



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jami Ylihärsilä

MODULAARISEN PURKAINPOHJAN

SUUNNITTELU

Veljekset Ala-Talkkari OY

Tekniikka
2017

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Jami Ylihärtilä
Opinnäytetyön nimi	Modulaarisen purkainpohjan suunnittelu
Vuosi	2017
Kieli	suomi
Sivumäärä	54 + 4 liitettä
Ohjaaja	Osku Hirvonen

Työn aiheena on suunnitella Veljekset Ala-Talkkari OY:lle jousipurkaintyyppinen syöttölaite, jota voidaan käyttää hakkeen, pelletin, turpeen sekä muiden kiinteiden polttoaineiden syöttämiseen polttoainevarastosta keskuslämmityskattilan polttimelle. Yrityksen viimeaikainen suuntautuminen on ollut yhä suurempien keskuslämmityskattiloiden sekä niihin kuuluvien syöttölaitteiden valmistamisessa. Isommat kattilat vaativat myös suuremman määrän polttoainetta, jonka syöttämiseen yrityksellä ei ole ollut aiemmin tarjota tarpeeksi suuren kokoluokan valmista ratkaisua.

Tässä opinnäytetyössä suunniteltava purkainlaite vastaa nimellisteholtaan 300-1000 kW keskuslämmityskattiloiden polttoainetarpeeseen, ja sen päälle tulee voida lastata maksimissaan 120 kuutiota polttoainetta. Kyseisen kokoluokan keskuslämmityskattiloita asennetaan yleisesti esimerkiksi teollisuus- ja maatalousrakennuksiin tai pieniin kaukolämpölaitoksiin.

Suunnittelutyön lähtökohtina ovat edullinen ja kestävä rakenne, monipuolinen muunneltavuus, helppo kuljetettavuus sekä nopea asennus. Lopputuloksena saatiin aikaan tuote, joka on käytännössä tuotantokelpoinen ja täyttää annetut kriteerit.

ABSTRACT

Author	Jami Ylihärsilä
Title	Design of Modular Agitator
Year	2017
Language	Finnish
Pages	54 + 4 Appendices
Name of Supervisor	Osku Hirvonen

The subject of the thesis is to design a new generation spring agitator, which is used to feed wood chip, pellet, turf etc. to the burner head of a biomass boiler. The thesis was made for a company named Veljekset Ala-Talkkari OY. Company has lately expanded its business to bigger and more efficient biomass feeders and boilers. More efficient boilers need more fuel capacity, and at the moment the company does not have big enough production-ready feeder solution for customers' needs.

The device to be designed will response the fuel need of 300 kW to 1000 kW biomass boilers. The maximum load which could be loaded on top of the spring agitator will be 120 m³. Customers who buy this kind of devices, usually heat their own farm buildings or industry halls. The device could also be used in a small-size thermal power plants.

The objective of the design work was to create a low cost, durable and modifiable device, which is easy to maintain and transport. The final result of the thesis is ready for prototyping and it meets all goals of the original requirements.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVALUETTELO

LIITELUETTELO

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

1	JOHDANTO.....	9
1.1	Yritysesittely.....	9
1.1.1	Historiaa.....	9
1.1.2	Nykytilanne.....	11
1.2	Työn tausta.....	12
1.2.1	Työn tavoite.....	14
2	SUUNNITTELUTYÖN TEORIATAUSTAA.....	17
2.1	Tuotekehitysprosessi.....	17
2.1.1	Tuoteidea ja asiakastarpeen rajaus.....	17
2.1.2	Ideointi- ja luonnosteluvaihe.....	18
2.1.3	Suunnitteluvaihe.....	18
2.1.4	Viimeistelyvaihe.....	19
2.2	3D-mallinnus suunnittelun työkaluna.....	19
2.3	Lujuuslaskenta.....	20
2.4	Hitsaus.....	21
2.5	Rakenneteräksset.....	22
3	PURKAIMEN SUUNNITTELU.....	24
3.1	Runkorakenne.....	24
3.1.1	Materiaalivalinnat ja lujuuslaskelmat.....	24
3.1.2	Rakenteen suunnittelu.....	28
3.1.3	Hitsaus.....	29
3.2	Tukijalat.....	30
3.3	Pohja- sekä laita pellit.....	32
3.4	Syöttöruuvit ja voimansiirto.....	33
3.5	Lisävarusteet.....	34

4	VÄLISÄILIÖN SUUNNITTELU.....	38
4.1	Konseptit.....	38
4.1.1	Välisäiliö suoralla lähdöllä.....	39
4.1.2	Välisäiliö pyörivällä ja kulmasäädettävällä lähdöllä.....	40
4.1.3	Välisäiliö kulmasäädettävällä lähdöllä.....	40
5	KULJETUS, ASENNUKSEEN JA HUOLTO.....	43
5.1	Kuljetus.....	43
5.2	Asennus.....	44
5.3	Huolto.....	46
6	JATKOSUUNNITELMAT JA KEHITYSEHDOTUKSET.....	47
7	LOPPUTULOS.....	51
	LÄHTEET.....	54

LIITTEET

KUVALUETTELO

Kuva 1. Ensimmäisen kattilamallin muuraus- ja lämmitysohje /2/	s. 10
Kuva 2. Veto Cont -esitteen kansilehti /3/	s. 12
Kuva 3. Veljekset Ala-Talkkari OY:n valmistama jousipurkain /4/	s. 14
Kuva 4. FEM-analysointia Solid Edge ST7: llä	s. 27
Kuva 5. Runkomoduulit rivissä, yksittäinen moduuliosa ympyröity	s. 29
Kuva 6. Esimerkkikuva tukijalasta	s. 31
Kuva 7. Ajourampit sekä sivuseinään laitakiinnikkeillä asennettu vanerilevy	s. 36
Kuva 8. Toinen kuvakulma ajorampeista ja laitakiinnikkeistä	s. 36
Kuva 9. Välisäiliö suoralla lähdöllä	s. 39
Kuva 10. Kulmasäädettävä välisäiliö	s. 42
Kuva 11. Havainnekuva kuljetuksesta	s. 43
Kuva 12. Kuljetusasento	s. 49
Kuva 13. Puolikkaan purkainpohjan asentaminen asennuslaitteen avulla	s. 50
Kuva 14. Purkainlaitteisto asennettuna lämpökeskusrakennukseen	s. 52
Kuva 15. Purkainlaitteisto asennettuna lämpökeskusrakennukseen, takaviistosta kuvattuna	s. 53
Kuva 16. Ajourampeilla varustetussa mallissa voidaan esimerkiksi kärryllä kipata kauemmas purkainlaitteen päälle	s. 53

LIITELUETTELO**LIITE 1.** Vaatimuslista**LIITE 2.** Ote lujuuslaskemista, osa 1**LIITE 3.** Ote lujuuslaskelmista, osa 2**LIITE 4.** Purkainlaitteen päämitat ja osalista

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

Kesku­lämmitys­kattila	Vesikertoisiin lämmitysjärjestelmiin soveltuva läm­mön­lähde, jonka polttoaineena voidaan käyttää haketta, pellettiä, turvetta, öljyä jne.
Poltin	Kesku­lämmitys­kattilaan asennettava laite, jolla an­nostellaan ilman ja kiinteän polttoaineen suhde pa­lamiselle optimaaliseksi.
Syöttö­laite	Laitteisto, jolla syötetään kiinteää polttoainetta kes­ku­lämmitys­kattilan polttimelle.
Purkain­pohja	Yleisnimitys syöttölaitteille, jotka on rakennettu polttoaineen varastointirakennukseen.
Syöttö­ruuvi	Ruuvikuljetin, joka siirtää materiaalia eteenpäin pyöriessään.
Purkain­lautanen	Jousipurkain-tyyppisen laitteen osa, jonka tehtävänä on pyöriessään kolata polttoainetta syöttöruuville.
Sulkusyötin	Ennen poltinta asennettava laite, joka pitää syöttö­ruuvin putken ilmatiiviinä.
RHS-putki	Yleisnimitys suorakaiteen muotoisille teräsrakenne­putkille (R ectangular H ollow S ections).
Runko­moduuli	Yksi neljästä purkainlaitteen rungon osasta.

1 JOHDANTO

1.1 Yritysesittely

Veljekset Ala-Talkkari OY on Lapuan Hellanmaassa toimiva, yli 60-vuotisen historian omaava metallialan yritys, jonka päätuotteita ovat lämmityskattilat kokoluokassa 30-990 kW, sekä kiinteän polttoaineen syöttölaitteet. Muita yrityksen valmistamia tuotteita ovat traktorikäyttöiset lumilingot sekä hiekoittimet. Yrityksen tontilla sijaitsee myös erillinen koneistamorakennus, joka keskittyy omien komponenttien valmistuksen ohella vahvasti alihankintakoneistukseen. /1/

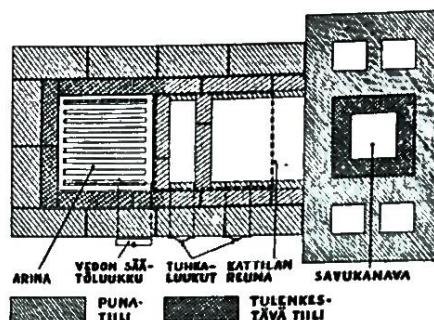
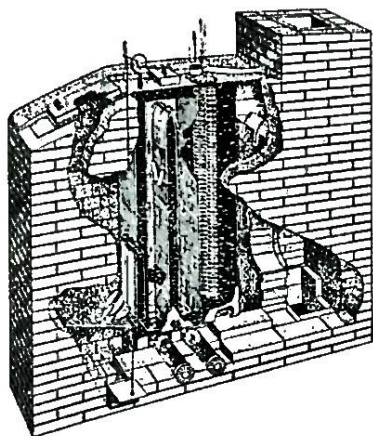
1.1.1 Historiaa

Yrityksen perustivat vuonna 1955 veljekset Eero ja Jussi Ala-Talkkari. Toiminta alkoi Ylihärmän Kankaan kylällä vanhasta liiveristä, jossa valmistettiin aluksi erilaisia maatalouskoneita jatkuvasti koneellistuvan maatalouden tarpeisiin. Ylihärmän kankaan kylä eli vahvaa teollistumisen aikakautta, jolloin kylässä aloitti toimintaansa useita metallialan pienyrittäjiä. Suurin osa muistakin kylän yrityksistä valmisti erilaisia maatalouskoneita, kuten olkilietsoja, kyntöauroja ja äkeitä. Tuotekehityksen piti olla jatkuvaa, koska uudet tuoteideat matkittiin yleensä varsin nopeasti myös naapuriyrityksen tuotevalikoimiin, ja samalla hinnat poljettiin alas.

Varsinainen läpimurto koettiin vuonna 1956, kun toinen veljeksistä rakensi itselleen omakotitalon. Taloon tehtiin tuolloin vesikiertoinen keskuslämmitysjärjestelmä, jonka lämmönlähteenä toimi itse valmistettu keskuslämmityskattila. Kattilan polttoaineeksi kelpasivat puuklapit ja sahanpuru (Kuva 1). Ensimmäisille paikalleen muurattaville kattilapesille löytyi heti asiakaskuntaa omasta kylästä kymmenen talouden verran. Tuotemerkiksi otettiin ”Veto”, ja keskuslämmityskattiloiden myötä lämmitysjärjestelmistä tuli yrityksen kantava tuotepohja vuosikymmeniksi eteenpäin, aina tähän päivään saakka. /2/

VETO - KESKUSLÄMMITYSKATTILAN

muurausohje



POHJAPIIRUSTUS

1. Pohjavarvi muurataan koko alusta lamalleen umpinaiseksi. 2. Muurataan kaksi lamavarvia joihin asennetaan vedonsäätöluukku, ja lisäilmonsäätöventtiilit 3, 4 ja 5, joista voi poistaa tuhkan. Vesivaipat 6 ja 7 muurataan pohjaan saakka ja 8. osittain koska takimmaisena vesivaipan alitse ohjataan vetokanava jota muuraamalla vielä jatketaan kattilan takaseinää hyväksikäyttäen niin korkealle kuin olosuhteet sallivat, mutta ei silti ihan kattilan kannen tasalle asti ja sitten vasta liitetään hormiin. Siis kattilan alusta muurataan pohjapiirustuksen mukaisesti, tämän jälkeen lasketaan kattila paikoilleen, kuitenkin on otettava huomioon että kattilan sivuseinämistä tulee lama ja syrjällään olevan tiilen leveys alhaalta ylös asti (verhomuuraus). Tulipesä kooltaan kattilan levyinen ja 50 sm pituinen muurataan samaan juoksuun verhomuurauksen kanssa ja sama paksuus. Kattila verhoillaan ennen muurata vuorivillalla sivuilta ja päältä. Arina 9. muurataan noin 10 sm ylempiä takapästä (Sivuista ja päältä tiilivarvin päälle). Betonilaatta 10. ja siihen kansiluukku 11, kuten piirros osoittaa.

Huom.! Puhdistusaukon kannen uraan laitetaan hienoa hietaa tai multaa ja sen jälkeen asennetaan kansi paikoilleen.

VETO - KESKUSLÄMMITYSKATTILAN

lämmitysohje

Sahanpurulla, hakkeella tai puulla lämmitettäessä pudotetaan paperikääröpala tai lastutukko pesän pohjalle arinan päälle. Tämän jälkeen kaadetaan kuivaa purua tai pilkettä ja annetaan hyvin syttyä, jonka jälkeen saa kaataa pesän täyteen kasoista tuotua purua tai haketta, jotka ei tarvitse olla kuivia. Puuta käytettäessä pilkkeen pituus korkeintaan pesän levyinen, että pilkkeet sopisivat lamalleen pesän pohjalle. Kun lämpö on noussut 50-70 asteeseen voi vedonsäätöluukun sulkea joten palaminen tapahtuu kytymällä tai hyltymällä. Näin lämmitettäessä pesällinen kestää palaa jopa 15 tuntia ja saadaan tasainen lämpö. Jos savupiippu on pitkä ja veto hyvä voidaan palamista säätää lisäilmaventtiileillä, palamista voi hillitä avamalla hiukan takinmaista säleventtiiliä joka on lähinnä bormia.

Velj. Ala-Talkkari

Ylihärmä, Kangas - Pub. 49

Kuva 1. Ensimmäisen kattilamallin muuratus- ja lämmitysohje /2/

Vuosien kuluessa yritys on siirtänyt kaiken toimintansa hiljalleen Ylihärjän Kankaan kylästä muutaman kilometrin päähän Lapuan puolelle, Hellanmaan kylään, isompiin toimitiloihin. /2/

1.1.2 Nykytilanne

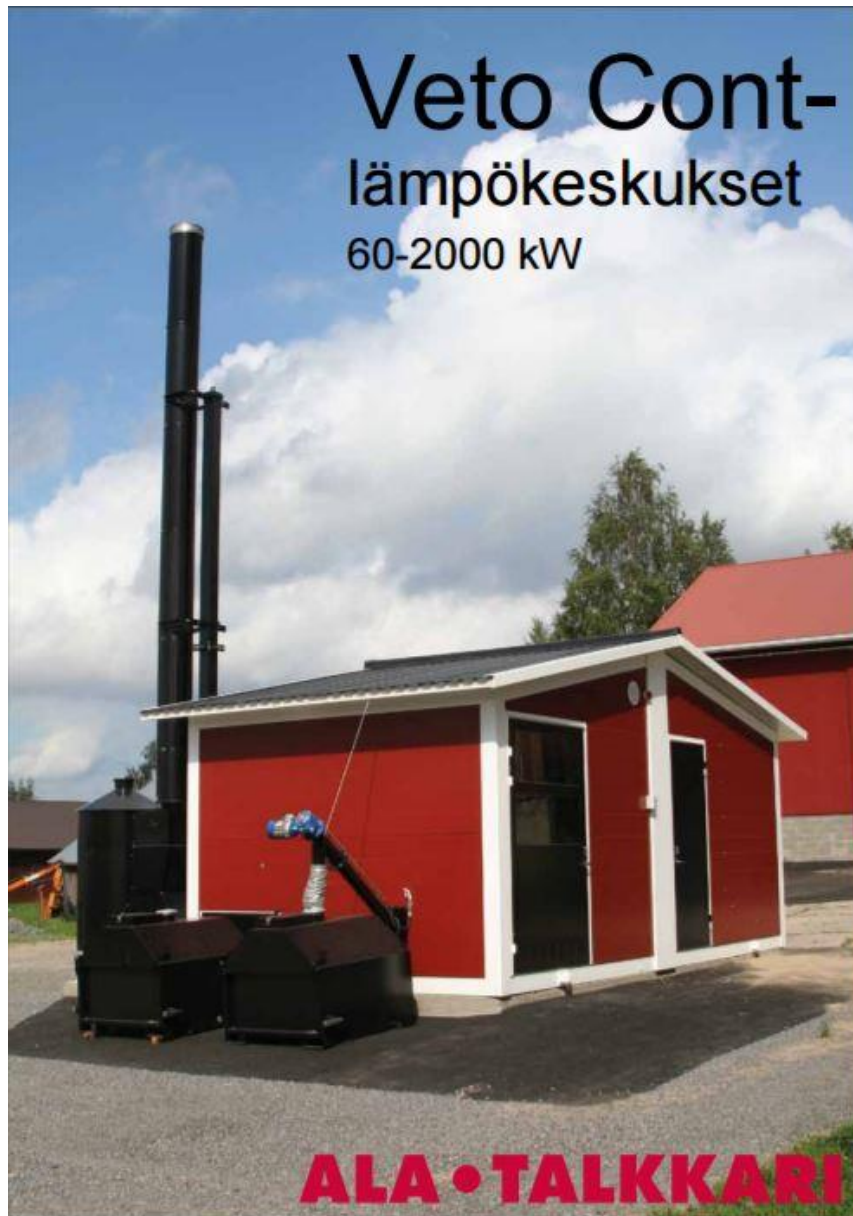
Veljekset Ala-Talkkari OY valmistaa keskuslämmityskattiloita teholtaan 30 – 990 kW niihin kuuluvine syöttölaitteineen. Muita tuotteita ovat Veto Cont -lämpökeskukset kokoluokassa 60 – 2000kW, sekä traktorikäyttöiset V- ja poikittaisruuvimalliset lumilingot sekä hiekoittimet. Veljekset Ala-Talkkari Oy:llä on myös vankka 40 vuoden kokemus alihankintakoneistuksesta erilaisille asiakasryhmille.

Yritys työllistää tällä hetkellä noin 90 henkilöä, jotka työskentelevät pääosin Lapuan Hellanmaan tehtaalla. Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2015 n. 13,8 miljoonaa euroa ja siitä viennin osuus oli n. 45 %. Yrityksen vientikohteita ovat muun muassa Pohjoismaat, Englanti, Saksa, Ranska, Irlanti, Puola, Venäjä, Viro, Yhdysvallat ja Latvia. Veljekset Ala-Talkkari Oy:n asiakkaita ovat pääasiassa kunnat, yritykset, maatilat, teollisuuslaitokset sekä yksityistaloudet.

Veljekset Ala-Talkkari Oy on kehittänyt toimintaansa vuosien varrella ottaen huomioon sekä ympäristön että toiminnan ja tuotteiden laadun. Siitä osoituksena yritykselle on myönnetty vuonna 2004 ympäristösertifikaatti ISO 14001 ja vuonna 2008 laatusertifikaatti ISO 9001. Yrityksen tuotekehitys on ollut huomattavaa saastepäästöjen vähentämisessä; lämmityslaitteet ovat läpäisseet tiukat hyötysuhde- ja päästövaatimukset. Lämmityslaitteita on testattu ympäri Eurooppaa testilaboratorioissa eri polttoainevaihtoehdoilla. /1/

1.2 Työn tausta

Yrityksen viimeaikainen suuntautuminen on ollut yhä suurempien lämmityskattiloiden ja -konttien valmistamiseen. Veljekset Ala-Talkkari OY:n valmistamat Veto Cont- lämpökeskukset ovat valmiita, helposti käyttöönotettavia ratkaisuja maatilojen ja teollisuuslaitosten lämmitystarpeeseen.



Kuva 2. Veto Cont -esitteen kansilehti /3/

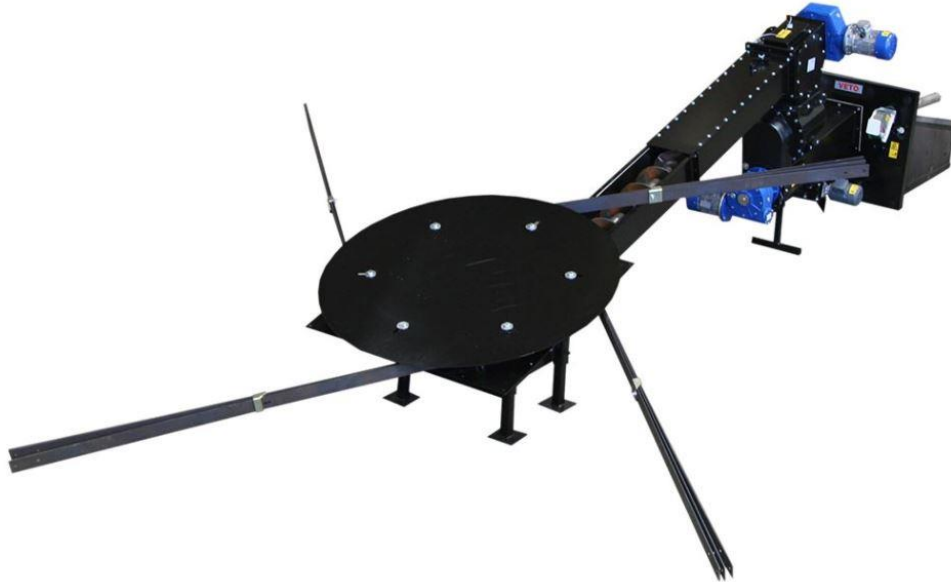
Osa asiakkaista rakentaa kuitenkin lämpökeskusrakennuksen itse, jolloin sinne sovelletaan tilojen mukaan kattila syöttölaitteineen ja oheistarpeineen. Tällaisissa tapauksissa rakennus sisältää yleensä myös polttoainevaraston, johon asennetaan jonkin tyyppinen purkainjärjestelmä.

Tyypillisesti isomman kokoluokan polttoainevarastoihin rakennetaan tankopurkain, jossa siilon pohjalla liikkuvat kolat työntävät laitteiston päälle kasattua polttoainetta syöttöruuville. Syöttöruuvi kuljettaa polttoainetta edelleen kohti kattilan poltinta. Tankopurkain toimii yleensä usealla erillisillä hydraulisylinterillä. Hydrauliikkajärjestelmä sähkömoottoreineen, pumppuineen, sylintereineen ja ohjausventtiileineen on usein varsin kallis ratkaisu. Syöttöruuvien pyörittämiseen käytetään yleensä lisäksi erillistä vaihdemoottoria. Tankopurkaimen etu kuitenkin on, että sellaista käytettäessä voidaan rakentaa melko isoja polttoainevarastoja.

Toinen yleisesti käytetty purkaintyyppi on jousipurkain. Jousipurkaimessa on sähkömoottorilla toimiva vaihdemoottori, joka pyörittää sekä siihen kiinnitettyä lautasta että syöttöruuvia. Lautaseen on kiinnitetty 2-4 kpl jousiteräksestä valmistettuja ”siipiä”, jotka kolaavat lautasen pyöriessä polttoainetta syöttöruuville. Jousipurkaimen etuja on yksinkertaisempi, luotettavampi ja edullisempi rakenne. Hydrauliikkaa ei tarvita koska syöttöruuvien ja lautasen pyöritys tapahtuu yhdellä ja samalla vaihdemoottorilla.

Tässä opinnäytetyössä jatkokehitetään jousipurkain -periaatteella toimivaa kiinteän polttoaineen syöttölaitetta. Veljekset Ala-Talkkari OY:n tuotevalikoimista löytyy sulkusyöttimellä varustettuja jousipurkaimia, jotka asiakas voi haluamallaan tavalla asentaa omiin tiloihinsa. Jousipurkaimen käyttöä rajoittaa kuitenkin yhden lautasen mahdollistama purkauspinta-ala. Käytännössä maksimiala, jolta jousipurkain pystyy polttoainetta kolaamaan, on noin 5 x 5 metriä. Jousipurkaimen toimitus sisältää vaihdetta kannattelevan pukin, mutta ei erillistä ympäröivää runkoa. Asiakkaan tehtäväksi jää siis rakentaa tiloihinsa sopiva pohja, johon laitteisto upotetaan. Jousipurkaimen asennus voidaan suorittaa kahdella tavalla; joko pur-

kainlautanen asennetaan viistoon kulmaan ja lattiapinta tehdään vinoksi, tai sitten pannuhuoneen lattiataason tulee olla alempana kuin siilon puolen lattiataso.



Kuva 3. Veljekset Ala-Talkkari OY:n valmistama jousipurkain /4/

Avoimessa polttoainevarastossa varaston puoli ei luonnollisestikaan ole ilmatiivis, vaan varaston päästessä tyhjäksi, ilma pääsee kulkemaan syöttöruuvien putken kautta poltinpäälle, mikä voi aiheuttaa vaarallisen takapalon. Tästä syystä avoimet polttoainevarastot vaativat aina sulkusyöttimen, jonka tehtävä on pitää syöttöruuvien putki ilmatiiviinä. Säiliömallisissa purkaimissa ei vastaavaa ongelmaa ole, koska ne sisältävät ilmatiiviin kannen, ja näin ollen eristävät säiliötilan ulkoilmalta.

1.2.1 Työn tavoite

Lähtökohtaisesti laite tulee voida asentaa mahdollisimman joustavasti asiakkaan omiin tiloihin. Esimerkkitapaus voisi olla vaikka sellainen, että maatalousyrittäjä päättää toiminnan laajentuessa ja lämmöntarpeen lisääntyessä rakentaa kokonaan uuden lämpökeskuksen. Uusi lämpökeskus voidaan jo rakennusvaiheessa suunnitella siten, että koko purkainlaite sijoitetaan polttoainevaraston päätyseinää vasten

ja upotetaan muun lattiapinnan alapuolelle. Tämän tyyppisessä ratkaisussa koko varastotila voidaan tehdä sen verran pidemmäksi, että polttoainetta pystytään kasaamaan myös laitteen etupuolelle. Kun polttoainekasa hiljalleen katoaa purkainlaitteen päältä, voidaan laitteen eteen kipattua kasaa työntää tietyin väliajoin eteenpäin purkaimen päälle, esimerkiksi kurottajan kauhalla. Tällaisessa ratkaisussa polttoainevaraston kapasiteetti kasvaa parhaimmillaan useisiin satoihin kuutioihin.

Tässä opinnäytetyössä suunniteltavassa laitteessa tulee olemaan erillinen modulaarisesti koottava, omilla tukijaloillaan seisova runko, kaksi purkainlautasta ja -ruuvia, sekä välisäiliö, johon purkaimen ruuveilta tuleva polttoaine kootaan. Laitteen ulkomitoiksi on määritelty 8 x 5 metriä ja korkeus maan pinnasta noin yksi metri. Runkorakenteen tulee kestää kolmen metrin patjan eli 120 kuution polttoainemassan aiheuttama staattinen tasainen kuormitus. Raskain yleisesti käytettävä polttoaine on puupelletti, jonka keskimääräinen massa on noin 650 kg/m³. Näin ollen tasaista kuormitusta kertyy koko rakenteelle maksimissaan 78 000 kg.

Laitteen osat tulee voida valmistaa tehtaalla käytössä olevilla metallintyöstökoneilla, joita ovat mm. laser-levytyöstökeskus, sahaus- ja CNC-jyrsinkoneet sekä särmäys- ja MIG/MAG-hitsauskoneet. Laitteen runko tullaan kokoamaan alustavien suunnitelmien mukaan neljästä erillisestä moduulipalasta. Moduuliosia tulee voida käsitellä hallissa olevalla nostokalustolla, kuten silta- ja puominostureilla sekä trukilla. Yrityksellä on käytössään nykyaikainen maalaamo, jonka maalausradalle pyritään saamaan sopimaan mahdollisimman moni laitteen osa. Isompia maalattavia tuotteita varten tehdasalueelta löytyy myös oma maalaamonsa. Kapaleiden vieminen ja asettelu isompaan maalaamoon on kuitenkin jokseenkin työlästä, joten sen käyttämistä vältetään mahdollisuuksien mukaan.

Suurin osa yrityksen tuotteista liikkuu rekkakuljetuksilla tehtaalta asiakkaille ja jälleenmyyjille. Kaikki muut tuotteet liikkuvat normaalin tavaraliikenteen mukana, mutta kontit vaativat aina erikoiskuljetuksen. Erikoiskuljetukset ovat lähes poikkeuksetta varsin kalliita asiakkaalle. Tässä opinnäytetyössä suunniteltava purkainlaite tulee olemaan leveysmitoiltaan suurempi kuin suurin osa yrityksen

valmistamista lämmityskonteista, mutta modulaarisen rakenteensa takia sen kuljetustilavuus saadaan pieneksi ja kuljetus voidaan järjestää normaalin rahtiliikenteen mukana. Tämä laskee kuljetuskustannuksia merkittävästi.

Yrityksen oma tuotevalikoima on laaja ja asiakkaille kustomoituja osiakin on valmistettu aikojen saatossa runsaasti. Viimeisimmän tiedon mukaan tietokannasta löytyy jo nyt yli 14 000 osaa. Suunnittelutyön yksi tärkeä kriteeri onkin, että pyritään käyttämään mahdollisimman paljon valmiita, tuotannossa olevia komponentteja sekä varastosta löytyviä raaka-aineita. Tämä vähentää osaltaan suunnittelutyön määrää, säästää varastotilaa, sekä yhtenäistää tuoterakennetta. /5/

2 SUUNNITTELUTYÖN TEORIATAUSTAA

2.1 Tuotekehitysprosessi

Tuotekehitysprosessin kuvaus voidaan tulkita monella lailla ja monenlaisilla nimityksillä, mutta pääpiirteittäin tuotesuunnittelun prosessi noudattaa kaikkien lähteiden mukaan samanlaista protokollaa. Seuraavassa on jaoteltu tuotekehityksen osa-alueet eräänlaiseen järjestykseen ideointivaiheesta tuotannon aloitukseen asti.

2.1.1 Tuoteidea ja asiakastarpeen rajaus

Uutta tuotekehitystehtävää aloitettaessa tehdään ensin markkinaselvitys, jossa esitetään tuotteen valmistuksen kannalta tärkeät kysymykset: Mitä asiakas haluaa, millainen tarjonta on kilpailijoilla, miten voimme tehdä paremman tuotteen kuin kilpailija, mitkä ovat meidän uudet ajatuksemme, ketkä ovat tuotteemme kohdeyhmä? Tässä kysymysvaiheessa saatujen vastausten perusteella voidaan määritellä, kannattaako aloittaa uuden tuotteen suunnittelu. Kysymysvaiheen tavoitteena on eliminoida virheelliset ajatukset ennen kuin tuotekehitykseen suunnataan enemmän resursseja.

Tuotekehitys alkaa usein vaatimuslistan laatimisella. Vaatimuslistaan kirjataan mm. seuraavia asioita: mitä ominaisuuksia tuotteella pitää olla, millaiset lainsäädännöt ja turvallisuusmääräykset suunnittelutyötä ohjaavat, mitkä ovat asiakkaan vaatimukset tuotteen ominaisuuksille? Selvitetään myös, mitkä ovat vaatimukset jotka tuotteen pitää *vähintään* täyttää, ja mitkä ovat tuotteen *toivotut* ominaisuudet?

Vaatimuslistan valmistuttua selvitetään teknisiä toteutusmahdollisuuksia ja laaditaan tuotekehityssuunnitelma (toteutussuunnitelma tai -määrittely), jonka pohjalta alkaa varsinainen tuotekehitystyö. Uuden tuotteen tuotto-kustannuslaskelmasta määräytyy tavoitehinta uudelle tuotteelle sekä tuotekehitykseen käytettävissä olevat varat. /6/

2.1.2 Ideointi- ja luonnosteluvaihe

Ideointi- ja luonnosteluvaiheessa tuotetaan ja etsitään ehdotuksia teknisten vaatimusten täyttävän tuotteen rakenteesta, ulkomuodosta ja toimintatavasta. Ideointi- ja luonnosteluvaihe on luovaa työtä, jossa ensin piirretään esimerkiksi käsivaraisesti mahdollisimman paljon luonnoksia ja sitten arvioidaan ja lajitellaan niitä tarpeen mukaan. Ideoita uusiksi ratkaisuiksi voidaan saada esimerkiksi asiakkailta, messuilta, kilpailijoilta tai vaikkapa muulta henkilökunnalta. Luonnosteluvaiheessa voidaan jo tehdä esimerkiksi CAD-suunnitteluohjelmistoilla karkeita, havainnollistavia tietokonemalleja, sekä käyttää hyväksi nykyaikaisia 3D-suunnitteluohjelmistojen animointityökaluja. Ideointivaiheessa pyritään etenemään vielä abstraktilla tasolla, jotta voidaan löytää luovasti mahdollisimman monia erilaisia ratkaisutapoja. Ratkaisumahdollisuuksien kartoittamisen jälkeen valitaan niistä sopivimmat, joilla vaaditut toiminnot saadaan toteutettua. /6/

2.1.3 Suunnitteluvaihe

Luonnostelu- ja suunnitteluvaiheen raja on hieman häilyvä, koska suunnittelun yhteydessä tapahtuu jatkuvasti luonnostelua ja ideointia sen mukaan, kuinka tuote rakentuu loogisesti. Etenkin suuremmissa suunnittelukokonaisuuksissa luonnostelu- ja ideointivaiheessa on joskus vaikeaa hahmottaa kaikkia itse suunnittelutyössä eteen tulevia tuotteen tai tuotekokonaisuuden toiminnallisia vaatimuksia.

Suunnitteluvaihe on kuitenkin pääpiirteisesti se vaihe, kun tuotetaan yksityiskohdalliset suunnitelmat jokaisesta tuotteen osasta ja osakokonaisuudesta. Suunnitelmien pohjalta laaditaan, esimerkiksi konepajateollisuudessa, 3D-mallit joka osasta ja kokoonpanosta, sekä valmistustekniset dokumentoinnit, kuten lujuuslaskennat, materiaalien tarvelistaukset, sekä mitoitus- ja hitsauspiirustukset. Suunnitteluvaiheessa tuotetaan yleensä runsaasti dokumentteja, joten tuotetiedon hallintaan ja suunnittelutyön järjestelmällisyyteen sekä vaiheistukseen täytyy kiinnittää huomiota. Uudet tuotteet perustuvat useimmiten aikaisempiin tuotteisiin, jolloin aikaisemmin tuotetun tiedon ja osaamisen tehokas hyödyntäminen on edellytys kilpailukykyiselle toiminnalle.

2.1.4 Viimeistelyvaihe

Viimeistelyvaiheessa suunnitellaan ja hiotaan valmistusprosessi tuotannollisesti mahdollisimman tehokkaaksi ja taloudelliseksi. Tuotteeseen laaditaan käyttöohjeet ja täydennetään mahdolliset loput tuotedokumentaatiot, kuten asennus- ja kausohjeet. Tuotteen valmistus-, myynti- ja huoltotekniset asiat koulutetaan henkilöstölle, sen mukaan mikä on kenenkin omaa osa-aluetta yrityksessä.

Tässä vaiheessa tuotteesta valmistetaan yleensä myös prototyyppi, sekä suoritetaan prototyypillä tarvittavat testaukset markkinoille saattamista varten. Prototyypin käyttökokemusten perusteella tehdään tarvittavat muutos- ja viimeistelytyöt, jonka jälkeen tuote on valmis markkinoille. Monesti viimeistelyvaiheessa uuden tuotteen julkinen markkinointi on jo alkanut. /6-7/

2.2 3D-mallinnus suunnittelun työkaluna

3D-CAD -mallinnus tarkoittaa tietokoneavusteisesti tehtyä mallinnusta kolmen tilavuusulottuvuuden suhteen. Termi CAD tulee sanoista ”computer aided design”. 3D-mallinnus on otettu käyttöön hyvin monessa yrityksessä rakenne- ja tuotesuunnittelun työkaluksi vanhanaikaisen kaksiulotteisen mallinnuksen tilalle. 3D-mallinnuksen etuina ovat mallinnettävien kappaleiden suhteellisen helppo muokattavuus, nopeus sekä visuaalisuus, niin itse suunnittelijalle kuin tuotteen valmistusketjulle sekä asiakkaallekin. Markkinoilla on useita eri suunnitteluohjelmistojen valmistajia, mutta kaikissa toimintaperiaate on sama. Luodaan piirteitä, jotka pursotetaan halutulla tavalla niin, että niistä muodostuu kolmiulotteisia kappaleita. Pursotettuja komponentteja kokoamalla saadaan aikaan kokoonpanoja tuotteesta kuin tuotteesta, ja joka osasta voidaan helposti ja nopeasti valmistaa valmistuspiirustukset tuotannon tarpeisiin.

3D-mallien sekä ohjelmistoihin liitettyjen lisäosien, kuten renderointitoimintojen avulla voidaan luoda näyttäviä kuvia asiakkaille ja esimerkiksi mainostarkoitukseen. 3D-mallinnuksia voidaan luoda laajassakin mittakaavassa siten, että kevennetään mallit niin sanotuiksi kuorimalleiksi, jotka ovat näyttävän näköisiä, mutta

sisältä ”onttoja”. Tällä tavalla esimerkiksi lämpökeskuksia valmistava yritys voi mallintaa asiakkaan rakennuksen ja suunnitella sen mukaan asennettavan laitteiston kattiloineen ja syöttölaitteineen. Kevennettyjä malleja voidaan pyöritellä sujuvasti tietokoneen näytöllä, ja isommat kokonaisuudetkin pystytään esittämään selkeästi ja tehokkaasti.

3D-suunnittelun apuvälineiksi on luotu erilaisia ratkaisuja, kuten 3D-laserskannereita, jotka asennetaan huonetilaan skannaamaan ympäröivää ympäristöä. Laite tuottaa ympäristöstä esimerkiksi STL-tiedostomuodossa mallinteen, jota voidaan sellaisenaan tai hieman muokattuna käyttää 3D-tuotesuunnittelun apuna, esimerkiksi edellä mainitun kaltaisessa lämpökeskuksen suunnittelussa.

3D-CAD-ohjelmilla tehdyistä mallinnuksista voidaan myös helposti valmistaa prototyyppimalleja 3D-tulostimien avulla. 3D-tulostuksen suosio on jatkuvassa nosteessa ja laitteistot kehittyvät jatkuvasti. Pienten prototyyppiosien valmistamisessa 3D-tulostus on jo omaa luokkaansa, koska se antaa suunnittelijalle vapauksia luoda entistä kevyempiä ja monipuolisempia tuotteita. Prototyyppituote voidaan valmistaa testaustarkoitusta varten suhteellisen nopeasti ilman erillisiä valmistuspiirustuksia, joten toimivuus voidaan todeta saman tien. Toistaiseksi 3D-mallinnus ei hitautensa ja huonon materiaalivalikoimansa vuoksi vielä varsinaisesti sovellu laajamittaiseen massatuotantoon, mutta tulostustekniikoiden kehittyessä, tulostusta voitaneen käyttää tulevaisuudessa myös varsinaisessa tuotannossa nykyistä tehokkaammin.

2.3 Lujuuslaskenta

Lujuusoppi ja lujuuslaskenta on fysiikan ala, joka tutkii kiinteiden kappaleiden käyttäytymistä ulkoisten ja sisäisten kuormien vaikutuksen alla. Yleensä lujuusopin alaan luetaan kuuluvaksi myös esimerkiksi värähtelymekaniikka, materiaalin väsyminen ja murtumismekaniikka. Englanniksi käytetään termejä ”strength of materials” ja ”solid mechanics”. Lujuusopin piiriin katsotaan kuuluvaksi suppeassa mielessä ainakin rakenteiden muodonmuutokset, joihin sisältyy esimerkiksi rakenteen venymä sekä jännitys. Rakenteen muodonmuutos tarkoittaa sen muodon vääristymistä tai paikan ja/tai asennon muutosta. Muodonmuutos voi aiheutua

mekaanisesta kuormasta, mutta myös esimerkiksi lämpökuorma voi aiheuttaa rakenteeseen muodonmuutoksia.

Keskeisiä lujuusopin käsitteitä ovat:

- taipuma
- siirtymä
- pituuden muutos
- venymä ja myötö
- painopiste
- nurjahdus ja lommahdus.

Lujuuslaskelmia tehdään siksi, jotta voidaan välttyä rakenteiden vaurioitumiselta. Rakenteiden vaurioituminen voi pahimmillaan johtaa vakaviin vammautumisiin tai jopa kuolemaan. Siksi lujuuslaskelmat tulee ottaa vakavasti, jotta voidaan varmistua valmistettavan laitteen tai rakenteen olevan aina tarpeeksi turvallinen käyttäjälleen. Lujuuslaskelmissa käytetään yleensä myös jonkinlaista varmuuskerrointa, joka riippuu laitteen käyttötarkoituksesta ja sille asetetuista vaatimuksista. /8/

Lujuuslaskelmia voidaan tarvita myös koneen tai laitteen teknisiksi dokumentaatioiksi, jotta koneelle voidaan laatia EY-vaatimuksenmukaisuusvakuutus. EY-vaatimuksenmukaisuusvakuutuksen laatimisen jälkeen valmistaja voi kiinnittää laitteeseensa CE-merkinnän. CE-merkintä tarvitaan kaikille EU:n alueella markkinoille saatettaville koneille ja laitteille.

2.4 Hitsaus

Suuri osa konepajateollisuuden teräsrakenteista kootaan nykyään hitsaamalla. Hitsauksella tarkoitetaan osien liittämistä yhteen hyödyntäen lämpöä ja/tai puristusta siten, että osat muodostavat hitsaamisen jälkeen jatkuvan yhteyden toisiinsa. Hitsauksessa voidaan käyttää hitsausprosessista riippuen lisäainetta, jonka sulamispiste on suunnilleen sama kuin perusaineen sulamispiste.

Useimmissa hitsausprosesseissa hyväksi käytetty lämpö muodostaa hitsisulan, joka jäähtyessään jähmettyy hitsiksi ja liittää osat toisiinsa. Yleisimmin käytettyjen

hitsausprosessien lämmönlähde on valokaari, ja niitä kutsutaankin kaarihitsausprosesseiksi. Sähköenergia muutetaan elektrodina olevan sulavan lisäainelangan ja työkappaleen välissä palavan valokaaren avulla lämmöksi. Valokaari tarkoittaa kaasussa tapahtuvaa sähköpurkausta. Hitsaamisen onnistumiseksi tarvitaan riittävän korkea lämpötila ja suuri lämpömäärä, joka voidaan kehittää nopeasti ja tehokkaasti valokaaren avulla. Valokaaren lämpötila vaihtelee hitsausprosessin mukaan ja voi olla korkeimmillaan kymmeniä tuhansia asteita.

Hitsaustapahtuma pitää suojata ympäröivältä atmosfääriltä, varsinkin ilman sisältämältä hapelta ja tyveltä, jotka haurastuttavat hitsin ominaisuuksia. Hitsaustapahtuma voidaan eristää ympäröivältä ilmalta erilaisin keinoin, joista tavallisimpia ovat MIG/MAG-, TIG- ja plasmahitsauksessa käytetty suojakaasu, tai puikko- ja jauhekaarihitsauksessa hitsin päälle lisäaineesta muodostuva kuona. MAG-täytelankahitsauksessa hitsauslanka on sisältä ontto ja sen sisällä on jauhe, joka muistuttaa hitsauspuikon päällystettä. Täytelankaa kutsutaankin osuvasti ”nurinpäin käännettyksi hitsauspuikoksi”. Tavallisin hitsausprosessi konepajateollisuudessa on MIG/MAG-hitsaus, koska se on edullinen, helppo ja nopea hitsaustapa, sekä sillä saadaan aikaan yleensä riittävät lujuusominaisuudet teollisten metallituotteiden valmistamiseen. Hitsaaminen ei terminä koske pelkästään metallituotteiden valmistusta, vaan hitsaamisella voidaan tarkoittaa myös esimerkiksi termoplastisten muovien liittämistä toisiinsa. /9/

2.5 Rakenneteräkset

Rakenneteräkset ovat luultavasti maailman käytetyin yksittäinen materiaalityyppi. Ne ovat useimmiten seostamattomia tai niukasti seostettuja teräksiä, joiden hiilipitoisuus on yleensä noin 0,12-0,20 %, eli ne ovat matalahiilisiä. Rakenneteräksiä käytetään kaikkialla elinympäristössämme, kuten erilaisten rakennusten runkorakenteissa, silloissa sekä koneissa ja laitteissa. Rakenneteräksiä valmistetaan suurtuotantona ympäri maailmaa. Rakenneterästen rinnalle on kehitetty myös useita kilpailevia teräksiä.

Standardin SFS-EN 10020:2000 *Teräslajien määritelmät ja luokittelu*, teräkset on jaettu seostamattomiin ja seostettuihin teräksiin seosainepitoisuuksiensa ylärajan mukaan. Rakenneteräkset jaotellaan lisäksi vielä hitsattaviin, koneteräksiin ja painelaiteteräksiin. Seostamattomien terästen myötöraja on välillä 185-360 MPa (megapascal) ja murtolujuus 310-690 MPa. Rakenneteräksiä valmistetaan levyinä ja nauhoina, tankoina, profiileina, takeina ja valuina. Rakenneteräksiä koskevia materiaalistandardeja löytyy useita, esimerkiksi SFS-EN 10025-1-6. /10/

3 PURKAIMEN SUUNNITTELU

Ensimmäisessä vaiheessa tutustuttiin jousipurkainlaitteen toimintaan ja pohdittiin laitteen runkorakennetta. Kun ajatukset alkoivat selkiytyä, piirrettiin muutamia alustavia luonnoksia paperille käsivaraisesti. Seuraavassa vaiheessa paperille syntyneistä luonnoksista mallinnettiin karkeita 3D-konseptimalleja yrityksen suunnitteluosaston käytössä olevalla Solid Edge ST7 -ohjelmistolla. Konseptimalleihin haettiin oman ideoinnin ohella jonkin verran ideoita ja ajatuksia myös yrityksen suunnittelupuolen henkilöiltä. Konseptimallin valinta tehtiin jo varhaisessa vaiheessa, ja yhdestä tehtiin havainnollistava karkea kokoonpanomalli. Seuraavana pidettiin palaveri, johon kutsuttiin paikalle henkilöstöä suunnittelun, oston, myynnin sekä tuotannon puolelta. Palaverissa kerättiin ideoita ja ajatuksia tuotantomallia varten, sekä varmistettiin, että kaikilla on tieto siitä, millaista tuotetta aletaan suunnitella. Tuotteelle asetetuista toiminnallisista vaatimuksista laadittiin palaverin yhteydessä vaatimuslista (LIITE 1).

3.1 Runkorakenne

Runkorakenne on laitteen tärkein, kantava osa. Sen suunnittelussa tulee ottaa huomioon monia asioita liittyen materiaalivalintoihin, sekä itse rungon muotoon ja rakenteeseen.

3.1.1 Materiaalivalinnat ja lujuuslaskelmat

Seostamattomat rakenneteräkset ovat mm. konepajatuotteissa ja teräsrakenteissa yleisimmin käytettyjä raaka-aineita. Yleisimmät teräslajit hitsatuissa rakenteissa ovat tänä päivänä S355-lujuusluokan teräksiä. Rungon valmistusmateriaaliksi valittiin pohjamaalattu RHS-suorakaideputkipalkki, joka soveltuu mainiosti tämän kaltaisiin runkorakenteisiin. Seostamattomien RHS-putkipalkkien saatavuus on hyvä, ne ovat jäykkiä ja kestävät hyvin kuormitusta, sekä niitä on helppo käsitellä, sahata ja hitsata. Suorakaideputkipalkki kestää pystysuuntaista rasiitusta enemmän kuin vaakasuuntaista, joten valinta on tämän tyyppisen laitteeseen oikea. Lähes

kaikki laitteeseen kohdistuva rasitus tulee ylhäältä päin, joten vaakasuuntaista rasitusta ei tarvitse juurikaan arvioida. Valmiiksi pohjamaalattu putkipalkki kestää hyvin korroosiota ja parantaa laitteen säänkestoa sekä pitää ulkonäön siistinä pitkän aikaa, vaikka maalausvaiheessa jokin paikka jäisikin epähuomiossa maalaimatta.

Rungon rakenne suunniteltiin alkuvaiheessa valmistettavaksi ristikkäisistä toisiinsa nähden viistossa olevista RHS-putkista, jolloin materiaalia olisi mennyt vähemmän, rungon ollessa kuitenkin jäykkä. Putkiosien sahaaminen sekä rungon hitsauskokoontaminen koettiin kuitenkin sen verran hankalaksi, että runko muutettiin perinteiseksi suorakulmaiseksi malliksi. Tässä rakenteessa putkiosat ovat helposti sahattavissa ja hitsauskokoontaminen on yksinkertaisempaa. Myös runkoon aiheutuvien rasitusten arvioiminen helpottuu, kun putket ovat samansuuntaisesti tai kohtisuorassa toisiinsa nähden.

Rungon rasituksia arvioitiin taipuman perusteella. RHS-putken maksimitaipumaksi määriteltiin 1 mm/ metri syöttöruuvien kohtaan ja muualle hieman enemmän. Taipuma laskettiin pellettikuorman aiheuttamalla tasaisella kuormituksella, joka laitteen koko pohja-alalle (40m^2) kasattuna kolmen metrin patjana olisi tilavuudeltaan 120 kuutiota. Kerrottuna pelletin kuutiomassalla (650 kg/m^3), kuormitusta tulisi 78 000 kiloa. Newtoniksi muutettuna ($78\ 000\text{ kg} * 9,81\text{ m/s}^2$) saadaan 765 180 N eli 765 kN.

Laitteeseen asennettavia tukijalkoja ei voida asentaa joka paikkaan tasaisin välein, koska syöttökourujen ja vaihteen kohdasta rungon täytyy olla avoin. Taipumaa täytyy siis arvioida siten, että otetaan rungosta pisin yksittäinen tukijalaton väli ja lasketaan siihen kohtaan aiheutuvat rasitukset. Tässä tapauksessa tukijalat asetettiin mahdollisimman tasaisin välein paikoilleen, rungon muodot huomioon ottaen. Kun tukijalkojen paikat oli valittu, etsittiin rungon pisin tukijalaton väli, jonka putkipalkit joutuvat kantamaan. Sen jälkeen laskettiin, paljonko suurin sallittu pellettikuormitus aiheuttaa yksittäisen palkin kohdalle kuormitusta. Kuormituksen selvittyä arvioitiin, montako muuta palkkia rungon suunnitteluluonnoksessa kantaa aiheutuneen kuormituksen kyseisessä kohdassa, sekä laskettiin niiden taipu-

man arvo (LIITTEET 2-3). Polttoainemassan aiheuttama kuormitus on tasaista, joten laskennassa käytettiin seuraavaa kaksitukisen palkin taipumakaavaa:

$$f_m = \frac{5}{384} * \frac{q * l^4}{E * I} \quad (1)$$

jossa

f_m = palkin taipuma [mm]

q = palkille aiheutuva kuormitus [N/mm]

l = palkin pituus [mm]

E = kimmomoduuli [$\frac{N}{mm^2}$]

I = neliömomentti [mm⁴]

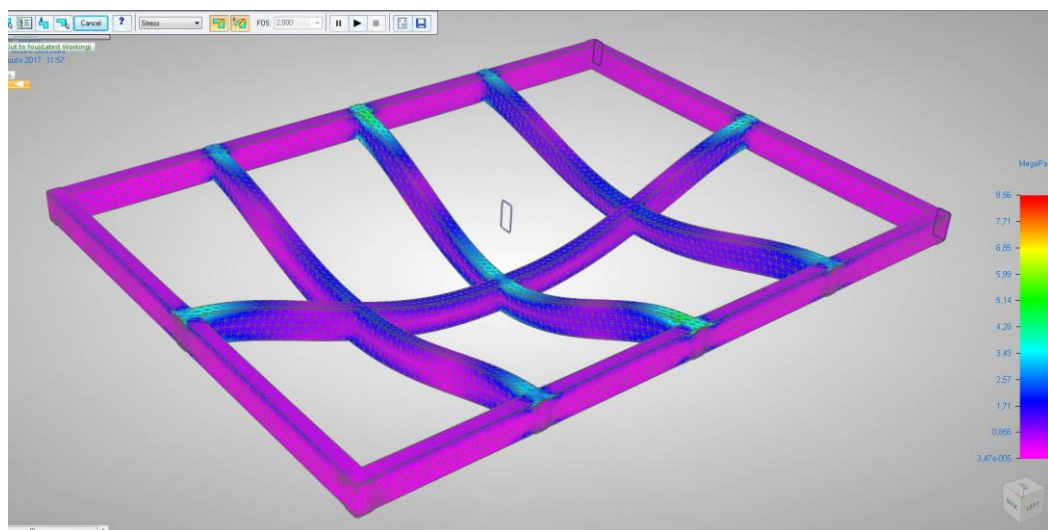
/11-12/

Rungon taipumaa laskettiin usealla eri palkkikoollla ja eri seinämävahvuuksilla. Valinnan yhteydessä kartoitettiin myös, minkälaisia putkipalkkeja yritys käyttää tällä hetkellä muissa tuotteissaan ja mikä on kustannustehokkain putkipalkkivalinta kyseiselle laitteelle. Runkorakenteen materiaaliksi valittiin RHS-suorakaideputki 120 x 60 viiden millin seinämävahvuudella. Kuuden millin seinämävahvuudella ja samalla putkikoollla rakenteesta olisi saatu hieman jäykempi, mutta koska kyseistä putkikooloa ei käytetä muissa yrityksen tuotteissa, päädyttiin käyttämään hieman ohuemmalla seinämällä olevaa putkea. 120 x 60 x 5 RHS-suorakaideputkipalkille löytyy yrityksen ERP-järjestelmästä valmiiksi nimike, joten erillistä nimikettä tilausta varten ei tarvinnut tehdä eikä materiaali tarvitse omaa uutta varastopaikkaansa.

Laskentojen perusteella yksittäisten putkipalkkien kohdalla ilmeni jonkin verran taipumaa suurimmalla sallitulla pellettikuormituksella, mutta koska runkorakenne on ristikkomainen, voidaan olettaa myös poikittaissuuntaisten putkien kantavan kuormaa siten, että taipuma vähenee lasketuista arvoista. Jää harkittavaksi, kan-

nattaako eniten taipuviin rungon kohtiin lisätä tukijalat, mikäli laite myytäisiin puhtaasti pellettikäyttöön. Hakkeella ja muilla kevyemmällä polttoaineilla rungon taipuma pysyy minimaalisena eikä haittoja aiheudu. Tukijalkoja on helppo lisätä jälkeenpäin, poraamalla runkoon halutulle kohdalle neljä reikää ja asentamalla tukijalka pulteilla paikalleen.

Paperilaskelmien lisäksi tehtiin karkea 3D-testausmalli samasta rungon kohdasta kuin mistä laskettiin paperille taipumat. Solid Edge ST7:n FEM- laskentamoduulilla simuloitiin kyseiselle alalle aiheutuvaa kuormitusta, jotta saatiin suuntaa runkoon aiheutuvista pahimmista rasituskohdista. FEM-kuva osoittaa todeksi arviot siitä, että testauskohteena olevasta rungon osasta kovimmalla rasituksella on keskimäinen poikkitukipalkki.



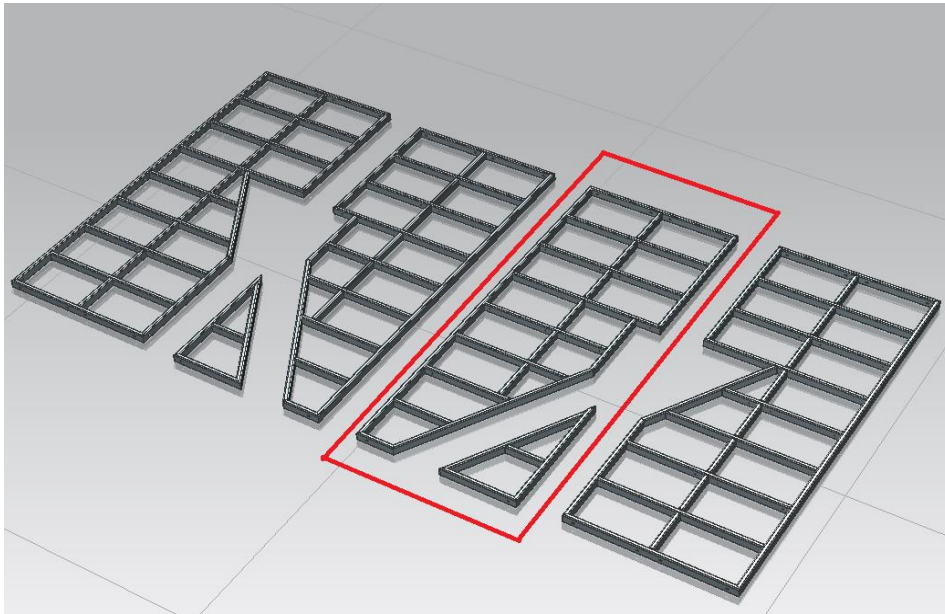
Kuva 4. FEM-analysointia Solid Edge ST7: llä

Lujuuslaskelmia ja muita suunnitteluteknisiä dokumentointeja käytetään jatkossa hyväksi ”teknisinä dokumentteina” siinä vaiheessa, kun laitteelle laaditaan EY-vaatimuksenmukaisuusvakuutus sekä asetetaan CE-merkintä.

3.1.2 Rakenteen suunnittelu

Jo ennen kuin materiaalivalinta oli tarkentunut lopulliseensa, runkorakennetta alettiin mallintaa. Aluksi jokainen neljästä, kooltaan 5 x 2 -metrisestä runkomoduulista mallinnettiin yhtenä kiinteänä osana, jotta saatiin hahmoteltua, miten rungon moduuliosat sopivat toisiinsa ja miten tukijalat tulisi sijoittaa runkorakenteeseen järkevästi. Koska laitteen kuljetustilavuus pitää olla mahdollisimman pieni, jouduttiin toisen runkomoduulin yksi kulma tekemään erillisenä palana. Näin ollen moduuliosia on tarkemmin eritellen rungon puolikkaassa kolme erilaista, eli kokonaisen purkainlaitteen runkoon tarvitaan kuusi osaa (Kuva 5). Kun osat sopivat kokoonpanossa yhteen ja lopputulokseen oltiin tyytyväisiä, aloitettiin mallintamaan putkiosia valitulla putkipalkkimateriaalilla yksi kerrallaan. Joka putkesta tehtiin 3D-malli ja mittapiirustus sahausta varten, jonka jälkeen niistä koottiin uusi kokoonpanomalli.

Koska laite on symmetrinen, voitiin tehdä vain kaksi erilaista runkomoduulia sekä erillinen pienempi kulmapala. Putkipalkista hitsatut runko-osat ovat laitteen toiseen puoliskoon täsmälleen samanlaiset, joten kokoamisvaiheessa ainoastaan pohjapellit sekä nostokorvat hitsataan toiselle puolelle. Runkoputkiin pitää porata reiät tukijalkojen kiinnitystä varten, joten porausten paikat piti mitoittaa jokaiseen putkeen erikseen. Jokainen putkipalkki hitsataan rungon kokoonpanohitsauksessa huolellisesti ympäri asti siltä varalta, ettei vettä pääse missään olosuhteissa valumaan putkien sisälle. Laite tulee olemaan kylmässä tilassa, joten mikäli vettä pääsee putkien sisälle, se voi jäätyessään aiheuttaa putkipalkin repeytymisen.



Kuva 5. Runkomoduurit rivissä, yksittäinen moduuliosa ympäröity

3.1.3 Hitsaus

Runkorakenteeseen kohdistuva rasitus on suurimmilta osin staattista, joten hitsausseamojen tarkempaan analysointiin ei käytetty resursseja sen enempää, kuin mitä hitsausliitosten perusmitoitus vaati. Tärkeimpinä asioina runkomoduulien hitsauksessa tulee ottaa huomioon pienahitsien riittävän a-mitan toteutuminen, ympäri hitsattujen hitsien ehdoton tiiveys sekä ylipäätään se, että kaikki hitsit on mahdollista hitsata. Tärkeänä seikkana voidaan pitää myös sitä, että runkoon johdetaan lämpö mahdollisimman tasaisesti hitsaustyön yhteydessä, rungon vääntymisen estämiseksi. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että hitsauksen kanssa edetään rauhallisesti eri paikoista hitsaten, välttämällä liiallista lämmöntuontia yhteen kohtaan. Sulahitsauksessa liitoksen alue sulaa noin 1500 asteessa ja kaikki lämpö, mikä jää työkappaleeseen, säteilee johtumalla perusaineeseen sekä ympäröivän atmosfääriin. Pääosin hitsauskokoontamisen onnistumisessa luotetaan hitsaajan ammattitaitoon käsitellä isokokoisia terästuotteita niiden vaatimalla tavalla.

Yrityksessä hitsataan lähes kaikki tuotteet MIG/MAG -hitsauskoneilla, joten hitsausprosessin valinta oli tämänkin laitteen osalta varsin selvä. Nyrkkisääntönä

voidaan pitää, että hitsisauman a-mitta tulee olla vähintään liitettävien kappaleiden ohuemman levyn paksuuden verran. Tässä tapauksessa suurin osa hitsaustyöstä on putkipalkkien toisiinsa liittämistä, joiden materiaalivahvuus on molemmissa liitettävissä kappaleissa sama. A-mitaksi valittiin näin ollen 5 mm, putkipalkkien seinämävahvuuden mukaan. Hitsien mitoituksessa suuntaa haettiin varmuuden vuoksi myös Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys RY:n julkaisusta ”Hitsauksen Materiaalioppi osa 2”. /13/

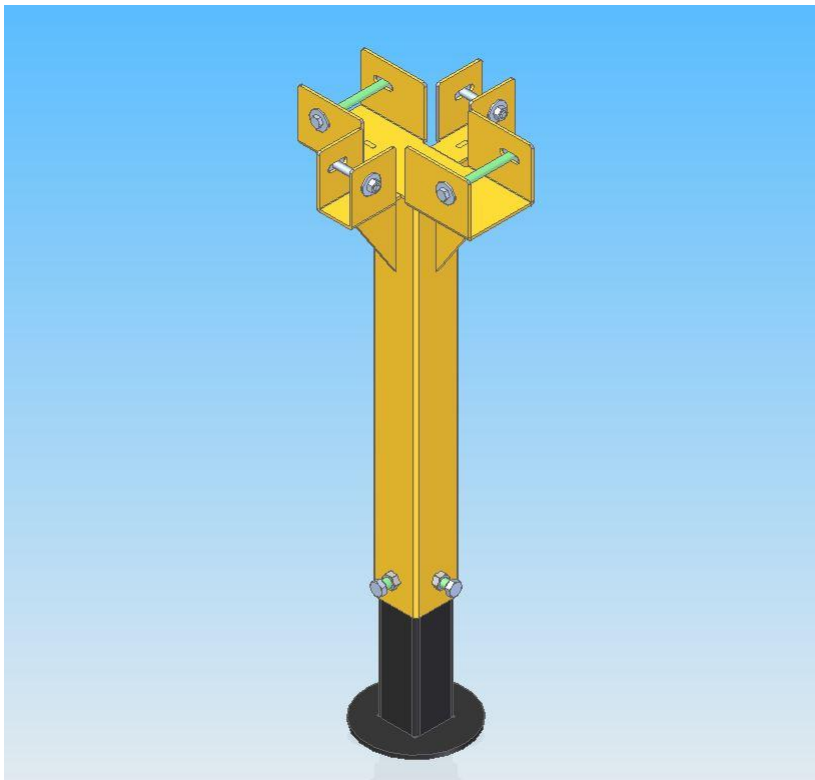
Runkoon kiinnitetään vaihdemoottoripaketti, joka toimii purkainpohjan voimallähteenä. Vaihdemoottoripaketti on kiinni 16 millia vahvassa teräslevyssä, joka pultataan runkoon kiinni. Levyn kiinnittämiseksi runkoon täytyy tehdä tartunta-laipat. Laippoja tehtiin kaksi erilaista, molempiin runkomoduulin puolikkaisiin oma mallinsa. Laipat ovat oma hitsauskoonpanonsa, jotka koostuvat tukikolmioista ja laippaosasta. Materiaaliksi valittiin riittävän jäykkyyden takaamiseksi 8-millinen s235jrg2-teräslevy, jonka leikkaus onnistuu vielä yrityksen käytössä olevalla laser-levytyökeskuksella. Tukikolmioiden hitsaamisen helpottamiseksi niihin on tehty kohdituspykälät, joilla osat osuvat aina tarkasti kohdilleen hitsauskoonpanon yhteydessä.

3.2 Tukijalat

Tukijalat ovat tärkeä osa laitetta. Niiden tulee olla kuljetustilavuuden minimoimiseksi irrotettavia, mutta samalla tarpeeksi tukevia paikalla ollessaan. Tukijalkojen tehtävänä on myös sitoa rungon moduuliosat kiinni toisiinsa. On selvää, että yksi ainoa tukijalkamalli ei sovi rungon joka kohtaan, joten tukijalkamalleja jouduttiin suunnittelemaan lopulta viisi erilaista. Koko purkainpohjaan asennetaan yhteensä 19 tukijalkaa. Laitteen korkeus tulee olla säädettävissä, joten tukijaloista pitää tehdä kaksiosaiset. Tämä tarkoittaa sitä, että on kaksi RHS-putkea, joista toinen on sen verran pienempi, että se pääsee liikkumaan ulomman jalkaputken sisällä. Ulkoputkessa on hitsattuna kaksi M16-mutteria, joihin on ruuvattu pultit. Niitä käytetään apuna laitteen kasausvaiheessa, kun korkeutta säädetään kohdilleen. Pulttien sisempään jalkaputkeen aiheuttama puristusvoima ei riitä, kun laitteen päälle aletaan kuormata polttoainetta, joten kun korkeus on saatu kohdilleen,

jalkaputki hitsataan aina laitteen asennuksen yhteydessä ympäri asti, tai varmistetaan läpipultilla.

Tukijalkojen yläpäihin kantataan levystä ”pannat”, joilla tukijalat liitetään RHS-putkirunkoon. Kiinnityksessä käytetään tukijalan mallista riippuen 3-4 kappaletta M12-läpipultteja. Kantattavat pannat sekä niihin tulevat tukikolmiot valmistetaan laser-levyntyöstökeskuksella. Hitsaamisen helpottamiseksi levyosiin tehdään kohdistuspykäliä ja niihin sopivat vastareiät, joiden avulla levyosat sopivat aina kohdalleen. Samalla hitsauksen läpimenoaika nopeutuu, kun ylimääräinen mittaaminen ja kohdistaminen jää pois. Pantojen pultinrei’istä tehdään soikeat ja hieman suuremmat, jotta asennustilanteessa on enemmän pelivaraa osien sopivuudessa runkomoduuleihin.



Kuva 6. Esimerkkikuva tukijalasta

Tukijalkojen nurjahdusriski oli jo ennalta arvioidenkin minimaalisen pieni, mutta varmuuden vuoksi sekin kuitenkin laskettiin. Tuennan oletettiin olevan toisesta päästään jäykkä ja toisesta liukuva, joten laskennassa käytettiin nurjahdustapausta ”Euler III” (LIITE 3).

$$F_n = 2,046 * \frac{\pi^2 * E * I}{l^2} \quad (2)$$

jossa

F_n = nurjahdusvoima [N]

E = kimmokerroin [N/mm]

I = neliömomentti [mm⁴]

l = sauvan todellinen pituus [mm]

/11/

3.3 Pohja- sekä laitapellit

Kun runkomoduulit oli saatu valmiiksi ja niistä oli tehty tarvittavat mittapiirustukset, aloitettiin pohjapeltien suunnittelu. Levyntyöstökeskuksen maksimilevykokojen puitteissa yhden 2 x 5 -metrisen moduulin pellitys voitiin tehdä neljällä pohjapellillä. Materiaaliksi valittiin S235jrg2 3 mm kuumavalssattu peltilevy, koska kyseinen levypaksuus on tarpeeksi jäykkää pohjamateriaaliksi, mutta kuitenkin tarpeeksi kevyttä hitsaajan käsiteltäväksi. Lisäksi siinä pysyy maali paremmin pinnassa kylmävalssattuun 2-milliseen verrattuna. Pellit mallinnettiin runkomoduulien päälle, jonka jälkeen niihin tehtiin tulppahitsausta varten 5 x 30 mm kokoisia aukkoja tasaisin välein. Näin peltien kiinnitys saatiin hitsarille helpoksi, ja lopputuloksesta tulee siistin näköinen.

Vaihde sähkömoottoreineen painaa yli 200 kg. Sähkömoottorilta vaihteen kautta välittyvä vääntömomentti on niin suuri, että vaihteen kiinnityksen täytyy olla todella jäykkä ja kestävä. Materiaaliksi valittiin s235jrg2 16-millinen teräslevy, joka kiinnitetään runkoon kahdellatoista M16 10.9-lukkokantapulteilla. Lukkokantapulttien upotusta varten levyyn tehdään neliön muotoiset reiät, joihin pultin kanta ottaa kiinni. Levy valmistetaan alihankintana, koska yrityksen käytössä olevan oman laser-levytyökeskuksen maksimileikkauspaksuus on 8 mm.

Sivulaidat ja niiden tarve riippuu asennuskohteesta. Ensimmäiseen prototyyppi-laitteeseen tehdään matalat pulttikiinnitteiset peltilaidat, joilla voidaan suorittaa testiajoja ja, jotka verhoilevat laitteen ulkomuodon siistimmäksi mahdollisia messuesittelyjä varten. Peltilaidat valmistetaan 3 mm peltilevystä levytyökeskuksella. Laidan ylä- sekä alaosaan tehdään kanttaukset siistimmän ulkomuodon sekä laidan jäykkyyden lisäämiseksi.

3.4 Syöttöruuvit ja voimansiirto

Jo ennalta määriteltiin, että laitteeseen tulee kaksi halkaisijaltaan 200 mm syöttöruuvia, jotka osoittavat molemmat viistosti yhteen pisteeseen laitteen ulkopuolelle. Kahden 200-millisen ruuvin polttoaineen siirtotilavuus riittää mainiosti. Pienempää syöttöruuvia ei laitteeseen kannata laittaa, koska mikäli muussa syöttölaittejärjestelmässä käytetään 200-millisiä syöttöruuveja, voi siirtotilavuus käydä liian pieneksi *siinä tapauksessa*, että vain laitteen toista puoliskoa käytetään polttoaineen syöttämiseen.

Tehtaalla valmistettavien syöttöruuvien halkaisijat ovat 95, 125, 160 sekä 200 millia. Syöttöruuvi koostuu akseliputkesta, vaihdekohtaisesta akselisoitteesta sekä ruuvilehdestä. Ruuvilehti hitsataan akseliputkeen pyörittäjää apuna käyttäen.

Ruuvi pyörii syöttökourun sisällä. Kouruelementtejä löytyy valmiina useita erilaisia ja eri pituuksia. Kourujen molemmissa päissä on laipat, joilla eri pituisia kouruelementtejä voidaan koota tarvittavan pituiseksi kokonaisuudeksi. Tässä laitteessa päätettiin käyttää kahta 1500 mm pitkää hyväksi todettua 6-kanttista kouruelementtiä, joihin löytyy valmiina kaikki tuotetieto niiden valmistusta varten.

Vaihteiksi valittiin kaksi kappaletta STM:n valmistamaa CBPP 180-matopyörävaihdetta, jollaisia käytetään yrityksen valmistamassa 16-kuutioisessa säiliöpurkaimessa. Vaihte on todettu käytössä lujaksi ja luotettavaksi. Vaihteen voimanlähteeksi valittiin kaksi 1,1-kilowattista 3-vaihesähkömoottoria, joita ohjataan Siemensin Simatec S7-logiikkalähdöistä. Ala-Talkkarin valmistamissa syöttölaite-kattilakokoonpanoissa on yhteinen kosketusnäyttöpaneelilla varustettu ohjauskeskus, josta ohjataan myös kaikkia laitteiston siirto- ja syöttöruuveja. Vaihteeseen voidaan asentaa myös 1,5kW tai 2,2kW sähkömoottori, koska kaikissa on saman kokoinen kiinnityslaippa. Moottorit pyritään optimoimaan mahdollisimman taloudelliseksi, joten tästä syystä prototyyppeihin asennetaan teholtaan pienemmät moottorit. Kun laite on valmis, suoritetaan testiajo täyteen kuormattuna ja mitataan virran kulutus. Mikäli moottorit todetaan liian pieniksi, vaihdetaan tilalle 1,5-kilowattiset.

Moottorit ovat pitkäikäisiä, mutta huolto- tai vaihtotarpeeseen pitää kuitenkin varautua. Runko on suunniteltu siten, että moottorin saa vaihdettua ilman vaihteen irrotusta, joten mikäli moottoriin tulee vika, voidaan kontata purkainlaitteen rungon alle ja vaihtaa tilalle helposti uusi moottori.

Vaihteen ja syöttöruuvien välissä on ketjukytkin, joka antaa periksi pienet epäsuoruudet ruuvien ja vaihteen välillä. Ketjukytkin on valmisosa, jota käytetään useissa yrityksen valmistamissa tuotteissa. Myös kytkintä ympäröivään kotelo-osaan löytyy valmiit 3D-mallit ja mittapiirustukset.

3.5 Lisävarusteet

Koska purkainpohja asennetaan asiakkaan omiin tiloihin, täytyy myös esimerkiksi sivulaitojen rakentaminen mahdollistaa siten, että laite tukeutuu ympäröivän rakennuksen seiniin tiiviisti. Tästä syystä rungon sivuihin tehtiin säädettävät palkkikengät, joihin on mahdollista kiinnittää esimerkiksi ”kakkosnelonen” M8-lukkokantapulteilla kiinni. Kakkosnelosten päälle voi laittaa ruuveilla kiinni vaikka vanerilevyt, jolloin asiakas voi rakentaa haluamansa muotoiset ja -levyiset laidat omiin tiloihinsa sopiviksi. Palkkikenkien säätöalue on pystyasennosta 90 astetta sivulle. Purkainlautasen jouset vaativat noin 40 cm pystysuoraa seinää ennen

kuin laita voidaan lähteä levittämään viistosti ylöspäin. Siksi laidoissa on aina kiinteää pystysuoraa osuutta 40 cm. Suoran laitaosuuden takia purkainlautasen jousi pysyy laitojen sisällä eikä pomppaa polttoaineen loppuessa laidasta yli. Laitojen pystysuoran osuuden pellit mallinnettiin ja niihin tehtiin reiät pulttikiinnitystä varten. Peltien kiinnitys tapahtuu asennuspaikalla M8 x 30 pulteilla.

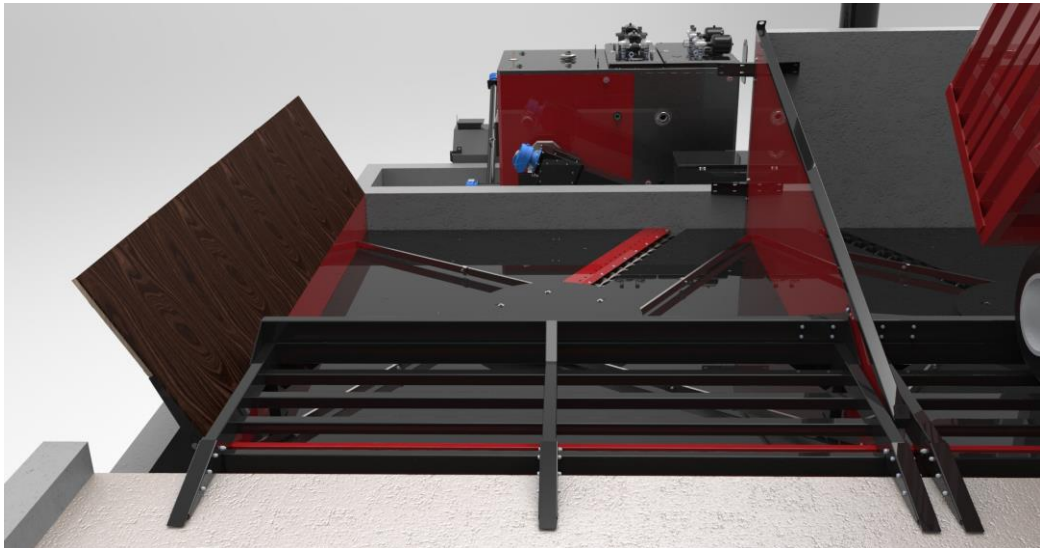
Palkkikengän tilalle voi vaihtaa kahden pultin irrotuksella myös levykiinnikkeen, jolloin siihen voidaan kiinnittää suoraan peltilevy tai vanerilevy poraruuveilla tai läpipulteilla. Ajatuksena on, että palkkikengä toimii alustana suurempikokoisille lisälaidoille, joiden levyt vaativat jäykisteeksi puupalkeista tehdyn rungon. Levykiinnikettä puolestaan voidaan käyttää, kun laita tarvitsee rakentaa vain hie-man laitteen omaa runkoa leveämmälle, eikä jäykistävää puurunkoa tarvita alle.

Laitteen uppoasennusta sekä päätyyn sijoittamista ajatellen, siihen mallinnettiin myös ajorampit, joiden avulla esimerkiksi traktorin peräkärryllä voidaan kipata kasa kauemmaksi purkaimen päälle kuin normaalisti. Rampit ovat hyvä varuste myös, mikäli traktorin etukuormaajalla halutaan työntää polttoainekasaa mahdollisimman kauas takaseinää vasten. Kun traktorilla ulotutaan työntämään pidemmälle, saadaan polttoainetta mahtumaan kerralla enemmän purkaimen päälle.

Yksi ajoramppi on kahden runkomoduulin levyinen, eli kokonaisuudessa, kahdella lautasella varustetussa purkainpohjassa on kaksi ajoramppia. Ajoramppien päät on viistetty mahdollisten törmäyksien aiheuttamien iskujen ehkäisemiseksi. Törmääminen voi tapahtua esimerkiksi, jos traktorin kauhalla työnnetään lattiaa vasten lisää polttoainetta laitteen päälle.

Ajoramppien väliin mallinnettiin myös korkeampi, viisto väliseinä. Väliseinä tehtiin viistoksi, jotta perävaunun peräylitys ei ota väliseinään kippaustilanteessa. Viistous myös vähentää väliseinän sekä kaluston rikkoutumisriskiä, mikäli esimerkiksi edellä mainitun esimerkin kaltaisesti kasaa työnnetään traktorilla edemmäs, ja kauha ottaa vahingossa väliseinään. Väliseinä koostuu RHS-rungosta, johon on tulppahitsattu molemmin puolin neljä peltiä. Väliseinän molemmissa päissä on käsittelyä ja asennusta helpottavat nostokorvakkeet. Väliseinä kiinnitetään

toisesta päästä ajorampeihin erillisellä kiinnikkeellä, sekä toisesta päästä kahdella samanlaisella kiinnikkeellä rakennuksen seinään.



Kuva 7. Ajorammit sekä sivuseinään laitakiinnikkeillä asennettu vanerilevy



Kuva 8. Toinen kuvakulma ajorampeista ja laitakiinnikkeistä

Väliseinän pääasiallisena tarkoituksena on estää purkainjousien ottaminen yhteen, mutta se myös jakaa purkainlautaset ja – ruuvit omiin osastoihinsa. Näin ollen

laitteella voidaan tarvittaessa syöttää kahta eri polttoainetta. Toiseen puoliskoon voidaan laittaa esimerkiksi pellettiä ja toiseen haketta. Vaihtoehtoisesti toiseen puoliskoon voidaan laittaa kuivaa haketta suurta lämmön tarvetta varten ja toiseen hieman tuoreempaa ja kosteampaa normaalikuormitusta varten. Syöttöruuvit lautasineen ovat logiikkaohjattuja ja molemmille voidaan asettaa omat itsenäiset pyörintä- ja taukoarvonsa. Eri polttoaineita voidaan näin ollen halutessa sekoittaa monella eri tavalla.

Purkaimen ruuveissa on pitkä avoin osuus, johon hake pääsee valumaan. Pitkä avoin osuus voi aiheuttaa sen, että polttoainemassa tumppaantuu liian tiiviiksi siinä vaiheessa, kun ruuvien avoin osuus loppuu. Ruuvi saattaa tällöin tukkiutua ja laukaista sähkömoottorilta lämpöreleen. Tumppaantumisen estämiseksi on kaksi vaihtoehtoa; joko syöttöruuvien kierreosan nousua harvennetaan kourun umpinaisen osan kohdalla, tai vaihtoehtoisesti säädetään ruuvien täyttymistä sen päälle asennetulla kuristuslevyllä. Tässä tapauksessa päädyttiin tekemään kuristuslevyt, jotka kiinnitetään pulteilla syöttökourun reunaan. Kuristuslevy on valmistusteknisistä syistä kaksiosainen ja sen alaosa on muotoiltu kolmiomaiseksi syöttökourun tilavuuden pienentämiseksi. Päällyslevy kiinnitetään alaosaan pulteilla. Alaosaan tehdään levytyökeskuksella kierreveto, joten muttereita ei tarvita ylä- ja alaosan kiinnittämiseksi toisiinsa.

4 VÄLISÄILIÖN SUUNNITTELU

Purkainlaitteen syöttöruuvit osoittavat viistosti toisiaan kohden. Ruuvien kohtauspaikkaan tarvitaan välisäiliö, josta polttoaine siirretään eteenpäin yhdellä Ø200 mm syöttöruuvilla. Välisäiliön tulee olla helposti asennettava ja siinä pitää olla säätövaraa moneen suuntaan. Koska purkainlaitteen asennus voidaan toteuttaa usealla eri tavalla, niin pinta- kuin uppoasennuksenakin, täytyy huomioida, että välisäiliö soveltuu mahdollisimman monenlaisiin asennuskohteisiin. Säiliössä täytyy olla helppokäyttöinen tarkistusluukku, josta pystytään helposti tarkastamaan laitteiston toiminta.

4.1 Konseptit

Välisäiliöstä tehtiin kolme erilaista konseptia, joita viimeisin hyväksyttiin tuotantoon. Suunnittelun lähtökohtana olivat helppokäyttöisyys sekä varmatoiminen rakenne. Suurin huomioon otettava seikka on, että kaikenlaatuiset käytettävät polttoaineet putoavat purkainlaitteen ruuveilta säiliön pohjalla olevalle siirtoruuville holvaantumatta. Holvaantuminen tarkoittaa ilmiötä, jossa polttoaine pakkautuu säiliön seinämiä vasten niin tiiviisti, että se ei putoa enää painovoimaisesti alaspäin. Holvaantumista esiintyy yleensä kartiomallisissa säiliöissä. Nyrkkisääntö on, että kartiomallisessa säiliössä tulisi olla vähintään yksi suora seinämä, ja muut seinät voivat olla viistoja. Mitä loivemmaksi viistot seinät pystytään tekemään, sen pienempi on holvaantumisriski.

Toinen tärkeä asia on säiliön ilmatiiveys. Syöttölaitteisto täytyy olla mahdollisimman ilmatiivis joka kohdasta takapaloriskin minimoimiseksi. Siksi esimerkiksi syöttökouruelementtien liitoksissa on aina tiivisteet, joiden kunto tulee varmistaa ajoittain. Välisäiliön laippaliitosten tiivistämisen lisäksi, tarkistusluukun kannessa pitää olla tiiviste. Kokemuksen perusteella sopivin tiivisteratkaisu tarkistusluukkuun on yrityksen valmistamissa stokereissa käytetty muotokumitiivistenauha, jota aiotaan tässäkin tapauksessa käyttää.

4.1.1 Välisäiliö suoralla lähdöllä

Ensimmäinen konsepti oli suoralla kourulähdöllä varustettu välisäiliö, jossa on helppokäyttöinen, lukoilla varustettu tarkistuskansi. Kansi tehtiin hieman viistoksi, jotta huoltoaukko saatiin mahdollisimman suureksi. Säiliö seisoo kolmen korkeussäädettävän tukijalan varassa. Kolme tukijalkaa on yleensä tukevampi vaihtoehto kuin neljä jalkaa, mikäli alustassa on vähänkään epätasaisuutta.

Suoralähtöisessä välisäiliössä on konsepteista yksinkertaisin rakenne ja vähiten osia, koska esimerkiksi kouruosa on kantattu samasta levyistä säiliön etuseinän jatkoksi. Säiliön kouruosan muoto on samanlainen kuin sen jatkoksi liitettävien kouruelementtien muoto. Kourun toisessa päässä on UNC-208 -laippalaakeri, johon siirtoruuvien päähän sorvattu akseli sopii kiinni. Kanteen on asennettu kaasujouset, joiden varassa kansi pysyy turvallisesti auki tarkistusten ja huoltojen ajan. Siirtoruuvi voidaan asentaa edestä katsoen lähteväksi joko oikealle tai vasemmalle, yksinkertaisesti laakerilaipan paikkaa vaihtamalla. Säiliön valmistusmateriaali on S235jrg2 3-millistä teräslevyä ja Solid Edgen massalaskenta näyttää säiliön painoksi noin 200 kiloa. Tästä konseptista tehtiin valmiit mallit, joista voidaan tarvittaessa tehdä mittapiirustukset valmistusta varten.



Kuva 9. Välisäiliö suoralla lähdöllä

4.1.2 Välisäiliö pyörivällä ja kulmasäädettävällä lähdöllä

Tässä konseptissa on hyvät säätömahdollisuudet kaikkiin suuntiin. Sen lisäksi että siirtoruuvien lähtökulmaa voidaan säätää 20 astetta ylä- tai alaviistoon, kourulähtö myös pyörii 360 astetta. Välisäiliön jatkoksi tulevassa sulkusyöttimessä on myös ympäripyörivä yläosa, joten välisäiliön ja sulkusyöttimen ei tarvitsisi olla samassa linjassa toisiinsa nähden. Tämä mahdollistaisi syöttölaitteiston asentamisen entistä moninaisempiin asennuskohteisiin.

Ympäripyörivän säiliön alaosa saattaa käydä huonompilaatuisilla polttoaineilla kuitenkin liian ahtaaksi, jolloin holvaantumisriski on mahdollinen. Tämän tyyppinen välisäiliö toimisi luultavasti moitteetta, mikäli polttoaineena käytettäisiin pellettiä tai hyvälaatuista puuhaketta. Toinen huomioon otettava seikka on säiliön tiiveys. Mitä enemmän liikkuvia osia, sen monimutkaisempaa on säiliön tiivistys. Tästä konseptista tehtiin 3D-mallit säiliön yläosasta, mutta tukijalkojen toteutus jätettiin ajan puutteessa lyijykynäluonnosten tasolle.

4.1.3 Välisäiliö kulmasäädettävällä lähdöllä

Kolmas konsepti on kompromissi kiinteälähtöisen sekä pyörivälähtöisen välisäiliön väliltä. Kourulähdön kulman säätö on säiliön asennuksen kannalta helpottava tekijä, joten kolmas konsepti toteutettiin siten, että kourun lähtö on käännettävissä 20 astetta ylä- tai alaviistoon. Mallina käytettiin kiinteälähtöisen välisäiliön rakennetta, jota muokattiin siten, että kouruelementti on erillinen oma komponenttinsa. Kolmas konsepti valittiin toteutuskelpoiseksi, joten siitä tehtiin 3D-mallien lisäksi myös valmistukseen käytettävät mittapiirustukset. Solid Edge ST7:n masalaskenta ilmoittaa välisäiliön painoksi 249 kiloa.

Kulmasäädettävässä välisäiliössä koko säiliön pohjalla olevan ruuvien osuus on näkyvissä, joten se toimii myös karkeammalla ja huonompilaatuisella polttoaineella ilman holvaantumisvaaraa. Säiliön yläosassa on avattava kansi jota kaasujouset pitävät pystyssä. Säiliö seisoo ensimmäisen konseptimallin tapaan kolmella korkeussäädettävällä tukijalalla, mutta erona on, että taaimmainen tukijalka on

teleskooppimallinen ja saranoitu siten, että sen voi kiinnittää halutessaan myös rakennuksen seinään. Mikäli lämpökeskuksen lattia on valettu kahteen eri tasoon ja säiliö pitää asentaa korkeammalle, voidaan siihen asentaa helposti myös pidemmät tukijalat. Säiliö voidaan siis asentaa samalle tasalle purkainpohjan kanssa tai vaihtoehtoisesti alemmalle lattiatasolle, lämpökeskusrakennuksesta riippuen.

Mikäli välisäiliö asennetaan ylemmäs kuin normaalisti, siihen on saatavilla kolmeen eri korkeuteen säädettävä porrasaskelma sekä tartuntakahvat, joista käyttäjä voi ottaa tukea avatessaan säiliön kannen. Säiliön kannen kaasujousten paikat on mitoitettu siten, että kansi aukeaa kevyesti ja sen aukeama on riittävä. Kanteen on laitettu ergonominen muovinen avauskahva, josta kansi voidaan avata ja sulkea helposti. Kannen tiivisteenä käytetään muotokumitiivistettä.

Kouruosan kulman säätö tapahtuu löysäämällä kourusta neljä pulttia sekä säiliön sisällä olevien liikkuvien sivupeitelevyjien pultit. Kun tarvittava kulma on säädetty, kiristetään pultit ja tiivistetään kourun saumat liimatiivistemassalla. Asennuksen jälkeisen tiivistyksen, säiliön tehdaskokoonpanovaiheen, sekä loppukäyttäjän huoltotoimenpiteiden helpottamiseksi, säiliön alaosaan on tehty pulttikiinnitteinen luukku, joka avataan irrottamalla luukku kiinni pitävät M8-koon pultit. Luukun sekä kourun säätöpulttien peitteeksi on tehty koristepelti yrityksen logolla, joka verhoilee säiliön ulkonäöllisesti paljon siistimmäksi. Lisäksi purkaimelta tulevien kourun päiden kiinnittämiseksi, säiliöön on tehty pysty- ja sivusuunnassa 50 mm säädettävät kouruyhteet, jotka helpottavat ja nopeuttavat asennusta paikan päällä.

Säiliöosaan on kiinnitetty rajakatkaisin, jota ohjataan logiikalla siten, että syöttöruuvi sammuu aina kun käyttäjä avaa kannen. Säiliöosan sivuun on tehty paikka myös ultraäänianturille. Ultraäänianturilla ohjataan säiliön pohjalta lähtevää siirto-ruuvia siten, että kun säiliöön on tullut purkaimen ruuveilta tietty määrä polttoainetta, ruuvi lähtee kuljettamaan polttoainetta eteenpäin kohti sulkusyötintä. Ultraäänianturilla varmistetaan osaltaan myös säiliön ilmatiiveys, koska jos välisäiliössä on aina tietty määrä polttoainetta, ilmaa ei pääse merkittävästi polttoainemas-
san läpi syöttöruuvin putkeen, mikäli käy niin että, purkainpohjan päältä loppuu

polttoaine. Tämä pienentää jälleen osaltaan mahdollisesta takapalosta aiheutuvaa tulipalovaaraa.

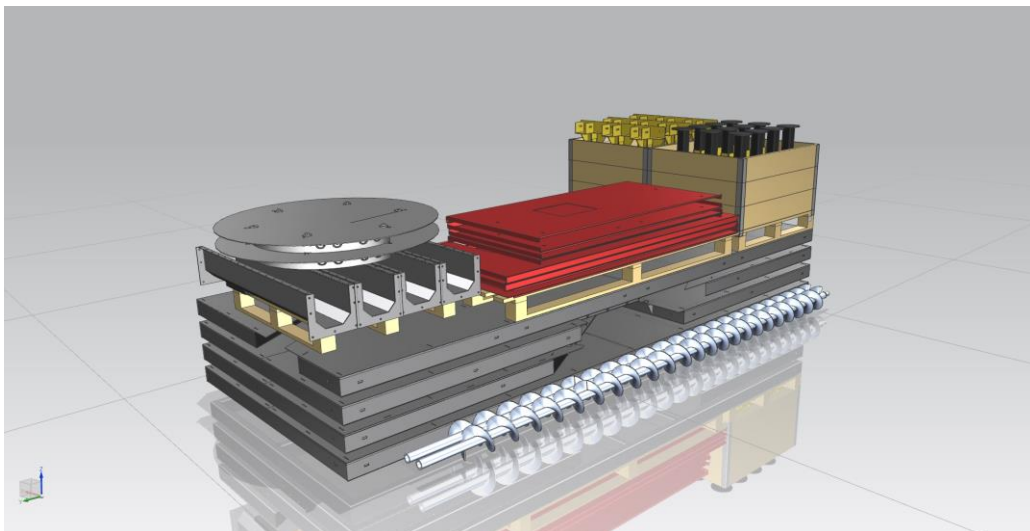


Kuva 10. Kulmasäädettävä välisäiliö

5 KULJETUS, ASENNUS JA HUOLTO

5.1 Kuljetus

Purkainpohjan suunnittelun lähtökohtina olivat edullinen ja vähän rahtitilaa vievä kuljetus sekä helppo asennus. Laite mahtuu moduuleihin purettuna kuorma-auton lavalle. Runkoelementit voidaan kasata päälletysten ja muut osat, kuten tukijalat, vaihteet ja lautaset mahtuvat trukkilavoille. Tehtaan oman kolmeakselisen kuorma-auton lavaosa mitattiin, jonka jälkeen koottiin kaikki purkainpohjaan tarvittavat komponentit kokoonpanomalliksi ja todettiin, että kuormatila riittää laitteen kuljetukseen mainiosti.



Kuva 11. Havainnekuva kuljetuksesta

Kuljetuksen purku asiakkaan luona tapahtuu joko kuorma-auton kappaletavarano-
nosturilla tai asiakkaan omalla nostokalustolla. Tukijalat, lautasten osat, välisäiliö
ja muut komponentit pakataan trukkilavoille, joten ne ovat käsiteltävissä lastaus-
ja purkupaikalla, esimerkiksi trukilla. Runkoelementit sekä syöttöruuvit sidotaan
suoraan auton lavalle kiinni. Jokaiseen purkainpohjan osaan jota ei ole ihmisvoim-
in mahdollista tai järkevää nostaa, on tehty paikat kierteellisille irrotettaville

nostolenkeille. Esimerkiksi rungon moduuliosassa, kooltaan 5 m x 2 m, on joka kulmassa vahvistetut nostokohdat, joihin voidaan ruuvata nostolenkit kiinni. Nostolenkkien paikat on pyritty laittamaan niin, että kappaleet ovat aina mahdollisimman tasapainossa nostotilanteessa.

5.2 Asennus

Purkainpohjan asennus tapahtuu siten, että ensimmäinen runkoelementti nostetaan kuorma-auton kyydistä pois, jonka jälkeen se lasketaan hyvälle työskentelykorkeudelle. Tukijalat asennetaan pulteilla runkoon, kulmista aloittaen. Riippuen valitusta laitamallista, tässä vaiheessa voi olla järkevää laittaa myös runkoon kiinnitettävät säädettävät laitakiinnikkeet paikoilleen. Kun runkomoduulissa on tukijalat ja mahdolliset laitakiinnikkeet paikoillaan, se nostetaan asennuspaikkaan ja säädetään tukijaloissa olevilla kiristyspulteilla korkeus kohdalleen. Runko asennetaan suoraan vatupassia apuna käyttäen. Säätövaiheessa voidaan runkomoduulia nostaa tarvittavasta kulmasta joko nosturilla ylöspäin, tai tunkkia apuna käyttäen alhaaltapäin.

Kun ensimmäinen moduuli on asennettu suoraan, voidaan nostaa nosturilla seuraava moduuli paikoilleen. Tukijalassa on runkopalkit yhteen sitova panta, jonka avulla seuraava runkomoduuli asettuu aina tiiviisti edelliseen kiinni. Runkomoduulit sidotaan toisiinsa kiinni M12x140 -läpipulteilla, joille on porattu valmiit reiät pitkittäisiin runkoputkiin. Jälleen tarkistetaan rungon suoruus vatupassilla, ja sen jälkeen nostetaan seuraava moduuli paikoilleen. Näin jatketaan, kunnes kaikki neljä moduulia ovat tukevasti paikoillaan ja säädettyinä oikeaan korkeuteen. Lopuksi jokaisen tukijalan ulko- ja sisäputket hitsataan toisiinsa ympäri asti vähintään a-mitalla 5, koska tukijalkojen kiristyspulttien voima ei riitä, mikäli laitteen päälle lastataan maksimimäärä polttoainetta.

Seuraavassa vaiheessa kiinnitetään vaihteen levyt rungon päälle. Levyyn ruuvataan nostolenkki, jonka jälkeen se nostetaan paikoilleen ja kiinnitetään M16x45 10.9 kupukantapulteilla runkoon kiinni. Kiristysmomentiksi on määritetty konealan suunnittelukirjallisuudesta löytyvien taulukoiden perusteella 305 Ncm. /14/ Kun levyt ovat paikoillaan ja kiristettynä, työnnetään molemmat vaihteet mootto-

reineen rungon alle. Vaihteeseen kiinnitetään nostolenkit, jonka jälkeen vaihde moottoreineen nostetaan levyn reiän läpi nostoketjulla levyn alapintaa vasten, ja kiristetään pultit. Kiinnityksessä käytetään M16x40 -pultteja.

Vaihteen akseliholkkiin asennetaan napa, jonka kiinnitys varmistetaan alapuolelle tulevalla M12-pultilla. Kun molemmat vaihteet napoineen on asennettu, voidaan niiden päälle nostaa lautaset. Lautaset kiinnitetään jälleen M16x40 -pulteilla.

Tässä vaiheessa voidaan asentaa alapuolelta syöttökourut sekä ketjukytkin paikoilleen. Ketjukytkin työnnetään vaihteen akseliin ja kiristetään, jonka jälkeen vaihteeseen kiinnitetään ketjukytkimen suojakotelo. Seuraavana voidaan asentaa ensimmäinen syöttökouru paikoilleen. Poistetaan ensimmäinen kourun kohdan tukijalka, nostetaan kouru paikoilleen, asennetaan tukijalka takaisin ja porataan pintapeltiin reiät kourua varten. Kourun kiinnitys tapahtuu M8x20-lukkokantapulteilla. Toinen kouru asennetaan samalla tavalla ensimmäisen jatkoksi. Kourut sidotaan toisiinsa kiinni laippaliitoksella.

Seuraavassa vaiheessa, ennen jousisiipien ja päällyslautasen asennusta, kannattaa asentaa laitapellit kiinnikkeineen sekä väliseinä paikalleen. Laitapellit kiinnitetään esiporattujen reikien kohdista laitakiinnikkeisiin kiinni joko läpipulteilla tai poraruuveilla. Tässä vaiheessa voidaan myös mahdolliset lisävarusteena saatavat ajorampit nostaa paikoilleen ja säätää korkeus kohdalleen.

Seuraavana työnnetään syöttöruuvit kouruihin, sekä asennetaan jousisiivet ja lautasen päälly levy paikoilleen. Mikäli asiakas on valinnut laitakiinnikkeet palkkikengillä, voi hän tehdä tässä vaiheessa haluamansa laitarakenteet puusta laitteen sivuille. Tärkeätä on kuitenkin muistaa rakentaa ympäröiviin laitarakenteisiin huoltoluukku, josta päästään laitteen alle tekemään mahdollisia huoltotoimenpiteitä. Viimeisenä tehdään moottoreihin sähkökytkennät ja varmistetaan, että lautaset ja ruuvit pyörivät oikeaan suuntaan.

Välisäiliö asennetaan nostamalla se paikoilleen, säätämällä tukijaloilla korkeus oikeaksi, ja kiinnittämällä kouruyhteet purkaimelta tuleviin kouruihin. Seuraavana säädetään säiliön pohjalta lähtevän siirtoruuvien kourun kulma sopivaksi ja sovite-

taan sulkusyöttimen ja säiliön väliin tuleva kouru paikoilleen yhdessä sulkusyöttimen kanssa. Kaikkiin kourujen liitoskohtiin asennetaan tiivisteet väliin. Välisäiliön alaosasta avataan huoltoluukku, jonka kautta pursotetaan tiivistemassa kourun saumoihin. Huoltoluukkuun laitetaan tiiviste väliin ennen sen takaisinkiinnittämistä. Kun säiliö, sulkusyötin, sekä niiden välinen kouru ovat paikoillaan, pujotetaan väliruuvi kouruun sulkusyöttimen päästä. Ruuvin sulkusyöttimen puoleiseen päähän asennetaan lopuksi vaihde ja sähkömoottori kiinni.

5.3 Huolto

Laite on suurimmilta osin huoltovapaa. Ajoittain tehtäviä tarkastuksia ovat mm. syöttöruuvin ja -kourun kuluneisuus, vaihteen öljyvuodottomuus sekä pulttien kireys. Runko tarkastetaan muiden tarkistusten yhteydessä silmämääräisesti rasi-
tusrasvaturmien varalta. Välisäiliön pulttien kireys, kannen ja laippojen tiivisteiden kunto, päätylaakerin kunto sekä väliruuvin kuluneisuus tulee myös tarkistaa ajoittain. Välisäiliön päätylaakeri pitää rasvata säännöllisesti.

6 JATKOSUUNNITELMAT JA KEHITYSEHDOTUKSET

Purkainpohjasta saatiin aikaan toimiva tuote, josta valmistetaan prototyyppi. Prototyypin valmistuttua laitteesta kootaan toinen puolikas Veljekset Ala-Talkkari OY:n tehtaan piha-alueelle, jossa suoritetaan testiajot. Yritys on testauttanut aikojen saatossa laitteitaan monilla eri tahoilla, joten varastosta löytyy valmis logiikkaohjauskeskus, jolla laitetta voidaan koeajaa joko jatkuvalla pyörityksellä, tai erilaisilla syöttö- ja taukoajoilla. Testaustilannetta varten tehtaalle tilataan traktoriormallinen haketta, joka kuormataan purkainpohjan päälle kurottajalla. Tarkoituksena on selvittää etenkin sähkömoottorin tehon riittävyys mittaamalla virran kulutusta. Muita testauksessa selvitettäviä asioita ovat suurin mahdollinen ruuvin läpi tuleva polttoainemäärä sekä kourun kuristuslevyn riittävän pituuden varmistaminen.

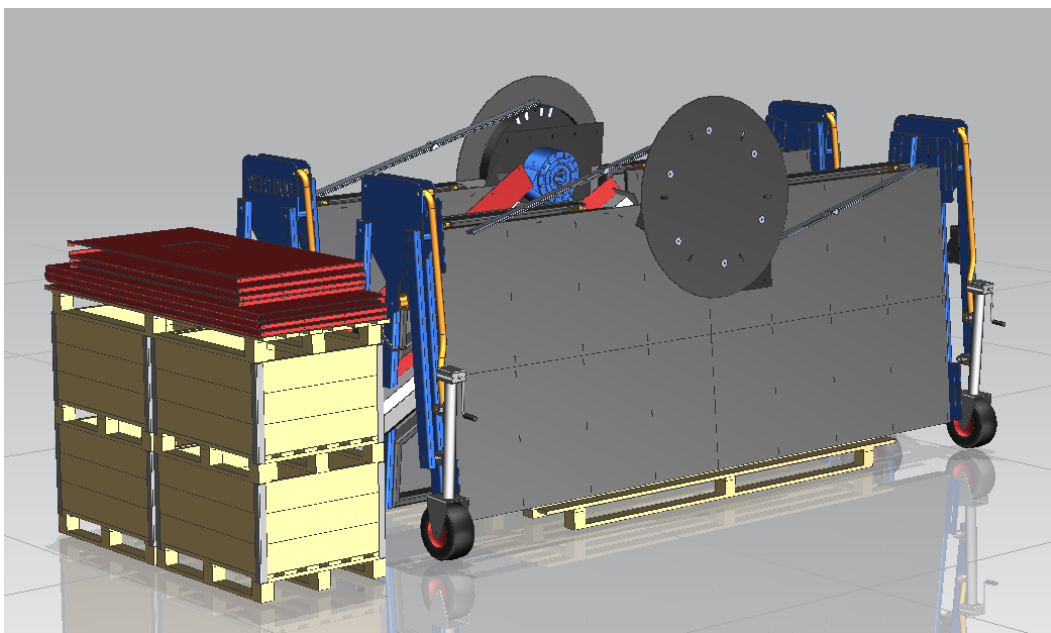
Ensimmäinen kehityskohde on rungon valmistamisessa. Runkomoduuileissa on useita eripituisia putkia, joiden paikat pitää mitata ja merkitä ennen hitsausta. Myös ristimitta pitää aina varmistaa. Seuraavaksi runkoa varten valmistetaan todennäköisesti hitsausjigi, johon putket voidaan yksinkertaisesti nostaa oikeille paikoilleen ja hitsata kiinni. Jigin avulla mittatarkkuus ja hitsaajan työergonomia paranevat, sekä hitsauksen läpimenoaika nopeutuu.

Toinen pohtimisen arvoinen asia voisi olla nykyaikaisten erikoislujien terästen käyttäminen runkorakenteessa perinteisten putkipalkkien sijasta. Aihe vaatisi perehtymistä, saataisiinko kalliimpien erikoislujien terästen käyttämisellä, sen positiivisten ominaisuuksiensa kautta, taloudellista hyötyä verrattuna nykyiseen runkoratkaisuun. Runkorakenteen putkien määrää voitaisiin luultavasti karsia nykyisestä jonkin verran. Pienempi materiaalimenekki vaikuttaisi särmäysten ja hitsaussaumojen määrään oleellisesti, kuin myös osien määrään ja sitä kautta koko laitteen omamassaan. Kevyemmällä omamassalla olisi positiivinen vaikutus myös kuljetukseen ja asennukseen.

Loppuvaiheessa tuli myös ajatus, kuinka laitteen kokoonpanoa, kuljetusta, sekä asennusta voitaisiin helpottaa ja parantaa. Runkoelementtien molempiin päihin asennettaisiin pulteilla ”asennuslaitteet”, jotka olisivat kiinni siihen saakka, kunnes laite on asennettu asiakkaalle. Asennuslaitteet olisivat tehtaan omaa omaisuutta, jotka palautettaisiin tehtaalte asennuksen jälkeen. Kaksi runkomoduulia sara-noitaisiin keskeltä, jonka jälkeen asennuslaitteet pultattaisiin paikoilleen. Asennuslaitteessa olisi kaksi ympäripyörivää rengasta kiinnitettyinä veivillä korkeussäädettävään tukijalkaan. Tällaisia tukijalkoja käytetään yleisesti esimerkiksi autotrailereissa. Tukijalat renkaineen olisivat kiinnitettyinä asennuslaitteen runkoon kahdesta tukipisteestä siten, että ylempään tukipisteeseen kiinnitetty tanko toimii ikään kuin vakaajana, ja pitää tukijalan pystyasennossa rungon auki levittämisen ajan. Asennuslaitteessa olisi käsikäyttöinen vaijerivinssi, jolla runko avataan tai vedetään kasaan.

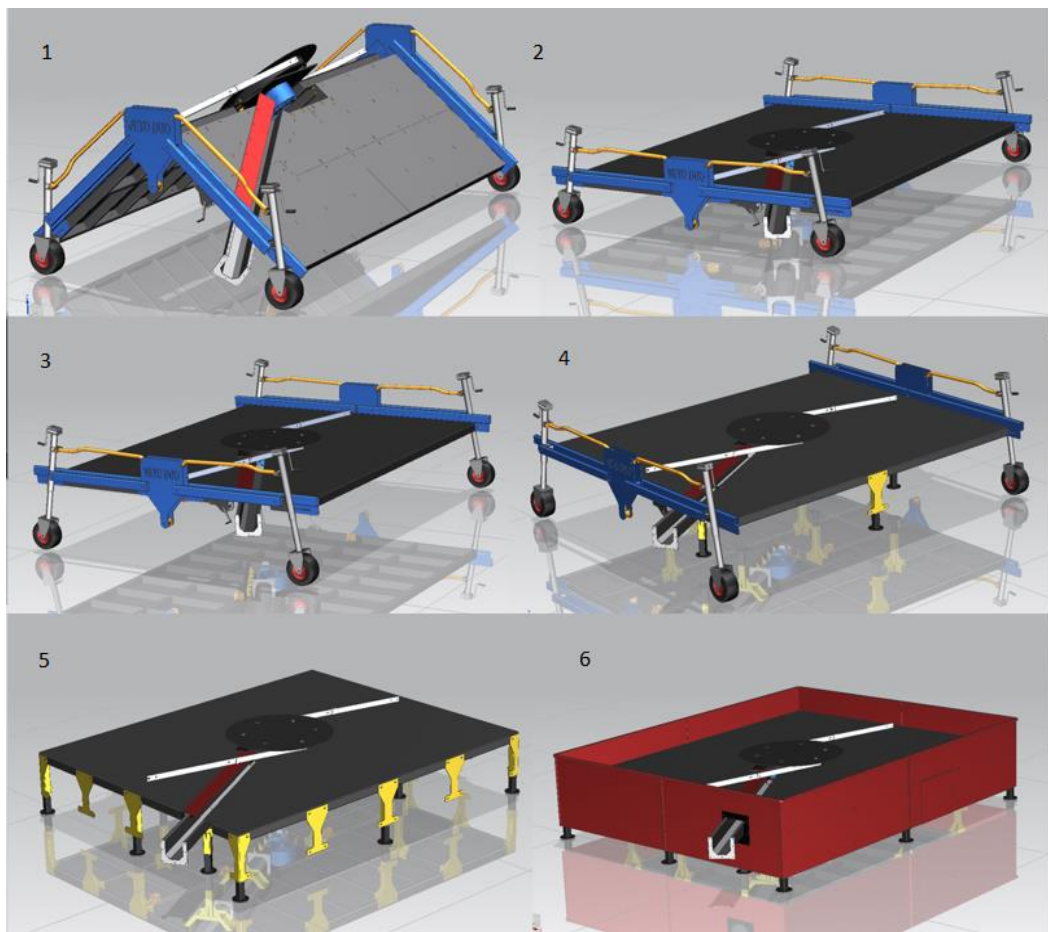
Mikäli asennuslaitteeseen laitettaisiin vielä trukkia varten irrotettava vetopuomi, laitetta voitaisiin kuljettaa tehdasalueella helposti, esimerkiksi hitsaamon, maa-laamon ja kokoonpanon välillä. Runkoon pystyttäisiin kokoamaan jo tehtaalte valmiiksi vaihteen tukilevy, vaihde moottoreineen, kourut, sekä kourujen kuristuslevyt. Asiakkaan luona asennettavaksi jäisivät ainoastaan ketjukytkin, syöttöruuvit, sekä tukijalat ja laitapellit.

Kuljetuksen ajaksi laite vedettäisiin suppuun ja alle laitettaisiin sopiva trukkilava. Näin kuormaus ja purkaminen voitaisiin hoitaa kätevästi trukilla tehtaalte ja asennuskohteessa. Loput osat pakattaisiin trukkilavoille, ja kaikki osat mahtuisivat kuorma-auton nuppiosan kyytiin.



Kuva 12. Kuljetusasento

Asennuskohteessa saavutetut edut olisivat merkittävät. Monesti tilan korkeus rajoittaa esimerkiksi kuorma-auton nosturin käyttämistä. Asennuslaitteen avulla esikootut runkomoduulit yksinkertaisesti työnnetään esimerkiksi traktorilla paikalleen, jonka jälkeen runko vinssataan auki. Kulmissa olevilla veivattavilla tukijaloilla säädetään runko-osa vatupassiin, jonka jälkeen asennetaan tukijalat, ja lopuksi asennuslaitteet irrotetaan molemmista päistä (Kuva 13). Toinen rungon osa työnnetään jo asennetun runko-osan viereen, avataan, nostetaan hieman edellistä korkeammalle, työnnetään toiseen runko-osaan kiinni ja pudotetaan paikoilleen keskelle asennettujen tukijalkojen pantoihin kiinni. Vatupassiin säätäminen tapahtuu samalla tavalla kuin edellisessä, jonka jälkeen loput osat laitetaan kiinni ja siten laitteen asennus on valmis.



Kuva 13. Puolikkaan purkainpohjan asentaminen asennuslaitteen avulla

7 LOPPUTULOS

Lopputuloksena saatiin aikaan purkainlaite, joka täyttää sille annetut vaatimukset. Laite voidaan koota joko kokonaisena tai puolikkaana versiona. Kahdella purkainlautasella varustetun laitteen etuja ovat suuren polttoainekapasiteetin lisäksi etenkin se, että toimintavarmuus on tuplattu. Lautanen ja ruuvi ovat molemmat kiinni samassa vaihteessa, eli ne pyörivät aina yhtä aikaa. Laitteen kumpaakin puolta voidaan kuitenkin ohjata erikseen. Jos toiseen purkainlautaseen tulee häiriö tai tukos, voi toinen jatkaa toimintaansa normaalisti.

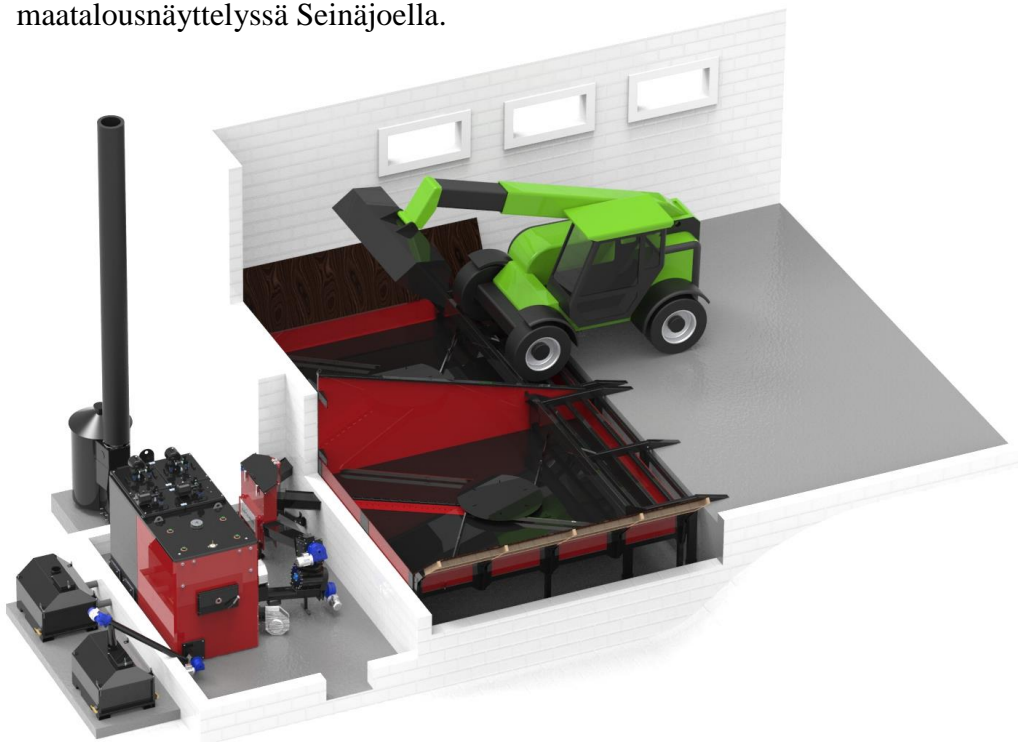
Laitteen suunnittelussa pyrittiin ottamaan huomioon valmistustekniset asiat mahdollisimman hyvin. Esimerkiksi pienemmissä osakokoonpanoissa levyosiin tehtiin hitsausta helpottavia kohdistuspykäläitä, joilla hitsaustyön mittatarkkuus ja läpimeinoaika nopeutuvat. Kaikkiin nosturilla käsiteltäviin osiin on tehty asianmukaiset nostokorvakkeiden paikat. Kaikki muut osat, paitsi runkomoduulit, pintakäsittelyä tehtaalla maalaukselinjastolla. Runkomoduuleihin hitsataan pohjapellit kiinni, jonka jälkeen ne siirretään trukilla erilliseen maalauksrakennukseen maalattavaksi. Väreiksi on valittu kuvien mukaisesti musta ja punainen.

Laitteen runko kuljetetaan neljänä moduulina, jotka kasataan päälletysten kuljetuksen ajaksi. Tukijalat, kourut, lautaset ja muut osat tulevat toimituksessa erillisillä trukkilavoilla. Koko paketti mahtuu normaalipituiseen kuorma-auton lavalle. Kuljetuskustannukset ovat edulliset, koska esimerkiksi täysperävaunun rekan perävaunun kuormatila jää kokonaan muiden tuotteiden käyttöön. Solid Edge ST7 massanlaskentaominaisuus ilmoitti koko laitteen lopulliseksi painoksi koottuna noin 6 000 kiloa.

Asennus on pyritty tekemään mahdollisimman helpoksi. Asennuspaikalla tarvitaan avuksi jotain nostamiseen soveltuvaa konetta, esimerkiksi kuorma-auton kappaletavarannosturia tai kurottajaa. Kaikki liitokset tehdään pulteilla, ainoastaan tukijalkojen varmistus tulee suorittaa hitsaamalla paikan päällä. Arvioitu asennusaika on yksi työpäivä. Alustavien suunnitelmien mukaan laitteen kasaus ei jäisi asiakkaan tehtäväksi, vaan laite myytäisiin asennettuna. Tällöin tehtaalta lähetettäisiin aina asennusporukka kokoamaan laite käyttökuntoon.

Opinnäytetyön aihe vaati perehtymistä, mutta oli kokonaisuudessaan erittäin mielenkiintoinen ja ennen kaikkea opettavainen. Mallintamisessa ja mittapiirustusten tekemisessä käytetty Solid Edge ST7 -ohjelmisto oli uusi tuttavuus, ja sen opettelu aiheutti alkuvaiheessa hieman harmaita hiuksia. Kun ohjelmiston käyttöliittymä tuli tutuksi, työskentely helpottui ja nopeutui kummasti. Kaikista osista tehtiin 3D-mallit ja mittapiirustukset ja ne vietiin Teamcenteriin, joka on yhteydessä yrityksen ERP-järjestelmään. Teamcenter on yrityksessä tällä hetkellä käyttöönotto-vaiheessa ja sinne lisätään jatkuvasti tuotannossa olevia osia ja osakokonaisuuksia piirustuksineen. Tämän laitteen jokainen osa löytyy nyt Teamcenteristä ja on valmiina tuotantoon. Purkainpohja ristittiin lopulta muun VETO-tuotepereheen jatkoksi, kahden purkainlautasensa takia nimellä ”VETO DUO”.

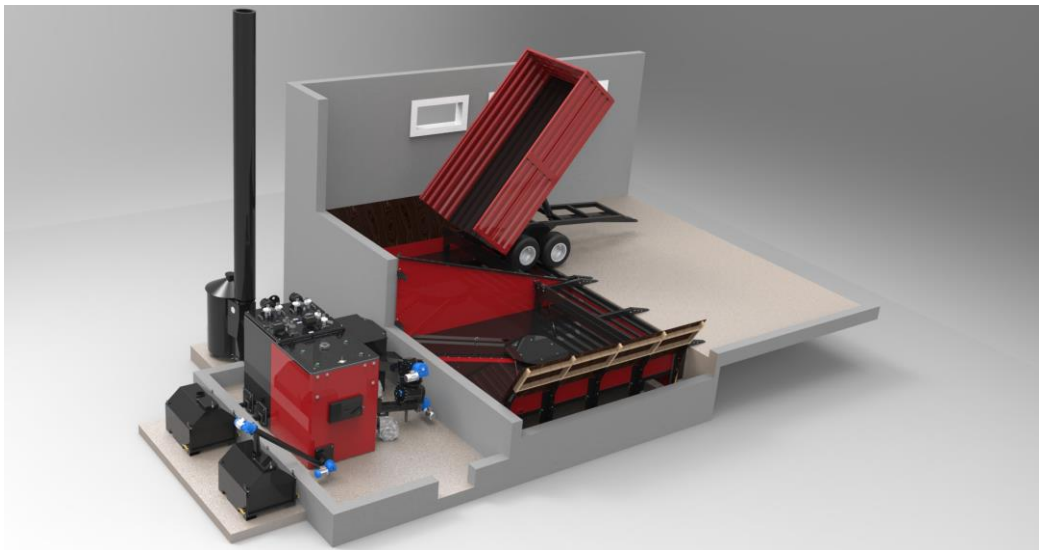
Laitteesta valmistetaan seuraavaksi prototyyppi, jonka jälkeen aloitetaan testaukset ennen tuotantoon ottamista. Laite esiteltäneen kesällä 2017 ainakin Farmari-maatalousnäyttelyssä Seinäjoella.



Kuva 14. Purkainlaitteisto asennettuna lämpökeskusrakennukseen



Kuva 15. Purkainlaitteisto asennettuna lämpökeskusrakennukseen, takaviistosta kuvattuna



Kuva 16. Ajorampeilla varustetussa mallissa voidaan esimerkiksi kärryllä kipata kauemmas purkainlaitteen päälle

LÄHTEET

- /1/ Veljekset Ala-Talkkari OY:n nettisivut. Viitattu 28.4.2017. <http://ala-talkkari.fi/>
- /2/ Ylitalo, T. 2005. Veljekset Ala-Talkkari Oy: Ensimmäiset 50 vuotta. Lapua: Veljekset Ala-Talkkari Oy
- /3/ Veljekset Ala-Talkkari OY:n konttiesite. Viitattu 1.5.2017. <http://ala-talkkari.fi/veto-cont-m-lampokeskus/>
- /4/ Veljekset Ala-Talkkari OY:n jousipurkaimen esittelysivu. Viitattu 28.4.2017. <http://ala-talkkari.fi/veto-jousipurkain-stokeri/>
- /5/ Ala-Talkkari, H. & Finni, M. Palaveri opinnäytetyöstä. 2.1.2017.
- /6/ Wikipedia, tuotekehitys. Viitattu 21.5.2017. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Tuotekehitys>
- /7/ Lähteinen, V. Hajautettu tuotekehitys, seminaarityö. Viitattu 22.5.2017. <http://www.tml.tkk.fi/Opinnot/Tik-110.555/1999/tyo8.htm>
- /8/ Wikipedia, Lujuusoppi. Viitattu 17.5.2017. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Lujuusoppi>
- /9/ Esab Oy, hitsausmenetelmät. Viitattu 22.5.2017. <http://www.esab.fi/fi/fi/education/blog/hitsausmenetelmat.cfm>
- /10/ Lukkari J, Kyröläinen A & Kauppi T. Hitsauksen Materiaalioppi, Osa 1: Metallioopin perusteet, terästen luokittelu ja valmistus, rakenneterästen käyttäytymisen hitsauksessa, murtuminen ja korroosio, 2016. Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys r.y
- /11/ Tekniikan Kaavasto, 14. painos. 2015. Tammertekniikka.
- /12/ Silvennoinen, S. Rautaruukin terästuotteet, suunnittelijan opas, 5. painos. 1996. Keuruu, Otava. Rautaruukki OY Raahen Steel.
- /13/ Lukkari J, Kyröläinen A & Kauppi T. Hitsauksen materiaalioppi, Osa 2: Metallit ja niiden hitsattavuus, 2016. Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys r.y
- /14/ Bossard Suomi OY, kiinnitystarvikkeiden hakemisto, 1991, T-43

LIITE 1. Vaatimuslista:

MODULAARINEN PURKAINPOHJA

Vaatimuslista palaverissa 3.2.2017

- Jousipurkain-tyyppinen, kaksi purkainlautasta
- Päämitat 8m x 5m, korkeus oltava säädettävissä välillä 700mm – 1200mm
- Voitava lastata 3 metriä tavaraa päälle
- Modulaarinen rakenne
 - o Mahdollisimman pieni kuljetustilavuus
 - o Helppo käsiteltävyys tehtaalla
 - Sahaus/poraus onnistuttava
 - Hitsaus onnistuttava
 - Hallin ovien koko otettava huomioon
 - Maalattavuus
 - Käsiteltävyys trukilla ja nostureilla
- Yksinkertainen ja toimiva rakenne
- Käytetään valmiita komponentteja niissä paikoissa missä se on mahdollista
- Kestävä runkorakenne, MAX kuormitus lasketaan pelletillä (650kg/m³)
- Sovitettavissa mahdollisimman monipuolisesti erilaisiin tiloihin
- Kaikki suunnittelutyö tehdään Teamcenteriin

Täydennetty 9.3.2017

- Tehdään lisävarusteeksi ajorampit
- Suunnitellaan välisäiliö purkainpohjan ruuvien jatkeeksi
 - o Korkeussäädettävä
 - o Kannellinen

LIITE 2, Ote lujuuslaskelmista, osa 1:

LIITE

$M_{pelletti} = 650 \text{ kg/m}^3$

$F = m \cdot g$ $h = 3 \text{ m}$

$A_1 = 2,675 \cdot 1 = 2,675 \text{ m}^2$

$V_1 = 2,675 \text{ m}^2 \cdot h = 8,025 \text{ m}^3$

$A_2 = 2 \cdot 0,675 = 1,35 \text{ m}^2$

$V_2 = 1,35 \text{ m}^2 \cdot h = 4,05 \text{ m}^3$

MAX KUORMITUKSELLA:

pp 120x60 SEINÄPÄÄVAIVUUS 5mm

Pidemmän palkin (2675) taipuma:

$f_m = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I}$

$f_m = \frac{5 \cdot 51,2 \text{ kN} \cdot 2650 \text{ mm}^4}{384 \cdot 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 279,19 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}$

$f_m = 56,1 \text{ mm} \cdot 2,675 \text{ m} = 21 \text{ mm/m}$

lyhyemmän palkin (2000) taipuma:

$f_m = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I}$

$f_m = \frac{5 \cdot 25,8 \text{ kN} \cdot 2000 \text{ mm}^4}{384 \cdot 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 279,19 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}$

$f_m = 9,2 \text{ mm} \cdot 2 \text{ m} = 4,6 \text{ mm/m}$

Voidaan arvioida että palkkipalkit (2000mm) kantavat kuormituksen suurimmilta osin ja pitkästäisuurainen palkki (2675mm) toimii lisäventana näille. Max taipuman arvo per metri on siis todellisuudessa pienempi kuin 4,6 mm/m.

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

$q = M_{pelletti} \cdot V_1 \cdot g$

$q = 650 \text{ kg/m}^3 \cdot 8,025 \text{ m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$

$q = 51171 \text{ N}$

$\approx 51,2 \text{ kN}$

$l = 2650 \text{ mm}$

$E = 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$I = 279,19 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

(120x60x5, Ruukki)

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

$F = M_{pelletti} \cdot V_2 \cdot g$

$q = 650 \text{ kg/m}^3 \cdot 4,05 \text{ m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$

$q = 25824 \text{ N}$

$\approx 25,8 \text{ kN}$

$l = 2000 \text{ mm}$

$E = 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$I = 279,19 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

(120x60x5, Ruukki)

LIITE 3, Ote lujuuslaskelmista, osa 2:

LIITE **MAX KUORMITUKSELLA:**

② pp 120x60 seinävahvuus 6mm (6,3mm)
 Pidemmän palkin (2675) taipuma

$$f_m = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

$$f_m = \frac{5 \cdot 51,2 \text{ kN} \cdot 2675 \text{ mm}^4}{384 \cdot 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 32697 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}$$

$$f_m = 49,7 \text{ mm} \quad | : 2,675 \text{ m} = \underline{18,6 \text{ mm/m}}$$

$l = 2650 \text{ mm}$
 $q = 51,2 \text{ kN}$
 $E = 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
 $I = 32697 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
 (120x60x6,3, Ruukki)

$$f_m = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I}$$


$$f_m = \frac{5 \cdot 25,8 \text{ kN} \cdot 2000 \text{ mm}^4}{384 \cdot 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 32697 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}$$

$$f_m = 7,8 \text{ mm} \quad | : 2 \text{ m} = \underline{3,9 \text{ mm/m}}$$

$l = 2650 \text{ mm}$
 $q = 25,8 \text{ kN}$
 $E = 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
 $I = 32697 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
 (120x60x6,3, Ruukki)

Tukipalkkien purtajuus

$$F_n = 2046 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l^2}$$



"Euler III"

$l_n = 0,5 \cdot l$

80x80x5

$$F_n = 2046 \cdot \frac{\pi^2 \cdot 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 12798 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{1200 \text{ mm}^2}$$

$$= 3768810 \text{ N} = \underline{3768 \text{ kN}}$$

$E = 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
 $l = 1200 \text{ mm}$
 $I = 12798 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

ET NORJAHUUSVAARAA

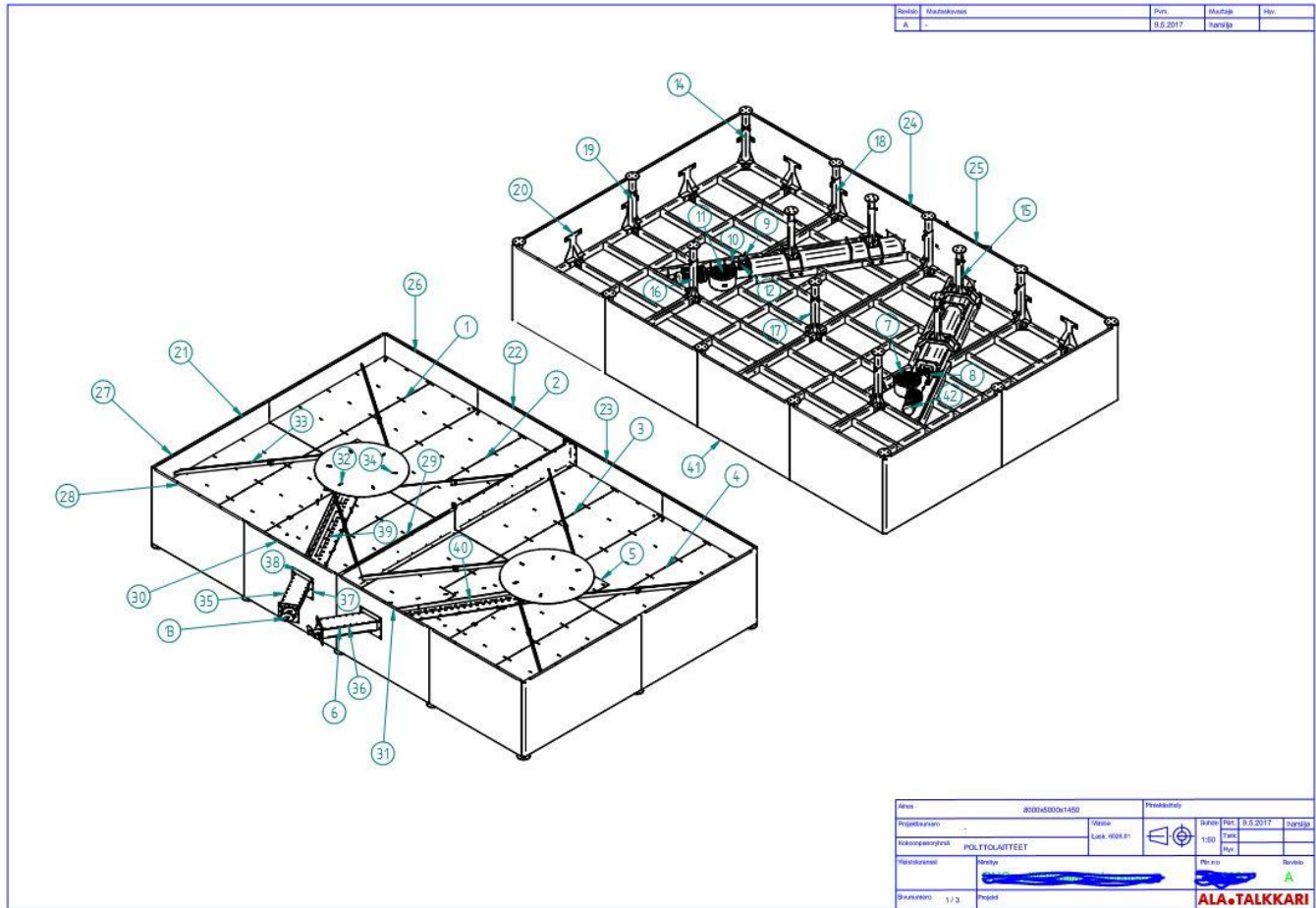
90x90x3

$$F_n = 2046 \cdot \frac{\pi^2 \cdot 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 12778 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{1200 \text{ mm}^2}$$

$$= 3748796 \text{ N} = \underline{3748 \text{ kN}}$$

$I = 12778 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

LIITE 4, Purkainlaitteen päämitat ja osalista:



Revisio	Muutokset	Pvm	Muuttaja	Hyt.
A	-	9.5.2017	harjula	

Alue	800x500x1450	Projektityyppi	
Projektitunnus	-	Muoto	Laak. 0028.01
Kokoonpanoyhtiö	POLYTOULAJEET	Suhteet	1:50
Maastokartta	Ilmakuva	Perust.	
Strukturinimi	1 / 3	Revisio	A

Revisio	Muutokset	Pvm	Muuttaja	Hyt.
A	-	9.5.2017	harjula	

1	DUO runkokok. pelitys A	A	500x200x123	1	31	DUO ulkolaita sis. kouru 2	A	s235pg2	2x200x1472	1	
2	DUO runkokok. pelitys B	A	500x200x123	1	32	Lautanen hitsattu	A		Ø1015*100	2	
3	DUO runkokok. pelitys B pelik.	A	500x200x123	1	33	B-jousi 2950mm, nippu	B		2950x80x40	8	
4	DUO runkokok. pelitys A pelik.	A	500x200x123	1	34	Lautasen päällylevy	A	S235JRG2	4xØ1450	2	
5	Vaihteen levy	A	s235pg2	2	35	DUO kourun kansii hitsaus	A		928x320x50	1	
6	Kantikouru kokoonpano 200	A	--	4	36	DUO kourun kansii hits. pelik.	A		928x320x50	1	
7	Vaihte CBPP 180-3-9085	A	S355J2H	--	2	37	DUO laidan peitelevy alempi	A	s235pg2	2x450x311	4
8	Keijukytinkotelo Ø200 ruuvi	A	--	2	38	DUO laidan peitelevy ylempi	A	s235pg2	2x450x80	4	
9	Syötöruuvinv tiiviste, Ø200	A	S235JRG2	5x275x320	2	39	Kourun kuristuslevyn kok. oikea	A		2418x287x79	1
10	käyttölappi RMI 180	A	S235JRG2	5x200x200	2	40	Kourun kuristuslevyn kok. vasen	A		2275x287x79	1
11	Lautasen akseli	A	--	2	41	DUO ulkolaita sis.	A	s235pg2	2x200x1472	2	
12	Keijukytin, jousipurkain	A	--	2	42	Sähkömoottori 1.1 KW THWMA01	A	S355J2H	--	2	
13	DUO ruuvikokoonpano	A	Ø200 - 3482	2							
14	Tukijalka kulma kokoonpano	A	179x179x755	4							
15	Tukijalka kouru kokoonpano	A	635x210x895	4							
16	Keskittökijalka kokoonpano	A	350x205x755	2							
17	Tukijalka ristikko leveä hitsaus	A	350x335x755	1							
18	Tukijalka sivu leveä hitsaus	A	350x205x755	6							
19	Tukijalka sivu kapea hitsaus	A	350x205x755	2							
20	Seinän tuki kokoonpano	A	350x205x540	10							
21	DUO sisälaita pitkä	A	s235pg2	2x2582x1463	4						
22	DUO sisälaita keskimäinen	A	s235pg2	2x2073x1463	1						
23	DUO sisälaita keskim. pelik.	A	s235pg2	2x2074x1463	1						
24	DUO sisälaita sis. kouru	A	s235pg2	2x2074x1463	1						
25	DUO sisälaita sis. kouru pelik.	A	s235pg2	2x2074x1463	1						
26	DUO sisälaita ulompi	A	s235pg2	2x2076x1463	4						
27	DUO ulkolaita pitkä	A	s235pg2	2x2582x1472	4						
28	DUO ulkolaita ulompi	A	s235pg2	2x2005x1472	4						
29	Matala väliseinä pelitys	A	500x400x284	1							
30	DUO ulkolaita sis. kouru 1	A	s235pg2	2x2000x1472	1						

Alue	800x500x1450	Projektityyppi	
Projektitunnus	-	Muoto	Laak. 0028.01
Kokoonpanoyhtiö	POLYTOULAJEET	Suhteet	1:1
Maastokartta	Ilmakuva	Perust.	
Strukturinimi	2 / 3	Revisio	A

