

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Tuomas Kyyhkynen

**KUORENEROTUSRULLA**

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Koneensuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

# TIIVISTELMÄ

Kuorenerotusrulla

Kyyhkynen, Tuomas

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Koneensuunnittelu

Lokakuu 2006

Salonen, Markku

UDK: 658.5, 674.06, 676.05

Asiasanat: kuorinta, puu, kuori, sellu

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää ja suunnitella lisärulla puunkuljetusrullastolle parantamaan kuorien erottumista puuvirrasta.

Puun ja kuoren erottaminen on erittäin tärkeää sellun laadun kannalta. Tavoitteena lisärullan kehittämiseksi oli parantaa puun ja kuoren erottumista. Tämän työn alussa selvitetään tuotekehitysprosessia yleisesti. Työssä perehdytään kuorintaprosessiin ja kuorimarumpujen kehitykseen. Lopuksi perehdytään myös idean kehittelyyn ja suunnittelun kulkuun.

Tämän työn tuloksena valmistettiin prototyyppi, joka asennettiin valmiiseen puunkuljetusrullastoon ja testattiin siinä. Prototyypin todettiin erottavan kuorta tehokkaasti mutta puut törmäsivät siihen ja syntyi ruuhka. Tämän vuoksi prototyyppiä ei voitu jättää rullastoon vaan se piti purkaa lisäkehittelyä varten.

## ABSTRACT

Bark separation roll

Kyyhkynen, Tuomas

Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

Mechanical Design Engineering

October 2006

Salonen, Markku

UDC: 658.5, 674.06, 676.05

Keywords: debarking, log, bark, pulp

---

The purpose of this final year project was to develop and design a bark separation roll to a log roll conveyor to improve the separation of loose bark from the log flow.

Separating the bark and the log is very important for the quality of pulp. Better separation of log and bark was the target for developing a bark separation roll. At the beginning of this thesis product development process is generally clarified. The debarking process and the development of debarking drums are also studied in the thesis. Finally, also the development of the idea and the progress of design are described.

As a result of this work, the prototype was manufactured and installed to an existing log roll conveyor and tested there. The prototype was found out to separate the bark effectively but the logs crashed to it and created a jam. Due to this jam the prototype could not be left in the roll conveyor but it had to be dismantled for further development.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	5
2 YLEISTÄ TUOTEKEHITYKSESTÄ .....	7
2.1 Suunnittelumetodit .....	7
2.1.1 VDI 2222 Systemaattinen suunnittelumetodi .....	7
2.1.2 Luova, intuitiivinen metodi .....	7
2.2 Esitutkimus .....	8
2.3 Luonnostelu .....	9
2.4 Suunnittelu .....	10
3 PUUN KUORINTA .....	11
3.1 Kuorimarummun toimintaperiaate .....	12
3.2 Kuorimarummun kehitys .....	12
3.3 Nykyaikaiset kuorimarummut .....	14
3.4 GentleBarking-kuorimarumpu .....	16
4 IDEAN KEHITTELY .....	17
4.1 Tausta .....	17
4.2 Kuorenerotusrullan luonnostelu .....	18
4.3.1 Lineaarisesti liikkuva kuorenerotusrulla .....	19
4.3.2 Ympyrän kaarta pitkin liikkuva kuorenerotusrulla .....	21
4.3.3 Edeltävä rulla halkaisijaltaan suurempi kuin rullaston muut rullat .....	22
4.3.4 Kuorenerotusrullan pyörintäliikkeen tuottaminen .....	23
4.4 Suunnittelu .....	23
4.4.1 Rullat .....	23
4.4.2 Laakerointi .....	24
4.4.3 Runko .....	27
5 KOEKÄYTTÖ .....	27
6 TULOSTEN POHDINTA .....	29
7 YHTEENVETO .....	30
LÄHTEET .....	31
LIITTEET .....	32

## 1 JOHDANTO

Metso Paper Oy on maailmanlaajuinen paperin-, pehmopaperin-, massan-, ja kartonginvalmistuslinjojen toimittaja. Se kuuluu Metso-konserniin ja henkilöstöä sillä on noin 8200 henkilöä 30 maassa. Yhtiön liikevaihto oli 1702 milj. euroa vuonna 2005.

Metso Paper Oy:n kehitystyön tuloksena syntynyt GentleBarking-kuorintajärjestelmä kuorii puut aikaisempaa lyhyemmässä ja kuoriaukottomassa kuorintarummussa. Kuorenerotus tapahtuu rummun jälkeisellä kuorenerotusrullastolla. Kuorenerotuksen täytyy tapahtua tehokkaasti sillä kuori heikentää puista tehtävän hakkeen laatua olennaisesti. Tiettyjen puulajien kuori irtoaa pitkinä paloina ja niiden erottaminen puuvirrasta kuorenerotusrullastolla on vaikeaa.

Tämän opinnäytetyön aiheena on kehittää ja suunnitella laite parantamaan kuorenerotusta kuorimarummun jälkeisellä kuorenerotusrullastolla. Työn pohjana on laitteen patenttihakemus, jossa on jo tehty ideointi-vaihe. Työssä edetään tuotekehitys-projektin peruseräperiaatteiden mukaisesti.

Esitutkimusvaiheessa etsitään vaihtoehtoja toteuttaa haluttu toiminto. Tässä tilanteessa se on mahdollisimman tehokas kuorenerotus. Parhaimman vaihtoehdon löydyttyä tehdään periaateratkaisu laitteen toiminnan toteuttamiseksi.

Luonnosteluvaiheessa periaateratkaisua viedään eteenpäin. Suunnitellaan eri ratkaisuvaihtoehtoja periaateratkaisun toteuttamiseksi. Ratkaisuvaihtoehtoa päätettäessä otetaan huomioon laitteen toimivuus, tuotantoystävällisyys, asennuksen helppous sekä taloudelliset näkökohdat. Rakennettavan prototyypin tulee olla helppo asentaa ja purkaa.

Suunnitteluvaiheessa suunnitellaan päätetty ratkaisuvaihtoehto. Jotta laitteen toimintaa pystytään simuloimaan, toteutetaan suunnittelu 3D:nä.

Metso Paper Oy valmistaa prototyypin tehtyjen suunnitelmien ja piirustusten mukaisesti. Prototyyppi koeajetaan ensimmäisellä GentleBarking-linjalla Metsä-Botnia Oy:n tehtaalla Kaskisissa.

## 2 YLEISTÄ TUOTEKEHITYKSESTÄ

Koneensuunnittelussa käytetään pääasiassa kahta pääsuunnittelumetodia, luova intuitiivinen suunnittelumetodi sekä VDI 2222 Systemaattinen suunnittelumetodi. Aluksi käydään läpi edellä mainittuja kahta suunnittelumetodia ja sitten perehdytään tuotekehitysprojektin etenemiseen organisaatiossa.

### 2.1 Suunnittelumetodit

#### 2.1.1 VDI 2222 Systemaattinen suunnittelumetodi

Ensimmäisessä vaiheessa ongelma kuvataan ja esitetään sen ylimmällä tasolla. Esim. nostaa tavara hyllylle. Tätä nimitetään kokonaistoiminnoksi. Tämän jälkeen kokonaistoiminto jaetaan osatoiminnoiksi. Osatoiminnot siirretään taulukkoon, jossa jokaiselle osatoiminnolle ideoidaan osaratkaisuja erikseen ja mahdollisimman paljon toisistaan riippumatta. Osaratkaisuja eri tavalla yhdistelemällä saadaan suuri määrä erilaisia kokonaisratkaisuja. Niistä seulotaan omaan arviokykyyn pohjaten 3-4 parasta yhdistelmää, joista valitaan paras tarkemmalla vertailulla. /1, s. 97-98/

#### 2.1.2 Luova, intuitiivinen metodi

Luovassa, intuitiivisessa metodissa lähdetään etsimään ongelmaan ratkaisua intuitiivisesti, heuristiikan kautta. ”Heuristiikka on luovuuden menetelmä, jossa pyritään tuloksiin heurekailmiön avulla” /6/. Heurekailmiöt eli oivallukset tapahtuvat alitajunnassa. Alitajuntaa ei voida tietoisesti ohjata mutta voidaan luoda suotuisat olosuhteet oivalluksen synnylle. Syntyäkseen oivallus tarvitsee ajavan voiman, jännitteen, jota kutsutaan intuitiiviseksi jännitteeksi. Se voi olla esim. aikataulu tai tehtävän kiireellisyys. Lisäksi tarvitaan riittävästi pohjatietoa, perehtymistä tehtävään. Perehtymällä tehtävään suunnittelijalle rakentuu

alitäjuntaan tietotihentymiä ns. heuristisia pisteitä, joiden kautta oivallus tapahtuu logiikan keinoin. Näin syntyy ratkaisu, joka vaatii vielä hiomista koneensuunnittelun perusasioiden, kuten lujuusoppi ja mekaniikka, osalta. /6/.

Tuomaala mainitsee teoksessaan /6/ ”Systemaattinen metodi lähteekin itse asiassa siitä, että kaikki tekniset ratkaisut ovat jo olemassa, kysymyksessä on vain niiden valinta ja yhdistely toimivaksi kokonaisuudeksi pyrkien valinnassa optimaaliseen lopputulokseen”. Intuitiivinen metodi ei pelkästään ota valmiita ratkaisuja sellaisenaan ja yhdistele niitä, vaan pyrkii oppimaan niistä. Otettaessa mallia jostakin rakenteesta, joudutaan rakenne purkamaan osiin. Purettaessa rakenne osiin, päästään ymmärtämään rakenteen suunnittelijan ajatuksia. /6/.

## 2.2 Esitutkimus

Esitutkimuksen suoritustapa ja laajuus vaihtelee tuotekehitysprojekteissa. Esitutkimuksen voi suorittaa yksittäinen henkilö, mutta yleensä sen tekee työryhmä. Työryhmän etuna on, että voidaan ottaa huomioon eri näkökulmat, kuten markkinointi-, tuotekehitys-, tuotanto- ja muotoilunäkökulmat. Esitutkimuksessa pyritään selvittämään tuotekonseptia eli kartoittamaan riskit, selvittämään tuotanto- ja liiketoimintamahdollisuudet sekä tekemään uutuustutkimus. Kustannuksellisesti ja ajallisesti esitutkimuksen osuus muusta tuotekehitysprojektista on suhteellisen pieni.

Markkinoinnin tehtävä esitutkimuksessa on selvittää asiakkaiden tarpeet tuotteen spesifioinnin pohjaksi ja tässä kohtaa selvitystyö kohdistuu juuri kyseessä olevaan tuotteeseen. Selvittettäviä asioita ovat myös kilpailutilanne, menekki eri markkinoilla sekä markkinahinta.

Tuotekehityksen tehtävä on pyrkiä hakemaan erilaisia ratkaisukonsepteja teknisessä mielessä. Niin toimivuus, kilpailukyky kuin asiakastarpeista lähtevät teolliset muotoilut ovat selvittettäviä asioita. Tuotekehitys pyrkii ratkaisemaan myös kriittiset kohdat ja osa-alueet tuotteesta.



Esitutkimusvaiheessa tuotanto pyrkii selvittämään tuotantoedellytyksiään. Mahdolliset uusien koneiden ja työkalujen hankinnat, tuotantoresurssit sekä laitteiden uudelleensijoittelut pyritään ottamaan huomioon. Tuotannon selvitystyön alaisena ovat myös erilaiset toteutusvaihtoehdot.

Esitutkimuksen tuloksien ollessa toteuttamiskelpoisia, tehdään niiden pohjalta tuotesuunnitelma päätöksenteon pohjaksi. Tuotesuunnitelma tehdään kuvaamaan yritysjohdolle tuotetta ja sen liiketoimintamahdollisuuksia, jotta yritysjohto pystyisi ratkaisemaan, onko projekti linjassa yrityksen toiminta-ajatuksen ja tulevaisuudensuunnitelmien kanssa ja kannattaako projekti käynnistää. Tärkeää on saada eri tahot sitoutumaan käynnistettävään projektiin ja näin kehittämään sitä eteenpäin. /1, s.28-29/

### 2.3 Luonnostelu

Tuotesuunnitelman pohjalta käynnistettyyn projektiin nimitetään projektin vetäjä ja johtoryhmä. Luonnosteluvaiheessa markkinointi jatkaa markkinointimahdollisuuksien, markkinahintojen, menekin ja kilpailutilanteen selvittämistä. Erityisesti markkinoinnin vastuulle kuuluu tuotteen spesifioinnista huolehtiminen. Luonnosteluvaiheessa tuotesuunnitelmaa voidaan vielä korjata, jos kehityksessä tulee uusia ajatuksia esiin.

Tuotekehitys kehittää periaateratkaisua, jolla tuote voidaan toteuttaa ja tekee suunnitelman kehitystyön eteenpäin viemiseksi. Suunnitelmien pohjalta rakennetaan prototyyppi, jota testataan ennakkoon laadituilla testeillä. Testituloksien pohjalta tuotetta kehitetään edelleen ja testataan.

Luonnosteluvaiheessa tuotannon edustaja valvoo tuotantoystävällisyyden toteutumista. Ratkaisuja ohjataan sopimaan konekantaan ja olemassa oleviin työkaluihin sekä asennus- ja kokoonpanoystävälliseen suuntaan. Tuleva tuote

työvaiheistetaan ja tarvittavat koneet ja laitteet sijoitetaan sopimaan tuotteen valmistukseen.

Taloushallinnon tehtävä luonnosteluvaiheessa on asettaa tuotteelle liiketoiminnalliset tavoitteet sekä selvittää rahoitusmahdollisuudet tuotekehitysprojektin ja mahdollisten investointien rahoittamiseksi. /1, s.29-30/

## 2.4 Suunnittelu

Markkinointi suunnittelee ja sopii tuotteen lanseeraamiseen liittyviä asioita, kuten mainonta, mainosmateriaali ja koulutus. Myös tuotteen käyttöohjeet ja huolto tulee suunnitella. Tuotteen myyntimäärät pyritään arvioimaan tuotantomäärien sopimiseksi. Tuotteen hinnoittelu viedään päätökseen.

Tuotekehitys jatkaa tuotteen kehittämistä eteenpäin, muokkaa piirustuksia sekä muita dokumentteja. Prototyyppi testataan lopullisesti ja testien pohjalta tehtävät muutokset siirretään dokumentteihin. Tuotteen käyttöohjeet toteutetaan yhdessä markkinoinnin kanssa. Tuotteen pakkaus suunnitellaan, toteutetaan ja testataan.

Tuotteen piirustukset, dokumentit ja prototyyppi on käytössä ja tuotantokelpoisuus, työvaiheistukset ja tuotantokustannukset pystytään tarkistamaan. Tuotannon suunnittelua viedään eteenpäin ja materiaalihankinnat ensimmäisiä pilot-tuotteita (0-sarja) varten tehdään. Ensimmäiset pilot-tuotteet, joita yleensä on muutamia kappaleita, sovitetaan käynnissä olevan tuotannon joukkoon. Kun on saatu varmuus tuotteen osien lopullisesta muodosta, voidaan työkalusuunnitelmat viedä loppuun ja luoda testaus- ja laadunvarmistusjärjestelmä. Pilot-tuotteet voidaan laittaa valmistukseen. Pilot-tuotteita valmistettaessa esiin tulleet virheet korjataan dokumentteihin ja toteutetaan ns. 1-sarja, joka voi olla sarjakooltaan suurempi kuin 0-sarja.

Kun taloushallinto on varmistanut projektin talouspuolen, voidaan tarvittavat tuotannon investoinnit tehdä. Taloushallinto valvoo näitä investointeja sekä arvioi kannattavuutta. /1, s. 30-31/

## 2.5 Tuotannon käynnistäminen

Tuote esitellään asiakkaille markkinoinnin toimesta sekä myynti, myynnin seuranta ja huoltotoiminnot käynnistyvät. Asiakkaiden koulutus ja tutustuttaminen uuteen tuoteympäristöön aloitetaan ja käynnistetään palautetoiminta.

Tuotekehitys toimii kouluttajana koulutustilaisuuksissa ja antaa teknistä tukea. Samaan aikaan käynnistetään uutta projektia. Yrityksessä sovitaan ne asiat, jotka tuotteen on täytettävä, jotta sen tuotanto voidaan käynnistää. Tämä on tärkeää projektin päättämisen kannalta.

Tuotantoon liittyvät asiat viimeistellään sekä valmistuskustannukset että kustannusten taso selvitetään ja seurataan. Taloushallinto seuraa myynnin kehitystä, voittoa sekä investointeja ja pyrkii arvioimaan tulevaa liiketoimintaa. /1, s. 30-31/

## 3 PUUN KUORINTA

Koska kuoresta voidaan saada vain pieni heikkolaatuinen kuitusaanto, kuori pyritään poistamaan puusta ennen kuidutus-prosessia. Ideaalisen kuorinnan tavoitteena on irrottaa kuori puusta jälsikerrosta pitkin siten, ettei rungoissa kuorinnan jälkeen esiinny lainkaan kuorta eikä kuoren joukossa yhtään puuta.

Puiden rumpukuorinnassa syntyy puuhäviöitä puiden pintakerroksen lohkeamisesta kuoren joukkoon, puiden katkeilun säleistä, puiden päiden pensselöitymisestä jne. /2, s.17/

### 3.1 Kuorimarummun toimintaperiaate

Rumpukuorinnassa, rumpu itsessään ei kuori puuta vaan kuorinta tapahtuu puiden kolhiutumisen ja keskinäisen hankaamisen vaikutuksesta. Pyörivän rummun tarkoituksena on saada rummun sisällä olevat puut liikkeeseen ja näin rummun pyöritysenergia saa välillisesti aikaan puiden kuoriutumisen.

Puiden kolhiutuessa ja hankautuessa toisiaan vasten syntyy voimia, joiden aiheuttamat jännitykset ylittävät puun ja kuoren välisen sidoslujjuuden. Tästä seuraa kuoren irtoaminen.

Rummun tehtävänä on, kuorinnan ohella, myös erottaa irronnut kuori puuvirrasta. Kuoren erottamiseksi rummun vaipassa tai vaipan osassa on kuorirakoja, joista irronnut kuori poistuu rummusta. Kuoriraot mitoitetetaan siten, että niiden leveys on pienempi kuin kuorittavien puiden pienin läpimitta. Tällä pyritään rajoittamaan katkenneiden puun palojen kulkeutuminen kuoren joukkoon.

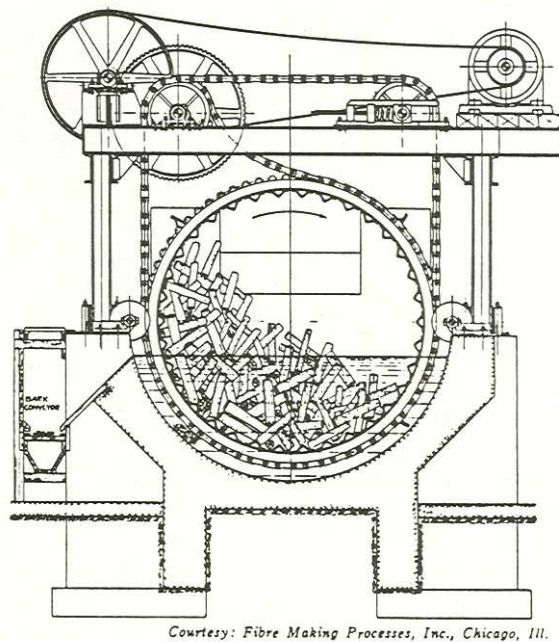
On tavallista, että rumpu ei pysty kokonaan erottamaan irronnutta kuorta puuvirrasta. Rummusta eteenpäin kulkeutunut kuori poistetaan rummun jälkeisellä kuorenerotusrullastolla. /2, s.17/

### 3.2 Kuorimarummun kehitys

Ensimmäiset kuorimarummut tulivat käyttöön 1800- ja 1900-lukujen vaihteessa. Ne olivat pieniä, jaksottain toimivia, vaakatasossa pyöriviä säiliöitä. Suomen ensimmäinen kuorimarumpu asennettiin Anjalan pahvitehtaalle. Kyseessä oli lyhyiden pölkkyjen kuorintaan tarkoitettu n. 2 m halkaisijaltaan oleva rumpu.

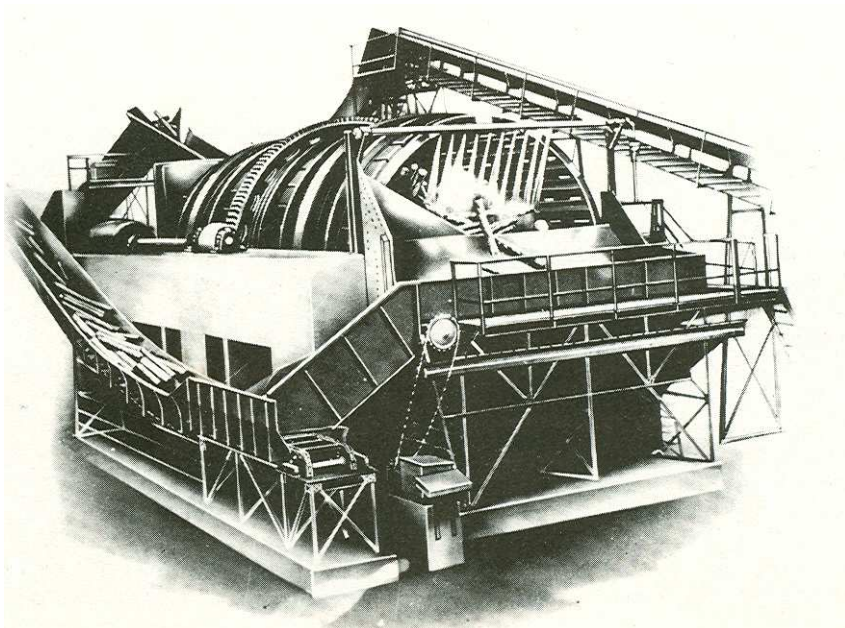
Näiden rumpujen hitaan täytön ja tyhjennyksen vuoksi niiden kapasiteetti jäi pieneksi eikä niiden käyttö siten koskaan yleistynyt. /2, s. 18/

1920-luvulla pyörivän rummun ideaa alettiin kehittää uudestaan USA:ssa ja Kanadassa. Nämä rummut olivat toiminnaltaan jatkuvia ja niitä voidaan pitää nykyaikaisten kuorimarumpujen peruskonstruktiona. Rummut olivat joko ketjukannatteisia (kuva 1) tai pyörivät kannatusrullien varassa.



Kuva 1. Ketjukannateinen kuorimarumpu. /2/

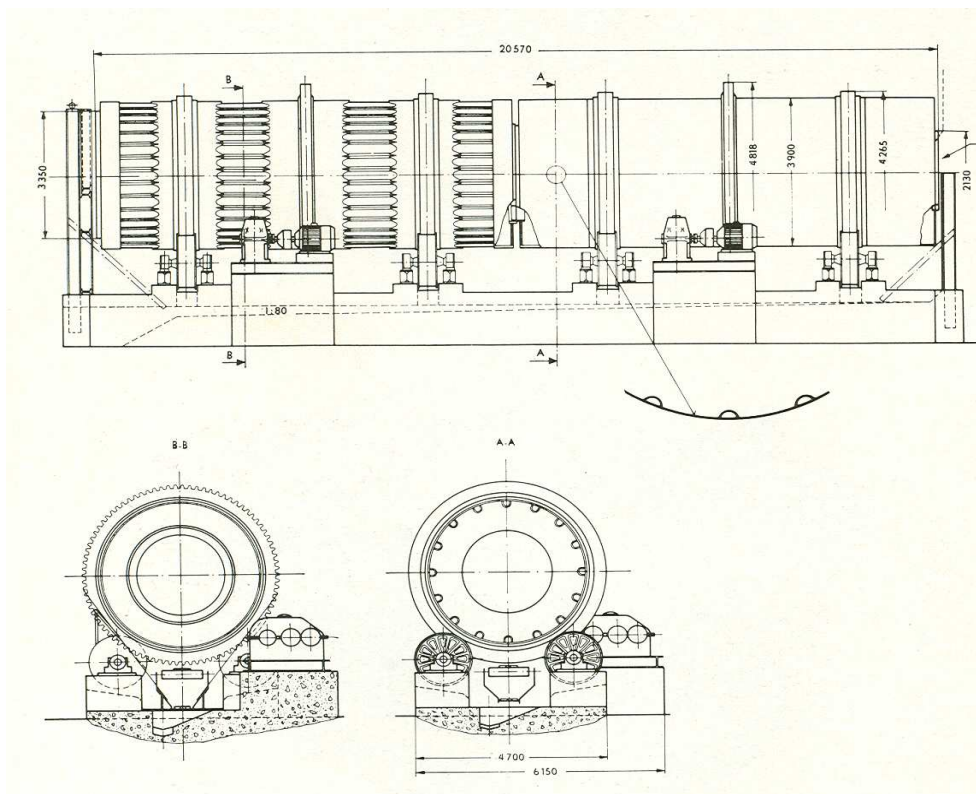
Suomessa yleistyi Wärtsilän valmistama Wilénin kuorimarumpu, joka oli halkaisijaltaan 4-8 m ja pituudeltaan 10-16 m (kuva 2). Rumpu pyöri betonisessa altaassa kannatuskehien ja pyörien varassa. Allas oli täytetty vedellä noin 1/3 rummun läpimitasta. Rumpu valmistettiin muototeräksistä hitsaamalla siten, että muototeräksien väliin jäi 50mm:ä leveät pituussuuntaiset kuoriraot. Näiden kuorirakojen kautta irronneet kuoren palat huuhtoutuivat rummusta altaaseen, josta rummun ulkopintaan kiinnitettyt siivekkeet nostivat ne altaan sivussa olevaan kuorikouruun johon myös ylivuotovesi virtasi. 1-2 m pitkät pölkyt syötettiin rumpuun syöttösuisteen kautta toisesta päästä ja ne purkautuivat purkukynnyksen yli toisesta päästä purkauskuljettimelle. /2, s. 18/



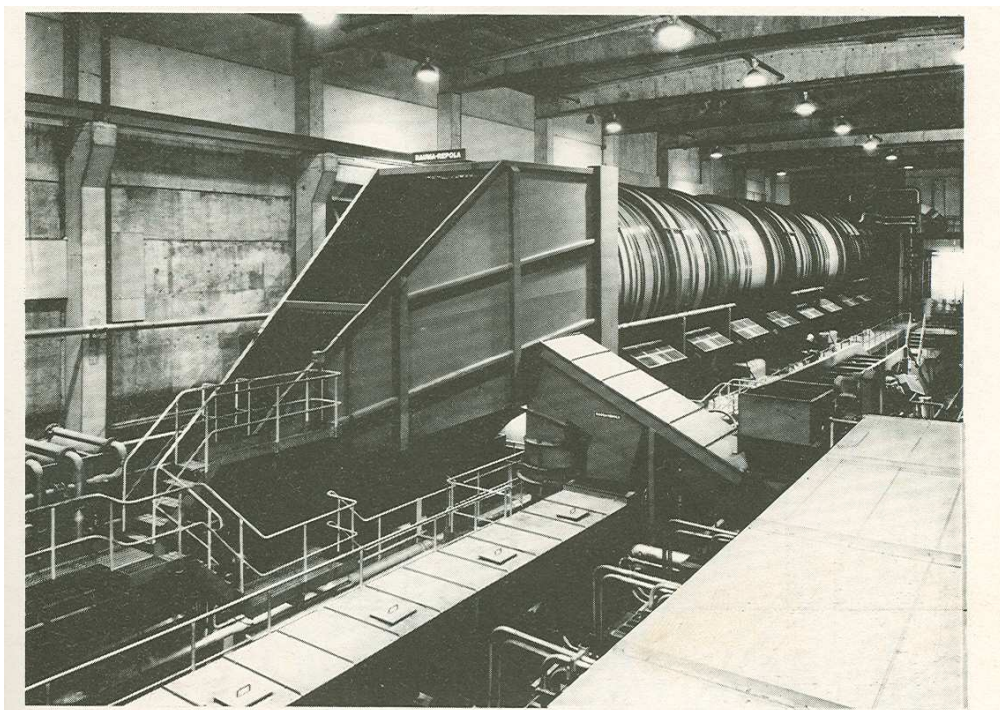
Kuva 2. Wärtsilän valmistama Wilénin kuorimarumpu. /2/

### 3.3 Nykyaikaiset kuorimarummut

Nykyisin Pohjoismaiden sellu- ja paperitehtaissa yleisimmin käytetty rumputyyppi on kanadalaisen Ingersoll-Rand Co:n konstruktion pohjalta kehitetty Rauma-Repola-kuorimarumpu. Tämä joko metallipyöräkannatuksella (kuva 3) tai kumipyöräkannatuksella (kuva 4) varustettu rumputyyppi soveltuu sekä ristikkäisettä yhdensuuntaiskuorintaan kuten myös märkä- ja kuivakuorintaan.



Kuva 3. Metallipyöräinen kuorimarumpu. /2/

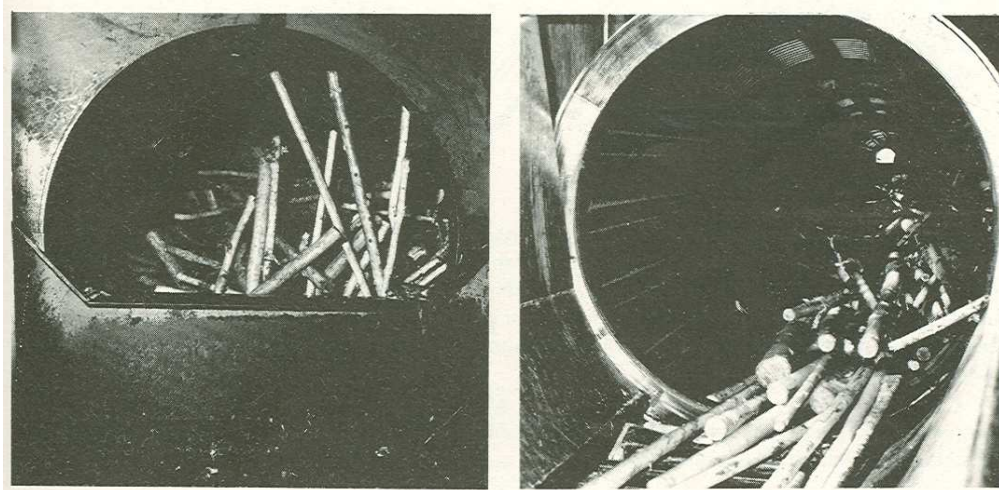


Kuva 4. Kumipyöräinen Rauma-Repola kuorimarumpu Veitsiluoto Oy:n Kemijärven tehtaalla. /2/

Ristikkäiskuorinnassa (kuva 5) pölkkyt ovat yleensä lyhyempiä kuin rummun läpimitta, ja ne vierivät rummussa sekaisin. Yhdensuuntaiskuorinnassa pölkkyjen



keskipituus on pidempi kuin rummun läpimitta ja ne rullaavat rummussa rummun akselin suuntaisina. Suomessa yhdensuuntaisrumpuja ei käytetä koska suomalaisille tehtaille puut eivät tule pelkästään pitkinä.



Kuva 5. Ristikkäiskuurinta. /2/

Kuva 6. Yhdensuuntaiskuurinta. /2/

Märkärummutus tapahtuu yleensä rummun kuoriaukottomassa umpilohkossa. Umpilohkon päissä olevat kynnyksen rajoittavat veden poisvalumista, joten umpilohkon pohjalla on vesikerros. Vesi ja irronnut kuori poistuvat umpilohkon jälkeisellä avolohkolla, jossa on kuoriaukot. Kuivarummutuksessa ei rumpuun syötetä lainkaan vettä. /2, s. 19-21/

### 3.4 GentleBarking-kuorimarumpu

Niiranen on tutkimuksessaan /2, s.125/ saanut puuhäviöiden suuruudeksi puulajista riippuen 0.9-4.7 %. Mainittuja lukuja tarkasteltaessa on otettava huomioon, että enimmäisvirhe voi olla jopa 40 %. Tohkala mainitsee artikkelissaan /3/ puuhäviöiden olevan jossain tilanteissa jopa 10 % perinteisellä rummulla. Edelleen Tohkala kertoo perinteisen tyyppisen rummun vikaherkkyuden olevan korkealla tasolla sekä hakkeen laadun olevan huonoa ja epätasaista.



Impulssi uudenlaisen rummun kehittämiseen syntyi, kun artikkelin /3/ kirjoittaja pääsi seuraamaan eucalyptuksen kuoriutumista rummun sisällä. Seurantakohta oli noin 10 m rummun alkupäästä rummun kokonaispituuden ollessa 35 m. Seurannassa huomattiin, että puut olivat pääosin kuoriutuneet jo ensimmäisen 10 metrin matkalla, jolloin puiden rummutus lopun matkaa olisi turhaa. Tämän havainnon pohjalta Metso Paper Oy päätti aloittaa laajat tutkimukset koskien puun kuorintaa. Tutkimuksista seurasi, että päätettiin kehittää uusi kuorintajärjestelmä, GentleBarking.

Rakenteeltaan GentleBarking-rumpu on lyhyempi kuin perinteinen kuorimarumpu. GentleBarking-rummussa ei ole kuorirakoja ja näin ollen kuorikuljetinta rummun alla ei tarvita. Kuori erotetaan puuvirrasta rummun jälkeisellä kuorenerotusrullastolla.

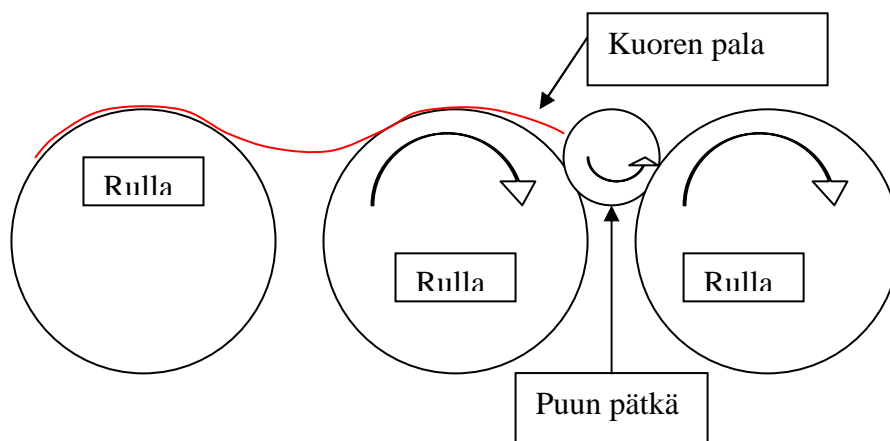
## 4 IDEAN KEHITTELY

### 4.1 Tausta

GentleBarking-rummulla kuorenerotus tapahtuu siis rummun jälkeisellä kuorenerotusrullastolla. Suomalaiset puulajit, kuten mänty, kuusi ja koivu erottuvat hyvin /2, s. 91/. Ongelmia tuottavat ulkolaiset puulajit, kuten akasia ja eucalyptus, joiden kuori on suomalaisiin puulajeihin nähden pitkää /4, s.3/, /5, s.3/. Pitkät kuoret eivät putoa rullaston läpi vaan kulkevat pitkittäin rullien päällä puuvirran mukana.

Kuten edellä on todettu, puut katkeilevat rummussa pyöriessään. Nämä katkeilevat puut voivat olla pituudeltaan lyhyempiä kuin rummun jälkeisen kuorenerotusrullaston leveys. Näin ollen nämä puun pätkät, kulkiessaan puuvirrassa, voivat asettua kahden kuorenerotusrullaston rullan väliin ja jäädä siihen pyörimään pitkäksikin ajaksi (kuva 7). Jotta tämä tapahtuisi, täytyy puun

pätkän halkaisijan toteuttaa tietty ehto: Jos se on halkaisijaltaan pienempi kuin rullaston rullien väli putoaa se rullaston läpi. Jos taas puun pätkä on halkaisijaltaan riittävän suuri, työntää puuvirta sen pois rullien välistä. Halkaisijaltaan näiden kahden halkaisijan välille asettuvat puun pätkät voivat jäädä rullien väliin pyörimään. Tällaista ilmiötä, jossa puun pätkä jää kahden rullan väliin pyörimään, kutsutaan ”pöllinpätkä”-ilmiöksi.



Kuva 7. ”Pöllinpätkä”-ilmiö.

Tällaisten rullien väliin jäävien puun pätkien on todettu erottavan pitkiä kuoren-paloja puuvirrasta tehokkaasti (Liite 1). Tämä tapahtuu, kun pitkä kuoren pala kulkeutuu päin kahden rullan välissä pyörivää puun pätkää ja taittuu törmätessään alas rullien väliin. Puun pätkän alaspäin taittava vaikutus johtuu sen vastakkaisesta pyörimissuunnasta rulliin nähden, jolloin puun pätkän kehäpinnan liikesuunta on alaspäin, kuoren palan ja puun pätkän kehäpinnan kohtauspisteessä.

#### 4.2 Kuorenerotusrullan luonnostelu

Luonnosteluvaiheessa pyritään löytämään periaateratkaisu, jolla pystytään toteuttamaan edellä mainittu ”pöllinpätkä-ilmiö” teollisesti. Liitteessä 1 kuvataan

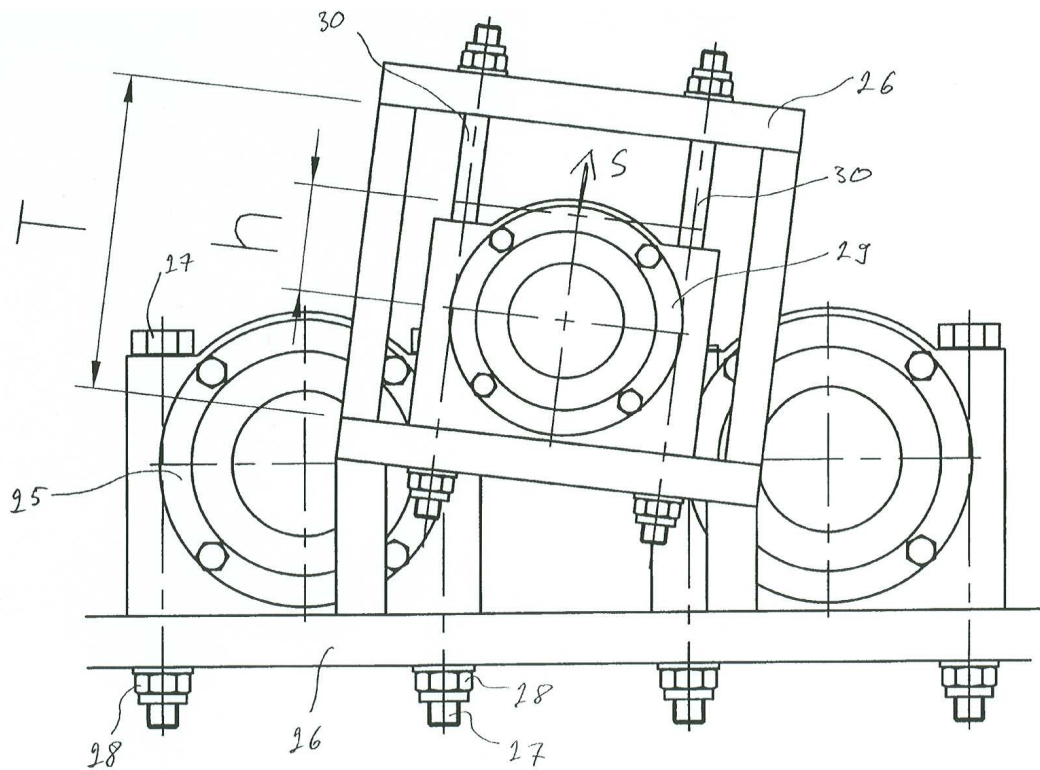
eri ratkaisuvaihtoehtoja ja niiden toimintaa. Perusperiaate eri ratkaisuvaihtoehtoisissa on liikkuva, rullaston muita rullia halkaisijaltaan pienempi kuorenerotusrulla, joka on sijoitettu rullastolle kahden rullan väliin. Ratkaisuvaihtoehtoista valitaan sopivin tai sopivin yhdistelmä ja tehdään sen pohjalta suunnitelmat ja rakennetaan prototyyppi. Periaateratkaisut ovat:

- Kuorenerotusrullan liikkuu joko lineaarisesti tai kaariliikkeellä.
- Kuorenerotusrullaa edeltävän rulla on suurempi halkaisijaltaan rullaston muihin rulliin verrattuna.
- Kuorenerotusrulla pyörii omalla käytöllä tai edelliseen rullaan osumisesta syntyvän kitkan ansiosta.

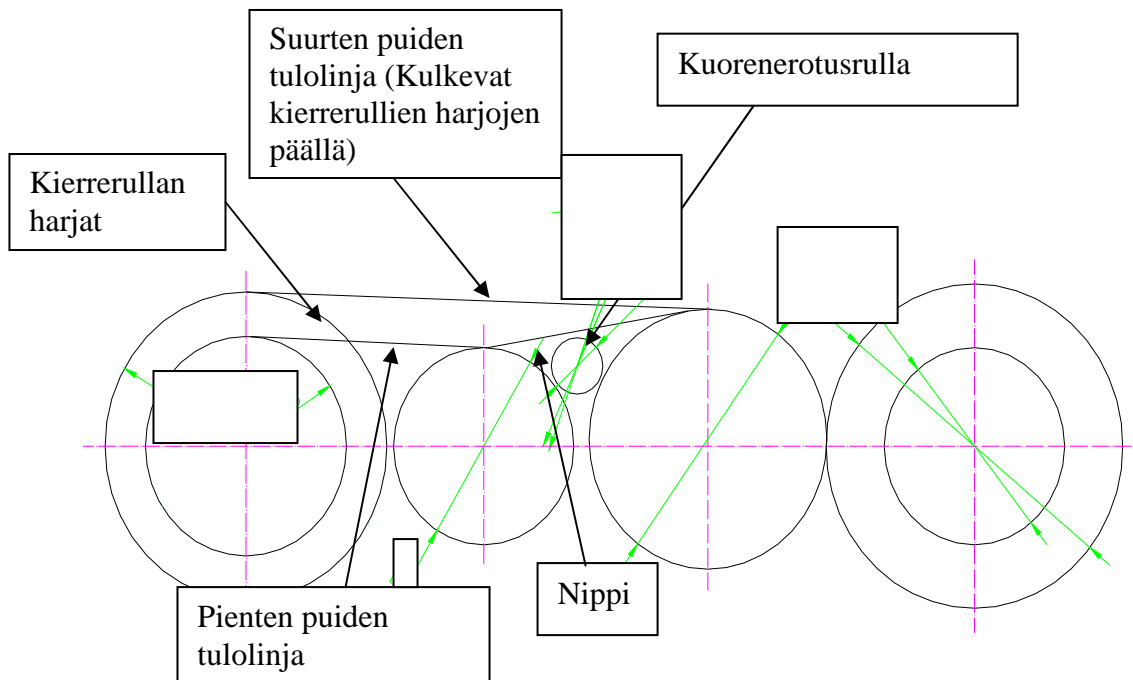
Toteutettava ratkaisu voi olla jokin edellä mainittujen yhdistelmä.

#### 4.3.1 Lineaarisesti liikkuva kuorenerotusrulla

Nippi säätyy kuorien määrän mukaan. Nipillä tarkoitetaan kuorenerotusrullan ja sitä edellisen rullan välistä rakoa. Kuorenerotusrullan paikkaa ja edellistä rullaa vasten kohdistuvaa voimaa voidaan säätää. Voima voidaan tuottaa mekaanisesti jousella, painovoimaa hyväksi käyttäen, pneumaattisesti tai hydraulisesti. Rulla voi liikkua johteita pitkin, kuva 8. Ratkaisu ei vaimenna iskuja, jotka syntyvät puiden törmäämisestä kuorenerotusrullaan. Kuvassa 9 on esitetty yksi vaihtoehto lineaarisesti liikkuvasta rullasta. Cad-kuvista on mitat peitetty.



Kuva 8. Linearisesti liikkuva kuorenerotusrulla.

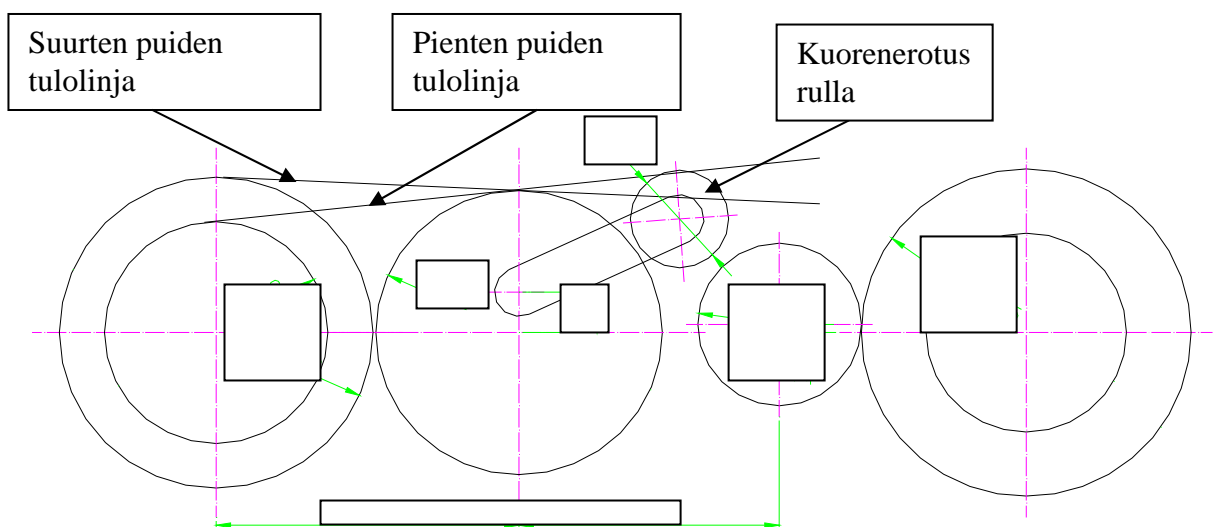


Kuva 9. Sivukuvanto kuorenerotusrulla -moduulista.

Kuorenerotusrulla tulisi laakeroida keinumaan poikittaisakselinsa ympäri, jolloin vältettäisiin epäsymmetrisen kuorman (suuri kuorimäärä vain kuorenerotusrullan toisessa päässä) aiheuttamilta ongelmilta. Tällöin johteiden tulisi päästä keinumaan rullaston pitkittäisakselin ympäri tai kuorenerotusrullan laakeroinnin liikkumaan kuorenerotusrullan pitkittäisakselin suuntaisesti. Mikäli kumpikaan viimeisistä ei toteudu, rakenne on liian jäykkä.

#### 4.3.2 Ympyrän kaarta pitkin liikkuva kuorenerotusrulla

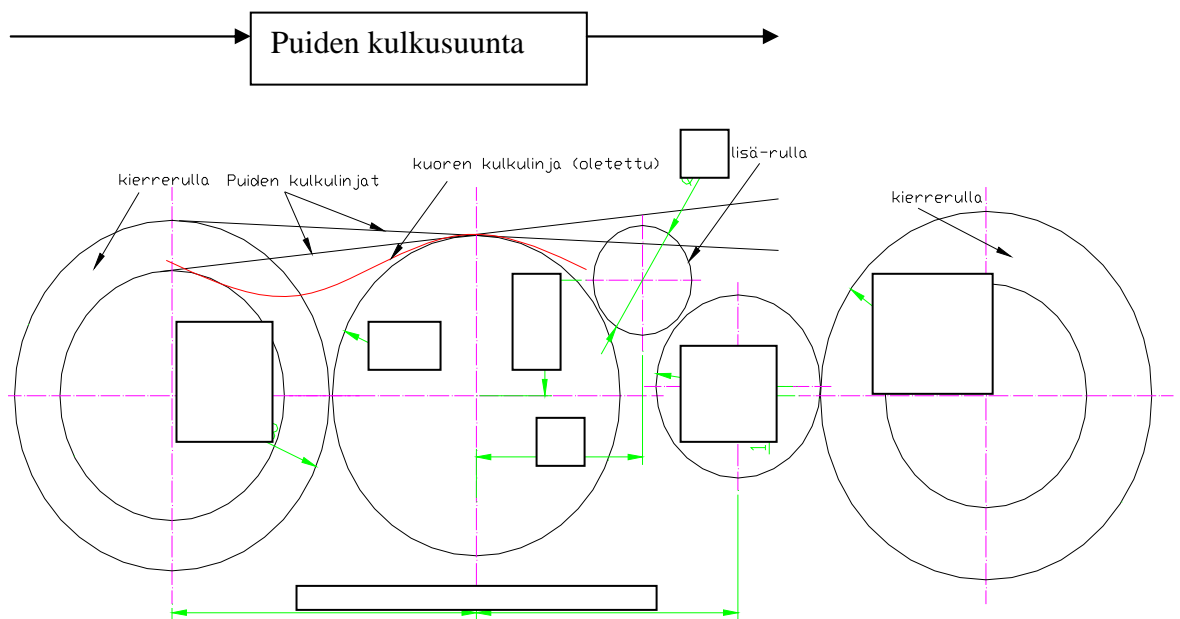
Ympyrän kaarta pitkin liikkuva kuorenerotusrulla on puuvirralle myötävämpi ratkaisu. Suurten puiden iskut suuntautuvat vaimennettuun kiertoliikkeeseen, mikä on rullan rakenteen kestävyuden kannalta hyväksi. Vaimennus voidaan toteuttaa kierrejousella tai kumijousilla ja vaimennus tulisi toteuttaa kumpaankin kiertosuuntaan. Kuorenerotusrullan kiertyminen oman poikittaisakselinsa ympäri on helpommin toteutettavissa kuin lineaarisesti liikkuvassa ratkaisussa. Ratkaisussa helppo toteuttaa iskun vaimennus kaikkiin suuntiin. Kuvassa 10 näkyy kuinka nippi pienenee rullan painuessa alaspäin. Kiertymäpisteen asettelua muuttamalla voidaan nipin suuruuden ja kiertymäkulman funktiota muuttaa. Myös muiden rullien korkeusasemaa mahdollista muuttaa. Kuvassa 10 on edellisen rullan halkaisijaa suurennettu rullaston muihin rulliin nähden, ratkaisuvaihtoehtoa esitelty seuraavassa.



Kuva 10. Ympyrän kaarta pitkin liikkuva kuorenerotusrulla

#### 4.3.3 Edeltävä rulla halkaisijaltaan suurempi kuin rullaston muut rullat

Jätettäessä edeltävä rulla samaan korkeusasemaan muiden rullien kanssa, saavutetaan puuta nostava vaikutus. Tästä seuraa se, että puiden ja kuorenerotusrullan kohtaamiskulma on törmäyksessä loivempi ja törmäysvoima näin pienempi. Suuremmat puut, jotka kulkevat edellisten kierrerrullien harjojen päällä, osuvat lisä-rullaan. Kuvassa 11 alaviistoon kulkeva puiden kulkulinja tarkoittaa suuria puuta, jotka kulkevat edeltävien kierrerrullien harjojen päällä. Vastaavasti yläviistoon kulkeva kulkulinja tarkoittaa pieniä puuta, jotka kulkevat pääasiassa kierrerrullien kierteiden välissä.



Kuva 11. Halkaisijaltaan suurempi edeltävä rulla.

Kuorenerotusrullan jälkeistä rullaa täytyy pienentää, jotta kuorenerotusrulla-moduuli sopisi rullaston normaalijakoon.

- Edeltävän rullan suurempi halkaisija lisää vastusta pienille puille, näiden joutuessa nousemaan rullaston normaalitasoa korkeammalle. Edeltävän

rullan tulisi olla kuvioitu karkeasti jotta lisääntynyt vastus ei hidastaisi puuvirtaa.

- Kuorenerotusrullan on sileä jolloin se ei vastusta puuvirtaa mutta taittaa kuoret silti nippiin.

#### 4.3.4 Kuorenerotusrullan pyörintäliikkeen tuottaminen

Kuorenerotusrullan pyörintä omalla käytöllä.

Mikäli puuvirta kulkiessaan pääsee painamaan kuorenerotusrullaa, voi tämän pyörintä hidastua tai vaihtaa suuntaansa. Tällöin kuorenerotus ei enää tapahdu toivotulla tavalla. Kuorenerotusrullan pyörintä kaikissa tilanteissa oikeaan suuntaan voidaan varmistaa omalla käytöllä. Sähkökäyttö vaihteistolla ja taajuusmuuttajalla tässä kohtaa sopivin ratkaisu.

Kuorenerotusrullan pyörintä edelliseen rullaan osumisesta syntyvän kitkan ansiosta.

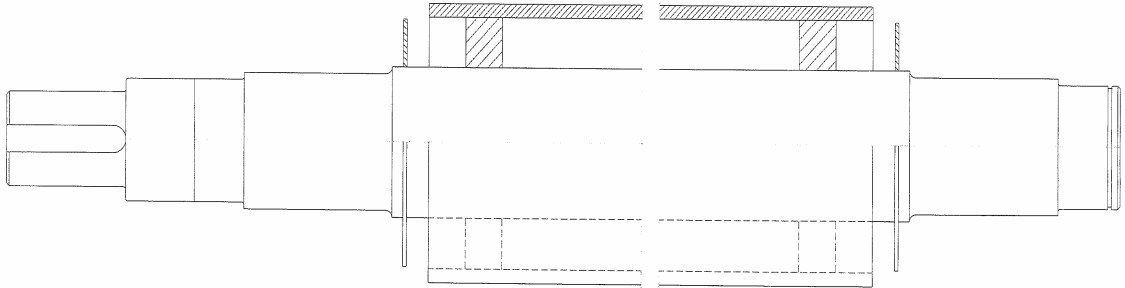
Ratkaisuvaihtoehto hyvä yksinkertaisuutensa vuoksi. Edellisen rullan kuvioinnin vuoksi tehtävä kuviointiin sileät kohdat johon lisärulla voi nojata.

### 4.4 Suunnittelu

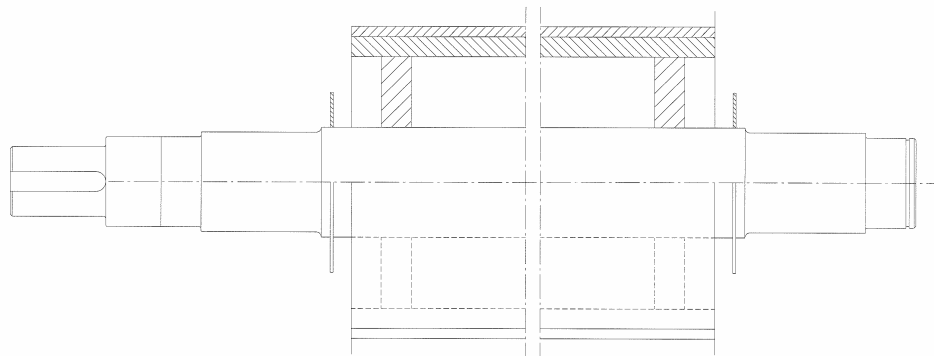
#### 4.4.1 Rullat

Rullat valmistetaan Metso Paper Oy:n suunnitteluohjeiden mukaisesti käyttäen apuna vanhojen rullien piirustuksia. Rullien ulkopintaa ei tarvitse sorvata ja siksi rullien halkaisijat ovat yhteneviä ainesputkien standardikokojen kanssa. Rullan putkiosan kummallakin puolella olevat kaulukset rajoittavat epäpuhtauksien

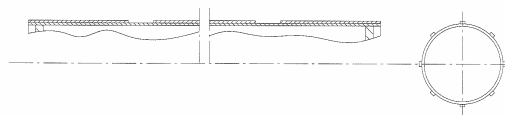
joutumista laakerointiin. Kuorenerotusrullaa edeltävään rullaan hitsataan ripoja, riittävän puiden kuljetuskyvyn saavuttamiseksi. Rivat valmistetaan Hardox 400-kulutusteräksestä. Muu materiaali rullissa on S355J0-rakenneterästä.



Kuva 12. Sileä rulla.



Rivoitus (1 : 6,25)



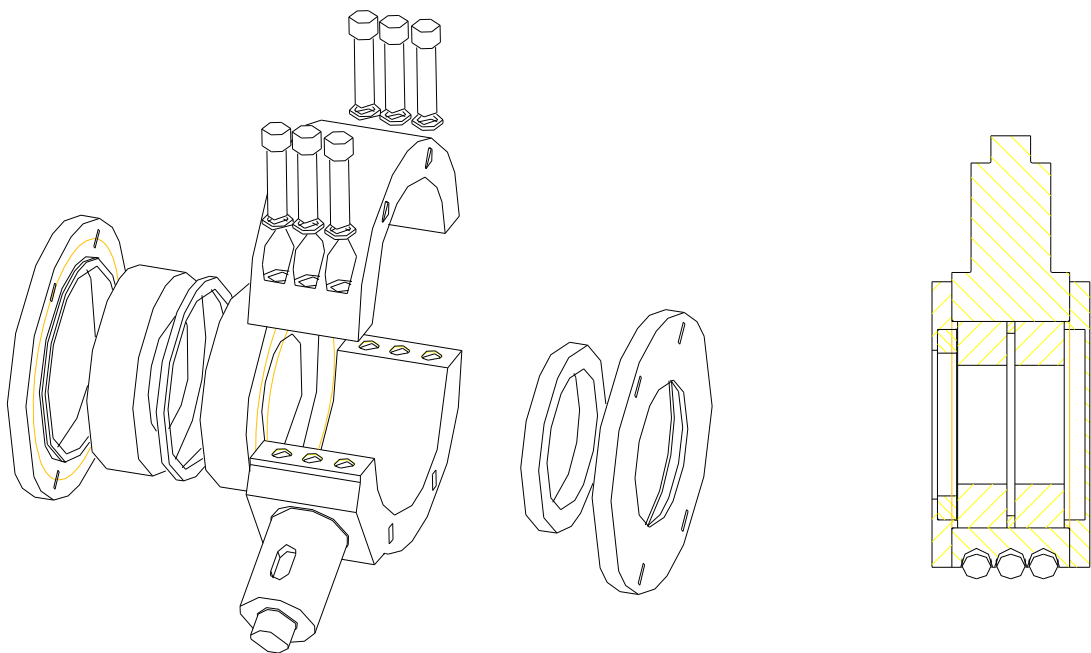
Kuva 13. Riparulla.

#### 4.4.2 Laakerointi

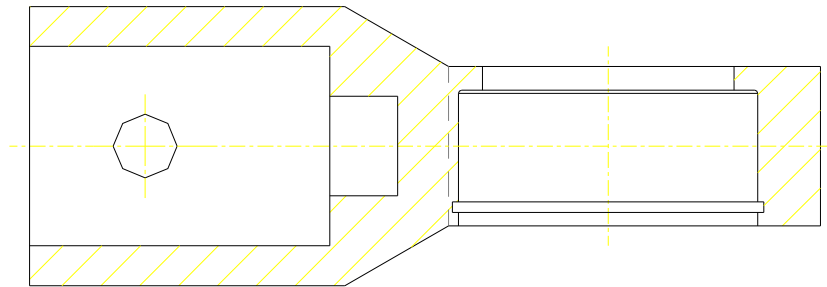
Laakeroinnissa noudatetaan Metso Paper Oy:n käytäntöä. Laakerointi suunnitellaan pitkälti vanhojen piirustusten pohjalta kiinteiden rullien kohdalla. Laakereina käytetään pallomaisia rullalaakereita, kiinteissä rullissa niitä on yksi kummassakin päässä ja lisärullassa kaksi. Kahdella laakerilla saavutetaan riittävä jäykkyys, jotta taipumat eivät kuormittaisi laakereita vaan laakeripesä liikkuisi



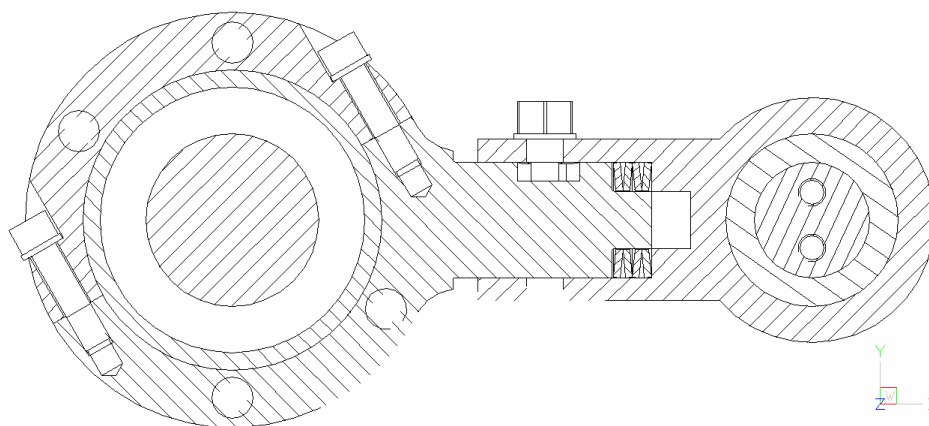
suunnitellusti. Laakeripesän varsi menee johdeputken sisälle ja pääsee siten kiertymään. Samalla johdeputki toimii laakeripesän aksiaaliliikkeen johteena. Puiden törmäyksistä johtuvat iskut vaimennetaan lautasjousipaketilla. Laakeripesän liike ulospäin rajoitetaan pidätinruuvilla, joka lukitaan mutterilla. Puiden törmäämisestä aiheutuvien voimien suunta ja suuruus on erittäin vaikeasti määritettävissä ja tämän vuoksi laakeripesän liikkeen määrä ja suunta sekä vaimennuksen suuruus arvioidaan. Johdeputken toinen pää laakeroidaan pronssisella pallonivellaakerilla (kuva 17). Laakeripesän tiivistyksessä käytetään sekä stefanirengas- että sokkelorengastiivistimiä.



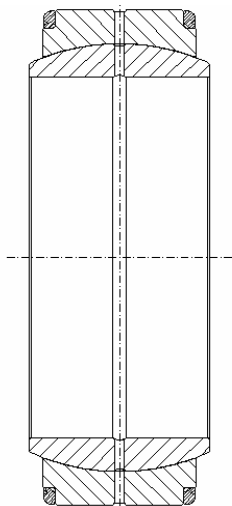
Kuva 14. Lisärullan laakerointi. Vasemmalla räjäytyskuva ja oikealla leikattu kokoonpanokuva yläpuolelta.



Kuva 15. Johdeputki



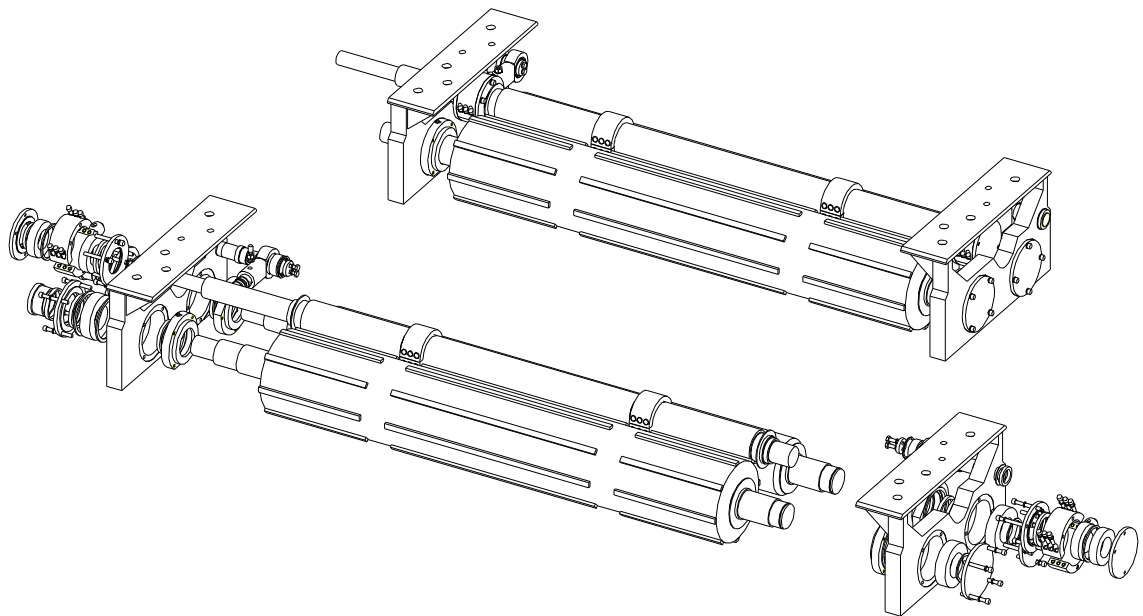
Kuva 16. Leikattu sivukuva lisärullan laakeroinnista.



Kuva 17. Leikkauskuva pronssisesta pallonivellaakerista.

#### 4.4.3 Runko

Lisärullamoduuli suunnitellaan jo valmiina olevaan rullastoon. Rullastolla on paikka kuorenerotusrulla-moduulille ja tämä muodostaa pohjan rungon suunnittelulle. Lisärullamoduulia testataan jo käytössä olevalla linjalla, joten sen täytyy olla helposti asennettavissa ja purettavissa. Runkoon kuuluu kaksi poskea, jotka toimivat samalla kiinteiden rullien laakeripesinä. Myös johdeputket kiinnittyvät poskiin akselien välityksellä.



Kuva 18. Yllä kokoonpanokuva, alla räjäytyskuva.

## 5 KOEKÄYTTÖ

Koekäyttö toteutettiin Metsä-Botnian Kaskisten tehtaalla, jonne oli juuri rakennettu uusi kuorintalinja. Koekäytöllä oli tarkoitus selvittää kuorenerotusrullan kyky erottaa kuorta puuvirrasta sekä laitteen yleinen toimivuus rullastolla. Rullaa koejettiin ensin ilman omaa käyttöä.

Kuorenerotusrullaston rullien väliä oli kasvatettu, jotta kuoret erottuisivat paremmin. Kyseisellä linjalla ajettiin sekä koivua että haapaa. Koeajossa puu oli koivua. Koivu oli jo melko kuivaa ja kuori irtosi siitä pieninä kerälle taipuneina tuohina, jotka erottuivat puuvirrasta jo ensimetreillä puiden tullessa ulos kuorimarummusta. Kuoret eivät siis ehtineet edes kuorenerotusrullalle asti. Näin ollen kuorenerotusrullaa ei tarvittaisi ollenkaan tämän kaltaisilla kuorilla. Ongelmallisempia ovat kuitenkin pitkät, puuvirran mukana kulkevat kuoret, joita varten kuorenerotusrulla on kehitetty. Tällaisten kuorien erotuskykyä testattiin heittämällä rullastolle pitkiä haavan kuoria, rullaston ollessa käynnissä. Niitä kuorenerotusrulla erotti tehokkaasti, kuten oli ajateltu. Yksikään pitkistä kuorista ei päässyt kuorenerotusrullan ohi.

Ratkaisuvaihtoehtoja arvioitaessa, liite 3, todettiin yhtenä mahdollisena ongelmana pienten rummussa katkenneiden puiden kiilautuminen kuorenerotusrullan ja sitä edeltävän rullan väliin. Koeajossa tämä ongelma syntyi jo muutaman minuutin kuluttua ajon alkamisesta. Ensin katkennut päästään kiilamainen puu kiilautui kuorenerotusrullan ja sitä edeltävän rullan väliin. Tämä puu oli halkaisijaltaan niin suuri, että kuorenerotusrullan joustokyky ylöspäin ei riittänyt, jotta puu olisi päässyt tippumaan läpi rullaston. Tämän jälkeen kiilautunut puu pysäytti eteensä toisen katkenneen puun, puiden kulkusuuntaan nähden poikittain ja tämän jälkeen poikittaisen puun eteen alkoi kasautua puukasa. Puukasa kasvoi hyvin nopeasti kuorimarummulle asti jolloin linja täytyi pysäyttää, jotta laitteet eivät olisi rikkoutuneet. Tähän meni aikaa noin 5 min siitä, kun puita oli alkanut tippua rummusta rullastolle.

Liitteessä 2 mainittiin yhtenä ongelmana myös suurten puiden törmäminen kuorenerotusrullaan. Tätä tapahtui koko sen ajan, kun linjaa voitiin käyttää. Voiman suuruutta on vaikea arvioida mutta sitä on pyritty laskemaan tietyn oletusarvoin, energia-periaatteen kautta. Myöskään kuorenerotusrullaa edeltävä rulla ei kaikissa tilanteissa pystynyt siirtämään puita riittävän tehokkaasti kuorenerotusrullan yli.

## 6 TULOSTEN POHDINTA

Koekäytön perusteella kuorenerotusrulla toimi hyvin pitkien kuorien erottamisessa, mikä todistaa idean toimivan. Rullaa ei voitu kuitenkaan testata tarpeeksi, koska koko linjan koekäyttö oli myöhässä ja sitä ei olisi voinut tehdä kuorenerotusrullan ollessa paikallaan tämän ruuhkauttamistaipumuksen vuoksi. Kuorenerotusrullaan oli rakennettu mahdollisuus tehdä tiettyjä muutoksia helposti, kuten nipin suuruuden muuttaminen erikokoisten kannatuskiekkojen avulla. Erilaisilla muutoksilla olisi vaikutettu rullan ominaisuuksiin ja saatu lisätietoa rullan käyttäytymisestä. Edelleen suurempienkin muutosten tekeminen olisi ollut mahdollista, jos aikaa olisi ollut enemmän. Tällä oltaisiin voitu lisätä vielä eri vaihtoehtoja rullan käyttäytymiseen.

Koekäytön tulosten perusteella kuorenerotusrullaan täytyy tehdä suuria muutoksia juuri puiden kiilautumisen ja törmäämisen vuoksi. Puiden kiilautuminen aiheuttaa esteen kunnolliselle koeajolle ruuhkan nopean syntymisen vuoksi. Puiden törmäykset aiheuttivat niin suuria iskuja, että rullalle ei voi luvata kovin pitkää käyttöikää. Törmääminen aiheutui siitä, että rulla oli asetettu liian korkealle pyrittäessä mahdollisimman hyvään kuorenerotukseen. Puita olisi täytynyt joko ohjata paremmin rulla yli tai sitten rulla olisi pitänyt olla alempana ja siten enemmän edeltävän rullan suojassa. Puiden kiilautuminen täytyisi saada estettyä tai puiden täytyisi päästä putoamaan rullaston läpi. Viimeksi mainittu kuitenkin lisäisi puuhäviöitä eikä siten ole hyvä vaihtoehto.

Kuorenerotusrullaan oli myös rakennettu mahdollisuus pyörittää sitä omalla käytöllä. Tätäkään ei kuitenkaan ehditty kokeilla kiireen vuoksi.

## 7 YHTEENVETO

Suunnitteluprosessi käynnistyi tutustumisesta Varkauden sellutehtaan kuorimoon, missä puiden käyttäytymistä rullastolla sekä ”pöllinpätkä”-ilmiötä kuvattiin. Tämän jälkeen tutustuttiin rullaston piirustuksiin, joista kävi ilmi mittasuhteet sekä kuorenerotusrullalle varattu paikka. Näiden pohjalta lähdettiin ideoimaan eri ratkaisuvaihtoehtoja. Ideoinnissa käytettiin apuna kuorenerotusrullan patenttihakemusta, liite 1. Ideointi tapahtui osaksi kummallakin tuotekehitysmetodilla, joita on aikaisemmin tässä työssä käsitelty, kuitenkin enemmän intuitiivisella metodilla. Luonnostelu ja ideointi tapahtuivat osittain samaan aikaan ja kun jokin osa oli ideoitu ja luonnosteltu, alettiin sitä myös suunnittelemaan. Ideointia ja luonnostelua tapahtui vielä laitteen suunnittelun loppuosalla. Suunnittelu tapahtui 3D-järjestelmällä, jolloin eri osien liikkeet oli helppo simuloida. Piirustusten teko 3D-mallin pohjalta oli myös helppoa. Kun piirustukset saatiin valmiiksi, lähetettiin ne valmistuksen toteuttavalle alihankkijalle joka toteutti laitteen piirustusten perusteella.

Suunnitteluprosessi eteni hyvin, joskin joitain ongelmia ilmeni. Laitte oli luonteeltaan prototyyppi, jolloin monet yksityiskohdat tuli yrittää kehittää ajatuksissaan niin pitkälle kuin mahdollista ilman selvää tietoa asiasta. Tämä aiheutti ongelmia ratkaisuvaihtoehtojen päättämisessä ja loi painetta suunnitteluun. Metso Paper Oy:n toive oli, että osien suunnittelussa käytetään mahdollisimman paljon suunnitteluohjeita tai kopioita vanhoista osista. Tämä johti siihen, että työtä täytyi siirtää tekemään Metso Paper Oy:n tiloihin, jolloin kaikki dokumentit olivat lähellä. Suunnittelun aikana kirjallisen dokumentaation teko jäi ja myöhemmin sen tekeminen oli työlästä. Laitteesta tuli kuitenkin toimiva konstruktio ja sillä pystyttiin testaamaan ”pöllinpätkä”-ilmiön toimivuutta teollisesti rakennetulla laitteella.

## LÄHTEET

/1/ Välimaa, Veikko ym. TUOTEKEHITYS asiakastarpeesta tuotteeksi. Helsinki: Painatuskeskus Oy, 1994. s. 174

/2/ Niiranen, M. Tutkimus kuorimarummun prosessiteknisestä mitoituksesta. Espoo: Veitsiluoto Oy, 1985. s. 139

/3/ Tohkala, A. 2003. GentleBarking – a log debarking method for higher yield. Fiber&Paper. Nro. 3. s. 12-14

/4/ Koskinen, R. Kokemuksia eucalyptuksen kuorinnasta. Pori: Rauma-Repola, 1983. s. 4

/5/ Jonkka, A. Sumalindon käyntiraportti. Sumalindo: Sunds defibrator, 1997. s. 6

/6/ Tuomaala, J. Luova koneensuunnittelu. Jyväskylä: Tammertekniikka ky, 1995. s. 285

## LIITTEET

1. Patentihakemus: Kuorenerotus rulla
2. Toiminta-analyysi
3. Ratkaisuvaihtoehtojen ideointi



## KUORENERECTUS RULLA

Tämä keksintö koskee menetelmää ja laitetta irtonaisen kuoren erottamiseksi puusta ja kuorta sisältävästä virrasta.

Sellu- ja paperiteollisuudessa puut kuoritaan ennen nakesusta ja sitä seuraavia kuidun valmistusprosesseja. Valmistettavasta sellu- tai paperilaadusta riippuen kuori tulee poistaa puusta tyvinkin tarkkaan. Normaalisti kuorinta suoritetaan siihen tarkoitettuun kuorimarummiin. Kuorimarummit on yleensä varustettu kuoriaukoilla, joiden kautta useimmat puulajit irronneet kuorenkappaleet poistuvat puuvirrasta. Puulajista ja vuodenaikasta riippuen kuoren poistuminen kuoriaukkojen kautta vaihtelee. Osa kuoresta tulee puiden mukana ulos rummun purkaus päästä. Erityisesti monet trooppiset puulajit kuten akasia ja tietyt eukalyptuslajit ovat runpukuorinnassa ongelmallisia, sillä niille ominaiset pitkät kuoret poistuvat huomasti rummun kuoriaukoista ja kulkeutuvat puiden mukana hakun syöttölinjalle.

Tunneltu on myös menetelmä, jossa kuoret erotellaan puuvirrasta kokonaisuudessaan vasta rummun jälkeisellä rullastolla. Menetelmä on kuvattu patenttijulkaisussa WO93/106125. Menetelmän kuorintarumpu on ympyräinen kuoriaukkojen puutuossa kokonaan. Tällöin rullaston erotuskyvyn tehokkuus on erityisen tärkeää.

Kuoren tehokas poistaminen puuvirrasta ilman, että samalla poistetaan katkenneita tai muuten pienempikokoisia puunkappaleita on osoittautunut vaikeaksi tehtäväksi. Kuoren mukana kulkeutuvat puun kappaleet ovat poissa pääprosessista, jolloin syntyy puuhäviöitä. Kuoren mukana yleensä poltettavan puun polttoarvo on huomattavasti pienempi kuin sen arvo kuituina sellun tai paperin valmistuksessa. Kuorittavasta puusta, rummun koosta ja rullastosta riippuen puuhäviöt ovat yleensä 1-5 prosenttia. Sillä on merkittävä rahallinen arvo tyypillisesti 1 milj. k-m<sup>3</sup> puuta vuodessa kuorivalle tehtaalle.

Menetelmiä rullaston tehokkuuden kehittämiseksi on esitelty mm. patentti julkaisuissa WO9936662 ja FI76511.

Tämän keksinnön mukainen menetelmä poistaa kuorta tehokkaasti rullastoilta ostaan kuitenkin pienempien puunkappaleiden erottuista puuvirrasta. Menetelmällä on ominaista kiinnittää yksittäinen rulla rullaston runkoon joustavasti, jolloin nousevan rullan asema suhteessa sitä edeltävään rullaan muuttuu rullien välissä olevan kuorikerroksen paksuuden mukaan.

Keksintöä ja sen yksityiskohtia selostetaan lähemmin seuraavassa viitaten ohjeisiin piirustuksiin, joissa

kuvio 1 esittää tyypillistä kuorintalinjaa,

kuvio 2 esittää keksinnön mukaista kuoren erotus rullaa,

kuvio 3 esittää keksinnön mukaista rullaa kuorenerottajana,

kuvio 4 esittää rullan mahdollista liikesuuntaa,

kuvio 5 esittää rullien kiinnitystä,

kuvio 6 esittää rullan liikkeen rajoitinta ja

kuvio 7 esittää erästä sovellusta.

Kuviossa 1 on esitetty tyypillinen puun kuorintalinja. Puut 1 kuorilaan jatkuvatoimisesti pyöriivässä rummussa 2, jossa puiden keskimmäiset hankauksen vaikutuksesta kuoret 3 irtoavat puista ja pääosin putoavat kuoriaukkoista 4 kuorikuljettimelle 5. Kuoritutuneet puut 6 etenevät rummun portin 7 kautta rummun purkauskuljettimelle 8, jonne kuorittavasta puusta riippuen osa kuorostakin kulkeutuu. Rummun purkauskuljettimen 8 jälkeen on rullasto 9, joilla pyritään erottamaan loput puuvirran mukana kulkevasta kuoresta. Rullastolta 9 kuoret 3 putoavat rullien välisistä aukoista 10 kuorikuljettimelle 5. Rullasto saattaa sisältää erityyppisiä rullia ja rullayhdistelmiä, joilla kuoren erotusta pyritään tehostamaan. Käytetään mm. pinnaltaan sileitä rullia sekä erilaisilla ulokkoilla kuten piikeillä, rivoilla tai ruuvimaisilla silvillä varustettuja rullia. Rullien välit voivat myös vaihdella. Esimerkiksi kiemorrullan väli edeltävään ja seuraavaan rullaan nähden on tyypillisesti normaalia suurempi.

Kun kuorintarummussa ei ole kuoriaukkoja, alkaa rullasto heti rummun jälkeen ja on pitempi, sillä kuorenerotuksen vaatimukset ovat suuremmat.

Rullastoa tarkoituksena on poistaa kuoret puuvirrasta rullien välissä olevien aukkojen kautta. Suurentamalla aukkojen kokoa voidaan kuoren erottamista tehostaa mutta samalla pienemmät puunkappaleet putoavat kuoron mukana. Täten on helposi ymmärrettävissä, että odollä mainittu toiminta ei voi olla paras mahdollinen kaikissa olosuhteissa. Tästä joutuen on kehitelty keksintö rullastojärjestelmään, joka läpäisee kuoret mutta ei puun palasia.

Kuviossa 2 keksinnön mukainen sileäpintainen ja ruuila rulla pienikokoisempi rulla 15 on lisäosana perinteiseen rullastoon. Keksinnön mukainen rulla 15 nousee sen ja sitä edeltävän rullan 16 väliseen nippiin 17 kulkoutuvan ohuen kuoren vaikutuksesta. Kuviossa 2 rulla 15 on aia-asennossa, jolloin pöllit 6 ja perikokoiset puun kappaleet 18 kulkevat rullan yllise. Puun kappaleet 18 ovat jäykkiä ja kuorta mittavampia, jolloin ne päässäntöisesti eivät joudu nousevan 15 ja sitä edeltävän rullan 16 väliseen nippiin 17. Puun kappale 18 törmää sileäpintaisen rullan yläosaan 19 ja edeltävien rullien 16, 20 kappaleelle 18 antama voima työntää sen rullan 15 ylitse. Siloan rullan 15 puihin kohdistama siirtovoima on vähäinen vaikka pyörimissuunta on vastakkainen. Sitä vastoin edeltävien rpa- tai pikk rullien 16, 20 materiaalia eteen päin siirtävä voima on huomattavasti suurempi. Rullien pyörimissuunnat on esitetty nuolilla. Nousevan rullan 15 kunkin olosuhteisiin paras korkeusasema haetaan koekäyttäjien perusteella.

Kuviossa 3 nähdään kuoren 21 käyttäytyminen rullastolla. Rakenteeltaan pehmeä kuori kulkee rullastolla rullien muotoa mukailien. Täten kuoren edellä kulkeva osa 22 joutuu rullien 15, 16 väliseen nippiin 17. Kuori 21 työntää odottävän rullan 18 pyörimisen vaikutuksesta ylöspäin liikkuvaa rullaa 15 siten, että rullien 15, 16 välinen välys  $V$  kasvaa ja koko kuori mahtuu rullien välistä. Kuviossa 3 nouseva rulla 15 on siirtynyt asemasta 15' kontisuoraan ylös päin asemaan 15".

Kuviossa 4 on esitetty nousevan rullan 15 ohjattu liikesuunta  $S$  ja matka  $h$ , jonka rulla voi siirtyä.  $S$ :n poikkeama kulmaa pystysuorasta suunnasta on kuvattu kulmalla  $\alpha$ . Kulman  $\alpha$  maksimisuuruuden rajoittaa se, ettei välys  $Y$

seuraavaan rullaan 24 näiden piensene rullan 15 iikkuessa suuntaan S.  
Kuvion 4 konstruktioilla liikesuunnan S kulma  $\alpha$  on edullisimmin 20-25 astetta.

Nousevan rullan 15 halkaisija suhteessa edeltävään rullaan 10 voi olla  $\frac{1}{4} - \frac{2}{3}$ . Oikeellista on ottaa nousevan rullan yläreuna perusasennossa 15' ole liran paljon edeltävän rullan 16 yläreunan yläpuolella, ellei se 15 muodosta astetta rullastolla kulkeville puille.

Kuviossa 5 on kuvattu rullien kiinnitystä. Nousevaa rullaa 15 edeltävän rullan 16, samoin kuin muiden rullien, laakeripesä 25 on kiinnitetty kuljettimen runkoon 26 pulteilla 27 ja muttereilla 28. Samanlainen kiinnitys laakereille on myös toisella puolen kuljetinta. Toisella puolen kuljetinta rullat on myös yhdistetty toisiinsa ketjupyörillä ja kotjulla. Nousevan rullan laakeripesä 29 on molemmin puolin kuljetinta kiinnitetty kahteen johteeseen 30. Johteet 30 on kiinnitetty kuljettimen runkoon 26. Laakeripesä 29 hikkuu johteita 30 pitkin suuntaan S. Johteiden pituus T rajoittaa rullan 15 nousuliikkeen pituudeksi h. Kuvion 5 konstruktiossa  $\alpha$  on suurempi kuin nolla. Rullan 15 nousua välillä h rajoittaa vain rullan oma painovoima. Kahden johteen asemasta voidaan käyttää myös yksi johdetta.

Kuviossa 6 on esitetty vaihtoehtoinen monoteelmä, jossa nousevan rullan liikealuetta h perusasennosta ylöspäin vastustetaan jousivoimalla. Jouset 31 on sijoitettu johteisiin 30. Vastaava vastavoima voidaan muodostaa pneumaattisella tai hydraulisella sylinterillä. Myös painovoiman lisääminen rullaan tai rullan päihin on mahdollista. Rajoittimen tyyppi ja vastustava voima valitaan puu ja kuoritaadun mukaan. Säädettävä vastavoima on tarpeen rullastoilla, joissa ajetaan eri puulajeja tai puun laatu vaihtelee vuodenaajan mukaan.

Nouseva rulla voidaan vaihtoehtoisesti kiinnittää nivolarvan päihin, jolloin nousevasta liikkeestä tulee kaareva.

Nouseva rulla voi olla vapaasti pyörivä, jolloin pyörimisliike syntyy edeltävän ja jälkeisen rullan aiheuttamasta kitkasta. Rullalla voi olla myös oma käyttö,

jolloin pyörimisnopeus ja suunta on vapaasti valittavissa olosuhteiden mukaan.

Kuviossa 7 on esitetty keksinnön mukainen nouseva rulla 15 halkaisijaltaan suurikokoisen rullan 32 jälkeen. Suurikokoisen rullan 32 otuna on olivempi "suiste" 33 rullien väliseen nippiin 17. Loivempi suiste lisää rakenteeltaan yhä jäykempion kuoron kappaleiden kiihtymistä nippiin. Suurikokoinen rulla voi myös olla sieäpintainen. Kuvion 7 tapauksessa nouseva rulla 15 voi olla halkaisijaltaan suurempi kuin esimerkiksi kuvioiden 2 ja 3 tapauksessa. Tämä lisää nipin 17 "imukykyä" ja yhä suuremmat kuorikasaumat poistuvat rullastolta rullien 15 ja 32 välistä.

Tarvittaessa voidaan kuvion 7 mukaisessa ratkaisussa rullan 15 yläpinta osottaa viereisten rullien yläpinnan alapuolello ja läten helpottaa puiden kulkensta esimerkiksi nousevassa rullastossa.

Patenttivaatimukset:

1. Rullasto puun kuorimälaitteistosta poistetun puun ja kuoran edelleen-  
kujettamiseksi ja erottelemiseksi, joka laitteisto käsittää useita kuljetus-  
suuntaan nähden poikittaisina määräväleihin tai vaihtelovin väleihin sijaitsevia  
rullia, jotka on laakeroitu kannatinrakenteeseen oleellisesti vaakasuuntaisina,  
pääsääntöisesti kuljetussuuntaisen yläpuolisen pyörimiskeskuksen  
omaavina, **tunnettu** siitä, että rullastossa on ainakin yksi rulla, joka on  
laakeroitu kannatinrakenteeseen edelliseen rullaan nähden ylöspäin  
myötäväksi.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen rullasto, **tunnettu** siitä, että myötäväksi  
laakeroitun rullan halkaisija on edellisen rullan halkaisijaa pienempi.
3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen rullasto, **tunnettu** siitä, että myötäväksi  
laakeroitun rullan halkaisija on  $\frac{1}{4}$ -  $\frac{2}{3}$  edellisen rullan halkaisijasta.
4. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen rullasto, **tunnettu** siitä,  
että myötäväksi laakeroitua rullaa edellävän rullan halkaisija on rullaston  
kaikkien rullien halkaisijaa suurempi.
5. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen rullasto, **tunnettu** siitä,  
että myötäväksi laakeroitua rullalla on käyttövoimalla välitettynä vas-  
takkainen pyörimissuunta rullaston muiden rullien pyörimissuuntaan nähden.
6. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen 1-4 mukainen rullasto, **tunnettu** siitä,  
että myötäväksi laakeroitu rulla on vapaasti pyörivä.

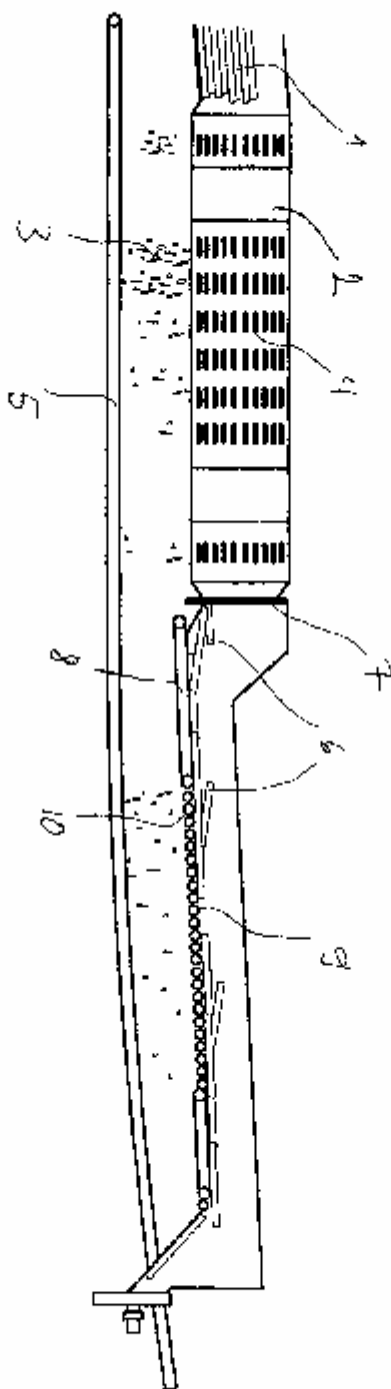


Fig 1.

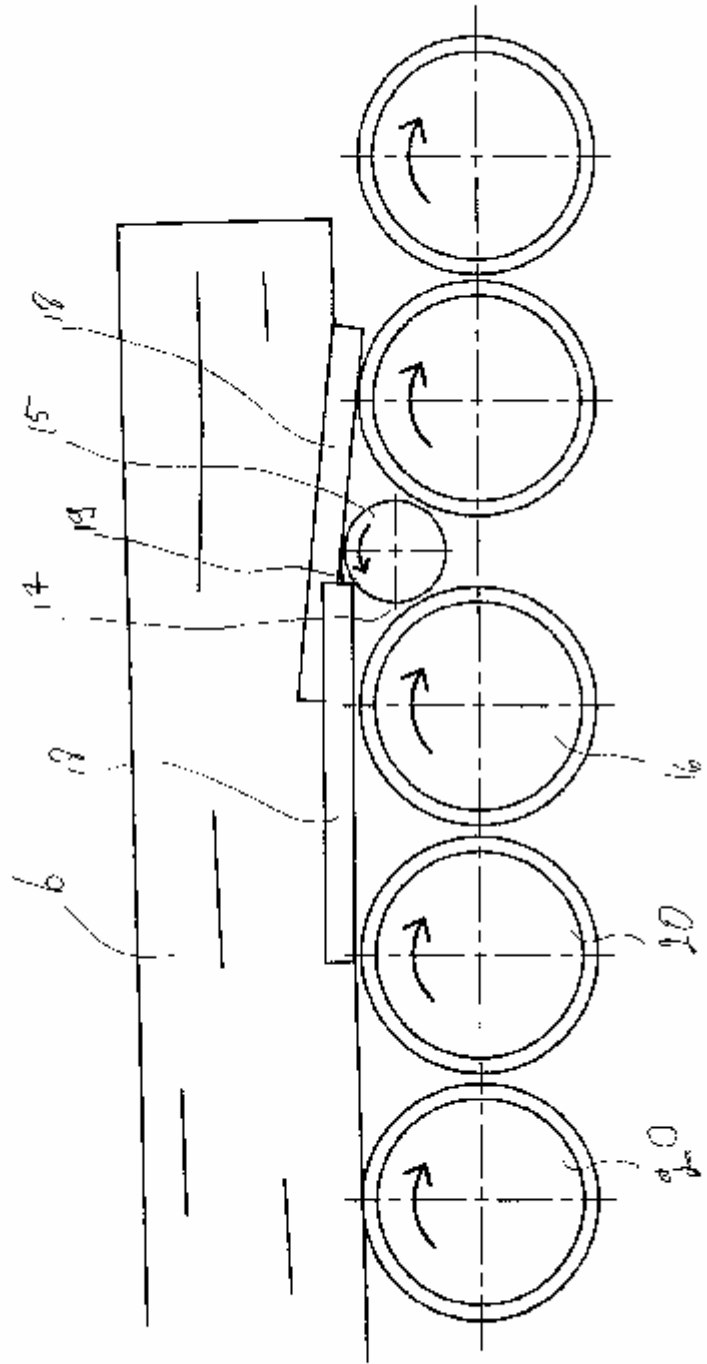


Fig. 2



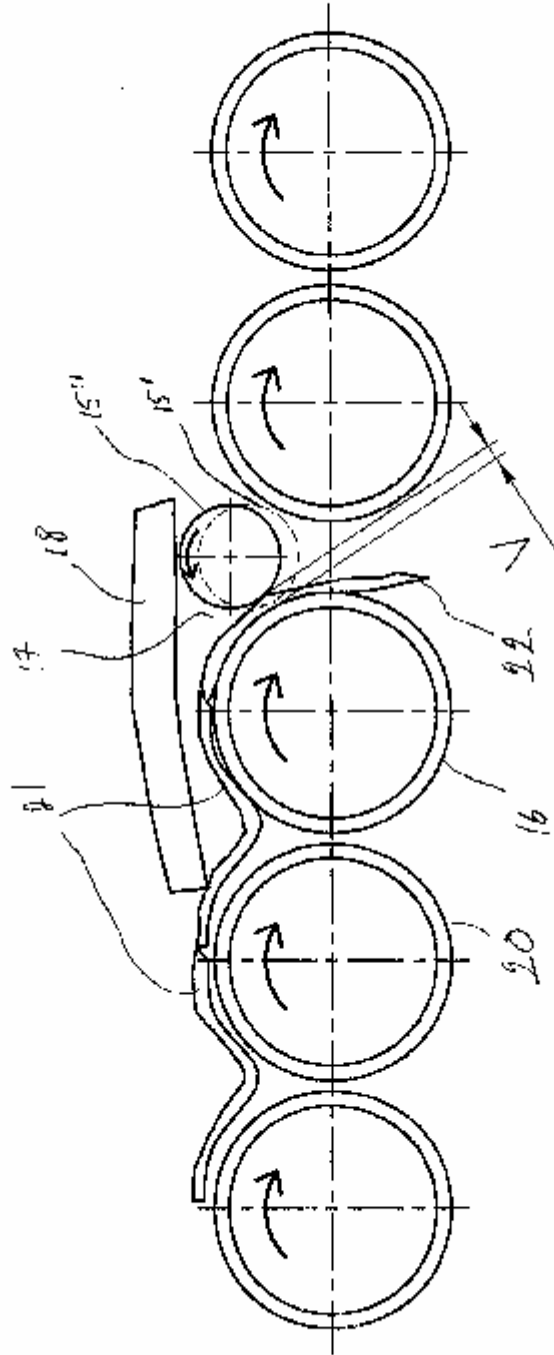


Fig 3

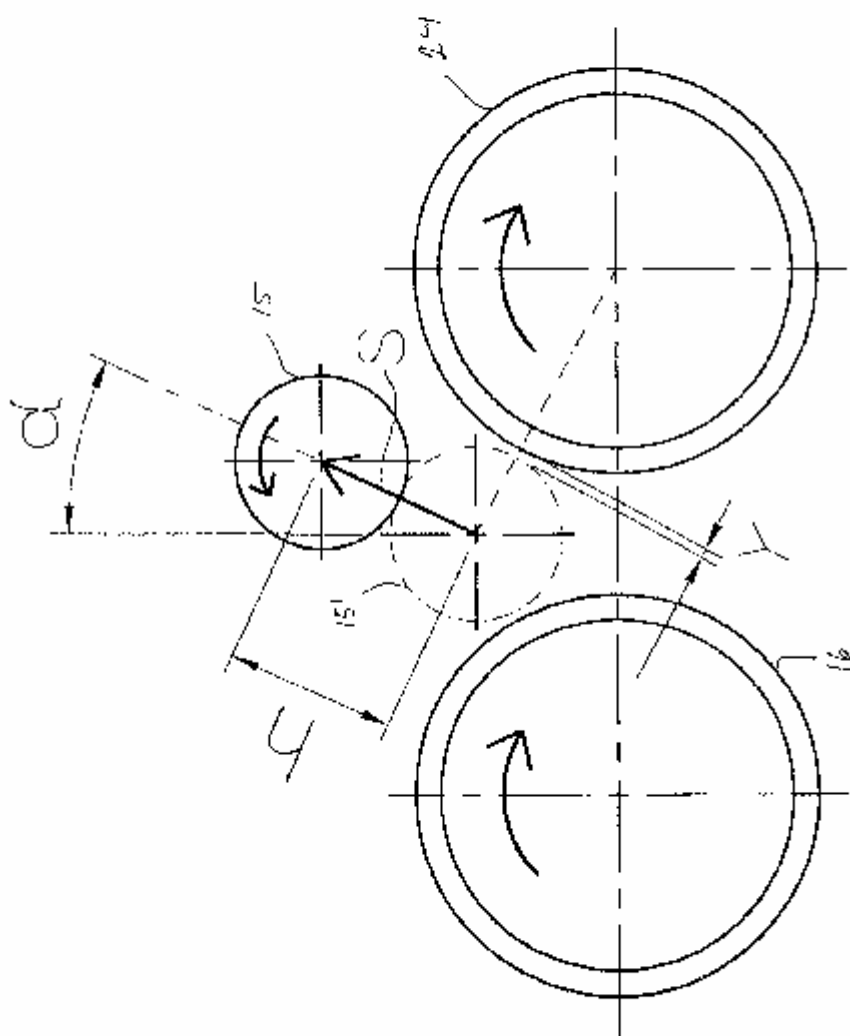


Fig 4

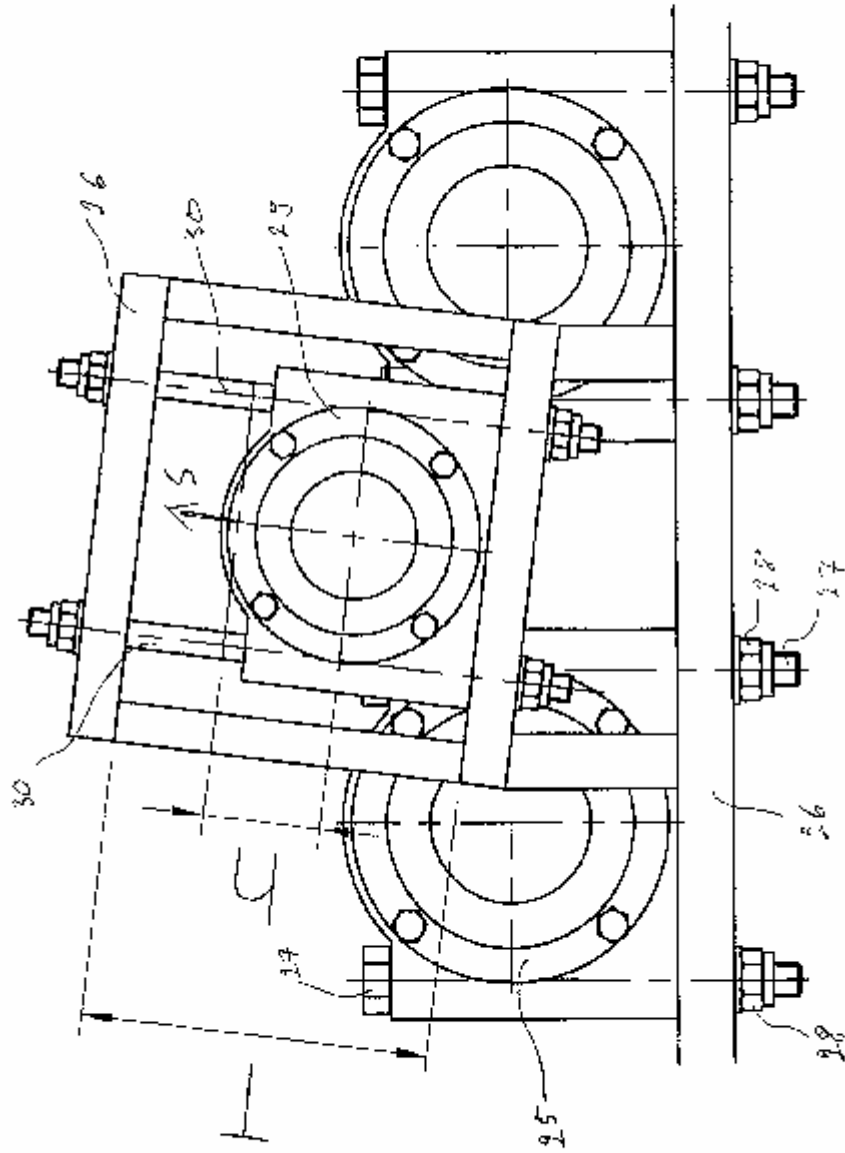


Fig 5

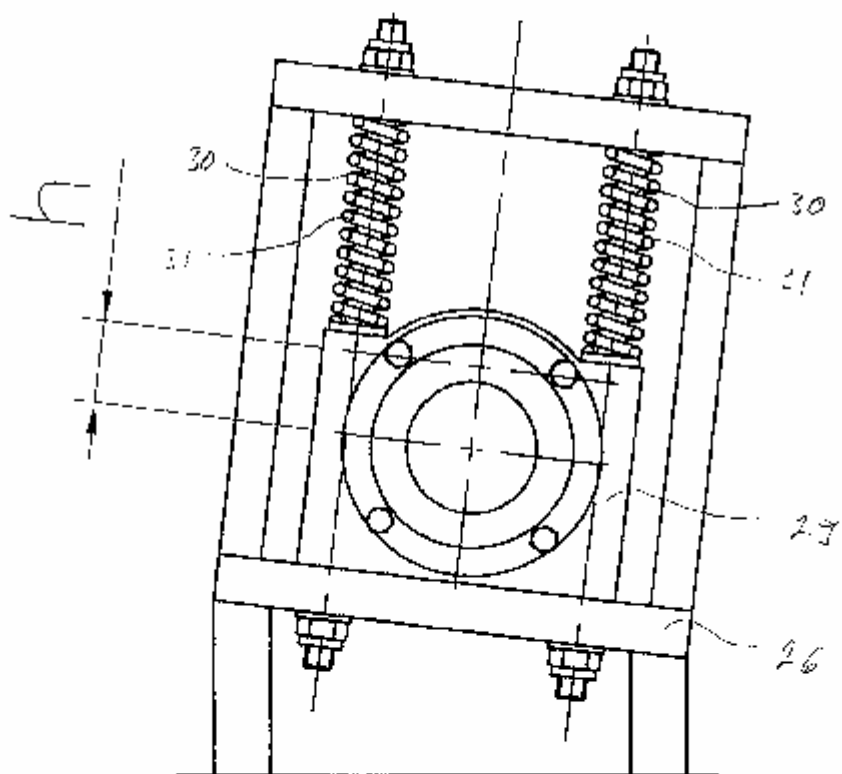


Fig 6

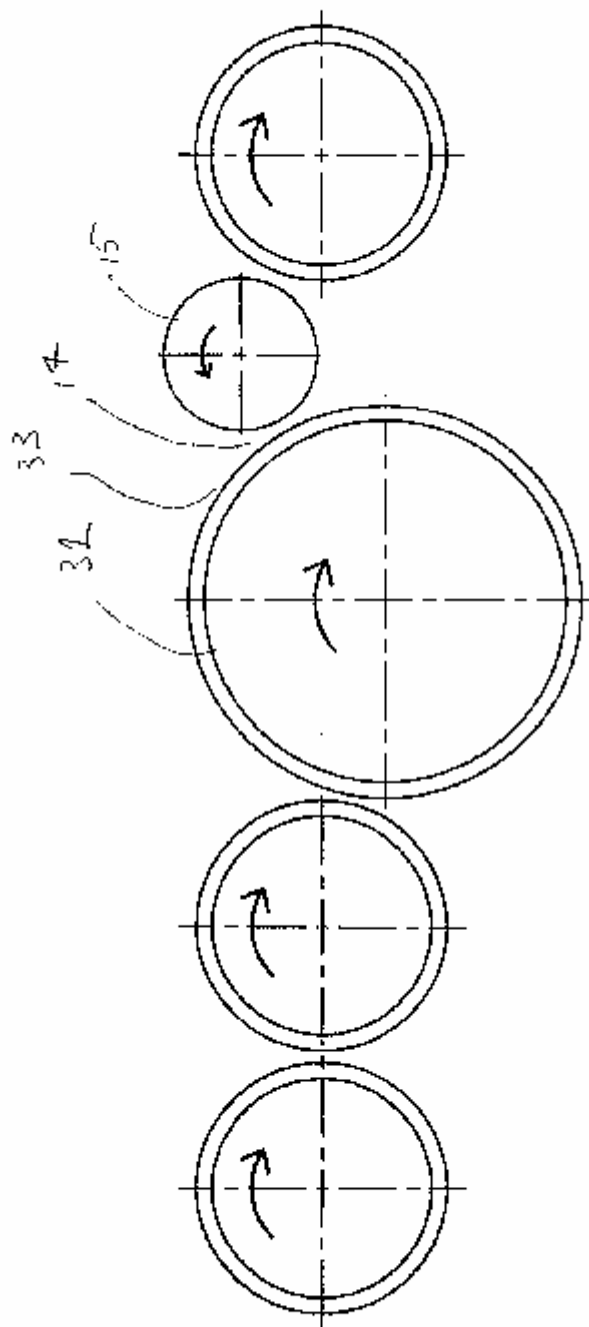


Fig 4

## TOIMINTA-ANALYYSI

Ilmiö, jonka pohjalta lähdemme tätä ideaa kehittämään tuotteeksi, on hyvin selkeästi nähtävissä kuorimon rullastolla.



Näitä kyseisiä pöllinpätkiä pyörii rullaston rullien välissä yhtenäin ja ne vielä pysyvät melko kauan paikoillaan. Varkaudessa ollessani tutkin ja kuvailin näitä pöllinpätkiä, jotka olivat jääneet rullien väliin pyörimään. Olisi ollut mielenkiintoista pysäyttää puun tulo rullastolle, asettaa näitä pöllinpätkiä rullien väliin ja heittää kuorta rullaston vietäväksi ja katsoa mitä tapahtuu ja verrata tätä tilannetta siihen, jos pöllinpätkiä ei rullien välissä olisi ollut. Eräässä palaverissamme katsellessamme videota eukalyptuksen kuorinnasta oli huomattavissa todellakin kuoren pituus ja nyt asiaa pohdiskellessani tulee mieleen, että tätä eukalyptuksen kuorta voisi jäljitellä jollain pitkänomaisella pahvilla tai muulla vastaavalla ja jollain kuorimollamme toteuttaa edellä mainittu kokeilu. Meillä on myös mahdollisuus hankkia itsellemme kyseisen puun kuorta puun kasvualueilta ja kokeilla sitten valmiilla laitteella Kaskisissa, miten lisärulla siitä selviytyy. Kuitenkin eukalyptus on ilmeisesti kuoreltaan kaikkein vaativin ja uskoisin, että vaikka saamme rullan toimimaan koivulla ja haavalla, saattaa eukalyptus tuottaa vielä melkoisia ongelmia. Joka tapauksessa pöllinpätkä-ilmion ollaan todettu tehostavan kuoren poistumista rullastolta ja kun itse katselin kyseisten pätkien pyörimistä rullien välissä voin hyvin todeta myös itse, että näin täytyy olla. Sitten eri asia on, että löytyykö meiltä muita keinoja tehostaa kuoren erottamista puuvirrasta. Jos ajattelempa kuoren fyysistä olemusta ja vertaamme sitä puuhun tai edes pieniin pätkiin, voimme todeta, että kuori on selkeästi kevyempää ja elastisempaa, kuin

itse puu. Jälkimmäiseen nojaten tämä pöllinpätkä-ilmion hyödyntäminen on järkevää. Muita ideoita tulee mieleeni esimerkiksi paineilman tai voimakkaan vesisuihkun hyödyntämisestä juuri kuoren keveyden ansiosta. Vesisuihkun hyödyntäminen on tietysti ongelmallista, jos puut aiotaan kuoria kuivana, kuten olen käsittänyt, että jatkossa pyritään tekemään. Vesisuihkun hyödyntäminen taasen tässä lisärullassa ei olisi mielestäni mahdoton ajatus, varsinkin jos pitempi kuori ei suostuisi taipumaan rullan ja lisärullan väliseen nippiin. Tällöin lisärulla voitaisiin yhdistää pesurullastoon. Paineilman tai voimakkaan ilmavirtauksen käyttämiseen taas liittyy ongelmia siinä suhteessa, että miten aikaan saada rakenne, jossa puut kulkevat eteenpäin ja kuoret poistuvat. Ensimmäisenä mieleeni tulee ajatus siitä, että ilmapuhdistuksen tulisi olla monessa vaiheessa, jolloin kuoret, jotka ovat puiden alla saataisiin myös pois. Tästä päästään siihen, että riittääkö puiden kulkeminen pitkittäis suunnassa ja pyörittely edestakaisin vai täytyisikö puiden pudota hetken matkaa tai kulkea sivuttain jossain vaiheessa ilmavirran puhaltaessa puuvirran läpi. Jutellessani Tommi Honkasen kanssa, pääsin käsitykseen, että kuivakuorinnassa oltaisiin käytetty ilmapuhallusta kiviloukoissa veden sijasta ja näin ilmeisesti täytyy tehdä jatkossakin, jos aiotaan puut saada kuivana hakkeeksi.

## Puiden kuljetuskyky

Pohtiessamme kuorenerotusrullan vaikutuksia puuvirtaan, pääsemme kysymykseen rullan eri muuttujien vaikutuksista puuvirtaan. Varmastikaan vaikutukset eivät ole samanlaisia erilaisilla rullan pinnoilla, halkaisijoilla, liikkumismahdollisuuksilla jne. Yksi melko varmaksi oletettava asia on, että rulla ei haittaa puuvirtaa juurikaan, mikäli rullan halkaisija on sellainen, että se voidaan sijoittaa korkeussuunnassa siten, että se jää kokonaan vierekkäisten rullien päälle kuvitellun tangeeraavan tason alapuolelle. Tällainen järjestely kuitenkin haittaisi uskoakseni kuoren erottumista.

Mikäli rulla on sileä pinnaltaan ja ala-asennossaan, ei se varmasti haittaa puuvirtaa juurikaan kuten keksinnön patenttihakemuksessakin sanotaan. Sitten tilanne on aivan toinen, kun rulla sattuukin olemaan täysin yläasennossa esimerkiksi suuresta kuorimäärästä tai kiilamaisesta puunkappaleesta nipissä johtuen, tällöin uskon, että rulla vaikka olisikin täysin sileä pinnaltaan, aiheuttaa puiden ruuhkautumista jossain määrin, koska puut eivät pääse liukumaan rullan yli vaan törmäävät rullaan. Tämä ei kuitenkaan muodostu varmastikaan ongelmaksi koska edeltävien piikkirullien työntövoima on melko suuri ja puut varmasti pyörähtävät rullan yli.

Tähän on kuitenkin suhtauduttava varauksella, koska jos puut alkavat ruuhkautua, on tilanne melko vakava sillä puita tulee rummulta koko ajan lisää ja ruuhka pahenee. Suuri puumäärä ensimmäisten rullien päällä aiheuttaa vaaran rullien käyttöjen hajoamisesta, rullien itsensä tai niiden laakerointien hajoamisesta tai muiden rakenteiden hajoamisesta tai vääristymisestä. Mikäli tällainen ruuhka pääsee kerralla vapautumaan, on se riski myös laitteille jatkossa, kuten hakku mm. Tätä ei voi sallia täysin automaattisen laitteen konstruktiolta. Täten ajattelisin, että rullan liike ylöspäin tulisi olla hyvin lyhyt ja rullan korkeusasema tulisi pysyä matalana verrattaessa viereisiin rulliin.

## Rullan toiminta

Lähdettäessä tutkimaan kuorenerotusrullan toimintaa, ajattelisin, että jonkinlainen lähestymistapa voisi olla rullaan kohdistuvien rasitusten tutkiminen. Rasituksia syntyy kaiketi puiden törmäämisestä rullaan sekä niiden alaspäin painavasta voimasta, mikäli rulla on varustettu omalla käytöllään niin puuvirran pyörimistä vastustavasta voimasta, voimista jotka syntyvät kuorien ja kiilamaisten puunpalojen ahtautumisesta nippiin.

Puiden törmäämisestä aiheutuvat voimat eivät pääse kasvamaan kovin suuriksi, mikäli rulla pysyy melko matalalla, puun pää on hieman pyörästynyt kuorinnassa



ja puun sekä rullan kosketuspinnan tangentti näin loivana. Jos sattuisi tilanne, että puu pääsisi törmäämään rullaan siten, että sen vauhti loppuisi kokonaan, mikä siis on melko epätodennäköistä, kasvaa rullaa taivuttava voima lähemmäksi 200 kN. Törmäysvoima voidaan laskea pöllien törmäyksestä johtuvan nopeudenmuutoksen kautta seuraavasti

$$F = \frac{mv_0 \left( \frac{v_0 - v}{2} \right)}{s} = \frac{\rho V v_0 \left( \frac{v_0 - v}{2} \right)}{s} = \frac{\rho l \pi d^2 v_0 \left( \frac{v_0 - v}{2} \right)}{4s} = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 5\text{m} \times \pi \times (0.7\text{m})^2 \times 1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \left( \frac{1-0}{2} \right) \frac{\text{m}}{\text{s}}}{4 \times 0.005\text{m}} = 192423\text{N}$$

jossa  $l$  = puun max. pituus (oletettu) = 5 m

$d$  = puun max. halkaisija (oletettu) = 0.7 m

$v_0$  = puun alkunopeus huomioiden kitkan (oletettu) = 1  $\text{ms}^{-1}$

$v$  = puun loppunopeus = 0  $\text{ms}^{-1}$

$\rho$  = puun tiheys (oletettu) = 1000  $\text{kg/m}^3$

$s$  = puun pysähtymismatka (oletettu) = 0.005 m

Tämä on siis tilanne ulkomaisilla puulajeilla kuten Eukalyptus tai Akasia, joiden kummankin tiheys on melko suuri kosteana ja niiden halkaisijat voivat olla myös melko suuria. Kotimaisilla puulajeilla voima ei kasva näin suureksi törmäystilanteessa. Alaspäin painava voima ei kasva kovin suureksi, vaikka puita olisi enemmänkin rullan päällä, näin siksi koska isompikin puu jää helposti painoltaan alle 2000 kg ja vaikka näitä olisi rullan päällä useampikin ja kun otetaan huomioon että ne ovat yleensä kannatuksella myös toisesta pisteestä, niin voimat ovat korkeintaan 50 kN luokkaa. Ongelmia saattaa aiheutua väsymisestä, koska rullasta voi tulla melko pieni halkaisijaltaan, rulla pyörii koko ajan ja rullan laakerointiväli muodostuu melko suureksi halkaisijaan nähden, mutta luultavasti jännitystaso ei kuitenkaan ylitä materiaalin väsymislujuutta ja tätä ainakin pystytään rakenteellisesti varmistamaan.

Puiden ja rullan välinen kitka tuskin aiheuttaa suurempia ongelmia käytön tai vääntöjännitysten osalta vielä, jos rulla on sileä mutta, jos rullien väliseen nippiin ahtautuu suuret määrät kuorta ja mahdollisesti kiilamaisia puunpaloja saattaa ongelmia syntyä. Lähinnä ajattelen tilannetta, jossa rullan säätövara on jo käytetty eli rulla on ylimmässä asennossaan ja nippi ei pääse enää suurenemaan ja tällöin

väliin ahtautuu kiilamainen puun pätkä. Tämän kaltainen tilanne saattaa myös taivuttaa rullaa. Tilannetta on vaikea ennustaa, koska en tiedä kuinka paljon puuvirrassa esiintyy tällaisia puun pätkiä ja pääseekö tällainen puun pätkä rullien väliin puuvirrasta. Tällaista tilannetta varten rullan ylimääräinen liike ylöspäin on varmasti hyvä varmistaa ja esimerkiksi kierrejousia käytettäessä täytyy varmistua siitä, että jousen kierteet eivät pääse painumaan yhteen. Hydrauliikassa tai pneumatiikassa voidaan painetta valvoa ja täten varautua tilanteeseen. Luonnollisesti rullan kestoikä täytyy laskelmoida samaksi kuin muidenkin rullien, niin laakerointien kuin muidenkin kohtien osalta.

## Oma käyttö

Rullan pyörittämiseksi on kaksi mahdollisuutta, joko kitkaveto viereisestä rullasta tai oma käyttö. Kitkaveto on luonnollisesti hyvin yksinkertainen ja siksi varma, mutta nähdäkseni siihenkin voi liittyä ongelmia. Periaatteessa kuoren taittamiseksi nippiin, pitäisi riittää se, että kuorenerotusrulla pyörii tässä vaiheessa ja sen jälkeen, kun kuori on jo taipunut nippiin niin riittää, että rulla painaa kuoren lujasti päin pyörivää rullaa ja pyörii luonnollisesti itse mukana. Kuitenkin tilannetta sekoittaa puuvirta, joka kulkee rullan ylitse ja vastustaa sen pyörintää, joskin nämä puut silti painavat rullaa ja tätä kautta kuorta yhä lujemmin pyörivää rullaa vasten. Kuitenkin oma näkökulmani on, että rulla olisi hyvä varustaa omalla käytöllä jo valmiiksi, jolloin on enemmän mahdollisuuksia kokeilla ja hakea parasta toimintaa.

## RATKAISUVAIHTOEHTOJEN IDEOINTI

### Kuoren ominaisuuksia

- Koivu
- Kuori irtoaa kehän suuntaisina “tuohina”
- Saattaa olla vaikea
  
- Haapa, Eukalyptus, Akasia
- Kuori irtoaa pituussuuntaisina paloina
- Kuori täytyisi saada taipumaan nippiin

### Toimintarakenne

#### Iso rulla

- kannattaa kuorta
- siirtää kuorta
- siirtää puita

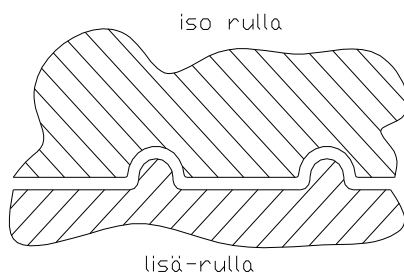
#### Lisärulla

- taittaa kuori nippiin
- painaa kuori isoa rullaa vasten ja näin lisätä kitkaa kuoren ja ison rullan välissä
- (siirtää kuorta, mahdollinen veto)

## Rullien pintakuviointi

### Iso rulla

- sileä
- aksiaali urat
- kehän suuntaiset urat
- (piikit)
- uros/naaras-kuviointi



### Lisä-rulla

- sileä
- aksiaali urat
- kehän suuntaiset urat
- (piikit)
- uros/naaras-kuviointi
- elastiset (esimerkiksi silikonin, uretaani tai kumi) aksiaali-suuntaiset rivat

## Ratkaisuvaihtoehdot

### 1. Kuorenerotusrulla kiinteä, nippi pysyy vakiona

Edeltävän rullan pintakuviointi tulisi olla mahdollisimman karkea ja "ottava". Mikäli nippi on melko pieni voi kuorenerotusrullan pintakuviointi olla sileä koska kuoren siirto jää edeltävän rullan vastuulle ja kuorenerotusrulla vain lisää kitkaa kuoren ja edeltävän rullan välillä. Jos taas nippi on suuri ja kuorenerotusrullan tehtävänä on vain painaa kuori nippiin ja jättää sen jälkeen kuoren siirto edeltävän rullan ja painovoiman varaan, voi kuorenerotusrullan pintakuviointi olla karkeampi jotta kuoret eivät liukuisi kuorenerotusrullan yli. Kuitenkin, jos kuorenerotusrullan pintakuviointi on karkea, lisää se puuvirran vastusta. Vaihtoehtona voisi olla elastiset rivat joiden kuorta nippiin taittava vaikutus on uskoakseni melko hyvä ja puuvirtaa haittaava vaikutus melko pieni. Joskin ripojen kulumisen voi aiheuttaa ongelmia ja tällöin oikean materiaalin löytäminen ripoihin on tärkeää. Varmasti kuorenerotusrullan pyörimisnopeudella on voimakas vaikutus ripojen kulumiseen ja tästä syystä rullan pyörimisnopeus ei saisi olla kovin suuri, joskin kuorien taittamien nippiin ei sitä myöskään vaadi. Myöskin ripojen elastisuus ja pituus vaikuttaa kaiketi melko voimakkaasti kuorien taittumiseen ja puuvirran vastustamiseen joten oikeiden arvojen löytämiseen täytyy käyttää aikaa. Tämänkaltaisten ripojen huonoja puolia ovat tietysti vikaherkkyys ja mahdollinen lisääntynyt huollontarve. Ripoja tai yleensä kuorenerotusrullan taittovaikutusta hyödynnettäessä täytyy kuorenerotusrulla luonnollisesti varustaa omalla käytöllä.

Hyviä puolia

Yksinkertaisuus ja osien vähyys, ei johteita tai muita liikkuvia osia ja lisä-laakerointeja

Huonoja puolia

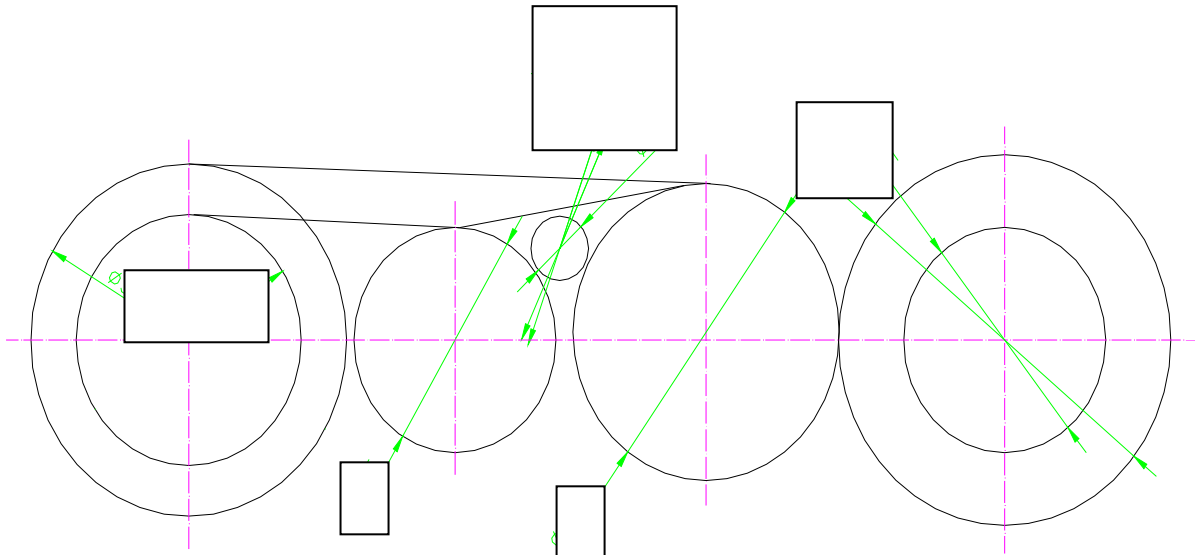
Nipin säädön vaikeus, ainakin prototyyppi-vaiheessa säädettävyys olisi eduksi Suurten kuorimäärien ahtautuessa nipistä läpi joutuu kuorenerotusrullan osat rasiusten alaisiksi, kun joustomahdollisuutta ei ole. Mikäli kuorenerotusrulla on vain kuorta taivuttamassa ja nippi tällöin suuri, ei tällaista ongelmaa varmasti ole.

## 2. Linearisesti liikkuva lisä-rulla

Nippi säättyä kuorien määrän mukaan

Kuorenerotusrullan paikkaa ja edellistä rullaa vasten kohdistuvaa voimaa voidaan säätää. Voima voidaan tuottaa mekaanisesti jousella, painovoimaa hyväksi käyttäen, pneumaattisesti tai hydraulisesti.

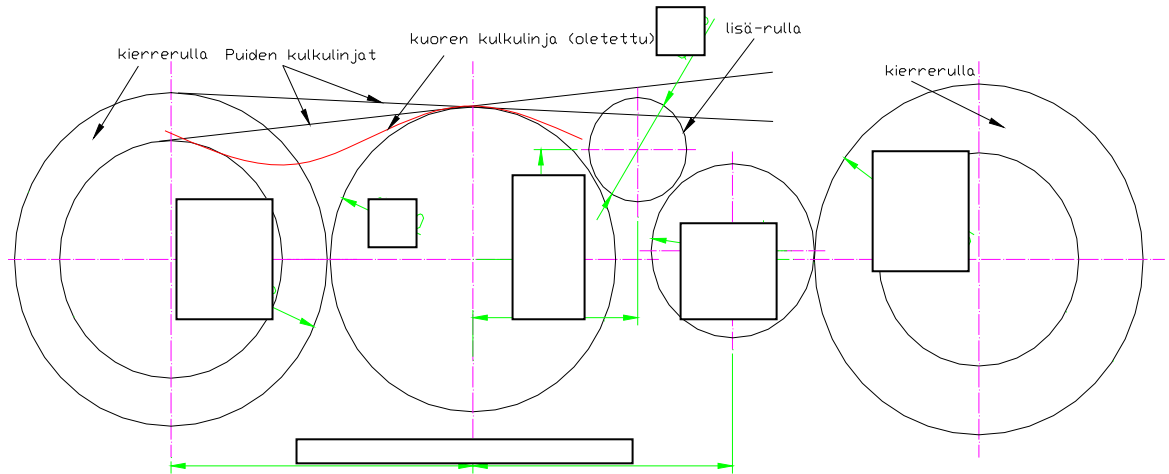
Kuorenerotusrullan voi olla joko ilman käyttöä tai käytöllä. Koska on todennäköistä, että kuorenerotusrullan tehtävä tällaisessa tapauksessa on kitkan lisääminen edeltävän rullan ja kuoren välissä, voidaan kuorenerotusrulla periaatteessa jättää ilman vetoa. Kuitenkin mielestäni, mikäli tähän ratkaisuun päädytään, olisi prototyyppi hyvä varustaa omalla käytöllä, jolloin parasta toimivuutta haettaessa olisi enemmän vaihtoehtoja.



Mielestäni kuorenerotusrulla olisi hyvä myöskin laakeroida keinumaan poikittaisakselinsa ympäri jolloin säästyttäisiin epäsymmetrisen kuorman (suuri kuorimäärä vain kuorenerotusrullan toisessa päässä) aiheuttamilta mahdollisilta ongelmilta.

### 3. Edeltävä rulla tavallista suurempi halkaisijaltaan

Mikäli edeltävä rulla jätetään samaan korkeusasemaan muiden rullien kanssa, saavutetaan puita nostava vaikutus joka näkyy siinä että puut eivät törmää kuorenerotusrullaan niin pahasti. Joskin suuremmat puut, jotka kulkevat edellisten kierrerrullien harjojen päällä, osuvat todennäköisesti kuorenerotusrullaan.



Yllä olevassa kuvassa alaviistoon kulkeva puiden kulkulinja tarkoittaa suuria puita jotka kulkevat edeltävien kierrerrullien harjojen päällä. Vastaavasti yläviistoon kulkeva kulkulinja tarkoittaa pieniä puita jotka kaiketi kulkevat pääasiassa kierteiden välissä.

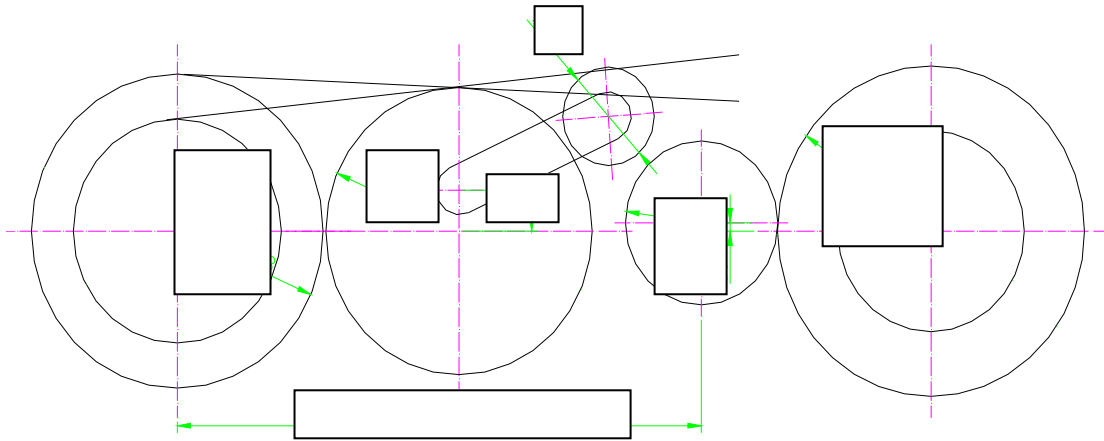
Edeltävän rullan olisi varmasti hyvä olla kuvioitu karkeasti, jotta se nostaisi puut varmasti kuorenerotusrullan yli. Kuorenerotusrullan ei varmastikaan tarvitse olla kuvioitu lainkaan.

Kuorenerotusrullan jälkeisen rullan olisi myös hyvä olla karkeasti kuvioitu. Ehkä jopa piikkirulla, jolloin voitaisiin varmistua siitä että pienet puun pätkät jotka tippuvat tähän väliin kulkeutuvat pois. Luonnollisesti kuorenerotusrulla voi tässä tapauksessa olla joko liikkuva tai kiinteä

#### 4. Ympyrän kaarta pitkin liikkuva kuorenerotusrulla

Puuvirralle myötävämpi ratkaisu. Isojen puiden iskut suuntautuvat vaimennettuun kiertoliikkeeseen mikä on rullan rakenteen kestävyuden kannalta hyväksi. Vaimennus voidaan toteuttaa kierrejousella ja kumipuslilla ja vaimennus olisi mielestäni hyvä toteuttaa kumpaankin kiertosuuntaan.





Yllä olevassa kuvassa nippi pienenee rullan painuessa alaspäin. Kiertymäpisteen asettelua täytyy kehittää pidemmälle mikäli tämä vaihtoehto valitaan

Luonnollisesti myös tässä vaihtoehdossa täytyy prototyyppi rakentaa kaikilta mahdollisilta osin säädettäväksi.

## Muita ideoita

Lisä-rullan asetuksia voisi muuttaa puulajin vaihtuessa, mikäli ei ajeta puulaatuja sekaisin.

Eräänä ajatuksena mieleeni tulee kuorenerotusrullan mahdollisuus olla melko aggressiivisesti sijoittuneena silloin kun puuta ei ole rullastolla ja tällöin kuoret poistuisivat varmasti. Ja kun puuta saapuisi esimerkiksi edellisen rullan päälle voisi kuorenerotusrulla painua alaspäin jolloin se ei olisi puuvirran tukkeena niin pahasti, kuitenkin niin että se poistaisi kuorta tehokkaasti. Tämän voisi toteuttaa esimerkiksi siten että edellinen rulla pääsisi joustamaan alaspäin ja mekaanisesti siirtäisi kuorenerotusrullaa myös alaspäin tai sitten jonkin kaltaisella paino- tai momenttianturoinnilla.

## Ajatuksia ratkaisuvaihtoehtojen pohdintaan

Puiden törmäämistä kuorenerotusrullaan on vaikea arvioida, niin määrällisesti kuin vakavuudeltaankin. Siihen liittyy monta muuttujaa mm. Puun koko, tiheys, nopeus, hidastumismatka ja rullan sekä puun kohtaamiskulma, johon taas vaikuttaa puun koko ja puun pään pyöristyminen kuorinnassa sekä rullan koko ja korkeusasetus. Kuitenkin mielestäni on hyvä varautua isoon puun törmäämiseen kuorenerotusrullaan, jos sitä voidaan pitää edes hieman todennäköisenä. Tämä siksi, että toiminta-analyysissä laskemani ison puun törmäämisestä johtuva taivuttava voima, kasvaa melko suureksi ja tämä saattaa aiheuttaa rullan akseliin pysyvän muodonmuutoksen tai rullan laakerointi saattaa vahingoittua. Jos laskemme taivutusjännityksen kuorenerotusrullan akselille, olettaen tilanteen pahimmaksi mahdolliseksi, jolloin taivuttava voima osuu kuorenerotusrullan keskelle pituus-suunnassa ja on suuruudeltaan toiminta-analyysissä laskemani suuruinen, kasvaa taivutusjännitys yli 1000:n  $N/mm^2$ :lle. Taivutusjännityksen rullan akselille voimme laskea kaavalla

$$\sigma = \frac{M_t}{W_t} = \frac{32 Fl}{4\pi d^3} = \frac{32 \times 200000 \text{ N} \times 2000 \text{ mm}}{4 \times \pi \times (100 \text{ mm})^3} = 1019 \frac{N}{mm^2}$$

jossa kuorenerotusrullan akselin halkaisijaksi oletamme 100 mm ja laakerointiväliksi 2000 mm sekä laakeroinnin sellaiseksi, joka sallii taipumaa. Tässä kohtaa on hyvä huomata että oletettu akselin halkaisija on suurempi kuin patenttihakemuksessa mainittu ¼ edellisen rullan halkaisijasta eli rullan pienentäminen voi tuottaa lujuudellisia ongelmia. Näin ollen tuntuu siltä että, lisärulla on pakollista tehdä joustavaksi. Myöskin törmäyksestä johtuvan voiman vaikutukset kuorenerotusrullan liikkumiselimiin eli mahdollisiin johteisiin tai niveliin, on hyvä kartoittaa.

Kuorenerotusrullan liikkumismahdollisuuksien pohdinnassa täytyy muistaa että jos kuorenerotusrulla ei toimikaan tositilanteessa odotetulla tavalla tai aiheuttaa suorastaan haittaa, täytyy se saada pois helposti sekä normaalit rullat tilalle eli suurten rakenteellisten muutoksien tekemisessä täytyy olla tarkkana.