

JÄTEVEDENPUHDISTAMOIDEN LÄHTEVIEN VESIEN VERTAILU – RISTIINA (ISO-DISC) JA KENKÄVERONNIEMI (MBR-KOELAITOS)

TEKIJÄ:

Sanni Pekonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Sanni Pekonen	
Työn nimi Jätevedenpuhdistamon lähtevien vesien vertailu - Ristiina (Iso-Disc) ja Kenkäveronniemi (MBR-koelaitos)	
Päiväys 29.11.2020	Sivumäärä/Liitteet 45/10
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Mikkelin Vesilaitos	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyö tehtiin Mikkelin Vesilaitokselle ja sen tavoitteena oli vertailla kahden eri jätevedenpuhdistamon (Ristiina ja Kenkäveronniemi) lähteviä vesiä ja puhdistustehokkuuksia. Ristiinan puhdistamolla hyödynnetään Iso-Disc tertiäärisuodatus. Kenkäveronniemen puhdistamon yhteydessä toimii laitoksesta erillisenä prosessina oleva MBR-koelaitos. MBR-koelaitoksen lisäksi työssä hyödynnettiin Kenkäveronniemen pääprosessin tuloksia.</p> <p>Teoriaosuudessa perehdyttiin vertailtaviin tekniikoihin ja kohdepuhdistamoihin. Vertailtavina tekniikoina opinnäytetyössä toimi MBR-tekniikka ja Iso-Disc tertiäärisuodatus.</p> <p>Vertailutiedot lähtevien vesien pitoisuuksista saatiin Mikkelin Vesilaitokselta. Vertailtavina muuttujina olivat esim. kemiallinen hapenkulutus (COD), kokonaisfosfori, rauta, typpi, ammoniumtyppi, liukoinen fosfori ja alkaliteetti. Laitosten jätevesien pitoisuuksien perusteella määriteltiin niiden tehokkuudet ja niiden vaihteluvälit. Vertailussa hyödynnettiin Kenkäveronniemen pääprosessin, MBR-koelaitoksen sekä Ristiinan tuloksia ennen Iso-Disc:ä ja sen käyttöönoton jälkeen. Työssä hyödynnettiin käyttö- ja veloitettarkkailun tuloksia.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin tietoa puhdistamoilla käytettävien tekniikoiden puhdistustuloksista ja erotustehokkuuksista. Tämän lisäksi selvisi miten tekniikoiden puhdistustulokset eroavat toisistaan. Vesilaitos voi hyödyntää saatuja tuloksia pohtiessaan investointien toteuttamista pienemmillä puhdistamoilla (Anttola, Haukivuori ja Suomenniemi). Kenkäveronniemen MBR-koelaitokselta saatuja tuloksia voidaan hyödyntää Mikkelin uudella puhdistamolla.</p>	
Avainsanat Membraanitekniikka, jätevesi, tehokkuus	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology	
Author Sanni Pekonen	
Title of Thesis Comparing the quality of the outgoing water between the wastewater treatment plant of Ristiina (Iso-Disc tertiary filtration) and the MBR pilot plant of Kenkäveronniemi	
Date 29 November 2020	Pages/Appendices 45/10
Client Organisation/Partner Mikkelin Vesilaitos (Mikkeli Waterworks)	
<p>Abstract</p> <p>This thesis was commissioned by Mikkelin Vesilaitos (Mikkeli Waterworks). The aim was to compare the outgoing water and treatment effectivity from two different wastewater treatment plants (Ristiina plant and Kenkäveronniemi plant). Ristiina treatment plant is based on the Iso-Disc tertiary filter. Connected with the Kenkäveronniemi treatment plant there is a MBR pilot. In addition to the MBR pilot plant, the results of the main process of Kenkäveronniemi were utilized in the thesis.</p> <p>In the theoretical part, comparable techniques and target treatment plants were introduced. MBR technology and Iso-Disc tertiary filtering were used as comparable techniques in the thesis. Comparative data on outgoing water concentrations were obtained from Mikkelin Vesilaitos, including, for example, chemical oxygen demand (COD), total phosphorus, iron, nitrogen, ammonium nitrogen, soluble phosphorus, and alkalinity. Based on the concentrations of the plants, their efficiencies and their ranges were determined. The comparison utilized the results of the Kenkäveronniemi main process, the MBR testing facility and Ristiina before and after the introduction of Iso-Disc. The results of usage monitoring and obligation monitoring were utilized in the work.</p> <p>As a result of the thesis, information was obtained on what kind of purification results and efficiencies were obtained with the used techniques and how the purification results of the techniques differ from each other. Mikkelin Vesilaitos can utilize the results obtained when considering the implementation of investments in smaller treatment plants (Anttola, Haukivuori and Suomenniemi). The results obtained from the MBR test facility at Kenkäveronniemi can be utilized at Mikkeli's new treatment plant.</p>	
<p>Keywords</p> <p>Membrane technology, wastewater, efficiency</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	CASE-JÄTEVEDENPUHDISTAMOT	6
2.1	Ristiinan jätevedenpuhdistamo	6
2.2	Kenkäveron jätevedenpuhdistamo	9
3	CASE-PUHDISTUSMENETELMÄT	12
3.1	Iso-Disc	12
3.2	MBR	16
4	JÄTEVEDEN PITOISUUDET KOHDELAITOKSILLA	22
4.1	Näytteenottopaikat ja -menetelmät	22
4.2	Analyysimenetelmät	22
4.3	Epäpuhtauksien pitoisuudet	23
4.4	Jätevedenpuhdistamoiden lähtevien vesien vertailu raja-arvoihin	24
5	ERI PUHDISTUSTEKNIIKOIDEN TULOSTEN TARKASTELU	28
5.1	Lähtevien vesien pitoisuustasot	28
5.2	Puhdistusmenetelmien erotustehokkuudet	30
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	32
7	YHTEENVETO	33
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	34
	LIITTEET (TILAAJAN KÄYTTÖÖN)	36

1 JOHDANTO

Jätevedenpuhdistuksella tarkoitetaan sellaista prosessia, jonka avulla jätevedestä poistetaan kiintoaineita ja ravinteita. Jätevedenpuhdistukselle on asetettu vaatimuksia jätevesiasetuksessa. Tämän lisäksi jokaiselle jätevedenpuhdistamolle on määrätty ympäristölupa, jossa on asetettu luparaja-arvot.

Mikkelin Vesilaitoksella jätevedenpuhdistus tapahtuu viidellä eri puhdistamolla. Nämä puhdistamot ovat Kenkäveronniemi, Ristiina, Suomenniemi, Anttola ja Haukivuori. Mikkeliin on valmistumassa uusi puhdistamo, joka toimii MBR-tekniikalla. Laitoksen toiminnan on tarkoitus alkaa alkuvuodesta 2021. Uusi puhdistamo korvaa Kenkäveronniemen puhdistamon. Kallioon sisään rakennettava jätevedenpuhdistamo on energiatehokas ja tekniikaltaan Euroopan moderneimpia. Uudella teknologialla pyritään turvaamaan lähivesistöt ja vedenlaatu.

Opinnäytetyön tarkoituksena on vertailla Ristiinan (Iso-Disc) ja Kenkäveronniemen (MBR-koelaitos) jätevedenpuhdistamoiden lähteviä vesiä. Ristiinan puhdistamolla on käytössä Iso-Disc tertiäärisuodatusmenetelmä ja Kenkäveronniemen (Mikkeli) jätevedenpuhdistamon yhteydessä toimii erillisenä prosessina MBR-koelaitos. Iso-Disc ja MBR-tekniikka toimivat työssä vertailtavina tekniikoina.

Tavoitteena työssä on saada tietoa eri puhdistustekniikoiden vaikutuksista jäteveden pitoisuustasoihin ja erotustehokkuuksiin.

Tutkimustyötä tehdään kesän ja syksyn 2020 aikana. Opinnäytetyö tehdään Mikkelin Vesilaitoksen toimeksiannosta.

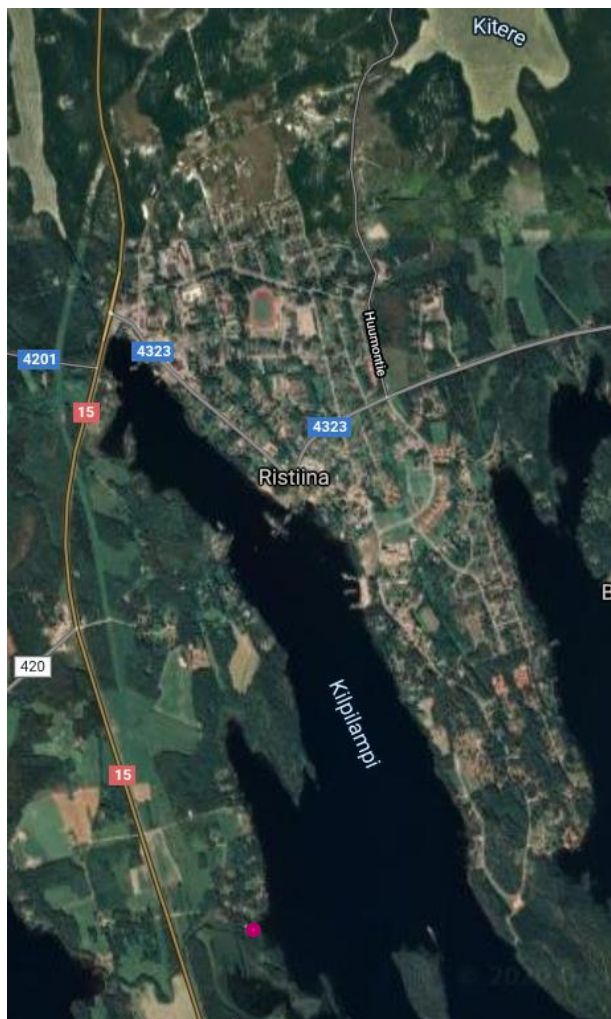
Työssä käytetään MBR-koelaitokselta, Ristiinan puhdistamolta ja Kenkäveronniemen puhdistamolta kerta- ja kokoomanäytteistä saatuja tuloksia. Vertailu tapahtuu näiden pohjalta. Työssä hyödynnetään käyttö- ja velvoitetarkkailun tuloksia. Käyttötarkkailun tulokset analysoidaan Mikkelin Vesilaitoksen omassa käyttölaboratoriossa ja velvoitetarkkailun analysoidaan Eurofins Oy:n toimesta. Analyyseillä tutkitaan jätevedestä eri parametrejä esimerkiksi kemiallinen hapenkulutus (COD), fosfori, typpi, E.Coli ja alkaliteetti.

2 CASE-JÄTEVEDENPUHDISTAMOT

2.1 Ristiinan jätevedenpuhdistamo

Ristiinan jätevedenpuhdistamo on otettu käyttöön vuonna 1978 ja sen toiminta-alueella asuu noin 2600 asukasta. Jätevedenpuhdistamolle tulevat jätevedet johdetaan Ristiinan kirkonkylästä ja Pellosniemen taajamasta. Ristiinan jätevedenpuhdistamo on aktiivilietemenetelmään perustuva rinnakkaissaostuslaitos. Se sijaitsee Ristiinan Rahikkalan kylässä. (Ympäristölupapäätös 39/2011/1, 2011, 1–2; Ramboll, 2020, 2.)

Ristiina on osa Mikkeliä ja se sijaitsee n. 20 km päässä kaupungin keskustasta etelään. Ristiinan kirkonkylä on pääosin taajamaa ja alueelta löytyy myös jonkin verran palveluita. Pellosniemen taajama sijaitsee n. 6 km Ristiinasta. Alueella toimii UPM:n tehdas, mutta sen jätevesiä ei johdeta Ristiinan puhdistamolle. Tämän lisäksi taajamassa on jonkin verran asutusta. Alueella on aikaisemmin toiminut esim. koulu, päiväkoti ja kauppa, mutta alueen hiljentyessä ne ovat loppuneet. Lähimmät palvelut löytyvät Ristiinan kirkonkylältä. Kuvassa 1 on esitetty Ristiinan alue ja kuvassa 2 Pellosniemen taajama.

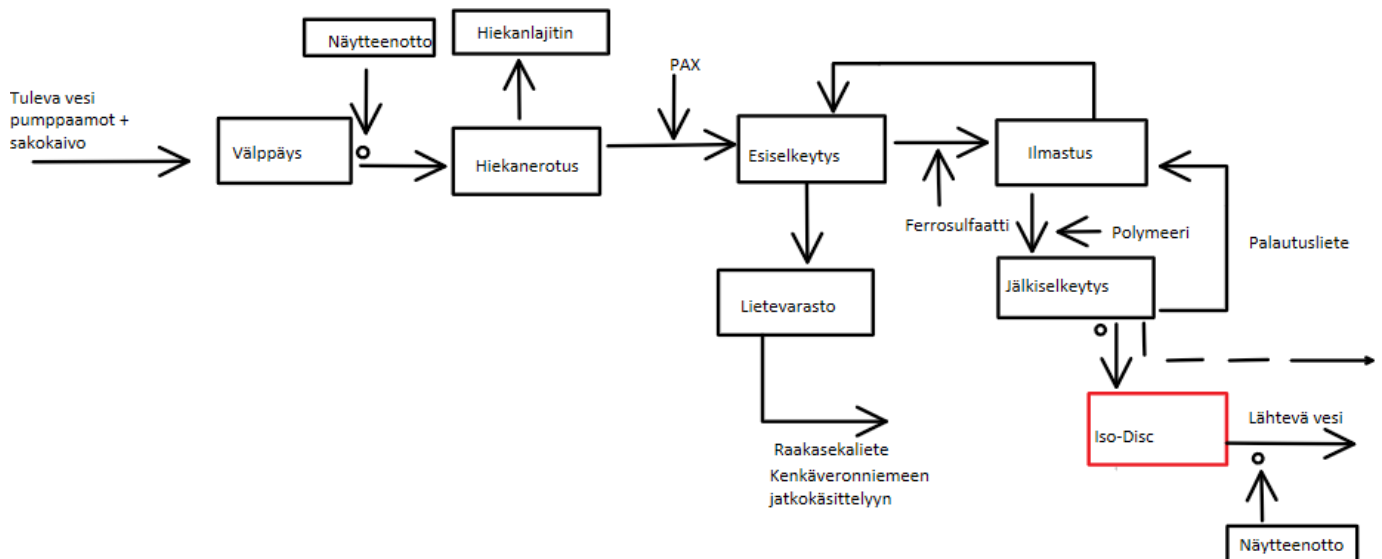


Kuva 1 Ristiina (Google Maps, 2020.)



Kuva 2 Pellosniemen taajama (Google Maps, 2020.)

Puhdistamon prosessi koostuu välppäyksestä, hiekanerotuksesta, etuselkeytyksestä, ilmastuksesta, jälkiselkeytyksestä ja Iso-Disc jälkisuodatuksesta. Tämän lisäksi prosessiin kuuluu kemikaalointi. Ristiinan jätevedenpuhdistamolle tuleva jätevesi kulkee tulopumppaamoiden kautta. Puhdistamolle tulee myös sako- ja umpikaivolietettä vastaanottopisteen kautta. Tuleva jätevesi pumpataan suoraan välpälle, josta se kulkeutuu hiekanerotukseen ja sieltä edelleen esiselkeytykseen. Esiselkeytyksen jälkeen jätevesi johdetaan kaksilohkoiseen ilmastukseen, josta se kulkeutuu jälkiselkeytysaltaisiin. Jälkiselkeytyksen jälkeen jätevesi pumpataan Iso-Disc jälkisuodatukseseen. Iso-Disc menetelmällä puhdistettu jätevesi johdetaan purkuputkea pitkin Saimaan Yöveden Pökkäänlahteen. Prosessissa syntyvä ylijäämäliete pumpataan takaisin esiselkeytykseen. Etuselkeytyksestä pumpataan raakasekalietettä lietevarastoon, josta se kuljetetaan Kenkäveronniemen puhdistamolle. Ilmastukseen pumpataan palautuslietettä jälkiselkeytyksestä. (Ympäristölupapäätös 39/2011/1, 2011, 4; Ramboll, 2020, 2–3.) Kuvassa 3 on esitetty Ristiinan jätevedenpuhdistamon prosessikaavio.



Kuva 3 Ristiinan jätevedenpuhdistamon prosessikaavio

Ristiinan jätevedenpuhdistamolla käytetään kemikaaleina ferrosulfaattia, polyalumiinikloridia (PAX), polymeeriä ja natriumhydroksidia (lipeä). Ferrosulfaattia hyödynnetään prosessissa fosforin saostamiseen, PAX:a käytetään tehostamaan esiselkeytystä, kationinen polymeeri on apuaineena jälkisaostuksessa sekä lipeää hyödynnetään pH:n säädössä. Vuonna 2019 puhdistamon prosessiin syötettiin keskimäärin 122 g/m³ ferrosulfaattia, PAX:a n. 20 000 kg ja jälkipolymeeriä 98 kg. (Ramboll, 2020, 1 ja 7.) Puhdistamolla tapahtuu nitrifointia vain lämpimien vesien aikaan, jonka vuoksi lipeää kuluu vuodessa vain osan aikaa.

Puhdistamon keskivirtaaman mitoituksena on 800 m³/d ja maksimivirtaaman mitoituksena 2000 m³/d. Vuonna 2019 puhdistamon keskivirtaaman keskiarvo oli 589 m³/d ja maksimivirtaaman keskiarvo 1461 m³/d. Keskivirtaaman kuormitusaste oli 74 % ja maksimivirtaaman kuormitusaste oli 73 %. Tulokuorman osalta fosforille on mitoitettu 9 kg/d. Fosforin keskiarvo tulokuormitus vuonna 2019 oli 3,2 kg/d ja sen kuormitusaste oli 36 %. Kiintoaineella tulokuormituksena oli vuonna 2019 148 kg/d, kokonaistypellä 29 kg/d ja COD_{CR}:llä 229 kg/d. Ristiinan puhdistamon päästöpitoisuudet vuonna 2019 oli COD_{CR}:llä 46 mg/l, kiintoaineella 19 mg/l ja kokonaisfosforilla 0,5 mg/l. (Ramboll, 2020, 1, 4 ja 6.)

Ristiinan jätevedenpuhdistamon ympäristölupa on myönnetty 8.4.2011. Ympäristöluvan on myöntänyt Itä-Suomen aluehallintovirasto. Ympäristöluvassa on määritelty raja-arvot BOD_{7ATU}:lle ja fosforille. COD_{CR}:n ja kiintoainepitoisuuden kohdalla noudatetaan valtionneuvoksen päätöksen 888/2006 vähimmäisvaatimuksia. (Ympäristölupapäätös 39/2011/1.)

BOD_{7ATU} enimmäismäärä Ristiinan jätevedenpuhdistamolla on 12 mg/l. Fosforille enimmäispitoisuus määrä on 0,6 mg/l. Fosforin ja BOD_{7ATU}:n puhdistustehojen tulee olla vähintään 92 %.

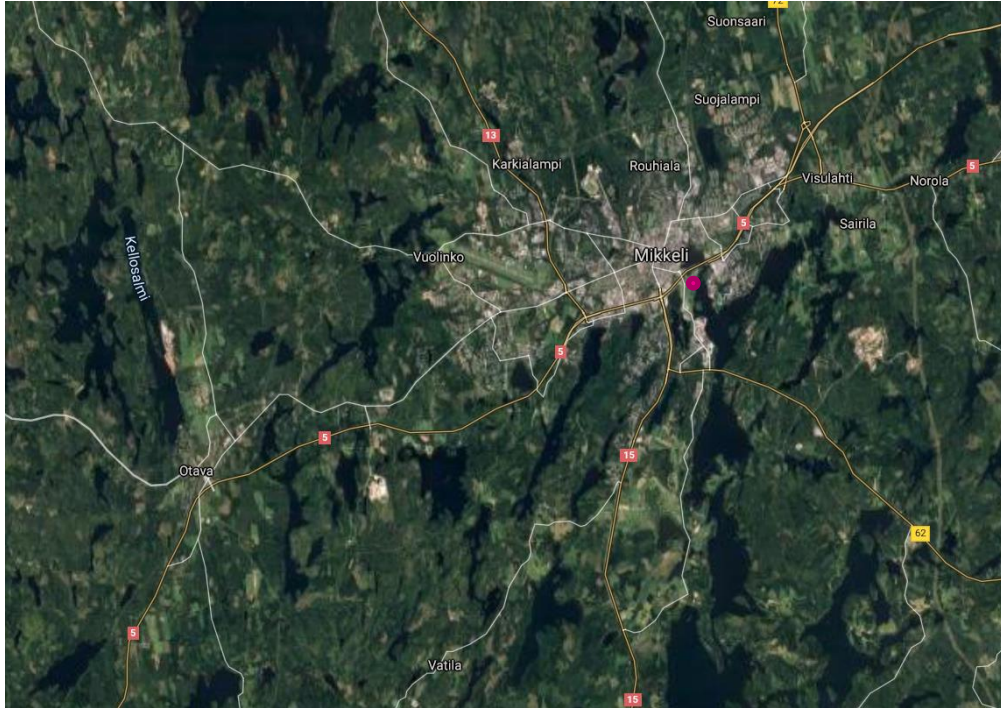
COD_{Cr}:n enimmäismäärä on 125 mg/l. Sen poistoteho tulee olla vähintään 75 %. Kiintoainepitoisuudella enimmäismäärä on 32 mg/l. Kiintoainepitoisuuden poistoteho on vähintään 90 %. (Ympäristöluopapääätös 39/2011/1, 2011, 13.)

2.2 Kenkäveron jätevedenpuhdistamo

Kenkäveronniemen jätevedenpuhdistamo (kuva 4) sijaitsee Kenkäveron kaupunginosassa Mikkelin keskustan tuntumassa. Asukasvastineluvultaan puhdistamo on noin 46 866 asukkaan laitos. (Ramboll, 2020.) Puhdistamolle tulevat jätevedet koostuvat pääosin yhdyskuntajätevesistä. Alueet, joilta jätevedet tulevat ovat Mikkelin kaupunkialue sekä Otavan ja Rantakylän taajamat (kuva 5). Puhdistamolle tulee myös sako- ja umpikaivolietettä.



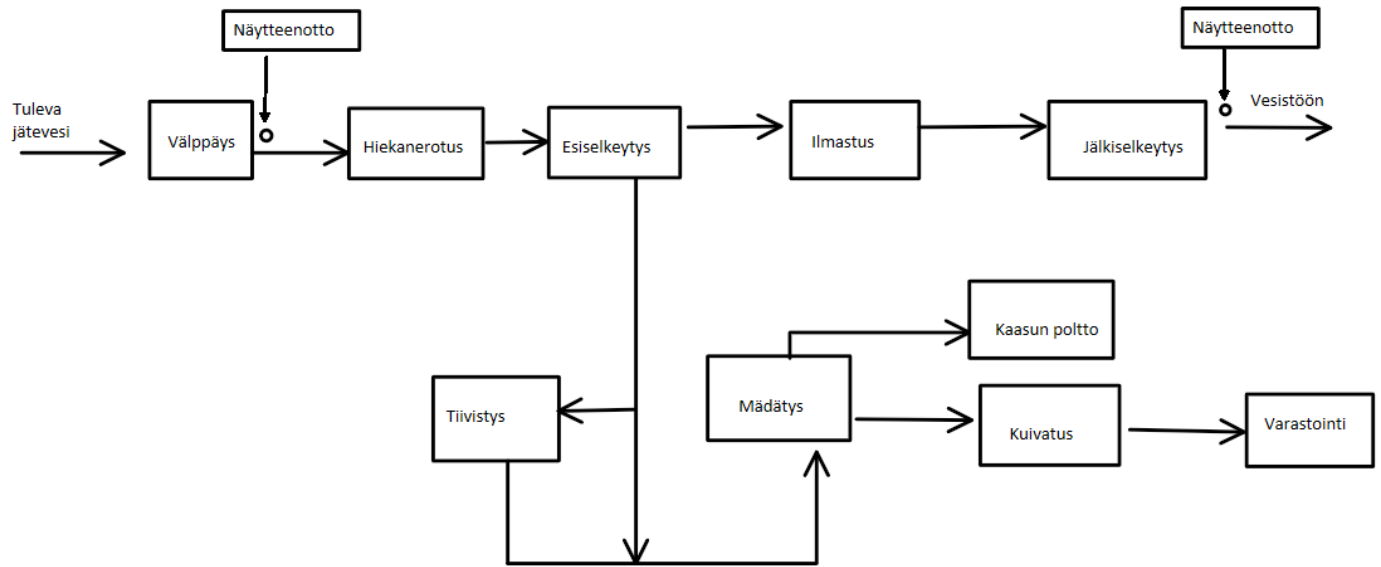
Kuva 4 Kenkäveronniemen jätevedenpuhdistamon alue (Google Maps, 2020.)



Kuva 5 Mikkelin alue (Google Maps, 2020.)

Jätevedenpuhdistamolla käytetään mekaanis-biologis-kemiallista puhdistusprosessia. Prosessi koostuu välppäyksestä, hiekanerotuksesta, esiselkeytyksestä, ilmastuksesta ja jälkiselkeytyksestä. Tuleva jätevesi johdetaan välppälle, josta se kulkeutuu hiekanerotuksen kautta esiselkeytykseen. Sen jälkeen vesi johdetaan ilmastukseen ja sieltä edelleen jälkiselkeytykseen. Laitoksella käsitellään raakaseka liete mädättämössä. Kuvassa 6 on esitetty Kenkäveronniemen puhdistamon prosessikaavio. Jätevedenpuhdistamolta puhdistettu jätevesi johdetaan Saimaan Savilahteen.

Puhdistusvaatimuksina puhdistamolla on BOD_{7ATU} -arvolle enintään 10 mg O_2/l ja fosforipitoisuus saa olla enintään 0,5 mg P/l. Näiden puhdistustehon on oltava vähintään 96 %. Ammoniumtyypen puhdistustehona on vähintään 90 % ja pitoisuus saa olla enintään 4 mg/l. COD_{Cr} :n ja kiintoainepitoisuuden kohdalla noudatetaan valtionneuvoksen päätöksen 888/2006 vähimmäisvaatimuksia. COD_{Cr} :n enimmäismäärä on 125 mg/l. Sen poistoteho tulee olla vähintään 75 %. Kiintoainepitoisuudella enimmäismäärä on 32 mg/l. Kiintoainepitoisuuden poistoteho on vähintään 90 %. (Ympäristölupapäätös 87/2011/1, 2011, 2.)



Kuva 6 Kenkäveronniemen jätevedenpuhdistamon pääprosessin prosessikaavio

3 CASE-PUHDISTUSMENETELMÄT

3.1 Iso-Disc

Iso-Disc on tertiärisuodatusmenetelmä, jonka avulla voidaan poistaa orgaanisia ja epäorgaanisia aineita jätevedestä. Rakenteeltaan Iso-Disc on kompakti ja siihen kohdistuva kuormitus voi olla enintään $15 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$. (Alfa Laval, 2020.)

Sovelluskohteet

Iso-Disc:ä voidaan hyödyntää sekä teollisuudessa että yhdyskuntajätevesien puhdistuksessa tertiärisuodatuksena. Tällöin sen avulla puhdistettua jätevettä voidaan hyödyntää uudelleen käytössä. Iso-Disc:ä voidaan tämän lisäksi käyttää myös eri prosessivirroissa ja sitä voidaan hyödyntää pintavesien käsittelyissä. (Alfa Laval, 2020, 1.)

Iso-Disc soveltuu tertiärikäsittelyyn, koska nukkasuodattimilla on hyvä läpäisykyky ja Iso-Disc:n rakenne sekä käyttökustannukset useimpiin kohteisiin optimaalisia. Rasvat ja öljyt sekä limaiset ainekset ovat haitallisia kankaan tukkeutumisen takia. Myös käsittelyprosessissa käytettävä polymeeri voi liiallisina määrinä aiheuttaa kankaan pintaan tahmeutta. Pintakuormana Iso-Disc:ssä on tavallisesti $10 \text{ m}/\text{h}$, hyödynnettäessä yhdyskuntajätevesien tertiärikäsittelyssä. Käytettävään pintakuormaan vaikuttaa jäteveden hydraulisen vastuksen lisäksi jäteveden kiintoainemäärä ja siitä aiheutuva kankaan tukkeutuminen. (Lignell, 2020.)

Iso-Disc:n hyödyt

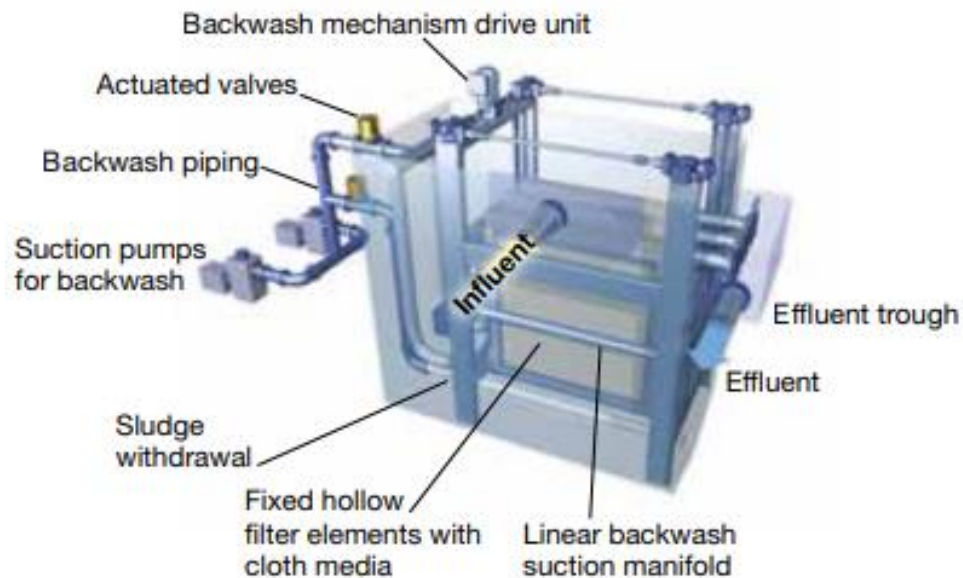
Iso-Disc:n hyötyjä ovat: pieni hiilijalanjälki-virtaussuhde, suuri hydraulinen kapasiteetti ja automaattinen suodatus. Iso-Disc:n hyötyinä voidaan pitää myös sitä, että sen laitteistosta voidaan valvoa ja ylläpitää yksittäistä suodatinelementtiä. Iso-Disc:n yksinkertaisella muotoilulla pyritään lisäämään kestävyyttä ja tehokkuutta. (Alfa Laval, 2020, 1.)

Toimintaperiaate ja rakennekuva

Iso-Disc-laitteistossa onton suodatinelementin päälle on asennettu suodatinkangas ja vesi kulkee suodatinelementin läpi (kuva 7). Veden kulkeutuessa kankaan läpi vedessä esiintyvät kiintoaine hiukkaset tarttuvat kankaan ulkopinnalle. Suodatettu vesi kulkee poistoaukon kautta keräysaltaaseen. (Alfa Laval, 2020, 2.)

Iso-Disc:ssä jätevesi pumpataan prosessin viimeisestä vaiheesta, jonka jälkeen vesi imeytyy kankaanläpi kasettiin. Kankaan pinnalle jää tällöin liete. Suodatettu vesi johdetaan poistokanavaan ja sietä purkukaivoon. Suodatinaltaassa pinta alkaa nousemaan, kun kankaan pinnalle kertyy lietettä tarpeeksi. Vastavirtahuuhdeltu käynnistyy, kun pinta saavuttaa asetetun rajan. Kankailla oleva liete palautuu tällöin takaisin prosessiin. (Aquazone, 2019, 3.)

Iso-Disc:n suodatinosa koostuu suodatinkehyksestä, tukiruudokosta, kangasmateriaalista ja neopreenitiivisteestä. Upotetuissa osissa tulee käyttää korroosionkestäviä ruostumatonta terästä tai ei-metallisia materiaaleja. (Alfa Laval, 2020, 1.)



Kuva 7 Iso-Disc:n rakenne (Alfa Laval, 2020.)

Iso-Disc:ssä suodatinelementille on eri koko vaihtoehtoja. Eri koko vaihtoehtoilla on kapasiteeteissa eroa. Koko vaihtoehdot: 0,6 m x 0,6 m, 0,9m x 0,9m, 1,5 m x 1,5 m, 1,5 m x 2,4 m ja 1,8 m x 2,4 m. Näiden kapasiteetit ovat puolestaan: 132 m³/d, 295 m³/d, 818 m³/d, 1308 m³/d ja 1570 m³/d. (Alfa Laval, 2020.)

Iso-Disc:ssä käytetään materiaalina kangasta, joka on valmistettu polyesteristä tai akryylistä (Alfa Laval, 2020). Kuvassa 8 on esitetty Iso-Disc moduuli.



Kuva 8 Iso-Disc moduuli (Alfa Laval.)

Iso-Disc Suomessa ja maailmalla

Suomessa Iso-Disc tertiäärisuodatusta on muutamilla jätevedenpuhdistamoilla. Tällaisia laitoksia on esim. Tampereen Raholan jätevedenpuhdistamo ja Ristiinan jätevedenpuhdistamo. Tampereen Raholan jätevedenpuhdistamolla tertiäärisuodatus on mitoitettu 1380 m³/h virtaamalle ja sen maksimivirtaamana on 2000 m³/h. Ristiinan puhdistamolla Iso-Disc:n maksimivirtaaman on 140 m³/h. (Aquazone, 2018; Aquazone, 2019, 3.) Kuvassa 3 on esitetty Ristiinan puhdistamon Iso-Disc:n sijainti prosessissa. Kuvat 9–11 ovat Ristiinan Iso-Disc:stä, joista kuvassa 11 näkyy Iso-Disc:n suodatinyksikköä.

Maailmalla Iso-Disc tertiäärisuodatusta on ainakin seuraavista paikoista: San Claudion jätevedenpuhdistamolla Espanjassa, Amadori Cesenassa Italiassa ja Skotlannin vesikunnan jätevedenpuhdistamo Fauldhousesessa Skotlannissa. San Claudion jätevedenpuhdistamon Iso-Disc:n keskivirtaaman mitoitus on 500 m³/h, kun taas sen huippu mitoitus on 800 m³/h. Amadori Cesenassa keskimääräinen virtaus Iso-Disc:llä on 200 m³/h. Fauldhousesessa kokonaishuippuvirtaamana on 41 l/s eli 147,6 m³/h. (Alfa Laval, 2020.)

Likaantuminen ja puhdistus

Iso-Disc:n likaantuminen aiheutuu, kun kiinteät aineet tarttuvat kankaan ulkopintaan. Tästä seuraa vastustusta veden virtaukselle, jonka vuoksi veden pinta nousee. Säiliöön on asennettu anturi, joka seuraa vedenpinnan korkeutta.

Iso-Disc:ssä pesu käynnistyy, kun saavutetaan ennalta asennettu korkeus. Puhdistus tapahtuu imulla, jolloin kangasmateriaali puhdistuu ja siitä poistetaan kiinteät aineet. Iso-Disc:ssä imu-sarjaa liikutetaan edestakaisin kunkin elementin kohdalla. (Alfa Laval, 2020.)



Kuva 9 Ristiinan Iso-Disc suodatuskontti (Pekonen, 2020.)



Kuva 10 Iso-Disc:n laitteistoa (Pekonen, 2020.)

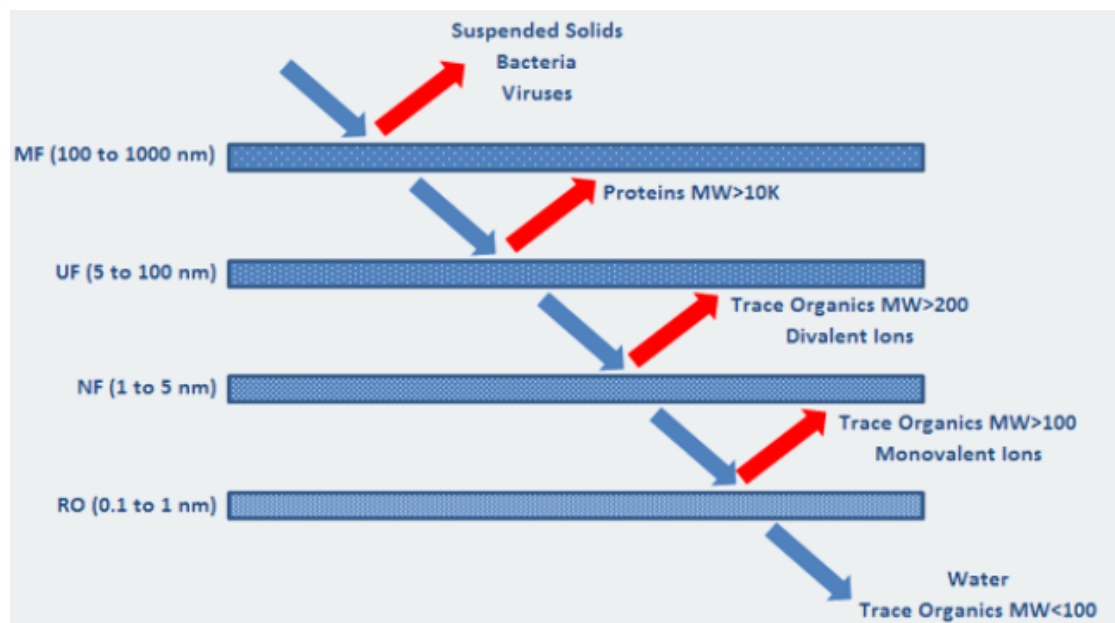


Kuva 11 Iso-Disc (Pekonen, 2020.)

3.2 MBR

MBR tulee sanoista *membrane bioreactor*, joka tarkoittaa suomeksi kalvobioreaktoria. MBR:n voidaan katsoa koskevan kaikkia sellaisia veden ja jäteveden käsittelyprosesseja, joissa on yhdistetty biologinen puhdistusprosessi kalvosuodatukseen. (Judd, 2011, 1.)

Kalvosuodatusprosesseja ovat esim. mikro-suodatus (MF), ultrasuodatus (UF), nanosuodatus (NF), käänteisosmoosi (RO). Näillä kalvosuodatusprosesseilla on erilaiset huokoskoot. Mikro-suodatuksella on 100–1 000 nm, ultrasuodatuksella 5–100 nm, nanosuodatuksella 1–5 nm ja käänteisosmoosilla 0,1–1 nm. Mikro-suodatuksella voidaan suodattaa kiintoaineita, bakteereita ja viruksia. Ultrasuodatuksella proteiineja. Nanosuodatuksella orgaanisia aineksia ja kaksiarvoisia ioneja. Käänteisosmoosilla yksiarvoisia ioneja ja orgaanisia aineksia. (Lenneth, 2020.) Kuvassa 12 on esitetty kalvojen luokittelu huokoskokojen perusteella.



Kuva 12 Kalvojen luokittelu huokoskokojen perusteella (Lenneth, 2020.)

Sovelluskohteet

MBR-tekniikkaa käytetään sekä teollisuudessa että kunnallisilla puhdistamoilla. Teollisuudessa sitä käytetään esim. öljy-, lääke-, tekstiili-, sellu- ja paperiteollisuudessa. Sitä voidaan hyödyntää myös laivojen jätevesien puhdistuksessa. (Judd & Judd Ltd, 2020.)

MBR:n hyödyt

MBR:ssä on muihin jätevesiteknikoihin nähden useita hyötyjä. Tällaisia esim. ovat: korkealaatuinen puhdistettu jätevesi, pieni hiilijalanjälki sekä tehokkaampi biologinen käsittely. (Judd & Judd Ltd, 2020.)

MBR-tekniikka vaatii vähemmän tilaa kuin perinteinen jätevedenpuhdistus ja sillä on kompakti rakenne. MBR:n käytöllä voidaan vähentää eri käsittelyvaiheita, koska prosessissa ei tarvita

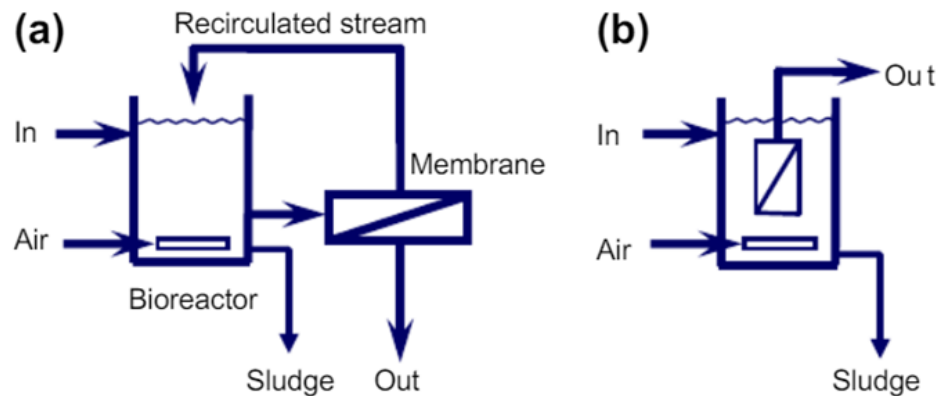
esim. jälkiselkeytystä, ja hiekkasuodatusta. Prosessissa ei välttämättä tarvita tertiäärikäsittelyä. Tämä riippuu käsitellyn veden jatkokäytöstä. MBR prosessissa suodatetun veden laatu on korkea, mikä mahdollistaa veden kierrätyksen. (Huber, 2020.)

Rakennekuva ja toimintaperiaate

Suodatusprosesseissa hyödynnetään peruseriaatetta. Peruseriaatteessa neste pakotetaan puoliläpäisevän esteen läpi paineen avulla. Raja-aukkojen huokoskoko on nähdessä partikkelit ovat suurempia. MBR:n suodatuksen virtaukselle on kaksi eri vaihtoehtoa. Virtaus voidaan ohjata sisäänpäin (ristivirtaus suodatus) tai ulospäin (upotettu membraani). (van Haandel & van der Lubbe, 2012, 322–323.)

Upotetuissa kalvoissa prosessisykli koostuu suodattamisesta, huuhtelusta, relaksaatiosta, valmiustilasta/standby-tilasta ja puhdistuksesta. Jäteveden lietteen ominaisuudet ja kalvojen likaantumisenopeus vaikuttavat prosessisyklin eri vaiheiden kestoon. Ristivirtauskalvoilla ei puolestaan löydy varsinaisia vaiheita prosessisyklissä. (van Haandel & van der Lubbe, 2012, 347–348.)

MBR kalvot voidaan sijoittaa prosessiin kahdella eri vaihtoehdolla. Joko kalvot voidaan sijoittaa upotettuna (iMBRs) tai sivuvirtaan (sMBRs). (Judd & Judd Ltd, 2020.) Kuvassa 13 MBR on esitetty MBR:n sijoitusvaihtoehdot.



Kuva 13 MBR-moduulin sijoitusvaihtoehdot a) sivuvirta ja b) upotettu MBR (Judd, 2011, 4.)

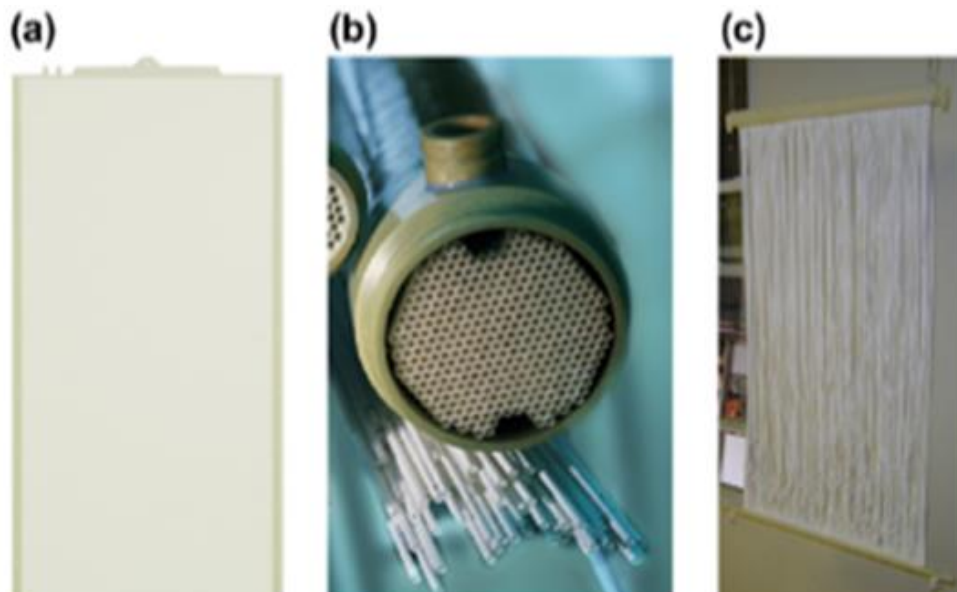
MBR:ssä käytetään tyypillisesti kahta erilaista kalvomateriaalia, joko polymeerisiä ja keraamisia kalvomateriaaleja. Kalvomateriaalin valmistuksessa on huomioitava, miten vesi pääsee kulkemaan sen läpi, jotta se olisi käyttökelpoinen. MBR:n kalvojen rakenne koostuu ohuesta pintakerroksesta ja paksummasta huokoisesta kerroksesta. Kalvojen valmistuksessa on otettava huomioon, että niissä on suuri pinnan huokoisuus ja käytettävät materiaalit ovat kestäviä sekä niissä on kapea huokoskokojakauma. (Judd, 2011, 58.)

Polymeerisiä kalvomateriaaleja ovat: polyeteeni, polyakrylonitriili, polyeetterisulfoni, polysulfoni ja polyvinylidiniidifluoridi. Keraamisia kalvomateriaaleja ovat puolestaan: alumiinioksidi, piikarbidia, titaanioksidi/titaani ja zirconiumdioksidi. (Judd & Judd Ltd, 2020.)

MBR-kalvotyypit voidaan jakaa kuuteen eri luokkaan:

1. Tasomaiset kalvot (FS)
2. Onttokuitukalvot (HF)
3. Putkimaiset (MT)
4. Kapilaariputket (CT)
5. Laskostetut suodatinpatruunat (FC)
6. Spiral-wound (SW)

Näistä kalvotyypeistä yleisimmin MBR-tekniikassa käytetään tasomaisia kalvoja, onttokuitukalvoja ja putkimaisia kalvoja, jotka on esitetty kuvassa 14. Eri kalvotyypit soveltuvat paremmin tiettyihin sovelluksiin kuin toiset. Kalvoja käytetään sekä teollisuudessa että kunnallisilla jätevedenpuhdistamoilla. (Judd, 2011, 63; Judd & Judd Ltd, 2020.)



Kuva 14 MBR:n kalvotyypit, a) Tasomaiset kalvot (FS), b) Putkimaiset kalvot (MT), c) Onttokuitu-kalvot (HF) (Judd, 2011, 64.)

MBR Suomessa ja maailmalla

Ensimmäiset kaupalliset MBR:t kehiteltiin 1960 luvun lopulla ja niiden kehittäjänä oli Dorr-Oliver. Tällöin yhdistettiin ultrasuodatus (UF) perinteiseen aktiivilieteprosessiin. Ensimmäiset yh-

dyskuntajätevesien puhdistukseen käytetyt MBR-laitokset otettiin käyttöön 1990-luvun lopussa. Tällöin laitoksia oli Japanissa, USA:ssa ja Iso-Britanniassa. 1990-luvun lopussa oli kehitteillä useita MBR-kalvotuotteita ja järjestelmiä. Tästä seurasi MBR:n kaupallisen toiminnan kiihtymisen. Yli 200 maassa on käytössä MBR-järjestelmä ja MBR-tekniikkaa on kehitelty jatkuvasti. (Judd, 2011, 2–6.)

Yhdyskuntajätevesien käsittelyssä MBR on noussut globaaliksi ilmiöksi viime vuosikymmeninä. Isoimmat MBR-tekniikkaa hyödyntävät laitokset löytyvät Kiinasta, Singaporesta, Ruotsista, USA:sta, Belgiasta, Italiasta, Omanista, Ranskasta ja Etelä-Koreata. (Judd & Judd Ltd, 2020.)

Laitoksia löytyy maailmalta tuhansia, mutta Suomessa tekniikkaa on käytetty lähinnä teollisuudessa. Suomessa kunnallisilla jätevedenpuhdistamoilla MBR-tekniikan käyttö on viime vuosina yleistynyt. MBR:n hyödyntämisen vähäisyyteen Suomessa ja muissa Pohjoismaissa on vaikuttanut useat tekijät. Tällaisia ovat esim. kylmien vesien aiheuttamat vaikutukset biologiseen toimivuuteen ja se, että käyttökokemuksia löytyy vähän. (Aquazone, 2020.)

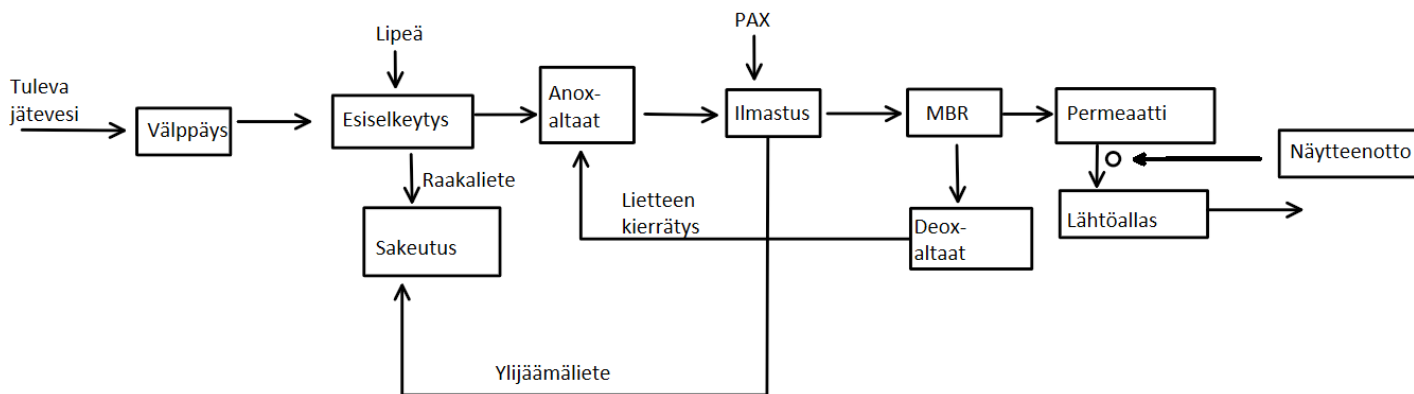
MBR-kalvojen likaantuminen ja puhdistaminen

MBR-kalvojen likaantuminen vaikuttaa kalvovirtauksien ja -läpäisevyyden pienemiseen. Kalvojen likaantumiseen on kaksi eri vaihtoehtoa: mikro- tai makrolikaantuminen. Nämä voidaan luokitella likaantuvan komponentin koon perusteella. Makro-likaantumisessa kalvojen tukkeutumiseen vaikuttavat karkeat materiaalit. Makro-likaantumista voidaan estää käyttämällä esikäsittelyä. Mikrolikaantumisen seurauksena kalvohuokokset tukkeutuvat. Likaantuminen voi olla orgaanista, biologista ja/tai epäorgaanista. Suurilla virtauksilla epäpuhtaudet tarttuva membraanihuokosiin. Lian poistaminen on tällöin vaikeampaa. Kalvo puhdistetaan, joko huuhtelulla tai kemiallisella puhdistuksella. Epäorgaaninen likaantuminen johtuu epäorgaanisten kiintoainneiden saostumisesta kalvon pinnalle. Jätevesiin ongelmia aiheuttavia saostumia ovat CaCO_3 , FePO_4 , CaCO_4 , rautaoksidit ja hydroksidit. Orgaaninen likaantuminen johtuu suspendoituneesta tai kolloidisesta orgaanisesta materiaalista. Kalvoilla tapahtuva biologinen kasvu aiheuttaa biolikaantumista. Biologinen kasvu aiheuttaa kalvohuokosten tukkeutumista. Tämän lisäksi se voi aiheuttaa kalvopinnan peittymistä limalla. (van Haandel & van der Lubbe, 2012, 348–349.)

Kalvojen likaantuminen voidaan puhdistaa kemiallisella puhdistuksella. Muita puhdistusmenetelmiä ovat säännöllinen huoltopesu paikan päällä, säännöllinen huoltopesu ilmatilassa, intensiivinen puhdistus ja talteenottopuhdistus. (van Haandel & van der Lubbe, 2012, 350–351.)

MBR-koelaitos Mikkelissä

MBR-koelaitos sijaitsee Kenkäveronniemen jätevedenpuhdistamon yhteydessä. Koelaitoksen prosessiyksiköt ovat: välppäys, esiselkeytys, anox-altaat, ilmastus ja MBR. Tuleva jätevesi pumpataan suoraan Kenkäveronniemen pääprosessin välppän jälkeen koelaitokselle. Koelaitoksella on vielä välppäys, josta se johdetaan esiselkeytykseen ja sieltä edelleen anox-altaille (6 kpl). Tämän jälkeen jätevesi johdetaan ilmastukseen, josta vesi kulkeutuu MBR-altaaseen. MBR-koelaitoksella käytetään tasomaisia kalvoja ja niiden huokoskoko on 0,2 mikrometriä. MBR-kasetti on altaaseen upotettuna. MBR-altaassa tapahtuu kalvosuodatus, josta puhdistettu jätevesi johdetaan lähtöaltaan kautta takaisin Kenkäveronniemen pääprosessiin. Esiselkeytyksestä pumpataan pohjalle laskeutunut raakaliete sakeuttamoon. MBR:stä lietettä palautetaan deox-altaiden (2 kpl) kautta takaisin anox-altaisiin. MBR-koelaitoksella prosessiin syötetään kemikaaleina PAX:a ja 25 % lipeää, joista PAX:a syötetään 118 ml/h ja lipeää 100 ml/h. PAX syötetään ilmastukseen ja lipeä esiselkeytykseen. Koelaitoksen keskivirtaama on 1400 l/h eli 1,4 m³/h. Vuorokauden keskivirtaama on 33,6 m³/d. Kuvassa 15 on esitetty MBR-koelaitoksen prosessikaavio. Kuvat 16 ja 17 on MBR-koelaitoksen sisältä.



Kuva 15 MBR-koelaitoksen prosessikaavio



Kuva 16 MBR-koelaitos; esiselkeytyks (vasemmalla) ja anox-altaat (oikealla) (Pekonen, 2020.)



Kuva 17 MBR-koelaitos; ilmastus (oikealla) ja MBR (vasemmalla) (Pekonen, 2020.)

4 JÄTEVEDEN PITOISUUDET KOHDELAITOKSILLA

Työssä hyödynnetään jätevedenpuhdistamoiden velvoite-, ja käyttötarkkailun tuloksia. Ristiinan puhdistamolta tuloksia oli ennen Iso-Disc:ä ja sen käyttöön oton jälkeen. Kenkäveronniemen puhdistamon tuloksissa oli kesän 2020 tuloksia ja saman vuoden alkuvuoden velvoite-tarkkailu tuloksia. MBR-koelaitokselta tulokset olivat vuoden 2020 tuloksia syyskuun loppuun saakka. Työtä varten elokuussa otettiin näytteitä Iso-Disc:stä ja MBR:stä.

4.1 Näytteenottoaikat ja -menetelmät

Taulukossa 1 on esitetty eri näytteenottoaikat ja näytteenottomenetelmät.

Näytteenottomenetelminä käytetään kertanäytettä ja kokoomanäytettä. Kokoomanäytteet ovat tavallisesti kestoaltaan 24 h. Kertanäyte kuvaa jätevedessä, sillä hetkellä olevaa laatua. Kokoomanäytteenotolla voidaan kuvata jäteveden keskimääräistä veden laatua. Kookomanäyte muodostuu osanäytteistä, jotka otetaan tietyllä aikavälillä, kun taas kertanäytteessä näyte otetaan kerran. (Pietarila, 1981.)

Taulukko 1 Näytteenottoaikat ja menetelmät

	Näytteenottoaikat	Näytteenottomenetelmä
MBR-koelaitos	Permeaatti	Kertanäyte
Ristiinan jätevedenpuhdistamo	Tuleva	Kokoomanäyte
Ristiinan jätevedenpuhdistamo	Iso-Disc/Lähtevä	Kokoomanäyte
Kenkäveronniemen jätevedenpuhdistamo	Tuleva	Kokoomanäyte
Kenkäveronniemen jätevedenpuhdistamo	Lähtevä	Kokoomanäyte

4.2 Analyysimenetelmät

Analysointi-menetelmät/standardit on esitetty taulukossa 2. Työssä on otettu sekä käyttöettä velvoitetarkkailun tuloksia. Ensimmäisessä sarakkeessa on esitetty eri parametrit. Mikkelin Vesilaitoksella tehdään käyttötarkkailua. Toisessa sarakkeessa on standardit, joita Mikkelin Vesilaitoksen käyttölaboratoriossa käytetään. Kolmannessa sarakkeessa on pikatestimenetelmät, joita Mikkelin Vesilaitos käyttää. Mikkelin Vesilaitoksella käytetään näytteiden analysoinnissa Merck Spectroquant NOVA 60 laitetta. Viimeisessä sarakkeessa on Eurofins Oy:n käyttämät standardit. Velvoitetarkkailunäytteiden analyysit ovat Eurofins Oy:n tekemiä.

Taulukko 2 Jätevesinäytteiden analysointiin käytetyt menetelmät ja standardit

Parametri	Mikkelin Vesilaitos		Velvoitetarkkailu (Eurofins Oy)
Kokonaisfosfori	SFS 3026	Phosphate Cell Test	SFS-EN ISO 17294-2
Liukoinen kokonaisfosfori			SFS-EN ISO 17294-2
COD _{Cr}	SFS 3036	COD Cell Test	ISO 15705:2002
Alkaliteetti	SFS-EN ISO 9963-1		SFS-EN ISO 9963-1
pH	SFS 3021		SFS 3021:1979
Kokonaistyyppi	SFS 5505		EF2021, SFS 5505:1988
Ammoniumtyppi	SFS 3032		SFS 5505:1988
Nitraatti	SFS 5752		
Rauta	SFS 3028		SFS-EN ISO 17294-2
Kiintoaine	SFS-EN 872		SFS-EN 872:2005 mod.
Escherichia Coli		Colliert	ISO 9308-2
Coli		Colliert	ISO 7899-2
Sähkönjohtavuus	SFS-EN 27888		SFS-EN 27888:1994
BOD ₇			SFS-EN 1899-1:1988, SFS-EN 1899-2:1998

4.3 Epäpuhtauksien pitoisuudet

Liitteissä 1–6 on esitetty Ristiinan jätevedenpuhdistamon käyttö- ja velvoitetarkkailun tulokset (2019–2020). Liitteissä 7 ja 8 on Kenkäveronniemen käyttö- ja velvoitetarkkailun tulokset (2020). Liitteissä 9 ja 10 MBR-koelaitoksen tulokset. Pitoisuuksien parametreina ovat pH, sähkönjohtavuus, alkaliteetti, COD, kokonaisfosfori, liukoinen kokonaisfosfori, kokonaistyyppi, ammoniumtyppi, rauta ja kiintoaine. Näiden lisäksi osasta näytteistä on analysoitu: BOD, alumiini, enterokokit, Escherichia Coli (E. Coli) ja nitraattityppi. Nämä parametrit analysoidaan velvoitetarkkailun yhteydessä.

Ennen Iso-Disc:ä tulevassa jätevedessä kiintoaines pitoisuus oli 116,0–840,0 mg/l ja lähtevässä 1,5–83,0 mg/l. Iso-Disc:n käyttöön oton jälkeen tulevassa jätevedessä kiintoaines oli 45,0–480,0 mg/l ja lähtevässä 1,0–14,4 mg/l. Kenkäveronniemen puhdistamolla tulevassa vedessä kiintoaine pitoisuus oli 300,0–630,0 mg/l ja lähtevässä vedessä 5,5–156,2 mg/l sekä MBR-koelaitoksella lähtevässä vedessä kiintoaine pitoisuus oli 0,8–8,6 mg/l.

4.4 Jätevedenpuhdistamoiden lähtevien vesien vertailu raja-arvoihin

Taulukossa 3 on esitetty Ristiinan puhdistamon velvoitetarkkailun tulokset ja puhdistustehokkuudet. Punaisella värillä on esitetty ne arvot, jotka eivät täytä asetettuja vaatimuksia. Ristiinan puhdistamolla velvoitetarkkailussa pitoisuustasot on pääosin alittuneet, mutta fosforin, kiintoaineen ja BOD:n osalta yhden arvot ylittävät niille asetetut raja-arvot. Puhdistustehokkuuksien osalta kaikki niille asetetut puhdistusvaatimukset eivät täyty. COD täyttää sille asetetun puhdistustehokkuuden rajan pääasiassa velvoitetarkkailun tuloksissa.

Taulukko 3 Ristiinan puhdistamon velvoitetarkkailun tulokset ja puhdistustehokkuudet 2019–2020 (punaisella arvot, jotka eivät täytä lupaehtoja)

Aika	COD Cr (O ² mg/l)											
	COD Cr (O ² mg/l)			Kokonaisfosfori (P mg/l)			Kiintoaine (mg/l)			BOD7 (ATU) (mg/l)		
	Tuleva	Lähtevä	Red %	Tuleva	Lähtevä	Red %	Tuleva	Lähtevä	Red %	Tuleva	Lähtevä	Red %
19.2.2019	490	65	86,7	7,7	0,54	93,0	260	17	93,5	220	14	93,6
16.4.2019	140	37	73,6	2,8	0,51	81,8	210	32	84,8	64	7,7	88,0
18.6.2020	400	46	88,5	6	0,23	96,2	240	6,7	97,2	190	3,6	98,1
27.8.2019	590	71	88,0	5,4	1,4	74,1	360	38	89,4	160	15	90,6
16.10.2019	390	36	90,8	6	0,19	96,8	200	9,3	95,4	120	3,8	96,8
17.12.2019	400	33	91,8	4,6	0,22	95,2	160	6,6	95,9	94	4,8	94,9
19.2.2020	200	21	89,5	2,8	0,25	91,1	110	12	89,1	53	6,3	88,1
29.4.2020	470	44	90,6	7,8	0,3	96,2	160	4,8	97,0	120	7,5	93,8
17.6.2020	830	43	94,8	12	0,34	97,2	430	2,8	99,3	200	7,4	96,3
19.8.2020	900	30	96,7	12	0,21	98,3	46	6,2	86,5	430	2,2	99,5

Taulukossa 4 on esitetty Ristiinan käyttötarkkailun tulokset ja puhdistustehokkuudet vuonna 2019, jossa punaisella on merkitty ne, jotka eivät täytä raja-arvoja tai puhdistustehokkuuksia. Ristiinan käyttötarkkailussa vuonna 2019 COD:n pitoisuudet täyttävät sille asetetun raja-arvon, mutta COD:n puhdistustehokkuuden vähimmäisvaatimus ei täyty kaikilla arvoilla. Fosforilla ja kiintoaineella ei täyty kaikilla arvoilla niiden enimmäispitoisuuksia tai vähimmäispuhdistustehokkuuksia.

Taulukko 4 Ristiinan käyttötarkkailun tulokset ja puhdistustehokkuudet 2019 (punaisella arvot, jotka eivät täytä lupaehtoja)

Aika	COD Cr (O ³ mg/l)			Kokonaisfosfori (P mg/l)			Kiintoaine (mg/l)		
	Tuleva	Lähtevä	Red %	Tuleva	Lähtevä	Red %	Tuleva	Lähtevä	Red %
15.1.2019		79			1			33,5	
29.1.2019		86			1,5			32	
5.2.2019		91			1,7			52	
19.2.2020		47			0,6			19,2	
5.3.2019		52			0,5			20,5	
12.3.2019		35			0,4			7,2	
19.3.2019		28			0,3			12	
2.4.2019		23			0,2			8	
9.4.2019		17			0,3			20	
23.4.2019		30			0,3			9,7	
7.5.2019		38						6,5	
14.5.2019		111		5,4	0,8	85,2	141	17	87,9
21.5.2019	575	37	93,6	7,8	3,1	60,3	260	14	94,6
26.5.2019	427	30	93,0	7,1	0,5	93,0	318	6	98,1
4.6.2019	453	28	93,8	7	0,5	92,9	207	6	97,1
19.6.2019	607	24	96,0	7,9	0,3	96,2	195	<1	
26.6.2019	672	31	95,4	4,95	0,3	93,9	204	1,5	99,3
3.7.2019	942	40	95,8	12,65	0,5	96,0	171	9	94,7
10.7.2019	611	27	95,6	12,55	0,6	95,2	252	7	97,2
17.7.2019	713	31	95,7	13,35	0,6	95,5	297	1,5	99,5
24.7.2019	1207	42	96,5	13,65	0,7	94,9	283	12	95,8
31.7.2019	981	64	93,5	16,4	1,1	93,3	384	26,5	93,1
7.8.2019	513	67	86,9	12,1	0,8	93,4	116	12,5	89,2
14.8.2019	794	75	90,6		1,6		386	33	91,5
21.8.2019	762	60	92,1	15,7	0,9	94,3	840	22,5	97,3
3.9.2019	739	61	91,7	10,1	1	90,1	321	25,5	92,1
10.9.2019	922	115	87,5	15,1	2,9	80,8	442	83	81,2
17.9.2019	588	74	87,4	11,3	1,1	90,3	274	49,2	82,0
30.9.2019	615	53	91,4	10,8	0,9	91,7	243	21,5	91,2
1.10.2019	719	67	90,7	10,9	1,7	84,4	316	50	84,2
8.10.2019	731	70	90,4	11,4	0,8	93,0	336	22	93,5
29.10.2019				10,1	0,3	97,0	315	7,2	97,7
12.11.2019	750	40	94,7		0,2		353	2,8	99,2
20.11.2019	520	28	94,6	7,8	0,2	97,4	229	1,6	99,3
27.11.2019	551			10	0,3	97,0	262	4,8	98,2
2.12.2019	507	52	89,7	7	0,3	95,7	226		
10.12.2019	232	28	87,9	4,8	0,3	93,8	122		
17.12.2019	366	24	93,4	5,8	0,3	94,8	169	4	97,6

Taulukossa 5 on esitetty Ristiinan käyttötarkkailun tulokset ja puhdistustehokkuudet vuonna 2020, jossa punaisella on merkitty tulokset, jotka eivät täytä vaatimuksia. Ristiinan käyttötarkkailun tuloksissa ja puhdistustehokkuudet ovat pääosin vuonna 2020 olleet ympäristöluvan määräämien raja-arvojen ja puhdistusvaatimusten mukaisia. Kiintoaineen kohdalla yksi puhdistustehokkuus ei täytä sille asetettua vähimmäispuhdistusvaatimusta. COD:n kohdalla kaikki arvot alittavat enimmäispitoisuus vaatimukset ja sekä ne täyttävät asetetun vähimmäispuhdistustehokkuuden. Fosforin kohdalla pari arvoa ylitti enimmäispitoisuuden ja kolme arvoa alitti vähimmäispuhdistustehokkuuden. Muuten fosforin tulokset ovat ympäristöluvan mukaiset.

Taulukko 5 Ristiinan käyttötarkkailun tulokset ja puhdistustehokkuudet 2020 (punaisella arvot, jotka eivät täytä lupaehtoja)

Aika	COD Cr (O ² mg/l)			Kokonaisfosfori (P mg/l)			Kiintoaine (mg/l)		
	Tuleva	Lähtevä	Red %	Tuleva	Lähtevä	Red %	Tuleva	Lähtevä	Red %
14.1.2020		33,00			0,36			12,80	
17.1.2020		33,00			0,36			12,80	
21.1.2020	316,00	37,00	88,3	1,37	0,47	65,7	168,00	10,30	93,9
4.2.2020	394,00	47,00	88,1	7,40	0,44	94,1	206,00	9,70	95,3
11.2.2020		31,00			0,33			4,30	
18.2.2020				3,55	0,36	89,9	90,00	8,70	90,3
3.3.2020	473,00	36,00	92,4	7,06	0,29	95,9	246,00	3,70	98,5
10.3.2020	579,00	38,00	93,4		0,40		310,00	4,40	98,6
20.3.2020	297,00	29,00	90,2	4,53	0,20	95,6	99,00	5,00	94,9
24.3.2020	419,00	37,00	91,2	6,86	0,35	94,9	208,00	6,00	97,1
31.3.2020	385,00	28,00	92,7	3,35	0,17	94,9	203,00	2,30	98,9
6.4.2020	226,00	32,00	85,8	5,11	0,22	95,7	48,00	1,20	97,5
14.4.2020				4,05	0,21	94,8	45,00	4,70	89,6
22.4.2020	365,00	45,00	87,7		0,54		124,00	9,30	92,5
27.4.2020	452,00	33,00	92,7	8,24	0,25	97,0	209,00	2,70	98,7
5.5.2020		39,00			0,28			8,50	
13.5.2020	245,00	28,00	88,6	8,74	0,32	96,3	407,00	5,00	98,8
19.5.2020	368,00	30,00	91,8	9,92	0,33	96,7	294,00	1,00	99,7
26.5.2020	559,00	39,00	93,0	3,69	0,40	89,2	200,00	5,00	97,5
2.6.2020	952,00	60,00	93,7	9,46	0,43	95,5	435,00	14,00	96,8
9.6.2020	574,00	37,00	93,6	8,34	0,42	95,0	284,00	1,60	99,4
15.6.2020	783,00	41,00	94,8	11,40	0,39	96,6	362,00	7,30	98,0
23.6.2020	504,00	46,00	90,9	8,90	0,60	93,3	424,00	6,90	98,4
30.6.2020	943,00	33,00	96,5	9,28	0,72	92,2	480,00	7,60	98,4
7.7.2020	764,00	11,00	98,6	8,44	0,30	96,4		3,60	
14.7.2020	557,00	27,00	95,2	7,72	0,56	92,7	245,00	14,40	94,1
21.7.2020	712,00	18,00	97,5	11,40	0,46	96,0	327,00	6,00	98,2
28.7.2020	653,00	21,00	96,8	11,60	0,51	95,6	336,00	5,60	98,3
1.9.2020	387,0	28,0	92,8	10,2	0,7	93,1	87,0	4,4	94,9
8.9.2020	942,0	14,0	98,5		0,2		384,0	4,3	98,9
15.9.2020	661,0	10,0	98,5	9,4	0,2	97,9	292,0	3,3	98,9
22.9.2020	627,0	17,0	97,3	9,0	0,1	98,9	320,0	2,3	99,3
29.9.2020	1147,0				0,2		477,0	4,3	99,1

Taulukossa 6 on esitetty Kenkäveronniemen käyttö- ja velvoitetarkkailun tulokset sekä reduktioprosentit. Punaisella on esitetty arvot, jotka eivät täytä raja-arvojen vaatimuksia. Kenkäveronniemen jätevedenpuhdistamon velvoite- ja käyttötarkkailussa lähtevän veden laadussa on päästy ympäristöluvassa määrättyjen raja-arvojen alapuolelle pitoisuuksien perusteella pääasiassa. Käyttötarkkailun kohdalla pari arvoa ylittää vain niille asetetut vaatimukset. COD_{Cr}:llä puhdistusteho on ollut 94,7–96,2 % välillä. Ympäristöluvassa puhdistusvaatimuksena on ollut vähintään 75 %. Sekä velvoite- että käyttötarkkailussa on päästy reilusti alle ympäristöluvan asettaman enimmäispitoisuuden ala puolelle, joka on 125 mg/l. Velvoitetarkkailussa BOD_{7ATU}:n kohdalla myös raja-arvo on alittanut pitoisuustason sekä puhdistustehot on ollut enemmän kuin mitä sen vähimmissään pitää olla. Kiintoaineen kohdalla on päästy velvoitetarkkailussa alle raja-arvon. Käyttötarkkailun kohdalla ympäristöluvan asettaman raja-arvot toteutuvat pääasiassa, mutta yksi tuloksista ylittää asetetun rajan. Kiintoaineen puhdistustehokkuudet ovat sekä käyttö-, että velvoitetarkkailussa enemmän mitä ympäristöluvassa vähimmäispuhdistustehokkuutena on määritetty. Fosforin kohdalla on myös pysytty hyvin ympäristöluvan vaatimuksissa, mutta käyttötarkkailun kohdalla vain yksi tuloksista ylitti sille, asetun raja-arvon.

Taulukko 6 Kenkäveronniemen käyttö- ja velvoitetarkkailun tulokset sekä reduktioprosentit 2020 (punaisella arvot, jotka eivät täytä lupaehtoja)

Aika	COD Cr (O ² mg/l)			Kokonaisfosfori (P mg/l)			Ammoniumtyppi (NH ₄ -N)			Kiintoaine (mg/l)			BOD ₇ (ATU) (mg/l)		
	Tuleva	Lähtevä	Red %	Tuleva	Lähtevä	Red %	Tuleva	Lähtevä	Red %	Tuleva	Lähtevä	Red %	Tuleva	Lähtevä	Red %
31.3.2020	750,0	33,0	95,6	6,8	0,2	97,5	40,0	0,1	99,7	330,0	5,8	98,2	160,0	2,3	98,6
15.4.2020	600,0	32,0	94,7	8,2	0,2	97,7	37,0	0,0	99,9	300,0	4,5	98,5	200,0	4,4	97,8
6.5.2020	670,0	26,0	96,1	9,3	0,1	98,9	42,0	0,1	99,8	430,0	4,4	99,0	190,0	3,2	98,3
27.5.2020	590,0	27,0	95,4	8,9	0,1	98,9	39,0	0,1	99,8	550,0	4,6	99,2	380,0	3,5	99,1
3.6.2020	710,0	27,0	96,2	9,1	0,2	98,4	44,0	0,1	99,8	440,0	5,1	98,8	320,0	2,4	99,3
17.6.2020	700,0	29,0	95,9	9,8	0,2	98,1	49,0	0,1	99,8	520,0	7,9	98,5	170,0	2,6	98,5
2.7.2020	730,0	22,0	97,0	10,0	0,1	98,6	43,0	0,1	99,9	650,0	6,8	99,0	400,0	2,8	99,3
7.7.2020	700,0	36,0	94,9		0,1			0,1			5,8				
15.7.2020	740,0	31,0	95,8	10,0	0,2	98,1	87,0	0,2	99,8	570,0	6,8	98,8	420,0	2,5	99,4
21.7.2020		50,0			2,0			0,2			156,2				
5.8.2020	660,0	32,0	95,2	10,0	0,2	98,2	43,0	0,14	99,7	510,0	6,0	98,8	400,0	3,0	99,3
28.7.2020		11,0			0,5						22,4				
11.8.2020		33,0			0,5			0,1			5,8				
18.8.2020					0,3						12,3				
19.8.2020	860,0	37,0	95,7	13,0	0,4	97,2	50,0	0,054	99,9	630,0	11,0	98,3	450,0	4,5	99,0
24.8.2020					0,2			0,1			5,8				
2.9.2020	930,0	35,0	96,2	12,0	0,3	97,7	52,0	0,037	99,9	550,0	8,0	98,5	510,0	3,5	99,3
8.9.2020		27,0			0,3			0,2			5,5				

5 ERI PUHDISTUSTEKNIIKOIDEN TULOSTEN TARKASTELU

5.1 Lähtevien vesien pitoisuustasot

Taulukossa 7 on esitetty eri parametrien vaihteluvälit molemmilta laitoksilta sekä MBR-koelaitokselta.

E.Coli:n ja Coli:n sekä enterokokeilla yksikkönä on MPN/100 ml. MPN tarkoittaa todennäköisiä kappalemääriä, joita esiintyy 100 ml:ssä.

Taulukko 7 Yhteenveto jätevedenpuhdistamoilta lähtevien vesien pitoisuuksista

Parametri	Kenkäveronniemi		Ristiina	
	pääprosessi (2020)	MBR-koelaitos (2020)	ennen Iso-Disc:n käyttöönottoa (2019)	Iso-Disc:n aikana (2020)
Alkaliteetti (mmol/l)	0,7–1,1	1,07–5,72	0,6–6,8	0,814–6,4
BOD ₇ (mg/l)	2,3–4,5		3,6–14,0	2,2–7,5
Kokonaisfosfori (mg/l)	0,1–0,5	<0,05–0,4	0,19–2,9	0,1–0,72
COD _{Cr} (mg/l)	22,0–37,0	<10,0–43,0	17,0–115,0	8,7–47,0
Liukoinen kokonaisfosfori (mg/l)	0,05–0,2	<0,05–0,18	0,03–0,7	0,05–0,31
Kokonaistyyppi (mg/l)	14,0–31,0	<10,0–44,0	23,0–87,0	20,0–74,0
Ammoniumtyppi (mg/l)	0,037–0,2	<0,05–35,6	1,5–86,0	0,1–66,0
Rauta (mg/l)	0,2–1,4	0,04–0,33	0,3–4,7	0,17–2,47
Kiintoaine (mg/l)	5,5–12,3	<1,0–8,6	<1,0–49,2	1,0–14,4
pH	6,5–7,3	6,9–7,9	6,6–7,7	5,7–8,0
E.Coli (MPN/100 ml)	4 100 000–15 000	0- >2 420	2200–9 300 000	2 300–110 000
Coli (MPN/100 ml)		1- >2 420		
Nitraatti (mg/l)	13,0–45,0	1,9–33,6	0,9–68,0	<1,0–64,0
Alumiini(mg/l)		<0,10–0,069	0,07–0,27	
Sähkönjohtavuus (mS/m)	70,0–90,0	70,4–93,0	43,0–121,6	0,764–92,0
Enterokokit (MPN/100 ml)	1–140 000		7 600–980 000	4 800–23 000

Ristiinan puhdistamolla ennen Iso-Disc:ä oli tasovaihtelua useilla parametreillä reilusti. Liukoisella kokonaisfosforilla, kokonaisfosforilla, alkaliteetilla, pH:lla, raudalla ja alumiinilla tasovaihtelu oli pääasiassa pienintä, mutta jotkin arvot olivat isompia. Muilla parametreillä oli enemmän vaihtelua. Liukoisen kokonaisfosforin vaihtelu on ollut 0,03–0,7 mg/l välillä ja alumiinin 0,07–0,27 mg/l. Nitraatin vaihtelu on ollut puolestaan 0,9–68,0 mg/l välillä ja COD:llä 17,0–115,0 mg/l. Iso-Disc:n käyttöön oton jälkeen alkaliteetin, pH:n, kokonaisfosforin, liukoisen fosforin ja raudan tasovaihtelut ovat olleet muihin parametreihin nähden pieniä. Nitraatilla vaihtelua on tapahtunut <1,0–64,0 mg/l ja COD:llä 8,7–47,0 mg/l, kun taas kokonaisfosforin vaihtelu on ollut 0,1–0,72 ja raudan 0,17–2,47 mg/l.

Kenkäveronniemen jätevedenpuhdistamolla pitoisuustasoissa ei ollut suurta vaihtelua suurimmalla osalla parametreista. Isompia vaihteluja oli nitraatilla ja enterokeilla. Nitraatin vaihteluväli oli 13,0–45,0 mg/l ja enterokokkien 1–140 000 MPN/100 ml. Muilla parametreilla vaihtelua on pientä. Esimerkiksi liukoisien kokonaisfosforin vaihtelu oli 0,05–0,2 mg/l, ammoniumtyypen 0,037–0,2 mg/l ja BOD:llä 2,3–4,5 mg/l.

MBR-koelaitoksella oli tasovaihtelua vaihtelevasti. Osalla parametreista vaihtelua oli enemmän kuin toisilla. Isompia tasovaihteluita oli ammoniumtyypellä, nitraatilla, kokonaistypellä ja COD:llä. Muilla parametreilla vaihtelu oli pientä. COD:n vaihtelu oli <10–43 mg/l ja ammoniumtyypellä <0,05–35,6 mg/l. Liukoisien kokonaisfosforin vaihtelu oli <0,05–0,18 mg/l ja raudan 0,04–0,33 mg/l sekä raudan 0,04–0,33 mg/l.

Kenkäveronniemen pääprosessiin verrattuna Ristiinan puhdistamon tasovaihtelu on ollut pääasiassa pienempää. COD:n osalta Ristiinan puhdistamolta löytyy korkeampia arvoja kuin mitä Kenkäveronniemen puhdistamolla on. BOD:n suhteen tasovaihteluissa on pieniä eroja. Ristiinan puhdistamolla BOD:lla suurin arvo BOD:llä oli 7,7 mg/l kun taas Kenkäveronniemessä suurin arvo oli 4,5 mg/l. Sähkönjohtavuuden osalta taso vaihtelut ovat molemmilla laitoksilla pääosin saman suuntaista kuin myös pH:n, raudan, alkaliteetillä liukoosella kokonaisfosforilla ja kiintoaineella. Alkaliteetin ja kiintoaineen osalta Ristiinan puhdistamolta tasovaihteluissa löytyy enemmän korkeita tuloksia.

MBR-koelaitoksen eri parametrien tasovaihtelut ovat Kenkäveronniemen pääprosessiin ja Ristiinan puhdistamoon nähden, joiltain osin parempi. MBR:llä lähtevän veden pitoisuudet olivat Iso-Disc:n nähden parempia. MBR:n ja Iso-Disc:n eroja tasovaihteluita löytyy kiintoaineen, raudan, ammoniumtyypen, nitraatin ja kokonaistypen osalta. Liukoisien kokonaisfosforin suhteen MBR:llä ja Ristiinan lähtevän veden suhteen ei ole suurta eroa. MBR:n ja Iso-Disc:n kohdalla tasovaihtelujen vertailua ei voinut tehdä alumiinin, enterokokkien ja colin osalta. MBR:ssä kokonaisfosforin <0,05–0,4 mg/l ja Iso-Disc:llä 0,1–0,72 mg/l. Kokonaistypellä MBR:n tasovaihtelu oli <10,0–44,0 mg/l kun taas 20,0–74,0 mg/l.

Tasovaihteluiden syinä voi olla esim. tulevan jäteveden laatu ja siitä aiheutuvat kuormituksen vaikutus prosessiin. Vuoden ajoilla voi olla vaikutusta pitoisuuksien tasovaihteluihin. Tasovaihteluihin voi vaikuttaa myös veden lämpötila. Iso-Disc:n kankaiden suodatuskykyyn on voinut mahdollisesti vaikuttaa siihen tehty huoltipesu (27–28.5).

5.2 Puhdistusmenetelmien erotustehokkuudet

Puhdistustehokkuuksien selvittämiseksi tarvitaan tulevan veden ja lähtevän veden tiedot. Tehokkuus riippui siitä miten suuri tulevan ja lähtevän veden pitoisuuksien välinen ero on. Liukoisen fosforin erotustehokkuuden pystyi laskemaan MBR:stä ja Kenkäveronniemen pääprosessin tuloksista. Ristiinan kohdalta sitä ei pystynyt laskemaan, koska Ristiinan puhdistamon tuloksissa ei ollut tulevassa vedessä liukoisen fosforin tuloksia. MBR-koelaitoksen tuloksissa ei ollut BOD:ta, joten sitä ei voinut laskea. Velvoitetarkkailun tuloksissa oli BOD:n arvot Kenkäveronniemelle ja Ristiinalle.

Taulukossa 8 on esitetty eri parametrien erotustehokkuuksien vaihteluvälit molemmilta laitoksilta sekä MBR-koelaitokselta.

Taulukko 8 Yhteenveto jäteveden eri komponenttien erotustehokkuuksien vaihteluväleistä prosentteina (%)

Parametri	Kenkäveronniemi		Ristiina	
	pääprosessi (2020)	MBR-koelaitos (2020)	ennen Iso-Disc:n käyttöönottoa (2019)	Iso-Disc:n aikana (2020)
Alkaliteetti	77,6–98,3	46,6–74,9	14,6–89,8	6,3–96,0
BOD ₇	98,3–99,3		88,0–98,1	88,1–99,5
Kokonaisfosfori	97,2–98,9	94,2- >99,0	60,3–97,4	65,7–98,9
COD _{Cr}	94,7–97,0	96,4–97,7	86,9–96,5	85,8–98,6
Liukoinen kokonaisfosfori	96,8–98,0	88,9–96,8		
Kokonaistyyppi	5,7–80,6	18,5–72,4	2,7–56,3	6,3–57,7
Ammoniumtyppi	99,7–99,9	91,3–99,9	70,7–96,3	97,0–99,9
Rauta	87,6–98,4	98,4–98,9	51,6–91,4	47,7–95,7
Kiintoaine	98,3–99,0	>90,0	81,2–99,5	89,6–99,7

Ristiinan puhdistamolla ennen Iso-Disc:ä puhdistustehokkuuksissa on ollut vaihtelua paljon. Parhaimpia tehokkuuksia on saavutettu COD:llä, kokonaisfosforilla, kiintoaineella ja BOD:llä. Näillä parametreillä on päästy yli 60 % tehokkuuksiin. Muilla parametreillä tehokkuuksilla löytyy pieniä arvoja. Iso-Disc:n myötä tehokkuudet ovat parantuneet raudan, kiintoaineen, ammoniumtyypin ja kokonaisfosforin osalta hieman. Ammoniumtyypin tehokkuudessa oli vaihtelua enemmän ennen Iso-Disc:ä kuin Iso-Disc:n käyttöön oton jälkeen. Iso-Disc:n myötä tehokkuudet ovat jonkin verran parantuneet siitä mitä ne olivat ennen Iso-Disc:ä. Kokonaistypen osalta ennen Iso-Disc tehokkuus on ollut parempi. COD:n osalta tehokkuus on samaa tasoa ennen Iso-Disc:ä ja sen käyttöön oton jälkeen.

Kenkäveronniemen pääprosessin tehokkuus eri parametreillä vaihtelee suuresti, mutta puhdistustehokkuudet ovat pääasiassa hyviä. Kokonaistypen osalta kaikissa tuloksista puhdistustehokkuus ei ollut kovin suuria, koska kokonaistypen tulevan ja lähtevän veden pitoisuuksien

välinen ero ei ole kovin suuri. Talvella prosessissa tapahtuu nitrifikaatiota ja kesällä tämän lisäksi tapahtuu denitrifikaatiota. Näillä on vaikutusta prosessissa kokonaistypen poistoon. COD:llä, kokonaisfosforilla, liukoisella kokonaisfosforilla, alkaliteetillä, ammoniumtyyppellä, raudalla ja kiintoaineella sekä BOD:llä on parhaat puhdistustehokkuudet. Näillä tehokkuudet ovat yli 80 %.

Kenkäveronniemen pääprosessissa puhdistustehokkuudet on ollut parempia kuin mitä Ristiinan puhdistamolla on saatu. Isoimmat erot ovat alkaliteetin, kokonaistypen ja raudan sekä kokonaisfosforin tehokkuuksissa. Esim. kokonaisfosforin osalta Kenkäveronniemen puhdistamon pääprosessissa on päästy yli 97 % tehokkuuksiin kun taas Ristiinassa vaihtelua tapahtui 60,3-98,9 % välillä.

MBR:n erotustehokkuudet ovat parempia kuin mitä Iso-Disc:llä on saatu. Kokonaisfosforin osalta MBR:llä on saatu yli 94 % erotustehokkuudet, kun taas Iso-Disc:n kohdalla kokonaisfosforin erotustehokkuus oli vaihdellut 65,7–98,9 % välillä. MBR:llä parhaimmat erotustehokkuudet oli saavutettu COD:n, ammoniumtypen, raudan, kokonaisfosforin ja kiintoaineen sekä liukoisen kokonaisfosforin osalta. Iso-Disc:n osalta ei voitu laskea liukoisen fosforin tehokkuutta. MBR:llä alkaliteetin tehokkuuksien vaihtelua on pienempää kuin Iso-Disc:llä, mutta tästä huolimatta Iso-Disc:ltä löytyy alkaliteetiltä korkeampia tehokkuuksia kuin mitä MBR:llä on. MBR:llä tehokkuus vaihteli 46,6–74,9 % välillä, kun taas Iso-Disc:llä vaihteluväli oli 6,3–96,0 %. Kiintoaineen osalta molemmilla tekniikoilla päästään yli 89% tehokkuuksiin.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Iso-Disc:stä löytyy vähemmän tietoa, kuin MBR:stä tai perinteisestä jätevedenpuhdistuksesta. MBR:stä löytyy esim. kirjallisuutta, jota Iso-Disc:stä ei löytynyt.

Ristiinan puhdistamolla Iso-Disc:n myötä lähtevän veden pitoisuudet ja erotustehokkuudet ovat parantuneet, mutta joillakin parametreilla esiintyy silti vaihtelua. Iso-Disc:llä saadaan tasalaatuisempaa vettä kuin mitä perinteisellä jätevedenpuhdistuksella. Ennen Iso-Disc:ä parametrien tuloksilla on ollut suurempaa vaihtelua pitoisuuksien osalta. Iso-Disc:n myötä Ristiinan puhdistamolla on päästy pääosin lupaehtojen alapuolelle, mutta muutamien epäpuhtauksien puhdistustehokkuuksissa arvot eivät ole täyttäneet lupaehtoja (puhdistustehokkuuksien raja-arvot: kiintoaine 90 %, fosfori 92 %, BOD 92 % ja COD 75 %). Erotustehokkuuksissa tapahtuu vaihtelua, johon vaikuttavat esim. veden lämpötila ja nitrifikaatio.

MBR-tekniikka soveltuu Kenkäveronniemen tulevaan jäteveden puhdistukseen hyvin. MBR:llä erotustehokkuudet ovat riittävän korkeita ja sen lähtevän veden pitoisuudet ovat, joko parempia tai samaa luokkaa kuin Kenkäveronniemen jätevedenpuhdistamon pääprosessin.

MBR:llä ja Iso-Disc:llä puhdistustuloksissa vaihteluvälit ovat monilla parametreilla samaa luokkaa, joten näillä tekniikoilla voidaan saada parempia puhdistustuloksia kuin mitä perinteisellä jätevedenpuhdistuksella. MBR:n ja Iso-Disc:n avulla saadaan keskimäärin poistettua enemmän kiintoainesta kuin mitä perinteisellä jätevedenpuhdistuksella poistuu. E.Colin osalta Iso-Disc:llä ja MBR:llä on pienempiä pitoisuuksia kuin mitä perinteisessä jätevedenpuhdistuksessa on. Ammoniumtyypen osalta keväällä saatiin perinteisellä jätevedenpuhdistuksella parempia puhdistustuloksia kuin MBR:llä.

Iso-Disc on ollut käytössä Ristiinan puhdistamolla vajaan vuoden, jonka vuoksi tutkimustulokset on lyhyeltä ajalta. Tämän vuoksi olisi hyvä tarkastella minkälaisia puhdistustuloksia Iso-Disc:llä saadaan pidemmällä aikavälillä. Tällöin saisi paremmin selville onko Iso-Disc:llä vaihtelua veden laadussa enemmän ja mistä vaihtelu mahdollisesti johtuu.

7 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli vertailla kahden eri jätevedenpuhdistamon (Ristiina ja Kenkäveronniemi) lähteviä vesiä. Ristiinan puhdistamolla hyödynnetään Iso-Disc tertiäärisuodatusta, joka on ollut käytössä alkuvuodesta 2020. Kenkäveronniemen puhdistamon prosessi on mekaanis-biologis-kemiallinen. Puhdistamon yhteydessä toimii MBR-koelaitos, joka on oma prosessinsa. Vertailtavina tekniikoina työssä oli Iso-Disc ja MBR.

Teoriaosuudessa perehdyttiin puhdistustekniikoihin ja kohde puhdistamoihin.

Iso-disc on tertiäärisuodatusmenetelmä, jota hyödynnetään yhdiskunnan ja teollisuuden jätevesien puhdistamiseen. MBR:ssä biologinen puhdistusprosessi on yhdistetty kalvosuodatukseen ja sitä voidaan hyödyntää sekä kunnallisilla että teollisuuden jätevesien puhdistuksessa.

Kenkäveronniemen puhdistamolla lähtevä vesi täyttää eri parametrien raja-arvot pääosin. Ristiinan puhdistamolla ennen Iso-Disc:ä puhdistustehokkuuksien osalta ei täytetty aina asetettua vaatimusta. Kokonaisfosforin osalta ennen Iso-Disc:ä ei saavutettu aina asetettua raja-arvoa. Iso-Disc:n myötä lupaehtoihin on pääosin päästy.

Puhdistamoiden lähtevissä vesissä on esiintynyt runsaasti vaihtelua eri parametrien pitoisuuksissa ja erotustehokkuuksissa. Ristiinan puhdistamolla tasovaihtelu on ollut runsaampaa ennen Iso-Disc:ä kuin sen käyttöönoton jälkeen. Esim. kokonaisfosforin tasovaihtelu on pienentynyt Iso-Disc:n myötä. MBR-koelaitoksella tasovaihtelu oli vaihtelevaa.

Työn tuloksena tuli tietoa miten eri tekniikat ovat vaikuttaneet jätevesien pitoisuuksiin ja tehokkuuksiin.

Vesilaitos voi hyödyntää opinnäytetyössä saatuja tuloksia esim. pohtiessaan investointien toteuttamisessa pienemmillä puhdistamoilla (Anttola, Haukivuori ja Suomenniemi). Kenkäveronniemen MBR-koelaitokselta saatuja tuloksia voidaan hyödyntää Mikkelin uudella puhdistamolla.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

Aquazone. [Verkkoaineisto][Viitattu: 13.07.2020] Saatavilla: <https://aquazone.fi/palvelut/mbr-tekniikka/>

Aquazone. 2018. Tertiäärisuodatus – Raholan Jätevedenpuhdistamo. [Verkkoaineisto][Viitattu: 04.10.2020] Saatavilla: <https://aquazone.fi/raholan-jatevedenpuhdistamo/>

Aquazone. 2019. Ristiinan jätevedenpuhdistamo Iso-Disc tertiäärisuodatuskontti. Laiteohjeet ja huoltotoimenpiteet.

Alfa Laval. [PDF-tiedosto][Viitattu: 27.07.2020] Saatavilla: https://www.alfalaval.com/globalassets/documents/products/separation/filters-and-strainers/as-h-iso-disc/as-h-iso-disc_product-leaflet_en.pdf

Alfa Laval. [PDF-tiedosto][Viitattu: 03.11.2020] Saatavilla: http://www.sawea.org/pdf/2017/18th_Oct/Toby_Sedgwick_Alfa-Laval.pdf

Alfa Laval. [PDF-tiedosto][Viitattu: 27.07.2020] Saatavilla: https://www.alfalaval.com/globalassets/documents/media/news/products/separation/filters-and-strainers/press-release_as-h-iso-disc_ecomondo-2016_pww00115en.pdf

HUBER. JOHDANTO, PERUSTIETOA MBRTEKNIIKASTA. [PDF-dokumentti] [Viitattu: 02.08.2020] Saatavilla: <https://www.huber.fi/res/Pdf/Johdanto-MBR.pdf>

HUBER. HUBER Disc Filter Ro Disc. [verkkoaineisto] [Viitattu: 31.10.2020] Saatavilla: <https://www.huber.de/products/screens-and-fine-screens/ultra-fine-screens/huber-disc-filter-rodiscr.html>

Judd, Simon. 2011. The MBR Book - Principles and Applications of Membrane Bioreactors for Water and Wastewater Treatment. 2. painos. [PDF-dokumentti] [Viitattu: 14.07.2020] Saatavilla: <https://dokumen.tips/documents/the-mbr-book-2nd-edition.html>

Judd, Simon & Judd, Claire. The MBR site. [Verkkoaineisto] [Viitattu: 14.07.2020] Saatavilla: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/152901/hedman_taru.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lennecth. MBR Introduction. [Verkkoaineisto] [Viitattu: 03.09.2020] Saatavilla: <https://www.lennotech.com/processes/mbr-introduction.htm>

Lignell, Ilari. 2020. Materiaalia opinnäytetyöhön. [Sähköpostiviesti].

Pietarila, Matti. 1981:92. Jäteveden virtausmittaus- ja näytteenottomenetelmistä. [PDF-dokumentti] [Viitattu: 16.10.2020] Saatavilla: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/300909/Vesihallituksen%20monistesarja%2092.pdf?sequence=1>

Ramboll. 2020. Ristiinan jätevedenpuhdistamo vuosiyhteenvetoraportti 2019.

Ramboll. 2020. Kenkäveronniemen jäteveden puhdistamo, Mikkeli vuosiyhteenvetoraportti 2019.

Suomen Vesilaitos ry. 2016. Teknis-taloudellinen tarkastelu jätevesien käsittelyn tehostamisesta Suomessa. [PDF-dokumentti] [Viitattu: 11.07.2020] Saatavilla: https://www.vvy.fi/site/assets/files/1666/jatevedenkasittelyn_teknis-taloudellinen_selvitys_21042016.pdf

van Haandel A.C. & van der Lubbe J.G.M. 2012. Handbook of biological wastewater treatment. Design and Optimisation of Activated Sludge Systems.

Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä 888/2006. 2006. [Verkkoaineisto] Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060888>

Vesilaitosyhdistys. 2016. Teknis-taloudellinen tarkastelu jätevesien käsittelyn tehostamisesta Suomessa. [PDF-dokumentti] [Viitattu: 06.11.2020] Saatavilla: https://www.vvy.fi/site/assets/files/1666/jatevedenkasittelyn_teknis-taloudellinen_selvitys_21042016.pdf

Ympäristölupapäätös 39/2011/1. 2011. Ristiinan jätevedenpuhdistamon ympäristölupapäätös. [PDF-dokumentti] [Viitattu: 11.07.2020] Saatavilla: http://www.avi.fi/documents/10191/56914/isavi_paatos_39_2011_1-2011-4-8.pdf

Ympäristölupapäätös Nro 87/2011/1. 2011. Kenkäveronniemen jätevedenpuhdistamon ympäristölupapäätös. [PDF-dokumentti] [Viitattu: 31.08.2020] Saatavilla: http://www.avi.fi/documents/10191/56914/isavi_paatos_87_2011_1-2011-9-22.pdf

LIITTEET (TILAAJAN KÄYTTÖÖN)