



Prosessiautomaation määrälajitukset paperi- ja selluprosesseissa

Teemu Kotka

Opinnäytetyö, AMK

Joulukuu 2023

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma (AMK)

Kotka, Teemu

Prosessiautomaation määrä laajuudet paperi- ja selluprosesseissa

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. **Joulukuu 2023**, 34 sivua

Sähkö- ja Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

M maailman tilanne ja inflaatio on ajanut jokaisen meistä miettimään rahankäyttöä. Näin halutaan myös AFRYllä, joka haluaa tiukentaa tarjouksiaan ja tarkentaa tarjouslaskentaa. Tehtyjen projektien piirimäärien tutkiminen ja lokerointi tulee auttamaan tulevissa projekteissa tarjouslaskentaa ja esisuunnittelua. Suuret paperi- ja selluteollisuuden projektit ovat komplekseja ja kalliita kokonaisuuksia, joissa pienikin säästö voi voittaa tarjouksen.

Työ toteutettiin tutkimus- ja kehittämistyönä AFRYn tarpeesta saada tarjouslaskennasta tiukempaa ja esisuunnittelusta tarkempaa. Projekteille haluttiin yhtenäiset osaprosessitermit, joiden avulla saataisiin tietoa piirimääristä eri osaprosesseille. Suuresta projektikannasta valittiin muutama mielenkiintoinen paperi- ja sellutehdas, joiden piirejä haluttiin tutkia ja jakaa osastoihin.

Työn konkreettinen tehtävä oli tutkia projektien raakadataa, jossa projektien piirit olivat joissain luokiteltu isojen termien alle ja joissain ei ollenkaan. Työ aloitettiin jakamalla piirejä isompiin osaprosessialueisiin. Sen jälkeen huomattiin, että osaprosessi termejä syntyi todella paljon ja oli mietittävä merkityksellisiä termejä tarkemmin. Osaprosessitermejä näin ollen yhdistettiin isommiksi osastoiksi ja paremmin ymmärrettäviksi termeiksi.

Tuloksena saatiin eri projektien välille samat osaprosessitermit, jotka auttavat lajittelijaa hahmottamaan alueen kokonaisuuden. Tuloksia aiotaan jatkojalostaa muissa projektikannan projekteissa, jotta saadaan arvokasta dataa erilaisista variaatioista. Tulokset kertovat, kuinka osaprosessijako kannattaisi tehdä jo alusta asti, jotta vältyttäisiin ylimääräiseltä työltä.

Avainsanat (asiasanat)

Prosessiautomaatio, Paperitehdas, Sellutehdas, Paperikone, Kuivauskone

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

-

Kotka, Teemu

Process Automation's design quantities in pulp and paper processes

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, December 2023, 34 pages

Degree Programme in Electrical and Automation Engineering. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

The global situation and inflation have prompted each of us to reconsider our spending habits. AFRY shares this sentiment and aims to tighten its bids and refine bid calculations. Examining and categorizing the circuit quantities of completed projects will assist in bid calculations and preliminary planning for future projects. Large projects in the paper and pulp industry are complex and expensive endeavors where even small cost savings can secure a bid.

The work was conducted as research and development, addressing AFRY's need for more rigorous bid calculations and more precise preliminary planning. The goal was to establish consistent subprocess terms for projects to gather information on circuit quantities for different subprocesses. From a large project portfolio, a few interesting paper and pulp mills were selected, and their circuits were to be studied and categorized into departments.

The concrete task of the work was to investigate the raw data of projects, where the circuits of some projects were classified under large terms and some not at all. The work began by grouping circuits into larger subprocess areas. It was then observed that a large number of subprocess terms were generated, necessitating a more careful consideration of meaningful terms. Subprocess terms were thus combined into larger departments and more easily understandable terms.

As a result, the same subprocess terms were obtained for different projects, aiding the sorter in understanding the overall picture of the area. The results are intended to be further refined in other projects within the project portfolio to obtain valuable data on different variations. The results indicate how subprocess division should be done from the beginning to avoid unnecessary work.

Keywords/tags (subjects)

Process Automation, Paper Mill, Pulp Mill, Paper Machine, Drying Machine

Miscellaneous (Confidential information)

-

1	Johdanto	3
1.1	Aiheen rajaus.....	4
1.2	Tiedonhaku ja lähdeaineisto	4
2	Kuorimo ja Massatehdas.....	5
3	Paperikone	8
3.1	Viiraosasto	9
3.2	Puristinosa	10
3.3	Kuivausosa.....	11
3.4	Kalanteri ja viimeistely	12
3.5	Koneenohjausjärjestelmä.....	12
4	Sellun Kuivauskone	12
5	Automaation rooli paperikoneessa	14
5.1	Prosessinohjausjärjestelmät	15
6	Toteutusvaihe.....	17
6.1	Projektien valitseminen	18
6.2	Osaprosessitermit	19
6.3	Projektit.....	31
7	Tulokset ja pohdinta	32
	Lähteet	34

Kuviot

Kuvio 1.	AFRYn logo	3
Kuvio 2.	Kuorimo	6
Kuvio 3.	Kemihierteen valmistus.....	7
Kuvio 4.	Kuorimo ja hakekasat.....	8
Kuvio 5.	Päällystetyn hienopaperin tuotantolinja	9
Kuvio 6.	Paperikoneen viiraosa.....	10
Kuvio 7.	Paperikoneen puristinosan laitteet.....	11
Kuvio 8.	Paperikoneen kuivausosasto ja rullain.....	12
Kuvio 9.	Sellunkuivauskoneen tiivistelmä.....	14
Kuvio 10.	Tehtaan tyypillinen automaatiojärjestelmä.....	16
Kuvio 11.	Paperitehtaan valvomo	17
Kuvio 12.	Lyhyen kierron sijainti paperitehtaalla	22
Kuvio 13.	Hylynkiertojärjestelmä.....	23

Kuvio 14. Kartonkikone yksinkertaisuudessaan	25
Kuvio 15. Pituusleikkaus ja rullan käsittely	28
Kuvio 16. Siistauslinja sanomalehtipaperille	29
Kuvio 17. Kierrätyspaperin pulpperointi.....	30
Kuvio 18. Uusilla osaprosessitermeillä saatu lopputulos.....	33

1 Johdanto

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi AFRY Finland Oy, Yksi Euroopan suurimmista suunnittelu- ja konsultointiyhtiöistä. AFRY suunnittelee ratkaisuja teollisuuden digitaalisaatioon, energiainfrastruktuurin modernisointiin, biotalouteen ja kaupungistumiseen. AFRY on jakautunut kuuteen eri divisioonaan, jotka ovat prosessiteollisuus, rakennettu ympäristö, energia, liikkeenjohdon konsultointi sekä teolliset ja digitaaliset ratkaisut. (Tietoa meistä 2023.)



Kuvio 1. AFRYn logo (AFRY 2023.)

1.1 Aiheen rajaus

Opinnäytetyön aiheena on Prosessiautomaation määrä laajuudet paperi- ja selluprosesseissa, joka tuli valituksi erilaisista automaatio suunnitteluun liittyvistä aiheista. Aihe tuli AFRYn tarpeesta kehittää projekteihin tarvittavaa työmäärää piirikohtaisesti. Opinnäytetyön aihe perustuu esisuunnitteluun/hankintaa ja suunnittelijoita edesauttavaksi tulevia projekteja varten.

Opinnäytetyön tarkoituksena on saada tarjouksien laskemista varten tarkempi ja parempi kuva, siitä, miten paljon piirejä tarvitaan tiettyihin uudisrakentamisiin/modernisointiin. Paremmilla esitiedoilla saadaan tarjouksista parempia ja tiukempia. Tuloksia hyödyntävät suunnittelijat, esihenkilöt ja myyntihenkilöstö. Tuloksia myös jatkojalostetaan mahdollisesti vielä enemmän tulevaisuudessa. Opinnäytetyön tulokset tulevat säästämään aikaa jatkossa.

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia AFRYn tekemiä paperi- ja sellutehtaiden projektien raakadataa, joka on tulostettu Proelina-tietokannasta Exceliin. Tiedostosta löytyy suuri määrä dataa eri projekteista. Projektien ollessa kansainvälisiä, on projekteilla omat pääkielensä joilla niiden piirit on nimetty. Osastojakoja ei näihin projekteihin ole tehty tarkemmin kuin, että missä tehdashallissa joku prosessinosa voi sijaita tai yleisesti minkä tehtaan osan alla laite sijaitsee. Projektien välisissä osasto ja piiri termeissä on vaihtelevuutta kuten piirien termeistä löytyi eroavaisuuksia jonka huomasi mitä spesifimpi jonkin piirin nimitys oli. Nämä kaikki puutteet yhdistettynä ovat työni tutkimus- ja kehittämistarkoituksia. Saada osastojaot selkeäksi, jotta ne palvelevat jokaisessa projektissa ja saada kielimuurit ja termit oikeille osastoille (mahdollisesti selittää). Kun osastojaot ovat selkeät eri projektien välillä selkeät, voidaan piirimäärät sijoittaa osastoihin. Lopputuloksena työlle saamme yhdenmukaiset osaprosessit eri projekteille, mikä helpottaa yhteistyötä eri suunnittelijoiden välillä. Tavoitteena on keskittyä tutkimaan Loop diagram-dataa, josta löytyvät kaikki automaation piirit.

1.2 Tiedonhaku ja lähdeaineisto

ProElina on tietokantasovellus teollisuuden laitosten suunnitteluun. Tietokantaan suunnittelija pystyy tekemään sähkö- ja automaatio suunnitteluun liittyvät piirit kentältä ohjausjärjestelmään asti. Sekä prosessin PI-kaaviot, HVAC ilmastointi ja lämmitys suunnittelu ja mekaanisen

suunnittelun. Piireihin pystytään lisäämään kenttälaitteet, kaapelit, ohjauskotelot. Kaapeleiden kytkemisen jälkeen voidaan tehdä ristikytkennät, josta matka jatkuu lattakaapeleilla io-korteille. ProElinalla pystytään valmiita raporttipohjia hyödyntämällä muodostamaan luettelot joista voidaan luoda raportteja esim. io-, laite-, kilpi-, kaapeli- tai koteloluetteloita. Raporttien luomis työkalulla säästetään paljon aikaa sekä myös kuvien päivittämisessä käsin revisioinilta. Revisioiden päivitykset näkee kohokohdissa, jotka ohjelma on huomannut piirustuksien välillä. (AFRY Virtual site 2023.)

KnowPap on paperiteknikan, paperitehtaan automaation ja prosessinhallinnan oppimisympäristö, joka on suunniteltu itseopiskeluun ja opetuksen tueksi. Kyseinen tietopankki on palvellut oppilaitoksia ja yrityksiä jo 20 vuotta. Oppimisympäristö on Suomen merkittävimpien metsäteollisuuden yritysten yhteistyön tuloksena toteutettu erittäin laaja tietopankki. Tänä päivänä järjestelmää käyttävät monet suuret alan yritykset, kuten Stora Enso, UPMKymmenen, Metsä Fibre ja Metsä Board. Laitetoimittajista suurimpina on ollut mukana alusta alkaen Valmet, Andritz ja Sulzer Pumps Finland, näiden yritysten lisäksi aineistoa järjestelmään on saatu yli 100 muulta alan toimijalta. (Knowpap 2023.)

2 Kuorimo ja Massatehdas

Puun matka alkaa tehdasalueella kuorimolta, jossa ensimmäisenä puut menevät sulatuskuljettimella kohti kuorintarumpua. Sulatinkuljettimella puuhun suihkutetaan yleisimmin lämmintä vettä. Puiden kuorinta tapahtuu kuorintarummussa, jossa puut hakkaavat toisiaan vasten ja täten pehmeä kuori irtoaa pois puusta. Kuorimisen jälkeen puut kulkevat hakkuun, huuhtovan vesisuihkutuksen kautta. Hake liikkuu kuljettimia myöten hakekasaan, josta kasaa kellon viisarin lailla kiertävä hakepurkain syö kasaa pikkuhiljaa. Hakepurkaimen mukana pyörii hakeruuvi, joka siirtää hakkeen kasan reunalta, keskustaan jossa on syvä pudotus maan alla kulkeville kuljettimille.



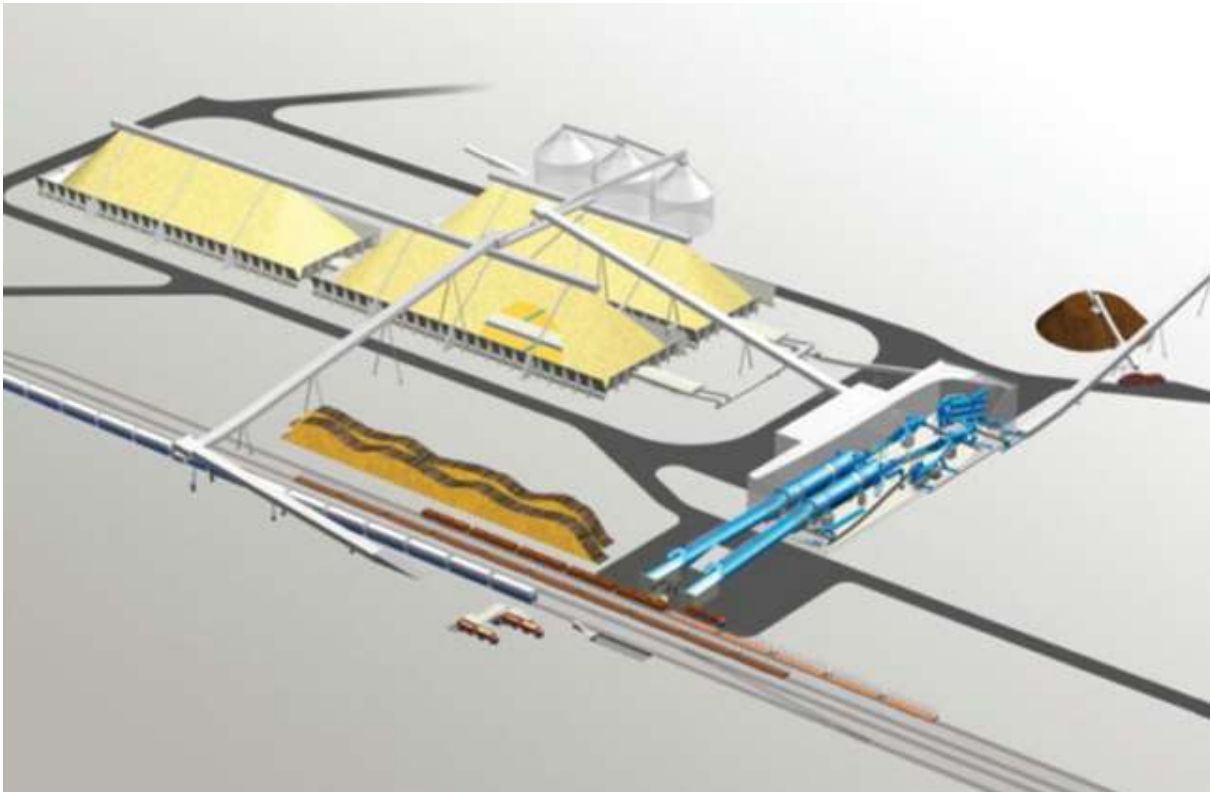
Kuvio 2. Kuorimo (Knowpap 2023.)

Kuorimon puista kuorituista kuorista puristetaan mahdollisimman paljon pois vettä puristimilla ennen murskausta. Puristimilta kuivatut kuoret etenevät kuoren murskalle, jossa ne murskataan mahdollisimman pieneksi. Murskattu kuorihake kulkeutuu kasan kautta polttoon. Yleensä tehtaiden yhteydessä on voimakattila, jossa kuoret hyödynnetään tehtaalla tarvittavaksi höyryksi.

Maan alla kulkevat kuljettimet siirtävät hakkeen massatehtaan keittämölle, Imetystorniin. Imetystornissa puun ligniini pehmitetään veden, lämmön ja toistuvan mekaanisen rasituksen avulla. Mekaanista rasitusta lisätään suhteessa puun kuormituselementtiin ja samalla puurakenteeseen kohdistuva energia muuttuu lämmöksi ja pehmentää kuituja toisissaan pitävää ligniiniä. Puumateriaalin heikennyttyä tarpeeksi, siitä irtautuu kuitukimppuja ja yksittäisten kuitujen fragmentteja. Tämän jälkeen puusta erotetaan selluloosa. Kun selluloosa on saatu eristettyä puusta, se sekoitetaan veden kanssa muodostaen selluloosaliuoksen, joka on raaka-aine paperin valmistuksessa. Tästä massasta sitten valmistetaan valmistetaan paperi prosessin seuraavissa vaiheissa. (Knowpap 2023.)



Kuvio 3. Kemihierteen valmistus (Knowpap 2023.)

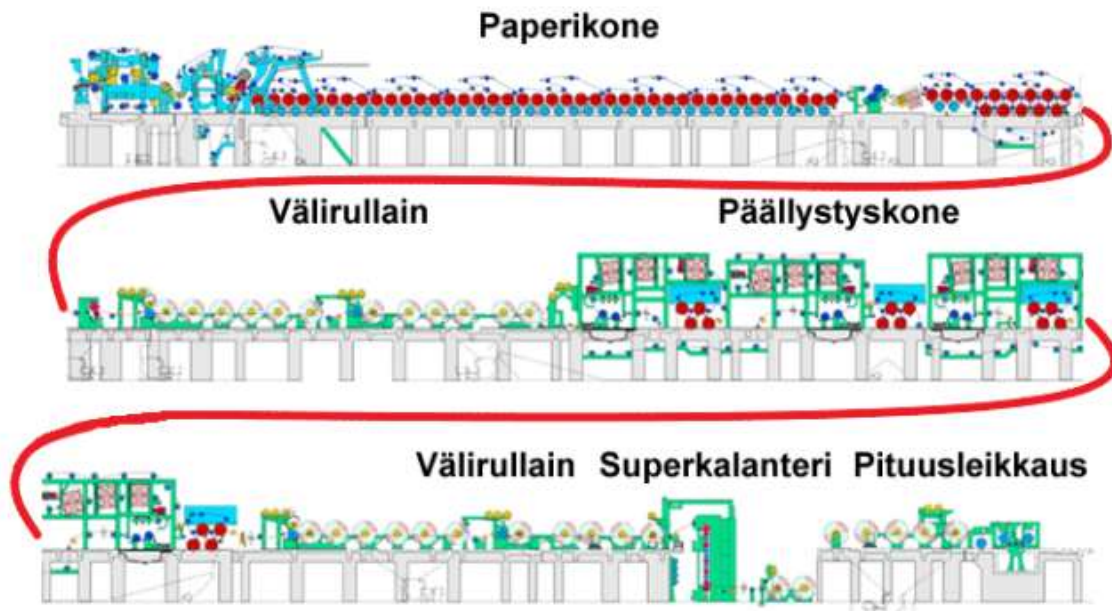


Kuvio 4. Kuorimo ja hakekasat (Knowpap 2023.)

3 Paperikone

Paperikoneeseen voidaan tuoda sellumassa eli raaka-aine massana tai kuivattuina selluarkkeina. Paperitehtaita joihin sellumassa tulee selluarkkeina kutsutaan erillisiksi paperitehtäiksi, koska niissä ei tuoteta massa omasta takaa, josta on hyötynsä kustannuksissa sekä yksinkertaisuudessaan. Tehtaaseen kuuluu jälkäsittelyt ja varastot normaalin mukaan. Täydellinen paperitehdas tuottaa massan itse hakatetuista puista ja omistaa massatehtaan jossa hake

muutetaan kemikaaleja hyödyntämällä massaksi. Täydellisessä paperitehtaassa sellumassa tuotetaan samalla tontilla ja jälkikäsittely sekä varastointi on normaaliin tapaan.



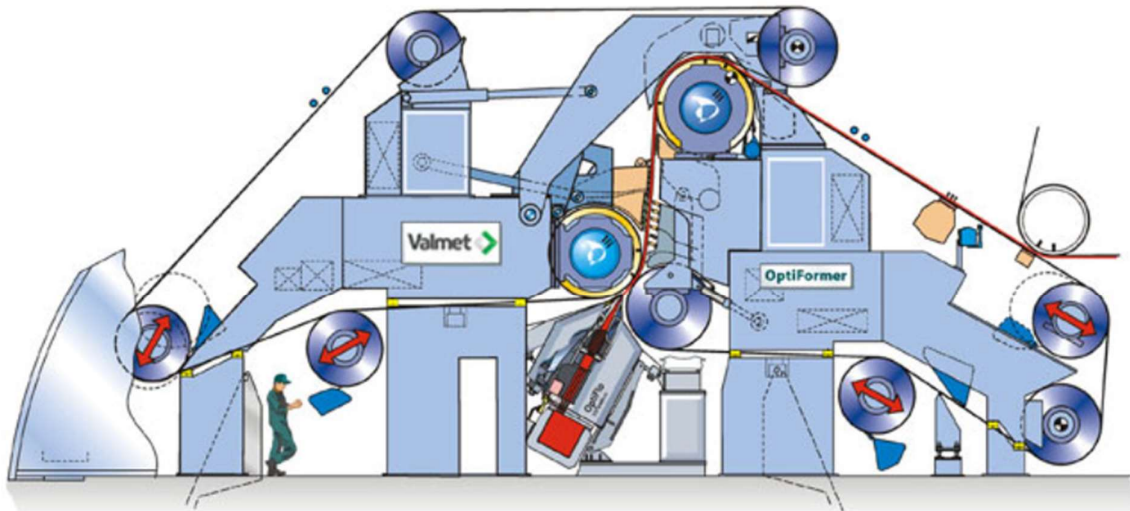
Kuvio 5. Päälystetyn hienopaperin tuotantolinja (Knowpap. 2023)

3.1 Viiraosasto

Viiraosassa massa levitetään tasaisesti seulaverkolle, jonka tehtävänä on poistaa vettä suotauttamalla viirakudoksen läpi. Raina tarkoittaa paperikoneessa, suotauttamalla viiraosalle muodostettua paperiarkkia tai -rataa. Viiraosan toisena tehtävänä on myös hallita vedenpoistoa ja hydrodynaattisia voimia, jotta kuitu ja täyteaineretentio ovat tasaiset ja halutun määräiset. (Knowpap. 2023.)

OptiFormer

kitaformereri kuormitettavalla listayksiköllä ja OptiFlo perälaatikolla

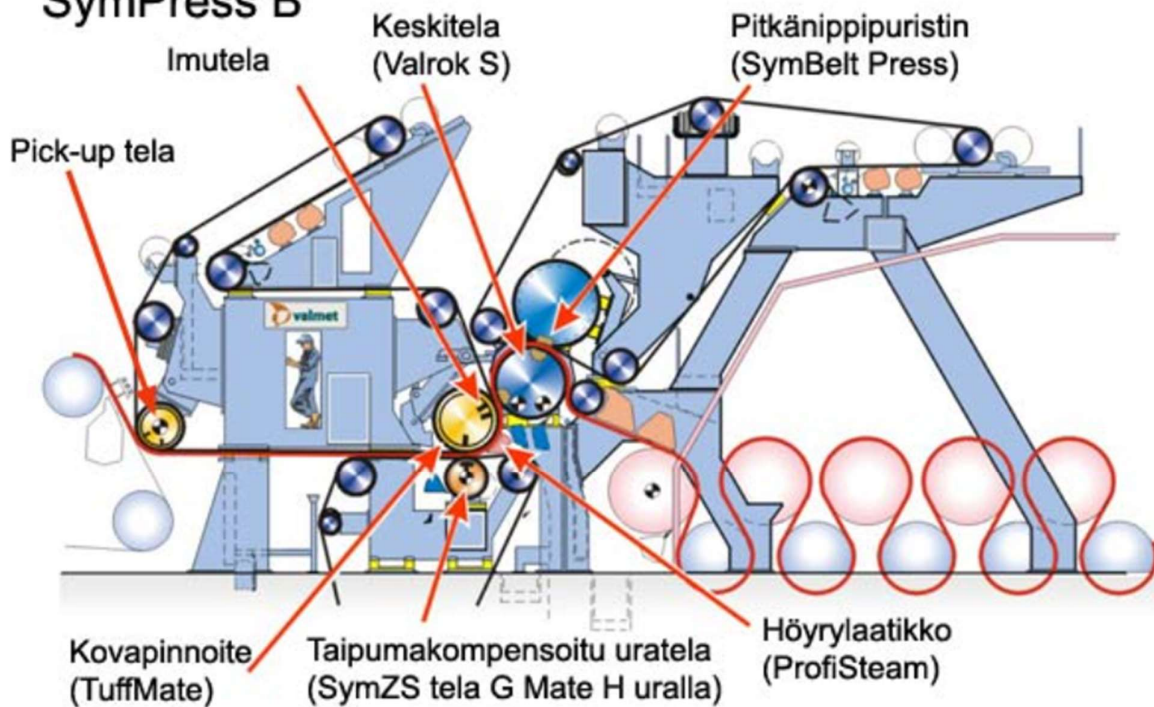


Kuvio 6. Paperikoneen viiraosa (Knowpap 2023.)

3.2 Puristinosa

Viiraosalta rainan matka jatkuu puristinosaalle, jonka tehtävänä on poistaa rainasta mahdollisimman paljon vettä ja tiivistää sitä samalla. Puristimella pyritään saamaan halutun suuri märkäluku, jotta rainan siirto kuivatusosalle onnistuisi ilman katkeamista. Rainan tiivistyminen mahdollistaa myös lujien kuitujen välisten sidosten muodostumisen rainaa kuivattaessa. Rainan tullessa viiraosalta, sen kuiva-ainepitoisuus on 17-20%. Puristimen jälkeen kuiva-ainetaso on lajista ja puristimesta riippuen 35-50%. (Knowpap 2023.)

Puristinosan laitteet SymPress B



Kuvio 7. Paperikoneen puristinosan laitteet (Knowpap 2023.)

Märkäpuristus tapahtuu kahdella eri tavalla, puristinhuovan ja sileän telan tai kahden puristinhuovan välissä. Puristaessa rainantilavuus pienenee ja vesi poistuu huopaan, puristaminen on aluksi hyvin varovaista, jotta viiralla muodostettu raina ei rikkoudu. Vaiheittainen puristus on toteutettu käyttäen useita telojen muodostamia nippejä. Radan edetessä nippivoimia kasvatetaan, kunnes on halutut ominaisuudet paperille on saavutettu. Haluttuihin ominaisuuksiin kuuluvat paperin sileys, symmetria, kosteus, huokoisuus ja hienoainejakauma. Seuravaaksi raina jatkaa kuivatusosaan matkaansa. (Knowpap 2023.)

3.3 Kuivausosa

Kuivatusosan tehtävänä on poistaa rainasta vesi haihduttamalla. Haihduttamisen tulee tapahtua tehokkaasti, taloudellisesti, tasaisesti ja laatua ylläpitäen. Kuivatusmenetelmiä on kolme erilaista: Kontakti- eli sylinterikuivatus, Puhalluskuivatus, Säteilukuivatus. Kaikkia näitä menetelmiä yhdistää ulkoa tuotava energia, joka haihduttaa veden pois radasta ja haihtunut vesi näin ollen poistuu

ilman avulla pois radalta. Kuivatusmenetelmiä erottaa energiantuontitavat, jotka vaikuttavat laiteratkaisuihin suuresti. (Knowpap 2023.)



Kuvio 8. Paperikoneen kuivausosasto ja rullain (Knowpap 2023.)

3.4 Kalanteri ja viimeistely

Jälkikäsittelyn tehtävä valmistettavasta lajista ja sille asetetuista vaatimuksista. Kuitenkin kaikille lajeille tehdään yleensä, pituusleikkaus ja tarvittavat rullaukset. Tuote voidaan vaatimusten mukaan: pintaliimata, päällystää, kalanteroida ja päällystää muovi- tai alumiinikalvolla. Pintaliimaus on yleisin hienopaperille, päällystettäville raakapapereille ja kartongeille. Päällystämistä käytetään aikakauslehtipapereille sekä tietyille kartongeille. Päällystämättömät SC-lajit ovat jälkikäsittely kalanteroisella. Muovi- tai alumiinikalvoilla päällystetään erilaisia nestepakkauskartonkeja. (Knowpap 2023.)

3.5 Koneenohjausjärjestelmä

Monimutkainen järjestelmä, joka valvoo ja ohjaa paperin valmistusprosessia. Tämä voi sisältää mittaus- ja valvontalaitteita, jotka säätävät nopeutta, kosteutta, ja muita prosessin parametrejä. linkittyy automaatiojärjestelmään, erillisten osasto logiikkojen kautta. Koneenohjausjärjestelmään liittyy myös prosessin ulkopuolisia ohjainlogiikkoja, jotka vaikuttavat prosessin toimivuuteen. Kuten ympäristötekijät, sähkönsyöttö, jäteveden puhdistus. (Knowpap 2023.)

4 Sellun Kuivauskone

Perälaatikolla massasulppu levitetään mahdollisimman tasaisesti viiralle ja muodostuu massaradan leveyssuuntainen profiili. Perälaatikolla muodostettu raina jatkaa viiraosalle, jossa siitä pyritään

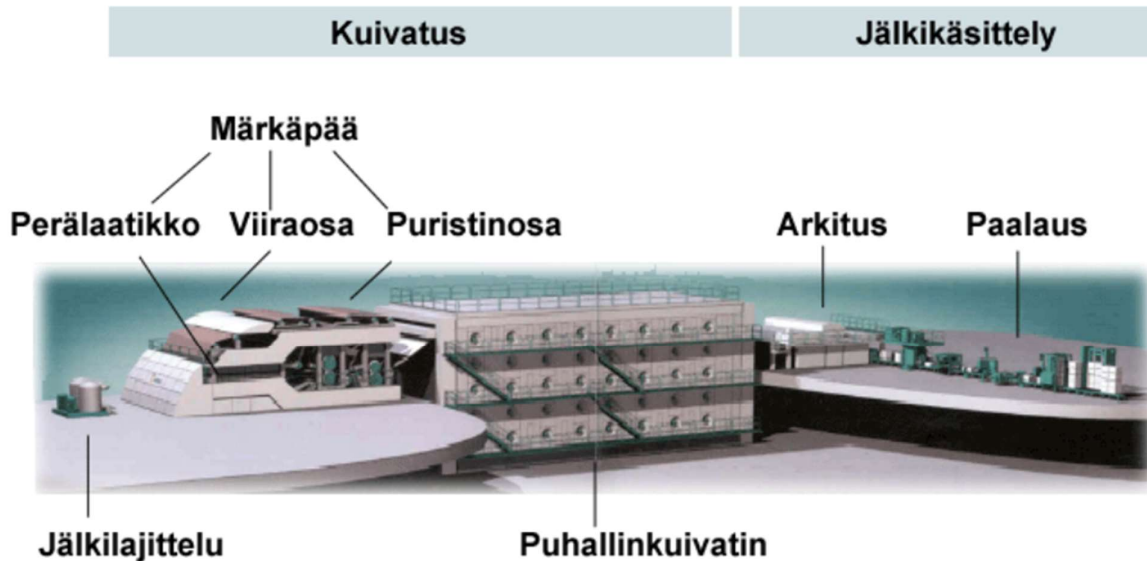
poistamaan mahdollisimman paljon vettä ennen puristimelle menoa. Viiraosalla on tehtävänä saavuttaa mahdollisimman korkea kuiva-ainepitoisuus rainalle. Mitä korkeamman kuiva-ainepitoisuuden viiraosalla saavutetaan, sitä tehokkaampaa puristinosan toiminta on, ajettavuus paranee ja lopullinen märkään kuiva-ainepitoisuus nousee. (Knowpulp 2023.)

Puristinosalla rainasta pyritään poistamaan maksimimäärä vettä, jotta saadaan haluttu lujuus ja tiiveys. Puristaminen on ekologisempaa ja halvempaa kuin haihduttaminen, josta syystä puristaminen on yleisemmin käytetty tapa. Puristaminen lisääntyy hiljalleen, jotta massarata ei katkea. (Knowpulp 2023.)

Ratakuivatuksessa sellurataa kuivataan puhallinkuivattimessa, massan kuiva-ainepitoisuus nostetaan lähelle 90 %:a haihduttamalla vesi kuumalla ilmalla. Korkean kuiva-ainepitoisuuden saavuttaminen on tärkeää, jotta massa ei kuiva liikaa. Kuivatusradan loppuosassa rata jäähdytetään 40 C:n lämpötilaan ennen leikkuria, jolla hyödytään arkkileikkurin toiminnassa ja jälkikellertymisen hidastumisessa. (Knowpulp 2023.)

Arkitus ja Paalaus. Arkkileikkurilla raina leikataan arkkimuotoon, josta ladontaosa käsittelee arkit latoutuviksi paaleiksi. Paalausosalla selluarkki punnitaan ja puristetaan mahdollisimman tiiviiksi, usein paalit kääritään sellu- tai paperikääreeseen ja kääreet taitetaan, sidotaan metallilangalla ja leimataan. Näiden jälkeen paalit ladotaan suurpaaleiksi varastointia ja kuljetusta varten. (Knowpulp 2023)

Kuivatus ja jälkikäsittely



Kuvio 9. Sellunkuivauskoneen tiivistelmä (Knowpulp 2023.)

5 Automaation rooli paperikoneessa

Teollisuudessa termi automaatio omaa pitkän historian, jota on pystytty laajentamaan, tarkentamaan ja kehittämään turvallisemmaksi vuosi vuodelta. Automaatio mahdollistaa prosessin tai järjestelmän automaattisen toiminnan, ilman prosessiohjaajan suoraa ohjausta. Automaatiolla pyritään tehostamaan prosessien toimivuutta, tehokkuutta, vähentämään virheitä ja säästämään aikaa.

Automaatiojärjestelmä koostuu erilaisista antureista, mittauksista, toimilaitteista, ohjelmistoista ja tärkeimpänä turvallisuuteen liittyvistä laitteista. Automaatiojärjestelmän ”aivot” sijaitsevat sähköhuoneessa, tarkemmin ohjauskaapeissa. Automaatiojärjestelmän niin sanotut ”hermot” sijaitsevat kentällä erilaisten laitteiden antureissa, jotka ovat yhteydessä ohjainlaitteisiin ja lähettävät käskyn taajuusmuuttajalle säätämään moottoreiden nopeutta.

Paperikoneessa prosessinohjaus ja säätö sisältävät mittauksia, joiden avulla valvotaan ja säädetään prosessinparametreja, kuten määräsäpäässä konetta: paperimassan neliöpainoa, kosteutta, tuhkapitoisuutta, pohjanmuodostusta, vaaleutta ja väriä. Myös muita paperin laadulle tärkeitä mittauksia ovat, värähtely, voima, pyörimisnopeus ja paine. (Knowpap 2023.)

Paperikoneessa automaation kenttälaitteisiin ja mittalaitteisiin kuuluu paljon erilaisia antureita, säätimiä, ohjauspiirejä, moottoreita, venttiilejä ja asennoittimia, rajakytkimiä, älykkäitä säätimiä. Koneen säätötoimilaitteet vaikuttavat tärkeimpiin laatusuureisiin joita on sijoitettu märkään- ja kuivaan päähän konetta. Edellä mainituista toimilaitteista voidaan mainita koneen päänopeuden-, massavirtauksen- ja väriannostelun säätäjät. (Knowpap 2023.)

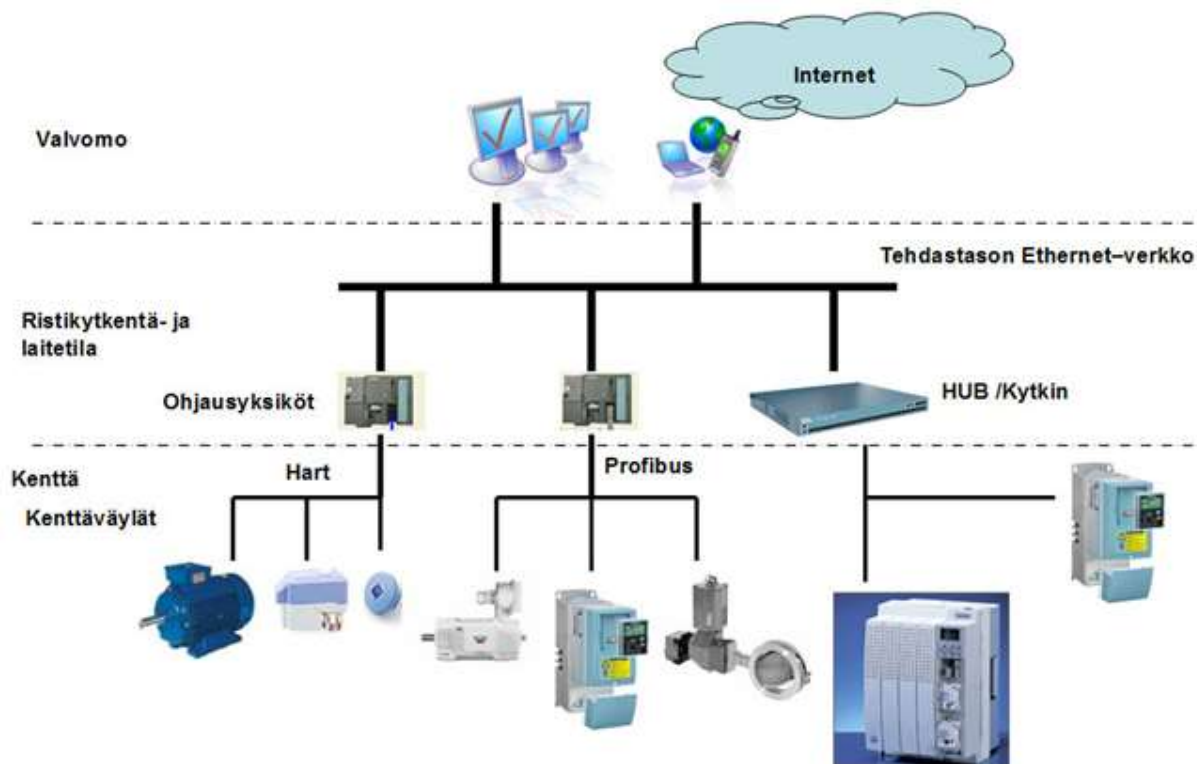
Automaatiojärjestelmään kuuluu vikatilanteita varten, automaattinen häiriöidenhallinta joka tunnistaa mahdolliset ongelmat, kuten rikkoutuneet- tai tukkeutuneet osat. Järjestelmä pystyy häiriön tunnistuksen jälkeen joissakin prosesseissa käynnistymään automaattisesti korjaustoimenpiteitä minimoidakseen seisokkiajan, mutta turvallisuussyistä aina vaaditaan prosessinhoitajan kuittaus tai käynnistys.

PLC (Programmable logic controller) on ohjelmoitava logiikka, johon tehdään ohjelma tietokoneella. Ohjelmaan voidaan tehdä monimutkaisia käskyjä sekä toimintoja, joita logiikka suorittaa esim. nappia painamalla. Logiikat ohjaavat usein pieniä osaprosesseja jotka ovat yhteydessä isompaan kokonaisuuteen. Robotiikkaa hyödynnetään paperitehtaassa sen jälkikäsittelyssä, huolehtivat paperirullien lastaamisessa ja purkamisessa. Suurien rullien käsittely on nopeampaa ja riskittömämpää roboteilla kuin ihmisellä trukin kanssa.

5.1 Prosessinohjausjärjestelmät

Valmet DNA on kokonaisuus johon kuuluu DCS-ohjausjärjestelmä, graafinen käyttöliittymä ja oma ohjelmointipohja. DCS-järjestelmä keskittyy teollisen prosessin valvontaan ja ohjaukseen. Se koostuu hajautetuista ohjausyksiköistä, jotka toimivat yhdessä tehdas- tai prosessilaitoksen valvontakeskuksen kanssa. DCS-järjestelmää voidaan käyttää prosessilaitoksissa, kuten sellu- ja paperitehtaissa, kemiallisessa teollisuudessa, öljynjalostamoissa ja voimalaitoksissa. DCS

järjestelmässä on normaalisti suuri määrä autonomisten ohjainten ohjaamia säätöpiirejä ympäri koko järjestelmää, mutta keskusyksikön suorittaman valvonnan alla. DCS-järjestelmän myyntivaltti on sen luotettavuus, joka tulee prosessointiprosessin jakautumisesta järjestelmän solmujen ympärille. Tämä vähentää yksittäisten prosessoireiden vikaantumisen vaikutusta kokonaisuuteen. Jos laite vikaantuu, se vaikuttaa vain yhteen laitosprosessin osaan toisin kuin keskustietokoneen vika, joka vaikuttaisi koko prosessiin. Ohjausprosessointi tapahtuu lähellä jokaista prosessia, minkä ansiosta verkko- ja keskusprosessointiviiveitä ei synny. (Valmet n.d.)



Kuvio 10. Tehtaan tyypillinen automaatiojärjestelmä (Opetushallitus n.d.)

Valmet DNA:n sisältämä graafinen käyttöliittymä on monipuolinen ja selkeä prosessin ohjaukseen eli valvomo-ohjelman tekemiseen tarkoitettu sovellus. Graafiseen käyttöliittymään tehdään tehtaan prosessin kulku graafisesti, jotta prosessinhoitaja saa selkeän kuvan prosessin kulusta ja pystyy tekemään halutut ohjaukset ja säädöt prosessiin. Käyttöliittymään tehdään kaikki säiliöt, putket, pumput, sekoittimet, anturit, kuljettimet, toimilaitteet, venttiilit ja oikeastaan kaikki mitä prosessiin vähänkin liittyy. Käyttöliittymään kuuluu myös kunnossapidon osuus jonka avulla asentaja pystyy tekemään tutkimuksia prosessiosaan ja diagnosoimaan vian helposti. Säätimet ja

anturit keräävät dataa, jonka avulla voidaan tehdä prosessin laatuun parannuksia ja korjauksia, sekä ehkäistä laatupoikkeumia.

Hajautetut ohjausjärjestelmät otettiin alun perin käyttöön ensin suurissa, arvokkaissa ja turvallisuuden kannalta kriittisissä prosessiteollisuuskohteissa. Valmistaja toimitti sekä paikallisen valvonnan tason että keskusvalvontalaitteet integroituna pakettina, minkä ajateltiin vähentävän suunnittelusta johtuvaa integrointiriskiä eli järjestelmien yhdistämisestä syntyvää riskiä.



Kuvio 11. Paperitehtaan valvomo (Valmet 2020.)

Scada on lyhenne englanninkielien sanoista koostunut termi, joka tarkoittaa valvonta- ja ohjausjärjestelmää sekä datankeruuta. Scada pohjautuu ohjelmisto ja laitteistokokonaisuuteen, jolla valvotaan ja ohjataan laajasti hajautettuja prosesseja ja järjestelmiä monenlaisista teollisuuden laitoksissa. Scada koostuu valvomon näyttöpäätteistä, ja etäpisteistä joissa prosessin valvonta ja ohjaus tapahtuvat. Järjestelmästä puhutaan myös HMI-järjestelmänä eli koneen ja käyttäjän välisestä käyttöliittymästä. (Mikä on Scada? 2023.)

6 Toteutusvaihe

Tutkimustyöhön täytyi valmistautua opettelemalla paperi- ja kartonkikoneen sekä kuivauskoneen toiminta ja kaikkien sen osien vaikutus prosessiin liittyen. Olen itse ollut sellutehtaalla töissä

muutaman kesän, mutta toisessa päässä tehdasta. Työtehtävääni kuului automaation kunnossapito alueena kuorimo, hakekasat, kuljettimet ja massatehdas. Lyhykäisyydessään siis puusta valkoiseksi massaksi osastot suurinpiirtein. Tutustuin edellä mainittuihin osaprosesseihin Knowpap-sivustolla, joka on rakennettu selkeäksi ja monipuoliseksi opiskelualustaksi. Sivustolta löytyi tiivistelmistä syvällisempiin kertomuksiin eri aiheista.

Osaprosessien määrittämisessä tutkin aluksi jokaisen projektin läpi käyttäen isojen osastojen termejä. Tämä vaihteli paljon projektien välillä, koska joihinkin oli tehty vähän osastoihin jakoa, kun taas joissain ei ollut kuin, että piiri sijaitsee paperikoneessa ympäripyöreästi. Tämä hidastutti osastoihin jakoa paljon, ja myös se kuinka pieniksi osastoiksi halutaan jakaa projekteja. Välillä jakaminen menikin liian tarkaksi, mutta sitten ymmärsin piirin pieneyden. Pieniä alueita yhdisteltiin isommaksi, jotta paperiteollisuuden ulkopuolinen henkilökin ymmärtäisi alueen tarkoituksen.

Paperikoneeseen tutustuminen oli mielenkiintoinen esitehtävä, sen ollessa suuri kokonaisuus ja aiemman työkokemukseni takia. Paperi koneessa on monta eri osaprosessia jotka toimivat yhdessä, säätäen ja tarkkaillen laatua sekä prosessihoitajan käskyjä vastaanottaessa. Paperikoneen osastot kerrottiin aiemmin tässä työssä.

6.1 Projektien valitseminen

Projektien valitseminen aloitettiin tutkimalla ProElinasta tulostetun datan Exceliä. Projekti määrän ollessa suuri, haluttiin keskittyä isompiin kokonaisuuksiin. Piirimääriä selatessa päätettiin, että halutaan projektien olevan vähintään 1500-piirin suuruisia ja tarpeeksi laajoja. Projektikantaa rajattiin niin, että haussa näkyivät vain: Paperi- ja Kartonkikoneisiin liittyvät projektit. Näin ollen hakukannan projektit sisälsivät uudis- ja modernisointi projekteja, joista ryhdyttiin valikoimaan sopivia projekteja.

Kun projektien hakukriteerit olivat kunnossa, löytyi projekteja lähelle 30. Niistä valikoitiin 5-10 tarkemmin tutkittavaksi, koska huomattiin joidenkin projektien sisältävän pääasiassa piirejä muille alueille kuin meidän hakemalle. Seulottuja projekteja tutkittiin tarkemmin, joista huomattiin osastojakojen olleen lähes mitättömiä. Tämä tarkoitti sitä, että aika kului nopeasti tutkien spesifisti määritettyjä piirejä ja tutkien mihin minkäkin voisi sijoittaa. Osaprosessi termien määrittämisessä

käytin ensiksi piirien nimityksistä ja oppimani paperikoneen osastonimityksiä hyödyntäen yksinkertaisia termejä. Pysin jokaisessa projektissa nimeämään kaikki piirit ennen seuraavaan siirtymistä ja tarkistamaan lopuksi, että termit ovat ymmärrettäviä. Ensimmäisen läpikäynti kierroksen lopussa huomattiin, että projektissa jäi piirejä lokeroimatta, joka oli odotettavissa. Lokeroimatta jääneet piiri olivat lähes aina monimutkaisia tai niistä ei selvinnyt, olivatko ne mihin osastoon liittyviä. Toimeksiantajan tuki oli näissä tilanteissa korvaamaton ja kokemuksen avulla he ja kollegani osasivat auttaa hahmottamaan piirille kuuluvan osaprosessin vaikeissa piireissä. Paperikone oli lähes tuntemattomuus itselleni aluksi, vaikka sen pääprosessialueet olivat tuttuja. Tällä tavoin opin toimeksiantajan ja kollegojeni neuvoilla siitä todella paljon. Mietimme toimeksiantajan kanssa syntyneiden termien merkittävyyttä ja sopivuutta projektikohtaisesti, jossa opin tuntemaan paperikoneesta sekä prosessialueita syvällisemmin.

6.2 Osaprosessitermit

Osaprosessialueita syntyi paljon, joten niistä tehtiin erillinen Excel, johon oli levitetty jokaisen projektin syntyneet osaprosessi termit. Tämän jälkeen aloitettiin kokoamaan samantyyppiset termit toistensa kanssa samoihin sarakkeisiin. Joillekin termeille löytyi monta samankaltaisuutta ja joillekin ei juurikaan. Termeille, joille ei löytynyt samankaltaisuuksia, tutkittiin tarkemmin piirikohtaisesti ja, jos ne pystyi yhdistämään toisien termien alle, niin tehtiin, mutta jos ei tai termi oli virallinen osaprosessin määritelmä, tehtiin siitä omansa.

Alunperin projekteihin tehtiin paperikoneen osastojako johon otettiin mallia knowpap-sivustolta ja luotiin osaprosessi alueet: Headbox (perälaatikko), Emergency showers (hätäsuihkut), air production (ilmantuotto) , Pressing section (puristus osa), Sealing waters (tiivistevedet) Steam and condensate (höyry ja kondenssi), Supercalender (kalanteri), winder & paper finishing (Pituusleikkuri ja paperin viimeistely), . (Knowpap 2023)

Yleiset piirit nimetyksen alle, yhdistettiin Hätäsuihkuihin liittyvät piirit, Erilaiset hälytykset kuten, OLM, kaasutunnistimet ja muut hälytykset. Yleiset piirit sisältävät myös: Valvomo-, toimisto-, Sähkö-, kaapeli-, ohjauskeskus huoneet ja profibus-aiheeseen liittyvät piirit.

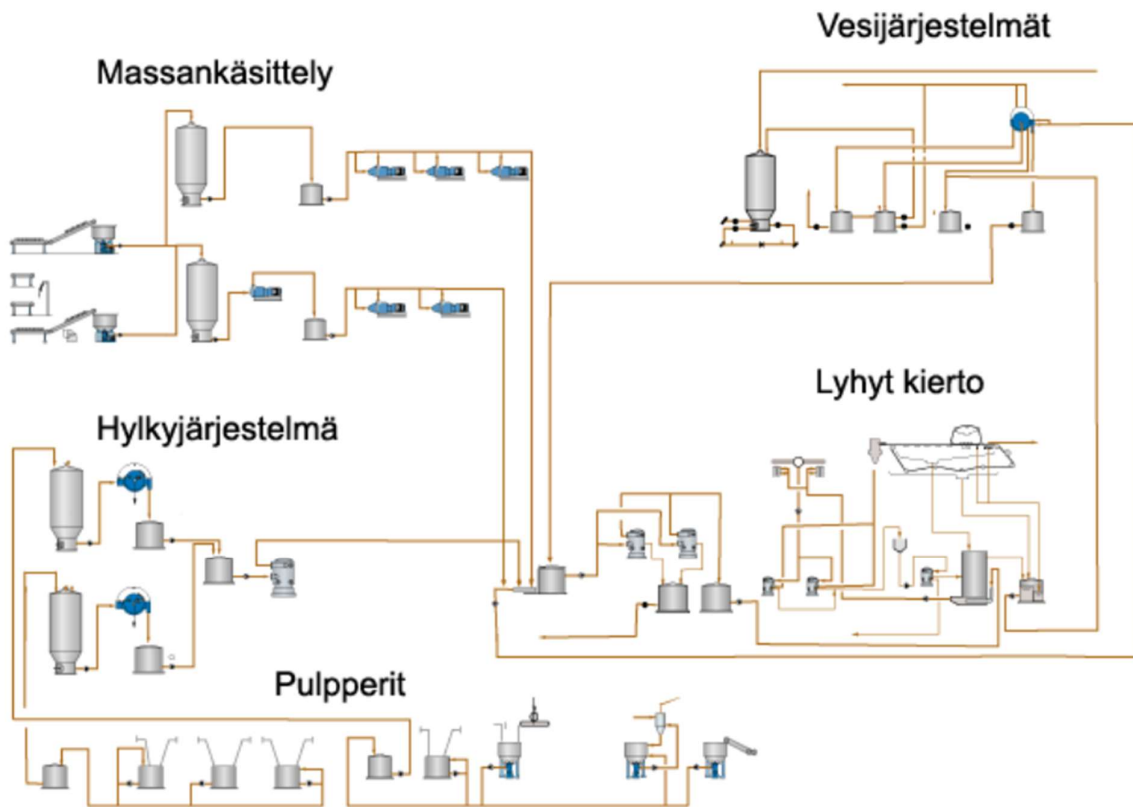
Paineilman tuotannon osaprosessitermit, ilmantuotanto ja paineistettu ilma yhdistettiin paineistettu ilma (compressed air) osaprosessiksi. Paineilmaa tarvitaan monessa eri osassa

prosessia, puhdistuksessa, paineistuksessa ja paineilmaventtiileiden toimilaitteissa. Tehtaissa on yleensä kaksi erillistä paineilmaverkostoa, raaka paineilma ja instrumentti-ilma. Instrumentti-ilma on tarkemmin suodatettua ja kuivattua ilmaa, joka sopii herkille instrumenteille ja toimilaitteille.

Ilmastointi sisälsi ilmastointilaitteisiin eli Chillereihin liittyvät piirit. Tehtaissa on todettu chillereiden olevan tarpeeksi tehokkaita viilennykseen, jonka takia chiller on käytetyimpien ilmastointilaitteiden merkkien kärjessä. Ilmastointilaitteet kattavat tuotantohallien ja toimistotilojen viilennys tarpeet.

Ilmanvaihto osaprosessin alle yhdistettiin tuloilmakoneet, ilmakanavien laitteet, ilmapellit, lämmityslaitteet ja muut erilaiset HVAC-laitteet. HVAC tulee sanoista heating, ventilation ja air conditioning, jotka tarkoittavat lämmitystä, ilmanvaihtoa ja ilmastointia. Ilmastointilaitteet haluttiin eriyttää omaksi osaprosessikseen toimeksiantajan pyynnöstä. Monissa tehtaissa HVAC-laitteita ohjaa rakennusautomaatiojärjestelmä, joka on edullisempi vaihtoehto kuin prosessiautomaatiojärjestelmä.

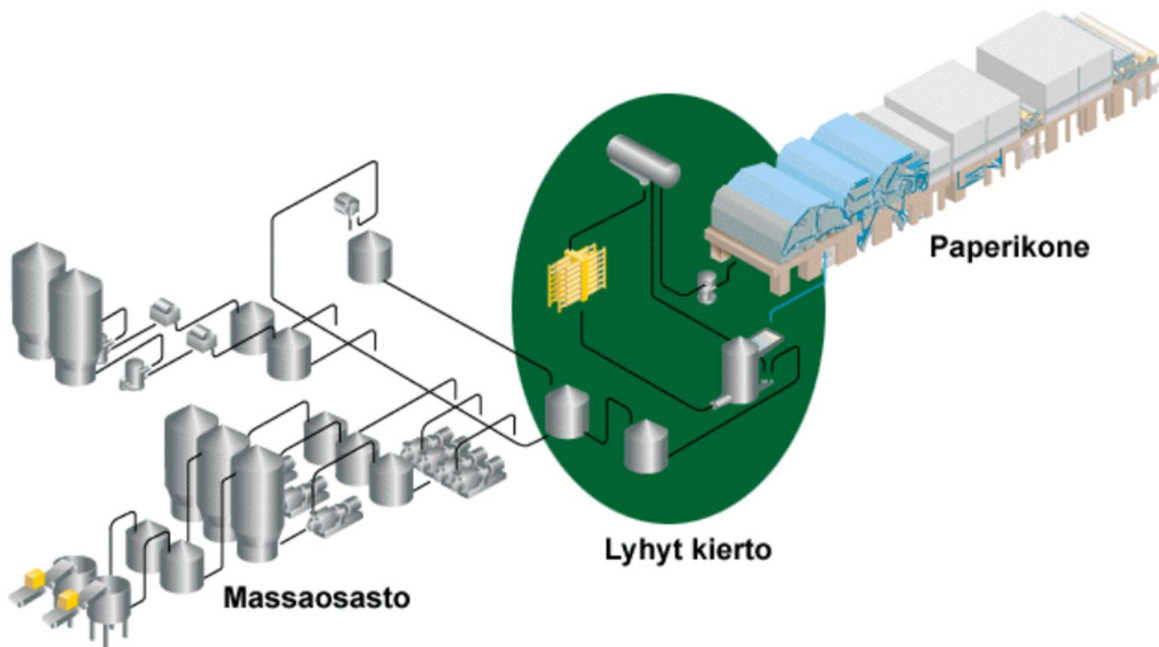
Sellumassan käsittely (stock Preparation) sisältää sellumassan vastaanoton (pulp reception), sellun varastotornit (pulp towers) ja jauhimet (refiners). Nämä sisältävät kemiallisen ja mekaanisesti käsiteltyjen selluloosa massojen siirtämiseen massankäsittelystä ja varastotorneista lyhyeen kiertoon. Massankäsittelyssä hyödynnetään raaka-aineena myös hylkyjärjestelmästä (broke system) tullutta massaa. Jauhimet käsittelevät ja hoitavat mekaanisen hienonnuksen paperinvalmistusprosessissa. Jauhinten tarkoituksena on muokata selluloosan kuitujen rakennetta ja parantaa niiden lujuutta ja pehmeyttä, jotka vaikuttavat lopulliseen paperin laatuun.



Kuva 1. Massankäsittely paperitehtaalla (Knowpap 2023.)

Lyhyen kierron (short circuit) tehtävänä on laimentaa konemassaa viiran läpi tulevan suodosveden avulla. Pyörrepuhdistimet poistavat ilman massasta ja sihdit (disc filters) poistavat epäpuhtauksia. Sihtejä käytetään myös kiertoveden talteenottoon paperin- ja massanvalmistusprosesseissa. Lyhyeen kiertoon kuuluu myös väriaineiden, täyteaineiden ja kemikaalien annostelu sekä sekoitus

massaan. Lyhyt kierto sijoittuu prosessissa massan annostelun ja paperikoneen perälaatikon välille. (Knowpap 2023.)

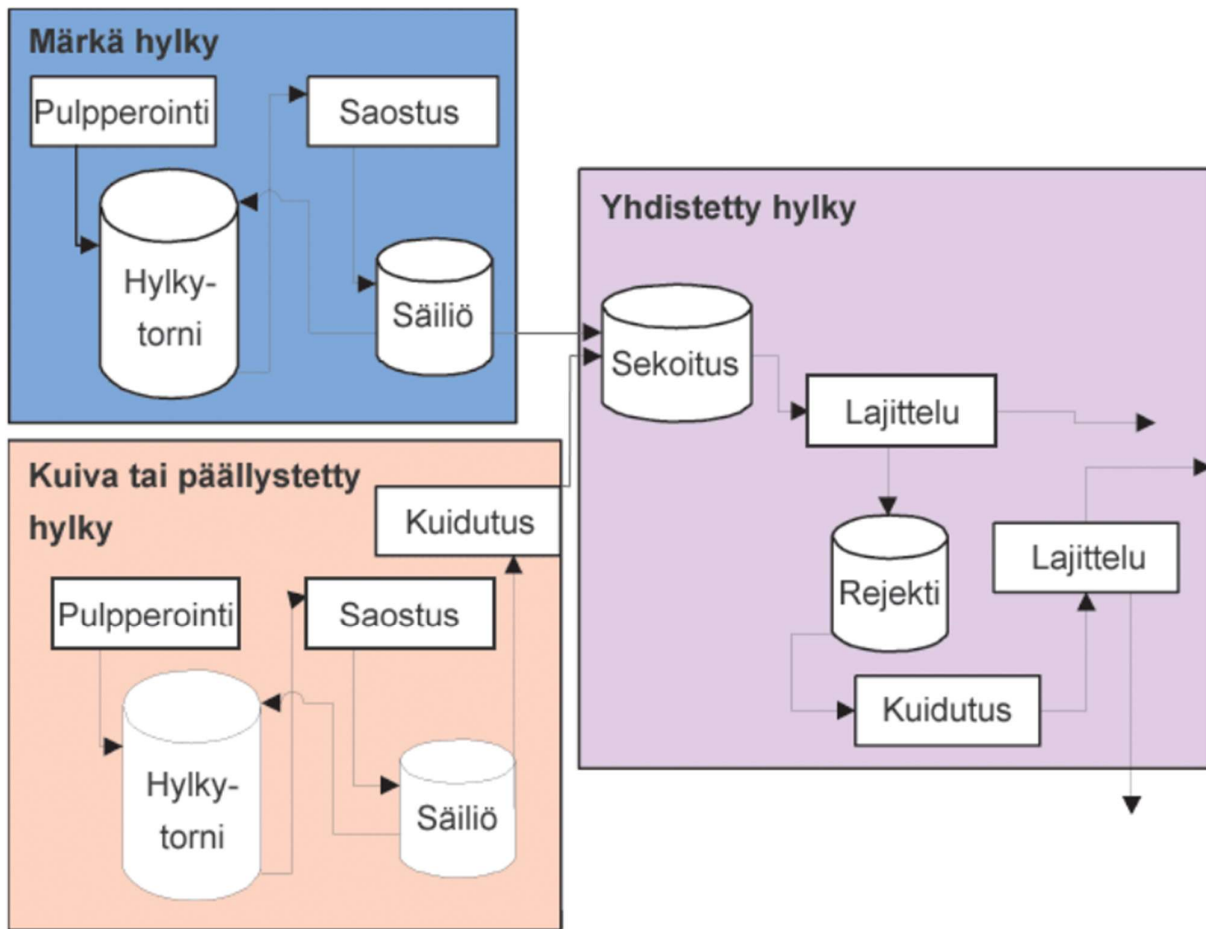


Kuvio 12. Lyhyen kierron sijainti paperitehtaalla (Knowpap 2023.)

Hyllyn käsittely ja pulpperit (Broke handling & pulpers). Hylkyjärjestelmä käsittelee paperinvalmistuksessa ja jälkikäsittelyssä hylättyä paperia. Hylkyjärjestelmän tehtävänä on tehdä hylätystä paperista uudelleen raaka-ainetta, ilman vaikutusta prosessinkulkuun. Hylkyjärjestelmä jaotellaan kahteen osaan, Pulpperijärjestelmään ja hyllyn käsittelyjärjestelmään.

Pulpperijärjestelmässä, paperikoneella ja jälkikäsittelyssä syntyvä hylky rikotaan sulpuksi, joka siirretään hyllyn käsittelyjärjestelmän kautta varastotorniin. Hyllyn käsittelyjärjestelmässä rikottu

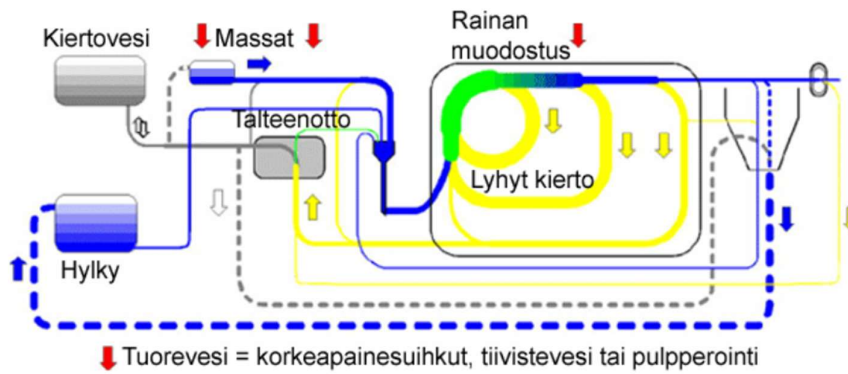
sulppu ja konehylky käsitellään siten, että sitä voidaan hyödyntää uudelleen prosessin raaka-aineena.



Kuvio 13. Hylynkiertojärjestelmä. (Knowpap 2023.)

Alueet Puhtaan veden käsittelystä (Fresh water treatment), Veden kemiallisesta käsittelystä (Fresh water treatment chemical system) ja paperikoneen suihkuvesijärjestelmästä (PM shower water systems) yhdistettiin Vesijärjestelmä (Water systems) kokonaisuudeksi. Tämä käsittelee puhtaanveden toimittamista eri prosessiosastoille tehdasta. Puhtaan veden takaaminen prosessiin

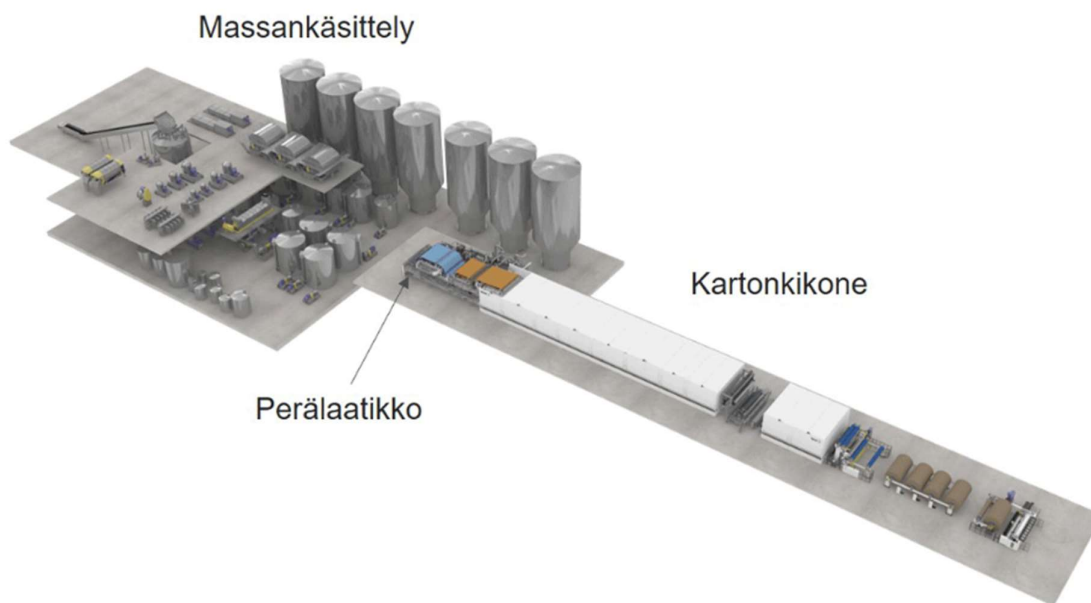
on tärkeää laadun takaamiseksi.



Kuva 2. Vesikierto järjestelmä (Knowpap. 2023)

Erilaiset Kemikaalien käsittely (Chemicals systems) alueet, Märnpään kemikaalit (Wet end chemicals) ja Kemikaalien valmistelu (Chemical preparation) yhdistettiin Märnpään kemikaalit (Wet end chemicals) kokonaisuudeksi, joka käsittelee kemikaalien sekoitusta toisiinsa tarpeen vaatiessa ja sitä myötä prosessin erialueisiin kemikaalien tuottaminen. Kemikaalit ovat selluloosan valmistamisessa käytettyjä lisäaineita, esim. CTMP:n valmistuksessa käytetään imetyskemikaalina natriumsulfaattia havupuisen hakkeen kanssa. Imeytyminen vaikuttaa lopputuotteen laatuun sekä energian kulutukseen jauhimilla. Tämä osasto sijaitsee massatehtaan keittämössä. (Knowpap 2023.)

Perälaatikko (Headbox) osaprosessin alle sijoitettiin perälaatikoihin- ja viiraosalle (Forming section) kuuluvat piirit. Perälaatikko sijaitsee paperikoneen etuosassa nimestään huolimatta lyhyen kierron ja viiraosan välissä. Perälaatikolla massa levitetään tasaiseksi rainaksi ja viiraosan levyiseksi suihkuksi. Perälaatikon tehtävänä on myös tasoittaa painevaihtelu ja saada aikaan sopiva sakeus. Perälaatikon jälkeen raina etenee seuraavaksi viiralle. Viiraosalla rainasta poistetaan vettä viirakankaan läpi. Viiraosalta raina etenee puristin osastolle. (Knowpap 2023.)



Kuvio 14. Kartonkikone yksinkertaisuudessaan (Knowpap. 2023)

Puristin osasto (Pressing section) osaprosessiin koottiin puristimiin liittyvät piirit. Puristimia voi olla yksi tai useampia. Tämän alueen tehtävänä on puristaa ylimääräinen vesi pois paperimassasta ennen kuivausvaiheeseen siirtymistä. Puristinosan tehokas käytettävyys on olennainen tekijä paperinlaadulle ja tuotantokustannuksille.

Kuivausosasto (drying section) koottiin kuivaimet, imujärjestelmä (Vacuum systems), Puhaltimet (Blowers). Lisäksi kuivatukseen käytetyt puhallinmoottorit paperiradan koko matkalla ja paperin ohjausrullasto (guide rolls) sekä vakautusrullat (stabilizers). Kuivausosaston päätehtävänä on poistaa rainasta vettä haihduttamalla. Kuivausosastolla radasta lähtee viimeisetkin vedet ja sen kuiva-ainepitoisuus osastolta poistuessa on korkea. Kuivaus vaikuttaa paperin laatuun monella eri tapaa, kosteusprofiili poikki- ja pituussuunnassa on tärkeä, pintaominaisuudet, lujuusominaisuudet ja venyminen. (Knowpap 2023.)

Kuivainten huuva-osuus päätettiin eriyttää omaksi osaprosessiksi. Siihen sisällytettiin Huuvan ilmanvaihto (Hood ventilation) ja lämmön talteenotto (heat recovery). Huuva tarkoittaa kuivainten päällä olevaa kuivainten ympärillä olevaa kevyttä rakennusta, jossa kuivauksessa käytetyn lämpimän ilman lämpö otetaan talteen muualla käytettäväksi.

Höyry ja kondenssi (Steam and condensate) järjestelmän piirit jakavat höyryn, säätelevät höyryn syöttöä, ohjaavat kondensaation poistoa ja varmistavat höyryn uudelleenkäytön kuivausosassa. Järjestelmä sisältää lämpökompessorit, ohjausventtiilit, syfonit ja liitokset, erottimet, pumput sekä automaattisen läpipuhalluksen ohjausjärjestelmän.

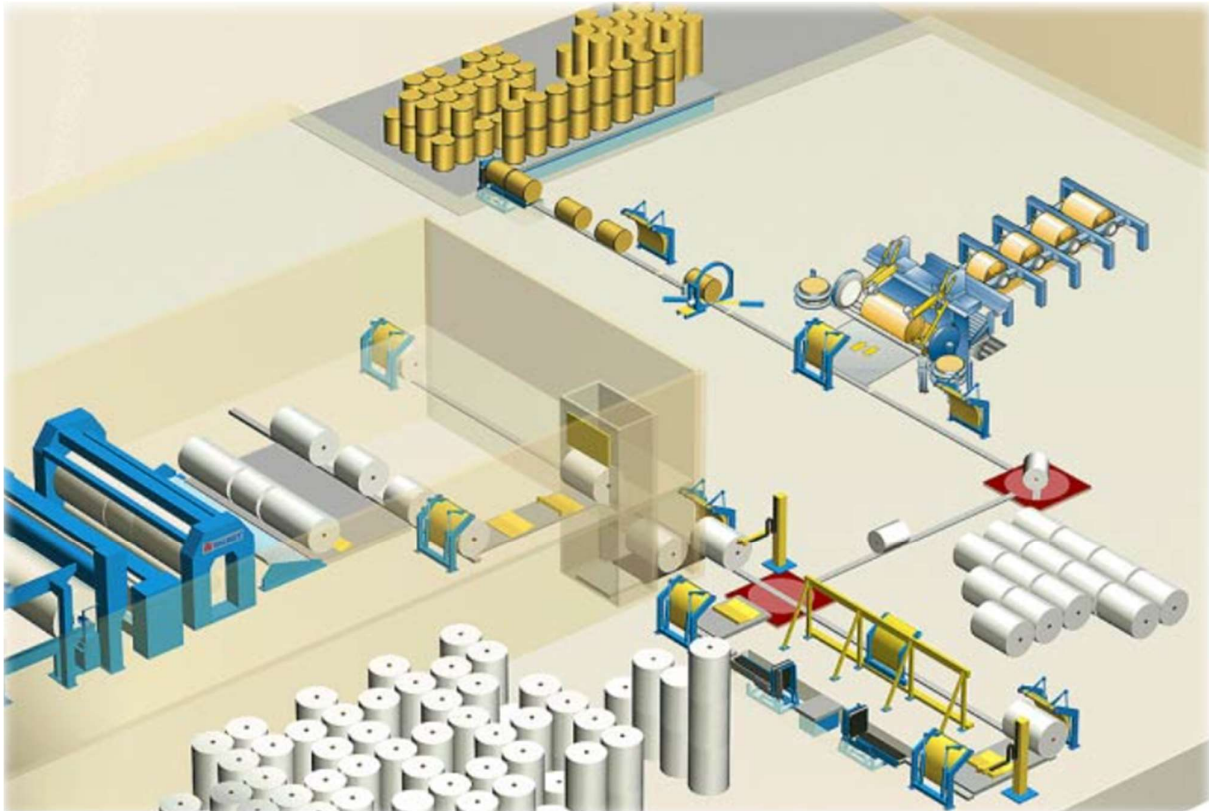
Kalanteri (Supercalender) on jälkikäsitteilyn osaprosessialue, jonka tehtävänä on parantaa paperin pinnan sileyttä ja kiiltoa. Kalanterin päätehtäviin kuuluu myös paperin paksuuden säätäminen halutulle tiheydelle ja -paksuusprofiilin tasaaminen, jotta saadaan pituusleikkurilta tasapaksuja rullia. Kalanteri toimii syöttämällä paperia rullien väliin, jotka puristavat ja kiillottavat rainan kahden tai useamman telan muodostaman nippisysteemin läpi. (Knowpap 2023.)

Pinnoitus (Coating) osaprosessiin sisällytettiin, väriainepinnoitteen valmistus (color coating prep), pinnoiteiden keittäminen (coating kitchen), pinnoitteet (coatings) sekä muita pinnoitukseen ja väriaineisiin liittyviä piirejä. Päällistyksen tarkoituksena on parantaa tuotteen painettavuutta (sileys, pintalujuus, painoväriin imetysominaisuudet) ja ulkonäköä (vaaleus, kiilto, opasiteetti). Pinnoitusvaiheessa paperin päälle lisätään ohut kerros päällistyspasta, joka sisältää pigmenttiä ja sidosaineita parantamaan pinnan ominaisuuksia. Pinnoitus voi olla yksi- tai monikerroksinen prosessi ja pinnoitust materiaali. Pinnoitus on tärkeä vaihe paperikonetta, erityisesti silloin kun valmistetaan montaa erityyppistä paperia eri käyttötarkoituksiin. (Knowpap 2023.)

Monikerrospaperin valmistukseen liittyvät piirit koottiin samaan osaprosessiin, joka sisältää pohja-, keski- ja tulostuskerrokset. Nämä sijoittuvat paperikoneen kuivausosan ja käärintäosan väliin. Takakerros on erikseen muodostettu kerros, joka lisätään paperirainan pohjalle antamaan sille vahvuutta ja vakautta. Keskikerros muodostetaan yhdistämällä kaksi erilaista paperirainaa yhteen, kerros voi sisältää erityyppistä sellua tai muita materiaaleja joilla saavutetaan sille halutut ominaisuudet. Painokerros on päälinnäinen kerros paperista, joka on suunniteltu vastaanottamaan painomusteita ja tarjoamaan parhaan mahdollisen tulostuslaadun. (Knowpap 2023.)

Pituusleikkuri ja Jälkikäsitteily (Winder & paper finishing) ovat paperikoneen loppupään prosesseja. Viimeistelyssä keskitytään parantamaan paperin loppuominaisuuksia vastaamaan haluttua käyttötarkoitusta. Viimeistelyvaihteita on monenlaisia kuten, pinnan käsittely, laminointi, leikkaus, rei'itys ja kohokuviointi, ja viimeisenä taitto sekä kääriminen. Jälkikäsitteilyyn liittyy myös paljon

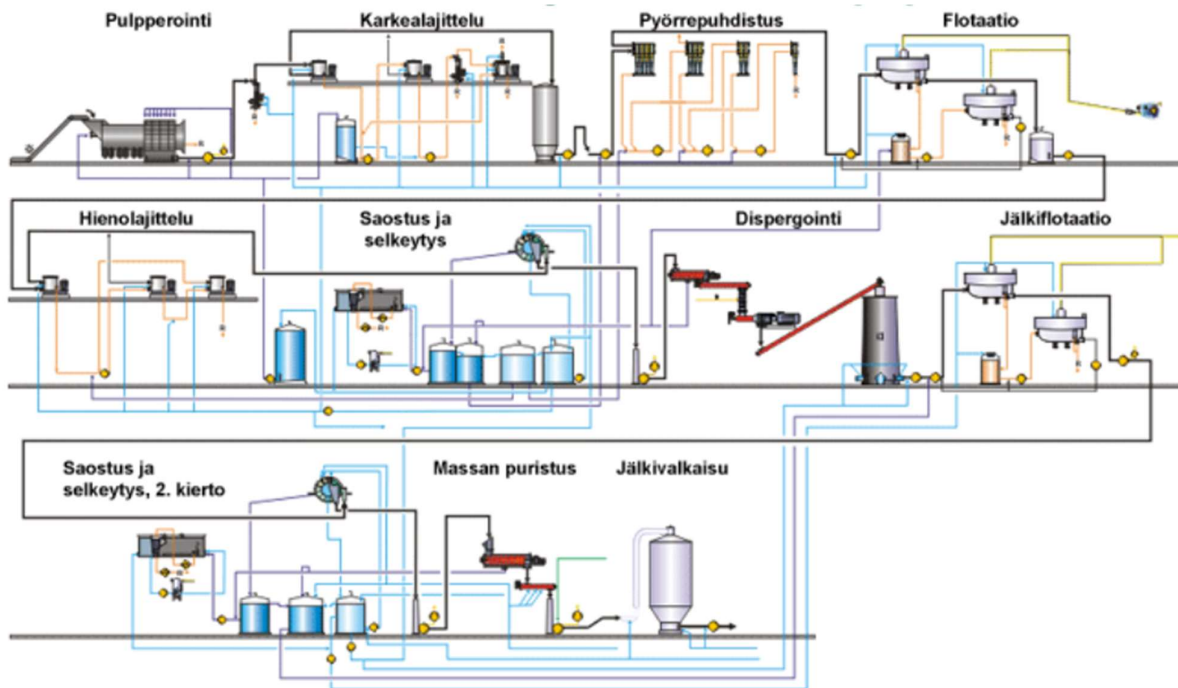
erilaisia kuljettimia, kääntöpöytiä ja työntimiä. (Knowpap 2023.)



Kuvio 15. Pituusleikkaus ja rullan käsittely (Knowpap 2023.)

Jäteveden käsittely (Wastewater systems) osaprosessiin laitettiin veden ja jäteveden käsittelyn yleiset piirit (Water and effluent treatment common), jätevesien kemiallinen käsittely (Effluent treatment chemical system) ja jätevesilietteen käsittely (effluent sludge treatment). Nämä tarkoittavat paperikoneen jätevesijärjestelmää, joka vastaa käytetyn veden käsittelystä ja puhdistamisesta ennen sen päästämistä tehtaalta. (Knowpap 2023.)

Yhteen projektiin sisältyi keräyspaperin kierrätysprosessi (Deinked paper). Nämä piirit päätettiin koota samaan osaprosessiin. Tämä prosessi tunnetaan myös nimellä siistausprosessi, joka tekee keräyspaperista paperikoneelle sopivaa raaka-ainetta. Kierrätyspaperista puhdistetaan painomuste ja muut epäpuhtaudet siistaus -prosessissa. Tämän jälkeen siistattua massaa voidaan käyttää sellun tapaan raaka-aineena paperin valmistuksessa. Siistauslaitos sijaitsee yleensä paperitehtaan kanssa samalla tontilla. (Artescon 2021.)

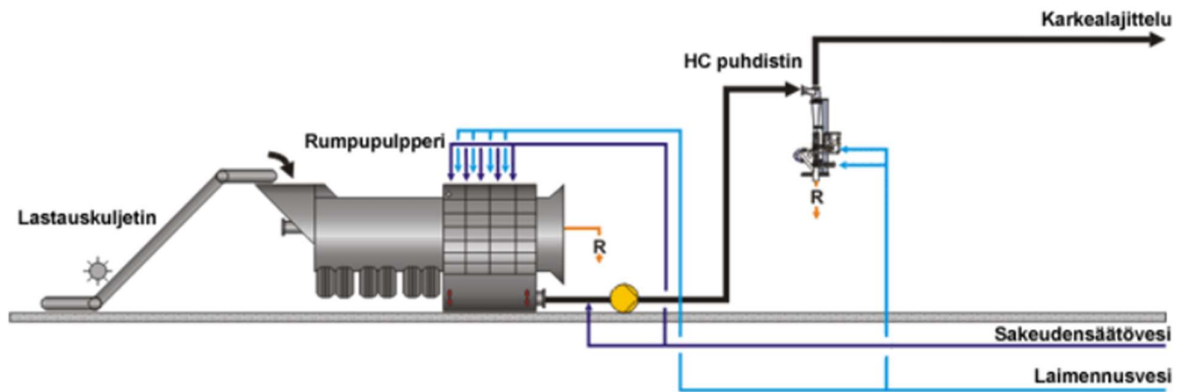


Kuvio 16. Siistauslinja sanomalehtipaperille (Knowpap 2023.)

Dip reject handling Rejektinkäsittely. Tehty tuottamaan korkeasakeista rejektiä, jotta välttyään kuljetuskustannuksilta ja sen energia-arvo on mahdollisimman suuri. Rejektin käsittelyssä hiekanerotin poistaa vettä HC-puhdistimen rejektistä. Puristimen avulla poistetaan vettä rumpupulperin ja karkealajittelun sihtien rejekteistä. Rejektinkäsittelyyn kuuluu myös esisaostin, lietepuristin joiden käsittelemä rejekti kerätään lietesäiliöön.

DIP repulping, uudelleen pulperointi. Alueen tehtäviin kuuluu hajoittaa keräyspaperi pumpattavaan muotoon, sekoittaa kemikaaleja massan joukkoon, painovärin irroittaminen ja karkean rejektin poistaminen. Pulperointisysteemi koostuu pulperin syöttölaitteistosta, pulperista ja pulperin rejektinkäsittelystä. Syöttölaitteistossa poistetaan sidelangat, hajotetaan paalit ja lastauskuljetin kuljettaa keräyspaperin pulperiin.

Pulperointi



Kuvio 17. Kierrätyspaperin pulperointi (Knowpap. 2023)

Lietteen käsittely (Dip sludge handling) sisältää Flotaation, mikroflotaation, pyörrepuhdistuksen ja hienolajittelun, jossa rejektit johdetaan lietesäiliöön. Alueeseen kuuluu lietepuristin, jossa on yhde höyrylämmitykselle, jonka avulla voidaan nostaa ulostulevan sakeutta. (Knowpap. 2023)

Kemikaalijärjestelmä (Dip chemical systems) sisältää kemikaalien annostelun ja valmistuksen piirit, joiden avulla pulperoinnissa syötetään veden ja keräyspaperiin sekaan peroksidia, natriumsilikaattia, NaOH:ia ja saippuaa. Kemikaalit pehmentävät paperia ja muokkaavat sen kuituja helpommin käsiteltäväksi pulperissa. (Knowpap. 2023)

Eriasteiset flotaatiot tarkoittavat painomusteen poistoa massasta näihin kuuluu, microflotation, preflotation, postflotation piirien tehtävänä on maksimoida kirkkaus, minimoimalla kuituhävikki. Kierrätyspaperista erotetaan muste ilmakuplien avulla. Muste kulkeutuu ilmastusaltaan pintaan kuplan avulla johon vaahto kerääntyy. Muste rikastuu vaahtokerroksessa ja poistuu ylijooksuna rejektiin. (Knowpap 2023.)

DIP Coarse screening system. Karkeat seulat poistavat tehokkaasti massasta raskaat, kevyet ja karkeat hiukkaset ja epäpuhtaudet ja suojaavat myöhempiä prosessilaitteita mahdollisilta vaurioilta. Poistaa muovin, lasin, metallin, hiekan ja stickies. hellävarainen seulonta ilman epäpuhtauksien rikkomista pienemmiksi. (Knowpap. 2023)

Rasvaus ja voitelu yhdistettiin Lubrications osaprosessiksi. Näiden tehtävänä on toimittaa voiteluaineet sellun valmistukseen, paperin muodostukseen, kuivaukseen ja viimeistelyyn. Piirien tehtävänä on myös tarkkailla automaattisten rasvareiden toimivuutta sekä ohjausta. Automaattinen rasvaus auttaa optimoimaan prosessin ja säästämään voiteluaineiden käytössä.

6.3 Projektit

Projekti 1 sisälsi piirejä yhteensä: 2254. Tässä projektissa oli osastojakoa tehty alun peri chemical prep, paper machine general, paper machine, pulper station, stock preparation, supercalender, winder& paper finishing. Kemikaalien valmistamiseen piirejä eniten.

Projekti 2 sisälsi piirejä yhteensä: 3265. Tässä projektissa oli osastojakoa tehty alun perin DIP, Effluent treatment, fresh water treatment, PM, water and effluent treatment. DIP erikoisuutena.

Projekti 3 sisälsi piirejä yhteensä: 4140. Projektiin kuului kartonkikone, incoming media (suomeksi) ja Kartonkitehtaan muita piirejä. Näiden kolmen pääotsikon alle ei ollut tehty tarkempaa osastojakoa, poislukien Incoming media. Siispä kaikki muut piirit olivat lähestulkoon samalla otsikolla seuraavassa osastojaossa pääjaon jälkeen. Kartonkikoneessa piirijakoa oli tehty Kartonkikone ja Refining (Jauhatus). Incoming mediassa piirijako oli tehty tarkemmin esim. Broke handling (suomeksi), Coating color preparation, Paineilma (compressed air), Pulp reception (sellumassan vastaanotto), Vesijärjestelmä (water systems) ja wet end chemicals (märänpään kemikaalit). Tässä projektissa oli erityisen paljon Ilmanvaihtokoneita (supply units), märänpään kemikaaleja ja väriainepinnoitteen valmistukseen liittyviä piirejä.

Projektien välinen kielimuuri teki piirien tulkitsemisesta hankalaa. Kansainvälisissä projekteissa oli käytetty aina pääkielenä kohdemaan kieltä, jotta prosessinohjaajien on helppo ohjata ja ymmärtää prosessia. Muutamassa projektissa oli tehty englanniksi piirien toinen kuvaus, joten niissä oli helpompi ymmärtää piirin tarkoitus. Englannista suomen kieleen piirien nimityksien muutos ei

mennyt suoraan käänteisesti vaan, täytyi opetella ja miettiä sanojen tarkoitusta tarkemmin, osaprosessien nimityksien välillä tarkoittaneen täysin .

Piirimäärien erosta eri osaprosesseissa oli vaikea tutkia, johtuen projektien erilaisuuksista. Projektit olivat joiltain osin samanlaisia, mutta ei niin paljon että niitä olisi pystynyt vertaamaan suoraan. Paperiteollisuuden projektit vaihtelevat paljon, riippuen täysin lopputuotteesta. Joissain tehtaissa on paperin päällystykseseen monta kerrosta ja joissain vain tulostuspinta. Toisille tehtaille voi raaka-aine (sellu) tulla valmiina ja toisille se tulee puuna, josta tehdään massaa. Siispä koneita on vaikea verrata piirimäärien ja variaatioiden erotessa paljon.

7 Tulokset ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää ymmärrystä erilaisiin projekteihin tarvittavasta piirimäärästä paperi- ja selluteollisuudessa, sekä uusille suunnittelijoille ymmärrystä paperikoneesta ja sen osaprosesseista. Työn tuloksena syntyi selkeä osaprosessijako ja terminologia, joka soveltuu jatkossa toimeksiantajan käyttöön projektista riippumatta. Työn tulosta voidaan hyödyntää kaikissa projekteissa liittyen paperi- ja sellutehtaisiin. Työllä on jatkokehitysmahdollisuuksia muunmuassa jakaa muut tehdyt projektit samoihin osaprosesseihin, jaotella osaprosessit pienempiin. Jaottelu syventää tietoa projekteista ja sillä saadaan tarkennusta entisestään tarjouslaskelmiin ja esisuunnitteluun.

Opinnäytetyön eteneminen oli mielestäni järjestelmällistä alun vaikeuksien jälkeen, sillä aluksi perehdyin paperin- ja sellun valmistukseen sekä -tehtaisiin itsenäisesti ja tietokannasta (knowpap) opiskelua auttoi aikasempi kokemus sellutehtaalla työskentelystä sekä myöhemmin työtehtävät, joissa pääsin tekemään liittyvää määrittelyä. On ollut mukava huomata, että alun karkeasta ja suuresta tietomäärän opiskelusta on projektien myötä saanut selville, miten laajoja osaprosessit voivat olla ja niihin liittyvien piirien monipuolisuudessa. Kollegoiden näkemukset auttoivat myös loppuvaiheessa keskittymään enemmän oikeisiin asioihin työni kannalta. Hyödyt uralleni. Ammatillista kehitystä on kertynyt paljon, niin paperin valmistuksessa, piirien hahmottamisessa, automaation ulottuvuuksista paperiteknologiassa kuin automaatio suunnittelun perusteissa.

Opinnäytetyöstä haastavan teki paperikoneen runsan yksityiskohtaisuus ja myös se, että kokemukseni aiheesta oli lähes olematon. Alun vaikeuksia oli piirien tunnistamisessa ja minkä

kokoisiin alueisiin piirejä jaetaan sekä miten tarkasti. Sain aiheesta paljon ymmärrystä kollegojeni, tietokantojen ja kirjallisuuden avulla, jotka selventivät osaprosesseihin jakoa ja piirien sijoittelua. Työssä esittelin aluksi puun matkasta paperikoneelle valmiiksi raaka-aineeksi. Seuraavaksi esittelin lyhykäisyydessään paperikoneen osat, jotta lukijalle tulee käsitys osien tehtävistä ja niihin liittyvistä piireistä. Tämän jälkeen avasin teille osaprosessi termien yhdistämisestä ja tutkituista projekteista.

Paperi- ja sellutehtaiden syvämpi tutkiminen opinnäytetyön toimeenpanoa varten on monipuolistanut osaamistani työelämän projekteja varten sekä luonut minulle ymmärrystä prosessiautomaation yleisissä asioissa. Osaamiseni ja tietotaitoni paperiteollisuudesta on lisääntynyt todella paljon.

Alun perin tarkoituksena oli tutkia paperi- ja selluprosessien piirimäärää, mutta projekteja valitessa sellutehtaisiin liittyviä projekteja oli vähemmän verrattuna paperi- ja kartonkikone projekteihin. Tämän takia jätimme ne pääosin pois tästä työstä. Kuitenkin valituissa projekteissa tuli vastaan myös osittain massanvalmistusta. Toisena syynä oli myös aikataulu, joka oli aika tiukka. Opinnäytetyö aloitettiin virallisesti lokakuun alussa ja tarkoituksena oli saada jouluun mennessä työ valmiiksi. Tiukasta aikataulusta huolimatta saimme jaoteltua kaikki piirit niille kuuluviin osaprosesseihin.

Water systems	89
Hall ventilation	130
Air conditioning	31
Stock preparation	142
Pressing section	87
Drying section	146

Kuvio 18. Uusilla osaprosessitermeillä saatu lopputulos

Lähteet

Tietoa meistä. 2023. AFRYn verkkosivut. Viitattu 4.11.2023. <https://afry.com/fi-fi/tietoa-meista>

AFRY Virtual site. 2023. AFRYn verkkosivut. Viitattu 12.12.2023. <https://afry.com/en/service/afry-virtual-site>

Knowpap-oppimisympäristö. v.24.0. Viitattu 13.12.2023. <https://www.knowpap.com/>

Knowpulp-oppimisympäristö. v.21.0. Viitattu 13.12.2023. <https://www.knowpulp.com/>

Distributed control system for process automation. N.d. Valmetin verkkosivut. Viitattu 15.12.2023. <https://www.valmet.com/automation/distributed-control-system/>

What is Distributed control system? N.d. Electrical technologyn verkkosivut. Viitattu 13.12.2023. <https://www.electricaltechnology.org/2016/08/distributed-control-system-dcs.html>

Lehtonen, S. 30.12.2020. What can we learn from the energy industry about mill-wide optimization? Valmetin verkkosivut. Viitattu 15.12.2023. <https://www.valmet.com/insights/blogs/what-can-we-learn-from-the-energy-industry-in-mill-wide-optimization/>

Jurvanen, L. 2023. Mikä on Scada? Savelan verkkosivut. Viitattu 22.11.2023 <https://www.savelan.fi/mika-on-scada/>

Paperi- ja selluteollisuus. N.d. Artescon verkkosivut. Viitattu 14.12.2023. <https://artesccon.com/toimialat/metsateollisuus/paperi-ja-selluteollisuus>

Automaatiojärjestelmä. n.d. Kuva Opetushallituksen verkkosivuilta. Viitattu 16.12.2023. http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/sahkotekniikka_a2_automaatiojarjestelma.html

