

Opinnäytetyö (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

2023

Emma Tennosmaa

Pigmenttipitoisen kiintoaineen vähentäminen paperitehtaan jätevesissä

Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Energia- ja ympäristötekniikka

2023 | 45 sivua

Emma Tennosmaa

Pigmenttipitoisen kiintoaineen vähentäminen paperitehtaan jätevesissä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia, paljonko kiintoainetta kulkeutuu Kirkniemen tehtaan jätevedenpuhdistamolle paperikone 1:n hoitupuolen kanaalin kautta. Tarkoituksena oli myös tutkia, mitkä eri seikat vaikuttavat kiintoaineen määrään sekä keksiä ratkaisu kiintoaineen vähentämiseksi.

Pastapitoisia vesiä syntyy pastakeittiön alueella päällystyspastaa valmistaessa ja käsitellessä. Näitä vesiä suodatetaan ultrasuodatuslaitteistolla.

Ultrasuodatuksessa syntyvä konsentraatti on tarkoitettu käytettäväksi uuden pastan raaka-aineena, mutta tällä hetkellä sitä ei pystytä hyödyntämään yhtä isoja määriä kuin sitä syntyy. Kiintoaine aiheuttaa erilaisia ongelmia jätevedenpuhdistamolla ja lietteen poltossa voimalaitoksella.

Opinnäytetyötä tehdessä kanaalista otetuista vesinäytteistä tutkittiin kiintoainemäärä sekä tuhkapitoisuus. Kiintoaineen määrään näytti erityisesti vaikuttavan paperikoneen ratakatkot ja paperilajin vaihdot.

Asiasanat:

Kiintoaine, Konsentraatti, Päällystäminen

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Energy and environmental engineering

2023 | 45

Emma Tennosmaa

Reduction of pigment-containing solid matter in paper mill wastewaters

The purpose of this thesis was to research how much solid matter flows to the wastewater treatment plant of the Kirksniemi paper mill through the PM1's tending side canal. The purpose was also to investigate which different factors affect the amount of solid matter, and to find a solution for the generation of solid matter.

Pigment-containing wastewaters are generated from the coating kitchen when coating paste is prepared and processed. The concentrate produced by ultrafiltration is intended to be used as a raw material for new coating paste, but it can't be used in the same large quantities as it is produced. The solid matter causes various problems at the wastewater treatment plant.

While working on the thesis, water samples taken from the canal were examined for the amount of solid matter and the ash content. The amount of solid matter seemed to be particularly affected by the paper machine's web breaks and paper type changes.

Keywords:

Concentrate, Containing, Solid matter

Sisältö

Käytetyt lyhenteet tai sanasto	6
1 Johdanto	7
2 Kiintoaine jätevedenpuhdistuksessa ja sen vaikutukset	9
2.1 Kiintoaineen poistaminen jätevedenpuhdistusprosessissa	10
2.2 Kiintoaineen aiheuttamat ongelmat jätevedenpuhdistuksessa ja lietteen poltossa	12
2.3 Kiintoaineen ympäristövaikutukset	14
2.4 Lohjanjärvi ja sen ympäristön tila	16
2.4.1 Kuormitus	16
2.4.2 Vedenlaatu	17
2.4.3 Vesieliöstö	17
3 Paperin päällystys	19
3.1 Päällystyspastan komponentit	20
3.1.1 Pigmentit	20
3.1.2 Sideaineet	22
3.1.3 Lisäaineet	23
3.2 Paperin päällystysmenetelmät	24
3.2.1 Teräpäällystys	24
3.2.2 Filminsiirtopäällystys	25
4 Kirkniemen paperitehdas ja PK1:n hoitupuolen kanaali	27
4.1 Pastapitoisien vesien ultrasuodatusprosessi	27
4.2 PK1:n hoitupuolen kanaali	28
5 Kiintoaineen mittaus ja tulokset	30
5.1 Kiintoaineen mittaus	30
5.2 Tulokset ja niiden analysointi	30
6 Parannusehdotukset	36

6.1 Konsentraatin käytön lisääminen PK1/2- alueella	36
6.2 Esikäsitteily PK1/2- alueen pastapitoisille vesille	37
6.3 Pastapitoisten vesien ajaminen PK3:lle	38
Lähteet	39

Liitteet

Liite 1. Näytteenoton tulokset.

Kuvat

Kuva 1. Kirkniemen paperitehtaan jätevedenpuhdistamon yksinkertaistettu prosessikaavio (Sappi 2003).	9
Kuva 2. Kirkniemen tehtaan jätevedenpuhdistamon kiintoainekierto.	12
Kuva 3. Päälystemäärän vaikutus paperin pintaan (KnowPap 2013).	20
Kuva 4. Teräpäälystysasema sivelytela-applikoinnilla (KnowPap 2023e).	25
Kuva 5. Filminsiirtopäälystysperiaate (Annala 2006).	26

Kuviot

Kuvio 1. Näytteenotto 1: Kanaalin virtaus ja kiintoainemäärät.	31
Kuvio 2. Näytteenotto 2: Kanaalin virtaus ja kiintoainemäärät.	32
Kuvio 3. Näytteenotto 3. Kanaalin virtaus ja kiintoainemäärät.	33
Kuvio 4. Näytteiden tuhka-ainepitoisuus.	34

Käytetyt lyhenteet tai sanasto

Aktiiviliete	Bakteereja sekä muita mikro-organismeja sisältävä liete, joka koostuu flokeista. Muodostuu jäteveden biologisessa puhdistuksessa.
Applikointi	Annostelu
Kiintoaine	Kiinteä aines
Konsentraatti	Pastapitoisista jätevesistä ultrasuodattamalla saatu kiintoaine
Liete	Nesteen ja siihen sekoittuneen kiinteän sekä hienojakoisen aineksen seos
Nippi	Paperikoneen telapuristimen puristus
Neliömassa	g/m^2
PK1 / PK2 / PK3	Paperikone1/Paperikone2/Paperikone3
Päällystyspasta	Paperin toiselle tai molemmille puolille lisättävä seos
Sedimentaatio	Vedessä olevan kiintoaineen painuminen pohjaan

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön aiheena on Sappi Kirkniemen paperitehtaan paperikone 1:n hoitopuolen kaanalin kautta kulkeutuvan kiintoaineen vähentäminen. Tehtaalla on ollut epäily, että kyseisen kanaalin kautta kulkeutuu tehtaan omalle jätevedenpuhdistamolle huomattavia määriä päällystyspasta sisältävää kiintoainetta. Kanaalin kiintoainepitoisuutta ei mitata säännöllisesti, vain satunnaisnäytteitä on otettu. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kuinka paljon kiintoainetta kanaalin kautta kulkeutuu, mitkä asiat kiintoaineen määrään vaikuttaa sekä millä tavoin pastapitoisen kiintoaineen määrää jätevesissä voitaisiin vähentää.

Kirkniemen tehtaalla on yhteinen pastakeittiö paperikone 1:llä ja 2:lla. Pastakeittiöllä valmistetaan paperin pintaan tarkoitettu päällystyspasta. Pastaa valmistettaessa ja käsitellessä syntyy pastapitoisia jätevesiä. Tällä hetkellä Kirkniemen PK1/2-alueen pastakeittiöllä syntyneistä pastapitoisista vesistä ultrasuodattamalla valmistettua konsentraattia ei pystytä kokonaisuudessaan hyödyntämään päällystyspastan valmistuksessa konsentraatin alhaisen kuiva-ainepitoisuuden takia. Merkittävä osa pastapitoisista vesistä ajetaan tällä hetkellä jäännöspastasäiliön kautta PK1:n hoitopuolen kanaaliin.

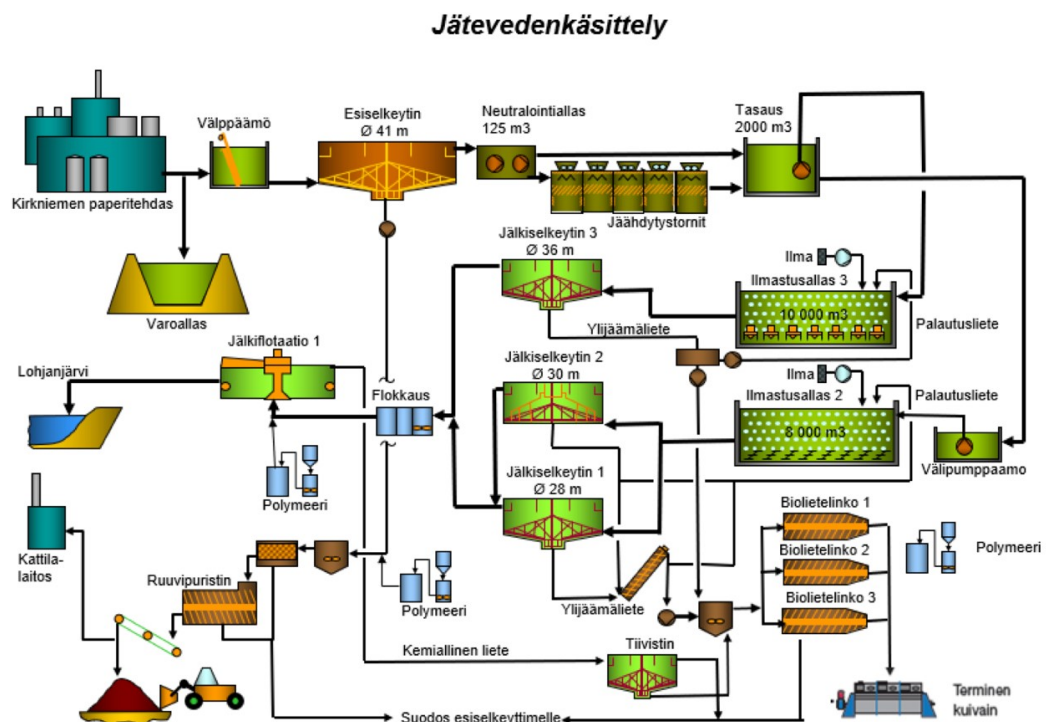
Pastapitoisten vesien päätyminen kanaaliin ja siitä jätevedenpuhdistamolle on monella tapaa epätoivottua. Konsentraatin vähäinen hyödyntäminen ja sen hukkaan meneminen on kustannuskysymys, koska konsentraatin hyödyntäminen vähentää pastan raaka-ainekustannuksia. Toiseksi, pastapitoinen kiintoaine aiheuttaa erilaisia ongelmia jätevedenpuhdistamolla. Päällystyspasta on hyvin hienojakoista ainetta, minkä takia sitä on melko vaikea saada laskeutumaan esiselkeyttimessä. Tämä lisää jätevesien sameutta ja jätevesien epäorgaaniset sideaineet lisäävät veden biologista ja kemiallista hapenkulutusta. Jätevedenpuhdistamolla erotettu liete poltetaan voimalaitoksen kattiloissa. Tuhkapitoinen liete ei ole toivottavaa, koska se heikentää lietteenpolttoprosessia, aiheuttaa ongelmia kattiloiden petilämmöissä sekä

lietteen poltosta aiheutuu normaalia enemmän tuhkaa. Tuhkan lisääntynyt kuljetus ja hävittäminen aiheuttavat kustannuksia.

Opinnäytetyössä pyritään keksimään ratkaisuja siihen, kuinka konsentraattia voisi hyödyntää isompia määriä pastanvalmistuksessa, ja kuinka päällystepitoisen kiintoaineen pääsyä jätevedenpuhdistamolle voisi vähentää. Ratkaisujen tarkoituksena on vähentää päällystyspastan raaka-ainekustannuksia sekä helpottaa jätevedenpuhdistusprosessiin kulkeutuvaa kiintoainemäärää.

2 Kiintoaine jätevedenpuhdistuksessa ja sen vaikutukset

Paperiteollisuus käyttää tuotantoprosesseissaan suuria määriä vettä. Vettä käytetään muun muassa prosessilaitteiden jäähdytykseen ja voiteluun, kemikaalien laimennukseen, massanvalmistukseen sekä paperinvalmistuksen kemiaan. (Knuwopap 2023c.) Kirkniemen tehtaalla jätevedet puhdistetaan omalla puhdistamolla, joka perustuu aktiivilieteprosessiin (Kuva 1). Se sisältää mekaanisen, biologisen ja kemiallisen vaiheen. Aktiivilieteprosessi aerobinen puhdistusmenetelmä, jossa orgaaninen aines hajoaa mikro-organismien avulla hapellisissa olosuhteissa. Lopputuloksena syntyy vettä, hiilidioksidia ja biomassaa. (Forsell-Tattari 2009, 7.) Jätevedenpuhdistusprosessissa talteen saatu liete poltetaan voimalaitoksen kattiloissa. Kun tehtaalla jätevedet on puhdistettu jätevedenpuhdistamolla, ne puretaan Lohjanjärven eteläosassa sijaitsevaan Osuniemenlahteen.



Kuva 1. Kirkniemen paperitehtaan jätevedenpuhdistamon yksinkertaistettu prosessikaavio (Sappi 2003).

2.1 Kiintoaineen poistaminen jätevedenpuhdistusprosessissa

PK1- ja PK2-alueen vedet tulevat omaa linjaansa pitkin jätevedenpuhdistamolle ja yhdistyvät PK3-alueen vesien linjan kanssa esiselkeytin 2:n syöttökaivossa. Esiselkeytin 2:n syöttökaivon jälkeen vedet johdetaan porrasvälpälle. Väljän tehtävänä on erottaa jäteveden karkea kiintoaine, kuten esimerkiksi puutikut ja -kuoret. Välpällä erotettu kiintoaine ja jäte siirretään puristimella välpelavalle. (Kähkönen 2000, 55.)

Välpältä vesi johdetaan syöttökaivon kautta esiselkeyttimelle. Esiselkeyttimen tehtävänä on saada erotettua suurin osa vedessä olevasta homogeenisestä kiintoaineesta. Vesi johdetaan esiselkeyttimen keskelle, josta vesi jakaantuu tasaisesti altaaseen. Esiselkeyttimessä kiintoaine laskeutuu ja puhdas vesi kulkee esiselkeyttimen reunalla olevan ylivuotokourun kautta neutralointiin. Erotettu kiintoaine kerätään pyörivällä laahaimella altaassa olevaan keskilieriöön, josta se pumpataan ruuvipumpuilla primääri Lietekäsittelyyn. (Kärkäs 2019, 13.)

Liete pumpataan voimalaitokselle kuivattavaksi lietepuristimille. Lietepuristimilla syötetään polymeeriä lietteen joukkoon parantamaan vedenerotusta. Lietepuristimilla ruuvi puristaa lietettä puristimesta riippuen vastalevyä tai kapenevaa kartiota vasten. Lietepuristimien tehtävänä on nostaa lietteen kiintoainepitoisuutta. Kuivattu kuituliete poltetaan voimalaitoksen kattilassa. (Kähkönen 2000, 66.)

Esiselkeyttimen jälkeen vedet ajetaan neutralointialtaaseen, jossa jäteveden pH:ta voidaan tarvittaessa säätää. Neutraloinnista vedet johdetaan ilmastettuun tasausaltaaseen. Tasaus on biologisen puhdistuksen ensimmäinen vaihe. Se toimii esi-ilmastuksena, ja sen tarkoituksena on saada vesi sekoittumaan sekä veden laatu tasaiseksi. (Kähkönen 2000, 57-58.)

Ilmastuksessa jätevesi jaetaan kahdelle ilmastuslinjalle. Ilmastus on biologisen puhdistuksen toinen ja tärkein osa, jossa jätevedeen sekoitetaan prosessissa syntyvää aktiivilietettä. Aktiivilietteen bakteerit hajottavat vedessä olevat orgaaniset aineet pienemmiksi yhdisteiksi. (Kähkönen 2000, 58-61.)

Ilmastukseen johdetaan happea, koska bakteerit tarvitsevat sitä toimiakseen (Vaasan Vesi 2015). Ilmastukseen käytetään kartiopintailmasimia, joita on neljä kappaletta jokaisessa ilmastuslohkossa. Nämä hajottavat syötetyn ilman pieniksi kupliksi. (Kähkönen 2000, 58-61.)

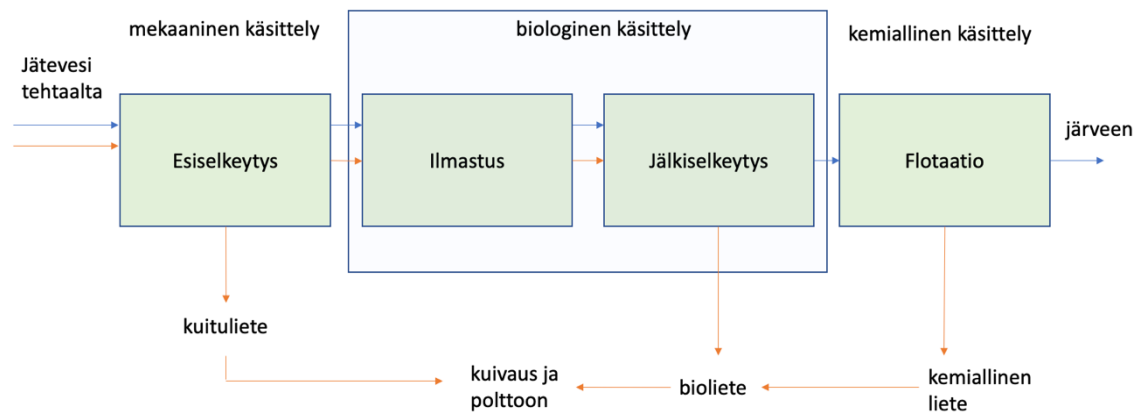
Ilmastuksen jälkeen jätevesi-lieteseos johdetaan jälkiselkeytysaltaan keskelle rauhoitusrenkaaseen, josta se leviää altaaseen tasaisesti. Jälkiselkeytyksen tehtävänä on poistaa liete ilmastuksessa syntyneestä jätevesi-lieteseoksesta. (Kähkönen 2000, 61-63.) Liete saadaan laskeutumaan altaan pohjalle johtuen lietteen ja veden tiheyserosta. Jotta tiheysero saavutetaan, on erityisen tärkeää, että aktiivilietteen bakteerikannassa on hyvät laskeutumisominaisuudet. Rihmamaisten bakteerien kasvu aiheuttaa lietteen huonoa laskeutumista (Koivuranta 2016, 21). Lietteen huono laskeutuminen aiheuttaa taas paisuntalietteen muodostumista sekä lika-aineiden lisääntymistä. Paisuntalietteestä puhutaan, kun lieteindeksi on yli 200 ml/g. Paisuntalietteen muodostuminen aiheuttaa puhdistamolta poistuvan veden kiintoainepitoisuuden nousua. (Hakala ym. 2012, 7.) Jälkiselkeyttimen pohjalietelaahain kerää lietettä altaan keskisyvennykseen, josta osa pumpataan palautuslietteeksi ilmastukseen ja osa poistetaan lietteen käsittelyyn lingoille. Puhdistettu vesi poistuu altaan ylivuotokaukaloon. (Kähkönen 2000, 61-63.)

Kemiallisen puhdistuksen ensimmäinen osa on flokkaus, jossa veteen sekoitetaan saostuskemikaalia sekoitusaltaassa. Kirkniemen jätevedenpuhdistamolla saostuskemikaalina käytetään PAC-kemikaalia.

Flotaatiossa erotetaan kemiallinen liete flokatusta jätevedestä. Flotaatiossa käytettävä vesi on kyllästetty ilmalla. Vedessä olevat ilmakuplat saavat kemiallisen lietteen nousemaan altaan pinnalle. Pintaan noussut liete kerätään pohjakaapimella lietetaskuun ja siitä lietteen käsittelyyn. (Kärkäs 2019, 14.)

Kirkniemen tehtaan lietteet käsitellään erikseen, mutta bioliete ja jälkiflotaatiossa syntynyt kemiallinen liete käsitellään yhdessä (Kuva 2). Kaikki lietteet voidaan pumpata lietteen tiivistysaltaaseen, josta se voidaan pumpata joko lietelingolle tai lietepuristimille. Kuitulietettä voi kuivata lietepuristimilla, lietelingoilla tai

tiivistysaltaassa. Kuitulietettä pumpataan lietelingoille ja tiivistysaltaaseen vain poikkeustapauksissa. Kuivattu liete varastoidaan kuitulietesiilossa, ja sitä voidaan polttaa voimalaitoksen kattiloissa. Kemiallinen liete pumpataan tiivistysaltaaseen ja sieltä lietelingoille. Kemiallinen liete voidaan vaihtoehtoisesti pumpata suoraan lingoille. (Kähkönen 2000, 66-67.) Lietettä kuivataan useassa eri vaiheessa, jotta sen tilavuus saadaan mahdollisimman pieneksi, lämpöarvo paranisi ja jatkokäsittely olisi helpompaa. Lisäksi lainsäädännön vaatimusten takia liete on saatava muotoon, jossa siitä ei aiheudu vaaraa ja haittaa ympäristölle tai terveydelle. (Forssell-Tattari 2009, 17.)



Kuva 2. Kirkniemen tehtaan jätevedenpuhdistamon kiintoainekierto.

2.2 Kiintoaineen aiheuttamat ongelmat jätevedenpuhdistuksessa ja lietteen poltossa

Paperitehtaan jätevedet sisältävät vaihtelevassa määrin puusta liuenneita yhdisteitä, prosessikemikaalijäännöksiä ja niiden reaktiotuotteita sekä erilaisia päällyste- ja täyteainekemikaaleja (Knowpap 2023d). Esiselkeytyksessä saadaan kuitumainen aines erotettua sen painuessa esiselkeyttimen pohjalle. Kun tehtaalta tulee puhdistamolle isoja määriä jätevettä, ja jätevesi sisältää paljon hienojakoista kiintoainetta, on haastavaa saada kiintoaine erotettua esiselkeytyksessä. Tällöin kiintoaine jatkaa matkaa prosessissa ja lisää veden sameutta.

Kiintoaineen laskeutumiseen esiselkeyttimessä vaikuttaa nesteen ja kiinteän aineen tiheys, kiintoaineen partikkelikoko sekä nesteen viskositeetti. Suuren partikkelikoon omaavat kiintoainepartikkelit ja painavat mineraalit laskeutuvat helpommin kuin kevyet ja hienojakoiset kiintoainepartikkelit. (Kuronen 2014, 15.) Kiintoaineen muoto vaikuttaa sen laskeutumisnopeuteen. Pallon muotoinen kiintoainepartikkeli esimerkiksi laskeutuu nopeammin kuin levymäinen partikkeli. (Jaakola 2016, 7.) Aktiivilieteprosessin kannalta on tärkeää, että esiselkeytyksestä ei karkaisi kiintoainetta prosessiin. Kiintoaine korvaa biomassaa ilmastuksessa ja tästä johtuen huonontaa prosessin tehokkuutta. (Leskinen ym. 2018.) Lisäksi pastapitoisen jäteveden orgaaniset sideaineet lisäävät veden biologista ja kemiallista hapenkulutusta.

Paperin päällystyksessä käytettävät komponentit ovat pääosin tuhkapitoista kiintoainetta. Puhdistusprosessissa kerätty liete poltetaan voimalaitoksen kattiloissa. Kuituliete ja bioliete poltetaan yhdessä kuoren ja hakkeen kanssa. Lietteen poltossa on epätoivottavaa, että liete sisältää tuhkapitoista ja epäorgaanista ainetta, koska tuhkapitoisuus heikentää polttoprosessia huonontamalla lietteen lämpöarvoa. Lisäksi palamaton aines voi kerääntyä kattilan pinnoille, jolloin prosessin vierasaineiden määrä lisääntyy. Epäorgaaninen aines voi myös siirtyä käsittelyn jälkeen lietteestä poistetun veden kautta takaisin jätevedenpuhdistamolle ja tällöin prosessissa kiertävän ylimääräisen epäorgaanisen aineksen osuus kasvaa jatkuvasti. Tällaisessa tilanteessa tuhkapitoisuus heikentää jätevesien puhdistuslaitoksen kapasiteettia ja kuormittaa sen lietteenkäsittelyä. (Forssell-Tattari 2009, 4.)

Leijukerrospolton yhteydessä haasteena on lietteen kosteus ja tuhkapitoisuus, jotka saattavat aiheuttaa ongelmia petilämpötilan pitämisessä oikealla tasolla. (Forssell-Tattari 2009, 23). Pedin lämpötila on pidettävä sopivan alhaisena, jotta tuhka ei sula tai pehmene. Pedin lämpötila on pidettävä polttoaineen tuhkan pehmenemispisteen alapuolella, jotta leijutusmateriaali ei kerrostu kattilan pinnoille sulaneen tuhkan takia. (Tuisku 2019, 9.) Petilämpötilojen ollessa liian alhaisella tasolla, voi poltossa esiintyä erilaisia ongelmia. Jos kattila tarvitsee ajaa uudestaan ylös, aiheutuu ylimääräisiä kustannuksia esimerkiksi kaasun käytöstä.

Lisäksi tuhkapitoisen lietteen polttaminen aiheuttaa lisää tuhkan kuljetuksen ja sen hävittämisestä aiheutuvia kustannuksia.

2.3 Kiintoaineen ympäristövaikutukset

Erosio ja kiintoaineen kulkeutuminen valuma-alueella ylläpitävät virtavesien monimuotoisuutta, mutta erilaisen ihmistoiminnasta johtuvan maankäytön muokkauksen ansiosta voi virtavesien luontainen kuljetuskapasiteetti ylittyä. Virtavesien luontaisen kuljetuskapasiteetin ylitettyä vesistön pohja liettyy. Tämä tarkoittaa sitä, että kiintoainetta kerrostuu vesistön pohjalle. Näin käy, kun virran voimakkuus ei enää pysty kuljettamaan kiintoainetta. Kiintoaine kasaantuu erityisesti uoman hidasvirtaisiin paikkoihin. Ensimmäisenä laskeutuu karkea ja painava aines ja sitten vasta pienemmät ja kevyemmät hiukkaset. Painavampi aines vaikuttaa uoman pohjan ominaisuuksiin sekä muotoon ja kevyempi aines, kuten orgaaniset aineet taas enemmän veden laatuun. Orgaanisen aineksen tilavuuspaino on tyypillisesti pieni, mutta voi silti muodostaa merkittävän osan kulkeutuvan kiintoaineen kokonaistilavuudesta. Vedessä hajoava orgaaninen aines heikentää vesistön happiolosuhteita, koska sen hajoitusprosessi kuluttaa veden happivarastoja. (Turunen ym. 2020, 12-13.)

Vesistöön ajatuva liika kiintoaine ja siitä johtuva pohjan liettyminen heikentävät vesistön eliöstöjen elinympäristöä, muuttaa ekosysteemiä sekä värjää veden sameaksi. Mikäli kiintoainekuormitus on todella runsasta ja kiintoainetta kertyy vesistön pohjalle puhutaan sedimentaatiosta. (Turunen ym. 2020, 29.) Sedimentaatio kiihdyttää vesistön mataloitumista ja umpeenkasvua (Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö 2013). Vesistöjen mataloitumisesta johtuen monia järviä ja lahtia uhkaa umpeenkasvu. Umpeenkasvu muuttaa vesistön luonnonoloja ja vaikuttaa eliölajien elämään. Mataloitunut vesistö saattaa talvisin jäätyä pohjaan asti ja kesäisin taas tuuli voi sekoittaa vesistöä pohjaa myöten, jolloin sedimenttiin sitoutuneet ravineet ruokkivat leväkasvustoja. (Suomen ympäristökeskus 2021.) Lisäksi sedimentaatio tekee vesistön pohjasta epävakaa, johtuen jatkuvassa liikkeessä olevasta pohjasta. Epävakaa pohja aiheuttaa muutoksia pohjaeläinten elinolosuhteisiin sekä vaikeuttaa vesistön

kasvillisuuden kasvua ja levittäytymistä. Liettynyt uoma mataloituu sekä virtavesien kasvillisuus vaihtuu vähitellen seisovien vesien lajistoksi. Sedimentaatio vaikuttaa veden virtauksiin joen pohjasedimentissä. Veden virtaus pohjasedimenttiin ja pohjasedimentin kumpuaminen viileämpänä takaisin yläpuoliseen veteen vaikuttaa virtavesien lämpötilasuhteisiin, ravinteiden kiertoon sekä pohjaeliöiden elinympäristöön. Orgaaninen kiintoaine tekee vesistön pohjasta vähähappisen täyttäessään vesistön huokoiset pohjavälিকöt, jolloin veden virtaus pohjasedimenttiin vaikeutuu. Orgaanisen kiintoaineen hajoituksesta johtuva happivaje sekä heikentynyt virtaus vaikuttavat orgaanisen aineen hajoitusprosesseihin, mikrobien ravinteiden sidontaan, raudan hapettumis- ja pelkistymisreaktioihin ja typen kiertoon. (Turunen ym. 2020, 29.)

Iso kiintoainekuormitus vaikuttaa sameuden takia vesikasvien määrään ja vesikasvien tuotantoon. Kiintoaine voi myös aiheuttaa fyysistä vahinkoa vesikasveille, koska kasvien uposlehdistä saattaa puuttua lehden pintaa suojaava kalvo. Hienon kiintoaineen sedimentaatio muuttaa virtavesien pohjan rakennetta. Esimerkiksi hieno- ja tasarakeisella pohjalla kaikki kasvit eivät pysty juurtumaan syvälle tiiviin sedimentin tai heikon happitilanteen takia. Kiintoaineen aiheuttama sedimentaatio sekä muutokset pohjan partikkelijakaumassa voivat heijastua kasviyhteisöön. (Turunen ym. 2020, 32.)

Pohjasedimentin liettyminen kiintoaineksella on yksi isoimmista haasteista vesistön pohjaeläimille. Kiintoaine voi aiheuttaa pohjaeläinten hautautumista hiekkaan. Lisäksi hieno kiintoaine lisää vesihyönteisten munien kuolleisuutta tukkimalla munien pintakalvon ja siten estämällä munan välisen kaasujen vaihdon. Kiintoaine voi vahingoittaa pohjaeläinten rakenteita, kuten esimerkiksi ravinnonottoraajoja tai tukkimalla kiduksia. (Turunen ym. 2020, 35.)

Isot kiintoainekuormat vaikuttavat monella tapaa virtavesikaloihin. Kiintoainekuormat voivat aiheuttaa kuolleisuutta, vähentää otollisten kutualuiden määrää, vähentää lisääntymiskykyä sekä aiheuttaa kidusvaurioita. Hienojakoinen kiintoaine lisää pohjaan kutevien kalalajien varhaisvaiheiden kuolleisuutta. Kiintoaineen aiheuttamat haitat kaloille riippuvat elinkierron vaiheesta, vuodenajasta, kalan koosta sekä mahdollisista suojapaikoista.

Orgaanisen kiintoaineen hajoaminen kutusoraikossa lisää hapen kulutusta kutupesissä, mikä aiheuttaa mätimunien kuolleisuutta. Kalojen kidukset ovat herkkiä kiintoaineelle ja kiintoaine voi aiheuttaa verenpurkauksia kalojen kiduksissa. Lisäksi kiintoaine voi aiheuttaa epämuodostumia, ihovammoja, kasvaimia sekä kiintoainealtistuksesta johtuvaa glukoosi- ja kortisolipitoisuuksien nousua, mikä tarkoittaa stressireaktiota. Veden sameus aiheuttaa ongelmia ravinnon etsinnässä lajeilla, jotka saalistavat näkönsä avulla. (Turunen ym. 2020, 37-40.)

2.4 Lohjanjärvi ja sen ympäristön tila

Järveen laskettavaa vesimäärää seurataan tehtaalla tarkasti, kuten myös järveen laskettavien vesien kiintoainemääriä. Tavoitteena on, että mahdollisimman vähän kiintoainetta joutuisi vesistöön. Kiintoaineen ympäristövaikutuksia tarkastellessa on oleellista ymmärtää, minkälaiseen vesistöön tehdas johtaa puhdistamansa vedet. Kirkniemen paperitehdas laskee vedet jätevedenpuhdistamolta Lohjanjärven Osuniemenlahteen. Lohjanjärvi on Uudenmaan isoin järvi, ja sen pinta-ala on noin 93 km² (Loman 2014). Lohjanjärvellä on rantaviivaa yhteensä 332 km, kun mukaan lasketaan myös Lohjanjärven saaret. Lohjanjärven keskisyvyys on 13 metriä ja syvimmillään syvyys on 55 metriä. Järven valuma-alue 1929,55 km². Valuma-alueesta metsää on runsaat 70 % ja peltoja 14 %. Lohjanjärven pH on emäksinen, johtuen suuresta kalkkipitoisuudesta. (Pöyry Finland Oy 2015, 13-14.)

2.4.1 Kuormitus

Lohjanjärven kuormituslaskelma on peräisin 1990-luvulta. Kuormituslaskelman mukaan reilu 80 % järven ravinteiden kokonaiskuormituksesta koostuu hajakuormituksesta, luontaisesta huuhtoutumasta sekä ilmasta tulevasta laskeumasta ja vajaa 15 % on peräisin pistemäisestä jätevesikuormituksesta. Pistemäistä jätevesikuormaa syntyy jätevedenpuhdistamoista ja teollisuudesta. (Pöyry Finland Oy 2015, 16-17.) Nykyään hajakuormituksen määrä on luultavasti

kasvanut samalla kuin pistekuormituksen määrä on vähentynyt (Länsi-Uudenmaan vesi- ja ympäristö ry 2012). Järven eteläosaan Osuniemenlahteen purkautuu jätevettä Kirkniemen paperitehtaalta noin 0,2 m³/s ja Lohjan kaupungin Peltoniemen puhdistamolta noin 0,033 m³/s. (Pöyry Finland Oy 2015, 17.)

2.4.2 Vedenlaatu

Lohjanjärven veden laadun arvot edustavat pääasiassa keskirehevää-rehevää vettä. Lohjanjärven suurimmat ongelmat esiintyvät syvimpien pohjien happipitoisuuksissa. Jätevesien happea kuluttavien vaikutuksen kompensoimiseksi Kirkniemen paperitehdas hapettaa purkualueen syvänteitä ympäristöluvan mukaisesti. Hapetuksen avulla vähennetään jätevesien happea kuluttavien aineksien ja ravinnekuormituksen haitallisia kuormituksia. Hapetuksella pyritään ylläpitämään pohjaveden korkeaa happipitoisuutta, jotta hapettomuudesta johtuvien ravinteiden määrä vähenisi sekä elvyttämään pohjan hapellista hajoitustoimintaa ja sillä tavoin estämään hapettomissa prosesseissa haitallisten aineiden syntymistä. Kun sedimentin metaanin tuotanto vähenee, kaasukuplien aiheuttama resuspensio vähenee, ja silloin sedimentistä veteen vapautuvien ravinteiden määrä vähenee. (Pöyry Finland Oy 2015, 17-21.)

2.4.3 Vesieliöstö

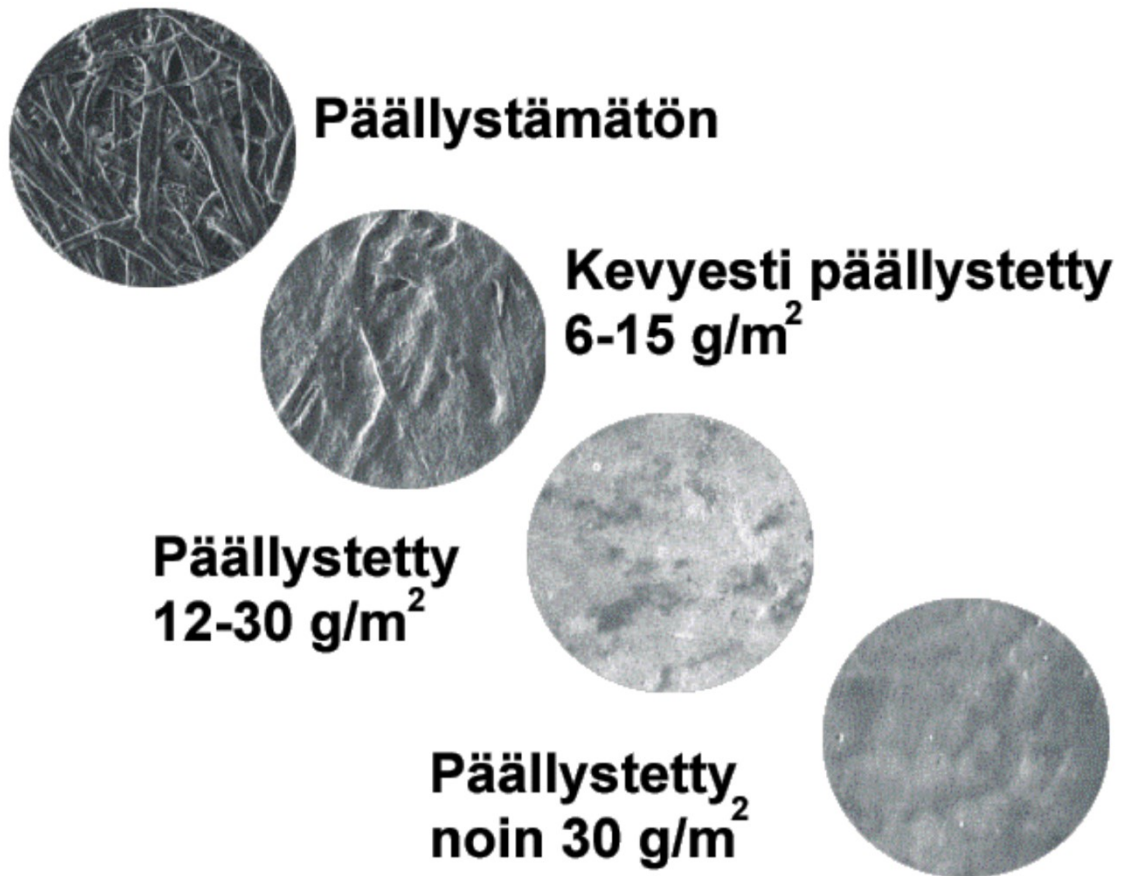
Lohjanjärven yleisimpiä vesikasvilajeja ovat hapsiluikka, järviruoko ja ulpukka (Fishinginfinland.fi 2023). Hapsiluikkaa on havaittavissa Lohjanjärvellä monin paikoin. Hapsiluikka on pieni pohjaversoinen vesikasvi, joka muodostaa nurmimaisia kasvustoja rönsyjensä avulla. Hapsilukan kasvualue ulottuu jopa kahden metrin syvyyteen vesirajan yläpuolelta. Hapsiluikka kuuluu mutayrttikasvillisuuteen, joka on muun muassa lietteisten tulvarantojen vakiintumatonta pioneerikasvillisuutta. Vaikka hapsiluikka on puhtaan veden laji, se kestää pienissä määrin sameutta ja kiintoaineen sedimentoitumista. Lohjanjärven luoteisosassa ja Lohjansaaren eteläosissa kasvustot ovat erittäin niukkoja tai niukkoja, kun taas Lohjan keskustan liepeillä ja Hållsnäsjärdenin

ympäristössä kasvustot ovat runsaita. Hapsiluikka suosii hiekkapohjaa kasvualustanaan, mutta kasvaa myös savisilla pohjilla. Järviruon esiintyvyys Lohjanjärvellä on vaihtelevaa. Järviruoko menestyy ravinteisuustasoltaan hyvin erilaisissa vesistöissä. Se tyypillisesti kasvaa kirkasvetisissä ja vähäravinteisissä järvissä. (Aunu 1998, 44-57.) Lohjanjärven kalalajisto on särkivaltaista (Loman 2014). Yleisimmät saaliskalat ovat kuha, lahna, hauki ja ahven (Fishinginfinland.fi 2023). Lohjanjärven niukkaan pohjaeliöstöön kuuluu esimerkiksi sulkahyttysen toukat ja surviaissääsken toukat (Aunu 1998, 22).

3 Paperin päällystys

Päällystys on paperin valmistuksen vaihe, jossa paperin pintaan levitetään pinnanmuotoja tasaava pigmenttikerros. Tätä pigmenttipäällystettä kutsutaan yleisesti päällystyspastaksi. (Saukkonen 2008, 2.) Paperi päällystetään päällystyspastalla optisten ominaisuuksien sekä painettavuuteen vaikuttavien seikkojen takia. Paperin päällystyksellä pystytään vaikuttamaan painettavuuteen, sileyteen, kiiltoon sekä vaaleuteen. (Roitto 2007a.) Päällystettyjä paperilajeja käytetään yleensä painettavissa tuotteissa, kuten aikakauslehdissä ja kirjoissa (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 184). Päällystyspastaa suunnitellessa on otettava huomioon pohjapaperin ominaisuudet sekä se, millä painomenetelmällä paperi on tarkoitus painaa. (KnowPap. 2023a.) Onnistuneella päällystyksellä pystytään vaikuttamaan paperin painettavuuteen. Onnistuneella päällystyksellä myös esimerkiksi painoväriin tarve vähenee, painojäljen kiilto paranee sekä värin leviäminen vähenee. (Saukkonen 2008, 3.)

Pastakeittiöllä valmistetaan päällystyspasta, jota levitetään paperin toiselle tai molemmille puolille. Pastaa levitetään paperille ylimäärin sekä ylimääräinen pasta poistetaan. Samalla säädetään oikea päällystemäärä. (KnowPap 2023a.) Yhdellä päällystyskerroksella ei monesti saada haluttuja laatuarvoja, joten esimerkiksi kartongit päällystetään usemman kerran (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 184). Kuvassa 3 näkyy päällystemäärän vaikutus paperin pintaan. Päällysteen kulutus on tyypillisesti 30 % tuotetun paperin määrästä. (KnowPap 2023a.)



Kuva 3. Päällystemäärän vaikutus paperin pintaan (KnowPap 2013).

3.1 Päällystyspastaan komponentit

Päällystyspasta koostuu pigmenteistä, sideaineista sekä lisäaineista. Päällystyspasta suunniteltaessa on tunnettava paperikone- ja päällystysprosessi, pohjapaperin ominaisuudet sekä painomenetelmä. (Roitto 2007b.)

3.1.1 Pigmentit

Pigmentit ovat pääasiassa valkoisia luonnonmineraaleja, mutta päällystyksessä käytetään myös kokonaan synteettisiä pigmenttejä (Saukkonen 2008, 4). Pigmenttien tehtävä on peittää paperin pinta sekä parantaa optisia ominaisuuksia. Pigmenttiä on pastassa tyypillisesti 85-95 %. Pääpigmenttejä ovat esimerkiksi kaoliini, kalsiumkarbonaatti, talkki ja kipsi. (Roitto 2007b.)

Päällystyksessä käytetään yleensä useampaa eri pigmenttiä moninaisten ominaisuuksien takaamiseksi (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 186).

Kaoliini on alumiinisilikaattia (Saukkonen 2008, 8). Kaoliinia käytetään päällystyksessä ainoana pääpigmenttinä tai erilaisten lisäpigmenttien kanssa. Päällystyksessä käytettäviä kaoliineja valmistetaan puhdistetusta raakakaoliinista erottamalla niistä hienoin hiukkasjake. Kaoliinin pieni hiukkaskoko ja levymainen hiukkasmuoto antaa kaoliinipäällysteille hyvän peittokyvyn, korkean kiillon sekä sileyden (Roitto 2007b.) Kaoliinia esiintyy primäärisenä ja sekundäärisenä laatuna. Primäärinen kaoliini on levyisempää ja karkeampaa kuin sekundäärinen. Primääristä kaoliinia käytetään erityisesti puupitoisten paperilaatujen päällystyksessä. Sekundäärinen kaoliini on hienojakoisempaa, ja sillä on alhaisempi viskositeetti primääriseen esiintymään verrattuna. (Saukkonen 2008, 8.)

Kalsiumkarbonaattia käytetään jauhattuna tai saostettuna. Jauhettu kalsiumskarbonaatti valmistetaan jauhamalla sitä kalkkikivestä tai marmorista. Saostettua karbonaattia taas valmistetaan kemiallisesti kalkkikivestä toisiin hiukkasmuotoihin. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 187). Jauhetun ja saostetun kalsiumkarbonaatin välillä eroa on vain lähinnä hiukkaskoossa ja -muodossa (Roitto 2007b). Saostettua kalsiumkarbonaattia käytetään päällystyksessä parantamaan paperin vaaleutta, absorptiokykyä sekä opasiteettiä. Opasiteetti tarkoittaa läpinäkymättömyyttä, eli mitä suurempi opasiteetti on, sitä enemmän se vaimentaa läpikulkevaa säteilyä. Jauhattua kalsiumkarbonaattia käytetään yleensä useampaan kertaan päällystettävien paperilaatujen esipäällystyksessä, jolloin vältetään esikerroksen liika tiiveys ja tästä johtuva päällysteen kupliminen painovärin kuivatuksessa. (Saukkonen 2008, 7.)

Talkki on kemiallisesti magnesiumsilikaattia. Talkkia valmistetaan rikastamalla vuolukiveä ja jauhamalla se haluttuun hienousasteeseen. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 187.) Se muistuttaa monella tapaa fysikaalisilta ominaisuuksiltaan kaoliinia, mutta on hiukkasmuodoltaan kaoliiniakin levymäisempää (Roitto 2007b). Talkki on vettä hylkivää, joten veteen

dispergoitaessa tarvitaan erilaisia kostutuskemikaaleja. Talkkia käytetään pääpigmenttinä ja sen tyypillisiä ominaisuuksia ovat tiiviys ja sileys. Talkkia käytettäessä painoväriin absorptio on pienempää kaoliiniin verrattuna. Talkkia käytetään erityisesti syväpainopapereiden valmistuksessa. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 187.)

Kipsi on kemialliselta koostumukseltaan kaliumsulfaattia. Kipsi esiintyy kolmessa eri kidevesimuodossa, joilla kaikilla on omat fysikaaliset ominaisuutensa (Roitto 2007b.) Kipsin tiheys on pienempi kuin esimerkiksi kaoliinin, mikä mahdollistaa paksumman päällystekerroksen paperiin samalla neliöpainolla (Saukkonen 2008, 9). Jauhetun karbonaatin ja kipsin vaaleus on melko sama. Suurin hidaste kipsin päällystämisen yleistymiselle on se, että kipsi liukenee jonkin verran veteen ja aiheuttaa ongelmia paperikoneella kalsiumin takia. Lämpötila tai pH eivät vaikuta kipsin liukenemiseen, joten sitä voi käyttää sekä happamassa että neutraalissa paperiprosessissa. (Roitto 2007b.)

Muita paperiteollisuudessa käytettyjä pigmenttejä ovat esimerkiksi, titaanidioksidi, satiinivalkoinen, alumiinihydroksidi ja bariumsulfaatti. Titaanidioksidi on näistä tärkein lisäpigmentti. (Knowpap 2023a.)

3.1.2 Sideaineet

Sideaineiden tehtävä on pigmentin kiinnittäminen paperiin. Sideaine myös täyttää pigmenttihiukkasten välistä tilaa päällystekerroksessa. (Knowpap 2023a.) Osa sideaineista vaikuttaa myös pastan juoksevuusominaisuuksiin ja kykyyn pidättää vettä. Sideaineiden toivottuja ominaisuuksia ovat esimerkiksi värittömyys tai korkea vaaleus, hyvä vedenpidätyskyky ja sekoitettavuus eri pigmenttien kanssa. Usein yksi sideaine ei riitä täyttämään kaikkia siltä odotettuja vaatimuksia, joten päällystysseoksissa käytetään tyypillisesti kahta tai useampaa sideainetta samanaikaisesti. (Roitto 2007b.) Sideaineen osuus pastassa on 5–15 % sideaineesta ja lajista riippuen. Sideaineet jaetaan liukoisiin sideaineisiin ja polymeeridispersioihin eli latekseihin. (Knowpap 2023a.)

Liukoisia sideaineita ovat esimerkiksi tärkkelys, kaseiini, soijaproteiini sekä karboksimeetyyliselluloosa (CMC). Liukoiset sideaineet pohjautuvat luonnontuotteisiin ja niitä on jalostettu kutakin omalla tavallaan päällystykseen sopivaksi. Liukoiset sideaineet toimitetaan yleisimmin kiinteinä, ja ne liuotetaan veteen vasta juuri ennen käyttöä. Niiden vedenpidätyskyky on hyvä, joten liukoiset sideaineet muodostavat kovan kalvon. (Knowpap 2023a.)

Polymeeridispersioita ovat esimerkiksi styreenibutadieenilateksit (SB), akryylilateksit ja polyvinyliasetaatit (PVA). Latekseja käytetään sitomisvoiman, sideainekalvojen plastisuuden, märkälujuuden sekä alhaisen viskositeetin takia. Lateksit parantavat paperin painettavuutta ja kalanterointia. Ne täydentävät liukoisten sideaineiden ominaisuuksia ja siksi niitä yleensä käytetäänkin yhdessä. (Roitto 2007b.)

3.1.3 Lisäaineet

Pastassa on lukuisia lisäaineita. Lisäaineita annostellaan vain vähän, eli niiden osuus pastasta on alle 1 %. (Roitto 2007c.) Lisäaineita ovat esimerkiksi erilaiset vaahdonesto- ja vaahdonpoistoaineet, säilöntäaineet, kovettimet, virtausominaisuuksien muuttajat sekä optiset vaalennusaineet (Knowpap 2023a). Vaahdonestoaineet estävät tai poistavat vaahdonmuodostusta pastan valmistuksessa ja käsittelyssä. Vaahdonestoaineet toimivat siten, että ne pienentävät pastan pintajännitystä, mikä aiheuttaa ilmakuplien yhdistymistä ja poistumista. Vaahdonpoistoaineita ovat esimerkiksi esterit sekä rasvahapposeokset ja vaahdonestoaineita ovat alkoholit sekä kasviöljyt. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 189.) Säilöntäaineet ovat orgaanisia yhdisteitä ja niitä tarvitaan erityisesti silloin, kun käytetään proteiineja, esimerkiksi kaseiinia. Proteiinit ovat alttiita bakteerien aiheuttamalle pilaantumiselle. (Knowpap 2023a.) Kovettimia puolestaan käytetään päällysteen märkähankauksen kestävyuden parantamiseen. Yleisimpiä kovettimia ovat ammonium- ja kaliumzirkoniumkarbonaatit. Optiset vaalennusaineet heijastavat niihin osuvaa UV-säteilyä. Virtausominaisuuksien muuttajat vaikuttavat päällysteen viskositeettiin ja parantavat sen vedenpidätyskykyä. Viskositeetin

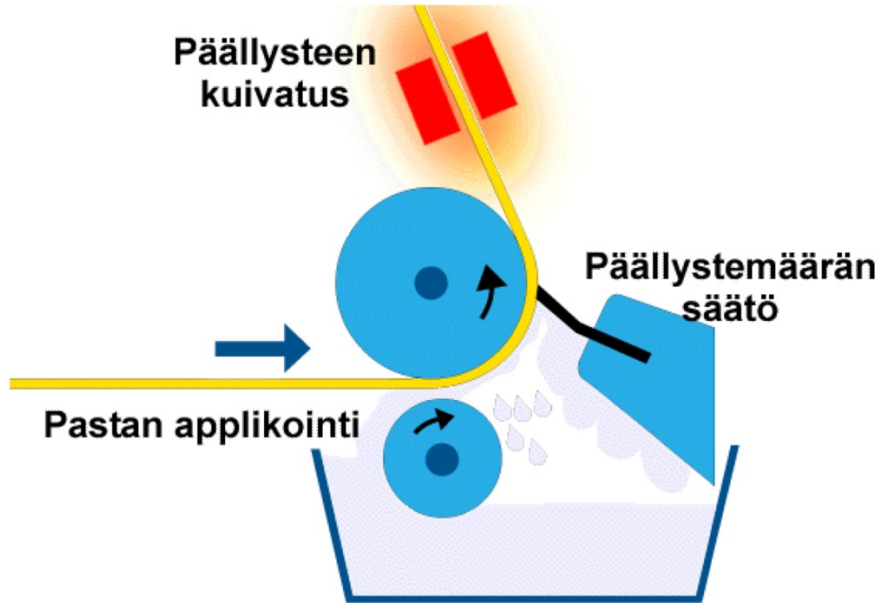
nostamiseen käytetään tyypillisesti CMC:tä tai synteettisiä paksuntajia. (Roitto 2007c.)

3.2 Paperin päällystysmenetelmät

Päällystykseen kuuluu kaksi vaihetta, jotka ovat päällysteen applikointi eli sively sekä päällysteen tasoitus. Erilaiset päällystysmenetelmät eroavat toisistaan siten, miten paperipasta tuodaan paperiradan pintaan sekä miten lopullinen päällystemäärä säädetään. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 191.) Paperilaatujen laatuksia käyttötarkoituksesta riippuen ovat hyvin erilaisia, mikä asettaa omanlaiset vaatimukset päällystysaseman valitsemiselle (Saukkonen 2008, 13). Yleisin päällystysmenetelmä on teräpäällystys (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 191). Kirkniemen tehtaan PK1:llä on käytössä filmipäällystysmenetelmä.

3.2.1 Teräpäällystys

Teräpäällystysasema voi olla joko sivelyteläpäällystin tai lyhytviipymäpäällystin. On myös olemassa näiden kahden välimuoto, suutinapplikoinnilla varustettu päällystysasema. Kaikkien näiden teräpäällystimien toimintaidea on kuitenkin hyvin samanlainen. (Saukkonen 2008, 18.) Ensimmäisenä päällystyspasta applikoidaan paperin pintaan ja sen jälkeen viistetyllä terällä kaavitaan pastakerros (Kuva 4). Teräpäällystimet erottavat toisistaan erilaiset päällystyspastan applikointitavat. Teräpäällystys antaa tasaisen, mutta peittävyydeltään epätasaisen pinnoitteen. Tämä johtuu siitä, kun pinnan epätasaisuudet täyttyvät päällystyspastalla. Teräpäällystys hyviä puolia on esimerkiksi se, ettei se ole kovin kriittinen pohjapaperin vikojen suhteen. Tällaisia vikoja voi esimerkiksi olla epätasainen huokoisuus tai karheus. (Saukkonen 2008, 18.)



Kuva 4. Teräspäällystysasema sivelytela-applikoinnilla (KnowPap 2023e).

3.2.2 Filminsiirtopäällystys

Kirkniemen paperitehtaalla paperikone 1:llä on käytössä Sym-Sizer filmipäällystysmenetelmä. Filmipäällystyksessä päällystyskerroksen muodostamiseen käytetään sauvaa. Filmipäällystys on kaksivaiheinen prosessi. Ensimmäisenä muodostetaan päällystekerros pyörivän applikointitelan ympärille, jonka jälkeen se siirretään paperirainan pinnalle telojen muodostamassa nipissä. Tarvittaessa paperin voi päällystää kummaltakin puolelta samaan aikaan. Kuvassa 5 näkyy yhdelle puolelle tapahtuvan filminsiirtopäällystyksen periaate. Vaihtoehtoisesti paperin puolet voidaan päällystää erikseen kahdella peräkkäin sijoitettavalla filminsiirtopäällystimellä. (KnowPap 2023e.) Filmipäällystys rasittaa rataa vähemmän kuin teräspäällystyksessä, koska kosteus ei penetroidu pohjapaperiin yhtä rajusti eikä katkoja tyypillisesti ole yhtä paljon. Filminsiirtopäällystyksen etu on päällystyksen hyvä peittävyys pienelläkin päällystemäärällä. (Saukkonen 2008, 24.)

4 Kirkniemen paperitehdas ja PK1:n hoitopuolen kanaali

Metsäliiton Teollisuus Oy perusti Kirkniemen paperitehtaan vuonna 1966. Kirkniemen tehdas sijaitsee Lohjanjärven rannalla Lohjalla. Tehtaalla kolme paperikonetta valmistaa päällystettyjä papereita. Tehdas valmistaa vuosittain noin 750 000 tonnia painopaperia, joista vientiin menee yli 90 %. Tehtaalla on oma voimalaitos ja jätevedenpuhdistuslaitos. Kirkniemen tehdas työllistää 550 henkilöä. (Sappi 2023a.)

Ensimmäinen paperikone PK1 valmistui vuonna 1966, jolloin tehdas perustettiin. Paperikoneen lisäksi PK1-linjaan kuuluu kolme superkalanteria, pituusleikkuri, PK2:n kanssa yhteinen pastakeittiö sekä pakkaamo. Toinen paperikone PK2 valmistui vuonna 1972. Kolmas paperikone PK3 valmistui vuonna 1996. PK3 on kooltaan sekä kapasiteltaan Kirkniemen suurin paperikone. (Vähänen 2019, 8-13.)

Kirkniemen paperitehtaan omistaa Sappi Europe. Sappi Europe on osa Sappi Limitediä, joka on eteläafrikkalainen metsätalouskonserni. Sappilla on yli 12 400 työntekijää yli 35 maassa. Tuotantolaitoksia on kolmella mantereella, Euroopassa, Pohjois-Amerikassa sekä Etelä-Afrikassa. (Sappi 2023b.)

4.1 Pastapitoisien vesien ultrasuodatusprosessi

Kirkniemen tehtaalla ultrasuodatetaan PK1/2-alueella syntyvät pastapitoiset prosessivedet, joista saadaan talteen pastakonsentraatti. Pastakonsentraattia on tarkoitus käyttää raaka-aineena uudessa päällystypastassa. Tällä hetkellä konsentraatin kuiva-ainepitoisuus on liian alhainen verrattuna PK1/2-alueella käytettävään päällystypastaan. Konsentraatin alhainen kuiva-ainepitoisuus aiheuttaa päällystypastan kuiva-ainepitoisuuden sekä viskositeetin laskua (Lonka 2019, 2). Tästä johtuen konsentraattia käytetään vain pieniä määriä päällystypastassa PK1/2-alueella.

PK1/2- alueella muodostuu päällystyspastaa valmistettaessa ja käsitellessä pastapitoisia jätevesiä. Vedet ajetaan ultrasuodatusprosessiin pigmentti- ja pastapitoisten vesien keräilyssäiliöstä. PK1/2-alueen pastanvalmistuksen jätevesien käsittelyssä on tällä hetkellä käytössä yksi ultrasuodatin, jossa on 60 kennoa. Ultrasuodattimen suodatuspinta-ala on noin 80 m² sekä suodatuskapasiteetti 2,1 dm³/s. Pigmentti- ja pastapitoisten vesien keräyssäiliöstä pumpattavan jäteveden kuiva-ainepitoisuus täytyy olla 5-8 %, jotta ultrasuodatusprosessi toimii oikein. Säiliöstä pumpattavat vedet menevät ensin täryssihtien läpi syöttösäiliöön, josta ne johdetaan lämmönvaihtimen läpi ultrasuodatuslaitteistolle. (Lonka 2019, 11-13.)

Ultrasuodatuslaitteistossa kiintoainetta sisältävä vesi menee ultrasuodatuskalvojen läpi ulos suotimesta. Heti suotimen jälkeen tiheysmittari mittaa konsentraatin kiintoainepitoisuuden. Jos kiintoainepitoisuus on alle 30 %, konsentraatti ajetaan takaisin ultrasuodatuksi. Jos taas konsentraatin kuiva-ainepitoisuus on yli 30 %, se ajetaan konsentraattisäiliöön. Konsentraattisäiliöstä konsentraatti ajetaan rumpusihdin läpi paperikone 1:n ja päällystyskone 2:n pastamiksereille uudelleen hyödynnettäviksi. (Lonka 2019, 11-13.)

4.2 PK1:n hoitopuolen kanaali

Paperikone 1:n hoitopuolen kanaali sijaitsee Kirkniemen tehtaassa paperikone 1:n kellarissa hoitopuolella. Paperikoneen käyttöpuolella on paperikonetta pyörittävä voimansiirto ja hoitopuolelta taas suoritetaan erilaisia paperikoneen kunnossapito- ja ylläpitotehtäviä. Kellarissa jätevesi kulkeutuu voimalaitostunnelia pitkin ja yhdistyy PK1/2-alueen pääkanaaliin, josta se jatkaa matkaansa tehtaassa jätevedenpuhdistamolle. Kanaaliin on asennettu virtausmittari vuonna 2021, mistä lähtien kanaalin virtauksia on aloitettu seuraamaan. Tehtaassa jätevedenpuhdistamon esiselkeyttimen vedet ovat ajottain väriltään harmahtavia tai vaaleita, mistä johtuen on alettu epäillä, että PK1:n hoitopuolen kanaalista kulkeutuu huomattava määrä päällystyspastapitoista kiintoainetta tehtaassa jätevedenpuhdistamolle. Kanaalista ei ole aikaisemmin mitattu säännöllisesti kiintoainemääriä. Päällystepitoiset vedet samentavat vettä,

koska päällystyspastaa sisältävät komponentit ovat niin hienojakoisia, että niitä on vaikea saada erotettua esiselkeyttimessä. Kanaaliin ajetaan monia eri linjoja pitkin vettä, mutta merkittävimmät määrät vettä ja kiintoainetta tulee PK1:n jäännöspastasäiliön ylijuoksuputkesta. Kanaaliin tulevia linjoja ovat esimerkiksi paperikoneen konetason lattiakaivot, joista kanaaliin kulkeutuu muun muassa pesuvesiä.

PK1:n asemilta tuleva pastapitoinen vesi ohjataan jäännöspastasäiliöön, josta sen olisi tarkoitus kulkea pigmentti- ja pastapitoisten vesien keräilyssäiliöön ja sieltä ultrasuodatusprosessiin. Konsentraattisäiliön ollessa täynnä, ultrasuodatusprosessi pysähtyy. Kun ultrasuodatusprosessi pysähtyy, ei pastapitoinen vesi pääse kulkemaan pasta- ja pigmenttipitoisten vesien säiliöstä ultrasuodatusprosessiin, mikä aiheuttaa säiliön täyttymisen. Säiliön tullessa täyteen, säiliön tyhjennys aukeaa ja vedet kulkevat kanaaliin. Koska konsentraattia käytetään tällä hetkellä niin pieniä määriä, ultrasuodatusprosessi pysähtyy melko usein. Tästä johtuen pastapitoista vettä kulkeutuu jäännöspastasäiliöstä kanaaliin isompia määriä kuin tilanteessa, jossa kaikki konsentraatti pystyttäisiin hyödyntämään. Jäännöspastasäiliön täytyessä sen ylijuoksuputken kautta vesi kulkeutuu PK1:n hoitopuolen kanaaliin. Jos paperikoneella on ratakatko, vesiä pumppaava pumppu jäännöspastasäiliön ja pasta- pigmenttipitoisten vesien säiliön välillä pysähtyy. Tästä johtuen jäännöspastasäiliö täyttyy, ja sen ylijuoksuputken kautta vesi kulkeutuu PK1:n hoitopuolen kanaaliin.

5 Kiintoaineen mittaus ja tulokset

Kanaalin kiintoainepitoisuutta ei tällä hetkellä mitata tehtaalla säännöllisesti, joten kanaalin veden kiintoainepitoisuudesta ei ennestään ollut paljon tietoa. Opinnätetyön tavoitteena oli saada suuntaa antavaa tietoa kanaalin kiintoainepitoisuudesta ja siitä, mitkä asiat kiintoaineen määrään vaikuttavat.

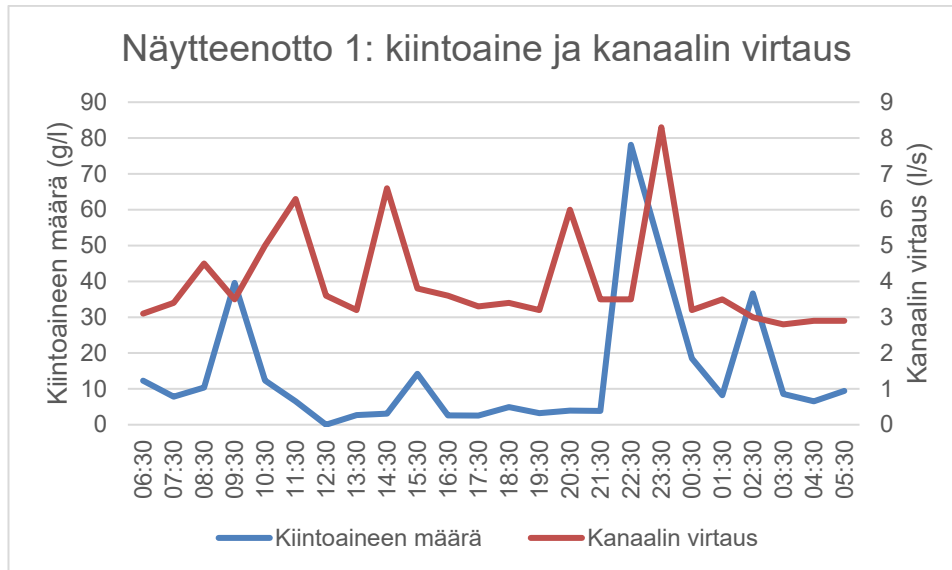
5.1 Kiintoaineen mittaus

Näytteenotto suoritettiin näytteenottorobotilla Isco model 6712:lla. Näytteitä otettiin kolmesti marras-joulukuussa vuonna 2022. Näytteitä pyrittiin ottamaan siten, että PK1 ajaisi joka kerralla eri paperilajeja, jotta paperilajin ja paperilajien vaihtojen vaikutukset kiintoaineen määrään saataisiin selvitettyä. Robotti asennettiin siten, että se otti tunnin välein 900 millilitran näytteitä vuorokauden aikana. Jokaisella näytteenottokerralla saatiin siis 24 näytettä. Jokaisen näytteenottokerran jälkeen näytteet vietiin Kirkniemen tehtaan laboratorioon analysoitavaksi. Laboratoriossa niistä mitattiin kiintoainemäärä ja tuhkapitoisuus.

Kanaalin näytteet analysoi laboratoriohenkilökunta Kirkniemen omassa laboratoriossa. Näytteiden kiintoainepitoisuus määritettiin suodattamalla tunnettu tilavuus näytettä imulaitteistoon liitetyissä Buchner- suppilossa suodatinpaperille, jonka kuivapaino on etukäteen punnittu. Suodatusjäännös ja suodatinpaperi kuivattiin ja punnitsemalla saatiin selville suodatetun näytetilavuuden sisältämän kiintoaineen massa. Tuhkapitoisuus analysoitiin polttamalla kiintoaineen orgaaninen aines uunissa 525 °C:ssa.

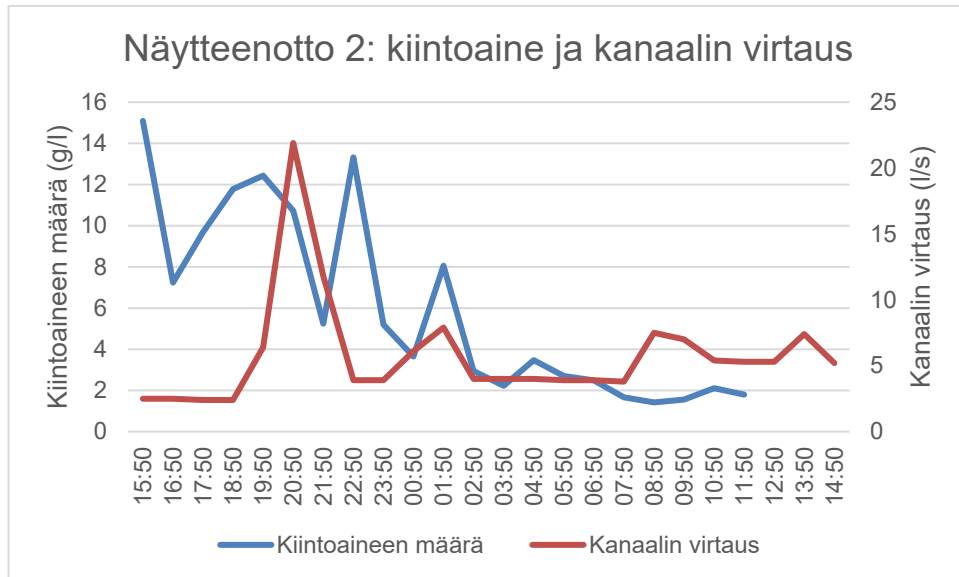
5.2 Tulokset ja niiden analysointi

Opinnätetyön tarkoituksena oli selvittää, kuinka paljon kiintoainetta syntyy ja mitkä asiat kiintoaineen määrään vaikuttavat. Tulokset ovat tarkemmin eriteltynä liitteessä 1. Liitteessä näkyy myös näytteenottohetkellä ajettavan paperin grammapaino.



Kuvio 1. Näytteenotto 1: Kanaalin virtaus ja kiintoainemäärät.

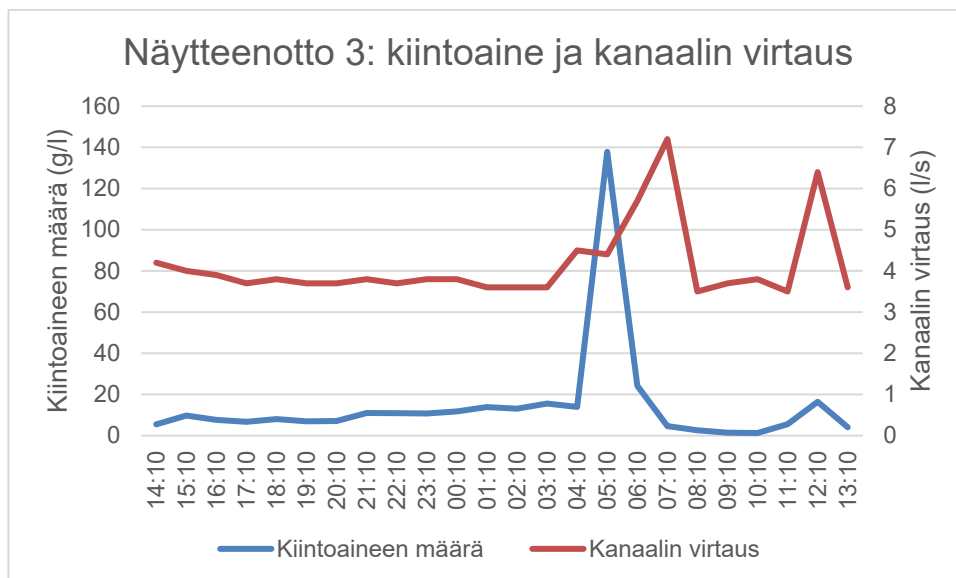
Ensimmäisellä näytteenottokerran tuloksista voidaan huomata, että siirryttäessä 36 grammapainon paperilajiin noin klo 10:30 ja sen loppuessa noin klo 22:30 kanaalin kiintoainepitoisuudet ovat suuremmat. Kiintoaineen määrä on nousussa vähän ennen 36 grammapainon paperiin siirryttäessä, johtuen pastakeittiön valmisteluista uuteen lajiin. Myöskin kanaalin virtaukset ovat 36 grammapainon lajiin siirryttäessä hetkellisessä nousussa. Uuden pastan valmistuksessa ja käsittelyssä syntyy pastapitoisia vesiä. Uusi pasta vaihdetaan hetki ennen lajiin siirtymistä. Kaksi muuta kanaalin virtauspiikkiä johtuvat luultavasti PK1:n ratakatkoista. Paperikoneen ratakatko tarkoittaa tilannetta, jossa paperirata on mennyt poikki ja radan pää joudutaan viemään uudelleen rullaimelle.



Kuvio 2. Näytteenotto 2: Kanaalin virtaus ja kiintoainemäärät.

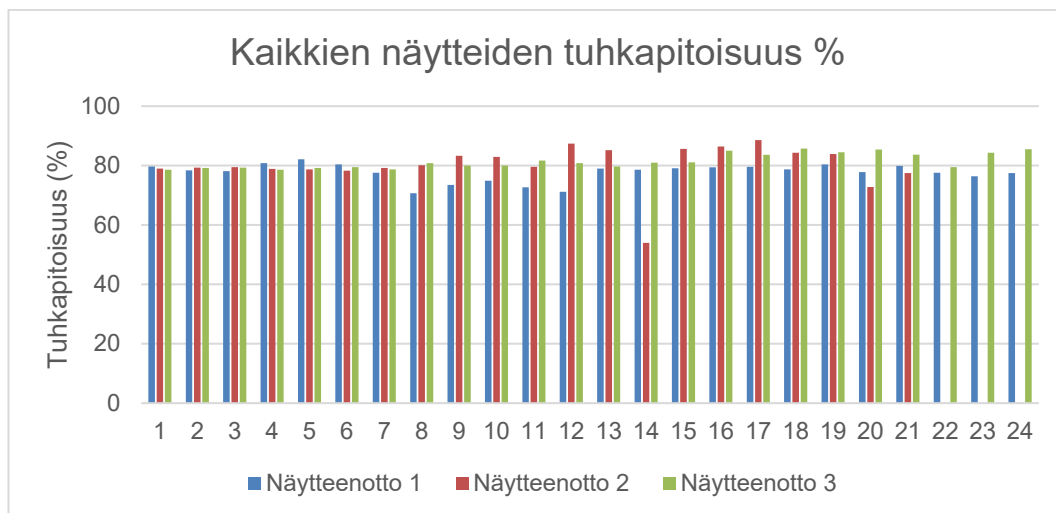
Toisella näytteenottokerralla osa näytepulloista oli vajaita ja osassa näytepulloista ei ollut näytettä ollenkaan. Näytepullot 3, 4, 5, 6, 7 ja 8 olivat vajaita eli näytteenottorobotti ei ollut saanut otettua kokonaista 900 millilitran näytettä. Tämä voi johtua esimerkiksi siitä, että kanaalin vedenpinta on ollut sen verran alhaalla, ettei näytteenottorobotin näytteenottoanturi ole saanut otettua näytettä tarvittavaa määrää. Kanaalin virtaus näyttää kuitenkin olevan melko korkea näiden näytteiden ottohetkellä, joten vajaat pullot voi selittyä sillä, että näytteenottoanturi on ollut huonosti kanaalissa, ja siksi se ei ole saanut otettua kokonaista näytettä. Näytepullot 22, 23 ja 24 olivat kokonaan tyhjiä. Näihin aikoihin myös kanaalin virtaus on ollut alhainen, joten kanaalin vedenpinta on voinut olla niin alhainen, ettei näytettä ole saanut otettua.

Toisella näytteenottokerralla on havaittavissa isompia kanaalin virtauspiikkejä kuin ensimmäisellä näytteenottokerralla. Paperilaji on vaihtunut noin klo 19, mikä on havaittavissa sen hetken kanaalin virtauksissa sekä näytteiden kiintoainemäärissä. Toisaalta klo 17:50-22:50 näytteet olivat vajaita, joten näytteiden kiintoainetuloja pitää tarkastella kriittisesti. Paperilajin vaihdon jälkeen kanaalin virtaus ja kiintoainemäärät tasaantuvat. Viimeiseltä kolmelta tunnilta ei ole tiedossa kiintoainemääriä.



Kuvio 3. Näytteenotto 3. Kanaalin virtaus ja kiintoainemäärät.

Kolmannen näytteenoton tulokset ovat kahteen edelliseen kertaan verrattuna hyvin tasaiset. Tämä selittyy varmasti osittain ainakin sillä, että näytteenoton aikana ajettiin koko ajan samaa paperilajia. Näytteen numero 16 kiintoainepitoisuus on 137,83 g/l. Koska isoon kiintoainepitoisuuteen ei näytä olevan mitään loogista syytä, kannattaa lukemaan suhtautua kriittisesti pikemmin kuin tutkia yksittäisen suuren lukeman syytä tarkemmin. Toisaalta kyseisellä hetkellä myös kanaalin virtaus oli nousussa, joten on mahdollista, että kyseessä on hetkellinen virtauspiikki. Tämän tyylinen hetken kestävä virtaus- ja kiintoainepiikki saattaa johtua esimerkiksi paperikoneen ratakatkosta. Klo 12:10 näyttää myös olevan pieni virtaus- ja kiintoainepiikki.



Kuvio 4. Näytteiden tuhka-ainepitoisuus.

Näytteiden tuhkapitoisuus on tyypillisesti välillä 75 - 85 %. Tuhkapitoisuusarvo näyttää menevän näytteissä melko tasaisesti, eikä sen suurempia eroja näy. 36 grammapainon paperilajia ajettaessa kanaalista otettujen näytteiden kiintoaineen tuhkapitoisuus näyttää olevan aika tasaisesti lähellä 80 %: ia. Muilla paperilajeilla heittoa näkyy enemmän. Tuhkapitoisuuden tasaisuus oli oletettavissa, koska kanaaliin ajettava jätevesi sisältää aina suurimmaksi osaksi jäännöspastasäiliöstä kulkeutuvaa kiintoainetta.

Tuloksista voidaan päätellä, että kiintoainepitoisuudet ovat keskimääräisesti suuremmat aina silloin, kun paperilaji vaihtuu tai paperikoneella on ollut ratakatko. Kolmannella näytteenottokerralla, kun paperikone ajoi koko näytteenottoajan samaa lajia, tulokset ovat paljon tasaisempia. Erityisen suuret kiintoainepitoisuudet ovat silloin, kun PK1 on alkanut ajaa 36 grammapainon paperilajilla. Tämä kiintoaineen suurempi määrä luultavasti selittyy sillä, että tällä lajilla on erilainen päällystyspasta kuin muilla lajeilla. Kolmannella näytteenottokerralla oli yksittäinen isompi mitta-arvo, mutta koska paperilaji ei ole vaihtunut ja PK1 on ajanut omaa tyypillistä paperilajiaan 54 grammapainolla, lukemaan kannattaa suhtautua kriittisesti, koska muuten kiintoainelukemat ovat pieniä. Kaavioista voidaan nähdä, että aina paperilajin vaihtuessa ja ratakatkon aikana kanaalin virtaukset sekä kiintoainemäärät ovat nousussa.

Kokonaisuudessaan näytteiden kiintoainemäärät ovat merkittävät. Alun perin oli tarkoitus tarkastella kiintoainemäärää milligrammoina litrassa, mutta koska lukemat olivat odotettua suurempia, vaihdettiin yksiköksi grammaa litrassa. PK1:n hoitopuolen kanaaliin kulkeutuvat vedet ja kiintoaines on lähes kokonaan peräisin jäännöspastasäiliöstä. Jäännöspastasäiliössä ja pasta- ja pigmenttipitoisien vesien säiliössä säilytetään pastapitoisia vesiä, mutta koska konsnetraattia pystytään käyttämään vain pieniä määriä, merkittävä osa pigmenttipitoisista vesistä päätyy kanaaliin. Tärkein toimenpide kiintoaineen vähentämiseksi olisi saada isompi määrä konsentraatista hyödynnettyä, jotta se ei menisi hukkaan kanaaliin ja jätevedenpuhdistamolle.

6 Parannusehdotukset

Jotta kiintoainemäärää PK1:n hoitopuolen kanaalin jätevesissä saadaan vähennettyä, on tärkeää saada pastakonsentraattia hyödynnettyä uuden pastan raaka-aineena isompia määriä. Tällä hetkellä konsentraatin kuiva-ainepitoisuus on liian alhainen verrattuna PK1/2-alueella käytettävään pastaan, joten suuri määrä konsentraattia pastassa aiheuttaa erilaisia ongelmia paperikoneella. Konsentraatti on hyödynnettävissä olevaa raaka-ainetta, ja siksi se kannattaisi hyödyntää päällystypastan raaka-aineena. Tällä hetkellä suuri osa pigmenttipitoisista vesistä päätyy kanaaliin. Lopulta se päätyy tehtaan jätevedenpuhdistamolle ja aiheuttaa siellä erinäisiä ongelmia. Parannusehdotuksilla pyritään hyödyntämään konsentraattia ja vähentämään pastapitoisen kiintoaineen määrää tehtaan jätevesissä.

6.1 Konsentraatin käytön lisääminen PK1/2- alueella

Konsentraattia käytetään tällä hetkellä vain pieniä määriä PK1 ja PK2-alueen päällystypastassa. Paperin ajettavuuden ja laadun takia merkittävimmät pastan ominaisuuksista ovat kuiva-ainepitoisuus ja viskositeetti. Näiden kahden arvon laskiessa päällystemäärä vähenee ja noustessa päällystemäärä kasvaa. Konsentraatin kuiva-ainepitoisuus on noin 31 %. Myös konsentraatin pH on alhaisempi kuin käytettävän päällystypastan. Päällystypastan pH:ta saadaan kuitenkin halutessa nostettua lisäämällä siihen lipeää. Konsentraatti soveltuu vaaleutensa puolesta hyvin käytettäväksi päällystypastassa. Korkeammalla konsentraattiosuudella konsentraatin kuiva-ainepitoisuus laskee myös päällystypastan kuiva-ainepitoisuutta ja viskositeettiä. Viskositeettiä pystytään nostamaan lisäämällä pastan joukkoon paksuntajaa. Alhainen kuiva-ainepitoisuus päällystypastassa voi vähentää kiiltoa ja lisätä päällysteen kuivatuskustannuksia, jolloin pastan sekaan saatetaan joutua lisäämään enemmän lisäaineita tai muuttamaan pigmenttisuhteita. Korkea kuiva-ainepitoisuus taas kasvattaa päällystypastan viskositeettiä, mikä aiheuttaa

teräpäälllystysksessä terien kuormitusta ja siten vaikeuttaa paperin ajettavuutta. (Lonka 2019, 32-33.)

Yhtenä ratkaisuna konsentraatin hukkaan menemiselle ja pastapitoisen kiintoaineen joutumiselle kanaaliin on konsentraatin lisääminen PK1/2-alueen pastareseptissä. Tällöin todennäköisesti sideaineiden ja paksuntajien käyttö lisääntyy mutta kalsiumkarbonaatin ja kaoliinin käyttö vähenee. Konsentraatin lisääminen ei aiheuta kevyemmällä lajeilla juurikaan muutoksia laadussa, mutta raskaimpien lajien laadunmuutoksista on vaikea sanoa. Konsentraatin lisäämistä päälllystyspastaan helpottaisi se, että konsentraatin kuiva-ainepitoisuutta saataisi nostettua ennen kuin se lisätään pastan joukkoon. Konsentraatin kuiva-ainepitoisuutta voisi saada nostettua esimerkiksi lisäämällä prosessiin toinen ultrasuodatin tai ultrasuodattimen huokoskoon suurentaminen. (Lonka 2019.)

6.2 Esikäsittely PK1/2- alueen pastapitoisille vesille

Yhtenä ratkaisuna pastapitoisen kiintoaineen kulkeutumiseen PK1/2-alueelta jätevedenpuhdistuslaitokselle on pastapitoisille vesille oma flotaatioselkeytin tai lamelliselkeytin, jolla kiintoaine saadaan erotettua esimerkiksi alunan ja polymeerin avulla. Tällä tavoin saataisiin erotettua pastakonsentraatti paremmin jätevesistä, ja samalla pastapitoinen kiintoaine jätevesissä ei rasittaisi yhtä paljon tehtaan omaa jätevedenpuhdistuslaitosta.

Flotaation kustannukset tulisi luultavasti olemaan korkeat, koska prosessi on melko monimutkainen. Myöskään konsentraattia ei saisi hyödynnettyä samalla tapaa kuin esimerkiksi tilanteessa, jossa konsentraatti saadaan hyödynnettyä uuden pastan raaka-aineena. Pastapitoisten vesien esikäsittely ei myöskään ole ratkaisu lietteen tuhkapitoisuudesta johtuviin ongelmiin lietteen poltossa voimalaitoksella.

6.3 Pastapitoisten vesien ajaminen PK3:lle

Yhtenä ratkaisuna konsentraatin hyödyntämiseksi voisi olla pastapitoisten vesien pumppaaminen PK3:lle. PK3:n pastakeittiöllä on oma pastapitoisten vesien ultrasuodatusjärjestelmä, johon mahdollisesti voitaisiin ajaa myös PK1/2-alueen vedet. PK3:lla paperi päällystetään kahteen kertaan, joten konsentraatin hyödyntäminen alemmassa päällystyskerroksessa ei luultavasti vaikuttaisi merkittävästi paperin laatuun. Tällä tavoin voidaan vähentää vaikutuksia paperin laatuun. Etukäteen on vaikea tietää milllaisia haasteita se aiheuttaa, kun kolmen eri paperikoneen pastapitoiset vedet yhdistetään. PK1/2- alueen pastapitoisien vesien vaikutukset paperin laatuun pitäisi testata etukäteen siirtämällä PK1/2-alueen pastapitoisia vesiä PK3:n ultrasuodatuslaitteistoon.

Pastapitoisien vesien ajaminen PK3:lle haasteena on välimatka. PK1 ja PK2 sijaitsevat samassa rakennuksessa vierekkäin, mutta PK3 on omassa rakennuksessaan. Putken pituus pitäisi olla arviolta noin 250 metriä. Putken pituus nostaa kustannuksia huomattavasti ja tällöin sen edellyttämän investoinnin takaisinmaksuaika voi olla hyvinkin pitkä.

Korkeiden kustannusten lisäksi haasteena on se, että pastojen raaka-aineet PK1/2- ja PK3-alueella ovat erilaiset. Kun näiden kummankin pastapitoiset jätevedet sekoitetaan yhteen on mahdollista, että jonkun tyylisiä ongelmia esiintyy, esimerkiksi saostumien syntymistä ultrasuodatuslaitteistoon. Jos pastapitoisien vesien yhdistämisestä aiheutuu ongelmia, voi ultrasuodatuslaitteiston tuotto kärsiä.

Lähteet

- Annala, M. 2006. Päällysteen reologiaan vaikuttavat tekijät. Tutkintotyö. Kemiantekniikan koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Viitattu 15.5.2023. <https://core.ac.uk/reader/37995860>
- Aunu, T. 1998. Lohjanjärven vesikasvisto ja -kasvillisuus vuonna 1995. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Viitattu 20.4.2023. https://www.luvy.fi/wp-content/uploads/78_Lohjanjarven-vesikasvisto-ja-kasvillisuus-vuonna-1995.pdf
- Fishinginfinland.fi 2023. Lohjanjärvi – kalastuskeidas lähellä pääkaupunkiseutua. Viitattu 30.3.2023. <https://www.fishinginfinland.fi/lohjanjarvi>
- Forssell-Tattari, I. 2009. Selluteollisuuden jätevedenpuhdistamon bioliete ja sen tuhkapitoisuus. Kandidityö. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Viitattu 12.2.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201202161398>
- Hakala, I.; Myllymäki, J.; Saarinen, R. 2012. Rihmaopas; Käsikirja rihmamaisten bakteerien tunnistamiseksi ja niiden aiheuttamien ongelmien torjumiseksi. https://www.vvy.fi/site/assets/files/1396/rihmaopas_muokattu.pdf
- Hägglom-Ahnger, U. & Komulainen, P. 2003. Paperin ja kartongin valmistus. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy
- Jaakola, J. 2016. Tutkimuskivinäytteiden sahausprosessissa syntyvän kiintoaineksen erottelu nesteestä. Opinnäytetyö (AMK). Kone- ja tuotantotekniikka. Kajaanin ammattikorkeakoulu. Viitattu 19.2.2023. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/120578/Opinnaytetyo_Jouni_Jaakola.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Jaatinen, K.; Kainua, K. & Vepsä, H. 2015. Sappi Finland Operations Oy – Arvio Kirkniemen tehtaan vesistövaikutuksista. Pöyry Finland Oy. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj86vfRxIP-AhUPzYsKHZFXDbcQFnoECBUQAQ&url=https%3A%2F%2Fylupa.avi.fi%2Fapi%2Fv1%2Fdocuments%2Fattachment%2F10004705&usg=AOvVaw2rvQ4XwbjsGXOqSqw7r5Va>

Knowpap. a. Versio 24.0.2023. AEL/Prowledge Oy. Pigmentit. Luettu 11.1.2023.

http://www.knowpap.com/www/suomi/raw_materials/6_coating_chemicals/1_coating_pigments/11_common/frame.htm

Knowpap. b. Versio 24.0.2023. AEL/Prowledge Oy. Filminsiirtopäällystin. Luettu 12.2.2023.

http://www.knowpap.com/www/suomi/paper_technology/5_coating/16_film_transfer_coater/frame.htm

Knowpap. c. Versio 24.0.2023. AEL/Prowledge Oy. Jätevesien lähteet ja koostumus. Luettu 19.2.2023.

http://www.knowpap.com/www/suomi/envir_contr/water/composition/frame.htm

Knowpap. d. Versio 24.0.2023. AEL/Prowledge Oy. Jätevesipäästöjen vaikutukset ympäristöön. Luettu 19.2.2023.

http://www.knowpap.com/www/suomi/envir_contr/water/impacts/frame.htm

Knowpap. e. Versio 24.0.2023. AEL/Prowledge Oy. Filminsiirtopäällystin. Luettu 12.5.2023.

http://www.knowpap.com/www/suomi/paper_technology/5_coating/16_film_transfer_coater/frame.htm

Knowpap. Versio 24.0.2013. AEL/Prowledge Oy. Päällystys. Luettu 22.5.2023.

http://www.knowpap.com/www/suomi/paper_technology/5_coating/0_introduction/frame.htm

Koivuranta, E. 2016. Optical monitoring of flocs and filaments in the activated sludge process. University of Oulu. Optical monitoring of flocs and filaments in the activated sludge process (oulu.fi)

Kuronen, K. 2014. Flokkulantin käyttö sähköuunin kuonanrakeistusvedessä. Opinnäytetyö (AMK). Tuotantotalouden koulutusohjelma. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Viitattu 20.2.2023.

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/74037/Kuronen_Kari.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Kähkönen, J. 2000. Kirkniemen tehtaiden jätevedenpuhdistamon toimivuusselvitys. Diplomityö. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Ympäristötekniikan osasto. Viitattu 24.1.2023

Kärkäs, M. 2019. Kirkniemen paperitehtaan prosessijätevesien jäädytys. Opinnäytetyö (AMK). Konetekniikka. Turun ammattikorkeakoulu. Viitattu 12.2.2023.

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/265853/karkas_mikko.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Leskinen, S.; Merinen, K.; Niinikivi, T. 2018. Sisäinen koulutusmateriaali Kirkniemi. Jätevedenkäsittely: Esiselkeytys.

Loman, K. 2014. Hoitokalastuksen kokemuksia, käytäntöjä ja tuloksia eräiltä suomalaisilta ja ruotsalaisilta järviltä. Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö. Viitattu 22.5.2023 https://www.hoitokalastus.fi/wp-content/uploads/2020/01/hyvien_kaytantajen_opas_1.0..pdf

Lonka, O. 2019. Konsentraatin käytön lisääminen. Opinnäytetyö (AMK). Biotuote- ja prosessitekniikka. Tampereen ammattikorkeakoulu. Viitattu 20.2.2023.

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/168947/Lonka_Oona.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Pelastajarvi.fi 2013. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö. Kiintoaine. Viitattu 9.2.2023. <http://pelastajarvi.fi/kiintoaines>

Roitto, I. 2007a. Sisäinen koulutusmateriaali Kirkniemi. Päällysteen tarkoitus.

Roitto, I. 2007b. Sisäinen koulutusmateriaali Kirkniemi. Pastan valmistuksen perusteet.

Roitto, I. 2007c. Sisäinen koulutusmateriaali Kirkniemi. Lisäaineet.

Sappi 2023a. Group profile. Viitattu 20.4.2023. <https://www.sappi.com/fi/group-profile>

Sappi 2023b. Kirkniemen tehdas. Viitattu 20.4.2023. <https://www.sappi.com/group-profile>

Saukkonen, E. 2008. Paperin ja kartongin pigmenttipäällystysmenetelmät. Kandyö. Kemiantekniikan osasto. Lappeenrannan yliopisto. Viitattu 23.1.2023. Microsoft Word - KANDI_Saukkonen (lut.fi)

Tuisku, H. 2019. Leijukerroskattilan kuormitustason vaikutus hyötysuhteeseen. Kandyö. Energiatekniikan koulutusohjelma. Lappeenrannan teknillinen

yliopisto. Viitattu 24.5.2023.

https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/159255/Kandidaatinty%C3%B6_Tuisku_Henri.pdf

Turunen, J.; Marttila, H.; Kämäri, M.; Saari, M.; Heikkinen, K.; Postila, H. & Koljonen S. 2019. Kiintoaineen eroosio ja sedimentaatio virtavesissä – luonnollisesta prosessista virtavesien ongelmaksi. Suomen ympäristökeskuksen raportteja. Suomen ympäristökeskus Syke. Helsinki.

Vaasan Vesi 2015. Ilmastus. Viitattu 1.3.2023.

<https://www.vaasanvesi.fi/ilmastus>

Vesi.fi 2021. Järvien kunnostus. Suomen ympäristökeskus. Viitattu 20.4.2023.

<https://www.vesi.fi/vesitieto/jarvien-kunnostus/>

Vähänen M. 2019. Paperikoneen mekaanisten laitteiden kriittisyysluokittelu ja ennakkohuollon tilanteen selvitys. Opinnäytetyö (AMK). Konetekniikka.

Tampereen ammattikorkeakoulu. Viitattu 1.3.2023.

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/170629/Vahanen_Mikko.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Welling, L. 2012. Paperin päällystäminen. Opinnäytetyö (AMK). Paperitekniikka.

Saimaan ammattikorkeakoulu. Viitattu 26.1.2023. P07 Lauri Welling

Opinnaytetyo theseus.pdf

Ympäristö.fi 2020. Eroosio ja liettyminen. Suomen ympäristökeskus Syke.

Viitattu 2.2.2023. Ympäristö > Eroosio ja liettyminen

Liite 1. Näytteenoton tulokset

Päivämäärä	29.11.2022				
näytteen nro	kiintoaineen määrä g/l	tuhkapitoisuus %	ajettavan paperilajin paino g/m ²	kanaalin virtaus l/s	näytteenoton kellonaika
1	12,31	79,7	35	9,1	06:30
2	7,83	78,4	35	9,4	07:30
3	10,35	78,1	35	9,5	08:30
4	39,59	80,8	35	9,5	09:30
5	12,32	82,1	36	11,0	10:30
6	6,53	80,4	36	12,3	11:30
7	7,75	77,6	36	9,6	12:30
8	2,71	70,7	36	9,2	13:30
9	3,09	73,5	36	12,6	14:30
10	14,20	74,9	36	9,8	15:30
11	2,61	72,7	36	9,6	16:30
12	2,54	71,2	36	9,3	17:30
13	4,90	79,0	36	9,4	18:30
14	3,24	78,6	36	9,2	19:30
15	3,92	79,1	36	12,0	20:30
16	3,85	79,4	36	9,5	21:30
17	78,11	79,6	36	9,5	22:30
18	48,36	78,7	35	14,3	23:30
19	18,48	80,4	35	9,2	00:30
20	8,24	77,8	35	9,5	01:30
21	36,63	79,9	35	9,0	02:30
22	8,60	77,6	39	8,8	03:30
23	6,51	76,4	39	8,9	04:30
24	9,43	77,5	42	8,9	05:30

Päivämäärä	30.11.				
näytteen nro	kiintoaineen määrä g/l	tuhkapitoisuus %	ajettavan paperilajin paino g	kanaalin virtaus l/s	näytteenoton kellonaika
1	15,09	79,0	51	8,5	15:50
2	7,24	79,3	51	8,5	16:50
3	9,68	79,5	51	8,4	17:50
4	11,78	78,9	51	8,4	18:50
5	12,43	78,7	54	12,4	19:50
6	10,73	78,3	54	27,9	20:50
7	5,24	79,2	54	17,8	21:50
8	13,32	80,1	54	9,9	22:50
9	5,20	83,3	54	9,9	23:50
10	3,65	82,9	54	12,1	00:50
11	8,06	79,6	54	13,9	01:50
12	2,94	87,4	54	10,0	02:50
13	2,23	85,2	54	10,0	03:50
14	3,47	54,0	54	10,0	04:50
15	2,70	85,6	54	9,9	05:50
16	2,49	86,4	54	9,9	06:50
17	1,67	88,6	54	9,8	07:50
18	1,42	84,3	54	13,5	08:50
19	1,56	83,9	54	13,0	09:50
20	2,11	72,8	54	11,4	10:50
21	1,80	77,5	54	11,3	11:50
22			54	11,3	12:50
23			54	13,4	13:50
24			54	11,2	14:50

Päivämäärä	12.12.				
näytteen nro	kiintoaineen määrä g/l	tuhkapitoisuus %	ajettan paperilajin paino g	kanaalin virtaus l/s	kellonaika
1	5,48	78,6	54	10,2	14:10
2	9,77	79,2	54	10,0	15:10
3	7,62	79,3	54	9,9	16:10
4	6,69	78,6	54	9,7	17:10
5	8,03	79,2	54	9,8	18:10
6	6,92	79,5	54	9,7	19:10
7	7,12	78,7	54	9,7	20:10
8	11,03	80,8	54	9,8	21:10
9	10,96	80,0	54	9,7	22:10
10	10,78	80,0	54	9,8	23:10
11	11,81	81,7	54	9,8	00:10
12	13,91	80,8	54	9,6	01:10
13	13,08	79,7	54	9,6	02:10
14	15,62	81,0	54	9,6	03:10
15	13,95	81,1	54	9,5	04:10
16	137,83	85,0	54	10,4	05:10
17	24,23	83,6	54	11,7	06:10
18	4,65	85,7	54	13,2	07:10
19	2,57	84,5	54	9,5	08:10
20	1,40	85,4	54	9,7	09:10
21	1,28	83,7	54	9,8	10:10
22	5,54	79,5	54	9,5	11:10
23	16,47	84,3	54	12,4	12:10
24	4,05	85,5	54	9,6	13:10