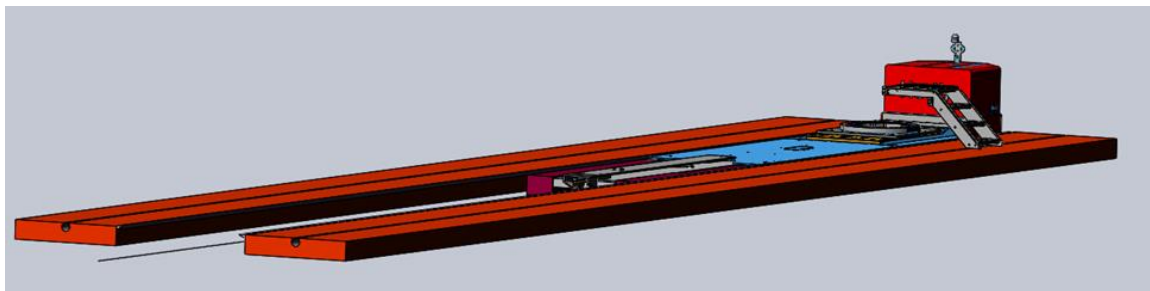
KUVA 11. Sivusta liukuvat tasot (Juho Hakkarainen 2021)

Sivusta liukuvan tason profiilimuoto tuottaisi haasteita silloin, kun liittovaunua ajetaan asennuspai-
kalle. Se vaatisi virheetöntä suoritusta asentajalta. Tasojen turvallisuus olisi myös haaste. Riskinä
on, että liittovaunua voi yhä ajaa tasojen ollessa liittovaunun päällä. Tällöin tasot rikkoontuisivat.
Tyhjänä oleva paikka on myös tapaturmille riskialtis, koska sivusta liukuvien tasojen sivuprofiili on
ulkoneva. Tyhjällä paikalla työskenneltäessä on myös vaarana astua harhaan. Sivusta liukuvan tason

luonnostelu ei edennyt tarkempaan suunnitteluun, koska sitä ei voitaisi toteuttaa L-muotoiseen liittolinjaan molemmin puolin.

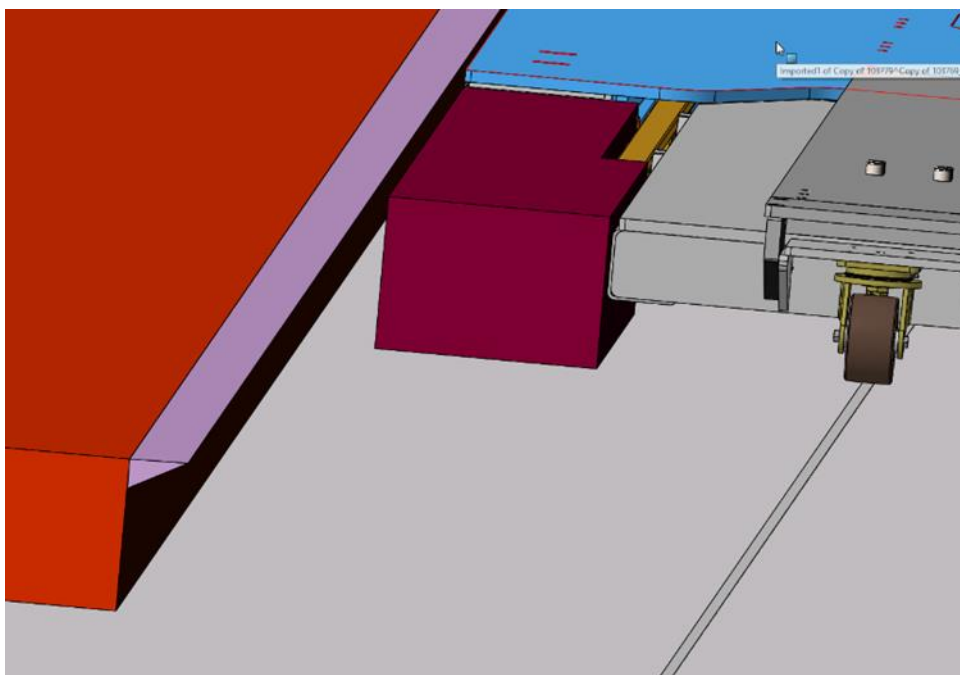
4.1.5 Kiinteät tasot

Kiinteiden tasojen suunnittelu liittyy liittolinjatason luonnosteluun. Tarkoituksena oli saada liittovaunun yleisin työskentelykorkeus 260 millimetriä ja kiinteän tason korkeus samaan korkeuteen. Kuvassa 12 sivuilla olevat tasot olisivat liittovaunun suurimman tason kanssa samassa tasossa.



KUVA 12. Liittovaunu kiinteiden tasojen välissä (Juho Hakkarainen 2021)

Kiinteän tason karkeassa luonnoksessa suunniteltiin liittolinjan asentajille erilaisia lisävarusteita, jotka liikkuisivat tasoon upotetulla kiskolla. Luonnoksessa kävi ilmi tapaturmariski, joka aiheutuu, kun liittovaunun jatke ajetaan pitkäksi. Jatkeen tullessa ulos, kiinteän tason ja jatkeen väliin jää rako, jolloin asentaja voi astua harhaan. Kuvassa 13 raon peittäminen on huomioitu karkeassa luonnoksessa profiloitulla tasolla. Profiloitu taso ei kuitenkaan toimi muulloin kuin jatkeen ollessa kokonaan auki. Lattiaan on piirretty merkki, joka helpottaa asentajan ajamista suoraan liittovaunulla tasojen välistä.

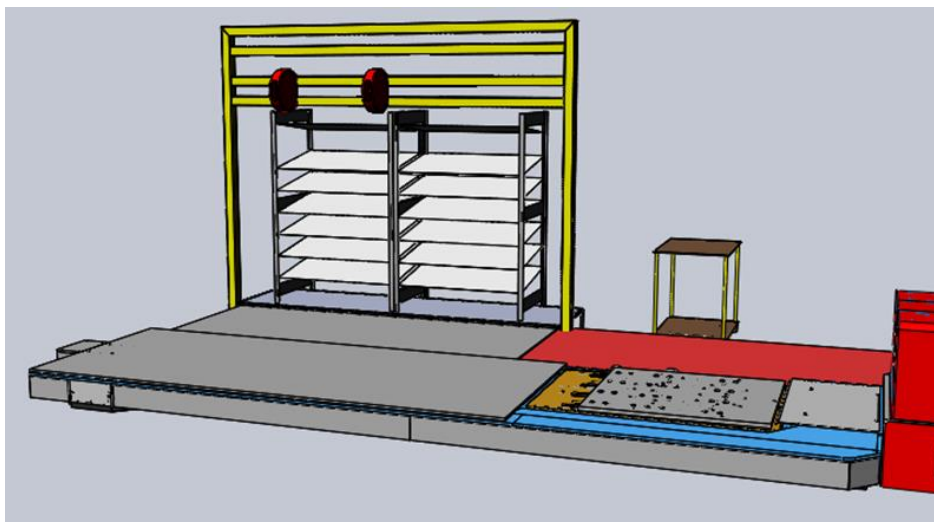


KUVA 13. Profiloitu taso viininpunaisella värillä (Juho Hakkarainen 2021)

4.2 Luonnosteluvaiheen jatkosuunnittelu

Projektissa tehtiin tiivistä yhteistyötä nosturikokoonpanon työnjohdon ja asentajien kanssa alusta lähtien. Kaikilta osapuolilta kysyttiin mielipiteitä ja kommentteja luonnoksista. Yhteistyön avulla päädyttiin suunnittelemaan karkeista luonnoksista toisen asteen luonnoksia. Kolmesta toisen asteen luonnoksesta tehtiin asentajille kysely, joka sisälsi pisteytyslomakkeen (liite 1). Kyselyssä oli mukana myös yksi valmis tuote talon ulkopuolelta. Asentajille annettiin yksi pisteytyslomake jokaista luonnosta kohden. Pisteytyslomakkeessa arvioitiin, kuinka kyseisissä luonnoksissa pystyttäisiin työskentelemään ja mitä lisäarvoa kyseinen luonnos toisi työhön.

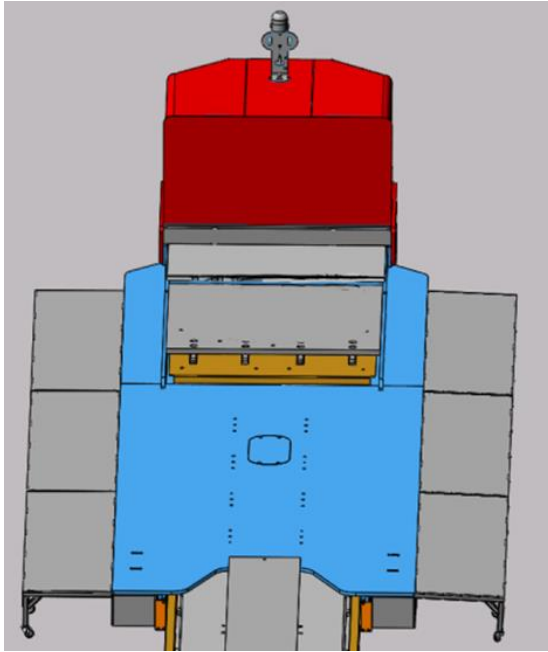
Pisteytyksessä nousi kaksi luonnosta ylitse muiden, ja ne olivat tasavertaisia pisteytyksen jälkeen. Luonnokset oli suunniteltu nykyiseen L-muotoiseen liittolinjaan. Ensimmäisellä luonnoksella pyrittiin muuttamaan liittolinjaa liittovaunulle sopivammaksi kiinteiden tasojen avulla (kuva 14). Kiinteä taso vaatisi väistötason, jotta sen voisi toteuttaa nykyisellä liittolinjan muodolla. Kiinteän tason luonnoksessa väistötaso on suunniteltu pientarvikehyllyn alle siirtyväksi tasoksi. Väistötason ei tarvitse väistää liittovaunua koko mitallaan, vaan väistöön tarvitaan noin puolet kiinteän tason leveydestä.



KUVA 14. Kiinteä taso liittovaunun rinnalla (Juho Hakkarainen 2021)

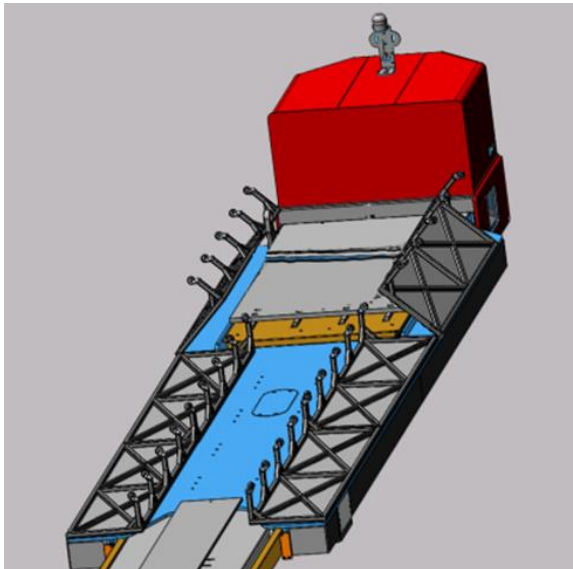
Kiinteän tason turvallisuutta täydennettiin luonnosteluvaiheessa. Kiinteä taso tarvitsi liittovaunun jatkeen yhteyteen työskentelytason, jotta liittovaunun jatkeen ja kiinteän tason väliin ei pääsisi tippumaan.

Toisella luonnoksella pyrittiin leventämään liittovaunua (kuva 15). Luonnos nimettiin jo alussa saranatasoksi, ja haasteena oli saranan valmistaminen standardien mukaiseksi. Saranatason luonnoksessa ei voitu esitellä asentajille vielä saranamekanismia, koska sen suunnittelu oli alkuvaiheessa.



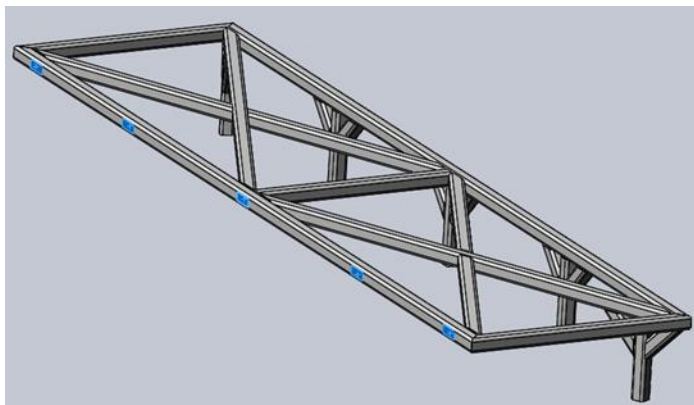
KUVA 15. Saranatasot liittovaunun molemmin puolin levitettyinä (Juho Hakkarainen 2021)

Saranatason luonnoksessa oli viisi ympäri pyörivää rengasta kutakin tasoa kohden (kuva 16). Renkaat mahdollistavat liittovaunun siirtämisen esimerkiksi seuraavalle linjapaikalle ilman tarvetta nostaa tasoja siirron ajaksi liittovaunun päälle. Luonnoksessa huomioitiin liittolinjassa oleva käänнос. Saranatasot kääntyvät liittovaunun päälle 180 astetta, paitsi liittovaunun tiltin kohdalta tasot eivät pääse kääntymään niin paljoa liittovaunun muodon vuoksi.



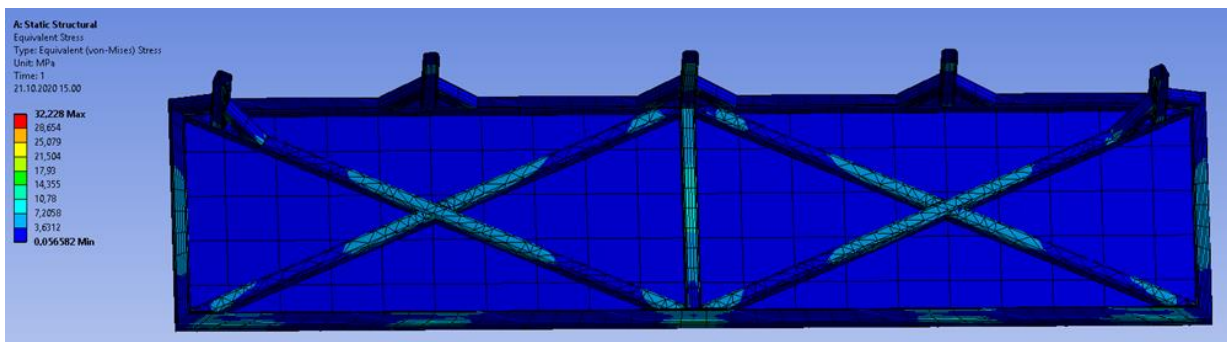
KUVA 16. Saranatasot käännettynä liittovaunun päälle (Juho Hakkarainen 2021)

Jo varhaisessa vaiheessa saranatason luonnosta laskiessa selvitettiin sen kestävyys. Luonnoksessa arvioitiin myös voitaisiinko asentajien käyttöön tulevaisuudessa tarjota kevyttä ja yksinkertaista työkentelytasomallia. SolidWorks ohjelmalla tehtiin raakaversio saranatasosta. Laskenta, jossa arvioitiin rungon kestävyyttä, suoritettiin Ansys Workbench -alustalla. Kuvassa 17 on esitetty oletetut paikat saranoille.



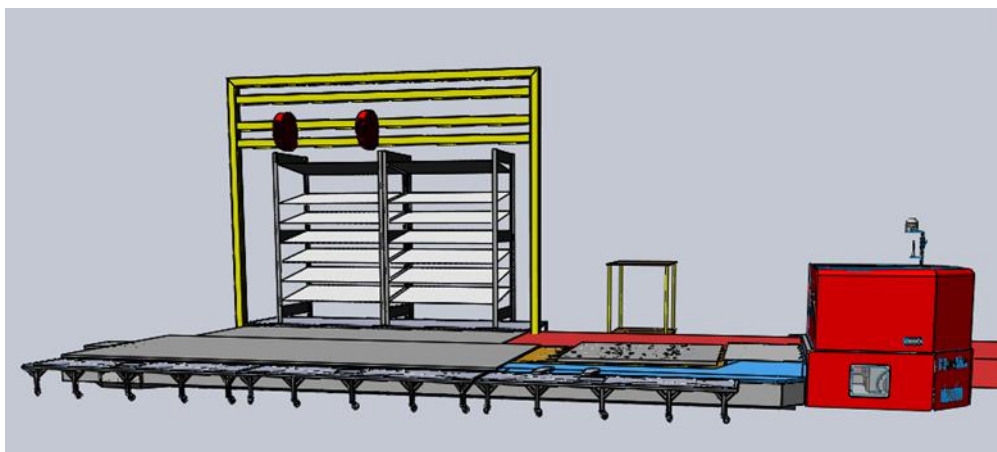
KUVA 17. Saranatason runko ja oletetut saranan paikat sinisellä (Juho Hakkarainen 2021)

Laskenta Ansys Workbench -ohjelmalla osoitti, että laskennan tulosten avulla pystyttiin varmistamaan saranatason rungon kestävyys. Saranatason runko testattiin ylhäältä päin 2 000 Newtonin voimalla (kuva 18), joka on standardia vastaava vähimmäismäärä, jolla työskentelytasot tulisi testata. Testitulokseksi saatiin 32.23 Megapascalia, joka on noin 1/11 valitun teräksen myötörajasta. Testitulos kertoo siitä, että runkoluonnosta voisi hieman riisua esimerkiksi poistamalla kaksi tukijalkaa rungosta.



KUVA 18. Saranatason jännitteet (Juho Hakkarainen 2021)

Seuraavana haasteena oli kahden täysin erilaisen työskentelytason valitseminen, jotka kohdistuisivat erikseen liittolinjaan ja liittovaunuun. Asentajille suunnatun kyselyn jälkeen pyrittiin vielä tiivistämään lopullista ratkaisua. Lopputuloksena yhdistettiin kaksi eniten pisteitä saanutta luonnosta, joista suunniteltiin niin sanottu hybridimalli (kuva 19). Hybridimalli mahdollistaa liittolinjan ja liittovaunun ympärille turvallisen ja tuottavan työskentely-ympäristön. Yhdessä asentajien kanssa päätimme valita hybridimallin, josta ryhdyttiin suunnittelemaan moderni kokonaisuus nosturikokoonpanon liittolinjalle.



KUVA 19. Hybridimalli (Juho Hakkarainen 2021)

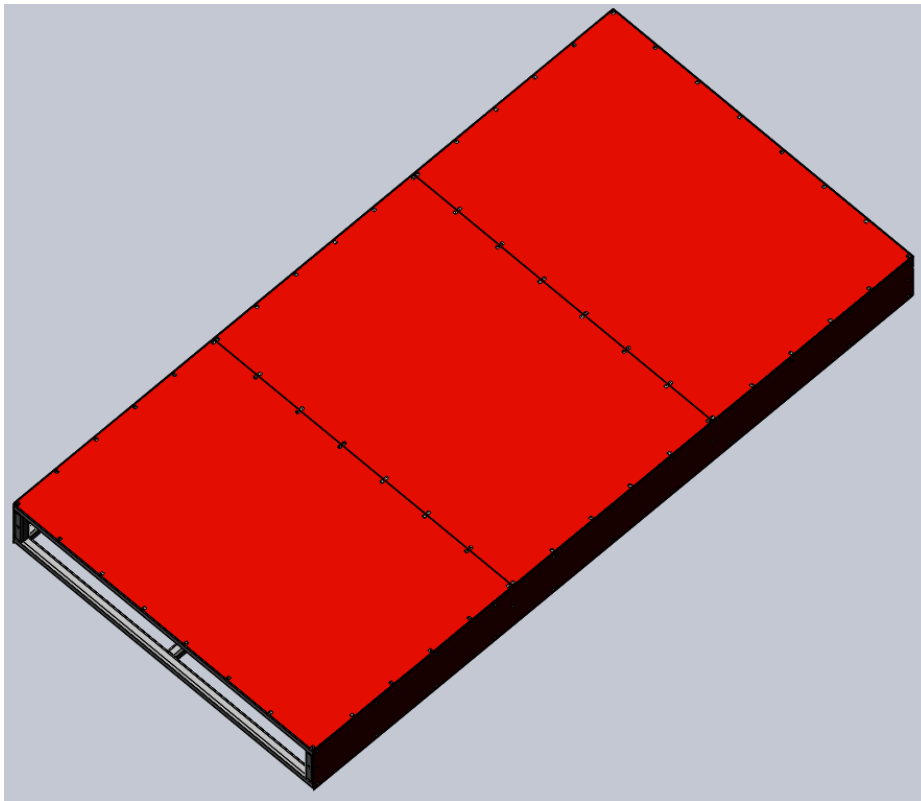
4.3 Detaljisuunnitteluvaihe

Liittovaunun korkeus on 260 millimetriä, joka asetettiin raja-arvoksi suunnittelua varten. Liittovaunun tasoja suunniteltaessa oli kriteerinä, ettei liittovaunu saa leventyä tilojen ahtauden vuoksi. Liittovaunun leveys on 1 700 millimetriä. Linjalla kriteerinä oli, että linjan nykyinen L-muoto tulisi säilyttää, ja täten huomioida linjan käänнос. Työntekijöiden vaatimuksena oli, että heidän ei tarvitsisi työskennellä kahdella eri korkeudella.

Alun perin oli tarkoitus suunnitella yksi taso, mutta luonnoksista päädyttiinkin kokoamaan useampi taso. Luonnosteluvaiheen alussa luonnokset jaettiin kahteen kategoriaan: liittolinjaan tulevat työskentelytasot ja liittovaunuun kiinnitettävät työskentelytasot. Työskentelytasoja suunniteltiin neljä kappaletta: kiinteä taso liittolinjassa, saranataso liittovaunussa sekä kaksi liukuvaa tasoa. Toinen liukuva taso on väistötaso liittolinjassa, kun taas toinen on liukuva taso liittovaunussa.

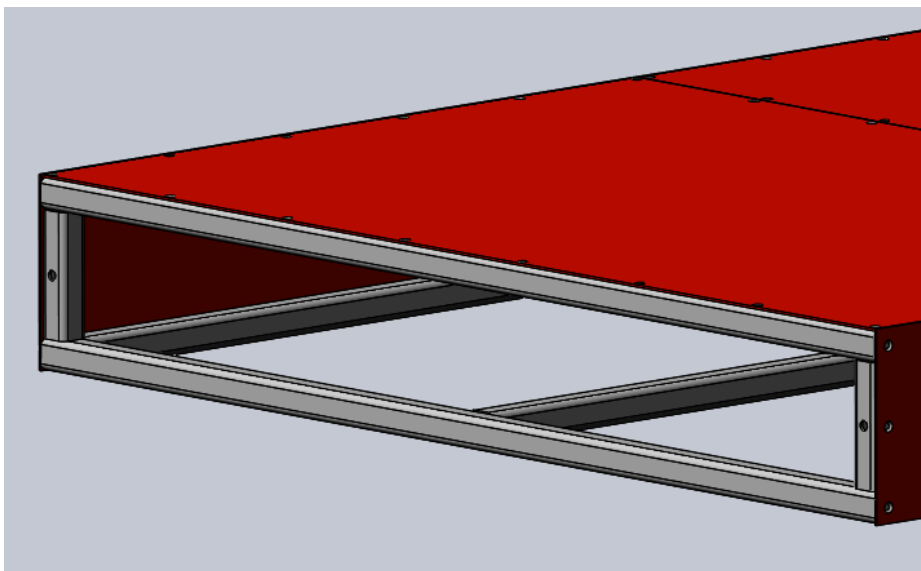
4.3.1 Kiinteä taso liittolinjassa

Kiinteä taso (kuva 20) suunniteltiin liittolinjan liittovaunun vasemmalle puolelle linjan alkupäästä katsottuna. Kiinteää tasoa suunniteltaessa on huomioitu SFS-EN 14122-2:2016-standardin asetukset. Kiinteä taso tuo työpisteen samalle tasolle liittovaunun kanssa, jotta työ olisi entistä sujuvampaa asentajille. Tasossa on teräskehikko putkipalkista, joka on mitoiltaan 40 x 40 x 4 millimetriä. Kiinteää tasoa ympäröivät kolmen millimetrin paksuiset teräslevyt. Kiinteä taso kiinnitetään lattiaan m10-kiila-ankkureilla.



KUVA 20. Kiinteä taso (Juho Hakkarainen 2021)

Kiinteä taso on suunniteltu modulaariseksi tasoksi, johon voidaan tarvittaessa lisätä moduuleja. Tämä mahdollistaa tason pidentämisen ja helpon muokattavuuden. Yleisin taso on mitoiltaan 3000 x 1500 x 260 millimetriä. Kiinteän tason työskentelyleveys on 1 500 millimetriä. Kuvassa 21 on moduulikiinnitys. Pystyputkissa on pultinreiät, joihin toinen taso voidaan yhdistää.

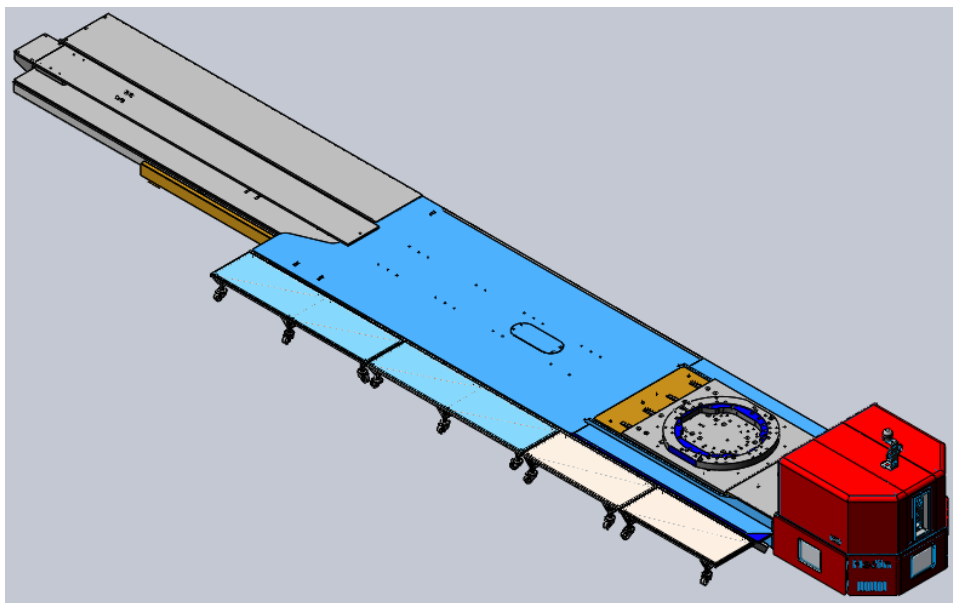


KUVA 21. Moduulikiinnitys (Juho Hakkarainen 2021)

4.3.2 Saranataso liittovaunussa

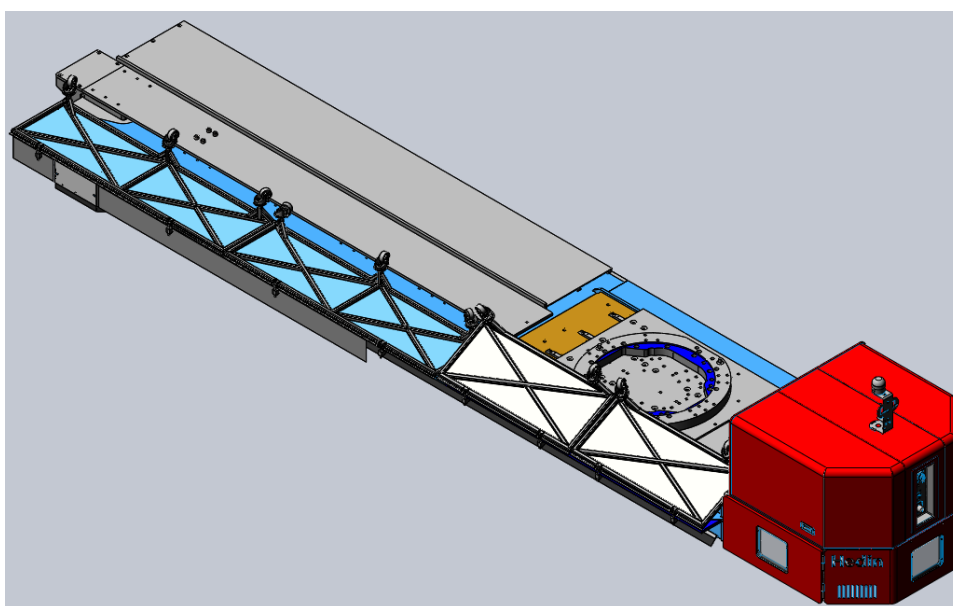
Saranatason suunnittelussa tutkittiin, kuinka saataisiin tehtyä kevytrakenteinen taso. Saranataso on jaettu neljään osaan, jotta asentajan on kevyempi nostaa sitä. Saranataso on liittovaunussa takaa katsottuna oikealla puolella. Saranatason tarkoitus on leventää liittovaunua 532 millimetriä, jolloin

liittovaunun kokonaisleveys kasvaa tarvittaessa yli 2 200 millimetriin (kuva 22). Saranataso mahdollistaa asentajalle enemmän tilaa tehdä töitä liittovaunun päällä.



KUVA 22. Liittovaunun levennys saranatasolla (Juho Hakkarainen 2021)

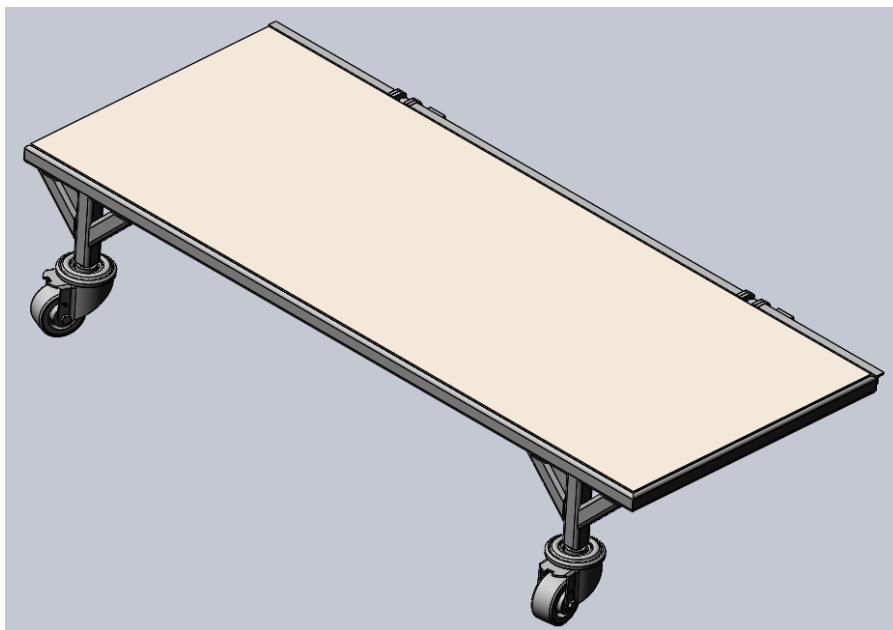
Kuvassa 23. esitetään saranatasojen kääntyminen. Saranatasoista pidemmät kääntyvät 180 astetta. Lyhyemmät eivät käänny yhtä sijaintinsa takia yhtä paljon.



KUVA 23. Saranatasojen kääntyminen (Juho Hakkarainen 2021)

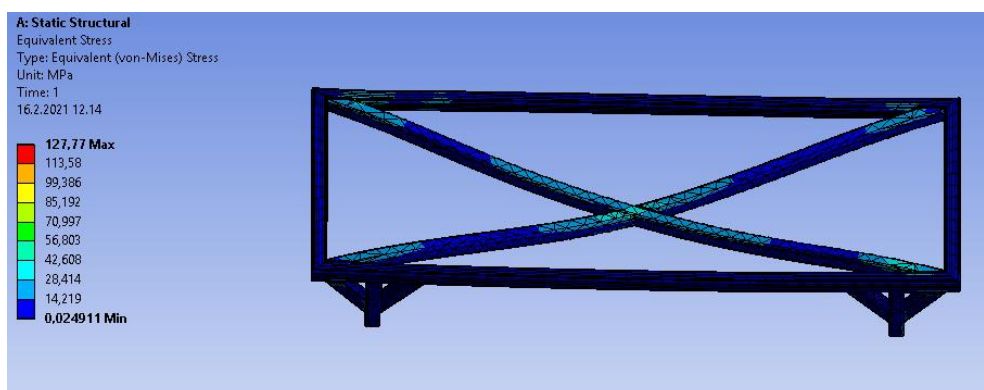
Saranatasoissa olevat renkaat mahdollistavat liittovaunun liikkumisen liittolinjassa ilman, että ei tarvitsisi nostaa tasoja välillä ylös liittovaunun päälle. Saranatasoja (kuva 24) on kahdenlaisia, pidempi kolmella renkaalla oleva malli ja lyhyempi kahdella renkaalla oleva malli. Saranatasojen pidemmät mallit sijaitsevat liittovaunun takaosassa ja ne kääntyvät 180 astetta. Lyhyemmät mallit sijaitsevat edempänä liittovaunua kohotetun tiltin kohdalla, jonka vuoksi kyseiset tasot eivät pääse täysin kääntymään 180 astetta ja jäävät näin ollen nojaamaan tilttiä vasten.

Saranatasoon valitut pyörät ovat Blicklen LKR-POTH 75G mallia. Niiden vierintävastus on erittäin hyvä ja renkaat ovat hiljaiset ja lattiaystävälliset. Pyörät ovat kääntyvät. Pyörän runko on terästä ja pyörän materiaali on termoplastista polyuretaania. Yhden pyörän kantavuus on 200 kilogrammaa, joka on ylimitoitettu tason kuormitukseen nähden. Tietyt ominaisuudet pyörän valinnassa olivat tärkeitä. Tasoa aukaistaessa pyörät käyvät noin 800 millimetrin korkeudella lattiasta. Pyörien tulee kestää isku, joka tulee, kun taso lasketaan takaisin lattian tasoon.



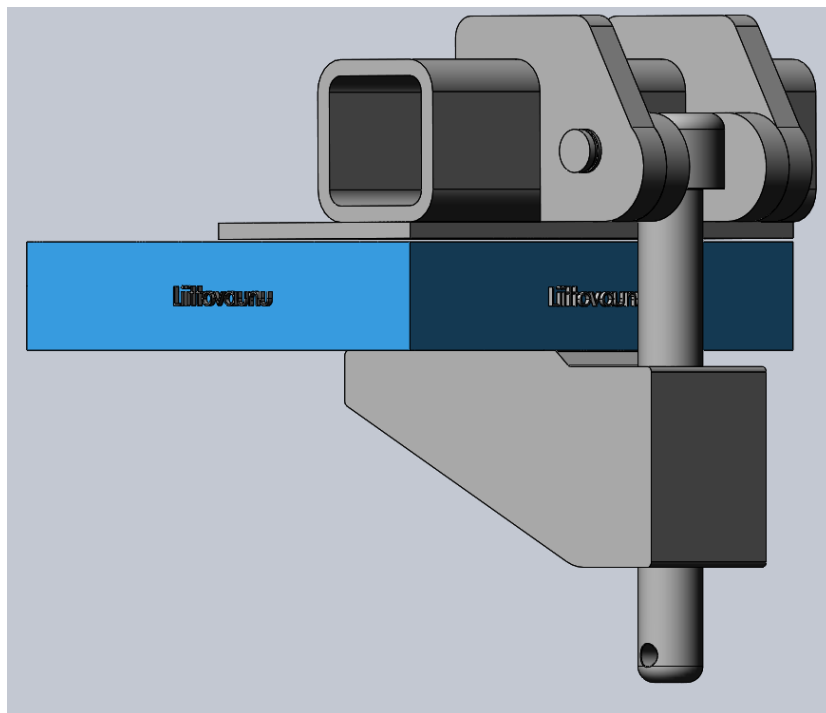
KUVA 24. Saranataso (Juho Hakkarainen 2021)

Saranatason saranan suunnitteluun käytettiin paljon aikaa. Haasteena oli, että sarana ei saa olla standardin mukaan yli neljää millimetriä korkeammalla kuin työskentelytaso. Saranan kääntyminen oli haastavaa toteuttaa, koska markkinoilta ei löytynyt suoraan sopivaa mallia. Saranasta tehtiin useita mallinnuksia ja versioita. Lopullisessa saranamekanismissa (kuva 26) on kahdesta suunnasta tuleva tuenta. Vaa'assa oleva tappi mahdollistaa sen, että sarana pääsee kääntymään 180 astetta. Sarana pääsee nousemaan korkeammalle, jolloin taso pääsee kääntymään liittovaunun päälle. Kuvassa 25 esitetään saranatason rungon lujuus. Laskennan lopputulos oli, että runko kestää 2 000 Newtonia eli standardin mukaisen vähimmäiskuormituksen.



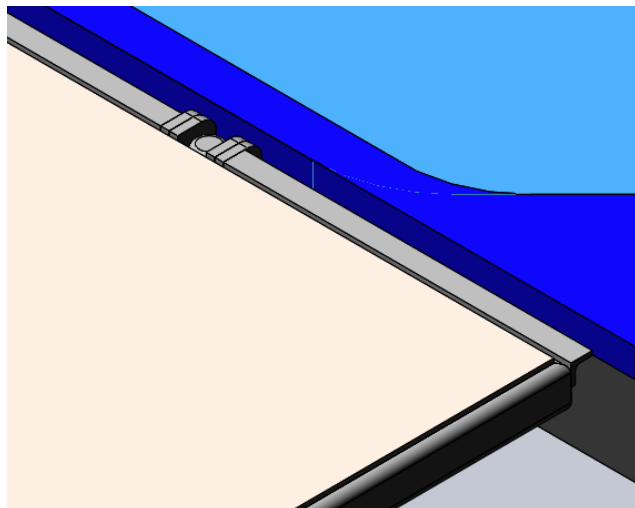
KUVA 25. Saranatason lujuustarkastelu (Juho Hakkarainen 2021)

Valmistetun rungon teräksen myötölujuusraja on 355 MPa. Ansys Workbench-alustalla lujuuslaskentaa suorittaessa kävi ilmi, että saranatason rungon vähimmäiskuormituksen aiheuttama jännitys oli 128 MPa. Vähimmäiskuormituksen tuottama jännitys jäi todella alhaiseksi verrattuna teräksen myötölujuusrajaan, joten rungon kestävyys voidaan todentaa. Rungon hitsauspiirustus on liitteessä 2.



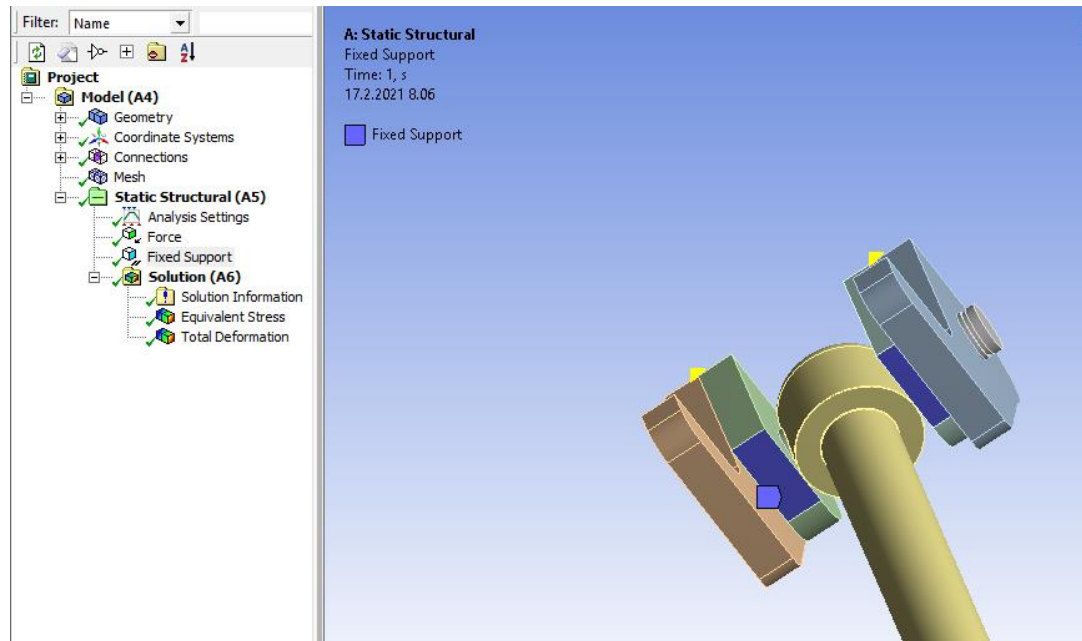
KUVA 26. Saranamekanismi, saranatason ollessa liittovaunun päällä (Juho Hakkarainen 2021)

Saranmekanismi suunniteltiin kiinnitettäväksi pystytapin korvakkeesta liittovaunun alapuolelle. Saranatasoihin suunniteltiin kulmaraudat (kuva 27), jotka peittävät osittain saranamekanismista johtuvan välin liittovaunun ja saratason välissä. Väli ei saa standardin mukaan ylittää 20 millimetriä. Ilman kulmarautaa väli olisi 32 millimetriä ja kulmaraudan avulla väli kapenee 17 millimetriin. Saranatasojen päällä on kolme millimetriä paksu alumiinilevy. Kulmarauta on asennettu saranatasorugon kanssa samaan tasoon. Runko on täten 3 millimetriä alempana kuin rungon päälle tuleva alumiinilevy. Standardin mukaan maksimi ero saa olla 4 millimetriä.



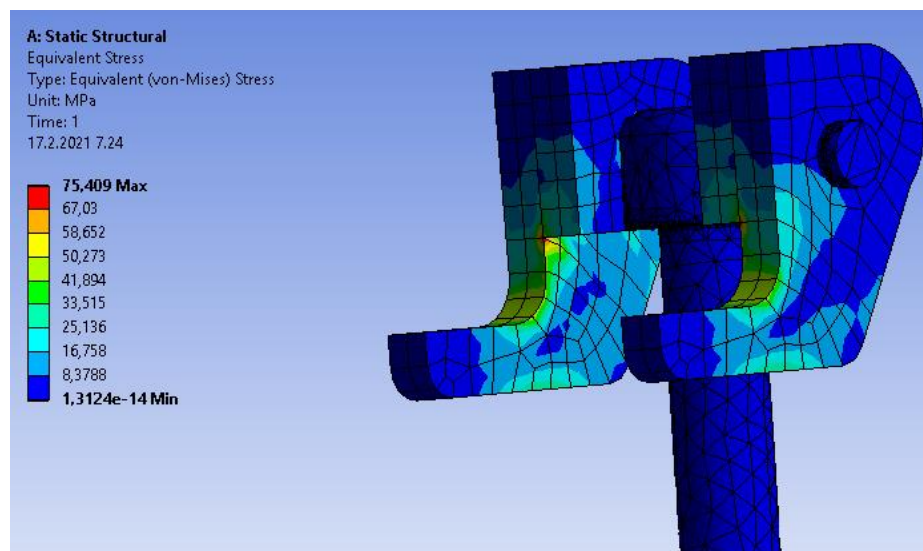
KUVA 27. Saranatason saranaraon peittäminen kulmaraudalla (Juho Hakkarainen 2021)

Saranamekanismin yhtenä ominaisuutena on sen kääntöominaisuus. Tasoa käännettäessä ja nostassa pystyssä oleva tappi nousee ylemmäksi. Tämä ominaisuus ja saranamekanismin kaksi sisimmäistä levyä mahdollistavat saranatason kääntymisen liittovaunun päälle. Saranan mekaniikassa (kuva 28) kaksi levyä ottaa standardin vähimmäiskuorman vastaan. Kuvassa 28 näkyy sinisellä kuormituksen alainen pinta-ala.



KUVA 28. Saranamekanismin vastepinnat (Juho Hakkarainen 2021)

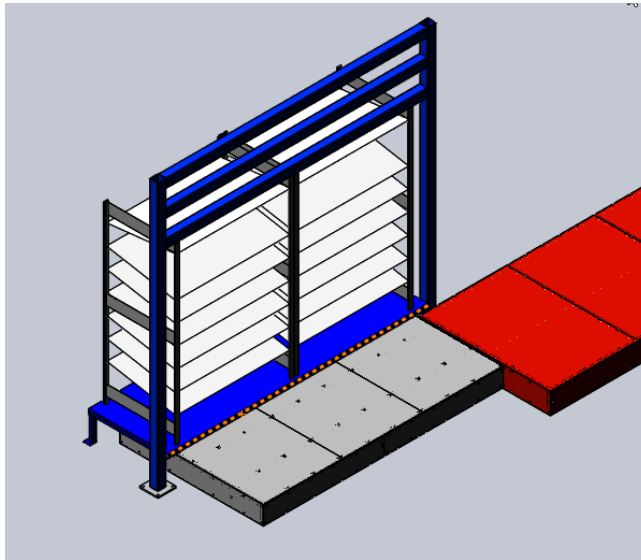
Tarkasteltaessa saranaa kuvassa 29 käy ilmi, että se kestää 2 000 Newtonia eli standardin vähittäiskuormituksen hyvin. Kuvassa ilmenee myös saranamekanismin suurimmat jännitykset. Jännitykset kohdistuivat 6 millimetrin paksuisiin levyihin alanurkkaan, mutta jännitykset jäivät vähäisiksi.



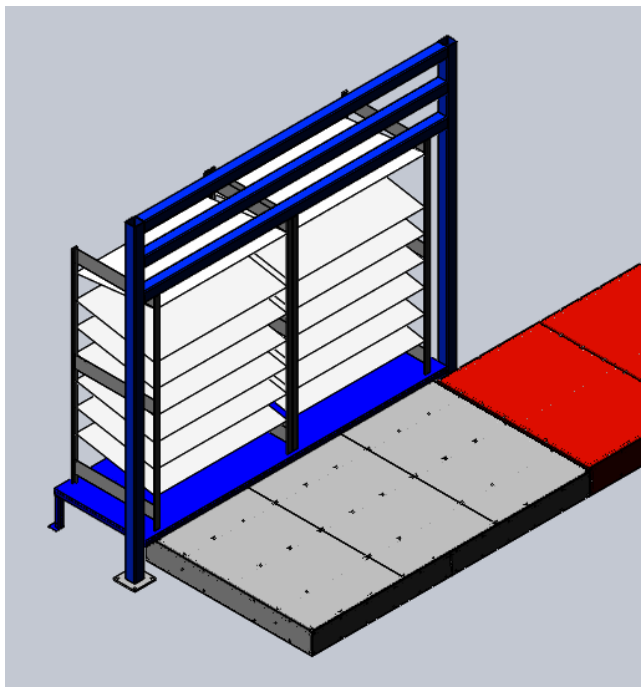
KUVA 29. Saranamekanismi kuormituksen alaisena (Juho Hakkarainen 2021)

4.3.3 Väistötaso liittolinjassa

Liittovaunu kulkee liittolinjaa, joka on L-muotoinen. Käännöskohdassa vaunu oikaisee, joten tähän kohtaan suunniteltavan tason tuli olla liukuva ja väistävä, jotta vaunu mahtuu kääntymään. Väistötaso on liukuva taso ja sen on suunnittelu mahdollistamaan nykyisen linjan muodon. Väistötaso väistää liittovaunua menemällä osittain korotetun pientarvikehyllyn alle. Tällä kyseisellä tasolla asentajalle mahdollistetaan helpompi kulkuväylä liittovanun päältä pientarvikehyllylle. Kuvassa 30 väistötaso on väistötilassa ja kuvassa 31 väistötaso on asennustilassa.



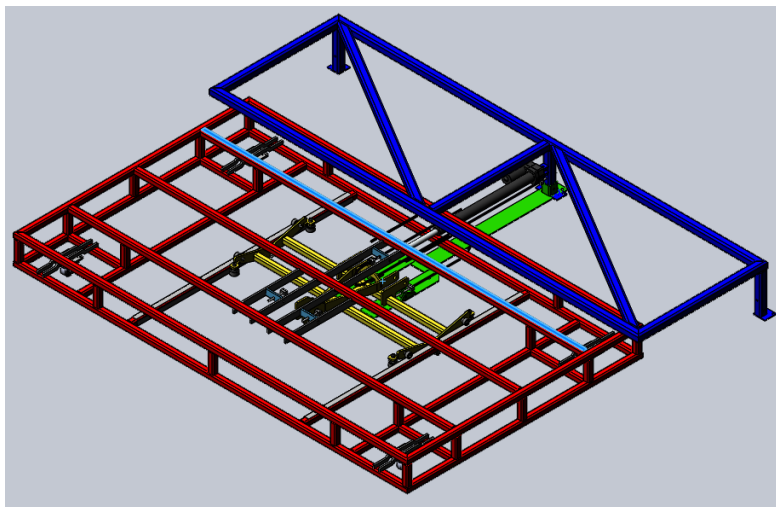
KUVA 30. Väistötaso väistötilassa (Juho Hakkarainen 2021)



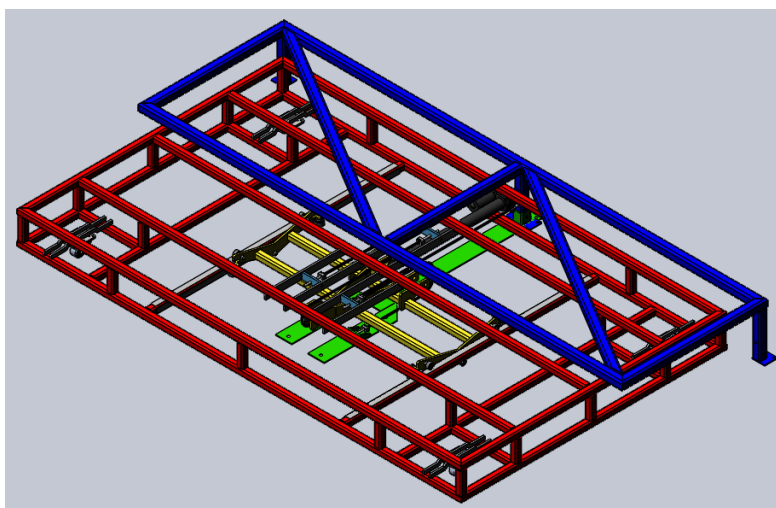
KUVA 31. Väistötaso asennustilassa (Juho Hakkarainen 2021)

Väistötaso koostuu kolmesta eri rungosta: päärunko, välirunko ja tasorunko. Päärunko, joka toimii myös pientarvikehyllyjen alusena, on kytköksissä väistötasoon välirungon avulla. Välirunko toimii

väistötason sisällä eräänlaisena jatkeena. Tasorunko on 260 millimetriä korkea, eli kiinteän tason ja liittovaunun tason korkeudella. Väistötaso on kuvattu kuvassa 32 ilman suojapeltejä auki ja kuvassa 33 ilman suojapeltejä kiinni.



KUVA 32. Väistötaso auki (Juho Hakkarainen 2021)



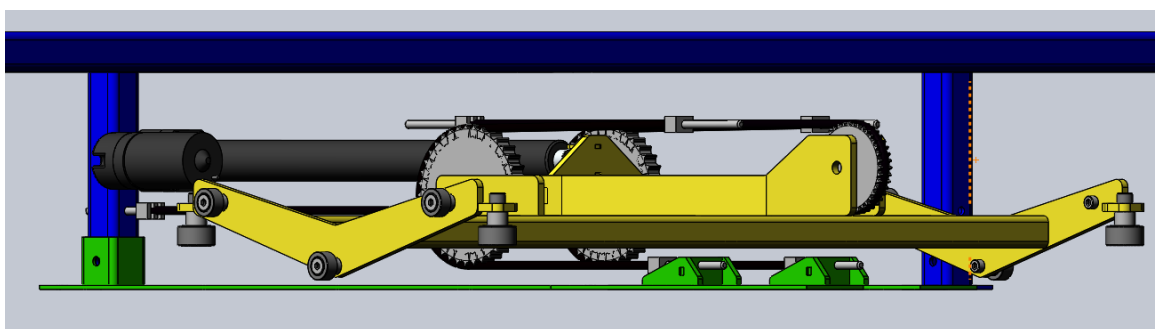
KUVA 33. Väistötaso kiinni (Juho Hakkarainen 2021)

Väistötasossa on ulkoinen voimanlähde, joten se luokitellaan laitteeksi eli koneeksi. Tämä edellytti perehtymään koneturvallisuuteen ja niiden suosituksiin. Väistötason voimanlähde on lineaarimoottori. Lineaarimoottorin pituus ei pelkästään riitä tuottamaan väistöväliille tarvittavaa pituutta, joten lisää pituutta luodaan levykimppuketjun avulla. Lineaarimoottorin työntöliikkeessä toimii yksi levykimppuketju yhdellä pienemmällä levypyörällä.

Lineaarimoottorin takaisinvetotilanteessa jatkoveto tapahtuu kahdella levykimppuketjulla, koska keskitila on ahdas. Kahden levykimppuketjun ratkaisu on perusteltu lineaarimoottorin takaisinvedossa, jotta veto olisi tasainen. Tämä luo haasteita asennusvaiheeseen. Levykimppuketjun kirisessä on huomioitava mahdollinen toispuoleinen kiristys. Toispuoleinen kiristys voi aiheuttaa ennen aikaista kulumista laitteessa.

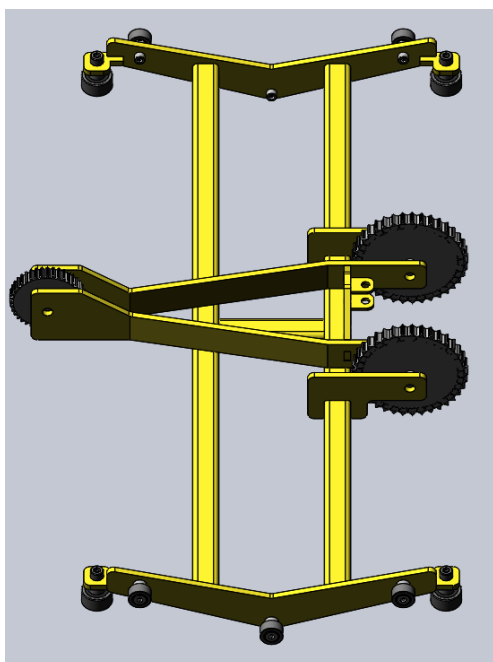
Päärungon ja välirungon välisen liikkeen tekee lineaarimoottori. Kuvassa 34 kuvataan, kuinka välirungon ja liukuvan tasorungon liikkeen välittää levykimppuketju. Levykimppuketjun tarkoitus on välittää lineaarimoottorin liike päärungosta liukuvaan tasorunkoon, välirungon liikkeen avulla. Välirungossa olevien levypyörien ansiosta lineaarimoottorin työntöliike saadaan käännettyä levykimppuketjulle vetäväksi. Levykimppuketjun levypyörien tulee olla isommat eri kiinnityskorkeuden vuoksi. Levypyörän halkaisija ei vaikuta tason välitykseen vaan levykimppuketjun pituuteen.

Väistötason sisällä on paljon erilaisia liikkuvia osia, joissa on takertumisen ja litistymisen riski. suunnittelussa on tärkeää saada liikkuvat osat suojusten sisään. Väistötason kaikki liikkuvat osat, jotka voidaan suojata, on saatu suunniteltua suojusten sisään. Suojuksena toimivat väistötason ympärillä olevat 3 millimetrin paksuiset teräslevyt. Teräslevyjen pois ottamiseen tarvitaan työkaluja, mikä tarkoittaa, että huollon tarve on vähäistä.



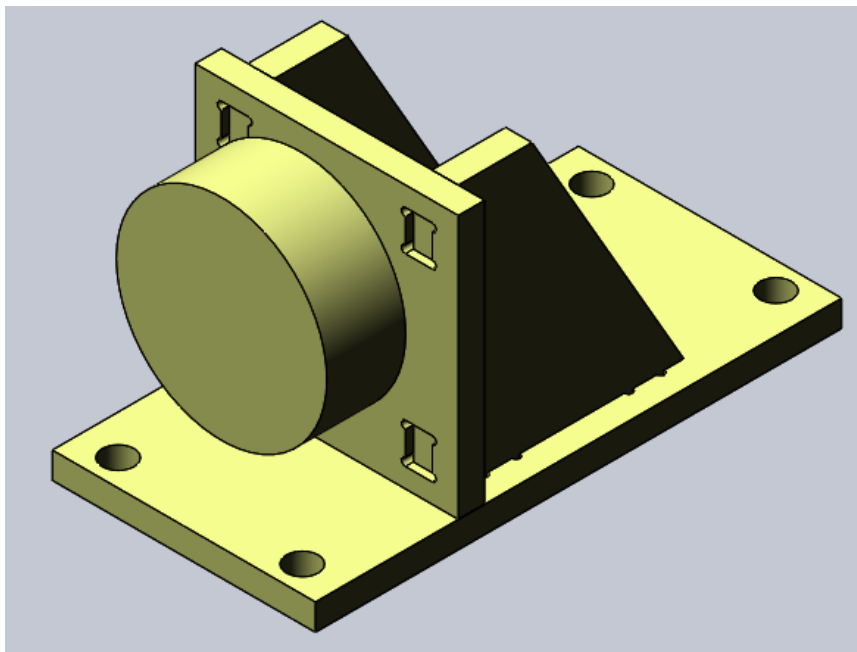
KUVA 34. Väistötason sisällä liikettä tekevät ja välittävät osat (Juho Hakkarainen 2021)

Välirunko (kuva 35) sijaitsee tasorungon sisässä. Välirungossa on kiinni kuusi Nukr 35 nokkarullaa, joilla se liikkuu vaivattomasti edestakaisin sille tehdylle radalla. Neljä niistä kannattelevat välirunkoa tasorungon alaosan päällä ja kaksi sen alapuolella, jotka estävät välirunkoa nousemasta radalta. Sivuttaisen liikkeen estämiseksi välirungossa on neljä Nukr 47 -nokkarullaa.



KUVA 35. Välirunko (Juho Hakkarainen 2021)

Pysäyttimien eli kansankielellä stopparien (kuva 36) tarkoitus on rajoittaa tasorungon liikettä ulospäin. Lineaarimoottorissa on ylikuormituksen kytkin, joka mahdollistaa mekaanisten pysäyttimien käytön. Pysäytin lisää käyttäjäturvallisuutta pysäyttämällä vaunun aina samaan paikkaan.



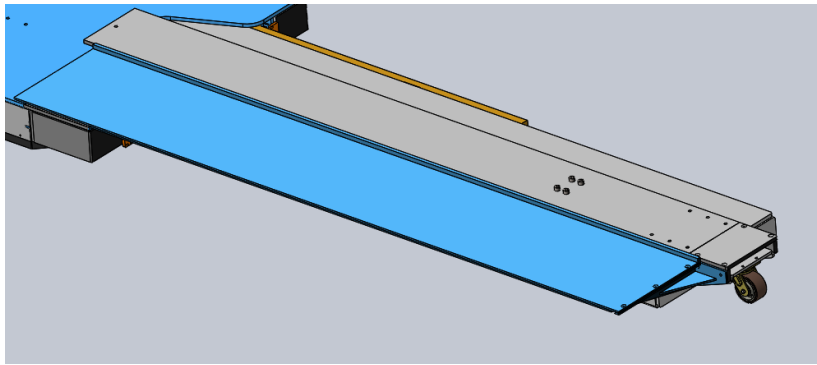
KUVA 36. Pysäytin eli stoppari (Juho Hakkarainen 2021)

4.3.4 Liukuva taso liittovaunussa

Liittovaunun päällä on suksi, joka liikkuu liittovaunun jatkeen mukana liittovaunun päällä. Liukuva taso (kuva 37) on suunniteltu peittämään rako, joka muodostuu, kun liittovaunun jatke on ulkona. Tämä tilanne syntyy, silloin kun liittovaunu on liittolinjan vieressä. Jatkeen ja liittovaunun tason väliin jää täten rako, jonne asentajan jalka voi tippua. Liukuva taso on kiinteästi kiinni suksen vieressä jatkeen päässä ja se pääsee liukumaan pitkäksi. Kun jatke on kokonaan ulkona, jänneväli on 3 500 millimetriä pitkä. Haasteena oli, että liukuvan tason täytyy olla kevyt, koska liittovaunu itsessään painaa enemmän kuin alun perin oli suunniteltu. Suunnitteluvaiheessa piti laskea, kuinka paljon teräslevy antaa myöden ja kuinka sitä voi jäykistää. Taso on yli neljä metriä pitkä ja 10 millimetriä paksu teräslevy. Leveys on noin 600 millimetriä. Teräslevyn pohjassa on jäykistelevyt, jotka ovat paksuudeltaan 16 millimetriä ja leveydeltään 30 millimetriä. Tasosta tuli 266 kilogrammaa painava.

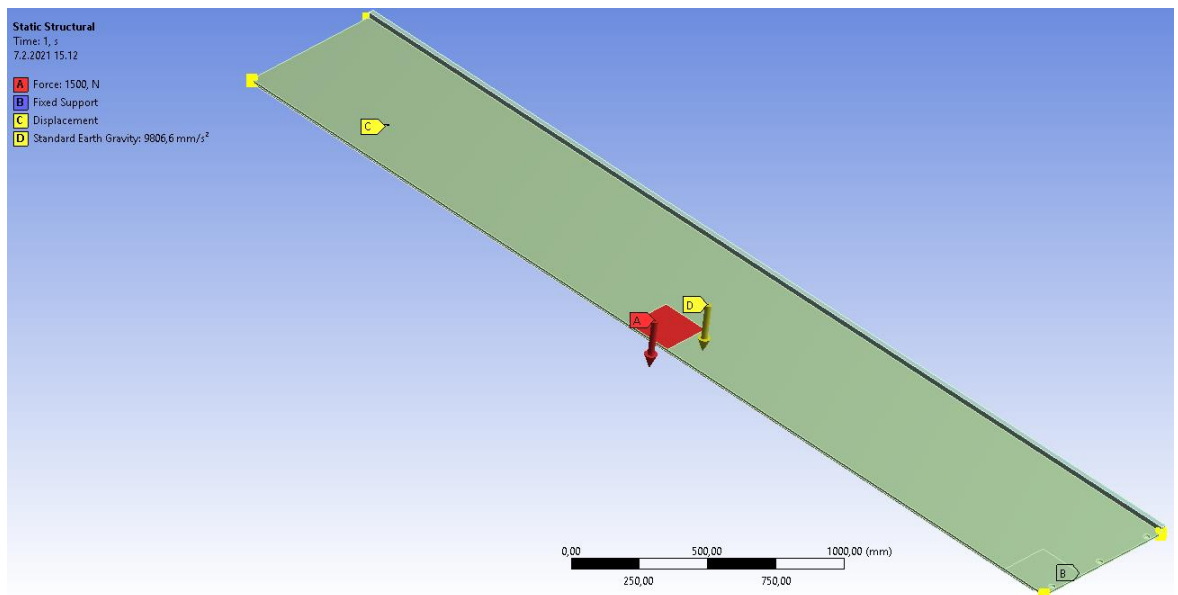
Liittovaunun jatkeen työskentelytaso on 30 millimetriä korkeammalla muista tasoista. Tämä tarkoittaa sitä, ettei kyseinen työskentelytaso ole tasostandardin mukainen. Tämä asia vaatii jatkossa suunnittelijalta työnantajalle riskien selvityksen. Selvityksessä ovat mukana työsuojeluvaltuutettu ja työsuojelupäällikkö. Työryhmä selvittää, voidaanko kyseistä tuotetta tai laitetta käyttää turvallisesti tuotannossa.

Liittolinjan jatkeen työskentelyntasoon suunniteltiin asennettavaksi kaksi liukupalaa. Liukupalojen korkeus on 20 millimetriä. Palojen korkeus on turvallisuusriski ja yli sallitun rajan. Tämän takia liukupalat suunniteltiin asennettavaksi pohjaan eikä tason päälle.



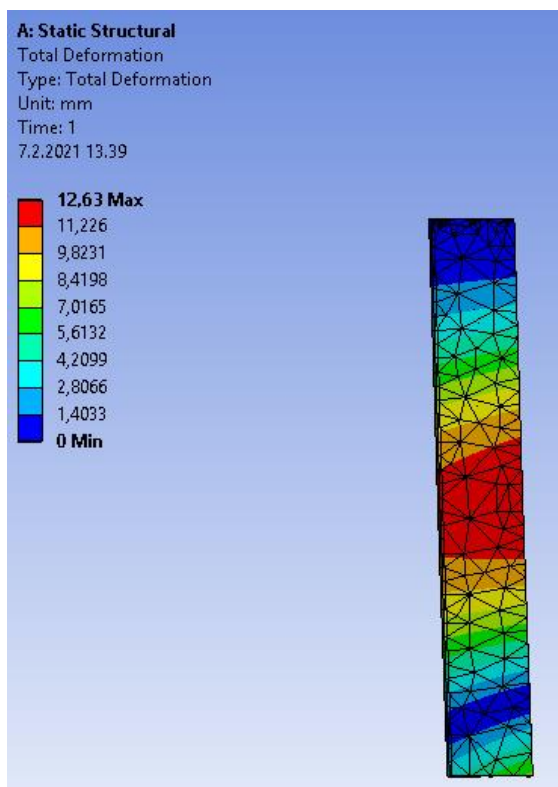
KUVA 37. Liukuva taso (Juho Hakkarainen 2021)

Työskentelytason suunnittelussa määritettiin, että sen tulee kestää 1 500 Newtonin kuorman tason oletetusti heikoimmassa kohdassa pinta-alalla 200 x 200 millimetriä. Kuvassa 38 punaisella merkitty alue on 200 x 200 millimetriä, ja siihen kohdistuu 1 500 Newtonin voima. B osoittaa tuettua kohtaa, johon taso on kiinnitetty tason päästä. C osoittaa tason tukipisteen, jonka päällä se lepää. D on kappaleeseen vaikuttava gravitaatio.

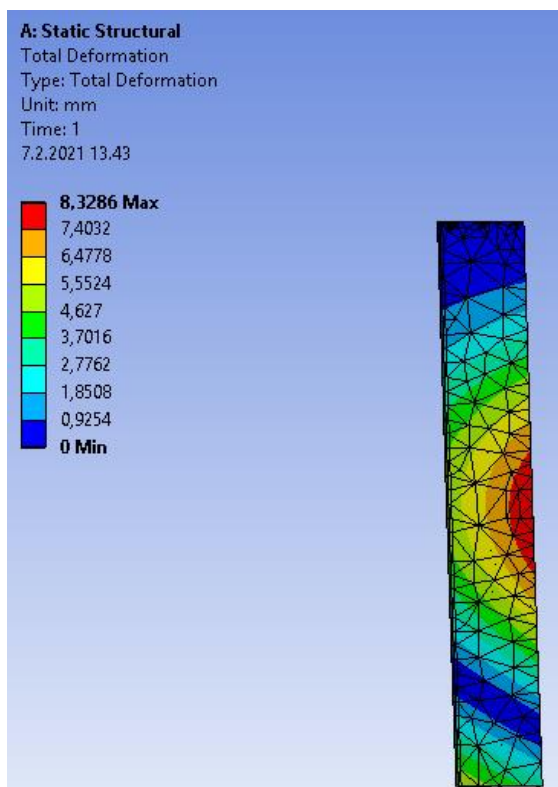


KUVA 38. Kappaleeseen kohdistuvat voimat (Juho Hakkarainen 2021)

Kuvassa 39 ja 40 on laskettu pistokuorman vaikutusta tasolle. Kuvassa 39 laskennassa on huomioitu kappaleen oma gravitaatio, kun taas kuvassa 40 gravitaatiota ei ole huomioitu. Laskentojen ero on 4,3 millimetriä. Tämä ero huomioidaan tasoa valmistettaessa ja otetaan huomioon hitsausennakkolla.



KUVA 39. Kuormituksen alaisena aiheuttava venymä millimetreinä (Juho Hakkarainen 2021)



KUVA 40. Ei massan gravitaatiota (Juho Hakkarainen 2021)

4.3.5 Työskentelytasojen pintakäsittely

Rasvaisilla ja öljyisillä työpisteillä liukastumisen vaara on todennäköinen. Tämän takia työskentelytasojen pintakäsittely nousi projektissa tärkeäksi asiaksi. Loctite on tunnettu liima-, tiiviste- ja pintakäsittelytuotteistaan. Loctite PC 6261 GY (kuva 41) on liukuestepinnoite, joka soveltuu työpisteille ja

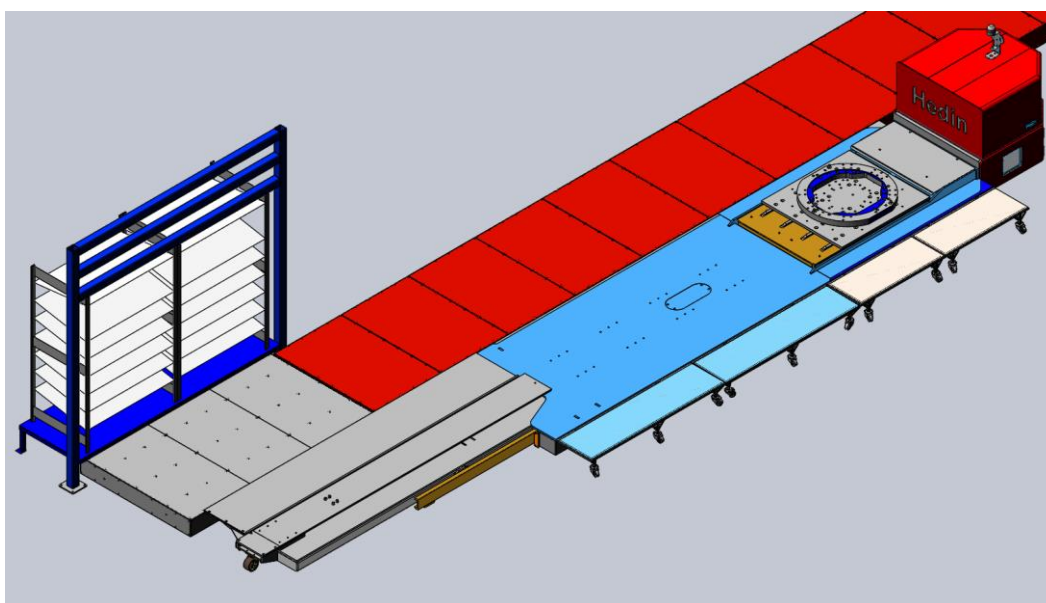
kulkuväylille liukuusteeksi. Ponsse Oyj:llä on kokeiltu tuotetta useisiin kohteisiin ja todettu niiden kautta hyväksi. Projektissa päädyttiin käsittelemään työskentelytasojen pinnat kyseisellä tuotteella. Tuote on yksikomponenttinen, joka tekee siitä helppokäyttöisen. Tuotteen kitkakerroin on kuivana 1.2 ja märkänä 1.0.



KUVA 41. Pintakäsittelyaine (Ahlseil Oy s.a.)

4.4 Työskentelytasojen kokonaisuus liittolinjassa paikalla kaksi

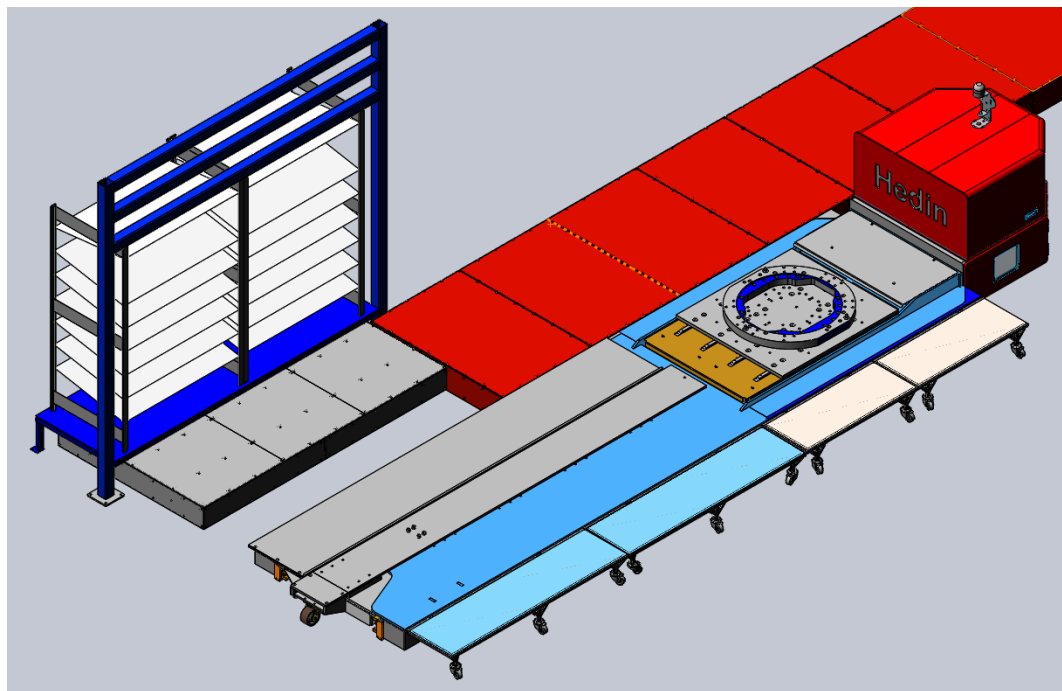
Kun kaikki tasot (kuva 42) yhdistetään, muodostuu kokonaisuus nosturikokoonpanon liittolinjasta ja sen liittovaunuista. Lopputulos on edistyksellinen kokonaisuus turvallisesta ja ergonomisesta työympäristöstä.



KUVA 42. Liittovaunu liittolinjan toisella paikalla (Juho Hakkarainen 2021)

Liittovaunun saapuessa liittolinjan toiselle paikalle (kuva 43) asentaja huolehtii, että väistötaso ajetaan liittovaunuun kiinni. Tällöin asentaja huolehtii työpisteensä turvallisuudesta ja siitä, ettei kukaan

pääse tippumaan tason ja liittovaunun väliin. Työn tekeminen liittolinjassa täytyy olla joustavaa täysin erilaisten tuotteiden liitos- ja kasausvaiheiden vuoksi. Tämän takia liittovaunulle ei ole määritetty tarkkaa paikkaa kiinteän tason rinnalla. Tämä mahdollistaa liitostyön eri nostureiden valmistuksen lähellä pientavarahyllyä ja työkaluja.



KUVA 43. Liittovaunu juuri saapunut liittolinjan toiselle paikalle (Juho Hakkarainen 2021)

Väistöaso palvelee liittolinjan kiinteän tason kanssa parhaiten asentajaa, koska suurin ongelma on ollut liittovaunun ja pientarvikehyllyn väli, jossa asentaja on joutunut laskeutumaan liittovaunun päältä pientarvikehyllylle. Tietysti sarantaso tuo myös tärkeitä neliötä työskennellä liittovaunun toisella puolella.

5 POHDINTA

Työn tarkoituksena oli suunnitella nosturikokoonpanon liittolinjan ja liittovaunuun ergonomiiaa parantavat työskentelytasot "koneturvallisuus koneiden kiinteät kulkutiet" -standardin mukaan. Työ yhdistää liittolinjan ja liittovaunun yhteneväiseksi työpisteeksi, joiden välissä ei ole enää liittovaunun korkeuden aiheuttamaa 260 millimetrin korkeuseroa. Työn tuloksia voidaan käyttää hyödyksi nykyisen nosturikokoonpanon liittolinjan muutostöissä. Työskentelytasojen suunnittelu oli liittovaunun ja liittolinjan osalta tärkeä projekti. Projektiin oli hyvin tärkeä käyttää resursseja, jotta jatkuvaa parantamista nosturikokoonpanossa voidaan jatkaa entistä paremmin.

Opinnäytetyö antaa lukijalleen mahdollisuuden tutustua projektiin, jossa parannetaan työergonomiia huomioon ottaen lait ja koneturvallisuusstandardit. Aina ei kuitenkaan kyetä täysin toimimaan standardien mukaan, kuten kävi ilmi liittovaunun jatkeen työskentelytason suunnittelussa. Joskus täytyy pyrkiä ratkaisuun toista kautta ja pystyä kartoittamaan riskit turvallisuudesta ja ergonomiasta tinkimättä. Vaikka aina ei päästäisi yksityiskohdissa parhaaseen tulokseen, suunnittelijan on kuitenkin pystyttävä tekemään päätöksiä, niin että lopputulos olisi paras mahdollinen tilanteesta ja olosuhteista riippumatta.

Tulevaisuudessa tasojen tullessa käyttöön nosturikokoonpanoon, on todella tärkeää perehdyttää asentaja uuteen työympäristöön. Tällä tavoin pystytään turvaamaan työympäristöä ja tuomaan tehokkuutta asentajien työhön. Tulevaisuudessa voisi olla mahdollista automatisoida liittovaunut, jotta kiinteän tason ja liittovaunun rako vierekkäin ollessa olisi mahdollisimman stabiili.

Työ antoi todella hyvän näköalapaikan tuotannon kehityksen toimintaan ja sisäisten asiakkaiden ongelmiin. Työssä pääsin ratkaisemaan todellisia ongelmia, joiden kanssa sisäiset asiakkaat ovat tehneet kovasti töitä jo aiemmin. Työssä yllätti, kuinka paljon on selvitettävää lakien, asetuksien, standardien ja henkilöiden mielipiteitä löytääkseen todellisen ratkaisun. Aikarajoitukset toivat lisähaasteita projektin onnistumiselle.

Kokonaisuudessaan ei kuitenkaan aivan päästy tavoitteeseen, että kaikki tasot olisivat samalla korkeudella toisiinsa nähden. Kiinteän tason ja liittovaunun välinen rako on asentajan ajotaidoista riippuvainen. Asentaja ohjaa liittovaunua toistaiseksi itse. Tämä vaatii mahdollisten tukitoimien tekemistä, jotka mahdollistavat tarkan ajamisen liittovaunulla kiinteän tason rinnalle. Nämä olisivat lattia-merkinnät ja peilien asennukset linjan 90 asteen käännöksessä.

LÄHTEET

- AHLSSELL OY s.a. Teollisuuden saumaus- ja tiivistysaineet [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2021-04-13.] Saatavissa: <https://www.ahlsell.fi/34/kayttotavarat/kemiallistekniset-tuotteet/teollisuus--ja-teknikka-tiivistys/teollisuuden-saumaus--ja-tiivistysaineet/t06003228/>
- ANSYS 2020. Company Information [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2020-10-25.] Saatavissa: <https://www.ansys.com/about-ansys>
- DASSAULT SYSTEMES 2020. Company Information [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2020-10-04.] Saatavissa: https://www.solidworks.com/sw/183_enu_html.htm
- KOIVISTO, Kaarlo, LAITINEN, Esko, NIINIMÄKI, Matti, TIAINEN, Tuomo, TIILIKKA, Pentti ja TUOMIKOSKI, Juho. Konetekniikan materiaalioppi. 12.–13. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.
- LAKI ERÄIDEN TEKNISTEN LAITTEIDEN VAATIMUSTENMUKAISUUDESTA. L. 26.11.2004/1016. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu 2021-02-21.] Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2004/20041016>
- LAUNIS, Martti ja LEHTELÄ, Jouni 2011. Ergonomian kytkeminen työpaikan toimintoihin [verkkodokumentti]. [Viitattu: 2020-10-03.] Saatavissa: https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/136841/978-952-261-059-1_Ergonomia.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- LAUNIS, Martti ja LEHTELÄ, Jouni 2011. Ergonomian periaatteet ja käyttöalueet [verkkodokumentti]. [Viitattu 2020-10-03.] Saatavissa: https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/136841/978-952-261-059-1_Ergonomia.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- PONSSE OYJ 2021. Yleistä Ponssesta [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2021-05-09.] Saatavissa: <https://www.ponsse.com/fi/yhtio/ponsse#/>
- PONSSE OYJ 2021. 2010-luku [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2021-05-09.] Saatavissa: <https://www.ponsse.com/fi/yritys/historia/2010-luku#/>
- SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO, SFS ry 2020. Mikä on standardi [verkkojulkaisu]. Suomen Standardisoimisliitto, SFS ry. [Viitattu 2020-10-03.] Saatavissa: https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/usein_kysyttya#Mikonstandardi
- SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO, SFS ry 2021. GPS-standardeja [verkkojulkaisu]. Suomen Standardisoimisliitto, SFS ry. [Viitattu 2021-02-28.] Saatavissa: <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuoteuutiset/gps-standardeja.html.stx>
- SFS-EN ISO 14122-2. 2016. Koneturvallisuus. Koneiden kiinteät kulkutiet. Osa 2: Työskentelytasot ja kulkutasot. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto, SFS ry.
- SIIRILÄ, Tapio ja TYTYKOSKI, Katri 2016. Koneturvallisuuden käsikirja. 2. painos. Keuruu: Inspecta Oy.
- TYÖTERVEYSHUOLTOLAKI. L. 21.12.2001/1383. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu 2021-02-21.] Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20011383>
- TYÖTURVALLISUUSLAKI. L. 23.8.2002/738. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu 2020-10-03.] Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>
- VALTIONEUVOSTON ASETUS KONEIDEN TURVALLISUUDESTA. A 12.6.2008/400. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu 2020-10-04.] Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400>
- VÄISÄNEN, Päivi 2007. Teräs perustietoa arkkitehtiopiskelijoille [verkkodokumentti]. TTK Arkkitehti-osasto. [Viitattu 2021-02-14.] Saatavissa http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/40/66e53a5/Teras_web.pdf

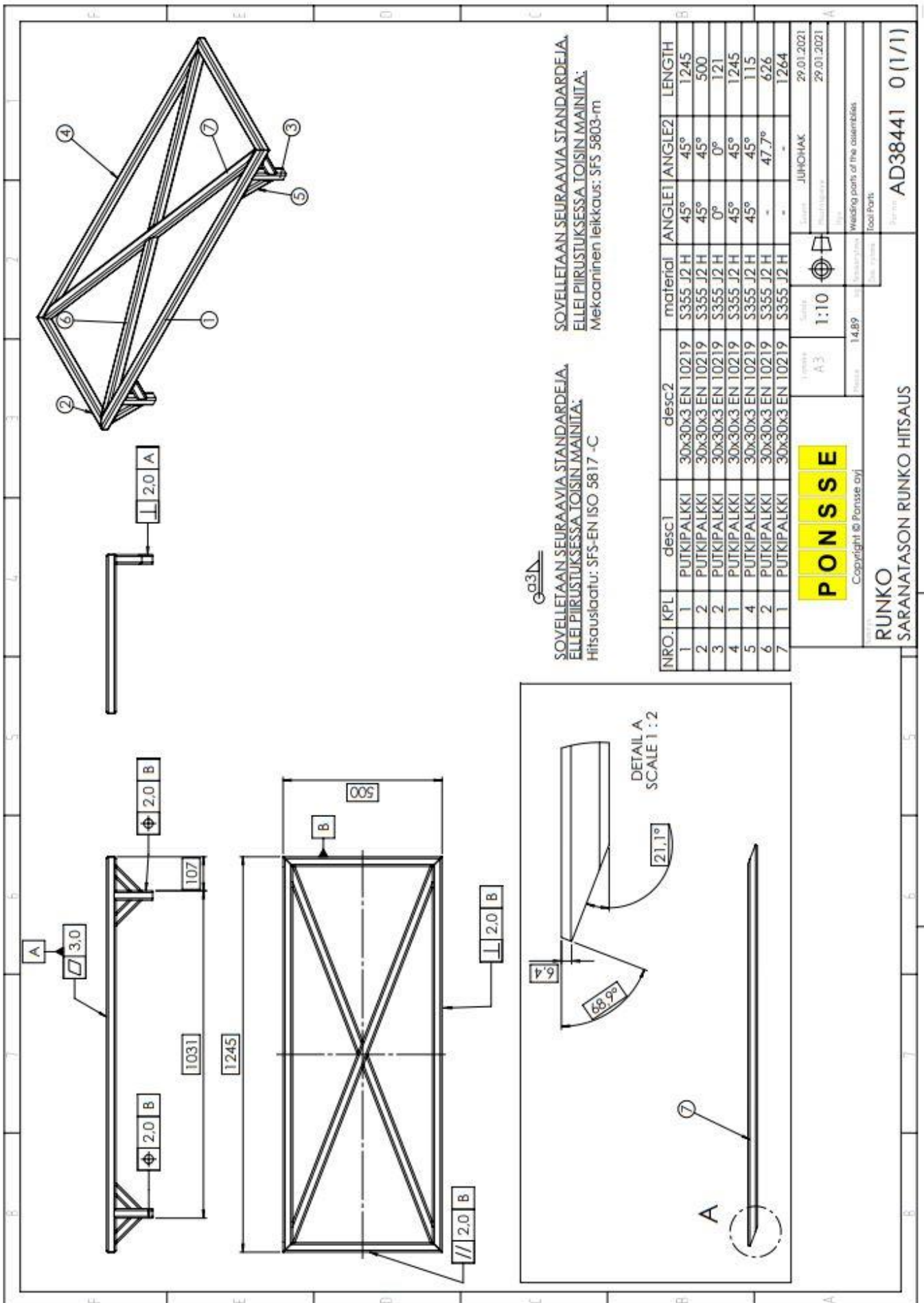
WILDE ANALYSIS LTD 2020. Ansys Engineering Simulation Solutions [verkkajulkaisu]. Wilde Analysis Ltd. [Viitattu 2020-10-25.] Saatavissa: <https://wildeanalysis.co.uk/software/design-simulation/ansys/>

LIITE 1: LUONNOSTEN PISTEYTYSLOMAKE

Kukin henkilö arvioi projektia itsenäisesti asteikolla 1-10 (10 = Kyllä, täysin/ Suuri/ Helppo/ Hyvä/ Helppo toteuttaa, 1 = Ei/ Suuri/ Huono/ Vaikea toteuttaa).

Kriteerit	Hlö	Pisteitys
<i>Toimivuus</i>		
<i>Merkittävyys</i>		
<i>Asentajien työtä edistävä</i>		
<i>Tuotanto kapasiteetin / volyymin kestokyky</i>		
<i>Turvallisuus</i>		
<i>Komponenttien liiton nopeutuminen</i>		
<i>Ergonomiaa edistävä</i>		
<i>Käyttöaste</i>		
<i>Ongelmien ratkaisija</i>		

LIITE 2: SARANATASON RUNGON HITSAUSPIIRUSTUS



SOVELLETAAN SEURAAVIA STANDARDEJA,
ELLEI PIIRUSTUKSESSA TOISIN MAINITA.
Mekaaninen leikkaus: SFS 5803-m

SOVELLETAAN SEURAAVIA STANDARDEJA,
ELLEI PIIRUSTUKSESSA TOISIN MAINITA.
Hitsauslaatu: SFS-EN ISO 5817 -C

g3N

NRO.	KPL	desc1	desc2	material	ANGLE1	ANGLE2	LENGTH
1	1	PUTKIPALKKI	30x30x3 EN 10219	S355 J2 H	45°	45°	1245
2	2	PUTKIPALKKI	30x30x3 EN 10219	S355 J2 H	45°	45°	500
3	2	PUTKIPALKKI	30x30x3 EN 10219	S355 J2 H	0°	0°	121
4	1	PUTKIPALKKI	30x30x3 EN 10219	S355 J2 H	45°	45°	1245
5	4	PUTKIPALKKI	30x30x3 EN 10219	S355 J2 H	45°	45°	115
6	2	PUTKIPALKKI	30x30x3 EN 10219	S355 J2 H	-	47.7°	626
7	1	PUTKIPALKKI	30x30x3 EN 10219	S355 J2 H	-	-	1264

PONSSE
Copyright © Ponsse oy

Yhteistyö: A3
Suunnittelu: 14.89
Kokous: 1:10
Suunnittelu: 29.01.2021
Suunnittelu: 29.01.2021

JUHONAK
Welding parts of the assemblies
Local Parts

RUNKO SARANATASON RUNKO HITSAUS
AD38441 0 (1/1)