

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

Jälkilämmityskuljettimen suunnittelu

Lasse Inget

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö
Konetekniikka
Insinööri(AMK)

KEMI 2012

ALKUSANAT

Kiitän työn valvojina toimineita DI Lauri Kantolaa Kemi-Tornion Ammattikorkeakoulusta, sekä Efora Oy:n kunnossapitopalveluvastaavaa Kauko Pesosta. Erityiskiitokset Efora Oy:n työsuunnittelija Juha Keskimölölle auttamisesta työn aikana ilmenneiden ongelmien kanssa.

Kiitän myös kaikkia muita, jotka ovat auttaneet työn valmistumisessa.

TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala	
Koulutusohjelma	Konetekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Lasse Inget
Opinnäytetyön nimi	Jälkilämmityskuljettimen suunnittelu
Työn laji	Opinnäytetyö
Päiväys	30.1.2012
Sivumäärä	40 + 7 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	DI Lauri Kantola
Yritys	Efora Oy
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Kunnossapitalveluvastaava Kauko Pesonen

Opinnäytetyön aihe saatiin Efora Oy:ltä. Työn lähtökohtana oli suunnitella jälkilämmityskuljetin Stora Enso Oyj:n arkittamolle Veitsiluodon tehtaalle. Arkittamon uusilla linjoilla on jo käytössä vastaavalla toimintaperiaatteella toimivia kuljettimia ja vanhoille linjoille on tarkoitus saada samanlaiset käyttöön. Valmiita jälkilämmityskuljetinratkaisuja on myös tarjolla eri laitetoimittajilla, mutta laitteiden hinnat ovat kalliita. Tätä kautta Efora Oy on saanut idean valmistaa kuljetin insinööriyönä.

Jälkilämmityskuljettimen tehtävä on liimata papeririisiin suojakääre. Riisin suojakääreeseen ruiskutetaan erillisellä laitteella liimavana, joka jäädytetään paineilman avulla. Tämän jälkeen suojakääreeseen tehdään taitokset ja riisi kulkee jälkilämmityskuljettimen läpi. Liima sulaa lämmittäessä uudestaan ja liimaa näin kääreen paikalleen. Kuljettimen yläpuolella on paininosa, joka painaa riisiä lämmityskuljetinta vasten ja näin kääreestä poistuu ilma sekä kääritystä riisistä tulee tiiviimpi.

Työ rajoittui pelkästään mekaaniseen suunnitteluun, kuitenkin ottaen huomioon sähkö- ja automaatiokomponentit. Työtä tehtiin etupäässä kotona ja koulun tiloissa. Kuljettimen paikkaa tutkittiin ja mitailtiin arkittamon tiloissa. Kohteen tutkiminen tapahtui tutustumalla arkittamolla oleviin jälkilämmityskuljettimiin ja muihin valmiisiin ratkaisuihin.

Työn tuloksena saatiin valmiit työkuvat jälkilämmityskuljettimesta. Työkuvien perusteella kyseinen kuljetin voidaan valmistaa. Jälkilämmityskuljettimen valmistaminen jää Efora Oy:n päätettäväksi.

Asiasanat: koneensuunnittelu, kuljetin, paperiteollisuus.

ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Mechanical and Production Engineering
Name	Lasse Inget
Title	Design of Post-heating Conveyor
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	30 January 2012
Pages	40 + 7 appendices
Instructor	Lauri Kantola, (LicSc)
Company	Efora Oy
Contact Person/Supervisor from Company	Kauko Pesonen, (TEng)

The thesis was commissioned by Efora Oy. The starting point was to design a post-heating conveyor for the Stora Enso Oyj Sheeting Plant at Veitsiluoto Mill. In the new lines of the Sheeting Plant there are conveyors with this kind of operational principle and in the old lines same kind of conveyors are going to be introduced. Different suppliers offer post-heating conveyor solutions, but the price is expensive. Therefore Efora has on the idea to make the conveyor as an engineering student work.

The function of the post-heating conveyor is to glue a protective wrapping on the paper ream. The ream wrappings are injected with a glue trail that is cooled by compressed air. After this fold are mad on the wrapping and the ream goes through the post-heating conveyor. The melts again when warmed up and glues the wrapping on its place. Over of the conveyor there is part that presses the paper ream against the post-heating conveyor and so air is removed from the wrapping and the wrapped paper ream becomes tight.

The thesis was limited solely to mechanical desing however, taking into account the electrical and automation components. The thesis was done mostly at home and at school premises. The place of the post-heating conveyor was studied and measured at Sheeting Plant premises. The target was studied by getting acquainted with the post-heating conveyors at the Sheeting Plant and with other solutions.

The outcome of the work was ready drawings of the post-heating conveyor. On the basis of the drawings a conveyor can be manufactured. Efora will decide on the manufacturing of the post-heating conveyor.

Keywords: machine design, conveyor, paper industry.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	I
TIIVISTELMÄ	II
ABSTRACT	III
SISÄLLYSLUETTELO	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	V
1. JOHDANTO	1
2. YRITYKSEN TOIMINNAN KUVAUS	3
2.1. Stora Enso Oyj – Veitsiluodon tehdas	3
2.2. Efora Oy	4
3. RIISINKÄÄRINTÄ	6
3.1. Pakkaus	6
3.2. Riisinkäärintälinja	6
3.3. Käärintäkone	7
3.4. Liimaustavat	8
3.4.1. Kiekkoliimaus	9
3.4.2. Ruiskuliimaus	10
3.5. Kaupalliset ratkaisut	11
4. SUUNNITTELUPROSESSIN RAKENNE	13
4.1. Tehtävän selvitys	15
4.2. Luonnostelu	15
4.3. Kehittely	16
4.4. Viimeistely	17
5. SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT	18
5.1. Toimintaympäristö	19
5.2. Vaatimukset	20
6. LAITESUUNNITTELU	22
6.1. Luonnos 1	22
6.2. Luonnos 2	23
6.3. Luonnos 3	24
6.4. Lopullinen malli	25
6.4.1. Runko	27
6.4.2. Lämmitysosa	28
6.4.3. Paininosa	29
6.4.4. Jatkokuljetin	30
6.4.5. Hammashihna	31
6.4.6. Telanopeudet	33
7. KUSTANNUSARVIO	35
7.1. Komponentit hintoineen	35
7.2. Materiaalit hintoineen	36
8. DOKUMENTOINTI	37
9. YHTEENVETO	38
10. LÄHDELUETTELO	39
11. LIITELUETTELO	40

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

AL	Arkkileikkuri. Paperin leikkauslaite, jossa paperia voidaan leikata pituus- ja poikkisuuntaan määrämittäisiksi arkeiksi.
Riisi	Yksi kokonainen pakkausyksikkö, joka sisältää 500 samanlaista paperiarkkia
A3	Arkkikoko 297 mm * 420 mm
A4	Arkkikoko 210 mm * 297 mm
Palletti	Paperiarkkipino, joka on ladottu suoraan puulavalle

1. JOHDANTO

Opinnäytetyön aihe saatiin Efora Oy:ltä, joka on Stora Enson ja ABB:n omistama, etupäässä paperiteollisuuden kunnossapitopalveluita tarjoava yritys. Työn tavoitteena on suunnitella ja ideoida riisinkäärintään jälkilämmityskuljetin Stora Enson arkittamolle Veitsiluotoon.

Tällä hetkellä arkittamolla riisinkäärinnässä on uusilla linjoilla käytössä ruiskuliimaus ja vanhoilla linjoilla kiekkoliimaus. Työn tekemisen aikana on myös investoitu ruiskuliimauslaitteisto osaan vanhoista linjoista. Jälkilämmityskuljettimen valmistus tarpeesta päättää Efora Oy. Efora Oy:n hyöty tästä opinnäytetyöstä on se, että se saa käyttöön valmistus piirustukset jälkilämmityskuljettimesta. Valmistuspiirustuksien avulla he voivat valmistaa kuljettimen käyttöönsä.

Ruiskuliimaus ruiskuttaa liiman kääreeseen, jonka jälkeen liima kuivataan paineilman avulla. Tämän jälkeen kääreeseen tehdään taitokset ja kääritty riisi kulkee jälkilämmityskuljettimen läpi. Kuljettimessa olevat lämmityslevyt sulattavat liiman uudestaan sulaan muotoon ja kuljettimen jälkeen liima jähmettyy uudestaan ja liimaa kääreen paikoilleen. Kiekkoliimauksessa liimauksen suorittaa liimauskiekko, joka jättää liimavanan kääreeseen ennen taitoksia ja kuivuessaan liimaa kääreen paikoilleen. Ruiskuliimaus kuluttaa vähemmän kallista liimaa, minkä vuoksi on päädytty siihen, että aletaan investoimaan ruiskuliimaus myös vanhoille linjoille.

Työssä keskitytään mekaaniseen suunnitteluun, mutta se lisäksi siinä otetaan huomioon myös sähkö- ja automaatio suunnittelu. Kuljettimen paikkaa voidaan mitailla ja tutkia arkittamon tiloissa. Efora Oy:ltä saa käyttöön työkuvia jo käytössä olevista kuljettimista, joissa on käytetty samantyyllisiä ratkaisuja. Työssä käytetään tietokoneavusteisia suunnittelumenetelmiä. Ohjelmat ovat Autodesk Inventor Professional ja AutoCAD Mechanical. Inventorilla toteutetaan 3D-mallinnus ja työkuvienv piirto, jonka jälkeen työkuvat muutetaan .DWG- muotoon, jota AutoCAD Mechanical tukee.

Työn aiheeseen tutustutaan tutkimalla muiden laitetoimittajien ratkaisuja ja perehdytään jo arkittamalla olevien jälkilämmityskuljettimien rakenteisiin. Suunnittelutyössä käytetään valittua suunnitteluprosessia, jonka avulla työtä viedään eteenpäin. Valittu prosessi helpottaa jakamaan työn pienempiin osiin ja näin työssä eteneminen on helpompaa. Suunnitteluprosesseista valitaan parhaiten soveltuvat tämän tyyppiseen suunnitteluun.

2. YRITYKSEN TOIMINNAN KUVAUS

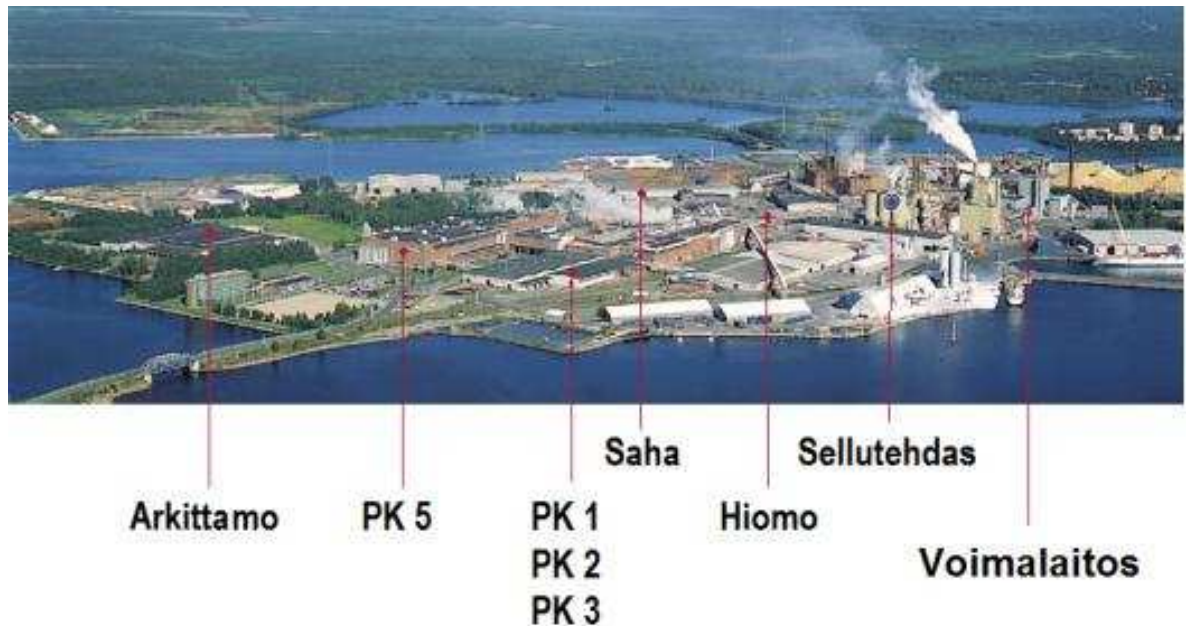
Efora Oy on johtava metsäteollisuuden kunnossapitopalveluita tarjoava yritys, joka toimii Stora Enso Oyj tehtailla ympäri Suomea. Stora Enso Oyj on yksi maailman johtavista paperin, kartongin ja sahatavaran tuottajista. Stora Ensolla on vuosikymmenten kokemus paperin, kartongin ja puutuotteiden valmistuksesta. Tässä luvussa esitellään Stora Ensoa ja sen Veitsiluodon tehdasta sekä Eforan toimintaa.

2.1. Stora Enso Oyj – Veitsiluodon tehdas

Stora Ensolla on 85 tulosyksikköä eri puolilla maailmaa ja työntekijöitä yhteensä noin 26 000. Vuosittainen tuotantokapasiteetti on 11,8 miljoonaa tonnia paperia ja kartonkia, 1,3 miljardia neliometriä aaltopahvia ja 6,4 miljoonaa kuutiometriä puutuotteita, josta 3,2 miljoonaa kuutiometriä on jatkojalosteita. Liikevaihto konsernilla oli vuonna 2010 10,3 miljardia euroa ja liiketulos ilman kertaluonteisia eriä ja käyvän arvon muutoksia 754,1 miljoonaa euroa. /8/

Veitsiluodon tehdas on maailman pohjoisin paperitehdas. Veitsiluodon tehtailla sijaitsee kaksi tulosyksikköä, Stora Enso Magazine Paper ja Stora Enso Fine Paper. Magazine Paper -tulosyksikköön kuuluvat PK1 ja PK5, jotka tuottavat päällystettyä aikakauslehtipaperia ja hiomo joka tuottaa mekaanista massaa aikakauslehtipaperin tuottamiseen. Fine Paper -tulosyksikköön kuuluvat PK2, PK3, arkittamo, sellutehdas, voimalaitos ja saha. PK2 tuottaa tulostuspaperia ja PK3 tuottaa kirjekuori-, kouluvihko-, ja tulostuspaperia. Arkittamon vanhoihin linjoihin kuuluu AL3, AL4 ja AL5 ja uudet linjat ovat AL6 ja AL7. Arkittamon kaikki tuotantolinjat tuottavat A4-arkkikokoa ja kolme vanhinta linjaa myös erikoispapereita. /9/

Tuotantoa Veitsiluodon tehtailla oli vuonna 2010 469 000 tonnia tulostus-, kirjekuori- ja vihkopaperia, 360 000 tonnia päällystettyä aikakauslehtipaperia ja 147 000 kuutiometriä sahatavaraa. Kuvassa 1 on esitetty Veitsiluodon tehdasalue. /8/



Kuva 1. Veitsiluodon tehdasalue /9/

2.2. Efora Oy

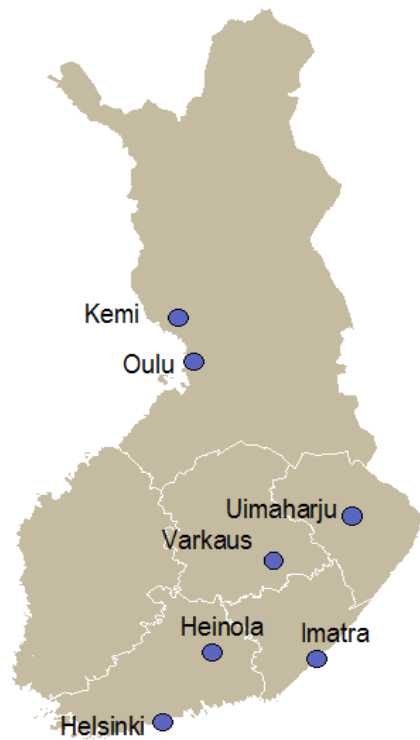
Efora Oy on johtava kunnossapito- ja Engineering- palveluihin erikoistunut yritys, jonka toiminta perustuu laajaan teollisuusprosessien tuntemukseen, asiakaslähtöiseen, laatu- ja kustannustietoiseen palveluun sekä pitkäaikaiseen kokemukseen teollisuuden investointien projektiosta. /3/

Stora Enson tehtailla ennen Eforaa kunnossapitoyrityksenä toimi Fortek. Fortek Oy:n suurin omistaja oli Stora Enso Oyj, josta se omisti 75 % ja ABB toisena omistajana 25 %. Kunnossapitokustannuksia vähentääkseen Stora Enso aloitti vuonna 2008 selvittelyt mahdollisen kunnossapitotoimintojen uudelleenjärjestelyn tuomista eduista ja vaikutuksista liiketoiminnalle Suomen tehtailla. Selvityksen perusteella Stora Enso ja ABB kirjoittivat sopimuksen Efora Oy -nimisen kunnossapidon yhteisyrityksen perustamisesta syksyllä 2008. Sopimuksen kirjoittamisen jälkeen Efora aloitti toimintansa 1.1.2009, jolloin myös

Fortekin vanhat työntekijät siirtyivät Eforan palvelukseen. Myös muilla paikkakunnilla toimineet kunnossapitoyritykset liittyivät Eforaan. /3/

Nykyään Stora Enso omistaa yrityksestä 51 % ja ABB omistaa 49%. Kuitenkin Efora Oy:tä hallinnoi ABB soveltaen globaalia ABB Full Service®- konseptiaan. Kuvassa 2 on esitelty Stora Enson tehdaspaikkakunnat joissa Efora toimii. Yhtiö toimii tällä hetkellä Stora Enson Kemin, Oulun, Varkauden, Imatran, Uimaharjun ja Heinolan tehtailla. Liikevaihto vuonna 2010 oli 188,8 miljoonaa euroa ja työntekijöitä vuoden alussa 1176. Pääkonttori sijaitsee Helsingissä. /3/

Eforan tulevaisuudentarkoituksena on olla energinen ja uudistava metsäteollisuuden luotettava kumppani, jonka työntekijät kehittävät ABB Full Service® -konseptia ympäri maailmaa. Yrityksen toiminnan perustana on Stora Enson ja ABB:n kumppanuusperiaatteella pitkäaikainen yhteistyö. Stora Enson tärkeimmät hyödyt tulevat kustannustehokkaasta kunnossapidosta, teknisten häiriöiden vähentämisestä, tuotantotehokkuuden jatkuvasta kehityksestä sekä omaisuuden arvon säilyttämisestä. /3/



Kuva 2. Efora Oy:n toimipisteet /3/

3. RIISINKÄÄRINTÄ

Riisinkäärintä on yksi arkittamon toimintayksiköistä, muita yksiköitä ovat arkkileikkaus, riisileikkaus, lajittelu ja pakkaus. Arkkileikkauksen tehtävänä on leikata paperirullalta tuleva paperirata ennalta määrättyyn mittaan. Kun paperirata on leikattu sopivaan mittaan, on riisinleikkauksen tehtävänä leikata ohuet paperiradat arkeiksi. Arkit ladotaan paperinippuihin, joita kutsutaan riisiksi. Riisit siirtyvät riisinkäärinnän kautta lajitteluun ja pakkaukseen, jonka jälkeen tuote on valmis markkinoille.

3.1. Pakkaus

Hyvin yleinen tapa on pakata arkit palleteiksi, jolloin arkit pakataan suoraan kuljetuslavalle ilman käärimistä, suurkuluttajia varten. Suurin osa loppukäyttäjistä on kuitenkin pienkuluttajia, jolloin riisin päälle laitetaan suojakääre. Suojakääre pitää riisin kasassa ja suojaa arkkeja vaurioitumiselta. Suojakääre on yleensä yrityksen logoilla varustettu polyeteenipäällysteinen paperikääre. Nykyään myös muoviset suojakääreet ovat yleisessä käytössä, niitä käytetään varsinkin värillisten paperien pakkauksessa. Riisiin liimataan haluttu merkintä yleensä päällimmäiseen arkkiin tai erillisellä koneella riisin kylkeen. /4/

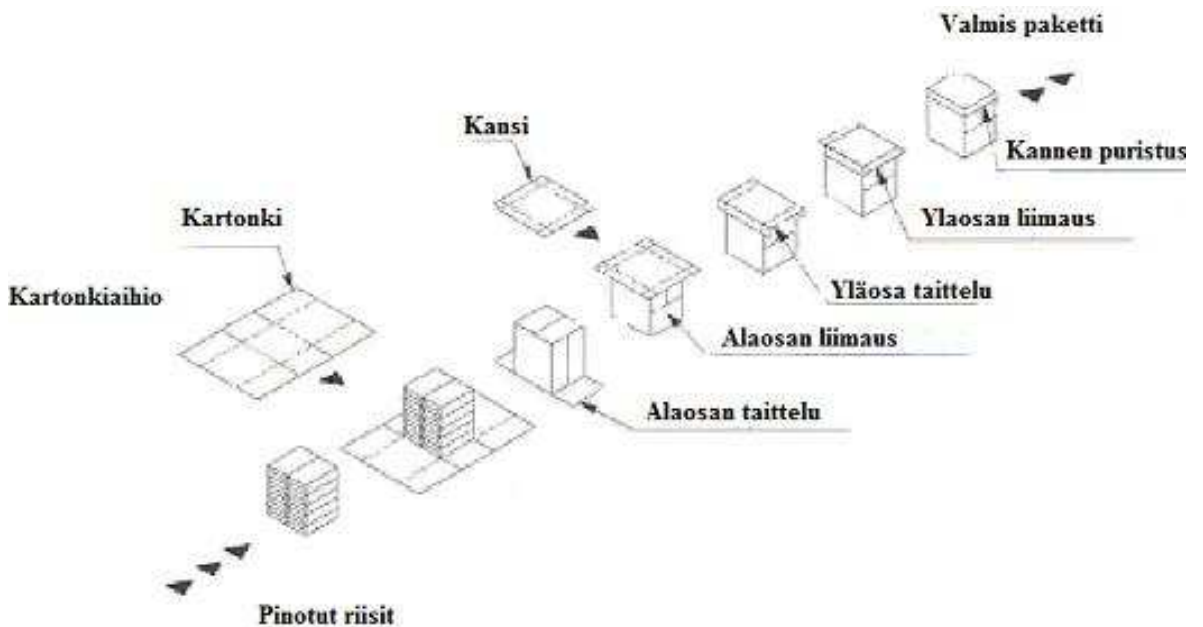
3.2. Riisinkäärintälinja

Riisinkäärintälinjaan kuuluu yleensä käärintäkone, tarkastus- ja hylkäämisyksikkö, niputtaja- ja varaajyksikkö sekä pakkaaja- ja pinoajakone. Näiden lisäksi on etiketinliimaajyksikköjä riiseille ja laatikoille, sekä riisilaatikoille vanteensitojia, jonka avulla laatikot sidotaan kiinni. Modernin riisinkäärintälinjan nopeus on 120 riisiä/min ja myös nopeampia linjoja on tarjolla, kun verrataan Veitsiluodon tehtaalla oleviin Pemcon 39S malleihin, joissa nopeus on 140 riisiä/min. /4/

Käärintäkoneen tehtävänä on kääriä riisi, kyseiseen laitteeseen tutustutaan tarkemmin kappaleessa riisinkäärintäkone. Tarkastus- ja hylkäämisyksikkö tarkastaa jokaisen pakatun riisin elektronisten tunnistimien avulla ja hylkää pakkaukset, joissa on löysät taitteet, vajaat

tai epämuodostuneet pakkaukset, sekä ilman käärettä olevat riisit. Hylätyt riisit siirretään hylkykuljettimen avulla pois tuotantolinjalta. /4/

Tarkastusyksikön jälkeen riisit siirtyvät niputtajan luo, joka niputtaa ne yleensä viiden riisin pinoihin, joskus myös niputetaan kaksi viiden riisin nippua vierekkäin. Kuvassa 3 on esitetty pakkauslinjan toimintavaiheet. Niputtajan yhteydessä on myös riisien varaaja, jossa pinotut riisit odottelevat pakkauskoneelle pääsyä. Pakkauskoneella pakataan viiden riisin niput pahvilaatikoihin, jonka jälkeen toinen niputtaja kerää pakatut riisit kuormalavalle. Kun kuormalavalla on haluttu määrä pakkauksia, se suojataan kuljetusta varten muovihupulla huputtajan avulla. /4/

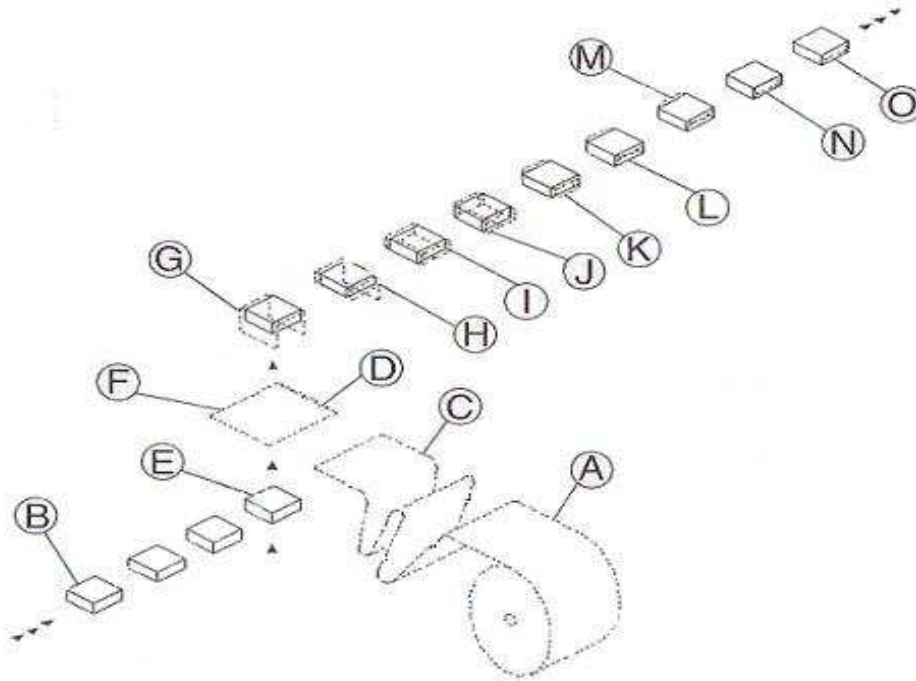


Kuva 3. Riisien laatikointi /4/

3.3. Käärintäkone

Käärintäkoneen toimintaperiaate näkyy kuvasta 4. Riisi saapuu käärintäkoneelle syöttökuljetinta pitkin, joka tuo riisin arkkileikkurilta. Saapuva riisi nousee hissillä ylemmälle tasolle ja samalla ottaa mukaan suojakäärearkin. Suojakääre syötetään omalta rullalta ja leikataan sopiviksi arkeiksi. Kääreeseen tuleva liima laitetaan joko kiekko- tai ruiskuliimauksella. Kääre taitellaan riisin ympärille siten, että liimaussaumamat tulevat

paketin alapuolelle. Tämän jälkeen riisi menee puristinosan läpi, jotta paketista tulee tiivis. Tarvittaessa käärittyn riisiin liimataan etiketti ja pakattu riisi on valmis laatikointiin. /4/



Kuva 4. Riisinkäärintä /4/

A	Käärerulla	I	Etusivun taitos
B	Saapuva riisi	J	Takapäädyn taitos
C	Kääreen leikkaus	K	Etupäädyn taitos
D	Liimaus	L	Pohjan taitos
E	Riisihissi	M	Yläläpän liimaus
F	Käärearkki	N	Yläläpän taite
G	Kääre taitettu riisin päälle	O	Valmis riisi
H	Takasivun taitos		

3.4. Liimaustavat

Nykyaikana eniten käytetty liimaustapa on ruiskuliimaus. Suurin osa valmistajista on siirtynyt valmistamaan pelkästään ruiskuliimauslaitteita. Tehtailla on alettu modernisoimaan kiekkoliimauslaitteita käyttämään ruiskuliimausta. Kumpikin liimaustapa

käyttää liima-aineena kuumaliimaa, joka sulatetaan erillisillä laitteilla nestemäiseen muotoon. Ruiskuliimauksen suosio on kasvanut sen vuoksi, koska liimaus on hallitumpi ja vähemmän liimaa kuluttavaa. Tässä kappaleessa esitellään kummankin liimaustavan toimintaperiaatteet.

3.4.1. Kiekkoliimaus

Kiekkoliimauksessa suojakääre liimataan pyörivillä kiekkoilla. Liimaus tapahtuu silloin, kun suojakääre syötetään rullalta riisin päälle. Tämän jälkeen kääre taitellaan riisin ympärille tiiviiksi. Kiekkoliimauslaitteessa on kaksi liimausrullaa, joista toinen liimaa päädyt ja toinen sivut. /7/

Kiekkoliimauksessa on vaikea hallita kääreen pintaan tulevaa liiman määrää, jolloin liimaa kuluu paljon hukkaan. Suurimmat haitat kiekkoliimauksessa ovat riski, että liimaa roiskuu arkitettavalle tuotteelle, sekä liimajäämät, joita voi jäädä kääreen pintaan. Kuvassa 5 on havainnollistettu kiekkoliimauslaitetta. Kuvassa nuolella on osoitettu liimauskiekon paikka ja liimasäiliö, joka sulattaa liiman sulaan muotoon. /7/



Kuva 5. Kiekkoliimauslaite

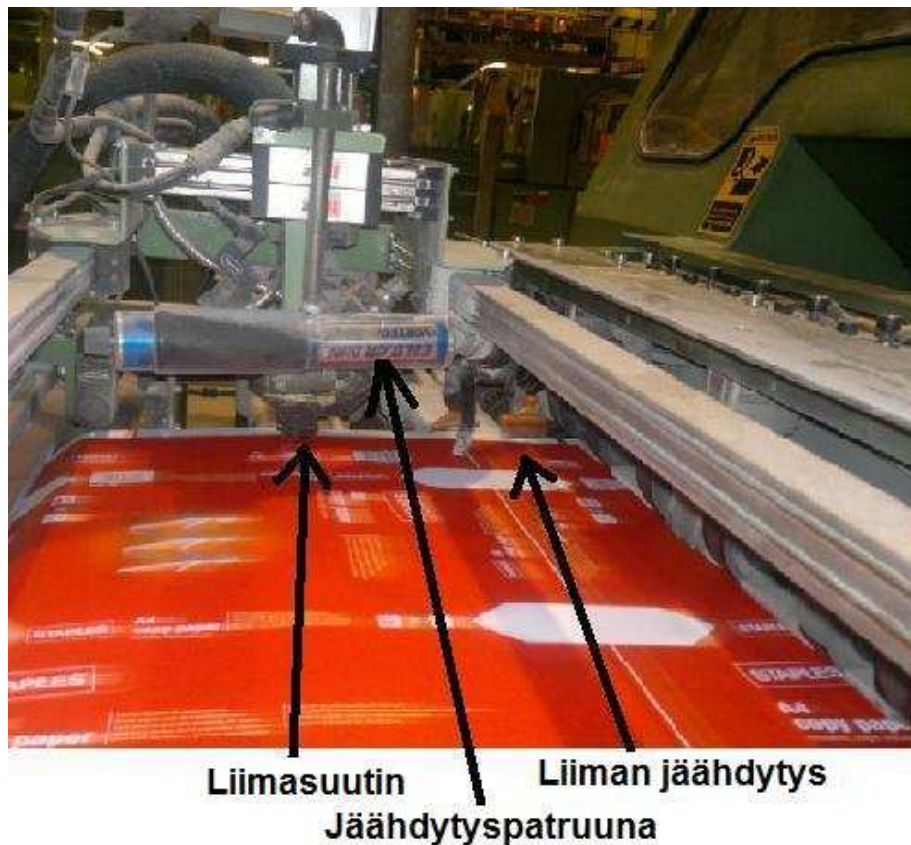
3.4.2. Ruiskuliimaus

Ruiskuliimauksessa liima ruiskutetaan suojakääreeseen suuttimen läpi ja heti jäähdytetään takaisin kiinteään muotoon. Jäähdyttävä ilma tulee normaalista paineilmaverkosta, jonka jälkeen se kulkee jäähdytyslaitteen läpi. Jäähdytyslaitteessa on vaihdettava jäähdytyspatruuna, jonka avulla paineilma saadaan kylmäksi. Kuvassa 6 on esitetty ruiskuliimauslaite ja nuolilla osoitettu sen eri osat. /7/

Kääre taitellaan riisin päälle siten, että ensimmäisenä taitetaan sivut ja sen jälkeen päädyt. Riisin sivujen liimauksessa liima ruiskutetaan kääreeseen ja sen jälkeen jäähdytetään takaisin jähmeään muotoon. Päätyjen liimauksessa liima ruiskutetaan sulana kääreeseen, jota ei jäähdytetä erikseen, koska taitosvaiheessa ei ole riskiä, että liima roiskuu arkitettavalle paperille. /7/

Taitokset riisiin tulevat siten, että liimasauma tulee riisin alapuolelle. Kun taitokset on tehty, riisi siirtyy kuljettimia pitkin jälkilämmityskuljettimelle, jossa lämmityslevyt sulattavat liiman takaisin sulaan muotoon. Liima käy sulassa muodossa, jonka jälkeen se jähmettyy takaisin liimaten kääreen riisin ympärille. Kuljettimen yläpuolella on paininosa, joka painaa riisiä lämpölevyä vasten ja näin saadaan aikaan kiinteä paketti. /7/

Ruiskuliimauksen hyvänä puolena on se, että liima ei missään vaiheessa pääse roiskumaan arkeille ja liimaa saadaan haluttu määrä sekä liimaus on hallittu. Veitsiluodon tehtailla uusilla pakkauslinjoilla on käytössä ruiskuliimaus ja vanhoilla linjoilla kiekkoliimaus. /7/



Kuva 6. Ruiskuliimauslaite

3.5. Kaupalliset ratkaisut

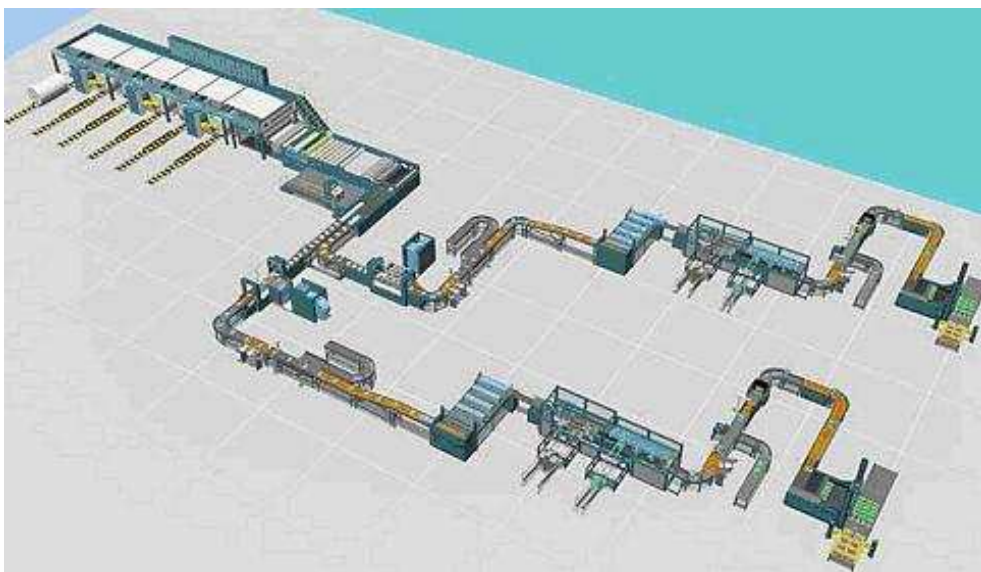
Tämän kappaleen tarkoitus on esitellä muutamia markkinoilla olevia ratkaisuja paperin loppukäsittelyyn. Suurimpia valmistajia paperin loppukäsittelyyn ovat Pemco ja Bielomatik, joiden laitteistoja on muun muassa Veitsiluodon ja Oulun tehtailla. Molemmat yritykset toimittavat kokonaisia linjoja arkittamolle, auki rullauksesta pakkaukseen. Kuitenkin kumpikin laitetoimittaja toimittaa myös yksittäisiä laitteita.

Pemcon tuotevalikoimasta on mahdollisuus valita käärintälinjaratkaisut hitaasta erittäin tehokkaiisiin linjastoihin. Esimerkkinä riisikäärintäkoneissa hitaimman mallin 33, jonka tuotantonopeus on 30 riisiä/min ja nopeimman mallin 39S on 140 riisiä/min. Veitsiluodon tehtaalla uusilla linjoilla on riisikäärinnässä on käytössä 39S malli, joka on esitetty kuvassa 7. Asiakas pystyy valitsemaan jokaisen laiteyksikön erikseen, kuten käärijän, tarkastajan, niputtajan ja pakkaajan. /2/



Kuva 7. Pemco, malli 39S /2/

Bielomatik laitevalikoima keskittynyt enemmän isomman koon arkkeihin, mutta saatavilla on myös A4 koon laitteistoja. Bielomatik on keskittynyt toimittamaan laitteet valmiina linjastoin. Bielomatikin leikkauslinja Cut-Master on esitetty kuvassa 8, jossa linja käsittää aukirullauksesta pakkaukseen kahdella käärintälinjalla. /1/



Kuva 8. Cut-Master C-10-C16 /1/

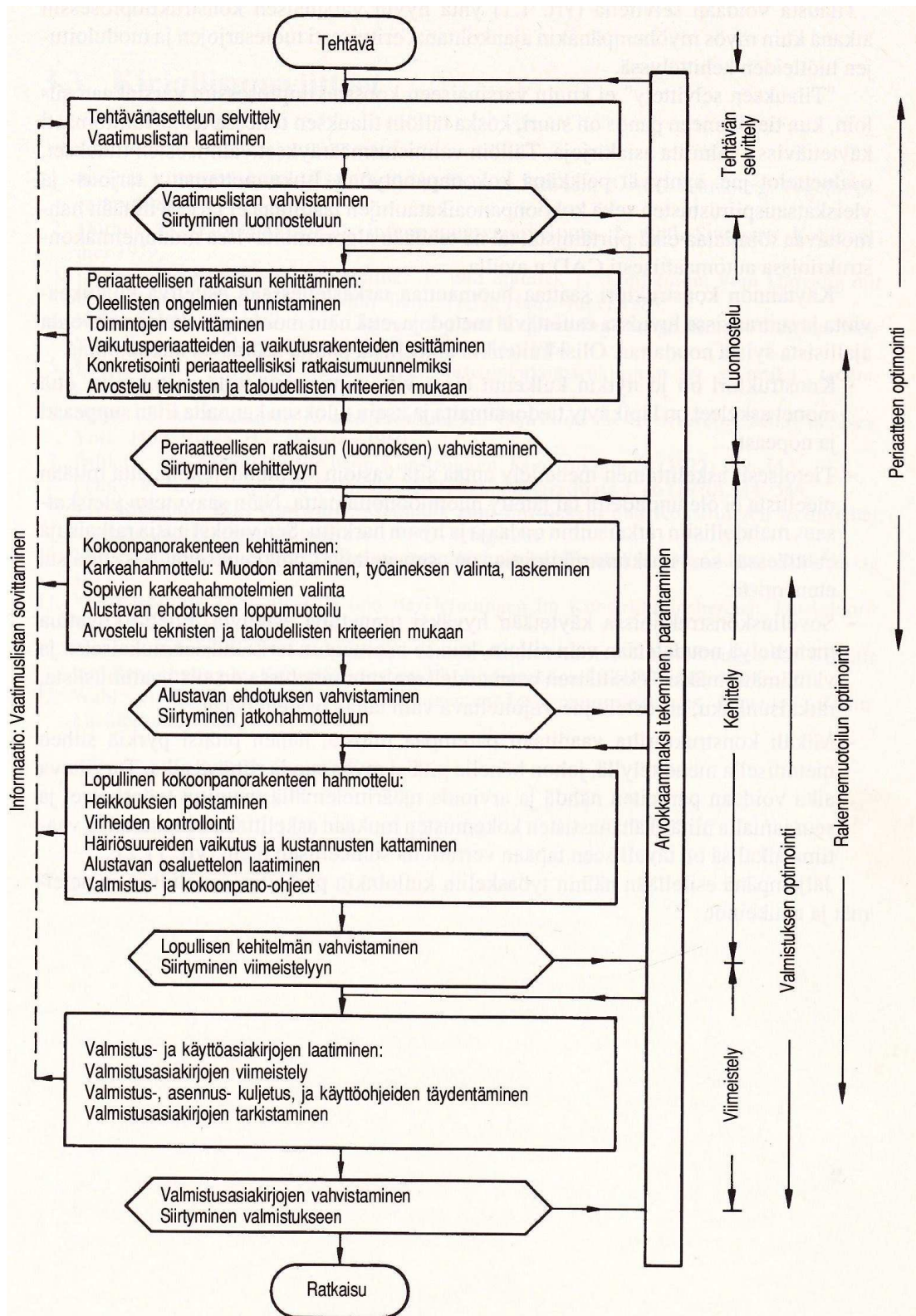
4. SUUNNITTELUPROSESSIN RAKENNE

Tämän kappaleen tarkoituksena on kertoa tarkemmin työssä käytetystä suunnitteluprosessista. Jälkilämmityskuljettimen suunnittelussa mukailen valittua suunnitteluprosessia käytännössä ja vertailen sitä lopuksi teoreettiseen suunnitteluprosessin kulkuun.

Erilaisia suunnitteluprosessimalleja on paljon, joista kaikki johtavat samaan lopputulokseen, valmiiseen tuotteeseen. Suunnittelutoimistoilla voi olla omat prosessinsa, joita seurataan suunnittelun eri vaiheissa. Yksittäisellä suunnittelijalla voi lisäksi olla oma prosessinsa, jonka hän käy läpi, ennen kuin tuote on valmis. Jokaisella suunnittelijalla on oma tapansa lähestyä ongelmaa ja sen ratkaisua. Suurissa suunnitteluorganisaatioissa prosessi helpottaa laajojen kokonaisuuksien hallintaa erityisesti silloin, kun useita suunnittelijoita on tekemässä samaa työtä.

Suunnittelu lähtee liikkeelle tarpeesta tai suoraan annetusta tehtävästä. Suunnitteluprosessin tarkoituksena on, että kaaviota lähdetään etenemään johdonmukaisesti ja välitavoitteita saavutetaan, kunnes tuote on valmis. Suunnittelun aikana kaaviota edetään siten, että jokainen päätösaskel käydään läpi ennen kuin siirrytään seuraavaan. Jokaisesta päätösaskeleesta seuraa joko kaavion mukainen eteneminen tai uuden suppeamman silmukan uudelleen läpikäynti, jos työn tulos on epätydyttävä. Tämä myös ennaltaehkäisee sitä, että tuotteen paha puutteellisuus huomattaisiin vasta suunnitteluprosessin loppuvaiheessa.

Tässä työssä käytetty suunnitteluprosessikaavio on esitetty kuvassa 9. Kaaviosta nähdään, että yksittäiset työ- ja päätösaskeleet ovat etenemisen mukaisessa järjestyksessä. Oikeassa laidassa näkyvät työvaiheotsikot selvennetään seuraavissa kappaleissa.



Kuva 9. Suunnitteluprosessikaavio /6/

4.1. Tehtävän selvitys

Tehtävän selvitys tarkoittaa, että työ luovutetaan suunnittelijalle ja suunnittelija alkaa tutustumaan siihen. Tarvittaessa käydään tutustumassa myös suunniteltavan kohteen toimintaympäristöön. Työn alkuvaiheessa on tärkeää kerätä tarvittava informaatio yleisistä reunaehdoista, standardeista ja niiden merkityksestä sekä tutkia ne vaatimukset, jotka ovat tuotteelle pysyviä. /5/,/6/

Selvitys johtaa vaatimuslistan laatimiseen, jossa otetaan huomioon konstruktiiivisen kehityksen tarve ja sen mukaan suunniteltavat seuraavat työaskeleet. Määritetyt asiat vaatimuslistassa ohjaavat työtä koko prosessin ajan. Työn aikana voi tulla uutta tietoa ja ideoita, siksi on tärkeää päivittää vaatimuslistaa aika-ajoin. /5/,/6/

4.2. Luonnostelu

Tässä vaiheessa ovat tarvittavat tiedot saatavilla, jotta voidaan alkaa luonnostelemaan varsinaista tuotetta. Luonnostelun tarkoitus ei ole saada aikaan valmista tuotetta vaan sille määritellään tarvittavat yleiset toiminnot, kun katsotaan lopullisen tuotteen toimintaa. Siihen päästään ongelmien pelkistämällä, tulevien toimintorakenteiden laatimisella sekä sopivien toimintatapojen hakemisen ja näiden yhdistämisen avulla lopulliseksi rakenteeksi. /6/

Useasti lopullista rakennetta voidaan arvostella vasta sen jälkeen, kun se saa konkreettisempia muotoja. Tämä edellyttää tarkempaa kuvaa tarvittavista materiaaleista, useimmiten luonnosta kuvaamaan tuotteen kokoa, sekä teknisten asioiden huomioon ottamista. Rakenteellinen suunnittelu kannattaa tehdä siten, että selviää käytettävä materiaali, päämitat, paino sekä kustannuksista arvio. Yleensä vasta kun tuotetta on havainnollistettu tarpeeksi, niin saadaan arvosteltavaksi kelpaava ratkaisuperiaate, jossa on otettu huomioon tarvittavat oleelliset tavoitteet ja rajoittavat ehdot. /5/,/6/

Ratkaisuperiaatteen esittely voidaan tehdä usealla eri tavalla. Joskus riittää pelkkä vapaakätinen luonnos tai karkeamittakaavainen piirros. Kiinteitä rakenne-elementtejä

käytettäessä voi monesti riittää pelkkä toimintorakenteen lohkokaavio, kytkentäkaavio tai kulkukaavio. /6/

Menestyksellinen ja kestävä ratkaisu syntyy vain tarkoituksenmukaisimman konstruktiiivisen ratkaisun valinnan mukaan, eikä konstruktiiivisia hienouksia korostamalla. Kuitenkaan tämä ei kumoa sitä, että tavallisimmat vaikeudet luonnostelun jälkeen aiheutuvat kuitenkin yksityiskohdista. /6/

Luonnosteluvaiheessa tulleista luonnoksista päätetään sellainen luonnos, jota lähdetään toteuttamaan. Toteuttamispäätös tehdään vaatimuslistassa olevien teknillisten ja taloudellisten ratkaisujen mukaan. Luonnosteluvaihe on tärkeä osa koko prosessia, koska nyt tehdyt huonot päätökset kertautuvat suunnittelun loppuvaiheella. /5/,/6/

4.3. Kehittely

Kehittelyvaiheessa luonnoksesta aletaan suunnitella lopullista tuotetta. Vaikutusrakenteesta ja periaatteellisesta ratkaisusta aletaan rakentaa tuotteen kokoonpanorakennetta täydellisesti ja yksikäsitteisesti sekä taloudellisten vaatimusten mukaan. Kehittely on tuotteen rakennemuodon vahvistamista. Kehittelyvaiheen jälkeen tuotteen ei kuitenkaan tarvitse olla valmis, mutta ihannetilanne on jos materiaalit, mitat, komponentit ja kaikki muut ratkaisut ovat siinä pisteessä, että niitä ei tarvitse muuttaa. /6/

Kehittelyvaiheen aikana tuotteesta valmistetaan prototyyppi tai alustava malli, jos tuotteen lopulliset toiminnot ja muodot on päätetty. Prototyypin tai toimivan mallin valmistamista käytetään yleisesti hienomekaniikassa, elektroniikassa ja suursarjoja valmistettaessa. Näiden avulla tuotteen toiminnot ja ominaisuudet voidaan testata lopullista käyttöä varten. /5/,/6/

Usein kuitenkin kehittelyvaiheessakin joudutaan tekemään useampi lopullista mallia kuvaava ehdotus, jotta saadaan eri muunnelmien edut ja haitat seuraavalta informaatio- askeleelta. Monesti käy, että joku ratkaisusta on selvästi edullisempi kuin muut ja sitä

lähdetään kehittämään vielä muiden osaratkaisuiden perusteella parempaan suuntaan. Ratkaisujen ja ideoiden yhdistämisellä voidaan lopulta päästä lopulliseen ratkaisuun. /6/

Lopullisessa kokonaiskehityksessä on jo tarkastettu tuotteen toiminnot, kestävyys, tilankäyttö sekä materiaali, minkä jälkeen on viimeistään osoitettava, että kustannuksia koskevat vaatimukset voidaan täyttää. Kun tuote on käynyt kehitysvaiheen läpi ja on päätetty oikeat ratkaisut lopulliselle tuotteelle voidaan siirtyä viimeistelyyn. /5/

4.4. Viimeistely

Viimeistely on viimeinen vaihe suunnitteluprosessissa, sen jälkeen tuote on valmis ja sopiva tuotantoon. Siinä teknisen rakennelman kokoonpanorakennetta viimeistellään lopullisella muodolla, yksittäisosien mitoituksella, pinnanlaatua koskevilla määräyksillä, materiaalien määräyksellä, valmistellaan kokoonpanopiirustukset, osakuvat, osaluettelot sekä valmistusmahdollisuuksien ja kustannuksien lopullisella tarkastuksella. Piirustukset viimeistellään sitoviksi ja muut asiakirjat suunnitelman lopullista aineellista toteuttamista varten. Viimeistelytulos on tuotteen valmistustekninen määrittäminen. /6/

Viimeistelyvaihe vaatii myös suunnitteluinsinöörin huolellisuutta, että huomaa vielä puutteita ja virheitä lopullisista kuvista. Viimeistelyvaiheessa alkaa usein edellisten työvaiheiden läpikäynti, koska lopullisia kuvia valmistettaessa löytyy helposti virheitä. /6/

5. SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

Suunnittelutyön lähtökohtana oli suunnitella täysin uusi jälkilämmityskuljetin, jonka toiminta kuitenkin perustuu jo olemassa oleviin Pemcon valmistamiin laitteisiin. Työn aloitukseen sain Eforalta työohjeen, jossa esiteltiin vaatimukset ja toiminnot kuljettimelle. Aloitin työn tutustumalla arkittamon tuotantolinjoihin ja suunniteltavan kuljettimen toimintaympäristöön. Eforan idea jälkilämmityskuljettimen valmistuksesta oli peräisin Stora Enson Nymöllan tehtaalla olevasta kuljettimesta, joka on kuvassa 10. Nymöllassa oleva kuljetin on myös omavalmisteinen, mutta Nymöllan tehtaalta ei kuitenkaan ole saatu piirustuksia Eforan käyttöön.

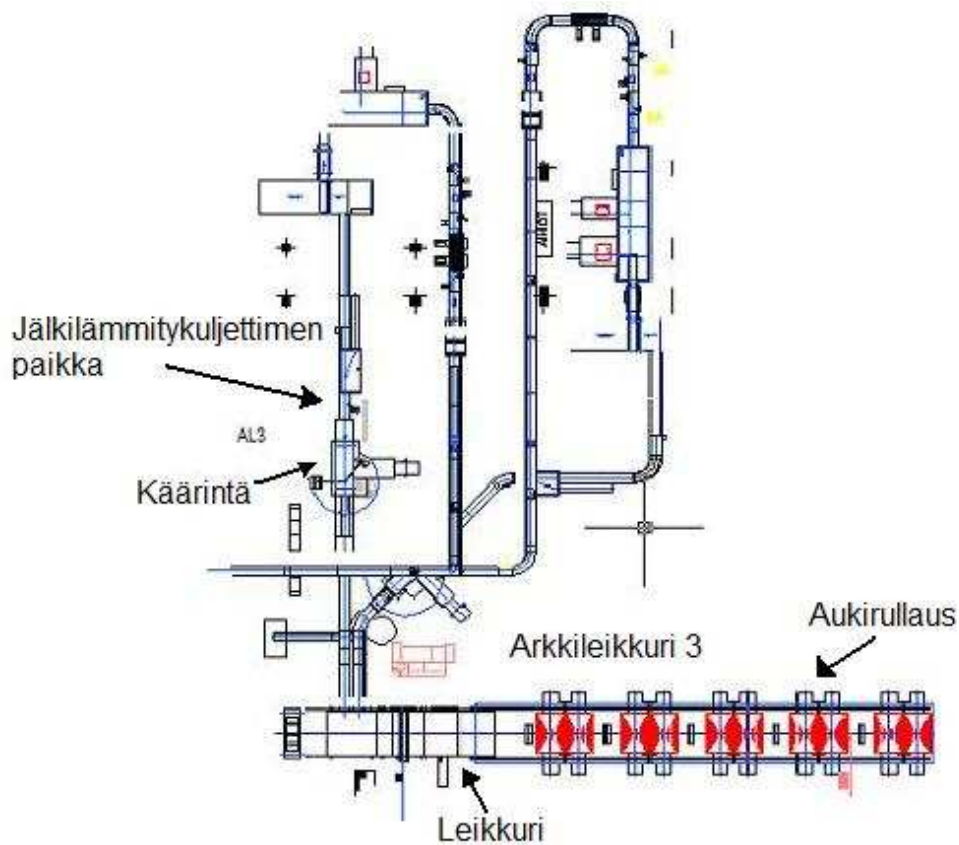
Tämän ratkaisun perusteella alettiin keskustella siitä, olisiko kuljetin samanlainen kuin kuvassa 10. Kuljettimen ratkaisu on varsin hyvä ja edullinen, mutta päätettiin, että suunnittelun aikana syntyvillä ideoilla ratkaisua voidaan kehittää tarpeen mukaan.



Kuva 10. Jälkilämmityskuljetin, Nymölla

5.1. Toimintaympäristö

Suunniteltavan jälkilämmityskuljettimen paikka on esitetty AL 3 pohjapiirustuksessa, joka on kuvassa 11. Kuljetin sijoittuu heti käärintäkoneen jälkeen, joka on aikaisemmin ollut kiekkoliimauksella toimiva. Käärintäkoneeseen on jo asennettu ruiskuliimauslaitteisto ja jos on tarvetta valmistaa jälkilämmityskuljetin, se tulee siirtokuljettimenpaikalle, joka on esitetty kuvassa 12.



Kuva 11. AL3 pohjapiirustus.



Kuva 12. Siirtokuljetin, jonka paikalle jälkilämmityskuljetin tulee

5.2. Vaatimukset

Kuljettimen suunnittelussa rajoittavana tekijänä oli mm. linjastossa oleva paikka jälkilämmityskuljettimelle. Jälkilämmityskuljettimen paikan pituus on 1514 mm, johon rakenteen tulisi sopia. Leveydelle ja korkeudelle ei ole rajoittavia tekijöitä kuljettimen läheisyydessä.

Suunnittelussa on tarkoitus käyttää samanlaista teflon-hihnaa kuin on Pemcon valmistamissa jälkilämmityskuljettimissa. Kyseisessä kuljettimessa hihnan mitat ovat 500x2585 mm. Kuljettimen siirto pituus määräytyy hihnan pituuden mukaan. Kuljettimen rakenteen pituus on noin 1200 mm ja paikka mihin kuljetin tullaan sijoittamaan on noin 1514 mm, eli tyhjää tilaa jää noin 300 mm. Tälle tyhjälle tilalle pitää löytää sopiva ratkaisu, jotta kuljetinjärjestelmä saadaan toimimaan oikein.

Muita vaatimuksia oli, että kuljettimen täytyy toimia samalla tavalla kuin kaupalliset ratkaisut uusilla linjoilla. Kuljettimen yläpuolella oleva riisiä puristavan paininosan ratkaisu täytyy olla toimiva. Kuljettimessa on käytettävä mahdollisimman paljon samoja komponentteja kuin tehtaan muissa laitteissa, jotta ei tarvitse tilata uusia osia kun laitetta valmistetaan.

Kuljettimen hihnalle veto tulee hihnavälityksellä sähkömoottorilta. Sähkömoottori on samanlainen kuin Pemcon valmistamissa jälkilämmityskuljettimissa. Kuljettimen hinnan keskittäminen toteutetaan paineilmasylinteriohjauksella olevalla telalla, mihin komponentit saadaan olemassa olevista kuljettimista. Paininosaan tuleva hihna ei tarvitse erikseen ohjausta, vaan hihna pysyy suorassa telojen linjauksen avulla.

6. LAITESUUNNITTELU

Jälkilämmityskuljettimen tehtävänä on sulattaa riisin suojakääreessä oleva liima sulaan muotoon ja puristaa pakattua riisiä, jonka ansiosta pakatusta riisistä saadaan tiivis paketti.

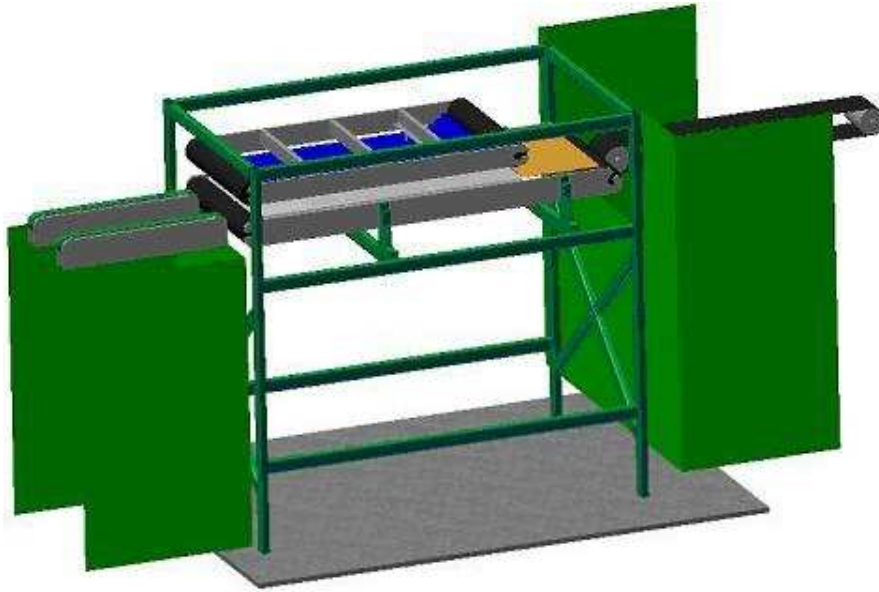
Luonnosten suunnittelussa havainnollistin kuljettimen toimintaympäristöä mallintamalla hieman ympärillä olevia kuljettimia. Luonnokset on piirretty havainnollistamaan kuljettimen rakennetta, sen vuoksi luonnoksissa ei ole mitään ylimääräisiä komponentteja. Lopullisen kuljetinratkaisun valinta suoritettiin luonnoksien perusteella, joista myös syntyi uusia ideoita lopullista rakennetta ajatellen.

6.1. Luonnos 1

Ensimmäisen luonnoksen tein aloituspalaverin ja muiden keskustelujen pohjalta. Alussa päädyttiin siihen, että paininosan toiminta perustuisi hihna käyttöön ja hihnalle välitetään veto hammashihnan avulla. Riisiä painavaksi komponentiksi valittiin metallinen luiska painiosan hihnan alle. Alussa ei paininosalle ollut muita vaatimuksia kuin että se on samanpituisen kuin lämmityskuljetin.

Tässä luonnoksessa teflon-hihnaksi olisi valittu tavallista pitempi hihna, jolloin se olisi yltänyt edelliseltä kuljettimelta seuraavalle. Lämpölevyjen lisäksi kuljettimen rakennetta olisi jatkettu ylimääräisellä tasolla, koska lämpölevyjen lisäämisestä ei olisi toiminnallista hyötyä. Rakenteen jatkolevy näkyy kuvassa 13 oranssina. Kuljettimen toteutus olisi ollut näin helpompaa, koska sähkömoottorilta ei olisi tarvinnut ottaa hammashihnavetoa kuin paininosalle ja lämmityskuljettimelle.

Tämä ehdotus ei kuitenkaan ollut hyvä, koska kuljettimen muunneltavuus ei ole helppoa ajatellen muita linjoja, missä kuljetinta voi tulevaisuudessa käyttää.

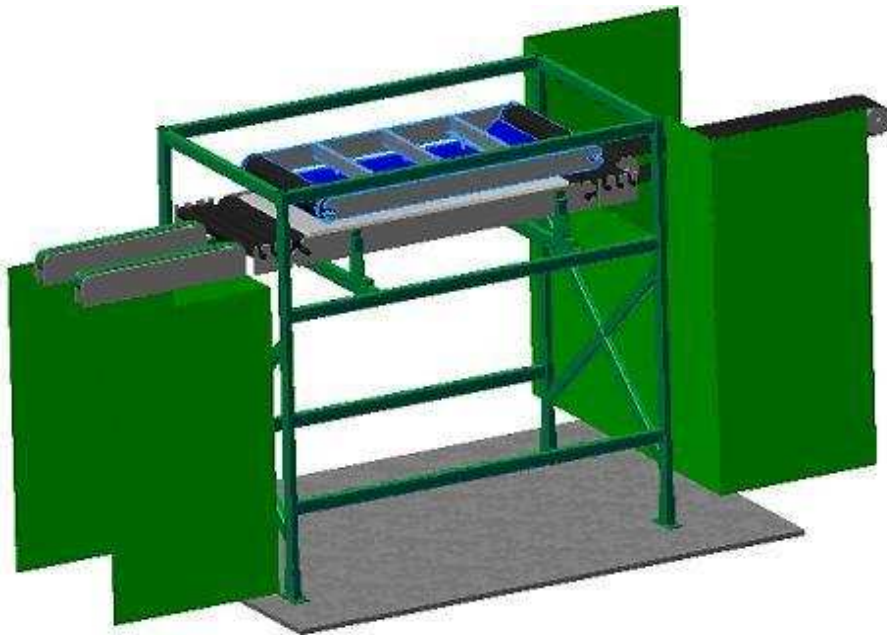


Kuva 13. Luonnoksen 1 rakenne pitkällä lämmitysosalla ja pitkällä painiosalla

6.2. Luonnos 2

Toisessa luonnoksessa kuljettimessa on sama teflon-kihna kuin Pemcon valmistamissa kuljettimissa, eli mitat ovat 500x2585 mm. Tässä vaihtoehdossa kuljettimen rakenteeseen jää noin 300 mm:n tyhjä väli, joka täytetään vapailla rullilla. Kolme vapaata rullaa sijoitetaan kumpaankin päähän kuljetinta. Tämä vaihtoehto hylättiin sen takia, koska ei uskallettu ottaa sitä riskiä, että riisi jää rullien päälle ilman vetoa. Tämän ratkaisun toteuttaminen olisi ollut myös helppoa sen takia, että hammashihnavetoa ei olisi tarvinnut muille kuin lämmitysosalle ja paininosalle.

Kuvassa 14 olevassa luonnoksessa painiosa on pitkänmallinen, josta ehdotin vielä, että sitä lyhennettäisiin.

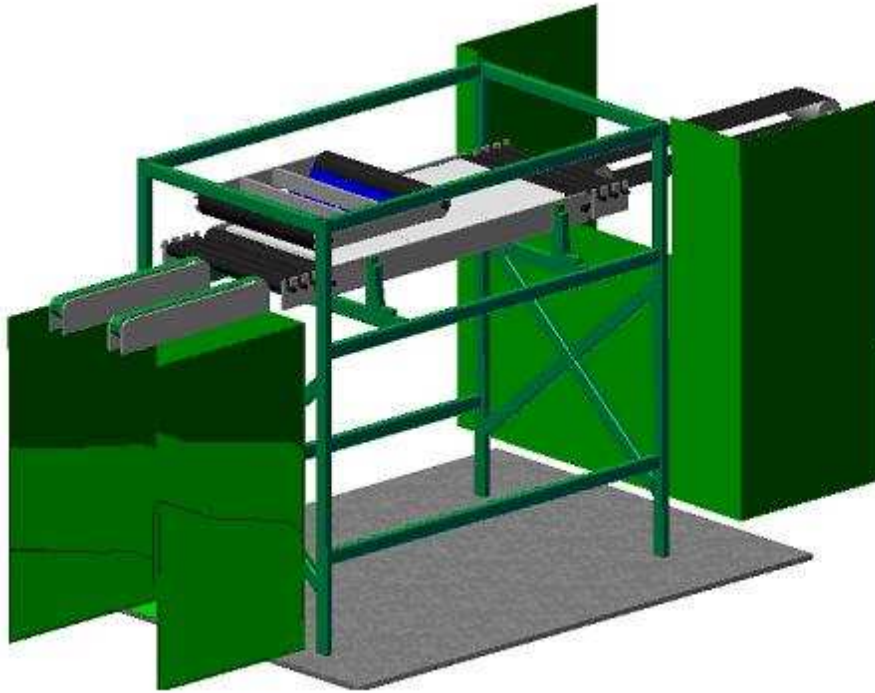


Kuva 14. Luonnoksen 2 rakenne lyhyellä lämmitysosalla ja vapailla jatkorullilla

6.3. Luonnos 3

Luonnos 3 on samanlainen kuin luonnos 2, mutta siinä on lyhempi paininosa. Lopullinen ratkaisu paininosasta muodostui lopulta luonnoksessa 3 olevaksi lyhyeksi malliksi. Se on edullisempi valmistaa kuin pitempi malli ja rakenteena kuitenkin hyvä, koska liima ehtii sulaa ennen, kuin puristus tapahtuu.

Luonnos 3 on lähes samanlainen kuin lopullinen ratkaisu. Lopullisessa ratkaisussa vapaina olevat rullat siirretään samalle puolelle ja niihin laitetaan veto samalla hammashihnalla kuin lämmitysosassa ja paininosassa. Ratkaisun toteuttaminen on näistä luonnoksista vaikein toteuttaa, mutta silti toiminnaltaan varmin. Kuvassa 15 on esitetty luonnos 3.

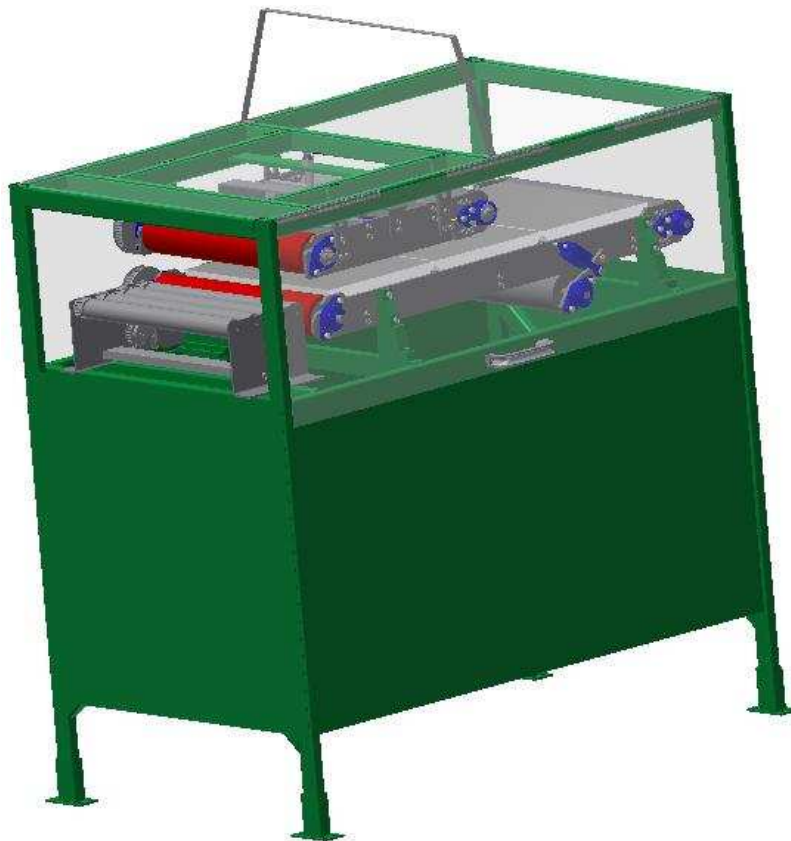


Kuva 15. Luonnoksen 3 rakenne, vapaat rullat ja lyhempi paininosa

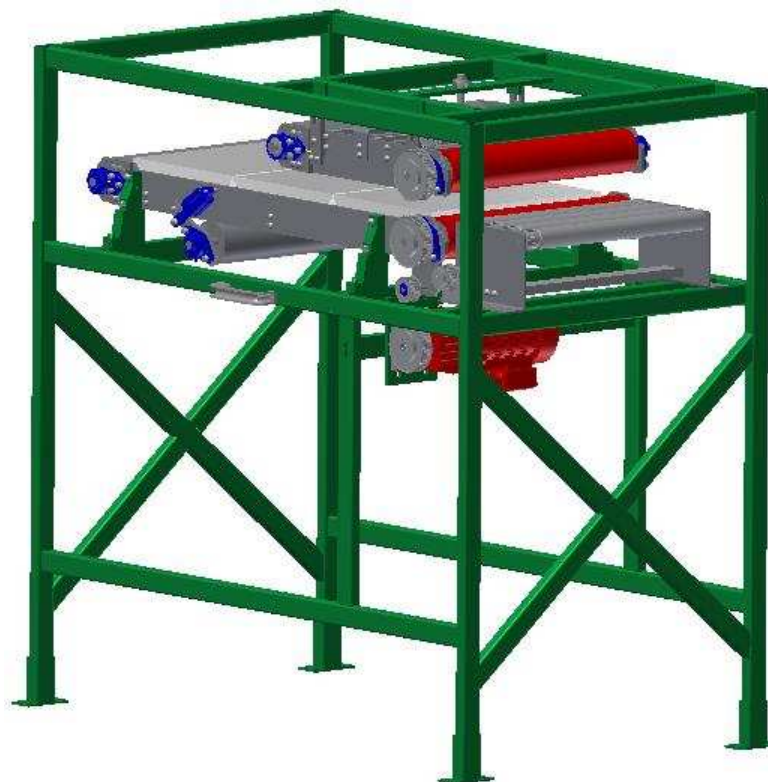
6.4. Lopullinen malli

Lopullisessa mallissa lämmityskuljettimessa on 500x2850 mm teflon-hihna, eli lämmitysosan rakenne on lyhyt ja paininosana on lyhyt malli, sekä lisärullina on neljä pienempää rullaa joihin tulee veto. Seurantalaverissa päätettiin, että tämä on lopullinen malli. Sen myötä pystyin jatkamaan luonnosta lähemmäksi lopullista mallia. Kuvassa 16 on esitetty valmis jälkilämmityskuljetin suojiineen ja kuvassa 17 ilman suoja. Jälkilämmityskuljettimen kokoonpanokuva on esitetty liitteessä 1 ja liitteessä 2 näkyy kokoonpanokuva ilman suoja, mistä näkee laitteen eri komponenttien asettelun.

Seuraavissa kappaleissa käydään tarkemmin läpi kuljettimen rakennetta, joista selviää rungon, lämmitysosan, painiosan ja jatkokuljettimen rakenne.



Kuva 16. Jälkilämmityskuljetin



Kuva 17. Jälkilämmityskuljetin ilman suoja

6.4.1. Runko

Runkomateriaaliksi valitsin S355J2H 50x30x3 mm rakenneputken, joka on EN 10219 standardin mukainen. Rakenteesta oli tarkoitus tehdä mahdollisimman yksinkertainen, mutta silti tukeva. Rungon rakenne on esitetty kuvassa 18. Suunnittelun tarkoituksena oli tehdä rungosta, lämmityskuljettimesta sekä paininosasta erilliset komponentit, jotka voidaan valmistaa erillisinä ja sen jälkeen kokoonpanna.

Kuljettimessa moottori haluttiin saada kuljettimen alapuolelle, mistä mahdolliset huolto-
toimenpiteet on helpompi suorittaa. Moottoriksi valittiin samanlainen kuin Pemcon valmistamissa kuljettimissa. Tämä siksi, että ei tarvitse tilata erilaisia moottoreita tätä kuljetinta varten. Moottori on Sew 0.55kW vaihde moottori. Kuljettimessa on säätöjalat, joiden avulla korkeuden säätö onnistuu samaan tasoon muiden kuljettimien kanssa. Säätöjaloissa on lattiakiinnitys-mahdollisuus, joiden avulla rakennelma saadaan kiinni lattiaan kiila-ankkureiden avulla. Rakenteen liitokset tehdään pääosin hitsaamalla, jolloin eri työstövaiheet jäävät mahdollisimman vähäisiksi. Rungon kokoonpanokuva on esitetty liitteessä 3.

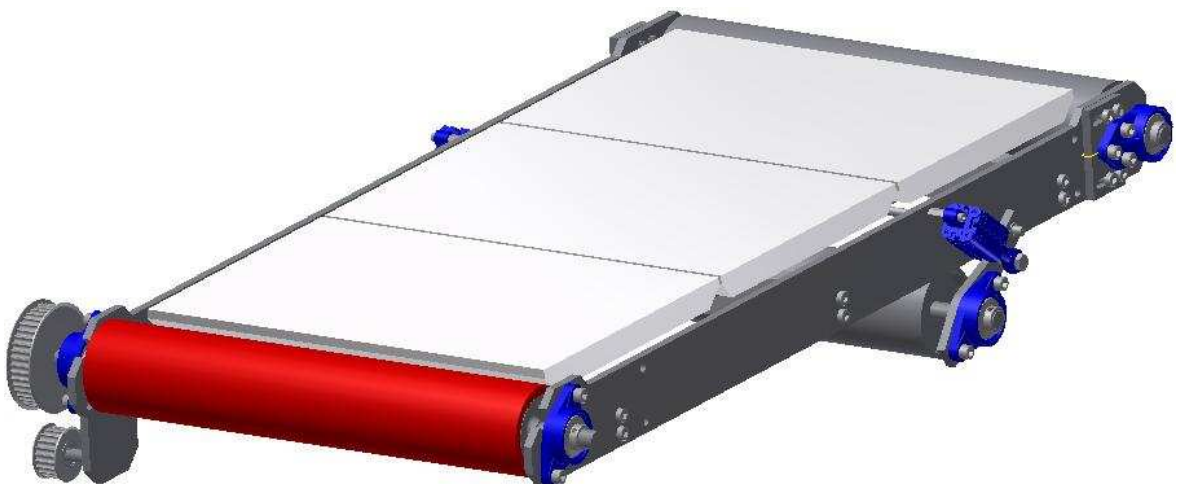


Kuva 18. Runko

6.4.2. Lämmitysosa

Lämmitysosan runkona on EN 10025 S355J2 10x100 mm lattatankoa, johon koneistetaan tarvittavan muodot ja reiät. Rungosta on esitetty valmistuskuva liitteessä 7, josta näkee esimerkin työn aikana tulleista kuvista. Rakennetta tukee poikittain olevat EN 10025 S355J2 50x30 mm lattatangot, jotka kiinnitetään ruuveilla sivurunkoihin. Kuljettimen rullina on halkaisijaltaan 100 millimetrin rullat, joista vetorulla on päällystetty kumilla. Kuljetinhihnana käytetään 500x2585 mm:n teflon-hihnaa. Lämmitysosan rakenne on esitetty kuvassa 19.

Lämmitysosassa lämmityselementteinä on alumiinista valmistetut levyt, joiden sisällä on lämmitysvastukset. Laakereiksi valitsin samat kuin Pemcon valmistamissa kuljettimissa, koska Eforalla kyseiset laakerit on varastotavarana. Vetorullassa ja ohjaintelassa laakerina on Asahin FL 204 ja taittotelassa on FK 204, jonka avulla hihnankiristys suoritetaan. Hihnan ohjaimena on kahden varren päässä oleva ohjaustela, jota ohjataan kahdella Feston ADVU-25-25-A-P-A paineilmasylinterillä. Paineilmasylinterille ohjaustietoja antaa elektroninen silmä, joka seuraa hihnan liikettä ja kun hihna liikkuu toiseen laitaan se antaa tiedon liikuttaa toisella sylinteri hihnaa takaisin päin. Lämmitysosan kokoonpanokuva on esitetty liitteessä 4.

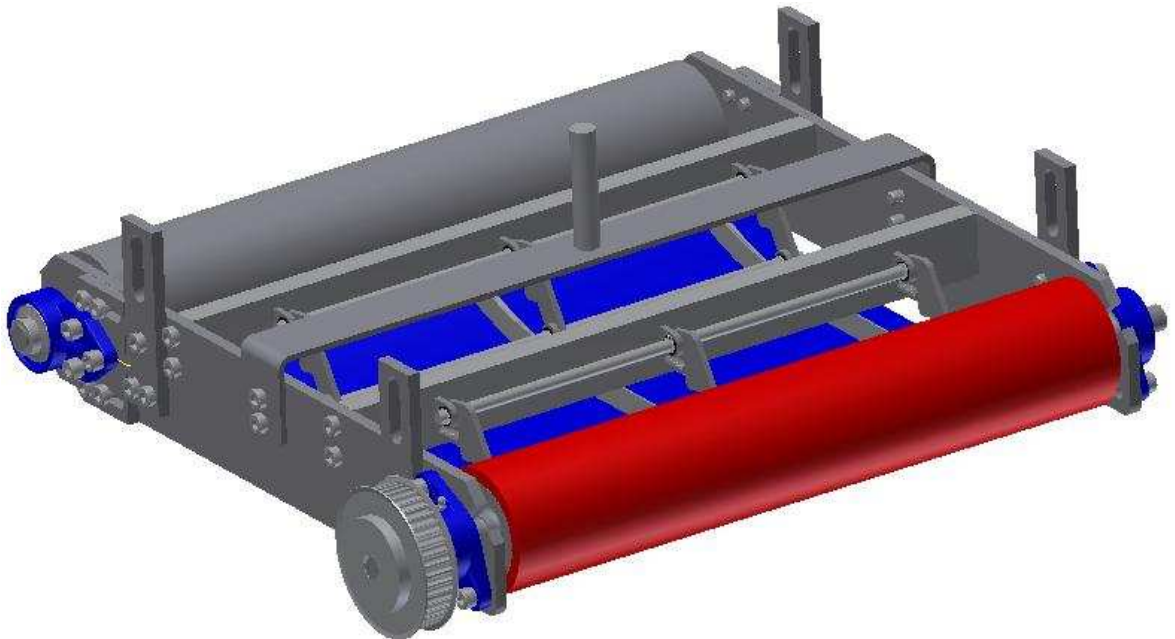


Kuva 19. Lämmitysosa

6.4.3. Paininosa

Painiosan tehtävänä on painaa pakattua riisiä lämmityskuljetinta vasten, jolloin pakatusta riisistä tulee tiivis ja liima tarttuu riittävän hyvin. Painiosan hihnan sisällä on metallinen levy, jonka päät on taivutettu hieman kaarelle. Levy on taivutettu siksi, että riisiin kohdistuva paine olisi mahdollisimman vähäinen.

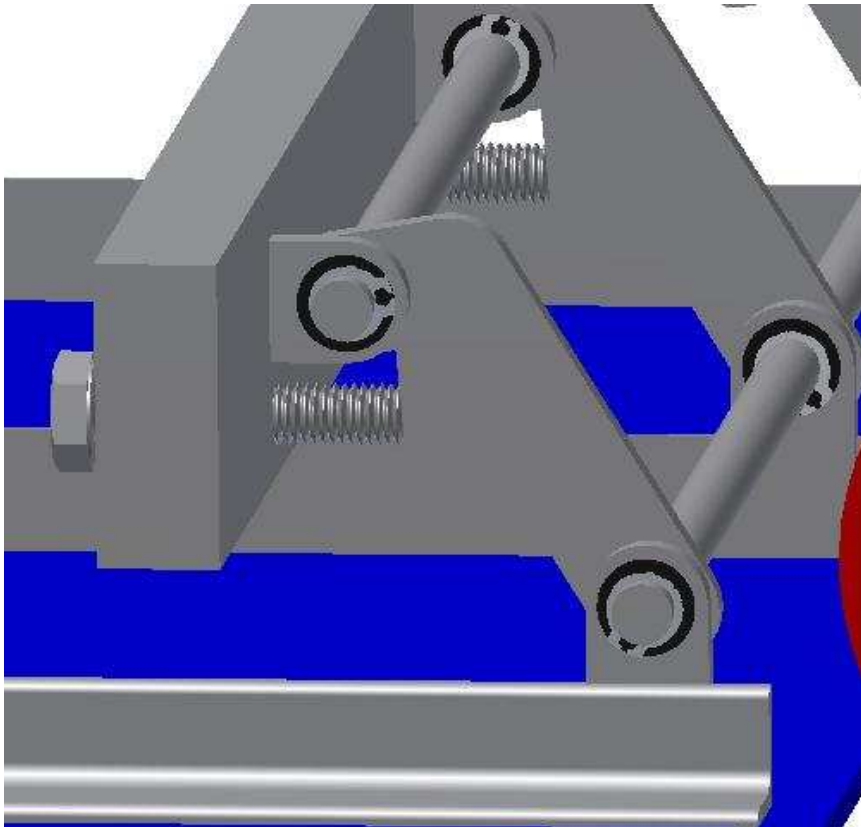
Paininosassa on veto- ja taittorulla. Veturullalle veto välitetään hammashihnan avulla ja taittopään rullalla suoritetaan hihnan kiristys. Painiosan rakenne on sellainen, että sivurunkoina on EN 10025 S355J2 100x10 mm lattatankoa, johon koneistetaan tarvittavat muodot. Rakennetta tukee poikittain EN 10025 S355J2 50x20 mm lattatangot, jotka kiinnitetään ruuveilla sivurunkoihin. Painiosan rakenne on esitetty kuvassa 20, sekä kokoonpanokuva on esitetty liitteessä 5.



Kuva 20. Paininosa

Painiosan metallilevyn tehtävä on joustaa ylöspäin ja samalla painaa pakattua riisiä. Puristuksen ei kuitenkaan tarvitse olla mahdottoman suuri, jotta riisi ei vaurioidu. Rakenteen paino jo itsessään puristaa luultavasti tarpeeksi, mutta kuitenkin tein rakenteesta

sellaisen, että puristusta voidaan lisätä vetojousella. Joustinosan rakenteena on koneistettavat komponentit, jotka on kiinnitetty rakenteeseen. Haastavana työnä oli saada rakenteesta yksinkertainen ja toimiva. Rakenteen suunnittelin siten, että tukipisteistä tulee kiinteät ja levyn korkeutta säädetään säätö pultin avulla. Rakenne on esitetty kuvassa 21.



Kuva 21. Paininosan joustin rakenne

6.4.4. Jatkokuljetin

Jatkokuljettimen tehtävä on siirtää pakattu riisi seuraavalle kuljettimelle. Jatkokuljettimella jokaisella rullalle välitetään veto. Veto välitetään päähihnalla akselille, jonka avulla se siirretään seuraavalla hihnalla rullille. Rakenteen runkolevyt taivutetaan 5 mm levystä ja sisäpuolelle tulee tukirunko. Kuljettimen rullat ovat arkittamon lavaamossa jo käytössä olevia rullia, joten rullille voidaan käyttää samaa hihnaa. Aluksi oli tarkoituksena, että hihnavälitys suoritetaan lyhyillä hihnoilla ”heitolla” rullalta toiselle. Lopulliseksi

ratkaisuksi tuli sellainen, että yhdellä 640 8MGT 12 PCGT2 hihnalla välitetään veto kaikilla rullille. Jatkokuljettimen rakenne on esitetty kuvassa 22.

Akselin laakerointi oli kohtalaisen hankala toteuttaa, koska tila mihin laakeri sijoittuu on ahdas. Ongelman ratkaisin kuitenkin siten, että koneistetaan laakereilla pieni pesä mihin laakerit sijoitetaan. Laakereina SKF 61804-2RS1. Jatkokuljettimen kokoonpanokuva on esitetty liitteessä 6.



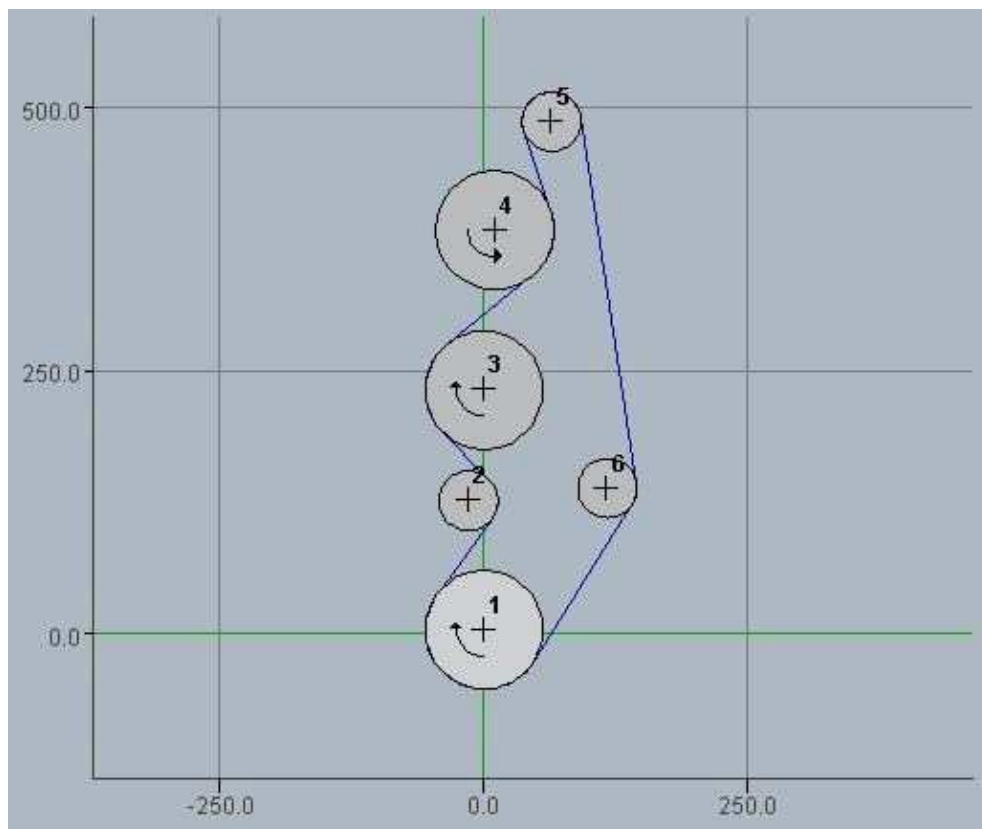
Kuva 22. Jatkokuljetin

6.4.5. Hammashihna

Hammashihnaksi valittiin sama malli kuin Pemcon valmistamissa kuljettimissa, eli malli HTD ja moduuli 8 mm. Hammashihnan pituuden määritin Mulcon tarjoamalla ilmaisohjelmalla. Tällä ohjelmalla määritellään hammashihnapyörien koot ja ohjelma laskee hihnan pituuden. Ohjelman tietokannassa on paljon erilaisia hihnatyyppejä, mutta ei ollut tätä valittua mallia. Tämä kuitenkin ei ollut ongelma, kun tiesin hammashihnapyörien koot.

Hihnan pituudeksi saatiin pienillä muutoksilla 1360 mm. Hihnan pituuden määrittämisen yksi kriteereistä oli, että se pitää olla standardimitta, jota saa ostettua toimittajilta sen mittaisena. Etran sivuilta valitsin kaksipuolisen D8M HTD D Obtibeltin hammashihnan, jonka leveys on 20 mm. Kuvassa 23 näkyy, miten hammashihnapyörät on aseteltu.

Hammashihnapyörät valitsin siten, että lämmitysosan, paininosan ja jatkokuljettimen kuljetusnopeudet ovat samat. Isot vetorullat ovat tuplasti isompia, kuin jatkokuljettimella olevat vetorullat, eli hammashihnapyörien välityssuhde pitää olla 1:2. Moottorilla ja vetorullilla olevissa pyörissä on 44 hammasta (kuva 23, pyörät 1, 3, 4) ja ohjauspyörissä 22 hammasta (kuva 23, pyörät 2, 5) sekä jatkokuljettimella sama 22 hammasta. (kuva 23, pyörä 6)



Kuva 23. Hammashihna

6.4.6. Telanopeudet

Kuljettimen telojen nopeudet on laskettu siksi, koska kuljetinjärjestelmässä on eri kokoisia teloja ja sama hammashihna, josta veto välitetään. Telojen kehänopeus täytyisi olla sama, jotta järjestelmän kuljetusnopeus pysyy vakiona. Laskuilla on todistettu se, että kuljetinjärjestelmä kuljettaa samaa nopeutta koko matkan.

Kaavan 1 avulla voidaan laskea isonvetotelan nopeus, kun tiedetään moottorin pyörimisnopeus ja vaihteen välityssuhde. Sähkömoottorin pyörimisnopeus on 1500r/min ja vaihteen välityssuhde 7,5.

Välityssuhde lasketaan kaavalla

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{r_2}{r_1} \quad (1)$$

missä

i on välityssuhde

n_1 on isompi kierrosnopeus

n_2 on pienempi kierrosnopeus

r_1 on isompi säde

r_2 on pienempi säde

Ison vetotelan pyörimisnopeus lasketaan kaavalla 1, joten pyörimisnopeus on:

$$n_1 = 200 \text{ r/min}$$

Kaavan 1 avulla saadaan ison ja pienen telan välityssuhteeksi 1:2, jolloin pienen telan pyörimisnopeudeksi saadaan:

$$n_2=400\text{r/min}$$

Kehänopeus lasketaan kaavalla:

$$v = 2\pi nr \tag{2}$$

missä

n on kierrosnopeus

r on säde

v on kehänopeus

Kaavasta 2 saadaan ison vetotelan kehänopeudeksi:

$$v_1= 11 \text{ m/s}$$

Kaavalla 2 lasketaan myös pienen vetotelan kehänopeus, josta saadaan sama kuin ison telan kehänopeudesta:

$$v_2=11 \text{ m/s}$$

Näin kaavojen avulla voidaan todeta, että koko kuljetinjärjestelmä kulkee samaa nopeutta.

7. KUSTANNUSARVIO

Kustannusarviossa hinnat on katsottu Eforan omista hinnastoista ja ne pitävät suurimmaksi osaksi paikkaansa. Hinnat, joita ei löytynyt Eforan tiedoista katsottiin toimittajien sivuilta. Kustannusarvio on laadittu Excel-taulukkolaskentaohjelmalla.

7.1. Komponentit hintoineen

Taulukossa 1 on esitetty komponenttien kappalehinnat ja niistä koostuva kokonaishinta.

Taulukko 1. Komponentit hintoineen

Laite	€/kpl	kpl määrä	kok. hinta	Tiedot
Moottori ja vaihde	276	1	276	SEW 0.55Kw 400 V 98/1360R P17 DT80 K4 M5
Vetorulla	1867	2	3734	Rolltech 500x100 päällystetty
Ohjaus/taitto rulla	1000	3	3000	Rolltech 500x100 metallipinta
Rulla jatkokuljetin	45	4	180	447/300 50x1.5 STI A12 16 M8
Paineilmasylinteri	59	2	118	Festo ADUV-25-25-A-P-A
Laakeri yksikkö	32,5	2	65	Asahi FK 204
Laakeri yksikkö	22,35	4	89,4	Asahi FL 204
Laakeri	8,96	2	17,92	SKF 6200-RSH
Laakeri	27,05	2	54,1	SKF 61804-2RS1
Hammashihnapyörä	45,96	5	229,8	HTD 44-8m-20
Hammashihnapyörä	15,52	3	46,56	HTD 22-8m-20
Hammashihnapyörä	40	1	40	PCGT 22-8M-20
Hammashihna jatkokuljetin	94	1	94	PCGT 640-8M-12
Hammashihna	141	1	141	Obtibelt HTD 1360-8M-20
Muut tarvikkeet			100	Mutterit, pultit, helat, rikat
			8185,78	

7.2. Materiaalit hintoineen

Taulukosta 2 on esitetty materiaalin laatu, koko ja määrä. Hintatiedot ovat peräisin Onnisen rakenneteräshinnastosta. Taulukossa on myös eri materiaalien menekki hieman yläkanttiin. Putken määrä on ilmoitettu metreinä, levyn neliömetreinä. Hinnat on ilmoitettu kilohintoina.

Taulukko 2. Materiaalit hintoineen

Materiaali	Määrä m/m²	Lisätiedot	Hinta €/kg
50x30x3	25	EN 10219 S355J2H	152,0
50x30	5	EN 10025 S355J2	102,2
50x20	1,5	EN 10025 S355J2	18,8
40x20	2	EN 10 025 S235JR	20,0
10 mm levy	0,5	S235JR EN 10 025	39,3
5 mm levy	0,2	S235JR EN 10 025	15,7
1 mm levy	3,5	FeP01 EN 10130	27,5
3 mm pleksi	5,5	Polykarbonaatti levy	151,3
			526,6

8. DOKUMENTOINTI

Työn aikana dokumentointi tapahtui kappaleiden nimillä ja lopuksi, kun kaikki työkuvat olivat valmiit, ne numeroitiin Efora Oy:n omilla numerointi järjestelmillä. Kun työ on valmis, luovutetaan se toimeksiantajalle kokonaisuudessaan.

Työssä tuli yhteensä 23 osakuvaa, 5 osakokoonpanokuvaa, 4 kokoonpanokuvaa, sekä pääkokoonpanokuva. Osakuvia ei piirretty kaikista komponenteista, vaan sellaisista joita ei voinut mitoittaa muualla, kuin osakuvassa. Työssä olevien erilaisten mallinnettujen komponenttien määrä on 56 ja kaikki komponentit mukaan lukien 3D-mallissa on noin 260 komponenttia. Työssä käytetyt valmiit komponentit kuten paineilmasylinterit, laakerit, moottori sekä kiinnitystarvikkeet valittiin laitetoimittajien internet-sivuilta.

9. YHTEENVETO

Jälkilämmityskuljettimen suunnittelu oli haastava ja todella opettavainen työ. Työ sisälsi paljon mekaniikkasuunnittelua ja ideointia hyvien ratkaisujen tekemiseksi. Työssä käytetty Autodesk Inventor –ohjelma loi myös omat haasteet työn tekemiselle. Haastavinta ohjelman kanssa oli se, että ei ollut käytössä tarpeeksi tehokasta tietokonetta ohjelman täydellistä hyödyntämistä varten.

Opinnäytetyön suunnittelu aloitettiin jälkilämmityskuljettimen toimintavaatimusten kartoituksella. Toimintavaatimusten määrittäminen tehtiin työn toimeksiantajan kanssa. Heidän kanssa saatiin myös turvallisuus- ja toimintavaatimukset sille tasolle, että laite tulee toimimaan kun se valmistetaan. Alkuvaiheessa katsottiin komponentit mitä toimeksiantajalla on varastossa tai pystyy tilaamaan heidän kautta. Komponentit valittiin sellain, että pystytään käyttämään mahdollisimman paljon samoja komponentteja mitä heillä on jo käytössä.

Työssä suunnitteluvaiheen aikana seurasin teoriaosiossa esitettyä suunnitteluprosessia. Suunnitteluprosessin käytöstä on kuitenkin enemmän hyötyä silloin kun on paljon suunnittelijoita tekemässä samaa laitetta. Tässä työssä kuitenkin työskentelin itsenäisesti ja tiesin kokoajan, että missä vaiheessa milloinkin olen, joten suunnitteluprosessin käytöstä ei ollut paljoa hyötyä. Suunnitteluprosessin avulla kuitenkin pystyin jakamaan isommat kokonaisuudet pienempiin osiin, mikä helpotti työn tekemistä.

Insinööriyössä pääsin käyttämään niitä tietoja ja taitoja mitä koulun aikana on kertynyt sekä oppimaan itsenäisesti paljon uutta eri mekaniikan aloilta. Työ oli opettavainen siksi, että minua kiinnostaa työskennellä suunnittelun parissa ja tämä työn avulla pääsi tutustumaan läheisesti mekaniikkasuunnitteluun. Työ meni kaikin puolin hyvin ja olen tyytyväinen lopputulokseen.

10. LÄHDELUETTELO

/1/ Bielomatik Leuze GmbH + Co. Yrityksen internet-sivu, [WWW-dokumentti]
[www.bioleumatik.com]

/2/ E.C.H. Will, Pemco. Yrityksen internet-sivu, [WWW-dokumentti],
[http://www.pemco.kpl.net]

/3/ Efora Oy, Eforanet, [WWW-dokumentti], [http://worksite.storaenso.com/eforanet].
Luettu 6.10.2011

/4/ Jokio, Mikko, Papermaking Science and technology Part 3, Finishing, Fabet, Helsinki,
1999.

/5/ N.F.M. Roozenburg, J. Eekels, Product Desing, Fundamentals and Methods, WILEY,
1991.

/6/ Pahl, Gerhard, Beitz, Wolfgang, Koneensuunnitteluoppi, WSOY, Porvoo 1990

/7/ Pesonen, Kauko, Kunnossapitopalveluvastaava, haastattelu, Efora Oy, Kemi 1.10.2011

/8/ Stora Enso Oyj, Stora Enso lyhyesti, [WWW-dokumentti],
[http://www.storaenso.com/about-us/stora-enso-in-brief/Pages/Stora-Enso-lyhyesti.aspx],
Luettu 6.10.2011

/9/ Stora Enso Oyj, Veitsiluodon tehdas, Veitsiluoto 2011 –esittelymateriaali,
[Julkaisematon PowerPoint-dokumentti], 2011

11. LIITELUETTELO

LIITE 1 Jälkilämmityskuljettimen pääkoonpano

LIITE 2 Suojat, kokoonpano

LIITE 3 Runko, kokoonpano

LIITE 4 Lämmitysosa, kokoonpano

LIITE 5 Paininosa, kokoonpano

LIITE 6 Jatkokuljetin, kokoonpano

LIITE 7 Runko käyttöpuoli (lämmitysosa), osakuva