SAVONIA
ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

SOODAKATTILAN TULIPESÄN HOITOTASOPALKISTON SUUNNITTELUJÄRJESTELMÄN KEHITYS

Andritz Oy, Varkaus

TEKIJÄ Ville Huuskonen

SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Tiivistelmä

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Ville Huuskonen	
Työn nimi Soodakattilan tulipesän hoitotasopalkiston suunnittelujärjestelmän kehitys	
Päiväys 25.5.2023	Sivumäärä/Liitteet 52
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Andritz Oy	

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä yritykselle parametrinen suunnittelutyökalu soodakattiloiden hoitotasojen suunnittelua varten. Suunnittelutyökalu toteutettiin Autodesk Inventor -ohjelmistolla. Suunnittelutyökalun tarkoituksena oli vähentää piirustusten laatimiseen kuluvaa aikaa. Hoitotasoja käytetään soodakattilan tulipesässä huoltoja varten ja ne estävät myös tuhkan tippumisen tulipesän alaosaan. Hoitotasot tulevat jokaiseen soodakattilaan ja ne on aina tehty samoilla periaatteilla. Osien ja kokoonpanojen mitoissa on kuitenkin eroja eri hoitotasoissa. Hoitotasoihin kuuluvia alikokoonpanoja ovat rullamekanismi, varastointipukit, palkit ja alumiinilankut.

Hoitotasojen eri kokoonpanoista ja niiden osista tehtiin parametriset 3D-mallit, joiden pohjalta tehtiin piirustukset. Mallit parametrisoitiin siten, että osista tehtiin toisistaan riippuvaisia. Tämä tarkoitti käytännössä sitä, useampi osa muuttui yhtä osaa muokattaessa. Parametrisoinnissa käytettiin hyväksi Autodesk Inventor -ohjelmiston Parameters-ominaisuutta, josta löytyi kaikki luodut parametrit. Parametrien toimivuutta testattiin työn aikana muuttamalla osien mittoja ja havainnoimalla, miten se vaikuttaa kyseiseen kokoonpanoon.
Piirustukset luotiin tehtyjen mallien pohjalta. Piirustuksissa käytettiin apuna myös vanhoja piirustuksia, joiden pohjalta mallinnukset tehtiin. Uusiin piirustuksiin tehtiin parannuksia ja korjattiin vanhoissa piirustuksissa olevia puutteita.

Lopputuloksena saatiin hyvin toimiva suunnittelutyökalu, jonka avulla tullaan säästämään aikaa hoitotasojen piirustusten laatimisessa. Osien ja kokoonpanojen 3D-mallien avulla on myös helpompi hahmottaa kokoonpanojen kokonaisuus. Tämä oli aikaisemmin haastavampaa, kun oli olemassa vain 2D-piirustukset. Malleihin tulee varmasti joitakin muutoksia käyttöönoton jälkeen, mutta suunnittelutyökalu todettiin hyvin toimivaksi tämän työn päätteeksi.

Työn julkaistavasta versiosta on poistettu liitteet liikesalaisuuksien vuoksi.

Avainsanat
3D-mallinnus, parametrinen mallinnus, hoitotaso, soodakattila, Skeleton-sketsi

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS
Abstract

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering	
Author Ville Huuskonen	
Title of Thesis Development of the Designing System of Maintenance Platforms in Recovery Boiler Furnaces	
Date 25 May 2023	Pages/Appendices 52
Client Organisation /Partners Andritz Oy	

Abstract

The object of this thesis was to make a parametric design tool for the designing of the maintenance platforms which are used in recovery boilers. The thesis was commissioned by Andritz Oy. Autodesk Inventor was used as the 3D-designing-program in this thesis. The point of the designing tool was to decrease the time that it takes to make the maintenance platform drawings. Maintenance platforms are used in the furnaces of recovery boilers for maintenance. They also prevent ash from falling to the bottom of the furnace. Every recovery boiler includes maintenance platforms, and they are usually designed and manufactured using the same principles. However, there are differences in the dimensions of the parts, subassemblies, and the main assembly. Maintenance platforms include subassemblies such as beam mechanism, platform beams, platform planks and storage system.

Parametric 3D-models were made of the main assembly, subassemblies and the parts included. Then the drawings were made based on the 3D-models. The models were parameterized in a way that the parts are dependent on each other. This meant that multiple parts changed after making changes to a specific part. This made editing the subassemblies much faster. Parameterization was done using Parameters-feature in Autodesk Inventor. Parameters-feature included all the parameters that were used during this project. The functionality of the parameters was evaluated by changing the dimensions of the parts. The drawings were made based on the 3D-models of the parts and subassemblies. The old drawings were used as an aid when making the new drawings. However, the old drawings had some shortcomings and those were fixed in the new drawings.

As a result of the thesis a well-functioning designing tool was made, which will help saving time in making the drawings in the future. With the 3D-models of the parts and subassemblies, it is also easier to perceive the maintenance beam assembly. Before this project this was harder, since there were only 2D-drawings of the parts, subassemblies, and the main assembly. The 3D-models will have some changes in the future, but the 3D-models and drawings were stated as well-functioning at the end of this thesis.

Appendices have been deleted from the published version of this thesis because of trade secrets.

Keywords
3D-modelling, parametric modelling, maintenance platform, recovery boiler, Skeleton-sketch

SISÄLTÖ

LYHENTEET JA KÄSITTEET 7
1 JOHDANTO 8
2 TAUSTATIEDOT 9
2.1 Savonia-ammattikorkeakoulu 9
2.2 Andritz Oy 9
2.3 Työn tarkoitus ja tavoite 9
3 SOODAKATTILA 11
3.1 Sellunkeitto yleisesti 11
3.2 Soodakattila 11
3.3 Natriumin ja rikin talteenotto 13
3.4 Höyryn tuottaminen 13
4 HOITOTASOT 14
4.1 Hoitotasot prosessikattiloissa 14
4.2 Hoitotasot Andritz Oy:n soodakattiloissa 15
4.2.1 Suunnitteluprosessi 19
5 HOITOTASOJEN SUUNNITTELU 20
5.1 Ohjelmistot 20
5.1.1 Autodesk Inventor Professional 2022 20
5.1.2 Autodesk AutoCAD Mechanical 2022 20
5.2 Lähtötiedot 20
5.3 Hoitotasojen 2D-suunnittelu 21
5.4 Hoitotasojen 3D-suunnittelu 21
6 HOITOTASOJEN PARAMETRINEN MALLINNUS PÄÄPIIRTEITTÄIN 23
6.1 Skeleton-mallinnus 23
6.2 Osien luonti 24
6.3 Osien parametrisointi 25
6.4 Kokoonpanojen luominen 27
7 PALKKIEN PARAMETRINEN MALLINNUS 30
7.1 Lähtökohdat 30
7.2 Skeleton-tiedosto 31
7.3 Osien luonti ja parametrisointi 34

7.3.1 Paarteet ja tukirakenteet ... 34
7.3.2 Kiinnityslevyt ja teräsputki ... 37
7.4 Kokoonpanon parametrisointi ... 39
8 HOITOTASOJEN PIIRRUSTUSTEN TEKEMINEN ... 41
8.1 Piirustusten tekeminen yleisesti ... 41
8.2 Palkkien piirustukset ... 42
8.2.1 Kuvannot ... 42
8.2.2 Osalista ... 43
8.2.3 Parannukset ... 45
9 YHTEENVETO ... 48
10 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET ... 49
11 JATKOKEHITYSKOHTEET ... 51
LÄHTEET ... 52

KUVALUETTELO

KUVA 1. Mustalipeän erottaminen sellun pesussa (Knowpulp, julkaisuaika tuntematon) ... 11
KUVA 2. Soodakattila Brasiliassa (Bracell, 2022) ... 12
KUVA 3. Höyryn tuottaminen soodakattilassa (Knowpulp, julkaisuaika tuntematon) ... 13
KUVA 4. Esimerkkejä hoitotasoista (R-taso, 2019) ... 14
KUVA 5. Soodakattilan osat (Babcock & Wilcox, julkaisuaika tuntematon) ... 15
KUVA 6. Hoitotasot varastoituna (Ville Huuskonen, 2023) ... 16
KUVA 7. Palkkien pukit (Ville Huuskonen, 2023) ... 16
KUVA 8. Rullamekanismit (Ville Huuskonen, 2023) ... 17
KUVA 9. Hoitotason palkki asennettuna (Ville Huuskonen, 2023) ... 17
KUVA 10. Hoitotasojen alumiinilevyt (Ville Huuskonen, 2023) ... 18
KUVA 11. Skeleton-malli esimerkki (Autodesk, 2021) ... 23
KUVA 12. Sketsien ja tasojen nimeäminen (Ville Huuskonen, 2023) ... 24
KUVA 13. Derive-komento (Ville Huuskonen, 2023) ... 25
KUVA 14. Parametrit-ikkuna (Ville Huuskonen, 2023) ... 26
KUVA 15. Rullamekanismin rullan ja sen akselin etäisyyden muuttaminen (Ville Huuskonen, 2023) ... 27
KUVA 16. Hoitotasojen pääkokoonpano (Ville Huuskonen, 2023) ... 28
KUVA 17. Rullamekanismien ja varastointipukkien parametrit kokoonpanossa (Ville Huuskonen, 2023) ... 28
KUVA 18. Palkkien parametrit kokoonpanossa (Ville Huuskonen, 2023) ... 29

KUVA 19. Hoitotason keskimmäisen palkkisegmentin kokoonpano mallinnettuna (Ville Huuskonen, 2023) .. 30
KUVA 20. Palkki kun pituus, korkeus ja leveys on muutettu (Ville Huuskonen, 2023) 31
KUVA 21. Palkin Skeleton-sketsi (Ville Huuskonen, 2023)..... 31
KUVA 22. Palkin Skeleton-sketsi ilman mittoja / parametreja (Ville Huuskonen, 2023) 32
KUVA 23. Levynpaksuus-parametri (Ville Huuskonen, 2023) 33
KUVA 24. Parametrin lisääminen extrude-komentoon (Ville Huuskonen, 2023)..... 33
KUVA 25. Palkin paarteet ja tuet (Ville Huuskonen, 2023)..... 34
KUVA 26. Paarteet Skeleton-tiedostossa (Ville Huuskonen, 2023)..... 35
KUVA 27. Suorat ja vinot tuet Skeleton-tiedostossa (Ville Huuskonen, 2023)..... 36
KUVA 28. Vinojen tukien extrude-pituus (Ville Huuskonen, 2023) 37
KUVA 29. Palkin kiinnityslevyt palkin korkeutta muutettaessa (Ville Huuskonen, 2023) 38
KUVA 30. Palkin kiinnityslevyt 2 palkin korkeutta muutettaessa (Ville Huuskonen, 2023) 38
KUVA 31. Palkkien lukitusputki (Ville Huuskonen, 2023)..... 39
KUVA 32. Palkin kokoonpanon parametrit (Ville Huuskonen, 2023)..... 40
KUVA 33. Näkymän luominen kokoonpanoon (Ville Huuskonen, 2023)..... 42
KUVA 34. Kuvannon tuominen piirustukseen (Ville Huuskonen, 2023) 43
KUVA 35. Parametrien tuonti piirustuksen tekstikenttään (Ville Huuskonen, 2023)..... 43
KUVA 36. Palkkipiirustuksen osalista (Ville Huuskonen, 2023) 45
KUVA 37. Kiinnityslevyjen 3D-kuvannot (Ville Huuskonen, 2023)..... 46
KUVA 38. Palkin profiilien osanumerointi (Ville Huuskonen, 2023) 47

LYHENTEET JA KÄSITTEET

2D-suunnittelu	Kaksiulotteinen suunnittelu
3D-suunnittelu	Kolmiulotteinen suunnittelu
Autodesk Inventor	Tietokoneohjattu 3D-mallinnukseen perustuva suunnitteluohjelmisto
Autodesk AutoCAD	Tietokoneohjattu yleiskäyttöinen suunnitteluohjelma
ContentCenter	Standardiosien kirjasto Autodesk Inventorissa
Derive-komento	Toiminto Autodesk Inventorissa, jonka avulla voidaan luoda osa tuomalla tietoja toisesta tiedostosta
Extrude-komento	Toiminto Autodesk Inventorissa, jonka avulla voidaan lisätä materiaalia sketseihin
Mirror-komento	Toiminto Autodesk Inventorissa, jonka avulla voi peilata osia tai piirteitä
Origo	Osan tai kokoonpanon nollapiste
Parametrinen malli	Riippuvuussuhteisiin perustuva suunnittelumalli
Place At Component Origin -komento	Toiminto Autodesk Inventorissa, jonka avulla voi paikoittaa useamman osan jonkun tietyn osan origon eli nollapisteen mukaan
Rectangular Pattern -komento	Toiminto Autodesk Inventorissa, jonka avulla voi monistaa, jotain tiettyä osaa tai piirrettä suorakulmion muotoisesti kahteen eri suuntaan
Skeleton-mallinnus	Mallinnustapa, jossa kokoonpano mallinnetaan luurankotyyppisesti
Skeleton-sketsi	Luonnos Autodesk Inventor -ohjelmistossa, joka on tehty Skeleton-mallinnusta hyödyntämällä
Skeleton-tiedosto	Tiedosto, jossa kokoonpanon osat on mallinnettu hyödyntämällä Skeleton-mallinnusta

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on kehittämistyö, jossa kehitetään 3D-mallinnustyökalu helpottamaan hoitotasojen suunnittelua ja vähentämään hoitotasojen piirustusten tekemiseen kuluvaa aikaa. Aihe liittyy useisiin Andritz Oy:llä käynnissä oleviin ja tuleviin soodakattilaprojekteihin. Andritz on työn toimeksiantaja ja aihe valittiin vuoden 2023 kehitysprojektien joukosta. Andritz suunnittelee ja valmistaa tuotteita ja palveluita soodakattilaprojekteihin.

Soodakattilan tulipesän huoltamista varten on olemassa hoitotasot, jotka on suunniteltu Andritzilla. Hoitotasojen avulla voidaan tehdä huoltoja tulipesään ja hoitotasot koostuvat mm. teräspalkeista ja alumiinilevyistä. Tällä hetkellä hoitotasojen piirustukset laaditaan Autodesk AutoCAD Mechanical -ohjelmistolla ja se ei ole kustannustehokkain ratkaisu. Työn tarkoituksena on vähentää hoitotasojen piirustusten laatimiseen kuluvaa aikaa tekemällä hoitotasojen pääkokoonpanosta, alikokoonpanoista ja niihin kuuluvista osista 3D-mallit, joita on helppo muokata hoitotasoja suunniteltaessa.

Työkalu laaditaan selkeäksi ja helposti muokattavaksi, koska monimutkaisen 3D-mallin opettelu veisi aikaa ja resursseja Andritz:n mekaniikkasuunnittelun henkilöstöltä. Mekaniikkasuunnittelijoiden olisi myös hyvä osata muokata malleja, jos tulevaisuudessa hoitotasoihin tulee joitakin muutoksia. Tarkoituksena on, että piirustukset saisi nopeammin 3D-mallien kautta tehtyä.

2 TAUSTATIEDOT

Luvussa käydään läpi työhön liittyviä taustatietoja, joiden pohjalta opinnäytetyötä lähdettiin tekemään. Lisäksi luvussa kerrotaan opinnäytetyön yhteistyökumppaneista sekä työn tarkoituksesta ja tavoitteista. Jotta voidaan ymmärtää hoitotasoihin liittyvä suunnitteluprosessi, tulee käydä hieman läpi työn tarkoitusta ja tavoitetta.

2.1 Savonia-ammattikorkeakoulu

Opinnäytetyö tehdään yhteistyössä Savonia-ammattikorkeakoulun kanssa ja se on osa konetekniikan insinööritutkintoa. Savonia-ammattikorkeakoulu kuuluu Suomen suurimpiin ammattikorkeakouluihin. Se on myös yksi Suomen monipuolisimmista ammattikorkeakouluista ja se kouluttaa osaajia jopa kuudella eri koulutusalalla. Savonian kampukset sijaitsevat Kuopiossa, Iisalmessa ja Varkaudessa. Kaiken kaikkiaan Savoniassa työskentelee noin 530 työntekijää ja opiskelijoita on yli 7000. Savonia tarjoaa joustavan koulutustavan, jonka ansiosta opiskelu on mahdollista työn ohella. Savonia-ammattikorkeakoulussa varsinkin hyvinvointiteknologian, ruokaliiketoiminnan, vesiturvallisuuden, kone- ja energiateollisuuden ja bio- ja kiertotalouden opiskelu on korkealla tasolla. (Savonia-ammattikorkeakoulu, 2022.)

2.2 Andritz Oy

Andritz Oy sijaitsee Suomessa ja se on Andritz AG:n tytäryhtiö. Andritz AG:n toimialaa ovat metalliteollisuus sekä paperi- ja selluteollisuus. Andritz Oy toimittaa palveluita, laitteita sekä järjestelmiä selluteollisuutta varten. Suurin osa tuotannosta keskittyy soodakattiloihin liittyviin tuotteisiin ja palveluihin. Andritz Oy työllistää Suomessa yli 1600 henkilöä. Andritz Oy:llä on toimipaikat sijaitsevat Lahdessa, Keravalla, Kotkassa, Lappeenrannassa, Tampereella, Savonlinnassa, Varkaudessa ja Helsingissä. (Andritz, julkaisuaika tuntematon.) Tämä projekti toteutetaan Andritz Oy:n Varkauden toimipisteellä.

2.3 Työn tarkoitus ja tavoite

Työn tarkoituksena on vähentää hoitotasojen piirustusten laatimiseen kuluvaa aikaa. Tällä hetkellä piirustukset laaditaan kokonaan Autodesk AutoCAD -ohjelmistolla, mikä ei ole kustannustehokkain ratkaisu. Jokaiseen soodakattilaprojektiin tehdään aina uudet piirustukset, kuitenkin kopioimalla edellisistä projekteista. Piirustusten tekemisessä säästetään huomattavasti aikaa, kun ne laaditaan 3D-mallien kautta parametreja muokkaamalla.

3D-malleista on myös se hyöty, että osia ja kokoonpanoja on helpompi tarkastella ja esitellä sidosryhmille. Tällä hetkellä kokoonpanoista on pelkät 2D-piirustukset. Näin kokoonpanoja on vaikea hahmottaa, jos ei ole entuudestaan käsitystä kokoonpanoista tai hoitotasoista. 3D-mallien avulla saa nopeasti kokonaiskuvan osasta tai kokoonpanosta.

Tavoitteena on tehdä malleista helppokäyttöisiä, joten liian pitkälle ei ole tarkoitus lähteä niitä parametrisoimaan. Mikäli 3D-malleista tehdään liian monimutkaisia, piirustusten teko vaikeutuu, sillä mallien opettelu vaatii aikaa ja resursseja. Kaikki osat ja kokoonpanot mallinnetaan parametrisesti siten, että niitä on helppo muokata pelkästään mittoja muuttamalla.

Hoitotasoihin liittyy monia alikokoonpanoja, joissa osien mitat vaihtelevat projektikohtaisesti. Kaikki osat ja alikokoonpanot mallinnetaan kuitenkin parametrisesti, jotta niitä olisi helppo muokata tarvittaessa. Hoitotasojen palkeissa mitat vaihtuvat eniten projektista toiseen, joten varsinkin niissä parametrinen mallinnus tehdään järkevästi.

3 SOODAKATTILA

Luvussa kerrotaan soodakattilan toiminnasta yleisellä tasolla, jotta voidaan ymmärtää miten hoitotasot liittyvät soodakattiloihin. Aluksi kerrotaan sellunkeitosta, jonka jälkeen käsitellään soodakattilan toimintaa. Lopuksi käydään läpi soodakattilan tärkeimmät tehtävät.

3.1 Sellunkeitto yleisesti

Sellunvalmistusmenetelmiä kehitettäessä huomattiin, että sulfaattisellun keittämisessä käytettävät natriumyhdisteet ovat todella kalliita. Tämän seurauksena sellunkeitossa käytettäviä kemikaaleja alettiin kierrättämään takaisin prosessiin mustalipeästä, jotta säästettäisiin kustannuksissa. Mustalipeä syntyy sulfaattisellutehtaissa, kun valkolipeä reagoi puun ligniinin sekä muiden ainesosien kanssa. Mustalipeä on nimensä mukaisesti mustaa ja se sisältää keittämisessä käytettyjä natrium- ja rikkipohjaisia kemikaaleja sekä myös puun ligniiniä. Mustalipeä erotellaan sellusta keiton jälkeen tapahtuvissa pesuvaiheissa (kuva 1). Pesemöltä mustalipeä johdetaan haihduttamoon, jossa siitä poistetaan ylimääräinen vesi. Tämän jälkeen mustalipeä siirretään soodakattilaan poltettavaksi. (Knowpulp, julkaisuaika tuntematon.)

KUVA 1. Mustalipeän erottaminen sellun pesussa (Knowpulp, julkaisuaika tuntematon)

3.2 Soodakattila

Soodakattilat ovat suuria kokonaisuuksia, joita käytetään selluntuotannossa moniin eri prosesseihin (kuva 2). Soodakattila on prosessiteollisuuteen liittyvä kattila, joka on suunniteltu kemiallisen puunjalostuksen sivutuotteena syntyvän mustalipeän polttoon. Soodakattilan tehtävänä on ottaa talteen mustalipeän sisältämät keittokemikaalit ja polttaa mustalipeän sisältämä orgaaninen aines. Mustalipeästä saadaan uusiutuvaa energiaa hyödynnettäväksi höyrynä sellutehtaiden tarpeisiin sekä myös turbiineilla sähköksi. (Soodakattilayhdistys, 2021.)

Soodakattilalla voi olla parhaillaan merkittävä vaikutus päästöihin. Sellutehtaan toiminta riippuu paljon soodakattilan toimintavarmuudesta, joten voidaankin sanoa, että soodakattila on yksi sellunvalmistusprosessin tärkeimmistä asioista. (Soodakattilayhdistys, 2021.) Soodakattilan toinen tehtävä on palamisprosessissa syntyvän palamislämmön talteenotto. Kemikaalien talteenotolla ja lämmön talteenotolla ei ole mitään tekemistä toistensa kanssa, vaan ne ovat täysin erillisiä prosesseja. (Knowpulp julkaisuaika tuntematon.)

KUVA 2. Soodakattila Brasiliassa (Bracell, 2022)

Vakkilainen (2005, 1–1, 1–2) toteaa, että rikastettu mustalipeä sisältää orgaanisia liuenneita jäännöksiä puusta keittokemikaalien lisäksi. Kemikaalien orgaanisen aineksen palaminen tuottaa lämpöä ja soodakattilassa lämpöä käytetään tuottamaan korkeapaineista höyryä, jota puolestaan käytetään tuottamaan sähköä turbiineihin. Turbiinien pakokaasuja eli matalapaineista höyryä käytetään prosessilämmitykseen. Turbiinin eri vaiheista saatavaa keskipainetta käytetään mm. noenpuhallukseen ja kiintoaineiden haihduttamiseen. (Vakkilainen 2005, 1–1, 1–2)

Vakkilaisen (2005, 1–2) mukaan soodakattilan tulipesässä tapahtuvan palamisen kanssa on oltava huolellinen. Mustalipeän korkean rikkipitoisuuden ansiosta tapahtuma vaatii parhaat mahdolliset olosuhteet prosessille, jotta vältyttäisiin rikkioksidien syntymiseltä ja rikkikaasujen päästöt olisivat pienemmät. Ympäristöystävällisen palamisen lisäksi epäorgaanista rikkiä on vähennettävä. Soodakattilassa tapahtuvia prosesseja ovat mm. mustalipeän orgaanisen aineksen polttaminen höyryntuottoa varten, epäorgaanisten rikkiyhdisteiden pelkistäminen natriumsulfideiksi, epäorgaanisen pölyn talteenotto savukaasuista kemikaalien säästämisen takia sekä natriumhöyryn tuotanto, jotta saataisiin kerättyä palamisen yhteydessä vapautuneiden rikkiyhdisteiden jäämiä. (Vakkilainen 2005, 1–2)

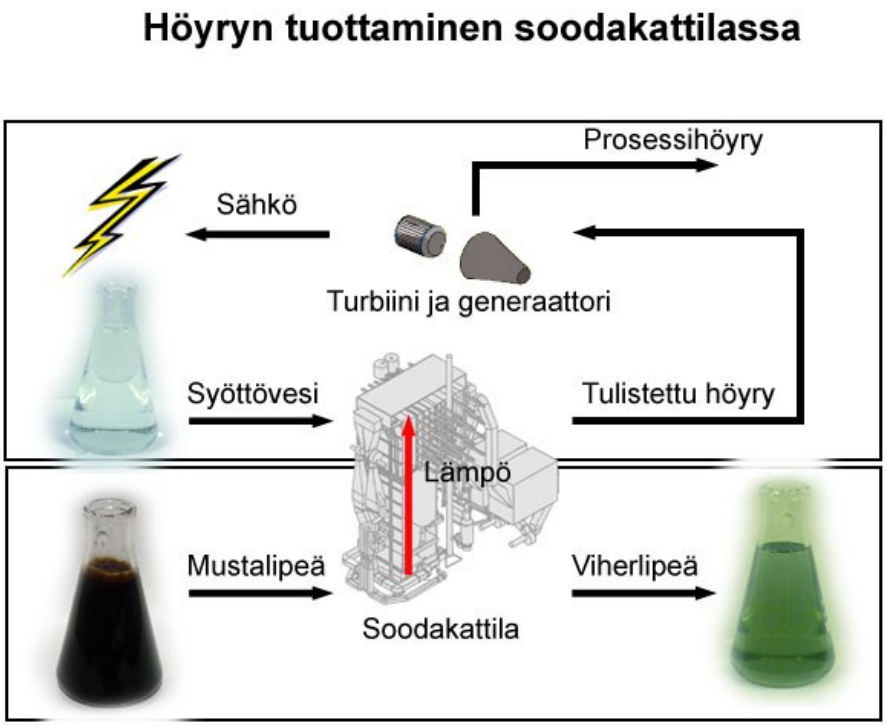
3.3 Natriumin ja rikin talteenotto

Mustalipeässä oleva rikki pelkistetään natriumsulfidiksi soodakattilassa, mutta kaikki rikkiyhdisteet eivät pelkisty. Natrium, joka on mustalipeän muodossa, reagoi hiilidioksidin kanssa muodostaen natriumkarbonaattia. Soodakattilan tulipesän alaosassa sijaitsee sulakourut, joista valuu ulos kemikaalisulaa. Tämä kemikaalisula sisältää natriumsulfidia, natriumkarbonaattia sekä natriumsulfaattia. Viherlipeää saadaan, kun kemikaalisula liuotetaan laihavalkolipeään (kuva 3). Tämän jälkeen viherlipeä johdetaan kaustistamoon, jotta se voidaan prosessoida sellunkeitossa käytettävään muotoon. (Knowpulp julkaisuaika tuntematon.)

3.4 Höyryn tuottaminen

Sellunkeitossa olevat kuidut voidaan erottaa toisistaan liuottamalla niissä oleva ligniini. Sellun pesussa erotellaan liuennut orgaaninen ja epäorgaaninen aines eli keittokemikaalit. Erotetusta mustalipeästä haihdutetaan vettä, jotta mustalipeä saataisiin kuivemmaksi. Mustalipeää poltetaan soodakattilan tulipesässä, jotta sen sisältämä natrium ja rikki saataisiin eroteltua mustalipeästä. Tässä prosessissa vapautuu myös suuri määrä lämpöenergiaa, joka siirretään soodakattilassa olevan vesi/höyry -järjestelmän avulla kattilaveteen. (Kuva 3.)

Vesi/höyry -järjestelmään kuuluu tulistimet, veden syöttövesisäiliö, syöttöveden esilämmittimet, höyrylieriöt, keittopinnat ja kattilan seinissä kulkevat seinäputket. Kun vesi höyrystyy, siitä saadaan turbiinin avulla tuotettua sähköä. Tämä prosessi on todella hyödyllinen, sillä höyryä voidaan myös käyttää muissa prosessin vaiheissa esimerkiksi soodakattilan puhdistamisessa. (Knowpulp julkaisuaika tuntematon.) (Kuva 3.)



KUVA 3. Höyryn tuottaminen soodakattilassa (Knowpulp, julkaisuaika tuntematon)

4 HOITOTASOT

Hoitotasoilla voi olla monia eri tarkoituksia, mutta yleisesti niitä tarvitaan edistämään työntekoa ja huoltojen tekemistä vaativissa teollisuuskohteissa. Yleensä hoitotasot koostuvat useista osista ja alikokoonpanoista. Kokonaisuutena hoitotasot voivat olla todella raskaita rakenteita. Hoitotasot koostuvat yleensä terästangoista ja levyosista sekä erilaisista teräspalkkiprofiileista.

Hoitotasojen avulla voidaan tehdä huoltoja teollisuuskohteisiin turvallisesti. On myös olemassa teollisuuskohteita, jotka vaativat hoitotasoja, jotta kohteissa olisi helpompi liikkua ympäriinsä ja käyttää koneita / laitteita. Vaativat teollisuuskohteet vaativat jatkuvaa laitteiston ylläpitoa ja niissä hoitotasot ovat välttämättömiä.

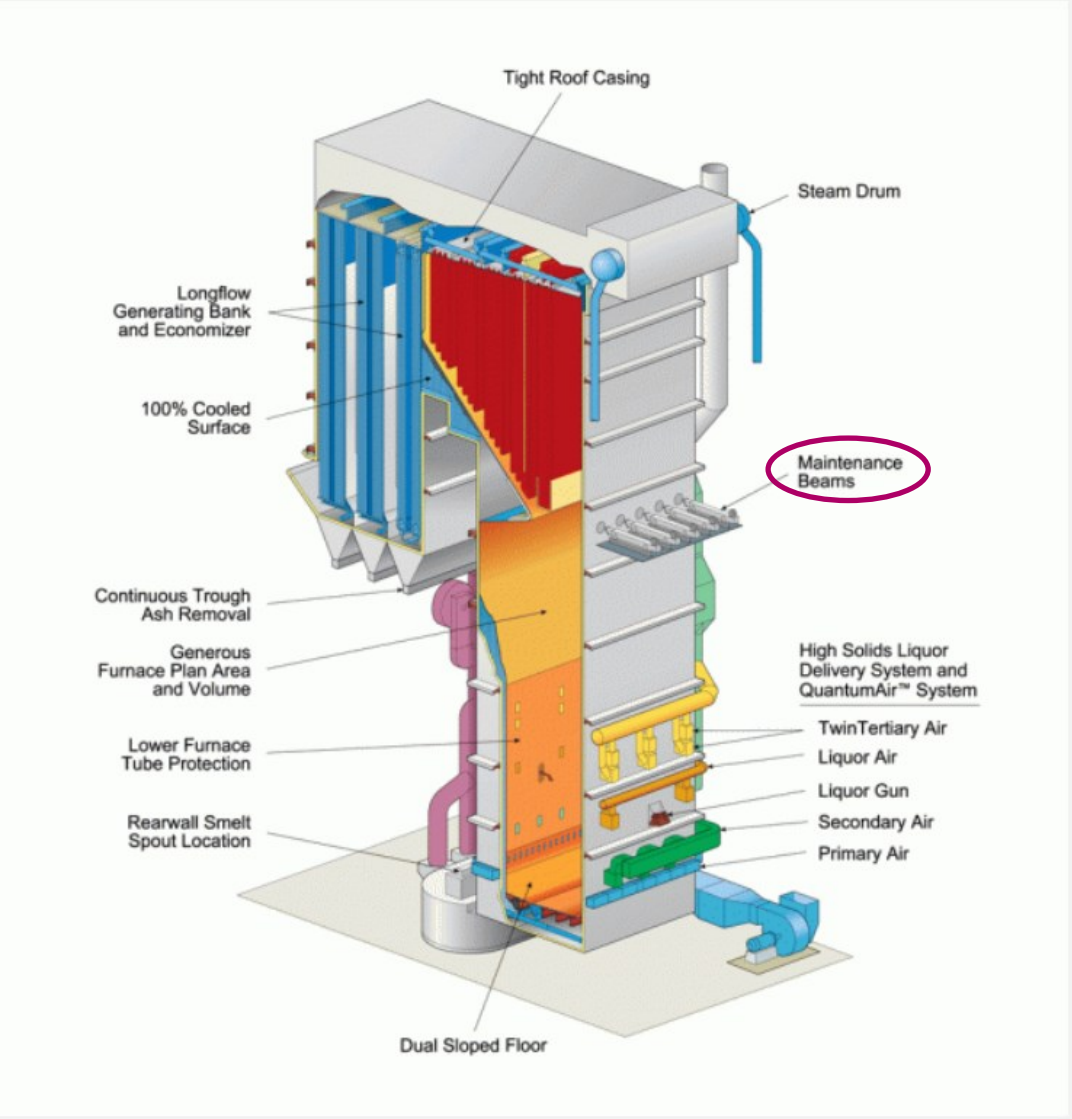
Teollisuuden vaativia ja vaihtelevia työolosuhteita varten kehitetyt hoitotasorakenteet edistävät työturvallisuutta sekä mahdollistavat liikkumisen teollisuusympäristössä. Hoitotasot suunnitellaan ja valmistetaan yleensä laitteiden ja koneiden piirteet sekä huoltoihin liittyvät asiat huomioiden. Pulttiliitoksia käytetään paljon hyväksi hoitotasorakenteiden asennuksessa, jotta muutoksia olisi mahdollista tehdä rakenteisiin ilman tulitöitä. Tämä helpottaa myös rakenteiden purkamista ja asentamista uudelleen. Hoitotasoissa käytetään monesti säädettäviä kiinnitysratkaisuja, joiden ansiosta saadaan riittävät asennustoleranssit haastavampiin ympäristöihin. (R-taso, 2019). Hoitotasoja on paljon erilaisia vaativissa teollisuuskohteissa (kuva 4).

KUVA 4. Esimerkkejä hoitotasoista (R-taso, 2019)

4.1 Hoitotasot prosessikattiloissa

Prosessikattiloissa hoitotasoja tarvitaan varsinkin tulipesään liittyviin huoltoihin. Korjauksia ja tarkasteluja voidaan tehdä hoitotasojen avulla tulipesän sisäseinämiin, jotka on vesijäähdytetty. Hoitotasot voidaan asentaa tulipesään paikalleen esimerkiksi työntämällä ne paikalleen tarpeeksi isoista miesluukuista. (Suspended-platform, 2021.)

Hoitotasot soodakattiloissa eroavat tyypillisistä teollisuuskohteiden hoitotasoista huomattavasti, sillä, soodakattilan tulipesään ei ole mahdollista rakentaa perinteisiä hoitotasoja. Kuvaan 5. on oranssilla merkitty tulipesä, joka on jaettu alempaan ja ylempään osaan. Kuvaan on myös merkitty tekstillä ”Maintenance Beams” kohta, johon hoitotasot tulevat. Soodakattiloissa huoltotasopalkit sijoitetaan tulipesän ulkopuolelle, josta ne voidaan asentaa paikalleen tarvittaessa. (Kuva 5.)

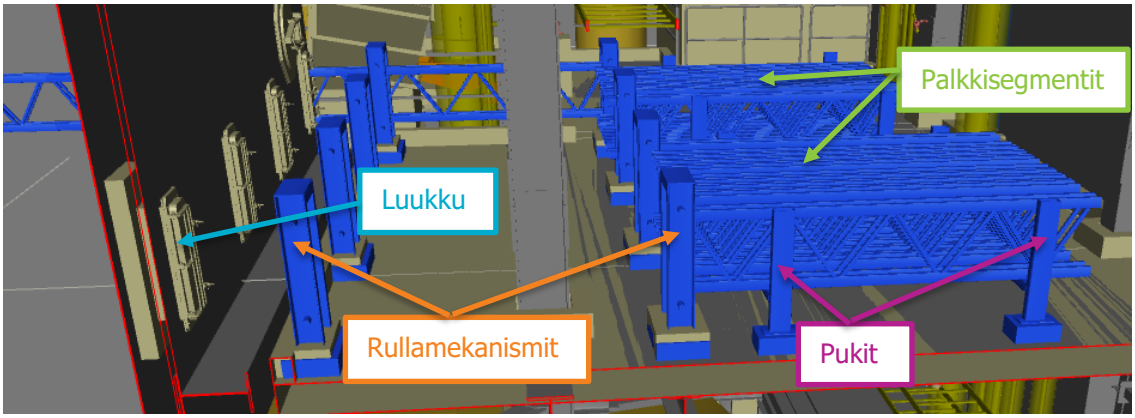


KUVA 5. Soodakattilan osat (Babcock & Wilcox, julkaisuaika tuntematon)

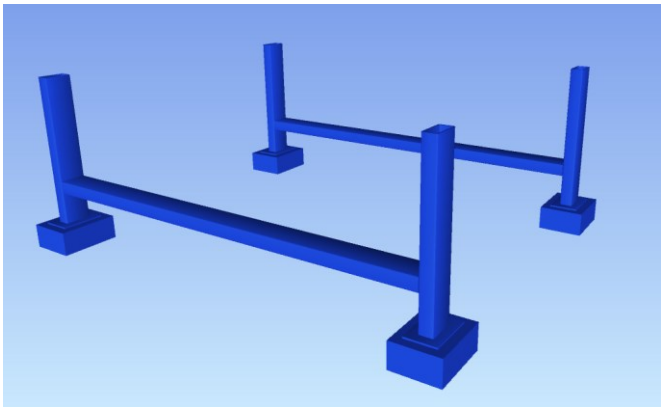
4.2 Hoitotasot Andritz Oy:n soodakattiloissa

Andritz Oy tekee hoitotasoista piirustukset soodakattilan ja sen tulipesän perusteella. Hoitotasot ovat työskentelyalustoja, jotka sijoitetaan soodakattilan tulipesään, kun sitä huolletaan tai puhdistetaan. Jos tulipesän alaosassa on huoltoja, hoitotasot myös estävät tuhkan tippumisen työntekijöiden päälle tulipesän yläosasta. Tulipesän yläosaa ei siis tarvitse aina puhdistaa, kun tulipesän alaosassa tehdään huoltoja. Vastaavassa tilanteessa riittää, että hoitotasot asennetaan paikalleen huoltojen ajaksi.

Kun hoitotasoja ei käytetä, niitä säilytetään tulipesän ulkopuolella, jossa niille on varattu oma tila. Palkkeja säilytään tulipesän ulkopuolella olevien varastointipukkien päällä, kun niitä ei käytetä. (Kuvat 6 ja 7.) Tässä esimerkissä soodakattilan tulipesässä hoitotasot koostuvat kuudesta eri teräspalkista, jotka työnnetään paikalleen tulipesän seinissä olevista luukuista (kuva 6).



KUVA 6. Hoitotasot varastoituna (Ville Huuskonen, 2023)

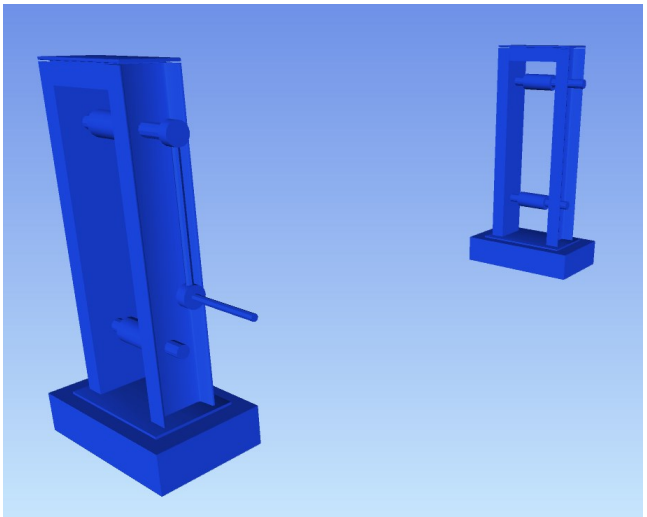


KUVA 7. Palkkien pukit (Ville Huuskonen, 2023)

Teräspalkit on erikseen jaoteltu tässä esimerkissä viiteen lyhyempään palkkisegmenttiin, joista koostuu yksi pitkä palkki. Palkkisegmentit liitetään toisiinsa pulttiliitoksilla, koska hoitotasot joudutaan purkamaan aina huoltojen jälkeen. Palkit on jaoteltu lyhyempiin pätkiin, jotta ne olisi helpompi asentaa paikalleen. Sen lisäksi niitä on myös helpompi säilyttää, kun ne ovat lyhyempinä pätkinä. Palkkien pituus riippuu tulipesän koosta, koska palkin pitää mennä tulipesän läpi ja kiinnittyä toiselle puolelle. Palkkien pituus vaihtelee siis usein, koska eri soodakattilaprojekteissa on paljon erikokoisia tulipesiä. (Kuva 6.)

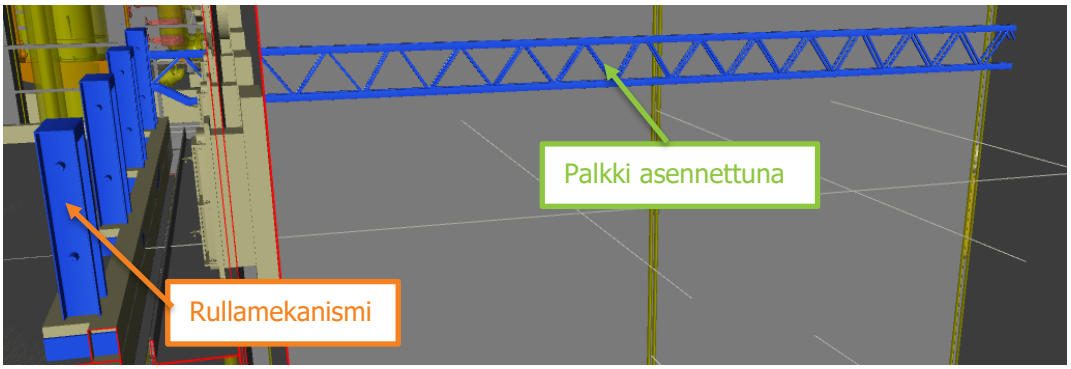
Palkkeihin liitetään hammastanko, jonka tarkoituksena on helpottaa palkkien asentamista tulipesään. Palkkeja on tällä hetkellä kahden eri korkeuden mukaan ja myös palkkien korkeus riippuu tulipesän koosta. Jos kyseessä on iso tulipesä, käytetään palkkeja, joiden korkeus on suurempi. Hoitotasojen palkit työnnetään rullamekanismien kautta tulipesään, jotta ne eivät olisi niin raskaita asentaa paikalleen. Rullamekanismeja on kolme kappaletta yhtä palkkia kohden. Kaksi rullamekanismia on sillä

puolella, jossa palkkeja säilytetään ja kolmas on tulipesän vastakkaisella puolella, johon palkki tulee kiinni. Ensimmäisessä rullamekanismissa on myös kampi ja ylemmässä rullassa on hammastus, joka on yhteensopiva palkin hammastangon kanssa. Näiden ominaisuuksien ansiosta palkki on helppo pyörittää tulipesään paikalleen. (Kuvat 6, 8 ja 9.)



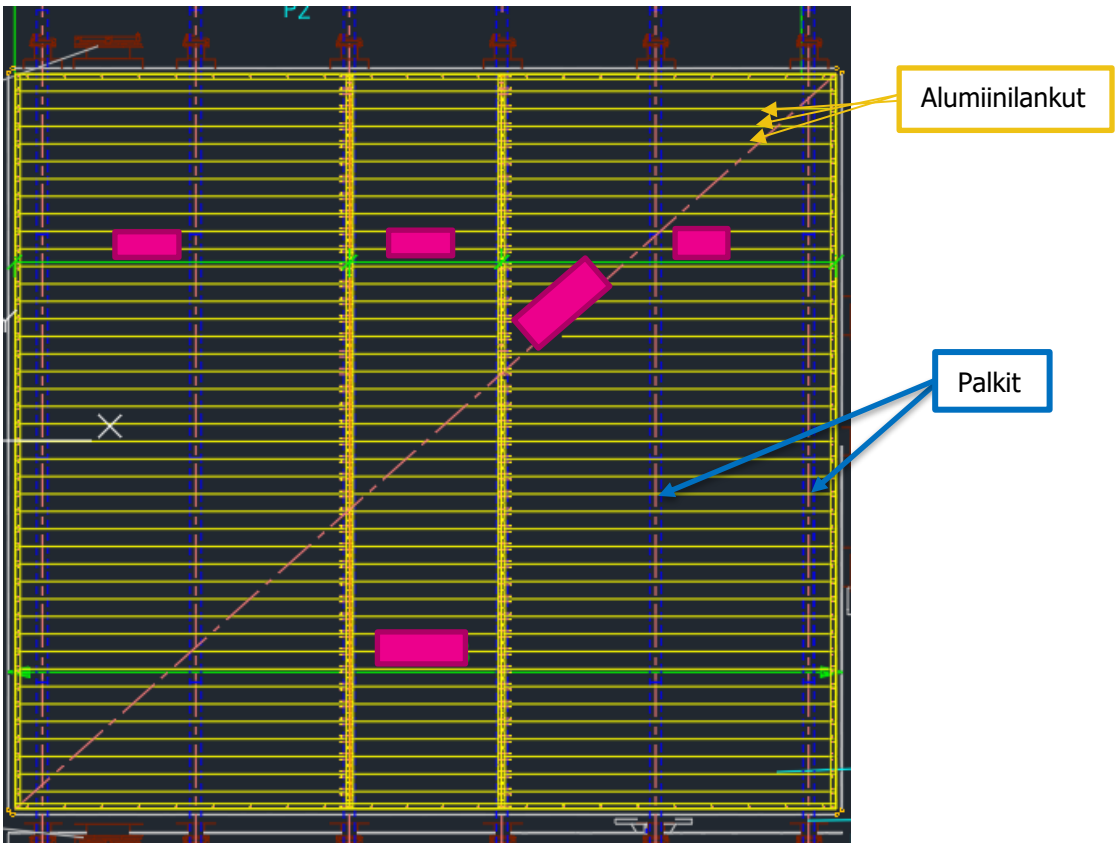
KUVA 8. Rullamekanismit (Ville Huuskonen, 2023)

Palkkien korkeus määrää rullamekanismien rullien välimatkan eli voidaan sanoa, että rullamekanismien mitat riippuvat palkkien korkeudesta. Kolme rullamekanismia eroavat hieman toisistaan, mutta ne ovat suurimmaksi osaksi samanlaisia. Ensimmäisessä rullamekanismissa on liitettynä kampimekanismi sekä ylemmässä rullassa on hammastus. Kolmannessa rullamekanismissa rullien väli on pienempi, koska palkin korkeus on toisesta päästä pienempi. Rullamekanismeja tulee useita vierekkäin, koska palkkeja pitää olla useita tasaisin välimatkoin, jotta hoitotaso olisi turvallinen. (Kuvat 6 ja 7.)



KUVA 9. Hoitotason palkki asennettuna (Ville Huuskonen, 2023)

Hoitotasojen palkit kiinnitetään tulipesän toisella puolella olevaan rullamekanismiin, jonka jälkeen niiden päälle kiinnitetään alumiinilankut (kuva 9). Alumiinilankut kiinnitetään pulttiliitoksilla, koska liitokset joudutaan purkamaan aina ja asentamaan uudestaan. Alumiinilankkuja on useita ja niiden määrä riippuu myös tulipesän koosta. Alumiinilankkuja tarvitaan, jotta tasojen päällä pystytään tekemään tarvittavat työtehtävät. Kuvassa 10. on lankutuspiirustus, joka on tehty ylhäältäpäin. Kuvasta huomataan miten, lankut tulevat palkkien päälle. Piirustuksesta on peitetty mitat liikesalaisuuksien vuoksi. (Kuva 10.)



KUVA 10. Hoitotasojen alumiinilevyt (Ville Huuskonen, 2023)

4.2.1 Suunnitteluprosessi

Suunnitteluprosessissa tulipesään määritetään ensin aukot, joista palkit tulevat läpi. Aukoissa määrääviä tekijöitä ovat tulipesän nokan korkeus sekä käytetyn painerungon tyyppi. Aukkojen väliset etäisyydet valitaan aikaisempien soodakattilaprojektien hoitotasojen perusteella. Tämän jälkeen määritellään palkkien pituudet tulipesän leveyden mukaan. Sen mukaan määritellään myös tukipisteiden eli rullamekanismien etäisyydet toisistaan. Palkin profiili menee lujuuslaskentaan, jonka jälkeen määritellään palkkien sivuttaistukien ja vinojen tukien profiilit sekä tukipisteiden kuormat.

Laskennat tekee teräsrakennefirma, yleensä sama firma, joka toimittaa teräsrakenteen koko kattilalaitokselle. Lopuksi layout-suunnittelija tekee piirustukset hoitotasoista kopioimalla entisistä hoitotasojen piirustuksista ja tekemällä projektikohtaiset muutokset. Hoitotasojen suunnittelussa tukena käytettäviä standardeja ovat mm. EN 1990, EN ISO 12944-2, EN ISO 12944-5, EN ISO 1461, EN 1090-1, EN 1090-2, EN ISO 581, EN 13501-2, EN 1993-1-8.

Hoitotasojen suunnittelussa tulipesän koko määrää minkä kokoiset hoitotasot soodakattilaan tehdään. Mitä isompi tulipesä on, sitä isommat hoitotasot se tarvitsee. Palkkien korkeus liittyy suoraan muihin hoitotasojen alikokoonpanoihin ja palkkien korkeus riippuu tulipesän koosta. Isoimpiin tulipesiin tulee enemmän palkkeja ja palkkien on oltava myös pitempiä. Myös rullamekanismien, alumiinilankkujen ja pukkien koot ja määrät ovat suuremmat isoimmissa tulipesissä. Isoissa tulipesissä rullamekanismien jännevälin on oltava pitkä ja se vaatii enemmän kestävyyttä rullamekanismeilta ja palkeilta.

5 HOITOTASOJEN SUUNNITTELU

Luvussa käydään läpi opinnäytetyössä käytettäviä tietokoneohjelmistoja ja työtapoja. Luvussa käydään myös läpi 2D-suunnittelua, jota käytetään tällä hetkellä eniten hyödyksi hoitotasojen suunnittelussa sekä 3D-suunnittelua, johon yrityksen on tarkoitus siirtyä tämän työn myötä hoitotasojen suunnittelussa.

5.1 Ohjelmistot

Opinnäytetyössä käytettyjä ohjelmistoja ovat Autodesk Inventor Professional 2022 ja Autodesk Autocad Mechanical 2022. Hoitotasojen suunnitteluprosessiin liittyy muitakin suunnitteluohjelmistoja, mutta opinnäytetyössä tarvittiin vain näitä kahta ohjelmistoa.

5.1.1 Autodesk Inventor Professional 2022

Inventor on 3D CAD-ohjelmisto, jonka avulla on mahdollista toteuttaa mekaanista suunnittelua, dokumentointia sekä tuotesimulointia. Ohjelmistolla on mahdollista tehdä parametrista, suoraa, vapaamuotoista ja sääntöpohjaista suunnittelua. Inventor soveltuu hyvin tuotteiden ja palveluiden suunnitteluun teollisuudessa, sillä ohjelmaan sisältyy työkaluja mm. metallilevyille, runkosuunnitteluun ja putkille. (Autodesk 2022.)

Inventor-ohjelmisto soveltui tähän opinnäytetyöhön hyvin sen vuoksi, koska sillä on mahdollista tehdä yksityiskohtaista 3D-mallinnusta, mikä puolestaan on välttämätöntä piirustusten laatimisen kannalta. Inventor on myös yhteensopiva Autodesk AutoCAD Mechanical 2022 -ohjelmiston kanssa, jolloin piirustukset saadaan siirrettyä AutoCAD-ohjelmistoon.

5.1.2 Autodesk AutoCAD Mechanical 2022

AutoCAD on tietokoneavusteinen suunnitteluohjelmisto, jota käytetään 2D- ja 3D-piirtämiseen. Ohjelmistosta on olemassa seitsemän eri työkalusarjaa, jotka on jaoteltu toimialakohtaisesti. Mechanical-työkalusarja helpottaa mekaaniseen suunnitteluun liittyvien piirustusten laatimista. AutoCADin avulla on mahdollista luoda ja muokata piirustuksia teollisuuden eri käyttötarpeisiin. (Autodesk 2023.)

5.2 Lähtötiedot

Lähtötietoina tälle projektille toimivat edellisten soodakattilaprojektien AutoCAD-piirustukset hoitotasoista sekä Navisworks-ohjelmiston soodakattiloiden laitosmallit. Laitosmalleissa oli karkeat 3D-mallinnukset tehtynä hoitotasoista. Näitä karkeita malleja pystyi käyttämään vain hoitotasojen hahmottamiseen soodakattilassa, sillä niissä oli otettu vain tilavaraus huomioon. Niistä ei ollut mahdollista katsoa tarkkoja mittoja tai muotoja. Työn aloitus sujui helpommin, kun minulla oli peruskäsitys hoitotasoista, ennen kuin aloitin osien ja kokoonpanojen mallintamisen.

Työn yhteydessä tein myös Erikoistumisprojekti 2 -kurssin projektin, joka toteutettiin yhteistyössä Savonia-ammattikorkeakoulun ja Andritzin kanssa. Tämä kurssi oli osa insinööritutkintoani ja työssä keräsin ja analysoin hoitotasoihin liittyvää tietoa. Hoitotasoista kerättiin paljon tietoa jo olemassa olevaan Excel-tiedostoon. Tietoja kerättiin hoitotasojen alikokoonpanoista ja tulipesään liittyvistä

mitoista. Keräämällä näitä tietoja sain kokonaiskuvan siitä, kuinka paljon erilaisia hoitotasoja Andritz on toteuttanut. Pyrin käyttämään oppimaani tietoa hyväksi hoitotasojen 3D-mallinnuksessa.

5.3 Hoitotasojen 2D-suunnittelu

2D-suunnittelulla tarkoitetaan kaksiulotteista suunnittelua ja Andritzilla 2D-suunnittelua tehdään AutoCAD-ohjelmistolla. AutoCAD-ohjelmistossa on käytössä X- ja Y-koordinaatistot, joiden avulla voidaan tehdä piirustuksia. Hoitotasojen eri alikokoonpanoista tehdään kokoonpanopiirustukset ja jokaiselle kokoonpanopiirustukselle tehdään osalista Excel-tiedostoon. Kokoonpanokuviin lisätään yleensä kaksi pääkuvantoa sekä näiden lisäksi lisätään tarvittavia kuvantoja yksityiskohtaisemmista kohdista. Myös jokaisesta osasta tehdään kuvanto samaan kokoonpanopiirustukseen, josta selviää osan muodot ja mitat. Kuvannoissa kerrotaan myös mahdolliset valmistustoleranssit ja muut tärkeät asiat, joita osiin liittyy.

2D-suunnittelun suurin ongelma Andritzilla on se, että kaikki piirustuksiin liittyvä tehdään käsin. Tällä tavalla työmäärä voi olla hyvinkin suuri. Varsinkin jos kokoonpanoihin tulee paljon muutoksia, saattaa työmäärä kasvaa huomattavasti. Pahimmassa tapauksessa muutokset saattavat vaikuttaa suurimpaan osaan kokoonpanon komponenteista.

Osalistakin tehdään käsin ja myös sitä joutuu muuttamaan, jos piirustus muuttuu, sillä 2D-suunnittelussa osalista ja piirustus eivät ole yhteydessä toisiinsa. Tästä seurauksena voi olla se, että virheiden todennäköisyys on myös suurempi. Esimerkiksi Andritzilla jotkut piirustukset ja niiden osalistat eivät vastaa toisiaan. Piirustus on voinut jäädä päivittämättä osalistan mukaiseksi. Tämän lisäksi kokoonpanoja on myös vaikea hahmottaa pelkän piirustuksen avulla. Myös tämän takia olisi hyvä olla 3D-mallit kokoonpanoista.

5.4 Hoitotasojen 3D-suunnittelu

3D-suunnittelulla tarkoitetaan kolmiulotteista suunnittelua ja Andritzilla 3D-suunnittelua tehdään Inventor-ohjelmistolla. Myös Inventor-ohjelmistossa on käytössä X- ja Y-koordinaatistot, joiden lisäksi on myös Z-koordinaatisto. Tämä kolmas koordinaatisto mahdollistaa myös kappaleen syvyyden tarkastelun. Tämän ansiosta kokoonpanoja ja osia on paljon helpompi tarkastella, kuin 2D-suunnittelussa.

3D-suunnittelussa osista ja kokoonpanoista tehdään 3D-mallit, joista voidaan saada piirustukset tuomalla mallit Inventorin piirustuspuolelle. 3D-mallista saadaan tuotua piirustukseen osien ja kokoonpanojen mitat, muodot ja kuvannot. 3D-mallien avulla voidaan säästää paljon aikaa piirustusten tekemisessä. Kun 3D-mallit tekee hyvin, samoja malleja voidaan käyttää myös jatkossa piirustusten tekemiseen, jos ne ovat helposti muokattavia. Piirustukset päivittyvät automaattisesti malleja muokkaamalla, kun 3D-mallit ovat linkitetty piirustuksiin.

3D-mallien avulla myös osalistat saisi suoraan piirustukseen, jos sen tekee järkevästi mallien puolella. Jos suunnittelu tehdään 3D-suunnittelun mukaisesti, ei osalistaa tarvitse erikseen päivittää, se päivittyy mallin mukana myös piirustuksiin. Virheiden mahdollisuus pienenee, kun malli, piirustus ja

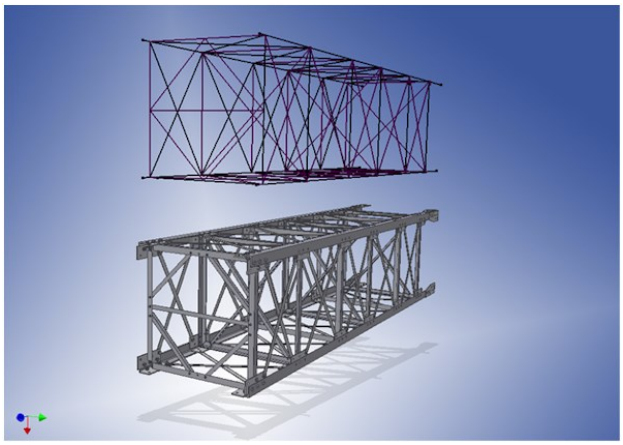
osalista ovat yhteydessä toisiinsa. Pelkästään mallia muokkaamalla myös piirustus ja osalista päivittyvät. Kokoonpanojen ja osien tarkastelu helpottuu huomattavasti, kun voidaan pyöritellä 3D-malleja. 3D-mallista voidaan myös lisätä kolmiulotteinen kuva piirustukseen.

6 HOITOTASOJEN PARAMETRINEN MALLINNUS PÄÄPIIRTEITTÄIN

Luvussa käydään läpi, miten hoitotasojen 3D-mallinnus toteutettiin yleisesti. 3D-mallinnus toteutettiin käyttämällä hyväksi Skeleton-mallinnusta. Jokaisesta alikokoonpanosta tehtiin omat Skeleton-tiedostot, joiden avulla luotiin osat ja alikokoonpanot.

6.1 Skeleton-mallinnus

Skeleton-mallinnuksella tarkoitetaan mallinnustapaa, jossa kokoonpano ja sen osat piirretään samaan tiedostoon luurankotyyppisesti (kuva 11). Tätä samaa tiedostoa käytetään perustana osien, alikokoonpanojen ja pääkokoonpanon mallinnuksessa. Skeleton-tiedosto sisältää sketsit ja mallinnuksessa käytettävät tasot sekä parametrit, joilla sketsejä voi säätää helposti. Sketsillä tarkoitetaan luonnosta Inventor-ohjelmistossa. Sketsit sisältävät osien mitat ja muodot lukuun ottamatta osien syvyyttä, koska sketseihin ei lisätä materiaalia. (Autodesk 2021.)

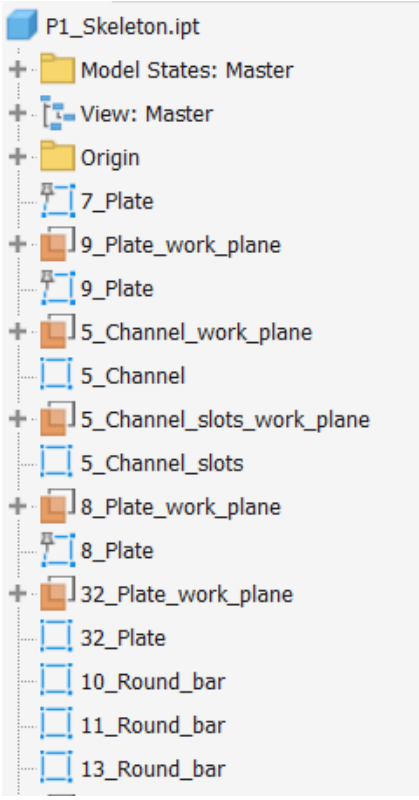


KUVA 11. Skeleton-malli esimerkki (Autodesk, 2021)

Tässä työssä osat piirrettiin Skeleton-malliin niiden oikeille paikoille kokoonpanossa, jotta niitä ei olisi tarvinnut paikoittaa uudestaan kokoonpanoa luotaessa. Jos osat pitäisi paikoittaa kokoonpanoa luodessa, se hidastaisi kokoonpanon tekemistä ja vaikeuttaisi kokoonpanon muokkausta. Jokaista alikokoonpanoa varten tehtiin sille oma Skeleton-tiedosto. Osien piirtämisessä käytettiin hyväksi Inventorissa oletuksena olevia YZ-, XZ- ja XY-tasoja, jos niiden käyttäminen oli vain mahdollista. Näitä tasoja pystyi yleensä käyttämään hyvin hyödyksi, jos kokoonpanon origon eli nollapisteen valitsi järkevästi. Suurin osa kokoonpanoista oli symmetrisiä, joten tasoja pystyi käyttämään hyödyksi, kun origon eli nollapisteen valitsi kokoonpanon keskelle.

Skeleton-mallinnus oli siitä kätevä mallinnuskeino, että pelkästään Skeleton-tiedostoja muokkaamalla oli mahdollista säädellä kokoonpanoja ja osia sekä niihin liittyviä muutoksia. Tietysti ihan kaikkia muutoksia ei ollut mahdollista muokata Skeleton-mallissa. Loput muutokset tehtiin osan omassa tiedostossa tai kokoonpanossa. Kun Skeleton-mallissa muokattiin osien sijaintia tai geometriaa parametrien avulla, nämä tiedot muuttuivat myös kokoonpanossa ja osien omissa tiedostoissa.

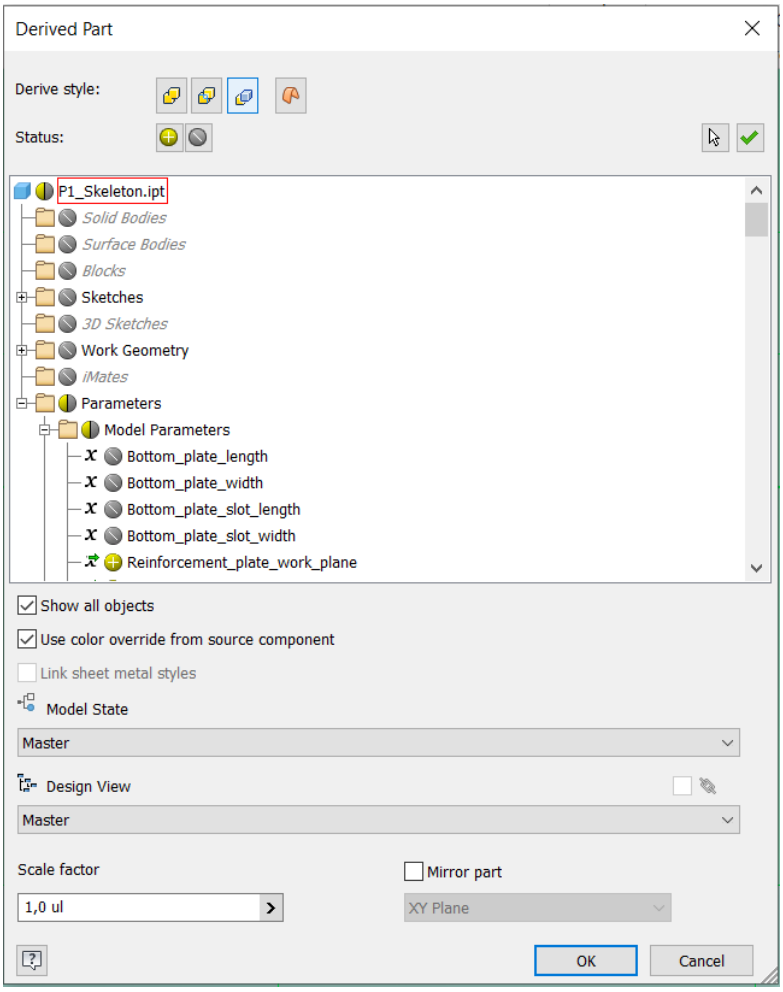
Osille tehtiin omat sketsit ja tarvittaessa niille tehtiin tasoja, jos osia ei pystynyt mallintamaan YZ-, XZ- tai XY-tasoille, jotka Inventorissa oli oletuksena. Osien sketsit ja tasot nimettiin Excel-osalistan mukaisesti, joka oli tehty projektiin, jonka mukaan mallinsin osat ja kokoonpanot. Sketsit pitää siis jatkossa nimetä uudestaan, jos osanumerot muuttuvat. Tämä nimeämissysteemi oli kuitenkin järkevin ratkaisu, jotta tunnistaa jo sketsin nimestä, mikä kokoonpanon osa on kyseessä. (Kuva 12.)



KUVA 12. Sketsien ja tasojen nimeäminen (Ville Huuskonen, 2023)

6.2 Osien luonti

Tässä työssä osat luotiin Inventorin Derive-komennon avulla, jolla pystyttiin hakemaan osien tiedot Skeleton-tiedostosta. Osat luotiin lisäämällä kuhunkin osaan liittyvät tiedot Derive-ikkunasta. Näitä tietoja ovat sketsit, tasot ja parametrit. Derive-ikkunasta valittiin ensin sketsit, jotka liittyivät osaan, jota oltiin luomassa. Tämän jälkeen valittiin Work Geometry -osiosta tasot, jotka liittyivät osan sketseihin. Tasoja ei ollut välttämättä pakko ottaa osan luonnissa mukaan, mutta jos niistä oli hyötyä esimerkiksi kokoonpanossa, ne otettiin mukaan. Lopuksi valittiin parametrit, jotka oli asetettu Skeleton-tiedostossa. Kaikki parametrit ja sketsit oli tärkeätä nimetä järkevästi, jotta osaa luodessa osasi valita osaan liittyvät sketsit ja parametrit valikosta. (Kuva 13.)



KUVA 13. Derive-komento (Ville Huuskonen, 2023)

Kun parametrien arvoja esimerkiksi osan leveyttä muokataan, nämä arvot muuttuvat myös osatiedostossa. Jos Skeleton-tiedostoon lisättiin sketsejä, tasoja tai parametreja osan luomisen jälkeen, ne pystyttiin lisäämään osatiedostoon muokkaamalla Derive-ominaisuutta. Jos joskus osiin tulee isompia muutoksia, osatiedostoa ei tarvitse poistaa kokoonpanosta. Tämä mahdollistaa sen, että jos tiettyyn osaan tulee isompia muutoksia, osaa ei tarvitse luoda kokonaan uudestaan.

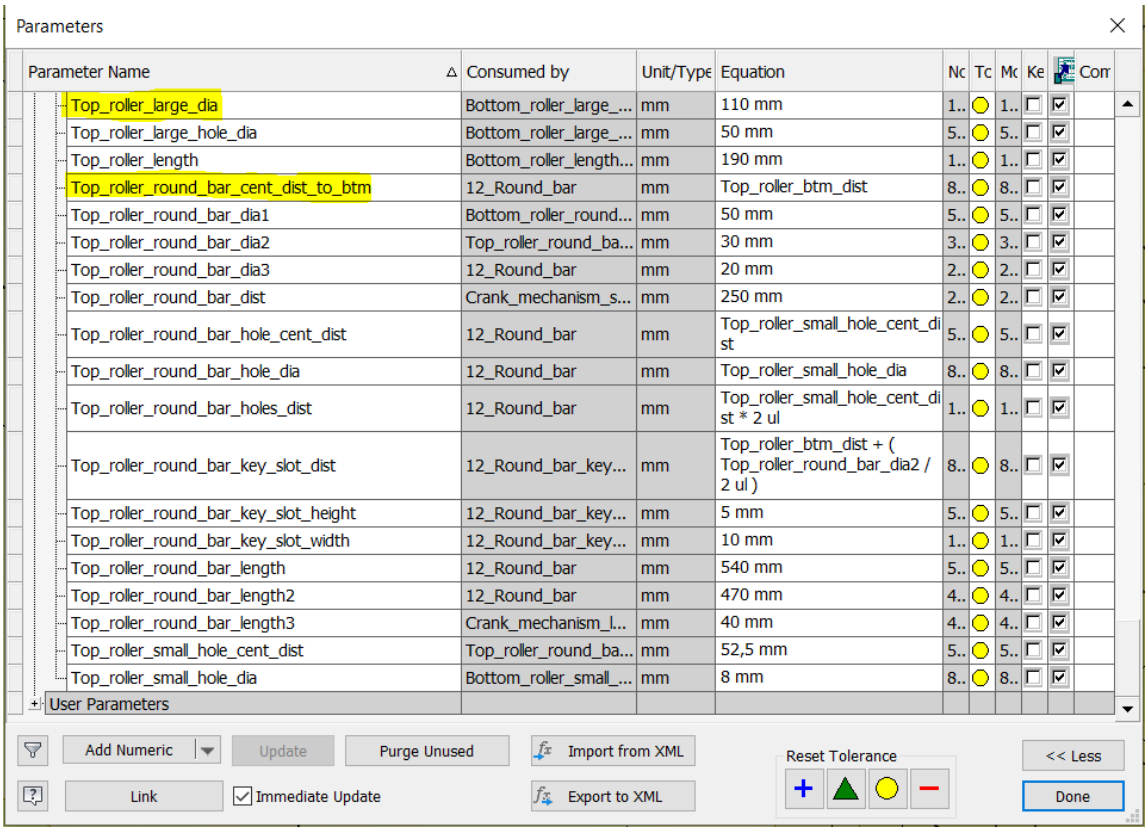
6.3 Osien parametrisointi

Osien parametreja lisättiin Skeleton-tiedostoon, osatiedostoihin ja myös kokoonpanoon. Kuitenkin tässä tapauksessa suurin osa parametreista laitettiin Skeleton-tiedostoon. Tarkoituksena oli, että pelkästään Skeleton-tiedoston parametreja muokkaamalla saataisiin muokattua osien mittoja ja kokoonpanoa. Lisättyjä parametreja olivat osien paikoituksiin ja muotojen mittoihin liittyvät mitat. Kun Inventor-ohjelmistossa mitoitetaan jokin osa tai sille luodaan joku piirre, ohjelma lisää automaattisesti sen parametriluetteloon. Parametreja yhdisteltiin toisiinsa lisäämällä parametreihin yhtälöitä, kun osat liittyivät jollain tavalla toisiinsa.

Kaikki Skeleton-malliin liittyvät parametrit löytyivät Parameters-ikkunasta, josta oli helppo muuttaa kaikkia mittoja, jotka vaativat muokkaamista. Ikkunasta oli mahdollista tarkastella parametrien nimiä, yksikköjä ja yhtälöitä. Ikkunasta näki myös mihin sketsiin / mittoihin kyseessä oleva parametri liittyy. Parametrit tuli nimetä myös järkevästi, että osasi valita oikeat parametrit, kun tehtiin osaa

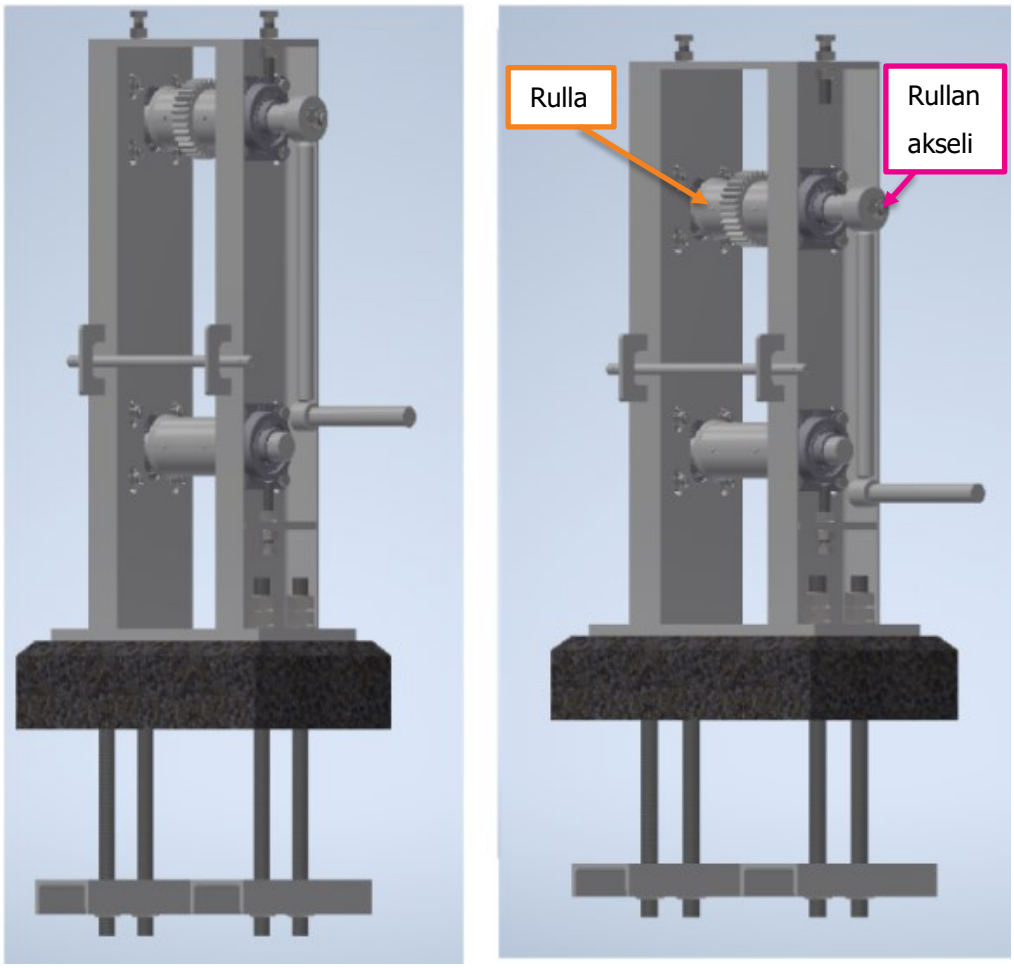
Skeleton-tiedostosta Derive-komennon avulla. Parametrit nimettiin siten, että nimestä tunnistaa helposti mikä parametri / mitta on kyseessä. (Kuva 14.)

Nimen alkuun kirjoitettiin osan nimi, jossa käytettiin hieman eri nimeä, kuin sketsien nimeämisessä. Parametrin nimen alkuun ei ollut mahdollista laittaa numeroa. Osanumeroa ei muutenkaan olisi kannattanut käyttää tässä, koska osanumerot saattavat muuttua tulevaisuudessa. Pahimmassa tapauksessa joutuisi nimeämään suurimman osan parametreista uudestaan. Osan nimen jälkeen laitettiin mitta, johon parametrilla viitattiin. Tästä esimerkkinä on rullamekanismin parametri: ”Top_roller_large_dia”. Parametrissa ”Top_roller” ilmaisee, että parametri liittyy rullamekanismin ylempään rullaan ja ”Large_dia” ilmaisee, että tarkoitetaan rullan suurempaa halkaisijaa, koska rullassa oli kaksi eri halkaisijaa. (Kuva 14.)



KUVA 14. Parametrit-ikkuna (Ville Huuskonen, 2023)

Yhtälöistä hyvä esimerkki on ”Top_roller_round_bar_cent_dist_to_btm”, jolla tarkoitetaan rullamekanismin ylemmän rullan akselin etäisyyttä kokoonpanon pohjaan eli origoon. Tämän parametrin yhtälöön on liitetty ”Top_roller_btm_dist” -parametri, jolla tarkoitetaan rullamekanismin ylemmän rullan etäisyyttä kokoonpanon pohjaan. Akseli tulee rullan keskellä olevasta reiästä läpi eli näiden kahden osan etäisyys origoon on oltava aina yhtä suuri. Yhtälöön oli siis järkevä liittää tämä kyseinen parametri. Ylemmän rullan etäisyyttä origoon muokattaessa, myös ylemmän rullan akselin etäisyys origoon muuttuu samalla. Yhtälöiden ansiosta Skeleton-mallin ja kokoonpanon muokkaus onnistui todella kätevästi. (Kuvat 14. ja 15.)



KUVA 15. Rullamekanismin rullan ja sen akselin etäisyyden muuttaminen (Ville Huuskonen, 2023)

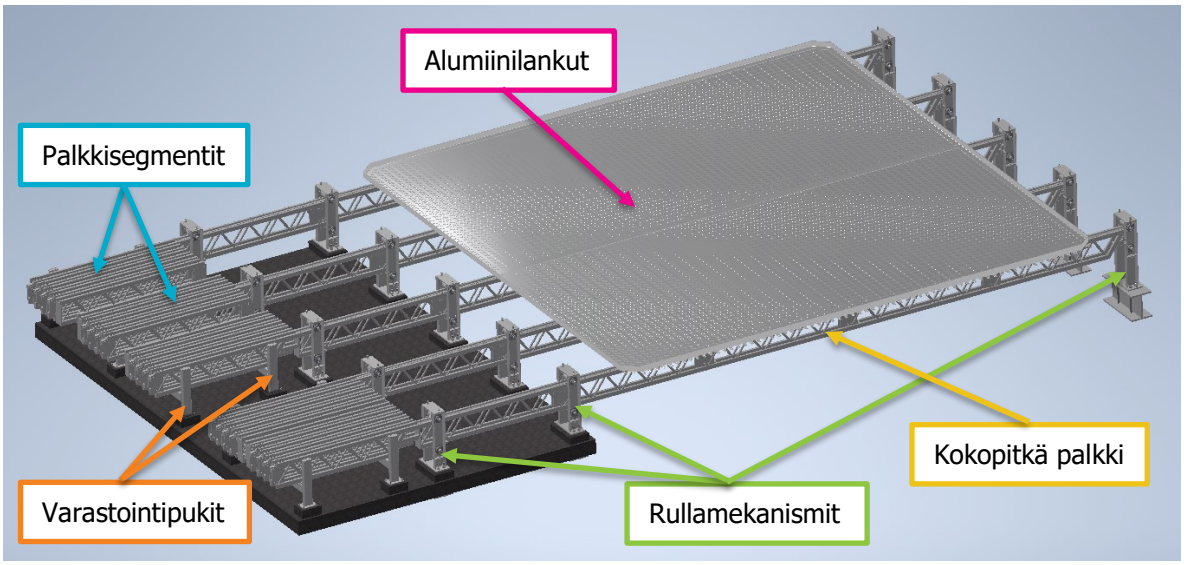
6.4 Kokoonpanojen luominen

Kun osat oli luotu Derive-komennolla, voitiin aloittaa alikokoonpanon laatiminen. Alikokoonpanoihin lisättiin aluksi yksi luoduista osista. Tämän jälkeen käytettiin hyväksi Place At Component Origin -komentoa, jonka avulla muut osat pystyttiin paikoittamaan ensimmäisen osan nollapisteen avulla. Tämän vuoksi oli järkevä paikoittaa osat jo Skeleton-mallissa, että säästettäisiin aikaa kokoonpanoa luodessa. Kokoonpanoon lisättiin Mirror-komennolla peilaamalla kopiot osista, jos niitä oli kokoonpanossa useampi kappale ja peilaaminen oli mahdollista. Lopuksi lisättiin vain Inventorin ContentCenteristä pultit, mutterit ja muut kiinnitystarvikkeet, joita kokoonpanoon kuului.

Skeleton-mallista tuotiin parametreja kokoonpanoon, joilla saatiin monistettua jotain tiettyä osaa. Tästä esimerkkinä on hoitotason palkkien vinotukien määrä ja etäisyys. Palkkien pituus riippuu hoitotasoista ja mitä pitempi palkki on kyseessä, sitä enemmän se vaatii tukiprofiileja. Tukipalkit monistettiin Skeleton-tiedostossa Rectangular Pattern -komennolla. Sen avulla oli mahdollista valita mitä osia monistetaan, miten monta kyseisiä osia monistetaan sekä miten suuret etäisyydet monistettujen osien välillä on. Parametrien avulla pystytään muuttamaan nopeasti tukien määrää ja niiden etäisyyttä. Rectangular Pattern -ominaisuuteen liittyvät parametrit linkitettiin kokoonpanoon, jotta

Skeleton-tiedostoa muokkaamalla Rectangular Pattern -ominaisuus päivittyy myös kokoonpanossa. Parametrien tuomisesta kokoonpanoon kerrotaan tarkemmin luvussa 7.3.1.

Kun kaikki alikokoonpanot oli luotu, tehtiin pääkokoonpano, johon tuotiin kaikki alikokoonpanot. Rullamekanismit, varastointipukit ja palkit monistettiin Rectangular Pattern -komennolla samalla tavalla pääkokoonpanossa, kuin osat alikokoonpanoissa. Pääkokoonpanoon asetettiin pukkien päälle palkkisegmentit sekä kokopitkät palkit, jotka menevät rullamekanismien läpi alumiinilankkujen alle. Molemmat tavat esitettiin, jotta piirustuksissa olisi mahdollista näyttää miten palkit ovat asennettuna ja myös pukkien päällä, kun hoitotaso ei ole asennettuna. (Kuva 16.)



KUVA 16. Hoitotasojen pääkokoonpano (Ville Huuskonen, 2023)

Rullamekanismien, varastointipukkien ja palkkien määrä riippuu soodakattilaprojektista. Pääkokoonpanossa näiden määrää ja etäisyyksiä on helppo säätää parametrien avulla. Projektissa, jonka pohjalta mallinnukset tehtiin, oli viisi jokaista rullamekanismia ja kaksi molempia varastointipukkeja. Näitä voi olla toisessa projektissa paljon enemmän. Rullamekanismien etäisyys toisistaan on 1950 mm ja pukkien etäisyys toisistaan on 1600 mm. Parametreissa asetettiin kokopitkien palkkien lukumäärä ja etäisyydet samaksi, kuin rullamekanismeissa, sillä palkit tulevat aina rullamekanismien keskelle. (Kuvat 17. ja 18.)

Parameters

Parameter Name	Consumed by	Unit	Equation	Nc	Tc	Mc	Ke	Cc
Model Parameters								
Beam_mechanism_pattern_distance	Platform_beams_patter...	mm	1950 mm	1..		1..		
Beam_mechanism_pattern_qty	Platform_beams_patter...	ul	5 ul	5..		5..		
Beam_storage_system_edge_dist_to_beam_mechanism_edge	Flush:8	mm	0 mm	0..		0..		
Beam_storage_system_pattern_distance	Beam_storage_system...	mm	1600 mm	1..		1..		
Beam_storage_system_pattern_qty	Beam_storage_system...	ul	2 ul	2..		2..		

KUVA 17. Rullamekanismien ja varastointipukkien parametrit kokoonpanossa (Ville Huuskonen, 2023)

Platform_beam_dist_to_P1	Flush:7	mm	-200 mm	-...		-...	
Platform_beams_pattern_distance	Platform_beams_pattern	mm	Beam_mechanism_pattern_distance	1..		1..	
Platform_beams_pattern_qty	Platform_beams_pattern	ul	Beam_mechanism_pattern_qty	5..		5..	
User Parameters							

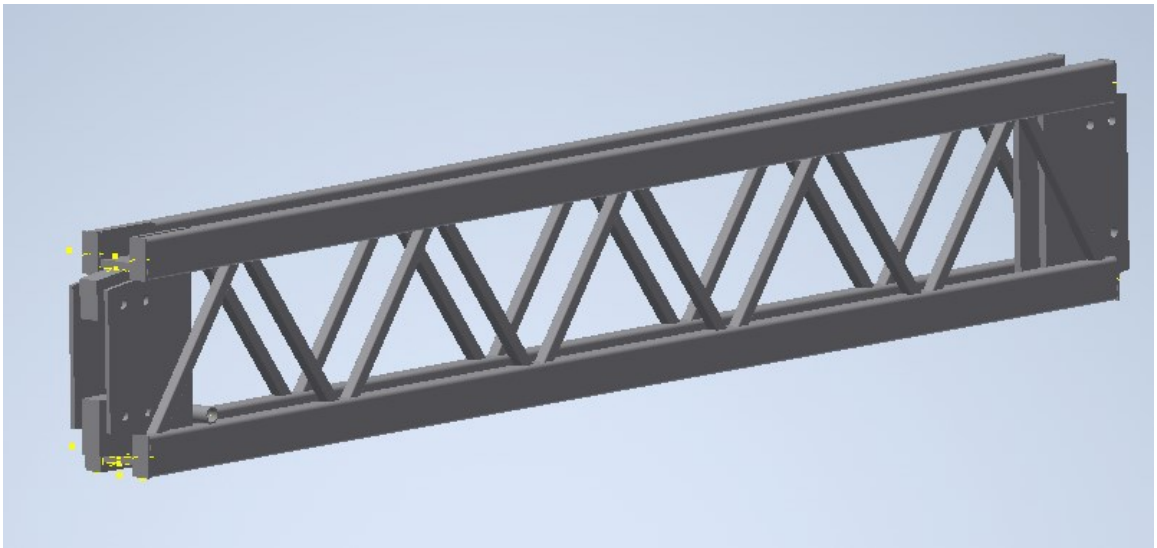
KUVA 18. Palkkien parametrit kokoonpanossa (Ville Huuskonen, 2023)

7 PALKKIEN PARAMETRINEN MALLINNUS

Palkkien parametrinen mallinnus oli tämän työn haastavin osuus ja siksi sitä käytetään tässä esimerkkinä. Luvussa käydään läpi yhden palkkisegmentin parametrinen mallinnus tarkemmin. Kokopitkät palkit koostuvat useasta palkkisegmentistä. Muut alikokoonpanot mallinnettiin samalla tavalla, joten niitä ei ole hyötyä lähteä erittelemään tässä.

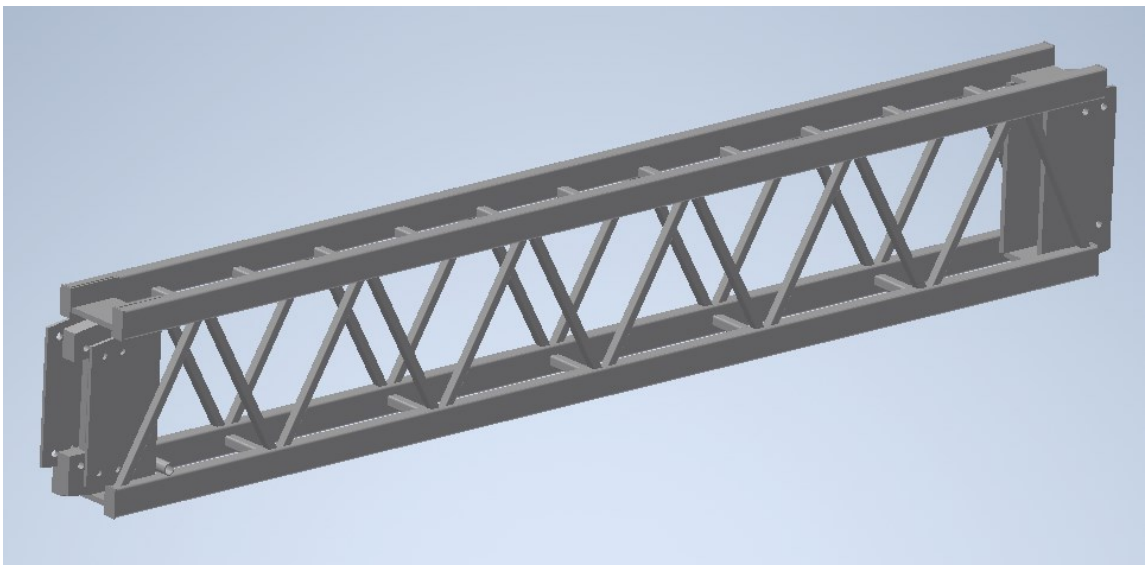
7.1 Lähtökohdat

Hoitotasojen palkkisegmenttejä oli yhteensä viisi, joista koostui yksi pitkä palkki. Palkit työnnetään tulipesän läpi hoitotasoa asennettaessa. Näistä viidestä palkkisegmentistä reunimmaiset olivat erilaisia ja kolme keskellä olevaa olivat samanlaisia. Tämä käsiteltävä palkki on juuri se keskimmäinen. (Kuva 19.) Palkkisegmenttejä voi olla eri määrä joissakin toisessa projektissa, mutta lukumäärä nousee aina pelkästään keskimmäisissä palkkisegmenteissä. Ensimmäistä ja viimeistä palkkisegmenttiä on aina yksi kappale. Palkin parametrisoinnista haastavaa teki varsinkin se, että palkista oli tehtävä helposti muokattava leveys, pituus- ja korkeussuunnassa. Tämä tarkoitti käytännössä sitä, että, kun palkin pituutta, korkeutta tai leveyttä muutetaan, osat liikkuvat sen mukaisesti.



KUVA 19. Hoitotason keskimmäisen palkkisegmentin kokoonpano mallinnettuna (Ville Huuskonen, 2023)

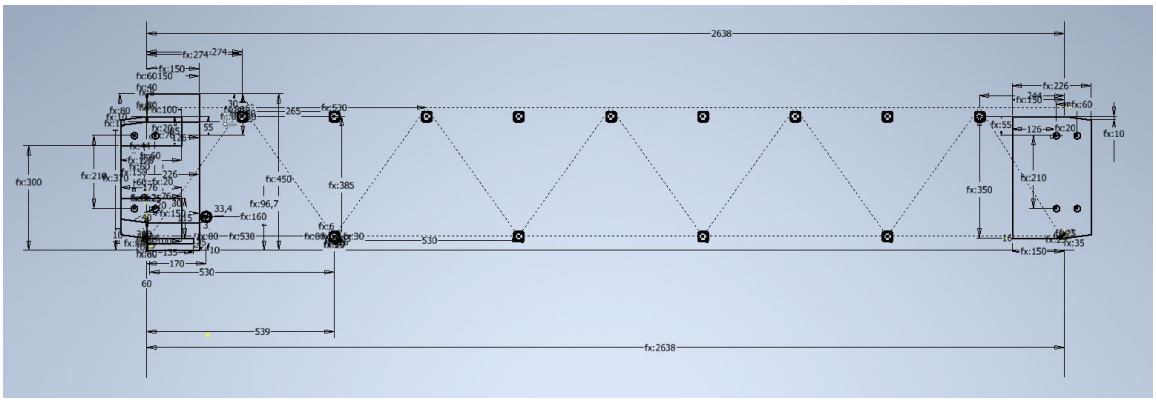
Pituuden parametrisointi oli tärkein osa-alue, koska palkit ovat harvoin eri projekteissa samanpituisia. Tämä johtuu siitä, että palkkien pituudet riippuvat tulipesän leveydestä. Myös korkeutta säädetään usein, mutta tällä hetkellä hoitotasoja on tehty vain kahden eri korkeuden mukaan. Leveyttä harvemmin muutetaan palkeissa, koska silloin joutuisi myös muuttamaan tulipesässä olevien aukkojen leveyttä. Kokoonpano kuitenkin parametrisoitiin myös leveyden mukaan, jos siihen joskus tulee muutoksia. (Kuva 20.)



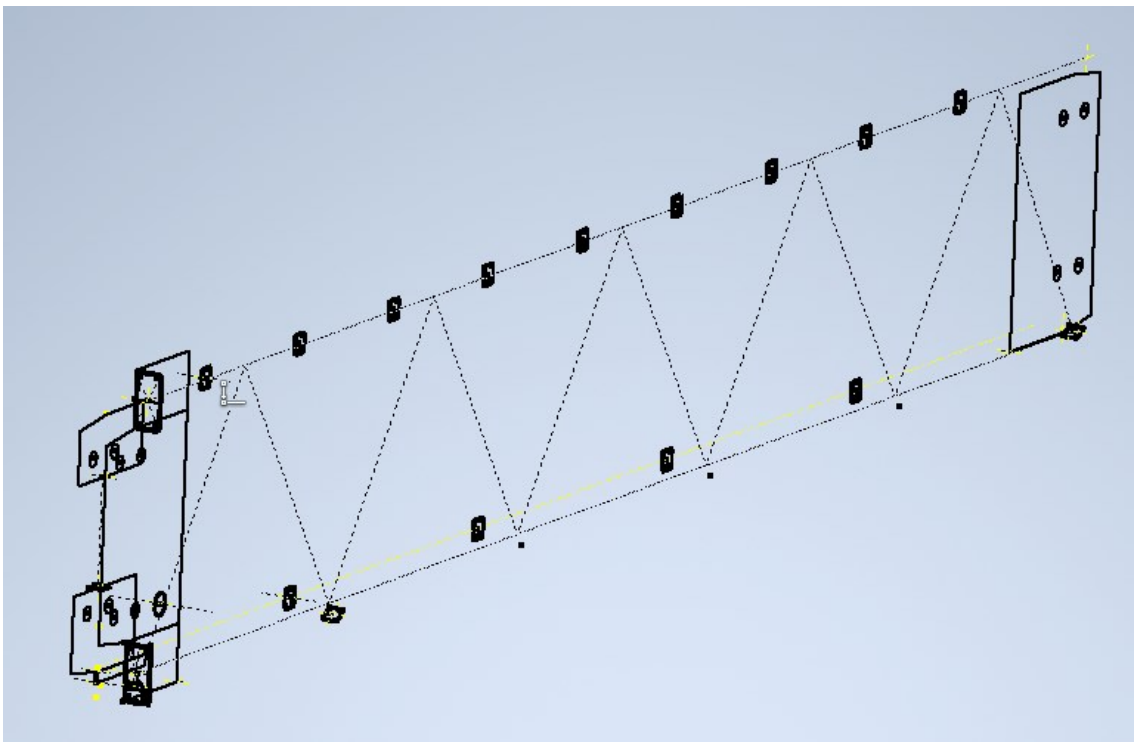
KUVA 20. Palkki kun pituus, korkeus ja leveys on muutettu (Ville Huuskonen, 2023)

7.2 Skeleton-tiedosto

Kaikki kokoonpanon osat mallinnettiin Skeleton-tiedostoon luvun 6.1 mukaisella tavalla. Skeleton-tiedostosta oli vaikea saada selkoa, jos kaikki sketsit oli näkyvissä, koska mittoja / parametreja on niin paljon. Kun Skeleton-tiedostoa muokattiin, pidettiin näkyvissä vain oleellisimpien osien sketsit, jotta kokoonpanosta oli helpompi ottaa selvää. Kokoonpanoa oli helpompi muokata parametriluettelon kautta, kun parametrit oli järkevästi nimetty. Nimeämisen ansiosta ei tarvinnut alkaa etsimään oikeata sketsiä ja oikeata mittaa / parametria. Kuvassa 21. näkyvistä mitoista ne, joiden edessä on ”fx:” ovat parametrisoitu jonkun toisen mitan mukaan. Jos mitassa ei lue ”fx:”-etuliitettä, se ei muutu, jos jotain toista mittaa muutetaan. (Kuva 21.)

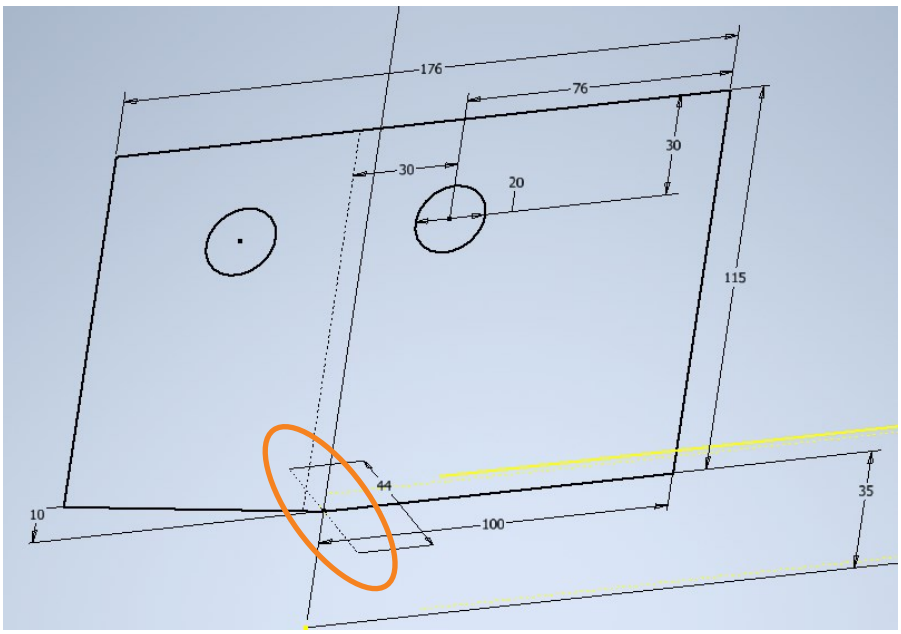


KUVA 21. Palkin Skeleton-sketsi (Ville Huuskonen, 2023)

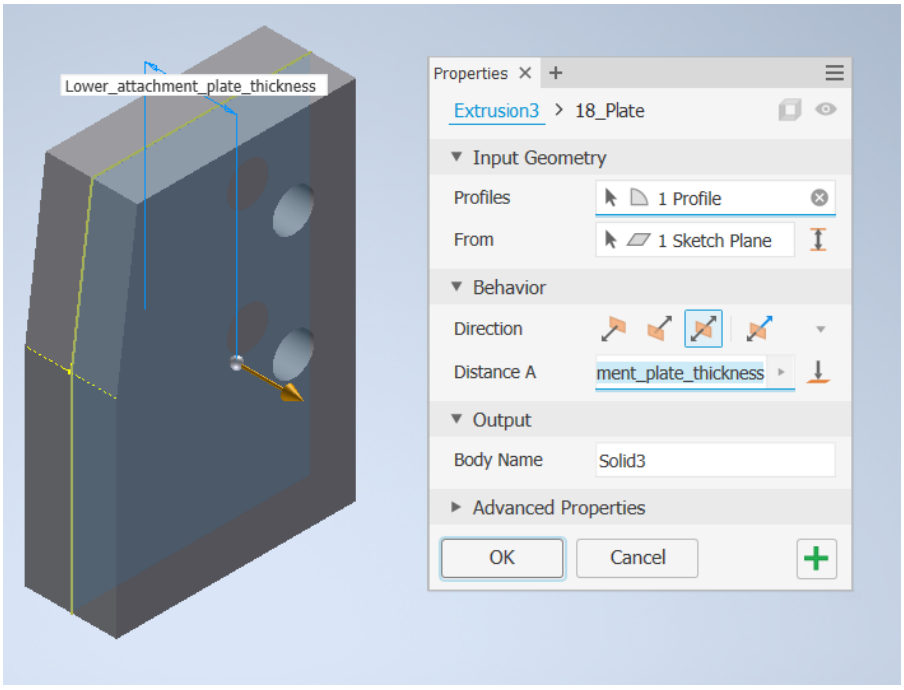


KUVA 22. Palkin Skeleton-sketsi ilman mittoja / parametreja (Ville Huuskonen, 2023)

Malliin piirrettiin kaikki osien mitat, myös pituus / paksuus. Tämä mahdollisti sen, että osatiedostoja ei tarvinnut avata, sen jälkeen, kun osatiedostot oli luotu, jos tarvitsi muuttaa osan pituutta tai levynpaksuutta. Skeleton-tiedostoon tehtiin esimerkiksi levynpaksuutta kuvastava viiva, jolle lisättiin parametri. Tämän parametri laittettiin osatiedostossa Extrude-komennon mittakenttään, kun osaa luotiin Derive-komennon avulla (kuva 24). Jos jatkossa kyseisellä osalla levynpaksuus vaihtuu, voidaan vain muokata Skeleton-sketsissä olevaa levynpaksuus-parametria ja osa päivittyy osatiedostoon ja kokoonpanoon. Tämän ansiosta ei tarvitse avata osatiedostoja erikseen, jos osan levynpaksuutta halutaan muuttaa. Nähdään myös suoraan miten levynpaksuuden muuttaminen vaikuttaa kokoonpanoon. (Kuva 23.)



KUVA 23. Levynpaksuus-parametri (Ville Huuskonen, 2023)



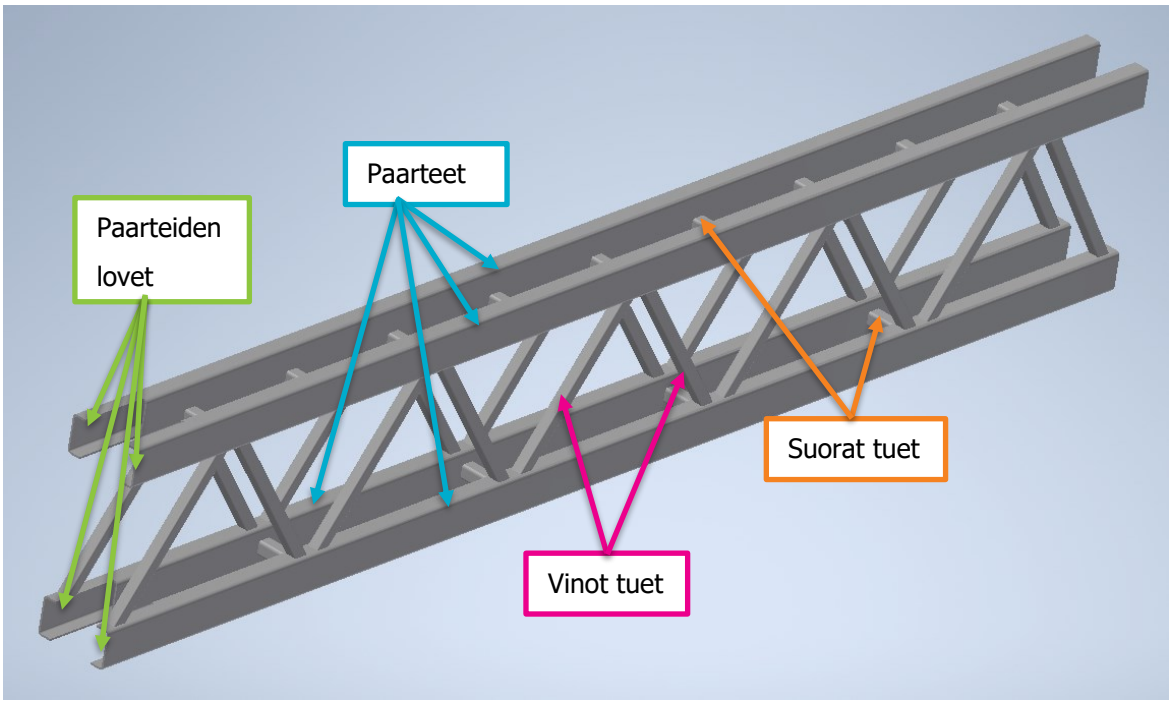
KUVA 24. Parametrin lisääminen extrude-komentoon (Ville Huuskonen, 2023)

7.3 Osien luonti ja parametrisointi

Luvussa käydään läpi, miten palkkisegmentin eri osat parametrisoitiin. Muissa alikokoonpanoissa osat parametrisoitiin samoilla tekniikoilla, vaikka kokoonpanot olivat erilaisia.

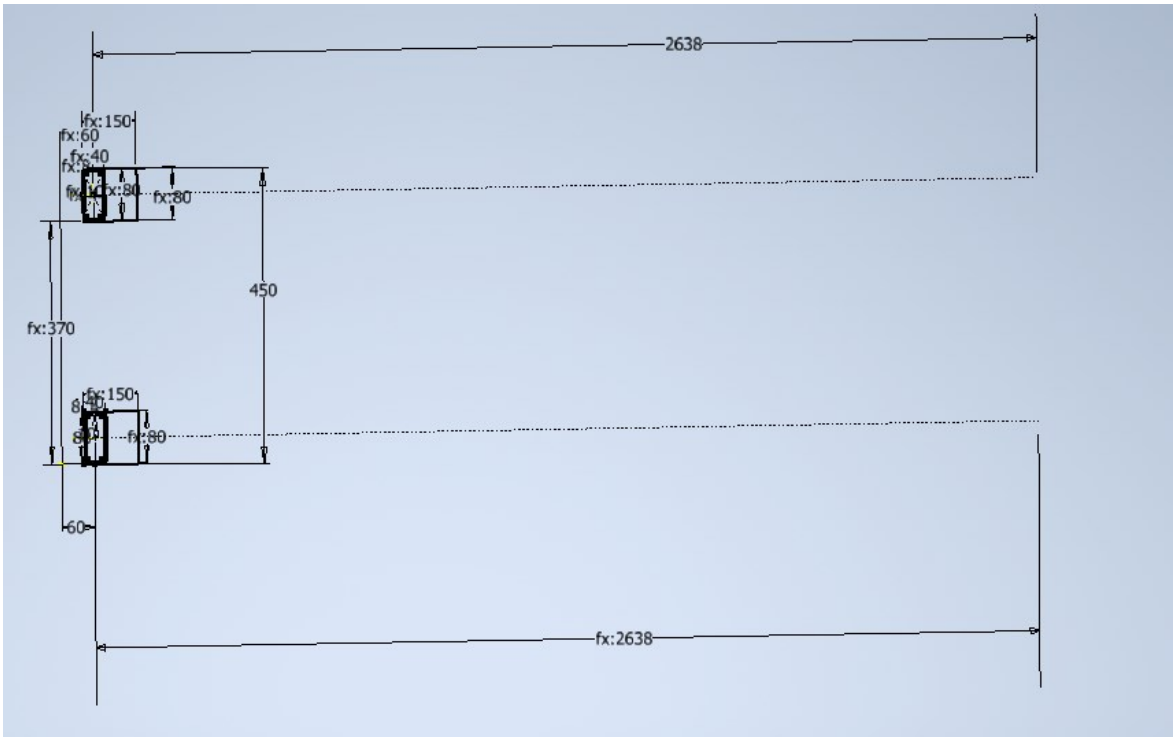
7.3.1 Paarteet ja tukirakenteet

Palkin runko koostuu neljästä isommasta teräsprofiilista, joita sanotaan paarteiksi. Palkissa on kaksi alapaarretta ja kaksi yläpaaretta. Skeleton-sketsiin tehtiin yläpaarre ja alapaarre erikseen, vaikka ne ovat samaa profiilia. Näin tehtiin sen takia, että saataisiin yläpaarre automaattisesti oikealle paikalle kokoonpanossa. Ylä- ja alapaarteiden päissä olevat lovet ovat niihin tulevia kiinnityslevyjä varten. (Kuva 25.)



KUVA 25. Palkin paarteet ja tuet (Ville Huuskonen, 2023)

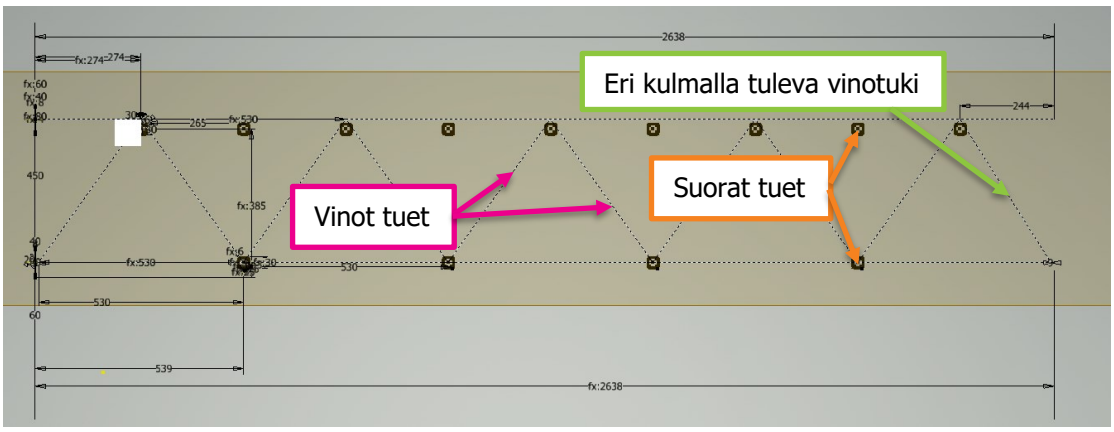
Kaikki paarteiden profiiliin liittyvät mitat asetettiin parametrien avulla samanlaisiksi. Jos profiilia muutetaan tulevissa projekteissa niin ei tarvitse muuttaa ylä- ja alapaarteen profiilia erikseen. Joskus saatetaan käyttää yläpaarteessa isompaa profiilia lommahduksen estämiseksi ja silloin parametrin yhtälö on helppo poistaa ja asettaa yläpaarteen profiilille omat mitat. Ala- ja yläpaarteen profiilit oli kuitenkin järkevä parametrisoida samaksi, sillä ne ovat yleensä samat. (Kuva 26.)



KUVA 26. Paarteet Skeleton-tiedostossa (Ville Huuskonen, 2023)

Myös ala- ja yläpaarteen sijainti sketsin nollapisteestä leveyssuunnassa parametrisoitiin samaksi. Hoitotasojen palkkien leveyttä harvemmin muutetaan, mutta jos sitä muutetaan niin ylä- ja alapaarre liikkuvat yhtä aikaa. Ala- ja yläpaarteen pituus saatiin myös tässä palkissa parametrisoitua samaksi, mutta kaikissa palkeissa tämä ei ole mahdollista. Ala- ja yläpaarre eivät ole aina palkeissa saman mittaisia. Skeleton-tiedostossa paarteiden profiilit ja lovien leikkaukset mallinnettiin normaalisti, mutta loven leikkauksen paksuutta ja paarteiden pituutta kuvastettiin viivalla. (Kuva 26.)

Suoria ja vinoja tukia on palkeissa useampi ja ne sijoitetaan tasaisesti koko palkin matkalle. Suorat ja vinot tuet monistettiin Skeleton-tiedostossa Rectangular Pattern -toiminnolla. Suunnittelija huomaa jo Skeleton-tiedostossa, miten tuet asettuvat palkin koko matkalle. Suoralle ala- ja ylätuelle tehtiin omat sketsit myös sen takia, että ne saisi paikoitettua kokoonpanoon kätevästi Skeleton-sketsin avulla. Alempia tukia tulee myös vähemmän, kuin ylempiä ja tuet oli hyvä eritellä toisistaan. (Kuva 27.)

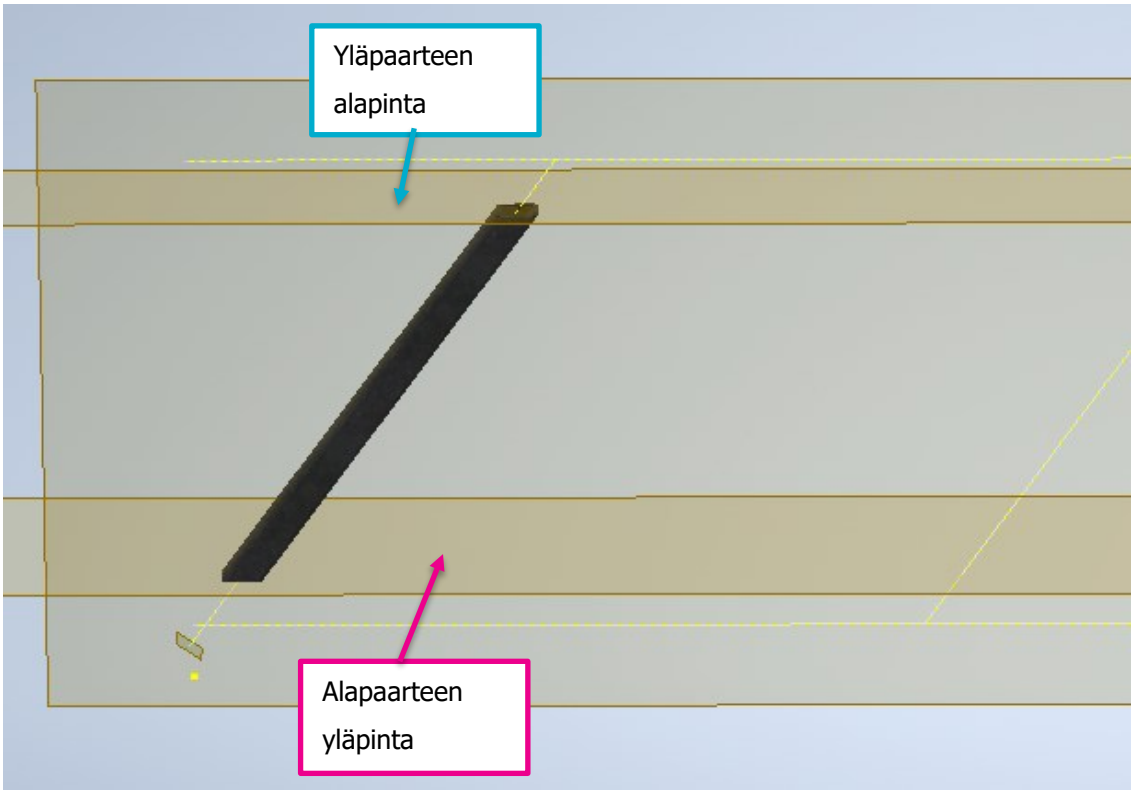


KUVA 27. Suorat ja vinot tuet Skeleton-tiedostossa (Ville Huuskonen, 2023)

Suorien tukien profiilit parametrisoitiin samalla tavalla, kuin paarteiden profiilit. Suorien tukien pituus saatiin myös parametrisoitua yhtälöllä, jossa käytettiin paarteen leveyttä ja etäisyyttä nollapisteestä. Yhtälön mukaan tukien pituus on aina = paarteiden välinen etäisyys leveyssuunnassa. Suorien tukien etäisyyttä toisistaan ja määrää ei parametrisoitu. Niiden määrä ja välimatka saattaa muuttua tulevissa projekteissa, joten niiden muokkaus oli järkevää pitää manuaalisena.

Vinoille tukiprofiileille tehtiin yhteensä kolme sketsiä ja kaikkien profiilit parametrisoitiin samoiksi, kuten edellä mainituissa osissa. Sketsit tehtiin nousevalle ja laskevalle tuelle sekä palkin viimeiselle vinolle tuelle. Viimeiselle vinolle tuelle tehtiin oma sketsi sen vuoksi, että se tuki tulee eri kulmalla, kuin muut. Tämä kulmanmuutos johtuu palkin pituudesta ja tuki ei mahtuisi paarteiden väliin, jos se tulisi samalla kulmalla, kuin edelliset nousevat ja laskevat tuet. Joissakin palkeissa tätä kulmanmuutosta ei ole ja silloin tätä osaa ei tarvitse käyttää. (Kuva 27.)

Nousevien ja laskevien tukien etäisyydet ovat samat ja nämä etäisyydet parametrisoitiin siten, että nousevien ja laskevien etäisyydet muuttuvat samalla. Myöskään vinojen tukien etäisyyksiä ja lukumäärää ei parametrisoitu palkin pituuden mukaan, vaan se jätettiin manuaalisesti muokattavaksi. Vinojen tukien profiilin leikkausta varten tehtiin tasot alapaarteen yläpinnalle ja yläpaarteen alapinnalle. Vinojen tukien osia tehtäessä voidaan valita pituus tasojen väliseksi etäisyydeksi. Palkin tai paarteen korkeuden muuttuessa, myös vinot tuet muuttuvat sen mukaisesti. Tasot siis liikkuvat ala- ja yläpaarteen mukana, eivätkä vinot tuet mene mallissa paarteiden läpi. (Kuva 28.)



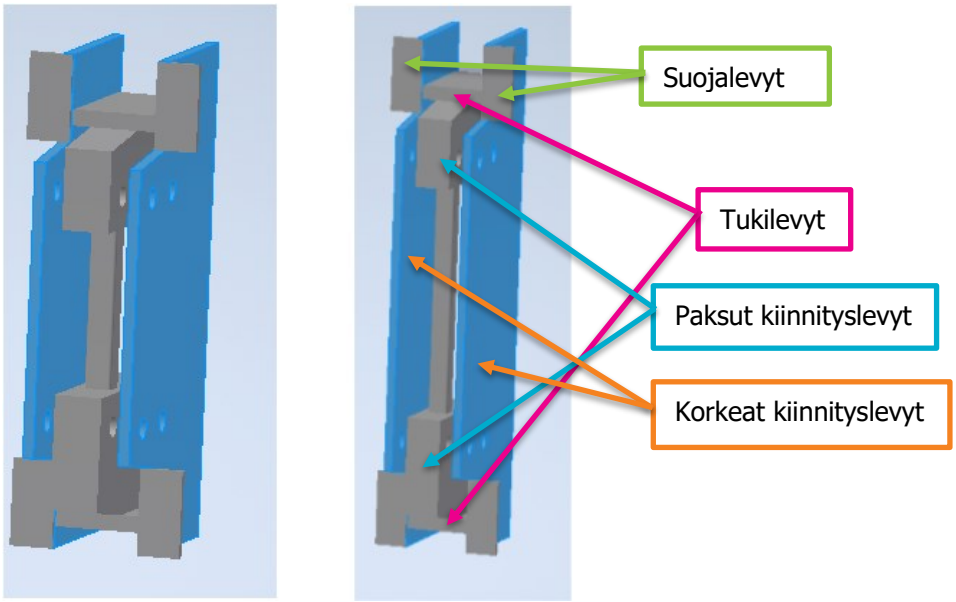
KUVA 28. Vinojen tukien extrude-pituus (Ville Huuskonen, 2023)

7.3.2 Kiinnityslevyt ja teräsputki

Paarteiden päissä olevat pienet suojalevyt parametrisoitiin paarteiden mittojen mukaan. Paarteiden profiilia muokattaessa, myös suojalevyt muuttuvat. Suojalevyjä saatiin vain yksi tehtyä Skeleton-sketsiin, koska ei ollut järkeä piirtää samaa osaa uudestaan ja uudestaan. Loput suojalevyt liitettiin kokoonpanossa paarteisiin siten, että ne seuraavat paarteiden sijaintia ja ovat aina kohdallaan. (Kuva 29.)

Keskellä oleviin paksuihin kiinnityslevyihin ei juurikaan asetettu parametreja, sillä ne ovat olleet monessa projektissa täysin samanlaiset. Kun palkin korkeutta nostetaan, paksujen kiinnityslevyjen välissä oleva teräsprofiiliputki pitenee. Paksut kiinnityslevyt paikoitettiin kuitenkin siten, että ylempi levyosa liikkuu kokoonpanon mukana palkin korkeutta nostettaessa. (Kuva 29.)

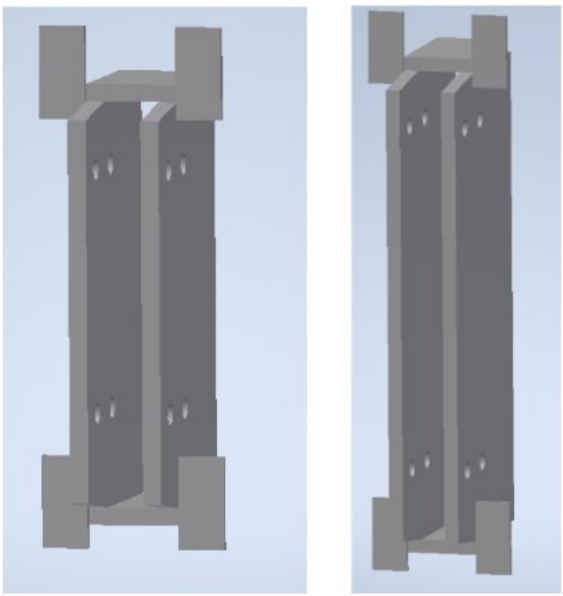
Kun palkin korkeutta nostetaan sivulla olevat korkeat kiinnityslevyt pitenevät. Näiden kiinnityslevyjen parametrisointi oli yksinkertaista, sillä niiden pituus on aina sama, kuin palkin kokonaiskorkeus. Teräslevyt liitetään paarteisiin ja paarteissa on levyjä varten lovet. Paarteiden lovet on parametrisoitu yhteensopivaksi kiinnityslevyjen paksuuden sekä ylä- ja alaosan leveyden kanssa. Kaikki levyosat parametrisoitiin myös siten, että reiät olisivat aina oikeassa kohdassa, eikä yhdestäkään levyosasta tarvitsisi paikoittaa reikiä uudestaan. (Kuva 29.)



KUVA 29. Palkin kiinnityslevyt palkin korkeutta muutettaessa (Ville Huuskonen, 2023)

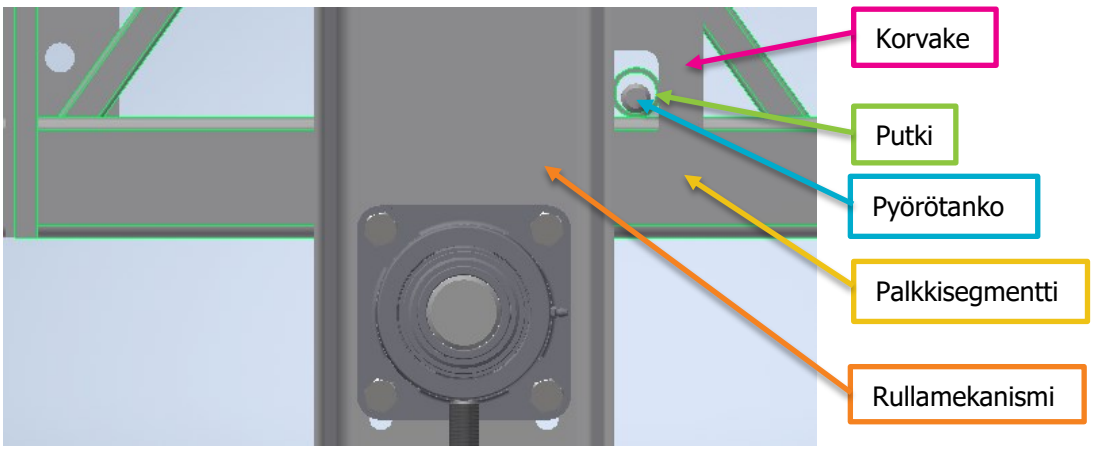
Kahden ison kiinnityslevyn väliin tulee pieni tukilevy. Se parametrisoitiin siten, että sen leveys on paarteiden ja samalla myös isojen kiinnityslevyjen välinen etäisyys. Tukilevyt tehtiin samalla tavalla, kuin paarteiden suojalevyt. Yksi näistä levyistä paikoitettiin Skeleton-sketsissä ja loput liitettiin kokoonpanossa seuraamaan muita osia. (Kuva 29.)

Palkin toisessa päässä olevat kiinnityslevyt parametrisoitiin samalla tavalla, kuin korkeat kiinnityslevyt. Niissä kuitenkin erona oli se, että levyjen pituus ei ole sama kuin palkin kokonaiskorkeus. Nämä levyt tulevat kahden tukilevyn väliin, jotka ovat paarteiden välissä. Näiden kiinnityslevyjen reiät tuli parametrisoida samalle kohdalle, kuin palkin muissa kiinnityslevyissä. Palkkisegmenttejä liitettäessä nämä kiinnityslevyt tulevat limittäin ja ne liitetään pulttiliitoksilla toisiinsa. (Kuva 30.)



KUVA 30. Palkin kiinnityslevyt 2 palkin korkeutta muutettaessa (Ville Huuskonen, 2023)

Kiinnityslevyjen lisäksi alapaarteeseen on myös hitsattu putki kiinni. Tämän putken tehtävänä on toimia lukituksena, kun palkkeja asennetaan tulipesään. Rullamekanismeissa on korvakkeet, joiden läpi työnnetään pyörötanko siten, että se lukittautuu palkeissa olevaan putkeen. Putki parametrisoitiin siten, että se on aina alapaarteen päällä ja yhtä pitkä, kuin palkki on leveä. (Kuva 31.)



KUVA 31. Palkkien lukitusputki (Ville Huuskonen, 2023)

7.4 Kokoonpanon parametrisointi

Kokoonpanoon tehtiin tukiosille Rectangular Pattern -ominaisuus samalla tavalla, kuin Skeleton-tiedostossa. Siihen lisättiin myös lukumäärä ja etäisyys leveyssuunnassa, kun Skeleton-sketsissä lukumäärä ja etäisyys laitettiin vain pituussuunnassa. Leveys muuttuu niin harvoin palkeissa, että leveyssuunnan lukumäärä ja etäisyys on sama olla pelkästään kokoonpanossa. Leveyssuunnan etäisyys parametrisoitiin kaikille kolmelle erilaiselle vinolle tuelle samaksi. Kaikki vinot tuet muuttuvat pelkästään muuttamalla nousevan tuen leveyssuunnan etäisyyttä. (Kuva 32.)

Kokoonpanoon linkitettiin tukien Rectangular Pattern -komentoon liittyvät parametrit Skeleton-tiedostosta. Vaikka parametrit tuotiin kokoonpanoon, ne säädettiin Skeleton-tiedostossa kokoonpanon sijaan. Parametrit linkitettiin sen vuoksi, että Pattern-ominaisuudet muuttuisivat kokoonpanossa automaattisesti Skeleton-tiedoston parametreja muokattaessa. Parametrit liitettiin kokoonpanon Pattern-ominaisuuden tietokenttiin samalla tavalla, kuin tehtiin osien levynpaksuuksia tehdessä. (Kuva 32.)

Parameters

Parameter Name	Consumed by	Unit	Equation	N	T	M	K	C
Model Parameters								
d71	11_Bottom_rec_tube_...	mm	2,0 mm	2..		2..		
Bottom_rec_tube_dist	11_Bottom_rec_tube_...	mm	Bottom_rec_tube_pattern_distance	5..		5..		
d73	11_Bottom_rec_tube_...	ul	1 ul	1..		1..		
Bottom_rec_tube_qty	11_Bottom_rec_tube_...	ul	Bottom_rec_tube_pattern_qty	5..		5..		
d75	11_Top_rec_tube_patt...	mm	2,0 mm	2..		2..		
Top_rec_tube_dist	11_Top_rec_tube_patt...	mm	Top_rec_tube_pattern_distance	2..		2..		
d77	11_Top_rec_tube_patt...	ul	1 ul	1..		1..		
Top_rec_tube_qty	11_Top_rec_tube_patt...	ul	Top_rec_tube_pattern_qty	1..		1..		
d229	7_Adaptively_angled_e...	mm	2,0 mm	2..		2..		
Adaptively_angled_end_side_by_side_distance	7_Adaptively_angled_e...	mm	Rising_square_tube_side_by_side_distance	2..		2..		
d231	7_Adaptively_angled_e...	ul	1 ul	1..		1..		
Adaptively_angled_end_side_by_side_qty	7_Adaptively_angled_e...	ul	Rising_square_tube_side_by_side_qty	2..		2..		
Descending_square_tube_side_by_side_distance	7_Descending_square_...	mm	Rising_square_tube_side_by_side_distance	2..		2..		
Descending_square_tube_distance	7_Descending_square_...	mm	Descending_square_tube_pattern_distance	5..		5..		
Descending_square_tube_side_by_side_qty	7_Descending_square_...	ul	2 ul	2..		2..		
Descending_square_tube_qty	7_Descending_square_...	ul	Descending_square_tube_pattern_qty	5..		5..		
Rising_square_tube_distance	7_Rising_square_tube_...	mm	Rising_square_tube_pattern_distance	5..		5..		
Rising_square_tube_qty	7_Rising_square_tube_...	ul	Rising_square_tube_pattern_qty	6..		6..		
Rising_square_tube_side_by_side_qty	Adaptively_angled_end...	ul	2 ul	2..		2..		
d83	Angle:1	deg	0,00000000 deg	0..		0..		
Rising_square_tube_side_by_side_distance	Descending_square_tu...	mm	200 mm	2..		2..		

KUVA 32. Palkin kokoonpanon parametrit (Ville Huuskonen, 2023)

8 HOITOTASOJEN PIIRRUSTUSTEN TEKEMINEN

Luvussa käydään läpi piirustusten laatiminen alikokoonpanoista yleisellä tasolla sekä palkkipiirustuksen tekeminen tarkemmin, sillä palkkikokoonpanoa käsiteltiin myös tarkemmin edellisessä luvussa. Piirustukset tehtiin Autodesk Inventorilla, ja siinä etuna oli se, että kokoonpanoista ja osista saatiin helposti halutut kuvannot valittua. Kuvantoja ei tarvinnut erikseen piirtää, kuten AutoCAD-ohjelmistolla.

Etuna oli myös se, että piirustukset ovat yhteydessä 3D-malleihin, joten piirustukset päivittyvät automaattisesti malleja muokkaamalla. Piirustuksia ei saatu täysin valmiiksi tämän opinnäytetyön puitteissa ja esimerkiksi revisiotaulukot ja otsikkotaulut on tarkoitus lisätä piirustuksiin myöhemmin. Tehdyt piirustukset ovat liitteissä 1.-6 ja liitteet on poistettu opinnäytetyön julkaistavasta versiosta liikesalaisuuksien vuoksi. (Liitteet 1.–6.)

8.1 Piirustusten tekeminen yleisesti

Hoitotasojen uudet piirustukset saatiin laadittua osien, alikokoonpanojen ja pääkokoonpanon 3D-mallien avulla. Piirustuksiin saatiin valittua kuvannot suoraan osatiedostoista sekä kokoonpanotiedostoista. Piirustuksia tehdessä täytyi valita mitkä kuvannot haluaa mistäkin kokoonpanosta tai osasta, asettaa keskiviivat ja halutut mitat, tuoda osaluettelo kokoonpanosta, lisätä hitsimerkit ja muut oleelliset merkinnät sekä lisätä osille osalistan mukaiset osanumerot, jotta piirustuksesta erottaa helposti mikä osa on kyseessä. Lisäksi piirustuksiin lisättiin tekstikenttiä ja taulukoita selkeyttämään piirustuksen ymmärtämistä ja kertomaan tietoja, joita kuvannoissa ei ollut mahdollista näyttää.

Piirustukset tehtiin hoitotasojen jokaisesta alikokoonpanosta sekä pääkokoonpanosta. Alikokoonpanojen piirustuksiin tehtiin tärkeimmät pääkuvannot alikokoonpanoista. Piirustuksiin lisättiin myös kuvannot jokaisesta kokoonpanon osasta erikseen. Piirustuksiin otettiin mallia vanhoista piirustuksista, mutta niissä olevia puutteita korjattiin. Lisäksi palkkeja valmistavalta konepajalta saatiin palautetta, että olisi hyvä olla oma piirustus palkkien paarteille ja tukiprofiileille, joten sellainen piirustus tehtiin.

Hoitotasoja suunniteltaessa kopioidaan mallit ja niiden pohjalta tehdyt piirustukset. Malleihin tehdään tarvittavat muutokset ja nämä muutokset näkyvät myös piirustuksissa. Piirustukset ovat siis suurimmaksi osaksi valmiit, kun malleihin tehdään tarvittavat muutokset hoitotasoja suunniteltaessa. Piirustuksia ei siis tarvitse tehdä aina uudestaan. Malleista saadaan tuotua mitat ja osalista piirustukseen. Osalistan mukaan saadaan osanumerot merkittyä piirustukseen ja niitäkään ei tarvitse erikseen lisätä uusia hoitotasoja suunniteltaessa, ellei kokoonpanoihin lisätä jotain uutta osaa.

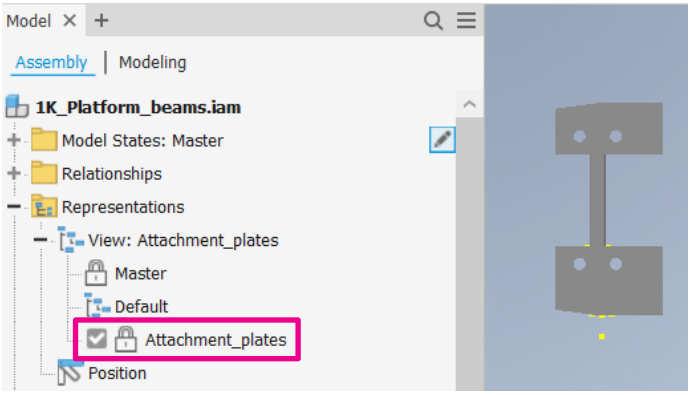
Hitsimerkinnät sekä ylimääräiset taulukot lisättiin piirustuksen puolella, sillä niitä ei huomioitu mallinnuksessa ollenkaan. Hitsimerkintöjä ja muita merkintöjä saattaa joutua muokkaamaan projektikohtaisesti. Näitä tietoja ei kuitenkaan tarvitse välttämättä lisätä piirustukseen aina uudestaan. Piirustukset on siis tässä työssä tehty jo valmiiksi ja niitä vain hieman muokataan tilanteesta ja projektista riippuen. Tällä tavalla piirustusten tekemisessä säästetään huomattavasti aikaa entiseen tapaan verrattuna, jossa piirustukset tehtiin käsin 2D-suunnittelua hyödyntäen.

8.2 Palkkien piirustukset

Luvussa käydään läpi palkkipiirustuksen laatiminen tarkemmin. Kuvista on poistettu mitat liikesalaisuuksien vuoksi. Muut alikokoonpanojen piirustukset tehtiin samalla tavalla, joten niitä ei ole erikseen käyty läpi. Palkeista tehtiin yksi piirustus, joka sisälsi kaikkien kolmen erilaisen palkkisegmentin päämitat sekä niissä käytettyjen osien mitat. Alkuperäisessä piirustuksessa oli myös muutamia epäselvyyksiä, joita poistettiin lisäämällä uuteen piirustukseen asiaa selventäviä mittoja / kuvantoja.

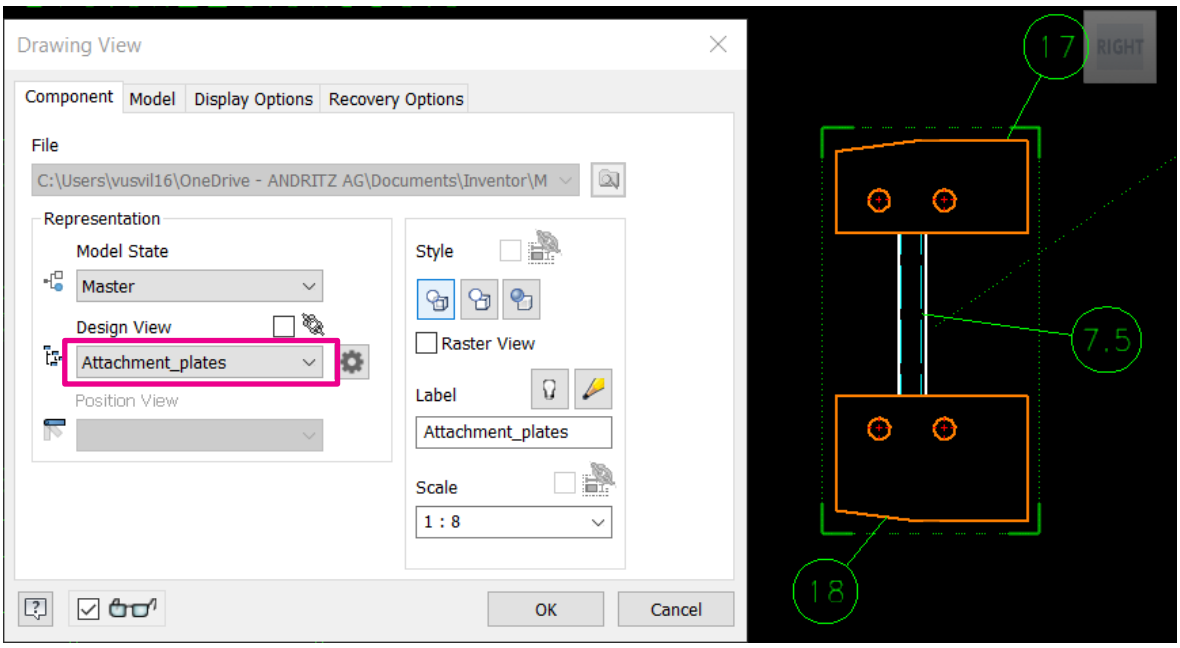
8.2.1 Kuvannot

Pelkkien osien kuvannot saatiin tehtyä valitsemalla näkymänluontivalikosta osatiedosto, josta haluttiin tehdä kuvanto. Jos kuvantoon haluttiin useampi osa, sille tehtiin pääkokoonpanon tai palkkikokoonpanon 3D-mallissa näkymä Representations-valikon alta. Kun näkymä oli luotu, se asetettiin aktiiviseksi ja kokoonpanosta piilotettiin kaikki osat mitä kuvantoon ei haluttu. Sen jälkeen kokoonpano asetettiin sellaiseen kuvakulmaan, josta kuvanto haluttiin muodostaa. Lopuksi lukittiin näkymä, jotta siihen ei pystynyt tekemään muutoksia. (Kuva 33.) Tämän systeemin ansiosta piirustuksessa ei tarvitse erikseen piilottaa niitä osia, joita ei halua näyttää kuvannossa.



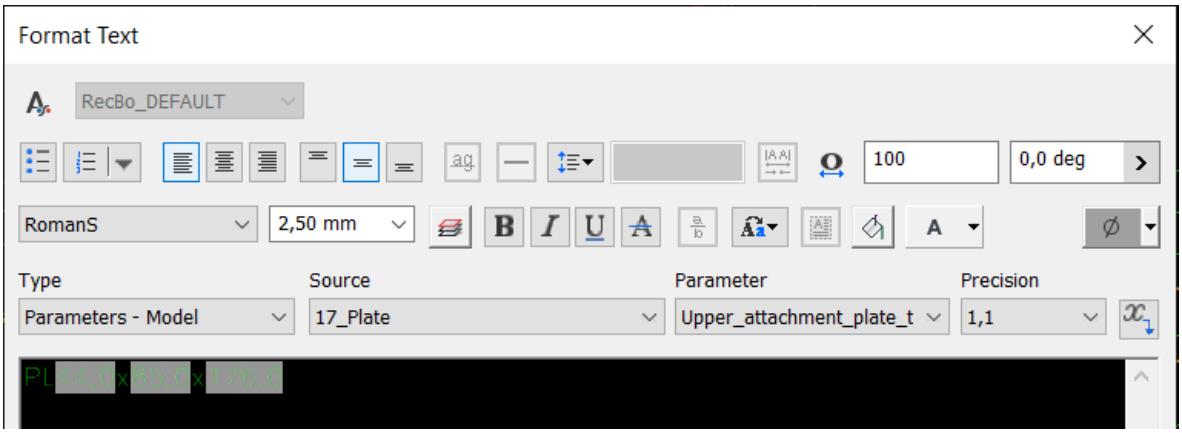
KUVA 33. Näkymän luominen kokoonpanoon (Ville Huuskonen, 2023)

Kokoonpanossa luotu näkymä saatiin valittua Inventorissa piirustuksen puolella kuvantoa luodessa. Näkymät nimettiin sen mukaan, mitä osia tai kokoonpanoja niissä näytetään. Kuvantojen skaala asetettiin mahdollisimman suureksi. Tässä täytyi huomioida, että kaikkien kuvantojen tulee mahtua arkille. Kuvantojen tulisi myös olla selkeästi luettavissa, tulostettaessa piirustus mustavalkoisena. (Kuva 34.)



KUVA 34. Kuvannon tuominen piirustukseen (Ville Huuskonen, 2023)

Kuvantojen yhteyteen lisättiin myös tekstikenttiä, joilla voidaan kertoa kuvantoon liittyvää oleellista tietoa esimerkiksi levyosien mitat. Tekstikenttään saatiin tuotua parametreja kokoonpanojen ja osien 3D-malleista. Tästä hyödyttiin siten, että myös tekstikentissä ilmoitetut mitat muuttuvat mallia muokkaamalla, eikä tekstikenttiä tarvitse erikseen muokata. Tällä tavalla vältytään myös mahdollisilta virheiltä, kun tekstikentät päivittyvät mallia muokattaessa. (Kuva 35.)



KUVA 35. Parametrien tuonti piirustuksen tekstikenttään (Ville Huuskonen, 2023)

8.2.2 Osalista

Tärkein asia mikä piirustuksiin saatiin mallinnusten ansiosta, oli osalista. Osalista tehtiin aikaisemmin erikseen Excel-tiedostoon ja piirustusta sekä osalistaa jouduttiin erikseen muokkaamaan. Nyt piirustukset päivittyvät mallien mukaan ja myös osalista muuttuu samalla. Joissakin aikaisemmissa projekteissa piirustukset ja niiden osalistat eivät täsmänneet toisiaan. Mallinnustyökalun ansiosta tätä ris-

kiä ei ole, koska malli, piirustus ja osalista ovat yhteydessä toisiinsa. Osalistan tiedot päivittyvät piirustuksessa kyseessä olevan kokoonpanon osalistan mukaan, johon lisättiin tietoa kokoonpanon 3D-mallissa. (Kuva 36.)

Osalistassa näytettäviä tietoja ovat: osanumero, kuvaus eli osan nimi, osien määrä ja mitat, pituus, materiaali ja osan paino sekä osien kokonaispaino, jos samaa osaa on useampi. Kuvassa 36. olevassa osalistassa mitat- ja pituussarakkeet ovat tyhjiä, sillä osalistojen tekeminen jäi hieman kesken. Tarkoituksena on, että osien mitat ja pituudet saisi jotenkin parametrisoitua, ettei niitä tarvitsisi aina erikseen muokata, jos mitat muuttuvat. Tähän asiaan pyritään löytämään joku ratkaisu opinnäytetyön päättymisen jälkeen. (Kuva 36.)

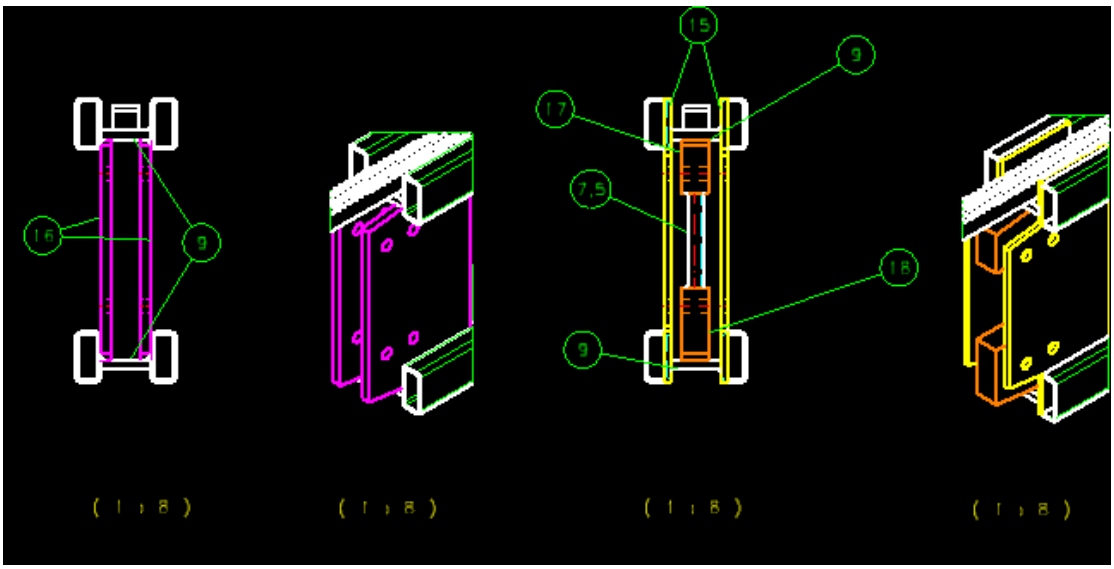
Osalista on myös hyvä lisä piirustukseen, sillä palkkeja valmistavan konepajan ei tarvitse erikseen tulostaa osalistaa. Osalista ja kuvannot löytyvät samalta piirustukselta, mikä helpottaa palkkien valmistusta. Myös osalistan tekemiseen kuluva aika vähenee huomattavasti, sillä se tehtiin aikaisemmin erilliseen Excel-tiedostoon. Uuden systeemin ansiosta kaikki tiedot ovat jo valmiina, niitä joutuu vain hieman muokkaamaan mallien osalistoissa projektikohtaisesti. (Kuva 36.)

Parts List							
PART NUMBER	DESCRIPTION	ITEM QTY	DIMENSIONS	LENGTH	MATERIAL	MASS	TOTAL MASS
6.1	Rectangular tube	1		1	S355J2H	13,9 kg	13,9 kg
6.2	Rectangular tube	1		1	S355J2H	13,9 kg	13,9 kg
6.3	Rectangular tube	2		1	S355J2H	17,2 kg	34,5 kg
6.4	Rectangular tube	2		1	S355J2H	2,7 kg	5,4 kg
6.5	Rectangular tube	2		1	S355J2H	2,0 kg	4,1 kg
6.6	Rectangular tube	6		1	S355J2H	17,3 kg	103,8 kg
6.7	Rectangular tube	6		1	S355J2H	17,3 kg	103,8 kg
6.8	Rectangular tube	2		1	S355J2H	17,6 kg	35,3 kg
6.9	Rectangular tube	2		1	S355J2H	17,6 kg	35,3 kg
7.1	Rectangular tube	86		1	S355J2H	0,7 kg	61,7 kg
7.2	Rectangular tube	2		1	S355J2H	0,7 kg	1,4 kg
7.3	Rectangular tube	6		1	S355J2H	0,7 kg	4,1 kg
7.4	Rectangular tube	2		1	S355J2H	0,7 kg	1,4 kg
7.5	Rectangular tube	4		1	S355J2H	0,3 kg	1,2 kg
8	Toothed rack	1		1	C40	149,8 kg	149,8 kg
9	Plate	16		1	S355J2H	1,3 kg	20,3 kg
10	Plate	32		1	S355J2H	0,2 kg	4,8 kg
11.1	Rectangular tube	21		1	S355J2H	0,2 kg	4 kg
11.2	Rectangular tube	45		1	S355J2H	0,2 kg	8,5 kg
12	Plate	1		1	S355J2H	8,0 kg	8 kg
13	Plate	1		1	S355J2H	3,6 kg	3,6 kg
14	Plate	1		1	S355J2H	0,6 kg	0,6 kg
15	Plate	8		1	S355J2H	6,9 kg	55 kg
16	Plate	8		1	S355J2H	9,7 kg	77,5 kg
17	Plate	4		1	S355J2H	4,8 kg	19,3 kg
18	Plate	4		1	S355J2H	6,6 kg	26,6 kg
19	Pipe	5		1	S235J0	0,4 kg	1,8 kg
20V	ISO 4014 - M20 x 130	16			Stainless Steel, 440C	0,390 kg	6,2 kg
21V	ISO 4032 - M20	16			Stainless Steel, 440C	0,074 kg	1,2 kg
22V	ISO 7089 - 20	16			Stainless Steel	0,017 kg	0,3 kg

KUVA 36. Palkkipiirustuksen osalista (Ville Huuskonen, 2023)

8.2.3 Parannukset

Palkkeja valmistavalta konepajalta saimme korjausehdotuksia palkkipiirustukseen liittyen. Kaikkia parannuksia emme lähteneet tekemään, sillä se ei olisi ollut järkevää mallinnusten ja Inventorin käyttöliittymän kannalta. Konepajalta tuli toiveena, että saisi myös 3D-kuvannot levyjen hitsausliitoksista, joten ne lisättiin uuteen mallipiirustukseen. 3D-kuvannot liitoksista selkeyttävät huomattavasti liitoksen ymmärtämistä verrattuna siihen, että olisi pelkästään 2D-kuvanto. (Kuva 37. ja liite 3.)



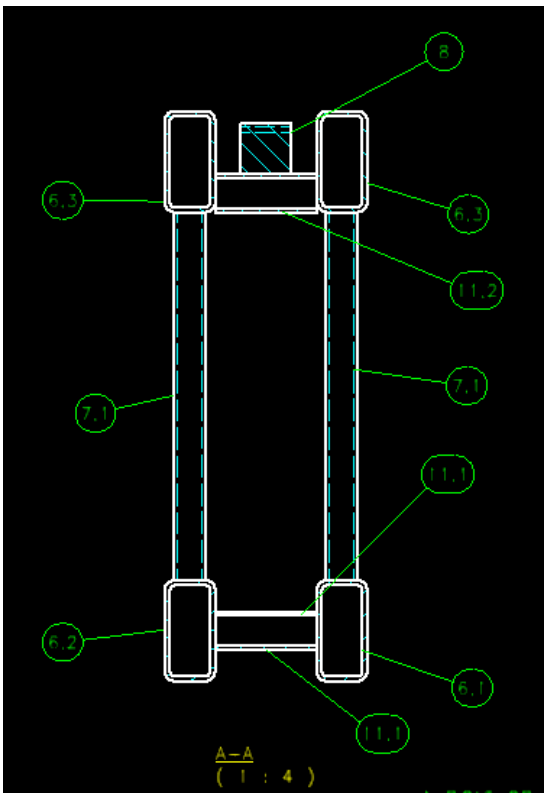
KUVA 37. Kiinnityslevyjen 3D-kuvannot (Ville Huuskonen, 2023)

Korjauskehotuksena oli myös palkkien teräsprofiilien tarkempi osanumerointi. Ennen paarteet sekä suorat ja vinot tukiprofiilit olivat omalla osanumerollaan. Jokaiselle paarteelle ja tukiprofiilille ei ollut erikseen omaa osanumeroa. Esimerkiksi kaikki eri paarteet olivat osanumerolla 6, sillä ne olivat samaa profiilia. Paarteiden mitoissa ja leikkauksissa on kuitenkin eroja. Vinot tukiosat olivat osanumerolla 7 ja suorat tuet osanumerolla 11.

Paja toivoi, että jokaiselle paarteelle ja tukiosalle olisi oma osanumero, vaikka kyseessä olisi täysin samanlainen osa. Tätä emme lähteneet täysin toteuttamaan, mutta paarteille ja tukiprofiileille lisättiin uudet osanumerot. Paarteiden osanumerot laitettiin seuraavalla tavalla: 6.1, 6.2, 6.3, ... 6.9. Osanumerointi tehtiin siten, että jokaiselle erilaiselle paarteelle annettiin oma osanumero. Esimerkiksi ensimmäisessä palkkisegmentissä molemmat yläpaarteet ovat samanlaisia, joten niille annettiin sama osanumero, mutta alapaarteet eroavat hieman toisistaan, joten niille annettiin eri osanumerot. (Kuva 38. ja liitteet 3. ja 4.)

Tukiprofiileille emme kokeneet järkevänä muuttaa osanumeroa jokaiselle tukiosalle, koska niiden lukumäärä vaihtelee projektin mukaan. Niiden numerointi menisi myös vaikeaksi, koska tukiprofiilit monistetaan kokoonpanossa Rectangular Pattern -komennolla. Kun osaa monistetaan se antaa saman osanumeron jokaiselle monistetulle osalle, jonka vuoksi tällainen tarkempi osanumerointi ei ole mahdollista.

Vinoille tukiosille laitettiin omat osanumerot, jos osat erosivat toisistaan. Palkeissa oli neljää erilaista vinoa tukea, joten niiden osanumerot olivat 7.1, 7.2, 7.3 ja 7.4. Lisäksi samasta profiilista on tukiosa, joka tulee kahden paksun kiinnityslevyn väliin ja sille annettiin osanumeroksi 7.5. Suorat ylä- ja alatuet numeroitiin 11.1 ja 11.2 sen takia, jos joskus ylä- ja alatukena käytetään eri profiileita. (Kuva 38. ja liitteet 3. ja 4.)



KUVA 38. Palkin profiilien osanumerointi (Ville Huuskonen, 2023)

Konepajalta tuli myös ehdotus, että paarteista ja palkin tukiprofiileista tehtäisiin oma piirustus. Paja toivoi paarteista ja tukiprofiileista omaa piirustusta, jotta näkisi osien tarkemmat mitat. Tämä helpottaisi materiaalikyselyjä huomattavasti ja myös osien leikkaus oikean mittaiseksi pajalla olisi helpompaa. Paarteista ja tukiprofiileista tehtiin piirustus, jossa näkyy osien tarkemmat mitat ja esimerkiksi leikkausten kulmat. Palkeissa on useita paarteita ja tukiprofiileja, joiden päädyt on leikattava viistoksi. Nyt piirustuksesta huomaa leikkausten kulmat paremmin, kuin kokoonpanokuvasta. (Liite 4.)

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää parametrinen mallinnustyökalu soodakattiloiden hoitotasojen suunnittelua varten, jotta piirustusten laatimisesta saataisiin kustannustehokkaampaa. Työssä tehtiin 3D-mallit hoitotasojen pääkokoonpanolle, alikokoonpanoille sekä niihin kuuluville osille. 3D-malleista tehtiin parametrisia, jotta hoitotasojen suunnitteluun ja varsinkin piirustusten tekoon kuluisi vähemmän aikaa. Ennen piirustukset toteutettiin kokonaan 2D-suunnitteluna, joka vei paljon aikaa.

Hoitotasoja käytetään soodakattiloissa huoltoja varten ja ne myös estävät tuhkan tippumisen tulipesän alaosaan. Hoitotasot työnnetään ja asennetaan paikalleen tulipesässä olevista aukoista. Hoitotasot koostuvat palkeista, alumiinilankuista, rullamekanismeista sekä palkkien varastointipukeista. Palkkisegmentit liitetään toisiinsa pulttiliitoksin, jotta niistä koostuu yksi pitkä palkki, joka menee tulipesän läpi. Näitä pitkiä palkkeja on useampi ja ne kaikki työnnetään kahden rullamekanismin läpi ja liitetään tulipesän toisella puolella olevaan kolmanteen rullamekanismiin. Palkkien päälle kiinnitetään alumiinilankut, jotta hoitotasojen päällä voidaan tehdä huoltoja. Palkkeja säilytetään varastointipukkien päällä, kun hoitotaso ei ole käytössä.

Tässä työssä osat ja kokoonpanot mallinnettiin Autodesk Inventor-ohjelmistolla ja mallinnuksissa käytettiin lähtötietoina erään soodakattilan hoitotasojen piirustuksia. Kaikista kokoonpanoista laadittiin Skeleton-tiedostot, johon mallinnettiin ja paikoitettiin kaikki osat. Kaikki osien mitat nimettiin järkevästi, jotta osien ja kokoonpanojen parametrit erottuisivat toisistaan. Mallinnuksissa käytettiin Inventorin Parameters-ominaisuutta, josta pystyi muokkaamaan ja yhdistelemään tehtyjä parametreja. Tällä tavoin kokoonpanojen muokkaaminen onnistui nopeasti. Osien mittoja yhdisteltiin toisiinsa käyttämällä hyväksi erilaisia yhtälöitä parametrisoinnissa.

3D-malleja testattiin heti mallinnusten alettua ja testauksia jatkettiin, kunnes mallit todettiin mahdollisimman helposti muokattaviksi. Kaikkien 3D-mallien toimivuus testattiin muuttamalla parametreja / mittoja ja katsomalla miten kokoonpanot ja niiden osat muuttuivat. Työssä todettiin, että parhaiten virheet havaittiin, kun useita mittoja muutettiin ja havainnoitiin, miten kokoonpanot reagoivat muutoksiin. Jos havaittiin virheitä, muutokset tehtiin parametreihin. 3D-mallien iterointia jatkettiin, kunnes mallit toimivat mahdollisimman hyvin.

Lopuksi laadittiin piirustukset hoitotasojen pääkokoonpanosta, ja alikokoonpanoista. Piirustukset saatiin laadittua mallien pohjalta siten, että kuvannot saatiin malleista suoraan. Tämä oli huomattavasti nopeampi tapa, kuin se, että piirustukset tehtäisiin manuaalisesti AutoCAD-ohjelmistolla. Piirustuksiin saatiin myös tuotua osalistat kokoonpanojen 3D-malleista. Tämä tulee vähentämään virheiden mahdollisuutta osalistojen ja piirustusten välillä verrattuna aikaisempaan tapaan, jossa osalista tehtiin erilliseen excel-tiedostoon. Piirustukset ja 3D-mallit ovat nyt yhteydessä toisiinsa, joten pelkästään 3D-malleja muokkaamalla, piirustukset ja niiden osalistat myös päivittyvät.

10 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyö aloitettiin tammikuun alussa ja saatiin valmiiksi toukokuussa. Mallinnukset ja piirustukset tehtiin tuntityönä toimeksiantajayritykselle. Mallinnuksiin ja piirustusten tekemiseen kului aikaa noin 600 tuntia, eli insinöörityön suunniteltu tuntimäärä (400 tuntia) ylittyi reilusti. Mallinnusten ja piirustusten käsittely rajattiin raportissa pelkästään palkkien alikokoonpanoon, sillä raportista olisi tullut muuten liian pitkä. Rullamekanismien ja palkkien mallinnukset ja piirustukset veivät eniten aikaa, ja palkkien parametrisointi oli työn haastavin osuus. Palkkien parametrisointi sisälsi paljon asioita, jotka täytyi ottaa huomioon.

Työn tavoitteet toteutuivat hyvin, sillä mallinnustyökalusta saatiin tehtyä mahdollisimman helppokäyttöinen ja se tulee tekemään hoitotasojen suunnittelusta kustannustehokkaampaa. Piirustukset päivittyvät pelkästään malleja muokkaamalla ja tämä nopeuttaa huomattavasti piirustusten tekoa verrattuna entiseen tapaan. Alustavan arvion mukaan piirustusten laatimisessa tullaan säästämään ainakin 50 % aikaa mallinnustyökalun ansiosta. Tulevissa projekteissa ei tarvitse lähteä tekemään piirustuksia uudestaan kopioimalla niitä muista projekteista. Sen sijaan voidaan käyttää opinnäytetyössä laadittuja piirustuksia, muokkaamalla malleja projektikohtaisesti.

Ennen kaikki kuvannot, mitat, tekstikentät sekä muut mahdolliset asiat oli tehtävä uudestaan tai kopioitava aiemmista projekteista. Jatkossa piirustuksen puolella ei tarvitse tehdä juurikaan 2D-suunnittelua. Pelkästään parametrisia malleja muokkaamalla piirustukset saadaan ainakin suurimmaksi osaksi päivitettyä kyseiseen projektiin sopivaksi. Tämä tekee piirustusten tekemisestä huomattavasti kustannustehokkaampaa. Joitakin pieniä projektikohtaisia muutoksia saattaa kuitenkin joutua tekemään piirustuspuolella. Myös virheiden mahdollisuus osalistojen ja piirustusten välillä pienenee huomattavasti, sillä mallit, piirustukset ja osalistat ovat aina yhteydessä toisiinsa.

Opinnäytetyön tärkeimpiä tuloksia olivat myös piirustuksiin tehdyt muokkaukset. Piirustuksiin saatiin lisättyä selventäviä kuvantoja. Parametreja saatiin myös tuotua piirustuksiin esimerkiksi tekstikenttiin, mikä vähentää myös virheiden mahdollisuutta. Ennen tekstikenttiin piti manuaalisesti kirjoittaa esimerkiksi levyosan mitat. Jatkossa tuon tiedon saa automaattisesti tuotua mallin puolelta, ja se myös jatkossa päivittyy automaattisesti. Näiden muutosten lisäksi palkkien paarteille ja tukiprofiileille tehtiin oma piirustus konepajan pyynnöstä, mikä helpottaa paarteiden ja tukiprofiilien valmistusta huomattavasti.

Onnistuin työssä hyvin, vaikka aihe vaati alkuun hieman opiskelua. Opettelin mm. kokonaan uuden mallinnustekniikan. Skeleton-mallinnuksen opetteleminen avarsi katsomustani 3D-mallinnuksesta kokonaisuudessaan. Koulussa opitusta 3D-mallinnuksesta oli paljon hyötyä, sillä sen ansiosta työn aloitus sujui paremmin. Opinnäytetyössä oppi käsittelemään isompia kokoonpanoja 3D-mallinnusmaailmassa sekä tekemään piirustuksia näistä isommista kokonaisuuksista. Lisäksi opin myös työssä projektikohtaista työskentelyä, johon kuuluivat viikoittaiset palaverit sekä työskentely ryhmässä. Suurimmaksi osaksi tein kuitenkin työtä itsenäisesti.

3D-mallit ja piirustukset todettiin teoriassa hyvin toimiviksi. Käytännössä toimivuus testataan vasta seuraavassa soodakattilaprojektissa, johon hoitotasot suunnitellaan. Opinnäytetyössä tärkeintä oli tehdä helppokäyttöinen mallinnustyökalu, jonka avulla piirustusten laatiminen onnistuu nopeasti ja kustannustehokkaasti verrattuna 2D-suunnitteluun.

11 JATKOKEHITYSKOHTEET

Opinnäytetyön jälkeen piirustusten tekemistä jatketaan, sillä tämä vaihe jäi hieman kesken. Jatkossa testataan myös, miten mallinnustyökalu taipuu erään toisen projektin hoitotasoihin, joissa palkkien korkeus on suurempi. Tätä testausvaihetta ei ehditty tekemään opinnäytetyön aikana. Testattaessa mallinnustyökalua toisen projektin hoitotasoihin havaitaan paremmin, mitä muutoksia mallinnustyökaluun kannattaa vielä tehdä. Lisäksi tässä työvaiheessa on tarkoitus aloittaa mallinnustyökalun manuaalin laatiminen.

Manuaali tehdään, sillä mallinnustyökalun opettelu voi olla haastavaa uudelle käyttäjälle ilman ohjeistusta. Joskin vaikka mallinnustyökalusta tehtiin mahdollisimman helppokäyttöinen. Manuaaliin tullaan todennäköisesti myös sisällyttämään piirustusten tekoon liittyvät asiat. Piirustusten tekoon liittyy asioita, joita uusi käyttäjä ei välttämättä heti huomaa. Manuaalin tulee tekemään kokeneempi työntekijä. Mahdolliset virheet, jotka ovat voineet jäädä minulta huomaamatta, tulevat viimeistään tässä vaiheessa esiin.

Mallinnustyökalua olisi voinut parametrisoida pidemmällekin, mutta työssä todettiin, että helppokäyttöisyys olisi kärsinyt. Mallinnustyökalun tulee olla myös helppokäyttöinen uusille käyttäjille. Eri kokoonpanojen tiedostojen välillä olisi ollut myös mahdollista linkittää parametreja. Siinä olisi ollut kuitenkin riski unohtaa, mikä on alkuperäinen parametri, joka muihin tiedostoihin linkitetään. Mallinnustyökalua saatetaan parametrisoida pidemmälle ensimmäisten projektien jälkeen, joissa tätä mallinnustyökalua käytetään piirustusten laatimiseen.

Tämän työn aikana ei ehditty tekemään malleista yksinkertaistettuja versioita, joita yritys voisi käyttää yksinkertaistetuissa soodakattilamalleissa. Myös nämä mallit tullaan tekemään opinnäytetyön päättymisen jälkeen. Inventor-mallien ansiosta jokaiseen projektiin saa tehtyä yksinkertaistetut mallit hyvin nopeasti, joten mallinnuksista tulee olemaan hyötyä myös tässä. Jatkokehityksenä tälle työlle voisi olla myös lomakeohjatun parametrisuuden luominen Excel-tiedostoon. Excel-tiedoston avulla pystyisi muokkaamaan parametreja ilman, että ymmärtää Inventorista mitään. Kokonaisuudessaan jatkokehityskohteet tulevat selville, kun mallinnustyökalua käytetään ensimmäistä kertaa piirustusten laatimiseen soodakattilaprojektissa.

LÄHTEET

Andritz Oy julkaisuaika tuntematon. Andritz in Finland. Verkkojulkaisu. Andritz.com, Andritz:n verkkosivut. https://www.andritz.com/pulp-and-paper-en/locations/andritz-oy. Viitattu 26.1.2023

Autodesk 2022. Autocad. Verkkojulkaisu. Autodesk.fi suunnittelun ja viihdeteollisuuden 3D-ohjelmistot. Päivitetty 1.2.2023. https://www.autodesk.fi/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription. Viitattu 2.2.2023

Autodesk 2022. Inventor. Verkkojulkaisu. Autodesk.fi suunnittelun ja viihdeteollisuuden 3D-ohjelmistot. Päivitetty 8.11.2022. https://www.autodesk.fi/products/inventor/overview?term=1-YEAR&tab=subscription. Viitattu 2.2.2023

Autodesk 2021. Skeletal Modeling. Verkkojulkaisu. Knowledge.autodesk.com, Autodesk virallinen tukifoorumi. Julkaistu 14.10.2021. https://knowledge.autodesk.com/support/inventor/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/ENU/Inventor-Help/files/GUID-D96F0063-3813-4EED-98FA-C34D3946265C-htm.html. Viitattu 2.2.2023

Babcock & Wilcox. Julkaisuaika tuntematon. https://www.babcock.com/home/products/chemical-process-recovery-pr-boilers#:~:text=Our%20design%20features%20include%3A%201%20Superheater%2C%20generator%20and,smelt%20coverage%20of%20the%20lower%20furnace%20More%20items. Viitattu 4.2.2023

Bracell. 2022. https://www.bracell.com/noticias/bracell-levantou-us-18-bilhao-para-a-maior-e-mais-verde-fabrica-de-celulose-do-mundo/. Viitattu 5.2.2023

Knowpulp julkaisuaika tuntematon. Soodakattila – tiivistelmä. Verkkojulkaisu. Knowpulp.com. https://www.knowpulp.com/www_demo_version/suomi/pulping/general/9_recovery_boiler/frame.htm. Viitattu 5.2.2023

R-taso. 2019. https://r-taso.fi/tuotteet/hoitotasot/. Viitattu 28.1.2023

R-taso 2019. Hoitotasot. Verkkojulkaisu. R-taso.fi. Päivitetty 3.12.2019. https://r-taso.fi/tuotteet/hoitotasot/. Viitattu 28.1.2023

Savonia-ammattikorkeakoulu 2022. Tutustu Savoniaan. Verkkojulkaisu. Savonia.fi, Savonia-ammattikorkeakoulun verkkosivut. Päivitetty 27.1.2022. https://www.savonia.fi/tutustu-savoniaan/. Viitattu 23.1.2023.

Soodakattilayhdistys 2021. Soodakattila. Verkkojulkaisu. Soodakattila.fi. Päivitetty 13.4.2021. https://soodakattilayhdistys.fi/yhdistys/. Viitattu 26.1.2023

Suspended-platform 2021. Boiler maintenance platform. Verkkojulkaisu. Suspended-platform.fi. Päivitetty 12.3.2021. https://www.suspended-platform.com/boiler-platform.html. Viitattu 30.1.2023

Vakkilainen, Esa 2005. Kraft recovery boilers - Principles and practice. E-kirja. Suomen Soodakattilayhdistys r.y.