



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

KONSENTRAATIN KÄYTÖN LISÄÄMINEN

Oona Lonka

Opinnäytetyö
Toukokuu 2019
Biotuote- ja prosessitekniikka
Biotuotetekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Biotuote- ja prosessitekniikka
Biotuotetekniikka

LONKA, OONA:
Konsentraatin käytön lisääminen

Opinnäytetyö 35 sivua
Toukokuu 2019

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Sappi Kirkniemen paperikone 1 ja 2-alueella muodostuvan konsentraatin käytön lisäämisen vaikutuksia päällystyspastaan ja paperin laatuun. Konsentraattia muodostuu tällä hetkellä enemmän kuin sitä käytetään ja ylimääräinen konsentraatti pumpataan jätevesilaitokselle. Konsentraatin käytön lisäämisellä voitaisiin saada merkittäviä säästöjä raaka-aineiden eli päällystyspigmenttien käytössä sekä jätevesilaitoksella. Konsentraatin käytön lisäämisen mahdollisuuksia lähdettiin tutkimaan ensin mittaamalla konsentraatin ominaisuuksista kuiva-ainepitoisuus, pH ja ISO-vaaleus. Tämän jälkeen testattiin koeajolla, kuinka lisäys pastareseptissä vaikuttaa pastan ja paperin ominaisuuksiin. Koeajossa käytetyt konsentraattiosuudet olivat nolla, 2,5 ja viisi. Jokaista koepistettä varten paperikoneella valmistettiin kaksi konerullaa, jotka päällystettiin ja superkalanteroitiin. Koeajossa valmistettava paperi oli neilömassaltaan 57 g/m².

Konsentraatin ominaisuuksia tutkittaessa huomattiin sen olevan hyvin tasalaatuista. Kuiva-ainepitoisuus ja ISO-vaaleus pysyivät tasaisina kaikissa mittauksissa. Konsentraatin pH vaihteli hieman ja oli pastan pH:ta hieman alhaisempi. Koeajossa huomattiin, että pastan kuiva-ainepitoisuus ja viskositeetti laskivat konsentraattiosuuden ollessa viisi, johtuen konsentraatin alhaisesta kuiva-ainepitoisuudesta. Tämä saatiin korjattua lisäämällä pastaan paksuntajaa. Paperin laadussa ja ajettavuudessa ei tullut esille suuria muutoksia konsentraattiosuuden kasvaessa. Paperin vaaleus, kiilto, opasiteetti sekä siileys säilyivät tasaisina läpi koeajon.

Tämän koeajon perusteella konsentraattiosuutta voitaisiin kasvattaa ilman, että se vaikuttaa paperin laatuun. Tällä saataisiin aikaan merkittäviä säästöjä pastanvalmistusprosessissa. Jatkotutkimuksena opinnäytetyöhön liittyen voisi selvittää konsentraatin käytön lisäämisen vaikutukset raskaammilla lajeilla, kuinka konsentraatin kuiva-ainepitoisuutta voitaisiin nostaa ennen pastaan lisäämistä, sekä permeaatin käytön mahdollisuudet.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Bioproduct and Process Engineering
Bioproduct Engineering

LONKA, OONA:
Increasing the use of Concentrate

Bachelor's thesis 35 pages
May 2019

The purpose of this thesis was research how increasing the use of concentrate affects the coating color and quality of paper on paper machines 1 and 2 in Sappi Kirkniemi. At the moment, there is more concentrate formed than is used and the leftover is pumped to the wastewater treatment plant. Increasing the use of concentrate could achieve major savings in both the coating kitchen and the wastewater treatment plant. Opportunities for increasing the use of concentrate were started by first examining the solid content of the concentrate, pH and ISO brightness. After this, the effects on the coating color and quality of paper were tested on a test run. Parts of concentrate used in the test run were zero, 2.5 and five. For each test point, two machine reels were made on a paper machine and they were coated and supercalandered. The paper produced in the test run was of a square mass 57 g/m².

When examining the properties of the concentrate, it was found to be very homogeneous. The solid content and ISO brightness remained constant in all measurements. The pH of the concentrate varied slightly and was slightly lower than the pH of the coating color. In the test run it was noticed that the solid content and viscosity of the coating color decreased with the concentration ratio five due to the low solid content of the concentrate. This was corrected by adding a thickener to coating color. The quality and runnability of the paper were not high changes when part of concentrate increased. Brightness, gloss, opacity and smoothness of paper remained steady through the test drive.

Based on this test run, the use of the concentration could be increased without affecting it paper quality. This would result in significant savings in the coating color manufacturing process. As a follow-up study on the thesis, the effects of the increasing the use of the concentrate on heavier papers could be researched, as well as how solid content of concentrate could be increased before adding it to coating color and also the opportunities for using a permeate.

Key words: concentrate, coating kitchen, coating

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	SAPPI KIRKNIEMI.....	7
3	PASTAPITOISTEN VESIEN KÄSITTELY.....	8
4	ULTRASUODATUS.....	11
5	PÄÄPIGMENTIT.....	14
	5.1 Kalsiumkarbonaatti.....	14
	5.2 Kaoliini.....	15
6	KONSENTRAATIN OMINAISUUDET.....	16
	6.1 Vaaleus.....	16
	6.2 Kuiva-ainepitoisuus.....	17
	6.3 pH.....	18
7	KONSENTRAATTIOSUUDEN KASVATTAMINEN.....	20
	7.1 Vaikutus pastan ominaisuuksiin.....	20
	7.2 Vaikutus paperin laatuun.....	22
	7.2.1 Pohjapaperin ominaisuudet.....	22
	7.2.2 Päällystetty paperi.....	24
	7.2.3 Kalanteroitu paperi.....	28
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	32
	LÄHTEET.....	35

LYHENTEET JA TERMIT

PK	Paperikone
PPK	Paperinpäällystyskone
SK	Superkalanteri
UF	Ultrafiltration, ultrasuodatus
KAP	Kuiva-ainepitoisuus
LWC	Light weight coated, kevyesti päällystetty puupitoinen painopaperi
MWC	Medium weight coated, kaksoispäällystetty puupitoinen painopaperi
AP	Paperin alapuoli, paperikoneella viiraa vasten oleva paperin pinta
YP	Paperin yläpuoli

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Sappi Kirkniemen paperitehdas. Kirkniemessä valmistetaan heatset offset-painatukseen tarkoitettua päällystettyä paperia kolmella paperikoneella. Opinnäytetyö käsittelee paperikoneiden 1 ja 2 alueella muodostuvan konsentraatin käytön lisäämistä päällystyspastan valmistuksessa. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, vaikuttaako konsentraatin lisääminen pastareseptiin pastan ja päällystettävän paperin ominaisuuksiin sekä paperin ajettavuuteen päällystyskoneella.

Tällä hetkellä PK1/2-alueella pastapitoisten vesien ultrasuodatusprosessissa valmistettavaa konsentraattia syntyy enemmän kuin sitä käytetään. Ylimääräinen konsentraatti laskeaan kanaaliin, josta se menee tehtaan jätevesilaitokselle. Jätevesilaitoksella liete erotetaan ja pumpataan voimalaitokselle poltettavaksi. Konsentraatti on kuitenkin tuhkapitoista, jolloin poltosta jäljelle jäävä tuhka pitää hävittää. Konsentraatin käytön lisäämisellä pastanvalmistuksessa voitaisiin saada merkittäviä raaka-ainekustannussäästöjä. Kun konsentraattia lisätään pastan joukkoon, se vähentää tarvittavien pigmenttien käyttöä. PK1/2-alueella käytettävät pääpigmentit ovat kalsiumkarbonaatti ja kaoliini. Konsentraatin käytön lisäämisellä voitaisiin siis saada säästöjä sekä jätevedenpuhdistuksessa että pastanvalmistuksessa.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa kerrotaan, mistä ultrasuodatukseen käytettävät pastapitoiset vedet muodostuvat PK1/2-alueella sekä miten ultrasuodatusprosessi toimii. Kokeellisessa osuudessa konsentraatin lisäämistä kokeiltiin koeajolla. Koeajossa päällystyspastan konsentraattiosuutta kasvatettiin nollasta ensin 2,5:een ja sen jälkeen viiteen. Tällä hetkellä tuotannossa konsentraatin osuus on 0-2,8 osaa pastasta. Kasvattamalla konsentraattiosuus viiteen, pyrittiin saamaan mahdolliset muutokset näkyviin. Työn tavoitteena oli tutkia, voitaisiinko konsentraatin käyttöä lisäämällä saada säästöjä ilman, että valmistettavan paperin laatu huononee. Tästä työstä on rajattu ulkopuolelle päällystykseen käytettävät pastareseptit sekä päällystysmenetelmien tarkempi kuvaus.

2 SAPPI KIRKNIEMI

Sappin Kirkniemen tehdas on osa Sappi Europea, joka on johtava päällystetyn hienopaperin, pakkauspaperin ja erikoispaperien tuottaja. Sappi European pääkonttori sijaitsee Brysselissä. Sappilla on Euroopassa kymmenen tehdasta, 14 myyntikonttoria ja 7 500 työntekijää. Sappi Europe on Sappi Limitedin divisioona. Sappi Limited on listattu Johannesburgin pörssissä Etelä-Afrikassa ja yritykselle työskentelee yhteensä yli 12 500 työntekijää. Tuotantolaitoksia on yhdeksässä maassa. (Lisätietoja Sappi Europesta. n.d.)

Sappi Kirkniemi sijaitsee Lohjalla ja siellä työskentelee 550 ihmistä. Tehtaalla on kolme paperikonetta, jotka tuottavat heatset offset-painatukseen tarkoitettuja korkealaatuisia Galerie-papereita. Tehtaalla tuotetaan paperi 750 000 tonnia ja yli 90 % siitä menee vientiin. (Kirkniemen tehdas. n.d.) Paperikoneet 1 ja 2 tuottavat LWC-paperia ja paperikone 3:lla tehtävä paperi on raskaammin päällystettyä MWC:tä.

Opinnäytetyö käsittelee paperikoneiden 1 ja 2 alueella muodostuvaa konsentraattia. Näillä paperikoneilla on yhteinen pastakeittiö, jossa päällystykseen käytettävä pasta valmistetaan. Paperikone 3:lla on oma pastakeittiö. Paperikone 1 on on-line-kone, jossa viiraosana on hybridiformeri ja päällystys tapahtuu filminsiirtopäällytyksenä. Päällystysasemia on kaksi. PK1 valmistaa paperia, jonka neliömassa on 35-54 g/m². Paperikone 2 on off-line-kone, jonka viiraosana on tasoviira. Paperikone 2:lla valmistettu pohjapaperi päällystetään päällystyskone 2:lla, jossa on kaksi päällystysasemaa. Molemmat päällystysasemat ovat teräpäällystysasemia. PK2 valmistaa paperia, jonka neliömassalta on 54-80 g/m². Paperikone 1/2-linjaan kuuluu lisäksi viisi superkalanteria, kolme pituusleikkuria, uudelleenrullain sekä pakkaamo.

3 PASTAPITOISTEN VESIEN KÄSITTELY

Kirkniemen tehtaan PK1/2-alueella päällystyspastan valmistuksessa ja käytössä muodostuu erilaisia pastapitoisia jätevesiä. Nämä jätevedet jaotellaan pastapitoisiin vesiin, pigmenttipitoisiin vesiin, kemikaalipitoisiin vesiin sekä pihavesiin. PK1:lla, PPK2:lla ja pastakeittiöllä muodostuu pasta- ja pigmenttipitoisia vesiä prosessin pesuista ja huuhteiluista. Näistä talteen otettaviksi hyväksytään vain putkilinjoissa kulkeva vesi, jotka myöhemmin käsitellään ultrasuotimella. Pastapitoisia vesiä muodostuu pastan valmistukseen ja käsittelyyn liittyvien laitteiden jätevesistä. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi varastosäiliöt, konekiertoputkistot sekä päällystysasemat. Pigmenttipitoisia vesiä syntyy pigmentin valmistuksessa ja lietteen käsittelyssä. Tähän kuuluvia laitteita ovat pigmenttimikserit, tärysihdit ja putkilinjat.

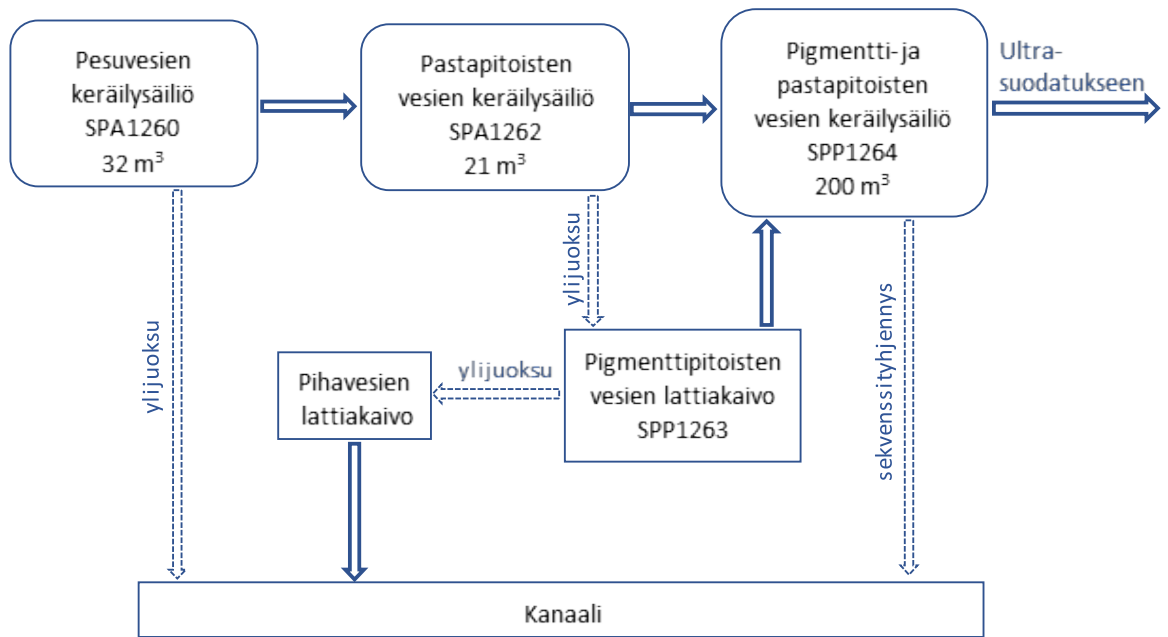
Kemikaalipitoiset vedet sekä pihavedet ovat kanaaleissa kulkevia jätevesiä ja ne ohjataan jätevesiasemalle. Kemikaalipitoisia vesiä syntyy esimerkiksi tärkkelyksen valmistuksesta sekä pastan lisäkemikaalien linjoista. Kemikaalipitoisiin vesiin kuuluu myös kemikaaliautojen purkauspaikalta tulevat purkausletkujen ja -yhteiden pesuvedet. Pihavesiä ovat kellarin lattiakaivon salaojia pitkin tulevat sade- ja sulamisvedet. Nämä jätevedet johdetaan pihavesien lattiakaivon, josta ne menevät voimalaitostunnelin kanaaliin, joka yhtyy myöhemmin pääkanaaliin.

Pastapitoisten vesien talteenottoprosessiin kuuluu kolme isoa säiliötä ja kaksi lattiakaivoja. Säiliöt ovat pesuvesien keräilyssäiliö SPA1260, pastapitoisten vesien keräilyssäiliö SPA1262 ja pigmentti- ja pastapitoisten vesien keräilyssäiliö SPP1264. Lattiakaivot ovat pigmenttipitoisten vesien lattiakaivo SPP1263 sekä pihavesien lattiakaivo. Pesuvesien keräilyssäiliöön kerätään keskitetysti pastakeittiön, PPK2:n ja PK1:n pastan konekierron alueelta tulevat pastapitoiset jätevedet. Nämä vedet pumpataan seuraavaksi pastapitoisten vesien keräilyssäiliöön. Tästä säiliöstä vedet pumpataan pigmentti- ja pastapitoisten vesien keräilyssäiliöön. Tähän säiliöön pumpataan vedet myös pigmenttipitoisten vesien lattiakaivosta. Pasta- ja pigmenttipitoisten vesien talteenottoapaikat on esitetty tarkemmin taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Pasta- ja pigmenttipitoisten vesien talteenottoaikat

Pesuvesien keräilyssäiliö SPA1260	Pastapitoisten vesien ke- räilyssäiliö SPA1262	Pigmenttipitoisten vesien lattiakaivo SPP1263
<ul style="list-style-type: none"> - PK2 pastamikseri - Tyhjennys-, varasto ja konesäiliöt - PPK2:n konekierrot - Pastan painesihdit - Sivelytela-altaiden ylijuoksut - Asemien betonialtaiden pohjat - Bentoniittilietin - Pigmenttimikseri, vanha - Märkäerotin 	<ul style="list-style-type: none"> - PK1 pastamikseri - PK1 pastan varastosäiliöt - Pigmenttipitoisten vesien sihtauskierto - UF-suotimen huuhtelu (- PK1 jäännöspastasäiliö) 	<ul style="list-style-type: none"> - Pigmenttimikserit - Tyhjennysäiliöt ja -kierrot - Tärysihdit - Annostelusäiliöiden kierrot - Laajennusosan kellaritason pesuvedet

Pesuvesien keräilyssäiliöstä SPA1260 vedet pumpataan pastapitoisten vesien keräilyssäiliöön SPA1262. Näiden vesien lisäksi säiliöön tulee vedet muun muassa PK1:n pastamikseriltä. Nämä on esitetty taulukossa 1. Pesuvesien keräilyssäiliön SPA1260 ylijuoksu menee suoraan kanaaliin. Pastapitoisten vesien keräilyssäiliöön SPA1262 tulee myös linja PK1:n jäännöspastasäiliötä, mutta linja on tällä hetkellä pois käytöstä pastapitoisen veden alhaisen kuiva-ainepitoisuuden takia ja se tyhjenetään suoraan kanaaliin. Pastapitoisten vesien keräilyssäiliöstä vedet pumpataan pigmentti- ja pastapitoisten vesien keräilyssäiliöön SPP1264. Tänne säiliöön pumpataan myös vedet pigmenttipitoisten vesien lattiakaivosta SPP1263. Pastapitoisten vesien keräilyssäiliön ylijuoksu menee lattiakaivoon SPP1263. Tämän lattiakaivon ylijuoksu puolestaan menee pihavesien lattiakaivoon, josta jätevedet johdetaan kanaaliin. Pigmentti- ja pastapitoisten vesien keräilyssäiliöstä SPP1264 vedet pumpataan ultrasuodatusprosessin käyttövedeksi. Säiliön SPP1264 sekvenssi tyhjentää säiliöstä vettä kanaaliin, kun pinnankorkeus on 95 %. Tällä tavalla pinnankorkeus lasketaan 85 %:iin. Tämä vesien kiertoprosessi on kuvattuna kuvassa 1.



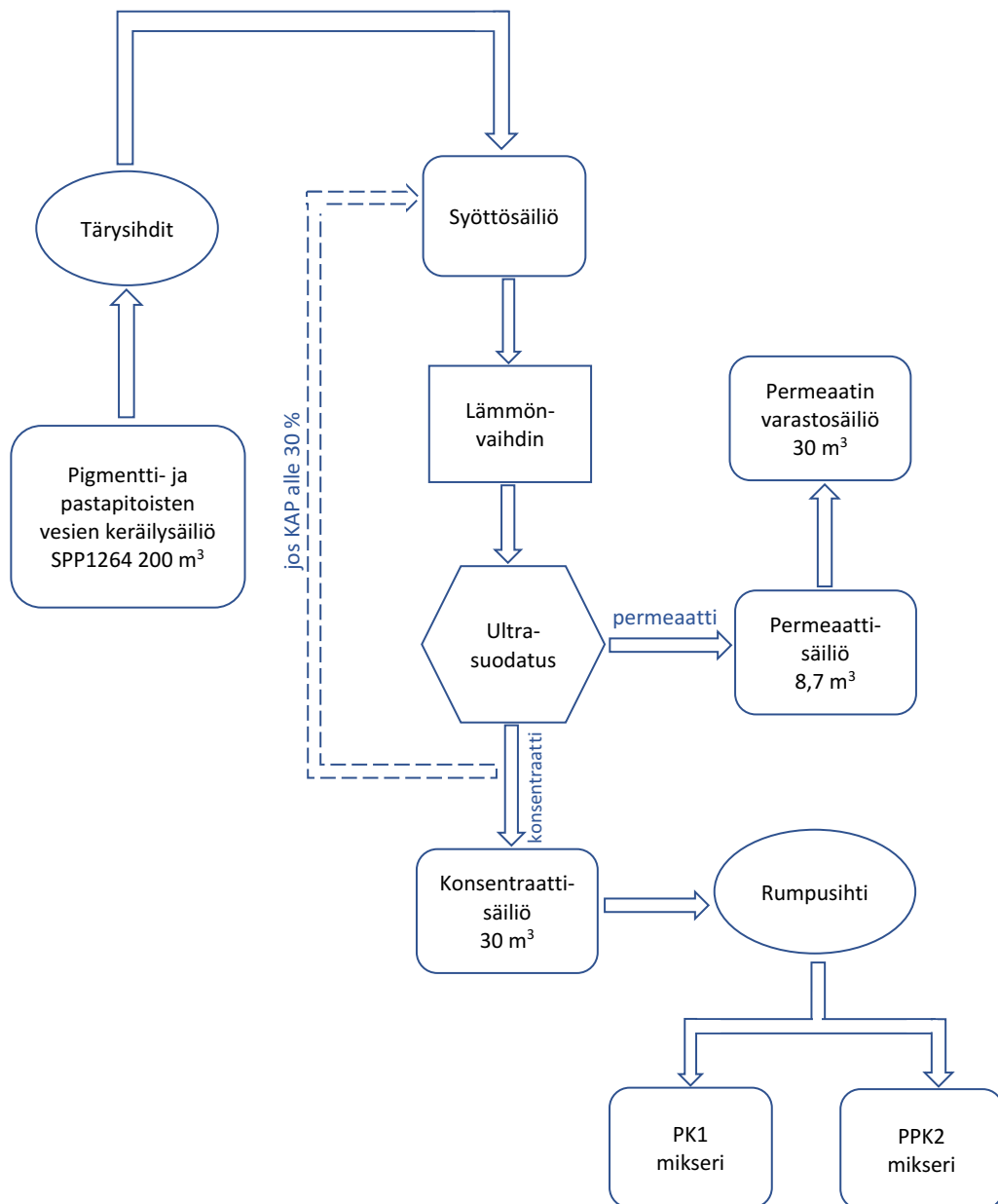
KUVA 1. Pasta- ja pigmenttipitoisten vesien kiertoprosessi

4 ULTRASUODATUS

Ultrasuodatus (UF, ultrafiltration) on kalvotekniikkaan perustuva kiintoaineen erotusmenetelmä. Ultrasuotimen tiheillä kalvoilla pystytään erottamaan kaikki kiintoaines, kolloidaalinen aines sekä bakteerit. Kalvoista pääsee läpi suoloja ja liuennaita metallioneja ja sokereita. (KnowPap. b.) Kalvolle jäänyttä jaetta kutsutaan konsentraatiksi ja kalvon läpäissyttä jaetta permeaatiksi. Ultrasuotimessa olevaa puoliläpäisevää kalvoa kutsutaan membraaniksi ja sen huokoskoko on 0,001-0,1 μm . Ultrasuotimessa on päällekkäin pinottuja kennoja, jotka sisältävät kaksi levyäistä polymeeristä valmistettua membraanikalvoa. Puhdistettava syöte pumpataan näiden kalvojen väliin, jolloin konsentraatti jää kennojen välissä olevaan tilaan ja permeaatti virtaa kalvojen lävitse kennon sisään. Kennojen välissä on pyörivät roottorit, joilla kennojen välinen syötevirtaus saadaan pysymään turbulenttisenä ja muodostuneen kiintoainekakun tasaisena. (KnowPap. c.)

Pastanvalmistuksen jätevesistä ultrasuodatettu konsentraatti sisältää pastan raaka-aineita ja sitä voidaan käyttää uudestaan pastanvalmistusprosessissa. Permeaatti on kirkasta suodosvettä ja sitä voidaan käyttää esimerkiksi pigmenttien ja muiden raaka-aineiden laimennus- ja liettovetenä.

Sappi Kirkniemen tehtaalla PK1/2-alueen pastanvalmistuksen jätevesien käsittelyssä on yksi ultrasuodatin. Siinä on päällekkäin 60 kennoa. Ultrasuodattimen suodatuspinta-ala on 80 m^2 ja suodatuskapasiteetti 2,1 dm^3/s . Kuvassa 2 on esitetty tehtaan pastapitoisten prosessivesien käsittelyn ultrasuodatusprosessi.



KUVA 2. Pastapitoisten prosessivesien ultrasuodatusprosessi

Kirkniemen tehtaalla PK1/2-alueella kaikki pastapitoisten prosessivesien ultrasuodatusprosessiin tulevat vedet pumpataan pigmentti- ja pastapitoisten vesien keräilyssäiliöstä SPP1264. Säiliön jätevesien kuiva-ainepitoisuuden tulee olla 5-8 %, jotta ultrasuodatusprosessi toimii oikein. Tähän säiliöön tulevat jätevedet on esitetty kuvassa 1. Säiliöstä SPP1264 vedet pumpataan tärysihtien läpi syöttösäiliöön, josta ne menevät lämmönvaihtimen läpi ultrasuodatuslaitteistolle. Osa vedestä poistuu kalvojen läpi permeaatiksi. Kiintoainepitoinen vesi kulkeutuu kalvojen läpi ulos suotimesta. Suotimen jälkeen ennen konsentraattisäiliötä on tiheysmittari. Jos ultrasuodatuksen läpi tulleen konsentraatin kiintoainepitoisuus on alle 30 %, se syötetään takaisin ultrasuodatukseen. Kun suoti-

mesta tulevan konsentraatin kiintoainepitoisuus on tarpeeksi suuri, se syötetään konsentraattisäiliöön. Konsentraattisäiliöstä konsentraatti syötetään tarvittaessa rumpusihdin läpi PK1:n ja PPK2:n pastamiksereille, josta se saadaan raaka-aineena hyötykäyttöön pastanvalmistukseen. Tällä hetkellä kaikkea valmistuvaa konsentraattia ei kuitenkaan voida hyötykäyttää pastan valmistuksessa, vaan merkittävä osa joudutaan laskemaan kanaaliin. Kanaalista konsentraatti menee jätevesilaitokselle, jossa sen puhdistaminen aiheuttaa ylimääräisiä kuluja. Konsentraatin käytön lisääminen pastan valmistuksessa vähentäisi myös uusien raaka-aineiden käyttökustannuksia. Paperin päällystyksessä raaka-ainehävikki on 2-12 %, joten konsentraatin tehokkaammalla käytöllä voitaisiin saada huomattavia säästöjä. (Mäkinen 2009, 455). Permeaattia voitaisiin käyttää PK1- ja PK2-linjojen tiivistevetenä esimerkiksi pumpuissa ja jauhimissa sekä kaoliinin lietossa. Tällä hetkellä permeaattia ei hyötykäytetä mitenkään, vaan se lasketaan suoraan kanaaliin.

5 PÄÄPIGMENTIT

Kirkniemen tehtaan PK1-2-alueella käytettävät pääpigmentit ovat kalsiumkarbonaatti CaCO_3 ja kaoliini. Konsentraatti koostuu pääosin näistä pigmenteistä.

5.1 Kalsiumkarbonaatti

Kalsiumkarbonaattia on käytössä jauhettua (GCC, ground calcium carbonate) ja saostettua (PCC, precipitated calcium carbonate). Nämä kaksi eroavat toisistaan hiukkasten koossa ja muodossa. Jauhettu kalsiumkarbonaatti on muodoltaan pyöreämpi, kun taas saostettu on yleensä sauvamaisempi. Hiukkaskooltaan GCC on hieman PCC:tä suurempaa. Kaikki Kirkniemen tehtaalla käytettävä kalsiumkarbonaatti on jauhettua eli GCC:tä. Kalsiumkarbonaatti on hyvin vaaleaa (vaaleus 90-95 %), joten sillä pyritäänkin parantamaan paperin päällysteen vaaleutta. Kalsiumkarbonaatin vaikutus paperin kiiltoon on riippuvainen hiukkaskoosta. Hienojakoisella tuotteella vaikutus kiiltoon on vähäinen, mutta karkeilla karbonaateilla kiiltoa saadaan alennettua, mikä on hyvä mattapapereiden valmistuksessa. (KnowPap. a.) Karbonaatin käyttö päällystypastassa lisää päällysteen huokoisuutta, pienentää offsetpaperin blistering-ilmiötä sekä parantaa painoväriabsorptiota. (Hägglom-Ahnger & Komulainen. 2003, 187.). Blistering eli kupliminen on heatset-offset-painamisen ongelma, jossa paperin sisältämä kosteus höyrystyy ja laajenee kuivatusuunissa, mutta ei pääse poistumaan tiiviin päällystekerroksen läpi. Päällystepasta irtoaa pohjapaperista höyrynpaineen vaikutuksesta ja pohjapaperin ja päällystekerroksen väliin muodostuu kupla. Karbonaattia lisäämällä päällystekerroksen huokoisuus lisääntyy, jolloin pohjapaperin kosteus pääsee päällystekerroksen läpi kuivattaessa. (Karhuketo, Seppälä, Törn & Viluksela 2004, 106.) Kalsiumkarbonaattia käsitellessä prosessin tulee olla alkalinen. Happamissa oloissa kalsiumkarbonaatti liukenee hajojen hiilidioksidiksi ja kalkkimaidoksi. Tällöin aiheutuu sekä ajettavuus- että laatuongelmia. (Gane & Imppola. 2009. 101.)

5.2 Kaoliini

Kaoliini on muodoltaan levymäinen, jonka ansiosta sillä saadaan superkalanteroidessa päällysteelle korkea kiilto ja sileys. Kaoliinin vaaleus on kalsiumkarbonaattia alhaisempi, noin 80-90 %. Puupitoisilla papereilla vaaleutta saadaan hiukan nostettua kaoliinia käyttämällä, mutta puuvapailla papereilla kaoliinin käyttö ei juurikaan nosta vaaleutta. (KnowPap. a.) Kaoliinin suurimpia tuottajamaita ovat Englanti, Yhdysvallat ja Brasilia. Kaoliinin vaaleus, hienous, kokojakauma ja levymäisyys vaihtelee tuotantomaan mukaan. Englantilainen kaoliini on levymäisempää ja vähemmän keltaista kuin muut. Yhdysvaltainen kaoliini sisältää eniten hienoainetta ja tarvitsee siksi enemmän sideainetta päällystyspastassa käytettäessä. Brasilialainen kaoliini puolestaan sisältää vähiten hienoainetta. (Husband 2009, 79-82.) Kaoliinin käyttö kasvattaa opasiteettia ja lisää päällysteen peittokykyä etenkin pienillä päällystemäärillä. Kaoliinin levymäisyys myös lisää paperin jäykkyyttä. (Husband 2009, 91.)

6 KONSENTRAATIN OMINAISUUDET

Konsentraatista mitattiin ISO-vaaleus, kuiva-ainepitoisuus ja pH. Näytteitä otettiin kymmenenä eri päivänä ja tulokset on esitetty taulukossa 2. Konsentraatista ei mitattu viskositeettia sen alhaisen kuiva-ainepitoisuuden vuoksi. Konsentraattimittauksiin käytettävät näytteet kerättiin kuukauden aikana.

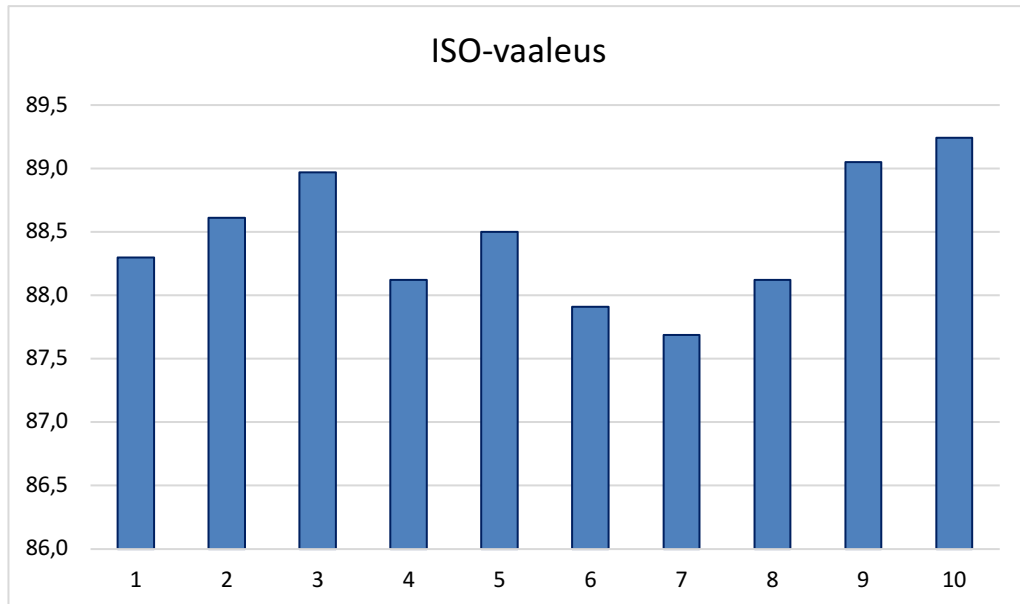
TAULUKKO 2. Konsentraatin mittaustulokset

Näyte	ISO-vaaleus (%)	KAP (%)	pH
1	88,30	30,96	7,79
2	88,61	31,00	7,57
3	88,97	30,93	7,74
4	88,12	31,41	7,49
5	88,50	31,05	7,55
6	87,91	31,15	7,68
7	87,69	31,14	7,28
8	88,12	31,29	7,52
9	89,05	30,02	6,96
10	89,24	30,60	6,81
Keskiarvo	88,45	30,96	7,44
Keskihajonta	0,52	0,39	0,33

6.1 Vaaleus

Vaaleus käsitetään usein samana kuin valkoisuus. Paperin vaaleus pyritään saamaan korkeaksi, jotta siihen painettujen värien sävyerot saadaan mahdollisimman suuriksi. Vaaleutta mitataan ISO-vaaleudella, jolla mitataan ominaisheijastuslukua aallonpituudella 457 nm eli sinisellä alueella. Menetelmä on siis herkkä keltaisuudelle, koska se absorboi ainoastaan sinistä valoa. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 187.)

Konsentraatista mitattiin ISO-vaaleus kuivattamalla sitä ensin 40 °C:ssa 48 tuntia, jonka jälkeen se jauhettiin. Jauhetusta näytteestä puristettiin tabletti, josta mitattiin ISO-vaaleus Elrepho 3000-värimittarilla. Mittaus tehtiin kymmenestä eri päivänä otetusta näytteestä. Tulokset on esitetty alla olevassa kuvaajassa 1, joka on piirretty yllä olevan taulukon 2 perusteella.



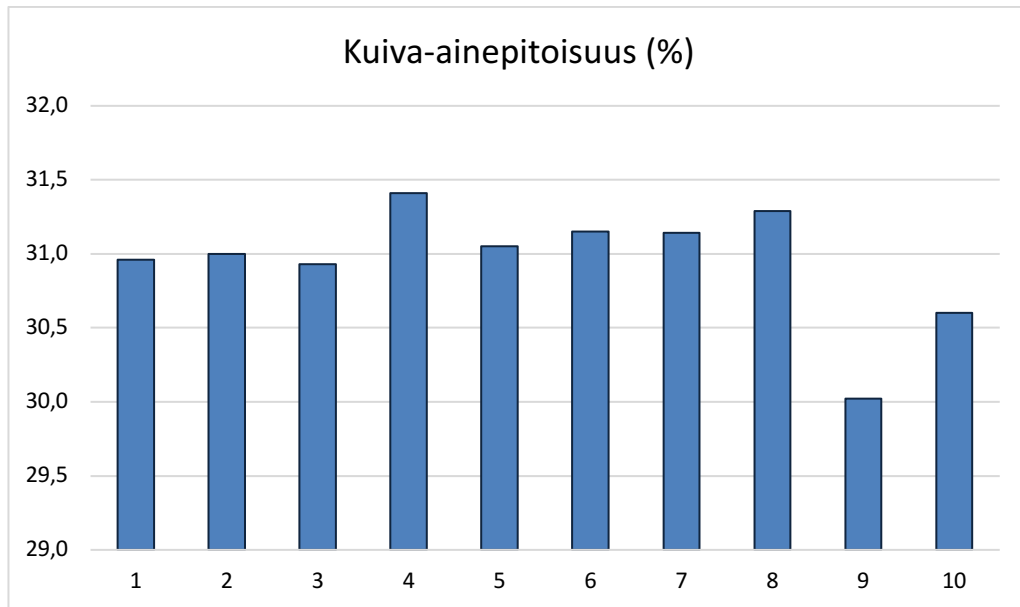
KUVIO 1. Konsentraatin ISO-vaaleuden mittaustulokset

Ylläolevasta kuviosta 1 huomataan, että konsentraatin ISO-vaaleus on melko tasainen. Keskihajonta mittaustuloksissa on 0,52. Konsentraatti kuivattiin alumiinifoliokupeissa. Haastavaksi vaaleuden mittauksen teki se, että kuivuessaan konsentraatti myös hieman kellastui. Jauhatukseen pitikin tarkkaan valita valkoisimmat osat kuivatetusta konsentraatista, jottei kellertävä väri laskisi vaaleutta.

6.2 Kuiva-ainepitoisuus

Konsentraatin kuiva-ainepitoisuus määritetty ultrasuodatuksen mukaan. Jos konsentraatin kuiva-ainepitoisuus on ultrasuodattimilla alle 30 %, se syötetään takaisin suodatukseen, kunnes KAP on tarpeeksi korkea. Näin ollen konsentraatin KAP on melko tasainen, kun se pumpataan ultrasuodattimelta konsentraattisäiliöön.

Konsentraatin kuiva-ainepitoisuus määritettiin HR73 Halogen Moisture Analyzer-laitteella. Mittausohjelman lämpötila oli 180 °C. Kuiva-ainepitoisuus määritettiin samoista kymmenestä näytteestä kuin vaaleuskin. Tulokset on esitetty alla olevassa kuvaajassa 2, joka on piirretty yllä olevan taulukon 2 perusteella.

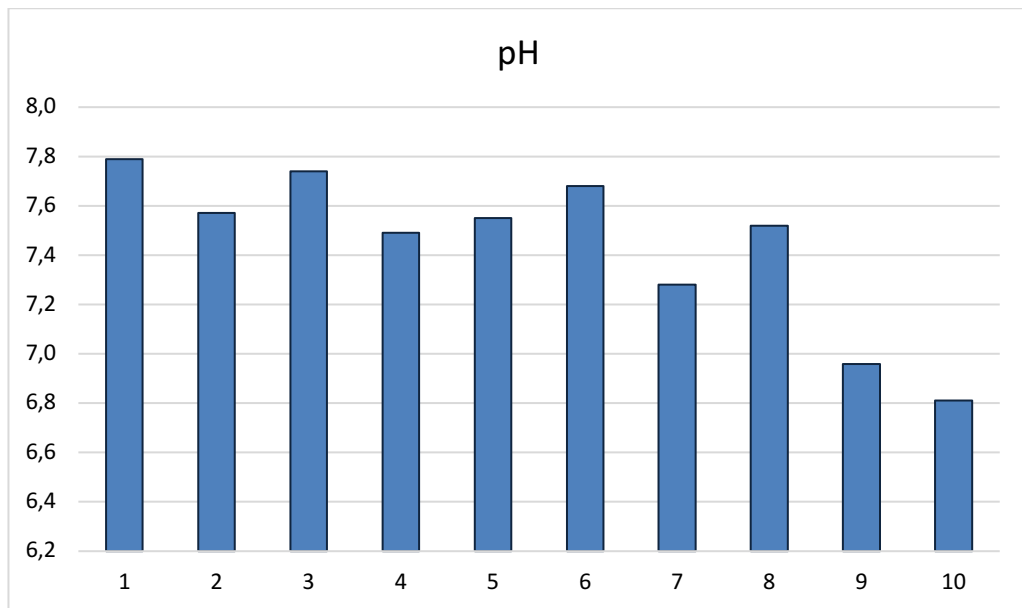


KUVIO 2. Konsentraatin kuiva-ainepitoisuuden mittaustulokset

Kuviosta 2 huomataan, että konsentraatin kuiva-aine pysyy todella tasaisena. Keskihajonta mittaustuloksissa on 0,39. Ainoastaan näytteen numero 9 kuiva-ainepitoisuus on muita selkeästi matalampi. Mittaustuloksista voidaan siis päätellä, että ultrasuodatuslaitteisto toimii tältä osin hyvin. UF-laitteisto syöttää automaattisesti konsentraatin uudelleen suodatettavaksi, jos sen KAP on alle 30 %.

6.3 pH

Konsentraatista mitattiin pH samoista kymmenestä näytteestä kuin vaaleus ja kuiva-ainepitoisuuskin. pH mitattiin PHM2010-mittarilla. Tulokset on esitetty alla olevassa kuvaajassa 3, joka on piirretty yllä olevan taulukon 2 perusteella. Normaalisti pastojen pH on 8,8. pH on hyvä yleismittaus prosessin tilasta ja sen pitää pysyä emäksisenä, johtuen kalsiumkarbonaatin käytöstä. Pastan alhainen pH saattaa kertoa pastan pilaantumisesta, jolloin sinne on päässyt mikrobeja. Mikrobit saavat aikaan käymisreaktion, jolloin muodostuu etikkahappoa ja pastan pH laskee.



KUVIO 3. Konsentraatin pH:n mittaustulokset

Kuvaajasta 3 nähdään, että konsentraatin pH pysyi kahdeksassa ensimmäisessä näytteessä melko tasaisena. Kahden viimeisen näytteen kohdalla pH laski alle seitsemän. Näissä konsentraatin joukkoon on luultavasti päässyt mikrobeja, jotka muodostavat etikkahappoa, joka laskee pH:ta. Konsentraatin pH:n seuraaminen on tärkeää, koska pastaan lisättäessä konsentraatin alhainen pH laskee myös koko pastan pH:ta. Sitä saadaan nostettua lisäämällä pastan joukkoon lipeää.

7 KONSENTRAATTIOSUUDEN KASVATTAMINEN

Konsentraatin osuuden lisäämisen pastareseptiin vaikutusta kokeiltiin koeajolla. Koeajo suoritettiin yhden 57 g/m² LWC-paperin ajon aikana. Tarkoituksena oli päällystää paperia ensin pastalla, jossa konsentraatin osuus oli nolla. Tämän jälkeen konsentraatin osuutta pastareseptissä nostettiin ensin 2,5:een ja sen jälkeen viiteen. Jokaisella kolmella konsentraattimäärällä ajettiin kaksi konerullaa. Valmistetuista päällystyspastaista mitattiin KAP, pH ja viskositeetti. Paperista mitattiin useita eri ominaisuuksia, jotka on esitetty kappaleessa 6.2.

7.1 Vaikutus pastan ominaisuuksiin

Normaalissa tuotannossa konsentraattia lisätään päällystyspastan joukkoon 0-2,8 osaa. Koeajoa varten tehtiin kolme erilaista päällystyspastaa. Ensimmäisessä pastassa konsentraattiosuus oli nolla, toisessa 2,5 ja kolmannessa 5. PPK2:lla on kaksi päällystysasemaa ja kummallekin asemalle tehdään omat pastat. Pastasta mitattiin kuiva-ainepitoisuus, pH ja viskositeetti. Päällystysasema 1:n mittaustulokset on esitetty alla olevassa taulukossa 3 ja aseman 2 mittaustulokset taulukossa 4. Taulukoissa on esitetty myös pastan ominaisuuksien tavoitearvot, kun päällystettävänä on 57 g/m² LWC-paperi. Ajettavuuden ja paperin laadun takia tärkeimmät näistä pastan ominaisuuksista ovat KAP ja viskositeetti. Niiden laskiessa päällystemäärä vähenee ja vastaavasti KAP:in ja viskositeetin noustessa päällystemäärä kasvaa.

TAULUKKO 3. Pastan ominaisuudet koeajossa asemalla 1

Konsentraatti- osuus	KAP (%)	pH	Viskositeetti (mPas)
0	63,6	8,9	512
2,5	63,8	8,9	596
5	64,0	8,9	552
Tavoitearvo	64,0	8,8	500

TAULUKKO 4. Pastan ominaisuudet koeajossa asemalla 2

Konsentraatio- osuus	KAP (%)	pH	Viskositeetti (mPas)
0	64,0	9,0	448
2,5	64,0	8,9	442
5	63,8	8,7	476
Tavoitearvo	64,0	8,8	400

Pastan kuiva-ainepitoisuus on normaalisti 57 g/m² LWC-paperia ajettaessa 64 %. Kun konsentraatin osuutta muutettiin pastareseptissä, huomattiin, että osuuden ollessa 5 KAP:ia pitää hieman laskea, koska konsentraatin kuiva-ainepitoisuus on niin matala, KAP:in laskeminen 64 %:sta 63,8 %:iin oli tähän riittävä, joten suurta kuiva-ainepitoisuuden muutosta ei pastareseptiin tarvinnut tehdä. Konsentraattiosuuden ollessa nolla pastaan lisätään vettä, mutta konsentraattia lisätessä lisättävän veden määrä vähenee konsentraatin korkean vesipitoisuuden myötä. Päätettiin, että lasketaan KAP jo alhaisemminkin konsentraattiosuuksilla 63,8 %:iin, jotta tulokset olisivat vertailukelpoisia. Kuten taulukoista 3 ja 4 nähdään, todellinen KAP hieman vaihteli, mutta oli hyvin lähellä asetettua.

Taulukosta 3 nähdään, että asemalla 1 pH säilyi koko ajan samana. Aseman 2 pH laski hieman konsentraattiosuuden noustessa, kuten taulukosta 4 voidaan todeta. Muutos oli kuitenkin todella pieni, eikä tässä tapauksessa merkittävä. Pastan pH:n tavoitearvo on 8,8, joten koeajossa pH pysyi hyvin tavoitteessa.

Pastan viskositeetti on tärkeä suure ajettavuuden ja päällystemäärän kannalta. Viskositeettiin vaikuttaa muun muassa pastan raaka-aineet, lämpötila ja kuiva-ainepitoisuus. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 185.) Viskositeetti mitattiin Brookfield DV-E-viskositeettimittarilla. Konsentraattiosuuden ollessa 0 ja 2,5 viskositeetti pysyi hyvin normaalilla tasolla. Kun konsentraattiosuutta nostettiin viiteen, pastan kuiva-ainepitoisuus laski, jonka myötä laski myös viskositeetti. Tämä huomattiin ensin 2. aseman pastassa, jonka viskositeetti oli aluksi 374 mPas. Viskositeettia nostettiin lisäämällä pastaan 7 litraa paksuntajaa. Kuten taulukoista 4 nähdään, paksuntajan lisääminen nosti 2. aseman viskositeetin sopivalle tasolle. 1. aseman pastaan paksuntajaa lisättiin 8 litraa ja taulukosta 3 nähdään, että sen viskositeetti pysyi tällä tavalla tarpeeksi korkeana. Viskositeetin tavoitearvo on 1. asemalla 500 mPas ja 2. asemalla 400 mPas.

7.2 Vaikutus paperin laatuun

Koeajossa ajettiin kuusi konerullaa, joista kahdessa ensimmäisessä konsentraatin osuus oli nolla, kahdessa seuraavassa 2,5 ja kahdessa viimeisessä viisi. Paperista otettiin näytteet paperikoneella, päällystykoneella ja superkalanteroinnin jälkeen. Tuloksissa näytteissä 1a ja 1b konsentraattiosuus on nolla, näytteissä 2a ja 2b 2,5 ja näytteissä 3a ja 3b konsentraattiosuus on viisi. Koko koeajon ajan ajo-olosuhteet pyrittiin pitämään samana, jotta niiden vaikutus paperin laatuun saataisiin minimoitua.

7.2.1 Pohjapaperin ominaisuudet

Paperikone 2:lla ajettava LWC-paperi on pääosin mekaanista massaa, suurimmaksi osaksi hioketta. Koeajossa käytetyssä massasta hiokkeen osuus tuoremassasta oli 69 % ja sellun osuus 31 %. Hiokkeen joukkoon on annosteltu 15 % hierrettä. Paperikone 2 on tasoviirakone ja päällystys tapahtuu erillisellä päällystyskoneella. Taulukossa 5 on esitetty koeajon konerullien pohjapaperin ominaisuudet. Taulukkoon on merkattu 57 g/m² paperille asetetut laatuvaatimukset. Koko koeajon ajan paperikoneen nopeus oli 1011 m/min, eikä prosessissa tapahtunut katkoja tai muita muutoksia.

TAULUKKO 5. Pohjapaperin ominaisuudet

Näyte	Formaatio (g/m ²)	Huokoisuus (ml/min)	Karheus AP (ml/min)	Karheus YP (ml/min)	Vaaleus (%)	Opasiteetti (%)
1a	7,74	223	195	190	72,0	87,8
1b	7,88	226	193	187	72,3	87,7
2a	8,05	251	181	194	72,4	87,7
2b	8,08	252	175	186	72,3	87,5
3a	7,96	274	195	187	72,4	87,5
3b	7,90	294	186	193	72,3	87,7
Tavoitearvo	8,0	250	305	240	72,5	83,0
Keskiarvo	7,94	253,33	189,17	189,50	72,28	87,65
Keskihajonta	0,12	27,41	5,95	3,39	0,15	0,12

Taulukosta 5 nähdään, että pohjapaperin formaatio on tasainen ja tavoitteessa. Formaatiolla tarkoitetaan pienimuotoista neliömassan vaihtelua. Formaatio on yksi tärkeimmistä pohjapaperin ominaisuuksista, koska sillä on suuri vaikutus paperin huokoisuuteen, sileyteen ja opasiteettiin. (KnowPap. f.) Tuloksissa käytetty formaatio on mitattu paperikoneella olevalla on-line-mittarilla. Huokoisuus on saatu tavoitteeseen kahden ensimmäisen rullan jälkeen. Viimeisessä näytteessä pohjapaperin huokoisuus on noussut melko korkeaksi. Huokoisuuteen vaikuttaa esimerkiksi mekaanisen massan jälkijauhatus. Enemmän jauhetulla massalla paperin rakenne tiivistyy ja huokoisuus vähenee. Huokoisuus vaikuttaa päällysteen tunkeutumiseen paperiin. Pohjapaperin huokoisuuden kasvaessa päällystyspastan penetraatio paperiin kasvaa, jolloin kasvaa myös pastan määrä. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 88.)

Pohjapaperin karheus on alle tavoitearvon sekä ylä- että alapuolella. Karheusmittauksessa mitataan, kuinka paljon ilmaa virtaa mittapään ja paperin välistä. Pienempi luku tarkoittaa siis sileämpää paperia. (KnowPap. e.) Alapuoli eli viirapuoli on hieman yläpuolta karheampaa. Ainoastaan näytteissä 2a ja 2b alapuoli on yläpuolta sileämpi. PK2 viiraosana on tasoviira, jossa hieno- ja täyteaineet rikastuvat paperin yläpuolelle. Tästä johtuen paperin yläpuoli sileämpi kuin alapuoli. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 88.) Pohjapaperi on siis karheuden suhteen hyvin tasalaatuista, eikä suuria ylä- ja alapuolen suhteen ole suuria eroja. Tämä on hyvä jälkikäsitteilyä ajatellen, jotta valmiista paperista saadaan mahdollisimman tasalaatuinen kummaltakin puolelta.

Paperin mittauksissa käytetty vaaleudenmittausmenetelmä on D65-vaaleus, joka on 457 nanometrin aallonpituudella mitattu ominaisheijastumisluku. Mittauksessa valaistuksen suhteellisen ultraviolettiasteilyn osuus on säädetty vastaamaan normaalia päivänvaloa. D65-vaaleus on korvannut fluoresoivilla papereilla ISO-vaaleusmittausta paremmin soveltuvana ominaisuutena. Pohjapaperin vaaleuteen vaikuttaa massan vaaleus, jauhatus ja täyteaineet. Paperin vaaleus on tärkeää painettavuuden kannalta. Korkealla vaaleudella saadaan painetulle pinnalle suuri densiteetti eli sävyerot saadaan paremmin esille. Mitä vaaleampaa pohjapaperi on, sitä vaaleammaksi saadaan myös valmis, päällystetty paperi. (KnowPap. d.) Paperista on mitattu vaaleus vain yläpuolelta. Pohjapaperin vaaleus pysyi tasaisena koko ajan ja oli todella lähellä asetettua tavoitearvoa.

Opasiteetti on paperin läpinäkymättömyyden mitta. Sillä kuvataan, kuinka hyvin paperi estää sen alla olevan samanlaisen paperin pintaan painetun painatuksen läpinäkymistä. Opasiteettia saadaan kasvatettua muun muassa vaaleiden täyteaineiden ja päällystepigmenttien avulla sekä lisäämällä näiden käyttöä. Opasiteettia pienentää massan valkaisu, päällysteen sideainelisäykset sekä kalanteroinnin lisäys. Massaa valkaistaessa tulee siis ottaa huomioon, että opasiteetti säilyy riittävällä tasolla. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 103.) Pohjapaperin opasiteetti oli koko koeajon ajan noin neljä prosenttiyksikköä tavoitearvon yläpuolella. Tämä on hyvä asia, jotta valmiin paperinkin opasiteetti pysyy tarpeeksi korkeana. Päällystäminen nostaa opasiteettia, mutta superkalanterointi laskee sitä.

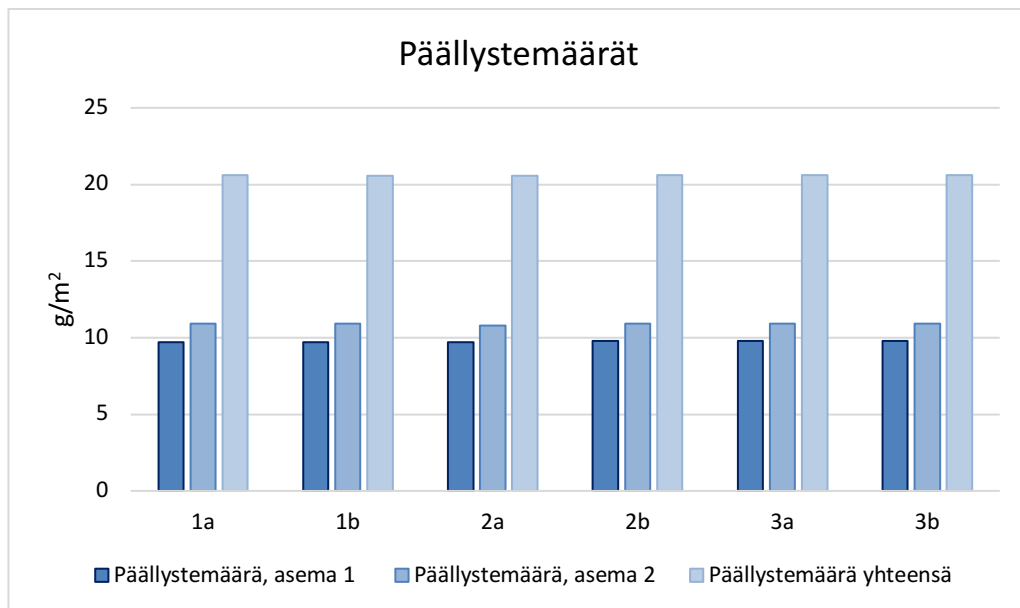
7.2.2 Päällystetty paperi

PPK2:lla päällystettävien papereiden pääpigmentti on kalsiumkarbonaatti, jolla pyritään paperin hyvään vaaleuteen. Pastaan lisätään myös kaoliinia, jotta superkalanteroituun paperiin saataisiin tarvittava kiilto. LWC-paperi päällystetään yhden kerran kummaltakin puolelta. 1. asema päällystää paperin yläpuolen ja 2. asema paperin alapuolen eli viirapuolen. Päällystysmenetelmänä kummallakin asemalla on teräpäälllystys. Kuivatusmenetelmänä PPK2:lla on kuusi leijukuivainta sekä kaksi kuivatussylinteriryhmää. Päällystyskoneen nopeus oli koko koeajon ajan 1080 m/min. PPK:n ajettavuudessa ei tapahtunut koeajon aikana muutoksia ja päällystysasemien letkujen kuormitukset pysyivät taseisina koko koeajon ajan. Taulukossa 6 on esitetty päällystetyn paperin pinnan ominaisuudet koerullista ja taulukossa 7 optiset ominaisuudet. Taulukoissa on esitetty tavoitearvot eri ominaisuuksille, jos ne on määritetty tälle lajille.

TAULUKKO 6. Päällystetyn paperin pinnan ominaisuudet

Näyte	Pm, as1 (g/m ²)	Pm, as2 (g/m ²)	Pm, yht. (g/m ²)	Karheus AP (ml/min)	Karheus YP (ml/min)	Sileys AP (μm)	Sileys YP (μm)
1a	9,7	10,9	20,6	254	190	5,10	4,53
1b	9,7	10,9	20,6	250	192	5,15	4,44
2a	9,7	10,8	20,6	260	183	5,26	4,58
2b	9,8	10,9	20,6	255	200	5,19	4,66
3a	9,8	10,9	20,6	280	194	5,40	4,61
3b	9,8	10,9	20,6	278	210	5,40	4,66
Tavoitearvo	9,8	10,9	20,6	-	-	-	-
Keskiarvo	9,75	10,88	20,60	262,83	194,83	5,25	4,58
Keskihajonta	0,05	0,04	0,03	12,94	9,26	0,13	0,08

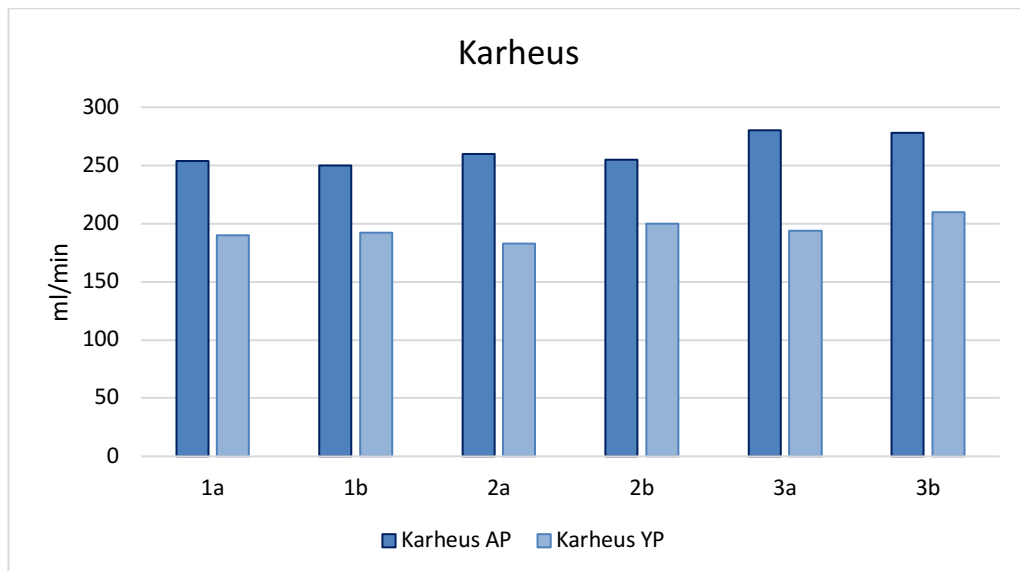
Taulukon 6 perusteella on piirretty alla olevat kuvaajat 4-6.



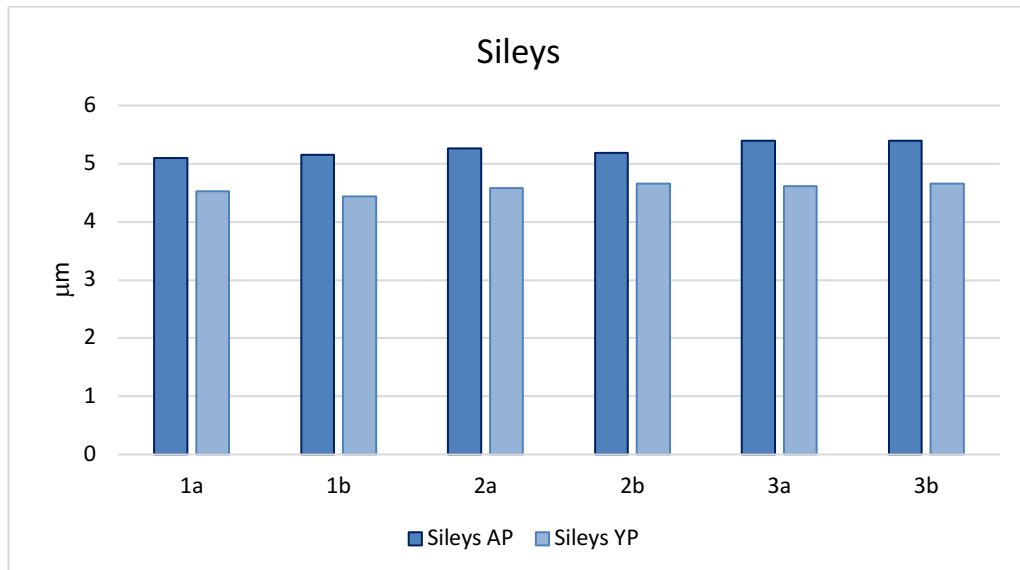
KUVIO 4. Päällystemäärät

Kuviosta 4 nähdään, että päällystemäärät pysyivät tasaisina ja tavoitteessa koko koeajon ajan. Päällystemäärään vaikuttaa pohjapaperin karheus ja huokoisuus, sekä pastan kuiva-ainepitoisuus ja viskositeetti. Jos joku näistä on todella korkea, myös päällystemäärä kasvaa. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 195.) Pohjapaperi oli todella tasalaatuista, mikä näkyi myös tasaisina päällystemäärinä eri koerullien välillä.

Konsentraatin osuuden suuri kasvattaminen voisi laskea pastan kuiva-ainepitoisuutta ja viskositeettia. Tämä puolestaan laskisi myös päällystemäärää. Nämä saatiin kuitenkin hallintaan myös korkeimmalla konsentraattiosuudella, kuten kappaleessa 6.1. todettiin.



KUVIO 5. Päällystetyn paperin karheus



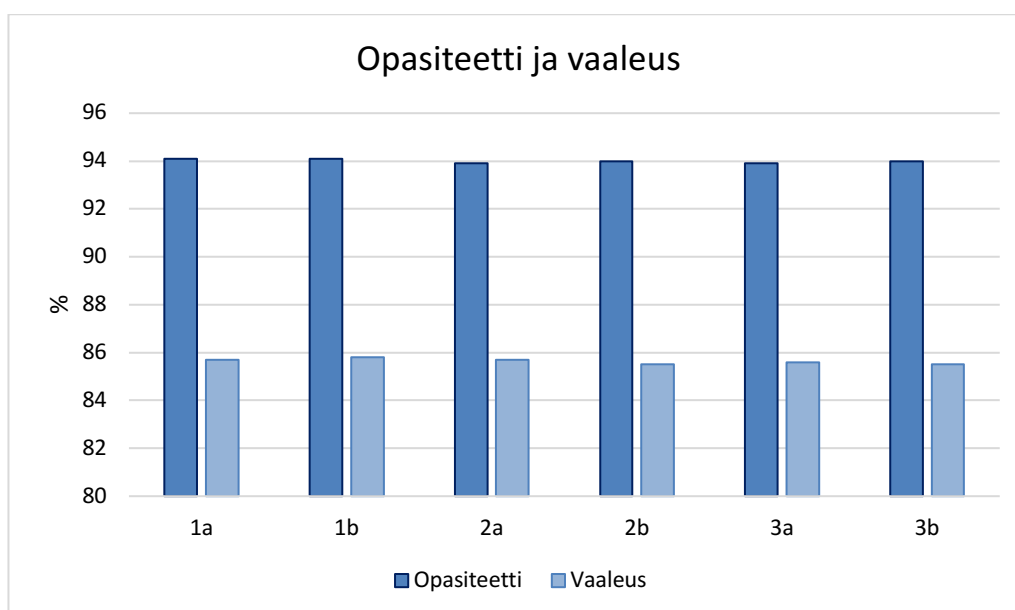
KUVIO 6. Päällystetyn paperin sileys

Yllä olevissa kuvioissa 5 ja 6 on esitetty päällystetyn paperin karheus ja sileys. Näille ei ole asetettu tavoitearvoja, mutta tulokset olivat hyvin tasaisia. Sileysmittauksessa pienempi arvo tarkoittaa sileämpää paperia. Alapuoli on hieman yläpuolta karheampaa, kuten pohjapaperissakin. Alapuoli eli viiraa vasten oleva puoli jää hieman karheammaksi tasoviirakoneella ajettaessa, koska hienoaines jää paperin yläpuolelle.

TAULUKKO 7. Päälystetyn paperin optiset ominaisuudet

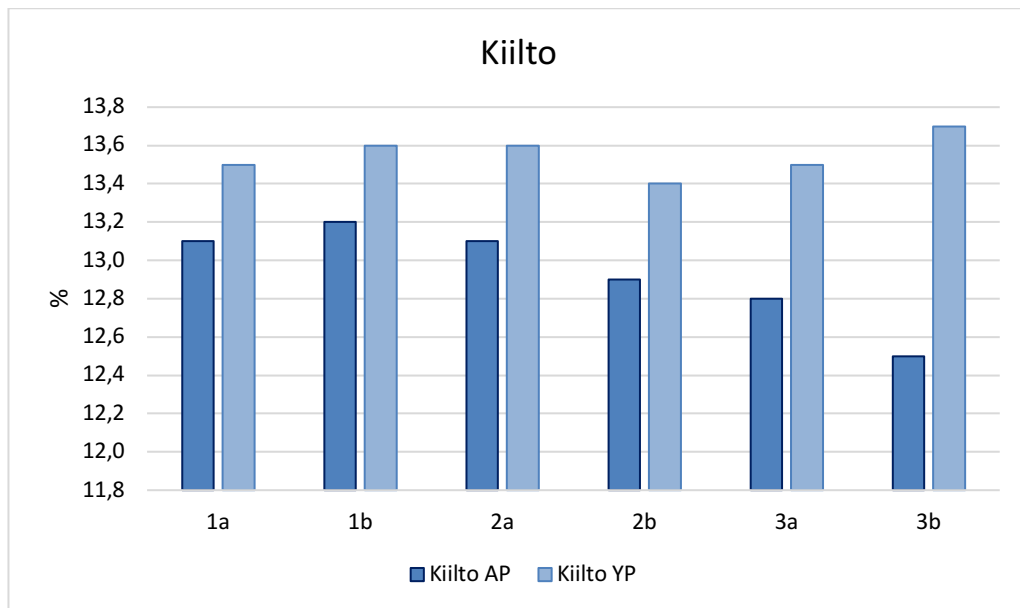
Näyte	Opasiteetti (%)	Vaaleus (%)	Kiilto AP (%)	Kiilto YP (%)
1a	94,1	85,7	13,1	13,5
1b	94,1	85,8	13,2	13,6
2a	93,9	85,7	13,1	13,6
2b	94,0	85,5	12,9	13,4
3a	93,9	85,6	12,8	13,5
3b	94,0	85,5	12,5	13,7
Tavoitearvo	-	87	-	-
Keskiarvo	94,00	85,63	12,93	13,55
Keskihajonta	0,09	0,12	0,16	0,10

Taulukon 7 perusteella on piirretty alla olevat kuvaajat 7 ja 8.



KUVIO 7. Päälystetyn paperin opasiteetti ja vaaleus

Kuviosta 7 nähdään, että päälystetyn paperin opasiteetti ja vaaleus pysyivät tasaisina koko koeajon ajan. Opasiteetille ei ole asetettu tavoitearvoa, vaaleus oli reilun yhden prosenttiyksikön verran alle tavoitearvon koko koeajon ajan. Tästä voidaan siis päätellä, että konsentraatin osuuden lisääminen päälystyspastassa ei vaikuttanut paperin vaaleuteen, koska vaaleus oli alle tavoitearvon myös kahdessa ensimmäisessä koepisteessä, jossa konsentraattia ei ollut mukana ollenkaan.



KUVIO 8. Päälystetyn paperin kiilto

Kuviosta 8 nähdään, että päälystetyn paperin kiilto oli melko tasainen viidessä ensimmäisessä koepisteessä. Viimeisessä koepisteessä alapuolen kiilto on laskenut ja yläpuolen kiilto puolestaan noussut. Alapuolen kiillon laskua voi kahdessa viimeisessä koepisteessä selittää se, että päälystetyn paperin alapuoli oli karheampaa ja huokoisempaa kuin aiemmissa. Muutos on kuitenkin todella pieni, eikä merkittävä.

Konsentraatin osuuden lisäämisellä päälystyspastan määrässä ei vaikuttanut merkittävästi paperin laatuun tai ajettavuuteen PPK:lla. Laadussa ainoa poikkeus suuremmalla konsentraattiosuudella oli paperin alapuolen kiillossa viimeisessä koerullassa 3b. Kuitenkin koerullasta 3a mitattu kiilto oli muiden näytteiden tasolla. PPK:n ajettavuus pysyi operaattoreiden mukaan tasaisena ja hallinnassa koko koeajon ajan, eikä konsentraattiosuuden kasvattamisella ollut vaikutusta ajettavuuteen.

7.2.3 Kalanteroitu paperi

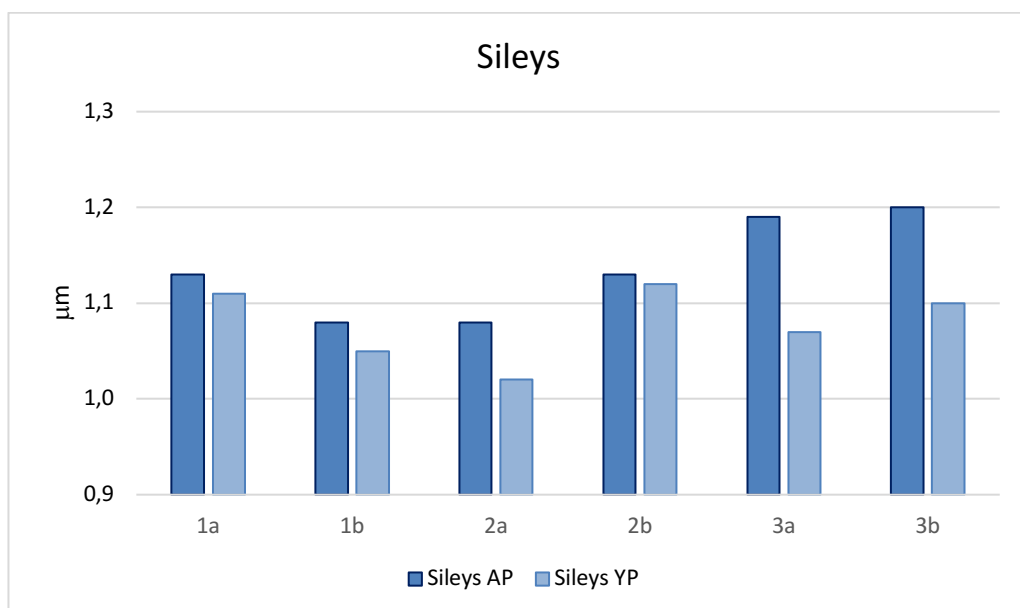
PK2-linjalla on kaksi superkalanteria, SK3 ja SK4. Kummassakin superkalanterissa on kymmenen telaa eli paperi kulkee yhdeksän nipin läpi. Näytteistä 1a, 2b, 3a ja 3b kalanteroitiin SK3:lla ja näytteet 1b ja 2a SK4:llä. Superkalanteroidun paperin ominaisuudet on koottu alla olevaan taulukkoon 8. Taulukossa on esitetty myös superkalanteroidun 57 g/m² LWC-paperin tavoitearvot. Koeajon nopeustavoite superkalantereilla oli 600

m/min, mutta tähän nopeuteen ei ihan päästy, paitsi ensimmäisen koerullan aikana. Realistisempi nopeustavoite olisi voinut olla 580-590 m/min. Viimeisessä koerullassa nopeutta on laskettu noin 60 m/min lähtönopeuteen verrattuna.

TAULUKKO 8. Superkalanteroidun paperin ominaisuudet

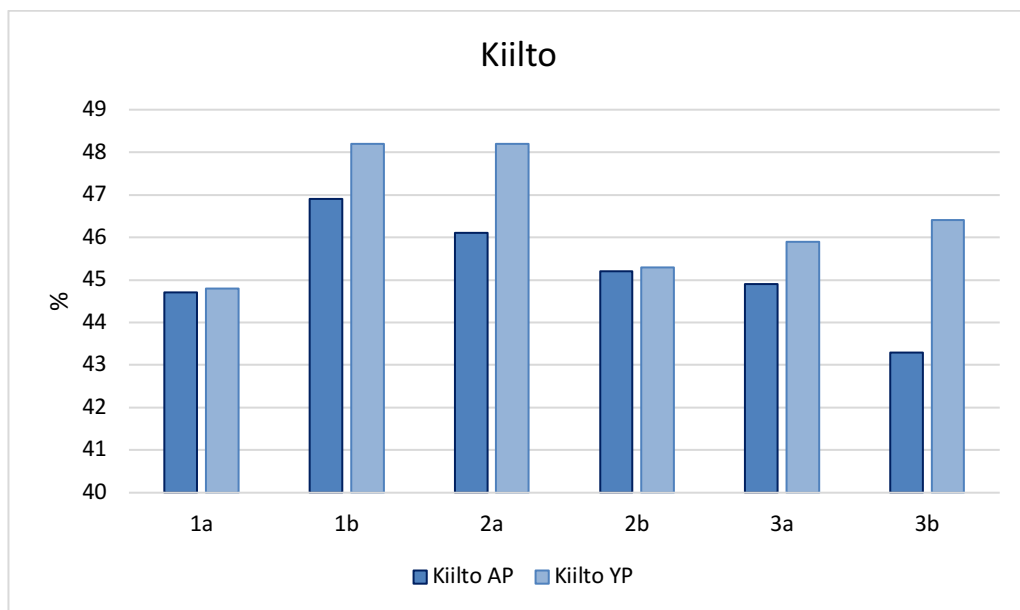
Näyte	Nopeus (m/min)	Sileys AP (μm)	Sileys YP (μm)	Kiilto AP (%)	Kiilto YP (%)	Vaaleus (%)	Opasiteetti (%)
1a	598,7	1,1	1,1	44,7	44,8	84,4	92,9
1b	591,6	1,1	1,1	46,9	48,2	83,8	92,8
2a	590,8	1,1	1,0	46,1	48,2	84,1	92,6
2b	595,5	1,1	1,1	45,2	45,3	84,0	93,2
3a	558,7	1,2	1,1	44,9	45,9	84,2	93,1
3b	539,3	1,2	1,1	43,3	46,4	84,3	92,2
Tavoitearvo	600,0	1,0	1,0	48,0	48,0	85,0	92,0
Keskiarvo	579,10	1,14	1,08	45,18	46,47	84,13	92,80
Keskiahajonta	24,28	0,05	0,04	1,24	1,45	0,20	0,33

Taulukon 8 perusteella on piirretty alla olevat kuvaajat 9-11.



KUVIO 9. Superkalanteroidun paperin sileys

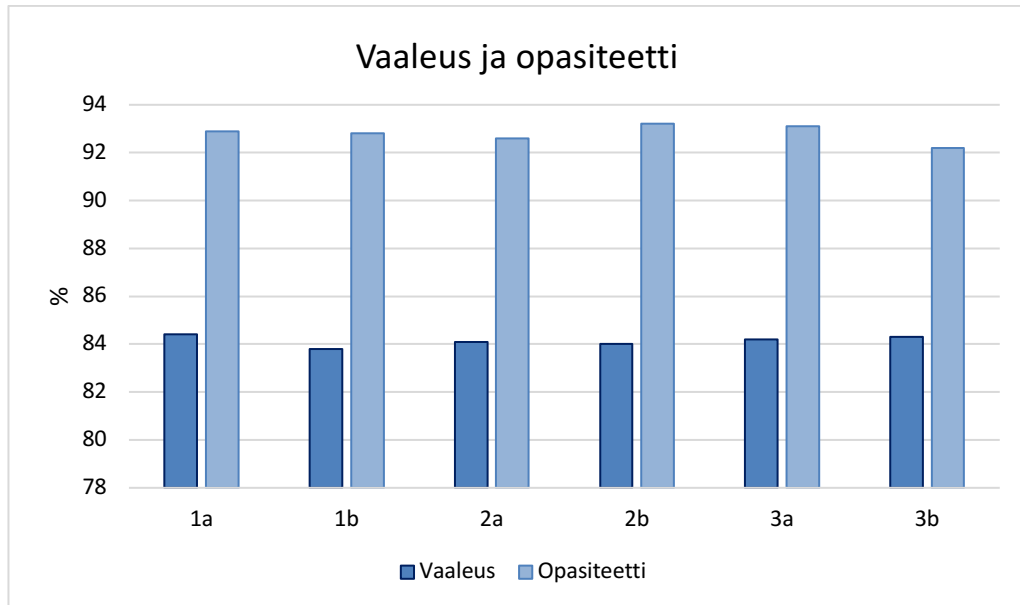
Kuviosta 9 nähdään, että paperin sileys on pysynyt tasaisena. Kalanteroidun paperin sileyden tavoitearvo on sekä ylä- että alapuolella 1,0 μm , joten kaikki mittaustulokset ovat hieman tavoitearvoa huonommat. Näytteet 1b ja 2a superkalanteroitiin SK4 ja niissä sileys on hieman muita parempi. Tämä voi johtua esimerkiksi siitä, että SK4:llä telat ovat olleet paremmassa kunnossa. Näytteissä 3a ja 3b alapuolen sileys on ollut hieman muita huonompi, kuten myös ne olivat päällystetyn paperin mittauksissa. Eroavaisuudet olivat kuitenkin todella pieniä ja kaikki mittaustulokset todella lähellä asetettua tavoitearvoa.



KUVIO 10. Superkalanteroidun paperin kiilto

Superkalanteroidussa paperissa kiillon tavoitearvo on 48 % sekä ylä- että alapuolella. Kuviosta 10 nähdään, että lähes kaikissa mittauspisteissä jäätin kuitenkin tavoitteen alle. Kiiltomittaukset ovat kuitenkin normaalin tuotannon mittausten tasolla. Lähimmäksi tavoitearvoa päästiin mittauspisteissä 1b ja 2a, jotka kalanteroitiin SK4:llä. Myös näistä mittaustuloksista voidaan päätellä, että SK4:llä oli SK3:a uudemmat ja parempikuntoisemmat telat koeajon aikana. Viimeisessä koepisteessä alapuolen kiilto on kaikkein alhaisin. Kuitenkin kalanterointinopeus on ollut tällöin alhaisin, minkä puolestaan pitäisi nostaa kiiltoa. Kalanterointinopeuden ollessa alhainen, paperin viipymäaika nipissä on suurempi, jolloin myös kiilto kasvaa. Viimeisessä koepisteessä 3b konsentraatin lisäys on siis voinut vaikuttaa alapuolen kiiltoon, mutta myös koepisteen pohjapaperi oli paljon muita koepisteitä huokoisempaa. Päällystetyssä paperissa koepisteen 3b alapuoli oli myös muita karheampaa ja vähemmän kiiltävää. Koepisteessä 3a alapuolen kiilto on kuitenkin muiden tasolla. Koepisteissä 3a ja 3b on käytetty samaa pastaa, jossa

konsentraattiosuus on viisi. Tämän perusteella voisi siis päätellä, että viimeisen koepisteen alhainen kiilto johtuu pohjapaperin huokoisuudesta eikä konsentraatin määrästä.



KUVIO 11. Superkalanteroidun paperin vaaleus ja opasiteetti

Kuviosta 11 nähdään, että superkalanteroidun paperin vaaleus ja opasiteetti pysyivät hyvin tasaisina koko koeajon ajan. Tulokset mukailevat hyvin päällystetyn paperin vaaleuden ja opasiteetin mittausten tuloksia. Tästä voidaan päätellä, että konsentraatin lisäys ei ole vaikuttanut vaaleuteen tai opasiteettiin. Vaaleuden tavoitearvo on 85 % ja opasiteetin 92 %. Vaaleus on jäänyt hiukan alle tavoitteen, opasiteetti puolestaan on hiukan tavoitearvoa parempi. Superkalanterointi hieman laskee vaaleutta ja opasiteettia paperin tiivistyessä. Muutos päällystettyyn, mutta kalanteroimattomaan paperiin oli kuitenkin vähäinen. Opasiteetti laski keskimäärin 1,2 prosenttiyksikköä ja vaaleus 1,5 prosenttiyksikköä.

Konsentraatin osuuden lisäämisellä ei ollut vaikutusta paperin laatuun superkalanteroinnin jälkeen. Ainoastaan sileyks oli hieman huonompi kahdessa viimeisessä koerullassa 3a ja 3b, joissa konsentraattiosuus oli viisi. Tästä voidaan siis päätellä, että konsentraatin osuutta voidaan nostaa ilman, että se vaikuttaa paperin ominaisuuksiin.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyössä tutkittiin, millaista pastakeittiössä muodostuva konsentraatti on ja kuinka sen osuuden lisääminen pastareseptissä vaikuttaa päällystyspastaan, paperin laatuun ja ajettavuuteen. Koeajo suoritettiin vain yhdelle paperilajille, 57 g/m² LWC-paperille, joka on kevyin PPK2:lla päällystettävistä lajeista. Tulokset eivät siis välttämättä ole päteviä raskaammilla lajeilla, koska niille valmistettava pasta on erilainen. Raskaimmilla paperilajeilla valmistettavan pastan kuiva-ainepitoisuus on korkeampi.

Opinnäytetyö aloitettiin mittaamalla konsentraatin kuiva-ainepitoisuutta, pH:ta ja ISO-vaaleutta. Konsentraatin kuiva-ainepitoisuus pysyy melko vakiona noin 31 %:ssa ultra-suodatusprosessin määritysten mukaisesti ja tämä oli nähtävissä myös mittaustuloksissa. Näytteistä mitattu pH oli pastan pH:ta alhaisempi ja kahdessa viimeisessä näytteessä laski huomattavan alhaiseksi. Jos pastaan lisää paljon konsentraattia, jolla on alhainen pH, myös pastan pH laskee. Pastan pH:ta saadaan kuitenkin nostettua pastakeittiöllä lisäämällä siihen lipeää. Konsentraatin ISO-vaaleutta tutkittiin, jotta tiedettäisiin, onko se tarpeeksi vaaleaa käytettäväksi pastassa. Liian alhainen konsentraatin vaaleus laskisi myös pastan vaaleutta, jos sitä lisättäisiin suuria määriä. Konsentraatin vaaleus oli kuitenkin korkea, 88-89 %, joten vaaleutensa puolesta se soveltuu hyvin käytettäväksi päällystyspastan joukossa. Konsentraatti yleisesti oli todella tasalaatuista, mikä on hyvä, jotta pastaan sekoitettuna se ei aiheuta epätasalaatuisuutta pastassa.

Konsentraatin lisäämisen vaikutusta pastaan ja paperiin testattiin koeajolla. Koeajossa tutkittiin pastan ominaisuuksia sekä paperin laatua ja ajettavuutta. Normaalisissa tuotannoissa konsentraattia lisätään pastan joukkoon 0-2,8 osaa. Koeajon tarkoituksena oli vertailla vaikutuksia, kun konsentraattia on pastan joukossa nolla, 2,5 tai viisi osaa. Konsentraatin osuuden nostaminen oli kuitenkin aika pieni ja lähtökohtana olikin, ettei suuria muutoksia tapahdu.

Pastanvalmistuksessa ainoa muutos oli korkeimmalla konsentraattiosuudella. Silloin konsentraatin matala kuiva-ainepitoisuus laski myös valmiin pastan kuiva-ainepitoisuutta. Huomattiin myös, että pastan viskositeetti laski. Tämä saatiin korjattua lisäämällä pastan joukkoon pieni määrä paksuntajaa. Raskaimmilla lajeilla pastan kuiva-aineen tulee kuitenkin olla korkeampi, joten konsentraattipitoisuuden kasvattaminen viiteen saattaisi aiheuttaa ongelmia pastan kuiva-ainepitoisuuden kanssa. Pastan alhainen

kuiva-ainepitoisuus vähentää kiiltoa ja lisää päällysteen kuivatuskustannuksia. Tällöin pastaan joudutaan myös lisäämään sideaineita ja paksuntajia enemmän. Liian korkea KAP puolestaan kasvattaa pastan viskositeettia, mikä lisää teräpäällystyksen terien kuormitusta ja vaikeuttaa ajettavuutta. (Schmidt-Tummes, Lawrenz & Kröner. 2009. 218.) Pastan pH pysyi hyvin tavoitteessa konsentraattilisäyksestä huolimatta.

Paperin laadussa koeajossa kiinnosti eniten vaaleus ja kiilto, sekä ajettavuus päällystyskoneella. Koeajoon valmistettu pohjapaperi oli onneksi todella tasalaatuista, eikä paperikoneella tullut katkoja. Pohjapaperissa oli formaatio, vaaleus ja opasiteetti erittäin hyvin tavoitteessa. Huokoisuus oli hieman yli tavoitteen. Tätä tapahtuu varsinkin ohuemmilla lajeilla aika ajoin, jos massa jää jälkijauhatuksen jälkeen liian karheaksi. Pohjapaperin karheus oli tavoitearvojen alapuolella. Näillä pohjapaperin ominaisuuksilla saatiin hyvät lähtökohdat koeajoon.

Päällystyskoneella konsentraatin lisäys ei näkynyt lainkaan. Mitatut arvot pysyivät hyvin tasaisina koko koeajon ajan, päällystetty paperi oli laadultaan lähes täsmälleen samanlaista kaikilla konsentraattiosuuksilla. Myöskään ajettavuudesta ei tullut negatiivisia kommentteja operaattoreilta eli konsentraatin lisäys ei näkynyt siinäkään. Ainoat, jotka olisi voinut vaikuttaa ajettavuuteen, olisivat olleet pastan kuiva-ainepitoisuus ja viskositeetti, mutta nämä saatiin jo hallintaan pastakeittiöllä. Päällystyskoneelle saatiin siis ajettua tasalaatuista pastaa koko koeajon ajan konsentraattiosuuden muutoksista huolimatta.

Superkalanteroidessa paperin laatu pysyi myös tasaisena koko koeajon ajan. Ainoat muutokset näkyivät kiillossa ja sileydessä näytteillä 1b ja 2a. Näissä kahdessa kiilto oli hieman korkeampi ja paperi sileämpää kuin muissa. Tämä ei kuitenkaan johtunut konsentraattimäärästä, vaan nämä kaksi näytettä ajettiin SK4:lla ja muut näytteet SK3:lla. SK4:llä oli selkeästi uudemmat ja parempikuntoiset telat, millä saatiin aikaiseksi parempi kiilto ja sileys. Yleisesti kiilto ja vaaleus jäivät hieman tavoitteesta, mutta tämä ilmiö näkyi kaikilla konsentraattimäärillä. Tämä on myös yleistä normaalissa tuotannossa, eikä koeajosta riippuvaista.

Tämän koeajon perusteella konsentraatin osuutta voitaisiin nostaa viiteen ainakin 57 g/m² LWC-paperilla. Raskaimmilla lajeilla joudutaan luultavasti hieman muuttamaan kuiva-ainepitoisuuden tavoitetta, sekä säätämään viskositeettia lisäämällä paksuntajaa. Laadullisesti paperissa ei näkynyt muutoksia konsentraatin osuuden lisäyksessä, joten sen puolesta osuutta voitaisiin lisätä myös raskaimmilla lajeilla.

Pastakeittiöllä konsentraatin lisäystä helpottaisi, jos konsentraatin kuiva-ainepitoisuutta saataisiin nostettua ennen pastaan lisäämistä. Tällöin pastan kuiva-ainepitoisuutta ja viskositeettia olisi helpompi hallita. Tähän voisi olla vaihtoehtoina esimerkiksi toisen ultrasuodattimen lisääminen prosessiin tai ultrasuodattimen huokoskoon suurentaminen, jolloin kuiva-ainepitoisuus kasvaisi. Jatkossa konsentraatin käytön lisäämistä voisi kokeilla myös raskaammilla lajeilla, siten että pastaa valmistettaessa pastan joukkoon lisättäisiin paksuntajaa, jotta pastan viskositeetti saataisiin tarpeeksi korkeaksi. Jatkossa myös ultrasuodatuksessa valmistuvan permeaatin käytön mahdollisuudet voisi selvittää.

Konsentraatin käytön lisäämisen kustannussäästöjä voidaan havainnollistaa esimerkiksi laskelmalla. PPK2:lle valmistetaan keskimäärin 21 pastaerää päivässä. Konsentraattia pastasta on tällä hetkellä 2,8 osaa. Jos konsentraatin osuus nostettaisiin neljään osaan, konsentraatin määrä nousisi valmistettavaa pastaerää kohden 300 kg. Koska konsentraatin kuiva-ainepitoisuus on noin 30 %, kuiva-ainetta on 90 kg. Päivätasolla tämä merkitsee 1890 kg:n konsentraattimäärää, jolla voidaan korvata pigmentti. PPK2:lla käytettävä pääpigmentti on kalsiumkarbonaatti, joka maksaa 100 €/t. Päivässä pigmenttisäästöjä tulisi siis noin 200 euroa. Säästöjä tulee myös voimalaitoksella syntyvän tuhkan käsittelystä, joka syntyy, kun jätevesilaitokselle ajettava konsentraattipitoinen liete poltetaan. Tuhkan käsittelykuluista saadaan päivässä noin 70 euron säästö. Yhteensä päivässä säästöjä saataisiin PPK2:lla noin 300 euroa. Paperikone 2:n budjetoitu tuotantoaika vuodelle 2019 on 302 päivää, jolloin säästöt vuositasolla olisivat noin 80 000 euroa. PK1:llä säästöt ovat vielä suurempia, koska siellä päällystyspigmenttinä käytettävä kaoliini on kalsiumkarbonaattia kalliimpaa, 200 €/t. Jos konsentraattiosuus nostettaisiin myös PK1:llä neljään, säästöt olisivat noin 110 000 euroa vuodessa. Yhteensä siis vuosittaista säästöä konsentraatin osuuden kasvattamisella 1,2:lla PK1/2-linjalla voitaisiin saada noin 200 000 euroa. Laskelmissa ei ole otettu huomioon mahdollista paksuntajan käytön määrän lisääntymistä, jotta pastan kuiva-ainepitoisuus saadaan riittävän korkeaksi.

LÄHTEET

Gane P. & Impola O. 2009. Pigments. Teoksessa Paltakari J. (toim.) Pigment Coating and Surface Sizing of Paper. Jyväskylä: Gummerus Oy, 101.

Husband J. 2009. Pigments. Teoksessa Paltakari J. (toim.) Pigment Coating and Surface Sizing of Paper. Jyväskylä: Gummerus Oy, 79-82, 91.

Hägglom-Ahnger, U. & Komulainen, P. 2003. Kemiallinen metsäteollisuus: 2, Paperin ja kartongin valmistus. 3. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

Schmidt-Tummes, J., Lawrenz D. & Kröner H. 2009. Binders. Teoksessa Paltakari J. (toim.) Pigment Coating and Surface Sizing of Paper. Jyväskylä: Gummerus Oy, 218.

Karhuketo, H., Seppälä, J., Törn, T & Viluksela P. 2004. Kemiallinen metsäteollisuus: 3, Paperin ja kartongin jalostus. 2. painos.

Kirkniemen tehdas. N.d. Sappi. Luettu 24.4.2019.

<https://www.sappi.com/fi/kirkniemi-mill>

KnowPap. a. Versio 19.0. 2018. AEL/Prowledge Oy. Pigmentit. Luettu 9.2.2018.

http://www.knowpap.com.elib.tamk.fi/extranet/suomi/raw_materials/6_coating_chemicals/1_coating_pigments/12_pigments/frame.htm Saatavilla rajoitetusti.

KnowPap. b. Versio 19.0. 2018. AEL/Prowledge Oy. Paperikoneen kiertoveden puhdistus.

Luettu 11.2.2018. http://www.knowpap.com.elib.tamk.fi/extranet/suomi/raw_materials/2_water/3_closed_cycle/frame.htm Saatavilla rajoitetusti

KnowPap. c. Versio 19.0. 2018. AEL/Prowledge Oy. Pastan konekierto. Luettu 11.2.2018.

http://www.knowpap.com.elib.tamk.fi/extranet/suomi/paper_technology/5_coating/4_machine_circulation/frame.htm Saatavilla rajoitetusti

KnowPap d. Versio 19.0. 2018. AEL/Prowledge Oy. Vaaleus. Luettu 18.4.2019

http://www.knowpap.com.elib.tamk.fi/extranet/suomi/paper_board_properties/3_optical_properties/3_brightness/frame.htm Saatavilla rajoitetusti

KnowPap. e. Versio 19.0. 2018. AEL/Prowledge Oy. Sileys ja karheus. Luettu 18.4.2019

http://www.knowpap.com.elib.tamk.fi/extranet/suomi/paper_board_properties/5_surface_prop/1_rough_smoothness/frame.htm Saatavilla rajoitetusti

KnowPap. f. Versio 19.0. 2018. AEL/Prowledge Oy. Formaatio. Luettu 19.4.2019

http://www.knowpap.com.elib.tamk.fi/extranet/suomi/paper_board_properties/2_general_properties/2_formation/frame.htm Saatavilla rajoitetusti

Lisätietoja Sappi Europesta. N.d. Sappi. Luettu 24.4.2019.

<https://www.sappi.com/fi/about-sappi-europe>

Mäkinen M. 2009. Coating colour preparation and handling. Teoksessa Paltakari J. (toim.) Pigment Coating and Surface Sizing of Paper. Jyväskylä: Gummerus Oy, 455.