

LAB-ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Konetekniikka
Tuotantotekniikka ja kunnossapito

Niki Muhonen

Kuivauskoneen puhallinlaatikoiden nostomekanismin päivitys

Opinnäytetyö 2020

Tiivistelmä

Niki Muhonen

Kuivauskoneen puhallinlaatikoiden nostomekanismin päivitys, 43 sivua, 1 liite

LAB-ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Konetekniikan koulutusohjelma

Tuotantotekniikan ja kunnossapidon suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö 2020

Ohjaajat: lehtori Simo Sinkko, LAB-ammattikorkeakoulu, kunnossapitoinsinööri

Olli Kanninen, UPM-Kymmene Kaukas

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli päivittää sellutehtaan kuivauskoneen puhallinlaatikoiden nostomekanismi miettimällä kehityskeinoja nykyiselle toiminnassa olevalle mekanismille ja kehittämällä sille uusi vaihtoehtoinen ratkaisu. Nykyinen nostomekanismi ei sovellu käyttövarmuudeltaan, toiminnaltaan eikä työturvallisuudeltaan sellutehtaan tiiviisiin aikatauluihin, aiheuttaen turhia miestyötunteja, tuotantokatkojen pitkittymisiä, tuotannon tappioita sekä työturvallisuusriskejä.

Opinnäytetyön teoriaosassa esitettiin UPM-Kymmene Oyj:n Kaukaan tehdasintegraattia sekä perehdyttiin tarkemmin Kaukaan sellutehtaaseen, sen Kuivauskone 1:een sekä sellun valmistukseen. Tutkimusosassa selvitettiin kuivauskoneen puhallinlaatikoiden nostomekanismin käyttötarve sekä sen toiminta ja tutustuttiin mekanismin rakenteeseen. Mekanismiin perehdyttäessä pyrittiin löytämään sen ongelmakohdat ja ongelmat sekä kuinka näitä pystyttäisiin kehittämään tai poistamaan ne kokonaan. Tavoitteena oli myös kehittää uusi, nykyisen nostomekanismin korvaava mekanismi ja sen mahdollinen rakenne ja toteutus-tapa.

Nostomekanismin ongelmana oli monimutkainen rakenne, metallipintojen väliset kontaktit, jotka aiheuttivat puhallinlaatikoiden nosto- sekä laskuvaiheessa mekanismin osittaisen tai totaalisen toimimattomuuden. Suurten kitkojen ja mekanismin osien toisiinsa sopimattomuuksien vuoksi mekanismi ei toiminut suunnitellusti sekä sen rakenne oli heikossa kunnossa. Uuden mekanismin kehittämistä hankaloittivat puhallinkuivainosan ympärillä oleva rajoitettu tila sekä puhallinkaa-pin ajonaikainen korkealämpötila.

Asiasanat: sellutehdas, kuivauskone, puhallinkuivain, puhallinlaatikko, mekanismi

Abstract

Niki Muhonen

Improving drying machine's blow box lifting mechanism, 43 pages, 1 appendice

LAB - University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Mechanical Engineering

Production engineering and maintenance

Bachelor's Thesis 2020

Instructors: lecturer Mr. Simo Sinkko, LAB - University of Applied Sciences, mechanical engineer Mr. Olli Kanninen, UPM-Kymmene Oyj Kaukas

The purpose of the research was to improve Drying machine one's blow box lifting mechanism and to develop new alternative mechanisms. The current mechanism is not working correctly and is lacking reliability which effects on productions breaks and work safety. The commissioner of the research was UPM Kaukas pulp mill.

The research started by getting to know the construction and function of the mechanism on the spot. Further details of the lifting mechanism were collected from technical drawings. Information about the UPM Kaukas and pulp mill process was collected from the internet. The function of the Drying machine one was found out by interviewing the operational crew.

New improvements to the current mechanism can be applied in the near future during annual maintenance breaks. The alternative mechanism suggestions also can be carried out if the commissioner sees them well functional and necessary.

Keywords: pulp mill, drying machine, air borne dryer, blow box, mechanism

Sisällys

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Johdanto | 6 |
| 2 | UPM Kaukaan tehdasintegraatti | 7 |
| 3 | Sellun valmistus | 11 |
| 3.1 | Puunkäsittely | 11 |
| 3.2 | Kuitulinja | 12 |
| 3.3 | Kuivauskone | 15 |
| 3.4 | Talteenotto | 21 |
| 4 | Puhallinlaatikoiden nostomekanismi | 23 |
| 4.1 | Yleistä mekanismeista | 23 |
| 4.2 | Nostomekanismin käyttötarve | 23 |
| 4.3 | Nostomekanismin rakenne | 25 |
| 4.4 | Nostomekanismin ongelmakohdat ja parannusehdotukset | 29 |
| 5 | Puhallinlaatikoiden uudet vaihtoehtoiset nostomekanismit | 35 |
| 5.1 | Nykyisen nostomekanismin tuottaman voiman laskeminen | 35 |
| 5.2 | Puhallinlaatikoita ylöspäin työntävä sylinteri | 36 |
| 5.3 | Yläpuolelta nostava mekanismi | 38 |
| 6 | Yhteenvedo ja pohdinta | 42 |
| | Lähteet | 44 |

Liitteet

Liite 1. Paineilmasyylinterin nostotankoihin tuottaman voiman laskeminen

Termit

SKK1 = Kaukaan sellutehtaalla toiminnassa oleva Kuivauskone 1.

Seisokki = Huoltoseisaus, jonka aikana esim. kone tai osasto on pysähdyksissä ja huoltotöitä on turvallista tehdä

Sellu = Sellutehtaalla puuhakkeesta usean prosessin kautta valmistettu massa, josta jalostetaan mm. paperia ja kartonkia

Nostokäpälä = Opinnäytetyössä käsiteltävän mekanismin teräslevystä valmistettu osa

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää Kaukaan sellutehtaan Kuivauskone 1:n puhallinlaatikoiden nostomekanismia. Mekanismilla nostetaan puhallin-kuivainosan puhallinlaatikoita ylöspäin, jotta vaadittava tila puhdistus- ja huolto- töitä varten saavutetaan. Kuivauskone pysäytetään puristinhuopien vaihdon ajaksi noin kymmenen viikon välein, joten mekanisme tarvitaan ainakin puristin- huopien vaihtoseisokeissa. Mekanismia saatetaan joutua käyttämään useam- minkin, mikäli kuivauskoneella tapahtuu ylimääräisiä ajokatkoja tuolla aikavälillä.

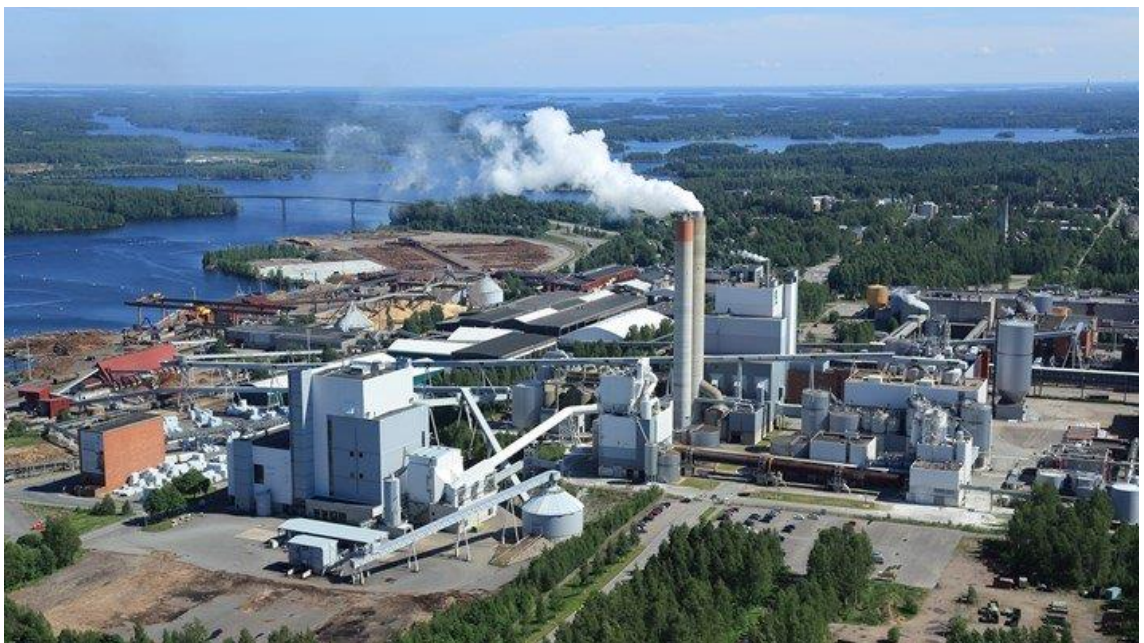
Opinnäytetyön tavoitteena on pohtia nykyisen mekanismin ongelmakohtiin ja on- gelmiin toimivia, toteutettavissa olevia ratkaisuja sekä kehittää uusia vaihtoehtoi- sia mekanismeja suorittamaan puhallinlaatikoiden nostoliike. Opinnäytetyöstä saatuja ratkaisuja on tarkoitus hyödyntää mahdollisuuksien mukaan tulevaisuu- dessa Kaukaan sellutehtaan seisokeissa.

Opinnäytetyön teoriaosassa perehdytään UPM:n Kaukaan tehdasintegraattiin, siihen kuuluvaan Kaukaan sellutehtaaseen, sellun valmistusprosessiin sekä Kau- kaan sellutehtaan Kuivauskone 1:een. Tutkimusosassa selvitetään kuivausko- neen nykyisen nostomekanismin rakenne, ongelmakohdat, ongelmien juurisyöt sekä pyritään päivittämään mekanismin nykyistä rakennetta toimivammaksi. Li- säksi kehitetään uusia vaihtoehtoisia nostomekanismeja nykyisen tilalle mielti- mällä uuden mekanismin mahdollista rakennetta ja toteutustapoja.

Nykyinen mekanismi ei sovellu käyttövarmuudeltaan sellutehtaan tiiviisiin aika- tauluihin, aiheuttaen turhia miestyötunteja, seisokkien pitkittymistä sekä tapatur- mariskejä. Puhallinlaatikoiden nostomekanismi ei toimi halutulla tavalla, eli se ei kykene nostamaan puhallinlaatikoita ylös, aiheuttaen näin ongelmia puhallin- kuivainosan puhdistustöissä. Nostomekanismin ongelmana on metallipintojen väliset kontaktit, kiireessä toteutetut ja huonosti suunnitellut korjaukset, raken- teen osien toisiinsa sopimattomuudet sekä kohteeseen sopimaton liian monimut- kainen rakenne, jotka aiheuttavat mekanismissa toimimattomuutta.

2 UPM Kaukaan tehdasintegraatti

UPM:n Kaukaan tehdasintegraatti Lappeenrannassa koostuu useasta tuotantoyksiköstä. Alueella sijaitsee sellu- ja paperitehdas, saha, biojalostamo sekä Kaukaan Voiman voimalaitos (Kuva 1). Kaukaan tuotantolaitokset saavat pääosin suurimman osan tarvitsemastansa lämpöenergiasta sekä sähköenergiasta sellu- tehtaan soodakattilasta ja Kaukaan Voiman biovoimalaitoksesta. Kaukaan alueella sijaitsee myös UPM:n suurin tutkimus- ja tuotekehityskeskus NERC, UPM Metsän Itä-Suomen puunhankinnan johto ja Lappeenrannan metsäpalvelutoimisto. (Upmpulp 2020.)



Kuva 1. Kaukaan tehdasintegraatti (Upmpulp 2020)

Puuta Kaukaan integraatti käyttää noin viisi miljoonaa kuutiota vuodessa, mikä vastaa kuljetuksina 270:tä rekka-autoa päivässä. Kaukaan alueen kiinteästä jätteestä käytetään hyödyksi jopa 90 %. Kaukaalla pyritään käyttämään kaikki raaka-aine hyväksi sekä hyödyntämään sivutuotteet, kuten puunkuoret, puru sekä jäteveden puhdistuksesta syntyvä liete (Kuva 2). Kaikki tehtaiden jätevedet puhdistetaan mekaanisia ja biologisia puhdistuskeinoja käyttäen ennen niiden takaisin laskua Saimaaseen. Suurin osa tehtaiden päästöistä ilmaan johtuu alueen energiantuotannosta, josta 78 % ei aiheuta fossiilisia hiilidioksidipäästöjä. (Upmpulp 2020.)



Kuva 2. Kaukaan tehdasintegraatissa käytetään puuraaka-aine, sivutuotteet sekä tuotettu energia tehokkaasti hyväksi (Intranet UPM 2017)

Kaukaan paperitehdas on aloittanut toimintansa vuonna 1975, jolloin ensimmäinen paperikone otettiin käyttöön. Paperitehtaalla valmistetaan päällystettyä aikakauslehtipaperia 314 000 tonnia vuodessa. Tehdasalueella sijaitsevassa hiomopuukuorimossa kuoritaan ja katkaistaan kuusipuut määrämittaen, jotka kuljettetaan paperitehtaan hiomoon, jossa puista valmistetaan hioketta. Hioketta käytetään paperin valmistuksessa yhdessä sellutehtaalta saatavan sellumassan kanssa. Toinen paperikone otettiin käyttöön 1981, mutta suljettiin vuonna 2015 yhdessä kolmannen päällystyskoneen kanssa. Kaukaan paperitehtaalla on toiminnassa nykypäivänä yksi paperikone sekä kaksi päällystyskoneetta. Henkilöstöä Kaukaan paperitehtaalla on 225. (Intranet UPM 2015; Intranet UPM 2019.)

Kaukaan saha on aloittanut sahaustoimintansa nykyisellä paikalla 1950-luvun lopulla ja valmistaa männystä sekä kuusesta sahatavaraa noin 500 000 kuutiota vuodessa. Sahatavaraa käytetään rakentamiseen, jatkojalostukseen sekä ikkuna-, ovi- ja huonekaluteollisuuteen. Sahalla on kaksi sahalinjaa ja henkilöstöä 125. (Intranet UPM 2015; Intranet UPM 2019.)

Kaupallisen tuotannon vuonna 2015 aloittanut biojalostamo on ensimmäinen puupohjaista uusiutuvaa dieseliä ja naftaa valmistava laitos maailmassa. Raaka-

aineena biojalostamo käyttää sellutehtailta tähteeksi jäävä mäntyöljyä. Biojalostamon tuotantokapasiteetti on 100 000 kuutiota. Biojalostamo työllistää suoraan 80 ja välillisesti 200 työntekijää. (Intranet UPM 2019.)

Kaukaan voimalaitos rakennettiin vuonna 2009 ja tuottaa energiaa biomassasta. 80 % polttoaineesta on uusiutuvaa biomassaa muun muassa kuorta, purua, haketta, oksia ja kantoja. Loput kokonaispolttoaineesta on turvetta. 40 % polttoaineesta saadaan Kaukaan tehtailta. Voimalaitos käyttää biomassaa ja turvetta yli kaksi miljoonaa irtokuutiota vuodessa. Kaukaan voimalaitos tuottaa prosessihöyryä ja sähköä Kaukaan tuotantolaitoksille sekä sähköä ja kaukolämpöä Lappeenrannan kaupungille. (Intranet UPM 2019.)

Kaukaan sellutehdas

Kaukaalla aloitettiin sellun valmistus vuonna 1897. Tuolloin käytettiin nykyään Suomesta käytöstä poistunutta sulfiittimenetelmää. Kaukaalle rakennettiin myös toinen sellutehdas vuonna 1905. Molemmat sulfiittisellutehtaat olivat toiminnassa vuoteen 1971. Kaukaalla valmistettiin myös silkkisellua vuosina 1927–1961. Kaukaan ensimmäinen, nykyäänkin toiminnassa oleva, sulfaattisellua valmistava linja rakennettiin vuonna 1964. Nykyään linja valmistaa valkaistua koivusellua. Vuonna 1991 otettiin käyttöön soodakattilalaitos, joka tuottaa energiaa ja höyryä Kaukaan tehtaille sekä kierrättää sellunkeitosta syntyviä kemikaaleja uudelleen käyttöön. Vuonna 1992 rakennettiin biologinen jäteveden puhdistamo, joka puhdistaa ja kierrättää tehtaan jätevedet ennen Saimaaseen laskua. Jätevedestä erotettu liete kuivataan ja osa myös poltetaan Kaukaan voimalaitoksessa. Sellutehtaan tuotantokapasiteettia nostettiin 1996 rakentamalla uusi keittämö, toinen kuitulinja sekä Kuivauskone 4. Sellutehtaan osastojen sijaintia tehdasalueella on kuvattu kuvassa 3. (Intranet UPM 2019.)



Kuva 3. Kaukaan sellutehtaan osat numeroituina (Lappeenrannan Uutiset 2019)

Kuvassa 3 on 1. merkitty puunkäsittelyn alue, jossa sijaitsee puunvastaanotto ja varastointi, sellu- ja hiomopuukuorimo sekä seulomo. Numeroilla 2. ja 3. on merkitty 1996 valmistuneet kuitulinjat sekä Kuivauskone 4. Numerot 4. ja 5. ovat 1964 sulfaattisellun valmistuksen aloittanut kuitulinjat sekä Kuivauskone 1. Numerot 6. ja 7. ovat biologinen jäteveden puhdistamo sekä soodakattilalaitos. Numerolla 8. on Kaukaan Voiman voimalaitos.

Sellutehdasta modernisointiin myös vuosina 2016 ja 2018. Uudistusten myötä tehtaan nykyinen tuotantokapasiteetti on 770 000 tonnia valkaistua kemiallista havu- ja koivusellua vuodessa. Sellun loppukäyttökohteita ovat tarra- ja hienopaperit, joita jalostetaan koivusellusta sekä kartonki, pehmo- ja aikakauslehtipaperit, joita jalostetaan havusellusta. Osa tehtaalla valmistetusta sellumassasta käytetään Kaukaan paperitehtaalla paperinvalmistukseen. Henkilöstöä Kaukaan sellutehtaalla on 260. (Intranet UPM 2019.)

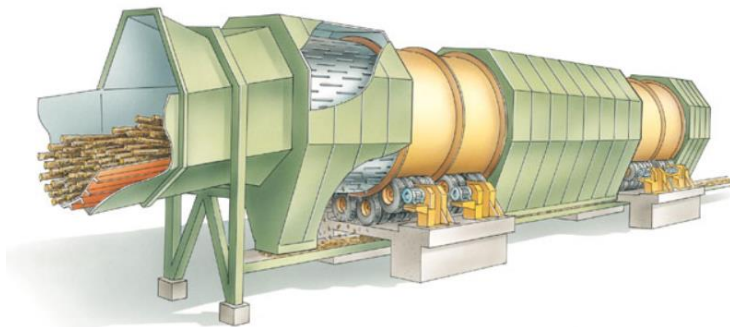
3 Sellun valmistus

3.1 Puunkäsittely

Sellua valmistetaan puuhakkeesta saatavasta kuidusta, joten sellutehtaan ensimmäinen prosessi on puunkäsittely. Kuitupuut tuodaan sellutehtaalle pääosin rekoilla, mutta osa kuitupuusta tuodaan myös junilla. Tehtaalle tuodaan puut myös valmiiksi haketettuina.

Puut lastataan sulakuljettimelle, joka kuljettaa puut kuorimossa sijaitsevaan kuorimarumpuun. Sulakuljettimella talvisaikaan jäässä olevat puut sulatetaan lämpimillä vesisuihkuilla, jotta puun kuorinta onnistuisi mahdollisimman hyvin. Sulakuljettimella puun pinnalta huuhtoutuu myös osa epäpuhtauksista pois.

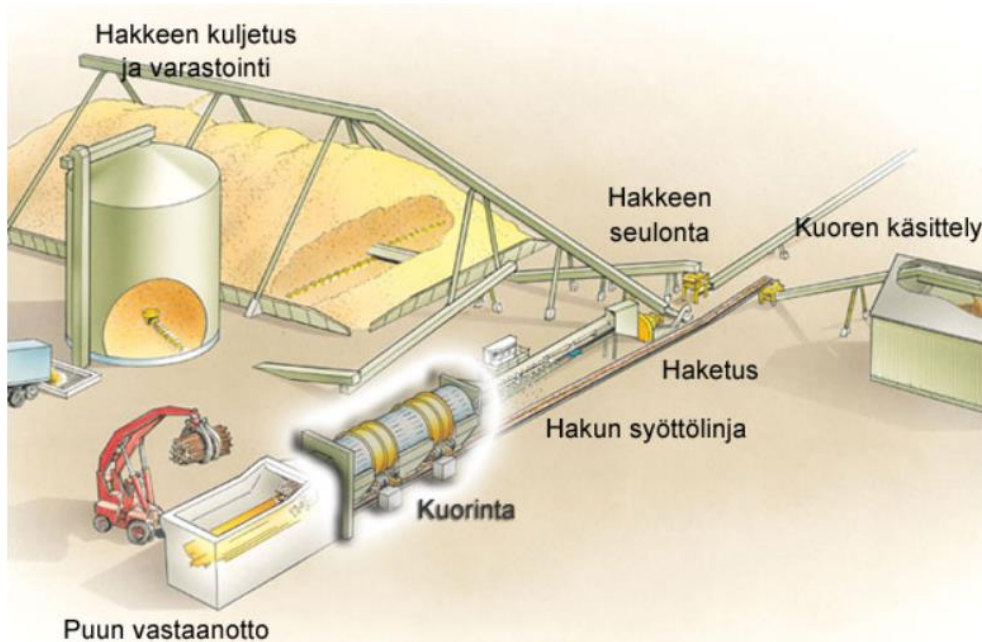
Kuorimarummuissa puut pyritään kuorimaan mahdollisimman tehokkaasti ja vähillä puuhäviöillä. Hakkeen sekaan joutunut ylimääräinen kuori ei ole optimaalinen sellumassan valmistuksen kannalta. Kuvan 4 kuorintarummun vaipassa olevista raoista kuoret putoavat kuorikuljettimelle ja jatkavat kohti kuorenkäsittelyä. Kuoria pystytään hyödyntämään esimerkiksi polttoaineena tehtaan voimalaitoksessa.



Kuva 4. Kuorimarumpu (Knowpulp 2013)

Kuorimarummusta kuoritut puut putoavat pesurullastolle, jossa kuoritut puut pestään hiekasta ja muusta epäpuhtauksista. Pesurullastolla mahdolliset puiden mukana kulkeutuneet kivet, ylisuuret- ja metallia sisältävät puut erotellaan kuljettimella estäen niitä kulkeutumasta hakkuun.

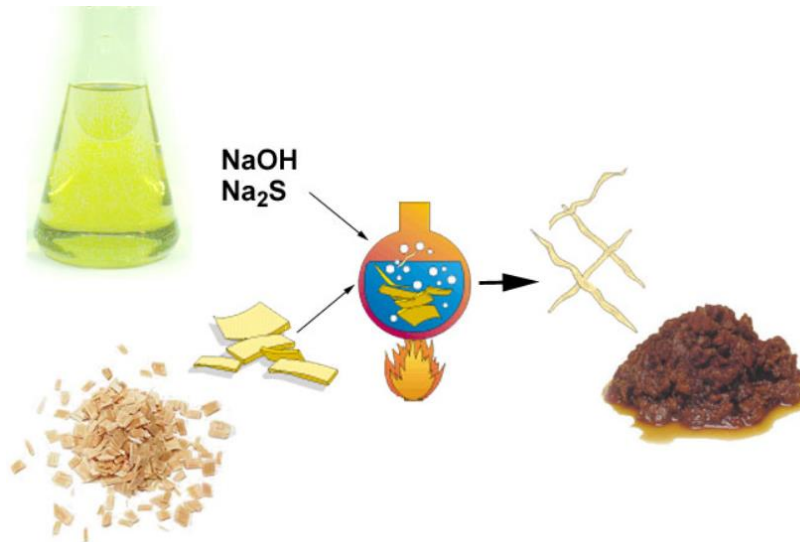
Hakun täytyy tuottaa tasalaatuista ja optimaalisen suuruista haketta, jotta sellun keitossa saataisiin kuidut pysymän mahdollisimman ehjinä ja kuitua sitova ligniini liukenemaan mahdollisimman hyvin. Hakun jälkeen hake kuljetetaan sellutehtaasta riippuen joko varastointiin tai hakkeen seulontaan. Hake varastoidaan esimerkiksi silloihin tai suuriin hakekasoihin. Ennen kuljetusta kuitulinjoille, hake täytyy myös seuloa ylimääräisen purun ja ylisuurten hakkeiden ja päreiden takia. Kuvassa 5 on esitelty puunkäsittelyprosessi.



Kuva 5. Puunkäsittelyprosessi (Knowpulp 2013)

3.2 Kuitulinja

Puunkäsittelyssä hakettu ja seulottu kuitupuu kuljetetaan sellutehtaan keittämölle, jossa puuhake keitetään. Kemiallisessa sellunvalmistuksessa keiton tehtävänä on lämmön ja kemikaalien avulla poistaa hakkeen kuituja sitova ligniini ja selluloosapitoisten kuitujen pitäminen mahdollisimman pitkinä ja ehjinä (Kuva 6). Keittokemikaalina käytetään yleensä valkolipeää. Valkolipeän tarkoituksena on liuottaa mahdollisimman paljon ligniiniä ja mahdollisimman vähän selluloosaa. (Knowpulp 2013.)



Kuva 6. Sellun keitossa pyritään erottamaan hakkeesta kuidut sekä ligniini ja uuteaineet (Knowpulp 2013)

Keiton jälkeen massa pestään ruskean massan pesussa. Pesun tarkoituksena on erottaa massasta keitossa syntynyt jäteliemi kuvan 7 mukaisesti. Jäteliemi sisältää keittokemikaaleihin liuennutta puuainesta. Massasta eritelty jäteliemi, eli mustalipeä, johdetaan pesun jälkeen haihduttamolle ja edelleen soodakattilaan poltettavaksi. Ruskean massan pesu on välttämätöntä jatkokäsittelyn kannalta, sillä se vähentää valkaisukemikaalien kulutusta ja helpottaa massan käsittelyä. (Knowpulp 2013.)

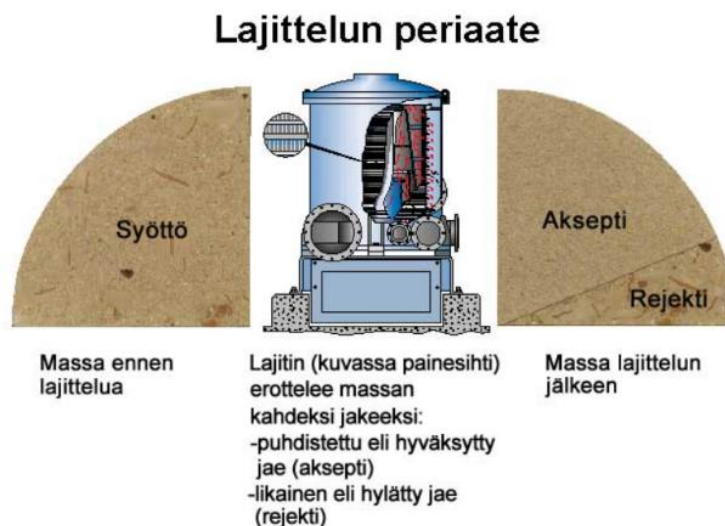
Mustalipeä erotetaan massasta sellun pesussa



Kuva 7. Ruskean massan pesussa massasta erotetaan jäteliemi, eli mustalipeä (Knowpulp 2013)

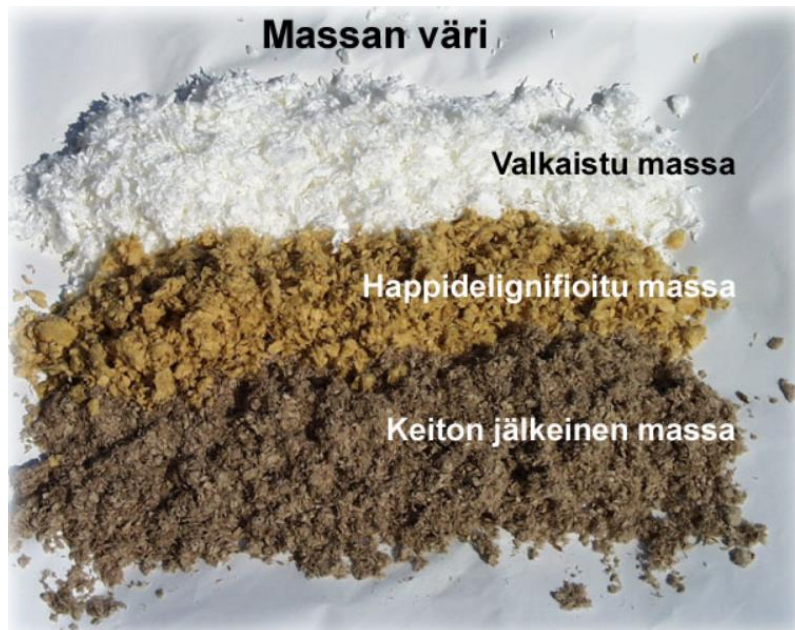
Sellun keitossa ei voida poistaa kaikkea kuitua sitovaa ligniiniä menettämättä saantoa, joten jäännösligniiniä poistetaan hapen ja alkalien avulla happidelignifiointi prosessissa. Happidelignifiointia kutsutaan usein myös happivaiheeksi ja on sellun keittoa hellävaraisempi prosessi, joka tuhoaa ligniinissä olevia värillisiä yhdisteitä ja poistaa epäpuhtauksia. (Knowpulp 2013.)

Keiton jälkeen sellumassassa on aina epäpuhtauksia, kuten metallia, hiekkaa, kuorta tai keittymättömiä hakepaloja. Epäpuhtaudet aiheuttavat prosessiongelmia, heikentävät lopputuotteen laatua sekä voivat kuluttaa ja vahingoittaa prosessilaitteistoa. Epäpuhtauksien pääasiallinen poisto tapahtuu lajittamossa. Epäpuhtaudet erotetaan joko osasten painon tai koon perusteella. Kokoon tai muotoon perustuva lajittelu erottaminen tapahtuu mekaanisten sihtilevyjen avulla (Kuva 8). Lajittelun päätarkoituksena on erottaa hyvästä massasta epäpuhtaudet mahdollisimman pienin kuituhäviöin. (Knowpulp 2013.)



Kuva 8. Massan lajittelun periaate (Knowpulp 2013)

Sellumassan keiton, pesun ja lajittelun jälkeen täytyy massa vielä valkaista. Valkaisun tarkoituksena on massan vaaleuden lisääminen ja pysyvyyden ja puhtauden parantaminen valkaisukemikaalien avulla. Kemiallisesti valmistettu massa valkaistaan jäännösligniiniä poistavalla valkaisulla, sillä jäännösligniini on merkittävin väriä aiheuttava aine. Valkaisu koostuu useasta valkaisuvaiheesta sekä niiden jälkeisistä ligniiniä pois pesevistä pesureista. Useat vaiheet ovat tarpeellisia, sillä massaa ei ole järkevä vaalentaa yhdessä vaiheessa. Kuvassa 9 huomaa massan vaaleuden muutoksen eri prosessien jälkeen. (Knowpulp 2013.)



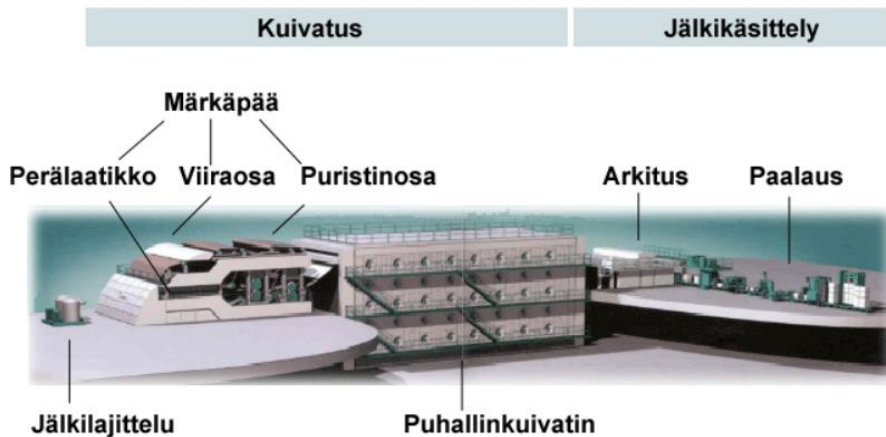
Kuva 9. Massan värin muutos kuitulinjan eri prosessien jälkeen (Knowpulp 2013)

3.3 Kuivauskone

Kuivauskoneen tehtävänä on muodostaa märästä sellumassasta tasalaatuinen ja halutun levyinen sellurata, joka on kuivattu haluttuun loppukuivuuteen, eli noin 90 % kuiva-ainepitoisuuteen. Kuivauskoneen historian aikana märkäässä on käytetty kolmea erilaista menetelmää, joilla perälaatikosta syötetystä massasta poistetaan vettä. Nämä kolme menetelmää ovat imusylinteri, tasoviirakone sekä kaksoisviirakone. Märkäässä veden poisto sellumassasta tapahtuu mekaanisesti, jonka jälkeen kuivatusosalla veden poisto tapahtuu haihduttamalla. (Knowpulp 2013.)

Suomessa on käytössä kahta ratakuivausmenetelmää. Ensimmäinen menetelmä on nimeltään konvektiokuivaus (puhallinkuivaus), jossa märkäässä muodostettu sellurata kuivataan puhallinkuivaimessa, jolloin vettä haihduttava lämpö tuodaan rataan ympäröivästä kuumasta ilmasta. Toinen ratakuivausmenetelmä on kontaktikuivaus (sylinderikuivaus), jolloin lämpö tuodaan rataa koskettavista kuumista metallipinnoista. (Knowpulp 2013.)

Kuivattu yhtenäinen sellurata johdetaan arkkileikkurille, jossa sellurata leikataan ensin pituussunnassa rainoiksi. Tämän jälkeen sellurainat leikataan poikkileik-
kausyksikössä arkeiksi. Arkit pinotaan kasaan, jonka jälkeen ne kuljetetaan paa-
laamoon. Paalaamossa selluarkkikasa punnitaan ja puristetaan tiiviiksi paaliksi.
Puristuksen jälkeen paalit vielä kääritään sellu- tai paperikääreeseen ja sidotaan
varastointia ja kuljetusta varten. Kuvassa 10 on esitetty kuivatus ja jälkikäsitte-
ly prosessi. (Knowpulp 2013.)

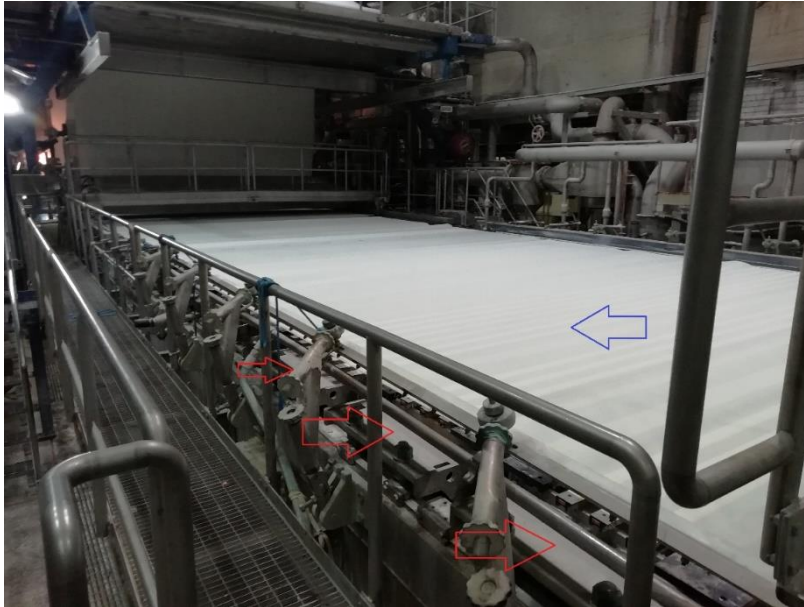


Kuva 10. Märkä sellumassa kuivataan ja varastoidaan paaleina (Knowpulp 2013)

Kaukaan sellutehtaan Kuivauskone 1

Kuivauskone 1:n (jatkossa käytetään nimitystä SKK1) valmisti Valmet vuonna 1964 ja kuivausosa oli alun perin tyypiltään sylinterikuivain (kontaktikuivaus). Sel-
lutehtaan tuotannon ja vaaditun kuivaustehon kasvaessa perinteinen sylinteri-
kuivain jätti selluradan kosteaksi ja täten kuivauskonetta jouduttiin uudistamaan.
Kuivauskoneen sylinterikuivaimen lisäksi rakennettiin puhallinkuivain (konvek-
tiokuivaus). Puhallinkuivaus on nykyään yleisin käytössä oleva kuivainosatyyp-
pi. Tavallisista puhallinkuivaimista poiketen SKK1:sen puhallinkuivain on rakennettu
vain yhteen kerrokseen, kun normaalisti puhallinkaappeja on useassa kerrok-
sessa. Kaukaan sellutehtaan toinen kuivauskone, Kuivauskone 4, on tyypiltään
puhallinkuivain, jossa puhallinkaapit ovat useassa kerroksessa. (Innanen 2020.)

Sellutehtaan kuitulinjoilta pumpataan pesty ja valkaistu sellumassa kuivausko-
neen sakeamassatorneihin, jossa sellumassaa säilötään. Sakeamassatornien
jälkeen massa laimennetaan ja lajitellaan. Lajiteltu sellumassa syötetään kui-
vauskoneen viiraosalle perälaatikon kautta (Kuva 11). (Innanen 2020.)



Kuva 11. Kuivauskoneen viiraosa

Kostea sellumassa syötetään viiran päälle (kuvassa 11 sininen nuoli). Viira kulkee imulaatikoiden (kuvassa 11 punaiset nuolet) päällä. Viiraosalla selluradasta poistetaan vettä imemällä vesi viiran lävitse imulaatikoissa vallitsevan alipaineen avulla. Viiraosan jälkeen sellurata kulkeutuu puristinosalle (Kuva 12). (Innanen 2020.)

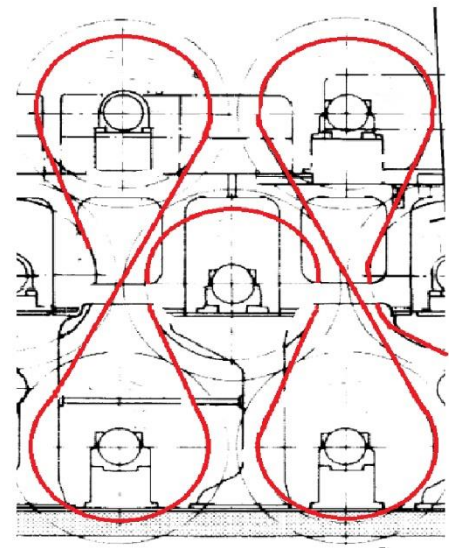


Kuva 12. Kuivauskoneen puristinosa

Puristinosalla sellurataa puristetaan kahden puristintelan välissä, eli nipissä (kuvassa 12 punaisilla nuolilla). Sellurata saa halutun paksuuden ja vettä imeytyy puristintelojen ympärillä kiertäviin puristinhuopiin (kuvassa 12 merkitty sinisillä

nuolilla). Puristinhuopia on kaksi: ylähuopa sekä alahuopa, yksi kummallekin puristintelalle. SKK1:llä on yhteensä kolme puristin nippiä, eli yhteensä kuusi puristinhuopaa. Huovan imettyä kosteutta selluradasta, imetään vuorostaan puristinhuovasta kosteus pois niin sanotussa huovankunnostajassa alipaineen avulla. (Innanen 2020.)

Puristinosan jälkeen sellurata syötetään sylinterikuivaimille, missä haihdutus alkaa, eli selluradasta poistetaan kosteutta lämmön avulla haihduttamalla. Suurien sylintereiden sisään johdetaan kuumaa höyryä, joka kuumentaa sylintereitä ja edesauttaa selluradan kuivumista. Sellurata kulkee pingotettuna sylintereiden pinnoilla sylinteriltä toiselle. Sylintereitä on eri korkeuksilla, jotta sellurata kulkisi mahdollisimman pitkän matkan ja täten olisi mahdollisimman pitkän ajan sylinterikuivaimessa (Kuva 13). (Innanen 2020.)



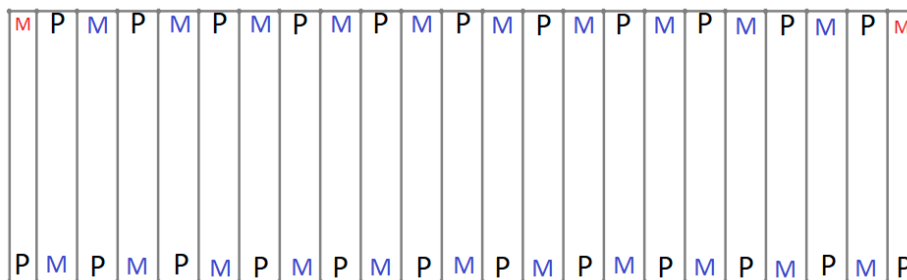
Kuva 13. Sylinterikuivaimia. Sellurata kulkee kuvassa näkyvien päänvienti-
narujen mukaisesti (SAP 1981)

Sylinterikuivaimen jälkeen sellurata kulkee kuvan 14 puhallinkuivaimen läpi, jossa puhallinlaatikoiden sisään puhalletaan höyrypattereiden lämmittämää ilmaa. Tämä lämmitetty ilma kuivattaa selluradan haluttuun loppukuivuuteen. (Innanen 2020.)



Kuva 14. Kuivauskoneen puhallinkuivainosa

Puhallinkuivainosa koostuu 23:sta puhallinyksiköstä, puhallinlaatikko rivistöistä sekä 23:sta nostomekanismista. Puhallinyksiköitä (kuvassa 14 sininen nuoli) on kuivauskoneen puhallinkuivainosan molemmilla puolin, limittäin vastakkaisella puolella oleviin puhallinyksiköihin nähden. Puhallinlaatikoiden toisessa päässä on puhallinkaappi (kuvassa 14 punainen nuoli) sekä nostomekanismi ja toisessa päässä puhallinyksikkö kuvan 15 mukaisesti.



Kuva 15. Puhallinyksiköiden ja mekanismien sijainti puhallinkuivain osassa

Kuvassa 15 on luonnosteltu puhallinyksiköiden sijaintia puhallinkuivainosassa. Jokaisen puhallinyksikön (P) toisessa päässä on nostomekanismi (M). Punaisella merkityillä mekanismeilla ei ole omaa nostovoimaa tuottavaa sylinteriä, vaan ne saavat nostovoiman viereiseltä mekanismilta.

Puhallinyksikkö muodostuu yhdestä puhaltimesta sekä kahdesta höyrypatterista. Puhallinyksikkö on puhallinkaapista välioivella eristetty osa, jonne puhallin (kuvassa 14 sininen nuoli) imee ilmaa höyrypattereiden läpi ja puhaltaa lämmitetyn ilman puhallinlaatikoiden sisälle. Puhallinlaatikoiden toinen pää on avoin ja laatikoiden ylä- ja alapinnoilla on reikiä, joista lämmitetty ilma virtaa ulos kuivattaen

näin sellurataa (Kuva 16). Sellurata myös leijuu puhallinlaatikoiden päällä kyseisen ilmavirran avulla. (Innanen 2020.)



Kuva 16. Puhallinyksikössä kuuma ilma puhalletaan puhallinlaatikoiden sisään

Kuvassa 17 on numeroituna 1–5 alkuperäiset puhallinlaatikkorivit ja numeroilla 6. ja 7. on vuonna 2016 asennetut uudet puhallinlaatikot. Vuonna 2016 jäähdytyslaatikot myös siirrettiin kokonaan puhallinkuivainosan alapuolelle. Jäähdytyslaatikoista kuva kappaleessa 4.3. Kuvassa 17 on myös merkitty punaisilla nuolilla höyrypatteria, jonka läpi puhallinyksikön puhallin imee ilman. (Innanen 2020.)



Kuva 17. Puhallinkaapin näkymä ovelta päin katsottuna

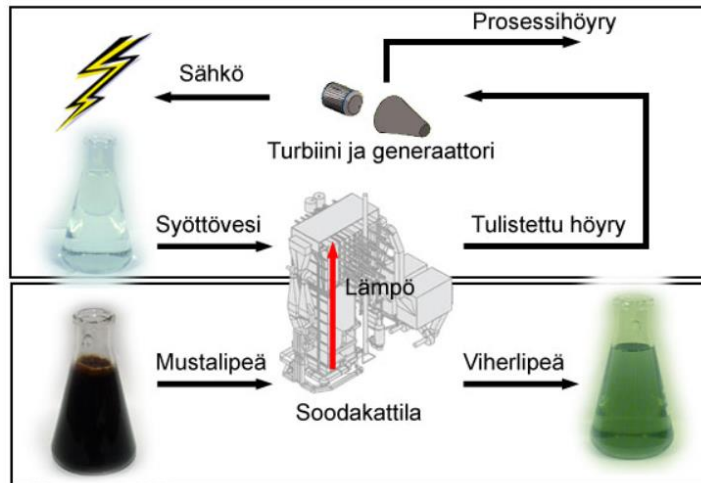
Kuivattu sellurata pilkotaan paaleiksi arkkileikkurissa ja syntyneet paalit puristetaan paalipuristimella kasaan (Kuva 18). Kasaan puristetut paalit pakataan ja sidotaan valmiiksi selluyksiköiksi paalaamossa, jonka jälkeen yksiköt varastoidaan ja toimitetaan asiakkaille. (Innanen 2020.)



Kuva 18. Vasemmalla arkkileikkuri ja oikealla paalipuristin ja paalaamo

3.4 Talteenotto

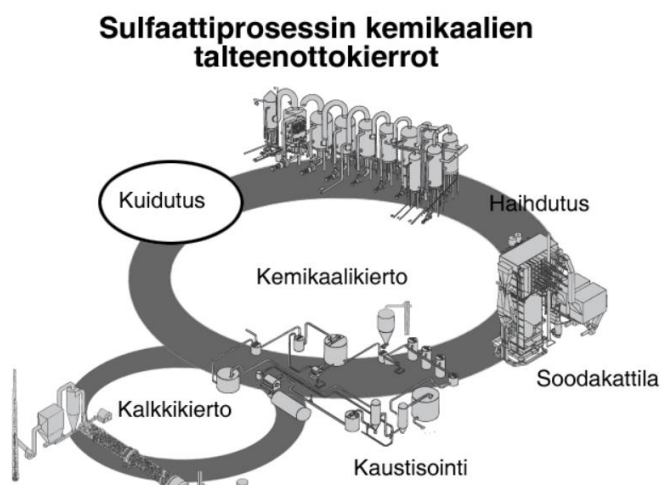
Sellun pesussa massasta erotettu jäteliemi, eli mustalipeä, pumpataan haihduttamolle, jonka tehtävänä on poistaa mustalipeästä vettä. Haihduttamalla pyritään veden poistamisen lisäksi saamaan talteen keitossa syntyviä sivutuotteita, kuten metanolia ja suopaa. Mustalipeän kuiva-ainepitoisuuden ollessa noin 80 %, poltetaan se soodakattilassa. Mustalipeän polton tavoitteena on saada talteen mustalipeän sisältämät keittokemikaalit sekä siihen liunneen orgaanisen aineen lämpöenergia (Kuva 19). Soodakattilassa vapautuva lämpöenergiaa käytetään sähkön ja höyryn tuottamiseen. Epäorgaaninen aines valuu soodakattilan alaosaan kemikaalisulana, joka liuotetaan laihavalkolipeään, jolloin syntyy viherlipeää. (Knowpulp 2013.)



Kuva 19. Soodakattilan prosessi (Knowpulp 2013)

Soodakattilan sulasta ja laihavalkolipeän seoksesta saatu viherlipeä johdetaan kaustistamolle, jossa apukemikaalina toimivan kalkin avulla viherlipeä muutetaan takaisin valkolipeäksi, jota pystytään käyttämään taas sellun keitossa. (Knowpulp 2013.)

Kaustisoinnissa viherlipeän yhdisteet reagoivat poltetun kalkin kanssa sekä tästä reaktiosta syntyneen kalsiumhydroksin kanssa. Lopputuloksena saadaan valkolipeää, jota käytetään sellun keitossa. Saatu valkolipeä sisältää meesaa, joka täytyy erottaa valkolipeästä mahdollisimman hyvin esimerkiksi erilaisten suodattimien avulla. Erotettu meesa pestään ja poltetaan pyörivässä meesauunissa korkeassa lämpötilassa takaisin poltetuksi kalkiksi. Poltettua kalkkia käytetään uudelleen valkolipeän valmistuksessa. Kuvassa 20 on esitetty kemikaalien talteenottokierro. (Knowpulp 2013.)



Kuva 20. Sellutehtaan kemikaalien talteenotto prosessi (Knowpulp 2013)

4 Puhallinlaatikoiden nostomekanismi

4.1 Yleistä mekanismeista

Koneissa tai laitteissa täytyy usein siirtää pyörivää tai suoraviivaista liikettä sekä liikkeen lisäksi usein myös voimaa. Liikkeen ja voiman siirtämiseen voidaan rakentaa sopiva mekanismi. Tarvittaessa mekanismilla pystytään muuttamaan myös liikkeen mittasuhteita tai muuttamaan pyörivä liike suoraviivaiseksi liikkeeksi. Erilaiset mekanismit ovat käyttökelpoisia myös poikkeavissa olosuhteissa, kuten kuumissa tai kosteissa kohteissa. Esimerkiksi korroosiolle altistavissa olosuhteissa mekanismi toimii häiriöttömämmin kuin elektroniset laitteet. (Blom ym. 2001, 299–300.)

Mekanismi koostuu elimistä, joita ovat erilaiset kiinteät kappaleet, kuten jouset, hihnat tai vastaavat. Mekanismin elinten väliset liitokset, eli kinemaattiset parit, välittävät liikettä ja voimaa elimistä toiseen. Mekanismin elimiä kinemaattisilla pareilla yhteen liittämällä syntyy kinemaattinen ketju. Mekanismi on suljettu kinemaattinen ketju ja voi liikkua vain yhdellä tunnetulla tavalla. (Blom ym. 2001, 300–301.)

4.2 Nostomekanismin käyttötarve

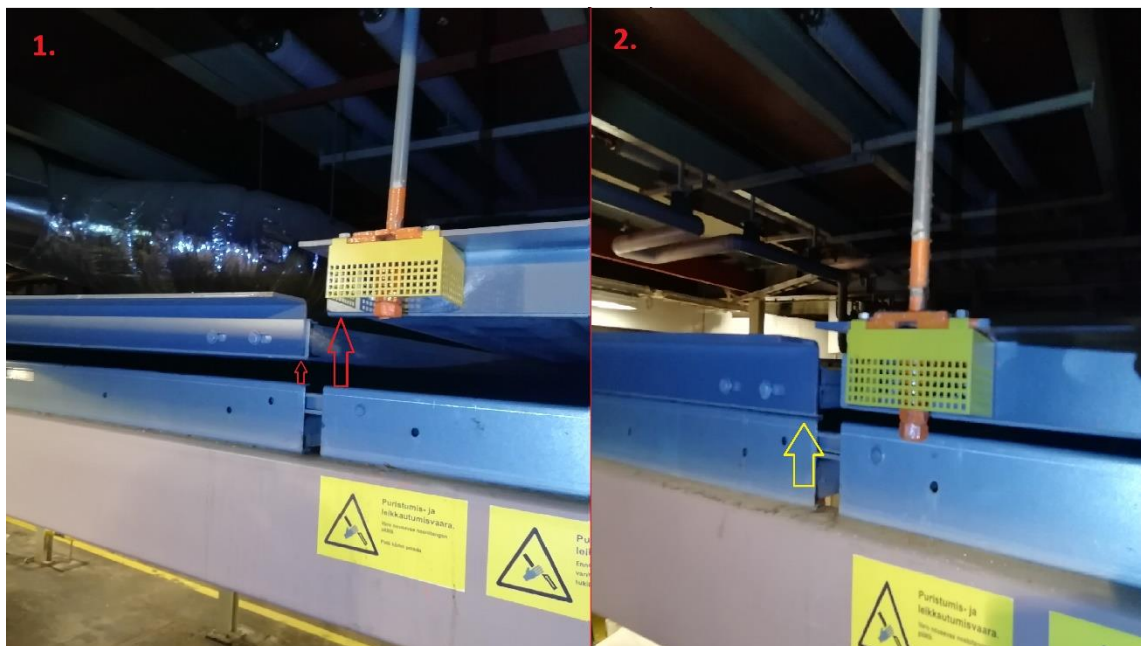
SKK1:llä osa veden poistamisesta selluradasta tapahtuu puristinosa puristinhuopien avulla (Kuva 21). Nämä huovat vaihdetaan noin kymmenen viikon välein. (Innanen 2020.)



Kuva 21. Puristinhuovat vaihdetaan noin kymmenen viikon välein

Kuivauskoneella pidetään siis vähintään yksi seisokki tällä aikavälillä, ellei kuivauskoneella tapahdu ratakatkoja. Ratakatko tarkoittaa selluradan katkeamista esimerkiksi epäpuhtauden tai kertymien johdosta. Yleensä ratakatko syntyy kuivauskoneen mărăstä päästä, eli viira- tai puristinosasta. Rata voi myös katketa puhallinkaappeihin sinne syntyneistä epäpuhtauskertymistä. (Innanen 2020.)

Selluradan katketessa, joudutaan selluradalle suorittamaan päänvienti, eli sellurata vedetään kuivauskoneen sylinterikuivaimen ja puhallinkuivaimen läpi, jotta kuivauskone saadaan takaisin ajoon. Päänvienti suoritetaan päänvientiköysillä ja liinalla. Päänvientiliina koostuu taitetusta erikoiskankaasta, jonka sisään sellurata asetetaan. Jotta päänvienti saadaan tehdyksi, täytyy puhallinkaappien sisäpuolella sijaitsevat puhallinlaatikot nostaa ylös, jotta puhallinkuivaimen puhdistaminen onnistuu. Mekanismit nostavat puhallinlaatikkorivistöstä ylempiä laatikoita noin 15 senttimetriä ylöspäin. Puhallinkuivaimen sisäosa, puhallinkaapit sekä puhallinlaatikoiden päällys täytyy puhdistaa mahdollisista epäpuhtauksista sekä sinne jääneistä selluriekaleista. Kuvassa 22 huomataan, kuinka mekanismin osittainen- ja täysitoimimattomuus vaikeuttavat putsausta. (Innanen 2020.)



Kuva 22. Mekanismit eivät nosta kaikkia laatikkorivejä ylös asti

Vasemmalla puolella kuvassa 22 huomataan täysin toimivan ja vajavaisesti toimivan mekanismin ero. Oikeanpuoleinen puhallin- ja jäähdytyslaatikko rivi on yläasennossa ja puhdistaminen onnistuu, kun taas viereistä laatikkorivistöä mekanismi ei ole pystynyt nostamaan vaadittua korkeutta. Oikealla puolella kuvassa

22 mekanismi ei ole toiminut lainkaan ja täten laatikkorivistöt eivät ole nousseet normaalitilasta.

Päänvienti voidaan suorittaa jopa 30:ssä minuutissa, edellyttäen kaiken menevän hyvin, mutta päänvienti voi kestää jopa kolme tuntia. Päänviennin valmistuttua ja koneen jatkaessa ajoa voi sellurata katketa uudelleen, jolloin päänvienti, puhallinkaappien ja laatikoiden puhdistus joudutaan suorittamaan uudestaan. Puhallinlaatikoiden nostomekanismia voidaan siis joutua käyttämään useaan kertaan lyhyen ajan sisällä, ellei päänvienti onnistu ensimmäisellä kerralla. (Innanen 2020.)

4.3 Nostomekanismin rakenne

SKK1:n puhallinlaatikoiden nostomekanismi koostuu seuraavista kolmesta osasta:

- Vaakatasossa sijaitsevasta paineilmasylinteristä, joka tuottaa nostomekanismin tarvitsevan voiman ja kääntää käyttöakselia, jolla saadaan aikaan nostoliike.
- Käyttöakselista, joka on kohtisuorassa käyttävään paineilmasylinteriin nähden ja on nivelellä kiinnitetty tähän sylinteriin. Käyttöakselin molemmissa päissä on teräslevystä valmistetut ja hitsaamalla akseliin kiinnitetyt nostokäpälet, jotka työntävät nostotankoja ylöspäin käyttöakselin pyöriessä.
- Kahdesta nostotangosta, joihin on hitsaamalla kiinnitetty aluslaatat jokaista nostettavaa puhallinlaatikko riviä kohti. Tangot ovat kiinnitetty myös alapäästään jäähdytyslaatikko riviin.

Nostomekanismi saa nostovoimansa kuivauskaapin pohjalla sijaitsevasta paineilmalla toimivasta sylinteristä. Sylinterin mäntä sijaitsee puhallinkaapin alapuolella sekä ulkona kaapista. Sylinterin varsi kulkee kaapin lattiassa sijaitsevan läpiviennin läpi puhallinkaappiin. Paineilmasynteri on kytketty osaston paineilma- verkkoon ja sylinterinvarsi on nivelöity käyttöakseliin (Kuva 23). Sylinterin suorittaessa plusliikkeen, kääntää se samalla käyttöakselia.



Kuva 23. Mekanismia liikuttavan paineilmasylinterin varsi

Kuvassa 23 punaisella nuolella on merkitty sylinterin varsi, joka on nivelöity käyttöakseliin (valkoinen nuoli). Keltainen nuoli osoittaa sylinterinvarren tekemän liikkeen suunnat. Käyttöakseli on molemmista päistään kiinnitetty ja laakeroitu viereisten puhallinyksiköiden seiniin. Käyttöakselin molemmissa päissä on kaksi nostokäpälää, jotka käyttöakselin pyöriessä ottavat kiinni nostotankojen vastintappiin, työntäen näin nostotankoja ylöspäin (Kuva 24).



Kuva 24. Käyttöakselin kaksi nostokäpälää (vihreä) sekä vastintapit (punaiset)

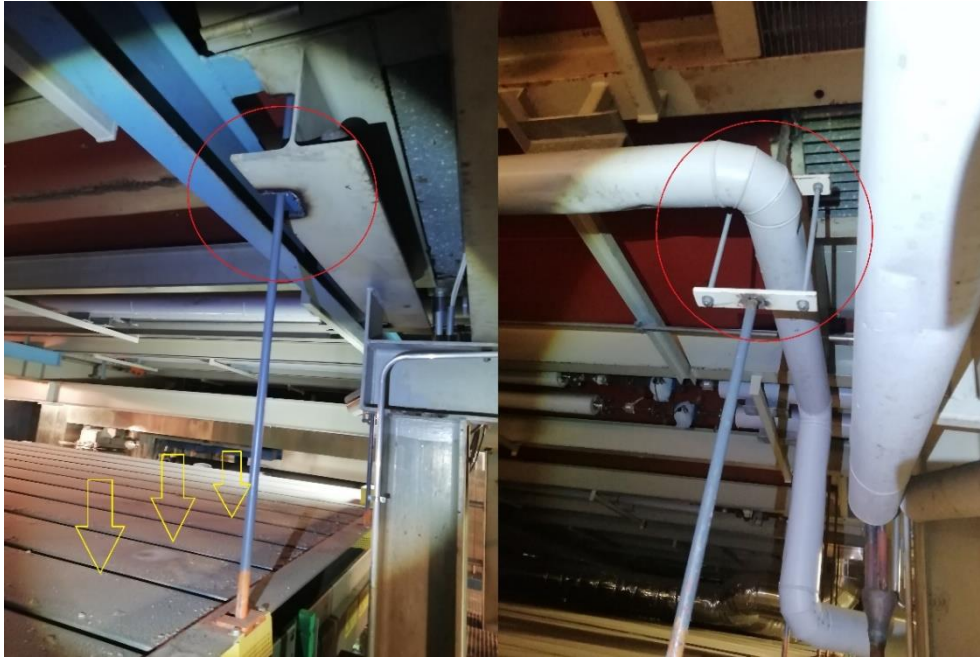
Nostotankoina toimii kaksi pyörötankoa. Tankojen alapäähän on kiinnitetty vastintapit, joista nostokäpälet nostavat tankoja. Tankoihin on myös kiinnitetty aluslaattoja jokaista nostettavaa puhallinlaatikko riviä kohti. Nämä aluslaatat menevät puhallinlaatikoiden päihin kiinnitettyjä kulmarautoja vasten nostoliikkeen aikana (Kuva 25). Aluslaatat siis välittävät sylinterin tuottaman voiman puhallinlaatikoihin, nostaen näin laatikoiden päitä ylös huolto- ja puhdistustöitä varten.



Kuva 25. Mekanismin nostotangot

Kuvassa 25 aluslaatat on merkitty kuvaan sinisillä nuolilla ja puhallinlaatikoiden avoimet päät punaisilla. Kaapin ja puhallinyksikön välillä oleva ovi on aukaistu kuvaa varten. Mekanismi nostaa siis laatikoita vain suljetusta päästä.

Nostotangot on kiinnitetty myös puhallinkaappien alapuolella sijaitseviin erillisiin jäähdytyslaatikkoriveihin. Jäähdytyslaatikot olivat ennen 2016 vuoden muutoksia puhallinkaapin sisällä kuvassa 17 näkyvien uusien laatikoiden tilalla, mutta näiden kahden rivin lisäämisen jälkeen ne siirrettiin runsaasti koneen alapuolelle. Nostotangoille on tehty läpivienti kaapin pohjasta lattiatason läpi. Kuten kuvasta 26 huomataan, on jäähdytyslaatikoiden nostotankojen läpivientejä tehtäessä jouduttu muokkaamaan myös runkorakenteita sekä kiertämään putkistoja. Mekanismi nostaa myös kyseistä jäähdytyslaatikkorivistöä, mutta toisin kuin varsinaisia puhallinlaatikoita, jäähdytyslaatikoita nostetaan vain toisesta reunasta.



Kuva 26. Nostotankojen läpivientejä. Keltaisilla nuolilla merkitty jäähdytyslaatikkorivistö.

4.4 Nostomekanismin ongelmakohdat ja parannusehdotukset

Nykyisessä nostomekanismissa on useita ongelmakohtia, jotka vaikeuttavat puhallinlaatikoiden nostamista ja puhallinkaappien putsaamista. Yksi näistä ongelmakohdista on nostotankojen alapään vastintapit sekä nostokäpälet.

Vastintappien ja nostokäpälien välillä on suuri kitka johtuen laakeroinnin ja voitelun puutteesta sekä huonokuntoisista liukupinnoista. Nostokäpälien pinnankarheus on todella suuri ja liukupinta ei ole sovelias kyseiseen käyttötarkoitukseen, jossa kaksi metallipintaa liikkuvat toisiaan vasten.

Nostoliikkeen osittainen toimimattomuus johtuu myös osakseen siitä, että nostotankojen pystysuora nostoliike toteutetaan käyttöakselin ympyrän kaaren suuntaisella liikkeellä, jolloin nostovoimaa ei saada kohdistettua suoraan ylöspäin kuin hetken ajan.

Nostokäpälien suuri pinnankarheus johtuu liukupintaan syntyneistä naarmuista ja kuopista aiheuttaen näin epätasaisen liikkeen. Kitkan ollessa suuri kyseisillä liukupinnoilla, katoaa osa sylinterin tuottamasta, laatikoiden nostamiseen tarkoite-

tusta voimasta kitkan voittamiseen. Kitkan voittamiseen vaadittava voima vähentää laatikoiden nostamiseen tarkoitettua voimaa. Kuvasta 27 huomataan nostokäpälän ja vastintapin huono kunto.

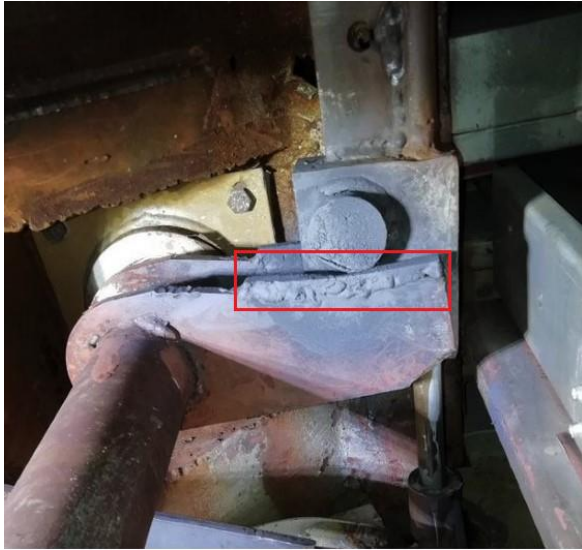


Kuva 27. Nostokäpälien ja vastintapin liukupinnat eivät ole kohteeseen sopivia

Nostokäpälien ja vastintapin välistä kitkaa pystyttäisiin pienentämään vastintapin laakeroinnilla. Eräissä kuivauskoneen puhallinkaapeissa vastintapit on liukulaakeroitu holkeilla kuten kuvassa 24. Näissä holkeilla laakeroituissa nostotapeissa on huomattu merkittävästi vähemmän ongelmia verrattuna laakeroimattomiin tappeihin (Kuva 27). Holkin tilalle voisi myös vaihtaa vierintälaakerin esimerkiksi neula- tai rullalaakerin. Näin saavutettaisiin vielä pienempi kitka kuin liukulaakerilla, mutta puhallinkaappien korkean lämpötilan takia laakerin voitelun ja tiivistyksen toteutus on miltei mahdotonta. Paras ja edullisin vaihtoehto liukukitkan muuttamiseen vierintäkitkaksi olisi kuvan 24 mukainen nostotapin holkitus.

Liukupinnat tulisi työstää mahdollisimman pyöreiksi ja tasaisiksi, sillä käyttöakseliin kiinnitettyjen nostokäpälien liike on ympyrän kaaren suuntainen ja vastintappi pyöreä. Tällöin liukupinnat myötäilisivät toisiaan mahdollisimman hyvin ja liike olisi koko ajan mahdollisimman tasainen. Joidenkin mekanismien nostokäpäliin

on lisätty hitsaamalla vastinkappaleet, joiden pinta on hieman pyöreämpi kuin nostokäpälän pinta (Kuva 28).



Kuva 28. Nostokäpälään hitsaamalla lisätty vastinkappale, jolla on pyritty saamaan nostokäpälän liukupintaan pyöreyttä

Nostokäpälän pinnan työstämisen ja hiomisen sijaan liukupinnalle voisi liittää siileän, levystä leikatun metalliliuskan. Liuska olisi helppo kiinnittää nostokäpälään sekä muovata pinnan mukaiseksi maksimoiden näin jouhevan liikkeen ja pienen kitkan koko nostoliikkeen ajan. Mekanismin toinen ongelmakohta on nostotangot. Eräiden kaappien nostotangot ovat todella pahasti vääntyneet, kuten kuvasta 29 huomataan.



Kuva 29. Vääntynyt nostotanko sekä ohjain

Vääntyneet tangot eivät välitä nostovoimaa suunnitellulla tavalla sekä rasittavat muita rakenteita ja kiinnikkeitä. Tankojen vääntymisen on mahdollisesti aiheuttanut ylimääräisistä kitkoista alkunsa saanut epätasainen nostonopeus tai nostoliikkeen jumiutuminen, jotka ovat synnyttäneet jännityspiikkejä mekanismin rakenteisiin.

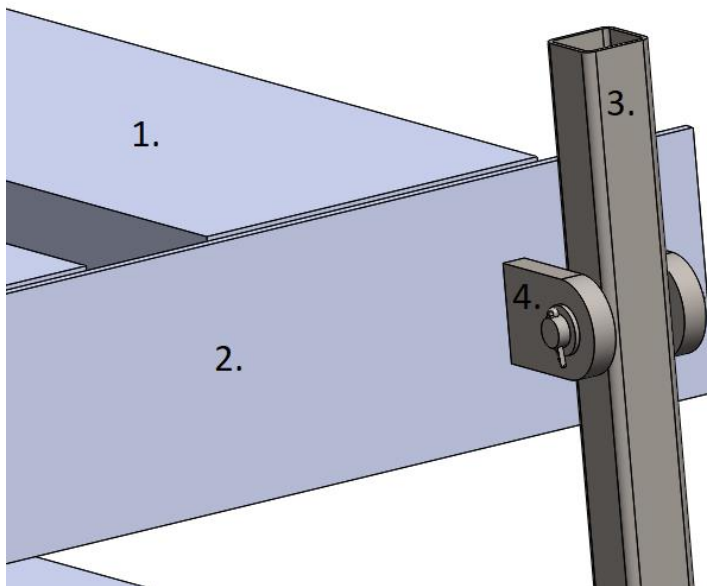
Kuvan 25 aluslaattojen välisten etäisyyksien ollessa väärin mitoitettut, on mahdollista, että yksi ylempänä sijaitseva aluslaatta ottaa puhallinlaatikoiden kulmarautoihin kiinni ennen muita aluslaattoja, aiheuttaen näin nostotankoon suuremman nurjahduspituuden. Tällöin tangon nurjahtamisen todennäköisyys kasvaa ja yhteen kulmarautaan syntyy suurempi leikkaus- ja taivutusjännitys, mikä vääntää kulmarautoja.

Sylinterin nostovoiman välittämiseen puhallinlaatikoihin voitaisiin kehittää erilaista toteutustapaa. Nykyinen kulmarauta ja tankoihin hitsattu aluslaatta on kiinteä ratkaisu ja tulisi olla tarkasti mitoitettu. Tämä toteutus vaatisi myös muiden mekanismin osien moitteettoman toimimisen ja yhteen sopivuuden toisiin osiin. Tällä hetkellä mekanismin vaurioituneen rakenteen takia syntyvät jännityspiikit rasittavat kulmarautoja ja useat kulmaraudat ovatkin vääntyneet. Vääntyneet kulmaraudat ottavat nostotankoihin kiinni synnyttäen jälleen turhia kitkoja mekanismin vaikuttaen sen toimivuuteen. Kuvasta 30 huomataan, kuinka nostotanko on kosketuksissa kulmaraudan läpiviennin reunaan.



Kuva 30. Kulmarauta ja nostotangon läpivienni

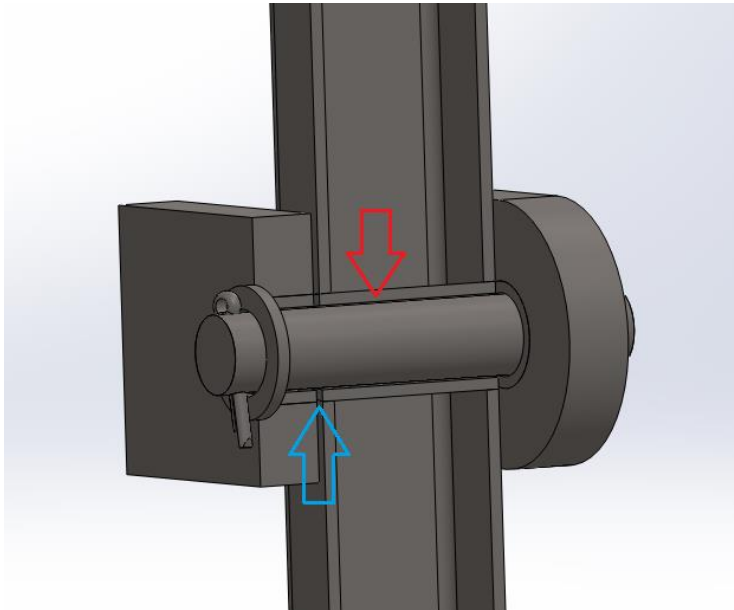
Nostotangoilta ei välttämättä vaadita pyörötankoprofiilia. Pyörötankojen tilalle voitaisiin suunnitella esimerkiksi neliöputkea, joihin olisi porattu läpireiät. Nostettaisiin puhallinlaatikko riveihin tehtäisiin uudet ”korvakkeet” ja laatikot kiinnitettäisiin läpitaipilla uusien nostotankoihin. Läpitaipilla saataisiin poistettua kulmaraudan ja nostotangon välinen liukukitka, sillä tangon ei tarvitse enää liukua vääntyneen kulmaraudan läpivientireikää vasten. Myöskään ylimääräisiä ohjainholkkeja ei vaadittaisi. Tällöin mekanismin ja laatikoiden rakenteet säilyisivät muuttumattomina ehkäisten uusien turhien kitkapintojen syntymistä. Tappikiinnitys myös sallisi laatikoiden nostosta syntyvän pienen kulman muutoksen, sillä tappi toimisi nivelenä. Tällöin puhallinlaatikoiden kulman muuttuessa ei synny samanlaisia leikkaus- ja taivutusjännityksiä kulmarautojen juureen, kuin nykyisessä mekaniismissa kulmaraudan ja aluslaatan välillä syntyy. Kuvassa 31 on luonnosteltu mahdollista läpitaippitoteutusta.



Kuva 31. Luonnostelma uudesta nostotangon kiinnityksestä puhallinlaatikkoriiviin

Kuvassa 31 numero 1. kuvaa puhallinlaatikkoa, 2. puhallinlaatikkorivin otsalevyä, 3. uutta neliöputkesta valmistettua nostotankoa läpirei'illä ja 4. kulmaraudat korvaavaa korvaketta. Uuden nostotangon reikiin voisi asentaa myös pehmeästä metallista valmistetut holkit korvakkeen ja tangon reikiin, jotta tapin ja läpireikien väliltä saataisiin pienennettyä kitkaa. Mikäli holkki asennetaan, tulee varmistaa, että holkki kesää nostosta muodostuvan pintapaineen. Holkkia ei myöskään

voida tehdä yhdestä kappaleesta, vaan korvakkeisiin ja nostotankoon täytyy asentaa omat holkit (Kuva 32).



Kuva 32. Leikkauskuva uuden tyyppisestä kiinnityksestä. Punaisella nuolella osoitettu holkki ja sinisellä nuolella huomioitu holkin rakenne sekä tangon ja korvakkeen välystä.

5 Puhallinlaatikoiden uudet vaihtoehtoiset nostomekanismit

Uutta mekanismeamia lähdettiin kehittämään kolmen pääpiirteen kautta:

- Mekanismin tulisi olla rakenteeltaan mahdollisimman yksinkertainen. Tällöin mekanismin vikaantuminen olisi epätodennäköisempää ja kunnossapidettävyys helppoa ja kustannustehokasta.
- Mekanismin tulisi olla käyttövarma ja käyttäjäystävällinen, jolloin ylimääräistä aikaa ei kuluisi mekanismin toimiessa suunnitellusti. Näin saataisiin seisokkien kestoa lyhennettyä sekä tuotantoaikaa nostettua. Myöskään miestyötunteja ei tarvitsisi käyttää mekanismin toimimattomuuden selvittämiseen ja korjaamiseen. Samalla työturvallisuus parantuisi, sillä nykyistä mekanismeamia joudutaan lyömään raskailla lyöntityökaluilla ahtaassa puhallinkaapissa, jolloin työtaturma riski kasvaa.
- Mekanismin voimavälitys tapaa pyrittiin myös uusimaan. Mekanismin vetäessä laatikoita ylöspäin nykyisen työntämisen sijaan, poistaisi se monimutkaisen rakenteen tarpeen sekä esimerkiksi nostotankojen nurjahtamisen vaaran.

5.1 Nykyisen nostomekanismin tuottaman voiman laskeminen

SKK 1:llä käytössä olevan paineilmaverkoston paine on 6 bar. Nostomekanismin ja paineilmaverkoston väliin on asennettu paineensäädin, jolla pystytään säätämään mekanismin sylinterille menevän paineilman painetta. Normaalisti sylinterille menevän paineilman paine on noin 4 bar, mutta käyttöhenkilöstö on säätänyt sylintereille menevän paineilman paineeksi 6 bar mekanismin toimimattomuuden takia. Säädöstä huolimatta mekanismit eivät toimi halutulla tavalla. Paineen lisäämisen takia sylinteri tuottaa entistä suuremman voiman, joka mekanismin heikon toiminnan vuoksi voi vaurioittaa mekanismin rakennetta entisestään.

Nykyisen mekanismin sylinterin tuottaman voiman laskemiseksi, täytyy ensin laskea sylinterin männän pinta-ala yhtälöllä 1.

$$A = \pi * r^2 \quad (1)$$

missä A = sylinterin männän pinta-ala

$$\pi = p_{ii}$$

r = sylinterin männän säde

Selvitetyämme sylinterin pinta-alan, voimme laskea sylinterin tuottaman teoreettisen voiman yhtälöllä 2, kun tiedämme sylinterin käyttämän paineilman paineen.

$$F = p * A \quad (2)$$

missä F = sylinterin tuottama voima

p = paineilmaverkoston paine

A = sylinterin männän pinta-ala

Tietäessämme sylinterin tuottaman voiman, voimme selvittää mekanismin synnyttävän voiman yhdessä nostotangossa yhtälön 3 avulla.

$$F_{nostotanko} = \frac{F * d_1}{2 * d_2} \quad (3)$$

missä $F_{nostotanko}$ = mekanismin nostotankoihin tuottama voima

F = sylinterin tuottama voima

d_1 = sylinterin varren pään ja käyttöakselin välinen etäisyys

d_2 = käyttöakselin ja nostotapin välinen etäisyys

Laskut on esitetty lukuarvoilla laskettuna liitteessä 1. Liitteen 1. laskuista huomaamme, että mekanismin molemmat nostotangot välittävät normaalilanteessa 4 bar paineella lähes 10 000 N:n voiman. Laskut ovat teoreettisia, sillä niissä ei olla huomioitu paineilmasylinterin hyötysuhdetta, eikä kitkoista syntyviä häviöitä. Uuden mekanismin suunnittelussa vastuksia voidaan käyttää suuntaa antavina.

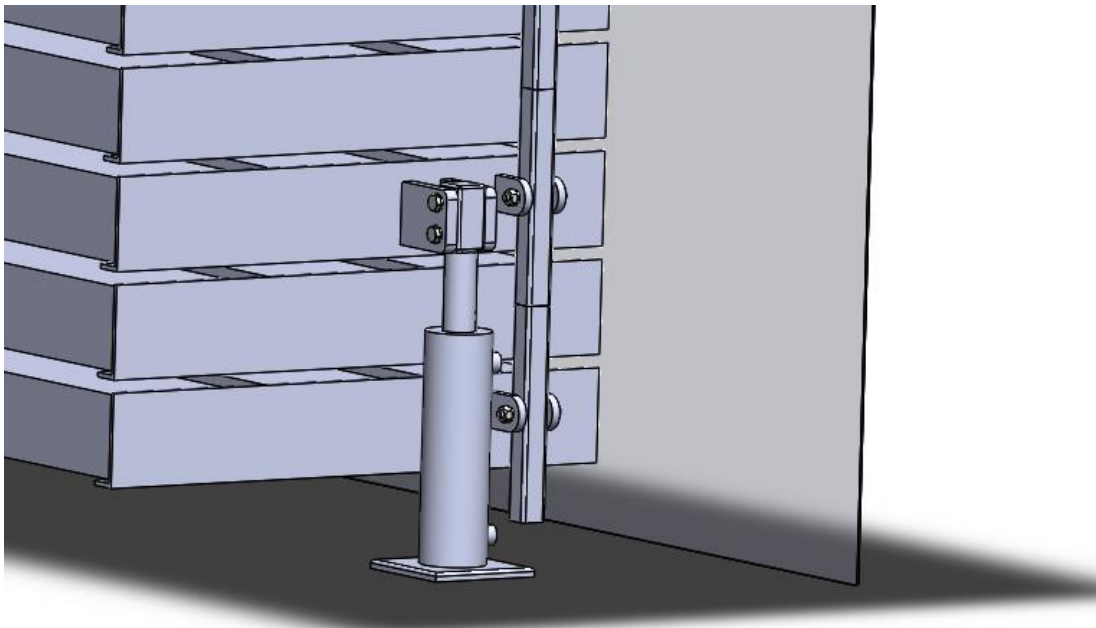
5.2 Puhallinlaatikoita ylöspäin työntävä sylinteri

Ensimmäinen vaihtoehtoinen mekanismiehdotus on sylinterin asennus samansuuntaisesti nostotankoihin nähden. Sylinteri olisi puhallinlaatikkorivejä nosta-

vassa päässä puhallinkaapin sisällä. Kiinnitys voitaisiin toteuttaa joko puhallinlaatikkorivit yhdistävään, edellisessä luvussa mainittuun neliöputkeen (Kuva 31) tai sitten puhallinlaatikkorivin etulevyyn.

Pystyyn asennettu sylinteri olisi rakenteeltaan yksinkertainen ja toiminnaltaan tehokas. Mekanismissa olisi tällöin vain pystysuuntaista liikettä, ei ylimääräisiä niveliä eikä kitkapintoja. Sylinteri tekisi nostoliikkeen plusliikkeellä ja laatikkorivistön molemmissa päissä olisi omat sylinterit. Mikäli valittaisiin hydraulikalla toimiva sylinteri, pystyttäisiin sen kokoa pienentämään huomattavasti paineilmalla toimivaan sylinteriin nähden.

Mekanismin ongelmaksi osoittautui puhallinkaapin korkea sisälämpötila, joka on ajonaikana lähes 140 °C. Korkealämpötila asettaa haasteita muun muassa sylinterin tiivistykselle. Sylinterin asentaminen koneen alapuolelle olisi myös erityisen hankalaa johtuen koneen alapuolisten rakenteiden takia. Tämän takia sovittiin, että keskitytään toisenlaisen mekanismin kehittämiseen. Kuvassa 33 on luonnostelu sylinterin mahdollista asetelmaa.



Kuva 33. Nostosylinteri tulisi puhallinlaatikoiden viereen pystyyn asennettuna

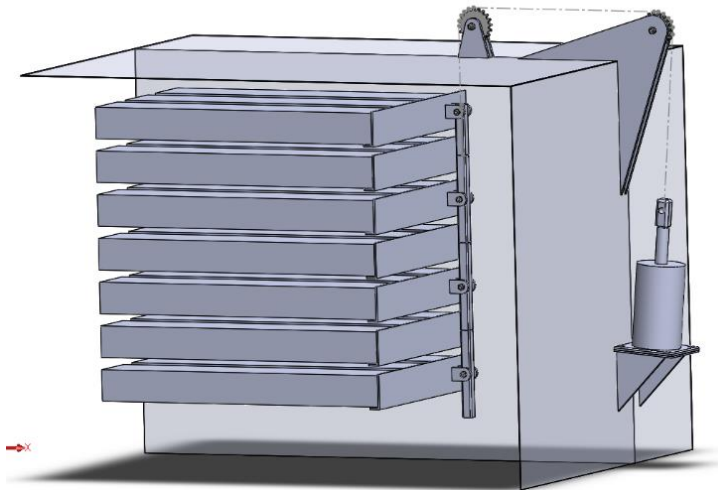
5.3 Yläpuolelta nostava mekanismi

Toista vaihtoehtoista mekanismia lähdettiin toteuttamaan yläpuolelta nostavaksi. Tällaista koneen yläpuolelta nostavaa mekanismia suunniteltaessa tulisi ottaa huomioon kuivauskoneen päällä oleva tila. Siltanosturin tulee pystyä kulkemaan koneen yllä ongelmitta. Kuivauskoneen eristepeltien ja siltanosturin jäykisteripojen välille jää noin 30:n senttimetrin korkuinen tila, kuten kuvasta 34 huomataan.



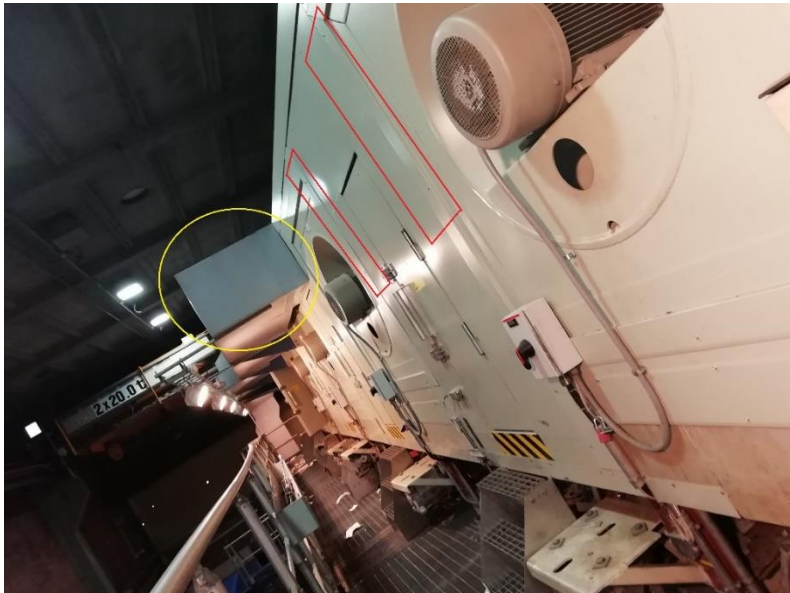
Kuva 34. Siltanosturin ripojen ja koneen eristeiden välinen tila on noin 30 senttimetriä

Mekanismin voiman välitykseen oli ajateltu ketjua ja voimantuottamiseen sähkökäyttöistä vinssiä tai hydraulikalla toimivaa sylinteriä. Sylinteri toteuttaisi laatikoiden nostoliikkeen tällöin miinusliikkeellään. Tarkoituksena oli kiinnittää puhallinlaatikoita nostava sylinteri koneen sivulle, puhallinkaapin ovien vierelle. Nostava ketju olisi ohjattu sylinteriltä katolle ketjupyörien avulla ja sopivaan kohtaan puhallinlaatikoiden yläpuolelle. Viimeiseltä ketjupyörältä ketju olisi viety koneen katon lävitse puhallinkaappiin ja kiinnitetty ylimpään nostettavaan puhallinlaatikkoriviin tai kuvan 31 nostotankoon. Myös jäähdytyslaatikkorivistölle olisi viety ketjut puhallinkaapin pohjan lävitse. Puhallinlaatikkoriviä nostettaisiin siis kahdella sylinterillä, jotka olisivat kiinnitetty puhallinlaatikkorivin molempiin reunoihin. Mikäli ketju olisi kiinnitetty ylimpään puhallinlaatikkoriviin, tulisi kaikkien laatikkorivien olla kiinnitettyinä toisiinsa, kuten kuvan 31 neliöputki-toteutuksessa. Kuvassa 35 on luonnosteltu mahdollista uuden mekanismin toteutustapaa.



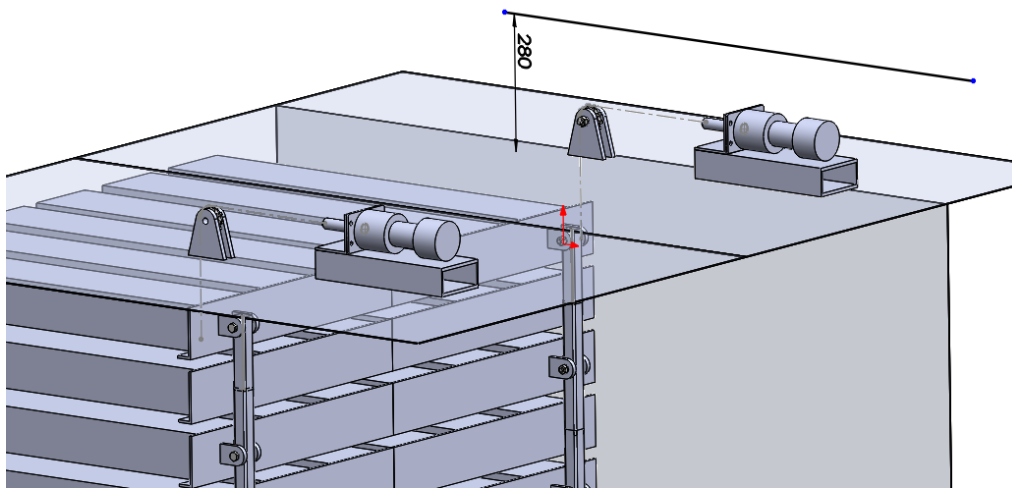
Kuva 35. Luonnostelma uudesta hammaspyörä mekaniismista. Katkoviiva kuvaa nostoketjua.

Uuden mekaniismin ongelmaksi muodostui kuivauskoneen puhallinosan rakenne. Puhallinosaa kiertää molemmilla puolin suuret ilmantulo- ja poistokanavat. Kanavat täten estäisivät kuvan 35 mallisen toteutuksen, sillä ketjua ei pystyttäisi järkevästi tuomaan koneen sivulle. Ketju saataisiin tuotua vain osan puhallinkaapin mekanismeille, joiden edessä ei kyseisiä kanavia ole. Kuvassa 36 on punaisella merkitty suunnitellut sylintereiden kiinnityskohdat sekä toteutuksen estävä ilmantulokanava.



Kuva 36. Keltaisella merkitty ilmakanava estää reunan yli tuotavan ketjutoteutuksen

Puhallinlaatikoita yläpuolelta nostava mekanismi olisi siis sijoitettava koneen päälle matalasta tilasta huolimatta. Nostovoiman tuottamiseen voitaisiin valita kaksi hydraulisylinteriä, jotka olisi sijoitettu puhallinlaatikkorivistön molempiin päihin. Hydraulikalla saadaan sylintereille luotua paljon suurempi paine kuin paineilmakäyttöisille sylintereille. Täten sylinterin kokoa saataisiin pienennettyä ja näin hyödynnettyä tila mahdollisimman tehokkaasti. Kuvassa 37 on luonnosteltu sylinterien sijaintia.



Kuva 37. Puhallinosan päälle asennettava sylinteritoteutus

Kuvan 37 sylinterin mitat vastaavat noin 14 000 N:n voiman miinusliikkeellään ja 160 barin paineella tuottavan sylinterin mittoja. Puhallinlaatikoita nostettaessa, eli sylinterin tehdessä miinusliikkeen, on sylinterin vaatima tilavuusvirta $5.2 \frac{l}{min}$ nostonopeuden ollessa $0.1 \frac{m}{s}$. Plusliikkeen aikana, eli kun sylinteri laskee puhallinlaatikoita takaisin normaaliasentoon, on tilavuusvirta $7.5 \frac{l}{min}$ laskunopeuden ollessa sama kuin nostonopeuden. (Rexroth 2014.)

Kuten kuvasta huomaamme, olisi sylinterit kiinnityksineen mahdollista saada mahtumaan siltanosturin jäykisteripojen alle. Sylinterien tuottama voima on lähes sama, kuin nykyisen mekanismin tuottama voima järjestelmän maksimipaineella, kuten liitteessä 1 on laskettu. Luonnoksessa ei ole otettu kuivauskoneen katon eristepeltejä huomioon. Sylinterit kiinnityksineen olisi mahdollista asentaa koneen leveys suunnassa jäykisteripojen väliin, jolloin jäykisterivat eivät rajoittaisi nostoketjun korkeutta.

Nostavan sylinterin tilalle voitaisiin miettiä myös sähkökäyttöistä vinssiä. Vinssi olisi mahdollista toteuttaa, mikäli vaadittavan väännön tuottava vinssi kiinnityksineen mahtuisi siltanosturin alle. Mekanismilta vaadittavan puhallinlaatikoiden nostokorkeuden ollessa noin 15 senttimetriä, voisi vinssin käytön toteuttaa esimerkiksi aikakatkaisulla suhtautettuna nostonopeuteen, jotta puhallinlaatikot nousisivat optimaaliseen korkeuteen. Sylinterillä sopivan suuruisen nostokorkeuden pystyisi toteuttamaan esimerkiksi iskunpituudella.

Vaihtoehtoja mietittäessä tulisi ottaa myös huomioon turvallisuus. Sähkökäyttöisen vinssin jarrun ja sylintereiden hydraulipiirin tulisi olla tarpeeksi turvallinen mahdollisten laite- tai ketjurikkojen tapahtuessa. Äkillisten vaurioiden varalle tulisi puhallinkaapin sisälle rakentaa mekaaninen varmistus, joka ei sallisi laatikoiden äkillistä putoamista normaaliin asentoon ja näin mahdollisesti muodostamaan tapaturmaa.

6 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyötä kirjoitettiin neljän kuukauden aikana ja valmistui aikataulun mukaan. Työ eteni tasaisesti ja suunnitellusti. Sen kehittymistä seurattiin opinnäytetyöpalavereissa, joita järjestettiin Kaukaan sellutehtaalla yhteensä kolme kappaletta. Läsnä näissä palavereissa olivat opinnäytetyön kirjoittaja, ohjaaja yhtiön puolelta, kuivauskoneiden käyttöinsinööri sekä sellutehtaan kehitysinsinööri. Palavereissa käytiin läpi työn eteneminen sekä uusia ideoita mekanismin parannusehdotuksia ja uusia mekanismeja koskien. Koulun ohjaajan kanssa pidettiin kaksi palaveria koskien työn rajausta, etenemistä sekä aikataulusta. Myöhemmin järjestettiin vierailu Kaukaalla, jolloin ohjaaja pääsi tutustumaan myös työn aiheeseen paikan päällä. Lisäksi pidettiin opinnäytetyöseminaari yhdessä opponijan kanssa.

Opinnäytetyön teoriaosasta tuli selkeä ja kattava, joten asiaan aikaisemmin perehtymätön saa hyvän käsityksen Kaukaan tehtaiden toiminnasta sekä sellun valmistuksen periaatteesta. Myös nostomekanismin rakenne, toiminta sekä tarkoitus tulee selkeästi esille kuvien avulla.

Nykyisen mekanismin rakenne on melko monimutkainen verrattuna sen tehtävään tuottaa pystysuuntaista liikettä. Mekanismin nivelet sekä kitkapinnat rajoittivat mekanismin toimintaa ja vaikeuttivat puhdistustöitä. Mekanismin toimiessa suunnitellusti ei sitä tarvitsisi enää lyödä raskailla työkaluilla, jolloin turhat mies-työtunnit ja tapaturmariski pienenisivät. Myös seisokkiajat lyhenisivät ja täten myös tuotantoaika kasvaisi.

Tutkimusosassa nykyisen mekanismin ongelmakohtia löytyi useita ja kaikkiin kehitettiin myös parannusehdotuksia. Parannusehdotukset ovat kaikki toteutettavissa ja parantaisivat mekanismin toimintaa sekä käyttövarmuutta. Parannusehdotuksia hyödynnetään sellutehtaan tulevissa seisokissa mahdollisuuksien mukaan. Nostotankojen tilalle mietittiin erilaista profiilia ja kiinnitys ratkaisua, joita pystyttäisiin kokeilemaan nykyisten tankojen tilalla ja vertailemaan täten mekanismin käyttövarmuutta ja toimintaa. Tulevaisuudessa tämän kokeilun pohjalta voitaisiin kaikki nostotangot korvata uudella rakenteella.

Uusia vaihtoehtoisia mekanismeja syntyi yhteensä kolme, joista yksi on toteutettavissa eri variaatioilla. Puhallinkaappiin pystysuoraan sijoitettava nostosylinteri olisi ollut rakenteeltaan toimiva ja yksinkertainen, mutta kaapin korkean lämpötilan takia sitä ei pystyttäisi toteuttamaan. Yläpuolelta nostavan mekanismin ensimmäisen konstruktion sylinterit olisi sijoitettu koneen ulkopuolelle puhallinkaappin ovien vierelle. Tämä rakenne muodostui mahdottomaksi toteuttaa, johtuen koneen vierellä kulkevista ilmakehäväläistä. Toisen konstruktion nostolaitteena toimivat hydraulisyylinterit (tai sähkövinssit) pystyttäisiin asentamaan puhallinkuivainosan katolle, johtuen niiden pienestä koosta. Tällöin myös siltanosturi pystyisi kulkemaan esteettä koneen yläpuolella. Uuden mekanismin rakenne on myös paljon yksinkertaisempi kuin nykyisen, tehden siitä käyttövarmemman ja helpon kunnossapitäää. Lisäksi se poistaa työturvallisuusriskin, edellyttäen mekaanisen varmistuksen tekemisen puhallinkaappiin.

Työn tavoitteena oli löytää nykyiselle mekanismille parannusehdotuksia, joilla saataisiin mekanismin ongelmat poistettua. Uuden mekanismin suunnittelu oli hankalaa, johtuen koneen ympärillä olevista rajoittavista tekijöistä, kuten yläpuolella olevasta siltanosturista sekä sivuilla kulkevista ilmakehäväläistä. Myös puhallinkaapin korkea lämpötila aiheutti vaikeuksia ja teki ensimmäisen mekanismin toteutuskelvottomaksi. Suunnittelun vaikeuksista huolimatta opinnäytetyössä saatiin ongelmiin sekä tavoitteisiin sopivia ratkaisuja.

Lähteet

Blom, S., Lahtinen, P., Nuutio, E., Pekkola, K., Pyy, S., Rautiainen, H., Sampo, A., Seppänen, P. & Suosara, E. 2001. Koneenelimet ja mekanismit. Helsinki: Edita Oyj

Innanen, O-P. 2020. Käyttöinsinööri. UPM-Kymmene Oyj. Lappeenranta. Haastattelu 3.1.2020.

Intranet UPM. 2016. Kaukas. Sellutehdas. Kaukaan toiminta. Esitysaineistot. Toiminta Kaukaan tehdasalueella. Luettu 25.2.2020

Intranet UPM. 2017. Kaukas. Sellutehdas. Kaukaan toiminta. Esitysaineistot. Luettu 13.2.2020

Intranet UPM. 2019. Kaukas. Sellutehdas. Kaukaan toiminta. Esitysaineistot. Esittelymateriaalit. Luettu 20.20.2020

KnowPulp. 2013. Sulfaattisellun valmistus. Luettu 7.3.2020

Lappeenrannan Uutiset. 2019. Kaukaan sellutehtaalla lyhyt huoltoseisokki-hajuhaitat mahdollisia. <https://www.lappeenrannanuutiset.fi/artikkeli/747004-kaukaan-sellutehtaalla-lyhyt-huoltoseisokki-hajuhaitat-mahdollisia> Luettu 3.2.2020

Rexroth. 2014. Teollisuus hydraulikka. Sylinterit online-katalogi. Mill type cylinder. CD-single rod cylinder. Hydraulic cylinder mill type CDM1 Data sheet. <https://www.boschrexroth.com/fi/fi/tuotteet/tuoteryhmaet/teollisuushydrauliikka/cylinders/mill-type-cylinder/cd-single-rod-cylinder/cdm1> Luettu 3.3.2020

SAP. 1981. Kuivauskone 1. Sylinterikuivatin. Sylinteriosa, kokoonpano. Luettu 12.3.2020

Upmpulp. 2020. Tietoa meistä. Kaukas. <https://www.upmpulp.com/fi/upm-kaukas/> Luettu 11.1.2020

Paineilmasyylinterin nostotankoihin tuottaman voiman laskeminen

Laskujen alkuarvot:

$$r := 125 \text{ mm}$$

$$p_1 := 4 \text{ bar}$$

$$p_2 := 6 \text{ bar}$$

$$d_1 := 0.15 \text{ m}$$

$$d_2 := 0.15 \text{ m}$$

Paineilmasyylinterin männän säde

Paineilmasyylinterille menevä paine normaalitilanteessa

Paineilmasyylinterille menevä korotettu paine

Sylinterinvarren ja käyttöakselin välinen etäisyys

Käyttöakselin ja nostotapin välinen etäisyys



$$A := \pi \cdot r^2 = 49087.4 \text{ mm}^2$$

$$F_1 := p_1 \cdot A = 19.6 \text{ kN}$$

$$F_2 := p_2 \cdot A = 29.5 \text{ kN}$$

$$F_{\text{nostotanko1}} := \frac{F_1 \cdot d_1}{2 \cdot d_2} = 9.8 \text{ kN}$$

$$F_{\text{nostotanko2}} := \frac{F_2 \cdot d_1}{2 \cdot d_2} = 14.7 \text{ kN}$$

$$\frac{(F_{\text{nostotanko1}} + F_{\text{nostotanko2}})}{2} = 12.3 \text{ kN}$$

Paineilmasyylinterin männän pinta-ala

Paineilmasyylinterin tuottama voima normaalitilanteessa

Paineilmasyylinterin tuottama voima korotetulla paineella

Yhteen nostotankoon kohdistuva voima normaalitilanteessa

Yhteen nostotankoon kohdistuva voima korotetulla paineella

Yhteen nostotankoon kohdistuvan voiman keskiarvo