

Ari Hannola

Prosessiraportoinnin kehitys

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

12.5.2015

Tekijä(t) Otsikko	Ari Hannola Prosessiraportoinnin kehitys
Sivumäärä Aika	30 sivua + 2 liitettä 12.5.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Automaation tietotekniikka
Ohjaaja(t)	suunnittelupäällikkö Jarmo Antikainen lehtori Markku Inkinen
<p>Tämä insinööriyö tehtiin FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy:lle Työn tarkoituksena oli suunnitella seurantanäyttö lisäosana sähköiseen raportointiohjelmistoon KPI-mittareita hyödyntäen. Tavoitteena oli suunnitella seurantanäyttö olemassa olevalle jätevedenpuhdistamolle.</p> <p>Teoriaosuuteen sisältyi jäteveden puhdistusprosessiin perehtyminen ja siihen liittyvien tunnuslukujen vertailu. Työssä pohdittiin, mitkä ovat hyödyllisimmät optimaalisen puhdistustuloksen aikaansaamiseksi ja resurssien säästämiseen sekä taloudellisten kustannuksien seuraamiseen.</p> <p>Konkreettiseen osuuteen sisältyi seurantanäytön suunnitelma ja jätevedenpuhdistamon prosessi-insinööriin haastattelemisen seurantanäytön tarpeista sekä mahdollisten KPI-mittareiden toteutusmahdollisuuden selvittäminen tutkimalla jätevedenpuhdistamon tietokantaa.</p> <p>Tässä insinööriyössä selvitetään jäteveden puhdistusprosessia ja käydään läpi miten tunnusluvut voidaan esittää käyttäjille. Työn tuloksena syntyi jätevedenpuhdistamon seurantanäytön suunnitelma josta voidaan seurata erilaisia puhdistamon tunnuslukuja.</p>	
Avainsanat	vesihuolto, suorituskyky, jäteveden käsittely

Author(s) Title	Ari Hannola Process reporting development
Number of Pages Date	30 pages + 2 appendices 12 May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Engineering
Specialisation option	Information Technology In Automation
Instructor(s)	Jarmo Antikainen, Planning Manger Markku Inkinen, Senior Lectuer
<p>This thesis was commissioned by FCG Design and Engineering Ltd. The Purpose of this thesis was to design monitoring display as an additional part to an electronic reporting program by utilizing key performance indicators. The aim was to design a monitoring display for an existing wastewater treatment plant.</p> <p>The theory part included familiarization of a wastewater cleaning process to identify the key figures of a wastewater treatment plant. Also, a comparison was made to find out which are the most effective ones in order to achieve optimal cleaning results and to track the use of resources and economic costs.</p> <p>During this project, concrete work included planning the monitoring display layout and interviewing wastewater treatment plant's process engineer about the requirements of the monitoring display. Also the work included research of the wastewater treatment plant database to find out which key performance indicators are realizable.</p> <p>This thesis describes the wastewater cleaning process and examines a variety of visual techniques how to demonstrate key figures to users. As a result, a monitoring display layout which can track a variety of key figures was obtained.</p>	
Keywords	water management, performance, wastewater treatment

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Vesihuolto	1
2.1	Jätevedenpuhdistus	1
2.2	Hermanninsaaren jätevedenpuhdistamo	4
2.2.1	Käsittelyprosessi	5
2.3	Automaation hyödyt	6
2.4	Puhdistamon käyttö ja ylläpito	7
2.5	Ympäristölupa	8
2.6	Tulevaisuus	9
3	FCGsmart	9
4	Vera	9
5	KPI	10
5.1	Suorituskyky	11
5.2	KPI-Mittarit	11
5.3	Hyvän näytön vaatimukset	13
5.4	Graafiset mittarit	14
5.4.1	Digitaaliset mittarit	14
5.4.2	Analogiset mittarit	14
5.4.3	Trendinäytöt	15
5.4.4	Kehittyneet mittarit	16
5.5	Historiadatan kerääminen ja esittäminen	16
5.6	Tilastollinen analyysi	17
6	Jätevedenpuhdistamon haastattelut	17
7	Jätevedenpuhdistamon seurantanäyttö	18
7.1	Kerättävä tieto prosessista	18
7.2	Puhdistamon tunnusluvut	18
7.2.1	Ympäristö	18
7.2.2	Tehokkuus	19
7.2.3	Kustannus	20

7.2.4	Prosessi	20
7.3	Jätevedenpuhdistamon seuranta näyttö	21
7.3.1	Seuranta näyttön esityspaikka	22
7.3.2	Seuranta näyttön suunnittelutyökalun valinta	22
7.4	Mittareiden suunnitelmat	23
7.4.1	Tuleva jätevesi	23
7.4.2	Ravinteiden poisto	25
7.4.3	Sähkönkulutus	26
7.4.4	Puhdistustulos	27
7.4.5	Kustannukset	28
8	Työnkulku	29
9	Yhteenveto ja päätelmät	30
	Lähteet	31
	Liitteet	
	Liite 1. Kysymykset Porvoon jätevedenpuhdistamolle	
	Liite 2. Jätevedenpuhdistamon seuranta näyttön kuva	

Lyhenteet

KPI	Key Performance Indicator
IWA	International Water Association
BOD	Biokemiallinen hapenkulutus
COD	Kemiallinen hapenkulutus
PAH	Polysykliset Aromaattiset Hiilivedyt
AVL	Puhdistamon asukasvastineluku
HMI	Human Machine Interface

1 Johdanto

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy tarjoaa laaja-alaisesti vesihuollon, yhdyskunta-, talo- ja korjausrakentamisen suunnittelua sekä ympäristökonsultointia. Suunnittelutoiminnassa tehdään tiivistä yhteistyötä asiakkaan kanssa ja hyödynnetään koko maan kattavaa asiantuntijaverkostoa. FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy kuuluu FCG konserniin, joka on yksi Suomen suurimmista monialaisista konsulttiyrityksistä.

Työn tavoite on suunnitella jätevedenpuhdistamon graafinen seurantanäyttö KPI-mittareita hyödyntäen. Työssä keskitytään pidemmän ajan mittauksiin ja laboratoriotuloksiin joista jalostetaan tärkeimmät tiedot näyttöön, kuten virallisiin näyttenottohin joita tehdään kahden viikon välein. Työssä selvitetään jätevedenpuhdistamon kokonaistoinnin seurantaan sopivia suureita ja mittareiden erilaisia graafisia esitystapoja. Seurantanäytön tarkoitus on havainnollistaa puhdistamon toimintaa paremmin.

2 Vesihuolto

Vesihuolto sisältää viemäroinnin eli jäteveden, huleveden ja perustusten kuivatusveden poisjohtamisen ja käsittelyn. Puhdistettu jätevesi johdetaan vesistöihin ja erotettu liete jälkikäsitellään. Juomaveden puhdistus pinta- tai pohjavesistä kuuluu myös vesihuoltoon. Tavoitteena on saada korkealaatuista vettä käyttäjille ja tehdä asianmukaiset viemäroinnit. Puhdistettu jätevesi puhdistetaan asetettujen vaatimusten ja suositusten mukaan. [1]

2.1 Jätevedenpuhdistus

Ympäristön suojelemisen kannalta jätevedenpuhdistus on välttämätöntä. Jätevedestä poistetaan fosforia, typpeä, ravinteita, orgaanista ainetta ja haitallisia mikrobeja. Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot on suunniteltu poistamaan nimenomaan näitä aineita. Poistettavat aineet rehevöittävät merivesiä sinne päätyessään. Tällä hetkellä Suomessa on noin 500 yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoja. Yli 10 000 asukasta palvelevia puhdistamoita on noin 90 kappaletta. Yhdyskuntavesien puhdistuksessa täytyy jo-

kaisella yli 100 asukkaan puhdistamolla olla ympäristölupa, jossa käsittelyvaatimukset on tapauskohtaisesti asetettu olosuhteiden perusteella. [2]

Suurin osa Suomen jätevedenpuhdistamoista ovat aktiivilietelaitoksia, joka on todettu tällä hetkellä tehokkaimmaksi puhdistustavaksi. Jätevettä voidaan myös puhdistaa membraaneilla eli kalvosuodatustekniikalla.

Ympäristövaikutuksina jätevesikäsittely aiheuttaa päästöjä pääasiassa veteen. Toiminnasta syntyy lisäksi melua ja hajuhaittoja sekä kiinteitä jätevirtoja. Jätevesien mukana vesistöihin pääsee haitallisia aineita, jotka kuluttavat happea, rehevöittää vesistöä ja heikentävät veden laatua sekä hygieniatasoa. Vesistövaikutuksen suuruus riippuu puhdistamon kapasiteetista, sijainnista ja puhdistustehosta sekä vastaanottavan vesistön luonteesta. Jätevesien käsittelyn tehostuminen on vähentänyt vesistökuormitusta erityisesti orgaanisen ja fosforin osalta, joiden puhdistustehot ovat 95% suuruusluokkaa. [3]

Puhdistetun jäteveden sisältämä kiintoaine aiheuttaa vastaanottavassa vesistöissä rantojen ja pohjasedimentin liettymistä sekä samentumista. Kiintoaineessa on sitoutuneena fosforia ja orgaanista ainetta, jotka ympäristöön päästessään edesauttavat rehevöitymistä ja lisää hapenkulutusta. [3]

Ravinteiden aiheuttaman rehevöitymisen lisäksi jätevesissä on happea suoraan kuluttavia aineita. Merkittävimmät ovat ammoniumtyppi ja orgaaninen aines. Orgaaninen aines on luonnosta peräsin olevaa eloperäistä ainetta, jota kuvataan suurella biologinen hapenkulutus (BOD). BOD on määrittäminen menetelmä, jolla selvitetään paljon vesi kuluttaa happea. Jätevesi kuluttaa happea bakteeritoiminnan johdosta, kun luontainen bakteeritoiminta hajottaa ja käyttää orgaanista ainetta ravintonaan. Ammoniumtyppi kuluttaa happea nitrifikaatioprosessin aikana hapettuessaan nitraatiksi. Ympäristöön nitrifikaatiolla on happamoittava vaikutus. Nitrifikaatio riippuu suuresti lämpötilasta ja se on vesistöissä suurimmillaan kesäajan lämpimissä vesissä ja pienimillään talven kylmissä vesimassoissa. Hapenkulutusta mitataan myös kemiallisena hapenkulutuksena COD, johon sisältyy myös vaikeammin hajoavan aineksen aiheuttama hapenkulutus. COD on tehokkaampi hapenkulutuksen määrittäminen menetelmä kuin BOD. [3]

Haitallisia aineita prosessissa ovat tahattomasti syntyviä yhdisteitä, kuten PAH-yhdisteet, jotka aiheuttavat syöpää tai mutaatioita. Haitallisia aineita ovat myös ympä-

ristöstä luonnostaan esiintyvät aineet, kuten raskasmetallit, joilla on huomattu tai epäillä olevan haitallisia vaikutuksia ihmisiin ja ympäristöön.

Yhdyskuntien jätevesi sisältää kotitalouksista tai tuotanto- ja palvelutoiminnasta peräisin olevia haitallisia ja vaarallisia yhdisteitä. Tuotantolaitosten päästöjä on vähennetty, mikä antaa muille haitallisten aineiden päästölähteille entistä suuremman merkityksen. Tällaisia päästölähteitä ovat esimerkiksi kotitalouksista käytetyt kemikaalit, kuten lääkkeet, kosmetiikka ja muut kulutustuotteet, terveydenhuollosta peräisin olevat haitalliset aineet sekä muut hajapäästöt. Näiden haitallisten aineiden määrä ja vaikutukset eivät ole täysin tiedossa. [3]

Jätevedenpuhdistamoiden biologiset prosessit poistavat tehokkaasti taudinaiheuttajia. Puhdistetussa jätevedessä on silti edelleen jäljellä runsaasti tauteja aiheuttavia mikrobeja. Kasvuolosuhteet ovat kuitenkin epäedulliset, joten useimmat näistä eivät säily pitkään vesistöissä ja ajan myötä ne kuolevat. Virukset, kuten noro- ja rotavirus kulkeutuu osittain puhdistusprosessin läpi ja ovat hyvin kestäviä vesistöissä. Puhdistetun jäteveden purkupisteet on valittava huolellisesti, koska purkupiste ja siellä vallitsevat sekoittumisolosuhteet ja laimentumisolosuhteet vaikuttavat merkittävästi vesistöjen hygieeniseen tilaan. [3]

Jätevedenpuhdistamolta ilmaan aiheutuneet päästöt eivät sisällä vaarallisia määriä terveydelle akuutisti haitallisia aineita. Jätevedenpuhdistuksen ilmastovaikutuksia voidaan pienentää optimaalisella energiankäytöllä ja mädätyksessä syntyvän biokaasun käytön lisäämisellä. [3]

Tällä hetkellä jätevedenpuhdistamoita useimmiten operoidaan ilman prosessin optimointia. Puhdistamon henkilöstö useimmiten ajattelee, että prosessin optimointi ei ole tarpeellista, koska järjestelmä on suunniteltu puhdistamon vaatimuksille. Uusi suunnittelutyö on pois liikevoitosta jonka johdosta saadaan heikompaa suorituskykyä.

2.2 Hermanninsaaren jätevedenpuhdistamo

Hermanninsaaren puhdistamo (kuva 1) käsittelee Porvoon seudun jätevedet ja sen Asukas Vastine Luku (AVL) on 40 000. AVL kertoo kuinka monen ihmisen jätevesistä puhdistamo vastaa. Uusi jätevedenpuhdistamo on ollut käytössä vuodesta 2002. Jätevedenpuhdistusprosessi on biologis-kemiallinen. Puhdistamo on kaksilinjainen aktiivilietelaitos, jossa voidaan tehdä samanaikaisesti orgaanisen aineksen, fosforin ja kokonaistypen poisto. Typpi poistetaan nitrifikaatio-denitrifikaatio prosessilla johon tarvittava orgaaninen hiili saadaan tulevasta jätevedestä. Käsitelty jätevesimäärä oli 2013 4,2 milj. m³, joka vastaa noin 11 400 m³ vuorokausivirtaamaa.[4]

Suurten virtaamien, kuten rankkasateiden ja kevään sulamisvesien johdosta puhdistamolla joudutaan ohittamaan jätevettä biologisen prosessin ohitse prosessin toiminnan turvaamiseksi. Vuonna 2013 ohitetun jäteveden määrä oli 100 000 m³. [4]

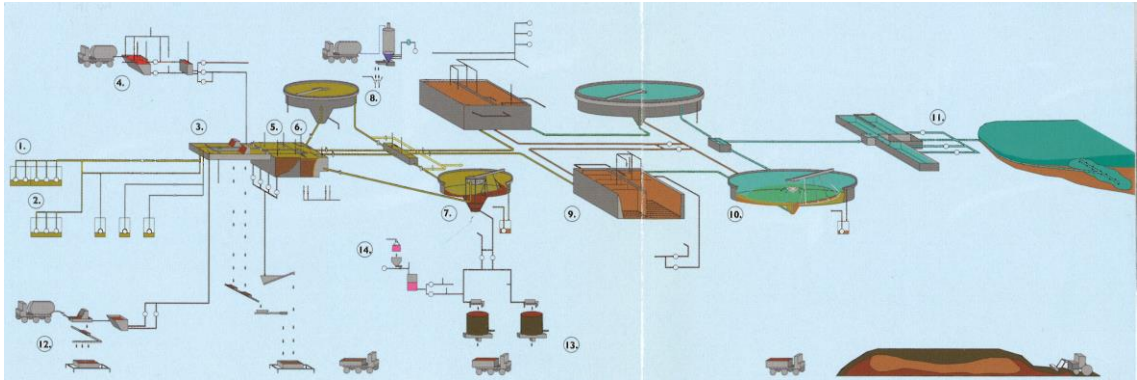
Erotettu liete kuivataan ja toimitetaan Biovakka Suomi Oy:lle, jossa liete jatkokäsitellään ja loppusijoitetaan. Biovakka Suomi Oy jalostaa lietteen biokaasulaitoksella maanparannus- ja lannoitustuotteiksi sekä uudistuvaksi energiaksi. Tuotteita voidaan hyödyntää pelto- ja metsälannoitteina. [4]



Kuva 1. Hermanninsaaren jätevedenpuhdistamo.

2.2.1 Käsittelyprosessi

Hermanninsaaren jätevedenpuhdistamon prosessikaaviosta (kuva 2) nähdään puhdistusprosessien vaiheet.



Kuva 2. Prosessinkaavio.

Prosessi käynnistyy tulopumppaamoista, jotka nostavat tulevan jäteveden prosessiin. Jätevesi pumpataan välppäykseen, jossa erotetaan karkea kelluva, laskeutuva ja leijuva kiintoaines mekaanisesti pois. Tämä suojaa prosessin seuraavia vaiheita. Hiekanerotuksessa vettä raskaampi kiintoaines laskeutuu painonvoimaisesti pohjaan ja pumpataan pois.

Esi-ilmastuksessa jätevettä kunnostetaan seuraavia prosessivaiheita varten sekoittamalla. Tarkoituksena on saada myös liuottimia erotettua. Jätevesi pumpataan esiselkeytysaltaisiin, josta laskeutuva liete valuu lietteenkäsittelysäiliöihin.

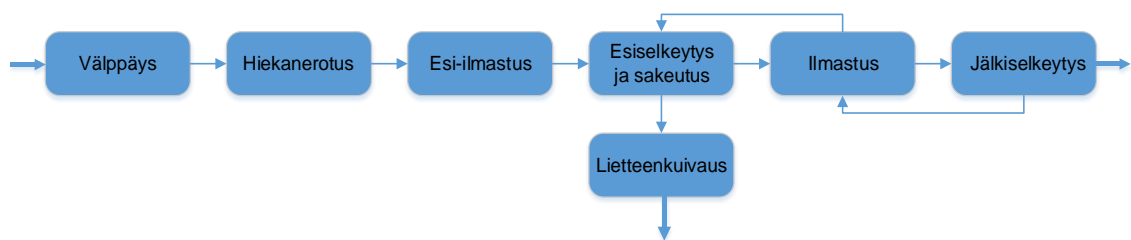
Esiselkeytyksessä raakasekaliete valuu altaan pohjalle ja sieltä lietteen kuivautussäiliöihin. Pinnalta kerätään pintaliete kaapimilla, jotka pyörivät altaiden reunoilla ja ohjaa lietteen pintalietetaskuihin. Jätevetteen lisätään ferrosulfaatti-kemikaalia. Tämä saostaa fosforia pois jätevedestä, joka rehevöittää vesistöä.

Ilmastus eli biologinen käsittely on jäteveden puhdistuksen ydin. Biologisessa käsittelyssä jätevesi syötetään aktiivilietealtaaseen, joka sisältää mikrobeja ja muusta biomassasta koostuvaa lietettä. Aktiiviliete poistaa ravinteita ja orgaanisia yhdisteitä jäte-

vedestä. Osa aktiivilietteestä poistetaan ylijäämälietteenä esiselkeytysaltaan kautta lietteen kuivaukseen. Ilmastusaltaan happipitoisuus on pyrittävä pitämään automaatiohjauksella optimialueella jolloin happitaso on riittävä, mutta ei energiakulutuksen kannalta tarpeettoman korkea.

Jälkiselkeytyksessä biomassaa laskeutetaan altaan pohjalle. Bioliete johdetaan palautuslietteenä takaisin ilmastuksen alkupäähän. Viimeiset pintalietteet kerätään pinnalta ja puhdistettu vesi johdetaan vesistöön. Jätevedestä erotettuun lietteeseen lisätään polymeeriä, joka erottaa veden lietteestä. Liete kuivatetaan lopuksi lingossa.

Prosessin lohkokaaavioesitys (kuva 3) selkeyttää prosessivaiheita. Kaaviosta nähdään, että jätevettä kierrätetään jälkiselkeytyksen, ilmastuksen ja esiselkeytyksen välillä. Jätevettä kierrätetään prosessivaiheiden välillä, jotta saadaan parempaa puhdistustulosta aikaan. [4]



Kuva 3. Prosessin lohkokaaavio.

2.3 Automaation hyödyt

Jätevedenpuhdistamo kannattaa automatisoida useiden syiden takia. Automaation mittauksilla ja ohjauksilla prosessin suorituskyky ja luotettavuus kasvaa. Resursseja saadaan säästettyä, koska energiaa ja kemikaaleja ei kuluteta tarpeettoman paljon. Automaatiojärjestelmän valvomosta nähdään prosessin tehtyjen muutosten vaikutukset. Automaatiota pyritään lisäämään alueisiin joissa on suurimmat kustannussäästömahdollisuudet.

Automaation lisäämisen hyödyt:

- Minimoi henkilöstön paikalla olon tarvetta.
- Poistaa toistuvia tehtäviä, kuten altaiden täyttöä ja kemikaalien syötön säännöstelyä.
- Vähentää operointiaikaa ja datan keräämisaikaa.
- Vähentää laboratoriotyöskentelyä. Näytteiden kerääminen ja näytteiden käsittely vähenee.
- Raporttien kokoamiseen menee vähemmän aikaa.
- Täysin automaattinen prosessi käsittelee tavalliset prosessitapahtumat ja hälytyksen sattuessa operaattori korjaa ja kuittaa asian.

Automaatiolla saadaan tarkempaa prosessinhallintaa aikaan, jonka seurauksena puhdistamon suorituskyky paranee. Parantunut suorituskyky näkyy puhdistetun jäteveden laadussa, kemikaaleja käytetään vähemmän, energiaa säästyy ja syntyy vähemmän sivutuotteita. Operaattori säättää harvemmin prosessin ohjauksia vaihtuvien olosuhteiden perusteella kuin automaatio. Automaatiolla voidaan säätää prosessia taukoamatta optimaaliseksi olosuhteiden perusteella. Luotettavuutta voidaan kasvattaa ohjelmoimalla hälytystilat ja virheenkäsittelyt ohjausjärjestelmään. [5, s10-11]

2.4 Puhdistamon käyttö ja ylläpito

Puhdistustulokseen vaikuttavat merkittävästi prosessin suunnittelun ja valittujen tekniikoiden lisäksi puhdistamon ajotapa ja ylläpito. Laitteiston kunto ja käytettävyys riippuu käyttöhenkilökunnan tavasta huoltaa ja käyttää laitteistoa. Hyvän tuloksen aikaansaamiseksi tarvitaan teknisten valmiuksien lisäksi ammattitaitoista henkilökuntaa ja ennakkoivaa prosessin ajoa. Järjestelmällinen ennakkohuolto takaa puhdistamon toimintavarmuuden ja estää yllättävien tilanteiden syntymisen. [6]

Ylläpidon vaatimukset:

- Tulevan jäteveden laatua ja sen vaihtelua seurataan.
- Tiedostetaan teollisuusjätevesien, sakokaivolietteen ja umpikaivolietteen aiheuttava lisäkuormitus prosessiin. Huomioidaan lisäkuormituksen suhde mitoituskuormitukseen ja puhdistusvaatimukseen.
- Prosessissa käytettävien kemikaalien kulutusta seurataan ja varmistetaan riittävyys riittävällä varastolla.
- Prosessia ohjaavat automaatiolaitteistot huolletaan ja kalibroidaan säännöllisesti.
- Allashuollot ja muut etukäteen suunnitellut huoltotoimenpiteet tehdään huolellisesti, virtaamavaihtelut huomioiden ja mahdollisemman nopeasti, jotta puhdistustulos pysyisi mahdollisimman korkealla.
- Uusien laitteiden hankinnassa otetaan huomioon energia- ja materiaalitehokkuus. [6]

2.5 Ympäristölupa

Jätevedenkäsittelylaitokset tarvitsevat toimintaansa ympäristöluvan. Luvan myöntää pienimille laitoksille ympäristönsuojeluviranomainen tai alueellinen ympäristökeskus. Suurten laitosten luvat myöntää Ympäristölupavirasto. Hermanninsaaren puhdistamon ympäristöluvan on myöntänyt Länsi-Suomen ympäristölupavirasto.

Ympäristöluvassa määritetään puhdistustehoa ja päästöjä koskevat vaatimukset, jotka laitoksen on täytettävä, jotta se saa toimia. Lisäksi ympäristöluvassa on määräyksiä, miten laitoksen tulee korvata toiminnastaan aiheutuneista haitoista sen vaikutusalueella oleville ihmisille ja yhteisöille. [7]

2.6 Tulevaisuus

Jäteveden käsittelyssä vesistöjen suojelun lisäksi on ryhdytty panostamaan energian ja raaka-aineiden talteen ottamiseen sekä aloitettu kiinnittämään huomioita ilmastovaikutuksiin. Tulevaisuuden tavoitteena on hiilineutraali ja energiaomavarainen jätevedenpuhdistamo. Tavoitteen saavuttamiseksi täytyy kehittää energiatehokkaita puhdistusmenetelmiä. Puhdistamon energiaomavaraisuus voidaan saada jäteveden lämmöstä ja orgaanisesta aineesta, josta voi tuottaa bioetanolia ja biokaasua.

Tulevaisuudessa jätevedenpuhdistuslaitoksien suunnittelu perustuu lyhyenajan näytteenottoihin. Jäteveden laatua käsitellään huomattavasti eritavalla kun tähän mennessä on käsitelty. Uuden jätevedenpuhdistamon käyttöönotossa on tärkeää, että laitos optimoidaan parhaan mahdollisen tuloksen saavuttamiseksi.[8]

3 FCGsmart

FCGsmart kehittää vesihuollon älykkäitä ratkaisuja, kuten mallintamista, optimointia, raportointia, datan yhdistämistä, paikka tietojen keräämistä, monitorointia ja saneeraus suunnittelua. FCG on ensisijaisesti konsultointiyritys, joten tuottaa myös asiantuntijapalveluita. FCGsmart tuoteperhe on ohjelmistoja, jotka mahdollistavat vesihuollon älykkään toiminnan ja kehittämisen. Tekniikoiden tarkoitus on saada prosesseista energiatehokkaita, ehkäistä ongelmia, vähentää vuotoja ja taata laadukkaan veden saaminen. Ongelmissa lähdetään liikkeelle asiakkaan tilanteesta ja tehdään tarvittaessa tutkimus ja kehitystyötä parhaan ratkaisun saavuttamiseksi. FCGsmart tuotteita ovat vesihuollon tiedonhallinta järjestelmä ja käyttöpäiväkirjasovellus Vera, data-analyysin sekä tuotannon ja toiminnanohjauksen tarkoitettu Mahti, verkostomallinnusohjelmat FCGnet ja FCGswmm sekä paikkatietopohjainen tiedonkeruusovellus FCGgis. [9, s 23]

4 Vera

Vera on vesihuolto- ja teollisille laitoksille tarkoitettu prosessin tiedonhallintajärjestelmä, joka toimii myös sähköisenä käyttöpäiväkirjana. Ohjelma on automaatiojärjestelmästä riippumaton ja sitä käytetään automaatiojärjestelmän rinnalla. Veraan kerätään käyttötietoja ja laboratoriotuloksia, mitkä tallentuvat suoraan automaatiosta tai manuaalisesti

syötettynä. Osa seurattavista tiedoista lasketaan edellä mainittujen tietojen pohjalta. Tiedot jalostetaan ja analysoidaan sekä tulokset esitetään käyttäjälle numeerisesti tai graafisena taulukkona. Graafiset kuvaajat näytetään XY-, aikakuvaajina ja jaksovertailukuvaajina viikko- ja vuorokausijaksoissa.

Veran tavoitteena on toteuttaa kaikki ympäristöviranomaisten vaatimat laitosten seurantaraportit. Ohjelman tarkoituksena on myös helpottaa prosessin seuranta ja kehittämistä ja saada siten tehokkaampaa jätevedenkäsittelyä aikaan.

Ohjelma on täysin automaatiojärjestelmästä riippumaton, joten laitoksessa voi olla käytössä useita eri automaatiojärjestelmiä. Säädetävät grafiikkatoiminnot selkeyttävät prosessin havainnollistamista. Kerättyyn prosessidataan voidaan liittää laskentakaavoja, jolloin ohjelma laskee automaattisesti halutut parametrit.

Kerätty tietomäärä on suuri ja sitä on hankittu pitkältä aikaväliltä. Tietoa jalostetaan laskennalla ja käyttäjälle esitetään tärkeimmät tiedot. Kaikki viranomaisten edellyttämät raportit sisältyvät ohjelmaan ja on mahdollista sekä tehdä uusia, että muokata valmiita raporttipohjia mieleisekseen.

Raportit on mahdollista tulostaa graafiseksi näytöksi valinnan mukaan tunti-, päivä-, viikko-, kuukausi-, tai vuositieto raporteiksi. Ohjelma antaa yhteenvedon, joissa informoidaan mittauksen summat, keskiarvot, minimi- ja maksimiarvot halutulta aikajaksolta. Poimintaraportti kerää tulokset niiltä päiviltä, joilta halutut tiedot löytyy. [10]

5 KPI

KPI (Key Performance Indicator) kertoo keskeisimmät tiedot seurattavasta prosessista. KPI-mittareissa seurattavalla suureella on vertailuarvoja ja toiminta-alueita johon mitattua arvoa voidaan verrata. Toiminta-alueet kertovat onko seurattava suure optimaalinen, epäsuotuisa, siedettävä tai jotain näiden väliltä. KPI-mittareita voidaan esittää monilla eri tavoilla.

5.1 Suorituskyky

Prosessin suorituskyky on tulos resurssien aktiivisesta käytöstä joilla ylläpidetään tai palautetaan kohteen toimintakyky sellaiseksi, että se pystyy suorittamaan halutun toiminnon. Siitä voidaan käyttää ilmaisua saavutettu tai odotettu tulos. Suorituskyky riippuu ulkoisista sekä sisäistä tekijöistä, kuten käyttöasteesta, laitteiston iästä ja operaattorin tekemistä muutoksista prosessiin. Suorituskyky on seurausta monimutkaisista toimenpiteistä, joita voidaan arvioida sopivilla tunnusluvuilla, joilla mitataan sekä saavutettuja ja odotettuja tuloksia.

Näkökohtien kattamiseksi avaintunnuslukujärjestelmä on jaettu kolmeen ryhmään: taloudellisiin, teknisiin ja organisatorisiin tunnuslukuihin. Tunnuslukuja voidaan tarkastella eri tekijöiden suhteen, joilla annettujen kaavojen mukaan mitataan toimintoja, resursseja tai tapahtumia. Näitä tunnuslukuja käytetään tarkastelualueen määrällisten ominaisuuksien mittauksessa ja vertailukelpoisten tunnuslukujen muodostamisessa.

Kun todellinen tai odotettu suorituskyky ei ole tyydyttävä, prosessityöntekijä ja johto ryhtyvät määrittämään tavoitteita ja strategioita, joilla saadaan suorituskyky halutulle tasolle. Tunnuslukujärjestelmän avulla organisaatio mittaa nykytilaa, tutkii suorituskykyä, vertailee suorituskykyä, määrittelee vahvuuksia ja heikkouksia, ja valvoo parannusprosessia aika ajoin. [6]

5.2 KPI-Mittarit

KPI-mittareiden käyttöä kannattaa harkita, kun halutaan saada tarkkaa tietoa suorituskyvystä. Esimerkiksi voidaan maksimoida puhdistustulos mahdollisimman pienillä resurssien kulutuksella.

Tyypillisesti mittarit ilmaisevat muuttujien välistä suhdetta. Mittarit mahdollistaa selkeän vertailun halutuille tavoitteille ja yksinkertaistaa monimutkaisia analyysejä.

Suorituskykyä ei voida arvioida riittävästi jos ei oteta huomioon järjestelmän tärkeimpiä ominaisuuksia. Saatuja tuloksia on jaettava koko organisaation kesken jolloin koko organisaation voi edistää suunnittelua ja paremman tuloksen toteutumista ideoimalla yhdessä. On tärkeää, että KPI-mittarit ovat kaikkien käytettävissä. Ylempien toimihenkilöiden

löiden on myös tarkasteltava mittareita ja tehdä tarvittavia muutoksia prosessin parantamiseksi.

Datan keräämisessä KPI-mittareita varten on huolehdittava siitä, että mittaukset ovat kalibroitu oikein. Datalle tehdään usean väliajoin laatutarkistuksia. Parametrien väliset normaalista poikkeavat suhde-erot voi kertoa epänormaalista analyysidatasta.

Benchmark eli vertailuanalyysia voidaan tehdä KPI-mittareilla. Analyysi on jatkuvaa laadun, tuottavuuden ja työtapojen vertaamista parhaimpiin jätevedenpuhdistamoihin. Benchmark:ia käytetään prosessinkehittämisen ja laatu järjestelmän kehittämisen työkaluna. Se auttaa oman toiminnan heikkouksien tunnistamisessa ja auttaa tavoitteiden saavuttamisessa sekä kehitysideoiden laatimisessa. KPI-mittarit antavat keskeiset tiedot laadun valvontaa varten sekä korostavat vahvuuksia ja heikkouksia eri osa-alueilla. [11, s16]

KPI-mittareiden tarkoitus ja hyödyt:

- Keräävät reaaliaikaista tietoa ja vertaavat niitä historiadataan. Hyötynä käyttäjät näkevät yhdellä silmäyksellä puhdistamon tehokkuuden. Prosessin suorituskyky parantuu ja saadaan resurssien käyttöä vähennettyä.
- Auttaa strategista ja rakenteellista suunnittelua sekä tunnistavat prosessin vaiheet, joissa tarvitaan parannuksia.
- Selkeyttävät prosessia. Muutkin ymmärtävä prosessia paremmin, eikä vain prosessityöntekijät. Prosessista saadaan monia eri mittauksia joista jalostetaan kaikkein tärkein tieto käyttäjälle, joka esitetään graafisesti.
- Helpottaa puhdistamon työntekijöiden päätöksen tekoa prosessiin liittyen, kuten ollaanko saatu kehitystä aikaan omilla prosessin vaikuttavilla säädöillä.
- Tarjoavat todisteet viranomaisille riittävän hyvästä ympäristönsuojelusta verrattuna ennalta määrättyihin lupaehtoihin. [11, s 3]

5.3 Hyvän näytön vaatimukset

KPI-mittareita täytyy seurata ja niiden on oltava helposti ymmärrettäviä. Näytöstä nähdään asioita nopeasti joiden perusteella tehdään prosessiin muutoksia, jotta saataisiin paras mahdollinen lopputulos aikaiseksi.

KPI-mittarit tarvitsee määritellä selkeästi, jossa tiivis merkitys ja tulkinnanvaraa ei ole. KPI-mittariin saadut tulokset ovat helppo tarkastaa ja ovat itsestään selviä. Mitatut suu-reet liittyvät hyvin määriteltyihin alueisiin ja ajanjaksoihin. Jokaisen KPI-mittarin olisi edistettävä suorituskyvyn tasoa tietyllä alueella.

Hyvä mittari on selkeä ja palvelee käyttäjää tarpeen mukaisesti. Parhaassa tilanteessa jokaiselle käyttäjälle tehdään oma näkymä, josta näkyy vain tiedot joita työssään tarvitsee. Mittarista täytyy erottua tärkeimmät asiat hyvin ja pistää ensimmäisenä silmään kun näyttöä katsoo. Väri-indikoinnit ja symbolit täytyy olla selkeitä eikä niissä saa olla tulkinnanvaraa. Yhden värin täytyy tarkoittaa samaa asiaa jokaisessa näytön mittarissa. Vertailuarvot täytyvät olla myös esitetty yhdenmukaisesti.

Mittarit tulee asetella tarkoituksenmukaisesti modulaariseen järjestykseen jotta näyttöä on vaivatonta lukea ja halutut asiat löytyy nopeasti silmäilemällä näyttöä. Mittarit noudattavat samantyylistä esitystapaa, jotta näyttö ei näytä sekaiselta. Näytössä ei saa näkyä tarpeettomia tietoja, koska ne tekevät näytöstä epäselvän. Arvot näytetään tarpeenmukaisella tarkkuudella KPI-mittarista.

Seurantanäyttöön on hyvä saada etäyhteys. Hälytyksen sattuessa yöllä ei tarvitse tulla paikan päälle tekemään tarvittavia toimenpiteitä vaan operaattori voi tehdä ne kotoa käsin. [12, s 173]

Tässä työssä keskitytään pitkän aikavälin mittaustuloksiin joista jalostetaan mittarit. KPI-mittareista nähdään selkeät raja-arvot. Saadut tulokset ilmaisee saavutetaanko halutut tavoitteet.

5.4 Graafiset mittarit

Graafisissa mittareissa lasketut suureet esitetään näytöstä. Näytöstä voidaan esittää historiatietoja sekä raja-arvoja vertailuarvoina. Alkuvuoden tuloksista voidaan arvioida saadaanko asetetut tavoitteet vuodenloppuun mennessä tavoitettua. Mittareissa voi olla värialueet, jotka kertovat onko arvo optimaalisella alueella.

5.4.1 Digitaaliset mittarit

Digitaaliset mittarit kertovat mittausravon numerona. Numero esitetään liikennevalo analogian mukaan. Vihreällä värillä ilmaistaan kun arvo on tavoitellulla alueella. Keltaisella värillä ilmaistaan arvon olevan kohtalaisella alueella. Punaisella värillä arvo on epäsuotavalla alueella ja arvo täytyy saada pois alueelta.

5.4.2 Analogiset mittarit

Analogiset mittarit (kuva 4) ovat visuaalisia, jotka näyttävät kriittisen tiedon käyttäjälle. Tieto välitetään osoittimella määritettyjen rajojen välissä. Mitattu tieto indikoidaan osoittimella.

Ihmiset ymmärtävät tiedon nopeammin kun se esitetään analogisella tyylillä ja se parantaa tilannetietoisuutta. Näytöstä nähdään hälytystasot, jos niitä on olemassa. Hälytykset indikoidaan punaisella värillä. [5, s 542]



Kuva 4. Analoginen mittari.

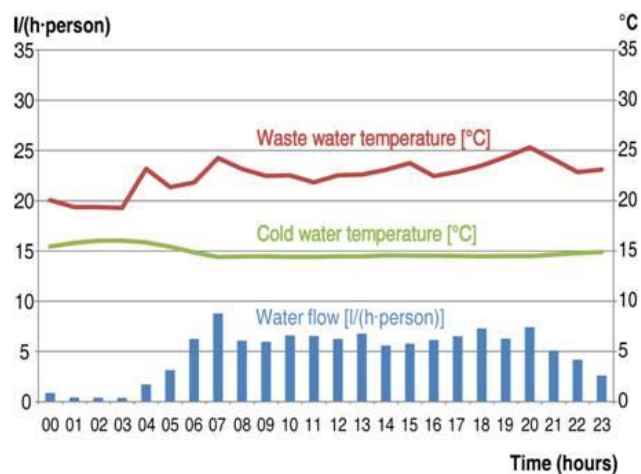
5.4.3 Trendinäytöt

Trendinäytöt (kuva 5) helpottavat operaattoria prosessin ohjauksissa, ongelman selvi-tyksissä, asetusarvojen muutosten tarkkailussa ja prosessin käyttäytymisen seuraami- sessa erilaisissa sääolosuhteissa. Trendinäytöt ovat helppo konfiguroida ja data voi- daan säilöä tai siirtää muihin ohjelmiin käsittelyyn. Näytöt korostavat prosessin tavoit- teita ja päämääriä. Käyttäjä voi muokata näkymää trendinäytöistä, kuten historian aika- väliä, zoomaus funktiota, vaihtaa värejä ja fontteja. Näytöt ovat kaikkien käyttäjien käy- tössä laitoksella.

Historiatietoja käyttävät trendinäytöt käyttävät dataa, joka on pakattu ja tallennettu tai data tulee muusta tietokannasta. Käyttäjät pääsevät helposti prosessin viikko, kuukausi ja vuosihistoriatietoihin käsiksi. Historiatrendi näyttöön tarvitsee määritellä aikavälit jolta tieto esitetään. Trendit toimivat myös hyvin vähitellen muuttuviin muuttujiin, kuten altai- den pinnankorkeus ja prosessivaiheiden viipymiin. Datan saamisen varmistamiseksi suunnittelijan tulisi kerätä lupaehtoihin liittyvä prosessidata aina kuin mahdollista.

Reaaliajan trendinäytöt näyttävät sen hetkisiä prosessimuutoksiin liittyviä tietoja. Yleensä raakadata varastoidaan rajalliseksi ajaksi ennen kuin se lähetetään historia tietokantaan.

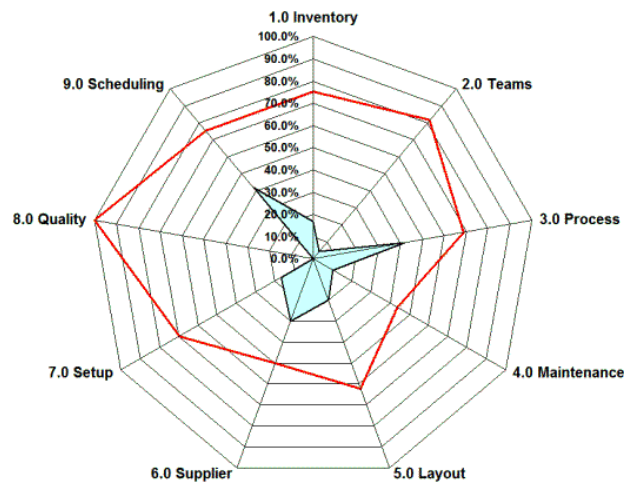
Lisäyksenä trendit sisältävät vertailuarvoja, kuten asetusarvoja, lukitusarvoja ja nor- maalin operointialueen. Raja-arvot määritellään yhtenäisellä tai katkoviivalla kaaviossa. Nämä raja-arvot näyttävät käyttäjälle missä mittausarvon tulisi pysyä.[5, s 544]



Kuva 5. Trendinäyttö, joka ilmaisee jäteveden virtaamaa ja lämpötilaa.

5.4.4 Kehittyneet mittarit

Profiilinäytöt (kuva 6) kertovat pystysuoralla viivalla poikkeamat normaalista keskiviivasta. Arvot, jotka jäävät keskiviivalle ovat optimaalisia arvoja. Tutkanäytöt näyttävät mittauspisteet kuvion reunoille. Näyttö piirtää kuvion ääri viivoja pitkin kun optimaalinen suorituskyky on saavutettu.[5, s 546]



Kuva 6. Tutkanäyttö. Kun punainen viiva kulkee kuvion reunoja pitkin olla saavutettu optimaalinen tila aikaan.

Esitystapoja on monia erilaisia miten asiat ilmaistaan. Kun näyttöä suunnitellaan, täytyy keksiä paras mahdollinen esitystapa esitettävän asian kannalta. Arvot tulee esittää selkeästi eikä tulkinnanvaraa saa löytyä. Täytyy myös miettiä täytyykö historiadataa esittää ja jos pitää niin kuinka pitkältä aikaväliltä.

5.5 Historiadatan kerääminen ja esittäminen

Tilanteissa, jossa muuttujat eivät muutu merkittävästi nopeassa ajassa tai signaali altistuu kohinalle. Voidaan muuttujien arvoja parantaa deadband:in tai smoothing:in avulla

Deadband-säädöllä päivitetään trendipiste kun mittausarvo muuttuu tietyn prosentuaalisen määrän. Hyötynä säästetään laskentatehoa ja saadaan enemmän muuta dataa prosessista.

Smoothing-säätöä käytetään signaalin häiriöihin. Säädössä lisätään liikkuva keskiarvo algoritmi prosessikoodiin ja laskettu tulos näytetään trendinäytössä. Esimerkkinä, jos tulosignaalin päivitys 0.1 sekunnin välein, voidaan laskea keskiarvo 10 sekunnin ajalta ja päivitetään laskentatulos näyttöön. [5, s 547]

5.6 Tilastollinen analyysi

Tilastollisen analyysin rakenne täytyy miettiä tarkasti, kun työskennellään tilastollisen datan kanssa. Lisäämällä reaaliaikaisia mittareita ympäri näyttöä ei takaa mittareiden tehokkuutta puhdistamon kannalta. Data täytyy näyttää oikeassa asiansynteudessa jotta se on käytännöllinen. Analyysit tulee esittää, kuten graafiset näytöt (HMI).

Kaikki tallennetut tai esitetyt arvot tulisi kuvata selkeästi, jotta niitä voidaan verrata toisiinsa helposti. Analyysit auttavat prosessin ymmärtämisessä ja mahdollisesti ennustamaan prosessin lähiajan tapahtumia. Tilastolliset laskennat voivat perustua prosessin muuttujiin ja niille voidaan antaa maksimi, minimi, keskiarvo, mediaani ja tilatietoja. Monissa tapauksissa tämä tieto on paljon hyödyllisempää kuin tuhat prosessidata-arvoa. [5, s 547]

6 Jätevedenpuhdistamon haastattelut

Kävin Porvoon jätevedenpuhdistamolla haastattelemassa prosessi-insinööriä seurantanäytön tarpeista. Haastattelussa kävi ilmi, että ollaan tyytyväisiä olemassa olevaan ohjelmistoon. Merkittäviä parannusehdotuksia ohjelmistoon ei ollut. KPI-termi ei ollut tuttu, joten ei ollut tietoa paremmasta suorituskyvyn seurannasta ennen haastattelua. Sain kuitenkin jotain ideoita seurantanäyttöön, kun kysyin tärkeimmistä seurattavista suureista.

Samat kysymykset lähetettiin puhdistamon johtajalle. Vastauksista kävi ilmi, että johto käsittelee puhdistamon asioita täysin eri näkökulmasta kuin puhdistamon käyttöhenkilökunta. Tästä voidaan päätellä, että johto tarvitsee erilaisia KPI-mittareita kuin puhdistamon työntekijät.

7 Jätevedenpuhdistamon seuranta-äyttö

7.1 Kerättävä tieto prosessista

Puhdistusprosessiin liittyviä tietoja kerätään useita satoja. Kerättyjä tietoja ovat lämpötila, virtaus, pitoisuus, määrä ja säätietoja sekä laboratorioanalyysijä. Tiedot tulevat automaatiosta tai syötetään käsin raportointiohjelmaan. Keskimäärin puolet tiedoista tulee automaatiosta ja puolet syötetään käsin.

7.2 Puhdistamon tunnusluvut

Jätevedenpuhdistamoilla on monia erilaisia seurattavia suureita, jotka liittyvät eri alueisiin. Eroteltuja alueita ovat ympäristön suojeleminen, puhdistamon tehokkuus, puhdistamon kustannukset sekä puhdistusprosessiin liittyvät tunnusluvut.

7.2.1 Ympäristö

Ympäristön tunnusluvuilla arvioidaan puhdistamon ympäristövaikutuksia, kuten jätevesi standardien noudattamista.

- Lähtevät kuormat kertovat kuinka paljon fosforia, typpeä ja kiintoainetta lähtee puhdistetun veden mukana vesistöön. [13]
- BOD7 on määrittämenetelmä, joka on biologinen tapa ilmaista kuinka paljon vesi kuluttaa happea seistämän päivän aikana. [13]
- COD on kemiallinen tapa mitata, kuinka paljon vesi kuluttaa happea. Pääasias- sa happea kuluttava aine on orgaanista. Sosiaaliministeriö ja terveysministeriön asetuksen 461/2000 mukaan COD saa olla enintään kaliumpermanganaattilu- kuna enintään 20 mg/l. Hyvälaatuista vettä orgaanisen aineen suhteen pidetään 12 mg/l. [13]
- OCP-indeksi kertoo puhdistettujen ja ohitettujen jätevesien happea kuluttavaa päästöä vesistöissä. Fosforin ja typen happea kuluttava vaikutus on indeksoitu

painokertoimien avulla. Fosforin painokerroin on 100 ja typen 18. Orgaaninen aine on määritetty biologisena hapenkulutuksena, jolloin lukuarvo ilmaisee suoraan hapenkulutuksen eikä erillistä kerrointa käytetä. OCP-indeksi on yleisesti tiedossa jätevedenpuhdistamoilla [13]

$$\text{OCP} = 1 * \text{BOD} + 18 * \text{N}_{\text{kok}} + 100 * \text{P}_{\text{kok}}$$

Kaava 1. OCP:n laskentakaava jossa N_{kok} on kokonaistypen ja P_{kok} on kokonaisfosforin määrä puhdistetusta jätevedestä. [13]

- Lupaindeksi kertoo jätevedenpuhdistamon viranomaisten asettamien luparvojen saavuttamisen vuositasolla. Lupa-arvot ovat ehdottomia vaatimuksia, joihin jätevedenpuhdistamon tulee päästä. Puhdistamolla voi olla lisäksi tavoitteellisia raja-arvoja, jotka puhdistamo on itse asettanut. [13]

7.2.2 Tehokkuus

Tehokkuusindeksit ottavat huomioon tehtävän työn määrän ja puhdistuksessa aiheutuvat kustannukset. Tehokkuusindeksin hyötynä voidaan vertailla eri puhdistamoita paremmin. [14]

- JPT1-indeksi on laadullinen jäteveden puhdistuksen tehokkuusindeksi. Se rakentuu varsinaisesta puhdistustuloksesta ja reduktiosta, jolloin työn vaativuus sekä lopputulos vesistön kannalta on otettu huomioon. Tunnusluku koostuu viidestä parametrasta (BOD, kiintoaine, ammoniumtyppi, kokonaisfosfori ja kokonaistyyppi). Parametrien suhteet lasketaan ja maksimiarvo on teoreettisesti noin 1000. Suuri indeksiluku kertoo tehokkaasta puhdistuksesta. [14]

$$\text{JPT1} = 106 - 2 * \text{BOD} + \text{BOD}(\%) + 104 - 2 * \text{KS} + \text{KS}(\%) + 103 - 30 * \text{P}_{\text{kok}} + \text{P}_{\text{kok}}(\%) + 108 - 2 * \text{N}_{\text{kok}} + \text{N}_{\text{kok}}(\%) + 100 - 2 * \text{NH}_4\text{N} + \text{NH}_4\text{N}(\%)$$

Kaava 2. JPT1 laskentakaava josta BOD on biokemiallinen hapenkulutus, KS on kiintoaine, P_{kok} on kokonaisfosfori, N_{kok} on kokonaistyyppi ja NH_4N on ammoniumtyppi. Reduktiot kaavasta on merkitty (%) merkillä. [14]

- JPT2-indeksi on käyttötalouden huomioon ottava tehokkuusindeksi. Tunnusluku täydentää JPT1-indeksiä. Laskennassa yritetään huomioida kaikki mahdolliset kustannukset jätevesikäsitelyyn liittyen, kuten henkilö-, energia-, kemikaali-, huoltokustannukset joista lasketaan lukuarvo käsiteltyä jätevesikuutiota kohti ($\text{€}/\text{m}^3$). Hyötynä havaitaan kuinka tehokas puhdistamo on taloudellisesti ja sitä voidaan verrata muihin puhdistamoihin. [14]

$$\text{JPT2} = \text{JPT1} / (\text{puhdistamon käyttökustannukset} / \text{käsitelty jätevesimäärä})$$

Kaava 3. JPT2 laskentakaava. [14]

7.2.3 Kustannus

- Kemikaalien kulutus kuvaa kuinka paljon kuluu kemikaaleja ja rahaa kemikaaleihin (Ferrosulfaatti, kalkki, polymeeri ja AVR).
- Jätevedenpuhdistuksen ja lietteenkäsittelyn energiankulutus kertoo kuinka paljon energiaa kuluu eri prosessivaiheissa ja näyttää laitoksen kokonaiskulutuksen kilowattituntia jätevedenpuhdistamolle tulevan jätevesikuutiota kohti. Sähköä kuluu puhdistamoilla jäteveden pumppaamiseen, esikäsitelyyn, ilmastukseen ja valvomoon sekä lietteenkäsittelyyn. Erot puhdistusvaatimuksissa ja laiteille tulevan kuormituksen määrässä vaikuttavat energian tarpeeseen. [13]

7.2.4 Prosessi

- Jätevesimäärän vaihtelukerroin kertoo tulevan jäteveden vaihtelun suuruutta. Kerroin on laskettu jakamalla maksimi vuorokautinen jätevesimäärä keskimääräisellä vuorokautisella jätevesimäärällä. Suuri arvo kertoo vuotovesien suuresta määrästä, nopeasta kulkeutumisesta viemäriverkostoon tai lyhyestä verkostopituudesta. Jätevesimäärän vaihtelukerointa tulee tarkastella yhdessä vuotoveden kanssa. [13]

- Vuotovesimäärä kuvaa muun kuin vesihuoltolaitoksen laskuttaman jäteveden määrää viemäriverkostosta. Jätevesiverkoston vuotovedet ovat pääosiltaan jätevesiviemäriin kuulumattomia sade- ja kuivatusvesiä, jotka joutuvat viemäriin verkoston vuotojen tai sadevesiviemäriiliitosten kautta. [13]
- Säätidon ennustamisen hyötynä osataan varautua rankkasateisiin ja voidaan tehdä tarvittavat toimenpiteet prosessiin, jotta voidaan minimoida ohitettavan jäteveden määrää ja varmistaa lupaehtojen täyttyminen.
- Ohitusindeksi kertoo ohitusten määrän. Se lasketaan verkosto- ja laitosohitusten osuutena kokonaisvesimäärästä. Indeksillä annetaan viitteen mahdollisista ylikuormituksista, jotka johtuvat vaihtelevista sääolosuhteista. [13]
-

7.3 Jätevedenpuhdistamon seuranta näyttö

Tekemällä yksinkertaisia ja oikeita muutoksia suunnitteluvaiheessa voidaan säästää paljon aikaa ja rahaa tulevaisuudessa. Suunniteltaessa seuranta näyttöä olemassa olevaan puhdistamoon on pohdittava seuraavia asioita:

- Ketkä tulevat käyttämään näyttöä ja mitkä heidän tarpeensa ovat ja mitä tavoitteita heillä on jätevedenpuhdistamolla.
- Voidaanko järjestelmään lisätä komponentteja ja onko tarpeeksi resursseja haluttuihin laajennuksiin.
- Miten värejä käytetään näytössä. Näytön tausta värin tulee olla harmaa ja KPI-mittareiden värien tulee ilmaista asiat yhdenmukaisesti. Saman värin tulee ilmaista samaa asiaa jokaisessa näytön KPI-mittarissa.
- Pitääkö olemassa olevan ohjelmiston esitystapoja mukailta uudessa näytössä.
- Aiheuttavatko mittareiden nimeämiset ristiriitoja.

7.3.1 Seurantanäytön esityspaikka

Näytön paikalle on monia mahdollisia esityspaikkoja. Näyttö voitaisiin esittää raportointiohjelmassa erikseen avautuvalla ikkunalla tai asettaa mittarit raportointiohjelman perusnäkömään. Näyttö voitaisiin myös esittää seinältä TV-näytöltä tai videotykillä.

Käytännöllisin tapa näytön esittämiseen on erilliseltä tietokonenäytöltä ja sen sijainti voisi olla raportointiohjelmiston vieressä. Tämä oli hyvä ratkaisu puhdistamon prosessin miehestä myös. Näytön on hyvä olla jatkuvasti esillä, koska siitä nähdään KPI-mittareiden väri-indikoinnit paremman prosessisäädön aikaansaamiseksi. Erillisenä avautuvana ikkuna ei olisi hyvä, koska operaattori ei välttämättä muista tarkistaa seurantanäyttöä päivittäin. Raportointiohjelman perusnäkömään mittareiden asettaminen tekisi näkymästä sotkuisen ja ei palvelisi käyttäjää tarpeenmukaisesti.

7.3.2 Seurantanäytön suunnittelutyökalun valinta

Vaihtoehtoina suunnittelutyökaluina oli Sigma Lite 2.0 tai Excel:in ja Powerpoint:in yhdistelmä.

Sigma Lite on ilmaisohjelma, joka perustuu IWAP Manual of Best Practice and Performance Indicators for Water Supply Services kirjaan [12]. Ohjelmassa on valmiita suorituskykymittareita, jotka perustuvat kirjan tunnuslukuihin ja jotka on kehittänyt kansainvälisen vesihuoltoyhdistys (IWA). Sigma opastaa käyttäjää mittareiden valintaprosessissa ja indikaattorien käyttöön otossa. Ilmaisversio on hyvin riisuttu versio ja sillä ei saa tehtyä kovin monipuolisia kuvaajia. Ohjelma ei sisältänyt kuin muutaman erilaisen esitettävän tunnusluvulle. [15]

Excel ja Powerpoint ovat valmiiksi tuttuja ohjelmia jolla saa esitettyä asioita usealla eri tavalla. Etuna on ohjelmien hallitseminen, joten ei tarvitse lähteä opiskelemaan uutta ohjelmaa kokonaan uudestaan. Suunnitelman ei tarvitse olla graafiselta ilmeeltään täydellisen näköinen, vaan siitä täytyy ilmetä mitä tunnuslukuja ilmaistaan ja miten ne esitetään graafisesti. Päädyin näiden kahden väliltä käyttämään Excel:iä ja Powerpoint:ia, koska niillä saa toteutettua riittävän hyvän suunnitelman. Kokoversio Sigma:sta voisi olla käytännöllisempi suunnittelutyökalu, mutta en nähnyt tarpeelliseksi sen hankkimista. Sigma on varmasti kallis ohjelmisto ja riittävän hyvän suunnitelman saa tehtyä Excel:in ja Powerpoint:in yhdistelmällä.

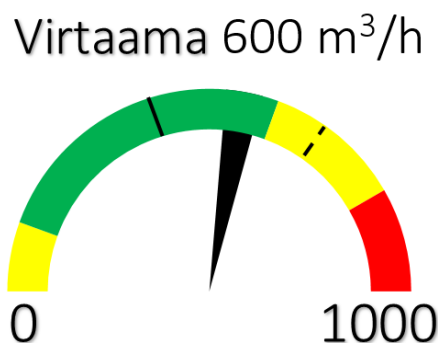
7.4 Mittareiden suunnitelmat

Suunnittelin kolme mittaria liittyen jäteveden tulokuormaan. Mittarit auttavat prosessin säädössä ja niiden avulla osataan varautua prosessin eri tilanteisiin.

7.4.1 Tuleva jätevesi

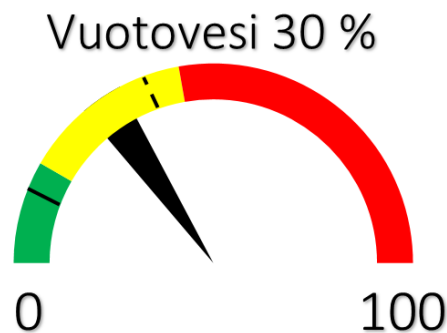
KPI-mittari kertoo prosessiin tulevan jäteveden määrän, josta nähdään kuinka paljon järjestelmä voi ottaa vastaan jätevettä halutun puhdistustuloksen aikaansaamiseksi (kuva 7). Tulovirtaama päivittyy tunnin välein raportointiohjelmassa, joten mittari päivittyy yhtä usein ja virtaama ilmaistaan kuutiomääränä tunnin aikana. Osoittimen ollessa vihreällä alueella saadaan tavoiteltu puhdistustulos aikaan. Oikeanpuolisen keltaisella alueella ei saada aivan haluttua puhdistustulosta aikaan, mutta pystytään täyttämään virnaomaisten asettamat lupaehdot. Osoittimen ollessa punaisella alueella joudutaan jätevettä ohittamaan prosessista. Vasemmanpuolisella keltaisella alueella jätevettä tulee liian vähän ja aktiivilietteen mikrobisolut alkavat kuolemaan, koska eivät saa ravinteita. Mikrobisolut ovat välttämättömiä puhdistuksen aikaansaamiseksi.

Oikean puolinen musta katkoviiva mittarissa kertoo viikon aikaisen maksimi tulovirran mitä prosessi on ottanut vastaan. Vasemman puolinen yhtenäinen viiva ilmaisee viikon tulovirtaaman keskiarvoa. Päätin käyttää analogista esitystapaa koska se on käytännöllisin asian esittämiseen, sillä tulovirtaama päivittyy monta kertaa päivässä. Sijoitin mittarin vasempaan reunaan, koska prosessi lähtee liikkeelle prosessiin pumpatusta jätevedestä. Seurantanäytön mittareiden sijoittamisessa on käytännönmukaista, että prosessin vaiheet kulkevat vasemmalta oikealle.



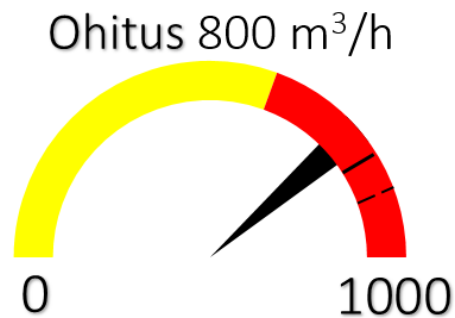
Kuva 7. Virtaama.

Vuotovesimittari kertoo muun kuin vesihuoltolaitoksen laskuttaman jäteveden määrän, jonka puhdistamisesta ei saa rahallista hyötyä (kuva 8). Määrä vaihtelee välillä huomattavasti rankkasateiden hulevesien ja kevään sulavesien johdosta, minkä takia mittari on hyödyllinen. Musta viiva mittarissa ilmaisevat viikon maksimiarvoa ja katkoviiva viikkokeskiarvoa yhdenmukaisesti, kuten edellisessä virtaamamittarissa. Porvoon jätevedenpuhdistamolla ei mitata tulevan jäteveden laatua, mutta laatua voitaisiin mallintaa viemäriverkoston verkostomallia hyödyntäen, jossa on laatumittauksia. Puhdistamolle voidaan asentaa myös pitoisuutta mittaava anturi, jolla voidaan arvioida vuotovesien osuutta.



Kuva 8. Vuotovesimittari.

Ohitusmittarilla ilmaistaan kuinka paljon jätevettä ohitetaan prosessista, koska prosessi ei kykene ottamaan vastaan enempää jätevettä hydraulisen ylikuormituksen takia (kuva 9). Ohituksen tarve voi lisääntyä myös lietteen paisuntailmiön vuoksi, jolloin jätevedenpuhdistamolle ei voida lietteen huonon laskeutuvuuden vuoksi ottaa edes mitoitusvirtaamaa. Viranomaiset ottavat huomioon vuosiraportissa kuinka paljon jätevettä ohitetaan, minkä takia mittari on hyödyllinen. Mustat viivat kertovat viikko maksimiarvon ja viikkokeskiarvon, kuten virtaama ja vuotovesimittarittareissa.



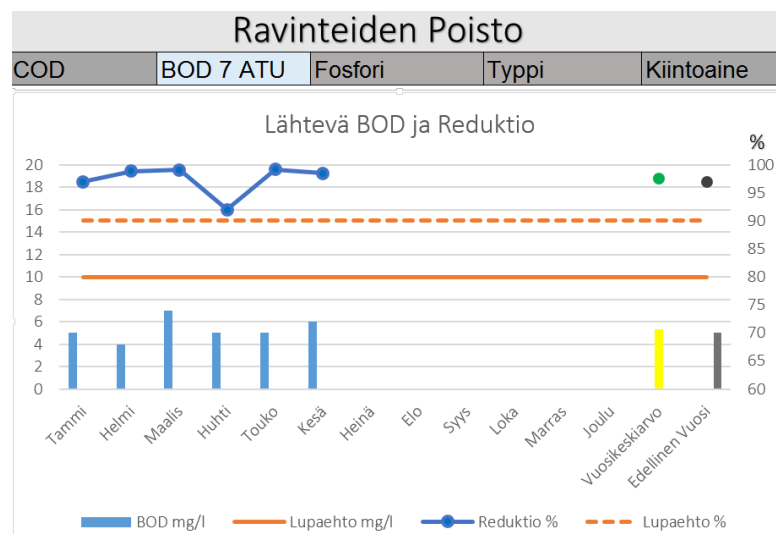
Kuva 9. Ohitettu jätevesimäärä.

7.4.2 Ravinteiden poisto

Ravinteidenpoisto mittari kertoo kuinka tehokkaasti jätevedtä saadaan puhdistettua ja kuinka paljon ravinteita pääsee puhdistetun jäteveden mukana vesistöön (kuva 10). Mittarissa näkyy BOD:en määrä. BOD kertoo paljon puhdistettu jätevesi kuluttaa biologisesti happea seistämän päivän aikana. Mittarin hyötynä arvoja voidaan verrata viranomaisten antamiin lupaehtoihin, jotka ovat puhdistamon tavoitteita. Mittarista nähdään välittömästi täytyvätkö viranomaisten antamat lupaehdot.

Vuosikeskiarvoa seurataan ja arvioidaan, koska koko vuoden tulokset kirjataan viralliseen vuosiraporttiin. Vuosikeskiarvoa voidaan verrata puhdistamon edellisen vuoden tulokseen. Vertailussa voidaan arvioida tuleeko puhdistustulos olemaan parempi edelliseen vuoteen verrattuna. Pylväs toimi samojen väri-indikointien mukaan kuin muutkin näytön mittarit. Keltainen pylväs näytössä kertoo vuosikeskiarvon saatujen tulosten perusteella. Pylväs on keltainen, koska vuosikeskiarvo on huonompi kuin edellisen vuoden tulos, mutta lupaehto kuitenkin täyttyy. Kun lupaehto ei täyty pylväs on punainen. Kun vuosikeskiarvo on parempi kuin edellisen vuoden tulos pylväs on vihreä. Reduktion pisteet yläpuolella toimivat yhdenmukaisesti samoilla väri-indikoinneilla.

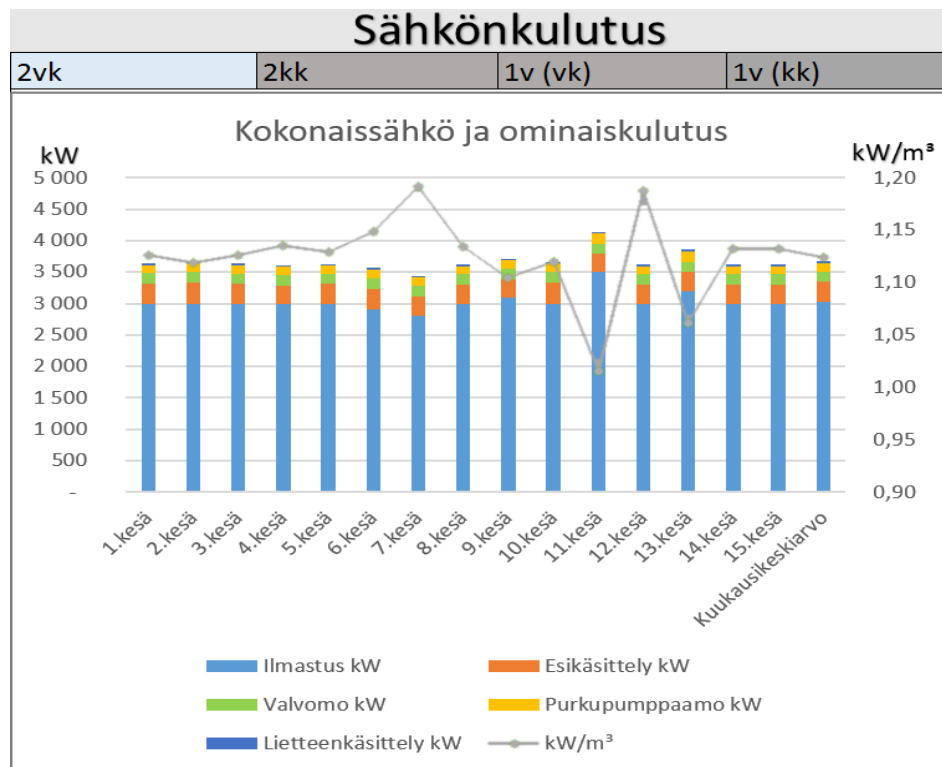
Päätin käyttää trendinäyttö esitystapaa mittarissa, koska on hyvä nähdä myös historia-tietoja. Historiatiedoista nähdään nopeasti, mistä keskiarvo koostuu. Historia-arvot auttavat myös vuosituloksen arvioinnissa. Mittarista voidaan valita myös COD:in, fosforin, typen ja kiintoaineen määrät ja reduktiot.



Kuva 10. Lähtevä BOD ja reduktio.

7.4.3 Sähkönkulutus

Kokonaissähkö ja ominaiskulutus mittarista nähdään puhdistamon sähkökulutus ilmastuksesta, esikäsitteystä, valvomosta, purkupumppaamosta ja lietteenkäsitteystä (kW). Arvot lasketaan yhteen ja pylväät kertovat puhdistamon kokonaiskulutuksen (kuva 11). Mittari perustuu yleisesti tunnettuun jätevedenpuhdistuksen ja lietteenkäsittelyn energiankulutuksen tunnuslukuun, joka löytyy vesilaitosyhdistyksen tunnuslukuraportista [7]. IWA:n julkaisemassa ”Performance indicators for wastewater treatment plants” artikkelissa [17] eriteltiin puhdistamon sähkökulutuksia mittareiden tunnusluvuksi. KPI-mittarissa voidaan yhdistää arvoja, joten päätin esittää myös muut sähkökulutukset. Pylväistä voidaan vertailla eri prosessinvaiheiden sähkökulutuksia toisiinsa helposti ja kertoo myös kokonaissähkökulutuksen samalla. Mittari kertoo tarkemmin puhdistamon energiankulutuksesta kuin pelkkä vesilaitosyhdistyksen tunnusluku. Trendiviiva ilmaisee, kuinka paljon energiaa on kulunut suhteessa puhdistetun jäteveden määrään. Hyötynä nähdään kuluuko sähköä tarpeettoman paljon, jolloin voidaan tehdä prosessiin muutoksia ja saadaan taloudellisia säästöä aikaan. Mittarista voidaan valita aikaväli kahdesta viikosta vuoteen ja sähkökulutus pystytään esittämään päivä ja viikko sekä kuukausiarvoina.



Kuva 11. Kokonaissähkö ja ominaiskulutus.

7.4.4 Puhdistustulos

JPT1-tehokkuusindeksi ilmaisee kuinka tehokasta puhdistusta on saatu aikaan ottamalla huomioon BOD7, kiintoaineen, fosforin, typen ja ammoniumin reduktiot sekä päästömäärät vesistöön (kuva 12). JPT1 arvo esitetään suurella fontilla, koska se on oleellisin asia koko mittarista. Ohitus ja lupa-arvot ovat apusuureita, jotka selventävät saatua indeksiarvoa.

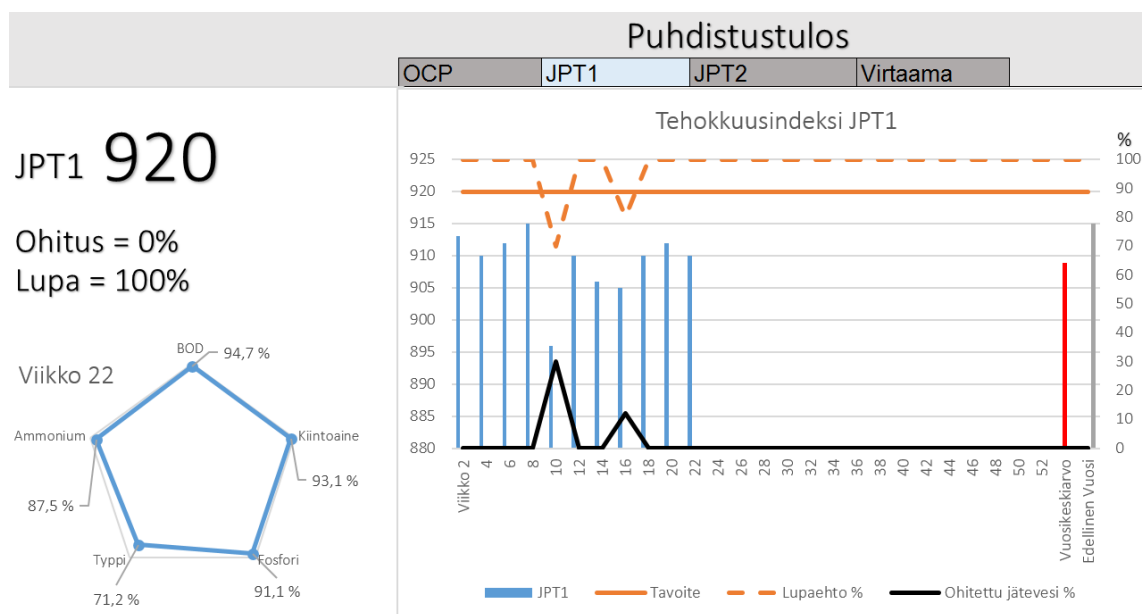
Tällä hetkellä puhdistamot käyttävät puhdistustuloksen seuraamisessa yleisesti OCP-indeksiä, mikä ottaa huomioon ainoastaan BOD7, fosforin ja typen päästöt vesistöön. Päätin tehdä mittarin JPT1-tehokkuusindeksistä, koska se on paljon tehokkaampi indeksi kuvamaan puhdistamon puhdistustehokutta, sillä se huomioi myös reduktiot sekä kiintoaineen ja ammoniumin päästömäärät. JPT1- ja JPT2-tehokkuusindeksit kiinnostivat myös prosessi-insinööriä tekemässäni haastattelussa.[14]

Indeksin arvo ilmaistaan sinisillä pylväillä ja yhtenäinen oranssi viiva on tavoite mihin pyritään yhdenmukaisesti, kuten ravinteiden poisto-mittarissa. Oranssi katkoviiva kertoo lupaehdon täyttymisen. Lupaehto täyttyy kun arvo on 100 %. Musta yhtenäinen viiva kertoo ohitetun jätevesimäärän suhteessa kokonaisjäteveden määrään. Nämä viivat ovat selittäviä suureita. Viikon 10 kohdalla indeksin arvo on ollut huono. Huomataan että jätevettä on ohitettu prosessista ja lupaehto ei ole täyttynyt samalla viikolla.

Oikealla puolella mittaria nähdään edellisen vuoden tulos ja sitä voidaan verrata kuluvan vuoden keskiarvoon. Vuosikeskiarvo pylväs indikoi väreillä saatua tulosta. Indeksien arvon ollessa huonompi kuin edellisen vuoden pylväs on punainen. Pylväs on vihreä, jos indeksin arvo on parempi kuin tavoite. Pylväs on keltainen, jos arvo on parempi kuin edellisen vuoden, mutta ei yltä tavoitteeseen. Eli käytetään samoja väri-indikointeja kuin ravinteiden poisto-mittarissa. Yhdenmukaiset esitystavat selkeyttävät seuranta näyttöä.

Vasemmanpuolinen kuvio ilmaisee teoreettisen maksimiarvon suureista, jotka johdettiin JPT1-laskentakaavasta (kaava 2). Tästä nähdään hetkessä mistä syystä ei ole saatu hyvää indeksiarvoa aikaan. Mittarista voidaan seurata historiatietoja painamalla viikko-pylväitä jolloin mittari näyttää sen viikon kuvion ja mistä indeksiarvo koostuu. Jätevedenpuhdistamolle suunniteltaessa samanlaista kuviota, voidaan tavoitearvoina käyttää

puhdistamon parhaan vuoden tuloksia. Kuvio tulee ulos raameista kun saadaan parempaa puhdistusta aikaan.



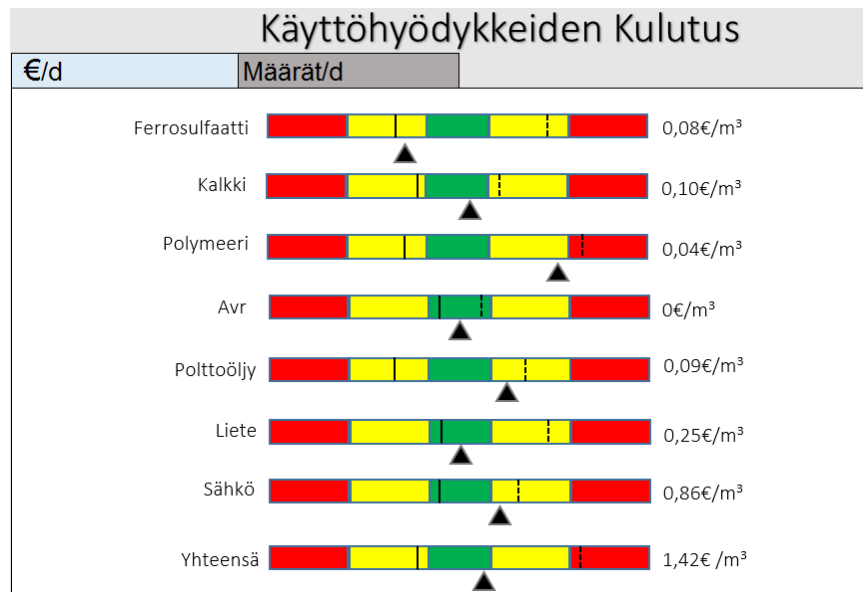
Kuva 12. JPT1 Tehokkuusindeksi mittari.

7.4.5 Kustannukset

Kustannusmittarista nähdään, kuinka paljon kemikaaleja, polttoöljyä ja lietteenkäsittelyyn sekä sähköön kuluu rahaa jätevedenpuhdistamolla (kuva 13). Puhdistamon prosessi-insinöörin haastattelussa kävi ilmi kemikaalikulutusten seuraamisen tärkeys, minä takia päädyin tekemään mittarin ja sain kehitysideoita mittariin yrityksen ohjaajalta.

Musta kolmio kertoo kulutuksen määrän kuinka paljon käyttöhyödykkeitä on käytetty päivän aikana puhdistamolla. Arvot voidaan esittää määrinä tai euromäärinä puhdistettua jätevesikuutiota kohti. Yhtenäinen musta viiva kertoo keskiarvon viikon ajalta ja musta katkoviiva kertoo maksimiarvon viikon ajalta.

Mittarista nähdään myös lietteen määrä ja kuinka paljon lietteen jälkikäsittely maksaa kuutiota kohden Sähkönkulutusta voidaan seurata myös tästä mittarista. Alin mittari laskee kaikki kulutukset yhteen, mistä nähdään koko laitoksen resurssien kulutus.



Kuva 13. Kustannusmittari.

8 Työnkulku

Työn alkuun sain paljon lähdemateriaalia, jota lähdin tutkimaan. Tutustuin myös Porvoon puhdistamon puhdistusprosessiin FCG-konsulttien kanssa sekä raportointiohjelmistoon johon lisäosa oli tarkoitus suunnitella. Lähdemateriaalin lukemisen yhteydessä mietin kysyttäviä kysymyksiä Porvoon puhdistamolle.

Porvoon puhdistamon käynnillä tutustuin puhdistamoon ja haastattelin prosessi-insinööriä seurantanäytön tarpeista. Käynnin jälkeen aloin kirjoittamaan tekstiosuutta työstä ja aloin miettimään tunnuslukuja sekä mahdollisia esitystapoja paperilla.

Tein aluksi listan mahdollisista tunnusluvuista, joihin törmäsin lähdemateriaalia lukiesani ja mietin mitkä olisivat viisi parasta seurantanäytön kannalta, koska tehtäväkseni annettiin suunnitella viisi erilaista mittaria seurantanäyttöön.

Aloin hahmottelemaan mittareita näytölle ja sain ensimmäisen version valmiiksi minkä jälkeen kysyin FCG-konsulttien mielipiteitä. Tämän jälkeen tein näyttöön konsulttien ehdottamia sekä omia parannuksia. Lopulta viides versio seurantanäytöstä oli minun ja yrityksen ohjaajan mielestä riittävän hyvä suunnitelma.

9 Yhteenveto ja päätelmät

Työn tuloksena syntyi seurantanäytön suunnitelma, josta nähdään eri suureita jätevedenpuhdistamoon liittyen. Seurantanäytöstä voidaan seurata KPI-mittareiden avulla jätepuhdistamon, puhdistustulosta, ravinteiden poistoa, kustannuksia ja energian kuluusta sekä jäteveden määrää. Nämä olivat parhaimmat KPI-mittarit, jotka voidaan toteuttaa olemassa olevilla mittauksilla. Saatuja tuloksia voidaan verrata vertailuarvoihin, tavoitteisiin ja selittäviin suureisiin sekä edellisen vuoden tuloksiin. KPI-mittarit selventävät puhdistusprosessia ja ovat jätevedenpuhdistamon kehityksen työkaluja. Puhdistamon tulokuorma kasvaa sekä lupaehdot kiristyvät vuosi vuodelta, minkä takia kehitystä on hyvä saada aikaan.

Kehitysideana seurantanäyttöön voitaisiin lisäksi tehdä toimivuuteen liittyvä KPI-mittari, joka kerää automaatiojärjestelmästä hälytystietoja ja kertoo niiden määrän sekä merkittävyyden tehokkuuden kannalta.

Jätevedenpuhdistukseen liittyy useita ja eri alueisiin liittyviä tunnuslukuja, joilla voidaan arvioida puhdistamon suorituskykyä. Tunnusluvut kertovat puhdistamon tehokkuuden pitkältä aikaväliltä. KPI-mittarit antavat välitöntä tietoa käyttäjälle puhdistamon tilasta ja kertovat ovatko arvot suorituskyvyn kannalta hyviä. KPI-mittareiden tuloksia pitäisi voida yhdistää eri alueille. Yksi indeksiluku kuvaisi yhden alueen, kuten energiankulutuksen, olosuhteiden tai toimivuuden suorituskykyä. Tämän tyyppiset indeksiarvot kuvaavat koko puhdistamon toimintaa ja ovat hyviä puhdistamon johtohenkilöille.

Nykyajan jätevedenpuhdistamot eivät seuraa puhdistamon suorituskykyä niin tarkasti ja laajasti mihin teoriassa on mahdollisuus. Viranomaisten asettamat puhdistustulokset ovat usein ainoat tavoitteet ja ollaan tyytyväisiä vallitsevaan tilanteeseen vaikka kehitykseen olisi mahdollisuus. Puhdistamon tarkempi suorituskyvyn seuraaminen maksaa alkuun rahaa, mutta maksaa varmasti itsensä takaisin vuosien kuluessa sekä vesistöt pysyvät puhtaampina.

Lähteet

1. Jätevedenkäsittely
<http://fi.wikipedia.org/wiki/J%C3%A4tevedenk%C3%A4sittely> luettu 27.1.2015
2. Jätevedenpuhdistus
http://www.vvy.fi/vesihuolto_linkit_lainsaadanto/jatevedet/jatevesien_puhdistaminen/jatevedenpuhdistus luettu 27.1.2015
3. Laitinen, J., Nieminen, J., Saarinen, R., & Toivikko, S. (2014). Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT)-Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot.
4. Porvoon vesi vuosikertomus (2013).
5. M Abbott., A Ambulkar., R Atoulikian., E Baltutis. (2013). Automation of water resource recovery facilities (Vol. 4) USA: Water Environment Federation
6. Kunnossapidon tunnusluvut SFS-EN 15341
7. Vesihuoltolaitosten tunnuslukujärjestelmän raportti (2013), Suomen Vesilaitosyhdistys ry.
8. Jätevedenkäsittely
http://civil.aalto.fi/research/water_and_environment/water_and_wastewater/wastewater/ luettu 27.1.2015
9. FCG Sidosryhmälehti 2014 2. julkaisu
10. Vera-järjestelmä <https://www.fcgware.fi/vera> luettu 28.1.2015
11. R Cardoso, A., Ashley, R., Duarte, P., Molinari, A., & Schulz, A. (2003). Performance indicators for wastewater services (Vol. 1). London: IWA Publishing.
12. Heimbürger, H., Markkanen, P., Norros, L., Paunonen, H., Savioja, P., Sundquist, M., & Tommila, T. (2011). Valvomo: Suunnittelun periaatteet ja käytännöt. Helsinki: Suomen Automaatioseura ry.

13. Vesihuoltolaitosten tunnuslukujärjestelmän raportti (2013), Suomen Vesilaitosyhdistys ry.
14. Lehdistötiedote 2007 TKL Ari Niemelä, Suunnittelukeskus Oy.
15. Sigma Lite <http://www.sigmalite.com/caracteristicas-en.php> luettu 10.3.2015
16. Artikkel. Balmér, P., & Hellström, D. (2012). Performance indicators for wastewater treatment plants. *Water Science & Technology*, 65(7), 1304-1310

Kysymykset Porvoon jätevedenpuhdistamolle

1. Ketkä kaikki käyttävät Veraa ja kuinka paljon?
2. Mitä tietoja Veraan tulee?
3. Mitä asioita laskette Verassa?
4. Mitkä ovat tärkeimpiä?
5. Minimi ja maksimiarvoja lasketuista asiasta? Jotain muita tilastollisia suureita?
6. Onko kehitystarpeita?
7. Mitkä olisi hyvä nähdä graafisesti paremmin?
8. Parannusehdotuksia?
9. Onko KPI-termi tuttu?
10. Onko tarvetta koko prosessia kuvaavalle seurantanäytölle?
11. Onko tarvetta selainpohjaisille KPI-näytöille?
12. Onko osa-alueita mitä voisi olla Verassa, mutta ei ole?
13. Eikö rankkasateet ja talvi häiritse prosessia?
14. Miten viikonpäivien vaihtelu vaikuttaa prosessiin?
15. Kuinka paljon huollosta on ennakoivaa ja korjaavaa?

Jätevedenpuhdistamon seurantanäytön kuva

