



Vesitasenäytön luominen: Äänekosken biotuotetehdas

Aapeli Vartiainen

Opinnäytetyö, AMK

Toukokuu 2022

Tekniikan ala

Insinööri (AMK), Energia- ja ympäristötekniikka

Vartiainen, Aapeli

Vesitasenäytön luominen: Äänekosken biotuotetehtas

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Toukokuu 2022, 42 sivua.

Tekniikan ala. Energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Verkkojulkaisulupa myönnetty: kyllä

Tiivistelmä

Metsäteollisuuden vedenkäytön tehostamisen parissa on tehty työtä vuosikymmenien ajan. Yleisesti ala on hyvin vesi-intensiivinen, jossa tuotantolaitokset tarvitsevat paljon vettä prosessien toimintaa varten. Suurimpina motivaattoreina vedenkäytön tehostamisen osalta on toiminut kustannussäästöt, ympäristölainsäädännön ja -määräyksien noudattaminen, sekä yritysten oma tahtotila kehittää toimintaansa kohti päästöttömyyttä. Lisäksi ihmisten tietoisuus ja kiinnostus resurssitehokkuutta kohti on kasvanut vuosien saatossa, joka on ohjannut myös yrityksiä kehittämään omaa toimintaansa kohti vastuullisempaa raaka-aineiden käyttöä. Modernit tuotantolaitokset toimivat nykyisin jo lainsäädännön ja määräyksien raja-arvojen alapuolella, mutta aina löytyy varaa parannukselle.

Opinnäytetyön tarve muodostui toimeksiantajan halusta kehittää omaa vedenkäytön seurantaa. Työn tavoitteena oli luoda vedenkäytön seurantaa suunnattu työkalu Äänekosken biotuotetehtaan automaatiojärjestelmään. Työkalusta toivottiin selkeää kokonaisuutta, jota olisi helppo hyödyntää tehtaan arjessa. Työkalun tarkoituksena oli tehtaan vedenkäytön vähentäminen ja reagointinopeuden lisääminen vedenkäytöllisissä ongelmatilanteissa. Opinnäytetyöprosessi toteutettiin tutkimuksellisenä kehittämistyönä, jossa hyödynnettiin kvantitatiivisia ja kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä. Prosessi koostui tietoperustan rakentamisesta ja työn toteutusvaiheesta.

Työn tuloksena luotiin biotuotetehtaan automaatiojärjestelmään vesitasenäyttö, johon koottiin osastoilta valitut kohteet. Valinnassa hyödynnettiin tehtaan henkilöstön ammattitaitoa ja suoritettua taustatyötä. Vesitasenäyttö toimii tehtaan henkilöstön apuna yhtenä työkaluna, jonka avulla helpotetaan veden käytön seurantaa. Vaikutukset tulevat näkyviin tehtaan henkilöstön ottaessa työkalun arkipäiväiseen käyttöön, jolloin tehtaan vedenkäytön seurannasta tulee aktiivisempaa. Tämän johdosta henkilöstö pystyy havaitsemaan mahdolliset ongelmatilanteet hyvissä ajoin ja reagoimaan niihin. Lisäksi työkalun avulla voidaan saada henkilöstöä kiinnostumaan vedenkäyttöön liittyvistä asioista, jonka seurauksena saavutettaisiin hyötyjä tuotantolaitoksella. Vesitasenäytön suoranaisia vaikutuksia vedenkäytön vähenemiseen on kuitenkin hankala arvioida. Tällaisen suuren tuotantolaitoksen vedenkäytön hallinta vaatii aktiivista seurantaa ja jatkuvaa kehitystyötä. Tulevaisuudessa vesitasenäytön toimintoja on tärkeää kehittää biotuotetehtaan kehityksen mukana.

Avainsanat (asiasanat)

Sellun valmistus, vedenkäytön hallinta, automaatiojärjestelmä, vesitasenäyttö

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

.

Vartiainen, Aapeli

Creating a water balance display: Äänekoski bioproduct mill

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, May 2022, 42 pages.

Engineering and technology. Degree Programme in Energy and Environmental Technology. Bachelor's thesis.

Permission for web publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

Work has been carried out on the efficiency of water use in the forest industry for decades. In general, the sector is very water-intensive, where production plants need a lot of water for the operational of the processes. Cost savings, compliance with environmental legislation and regulations, and the companies' own will to develop their activities towards zero emissions have been the main motivators for making water use more efficient. In addition, people's awareness and interest towards resource efficiency has grown over the years, which has also guided companies to develop their own activities towards more responsible use of raw materials. Modern production facilities are currently operating below the limits of legislation and regulations, but there is always room for improvement.

The need for the thesis was formed by the assignor's desire to develop their own monitoring of water use. The aim of the work was to create a water use monitoring tool in the automation system of the Äänekoski bioproduct plant. The tool was hoped for a clear set that would be easy to utilize in the factory's everyday life. The tool was intended to reduce the plant's water use and increase the response rate in water-operated problem situations. The thesis process was implemented as a research development work using quantitative and qualitative research methods. The process consisted of building the knowledge base and the implementation phase of the work.

As a result of the work, a water balance display was created in the automation system of the bioproduct plant, which assembled selected items from the compartments. The professional knowledge of the factory staff and the background work were used to assist in the selection. The water balance display serves as one of the tools for factory staff to facilitate monitoring of water usage. Thus, the effects are visible when factory personnel adopt the tool in everyday use and monitoring the plant's water use becomes more active. As a result, staff will be able to detect and respond to potential problems faster. In addition, the tool can be used to make staff more interested in water use, which will help to achieve great benefits at the plant. However it is difficult to assess the direct effects of the decrease in water use. The control of water use in such a large production plant requires active monitoring and continuous development work. In the future, it will be important to develop the functions of the water balance display along with the development of the bioproduct mill.

Keywords/tags (subjects)

Manufacturing of pulp, water management, automation system, water balance display

Miscellaneous (Confidential information)

.

Sisältö

1	Johdanto	3
1.1	Työn tavoite ja tutkimuskysymykset	4
1.2	Aiheen valinta ja rajaus	5
1.3	Tutkimusmenetelmä ja aineiston keruu	5
1.4	Toimeksiantaja	6
2	Sellutehtaalla käytettävät vesijakeet	7
2.1	Mekaanisesti puhdistettu vesi	9
2.2	Kemiallisesti puhdistettu vesi.....	9
3	Sellutehdas ja sen vedenkäyttö	11
3.1	Kuitulinja yleisesittely.....	11
3.1.1	Kuorimon vedenkäyttö	13
3.1.2	Massatehtaan ja kuivaamon vedenkäyttö	14
3.2	Kemikaalikierron yleisesittely	15
3.2.1	Kemikaalikierron vedenkäyttö.....	17
3.2.2	Haihduuttamon ja kaustisoinnin vedenkäyttö	17
3.3	Veden kierrättäminen ja kiertojen osittainen sulkeminen	18
4	Automaatiojärjestelmä	20
4.1	Automaatiojärjestelmä osana energiatehokasta tuotantolaitosta	21
4.2	Automaatiojärjestelmän näytöt.....	21
4.2.1	Näyttöjen tehtävät.....	22
4.2.2	Näyttöjen suunnitteleminen.....	23
4.3	Näyttösivujen katselmointi	25
5	Vesitasenäyttö.....	26
5.1	Tehtaan vesitaseeseen perehtyminen	27
5.2	Tasenäytön suunnitteleminen	27
5.3	Tasenäytön toteutus	28
5.3.1	Puunkäsittely	29
5.3.2	Massatehdas	30
5.3.3	Valkaisu-kuivauskonetase.....	33
5.3.4	Haihduuttamo	34
5.3.5	Puhdistamo ja jätevesi.....	36

6 Tulokset	37
7 Kehitysehdotukset ja pohdinta	39
Lähteet	40
Liitteet	42
Liite 1. Vesitasenäyttö	42

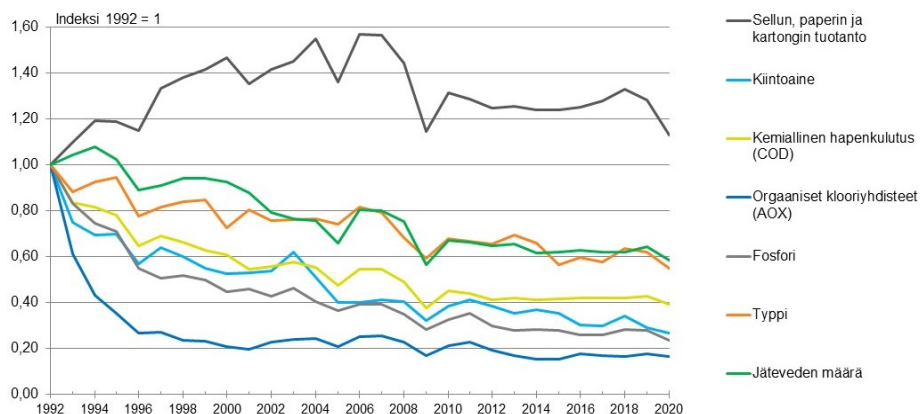
Kuviot

Kuvio 1. Metsäteollisuuden päästöt vesistöihin 1992-2022.....	3
Kuvio 2. Veden käsittely sellutehtaalla	8
Kuvio 3. Kemiallisesti puhdistettu vesi	10
Kuvio 4. Sulfaattisellutehdas	11
Kuvio 5. Sulfaattiprosessin kemikaalien talteenottokierrot	16
Kuvio 6. Valmet DNA -automaatiojärjestelmän rakenne	20
Kuvio 7. Erilaiset automaatiojärjestelmän näyttösivutyypit.....	22
Kuvio 8. Automaatiojärjestelmän erilaiset roolit.....	23
Kuvio 9. Katselmoinnin apukysymyksiä	26
Kuvio 10. Vesitasenäyttö kuorimo	30
Kuvio 11. Vesitasenäyttö massatehdas.....	33
Kuvio 12. Vesitasenäyttö valkaisu-kuivauskonetase	34
Kuvio 13. Vesitasenäyttö haihuttamo.....	35
Kuvio 14. Vesitasenäyttö jätevesi	37

1 Johdanto

Metsäteollisuus on yksi Suomen johtavista teollisuudenaloista. Vedenkäytön tehostaminen tällä vesi-intensiivisellä alalla on hyvin ajankohtainen aihe. Ympäristöpäästöjä niin ilmaan kuin vesistöihin pyritään hallitsemaan ja seuraamaan vuosi vuodelta entistä tarkemmin. Lisäksi ihmisten tietoisuus ja kiinnostus resurssitehokkuutta kohti on kasvanut, joka näkyy myös yritysten toiminnassa. Myös alalla toimivat yritykset ovat muodostaneet omia tavoitteita veden käytön tehostamiseksi. Esimerkiksi Metsä Fibre aikoo vuosien 2018-2030 välillä vähentää prosessiveden käyttöä tehtailaan 25 prosenttia tuotetonna kohti. (Vedenkäyttöä vähennetään järjestelmällisesti 2022.)

Vesistöistä ja niihin laskettavista jätevesistä huolehtiminen on tärkeä osa vastuullisen yrityksen arkipäivää. Metsäteollisuus onkin pystynyt vähentämään merkittävästi päästöjään vesistöihin viimeisten vuosikymmenien aikana, joka voidaan havaita kuviosta 1. Näihin päästöjen vähennyksiin on päästy pitkäjänteisen ympäristötyön tuloksena. Suurimpina motivaattoreina tähän ovat toimineet kustannussäästöt, ympäristölainsäädännön ja -määräyksien noudattaminen, sekä yritysten oma tahtotila kehittää toimintaansa kohti päästöttömyyttä. Metsäteollisuudessa on pyritty kehittämään tuotantolaitosten käyntiä tasaisemmaksi ja parantamaan häiriötilanteiden ennakointia sekä hallintaa. Toimenpiteiden ansiosta myös ympäristövaikutusten hallinnan haasteita on pystytty helpottamaan. (Metsäteollisuus on tehnyt pitkäjänteistä vesiensuojelutyötä 2020.)



Kuvio 1. Metsäteollisuuden päästöt vesistöihin 1992-2022 (Massa- ja paperiteollisuuden päästöt vesistöihin 2021)

Vedenkäytön vähentämiseen on useita keinoja, joista voidaan eritellä suurimpana investoinnit laitteistoon ja muutokset prosesseihin. Myös pienemmillä toimenpiteillä, kuten hyödyllisten sivuvirtojen tunnistamisella ja laitosten ajotapojen muutoksilla, voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä vedenkäytössä. Sivuvirrat pyritään nykyisin hyödyntämään mahdollisuuksien mukaan tehtaan vesikierroissa uudestaan. Tehtaan henkilöstön osaamisen ylläpitäminen ja kouluttaminen on myös yksi suuri tekijä vedenkäytön hallinnassa. (Vedenkäyttöä vähennetään järjestelmällisesti 2022.)

Äänekosken biotuotetehtas on moderni sellun tuotantolaitos, joka pyrkii toimimaan suunnannäyttäjä alalla. Vedenkäyttö on yksi tärkeimmistä osa-alueista, kun pohditaan tehtaan ympäristöystävällistä toimintaa. Opinnäytetyön tarkoituksena oli pohtia Äänekosken biotuotetehtaan vesikierroja ja luoda niiden pohjalta Valmet DNA -automaatiojärjestelmään näyttö, jota voitaisiin hyödyntää vedenkäytön seurannassa.

1.1 Työn tavoite ja tutkimuskysymykset

Vedenkäytön seuranta on tärkeä osa modernien tehtaiden arkipäivää. Seuranta suoritetaan muun muassa erilaisilla näytöillä ja laskennoilla. Seurantanäyttöjä voidaan rakentaa tehtaiden automaatiojärjestelmiin, jossa niitä voivat hyödyntää koko henkilöstö. Viranomaiset ja tehtaiden omat organisaatiot vaativat tiettyä seuranta ja raportointia vedenkäytön osalta. Toimeksiantaja halusi parantaa työn avulla omaa vedenkäytön seuranta. Opinnäytetyön tavoitteena laajemmassa kuvassa oli Äänekosken biotuotetehtaan vedenkäytön vähentäminen ja reagointinopeuden lisääminen vedenkäytöllisissä ongelmatilanteissa.

Luotavan näytön tarkoituksena oli helpottaa vedenkäytön seuranta, joka edesauttaa samalla vedenkäytöllisten ongelmatilanteiden havainnointia. Tavoitteeseen pääsemiseksi työn aikana tututtiin tehtaalla käytettäviin vesijakeisiin, niiden kiertoon prosesseissa ja kartutettiin ymmärrystä suuren sellutehtaan vedenkäytöstä yleisesti. Lisäksi työssä perehdyttiin automaatiojärjestelmän näyttöjen suunnittelun periaatteisiin ja itse suunnittelutyöhön. Selvitystyön jälkeen tavoitteena oli luoda vesitasenäyttö tehtaan Valmet DNA- automaatiojärjestelmään. Vesitasenäytössä oli tarkoitus esittää oleellisia tietoja tehtaan vedenkäytöstä ja jätevedenpuhdistamolle tulevista jakeista.

Tutkimuskysymyksiksi tavoitteiden pohjalta valikoituivat:

- Mistä sellutehtaan vedenkäyttö koostuu?
- Miten automaatiojärjestelmää voidaan hyödyntää vedenkäytön hallinnassa?
- Kuinka suunnitella informatiivinen näyttö automaatiojärjestelmään?

1.2 Aiheen valinta ja rajaus

Metsä Fibre on tehnyt pitkäjänteistä työtä vedenkäytön tehostamisen parissa ja asettanut itselleen merkittäviä tavoitteita sen osalta tulevaisuuteen. Uuden biotuotetehtaan rakentaminen Äänekoskelle oli yksi suuri palanen tavoitteiden toteutumisen kannalta. Uudella biotuotetehtaalla on prosessit ja laitteisto suunniteltu sekä toteutettu parhaita teknologioita hyödyntäen. Vedenkäyttö on nykyisellään jo erittäin tehokkaalla tasolla, mutta aina löytyy myös varaa parannukselle. Vedenkäyttöä voidaan vähentää tehokkaan seurannan ja hyödyllisten sivuvirtojen tunnistamisen avulla. Opinnäytetyön aihe muodostui tehtaan tarpeesta tällaiselle vedenkäytön seurantatyökalulle.

Biotuotetehtaan vedenkäyttö on hyvin monimutkainen kokonaisuus, sillä käytettävät vesijakeet kiertävät tehtaalla useaan kertaan. Työ rajattiin koskemaan ainoastaan tehtaan vesitasetta. Rajauksessa ulkopuolelle jätettiin myös vesijakeet, jotka eivät kuormita tehtaan jätevedenpuhdistamoa. Tällaisia vesijakeita ovat jäähdytysvedet sekä tiivistevedet, jotka lasketaan takaisin vesistöön sellaisenaan. Nämä jakeet pysyvät prosesseissa omissa kierroissaan, jolloin ne eivät likaannu. Myös soodakattilalla käytettävä suolanpoistolla käsitelty vesi rajattiin ulkopuolelle. Työssä keskityttiin löytämään vesitasenäytössä esitettäviä tietoja ja jalostamaan niitä sopivaan muotoon. Eri-tyisesti pyrittiin tuomaan esiin jätevedenpuhdistamoa kuormittavia jakeita. Rajauksen avulla pyrittiin estämään työn laajuuden kasvaminen liian suureksi sekä luomaan työstä looginen kokonaisuus.

1.3 Tutkimusmenetelmä ja aineiston keruu

Työ toteutettiin tutkimuksellisena kehittämistyönä, koska sen avulla pyrittiin kehittämään työkalu vedenkäytön seurantaan. Kehittämistyössä on tärkeää aluksi rajata aihe (Pernaa 2013.) Aiheen rajauksen pohjalta muodostetaan tutkimuskysymykset. Tutkimuskysymyksiin pyritään vastaamaan työn tietoperustassa, jonka pohjalta kehittämistyön ongelmat mahdollisesti ratkeavat. Perustana

kehittämistutkimuksessa on aina edellä mainittu tietoperusta, jonka avulla voidaan suorittaa konkreettista kehittämistyötä. (Kananen 2012, 12–19.)

Kehittämistyön lähtökohtana toimii tarve muutokselle. Muutoksen tavoitteet asetetaan aina parempaan päin. Kehittämistutkimuksessa yhdistetään eri tutkimusmenetelmiä kohteen ja tilanteen mukaan. Vesitasetta tutkiessa hyödynnettiin niin kvantitatiivisia sekä kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä parhaaseen lopputulokseen pääsemiseksi. (Kananen 2012, 12–18.) Tällainen monimenetelmäinen tutkimusote on Kananen (2012, 19) mukaan tyypillinen piirre toimintatutkimukselle.

Aineistoa kerättiin kotimaisista sekä kansainvälisistä verkkolähteistä, kirjallisuudesta, tutkimuksista sekä työntekijöiden haastatteluista. Opinnäytetyössä hyödynnettiin paljon verkossa toimivaa KnowPulp oppimisympäristöä, joka pidetään aktiivisen päivittämisen muodossa ajantasaisena. KnowPulp on selluteollisuudessa hyvin tunnettu palvelu. Se on opetuskäytössä kaikilla selluteollisuuden suomalaisilla toimijoilla. Myös useat korkeakoulut ja oppilaitokset hyödyntävät sitä opetuksessaan. KnowPulp oppimisympäristöä voidaan perustellusti pitää luotettavana lähteenä. Aineistoa kerätessä pyrittiin muutenkin löytämään mahdollisimman ajankohtaisia ja luotettavia lähteitä. Prosessien ymmärtämiseen ja vesitaseeseen perehtymiseen hyödynnettiin tehtaan Valmet DNA -automaatiojärjestelmää. Myös tehtaan PI-kaavioita käytettiin automaatiojärjestelmän lisäksi prosessien ja virtauksien selvittämisessä. Suoria kuvia tehtaan automaatiojärjestelmästä ei työssä esitetä yrityksen yksityisyydensuojan vuoksi. Vesitaseenäyttöön liittyvät kuvat ja liitteet on tuotu Valmet Picture Designer ohjelmasta, jota käytetään suunnittelussa. Lisäksi laskennat ovat esitettynä yksinkertaistettuna samasta syystä.

1.4 Toimeksiantaja

Työn toimeksiantaja toimi Metsä Fibre Oy, joka on suomalaisen Metsä Group metsäteollisuus konsernin tytäryhtiö. Työ toteutettiin Äänekosken biotuotetehtaalle. Metsä Fibrellä on kolme sellutehdasta, yksi biotuotetehdas sekä kuusi sahaa. Uusimpina investointeina yhtiöllä käynnistyy Rauhalle uusi saha vuonna 2022 ja Kemiin uusi biotuotetehdas vuonna 2023. Yhtiön päätuotteita ovat sellu, sahatavara ja biotuotteet. Liikevaihto vuonna 2021 oli 2 628 miljoonaa euroa, josta liikevoittoa 648 miljoonaa euroa. Sellua se tuotti samaisena vuonna 3 000 000 tonnia ja sahatavaraa 1 710 000 kuutiota. (Metsä Fibren Oy vuosikatsaus 2021.)

Äänekosken biotuotetehdas

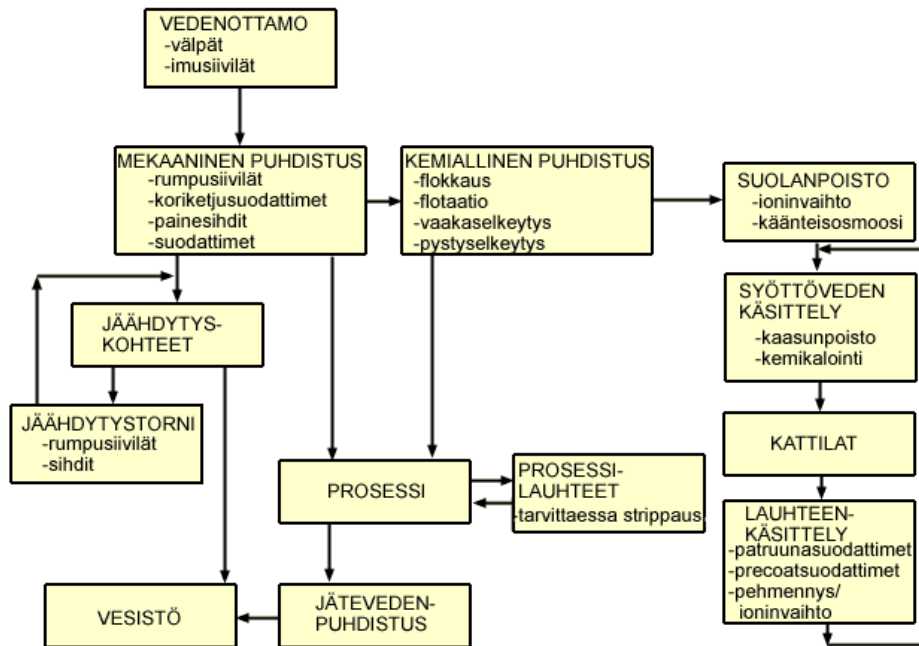
Äänekosken tehdasalueella on pitkät perinteet sellunvalmistuksesta ja metsäteollisuudesta. Nykyinen biotuotetehdas rakennettiin vanhan sellutehtaan viereen. Biotuotetehtaan tuotanto käynnistyi vuonna 2017, jolloin vanhan tehtaan toiminta lopetettiin. Ainoastaan vanhan tehtaan kuivauskone jätettiin käyttöön ja se liitettiin uuteen biotuotetehtaaseen. Tehdas saavutti täyden tuotannon seuraavana vuonna. Vanhaan tehtaaseen nähden tuotantokapasiteetti lähes kolminkertaistui, mutta päästöt pysyivät lähes samassa. Tämä johtuu siitä, että uudella tehtaalla käytetään parasta saatavilla olevaa teknologiaa. Tehdas tuottaa havu- ja koivusellua, joista valtaosa myydään Suomen ulkopuolelle. Osa valmistetusta sellusta käytetään tehdasintegraatin sisällä Metsä Boardin kartonkitehtaan ja Nouryonin CMC:tä valmistavan kemiantehtaan toimesta. Nykyinen tehdas työllistää n. 150 henkilöä ja sen tuotantokapasiteetti on 1,3 milj. tonnia kuivattua sellua. (Äänekosken biotuotetehdas N.d.)

Metsä Fibre on lanseerannut ainutlaatuisen biotuotetehdaskonseptin. Äänekosken biotuotetehdas on ensimmäinen laatuaan. Konseptissa pyritään hyödyntämään puuraaka-aine ja tuotannon sivuvirrat sataprosenttisesti, jolloin se vie resurssi- ja energiatehokkuuden aivan uudelle tasolle. Biotuotetehtaan resurssitehokkuus on niin korkealla tasolla, että se on 240 prosenttisesti energiaomavarainen. Tehdas ei käytä lainkaan fossiilisia polttoaineita. Tämä tarkoittaa, että se tuottaa bioenergiaa yli oman tarpeen. Ylimääräinen energia myydään sähköinä ja lämpönä. Äänekosken tehtaalla tuotetaan sivuvirroista lisäksi mäntyöljyä, tärpähtiä, tuotekaasua ja rikkihappoa. Tehdasintegraatin sisällä toimii lisäksi tehokas yritysekosysteemi, jossa tutkitaan ja testataan uusia ja -loseita kuten: sellupohjaisia tekstiilikuituja, biokomposiitteja ja ligniinijalosteita. (Ainutlaatuinen biotuotetehdas-konseptimme N.d.)

2 Sellutehtaalla käytettävät vesijakeet

Sellutehtaat Suomessa ottavat tyypillisesti tarvitsemansa raakaveden pintavesistä, kuten järvistä tai joista. Pintavedet sisältävät epäpuhtauksia, joten ne täytyy käsitellä ennen prosessiin ohjaamista, jolloin niistä tulee prosessivettä. Prosessiveden laadulla on vaikutusta lopputuotteen ominaisuuksiin kuten vaaleuteen ja puhtauteen. Sellutehtaalla käytetään tyypillisesti kolmea eri puh-
tausluokan vettä, käyttökohteen vaatimuksien mukaan. Nämä luokat ovat: mekaanisesti -,

kemiallisesti puhdistettu ja suolanpoistolla käsitelty vesi. Suolanpoistolla käsitelty vesi on puhtainta ja sitä käytetään kattilavetenä, jonka laatuvaatimukset ovat kaikista tiukimmat. Kemiallisesti - ja mekaanisesti puhdistettua vettä käytetään prosessin muissa osissa. Vesijakeita on monesti käytössä lämpiminä ja kylminä tehtaasta riippuen. Jossain tapauksissa jäähdytysvettä ei tarvitse käsitellä ollenkaan, mutta yleisesti se on mekaanisesti puhdistettua vettä. (Raaka-aineet 2022.) Kuviossa 2 on havainnollistettu tyypillinen veden kierto sellutehtaassa.



Kuvio 2. Veden käsittely sellutehtaalla (Raaka-aineet 2022)

Raakaveden käsittelyn tarve mukautuu osalta käsittelemättömän veden kirkkauden mukaan. Raakaveden puhdistuksen tärkeimpiä muuttujia ovat lämpötila, pH, väri, sameus, johtavuus, kovuus, hiilidioksidipitoisuus, orgaanisen aineen määrä ja metallipitoisuus. Erilaiset tekijät kuten vedenotamon sijainti, vesistön olosuhteet ja vuodenaika voivat vaikuttaa otettavan veden laatuun huomattavasti. Raakaveden käsittelyllä poistetaan vedestä humus ja savi, jotka aiheuttavat sameus ja väri haittaa. Lisäksi raakavedestä poistetaan suuremmat partikkelit kuten hiekka ja tarvittaessa käytetään lisäksi desinfiointia, jolla pyritään estämään leväkasvustoa. Mikäli leväkasvustoa pääsee muodostumaan, se aiheuttaa putkistojen kulumista. (Dahl 2008, 56–58; Raaka-aineet 2022.)

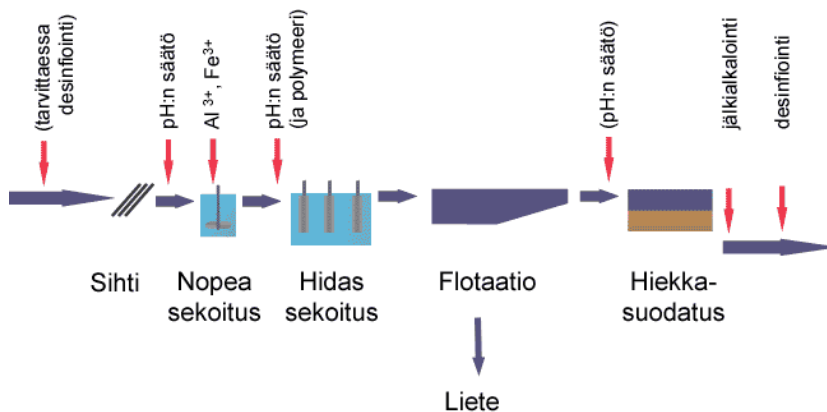
2.1 Mekaanisesti puhdistettu vesi

Vedenottamalla suoritetaan mekaaninen esisuodatus ennen raakaveden johtamista käsiteltäväksi. Vedenottamo pyritään sijoittamaan sellaiseen kohtaan vesistöä, jossa virtaus on hidasta. Mikäli vedenottamon kohdalla virtaus on voimakasta, voi veden mukana kulkeutua enemmän ei haluttuja partikkeleita. (Dahl 2008, 59.) Esisuodatuksessa käytettäviä tapoja ovat välppäys ja siivilöinti, joiden avulla pystytään vedestä poistamaan suurimmat kappaleet ja eliöt. Mekaanisessa puhdistuksessa käytetään tuotantolaitoksesta riippuen rumpusiivilöitä, koriketjusuodattimia, painesih-tejä tai muita vastaavia suodattimia. Suodattimissa ja sihdeissä vesi johdetaan niiden läpi, jolloin suodattimen väliaineeseen tai sihdin reikiin jää poistettava kiintoaines. Suodosmateriaalina voi toimia esimerkiksi viirakangas tai hiekka. Olosuhteista ja vedenlaadusta riippuen vesi saatetaan myös desinfioida. Tehtaiden vedenkäsittely on aina suunniteltu kohteen tarpeiden mukaan, jolloin vesilaitokset voivat erota toisistaan huomattavasti. Riippuen puhdistuttamattoman veden kirkkautesta saattaa useimpiin tehtaan käyttökohteisiin riittää ainoastaan mekaanisesti puhdistettu vesi. Osa mekaanisesti käsittelystä vedestä puhdistetaan myös kemiallisesti, jolloin sen laatua saadaan parannettua tiukempien käyttökohteiden standardien mukaiseksi. (Raaka-aineet 2022.)

2.2 Kemiallisesti puhdistettu vesi

Kemiallisen vedenpuhdistuksen tavoitteena on poistaa vedestä humus- sekä sameutta aiheuttavat partikkelit. Kemiallinen vedenpuhdistus koostuu useasta vaiheesta. Kuviossa 3 on esitetty yleisesti käytetyn kemiallisen puhdistuksen vaiheet. Poistettavat ainekset pyritään saamaan kasaantumaan, jolloin ne ovat helpommin erotettavassa muodossa. Tällaisia kasaantumia kutsutaan flokeiksi. Flokit voidaan poistaa joko selkeyttämällä tai suodattamalla. Flokkauksessa käytetään apuna kemikaaleja, jotka toimivat apuna flokkien muodostamisessa. Käytettävät kemikaalit voivat olla epäorgaanisia tai orgaanisia vesilaitoksesta riippuen. Mikäli kemikaalin avulla pyritään flokkien parempaan laskeutumiseen, valitaan tyypillisesti orgaaninen vaihtoehto. Yleisesti käytetään synteettisiä polymeerejä kuten hiilivetyjä, jotka ovat sähköisesti varattuja ja vesiliukoisia. Toinen vaihtoehto on epäorgaaniset kemikaalit, jotka ovat hiilivapaita. Ne pystyvät liittämään partikkeleita tehokkaasti yhteen poistamalla niiden sähkövarauksia. (Raaka-aineet 2022.)

Kemiallisesti puhdistetun veden valmistus



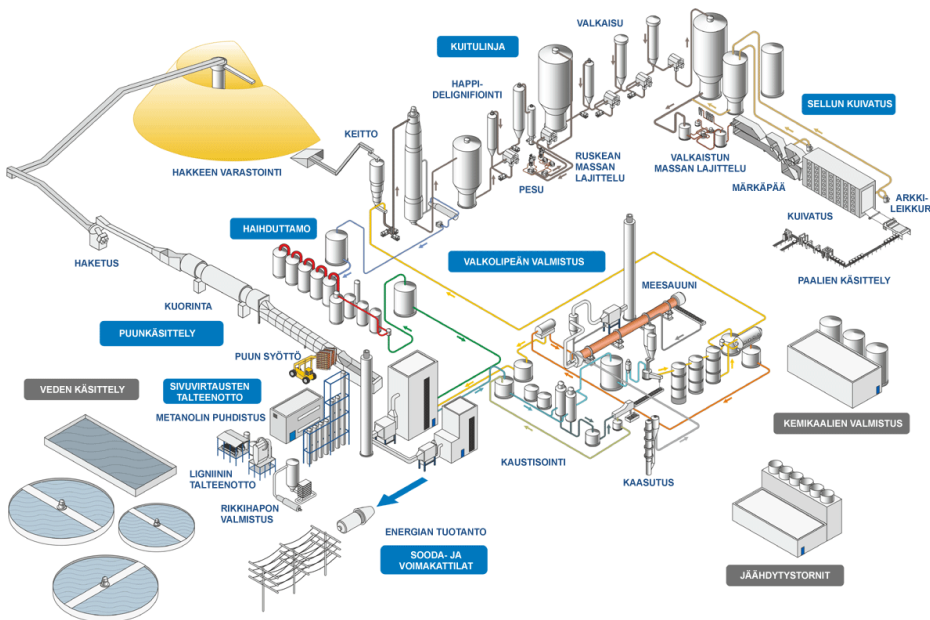
Kuvio 3. Kemiallisesti puhdistettu vesi (Raaka-aineet 2022)

Flokkauksen aluksi on hyvin tärkeää mitata ja säätää puhdistettavan veden pH-arvo oikealle tasolle. Yhtä ainuttakaan oikeaa tasoa puhdistettavan veden pH-arvolle ei ole. Arvo on määritettävä tapauskohtaisesti raakaveden laadun ja käytettävän flokkaukemikaalin mukaan. Myös vaiheiden välissä on syytä seurata veden pH-arvoa. Oikealla pH-arvolla saavutetaan paras lopputulos puhdistuksessa, koska silloin partikkelien sähkövaraukset neutralisoituvat optimaalisesti. Sähkövarauksien poistaminen auttaa partikkelien yhdistymisessä suuremmiksi flokkeiksi. (Raaka-aineet 2022.) Flokkauksessa apuna käytettävien kemikaalien lisäyksen jälkeen vesi johdetaan säiliöön, jossa sitä sekoitetaan nopeasti. Tämän jälkeen vesi johdetaan säiliöön, missä sitä sekoitetaan hyvin rauhallisesti. Partikkelit yhdistyvät ja muodostavat suurempia flokkeja. Seuraavaksi flokit poistetaan veden seasta saostamalla tai flotaatiolla. (Dahl 2008, 59.)

Usein puhdistettu vesi johdetaan vielä lopuksi suodatuksen kautta, jolla pyritään saamaan loputkin epäpuhtaudet vedestä poistettua. Hiekkasuodatus on yleisimpiä tapoja, joita käytetään kemiallisen veden valmistuksen lopuksi. Hiekkasuodattimessa vesi pakotetaan kulkemaan hiekkapatjan läpi, jolloin karkeaan hiekkaan tarttuvat epäpuhtaudet. Puhdistuksessa käytettävää hiekkaa voidaan puhdistaa, joko jatkuvasti tai panostoimisesti. Hiekkasuodatus voi toimia myös omana itsenäisenä puhdistusmenetelmänä, mikäli sitä tehostetaan kemikaaleilla. (Raaka-aineet 2022)

3 Sellutehdas ja sen vedenkäyttö

Sulfaattisellutehdas koostuu kuitulinjasta ja kemikaalikierrosta, sekä niiden ympärille kootuista tukitoiminnoista. Kuitulinjan ja kemikaalikierron sisällä toimivat tehtaan eri osastot, jotka ovat näkyvät kuviossa 4. (Sulfaattisellun valmistus 2022.) Vesi on elintärkeä komponentti sellun valmistusprosessissa. Vettä tarvitaan sellutehtaalla lämmön, kuitujen ja liuenneiden aineiden siirtelyssä osastolta toiselle, sekä pesuissa, joita käytetään erityisesti sellun valkaisuissa. Vettä käytetään myös tiivistykseen, esimerkiksi erilaisissa pumpuissa. Siksi Suomessa ja muualla maailmassa sellutehtaat ovat yleisesti rakennettu vesistöjen läheisyyteen, jotta saadaan turvattu veden saanti tehtaan tarpeisiin. (Raaka-aineet 2022.)



Kuvio 4. Sulfaattisellutehdas (Sulfaattisellun valmistus 2022)

3.1 Kuitulinja yleisesittely

Sellutehtaan kuitulinja koostuu puunkäsittelystä, keitosta, pesuista, happidelignifoinnista, lajittelusta, valkaisusta ja kuivatuksesta. Kuitulinjalla toimivia osastoja ovat kuorimo, massatehdas ja kuivaamo. Puu tuodaan sellutehtaille yleisesti junalla tai rekoilla. Osa saapuneista kuormista voidaan purkaa suoraan prosessiin. Loput puut varastoidaan kuorimon läheisyyteen, josta ne pystytään helposti nostamaan prosessiin. (Sulfaattisellun valmistus 2022.) Yleisesti pyritään käyttämään

mahdollisimman tuoretta puuta. Mikäli puita joudutaan varastoimaan pidempään, se voi aiheuttaa olosuhteista riippuen puun laadun kärsimistä. (Sixta 2005, 69–70.) Kuorimolla puut kuoritaan ja haketetaan. Kuorinnan avulla keiton jälkeisen massan ominaisuudet kuten vaaleus ja lujuus paranevat. Lisäksi kuorinnassa pyritään erottamaan kivet, hiekka ja metallit puuaineksesta. Haketus on kuorimon tärkein prosessi, kun ajatellaan keittovaihetta ja sen onnistumista. Pää tavoitteena haketuksessa on tuottaa mahdollisimman tasalaatuista haketta, joka helpottaa keittovaihetta. Haketta seulotaan ennen varastointia, jolloin siitä pyritään erottamaan ylipaksut ja ylisuuret jakeet. Valmis hake varastoidaan suuriin kasoihin tehdasalueella, josta se ohjataan kuljettimia pitkin keittovaiheeseen. (Bajpai 2010, 8–11.)

Puu koostuu selluloosasta, hemiselluloosasta ja ligniinistä. Ligniiniä puusta on noin 20-30 prosenttia ja se toimii puun sidosaineena. (Solukko N.d.) Kemiallisessa massanvalmistuksessa puuhakkeesta pyritään erottamaan ligniini sekä puun sisältämiä uuteaineita. Hake kuituuntuu ligniinin erottamisen jälkeen. Keitossa apuna käytetään kemikaaleja, painetta ja lämpöä. Ylivoimaisesti yleisin käytössä olevassa massan valmistuksen muoto on sulfaattikeitto. Siinä käytetään keittokemikaaleina natriumhydroksidin (NaOH) ja natriumsulfidin (Na₂S) seosta, jota kutsutaan valkolipeäksi. Natriumhydroksidi pilkkoo ligniiniä ja natriumsulfidi nopeuttaa reaktiota, sekä vähentää selluloosan liukenemistä. Keitossa valkolipeästä tulee mustalipeää, joka sisältää keittokemikaaleja ja liuennutta puuainesta. Keitosta seuraava vaihe on pesu, jossa mustalipeä pyritään erottamaan ruskeasta massasta. Erotettu mustalipeä ohjataan haihduttamolle. Keittoa pyritään hallitsemaan ja pitämään mahdollisimman tasaisena. Mikäli keittovaiheessa on häiriöitä, se aiheuttaa ongelmia seuraavilla osastoilla, sekä heikentää massan ominaisuuksia. (Bajpai 2012, 8–10.)

Happidelignifioinnissa pyritään poistamaan jäljellä oleva jäännösligniini hapen ja alkalien avulla. Happidelignifiointi on hyvin merkittävä vaihe ympäristönsuojelun ja taloudellisuuden osalta. Jäännösligniinin tehokas poistaminen ennen valkaisua vähentää valkaisussa käytettävien kemikaalien tarvetta, joka vaikuttaa suoraan tehtaan jätevesipäästöihin. Lajittelussa pyritään massasta seulomaan epäpuhtaudet ja heikosti keittyneet hakepalaset. Lajittelusta jatkaa matkaa hyväksytty aines ja rejekti palautuu prosessin aikaisempiin vaiheisiin tai se poistetaan kierrosta. Valkaisu koostuu useasta vaiheesta, jossa kemikaalien avulla pyritään massan vaaleutta ja puhtautta nostamaan haluttuun tasoon. Vaiheiden välillä massaa pestään pesureilla. Massan jalostusarvo kasvaa valkaisussa. (Sulfaattisellun valmistus 2022.)

Tehdasintegraatissa toimivassa sellutehtaassa monesti valkaisusta massa johdetaan joko suoraan paperi- tai kartonkitehtaalle. Tapauksissa, jossa integraatin sisällä ei ole sellun loppukäyttäjää tai sellutehtaan tuotanto on suurempaa kuin sisäinen tarve, sellu ohjataan kuivauskoneelle. Kuivauskoneella massa levitetään perälaatikon kautta viiraosalle, jonka jälkeen massarina etenee puristinosan läpi. Näiden vaiheiden jälkeen massa on tyypillisesti 45-55 prosentin kuiva-ainepitoisuudessa. Massarina kulkee lopuksi kuivauskaapin kaapin kautta, jossa siitä haihdutetaan vettä pois lämpöenergian avulla. Massan kuiva-ainepitoisuus kuivauskoneen jälkeen on noin 90 prosenttia. Kuivauskoneen jälkeen kuivattu sellu arkitetaan ja paalataan kuljettamista varten. (Sulfaattisellun valmistus 2022.)

3.1.1 Kuorimon vedenkäyttö

Kuorimolla vettä käytetään sulatukseen, pesemiseen ja pölyn sitomiseen. Suomen talvesta johtuen kuorimolla joudutaan käyttämään sulatusvettä, jotta jäätyneet puut saadaan kuorittua ja hakettua. Sulatusveden käytön vuoksi suomalaisten sellutehtaiden puunkäsittelyssä käytetään keskiarvoa enemmän vettä. Sulatusvettä lämmitetään joko suoraohyryllä tai kuumalla vedellä. Sulatus suoritetaan uusissa laitoksissa ennen kuorimarumpua olevalla sulatuskuljettimella. Tällä tavoin sulamisaika on pidempi ja sulatusveden tarve on pienempää. Lisäksi puista pyritään pesemisen avulla erottamaan epäpuhtaudet kuten hiekka, kivet ja pöly. Epäpuhtauksien päätyminen haketukseen kuluttaa hakkua. Kaikki kuorimolla käytettävät vedet kerätään kiertovesialtaaseen, josta ne uudelleen käytetään. Kiertovesialtaan pohjalta pyritään poistamaan hiekka ja kuorimuju. (Sulfaattisellun valmistus 2022.)

Kuorimolta lähtevä jätevesi koostuu kiertovesialtaista poistettavasta vedestä ja kuoripuristimelta syntyvästä puristinvedestä. Kiertovesialtaasta poistettavan veden tilalle lisätään tuorevettä. Tuorevesi on yleisesti mekaanisesti puhdistettua vettä, mutta se voi olla myös muita sellutehtaalla käytettäviä vesijakeita kuten sekundäärilauhdetta. Puristinvesi koostuu kuoreen sitoutuneesta irtovdestä ja kuorisolujen nesteestä. Puristinvesi on hyvin väkevää ja sitä ei voida hyödyntää prosessissa. Vesijaetta väkeväi kuorisolujen nesteet, jotka irtoavat kuorta puristaessa. Yleisesti kiertovesialtaasta poistettava vesi sisältää myös kuoresta liuenneita väri- ja uuteaineita, jotka estävät veden käytön muissa kohteissa. Kuorimolla syntyvät jätevedet pumpataan tehtaan jätevedenpuhdistuslaitokselle. (Sulfaattisellun valmistus 2022.)

Monesti kuorimon vedenkäyttöä tehostaessa tulee vastaan kiertoveden väkevöityminen ja pH:n laskeminen, joista muodostuu ongelmia. Kuorimon kiertoveden pH-arvon seuranta on tärkeää. Sillä jos vesi pääsee happamoitumaan, laitteiston enneaikainen kuluminen voi nousta ongelmaksi. PH-arvoa voidaan yrittää säätää lipeällä (NaOH), mutta sen lisääminen voi taas tuoda kiertoveden vaahtoamista. Tulevaisuudessa kuorimon vedet saatetaan erottaa kokonaan omaksi kokonaisuudeksi, jolloin syntyy suljettu kierto. Tämä vaatii kuorimon vesien puhdistamista ja käsittelemistä, jolla estetään kiertoveden väkevöityminen ja pH:n laskeminen. (Sulfaattisellun valmistus 2022.)

3.1.2 Massatehtaan ja kuivaamon vedenkäyttö

Massatehdas on sellutehtaan suurin jätevesien tuottaja. Massatehtaalla käytetään reilusti vettä pesuissa sekä kuitujen ja kemikaalien siirtämisessä väliaineena. Lähtökohtaisesti valkaisuissa pyritään hyödyntämään pesuvedenä kuivauskoneen kiertovettä ja sekundäärilauhdetta, mutta usein joudutaan turvautumaan myös neitseellisiin vesijakeisiin. Lisäksi massatehtaalla tarvitaan vettä moniin jäähdytyskohteisiin, joista mustalipeän jäähdytys on merkittävin. Jäähdytyskohteiden avulla valmistetaan usein sellutehtaalla tarvittava kuumavesi. (Raaka-aineet 2022.)

Valkaisun pesuvaiheen kemikaalimäärien käyttöön voidaan vaikuttaa tehokkaalla happidelignifioinnilla, jossa poistetaan jäännösligniiniä. Happidelignifiointi vaiheella voidaan vaikuttaa suoraan massatehtaan päästöihin, sillä sen avulla valkaisuissa ei tarvita niin suuria kemikaalimääriä. Sellutehtaiden valkaisu koostuvat erilaisista valkaisu vaiheista ja pesuista. Valkaisu vaiheina käytetään klooridioksidivalkaisu vaiheita ja happikemikaalivaiheita. Linjat sisältävät tyypillisesti molempia vaiheita. Vaiheiden valintaan vaikuttaa käytettävä raaka-aine ja nykyisin myös enenemissä määrin linjaston ympäristövaikutukset. Valkaisuissa puhtaimmat vesijakeet tuodaan valkaisuun viimeisimpiin pesuvaiheisiin, jolloin niitä voidaan ohjata kulkemaan massan kanssa vastavirtaan. Vastavirtapesun avulla jokaiseen vaiheeseen ei tarvitse tuoda uutta pesuvettä, vaan voidaan hyödyntää seuraavassa vaiheessa syntyneitä pesusuodosta. Valkaisuissa veden kierrättäminen tuo myös haasteita, joista suurin on veden rikastuminen prosessille haitallisista aineista. Rikastumisen johdosta laitteistossa voi esiintyä korroosiota ja saostumia. Valkaisuun pesuvaiheet ovat erityisen hankalia, sillä sieltä syntyy alkalisia sekä happamia suodoksia. Happamat suodokset ohjataan jäteveden puhdistamolle kierron loppuksi. Alkaliset suodokset pyritään ohjaamaan vastavirtapesun periaatetta noudattaen puhtaammasta vaiheesta likaisempaa kohti. Ne kiertävät valkaisuista, happidelignifiointiin

ja siitä ruskean massan pesuun. Lopulta ne päätyvät ruskean massan pesun kautta haihduttamolle, jolloin niiden sisältämät kemikaalit saadaan talteen. (Energia, ympäristö, talous ja turvallisuus 2022; Sulfaattisellun valmistus 2022.)

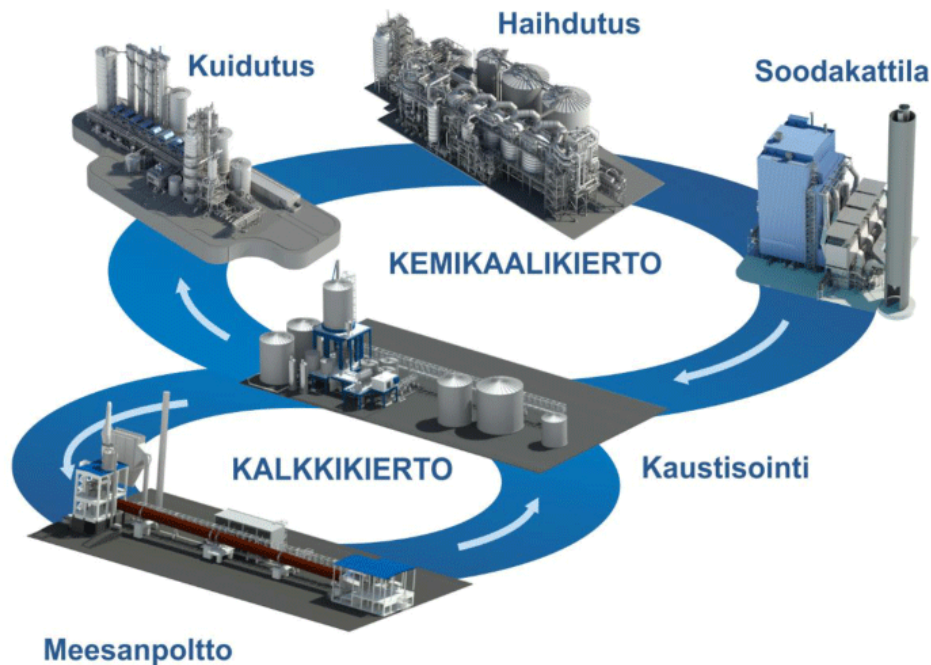
Valkaisussa jätevesipäästöjen määrään vaikuttaa suuresti valkaisuvaiheiden välissä toimivat pesuvaiheet. Pesut voidaan toteuttaa erilaisilla pesureilla tai pesupuristimilla. On tärkeää saada edellisen vaiheen kemikaalijäännökset ja reaktiotuotteet erotettua massasta pois ennen seuraavaa vaihetta. Mikäli jokin pesuista ei toimi tarpeeksi hyvin, sen vaikutukset ovat havaittavissa saman tien. Seuraavassa vaiheessa joudutaan vaikuttavia valkaisukemikaaleja annostelemaan enemmän, jotta saadaan massa valkaistua. Lisäksi alkalisten ja happamien kemikaalien sekoittuminen nostaa saostumariskiä, jolloin pesurit menevät pitkässä juoksussa tukkoon ja pesuteho alkaa laskemaan. (Bajpai 2010, 18–19; Energia, ympäristö, talous ja turvallisuus 2022.)

Kuivauskoneen ja valkaisun vesitaseet ovat toisistaan hyvin riippuvaisia. Kuivauskoneella massa kuivataan kuljettamista varten, jolloin siitä erotettu vesi kerätään kiertovesitorniin. Kiertovesitornin ylijäämää voidaan käyttää valkaisussa pesuvetenä tai saattovetenä. Mikäli kuivauskoneen ja valkaisun välillä on suuria tuotantoeroja, voi tulla vajausta kiertovedestä tai kiertovesitorni saattaa kaataa yli. Ylikaato johdetaan jätevedenpuhdistamolle. Vajaustilanteessa joudutaan tankkaamaan kiertovesitornia puhtaalla vesijakeella. (Energia, ympäristö, talous ja turvallisuus 2022.)

3.2 Kemikaalikierron yleisesittely

Sulfaattisellutehtaan kemikaalikierto halutaan pitää mahdollisimman suljettuna. Kemikaalit pyritään keräämään talteen tehokkaasti ja regeneroimaan, jotta ne voidaan uudelleen käyttää prosessissa. Kuviossa 5 näkyvät kemikaalikierron sisällä toimivat haihduttamo, soodakattila, kaustisointi ja meesauuni. Keitossa syntyvä mustalipeä tuodaan kemikaalikiertoon sisään haihduttamolta. Haihduttamolle saapuvaa nestettä kutsutaan pesulipeäksi ja sen kuiva-ainepitoisuus on noin 15-16 prosenttia. Pesulipeästä haihdutetaan lämpöenergian avulla vettä pois. Merkittävä osa haihdutuksen avulla saadusta vedestä voidaan modernilla tehtaalla hyödyntää vesikiirroissa uudestaan. Tätä vesijaetta kutsutaan sekundäärilauhteeksi. Haihduttamalla tavoitearvona pidetään nykyisin 80-85 prosenttiin kuiva-ainepitoisuutta ja 70 prosentin pitoisuutta pidetään miniminä. Saavutettavalla kuiva-ainepitoisuudella on suuri merkitys soodakattilan hyötysuhteeseen. Korkeammalla kuiva-

ainepitoisuudella saadaan nostettua kattilan tehokkuutta. Lisäksi haihduttamalla pyritään erottamaan metanolia, tärpättiä ja suovaa, jotka voidaan jalostaa käytettäväksi. Tärpätti voidaan joissain tapauksissa erottaa jo keittämön päässä. (Sulfaattisellun valmistus 2022.)



Kuvio 5. Sulfaattiprosessin kemikaalien talteenottokierrot (Sulfaattisellun valmistus 2022)

Haihduttamalla pesuliipeästä tulee polttoliipeä sen kuiva-ainepitoisuuden kasvattamisen johdosta. Polttoliipeä sisältää ligniiniä, muita puista liuenneita ainesosia sekä keittokemikaaleja. Polttoliipeä ohjataan soodakattilalle poltettavaksi. Soodakattilan tärkeimmät tehtävät ovat kemikaalien - ja palamisesta syntyvän lämmön talteenotto. Soodakattilan kaksoisroolin vuoksi sen rakenne on monimutkaisempi kuin perinteisen höyrykattilan. Poltossa syntyvä lämpöenergia tulee puun liuenneiden osien palamisesta. Lisäksi palamisen johdosta sellunkeitossa käytettävät kemikaalit rikki ja natrium saadaan vapautettua polttoliipeästä. Kemikaalit otetaan talteen kattilan pohjalta kemikaalisulan muodossa. Kemikaalisula liuotetaan laihavalkoliipeään, jolloin siitä syntyy viherliipeä. Soodakattilalla syntyvä lämpöenergia käytetään höyryn ja sähkön tuottamiseen. Nykyaikaiset sellutehtaat ovat energiaomavaraisia, ja pystyvät myymään tuottamaansa sähköä sekä lämpöä muille käytettäväksi. (Sulfaattisellun valmistus 2022.)

Viherlipeä ohjataan niin sanottuun kalkkikiertoon, jossa siitä regeneroidaan keitossa käytettävää valkolipeää. Prosessin aluksi viherlipeän sisältämä kiintoaines soodasakka poistetaan siitä selkeyttämällä tai suodattamalla. Soodasakka pestään ennen sen ohjaamista prosessista ulos, jotta saadaan talteen sen sisältämä natrium. Soodasakalle tutkitaan aktiivisesti erilaisia käyttökohteita, joissa sitä voitaisiin hyödyntää. Sakan erotuksen jälkeen viherlipeä ohjataan kalkinsammuttimeen, johon tuodaan myös poltettua kalkkia. Seuraavaksi seos reagoi kaustisointisäiliössä, jossa syntyy keitossa tarvittavaa natriumhydroksidia. Kaustisoinnista syntyvä valkolipeä sisältää meesaa, joka on poistettava siitä selkeyttämällä tai suodattamalla ennen käyttöä. Erotettu meesa pestään, jotta senkin sisältämä natrium saataisiin talteen. Lopuksi meesa poltetaan meesauunissa, jonka jälkeen siitä muodostuu poltettua kalkkia. Poltetu kalkki on vielä ennen uudelleenkäyttämistä käsiteltävä kalkinsammuttimessa. Kaustisoinnin pesuvaiheiden nesteet kerätään laihavalkolipeä säiliöön, josta niitä hyödynnetään prosessissa. (Sulfaattisellun valmistus 2022.)

3.2.1 Kemikaalikierron vedenkäyttö

Kemikaalikierrossa ei synny suuria määriä jätevetttä, koska siellä ei ole muita merkittäviä vedenkäyttökohteita kuin jäähdytys. Erityisesti haihduttamalla ja turbiinilaitoksella tarvitaan massiiviset määrät jäähdytysvettä. Jäähdytysvedet eivät kuitenkaan vaikuta puhdistettaviin jätevesiin. Ne kiertävät omassa kierrossaan, jonka jälkeen ne voidaan laskea sellaisenaan takaisin vesistöön. Tietysti niiden mukana hukataan lämpöenergiaa. Osa lämpöenergiasta pyritään ottamaan talteen haihduttamon pintalauhduttimessa, jossa toisiohöyry lauhdutetaan nesteeksi. Jäähdytyksessä käytettävä vesi lämpiää ja se voidaan varastoida lämminvesisäiliöön, josta se hyödynnetään prosessissa. (Raaka-aineet 2022.)

3.2.2 Haihduttamon ja kaustisoinnin vedenkäyttö

Modernit haihduttamot ovat monivaiheisia, jossa primäärihöyry ja lipeä kulkevat vastavirtaan. Haihduttamot koostuvat tyypillisesti 5-7 haihduttimesta. Haihduttamalla syntyy merkittäviä määriä sekundäärilauhdetta. Sekundäärilauhde koostuu pintalauhduttimessa lauhtuvasta toisiohöyrystä, paisunta-astioissa muodostuvista lauhteista sekä vaiheiden välistä strippaamalla puhdistetusta likaislauhteesta. Sellutehtaiden kiertojen sulkeutuessa, sekundäärilauhde pyritään hyödyntämään täysin. Sekundäärilauhteiden käyttämisellä tehtaan kierroissa saavutetaan merkittäviä hyötyjä vedenkäytön tehostamisen saralla. Kohteita, joissa sekundäärilauhdetta käytetään

ovat muun muassa valkaisu, kaustisointi ja kuorimo. Käyttökohteissa on huomioitava sekundäärilauhteen sisältämät epäpuhtaudet ja niiden merkitys prosessiin. Epäpuhtaudet voivat tuoda hajuhaittaa, jonka vuoksi niitä ei voida käyttää valkaisun viimeisessä pesuvaiheessa tai kuivauskooneella. Moderneissa laitoksissa sekundäärilauhteet jaotellaan puhtauden mukaan erillisiin säiliöihin. Tämän avulla voidaan tarkemmin miettiä käyttökohteet. (Sulfaattisellun valmistus 2022.)

Kaustisoinnissa käytetään vettä soodasakan ja meesan erotukseen sekä pesuun. Osastolla on myös useita muita pienempiä käyttökohteita. Suuri osa kaustisoinnin vedentarpeesta saadaan katettua sekundäärilauhteella, mutta puhtaampiin käyttökohteeseen valkolipeän regenerointi prosessin loppupuolella käytetään mekaanisesti puhdistettua vettä. Tilanteissa, joissa sekundäärilauhdetta ei ole riittävästi saatavilla paikataan sitä myös mekaanisesti puhdistetulla vedellä. (Sulfaattisellun valmistus 2022.)

3.3 Veden kierrättäminen ja kiertojen osittainen sulkeminen

Veden kierrättäminen on ollut yksi merkittävä tekijä, joka on vaikuttanut siihen, että raakavedenkäyttöä ja jätevesipäästöjä ollaan pystytty vähentämään. Tehtaiden vesikiertojen osittaisen sulkemisen avulla pystytään puhtaammasta kohteesta johtamaan vesi likaisempaan, jolloin raakaveden tarve laskee. Tehtaan jokaisessa osaprosessissa pyritään käyttämään juuri riittävän puhdasta vesijäettä. Tällä tavoin pyritään vähentämään puhtaiden vesijakeiden käyttöä kohteissa, joissa se ei ole välttämätöntä. Uudet vesijakeet tuodaan prosessin puhtaimpiin vaiheisiin, jolloin niitä voidaan uudelleen käyttää useita kertoja. Vesi litraa pystytään nykyisillä teknologioilla kierrättämään tehtaassa sisällä jopa 15 kertaa. (Metsäteollisuus on tehnyt pitkäjänteistä vesiensuojelutyötä 2020.) Nykyisin uusilla tehtailla voidaan päästä parhaimmillaan vedenkäytön osalta 15 m³ /ADT lukemiin, mikä tarkoittaa, että ilma-kuivatun sellutonnin valmistukseen on tarvittu 15 kuutiota vettä. Vertailukohtana voidaan katsoa 1990-luvun 30 m³ /ADT, joka on siis pystytty puolittamaan. (Energia, ympäristö, talous ja turvallisuus 2022.)

Vedenkäytön tehostamiseen on useita eri vaihtoehtoja, joita ovat muun muassa prosessien muutokset, veden kierrättäminen, veden osittainen puhdistus ja kierrättäminen sekä veden täysi puhdistus ja uudelleen käyttäminen. Täysin puhdistetun - ja osittain puhdistetun veden uudelleen käyttäminen prosessissa on hyvin harvinaista vielä tällä hetkellä, mutta muita esitettyjä vaihtoehtoja

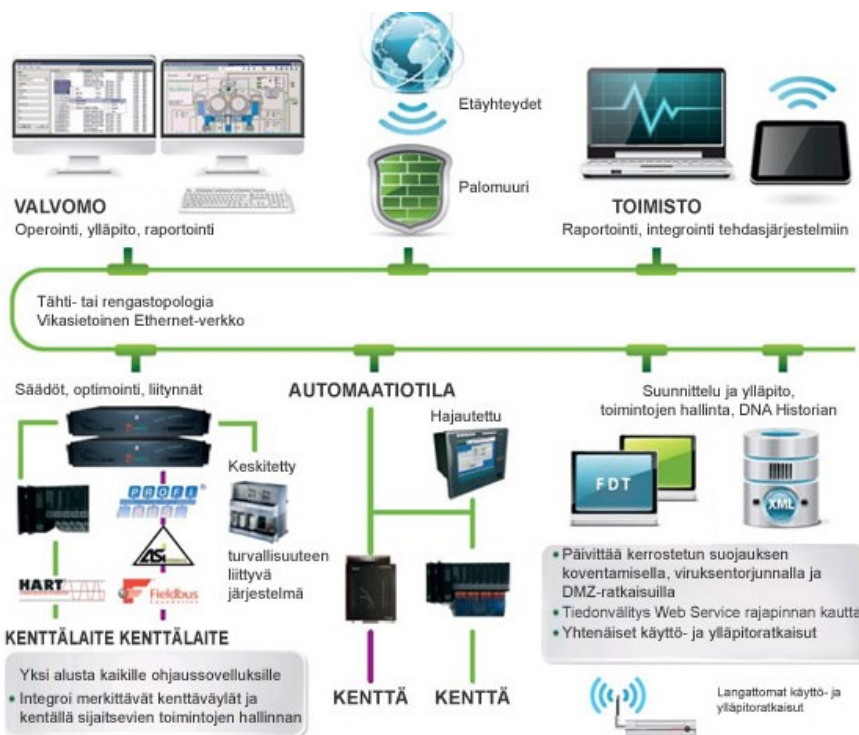
toja hyödynnetään selluteollisuudessa. Vedenkäytön tehostamisessa on tärkeää ymmärtää tehtaansa vesitase ja kriittiset käyttökohteet. Optimaaliseen ratkaisuun pääseminen vaatii tarkkaa harkintaa, jotta laitteisto tai tuotteen laatu ei pääse kärsimään. Lisäksi aina täytyy puntaroida taloudellisia realiteetteja, mikäli jo olemassa olevan tuotantolaitoksen vedenkäytön tehostamista pohditaan. Myös pienemmillä muutoksilla tehtaiden vesikiertoihin voidaan saavuttaa vedenkäytön saralla huomattavia säästöjä. (Bajpai 2010, 164–165.)

Veden kierrättämisellä tehtaansa sisällä saavutetaan useita etuja. Käsiteltävän raakaveden määrä laskee, jonka johdosta myös energiaa säästetään, kun uutta prosessivettä ei tarvitse lämmittää, puhdistaa ja pumpata niin suurina määrinä. Jäteveden puhdistamo toimii myös paremmin, kun sen hydraulinen kuormitus ei ole niin suurta. (Bajpai 2010, 165–166.) Lisäksi veden tehokkaalla kierrättämisellä kemikaali- ja kuitu häviöiden määrä laskee, kun ne pystytään keräämään entistä paremmin hyötykäyttöön (Tran & Vakkilainen 2016, 1.1-3.) Vesien kierrättämisellä on kuitenkin myös haittapuolia. Kierrättämisen johdosta voi syntyä saostumia, mitkä ovat erityisen haitallisia valkaisuissa. Vaarana on myös muiden haitallisten kemikaalien kertyminen kiertoon. Veden optimaalinen kierrättäminen sellutehtaalla on monimutkainen kokonaisuus, jossa pyritään löytämään tasapaino positiivisten ja negatiivisten vaikutusten välillä. (Bajpai 2010, 165–166.)

Vettä voidaan puhdistaa prosessien välissä, jotta haitta-aineita ei pääsisi kertymään niin paljoa. Sisäistä puhdistamista ei vielä tällä hetkellä ole hirveästi selluteollisuudessa käytössä, mutta mahdollisesti tulevaisuudessa teknologioiden kehittyessä tullaan näkemään enemmän. Erilaisia puhdistusmenetelmiä ovat mekaaniset ja kemialliset vaihtoehdot sekä muut erikoismenetelmät. Mekaanisia vaihtoehtoja ovat muun muassa ultra- ja nanosuotimet, joiden erotusmenetelmänä toimii tiheät kalvot. Mekaanisen puhdistuksen jälkeen vesi voitaisiin puhdistaa myös kemiallisesti, jolloin siitä pyritään erottamaan liuenneet haitta-aineet. Tämän jälkeen vettä pystyttäisiin uudelleen käyttämään. Erikoismenetelmiä, joita voitaisiin sisäisessä puhdistamisessa käyttää ovat esimerkiksi käänteisosmoosi ja tislauk. (Energia, ympäristö, talous ja turvallisuus 2022.)

4 Automaatiojärjestelmä

Sellutehtaiden tuotantoa pyritään ohjaamaan mahdollisimman tasaiseen käyntiin ja tasalaatuisen lopputuotteeseen. Tällä tavoin päästään edullisiin kustannuksiin ja korkeaan asiakastyytyväisyyteen. Sellutehtaissa tuotannon täytyy pystyä mukautumaan hyvinkin nopeasti vallitsevaan tilanteeseen, sillä sen osastot ovat toisistaan riippuvaisia. Tehtaat käyttävät hajautettuja automaatiojärjestelmiä (DCS) prosessien seurantaan, hallintaa ja säätämiseen. Automaatiojärjestelmät toimivat tehtaiden käynnin hallinnan työkaluna, jota hyödyntää koko henkilöstö. Nykyisin automaatiojärjestelmät ovat yleisesti integroituja myös muihin tehdasjärjestelmiin, kuten laadunmittauksiin, kunnonvalvontaan ja raportointiin. Moderneissa kohteissa järjestelmät voivat olla hyvin laajoja kokonaisuuksia. Operointia ja seuranta voidaan esimerkiksi suorittaa etänä internetin välityksellä. (Tuotannon hallinta ja automaatio 2022.) Mehta ja Reddy (2015, 1) toteavat, että nykyinen kehitys on ohjannut automaatiojärjestelmien toimittajia kohti erilaisia sovellutuksia. Asiakkaat haluavat järjestelmiltä uusia ratkaisuja, joilla voidaan hallita entistä paremmin tuotteiden laatua ja optimoida tuotantolaitoksen tehokkuutta. (Mehta & Reddy 2015, 1.) Kuviossa 6 on esitetty Valmet DNA -automaatiojärjestelmän rakenne, joka on käytössä myös Äänekosken biotuotetehtaassa.



Kuvio 6. Valmet DNA -automaatiojärjestelmän rakenne (Tuotannon hallinta ja automaatio 2022)

4.1 Automaatiojärjestelmä osana energiatehokasta tuotantolaitosta

Vedenkäyttö heijastuu usein myös energiatehokkuudessa. Mehta ja Reddy (2015, 1–3) mukaan hyvin suunnitellulla automaatiojärjestelmän toteutuksella voidaan vaikuttaa suoraan laitoksen energiatehokkuuteen. Prosessien automatisoinnilla voidaan vähentää inhimillisiä virheitä ja viiveitä.

Automaatiolla pystytään säätämään prosessia aktiivisesti koko ajan, jolloin se pysyy optimaalisella tasolla. Optimaalisella tasolla pysyminen auttaa laitosta toimimaan energiatehokkaasti. Muun muassa energian ja veden käytön saralta pystytään monissa kohteissa parantamaan tehokkuutta erilaisilla ratkaisuilla, jotka toteutetaan automaatiojärjestelmän avulla. Tällaisia ratkaisuja voivat olla muun muassa erilaiset automatisoinnit ja seurantatyökalut. Seurantatyökalujen avulla voidaan havaita prosessissa tapahtuvat muutokset ja reagoida niihin. (Mehta & Reddy 2015, 1–3.)

4.2 Automaatiojärjestelmän näytöt

Kaikkea operaattorin tarvitsemaa tietoa on mahdotonta tuoda yhdellä näyttösivulla esille. Tieto jaetaan useille näyttösivuille, joiden sisältö pyritään rajaamaan loogisiksi kokonaisuuksiksi. Näyttösivuista ja niiden välisestä navigointi mahdollisuuksista koostuu näyttöjärjestelmä. Näyttöjärjestelmä luodaan tyypillisesti puumaiseksi kaavioksi, joka noudattaa prosessien hierarkiaa. Tällaisella järjestyksellä pystytään luomaan näyttöjärjestelmästä helppokäyttöinen kokonaisuus, josta tarvittavat näytöt ovat nopeasti saatavilla. Hyvin rakennetun järjestyksen avulla operaattori pystyy hahmottamaan prosessin eri osia ja niiden välisiä yhteyksiä. Erilaisista näytöistä koostuva näyttöjärjestelmä tuo mahdollisuuden käyttäjille poimia aina tilanteeseen sopivat näyttösivut oman työpisteen näyttöpaneelille. Näyttösivuja on hyvin paljon erilaisia, joilla kaikilla on oma käyttötarkoitus. (Suunnittelun periaatteet ja käytännöt 2011, 25–29.) Kuviossa 7 esitellään erilaisia näyttösivuja ja niiden käyttötarkoituksia.

Erilaisia automaatiojärjestelmien näyttösivutyyppejä

Prosessikaavionäyttö: Prosessin tilannetta kuvaavat tiedot sijoitettuna prosessin toiminnalliseen kaavioon. Valvomon perusnäyttösiivu, jota käytetään prosessin tilanteen seuraamiseen sekä prosessin ohjaamiseen.

Tehtävänäyttö: Suunniteltu tietyn tehtävän hoitamiseen. Käyttäjän ja prosessin välisen vuorovaikutuksen tarpeet määräävät sivun sisällön ja esitystavan. Mahdollistaa tietyn tehtävän tehokkaan suorittamisen sekä ohjausten vaikutusten seuraamisen.

Automaationäyttö: Automaation toiminta ja kytkennät, esim. lukitukset, kuvattuna operaattorin näkökulmasta. Näitä näyttösivuja tarvitaan, jos automaatio kytkentä on niin monimutkainen tai laaja, että sitä on vaikea kuvata prosessikaavionäyttösiivuilla.

Piirinäyttö: Yhden säätöpiirin, mittauksen, laitteen jne. yksityiskohtaiset tiedot, kuten vikadiagnostiikkasivut ja säätimen parametreja. Joissakin automaatiojärjestelmissä tämä on se näyttösivu, jonka kautta piirejä ohjataan.

Trendinäyttö: Yhden tai useamman suureen historia käyränä. Nähdään havainnollisesti kuinka suureet ovat muuttuneet ja voidaan ennakoita kuinka kehitys jatkuu tulevaisuudessa. Voidaan päätellä syy-seuraus-suhteita häiriötilanteissa.

Toimintaympäristönäyttö: Esittää suureiden kehitystä ja keskinäisiä riippuvuuksia xy-koordinaatistossa. Esimerkiksi veden faasimuutosten riippuvuus paineesta ja lämpötilasta. Mahdollistaa tilanteen hahmottamisen ilman päättelyä kahden suureen perusteella.

Hälytyslista: Hälytyksiä tekstiriveinä, joilla esitetään hälytyksen tila esimerkiksi värillä ja symbolilla. Hälytykset voidaan kuitata käsitellyksi.

Tapahtumalista: Hälytysten lisäksi myös kaikki muut hyödylliset tapahtumat kuten toimilaitteiden tilan muutokset ja käyttäjän toimenpiteet. Auttaa syyn jäljittämiseksi. Sen avulla voidaan myös ennakoita tuleva häiriökehitys.

Raporttinäyttö: Yhteenvetoja sekä laskentojen ja analyysien tuloksia, jotka kuvaavat toimintaa pitkällä aikavälillä. Antaa suuntaviivoja päivittäiseen operointiin sekä toiminnan kehittämiseen. Myös viranomaiset saattavat vaatia erilaisia yhteenvetoja.

Sekvenssinäyttö: Sekvenssiohjelman (esimerkiksi syöttövesipumpun käynnistysohjelma) tilat ja askeleet. Mahdollisuus ohjata ja seurata sekvenssiohjelman etenemistä. Häiriöissä antaa tietoa, minkä siirtymänehdon puuttuminen aiheutti sekvenssin pysähtymisen.

Reseptinäyttö: Panosprosessin yhden erän annostelumääriä, reaktiolämpötiloja ja sekoitusaikoja. Reseptejä tallennetaan kirjastoon, josta niitä otetaan muutettavaksi ja ladataan ajettavaksi. Käytetään panosten hallintaan sekä reseptien suorituksen seurantaan.

Kunnonvalvontanäyttö: Laitteiden kunnonvalvontaan liittyviä tietoa, esimerkiksi värähtelymittauksia sekä niistä johdettuja hälytyksiä. Auttaa ennakoimaan laitteiden ja koneiden vikoja sekä jäljittämään tapahtuneiden vikojen syitä.

Diagnostiikkänäyttö: Automaatiojärjestelmän verkon, ohjaimien, palvelimien ja liityntöjen toimintakuntoon ja kapasiteettiin liittyvää tietoa. Auttaa mm. automaatiojärjestelmän ongelmien selvittämisessä.

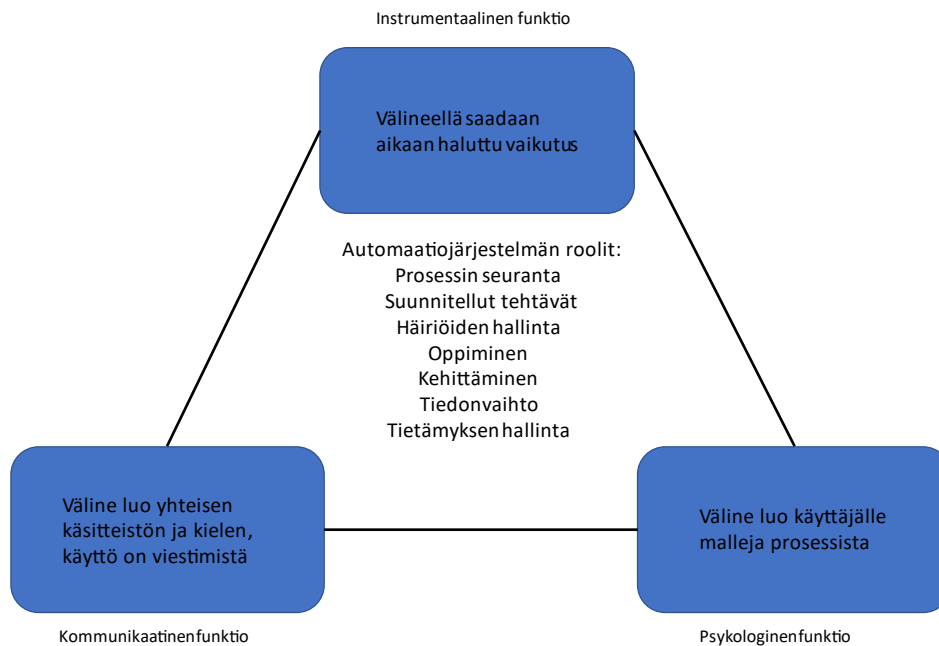
Kuvio 7. Erilaiset automaatiojärjestelmän näyttösivutyypit (Valvomo: Suunnittelun periaatteet ja käytännöt 2011, 30, muokattu)

4.2.1 Näyttöjen tehtävät

Automaatiojärjestelmällä on kolme yleistä tehtävää, jotka on esitetty kuviossa 8. Tehtävien ymmärtäminen on tärkeää näyttöjen suunnittelun kannalta. Tehtävät voidaan jakaa instrumentaaliseen -, psykologiseen - ja kommunikatiiviseen funktioon. Instrumentaalilla funktiolla tarkoitetaan, että järjestelmän kautta operoidaan prosessia ja voidaan vaikuttaa suoranaisesti siihen.

Psykologinen funktio tarkoittaa sitä, kuinka automaatiojärjestelmän kautta ihmiselle muodostuu tietynlainen mielikuva prosessista ja sen lainalaisuuksista. On siis tärkeää luoda prosessista selkeä kokonaisuus automaatiojärjestelmään, jolloin sen hallittu operoiminen on mahdollista. Kommuni-

katiivisella funktiolla tarkoitetaan sitä, että automaatiojärjestelmä luo työyhteisöön yhteisen kielen. Järjestelmässä käytettävien symbolien ja termien avulla työyhteisössä voidaan keskustella ja käydä erilaisia tilanteita läpi. Nämä kolme tehtävää ovat toisistaan riippuvaisia. Mikäli jokin näistä tehtävistä ei toteudu hyvin, silloin myös muut osa-alueet kärsivät. (Valvomo: Suunnittelun periaatteet ja käytännöt 2011, 79–81.)



Kuvio 8. Automaatiojärjestelmän erilaiset roolit (Valvomo: Suunnittelun periaatteet ja käytännöt 2011, 80, muokattu)

4.2.2 Näyttöjen suunnitleminen

Näyttöjen suunnittelussa monesti on vaatimukset ja suositukset ristiriidassa toistensa kanssa. Esimerkiksi tehokkuuden kannalta olisi ulkoasun ja operoinnin yksinkertaisuus hyvä ominaisuus. Mutta toisaalta turvallisuus voi vaatia lisätietojen näyttämistä tai lisävaiheiden lisäämistä toimenpideketjuun, jolloin yksinkertaisuus kärsii. Yhtä ainoa oikeaa tapaa ei ole olemassa, vaan suunnittelun painotuksissa on mukauduttava aina käyttökohteen ja käyttäjäryhmän mukaan. Mikäli toteutetaan näyttöjä olemassa olevaan näyttöjärjestelmään, on niiden hyvä mukautua muihin

järjestelmässä jo oleviin näyttöihin ja käytettävään kieleen. Tällä pyritään ehkäisemään ristiriitaisuuksia käytettävien nimien sekä muiden suureiden välillä. Seuraavaksi esitetään hyvän näyttösiivun tärkeimpiä ominaisuuksia, jotka toimivat apuna suunnittelussa. (Valvomo: Suunnittelun periaatteet ja käytännöt 2011, 103.)

Selkeys ja hahmotettavuus

Näyttöön on sijoitettu sopiva määrä tietoa, joka on ymmärrettävässä muodossa. Elementit ovat selkeästi erotettavissa toisistaan sekä ne ovat suorassa linjassa, jolloin niiden hahmottaminen on helpompaa. Länsimaalaisittain katse kulkee vasemmalta oikealle, joten keskeinen informaatio tulisi sijoittaa vasempaan yläkulmaan, kuten nimi. Mikäli mahdollista niin näytössä esitettävä vaihe, tehtävä tai muu sovellus etenee joko ylhäältä alas tai vasemmalta oikealle. Värejä on hyvä käyttää tietyissä kohteissa, mutta niiden olisi suotavaa olla sävyiltään hillittyjä ja yhdenmukaisesti käytettyjä. (Valvomo: Suunnittelun periaatteet ja käytännöt 2011, 103–106.) Näytön taustan väri on myös oleellinen osa selkeyttä ja hahmotettavuutta. Myös liikkuvien kohteiden lisäämisen kanssa tulee käyttää harkintaa, jotteivat ne häiritse kokonaisuutta. (McDaniel N.d.)

Luotettavuus

Pohjan luotettavuudelle tuo tekstien ja muiden näytössä esitettävien tietojen selkeä erotettavuus taustasta. Lisäksi luotettavuuden saa aikaiseksi esitettävien tietojen värin valinnalla, riittävällä kontrastilla, kirjaimien oikealla koolla ja selkeällä muodolla. Yleisesti tekstin väriksi vaaleaan taustaan suositellaan mustaa. Mikäli jokin asia halutaan ilmaista värillä, on se parempi tehdä erillisellä symbolilla kuin tekstin värin vaihtamisella. Tekstin luettavuuteen vaikuttaa myös valittu kirjainlaji, tuttavallisimmin fontti. Valittaessa kirjainlajeja on mietittävä erityyppiset käyttöliittymälaitteet, jossa näyttöä käytetään. Arkipäiväisessä käytössä olevien käyttöliittymälaitteiden tarkkuus voi olla huomattavasti pienempi kuin suunnittelun aikana käytetyssä, jolloin näytön tiedoista ja teksteistä ei välttämättä saa selvää. (Valvomo: Suunnittelun periaatteet ja käytännöt 2011, 106–107.)

Yhtenäisyys

Operaattorin on tärkeää pystyä tunnistamaan näytöllä esitettävät kohteet. Mikäli näytössä esitetään symboleina prosessin osia tai laitteita, tulisi niiden muistuttaa oikeaa kohdetta siinä määrin kuin se on mahdollista. Käytetyt symbolit tulisi pitää samanlaisina, mikäli niitä esitetään useissa yhteyksissä. Lisäksi laitteiden keskinäinen sijainti näytöllä pyritään esittämään oikean prosessin mukaisesti. Yhtenäisyys tekee käyttöliittymästä helpommin opittavan ja siitä muodostuu looginen kokonaisuus. (Mts. 108–109.)

Käyttäjän kieli

Käytettävä sanasto ja symboliikka tulee olla käyttäjälle tuttua. Suositaan termejä, jotka ovat arkipäiväisessä käytössä, jolloin operaattorin on helppo tunnistaa ne. Samoista jakeista käytetään yhtenäisiä nimiä eri näytöissä, mikä estää sekaannuksien syntymistä. Lisäksi kohteiden nimeäminen tulee olla selkeästi ja yksinkertaisesti tehtyä. (Mts. 109–110.)

Tarkoituksenmukaisuus

Näytön informatiivinen sisältö tulee pohjautua käyttäjän tarpeisiin. Pyritään tuomaan näyttöön kaikki työn kannalta oleelliset tiedot. Suunnittelussa on tärkeää muistaa, että ei kuitenkaan tuoda liikaa tai ylimääräistä tietoa näyttöön. Esitettävien tietojen avulla pitää pystyä suorittamaan toimenpiteet, joita näytön avulla tehdään. Suunnittelijalla voi olla haasteita toteuttaa näytöt tarkoituksenmukaisiksi, sillä yleensä he eivät tunne täysin käyttäjien tarpeita ja prosessia. (Mts. 114.)

4.3 Näyttösivujen katselmointi

Näyttösivujen toimivuutta on syytä tarkastella suunnittelu- ja toteutusvaiheessa. Katselmointi on yksi työkalu, jota voidaan hyödyntää siinä. Mukaan kannattaa ottaa tulevia käyttäjiä, koska he tietävät mitä ominaisuuksia näytöltä vaaditaan. Katselmointi koostuu erilaisista vertailuista ja näyttöjen ominaisuuksien pohtimisesta. Luotavia näyttöjä voidaan verrata automaatiojärjestelmässä jo olemassa oleviin näyttöihin, jotta näyttöjärjestelmän yhtenäisyys säilyisi. Lisäksi katselmoinnin aikana näyttöjä verrataan yleiseen tyyliohjeeseen, jotta yleisilmeestä

saadaan siisti. Lopuksi näyttöjä vielä verrataan hyvän käyttöliittymän ominaisuuksiin, sekä suunnittelun alkuvaiheessa laadittuihin spesifikaatioihin. Kuviossa 9 on esitetty kysymyksiä, joita voidaan hyödyntää apuna näyttöjen suunnittelussa tai katselmointi vaiheessa. Kysymyksien avulla voidaan löytää puutteita tai parannettavia yksityiskohtia luotavista näytöistä. (Valvomo: Suunnittelun periaatteet ja käytännöt 2011, 172-174.)

Selkeys ja luettavuus

- Onko tyyliohjetta noudatettu, esimerkiksi värien, symbolien ja näytön rakenteen osalta?
- Ovatko symbolit käyttäjän kieltä?
- Onko symbolit ja tekstit vaivattomasti luettavissa?
- Erottavatko prosessin toiminnalliset kokonaisuudet näyttösivulta?
- Miten näyttösivulta selviää sen sijainti näyttöjärjestelmässä?
- Mikä on yleisvaikutelma, esimerkiksi tiedon määrä ja kuvapinnan käyttö?

Tarkoituksenmukaisuus

- Millaisiin tilanteisiin ja tehtäviin näyttösivu on tarkoitettu?
- Ketkä näyttösivua käyttävät ja kuinka usein?
- Tarvitaanko näyttösivulla historiatietoa?
- Käytetäänkö tietoja sellaisenaan vai joutuuko operaattori suorittamaan laskutoimenpiteitä?
- Onko mikään tietoista tarpeeton?

Kuvio 9. Katselmoinnin apukysymyksiä (Valvomo: Suunnittelun periaatteet ja käytännöt 2011, 173, muokattu)

5 Vesitassenäyttö

Työn toteutusvaiheessa luotiin vesitassenäyttö Äänekosken biotuotetehtaalle. Näyttöä voidaan hyödyntää tehtaassa arkipäiväisessä käytössä. Sen avulla voidaan seurata tehokkaasti erityisesti jäteveden syntyä ja koostumusta. Tämän vuoksi näyttö sijoitettiin automaatiojärjestelmän hierarkiassa jätevedenpuhdistamon alle. Tehtaassa yleiskuvaan tuotiin myös linkitys vesitassenäyttöön. Vesitassenäytössä tuodaan esiin osastoilta syntyviä jätevesiä sekä ylikaaotoja, jotka päätyvät

jätevedenpuhdistamolle. Näytössä esitetään myös valkaisu- ja kuorimolla käytettävien vesijakeiden virtaustietoja, sekä valkaisu-kuivauskone vesitase. Toteutusvaihe koostui tehtaan vesitaseeseen perehtymisestä, näytön suunnittelusta ja toteutuksesta.

5.1 Tehtaan vesitaseeseen perehtyminen

Biotuotetehtaan vedenkäyttö on monimutkainen kokonaisuus, sillä vesijakeet kiertävät tehtaan sisällä useita kertoja. Työn aluksi rajattiin vesijakeet, joiden taseita tutkittiin tarkemmin. Pohjatietoja ja ymmärrystä veden kiertämisestä sellutehtaalla kartutettiin paljon erilaisista lähteistä. Tietojen karttuessa niitä pystyttiin hyödyntämään biotuotetehtaan vesikiertoja tutkiessa. Hankitun pohjatietojen hyödyntämisen kanssa tuli olla tarkkana, sillä sellutehtaat ovat aina yksilöllisiä kokonaisuuksia. Äänekosken biotuotetehtas on vielä moderni tuotantolaitos, jonka kaikista ratkaisuista ei löydy tietoa. Tämä toi oman haasteensa vesitaseiden tutkimiseen.

Tehtaan vesitaseeseen tutustuminen suoritettiin itsenäisesti. Apuna käytettiin tehtaan automaatiojärjestelmää ja sieltä saatavaa dataa sekä tehtaan PI-kaavioita, joista pystyi katsomaan tarkennuksia tarvittaessa. Ymmärryksen karttuessa alkoi hahmottumaan minkälainen näytön rakenne voisi olla ja mitä tietoja siihen tuotaisiin. Kun näyttö alkoi hahmottumaan mielessä, pyrittiin tarkempi selvitystyö kohdentamaan siinä mahdollisesti esitettäviin kohteisiin.

5.2 Tase näytön suunnitleminen

Työtä aloittaessa rajattiin tehtaalla käytettävät vesijakeet, joita tutkittaisiin. Suunnittelun alkuvaiheessa suoritettiin vielä toinen rajaus, jossa mietittiin mitä kohteita luotavassa näytössä esitettäisiin. Rajaamisessa apuna olivat useat tehtaalla työskentelevät osasto- ja kehitysinsinöörit, sekä muuta henkilökuntaa. Henkilöiden kanssa pidettiin vapaamuotoisia palavereita Teamsin välityksellä. Palavereissa vaihdettiin ajatuksia eri osastojen vedenkäytöstä ja mahdollisista kohteista, jotka olisi hyvä tuoda näyttöön näkyviin.

Kun kohteet oli haastatteluiden ja oman harkinnan pohjalta valittu, ensimmäinen vedos näytöstä piirrettiin paperille. Hahmotelmasta sai hieman käsitystä miltä näyttö voisi tulla näyttämään. Kohteita ja niiden järjestystä pohdittiin hieman uudelleen paperisen suunnitelman pohjalta. Kun pape-

rilla suunnitelma alkoi näyttämään hyvältä, näytöstä piirrettiin toinen vedos tietokoneella Microsoft Paint piirto-ohjelmalla. Paint ohjelmaan pystyttiin tuomaan kuvakaappauksien muodossa kohteita tehtaan automaatiojärjestelmästä, jolloin näytön rakenne hahmottui hieman selvemmin. Kun näytön rakenne ja sinne tulevat kohteet olivat kartoitettu, etsittiin tehtaan automaatiojärjestelmästä tuotavien mittauksien osoitteet ja kirjattiin ne Excel tiedostoon. Samaan Excel tiedostoon kirjattiin myös toteutettavien laskentojen kaavat ja niihin vaadittavien mittauksien osoitteet.

5.3 Tasenäytön toteutus

Vesitasenäyttö toteutettiin yhteistyössä tehtaan projekti-insinöörin kanssa. Suunnittelutyön pohjalta näyttö luotiin hyödyntäen Valmetin DNA Explorer sekä Picture Designer ohjelmia. Explorer ohjelmalla pystyttiin tutkimaan olemassa olevia piirejä ja luomaan uusia, joilla tarvittavia laskentoja suoritettiin. Picture Designer ohjelmalla taas luotiin automaatiojärjestelmässä näkyvä näyttö. Luotua tasenäyttöä voidaan hyödyntää tehtaan automaatiojärjestelmän kautta.

Tasenäytön luomisen pohjana hyödynnettiin suunnitteluvaiheessa toteutettua Paint piirrosta sekä luotua Excel tiedostoa. Näytön luominen toteutettiin täysin etänä Teams kokouksien avulla. Tehtaan projekti-insinööri suoritti näytön luomisen ja siihen vaadittavien piirien toteutuksen, suoritetun suunnittelutyön pohjalta. Toteutuksen aluksi näyttöön tuotiin suunnitelmassa esitetyt kohteet. Suurimman osan pystyi kopioimaan jo olemassa olevilta näytöiltä, joka helpotti työtä huomattavasti. Kun kohteet oli saatu tuotua näyttöön, tuotiin suunnitelman mukaiset mittaus- ja käyntitiedot Excel tiedostoon koottujen osoitteiden avulla. Tämän jälkeen siirryttiin luomaan tarvittavia laskentoja.

Laskennat vaativat uusien laskentapiirien luomisen Explorer ohjelmistossa. Piirit toteutettiin Excel tiedostoon koottujen kaavojen avulla. Uusien piirien luomisen jälkeen ne tuotiin näyttöön näkyviin niille varatuille paikoille. Uuden piirin luomisprosessiin kuului myös toimintakuvauksen kirjoittaminen. Toimintakuvauksessa kerrotaan piirin toiminta, sekä siihen liittyvät mittaukset ja vakiot. Suurella tuotantolaitoksella on tärkeää, että piireistä on toimintakuvaukset olemassa. Niiden avulla operaattorit tai muu henkilökunta pystyvät tarvittaessa ymmärtämään piirin toiminnan.

Kun näyttöön oli tuotu kaikki suunnitellut kohteet oli aika suorittaa katselmus (ks. kappale 4.3). Katselmoinnin aikana näyttöä verrattiin yleiseen tyyliohjeeseen, hyvän käyttöliittymän ominaisuuksiin sekä suunnittelun alkuvaiheessa laadittuihin spesifikaatioihin. Katselmuksen lopuksi pyydettiin projektiin osallistuneilta henkilöiltä kommentteja näytöstä, jonka jälkeen suoritettiin pieniä parannuksia. Katselmuksen suorittaminen on todella tärkeää kesken projektin, sillä sen avulla pystytään löytämään kehityskohteita, joille on voinut sokaistua.

Luomisprosessin lopuksi oli aika hioa näytön ulkoasu lopulliseen muotoon ja tarkastaa laskentojen toiminta erilaisissa tilanteissa. Laskentojen toimintaa tarkkailtiin tehtaan erilaisissa ajotilanteissa, jonka jälkeen suoritettiin hienosäätöä. Ulkoasusta siistittiin tekstien, mittautustietojen ja muiden näytössä näkyvien kohteiden skaalaus sopivaksi. Lisäksi taulukoissa olevat tekstit ja mittaukset siirrettiin samaan pystysuoraan linjaan. Lopputuloksena näytöstä saatiin siisti ja helposti hahmotettava kokonaisuus.

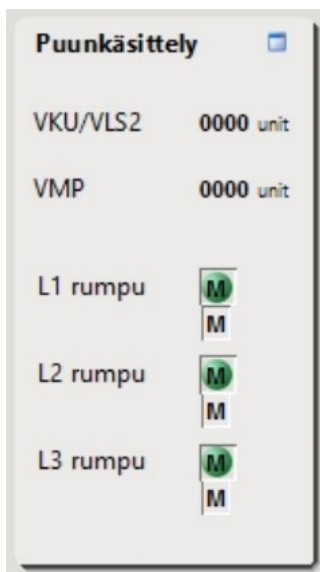
5.3.1 Puunkäsittely

Puunkäsittelyn vesitase on haastava seurattava, sillä vedenkäyttö on riippuvainen kolmen eri kuorinta- ja haketuslinjan ajoista. Yhdellä linjoista haketetaan koivua ja kahdella muulla havupuuta. Linjastot pysähtelevät päivän aikana useita kertoja, joka näkyy hetkellisessä vedenkäytössä. Pysähdykset voivat johtua monesta erilaisesta syystä, kuten häiriöistä, hakekasojen täyttymisestä tai muista huoltotoimenpiteistä. Pysähdykset kestävät yleensä muutamista minuuteista muutamiin tunteihin.

Äänekosken biotuotetehtaan kuorimolla käytetään sekundäärilauhdetta kahdella kolmesta linjasta sulatusvetenä. Sekundäärilauhde tulee kuorimolle samaa linjaa pitkin kuin kaustisoinnissa viherlipeä jäähdyttimessä lämmitettävä kuuma vesi. Sekundäärilauhdesäiliön pinnansäätö on suunniteltu pitämään pinta vakiona, jolloin säiliön vajuustilanteessa sekundäärilauhdetta ei ole välttämättä tarpeeksi saatavilla. Silloin vajetta korvataan haihduttamon päässä lämpimällä vedellä. Tilanteessa, jossa haihduttamolta ei ole saatavilla sekundäärilauhdetta ollenkaan, korvataan se kaustisoinnissa lämmitettävällä kuumalla vedellä. Sekundäärilauhteen käyttö sulatusvetenä vähentää kuuman veden tarvetta. Muu kuorimolla tarvittava vesi on mekaanisesti puhdistettua. Kuorimon vedenkäyttö rakentuu siis näiden kolmen vesijakeen ympärille. Myös mekaanisesti puhdistetun veden käytön vähentämistä sekundäärilauhteen avulla on tutkittu, mutta se on jouduttu toistaiseksi laittamaan

jäihin. Mekaanisesti puhdistetun veden korvaaminen sekundäärilauhteella nosti kiertoveden pH-arvon liian korkeaksi, jonka vuoksi esiintyi kuohaamista. Kuohaamisella tarkoitetaan vaahdon muodostumista nesteen pintaan.

Kuviossa 10 esitetään kuorimon osuus vesitasenäytöstä. Kuorimon osuudessa tiedot perustuvat mittaustietoon ja linjastojen käyntitietoihin. Vesitasenäyttöön tuotiin näkyville kuorimolle tulevien vesijakeiden mittaustiedot yksikössä l/s. VKU/VLS2 kertoo normaalissa tilanteessa sekundäärilauhteen virtauksen kuorimolle. Tilanteissa, jossa sitä joudutaan paikkaamaan kuumalla vedellä mittaus kertoo niiden yhteismäärän. VMP kertoo mekaanisesti käsitellyn veden virtauksen kuorimolle. Lisäksi linjastojen käyntitiedot löytyvät tulevien vesijakeiden mittauksien alta. Käyntitiedot perustuvat kuorintarumpujen moottorien käymiseen. Tietojen avulla voidaan havainnoida linjojen käyntiä ja sen hetkistä vedenkäyttöä, sekä tutkia niiden välisiä korrelaatioita.



Kuvio 10. Vesitasenäyttö kuorimo

5.3.2 Massatehdas

Massatehdas on ehdottomasti suurin biotuotetehtaan vedenkäyttäjä, mikäli ei lasketa jäähdytysvesiä. Massatehtaalla vaiheiden välissä suoritettavat pesut vaativat merkittäviä määriä pesuvettä. Pesuvesi kulkee prosessissa pääsääntöisesti vastavirtaan massan kanssa. Valkaisun D0-vaiheen pesurilla käytetään kuumaa vettä, mutta muuten normaalissa tilanteessa muu pesuveden tarve saa-

daan katettua sekundäärilauhteella ja kuivauskoneen O-vedellä. Tilanteissa, joissa edellä mainittuja vesijakeita ei ole riittävästi saatavilla joudutaan turvautumaan kuumaan veteen. Valkaisussa syntyy happamia sekä alkalisia pesusuodoksia. Happamat pesusuodokset ohjataan puhdistamolle ja suuri osa alkalisista pesusuodoksista hyödynnetään keittämön ja valkaisuon välissä olevalla pesupuristimella. Pesupuristimen suodokset ohjataan vastavirtapesun periaatteen mukaan happidelignifiointiin ja siitä eteenpäin ruskean massan pesuun. Lopulta osa niistä päätyy haihduttamolle. Alkaliset suodokset pystytään siis hyödyntämään todella tehokkaasti massatehtaan pesuissa.

Massatehtaan osuus tasenäytöstä koostuu useista elementeistä. Tasenäyttöön tuotiin valkaisuun tulevat vesijakeet esiin taulukon muodossa, kuumavesilinjojen venttiilitiedot, pesupuristimen ajotieto, EOP-suodossäiliön pinnansäätö sekä trendi-ikkuna valkaisuun jätevesiin. Tulevat vesijakeet taulukon muut arvot paitsi Pesupuristin pesuvesi perustuvat olemassa oleviin mittauksiin. Pesupuristimen pesuveteen suoritettiin laskenta, sillä pesupuristimelle ajetaan sekundäärilauhteen lisäksi myös EOP-suodosta ja tarvittaessa kuumaa vettä.

Pesupuristin pesuvesi

Laskenta toteutettiin yksinkertaistettuna kaavalla $o = a + b - c$

missä a = Pesupuristin pesuvesi 1.
 b = Pesupuristin pesuvesi 2.
 c = EOP-suodos puristimelle.

Laskentapiirin toiminta häiriintyy, mikäli kuumaa vettä tarvitaan paikkamaan muita jakeita tai suodossäiliötä tankataan. Mikäli pesupuristin on ohituksella, piiri ei toimi.

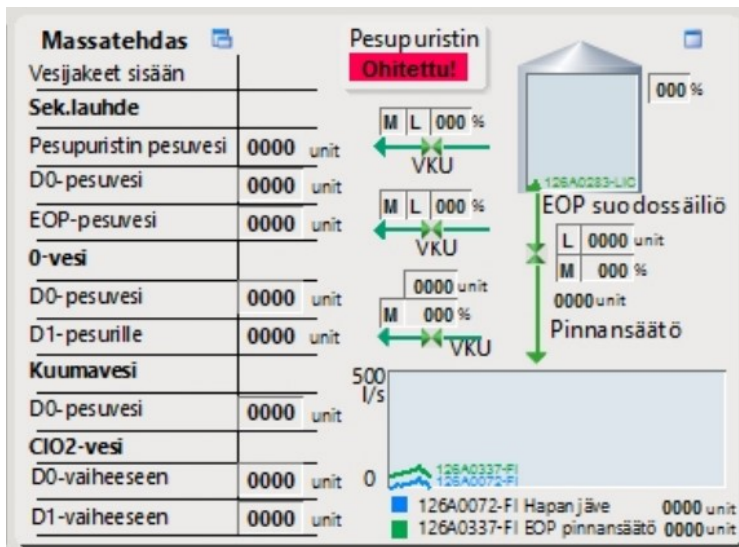
Tilanteessa, jossa sekundäärilauhdetta tai O-vettä ei ole tarpeeksi saatavilla kuumavesilinjojen venttiilit aukeavat. Kuumavesilinjat ovat tuotu näytössä niiden jakeiden viereen, johon ne yhdistyvät prosessissa. Pesupuristimella ja EOP-pesurilla kuuma vesi sekä sekundäärilauhde kulkevat samaa linjaa. Kummankaan jakeen omassa linjassa ennen yhdistymistä ei ole virtausmittaria. Ainoa virtausmittari on yhdistymisen jälkeen. Tämän vuoksi sekundäärilauhteen virtausmäärä pesupuris-

timelle ja EOP-pesuvaiheeseen vääristyy tilanteissa, joissa kuumaa vettä joudutaan hyödyntämään. Tämä indikoidaan näytössä virtausmäärän muuttumisella keltaiseksi, josta voidaan havainnoida tilanne. Lisäksi D1-pesurille tulevan 0-vesi virtauksen viereen on tuotu 0-vesilinjaan yhdistyvän kuumavesilinjan venttiilitieto. Tässä kohteessa 0-veden virtaus ei vääristy vaikka kuumaa vettä jouduttaisiinkin hyödyntämään.

Pesupuristimen toiminta on oleellinen osa massatehtaan vedenkäyttöä. Pesupuristin sijaitsee happidelignifioinnin ja valkaisu välissä. Sen avulla saadaan massasta erotettua loput alkalisesta suodoksesta ennen valkaisuun happamaan DO-vaiheeseen ajamista. Pesupuristimen tehokkaan pesun vuoksi valkaisussa ei tarvitse käyttää niin paljoa kemikaaleja. Pesupuristimen käyntitieto haluttiin tuoda näyttöön esille sen toiminnan merkittävyyden vuoksi. Käyntitieto näkyy näytössä tekstinä *Ajossa* tai punaisena vilkkuvana *Ohitettu!*.

Valkaisuun jätevedet muodostavat merkittävän osan biotuotetehtaan jätevesistä, joten ne haluttiin tuoda esille. Valkaisuun jätevedet koostuvat D1- ja EOP-suodossäiliöstä lähtevistä jakeista. Massatehtaan osuuden oikeaan alakulmaan sijoitettiin trendi-ikkuna, josta voidaan havainnoida jätevesijakeiden virtauksien kehittymistä. Lisäksi EOP-suodossäiliö ja siitä lähtevä linja sekä venttiili, jolla pinnansäädön virtausmäärää ohjataan tuotiin näyttöön näkyviin. Näillä kohteilla lisätään käyttäjälle hahmotettavuutta ja kontaktipintaa jätevesivirtaukseen.

Massatehtaan osuudesta voidaan havainnoida valkaisuun pesuihin johdettavien jakeiden virtamaat sekä nähdään osastolla syntyvän jäteveden kehitys trendi-ikkunan muodossa. Jätevesi virtaamien seurannalla voidaan havaita mahdollisia ongelmatilanteita ja reagoida niihin. Lisäksi pystytään havainnoimaan joudutaanko kuumaa vettä hyödyntämään valkaisuun pesuissa, muiden jakeiden ti- lalla. Massatehtaan osuus on esitetty kuviossa 11.

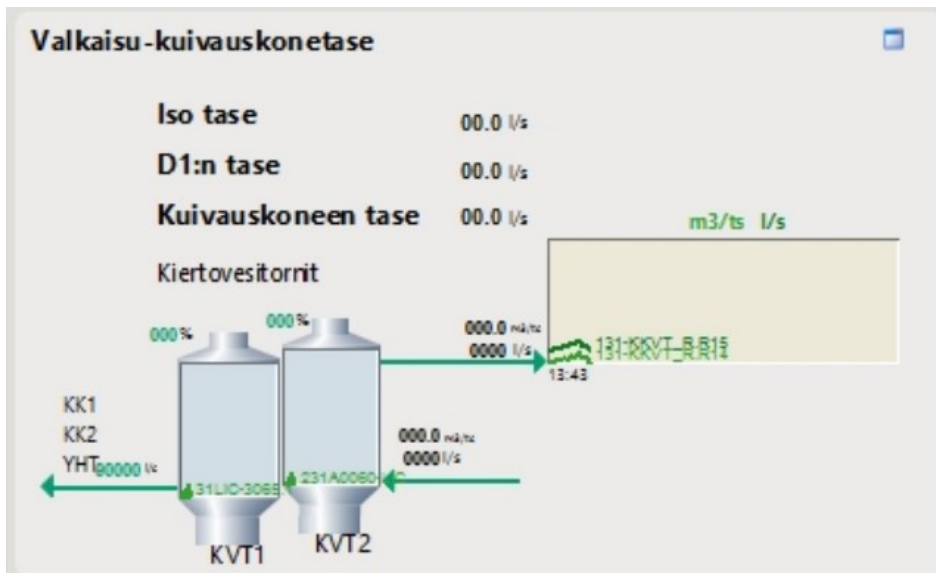


Kuvio 11. Vesitase näyttö massatehdas

5.3.3 Valkaisu-kuivauskonetase

Valkaisu-kuivauskonetase osuus on kopioitu tehtaan automaatiojärjestelmässä olevasta näytöstä. Näyttö on luotu kuivauskoneen vesitaseen seurantaan jo aikaisemmin. Aikaisemmin toteutetusta näytöstä tuotiin taselaskennat sekä kuivauskoneiden kiertovesitornit ja niiden ylikaadosta trendi-ikkuna. Kuivauskoneen tase kertoo kiertovesitornien ylikaadon määrän. D1:n tase laskee vaiheen suodossäiliön taseen. Iso tase taas kertoo valkaisu loppupään ja kuivauskoneen yhteisen taseen. Osuuden oikeaan yläkulmaan liitettiin pop-up linkki olemassa olevaan näyttöön, jota kautta pääsee tarkastelemaan tasetta tarkemmin.

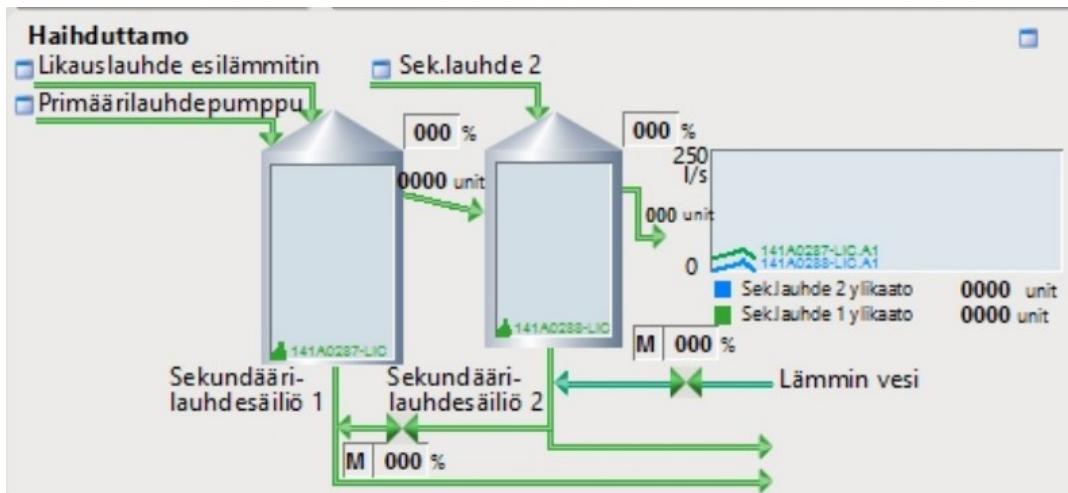
Valkaisu ja kuivauskoneen vesitaseet ovat toisistaan hyvin riippuvaisia. Kuivatuksessa massan kuiva-ainepitoisuus nostetaan noin 90 prosenttiin, jolloin siitä erotetaan vettä suuri määrä. Kaikkea vedestä ei tarvita kuivauskoneella, joten sitä hyödynnetään valkaisu pesu- ja massan haku- vetenä. Mikäli osastojen välillä on suuria nopeuseroja, voidaan tätä kuivauskoneella syntyvää 0-vettä joutua kaatamaan yli tai paikkaamaan muulla vesijakeella. Ylikaato joudutaan johtamaan jätevedenpuhdistamolle. Ylikaadon määrä on tärkeää pystyä minimoimaan, jottei se kuormita jätevedenpuhdistamo. Kuviossa 12 on esitetty valkaisu-kuivauskonetase osuus näytöstä.



Kuvio 12. Vesitasenäyttö valkaisu-kuivauskonetase

5.3.4 Haihuttamo

Haihuttamon osuus vesitasenäytöstä koostui sekundäärilauhdesäiliöistä ja niiden ylikaatoihin toteutetuista laskennoista. Sekundäärilauhde pyritään hyödyntämään 100 prosenttisesti tehtaan prosesseissa. On tilanteita, jolloin sekundäärilauhdetta ei ole tarpeeksi saatavilla sen käyttökohteisiin. Säiliön 2 lähtevää virtausta pystytään paikkamaan haihuttamalla tuotettavalla lämpimällä vedellä. Lisäksi on mahdollisuus ajaa säiliöstä 2 sekundäärilauhdetta säiliön 1 lähtöpuolelle. Vajaus tilanteita esiintyy erityisesti, kun ajetaan kovilla tuotantonopeuksilla. Koivua ajetaan tyypillisesti kovempaa kuin havua, joten vajaudet esiintyvät pääsääntöisesti niiden jaksojen aikana. Hitaammalla tuotantonopeudella ajettava havupuun aikana taas tapahtuu suurin osa säiliöiden ylikaadoista. Näyttöön rakennettiin ylikaatojen laskennat ja niistä trendi-ikkuna. Näytön avulla sekundäärilauhdesäiliöiden tasetta on helpompi seurata ja saadaan jätevedenpuhdistamolle johdettavasta ylikaadosta laskennallinen arvio. Kuviossa 13 on esitetty haihuttamon osuus taseenäytöstä.



Kuvio 13. Vesitasenäyttö haihuttamo

Haihuttamolla on kaksi sekundäärilauhdesäiliötä 1 ja 2. Säiliö 1 sisältää puhtaampaa jätettä ja säiliö 2 likaisempaa. Mikäli säiliö 1 täyttyy, niin se kaataa yli säiliöön 2. Säiliö 2:n ylikaato päättyy alkaliuonemäriä pitkin jätevedenpuhdistamolle. Sekundäärilauhdesäiliö 2:n ylikaatoon rakennettiin laskenta, joka kertoo puhdistamolle päätyvän jäteveden määrän. Lisäksi säiliöiden väliseen ylikaatoon luotiin myös laskenta. Laskennat eivät ole täydellisiä, koska osassa kohteista ei ole virtausmittauksia. Nämä kohteet ovat korvattu laskennoissa vakiolla. Lisäksi molemmat laskennat häiriintyvät, mikäli pesupuristin on ohituksella.

Sekundäärilauhdesäiliö 1:n ylikaato

Ehdoksi ylikaadolle on asetettuna, että säiliön pinta on vähintään 99% sekä laskenta antaa positiivisen arvon.

Ylikaato lasketaan yksinkertaistettuna kaavalla $o = (a + b + c) - (d + e)$

missä a = Stripperistä tuleva virtaus. Arvo a huomioidaan laskennassa, mikäli stripperistä tulevan jakeen puhtaus on vaaditulla tasolla. Muuten jae menee vuotolipeäsäiliöön.
 b = Primäärilauhdepumpulta tuleva virtaus. Arvo b huomioidaan laskennassa, mikäli primäärilauhde on päässyt likaantumaan prosessissa ja se käännetään sekundäärilauhdesäiliöön.

c = Paisunta-astialta tuleva virtaus.

d = Sekundäärilauhde massatehtaalle. Arvo häiriintyy, mikäli pesupuristin on ohitussella.

e = Vakio 5 l/s. Vakiolla korvataan pienemmät käyttökohteet, joissa ei ole virtausmittausta.

Sekundäärilauhdesäiliö 2:n ylikaato

Ehdoksi ylikaadolle on asetettuna, että säiliön 1 pinta on vähintään 99% sekä laskenta antaa positiivisen arvon.

Ylikaato lasketaan yksinkertaistettuna kaavalla $o = (a + b) - (c + d)$

missä a = Paisunta-astialta tuleva virtaus.

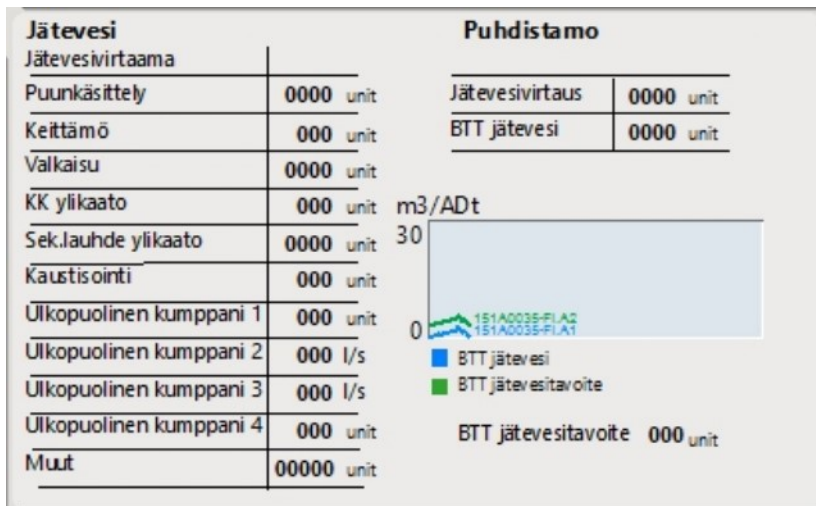
b = Sekundäärilauhdesäiliö 1:n ylikaato. Huomioidaan laskennassa, mikäli säiliön 1 pinta on vähintään 99% ja sen ylikaadon laskenta antaa positiivisen arvon.

c = Sekundäärilauhde kaustisointiin.

d = Vakio 40 l/s. Vakiolla korvataan pienemmät käyttökohteet, joissa ei ole virtausmittausta.

5.3.5 Puhdistamo ja jätevesi

Biotuotetehtaan vedenkäyttö kulminoituu puhdistamolle tulevan jäteveden määrään. Kuviossa 14 esitetään puhdistamo ja jätevesi osuus näytöstä. Jäteveden osuus koostuu taulukosta, jossa eritellään osastoilta tulevia jätevesivirtaamia. Puhdistamon kohtaan tuotiin esille saapuva kokonaisvirtaama sekä siitä johdettu laskenta BTT jätevesi, joka kertoo tehtaan kokonaisjätevesimäärää suhteutettuna tuotantoon. Tästä arvosta lisäksi luotiin trendi-ikkuna sen merkittävyyden vuoksi. Samaan trendi-ikkunaan tuotiin tehtaan vuosittainen tavoitearvo näkyviin. Näyttöä katsoessa tästä osiosta saa hyvän käsityksen tehtaan vedenkäytöstä ja tavoitteiden toteutumisesta.



Kuvio 14. Vesitasenäyttö jätevesi

Jätevesi taulukossa on esitetty merkittävimmät jäteveden virtaukset sekä ulkoisten kumppanien virtaukset, jotka tulevat tehtaan jätevedenpuhdistamolle. Ulkopuolisten kumppanien nimiä ei tuoda työssä esiin yritysten yksityisyydensuojan vuoksi. Osa arvoista pystyttiin tuomaan suoraan mittauksesta ja osaan jouduttiin suorittamaan yksinkertaisia yhteenlaskuja, jotta saatiin kohteesta tuleva kokonaisvirtaus. Lisäksi luotiin taulukon loppuun laskenta, jossa vähennetään puhdistamolle saapuvasta kokonaisvirtauksesta taulukossa esitetyt arvot. Laskennan avulla voidaan havaita, mikäli tehtaan muista kohteista syntyy merkittäviä määriä jätevettä. Taulukon arvot ovat yksikössä l/s.

Taulukon avulla voidaan tarkkailla yksittäisten kohteiden jätevesivirtamaan muutoksia. Virtausmäärien esittäminen tällaisessa erillisessä taulukossa mahdollistaa niiden helpon ja nopean seurannan. Osiota tarkkaillen voidaan havaita mahdolliset ongelmat osastoilla ja niihin pystytään sen jälkeen reagoimaan. Lisäksi taulukon avulla saadaan hyvä käsitys osastoilla syntyvästä jäteveden määrästä ja sen vaikutuksia puhdistamolle saapuvaan kokonaisvirtaamaan.

6 Tulokset

Opinnäytetyön päätavoitteena oli Äänekosken biotuotetehtaan vedenkäytön vähentäminen ja reagoit nopeuden lisääminen vedenkäytöllisissä ongelmatilanteissa. Tähän pyrittiin pääsemään luomalla vedenkäytön seurantatyökalu automaatiojärjestelmään. Tavoitteiden saavuttamiseksi oli perehdyttävä tehtaan vedenkäyttöön, käytettäviin vesijakeisiin ja niiden kiertoon prosesseissa.

Lisäksi oli kartutettava osaamista automaatiojärjestelmään toteutettavan näytön suunnittelemisesta. Tavoitteisiin pääsemisen tueksi työn alussa määritettiin seuraavat tutkimuskysymykset:

- Mistä sellutehtaan vedenkäyttö koostuu?
- Miten automaatiojärjestelmää voidaan hyödyntää vedenkäytön hallinnassa?
- Kuinka suunnitella informatiivinen näyttö automaatiojärjestelmään?

Työssä pystyttiin kartoittamaan kattavasti mistä sellutehtaan vedenkäyttö koostuu, sekä automaatiojärjestelmän mahdollisuuksiin vedenkäytön hallinnassa. Lisäksi perehdyttiin automaatiojärjestelmässä käytettäviin erilaisiin näyttöihin ja niiden suunnittelun periaatteisiin. Lopputulemana voitaisiin siis sanoa, että kaikkiin tutkimuskysymyksiin vastattiin opinnäytetyöprosessin aikana.

Kysymysten avulla saavutettu teoriapohja toimi perustana myös työn toteutusvaiheelle.

Opinnäytetyön merkittävimpänä tuloksena luotiin ja käyttöön otettiin vesitasenäyttö Äänekosken biotuotetehtaan automaatiojärjestelmään. Näytöstä pidettiin lisäksi esittelytilaisuus tehtaan henkilökunnalle, jossa sen rakennetta ja sisältöä käsiteltiin. Näytön avulla voidaan tarkkailla tehtaalta valikoitujen kohteiden virtauksia ja taseita. Näyttö on erityisen hyvä jäteveden koostumuksen ja jätevedenpuhdistamon kuormituksen seurantaan. Suoria vaikutuksia tehtaan vedenkäyttöön on heti vaikea arvioida, mutta näyttö toimii uutena työkaluna vedenkäytön seurannassa ja hallinnassa. Tehtaan vedenkäytön seuraaminen ja tehostaminen on jatkuvaa työtä, joka vaatii kaikkien työntekijöiden osallistumista. Käytössä olevien työkalujen ja nyt luodun näytön avulla voidaan myös havaita veteen liittyviä ongelmatilanteita hyvissä ajoin ja niihin päästään reagoimaan ripeästi.

Opinnäytetyölle määritetyt tavoitteet saavutettiin, kun vesitasenäyttö pystyttiin luomaan ja tuomaan tehtaan henkilöstön käytettäväksi automaatiojärjestelmään. Vedenkäytön vähenemisessä tulokset näkyvät mahdollisesti tulevaisuudessa. Vesitasenäyttöä on tärkeää päivittää tehtaan kehityksen mukana, jolloin siinä esitetyt tiedot ovat aina ajantasaisia.

7 Kehitysehdotukset ja pohdinta

Opinnäytetyöprosessin aluksi oli tarkoitus luoda osastoille omat vesitasenäytöt sekä tehdastason koontinäyttö. Työn edettyä suunnitteluvaiheeseen päädyttiin ensiksi toteuttamaan koontinäyttö. Koontinäyttöä suunnitellessa täsmentyi, että osastokohtaisiin näyttöihin ei välttämättä olisi tarpeeksi esitettävää tietoa suoritettujen selvitysten pohjalta. Tulevaisuudessa voidaan pohtia, jos jollekin osastolle haluttaisiin kehittää vielä oma vesitasenäyttö. Lisäksi lähitulevaisuudessa jatkokehityksenä näyttöön voitaisiin tuoda lisää mittarointia ja raja-arvoja, jolloin käyttäjälle olisi helpompaa hahmottaa hetkellinen tilanne. Niiden tuominen näyttöön vaatisi lisää suunnittelu- sekä selvitystyötä.

Luotu vesitasenäyttö helpottaa tehtaan vedenkäytön seurantaan, erityisesti jäteveden osalta. Näyttö toimii tulevaisuudessa yhtenä työkaluna henkilöstön apuna. Luodusta näytöstä pyrittiin toteuttamaan selkeä kokonaisuus, jonka voi vilkaista nopeasti operoinnin lomassa. Työkalu, joka koostuu eri osastoilta tulevia jakeita helposti saavutettavaan muotoon, aktivoi toivottavasti henkilöstöä käyttämään sitä arkipäiväisessä käytössä. Suuren tehtaan tehokas vedenkäyttö vaatii aktiivista seurantaan ja ymmärrystä prosessien toiminnasta.

Työ toteutettiin hyvää tieteellistä käytäntöä ja eettisesti kestäviä toimintatapoja noudattaen. Jokaisessa vaiheessa pyrittiin yleiseen huolellisuuteen ja tarkkuuteen. Tiedonhankinta prosessissa käytettiin lähdekritiikkiä ja pyrittiin löytämään ensisijaiset lähteet. Lähdeviitteet tuotiin työhön selkeästi Jyväskylän ammattikorkeakoulun ohjeistuksen mukaan. Selvitys-, suunnittelu- ja toteutusvaiheessa käsiteltiin toimeksiantajalta saatuja materiaaleja sekä järjestelmiä vastuullisesti.

Opinnäytetyö suoritettiin lähes kokonaan etänä, osin vielä työn alkuvaiheessa vallinneen koronaviruspandemian vuoksi. Kommunikointi hoitui pääsääntöisesti Microsoft Teamsin ja Outluukin kautta. Teamsissa pidettiin säännöllisin väliajoin seurantapalavereita, joihin oli kutsuttu kaikki projektissa mukana olevat henkilöt. Haluankin kiittää toimeksiantajaa ja projektissa mukana olleita henkilöitä tästä mahdollisuudesta. Aihe oli hyvin haastava ja mielenkiintoinen kokonaisuus, josta karttui paljon oppia useilta osa-alueilta. Lisäksi kiitän ohjaajia niin koulun kuin toimeksiantajan puolelta opinnäytetyöprosessin aikana saamasta avusta ja tuesta.

Lähteet

Ainutlaatuinen biotuotetehdas-konseptimme. N.d. Metsä Fibre sivustoilla julkaistu artikkeli biotuotetehdaskonseptista. Viitattu 28.3.2022. <https://www.metsafibre.com/fi/yhtio/Pages/Biotuotetehdaskonsepti.aspx>.

Bajpai, P. 2012. Biotechnology for pulp and paper processing. New York: Springer.

Bajpai, P. 2010. Environmentally friendly production of pulp and paper. Hoboken: Wiley.

Dahl, O. 2008. Papermaking science and technology: Book 19, Environmental management and control. 2. p. Helsinki: Finnish Paper Engineers' Association.

Energia, ympäristö, talous ja turvallisuus. 2022. Sellunvalmistuksen oppimisympäristö KnowPulp. Viitattu 15.3.2022. <https://www.knowpulp.com>, KnowPulp.

Kananen, J. 2012. Kehittämistutkimus opinnäytetyönä: kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Massa- ja paperiteollisuuden päästöt vesistöihin. 2021. Metsäteollisuus ry. Viitattu 7.3.2022. <https://www.metsateollisuus.fi/uutishuone/massa-ja-paperiteollisuuden-paastot-vesistoihin>.

Mehta, B. & Reddy, Y. 2015. Industrial process automation systems: Design and implementation. Amsterdam: Elsevier.

McDaniel, C. N.d. Design Tips to Create a More Effective HMI. Kirjoitus HMI-käyttöliittymien suunnittelusta. Viitattu 12.4.2022. <https://blog.isa.org/design-tips-effective-industrial-machine-process-automation-hmi>.

Metsä Fibren Oy vuosikatsaus 2021. Viitattu 28.3.2022. <https://annualreview.metsafibre.com/Metsa-Fibren-vuosikatsaus-2021.pdf>.

Metsäteollisuus on tehnyt pitkäjänteistä vesiensuojelutyötä. 2020. Metsäteollisuus ry sivustoilla julkaistu artikkeli. Viitattu 7.3.2022. <https://www.metsateollisuus.fi/uutishuone/metsateollisuus-on-tehnyt-pitkajanteista-vesiensuojelutyota>.

Pernaa, J. 2013. Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä. Viitattu 4.4.2022. https://tuhat.helsinki.fi/ws/files/127650174/2013_Pernaa_KT_tutkimusmenetel-mana_KT_kirja.pdf.

Raaka-aineet. 2022. Sellunvalmistuksen oppimisympäristö KnowPulp. Viitattu 20.3.2022. <https://www.knowpulp.com>, KnowPulp.

Sixta, H. 2005. Handbook of pulp. Weinheim: Wiley-VCH.

Solukko. N.d. Puuproffan sivustoilla julkaistu kirjoitus puun rakenteesta. Viitattu 20.4.2022. <https://puuproffa.fi/puutieto/puun-kerrokset/solukko/>.

Sulfaattisellun valmistus. 2022. Sellunvalmistuksen oppimisympäristö KnowPulp. Viitattu 15.3.2022. <https://www.knowpulp.com>, KnowPulp.

Tuotannon hallinta ja automaatio. 2022. Sellunvalmistuksen oppimisympäristö KnowPulp. Viitattu 29.3.2022. <https://www.knowpulp.com>, KnowPulp.

Tran, H. & Vakkilainen, E. 2016. The kraft chemical recovery process. Online artikkeli. Viitattu 10.5.2022. <https://www.researchgate.net/publication/267565045> THE KRAFT CHEMICAL RECOVERY PROCESS.

Valvomo: Suunnittelun periaatteet ja käytännöt. 2011. Toim. T. Tommila. 2. p. Helsinki: Suomen automaatioseura.

Vedenkäyttöä vähennetään järjestelmällisesti. 2022. Metsä Fibren sivustoilla julkaistu artikkeli. Viitattu 17.3.2022. <https://www.metsafibre.com/fi/media/Erinomaisuus-ja-Innovaatiot/Pages/Vedenkayttoa-vahennetaan-jarjestelmallisesti.aspx>.

Äänekosken biotuotetehdas. N.d. Metsä Fibren sivustoilla oleva tuotantolaitoksen esittely. Viitattu 28.3.2022. <https://www.metsafibre.com/fi/yhtio/Tuotantolaitokset/Biotuotetehdas/Pages/default.aspx>.

Liitteet

Liite 1. Vesitasenäyttö

