

Hihnavaipan tuennan kehittäminen kaavarointiin ja asennukseen

Jussi Rannila

Opinnäytetyöraportti
Maaliskuu 2013

Kone- ja tuotantotekniikka
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) RANNILA, Jussi	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 04.03.2013
	Sivumäärä 51	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi HIHNAVAIPAN TUENNAN KEHITTÄMINEN KAAVAROINTIIN JA ASENNUKSEEN		
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) MATILAINEN, Jorma		
Toimeksiantaja(t) Metso Paper Oy, SymBelt-telasuunnittelu ERONEN, Ville, Kehitysinsinööri		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyö keskittyi Metso Paperin SymBelt-telan kaavarin tuen eli sisätuen kiinnikkeiden sekä levityspotkien kehittämiseen. Työn tavoitteena oli löytää kyseisille rakenteille halvemmat ja yksinkertaisemmat vaihtoehdot ja tehdä niistä tarvittavat mallit, kokoonpanot ja työpiirustukset. Kyseinen kehitysprojekti oli ollut Metsolla esillä jo pidemmän aikaa.</p> <p>Työskentelyn aluksi käytiin lävitse vaatimukset uusia rakenteita varten ja työ aloitettiin perehtymällä nykyisiin rakenteisiin ja niiden ongelmiin sekä jo mietittyihin uusiin ratkaisuihin. Työ eteni tuotekehitysprosessin teoriaa mukailleen: ensin ideoitii ja luonnosteltiin erilaisia rakennevaihtoehtoja, joista valikoitui jatkokehittävä kohde josta lopputuote muodostui.</p> <p>Opinnäytetyön lopputuloksena muodostuivat tavoitteen mukaiset rakenteet ja niistä tehdyt mallit ja työpiirustukset. Uudet rakenteet tullaan ottamaan käyttöön tulevissa projekteissa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Paperikone, puristinosa, SymBelt, sisätuki, kaavarointi, levityspotket, tuotekehitys		
Muut tiedot Raportin liitteet on jätetty pois julkisesta raportista pois niiden sisältämän luottamuksellisen tiedon vuoksi.		



Author(s) RANNILA, Jussi	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 04.03.2013
	Pages 51	Language Finnish
	Confidential <input type="checkbox"/> Until	Permission for web publication <input checked="" type="checkbox"/>
Title DEVELOPMENT OF BELT SUPPORT FOR DOCTORING AND INSTALLATION		
Degree Programme Mechanical and Production Engineering		
Tutor(s) MATILAINEN, Jorma		
Assigned by Metso Paper Oy, Symbelt Roll Engineering ERONEN, Ville, Development Engineer		
Abstract <p>This bachelor's thesis project focused on developing Metso Paper's Symbelt roll inside support brackets and draping pipes. The goal of this work was to find cheaper and simpler alternatives for these structures, and to make relevant models, assemblies, and work drawings of them. This development project had been discussed in Metso for a long time.</p> <p>First the requirements for the new structures were decided and the work was started by studying the existing structures and their problems, as well as the thoughts of the new solutions. Working on the thesis proceeded by utilizing the development process theory: first came up the ideas for different structures and then it was decided to develop one of these ideas to an end product.</p> <p>The results of the thesis were new structures and models and work drawings of them. The new structures will be used in future projects.</p>		
Keywords Paper machine, press section, Symbelt, inside support, doctoring, draping pipes, product development		
Miscellaneous Appendices are left out from the public report due to their confidential nature.		

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	TOIMEKSIANTAJA	5
2.1	Metso konserni	5
2.2	Massa-, paperi- ja voimatuotanto	6
2.3	Rautpohjan tehdas	7
2.4	SymBelt-suunnittelu	8
3	PAPERIKONEEN PURISTINOSA.....	8
3.1	Yleistä.....	8
3.2	Nippitapahtuma.....	11
3.3	Pitkänippipuristin.....	12
3.4	SymBelt	15
3.5	Kaavarointi.....	17
4	VÄRÄHTELYTEKNIIKAN TEORIAA	18
5	TUOTEKEHITYS.....	18
5.1	Tuotekehitystoiminta	18
5.2	Käynnistäminen	19
5.3	Luonnostelu	20
5.4	Kehittäminen	22
5.5	Viimeistely	23
6	RAKENTEIDEN KEHITTÄMINEN.....	23
6.1	Lähtökohdat.....	23
6.1.1	SymBelt-telan sisätuki	23

6.1.2	SymBelt-telan tukiputket	25
6.2	Luonnostelu	26
6.2.1	Alkuehdot	26
6.2.2	Ideat levityspotkien korvaamiseksi	26
6.2.3	Ideoiden vertailu	31
6.3	Kehittely.....	32
6.3.1	Levityspotket	32
6.3.2	Sisätuki	33
7	TULOKSET	33
7.1	Levityspotket	33
7.2	Sisätuki.....	33
8	TYÖN JA TULOSTEN POHDINTA.....	34
	LÄHTEET.....	36
	LIITTEET	37
	Liite 1. Sisätuen pääosat	37
	Liite 2. Sisätuen kiinnityksen vaihtoehdot.....	38
	Liite 3. Kannakkeen mitat	39
	Liite 4. Vahvistetun kannakkeen ominaisaajuudet ja mitat.....	40
	Liite 5. Sisätuen kokoonpanon ominaisaajuudet	41
	Liite 6. Lopullinen levityspotken rakenne.....	42
	Liite 7. Lopullinen sisätuen rakenne	43
	Liite 8. Muovilistan kannakkeen tarjous.....	44
	Liite 9. Levityspotkien hintavertailu	45
	Liite 10. Levityspotken kokoonpano.....	46

Liite 11. Muovilistan kannake	47
Liite 12. Muovilista	48
Liite 13. Holkki	49
Liite 14. Sisätuen kokoonpano.....	50
Liite 15. Palkki	51

KUVIOT

KUVIO 1. Metson henkilöstö alueittain. (Metson vuosikertomus 2011.).....	6
KUVIO 2. Massa-, paperi- ja voimatuotantosegmentin liikevaihto asiakasteollisuuksittain. (Metson vuosikertomus 2011.).....	7
KUVIO 3. Puristinosan laitteet, Metso SymPress B. (KnowPap 2012.)	9
KUVIO 4. Vedenpoisto puristinosassa. (KnowPap 2012.)	10
KUVIO 5. Nippitapahtuman vaiheet. (KnowPap 2012.)	11
KUVIO 6. Telanipin ja pitkänipin kuormituskäyrät. (KnowPap 2012.)	13
KUVIO 7. Pitkänipin ja telanipin vaikutus bulkkiin ja kuiva-ainepitoisuuteen. (KnowPap 2012.)	14
KUVIO 8. SymBelt-telan osat. (Telakirja, muokattu.)	16
KUVIO 9. SymBelt-tela ja vastatela. (Telakirja, muokattu.)	16
KUVIO 10. SymBelt-tela ja kaavin. (BeltDoc 2012.).....	17
KUVIO 11. SymBelt-telan paineakseli ja sisätuki.....	24
KUVIO 12. SymBelt-telan paineakseli ja beltin tukiputket.....	25
KUVIO 13. Akseliin kiinnitettävät muovilistat.	27
KUVIO 14. Kannakoitu muovilista.	28
KUVIO 15. Kannakoidut muovilistat paineakselissa.....	28
KUVIO 16. Sisätuki molemmin puolin.	29

KUVIO 17. Beltin pään vetokelkka.....	30
KUVIO 18. Vahvistettu kannakoitu muovilista.	32

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Ideoiden arvotaulukko.....	31
--	----

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni aiheen sain Metso Paperilta, joka on yksi johtavista paperikonevalmistajista. Työ tehtiin SymBelt-telasuunnitteluun, joka sijaitsee Rautpohjassa ja sitä ohjasi Metson puolelta Ville Eronen ja Jyväskylän ammattikorkeakoulun puolelta Jorma Matilainen. Opinnäytetyön tekemisen ajan minulla oli oma työpiste Metson tiloissa, mutta suurimman osan työstä tein kotikoneellani.

Työn tavoitteena oli löytää yksinkertaisemmat ja halvemmat ratkaisut SymBelt-telansisätuen kiinnityksellä sekä levityspotkille. Lopputuloksena oli näistä rakenteista tehty 3D-mallit sekä tarvittavat kokoonpanot ja työpiirustukset. Aihe oli oikea tuotekehitysprojekti, joka oli ollut esillä jo pitkään.

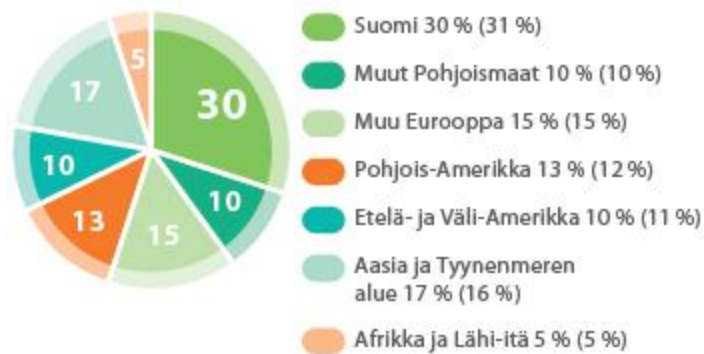
Raportissa esitellään ensin toimeksiantaja, jonka jälkeen käsitellään työn teoriaperusta; paperikoneen puristinosan sekä tuotekehityksen teoria. Tämän jälkeen on esitetty itse työn tekeminen eli rakenteiden kehittäminen ja viimeisenä käsitellään työn tulokset sekä tulosten pohdinta.

2 TOIMEKSIANTAJA

2.1 Metso konserni

Metso on kansainvälinen teknologian ja palveluiden toimittaja, jonka asiakkaat toimivat kaivos-, maarakennus-, massa ja paperi-, voimatuotanto- sekä öljy- ja kaasualalla. Metso konsernissa työskentelee yli 30 000 työntekijää yli 50 maassa joiden jakautuminen alueittain on esitetty kuviossa 1. (Metson vuosikertomus 2011.)

Henkilöstö 30 324
(2010: 28 593)

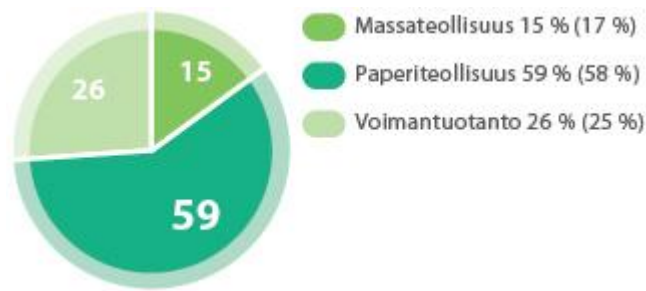


KUVIO 1. Metson henkilöstö alueittain. (Metson vuosikertomus 2011.)

Vuonna 2011 Metson liikevaihto oli noin 6,6 miljardia euroa, josta paperiteollisuuden osuus oli 30 %. Metso konserni on jakautunut kolmeen segmenttiin: Kaivos ja maarakennukseen, automaatioon sekä massa, paperi ja voimatuotantoon. (Mt.)

2.2 Massa-, paperi- ja voimatuotanto

Massa-, paperi- ja voimatuotantosegmentti koostuu Paperit-, Kuidut-, Voimantuotanto- ja Palvelut-liiketoimintalinjoista. Segmentin liikevaihto vuonna 2011 oli noin 2,7 miljardia euroa ja kuvioista 2 nähdään, miten liikevaihto jakautui asiakasteollisuuksittain. (Mt.)



KUVIO 2. Massa-, paperi- ja voimantuotantosegmentin liikevaihto asiakasteollisuuksittain. (Metson vuosikertomus 2011.)

Segmentin tuotteita ja palveluita ovat kemiallisen ja mekaanisen massateollisuuden laitteet ja tuotantolinjat, paperin, pehmopaperin ja kartongin tuotantolinjat, koneet ja modernisoinnit sekä kattilalaitokset, soodakattilat, haihduttamot, savukaasun puhdistus ja ympäristönsuojeluteknologia, voimakattiloiden modernisoinnit ja parannukset ja biovoimalaitokset. Lisäksi tarjolla on asiantuntija- ja huoltopalvelut, vara- ja kulutusosat sekä kudokset ja suodatinkankaat massa-, paperi-, energia- ja kai-
vosteollisuuksille. (Liiketoimintamme lyhyesti 2011.)

Asiakkaita ovat paperin, pehmopaperin, kartongin ja kemiallisen ja mekaanisen massan valmistajat sekä teollisuuden voimantuotanto, kunnat ja energiayhtiöt. Paperikoneiden osalta Metso on ensimmäisen globaalissa markkina-asemassa. (Mt.)

2.3 Rautpohjan tehdas

Rautpohjan tehdas on Metson suurin toimipaikka, jossa työskentelee noin 1700 henkilöä 50 hehtaarin suuruisella tehdasalueella. Tehdasalueella sijaitsevat paperi- ja kartonkikonetehtas, teknologiakeskus, paperikoneiden huoltokeskus sekä valimo. (Omien perehdytys 2010.)

Rautpohjan tehdas aloitti toimintansa vuonna 1938 Valtion tykkitehtaana. Valimo perustettiin vuonna 1948 ja ensimmäisen paperikoneen tehdas toimitti vuonna 1953. Vuosittain Rautpohjassa viedään läpi 20-30 paperikone- ja uusintaprojektia sekä komponentti ja varaosatoimituksia on satoja. (Rautpohjan perehdyttämisopas 2011, 3.)

2.4 SymBelt-suunnittelu

Alun perin SymBelt-telat suunniteltiin ja valmistettiin Ruotsin Karlstadissa, josta ensimmäinen tela valmistui vuonna 1990. Vuonna 2005 Rautpohjaan perustettiin SymBelt-telosten suunnitteluryhmä ja vuonna 2006 telosten suunnitteluvastuu siirtyi kokonaan Karlstadista Rautpohjaan. Tämän jälkeen vuonna 2009 myös telosten kokoonpano siirrettiin Rautpohjaan.

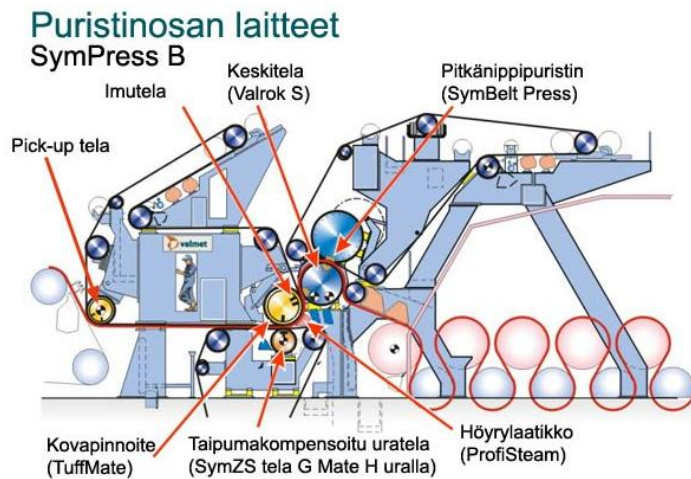
SymBelt-telasuunnittelussa työskentelee noin kymmenen henkilöä alihankkijat mukaan luettuna. Suunnitteluohjelmana toimii Catia V5R21, joka on yhdistetty Enovia VPM – ohjelmaan. Materiaalinhallintaan ja tuotannonohjaukseen on käytössä PDM ja Baan – ohjelmat. Lisäksi tärkeä ohjelma on Lotus Notes, joka sisältää muun muassa sähköpostin, kalenterin sekä suuren määrän erilaisia tietokantoja. Tietokannoista löytyy lähes kaikki tarvittava tieto, jos vain osaa etsiä.

3 PAPERIKONEEN PURISTINOSA

3.1 Yleistä

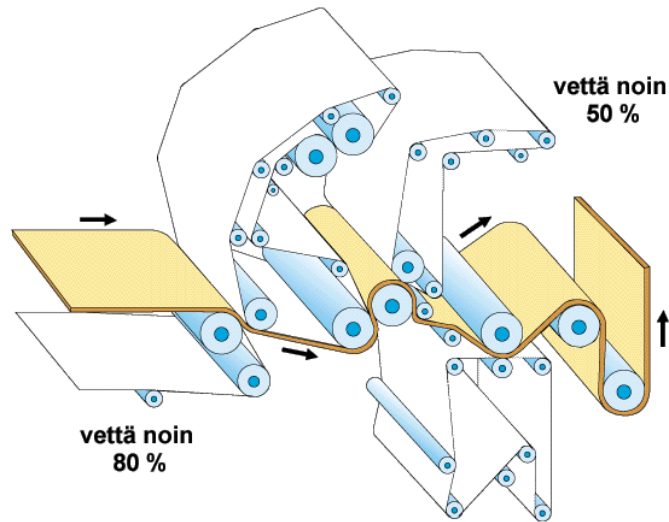
Puristinosa, kuviossa 3, sijaitsee paperi- tai kartonkilinjan määrässä päässä viiraosan jälkeen. Sen tehtävänä on mekaanisesti puristamalla poistaa rainasta mahdollisimman paljon vettä samalla tiivistäen sitä. Tällä pyritään saavuttamaan riittävän suuri

märkälujuus, jotta rainan siirto kuivatusosalle onnistuu ilman katkoja. Märkäpuristus toteutetaan jollain seuraavista tavoista: puristinhuovan ja sileän telan välissä, kahden puristinhuovan välissä tai huovan ja siirtohihnan välissä. (KnowPap 2012.)



KUVIO 3. Puristinosan laitteet, Metso SymPress B. (KnowPap 2012.)

Viiralta puristinosalle tullessaan rainan kuiva-ainepitoisuus on noin 17–20 prosenttia ja puristinosan jälkeen kuiva-ainepitoisuus on noussut paperilajista ja puristinosasta riippuen 37–55 prosenttiin (ks. kuvio 4). Puristinosalla tavoitellaan mahdollisimman suurta kuiva-ainepitoisuutta, koska puristimella yhden prosentin kuiva-ainepitoisuuden nousu pienentää kuivatusosan höyryn kulutusta 3-4 prosenttia, joten puristaminen on taloudellinen tapa kuivata rainaa. (Karlsson 2000, 16.)



KUVIO 4. Vedenpoisto puristinosassa. (KnowPap 2012.)

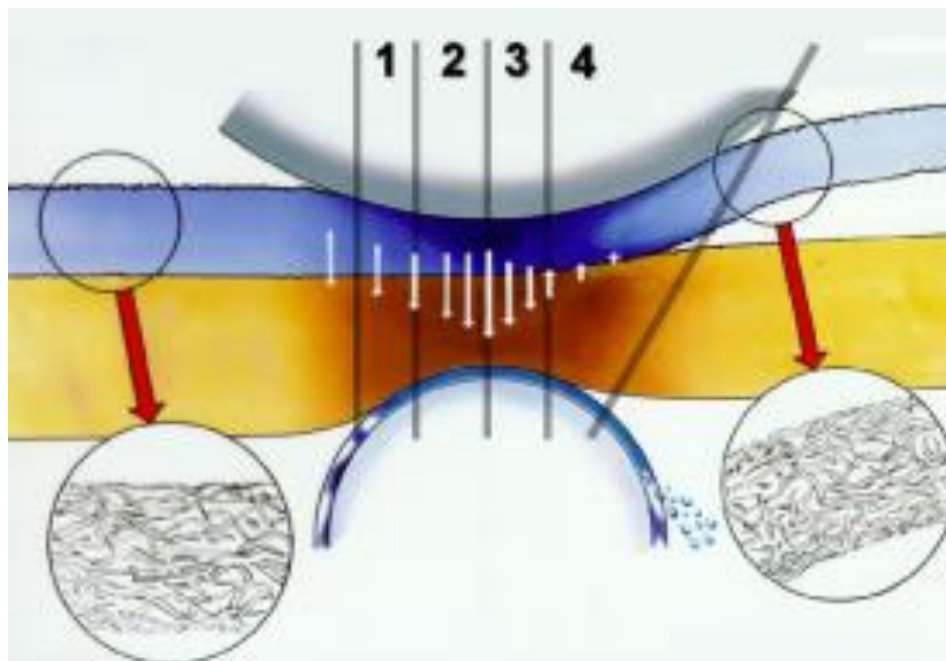
Aluksi puristaminen on varovaista, jotta raina ei rikkoudu. Liian voimakkaasti tai nopeasti puristettaessa rainasta huuhtoutuu hienoainesta ja pahimmillaan kuidukko rikkoutuu. Tämä estetään käyttämällä vaiheittaista puristusta, jolloin nippivoimia voidaan vähitellen kasvattaa radan edetessä useiden telojen puristinnoppien läpi. (KnowPap 2012.)

Vaikka puristamisella pyritään mahdollisimman korkeaan kuiva-ainepitoisuuteen, ei viimeisen nipin puristinpainetta voida silti nostaa niin korkeaksi, kuin laiteteknisesti olisi mahdollista. Käytettäessä liian korkeaa painetta, bulkki jää liian pieneksi, eli paperin paksuus pienenee liikaa. Lisäksi korkeilla puristinpainella puristin on herkkä värähtelyille sekä huopien kestoikä lyhenee ja paperiin voi tulla telojen tai huopien aiheuttamaa kuvioitumaa eli markeerausta. Puristinosa vaikuttaa bulkin lisäksi myös muihin paperin laatuominaisuuksiin, kuten sileyteen ja symmetriaan, hienoainejakaumaan, pintalujuuteen, kosteuteen ja kosteusprofiileihin sekä huokoisuuteen. (Mt.)

Puristinosalta vaaditaan myös hyvän lopputuotteen lisäksi hyvää ajettavuutta, joka tarkoittaa sitä, että paperikoneella voidaan ajaa halutulla nopeudella mahdollisimman vähin katkoin. Lisäksi käytön taloudellisuus eli pieni tehonkulutus, pitkä huopien vaihtoväli sekä helppo huollettavuus eli huopien ja telojen nopea vaihto on tärkeää. (Mt.)

3.2 Nippitapahtuma

Märkäpuristus tapahtuu tavallisimmin kahden toisiaan vasten puristetun telan avulla. Raina kulkee telojen muodostaman nipin läpi yhden tai kahden huovan kanssa. Tätä kutsutaan nippitapahtumaksi ja se voidaan jakaa kuvion 5 mukaisesti neljään vaiheeseen. (KnowPap 2012.)



KUVIO 5. Nippitapahtuman vaiheet. (KnowPap 2012.)

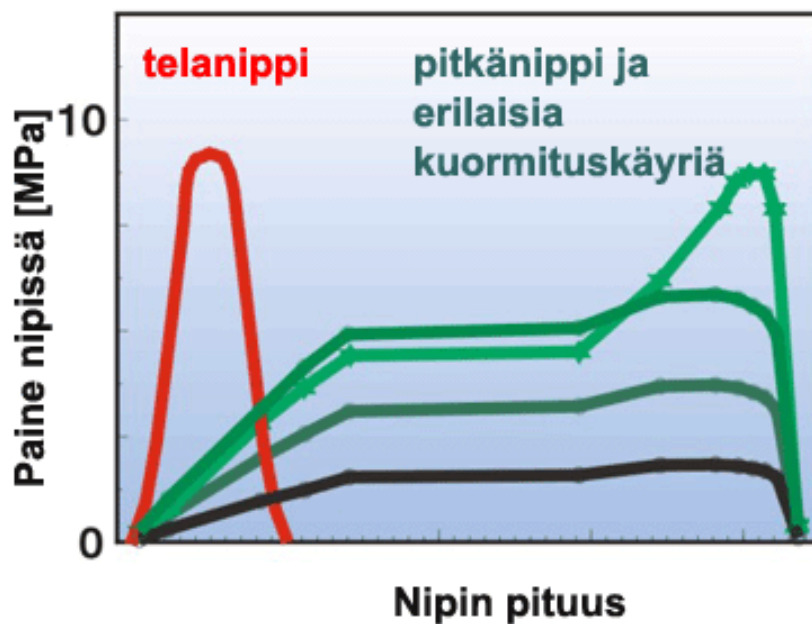
- Ensimmäisellä alueella sulkeutuvassa nipissä kokonaispaine alkaa kasvaa. Hydraulisia voimia ei esiinny, vaan telojen välinen voima välittyy huovassa ja paperissa kuitujen kimmoisten voimien välityksellä. Myös suurin osa ilmasta poistuu tässä vaiheessa.
- Toisella alueella ilma on poistunut ja raina on täysin veden kyllästämä. Tällä alueella myös hydraulinen paine alkaa kasvaa, jonka johdosta vesi alkaa virrata kohti huopaa, jossa hydraulinen paine on pienempi. Vesi poistuu telan uriin tai reikiin, eikä hydraulinen paine pääse siksi nousemaan. Alueen loppupuolella kokonaispaine saavuttaa maksimiarvonsa.
- Kolmannella alueella nippi laajenee ja kokonaispaine alkaa laskea ja alueen lopussa paperi saavuttaa suurimman puristinnipissä saatavan kuiva-ainepitoisuutensa.
- Neljännellä alueella paperilla on alussa maksimi kuiva-ainepitoisuus. Nipin laajentuessa tapahtuu jälleenkastuminen eli paperiin imeytyy vettä puristinhuovasta. (Mt.)

3.3 Pitkänippipuristin

Paperin kuivaaminen on ollut erityisesti raskailla paperilaaduilla vaikeaa johtuen suurista poistettavista vesimääristä. Puristusimpulssi nipissä on lyhyt, joten vedelle ei jää aikaa virrata pois paperista. Tämä voi käydä myös ohuemmillä paperilaaduilla nopeuden kasvaessa. Tällöin puhutaan virtausrajoitteisesta nipistä. (Hägglom-Ahnger ym. 2003, 158.)

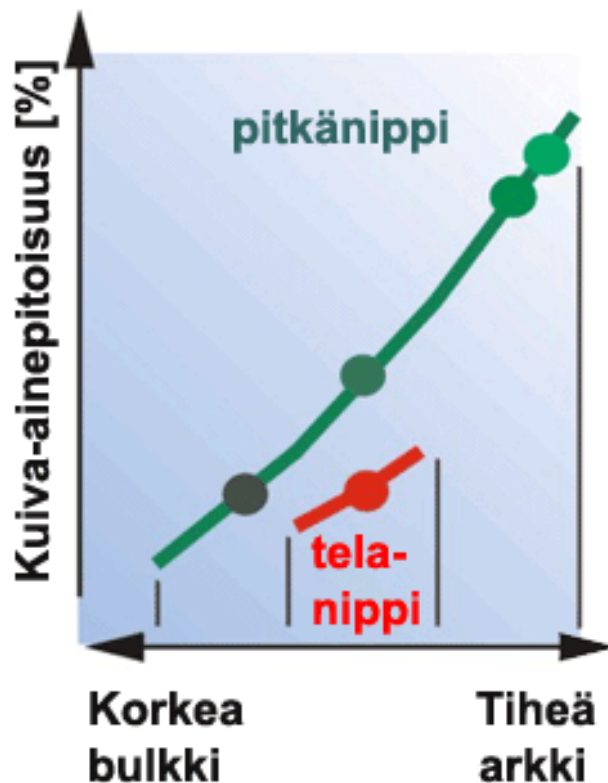
Tilanteen ratkaisemiseksi nipin pituutta on kasvatettu, jolloin vedelle jää enemmän aikaa virrata nipistä pois. Tällöin puhutaan pitkänippipuristimista, joiden nipin pituus voi olla jopa 300 mm. Suurilla nopeuksilla myös kaksoishuovitettu 1. puristin on välttämätön, jolloin vedellä on enemmän tilaa poistua. (Mts. 158.)

Pitkänippipuristimella saavutetaan telapuristinta suurempi puristusimpulssi samalla käyttäen matalampaa maksimipainetta. Lisäksi puristuksesta voidaan tehdä loppua kohti kasvava siten, että puristuksen loppuun saadaan telanippiä muistuttava paineimpulssi. Tämän jälkeen voidaan paineen pudotus tehdä nopeaksi, jolloin saavutetaan vähäisempi jälleenkastuminen (ks. kuvio 6). Pitkänippipuristimessa käytettävät viivakuormat ovat suuruudeltaan 1000 kN/m, maksimissaan 1500 kN/m. (KnowPap 2012.)



KUVIO 6. Telanipin ja pitkänipin kuormituskäyrät. (KnowPap 2012.)

Pitkänippipuristin parantaa koneen hyötysuhdetta, koska sillä kuiva-aineen määrä saadaan 3-8 prosenttiyksikkö suuremmaksi kuin perinteisillä puristimilla. Rainan märkälujuus kasvaa huomattavasti samalla kun kuiva-aineen määrä nousee, joten pitkänippipuristimella saadaan parempi bulkki samassa kuiva-ainepitoisuudessa tai vastaavasti korkeampi kuiva-ainepitoisuus bulkin pysyessä samana kuin telapuristimella (ks. kuvio 7). (Mts. 158.)



KUVIO 7. Pitkänipin ja telanipin vaikutus bulkkiin ja kuiva-ainepitoisuuteen. (Know-Pap 2012.)

Pitkänippipuristin koostuu vastatelasta ja sen pinnan mukaan muotoillusta kuormittavasta koverasta kengästä. Telan ja kengän välistä johdetaan raina huovan tai huopien tukemana sekä nestettä läpäisemätön hiha, jonka tehtävänä on estää kengän koveran pinnan voiteluöljyn pääsyn kosketuksiin rainan tai huopien kanssa. (Paulapuro 2008, 371.)

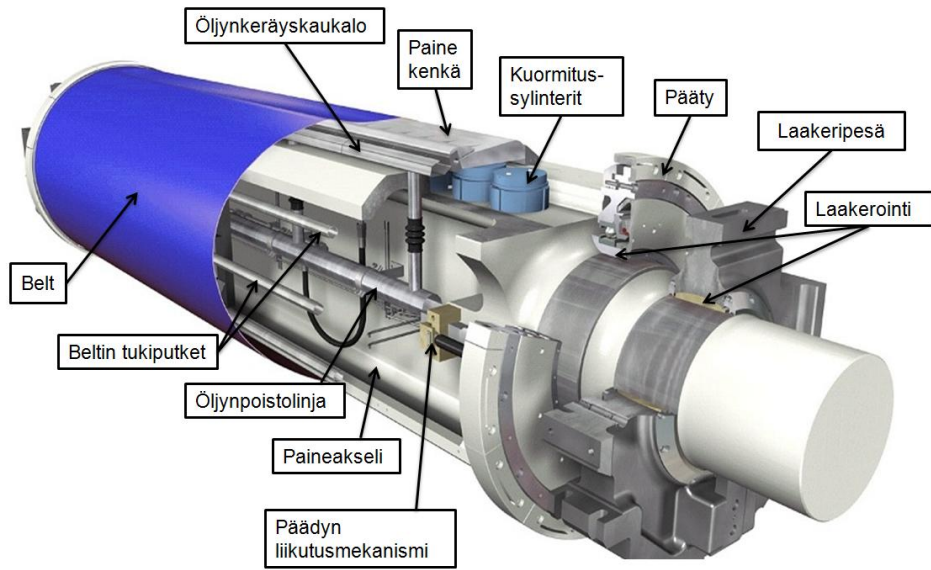
Nykyään yleisin käytetty rakenne on suljettu kenkäpuristin, jossa hihnavaippa muodostaa telan, jonka sisään kuormituskenkä on rakennettu. Hihna eli belt on kiinnitetty hihnan mukana pyöriviin päätykappaleisiin, josta suljettu rakenne muodostuu. Rakenne estää öljyn pääsyn telasta ulos ja vastaavasti epäpuhtauksien pääsyn telan

ja kuormituskengän rakenteisiin, jolloin myös telan toimintavarmuus kasvaa. (Mts. 371.)

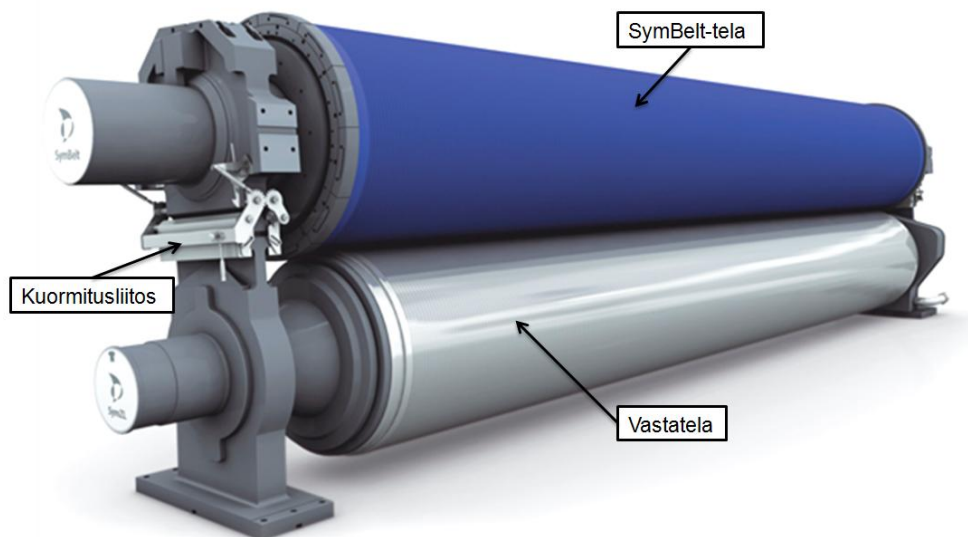
3.4 SymBelt

SymBelt on Metson valmistama suurille viivakuormille tarkoitettu kenkäpuristin ja sitä käytetään sekä paperi- että kartonkikoneiden puristinosassa. Kaikkiaan SymBelt-teloja on valmistettu noin 280 kappaletta. SymBelt-teloja on neljää eri kokoa: D1095, D1250, D1425 ja D1595. Luku kertoo beltin sisähalkaisijan. Eniten käytössä oleva koko on D1425 ja uusin koko on D1095. (Telakirja.)

SymBelt-tela on taipumakompensoitu ja suljetulla rakenteella toteutettu kenkäpuristin, jonka tärkeimmät osat on esitetty kuviossa 8. Belt on kiinnitetty päätyihin joiden kiristysvoiman ja telan sisäisen paineen ansiosta muodostuu hihnavaippa. SymBelt-telalla ei ole omaa käyttöä vaan belt ja päädyt pyörivät vastatelan pyörittämänä paineakselin pysyessä paikallaan. Vastatelana käytetään taipumakompensoitua tai jäykkää telaa, joka on kiinnitetty SymBelt-telan laakeripesiin kuormitusliitoksilla (ks. kuvio 9). (Mt.)



KUVIO 8. SymBelt-telan osat. (Telakirja, muokattu.)

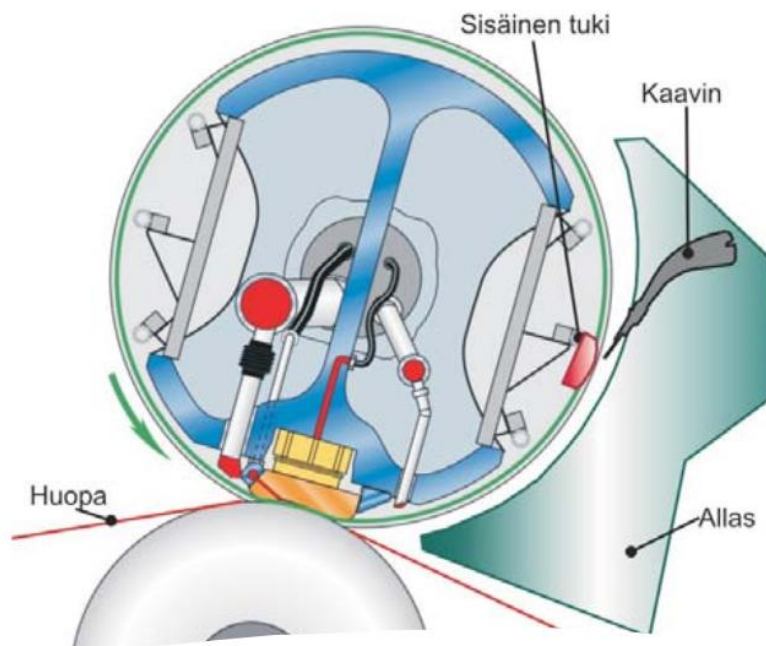


KUVIO 9. SymBelt-tela ja vastatela. (Telakirja, muokattu.)

Paineenkää kuormitetaan hydraulisesti kuormitussylintereiden avulla vastatelaa vasten jolloin muodostuu puristinnippi. Kaksitoimisilla sylintereillä saadaan myös painekengä irti vastatelasta. Painekengälle syötetään kokoajan voiteluöljyä jolloin painekengän ja beltin väliin muodostuu voiteleva öljykalvo. Öljy kerääntyy beltin pyöriessä öljynkeräyskaukaloihin ja siitä öljynpoistolinjaa pitkin takaisin öljysäiliöön. Lisäksi öljynpoistoa helpottaa telan sisällä vallitseva paine. (Mt.)

3.5 Kaavarointi

Kuviossa 10 esitetyn kaapimen tehtävä on puhdistaa tela ja kaavarin alapuolella on kaukalo, jolla vesi kerätään talteen näin ollen ehkäisten nipin uudelleenkastumisen. Kaavarointi vähentää myös sumua puristinosalla, vähentää katkojen määrää ja pidentää SymBelt-telassa hihnan käyttöikä. (BeltDoc 2012.)



KUVIO 10. SymBelt-tela ja kaavin. (BeltDoc 2012.)

4 VÄRÄHTELYTEKNIIKAN TEORIAA

Värähtely on fysikaalisen systeemin liikettä tietyn tasapainoaseman ympärillä. Värähtelyn taajuuden yksikkö on hertsi. Toiminnallisesti luonteeltaan värähtelysystemi voi olla lineaarinen tai epälineaarinen: systeemin ollessa lineaarinen värähtelyä synnyttävä tai ylläpitävä voima on aina muuttuva ja epälineaarisisessa systeemissä myös vakiona pysyvä heräte voi aiheuttaa värähtelyn. (Pennala 1999, 11-12.)

Useimmiten rakenteissa ja koneissa värähtelyt ovat haitallisia ja niitä halutaan välttää. Haitat voivat esiintyä muun muassa lisääntyneinä jännityksinä rakenteissa, kes-toiän lyhenemisenä, käynnin epävarmuutena, työ- ja prosessikoneissa valmistettavan tuotteen laadun heikkenemisenä, interferenssinä koneen lähistöllä olevien muiden koneiden ja laitteiden kanssa, energiahäviönä sekä ympäristölle haitallisena meluna. Sen sijaan muun muassa tiivistimissä, seuloissa, kuljettimissa, resonanssipurissa sekä väsytykoneissa värähtelyjä käytetään hyväksi. (Mts. 11.)

Värähtelyn heräte voi olla jaksollinen, jaksoton tai harmoninen värähtelysystemiin vaikuttava voima. Paperikoneen puristinosalla kyse on jaksollisesta herätteestä, joka tässä tapauksessa syntyy vastatelan pyörimisestä. (Mts. 18-19.)

5 TUOTEKEHITYS

5.1 Tuotekehitystoiminta

Tuotekehityksellä tarkoitetaan toimintaa, jonka tavoitteena on kehittää uusi tuote tai parantaa jo olemassa olevaa tuotetta. Onnistunut tuotekehitystoiminta on yksi yrityksen menestymisen kannalta keskeisimmistä edellytyksistä, josta on huolehdittava jatkuvasti. Muutoin ennen pitkää vastaan tulee tilanne, jolloin tuotteet ovat vanhen-

tuneita ja sen johdosta myynti vähenee ja viimein loppuu kokonaan. (Jokinen 2001, 9.)

Tuotekehitysprosessi voidaan jakaa neljään toisiaan seuraavaan vaiheeseen: käynnistämiseen, luonnosteluun, kehittämiseen ja viimeistelyyn. Seuraavassa on esitelty eräs tuotekehitysmalli. (Mts. 14.)

5.2 Käynnistäminen

Uutta tuotekehitysprojektia käynnistettäessä yrityksellä pitää olla tarve projektista, sekä mielikuva siitä, miten projekti voidaan toteuttaa. Pelkkä tarve ei siis riitä, vaan kehitysprojekti pitää olla myös toteutettavissa. Näiden ominaisuuksien havaitseminen voi tapahtua systemaattisen hakutoiminnan tuloksena tai sattumalta. (Jokinen 2001, 17-18.)

Vaikka pelkkään sattumaan perustuvia tuotekehitysprojektejakin löytyy, ei projektia kannata perustaa pelkästään niihin, vaan uusien ideoiden hakeminen tulee olla organisoitua ja systemaattista. Ideoiden löytämiseksi tietoa tarvitaan niin itse yrityksestä kuin yrityksen ulkopuoleltakin. (Mts. 18-19.)

Yrityksen sisältä tarvitaan tietoa esimerkiksi käytettävissä olevasta henkilökunnasta, henkilökunnan tiedon tasosta, käytettävissä olevista laitteista, valmistusmahdollisuuksista, omista ja kilpailijoiden patenteista ja lisensseistä sekä taloudellisista mahdollisuuksista. Nämä asiat muodostavat niin sanotun yrityspotentialin. Tällä tarkoitetaan niitä voimavaroja, joilla yritys voi toimia. Tarpeen vaatiessa voimavaroja on vahvistettava tai vaihtoehtoisesti voidaan etsiä yhteistyökumppani. (Mts. 20.)

Yrityksen ja sen tuotteiden asemasta saadaan tietoa yrityksen ulkopuolelta muun muassa markkina-analyyseistä, asiakkaiden kyselyistä ja tarjouspyynnöistä, messujen

herättämistä vaikutelmista, kilpailijoiden tuotteiden analyyseistä sekä yleisistä teknii-
kan kehitysehdotuksista. (Mts. 19-20.)

Systemaattisessa tuoteideoiden etsimisessä on ensin selvitettävä ne tuotealueet,
joilla yrityksen potentiaaliset mahdollisuudet ovat suurimmat. Tämä voidaan tehdä
yrityspotentiaalin sekä yrityksen ulkopuolelta kerättyjen tietojen analysoinnilla. (Mts.
20.)

Lopuksi löydetystä tuoteideasta laaditaan kehitysehdotus. Kehitysehdotus sisältää
kehittävän tuotteen kuvauksen, tuotteen tekniset ja taloudelliset vaatimukset, käy-
tettävissä olevan kehityspanoksen sekä aikataulun. Tämän jälkeen yrityksen johto
tekee hyväksytylle ehdotukselle lopullisen kehityspäätöksen, jonka jälkeen luonnos-
teluvaihe voi alkaa. (Mts. 21.)

5.3 Luonnostelu

Luonnosteluvaiheessa etsitään erilaisia vaihtoehtoja kehitettävälle tuotteelle. Vaih-
toehdoista ei tehdä yksityiskohtaisia ratkaisuja, vaan laaditaan ratkaisuperiaatteita
selventäviä luonnoksia. Työmenetelminä käytetään erilaisia luovaan insinööriyöhön
soveltuvia ideointimenetelmiä. (Jokinen 2001, 21.)

Luonnostelu aloitetaan tehtävän analysoinnilla, koska yleensä kehityspäätös ei sisällä
kaikkea luonnostelussa tarvittavaa tietoa eikä useimmat luonnosteluun osallistuvat
ole olleet mukana kehityspäätöstä tekemässä. Analysoinnilla pyritään selvittämään
ongelman ydin, kirjoittamattomat toiveet ja odotukset sekä se, onko ennalta asetet-
tujen rajoituksia. Lisäksi määritetään kehitystyön vaatimat reuna- ja alkuehdot. Suosi-
teltavaa on myös selvittää asiakkaiden toivomukset, omien vastaavien tuotteiden
heikot kohdat sekä markkinointialueen standardit ja turvallisuusmääräykset. (Mts.
23.)

Seuraavana luonnosteluvaiheessa asetetaan tavoitteet ja vaatimukset. Nämä tulee asettaa hyvin korkeiksi, jotta myös saavutettavat tulokset voisivat olla hyviä. Tavoitteiksi ei riitä sen hetken markkinoiden paras tuote, koska jos näin toimittaisiin, uudet tuotteet olisivat jo valmistuessaan vanhentuneita. Yleensä tavoitteita on runsaasti ja eri alojen työntekijät painottavat eri asioita kokemuksiansa mukaan. Siksi onkin tärkeää, että luonnosteluvaiheeseen osallistuisi henkilöitä organisaation eri puolilta, jotta tavoitteet saataisiin tasapainoisiksi. (Mts. 27-29.)

Tavoitteet ja vaatimukset on hyvä ryhmitellä kolmeen ryhmään ratkaisuideoiden arvostelun helpottamiseksi: kiinteisiin vaatimuksiin, vähimmäisvaatimuksiin ja toivomuksiin. Kiinteät vaatimukset ratkaisun tulee ehdottomasti täyttää, vähimmäisvaatimuksilla on raja-arvo, joka on saavutettava ja toivomukset otetaan huomioon mahdollisuuksien mukaan (Mts. 30.)

Kun kehitettävä tuote on tarkkaan analysoitu ja sille on asetettu vaatimukset ja tavoitteet on työhön osallistujille syntynyt mielikuva siitä, millainen tuotteen tulisi olla. Nämä ennakkokäsitykset saattavat estää vapaan ideoinnin, jolloin ratkaisuiden etsiminen on hyvä aloittaa tehtävän yleistämisellä. Tällöin olennaisimpien vaatimusten ja kokonaistoiminnon hahmottaminen helpottuu. Yleistämisen liian pitkälle viemistä tulee kuitenkin välttää, jottei ongelman käsittely laajene liikaa. (Mts. 30-31.)

Tuotteiden tulee tiettyjen reunaehtojen puitteissa täyttää jokin määrätty tehtävä, joka voidaan määrittää toimintokuvauksella. Toimintokuvaus ilmaistaan kahdella tai kolmella sanalla, esimerkiksi nostaa kuorma. Monimutkaisen ongelman ollessa kyseessä on kokonaistoiminto syytä jaksaa osatoiminnoiksi ja etsiä ratkaisuja ensin näille. (Mts. 31.)

Kokonaistoiminnoille ja osatoiminnoille ratkaisuja voidaan etsiä useilla eri ideointimenetelmillä. Näitä ovat esimerkiksi aivoriihi, Gordonin aivoriihi, kirjallinen aivoriihi 635, muuntelumenetelmä, synektiikka, tuplatiimi ja tuumatalkoot. (Mts. 40.)

Luonnosteluvaiheesta saadaan lopputulokseksi luonnos lupaavimmasta tuoteideasta, joka päätetään suunnitella lopulliseksi tuotteeksi yksityiskohtia myöten. Tässä vaiheessa ratkaisuluonnos on vielä periaatteellinen, eikä mittakaavaisia kokoonpano- ja osapiirustuksia ole laadittu. (Mts. 89.)

5.4 Kehittäminen

Kehittelyvaihe aloitetaan tekemällä mittakaavaan laadittu konstruktio luonnosteluvaiheen ratkaisuluonnoksen pohjalta. Lisäksi on hyvä käydä läpi jo kertaalleen tuotteelle asetetut vaatimukset ja tavoitteet, joista selviää muun muassa tuotteen mitta-vaatimukset, toiminnalliset vaatimukset sekä raaka-ainevaatimukset. (Jokinen 2001, 90.)

Suunnittelun tulos arvostellaan laskemalla sen tekninen ja taloudellinen arvo. Myös vastaavan olemassa olevan vanhan tuotteen arvot lasketaan ja näitä vertaillaan keskenään. Tämä tuo esille mahdolliset tekniset ja taloudelliset heikkoudet, jotka pyritään poistamaan ideoimalla uusia ratkaisumahdollisuuksia ja suunnittelemalla kyseiset kohdat uudestaan. Näin saadaan aikaan parannettu konstruktio, jonka tekninen ja taloudellinen arvo lasketaan uudestaan. Tätä taas vertaillaan aikaisempiin konstruktioihin ja mahdollisiin löytyviin heikkouksiin etsitään uudet ratkaisut. Tätä tehdään niin pitkään, kunnes lopputulos on tyydyttävä. (Mts. 90.)

Kun konstruktion heikot kohdat on saatu poistetuksi riittävän hyvin, jatketaan työtä yksityiskohtien suunnittelulla. Tässä etsitään optimoitavia kohteita, joilla konstruktion arvo voitaisiin oleellisesti parantaa. Tässä vaiheessa tehdään myös järjestelmän luotettavuus- ja häiriöalttiusanalyysit. Kehittelyvaihe päätetään kehitetyn konstruktion vahvistuspäätökseen. (Mts. 91.)

5.5 Viimeistely

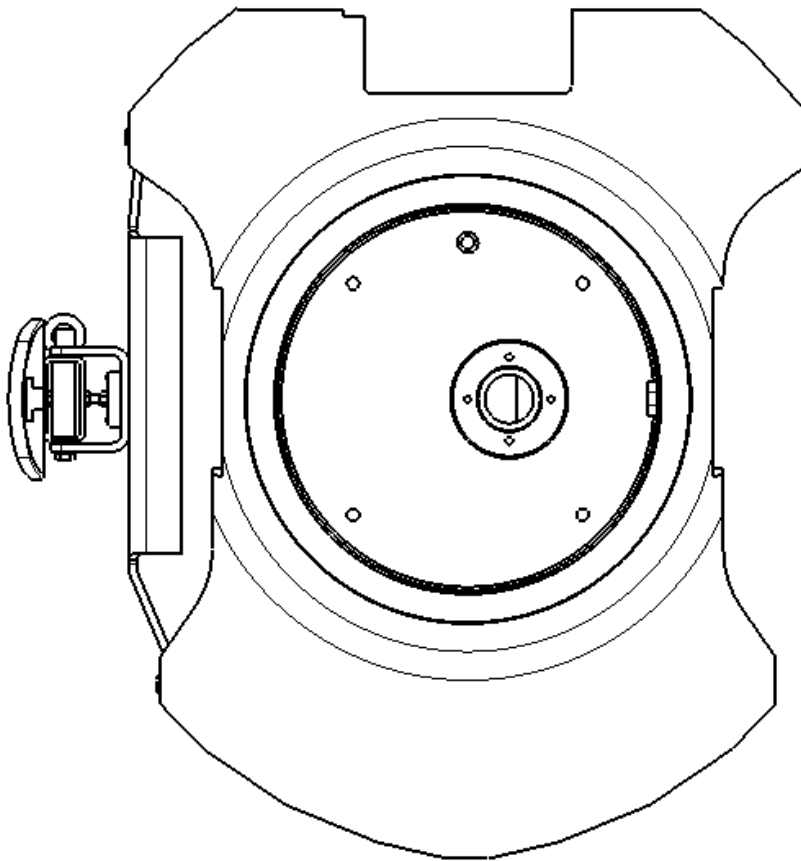
Viimeistelyvaiheessa kehitellystä konstruktiosta tehdään työpiirustukset, työselitykset sekä asennus- ja käyttöohjeet. Tässä vaiheessa ennen valmistuksen aloittamista on tärkeää tarkistaa, että piirustukset ja osaluettelot ovat standardien ja yrityksen työtapojen mukaisia, yksiselitteisiä ja valmistusystävällisiä sekä täydellisiä sisältäen tarvittavat erityisvalmistusohjeet. Lisäksi päätetään lopulliset käytettävät raaka-aineet, valmistustavat, toleranssit ja pintakäsittelyt. Jos kehitetty tuote on halpa tai sarjavalmistukseen tuleva, tehdään siitä prototyyppi ja nollasarja. Kalliista tuotteesta taas voidaan tehdä ratkaisujen oikeellisuuden toteamiseksi pienoismalli sekä kriittisimmistä osista mittakaavassa olevia koekappaleita. (Jokinen 2001, 96.)

6 RAKENTEIDEN KEHITTÄMINEN

6.1 Lähtökohdat

6.1.1 SymBelt-telan sisätuki

Kuviossa 11 esitetyn sisätuen eli kaavarin tuen tehtävänä on mahdollistaa beltin kaavarointi. Sisätuen muovikenkä muodostaa suoran pinnan, jota vasten kaavarointi tapahtuu. Sisätuen osat on esitetty tarkemmin liitteessä 1.



KUVIO 11. SymBelt-telan paineakseli ja sisätuki.

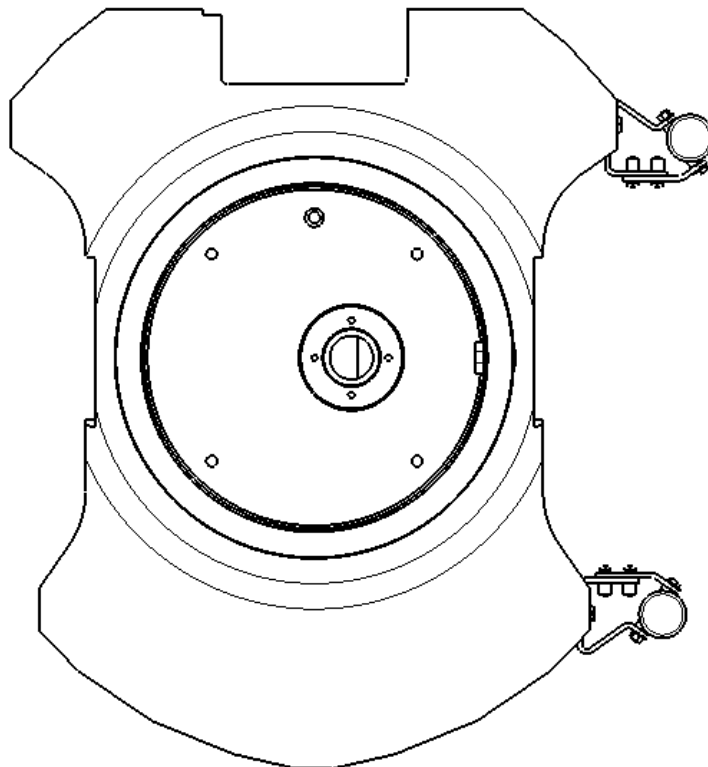
Nykyisessä sisätuen kokoonpanon rakenteessa ongelmakohtana on ollut M16 pultti, joka on joissain koneissa katkennut aiheuttaen suurta tuhoa puristinosalla. Lisäksi rakenne on hankala puhdistaa ja siinä on paljon osia.

Sisätuen kiinnityksen kehittämiseen liittyen olimme tehneet aikaisemmin projektityön koneensuunnittelun projekti –kurssilla, jossa olimme miettineet eri ratkaisuja edellä mainittuihin ongelmiin. Kehitystyön lopputuloksena oli kaksi vaihtoehtoa uu-

deksi rakenteeksi (ks. liite 2), mutta ajanpuutteen takia kukaan SymBelt-suunnittelussa ei ollut pystynyt valitsemaan ja kehittämään lopullista rakennetta.

6.1.2 SymBelt-telan tukiputket

Kuviossa 12 esitetyt beltin tukiputket eli levityspotket muodostuvat hiotuista metalliputkista, jotka kiinnittyvät kiinnikkeiden avulla paineakseliin. Levityspotkien tehtävänä on beltin asennuksessa estää beltin osuminen akselin reunoihin sekä pitää belt muodossa ja estää sitä roikkumasta. Käytön aikana putket eivät vastaa belttiin, jolloin ne ovat täysin turhia osia telan sisällä. Levityspotkista on ainoastaan asennuksen lisäksi hyötyä silloin, jos koneelle tulee sähkökatkos. Myös silloin putket pitävät beltin muodossaan ja estävät beltin rikkoontumisen koneen uudelleen käynnistyessä.



KUVIO 12. SymBelt-telan paineakseli ja beltin tukiputket.

Levityspotkien suurimpana ja lähestulkoon ainoana ongelmana on niiden erittäin kallis hinta johtuen tarjoista toleransseista ja hyvästä pinnanlaadusta.

6.2 Luonnostelu

6.2.1 Alkuehdot

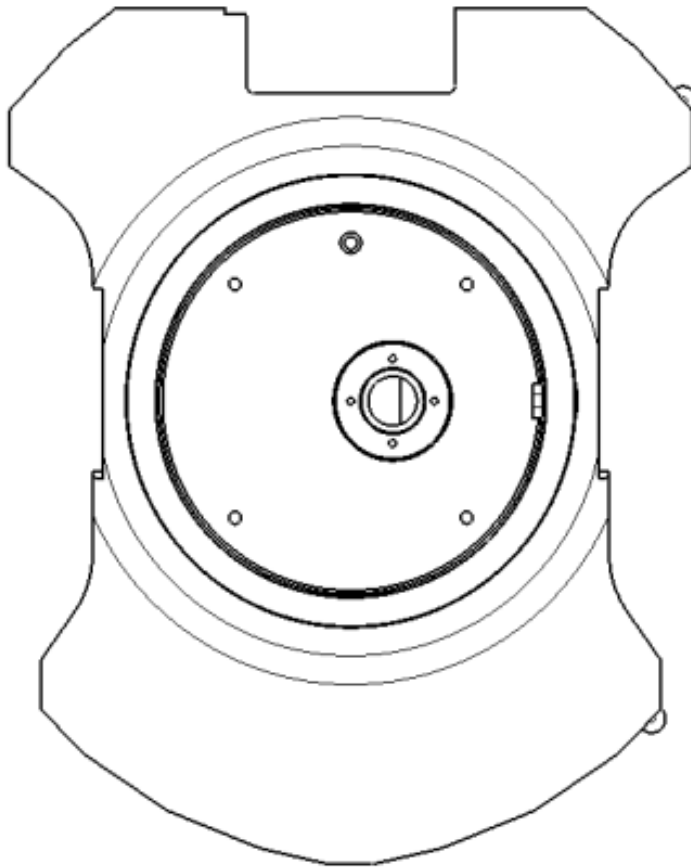
Ideointia varten sain Metsolta muutamia vaatimuksia, jotka uudet rakenteet tulee täyttää:

- Edullisempi omakustannushinta, kuin nykyisellä rakenteella
- Vähemmän osia, kuin nykyisessä
- Hitsaus ei sallittu
- Rakenne mitoitettava yli nippivärähtelytaajuuden, joka on 80 Hz

6.2.2 Ideat levityspotkien korvaamiseksi

Akseliin kiinnitettävät muovilistat

Ensimmäisenä ideana ovat kuviossa 13 esitetyt akseliin kiinnitettävät vakiomittaiset muovilistat. Näiden tarkoituksena on estää beltin hankautuminen akselin särkeä vasten belttiä asennettaessa. Rakenteella päästäisiin eroon kalliista levityspotkista sekä niiden kannakkeista.

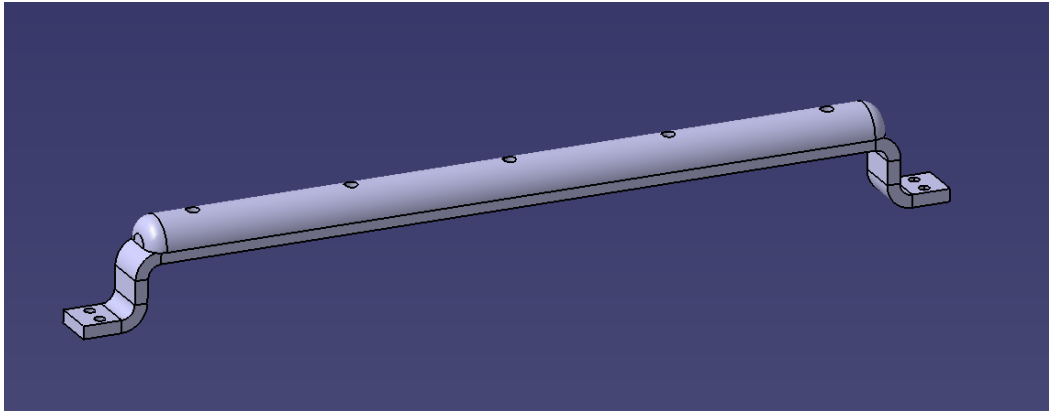


KUVIO 13. Akseliin kiinnitettävät muovilistat.

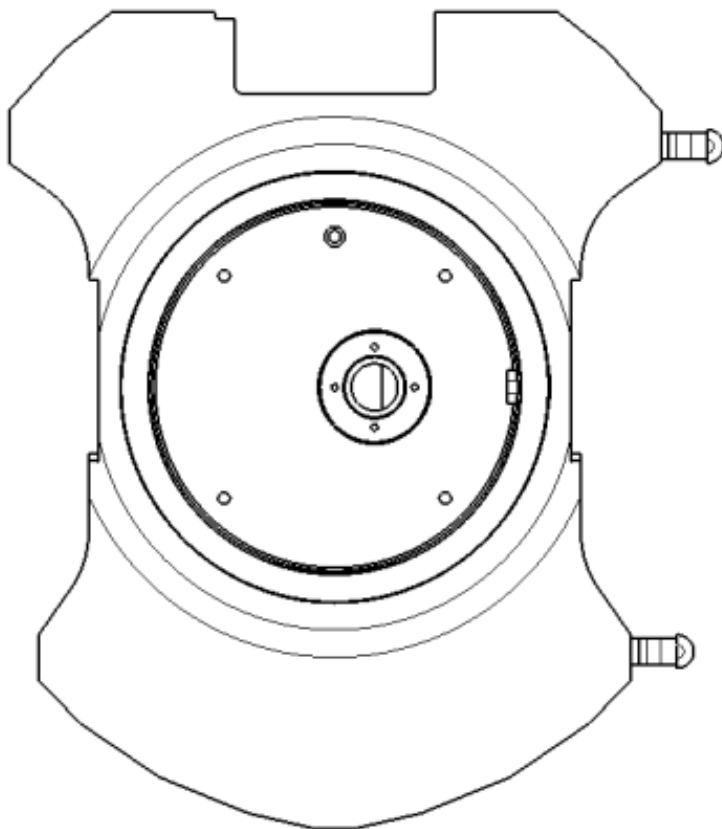
Nämä eivät kuitenkaan estä beltin roikkumista varsinkin isoissa teloissa, jolloin ongelmia voi tulla niin asennettaessa kuin sähkökatkojen sattuessa. Myös telan nostoissa pitäisi muovilistojen väliin jättää rako nostoliinoja varten, koska listat eivät kestä nostoliinan painetta.

Akseliin kiinnitettävät kannakoidut muovilistat

Ensimmäisen idean pohjalta seuraava idea on kuvioissa 14 ja 15 esitetty levystä tehtyyn kannakkeeseen kiinnitetty muovilista.



KUVIO 14. Kannakoitu muovilista.



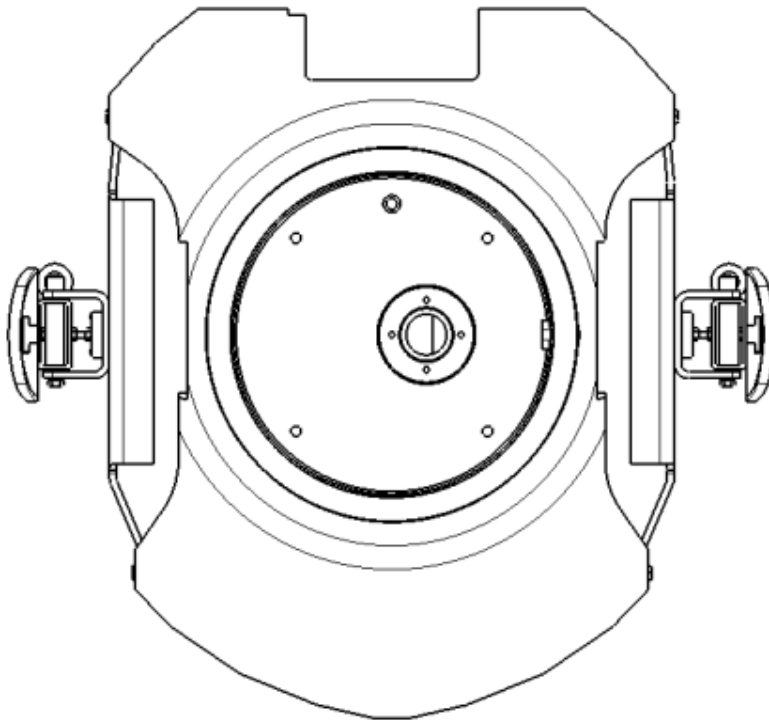
KUVIO 15. Kannakoidut muovilistat paineakselissa.

Eri mittoja kokeilemalla sain liitteessä 3 esitettyjen mittojen mukaisen rakenteen.

Myös nostoliinan pystyy viemään kannakkeen ja paineakselin välistä, jolloin rakenteeseen ei kohdistu noston aikana voimia. Lisäksi rakenne estää beltin roikkumista paremmin, kuin pelkät akseliin kiinnitettävät muovilistat.

Sisätuki molemmin puolin

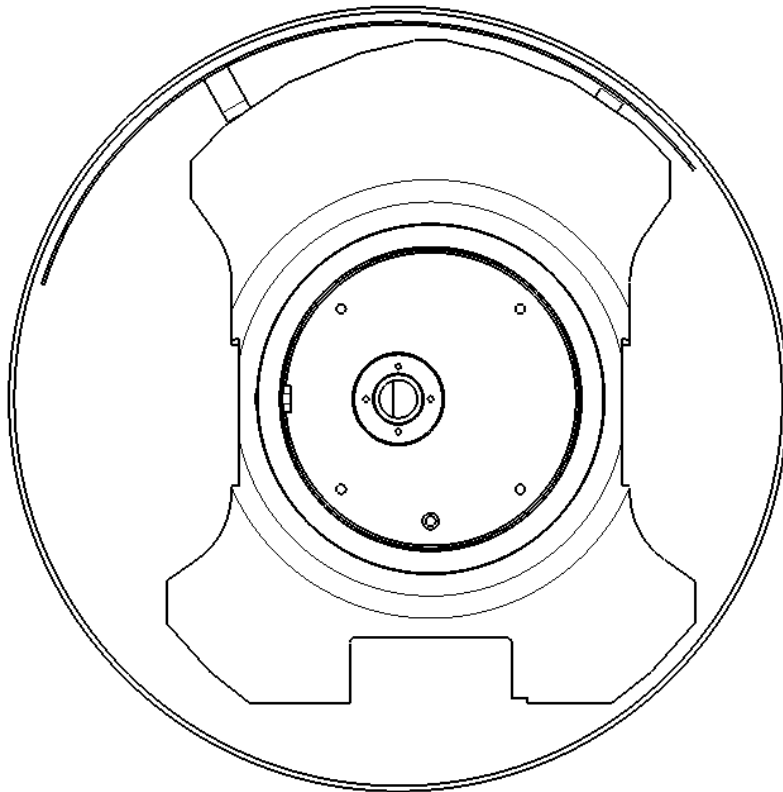
Kuviossa 16 esitetty idea laittaa sisätuki molemmin puolin tuli muutamilta Metson suunnittelijoilta. Hinnaltaan rakenne tulisi nykyistä halvemmaksi ja sisätuki estäisi hyvin beltin roikkumista. Sisätuen kokoonpano kuitenkin koostuu paljon suuremmasta määrästä osia kuin nykyisten levityspotkien kokoonpano.



KUVIO 16. Sisätuki molemmin puolin.

Beltin pään vetokelkka

Viimeisenä ideana Metson suunnittelijoilta tuli ehdotus jättää levityspotket kokonaan pois ja käyttää kuviossa 17 esitetyn tapaista beltin pään vetokelkkaa. Muovista valmistettu kelkka kiinnitettäisiin beltin päähän belttiä asennettaessa ja sen muoto estäisi belttiä roikkumasta. Tämä vaihtoehto ei kuitenkaan tukisi belttiä sähkökatkon tapahtuessa.



KUVIO 17. Beltin pään vetokelkka.

6.2.3 Ideoiden vertailu

Luonnostelun lopputuloksena oli neljä ideaa uudeksi rakenteeksi. Ideoita vertailtiin taulukon 1 arvotaulukon avulla, jossa pisteytin vertailtavat kohdat pistein yhdestä neljään.

TAULUKKO 1. Ideoiden arvotaulukko.

	Muovilista	Kannakoitu muovilista	Sisätuki molemmin puolin	Beltin pään vetokelkka
Osien lukumäärä	3	2	1	4
Akselin nostot	1	4	4	4
Hinta	3	2	1	3
Beltin tuenta sähkökatkoissa	2	4	3	1
Beltin tuenta asennuksessa	2	4	4	3
Yhteensä	11	16	13	15

Arvotaulukossa kannakoitu muovilista sekä beltin pään vetokelkka saivat parhaat pisteet. Vetokelkkaa käytettäessä telasta voisi jättää pois koko levityspotket, joka olisi hinnan ja osien lukumäärän kannalta hyvä. Kelkka ei kuitenkaan tue belttiä

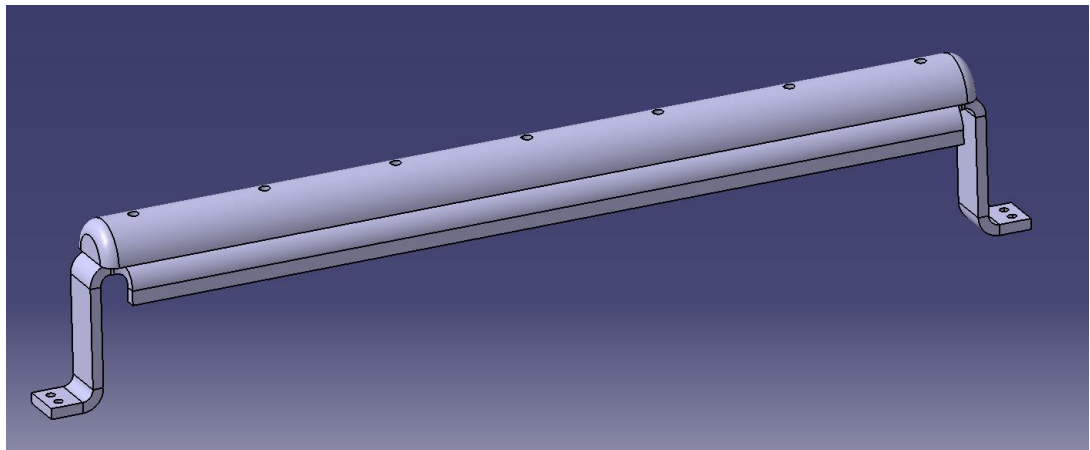
muulloin kuin asennuksessa, jolloin sähkökatkoksen tapahtuessa beltin pääsee roikkumaan ja mahdollisesti rikkoutumaan. Metson suunnittelijoiden kanssa keskusteltuani päätimme valita jatkokehitykseen kannakoidun muovilistan.

6.3 Kehittely

6.3.1 Levityspotket

Metson suunnittelijat asettivat vaatimuksen, että luonnosteluvaiheessa ideoitu kannake tulee olla liitteen 3 vaatimusten mukainen.

Kehittelyssä tärkeimpänä työkaluna toimi Catian FEM analysointi, jonka avulla pystyin helposti laskemaan erilaisten rakenteiden ominaisuuksia. Kuviossa 18 esitetty, vaatimukset täyttävän rakenteen sain lisäämällä vahvikkeet ohutlevykannakkeeseen, jonka ominaisuuksia ja tarkat mitat, sekä akseliin kiinnittyminen on esitetty liitteessä 4.



KUVIO 18. Vahvistettu kannakoitu muovilista.

6.3.2 Sisätuki

Sisätuen osalta ideointi oli jo tehty aikaisemmassa projektityössä, jonka pohjalta valitsin kehitettäväksi rakenteeksi toisen vaihtoehdon, koska umpipalkki on helpompi puhdistaa verrattuna alkuperäiseen suorakaidepalkkiin. Sopivan kokoisen palkin löysin laskemalla eri kokoonpanojen ominaisuuksia Catialla (ks. liite 5.)

7 TULOKSET

7.1 Levityspotket

Lopulliseen rakenteeseen (ks. liite 6.) tehtiin vielä muutama muutos kehittelyvaiheessa luonnosteltuun rakenteeseen verrattuna. Kannakkeen neljä kiinnitysreikää vaihdettiin kahteen soikkoreikään, jotta kannakkeen kiinnittäminen akseliin helpottuu. Lisäksi kiinnikkeisiin tehtiin pyöritykset jalkojen ja vahvikkeiden kulmiin.

Muovilista kiinnitetään kannakkeeseen holkkien ja pulttien avulla. Muovilistaan tehtiin upotukset, jotta pultinpäät saadaan piiloon.

Uudesta rakenteesta tuli noin 50 prosenttia edullisempi nykyiseen rakenteen verrattuna. (ks. liitteet 8 ja 9.)

Uuden levityspotken kokoonpanon ja osien työpiirustukset ovat liitteinä 10,11,12 ja 13.

7.2 Sisätuki

Sisätuessa nykyinen suorakaidepalkki ja C-kiinnikkeet korvataan umpipalkilla, joka kiinnitetään kannakkeisiin pulteilla (ks. liite 7.). Pultit lukitaan lukituslaatoilla, koska

palkkiin ei voida tehdä vaatimusten mukaista tarpeeksi pitkää kierrettä, jonka johdosta pultteja ei voida kiristää vaadittuun momenttiin. Erillistä säätömekanismia ei tule, vaan palkin ja kannakkeiden välistä etäisyyttä säädetään niiden väliin tulevilla säätölevyillä.

Uuden sisätuen kokoonpanon ja osien työpiirustukset ovat liitteinä 14 ja 15.

8 TYÖN JA TULOSTEN POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada kehitettyä uudet rakenteet sisätuen kiinnitykselle ja levityspotkille. Uusilta rakenteilta vaadittiin tärkeimpinä ominaisuuksia yksinkertaisuutta sekä edullisempaa hintaa nykyisiin rakenteisiin verrattuna. Työ oli oikea kehitysprojekti, joka oli ollut esillä jo pidempään. Työhön liittyen oli jo aikaisemmin tehty harjoitustyö sisätuen kiinnitykseen liittyen sekä mietitty hiukan uusia rakenteita levityspotkien korvaamiseksi.

Työn kulussa pystyttiin mukailemaan tuotekehitysprosessin teoriapohjaa: ensin ideoitiin ja luonnosteltiin eri rakennevaihtoehtoja, joista valittiin jatkokehitettävä tuote josta lopulta lopputuote muodostui. Lopullisista rakenteista tehtiin Catialla tarvittavat 3D-mallit sekä työpiirustukset.

Kriittisimmäksi tekijäksi työssä muodostui rakenteen värähtelyt, jonka pohjalta uudet rakenteet tuli mitoittaa. Tätä varten piti opetella käyttämään paremmin Catian FEM-laskentaa, koska työn tekijällä ei ollut juurikaan kokemusta ominaistuuksien laskemisesta Catialla. Tämän avulla pystyttiin testailemaan useiden eri rakenteiden värähtelyjä ja valitsemaan vaatimukset täyttävät rakenteet jatkokäsittelyyn.

Työn lopputuloksesta tuli vaatimuksia vastaava, joten siltä osin työ onnistui. Työn kulussa olisi voinut kuitenkin hyödyntää myös värähtelytekniikan teoriaa laskemalla

rakenteita Catian lisäksi käsin. Tämä asia tuli kuitenkin esille vasta työn loppuvaiheessa, joten ajanpuutteen vuoksi käsin laskut jäivät tekemättä. Lisäksi Metson puolelta tuli sattumalta esille vasta työn loppuvaiheessa beltin tuenta sähkökatkoksissa, jota ei oltu huomioitu alkuehdoissa alun perin ollenkaan. Tämän johdosta monet rakennevaihtoehdot sai lähestulkoon hylätä saman tien. Osittain tämä helpotti lopputulokseen pääsyä, mutta samalla myös ideointi olisi ollut alusta alkaen erilaista jos asia olisi tullut esille heti työn alussa.

Uudet rakenteet otetaan tulevissa projekteissa käyttöön. Vielä on tosin projektikohtaisesti katsottava se, käytetäänkö kaikissa projekteissa pelkästään vakiomittaisia levitysputkia vai tarvitaanko lisäksi yksi tai kaksi kappaletta lyhyisempiä levitysputkia, jotta levitysputkien väliin ei jää liian suuria rakoja. Lisäksi tulevaisuudessa voidaan miettiä, voidaanko sisätuen muovikenkä korvata jollain sekä käytetäänkö levitysputkien muovilistoissa pyöreitä profiileita vai löytyykö jostain valmiita erimuotoisia profiileja, joilla hinta saataisiin vielä halvemmaksi.

Työhön olisi ollut myös mielenkiintoista saada SymBelt-telan kokoonpanijoiden kommentit uusien rakenteiden asentamisesta, mutta myöskään tämä ei ajanpuutteissa ole mahdollista. Luultavasti ainakin levitysputkien asentaminen tulee olemaan helpompaa, koska saa käsitellä lyhyitä osakokoonpanoja koko telan leveyden mittaisen putkien sijaan.

LÄHTEET

BeltDoc, Doctoring solutions for shoe press roll. 2012. Beltin kaavaroinnin esite. Viitattu 20.2.2013. [Http://www.metso.com/](http://www.metso.com/), pulp and paper, paper and board, Process improvement, Doctoring

Hägglom-Ahnger, U. & Komulainen, P. 2003. Paperin ja kartongin valmistus. 3.p. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino.

Jokinen, T. 2001. Tuotekehitys. 6. korjattu painos. Helsinki: Otakustantamo.

Karlsson, M. 2000. Papermaking Part 2, Drying. Jyväskylä: Gummerus.

KnowPap 2012. Paperitekniiikan ja automaation oppimisympäristö versio 14.0. Viitattu 25.11.2012.

Liiketoimintamme lyhyesti, 2011. Artikkelit Metso Paper Oy:n sivustolla. Viitattu 20.11.2012. [Http://www.metso.com/fi](http://www.metso.com/fi), metso yrityksenä, metso lyhyesti, liiketoiminnot, paperi- ja kuituteknologia.

Metson vuosikertomus 2011. Viitattu 18.11.2012. [Http://www.metso.com/fi](http://www.metso.com/fi), media, asiakaslehdet ja julkaisut, raportit.

Nurminen, A. & Rannila, J. & Turja, J. 2011. SymBelt-telan sisätuen kiinnityksen kehitys. Projektiraportti.

Omien perehdytys. 2010. PowerPoint-esitys. Metson sisäisen tietokannan yleiskalvosarja. Viitattu 21.11.2012.

Paulapuro, H. 2008. Papermaking Part 1, Stock Preparation and Wet End. Totally updated version. Jyväskylä: Gummerus.

Pennala, E. 1999. Koneiden ja rakenteiden värähtelyt. Helsinki: Otatieto

Rautpohjan perehdyttämisopas. 2011. Uusille työntekijöille jaettava Metson Rautpohjaa esittelevä lehtinen.

Telakirja. n.d. SymBelt-telan sisältäneen paperikonetoimituksen asiakasdokumentaatio. Metson sisäisen tietokannan tiedosto. Viitattu 28.11.2012

LIITTEET

Liite 1. Sisätuen pääosat

Liite on jätetty pois julkisesta työstä sen sisältämän luottamuksellisen tiedon vuoksi.

Liite 2. Sisätuen kiinnityksen vaihtoehdot

Liite on jätetty pois julkisesta työstä sen sisältämän luottamuksellisen tiedon vuoksi.

Liite 3. Kannakkeen mitat

Liite on jätetty pois julkisesta työstä sen sisältämän luottamuksellisen tiedon vuoksi.

Liite 4. Vahvistetun kannakkeen ominaisuuudet ja mitat

Liite on jätetty pois julkisesta työstä sen sisältämän luottamuksellisen tiedon vuoksi.

Liite 5. Sisätuen kokoonpanon ominaisuuudet

Liite on jätetty pois julkisesta työstä sen sisältämän luottamuksellisen tiedon vuoksi.

Liite 6. Lopullinen levityspotken rakenne

Liite on jätetty pois julkisesta työstä sen sisältämän luottamuksellisen tiedon vuoksi.

Liite 7. Lopullinen sisätuen rakenne

Liite on jätetty pois julkisesta työstä sen sisältämän luottamuksellisen tiedon vuoksi.

Liite 8. Muovilistan kannakkeen tarjous

Liite on jätetty pois julkisesta työstä sen sisältämän luottamuksellisen tiedon vuoksi.

Liite 9. Levityspotkien hintavertailu

Liite on jätetty pois julkisesta työstä sen sisältämän luottamuksellisen tiedon vuoksi.

Liite 10. Levityspotken kokoonpano

Liite on jätetty pois julkisesta työstä sen sisältämän luottamuksellisen tiedon vuoksi.

Liite 11. Muovilistan kannake

Liite on jätetty pois julkisesta työstä sen sisältämän luottamuksellisen tiedon vuoksi.

Liite 12. Muovilista

Liite on jätetty pois julkisesta työstä sen sisältämän luottamuksellisen tiedon vuoksi.

Liite 13. Holkki

Liite on jätetty pois julkisesta työstä sen sisältämän luottamuksellisen tiedon vuoksi.

Liite 14. Sisätuen kokoonpano

Liite on jätetty pois julkisesta työstä sen sisältämän luottamuksellisen tiedon vuoksi.

Liite 15. Palkki

Liite on jätetty pois julkisesta työstä sen sisältämän luottamuksellisen tiedon vuoksi.