

Joonas Mämmelä

# JÄTEVESIPILOTIN KÄYTTÖÖNOTTO

Opinnäytetyö  
Ympäristöteknologia


Maaliskuu 2013




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

 <b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkelin University of Applied Sciences		<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>  27.4.2013
<b>Tekijä(t)</b>  Joonas Mämmelä		<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b>  Ympäristötekniologia
<b>Nimeke</b>  Jätevesipilotin käyttöönotto		
<b>Tiivistelmä</b>  <p>Jäteveden puhdistuksen tarkoituksena on kierrättää käytössä likaantunut vesi riittävän puhtaana takaisin luontoon. Tavoitteena on minimoida jäteveden aiheuttamia ympäristövaikutuksia käsittelemällä sitä erilaisilla mekaanisilla, kemiallisilla ja biologisilla menetelmillä. Tulevaisuudessa jäteveden puhdistusvaatimukset tulevat kiristymään, jolloin vesistöihin johdettavan jäteveden tulee sisältää vähemmän rehevöitymistä aiheuttavia ravinteita ja haitallisia aineita. Jäteveden mikrobiologiseen laatuun ja vaarallisten aineiden pitoisuuksiin aletaan kiinnittää entistä enemmän huomiota. Jäteveden puhdistusprosesseja tullaan päivittämään uudempiin menetelmiin sekä vanhoihin ratkaisuihin lisätään puhdistusta tehostavia yksiköitä.</p> <p>Suomalainen PAC-Solution Oy kehittää jäteveden puhdistusta tehostavia ratkaisuja, jotka perustuvat muun muassa peretikkahappopohjaisen liuoksen käyttöön prosessin eri vaiheissa. PAC-Solution on tutkinut ja kehittänyt jäteveden jälkidesinfiointimenetelmää käyttämällä pilottilaitteistoa, jolla simuloidaan jäteveden puhdistusprosessia pilot-mittakaavassa. Laitteisto koostuu kahdesta selkeytysaltaasta ja 13 perusaltaasta, joita käytetään viipymään, ilmastukseen ja jälkikäsittelyyn. PAC-solutionin jätevesipilottilaitteisto oli toiminnassa alun perin Oulun Taskilan jätevedenpuhdistamolla, josta se tuotiin vuoden 2012 lopussa Mikkelin Kenkäveronniemen puhdistamolle.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä kuvataan PAC-Solutionin jätevesipilottilaitteiston käyttöönottamista Mikkelin Kenkäveronniemen jätevedenpuhdistamon tiloissa kevään 2013 aikana. Opinnäytetyössä kerrotaan laitteiston eri osien sijainti ja sen toiminta uusissa tiloissa. Laitteistolle tehtiin käyttöohjeet sekä selvitettiin sen käyttöön liittyviä työturvallisuusasioita. Laitteistoa tullaan käyttämään Mikkelin ammattikorkeakoulun hallinnoimana osana opetusta sekä palvelu- ja TKI- toimintaa. Työn kirjallisuusosuudessa selvitettiin jäteveden puhdistusprosessin toimintaa, lietteen käsittelyä, jäteveden jälkikäsittelymenetelmiä sekä kehittyneempiä jätevedenpuhdistusmenetelmiä.</p>		
<b>Asiasanat (avainsanat)</b> jätevesi, jälkikäsittely, aktiiviliete, pilot-laitteisto		
<b>Sivumäärä</b> 49 s. + liitteet 18 s.	<b>Kieli</b> suomi	<b>URN</b> <a href="http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2013052811395">http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2013052811395</a>
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>		
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b>  Hannu Poutiainen ja Pia Haapea		<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b>  Mikkelin ammattikorkeakoulu

## DESCRIPTION

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>		<b>Date of the bachelor's thesis</b>  27.4.2013
<b>Author(s)</b>  Joonas Mämmelä	<b>Degree programme and option</b>  Environmental engineering	
<b>Name of the bachelor's thesis</b>  User guide of a pilot scale wastewater treatment plant		
<b>Abstract</b>  The main purpose of wastewater treatment is to cleanse the used and contaminated water and then recycle it back to nature. The aim is to minimize the environmental effects caused by wastewater by treating it with different mechanical, chemical and biological processes. In the future wastewater regulations will become stricter. Because of this, the cleansed wastewater which is led back to the water system must include less nutrients and harmful substances. Attention is drawn to the microbiological quality of wastewater and the amount of dangerous substances. Wastewater treatment techniques will be updated with new methods and the old facilities will be updated with enhanced process units.  Finnish PAC-Solution Ltd. develops solutions to enhance wastewater treatment which are based on using peracetic acid in different parts of the wastewater treatment process. PAC-Solution has researched and developed a post-disinfection process by using a pilot plant which is used to simulate the wastewater treatment process in a small scale. The plant consists of 2 settling tanks and 13 basic tanks which are used for delay, aeration and post-treatment. PAC-Solutions pilot scale WWTP has been tested originally in Taskila WWTP in Oulu whereof it was brought to Kenkäveroniemi WWTP in Mikkeli at the end of the year 2012.  This bachelor's thesis describes the introduction and usage of the PAC-Solutions pilot plant in Kenkäveronniemi WWTP's premises in Mikkeli during the spring of 2013. The object of this bachelor's thesis was to describe the function and location of different parts of the pilot plant inside the new project space. Usage and safety instruction were made for the pilot plant. The pilot scale WWTP will be used by Mikkeli University of Applied Sciences for educational, service and R&D activities. The literature part of this thesis discusses basic wastewater treatment processes, sludge treatment, the post-treatment of wastewater and advanced wastewater treatment.		
<b>Subject headings, (keywords)</b>  wastewater, advanced wastewater treatment, disinfection, pilot scale		
<b>Pages</b>  49 + 18	<b>Language</b>  Finnish	<b>URN</b>  <a href="http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2013052811395">http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2013052811395</a>
<b>Remarks, notes on appendices</b>		
<b>Tutor</b>  Hannu Poutiainen ja Pia Haapea	<b>Bachelor's thesis assigned by</b>  Mikkeli university of applied sciences	

# SISÄLTÖ

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO .....	1
2	JÄTEVESIEN KOOSTUMUS .....	2
2.1	Yleistä tietoa yhdyskuntajäteveden koostumuksesta.....	2
2.2	Jätevesien orgaaniset epäpuhtaudet .....	4
2.3	Jätevesien epäorgaaniset aineet .....	6
2.3.1	Fosfori .....	6
2.3.2	Typpi .....	6
2.4	Muut epäpuhtaustekijät ja määrät .....	7
2.5	Jäteveden hygieeninen laatu .....	7
2.6	Jätevedestä vapautuvat aerosolit.....	8
2.7	Puhdistetun jäteveden laatuvaatimukset .....	9
3	YHDYSKUNTAJÄTEVEDEN KÄSITTELYMENETELMÄT.....	10
3.1	Jäteveden fysikaalinen esikäsittely .....	10
3.2	Kemialliset yksikköprosessit .....	11
3.3	Orgaanisen aineen biologinen käsittely .....	12
3.3.1	Aktiivilieteprosessi .....	12
3.4	Ravinteiden poisto .....	14
3.4.1	Fosforin poisto .....	14
3.4.2	Typen poisto.....	17
3.5	Jäteveden jälkikäsittely .....	19
3.5.1	UV-säteily .....	20
3.5.2	Peretikkahappo.....	20
3.5.3	Korkeapaine-flotaatio.....	21
3.5.4	Jälkisuodatus .....	21
3.6	Lietteen käsittely.....	21
3.7	Kehittyneet jäteveden puhdistusmenetelmät .....	24
3.7.1	Vaaralliset aineet.....	24
3.7.2	Edistyneet kalvot ja suodattimet .....	25
3.7.3	Edistynyt hapetus .....	26
3.7.4	Kaasustrippaus .....	26

3.7.5	Adsorptio.....	26
3.7.6	Aktiivihiihliuodatus.....	27
3.7.7	Ioninvaihto .....	27
3.7.8	Kantoaineprosessit .....	27
4	MIKKELIN KENKÄVERONNIEMEN JÄTEVEDENPUHDISTAMO.....	28
4.1	Puhdistusprosessi.....	28
4.2	Uusi puhdistamo .....	29
5	JÄTEVESIPILOTTI .....	30
5.1	Toimintaperiaate .....	30
5.2	Mittausanturit.....	33
6	TYÖN TEKEMISESSÄ KÄYTETYT MENETELMÄT JA AIKATAULU.....	34
6.1	Projektin toteutus .....	34
6.2	Käyttö ja toimivuus.....	41
6.3	Tutkimuskäyttö .....	41
7	TYÖTURVALLISUUS LAITTEISTON KÄYTÖSSÄ .....	42
7.1	Biologiset riskitekijät.....	42
7.2	Laitteiston käytön vaarat.....	43
8	YHTEENVETO .....	43
8.1	Jatkotutkimus- ja kehitysehdotukset.....	44
	LÄHTEET .....	47

## LIITTEET

1 PI-kaavio

2 Käyttöohjeet

## MÄÄRITELMÄT

**Adsorptio:** Fysikaalinen prosessi, jossa nestemäinen tai kaasumainen aine muodostaa ohuen kalvon kiinteän aineen pinnalle

**Aktiiviliete:** Ilmastusaltaassa elävä pieneliöstö, joka hajottaa orgaanista ainesta hiili-dioksidiksi ja vedeksi

**Biofilmi:** Pinnalla kasvava mikrobisolupopulaatio, joka on erittänyt limakerroksen suojaakseen

**BOD:** Biologinen hapenkulutus (Biological oxygen demand)

**COD:** Kemiallinen hapenkulutus (Chemical oxygen demand)

**Denitrifikaatio:** Biologinen prosessi, jossa tietyt bakteerit hajottavat nitraattia ja nitriittiä typpikaasuksi

**Endotoksiini:** Gramnegatiivisen bakteerin ulkokalvon rasvan ja hiilihydraatin muodostama molekyyli.

**Flokkaus:** Hiutaleet saostuvat, kasvavat isommiksi ja tulevat helpommin laskeutuviksi

**Flotaatio:** Jäteveteen sekoitetaan kemikaalia ja paineistettua ilma-vesiseosta, tämän avulla kiintoaine nousee pinnalle

**Hygienisointi:** Menetelmä, jolla aineesta tehdään vähemmän terveydelle haitallinen

**Nitrifikaatio:** Ammoniumtyypen hapettuminen nitriitiksi ja sen kautta nitraatiksi

**Orgaaninen:** Elollinen tai eloperäinen

**pH:** Happamuus, veden vetyionien aktiivisuus

**Redoxpotentiaali:** Kemiallisen aineen taipumus pelkistyä

**Stabilointi:** Vakauttaminen

**Tertiäärinen:** Ensimmäisestä ja toisesta asteesta seuraava

**TOC:** Orgaanisen kokonaishiilen määrä (Total organic carbon)

**VSS:** Hehkutushäviö (Volatile suspended solids)

## 1 JOHDANTO

Ensimmäiset jätevedenpuhdistamot rakennettiin Suomeen 1910-luvulla, mutta niiden määrä alkoi lisääntyä pienissä taajamissa ja kaupungeissa vasta 1970-luvulla. Helsinkiin rakennettiin Pohjoismaiden ensimmäinen aktiivilietepuhdistamo 1930-luvulla. Puhdistusmenetelmät ovat kehittyneet, mutta periaatteet ovat pysyneet Suomessa lähes samana jo 1930-luvulta asti vaikka puhdistusvaatimukset ovat kiristyneet jatkuvasti. Tulevina vuosina jätevesistä tullaan poistamaan entistä enemmän veden laatua heikentäviä mikrobeja ja ympäristölle haitallisia ja vaarallisia aineita kiristyvän lainsäädännön seurauksena. Muutamille uusille jätevedenpuhdistamoille myönnettyissä ympäristöluvuissa on jo määrätty jäteveden hygienisoinnista, jossa tautia aiheuttavien mikrobien määrän on vähennyttävä keskimäärin 90 % jäteveden puhdistuksessa. Jäteveden hygienisointiin käytettävät menetelmät eivät puolestaan saa heikentää jäteveden kemiallista laatua. (Säylä & Vilpas, 2010, 9 – 10.)

Suomalainen PAC-Solution Oy kehittää jäte- ja käyttövedenpuhdistusratkaisuja. PACS:in teknologioilla voidaan tehostaa vedenkierrätystä, tuhota terveydelle vaarallisia mikrobeja sekä luoda kestäviä ja energiatehokkaita ratkaisuja. PACS:in yksi tärkeimmistä toiminnan kehittämisen työkaluista on menetelmien testaus pilot- mittakaavassa, jolla simuloidaan oikean jätevedenpuhdistuslaitoksen puhdistusprosessia. (PAC-Solution esite). Mikkelin ammattikorkeakoulun hallinnoitavaksi siirretty pilotmittakaavan laitteisto koostuu noin 1 – 2 kuutiometrin altaista, joissa jätevetä käsitellään. Järjestelmään kuuluu sähköinen prosessinohjaus sekä erilaisia mittausantureita jäteveden laadun tarkkailuun. Järjestelmä oli alun perin toiminnassa Oulussa, Taskilan jätevedenpuhdistamolla, josta se siirrettiin Mikkeliin, Kenkäveronniemen jätevedenpuhdistamolle.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään jätevesipilottilaitoksen käyttöönottamisen vaiheita. Työssä suunniteltiin laitteiston toiminta uusissa tiloissa sekä koottiin se käyttövalmiiksi tulevia jätevedenpuhdistukseen liittyviä tutkimuksia sekä opetustilanteita varten. Laitteistolle tehtiin selkeät käyttöohjeet, joissa huomioitiin myös työturvallisuuden liittyviä seikkoja kyseisen laitteiston käytössä sekä jäteveden kanssa työskennellessä. Työn teoriaosuudessa tarkastellaan yleisiä jäteveden ominaisuuksia ja sen tehokkaaseen puhdistamiseen nykyisin käytettäviä menetelmiä. Työssä esitellään hie-

man myös Mikkelin nykyisen sekä rakenteilla olevan, uuden jätevedenpuhdistamon toimintaa.

## 2 JÄTEVESIEN KOOSTUMUS

### 2.1 Yleistä tietoa yhdyskuntajäteveden koostumuksesta

Teollisuudessa ja kotitalouksissa käytettävä vesi muuttuu käytössä epäpuhtaaksi, kun sillä johdetaan pois jätteaineita. Vedet johdetaan viemäreihin, joissa ne kootaan yhteen yhdyskuntajätevedeksi. Yhdyskuntajäteveden koostumus vaihtelee vuoden – ja kelloajan lisäksi eri paikoissa, riippuen alueen luonteesta, teollisuuden määrästä sekä viemäriin päätyvistä vuotovesistä. Jäteveden sisältämät epäpuhtaudet jaetaan kokonsa mukaan liukoisiin, kolloidisiin tai suspendoituneisiin. Taulukossa 1 esitetään epäpuhtauksien jako koon perusteella. Karkealla tasolla epäpuhtaudet voidaan jaotella myös orgaanisuutensa perusteella joko orgaanisiin tai epäorgaanisiin yhdisteisiin. (Stendahl, 1. s.a.)

Jäteveden laatua kuvataan yleensä sen sisältämien jätteaineiden, ympäristön kuormittumista aiheuttavien aineiden määrällä tai jäteveden mitatuilla ominaisuuksilla. Tärkeimpinä laadun ilmaisijoina voidaan pitää jäteveden sisältämää orgaanisen aineen määrää, jota mitataan joko biologisena hapenkulutuksena (BOD<sub>7</sub>) tai kemiallisena hapenkulutuksena (COD) sekä fosfori- ja typpipitoisuuksia. Jätevedestä mitataan myös sen sisältämää kiintoaineen määrää. Bakteerien määrällä voidaan selvittää jäteveden hygieenisyyttä. (Länsi-Suomen ympäristötekniikka, s.a.)

#### TAULUKKO 1. Epäpuhtaudet koon perusteella (Stendahl, 1.)

	Liukoiset	Kolloidiset	Suspendoituneet	Laskeutuvat suspendoituneet
Hiukkaskoko µm	<0,08	0,08-1,0	1-100	>100

Suomessa yhdyskuntajätevettä muodostuu noin 320 litraa vuorokaudessa asukasta kohti eli noin 500 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Sademäärästä riippuen vuotovesiä siitä on noin 90 litraa vuorokaudessa. Jätevesimäärä on viime vuosina pienentynyt



vedenkulutuksen vähentämiseen tehtyjen saneeraustoimien vuoksi. Nykyään yli 80 prosenttia suomalaisista kuuluu viemäröinnin ja jätevedenkäsittelyn piiriin. Taulukossa 2 on esitetty tunnuslukuja yhdyskunta jätevesistä vuodelta 2010. (Säylä ja Vilpas, 2010, 19.)

Vuonna 2001 yhden ihmisen vuorokaudessa jätevedenpuhdistamoille tuottama jätevesikuorma oli keskimäärin 76,8g orgaanista ainetta (BOD<sub>7</sub>), 2,6 g fosforia ja 14,4 g typpeä. Jätevedenpuhdistamoilta vesistöön purkautuva vuorokautinen kuorma henkilöä kohti 3,5 g (BOD<sub>7</sub>), 0,15 g fosforia sekä 8,1 g typpeä eli esimerkiksi fosforista saadaan vedenpuhdistusprosesseissa poistettua noin 94 %. (Valtion ympäristöhallinto 2012a.)

Jäteveden puhdistusprosessissa syntyy biologista ja kemiallista lietettä noin miljoona kuutiometriä vuodessa kuivapainoltaan noin 150 000 tonnia. Henkilöä kohti muutettuna se vastaa noin 100 grammaa kuiva-ainetta vuorokaudessa. Jätevedestä poistettavaa lietettä käsitellään, kuivataan ja sitä voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi viherrakentamisessa tai pelloilla. (Valtion ympäristöhallinto, 2012a.) Lietteen käsittelystä lisää kappaleessa 3.7

## TAULUKKO 2. Yhdyskuntajätevesien tunnuslukuja vuodelta 2010. (Säylä ja Vilpas 2010, 19.)

Taajama-asukkaiden kokonaismäärä milj. asukasta	4 472 III (SYKE/YKR)
Jätevesien kokonaismäärä milj. m <sup>3</sup>	460 milj. m <sup>3</sup> /v
Jätevesimäärä taajama-asukasta kohden l/as vrk	103 m <sup>3</sup> /as/v → 282 l/as/vrk
<b>Käsittelemätön jätevesi</b>	
Orgaanisen aineen kokonaismäärä	127 900 t/a
Orgaanisen aineen keskimääräinen pitoisuus	278 mg/l
Orgaanisen aineen määrä taajama-asukasta kohden	79,4 g/as/vrk
Kokonaisfosforin ainemäärä	4 030 t/a
Kokonaisfosforin keskimääräinen pitoisuus	8,8 mg/l
Kokonaisfosforin määrä taajama-asukasta kohden	2,5 g/as/vrk
Kokonaistypen ainemäärä	25 370 t/a
Kokonaistypen keskimääräinen pitoisuus	55,2 mg/l
Kokonaistypen määrä taajama-asukasta kohden	15,5 g/as/vrk
<b>Käsitelty jätevesi</b>	
Orgaanisen aineen vesikuormitus	4 200 t/a
Orgaanisen aineen keskimääräinen pitoisuus	9,1 mg/l
Orgaanisen aineen vesikuormitus taajama-asukasta kohden	2,6 g/as/vrk
Kokonaisfosforin vesikuormitus	167 t/a
Kokonaisfosforin keskimääräinen pitoisuus	0,4 mg/l
Kokonaisfosforin vesikuormitus taajama-asukasta kohden	0,10 g/as/vrk
Kokonaistypen vesikuormitus	11 210 t/a
Kokonaistypen keskimääräinen pitoisuus	24,4 mg/l
Kokonaistypen vesikuormitus taajama-asukasta kohden	6,9 g/as/vrk
<b>Jätevedenpuhdistamoiden puhdistusteho</b>	
Orgaaninen aine	96,7 %
Kokonaisfosfori	95,9 %
Kokonaistyyppi	55,8 %

Yhdyskuntajätevedestä mitataan monia erilaisia epäpuhtauksia ja ominaisuuksia. Taulukossa 3. esitetään yhdyskuntajäteveden keskimääräiset epäpuhtauspitoisuudet asukasvastinelukuina. Epäpuhtauksien määrä yhdyskuntajätevedessä riippuu pitkälti teollisuusjätevesien ja vuotovesien osuudesta jätevedessä. (Stendahl, 5—6, s.a.)

**TAULUKKO 3. Yhdyskuntajätevesien sisältämiä epäpuhtausmääriä. (Stendahl, 6.)**

<b>Epäpuhtaudet</b>	<b>g/as/vrk</b>
Kemiallinen hapenkulutus (COD)	120–180
Biokemiallinen hapenkulutus (BOD <sub>7</sub> )	60–90
Fosfori (P)	2 – 4
Typpi (N)	12 – 15
Kiintoainepitoisuus (SS)	70 – 90
Hehkutushäviö (VSS)	50 – 60
Kuiva-ainepitoisuus (TS)	150 – 250

## 2.2 Jätevesien orgaaniset epäpuhtaudet

Orgaaniset epäpuhtaudet jaetaan normaalisti tasaisesti liukoisiin, kolloidisiin tai suspendoituneisiin. Orgaanisia epäpuhtauksia yhdyskuntajätevedessä ovat mm. hiilihydraatit, proteiinit, tensidit sekä erilaiset rasvahapot. Jätevesien likaisuusaste ilmoitetaan yleensä epäpuhtauksina tilavuusyksikköä kohden. Vesistöihin päätyessään orgaaninen aine aiheuttaa happikatoa ja edistää rehevöitymistä. Jäteveden useiden erilaisten orgaanisten aineiden vuoksi, jäteveden orgaanisenkuorman arviointiin käytetään monia eri mittayksiköitä. (Stendahl, 1-2, s.a.) Orgaanisten epäpuhtauksien pitoisuuksia määritetään yleisimmin seuraavassa listassa esitetyillä termeillä.

- Biokemiallinen hapenkulutus (BOD), Biological oxygen demand
- Kemiallinen hapenkulutus (COD), Chemical oxygen demand
- Hehkutushäviö (VSS), Volatile suspended solids
- Orgaaninen kokonaishiili (TOC), Total organic carbon (Stendahl, 1-2, s.a.)

**Biokemiallista hapenkulutusta (BOD)** käytetään likaantuneiden vesien hapenkulutuksen arviointiin. Biokemiallisella hapenkulutuksella tarkoitetaan happimäärää, joka

kuluu tietyissä olosuhteissa tietyinä aikana näytteessä olevien orgaanisten aineiden biologiseen hajoamiseen. Suomessa yhdyskuntajäteveden orgaanisen aineen määrän tutkimiseen käytetään BOD<sub>7</sub> muunnosta, joka tarkoittaa, että koeaika on seitsemän vuorokautta, muualla yleisimmin käytössä olevan viiden vuorokauden sijaan. Analyysissä vesinäytteen happipitoisuus määritetään alussa ja lopussa, happipitoisuuksien erotuksesta lasketaan biologinen hapenkulutusarvo. BOD:n laatuina käytetään joko mg O<sub>2</sub>/l tai g O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. (Valtion ympäristöhallinto 2011a; Karttunen 2003, 238 – 239.)

BOD<sub>7</sub>-pitoisuus on puhtaissa vesissä alle 2 mg/l O<sub>2</sub>. Arvon noustessa yli 5 mg/l O<sub>2</sub>, vesistön tilanne alkaa jo häiriintyä hapen kulutuksen kasvaessa. Jätevesien BOD<sub>7</sub>-pitoisuus on yli 20 mg/l O<sub>2</sub> (Valtion ympäristöhallinto 2011a.)

**Kemiallinen hapenkulutus** indikoi kemiallisesti hapettuvien yhdisteiden määrää. Hapettavina aineina voidaan käyttää kaliumpermanganaattia tai kaliumdikromaattia. Kaliumpermanganaattia (KMnO<sub>4</sub>) käytetään pääasiassa ns. puhtaiden vesien COD-pitoisuuksien määrittämiseen ja kaliumdikromaattia jätevesille, sen ollessa huomattavasti vahvempi hapetin. (Valtion ympäristöhallinto 2011b). Hapetuksen tehostamiseksi reaktio tehdään vahvassa happoliuoksessa ja korkeassa lämpötilassa. Analyysissä hapettavan aineen kulutus vastaa orgaanisen aineen määrää ja se ilmoitetaan hapenkulutuksena mg O<sub>2</sub>/l tai g O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. (Stendahl, 3. s.a.)

Orgaaninen kokonaishiili (Total organic carbon) on yhdistelmä partikkelimuodossa olevaa orgaanista hiiltä (Particulate organic carbon) sekä liuennutta orgaanista hiiltä (Dissolved organic carbon). (Valtion ympäristöhallinnon sanasto 2011). TOC:tä voidaan hyödyntää orgaanisen aineen pitoisuuden mittaamiseen. Näyte poltetaan ja palamisessa syntyvä hiilidioksidin määrä mitataan milligrammoina litrassa (Stendahl, 3. s.a.)

Hehkutushäviöllä (Volatile suspended solids) voidaan selvittää orgaanisen aineen määrä hehkuttamalla näytettä niin kauan, että orgaaninen aine palaa pois. Ennen koetta on selvitettävä näytteen kuiva-ainepitoisuus (Total solids). Paino ero ennen ja jälkeen hehkutuksen antaa tulokseksi suoraan ei palavien aineiden määrän. Tulos ilmoitetaan prosentteina. (Stendahl, 3. s.a.)

## 2.3 Jätevesien epäorgaaniset aineet

Epäorgaaniset aineet ovat peräisin elottomasta luonnosta. Jätevesissä tärkeimpiä mitattavia epäorgaanisia aineita ovat fosfori ja typpi. Ne ovat myös merkittävimmät ravinteet jätevesissä.

### 2.3.1 Fosfori

Jätevesien fosfori esiintyy kahdessa erilaisessa muodossa. Fosforia esiintyy jätevedessä orgaanisena eläviin soluihin tai kiintoaineisiin sitoutuneena tai epäorgaanisena suurimmaksi osaksi liukoisena polyfosfaattien ja ortofosfaattien muodossa. Fosforimäärä ilmaistaan mg/l kokonaisfosforina ( $P_{\text{kok}}$ ) tai fosfaattifosforina ( $\text{PO}_4^{\text{-P}}$ ). (Stendahl, 4.) Jätevesissä esiintyvistä fosforista vain noin 10–15% on orgaanista ja loput 85–90% on epäorgaanisessa muodossa fosfaatteina (esim.  $\text{PO}_4^{3-}$  ja  $\text{HPO}_4^{2-}$ ). (Pelto-Huikko ja Vieno, 2009, 6).

Vesistöissä fosfori on ravinne, joka aiheuttaa levien kasvua ja vesien rehevöitymistä. Fosfaattimuotoinen fosfori on paljon orgaanista fosforia haitallisempaa, sillä kasviplankton ja vesikasvit voivat hyödyntää fosforia vain fosfaattimuotoisena. Taulukossa 4 esitetään fosforin hydrolysoituminen kasvien kannalta helpoimmin sidottavaan muotoon. (Pelto-Huikko, Vieno, 2009, 6). Jätevesien fosfori on pääasiassa peräisin ihmisen ulosteista ja virtsasta sekä fosfaattipitoisista pesuaineista. (Säylä ja Vilpas, 2010, 11).

**TAULUKKO 4. Fosforin hydrolysoituminen ortofosfaatiksi pH:n funktiona. (Stendahl, 4.)**

Reaktio	$\text{H}_3\text{PO}_4 \leftrightarrow \text{H}_2\text{PO}_4^- \leftrightarrow \text{HPO}_4^{2-} \leftrightarrow \text{PO}_4^{3-}$
pH ~	<u>~1</u> ~4      ~9 <u>~12</u>

### 2.3.2 Typpi

Typpeä esiintyy jätevedessä epäorgaanisena ammoniumtypen ( $\text{NH}_4^+$ ), nitriitin ( $\text{NO}_2^-$ ) ja nitraatin ( $\text{NO}_3^-$ ) muodossa. Typpi esiintyy myös orgaanisiin yhdisteisiin sitoutuneena jätevesissä. Orgaanisen typen toinen muoto on urea ( $\text{NH}_2$ )<sub>2</sub>, jota päätyy jätevesiin

virtsan mukana. (Pelto-Huikko, Vieno, 2009, 6). Jätevedessä orgaaninen typpi hajoaa osaltaan epäorgaaniseen muotoon. Typpipitoisuus mitataan ja ilmoitetaan joko kokonaistyyppinä tai Kjeldahl-typpinä. Kokonaistyyppipitoisuus muodostuu orgaanisesta tyyppistä, ammoniumtyypistä, nitriitti – ja nitraattityypistä. Kjeldahl-typpi käsittää orgaanisen – ja ammoniumtyypen. Typpipitoisuus ilmoitetaan mg/l. (Stendahl, 5, s.a.)

Ammoniumtyppi kuluttaa vesistössä runsaasti happea, kun bakteerit hapettavat ammoniumin nitraatiksi. Tämä prosessi tunnetaan nimellä nitrifikaatio ks. Kaava 1. (Stendahl, 5). Tyypeä päätyy jätevesiin pääasiassa ihmisen virtsasta ja ulosteesta noin 12–15 grammaa/asukas vuorokaudessa. Vesistöissä ammoniumtyppi on myrkyllistä kaloille. Nitriitti ja nitraatti aiheuttavat rehevöitymistä, sillä ne toimivat suorina ravinteina kasviplanktonille ja vesikasveille. (Pelto-Huikko ja Vieno, 2009, 6).

### **Kaava 1**



## **2.4 Muut epäpuhtaustekijät ja määrät**

Jäteveden sisältämää aineen määrää voidaan mitata huolimatta aineksen orgaanisuudesta. Jätevedet voivat sisältää tuhansia erilaisia yhdisteitä. Kuiva-ainepitoisuus (TS) mittauksessa selvitetään jäteveden sisältämät epäpuhtaudet, jossa otetaan huomioon kiinteät ja liuenneet aineet. Kuiva-aineen määrä ilmoitetaan prosentteina (% TS). Kiintoainepitoisuudessa (Suspended solids) vastaavasti mitataan kiintoaineen määrää jätevedessä tai lietteessä. Pitoisuus ilmoitetaan mgSS/l tai gSS/l. (Stendahl, 5, s.a.)

## **2.5 Jäteveden hygieeninen laatu**

Ihmisen ruoansulatuskanavasta ulosteiden kautta jätevesiin päätyy runsaasti erilaisia bakteereja, viruksia ja alkueläimiä. Monet näistä voivat olla myös taudinaiheuttajia. Tämän vuoksi jätevesi muodostaa aina hygieenisen terveysriskin. Suurin osa jätevesien taudinaiheuttajabakteereista ja viruksista aiheuttavat ripulia, oksentelua ja maha-kipua, mutta myös vakavampia sairauksia esiintyy. Taulukossa 5 esitetään yhdyskuntajätevesissä yleisimmin esiintyviä ja tauteja aiheuttavia mikrobeja. (Suomen vesien-suojeluyhdistysten liitto, s.a.)

**TAULUKKO 5. Yleisiä jätevesissä esiintyviä patogeenisiä mikrobeja. (Leino, 2008, 20-27.)**

<b>Bakteerit</b>	<b>Virukset</b>	<b>Alkueläimet</b>
Salmonellat	Enterovirukset	Ameebat
Shigellat	Hepatiitti A	Giardiat
E-coli-bakteerit	Kalikivirukset	Cryptosporidium
Listeriat	Rotavirukset	Cyclospora
Kampylobakteerit		
Klostridit		
Vibriot		
Yersiniat		

Taudinaiheuttajamikrobeja ei saada kokonaan poistettua jätevedenpuhdistusprosessissa. Osa niistä jää lietteeseen tai tuhoutuu. Jätevesien puhdistus vähentää bakteerien määrää noin 80–99%, jolloin jää kuitenkin vielä mahdollisuus hygieeniseen terveysriskiin. Puhdistamattomassa jätevedessä erilaisia taudinaiheuttajia on runsaasti ja niiden määrä vaihtelee paljon. Arviolta taudinaiheuttajia on keskimäärin  $10\text{-}10^{10}$  kpl/ml. Viruksilla ja alkueläimillä taudinaiheuttamiskyky on huomattavasti suurempi kuin bakteereilla. (Suomen vesiensuojeluyhdistysten liitto, s.a.)

## **2.6 Jätevedestä vapautuvat aerosolit**

Aktiivilietelaitoksilla on mitattu aerosolien mukana leviäviä gramnegatiivisten bakteerien endotoksiineja. Nämä biologiset epäpuhtaudet ovat peräisin jätevedestä ja ne leviävät ilmaan bakteerien, veden ja ilman muodostamina pisaroina eli aerosoleina. Aerosolit muodostuvat jätevedessä tapahtuvan liikkeen seurauksena. Jäteveden ilmastus ja lietteen käsittely aiheuttavat eniten aerosolien muodostumista. (Työsuojelurahasto 1991.)

Bakteerien endotoksiinien leviämiseen vaikuttavat lämpötila, suhteellinen kosteus sekä paine. Näiden ympäristöolosuhteiden ollessa optimaaliset, ilmassa olevasta aerosolista haihtuu vettä, joka johtaa bakteerisolujen hajoamiseen ja endotoksiinien vapautumiseen ilmaan. (Työsuojelurahasto 1991.)

Endotoksiinit aiheuttavat hengitystie – ja ruuansulatuskanavaoireita sekä silmä – ja iho-oireita. Raja-arvon ylittäviä pitoisuuksia on mitattu jäteveden virratessa selkeytysaltaalle, ilmastusaltailla, ylijäämälietteen palautuksessa sekä lietteen kuivatuksessa lietelingolla. Jätevedenpuhdistamon tekniikka ja rakenne vaikuttavat eniten ilmaan leviävään endotoksiinipitoisuuteen. Sisätiloihin sijoitetuilla selkeytys – ja ilmastusaltailla pitoisuudet olivat selvästi suuremmat kuin ulkona olevilla. (Työsuojelurahasto 1991.)

## 2.7 Puhdistetun jäteveden laatuvaatimukset

Valtioneuvoston asetuksessa 888/2006 on annettu yleiset vaatimukset (Taulukko 6), jotka puhdistetun yhdyskuntajäteveden tulee täyttää puhdistamokohtaisen ympäristöluvan vaatimusten lisäksi. Jätevedenpuhdistamoiden toimintaa valvovat ELY-keskukset. Vesistöön johdettavan jäteveden hygieeniselle laadulle ei ole vielä Suomessa säädetty raja-arvoja. Valtionneuvoston asetus 888/2006 tuli voimaan 1.11.2006 kumoten edelliset valtioneuvoston päätökset 365/1994 sekä 757/1998 yhdyskuntajätevesiin liittyen. (VN asetus 888/2006, liite A; Elomaa, 2012, 5.)

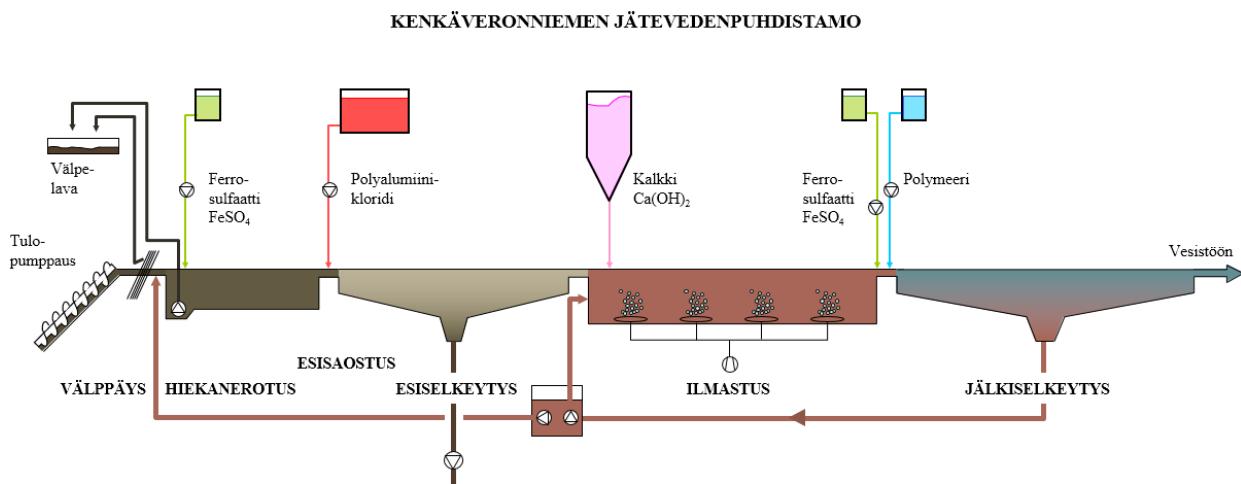
**TAULUKKO 6. VN asetuksen 888/2006 mukaiset puhdistusvaatimukset**

<b>Muuttuja</b>	<b>Enimmäispitoisuus (mg/l)</b>	<b>Vähimmäis-poistoteho (%)</b>
Biologinen hapenkulutus	30	70
Kemiallinen hapenkulutus	125	75
Kiintoaine	35	90
Kokonaisfosfori	1-3*	80
Kokonaistyppeä	10-15*	70

\*Riippuu jätevedenpuhdistamon asukasvastineluvusta, mitä suurempi kuormitus sitä pienempi päästön täytyy olla.

### 3 YHDYSKUNTAJÄTEVEDEN KÄSITTELYMENETELMÄT

Suomessa yli 50 asukkaan taajamissa on yli 500 jätevedenpuhdistamo. Puhdistusprosessi koostuu mekaanisista, kemiallisista ja biologisista prosesseista tai niiden yhdistelmistä. Kuvassa 2 esitetään Mikkelin Kenkäveronniemen jätevedenpuhdistamon prosessikaavio. Yleisin jäteveden puhdistusmenetelmä on biologis-kemiallinen rinnakkaissaostus. Tässä menetelmässä suurimmat hiukkaset ja roskat poistetaan jätevedestä mekaanisesti, orgaaniset aineet biologisesti. Fosfori saostetaan useimmiten kemiallisesti käyttämällä saostuskemikaaleja. Typpiyhdisteiden poistossa käytetään nitrifikaatio-denitrifikaatio menetelmää. (Valtion ympäristöhallinto 2011c.)



**KUVA 2. Prosessikaavio mekaanisen, kemiallisen ja biologisen toiminnan yhdistelmästä yhdyskuntajäteveden puhdistuksesta. (Mikkelin kaupungin jätevedenpuhdistamo)**

#### 3.1 Jäteveden fysikaalinen esikäsittely

Jäteveden esikäsittely sisältää vaiheita, joiden tarkoituksena on vähentää jätevedestä karkeaa kiintoainesta. Ellei näin tehtäisi, kiintoaine takertuisi myöhempiin prosessilaitteisiin aiheuttaen ongelmia. Esikäsittelyn vaiheita ovat välppäys, hiekanerotus, rasvanerotus ja esi-ilmastus. Esikäsittelyvaiheiden valinta on aina tapauskohtaista ja riippuu laitoksen koosta. Suurissa laitoksissa voidaan käyttää kaikkia yksiköitä, mutta pienissä laitoksissa voi riittää pelkkä jäteveden välppäys esikäsittelyksi. (Karttunen, 2004, 53; Viitasaari ym. 1994, 11.)



Välppäyksellä tarkoitetaan veden karkeimpien kiinteiden epäpuhtauksien poistamista johtamalla vesi ahtaiden aukkojen tai rakojen läpi. Tällöin aukkoja suuremmat kiintoaineshiukkaset jäävät kiinni laitteeseen. Kyseessä on jäteveden siivilöinti kiinteän aineksen kuten roskien ja hajoamattoman WC-paperin erottamiseksi jätevedestä, samalla varmistaen sitä seuraavien puhdistusprosessien toiminta. (Karttunen 2004, 53.)

Seuraavassa vaiheessa jätevedestä erotetaan hiekka. Hiekkaa ja muita karkeita ja raskaita epäpuhtauksia tulee aina jäteveden mukana. Hiekanerotuksessa jätevedestä pyritään poistamaan halkaisijaltaan 0,2 mm suuremmat mineraaliset ainekset. Jäteveden virtausnopeus hidastetaan 0,3 – 0,5 m/s, jolloin 0,2 mm suuremmat epäpuhtaudet vaajoavat hiekanerotusaltaan pohjalle. Hiekanerotusaltaissa on myös yleensä ilmastus, joka nopeuttaa hiekan laskeutumista. Allas voi olla suorakaiteen muotoinen, pitkä ja kapea. Viipymän on oltava vähintään 1,5 minuuttia optimiarvon ollessa 6 – 7 minuuttia. Hiekanerotusaltaan pohjalta kiintoaines poistetaan pumpulla altaasta riippuen joko pohjasyvennyksestä tai pumppuvaunulla, joka kulkee altaan pohjassa päästä päähän. (Viitasaari ym. 1994, 15 – 17.)

Erillistä rasvanerotusta ei yleensä jätevedenpuhdistamoilla tarvita. Ilmastetussa hiekanerotusaltaassa rasva nousee pintaan altaaseen johdetun ilman avustuksella ja se poistetaan pintakaavintana. Samalla hiekanerotus toimii jäteveden esi-ilmastuksena, palauttaen jäteveden aerobiseen tilaan. Tämän avulla jätevedestä saadaan myös poistettua haihtuvia orgaanisia aineita. (Viitasaari ym. 1994, 15 – 17.)

Hiekan- ja rasvanerotuksesta jätevesi johdetaan esiselkeytykseen. Esiselkeytyksen tarkoituksena on poistaa jätevedestä lisää kiintoainesta tai nestemäisiä partikkeleita painovoiman tai keskipakovoiman avulla. Tässä vaiheessa poistettavien hiukkasten koko vaihtelee vielä suuresti ja ne voivat olla vedessä luonnostaan esiintyviä tai vedenkäsittelyn tuloksena syntyneitä hiukkasia. Selkeytyksen tavallisin muoto on laskeutus, jossa vettä raskaammat hiukkaset laskeutuvat painovoiman vaikutuksesta altaan pohjaan. (Karttunen, 2004, 77.)

### **3.2 Kemialliset yksikköprosessit**

Kemialliset yksikköprosessit käsittävät sellaisia kemiallisia reaktioita tai kemikaaliliäysmenetelmiä, joilla saadaan aiheutettua muutoksia jäteveden laadussa. Kemiallisen

käsittelyn tarkoituksena on muuntaa jätevedessä esiintyvät pienikokoiset hiukkaset ja liuenneet yhdisteet sellaiseen muotoon, että ne voidaan poistaa mekaanisilla keinoilla. Kemialliset prosessit jätevesien käsittelyssä rajoittuvat lähinnä fosforin saostukseen ja lietteen käsittelyssä lietteen vesipitoisuuden pienentämiseen. Kemiallisissa prosesseissa käytetään myös kalkkia ja rikkihappoa optimaalisen pH-arvon saavuttamiseen. (Karttunen 2004, 133.)

### **3.3 Organisen aineen biologinen käsittely**

Biologinen puhdistus määritellään prosessiksi, jossa mikrobit muuttavat jäteveden liuenneet ja hienojakoiset orgaaniset aineet suspendoituneeseen muotoon (kooltaan 1-100 µm). Nämä hiukkaset voidaan sitten poistaa laskeutuksen tai flotaation avulla. Biologisen puhdistuksen tarkoituksena on poistaa jätevedestä happea kuluttavia ravinteita kuten fosforia ja typpeä. Prosessit voidaan jakaa kahteen ryhmään:

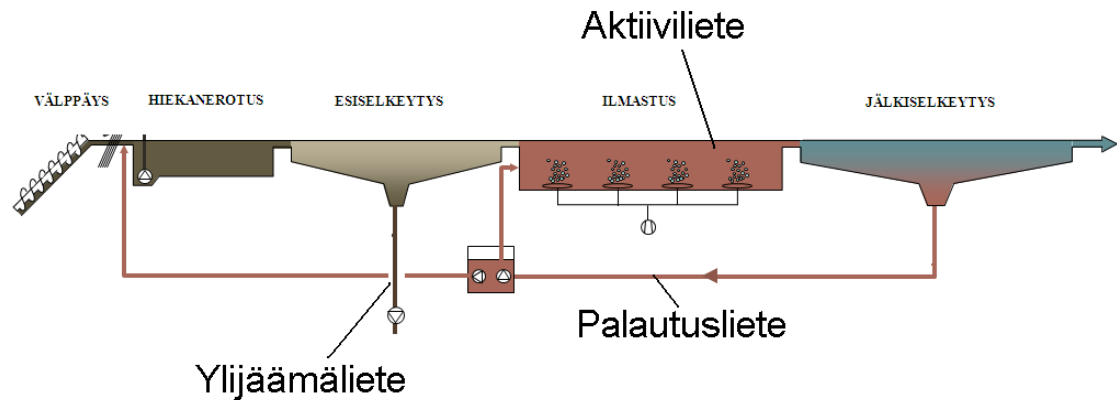
- Lieteprosessit, joissa mikrobit ovat vapaasti jätevedessä
- Biofilmiprosessit, joissa mikrobit ovat kiinnittyneinä erilaisiin kantaja-aineisiin tai kiinteisiin pintoihin. (Viitasaari ym. 1994, 32.) Kantoaineprosesseista lisää kappaleessa 3.7.8.

Biologinen puhdistus tapahtuu suurimmaksi osaksi ilmastusaltaassa ja se perustuu mikrobien kykyyn käyttää ravinnokseen jätevedessä olevia orgaanisia epäpuhtauksia ja muuntaa niitä biomassaksi. Mikrobien hajotusnopeus riippuu useista tekijöistä kuten happipitoisuudesta, pH-arvosta, lämpötilasta, epäpuhtauksien koostumuksesta ja puhdistusmenetelmästä. Biologinen puhdistus voi tapahtua joko aerobisesti tai anaerobisesti. Kun jäteveden happipitoisuus on riittävä, tapahtuu jätevedessä aerobista hajotusta. Mikrobit alkavat hapettaa orgaanista ainetta hiilidioksidiksi ja vedeksi. Anaerobista mikrobiologista hajotusta tapahtuu hapettomissa olosuhteissa. Siinä orgaaninen aine hapetetaan myös hiilidioksidiksi ja vedeksi samanaikaisesti, kun osa materiaalista pelkistetään metaanikaasuksi. (Stendahl, 9 – 10, s.a.)

#### **3.3.1 Aktiivilieteprosessi**

Aktiivilieteprosessi on yleisin jätevesien biologisessa puhdistuksessa käytetty menetelmä. Aktiivilieteprosessi tapahtuu ilmastusaltaassa. Prosessissa esikäsitelty jätevesi johdetaan ilmastettua biomassaa sisältävään ilmastusaltaaseen. Tämän jälkeen vesi

johdetaan jälkiselkeytykseen, jossa ilmastusaltaassa syntyneet flokit erotetaan vedestä ja altaan pohjalle laskeutunut liete palautetaan prosessiin, tätä on havainnollistettu kuvassa 8. (Karttunen 2004, 183.)



**KUVA 8. Aktiivilieteprosessin periaate. (Mikkelin kaupungin jätevedenpuhdistamo.)**

Aktiiviliete on biomassaa, joka muodostuu puhdistuksen suorittavista mikrobeista. Osa mikrobeista elää täysin vapaasti vesifaasissa, mutta suuri osa on kiinnittyneenä lietteen suspendoituneisiin hiukkasiin. Aktiivilieteprosessissa tavoitteena on saada mahdollisimman suuriosa vapaista mikrobeista muodostamaan flokkeja. Ilmastuksella aktiiviliete pidetään jatkuvassa liikkeessä, ettei se pääse laskeutumaan altaan pohjalle. Ilmastus huolehtii samalla aerobisten mikrobien jatkuvasta hapensaannista. Aktiivilietteen happipitoisuuden tulee olla vähintään 2 mg/l liuennutta happea. Ilmastusaltaasta aktiivilietettä päätyy jälkiselkeytysaltaaseen, jossa se erotetaan vedestä laskeuttamalla ja suurin osa aktiivilietteestä pumpataan takaisin ilmastusaltaaseen. Tätä kutsutaan palautuslietteeksi. Aktiivilieteprosessissa syntyy koko ajan uutta biomassaa ja ilmastusaltaan lietepitoisuus halutaan pitää vakiona. Tämän vuoksi ylijäämälietettä täytyy poistaa prosessista. Ylijäämäliete johdetaan jäteveden esikäsittelyn alkuun, josta se päätyy esiselkeytysaltaan lietetaskun kautta lietteenkäsittelyyn. (Viitasaari ym. 1994, 34.)

Aktiivilieteprosessissa käytetään erilaisia toimintaa kuvaavia parametreja. Toiminnan kannalta tärkeimpiä yleisiä parametreja ovat happipitoisuus ja F/M-suhde (food to microorganism), jota kutsutaan myös lietekuormaksi. F/M-suhteella tarkoitetaan tulevan ravinnon määrän (BOD<sub>7</sub>:na ilmaistuna) suhdetta ilmastusaltaan biomassaan. F/M-suhde vaihtelee tulevan jäteveden koostumuksesta riippuen. Palautuslietteen määrällä

ei voida säätää F/M-suhdetta riittävän tehokkaasti, ellei käytössä ole erityistä aktiivilietevarastoa. (Viitasaari ym., 1994, 35.)

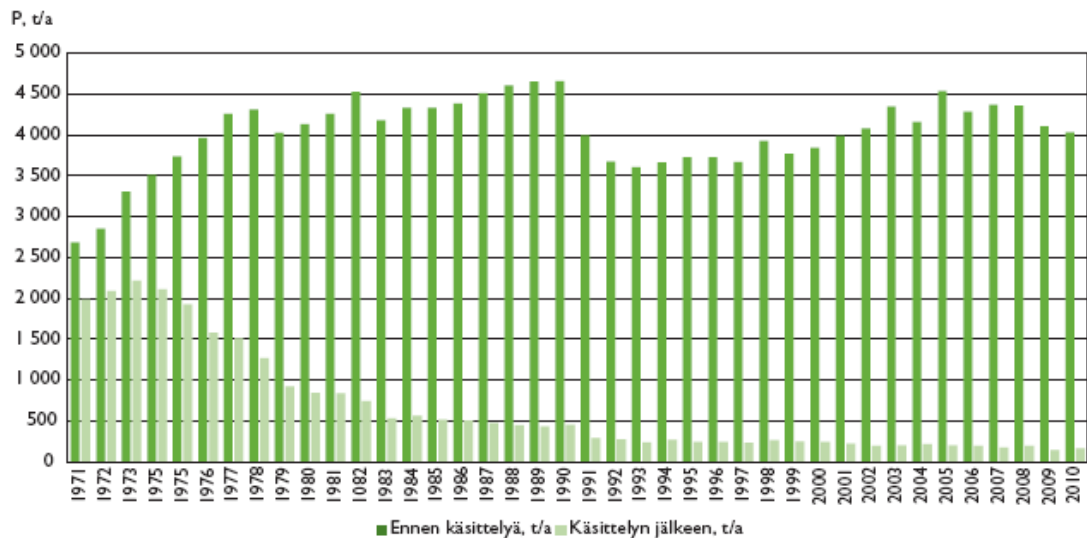
Käyttöparametrina lieteikä kuvastaa selvimmin prosessin toiminta-aluetta biomassan kasvukäyrällä. Lieteikä ilmaisee, kuinka kauan biomassassa on prosessissa mukana. Korkeakuormitteisilla laitoksilla lieteikä on pienempi kuin kaksi vuorokautta ja matalakuormitteisilla laitoksilla lieteikä voi olla yli seitsemän vuorokautta, joskus jopa 30 vuorokautta. (Karttunen, 2004, 521, Viitasaari ym., 1994, 37.)

Lieteindeksillä (Sludge volume index) tarkoitetaan 1 gramman suuruisen kiintoainemäärän tilavuutta, kun laskeutusaika on 30 minuuttia. Sen yksikkö on  $\text{cm}^3/\text{g SS}$  tai  $\text{ml/g}$ . Mitä pienempi lieteindeksi on, sitä paremmin liete laskeutuu. Lieteindeksin tulisi aina olla alle 150, hyvin toimivassa laitoksessa arvo on noin 100. Lieteindeksin suuri arvo tarkoittaa huonoja lietteen laskeutumisoimaisuuksia, tällöin riittävän lietekoncentraation ylläpitäminen vaatii suurta palautuslietteen määrää. Huonosti laskeutuva liete pääsee ns. karkaamaan prosessista. (Karttunen, 2004, 521, Viitasaari ym., 1994, 38.)

### **3.4 Ravinteiden poisto**

#### **3.4.1 Fosforin poisto**

Fosfori pystytään poistamaan jätevedestä joko kemiallisesti tai biologisesti tai näiden menetelmien yhdistelmällä. Suomessa fosforin poisto tapahtuu tyypillisesti kemiallisilla menetelmillä biologisen käsittelyn yhteydessä. Valtakunnallinen lähtevän fosforikuormituksen keskiarvo on ollut laskussa jo 1970-luvun puolivälistä lähtien. 1990-luvulla puhdistamoille tulevien jätevesien fosforikuorma aleni yli 20 % ja puhdistamoilta lähtevän fosforin määrä pieneni. Kuvan 3 mukaisesti puhdistamoille tuleva fosforikuormitus on vaihdellut ja kasvanutkin jonkin verran vuositasolla, mutta käsittelyn jälkeen vesistöihin päätyvän fosforin määrä on vähentynyt. (Säylä, Vilpas, 2010, 11.)



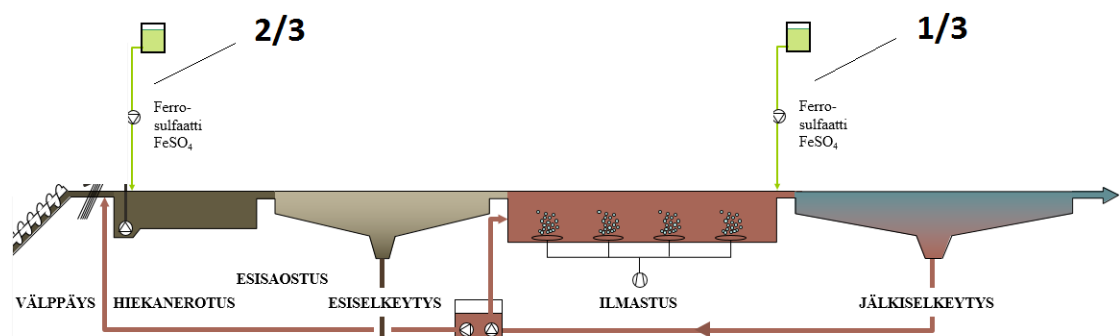
**KUVA 3. Yhdyskuntajätevesien fosforikuormitus Suomessa vuosina 1971–2010 ennen ja jälkeen käsittelyn (Säylä, Vilpas, 2010, 14.)**

Fosfori saostetaan kemiallisesti lisäämällä jäteveteen sopivaa saostuskemikaalia, joka reagoi vedessä olevan liuenneen fosforin kanssa muodostaen fosfaattisakan. Muodostunut fosfaattisakka erotetaan selkeyttämällä. Taulukossa 7 on lueteltu kemiallisen fosforin saostuksen vaiheet. Saostuskemikaalit ovat tarkkoja veden pH-arvon suhteen. Tämän vuoksi jäteveden pH-arvoa säädetään rikkihapolla ja kalkilla, jotta saostuminen olisi mahdollisimman tehokasta. Saostuskemikaaleina käytetään alumiini- tai rautapohjaisia yhdisteitä. Alumiiniyhdisteitä ovat esim. alumiinisulfaatti ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) ja polyalumiinikloridit (PAC). Saostukseen käytettäviä rautayhdisteitä ovat ferrosulfaatti ( $\text{FeSO}_4$ ), ferrisulfaatti ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ) tai ferrikloridi ( $\text{FeCl}_3$ ). (Valtion ympäristöhallinto 2011d.)

**TAULUKKO 7. Kemiallisen fosforin saostuksen kolme vaihetta. (Fosforinpoistomenetelmät 2011.)**

<b>Pikasekoitus</b>	Kemikaali sekoitetaan jäteveteen voimakkaalla sekoituksella. Ensimmäiset saostumisytimet muodostuvat.
<b>Hämmennys tai flokkaus</b>	Saostumahiutaleet kasvavat ja laskeutuvat helpommin.
<b>Selkeytys</b>	Saostuma laskeutuu altaan pohjalle tai vastaavasti nostetaan flotaation avulla altaan pinnalle ja poistetaan prosessista.

Yleisimmän jätevedenpuhdistusmenetelmän eli rinnakkaissaostusprosessin kemiallinen saostus tapahtuu aktiivilietelaitoksen ilmastusaltaassa. Prosessissa saostuskemikaalina käytetään ferrosulfaattia ( $\text{FeSO}_4$ ). Menetelmää voidaan soveltaa suoraan ole-massa oleviin aktiivilietelaitoksiin. Ferrosulfaatti syötetään joko yhteen tai kahteen kohtaan prosessissa. Yhden tavan mukaan kaksi kolmasosaa kemikaalin annoksesta syötetään laitoksen mekaaniseen osaan ja yksi kolmasosa suoraan ilmastusaltaaseen, tätä havainnollistetaan kuvassa 4. Ferrosulfaattia syötetään noin  $80\text{--}130\text{g/m}^3$  jätevettä. Menetelmällä saavutetaan yli 90 %:n puhdistustulos fosforin ja orgaanisen aineen suhteen. Näin on päästy käsitellyn veden fosforipitoisuuksissa  $0,1\text{--}0,2\text{ mg/l}$ . (Valtion ympäristöhallinto 2011d.)



**KUVA 4. Ferrosulfaatin syöttökohdat (Mikkelin kaupungin jätevedenpuhdistamo.)**

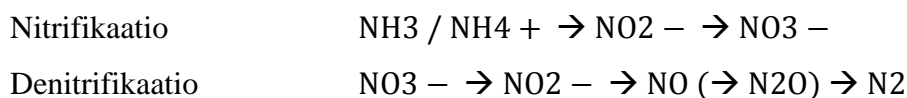
Biologinen fosforinpoisto perustuu mikrobien kykyyn sitoa itseensä normaalia enemmän fosforia polyfosfaattina. Prosessin toiminnan kannalta mikrobit täytyy saattaa vuorotellen aerobisiin ja anaerobisiin oloihin. Anaerobisissa oloissa polyfosfaatti vapautuu veteen mikrobeista, tämän yhteydessä syntyy energiaa, joka käytetään rasvahappojen sitomiseen solun sisään ravinnoksi. Hapellisiin oloihin joutuessaan mikrobeilla on jo orgaaninen aine valmiina käytettäväksi kasvua varten. Orgaaninen aine hydrolysoituu ja tämän yhteydessä vapautuva energia kuluu liuenneen fosfaatin sitomiseksi solun sisään. Prosessin seurauksena mikrobien fosforipitoisuus voi nousta 1-2 prosentista jopa viiteen prosenttiin. Fosforia poistuu ylijäämälietteen mukana. (Valtion ympäristöhallinto 2011e.)

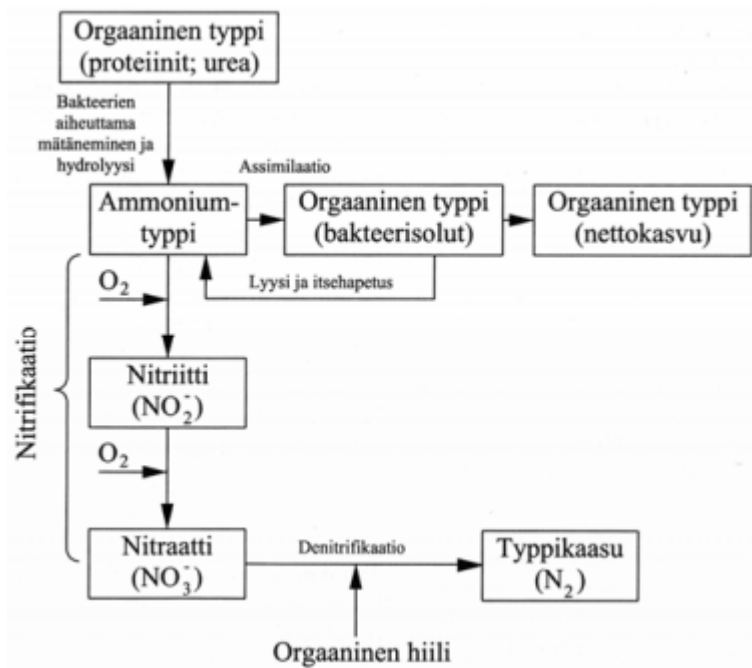
### 3.4.2 Typen poisto

Typpiyhdisteitä poistetaan jätevedestä monilla eri tavoilla. Typpeä voidaan poistaa joko fysikaalisella, kemiallisella tai biologisella menetelmällä. Suomessa yleisin menetelmä on biologinen nitrifikaatioon ja denitrifikaatioon perustuva prosessi. (Typenpoistomenetelmät 2011.) Typen immobilisaatiolla (assimilaatio) tarkoitetaan mikrobien aiheuttamaa epäorgaanisen typen ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) sitomista osaksi mikrobibiomassaa orgaaniseen muotoon. Typpi sitoutuu solujen rakennusaineeksi ja poistuu prosessista poistettavan lietteen mukana. (Karttunen 2004, 211–213, Saari, 3.)

Nitrifikaatio ja denitrifikaatio ovat kaksivaiheinen prosessi. Nitrifikaatiossa bakteerit hapettavat jäteveden pelkistyneet typpiyhdisteet (ammoniakki, valkuaisaineiden hajomistuotteet, virtsa) nitriitin kautta nitraatiksi. Hapettamisesta huolehtivat bakteerisuvut: *Nitrosomonas*, *Nitrospira* ja *Nitrobacter*, ne tarvitsevat happea, karbonaattia ja ammoniumioneja kasvuunsa. Näiden nitrifikaatiobakteerien kasvu riippuu lämpötilasta ja optimilämpötila on 30 – 35 °C. Nitrifikaation hitaus kylmissä olosuhteissa vaikuttaa suoraan prosessin mitoitukseen, lämpötilan ollessa 5 – 10 °C, tarvitaan jo kolme kertaa suurempi ilmastustilavuus optimilämpötilaan verrattuna. Seuraavassa vaiheessa denitrifikaatiobakteerit pelkistävät muodostuneen nitraatin typpikaasuksi, joka poistuu ilmakehään. Denitrifioivat bakteerit toimivat hapettomassa ympäristössä ja vaativat orgaanista ainetta kasvuunsa. Denitrifikaatio ei ole yhtä lämpötilariippuvainen kuin nitrifikaatio, koska denitrifikaatiobakteereita on lämpötilavaatimuksiltaan erilaisia. (Rantanen et al, 1999, 11). Nämä kaksi osaprosessia yhdistämällä saavutetaan noin 60–90 % typenpoisto. Kaava 2 ja kuva 5 esittävät typen eri muotoja nitrifikaatio-denitrifikaatio prosessien aikana. (Valtion ympäristöhallinto 2011f.)

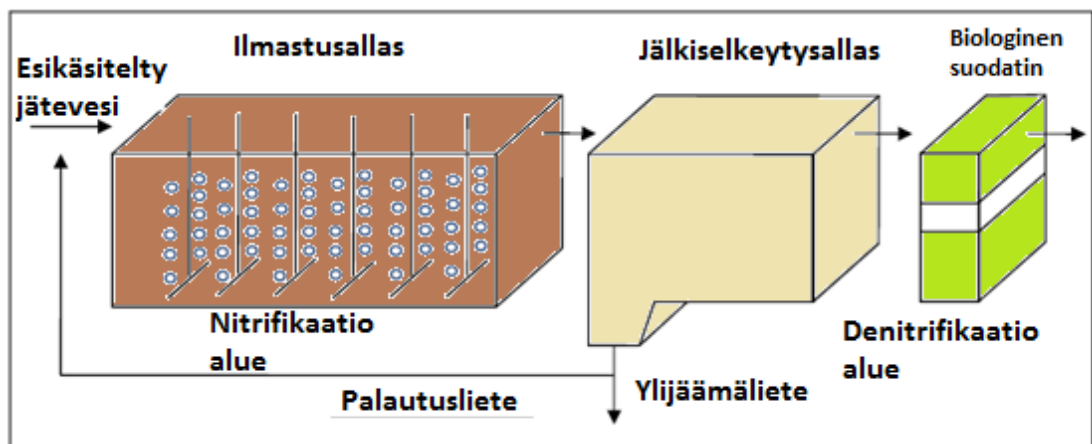
#### Kaava 2





**KUVA 5. Jätevedenpuhdistuksessa tapahtuva typen muuntuminen (Karttunen, 2004, 212.)**

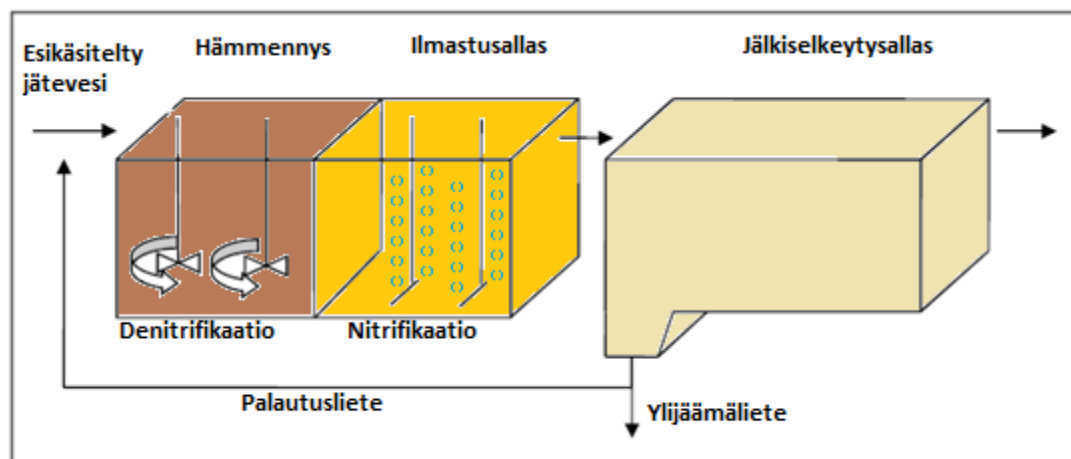
Biologiset typenpoistoprosessit toteutetaan joko aktiivilietemenetelmään, suodatinmenetelmään tai näiden yhdistelmään perustuvina. Selkeimpänä prosessiratkaisuna pidetään ND-prosessia (kuva 6), jossa jäteveden mekaanisen käsittelyn jälkeen ilmastusaltaassa orgaaninen aine hajoaa ja typpiyhdisteet hapettuvat. Tätä seuraa hapeton, hämmennyksellä varustettu allas, johon lisätään vielä orgaanista ainetta denitrifikaatiobakteereille ja siitä typpi poistuu ilmakehään. Kyseinen menetelmä vaatii eniten energiaa ja kemikaalien käyttöä. (Valtion ympäristöhallinto 2011f.)



**KUVA 6. N/D prosessi, jossa nitrifikaatio tapahtuu ennen denitrifikaatiota.**



DN-prosessissa (kuva 7) ilmastusallas ja denitrifikaatioallas ovat käänteisessä järjestyksessä. Prosessi toimii siten, että ilmastusaltaassa muodostunut nitraatti johdetaan takaisin denitrifikaatioaltaaseen. Tämän seurauksena denitrifikaatiobakteerit voivat käyttää hyväkseen jäteveden sisältämää orgaanista ainetta ja ulkopuolista orgaanista ainetta ei välttämättä tarvita ollenkaan. Ilmastuksen tarve myös vähentyy, koska nitraattiin sidottu happi on käytettävissä orgaanisen aineen hajotukseen denitrifikaatioaltaassa. Happamuuden säätöön tarvitaan myös vähemmän kalkkia kuin ND-prosessissa. (Valtion ympäristöhallinto 2011f.)



**KUVA 7. D/N prosessi, jossa denitrifikaatio tapahtuu ennen nitrifikaatiota.**

### 3.5 Jäteveden jälkikäsitely

Jätevesien puhdistusvaatimukset ovat tiukkenemassa, mikä tulee vaatimaan jätevedenpuhdistamoilta puhdistustulosten parantamista. Tiukentuviin lupaehtoihin ei välttämättä pystytä vastaamaan vain jo olemassa olevia prosesseja tehostamalla. Parempien puhdistustulosten saavuttamiseksi tarvitaan tertiärisiä puhdistusprosesseja eli jäteveden jälkikäsitelyä. Ravinteiden poiston lisäksi myös jätevesien hygieeniseen laatuun on kiinnitetty huomiota. Mikrobien tehokkaampi poistaminen jätevedestä vaatii tertiäristä puhdistusvaihetta / desinfiointia. Tertiäriset puhdistusprosessit ovat vielä harvinaisia Suomessa yhdyskuntajätevesien käsittelyssä, mutta maailmalla ne ovat jo yleinen käytäntö. Mikrobien poiston lisäksi tertiärikäsittelyllä voidaan poistaa esim. puhdistusprosessin läpi kulkeutuneita kemikaaleja. (Koivunen, Heinonen-Tanski, 2005, 18.) Esimerkiksi Mikkelin ja Oulun jätevedenpuhdistamoilla on käytössä jäteveden jälkidesinfiointilaitteisto.

Jäteveden jälkidesinfiointin tarkoituksena on estää haitallisten mikrobin päätyminen vesistöihin, varsinkin sellaisilla alueilla, joissa jäteveden laskupaikka on lähellä raakaveden ottopaikkaa tai virkistys- ja uima-alueita. (PAC-Solution Oy 2010). Yleisin jätevesien desinfiointimenetelmä on klooraus. Sillä on kuitenkin haitallisia ympäristövaikutuksia kuten kemikaalijäämät ja sivutuotteet. Kloorausta on pyritty korvaamaan vaihtoehtoisilla menetelmillä kuten UV-desinfiointilla. (Koivunen, Heinonen-Tanski, 2005, 18.)

### **3.5.1 UV-säteily**

UV- desinfiointimenetelmä on todettu hyväksi jätevesien desinfiointissa. Sen etuina pidetään hyvää desinfiointitehoa sekä sitä, että menetelmästä ei synny haitallisia kemikaalijäämiä tai sivutuotteita. (Koivunen, Heinonen-Tanski, 2005, 18.) UV-desinfiointissa mikrobit inaktivoituvat UV-säteilyn vaikutuksesta. Säteily vaurioittaa solun nukleinihappoja ja proteiineja. UV-säteilyn absorboituminen mikrobisoluun aiheuttaa valobiologisia, - fysikaalisia ja – kemiallisia reaktioita perimätiedon sisältävässä nukleinihapossa, eikä mikrobi kykene enää jakautumaan. Inaktivoitunut eli jakautumiskyvytön mikrobi on yleensä myös infektiokyvytön. Mikrobeilla on keinoja, joilla UV-säteilyn tekemiä vaurioita pystytään korjaamaan, tätä kutsutaan mikrobin reaktivaatioksi. Käyttämällä laajempaa aallonpituusaluetta, mikrobin reaktivaatio kyky heikkenee. Mikrobeille haitallisimman UV-säteilyn aallonpituus on 250–265 nm. Tehokkain tulos on saatu annoksella 200 – 400 J/m<sup>2</sup>. (Leino 2008, 50.)

### **3.5.2 Peretikkahappo**

Peretikkahappodesinfiointilla tarkoitetaan infektiivisten mikrobin tuhoamista vedestä kemiallisen peretikkahappokäsittelyn avulla. Kemiallista peretikkahappo desinfiointimenetelmää on tutkittu ja käytettykin jo joillain jätevedenpuhdistamoilla. Peretikkahappo on orgaaninen peroksidi, joka on voimakas hapetin ja tuhoaa tehokkaasti mikrobeja. Tutkimusten mukaan käytettäessä se ei kuitenkaan tuota merkittävästi haitallisia kemikaalijäämiä tai desinfiointin sivutuotteita. Peretikkahappo desinfiointilla on kokeissa saavutettu jopa 99–99,99 % kokonaiskoliformisten bakteerien ja enterokokkien vähenemisiä. Kaikissa jätevesissä peretikkahappodesinfiointin optimaalinen kontaktiaika oli noin 10–15 minuuttia. (Koivunen, Heinonen-Tanski, 2005, 21–22.)

### 3.5.3 Korkeapaine-flotaatio

Korkeapaine-flotaatio on vedenkäsittelyprosessi, jossa käsiteltävään veteen lisätään korkeassa paineessa ilmalla kyllästettyä vettä (dispersiovesi). Flotaatioaltaassa dispersioveden paineenlaskiessa vapautuu ilmakuplia, jotka tarttuvat käsiteltävässä vedessä olevaan kiintoaineeseen ja kuljettavat sen veden pinnalle. Tutkimusten mukaan flotaatiojälkikäsitteilyllä voidaan saavuttaa huomattava jäteveden laadun paraneminen. Kokonaisfosforipitoisuudessa päästään jopa alle 0,3 mgP<sub>kok</sub>/l pitoisuuksiin. Mikrobipitoisuuksia flotaatioprosessilla voidaan vähentää yleensä noin 90 – 99 %, joka olisi jo merkittävä parannus luonnon vesien hygieenisen laadun kannalta. Orgaanisen aineen jäämiä saadaan myös pienennettyä. (Koivunen, Heinonen-Tanski, 2005, 19 – 21.)

### 3.5.4 Jälkisuodatus

Jälkisuodatusmenetelmää voidaan käyttää selkeytyksestä karkaavan kiintoaineen keräämiseen, liukoisen fosforin saostamiseen sekä se myös parantaa veden hygieenistä laatua. Vesihuoltoon soveltuvat suodatustekniikat voidaan jakaa kolmeen ryhmään: hiekkasuodattimet, suodatuskankaat ja viiraan perustuvat laitteet sekä kalvosuodattimet. Suodatukseen voidaan yhdistää kemiallinen saostus, jolloin kiintoaineen erotus paranee entisestään. Lisäksi saostuksella saavutetaan merkittävä parannus liukoisen fosforin pitoisuuden alenemisessa ja se edesauttaa suodatuksen tehoa mikrobien poistossa. (Saarinen, 2003, 42–43)

## 3.6 Lietteen käsittely

Jäteveden puhdistusprosessissa viemärlaitoksilla syntyy jätevesilietettä noin 1,1–1,2 miljoonaa tonnia vuodessa, kuivapainoltaan se vastaa noin 150 000 tonnia. Lietettä syntyy puhdistusprosessin kaikissa vaiheissa. Liette muodostuu orgaanisesta – ja epäorgaanisesta aineesta. (Valtion ympäristöhallinto 2010a.) Ennen jatkokäsittelyä liete sisältää noin 95 % vettä. Lietteen sisältämä vesi voidaan jakaa väliveteen, adheesio- ja kapillaariveteen sekä solun sisäiseen ja adsorptio veteen. Välivesi ja adheesio- kapillaarivesi voidaan poistaa lietteestä koneellisella ja luonnollisella kuivatuksella. Solunsisäinen vesi ja adsorptiovesi vaativat poistukseen esim. termisiä menetelmiä. (Viitasari, 1994, 107.)

Jätevedenpuhdistus prosessin mekaanisessa vaiheessa liete muodostuu vedessä laskeutuvista hiukkasista. Tämän vaiheen liete koostuu monenlaisesta aineksesta kuten kuiuista, ruoantähteistä, hienojakoisesta hiekasta, ulosteista ja kiintoaineeseen sitoutuneesta fosforista. Sitä kutsutaan raakalietteeksi ja sen kuiva-ainepitoisuus on noin 2,5 – 5 % selkeytysaltaan lietetaskussa. (Valtion ympäristöhallinto 2011g.)

Kemiallinen liete muodostuu jätevedenpuhdistuksen kemiallisissa prosesseissa, sitä kutsutaan myös tertiäärilietteeksi. Kemiallisen lietteen muodostavat fosfaattisakka, hydroksidisakka ja karbonaattisakka sekä pienet määrät orgaanista ainesta. Esisaostuslaitoksissa kemikaalisakka sekoittuu raakalietteeseen ja jälki- ja rinnakkaissaostuslaitoksissa se sekoittuu biolietteeseen. Jäteveden biologisista puhdistusprosesseista saatava ylijäämäliete muodostuu enimmäkseen elävistä ja kuolleista mikrobeista. Taulukko 8 esittää eri prosesseissa syntyneiden lietteiden arvioituja määriä. (Valtion ympäristöhallinto 2011g.)

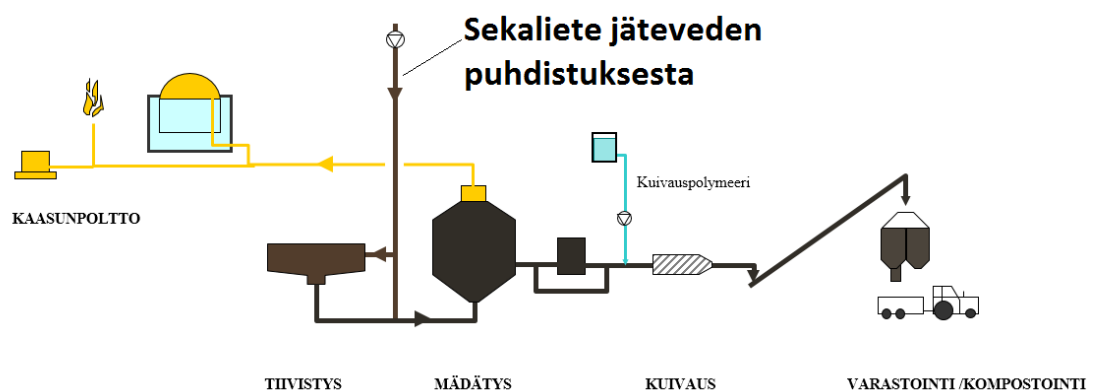
**TAULUKKO 8. Eri puhdistusmenetelmillä syntyvät likimääräiset lietemäärät. (Viitasaari ym., 1994, 109.)**

Puhdistus menetelmä	Lietteen kuiva-aine määrä		Lietemäärä l / as x vrk	Kuiva-ainepitoisuus %
	g/m <sup>3</sup> - jätevesi	g/as x vrk		
<b>Mekaaninen puhdistus</b>	150	60	1,0 – 2,0	3,0 – 6,0
<b>Biologinen puhdistus</b>				
aktiiviliete (ylijäämäliete)	90	35	1,0 – 3,0	0,5 – 3,0
<b>Rinnakkais- saostus</b>				
aktiivilietelaitoksen sekaliete	320	130	2,5 – 5,0	1,5 – 5,0
<b>Kemiallinen saos-</b>				

tus				
Kemiallinen selkeytys $\text{Ca(OH)}_2$ 300g/m <sup>3</sup>	600	240	2,5 – 6,0	4,0 – 10,0
Suora saostus $\text{FeCl}_3$ 70g/m <sup>3</sup>	100	45	1,0 – 3,0	1,5 – 4,5
Suora saostus $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 125 g/m <sup>3</sup>	70	30	1,0 – 3,0	1,0 – 3,0

Kokonaisuudessaan lietettä syntyy jätevedenpuhdistamoilla 0,7 – 1,2 kg kuiva-ainetta jokaista poistettua BOD<sub>7</sub> kilogrammaa kohden. Valtakunnallisen jätesuunnitelman mukaan lietteestä pitäisi hyödyntää 90 %. Nykyään suurin osa kompostoidusta lietteestä kuitenkin varastoidaan sen kysynnän vähäisyyden vuoksi. Tästä johtuen hyödyntämistavoitetta ei ole vielä saavutettu. Lietettä voidaan hyödyntää esimerkiksi maanviljelyssä, viherrakentamisessa ja kaatopaikoilla. Lietteen käsittelyprosessi koostuu seuraavista vaiheista ja sitä havainnollistetaan kuvassa 9:

- Tiivistys (laskeutus, flotaatio)
- Stabilointi (mädätys)
- Kunnostus (kuivatus)
- Vedenpoisto
- Kompostointi (Valtion ympäristöhallinto 2011h.)



**KUVA 9. Lietteen käsittelyprosessin yksiköt. (Mikkelin kaupungin jätevedenpuhdistamo)**

Jäteveden puhdistusprosessista johdettu raakaliete päättyy useimmiten aluksi tiivistykseen, jossa sen kuiva-ainepitoisuus pyritään nostamaan noin 2 – 3 kertaiseksi. Tiivistysprosessi voidaan suorittaa joko flotaatiolla tai laskeutuksella. Seuraavaksi liete stabiloidaan, jolla tarkoitetaan lietteessä tapahtuvan orgaanisten aineiden hajoamisprosessin keskeyttämistä tai sen loppuunsaattamista lietteen jatkokäsittelyn helpottamiseksi. Stabilointi voidaan tehdä joko tilapäiseksi tai pysyväksi. Tilapäinen stabilointi suoritetaan kalkan avulla ja pysyvä stabilointi mädätyksellä. Stabilointi vähentää lietteestä muodostuvia hajuhaittoja sekä tuhoaa patogeenisiä mikrobeja. Stabiloinnin jälkeen lietettä kunnostetaan sellaiseen muotoon, että siitä on helpompi erottaa jäljellä olevaa vettä. Kunnostaminen voi olla fysikaalista, esimerkiksi lietteen jäädyttämistä, lämpökäsittelyä, tai kemiallista kunnostusta kalkan avulla. Kunnostus tuhoaa mikrobin muodostamaa geelimäistä rakennetta, tehden lietteestä ryynimäistä. Ennen kompostointia, lietteelle tehdään yleensä koneellinen vedenpoisto, jonka seurauksena lietteen kuiva-ainepitoisuus nousee 25 – 45 prosenttiin. (Viitasaari ym., 1994, 117, Valtion ympäristöhallinto 2011g.)

### **3.7 Kehittyneet jäteveden puhdistusmenetelmät**

Luvussa 3.7 esitetyjä kehittyneempiä jäteveden puhdistusmenetelmiä käytetään enimmäkseen kemikaaleja sisältävien teollisuusjätevesien puhdistamiseen. Tiukentuvien jäteveden puhdistusvaatimusten vuoksi kehittyneempien jätevedenpuhdistusmenetelmien käyttöä on pohdittu myös yhdyskuntajätevesien puhdistamisen kannalta.

#### **3.7.1 Vaaralliset aineet**

Perinteisesti huomio jätevedenpuhdistuksessa on kiinnittynyt jäteveden ravinteiden ja orgaanisen aineen määrään. Viime aikoina huomio on kohdistunut enemmän haitallisiin tai vaarallisiin aineisiin, jotka päätyvät jätevedenpuhdistusprosessin läpi purkuvesistöihin. Näiden vaarallisten aineiden pitoisuuksien pienentäminen on yksi HELCOM:in (Helsinki Commission) tavoitteista. (Lehmonen, 2012, 12.)

Tavallisen jätevedenpuhdistusprosessin jälkeen, voidaan jätevettä käsitellä vielä kehittyneemmillä erikoistekniikoilla. Erikoistekniikoita tarvitaan, kun tavoitteena on päästä tiukkoihin päästörajoihin, mahdollistaa veden uusiokäyttöä, saada hygieenisempää vettä tai on tarve poistaa vedestä haitallisia tai vaarallisia aineita. HELCOM Itämeren

suojelukomissio on luetellut yhdeksän vaarallista orgaanista ainetta sekä kaksi raskasmetallia, jotka vesistöihin päätyessään voivat aiheuttaa vakavia haittoja. Näitä haitallisia aineita esitetään seuraavassa listassa. (Paalanen, 2012, 16, Lehmonen, 2012, 18 – 19.):

**HELCOM Lista vaarallisista aineista:**

- Dioksiinit (PCDD), Furaanit (PCDF) & dioksiinimaiset polyklooratut bifenyylit (co-PCB)
- Tributyylitina (TBT), Trifenyylitina-yhdisteet (TPhT)
- Pentabromidifenyylieetteri (pentaBDE), Oktabromidifenyylieetteri (octaBDE), Dekabromidifenyylieetteri (decaBDE)
- Perfluoriooktaanisulfonaatti (PFOS), Perfluoro – oktaanihappo (PFOA)
- Heksabromisyklododekaani (HBCDD)
- Nonyylifenolit (NP), Nonyylifenolietoksylaatti (NPE)
- Oktyylifenolit (OP), Oktyylifenolietoksylaattit (OPE)
- Lyhytketjuiset klooratut parafiinit tai klooratut alkaalit (C<sub>10 – 13</sub>), Keskipitkäketjuiset klooratut parafiinit tai klooratut alkaanit (C<sub>14 – 17</sub>)
- Endosulfaanit
- Elohopea (Hg)
- Kadmium (Cd) (Paalanen, 2012, 16.)

**3.7.2 Edistyneet kalvot ja suodattimet**

Erilaisilla suodattimilla ja kalvotekniikalla poistetaan vedessä olevia kiinteitä hiukkasia. Suodattimet jaetaan syvä-, pinta- ja kalvosuodattimiin. Suodattimissa oleva materiaali voi olla kudottua metallikangasta, jäykkää kangaskudelmia tai erilaisia synteettisiä materiaaleja. Kokoväliltään suodattimet ovat 10 – 30 µm. Suodatintekniikalla käytetään termiä permeaatti, jolla tarkoitetaan suodattimella puhdistettua vettä ja rejekti, jolla tarkoitetaan hylättyä vettä, joka sisältää epäpuhtaudet. Kalvosuodatinten huokoskoko vaihtelee 0,0001 – 1,0 µm välillä. Kalvosuodattimilla vedestä voidaan erottaa aineita puoliläpäisevän kalvon avulla, tällöin puhdistus perustuu osmoosiin tai dialyysiin. Kalvosuodattimilla vedestä voidaan erottaa suolaa, liuennaita orgaanisia aineita ja pienentää veden kovuutta (Paalanen, 2012, 18.)

### 3.7.3 Edistynyt hapetus

Edistyneeksi hapetukseksi kutsutaan sellaista prosessia, jolla jätevedestä poistetaan hapettamalla esim. monimutkaisia orgaanisia yhdisteitä. Tarkoituksena on saavuttaa hyväksyttävä hajotus, jossa yhdisteissä tapahtuu rakenteellinen muutos niin, että niiden toksisuustaso pienentyy. Vaikeasti käsiteltäville ja paljon happea kuluttaville orgaanisille jätevesille sopii ns. märkähapetusmenetelmä. Tässä menetelmässä käytetään hyväksi vahvaa hapetinta, yleensä hydroksyyli-radikaalia (HO\*), jolla tuhotaan haitallisten yhdisteiden rakenteita. Hydroksyyli-radikaali on erittäin aktiivinen hapettaja. Se hapettaa myrkyllisiä orgaanisia yhdisteitä hiilidioksidiksi ja vedeksi. Menetelmän etuja ovat nopea reaktioaika, pieni peittoalue, toksisuuden pienentäminen ja lähes täydellinen käsiteltyjen orgaanisten aineiden mineralisointi. (Paalanen, 2012, 27.)

### 3.7.4 Kaasustrippaus

Kaasustrippaus tarkoittaa kaasun aineensiirtoa nestefaasista kaasufaasiin. Strippaus tehdään jätevedenpuhdistusprosessissa ilmalla tai vesihöyryllä. Menetelmässä käytetään ilmavirtaa, jonka avulla haitalliset aineet puhalletaan pois vedestä. Virtaus johdetaan sellaiseen liuokseen, joka sitoo haitallisen aineen. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet vapautuvat ilmaan, mutta esimerkiksi ammoniakki johdetaan fosforihappoliuokseen. Kaasustrippauksella pystytään jätevedestä erottamaan ammoniakki, hiilidioksidi, happi, rikkivety sekä haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC). (Paalanen, 2012, 29, Typenpoistomenetelmät 2011.)

### 3.7.5 Adsorptio

Adsorptiota käytetään orgaanisten ja epäorgaanisten yhdisteiden poistamiseen. Adsorptiossa liuoksen molekyylit tarttuvat sopivalle rajapinnalle, tästä johtuen sitä kutsutaan rajapintailmiöksi. Kappaleen pinnalla vallitseva voimien epätasapaino johtaa adsorptio ilmiöön. Ainetta, johon adsorboituva aine kerääntyy, kutsutaan adsorbentiksi ja siinä aineena voi toimia kiinteä, - neste, tai kaasufaasi. Adsorbentteina voidaan käyttää aktiivihiihtä, zeoliittia, aktivoitua alumiinioksidia, synteettistä polymeeriä sekä piioksidipohjaisia yhdisteitä. Tähän mennessä adsorptiota ei ole käytetty paljoakaan jäteveden puhdistuksessa, mutta tutkimus ja varsinkin aktiivihiihtisuodattimien käyttö



ovat lisääntyneet. Erilaisia adsorbentteja käyttämällä on onnistuttu poistamaan epäorgaanisia anioneja, kuten fluoria ja nitraatteja. (Paalanen, 2012, 29 – 30.)

### **3.7.6 Aktiivihiilisuodatus**

Aktiivihiilisuodatusta on käytetty viimeistelyprosessina jo biologisesti käsitellylle vedelle. Sillä on pyritty poistamaan liuennutta orgaanista ainetta, joka ei ole poistunut aikaisemmissa prosessivaiheissa. Polymeroituja piioksidea ( $\text{SiO}_2$ ) ja aktivoitua alumiinioksia ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) on tutkittu laajalti erilaisten epäpuhtauksien poistamisessa. Menetelmillä on pyritty poistamaan fluoria, arseenia, fosfaattia ja klooria. Aktivoitua alumiinioksidia on käytetty myös veden poistamiseksi orgaanisista nesteistä. Zeoliitit ovat alumiinisilikaatteja ja niitä käytetään selektiivisinä adsorbentteina. Zeoliiteilla on saavutettu ammoniumtyypelle jopa 97 % poistuma. (Paalanen, 2012, 31.)

### **3.7.7 Ioninvaihto**

Ioninvaihto menetelmässä ionit vaihdetaan kiinteän faasin ja nestefaasin välillä. Menetelmää kutsutaan myös fysikaaliseksi adsorptioksi. Menetelmässä vedessä olevat ionit ajetaan ioninvaihtohartsin, jossa ioninvaihtoreaktio tapahtuu. Vesi virtaa käytön aikana ioninvaihtohartsin läpi niin kauan, että ionit ovat kyllästäneet hartsin ja se on elvytettävä käyttökuntoon. Ioninvaihtoa on käytetty jätevedenpuhdistuksessa typen, raskasmetallien ja liuenneiden kiintoaineiden kokonaismäärän pienentämiseen. Typipäästöjen vähentämiseksi vedestä poistetaan  $\text{NH}_4^+$  ja  $\text{NO}_3^-$  ionit. (Paalanen, 2012, 32 – 34.)

### **3.7.8 Kantoaineprosessit**

Kantoaineprosessit ovat myös uudempaa tekniikkaa jätevedenpuhdistuksessa. Kantoaineprosessissa biologisen puhdistuksen suorittavat mikrobit ovat kiinnittyneenä sopivassa kasvualustassa. Kantoaineen pinnalle muodostuu biofilmi eli mikrobikasvusto, jossa puhdistus tapahtuu. Tällaisia kasvualustoja on valmistettu erilaisista muoveista tai mineraalisista murskeista. Näiden etuna tavalliseen vapaaseen aktiivilieteprosessiin verrattuna on orgaanisen aineksen nopeampi hajoaminen. (Valtion ympäristöhallinto 2011a.)

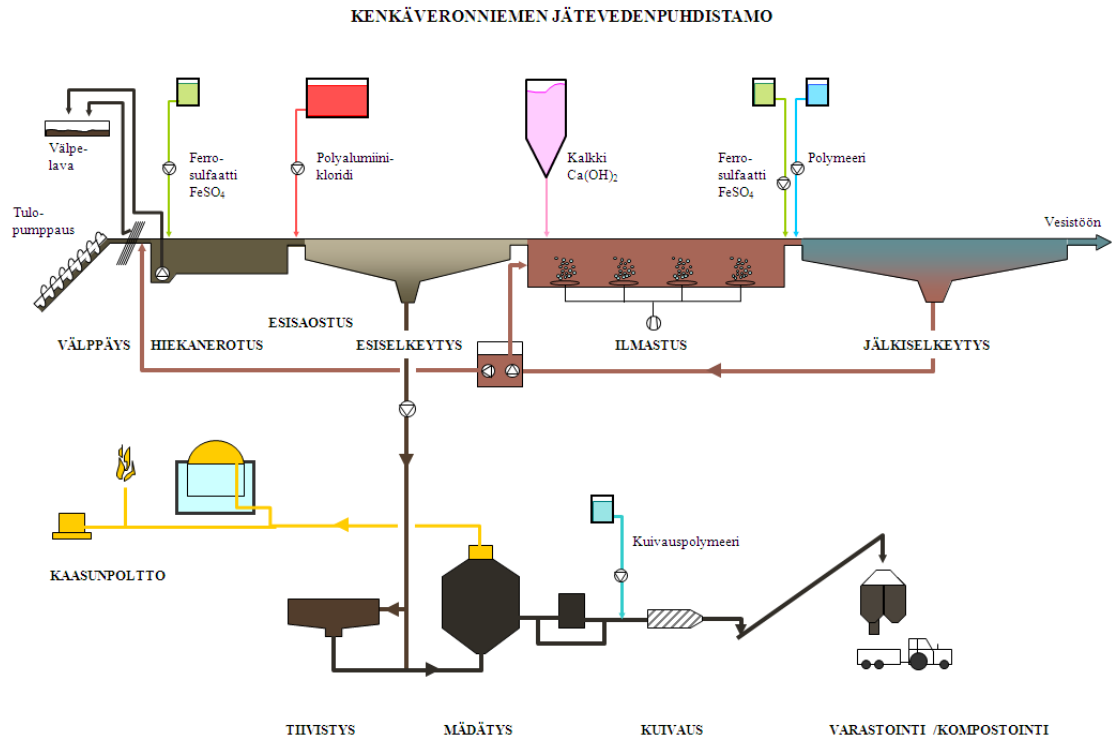
Nitrifikaatiota pystytään tehostamaan kantoaineprosessilla. Nitrifikaatiobakteerit kasvavat hitaasti ja näin ollen niille on hyötyä, että ne voivat kasvaa pitkään biofilmissä. Biofilmi suojaa bakteereja, jolloin ne elävät pidempään kuin vapaat tai flokkiin sidotut bakteerit. Nitrifioiva biofilmiprosessi on mahdollista toteuttaa erilaisilla tavoilla muun muassa bioroottoreissa tai biosuotimissa. Aktiivilietealtaassa nitrifioiva biofilmiprosessi voidaan toteuttaa kiinteäpatjaisella kantoaineella tai vapaasti kelluvalla kantoaineella. Näin ollen prosessi sisältää biofilmin biomassan lisäksi vapaata biomassaa. Biofilmiprosessien hyötynä on altaiden pieni pinta-ala verrattuna aktiivilieteprosesseihin. (Rantanen, 2010, 29.)

## 4 MIKKELIN KENKÄVERONNIEMEN JÄTEVEDENPUHDISTAMO

Mikkelin jätevedenpuhdistamo käsittelee kaupunkialueen jätevesien lisäksi Rantakylän ja Otavan taajamien jätevedet. Laitoksella käsitellään myös Metsä-Sairilan jäteaseman suotovesiä. Puhdistettu jätevesi johdetaan Saimaan Savilahteen. (Mikkelin kaupungin jätevedenpuhdistamo) Vuonna 2007 käsitelty vesimäärä oli noin 4,7 miljoonaa m<sup>3</sup>, joka vastaa noin 13 000 m<sup>3</sup>:n vuorokausivirtaamaa. Asukasvastineluku puhdistamolla on yli 50 000. (Lähde, 2007, 25.)

### 4.1 Puhdistusprosessi

Mikkelin Kenkäveronniemen keskusjätevedenpuhdistamon puhdistusprosessi perustuu mekaaniseen, kemialliseen ja biologiseen toimintaan. Mekaaninen toiminta ja jäteveden esikäsittely muodostuu veden pumppauksesta, välppäyksestä, hiekanerotuksesta ja esiselkeytyksestä. Kemiallisessa osuudessa välppäyksen jälkeen veteen lisätään ferrosulfaattia fosforin saostamiseksi. Kalkki lisätään ilmastusaltaaseen pH-arvon nostamiseksi ja polymeeri lietteen laskeutumisen nopeuttamiseksi. Esiselkeytyksessä vettä raskaampi aines laskeutuu altaan pohjalle ja se pumpataan mädättämöön. Selkeytynyt vesi jatkaa ylivuotona biologiseen puhdistukseen ilmastusaltaaseen. Ilmastusaltaasta jätevesi virtaa jälkiselkeytysaltaaseen, jossa aktiiviliete laskeutuu altaan pohjaan ja kierrätetään takaisin ilmastusaltaaseen tai ylijäämälietteeksi mädättämöön. Mädättämössä tuotetaan biokaasua suhteessa 30 % hiilidioksidia ja 60 % metaania. Laitoksen jätevedenpuhdistus ja lietteen käsittelyprosesseja on esitetty kuvassa 10. (Mikkelin kaupungin jätevedenpuhdistamo.)



**KUVA 10. Kenkäveronniemen jätevedenpuhdistamon prosessikaavio.**

## 4.2 Uusi puhdistamo

Mikkelin vesilaitos on hakenut ympäristölupaa uudelle Metsä-Sairilan jätevedenpuhdistamolle Mikkelin kaupungin Sairilan kylässä. Uusi jäteveden puhdistamo on rakenteilla Metsä-Sairilan jätekeskuksen länsipuolelle, noin 4,7 kilometrin päähän Mikkelin keskustasta. Puhdistamo on tarkoitus rakentaa kallion sisään. Metsä-Sairilaan rakennettava uusi puhdistamo tulee korvaamaan Kenkäveronniemen jätevedenpuhdistamon valmistuttuaan. (Aluehallintoviraston päätös 2012.)

Jätevedenpuhdistamo on tyypiltään biologis-kemiallinen rinnakkaissaostuslaitos, jonka korkea puhdistustulos varmistetaan hiekkasuodatuksella. Puhdistamo perustuu Suomessa laajalti käytettyyn tehokkaaseen tekniikkaan, jossa typen poisto on toteutettu DND-prosessilla ja fosforin saostukseen käytetään ferro- ja ferrisulfaattia. Metsä-Sairilan puhdistamolla tullaan käyttämään parasta käyttökelpoista tekniikkaa (Best available technique, (BAT)). Esiselkeytykselle rakennetaan hallittu ohitusjärjestely, joka mahdollistaa korkean typpireduktion ilman ulkoista hiililähdettä. Veden biologinen käsittely on mitoitettu niin väljästi, että normaalitilanteissa ja huoltotilanteissa

koko tulovirtaama pystytään käsittelemään tehokkaasti aktiivilieteprosessissa eikä ohituksia tarvita lainkaan. Korkea käsittelytehokkuus varmistetaan lopuksi hiekka-suodatuksella, johon voidaan tarvittaessa lisätä saostuskemikaaleja. Puhdistamolla varaudutaan vielä lähtevän veden desinfiointiin rakentamalla tilat UV-desinfiointi laitteistolle. Puhdistetut jätevedet johdetaan Saimaan Pappilanselälle, Pursialan teollisuusalueen edustalle. (Aluehallintoviraston päätös 2012.)

## 5 JÄTEVESIPILOTTI

Työn tarkoituksena oli koota pilot-mittakaavan jätevedenpuhdistamo Mikkelin vesilaitoksen tarjoamiin tiloihin ja tehdä puhdistamolle käyttöohjeet. Laitteiston omistaa PAC-Solution Oy. Mikkelin ammattikorkeakoulu hallinnoi laitteistoa. Laitteisto tuotiin Oulusta, Taskilan jätevedenpuhdistamolta, jossa se oli aikaisemmin PAC-Solutionin kehitys ja tutkimus käytössä. Laitteisto koottiin Mikkelin jätevedenpuhdistamolla sijaitsevaan vanhaan lämmitettyyn pumppuautohalliin, jossa sitä käytetään jätevedenpuhdistukseen liittyvään tutkimus, kehitys ja opetustoimintaan. Systemiin kuuluu kaksi moottoroitua selkeytysallasta, kuusi ei ilmastettua ja kuusi ilmastettua allasta sekä jälkidesinfiointiin käytettävä allas. Veden pumppaamiseen käytetään viittä pumppua ja yhtä repivää uppopumppua ja ilmastus toteutetaan kompressorilla.

### 5.1 Toimintaperiaate

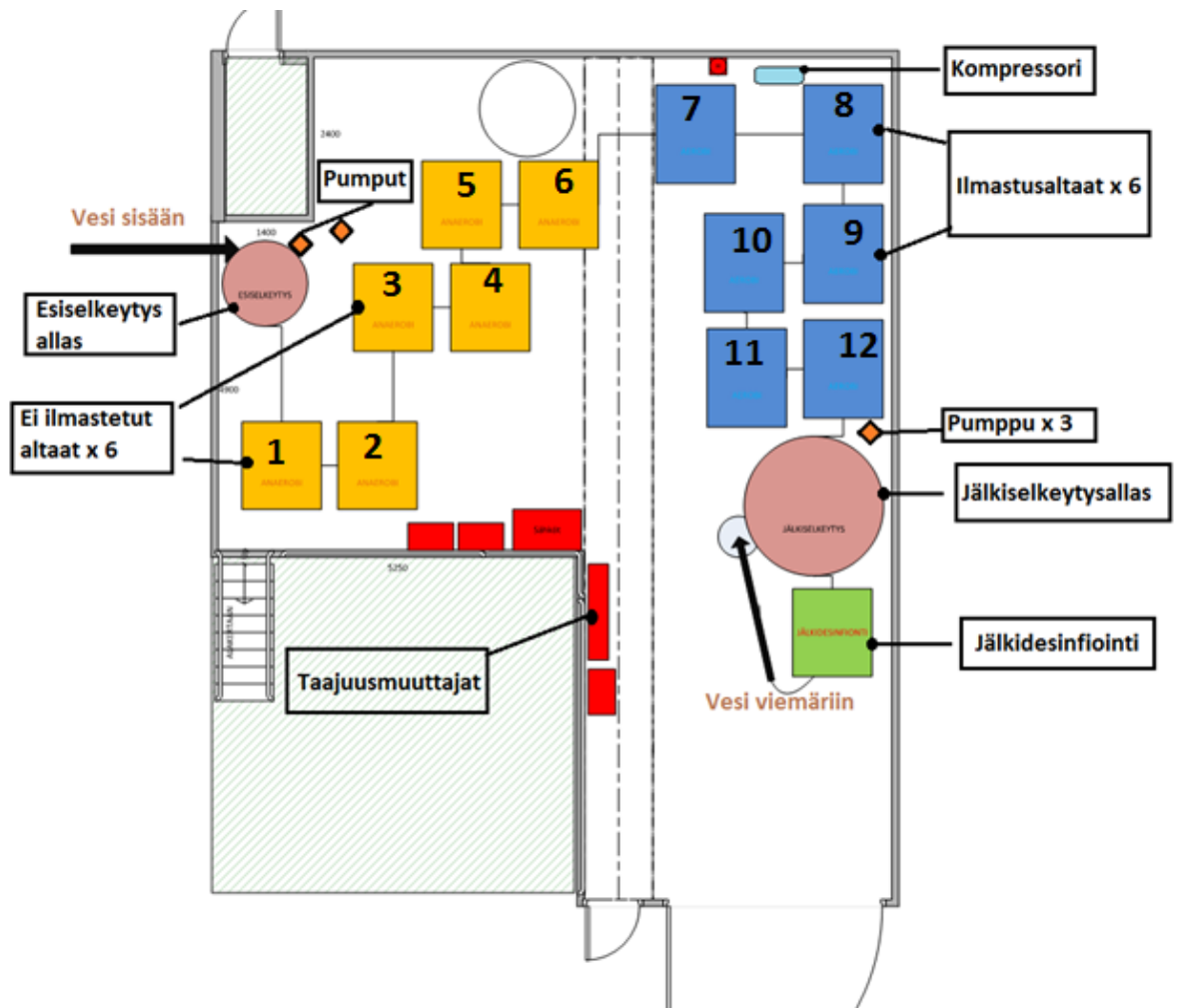
Puhdistamoon tuleva välpätty ja hiekasta erotettu vesi otetaan repivällä uppopumpulla ja johdetaan 19 mm sisähalkaisijaltaan olevaa letkua pitkin tulovesipumpun kautta prosessiin. Jätevesipilottiin johdettavassa vedessä ei ole fosforin saostuskemikaalia (ferrosulfaatti). Tulovesipumpulla jätevesi syötetään virtausmittausanturin läpi esiselkeyttimeen, jossa vedessä oleva kiintoainne laskeutetaan altaan pohjalle. Esiselkeyttimen pohjalla oleva hitaasti pyörivä kaavin kerää laskeutuneen kiintoaineksen suppilomaista pohjaa pitkin ja syöttää sen poistolinjaan, josta se kulkee esiselkeyttimen poistopumpun ja virtausmittauksen läpi viemäriin. Esiselkeyttimestä jätevesi johdetaan ylivuotovirtauksena eteenpäin.

Esiselkeyttimestä vesi kulkee ensin kuuteen ei-ilmastettuun altaaseen, joiden tarkoituksena on saada viipymää puhdistusprosessiin sekä suorittaa denitrifikaatio typen

poistamiseksi. Säiliöt on numeroitu ensimmäisestä ei-ilmastetusta altaasta lähtien viimeiseen ilmastettuun altaaseen numeroilla 1 – 12. Ei-ilmastetut altaat ovat numerot 1 – 6, jotka nähdään kuvassa 11. Kaikkien näiden altaiden pohjassa on käsiventtiili, josta lähtevä letku yhdistyy päälietteenpoistolinjaan, jolla altaiden pohjalle kertynyt liete pumpataan viemäriin. Ylimääräistä lietettä ei käsitellä mitenkään. Vesi virtaa säiliöstä toiseen painovoima-avusteisesti.

Altaat 7 – 12 ovat ilmastusaltaita ks. kuva 11, joissa tapahtuu aktiivilieteprosessi ja nitrifikaatio. Ilmastus on toteutettu jaetusti yhdellä kompressorilla, josta paine-ilma johdetaan ilmastusaltaiden pohjalla oleviin ilmastuskiekkoihin. Prosessin palautusliete kerätään viidennestä ilmastusaltaasta (allas 11.), josta se pumpataan virtausmittauksen läpi toiseen ei-ilmastettuun altaaseen (allas 2.). Viimeisestä ilmastusaltaasta jätevesi johdetaan jälkiselkeyttimeen, jossa liete laskeutetaan altaan pohjalle. Jälkiselkeyttimen pohjalla oleva kaavin kerää lietteen, josta se pumpataan virtausmittauksen läpi denitrifikaatiokiertoonsa ensimmäiseen ei-ilmastettuun altaaseen (allas 1.).

Jälkiselkeyttimestä selkeytynyt jätevesi johdetaan ylivuotovirtauksena jälkidesinfiointialtaaseen, johon on mahdollisuus asentaa jälkidesinfiointijärjestelmä. Tämän projektin aikana jälkidesinfiointilaitteistoa ei asennettu. Puhdistettu jätevesi johdetaan jälkidesinfiointialtaasta viemäriin. Jätevesipilotin käyttötilan pohjapiirustus, prosessin hahmotelma ja jätevesialtaiden tilavuudet on esitetty kuvassa 11 ja taulukossa 9. Jätevesipilotin alkuperäinen prosessikaavio (PI-kaavio) on liitteessä 1.



**KUVA 11. Jätevesipilotin käyttötilan pohjapiirustus ja prosessin toiminta järjestys.**

Kuvassa 11. musta nuoli kuvan vasemmassa laidassa kuvaa tulevaa jätevettä, joka johdetaan letkulla seinään poratun reiän läpi esiselkeytykseen. Haaleat punaiset ympyrät esittävät esiselkeytyks- ja jälkiselkeytyksaltaita. Keltaiset suorakulmiot esittävät ei-ilmastettuja altaita, joiden läpi vesi johdetaan sinisiin ilmastettuihin altaisiin. Viimeisenä altaana kuvassa on vihreällä värjätty suorakulmio, joka kuvastaa jälkidesinfiointiallasta. Jälkidesinfioinnista vesi kulkee taas mustan nuolen osoittamaan suuntaan viemäriin, joka löytyy jälkiselkeytyksaltaan vierestä. Punaiset suorakulmiot kuvaavat prosessin sähkökaappeja ja taajuussuunnittajia. Kuvan yläreunassa oleva pieni punainen laatikko kuvaa jätevesipilottijärjestelmään kuulumatonta loka-autojen tyhjennykseen tarvittavaa virtausmäärä mittaria, joka kuuluu Mikkelin vesilaitokselle. Mittarille piti jättää kulkuväylä prosessin toimintaa suunnitellessa, jonka takia se on esitettyä kuvassa.

**TAULUKKO 9. Jätevesipilotin altaiden tilavuudet.**

Altaiden tilavuus	Kuutiometri
Esiselkeytyks	~ 1 m <sup>3</sup>
Ei-ilmastetut altaat 1 – 6	~ 1 m <sup>3</sup>
Ilmastus altaat 7 – 12	~ 1 m <sup>3</sup>
Jälkiselkeytyks	~ 3 m <sup>3</sup>
Jälkidesinfiointi	~ 1 m <sup>3</sup>

## 5.2 Mittausanturit

Jätevesipilotin antureilla kerätään tietoa prosessin toiminnasta ja jäteveden eri ominaisuuksista. Laitteistossa on seuraavassa listassa lueteltuja antureita:

- Happi (2kpl, allas 7 ja allas 12)
- Virtausnopeus (5kpl)
- Lämpötila (1kpl, allas 4)
- Pinnankorkeus (2kpl, allas 2 ja allas 12) + Pintakytkin (4kpl)
- pH-arvo ja redox-potentiaali (1 + 1kpl, allas 6 ja allas 11)
- Paineilman kulutus (1kpl)

Happianturit on sijoitettuna ensimmäiseen ilmastusaltaaseen (allas 7.) ja sekä viimeiseen ilmastusaltaaseen (allas 12.). Happiantureilla määritetään ilmastuksen tehokkuutta ja varmistetaan aerobisen prosessin toiminta happea vaativien mikrobin kannalta. Ilmastuksesta mitataan myös paineilman kulutusta anturilla, joka on asennettuna ennen paineilman kuusiosaista jakoliitintä kaapelihyllyyn.

Altaissa olevan jäteveden pinnankorkeutta mitataan ja säädellään pintamittausantureilla ja pintakytkimillä. Pintamittausanturit ovat toisessa ei-ilmastetussa altaassa (allas 2.) sekä kuudennessa ilmastusaltaassa (allas 12.). Pintakytkimiä on laitettu esiselkeytysaltaaseen, ensimmäiseen ilmastusaltaaseen (allas 7.), jälkiselkeytysaltaaseen ja jälkidesinfiointialtaaseen.

Virtausnopeutta mitataan tulo, kierto ja poistoletkuista. Prosessin toimintajärjestyksessä ensimmäinen virtausanturi on sijoitettu tulovesi linjaan tulovesipumpun jälkeen,

ennen esiselkeytysallasta. Esiselkeytysaltaan poistolinjan virtausnopeutta mitataan esiselkeytysaltaan ja poistopumpun väliltä. Koko järjestelmän lietteenpoistolinjan virtausta mitataan linjan loppupäässä ennen lietteenpoistopumppua. Denitrifikaatiokierron virtausta mitataan jälkiselkeytysaltaan jälkeen ennen denitrifikaatiokiertopumppua. Palautuslietteen virtausta mitataan viidennen ilmastusaltaan (allas 11.) ja palautuslietepumpun jälkeen. Virtauksia voi seurata tietokoneelta ja näin pystytään havaitsemaan esimerkiksi tukoksesta johtuva virtaaman heikkeneminen jollain linjalla. Virtaama esitetään yksikössä m<sup>3</sup>/h.

Lämpötilaa mitataan poikkeuksellisesti vain yhdestä prosessivaiheesta laitteistongelmien vuoksi. Prosessin ainoa lämpötila mitataan neljännestä ei-ilmastetusta altaasta (allas 4.) pH-arvoa sekä redox-potentiaalia mitataan kuudennesta ei-ilmastetusta altaasta (allas 6.) sekä viidennestä ilmastusaltaasta (allas 11.) pH- ja redox mittauslaite on asennettu kaapelihiyllyyn, jota pitkin on vedetty johdot molempien altaiden välille.

## 6 TYÖN TEKEMISESSÄ KÄYTETYT MENETELMÄT JA AIKATAULU

### 6.1 Projektin toteutus

Projekti aloitettiin 1.2.2013, jolloin laitteisto oli toimitettuna Mikkelin jätevedenpuhdistamon alueelle. Järjestelmää oli kaavailtu alun perin toisiin tiloihin, mutta ne osoittautuivat liian ahtaiksi järjestelmän toimivuuden kannalta. Uudet tilat löydettiin kuitenkin nopeasti ja laitteistoa päästiin siirtämään projektitilaan aikataulun mukaisesti. Taulukossa 10 esitetään projektin aikataulu.

#### TAULUKKO 10. Projektin alkuperäinen aikataulu ja edistymissuunnitelma.

Viikot	Vaihe
6	Projektitilan raivausta ja laitteiston valmistelua
7	Projektitilan raivausta ja laitteiston valmistelua
8	Laitteiston siirto projektitilaan
9	Laitteiston kokoonpano
10	Laitteiston kokoonpano
11	Laitteiston kokoonpano (sähkötyöt)
12	Laitteiston kokoonpano (sähkötyöt)
13	Laitteiston valmistelua (sähkötyöt)
14	Laitteiston valmistelua (sähkötyöt)
15	Laitteiston viimeistelyä



16	Laitteiston käynnistys
17	Optimointia

Laitteisto koottiin Mikkelin jätevedenpuhdistamon vanhaan pumppuautohalliin, jossa on aikaisemmin huollettu loka-autoja. Viime aikoina tilaa oli käytetty pelkästään varastona. Tilan toinen puoli on 30 cm korkeammalla ja puolet on erotettu suoralla kynnyksellä. Tila saatiin raivattua ja varastoiduille tavaroille löydettiin uudet sijoituspaikat. Halli sijaitsee noin 25 metrin päässä jätevedenpuhdistamon tuloveden välppäyksestä ja hiekan erotuksesta, joten se oli jätevesipilotin prosessiveden saannin kannalta erinomainen paikka.

Viikoilla 6 ja 7 projektitilasta raivattiin pois turhaa tavaraa ja roskaa sekä tilasta siirrettiin varastoitava materiaali muualle. Ulkotiloissa olevaa jätevesipilotti laitteistoa valmisteltiin myös siirtoa varten. Siirto suoritettiin traktorilla. Siirto työ aloitettiin viikon 7 lopulla ja sitä jatkettiin viikolla 8. Seuraavissa kuvissa 12, 13 ja 14 on esitetty projektitila, laitteistoa ennen siirtoa sekä laitteiston siirtoa projektitilaan.



**KUVA 12. Projektitila ulko-ovelta nähtynä. (Mämmelä 2013.)**



**KUVA 13. Laitteisto ulkosäilytyksessä ennen siirtoa. (Mämmelä 2013.)**



**KUVA 14. Laitteiston siirtoa projektitilaan. (Mämmelä 2013.)**



Viikoilla 9 ja 10 suunniteltiin ja kokeiltiin tarkemmin eri altaiden ja sähkökaappien sijoituspaikkoja. Altaiden ollessa oikein päin omilla paikoillaan, aloitettiin altaiden korotusten säätö. Projektitilan lattian ollessa paikoin viettävä lattialla olevien viemärien takia, piti altaiden jalkoja korottaa puutavaramalla altaiden omien säätöjalkojen lisäksi. Vanhat 25 mm lieteletkut korvattiin uusilla 19 mm sisähalkaisijaltaan olevilla, koska vanhat letkut olivat menneet usein tukkoon heikon virtausnopeuden vuoksi. Liitokset tiivistettiin käyttämällä kierrettiivisteippiä. Esi – ja jälkiselkeytysaltaisiin asennettiin moottorit paikoilleen, kuvassa 15 jälkiselkeytysaltaan sekoittimen moottori.



**KUVA 15. Jälkiselkeytysaltaan sekoittimen moottori. (Mämmelä 2013.)**

Sähkötyöt tilattiin sähkötoimisto Kenttälä Oy:ltä ja sähkötöiden teko aloitettiin viikolla 11. Tällöin aloitettiin myös projektitilan alemman tason altaiden korotus. Alemman tason altaat korotettiin noin 30 cm korkeammalle, samaan tasoon ylemmän tason altaiden kanssa. Korotus suoritettiin käyttämällä kuormalavoja sekä ostettua puutavaraa.

Kuvissa 16 ja 17 on kuvattu jätevesipilotin sähkökaapit sekä alatason altaiden korotustyötä.



**KUVA 16. Jätevesipilotin sähkökaapit. (Mämmelä 2013.)**





**KUVA 17. Alatason altaiden korotustyötä. (Mämmelä 2013.)**

Viikolla 12 kaikki altaat yhdistettiin 60 mm sisähalkaisijaltaan olevalla letkulla, joissa jätevesi virtaa altaasta toiseen. Denitrifikaatio-, palautus- ja poistolietelinjat saatiin valmiiksi. Kuvassa 18 näkyy alatason altaat valmiine korotuksineen ja letkuineen.



**KUVA 18. Alatason altaat. (Mämmelä 2013.)**

Viikoilla 13 ja 14 valmisteltiin laitteistoa asentamalla uusia liittimiä liete- ja paineilmalinjoihin. Viikolla 14 aloitettiin uppopumpun asennus jätevedenpuhdistamon hiekanerotusaltaaseen. Hiekanerotusaltaan ferrosulfaatin syöttöpistettä siirrettiin kauemmas, ettei saostuskemikaalia päädy jätevesipilottiin tulevaan prosessiveteen. Viikon 14 lopulla suoritettiin myös sähkölaitteiden testauksia. Sähkölaitteet saatiin toimintakuntoon, mutta jälkiselkeytysaltaan kaapimen rungossa ilmeni mekaaninen vika.

Jälkiselkeytysaltaan vikaa tutkittiin viikolla 15. Vika osoittautui yksinkertaiseksi ja se saatiin korjattua kyseisen viikon loppuun mennessä. Viikolla 16 jatkettiin uppopumpun asennusta hiekanerotusaltaaseen, uppopumppu upotettiin altaan pohjalle noin 3 metrin etäisyydelle ferrosulfaatin syöttökohdasta. Uppopumpusta vedettiin letku väliparakennuksen läpi ulkotilojen kautta jätevesipilottitilaan. Letkusta on ulkotiloissa

noin 10 metriä, josta osa eristettiin käyttämällä polyeteenivaahdomuovista valmistettua putkieristettä. Letkua kului kokonaisuudessaan noin 45 metriä. Letkua hankittiin myös lisää viimeisenä laitettua esiselkeyttimen poistolietelinjaa varten. Laitteisto oli rakenteellisesti valmis, jolloin pystyttiin aloittamaan altaiden täyttäminen vedellä.

Laitteisto saatiin käyttökuntoon viikolla 16. Kaikkien altaiden täyttämiseen kului aikaa noin kahdeksan tuntia. Kaikkien altaiden ollessa täynnä, voitiin käynnistää veden ja lietteen kierrätyspumput sekä ilmastus. Laitteisto toimi moitteettomasti. Seuraavaksi säädettiin taajuusmuuttajilla pumppujen kierrosnopeudet sopiviksi.

Viikolla 17 asennettiin järjestelmää ohjaava tietokone, johon hankittiin rajaton mobiililaajakaista. Tietokone asennettiin alustavasti hallissa olevan sähkökaapin päälle, josta se voitiin kytkeä kaapissa olevaan reitittimeen. Tietokoneelta voi seurata mittausantureilta tulevaa dataa reaaliajassa. Samalla viikolla vaihdettiin palautuslietepumppuun uusi siipipyörä, joka tehostaa lietteen pumppausta. Seuraavaksi kalibroitiin virtausmittausanturit, jonka yksityiskohtaiset ohjeet ovat liitteessä 2. Molempiin happiantureihin asennettiin mittauspää. Kuvassa 19 prosessi on valmis ja toimintakunnossa.



**KUVA 19. Toimintakunnossa oleva pilot-laitos. (Mämmelä 2013.)**

## 6.2 Käyttö ja toimivuus

Koko jätevesipilottijärjestelmä koostuu jätevedenpuhdistukseen tarkoitetuista altaista, pumpuista, sekoitusmoottoreista, taajuusmuuttajista sekä kompressorista. Välpätyn ja hiekasta erotetun jäteveden ottamiseen käytettävä repivä uppopumppu täytyy käydä kytkemässä päälle jätevedenpuhdistamon välppärakennuksesta. Puhdistettava jätevesi virtaa painovoima-avusteisesti altaasta toiseen. Pumput kierrättävät ja poistavat lietettä prosessista ja sekoitusmoottorit ovat asennettu esi- ja jälkiselkeytimeen. Näitä ohjataan taajuusmuuttajilla, joilla voidaan säätää pumppujen ja moottorien kierrosnopeuksia ja tarvittaessa myös pyörimissuuntaa. Laitteistoa ohjataan pääasiassa taajuusmuuttajilla. Laitteet voidaan kytkeä päälle yksi kerrallaan taajuusmuuttajista. Tällöin voidaan tarvittaessa käyttää vain osaa prosessista tai tutkia jonkin laitteen toimintaa. Kompressori täytyy käydä käynnistämässä erikseen sen omasta kytkimestä. Tarkemmat käyttöohjeet ovat liitteessä 2.

Ennen tutkimusten aloitusta täytyy vielä tehdä pieniä toimenpiteitä ja tarkastuksia laitteiston antureille.

- pH-arvo – ja redox-potentiaali mittausturien kalibrointi.
- Happianturien säätö, tällä hetkellä antureilla ei saada vielä yhteyttä prosessitietokoneeseen.
- Esiselkeytysaltaan lietteenpoiston virtaamaa mittaavassa anturissa on sähköviika, joka edellyttää lisätutkimuksia.

## 6.3 Tutkimuskäyttö

Jätevedenpuhdistuksen kannalta järjestelmällä puhdistetaan jätevedestä toistaiseksi vain orgaanista-ainetta ja typpeä. Järjestelmään johdettavassa jätevedessä ei ole fosforin saostuskemikaalia, joten prosessiin tuleva vesi sisältää fosforia. Jätevesipilotti on erinomainen testiympäristö, jolla voi tutkia eri ravinteiden poistoa, mitata tarkasti jäteveden eri ominaisuuksia ja testata antureita. Järjestelmän pienen koon ja hallittavuuden takia, on siihen helppo sovittaa uusia prosessivaiheita ja mittaustureita. Järjestelmää voi kehittää ja sitä on helppo muokata uusia tutkimusolosuhteita vastaavaksi. Sillä pystytään käytännössä testaamaan kaikkia tämän työn luvuissa 3.5 ja 3.7 esitettyjä jäteveden tertiäarisii ja kehittyneempiä puhdistusmenetelmiä.

Jätevesipilotissa syntyvää, viemäriin johdettavaa poistolietettä voidaan myös tarvittaessa käsitellä erilaisilla menetelmillä. Liette voidaan pumpata suoraan lietteenpoistopumpulta mahdolliseen prosessointiin tai sitä voidaan ottaa käsiventiilillä linjan loppupäästä tutkittavaksi. Lietettä voidaan hyödyntää luvun 3.6 mukaisesti biokaasun tuottamiseksi ja tuotannon tutkimukseen.

## **7 TYÖTURVALLISUUS LAITTEISTON KÄYTÖSSÄ**

Jätevesipilotin käyttö sisältää muutamia vaaratekijöitä, jotka pääasiassa perustuvat jäteveden sisältämien biologisten haitta-aineiden aiheuttamiin riskeihin sekä sähköisen laitteiston muodostamiin riskeihin. Onnettomuusvaaraa aiheuttaa myös projektitila, jossa on kompastumis- ja putoamisriski. Jätevesi voi sisältää myrkyllisiä, helposti haihtuvia, syövyttäviä, ärsyttäviä tai syöpää aiheuttavia yhdisteitä. Jäteveden kanssa sisätilassa työskennellessä voi myös ilmetä hapenpuutetta ja lisäksi ilmassa voi olla myrkyllisiä tai palavia kaasuja höyrystyneenä. (Ympäristöministeriö 2006, 42). Riskitekijät voidaan kuitenkin minimoida laitteiston oikeaoppisella käytöllä, riittävällä hygieenisyydellä ja huolellisuudella.

### **7.1 Biologiset riskitekijät**

Jäteveden läheisyydessä työskennellessä täytyy kiinnittää erityistä huomiota tartuntatauti- ja jäykkäkouristusvaaraan. Oireita aiheuttavia mikrobeja voi päätyä elimistöön silmien ja nenän limakalvoilta, haavoista tai ilman mukana aerosoleina. Laitteiston käytössä saatuihin pieniinkin naarmuihin on suhtauduttava vakavasti. Biologinen vaara muodostuu kaikista näistä tekijöistä. (Ympäristöministeriö 2006, 41 – 42.) Jätevesi voi sisältää kaikkia luvussa 2.6 esitettyjä taudinaiheuttajamikrobeja, joten hygieeniset työtavat ovat erittäin tärkeitä. Keinoja jätevesipilottilaitteiston muodostamia biologisia riskejä vastaan on esitetty seuraavassa listassa.

- Suojaa aina kädet kumisilla, mieluiten viiltosuojatuilla käsineillä
- Älä nosta jäteveden kanssa kosketuksissa olleita työkaluja tai esineitä rinnan korkeutta ylemmäs
- Käytä hengityssuojainta ja suojalaseja ilmastusaltaiden läheisyydessä
- Käytä suojahaalaria sekä roiskeen kestäviä kenkiä (kumisaappaat)



- Pese ja desinfioi kädet huolellisesti aina työn päätyttyä

Jäteveden parissa työskentelevällä tulisi myös olla jäykkäkouristusrokotteen lisäksi A-hepatiitti rokote. Jätevesityöntekijöillä on havaittu tutkimuksissa hepatiitti A vasta-aineiden nousua. Virusmäärien on kuitenkin oltava melko suuret, että varsinainen sairastuminen voisi tapahtua. (Priha et al, 2009, 14.)

Tulevaisuudessa olisi hyvä selvittää jätevesipilottitilan ilmanlaatua kappaleessa 2.4.1 esitettyjen ilmaan vapautuvien endotoksiineja sisältävien aerosolien vuoksi. Ilmanvaihtoa voidaan kuitenkin tehostaa lämpimän sään aikana pitämällä tilan suuret ovet aina auki laitteiston käydessä.

## **7.2 Laitteiston käytön vaarat**

Laitteiston käytössä ei erityisiä riskitekijöitä ole. On kuitenkin hyvä muistaa, että tilassa on paljon sähkölaitteita ja vettä, joten vikatilanteessa on sähköiskun vaara. Kaikki altaat on maadoitettu. Tilassa on myös hätäkytkimiä, joilla järjestelmästä saa sammutettua virran, niiden tarkat sijainnit on esitetty liitteessä 2. Kuulosuojainten käyttö on myös suositeltavaa, jos tilassa tulee vietettyä pitempiä aikoja. Ilmastuksen tuottavan kompressorin äänenpainetaso nousee tilassa yli 80 desibelin.

## **8 YHTEENVETO**

Yhdyskuntien ja muiden toimintojen tuottaman jäteveden laatu tulee pysymään lähi-vuosina samana, joten jätevedenpuhdistamoille tulevaan jäteveden koostumukseen ei voida käytännössä vaikuttaa. Tulevaisuudessa jäteveden puhdistusvaatimukset kuitenkin kiristyvät, joka tarkoittaa monilla jätevedenpuhdistamoilla puhdistusprosessin tehostamista. Tehostamisessa jätevedenpuhdistusprosessiin tullaan lisäämään esimerkiksi erillisiä puhdistusyksiköitä tai käyttämällä uusia kemikaaleja ja optimoimalla vanhaa järjestelmää. Parhaalla käytettävissä olevalla tekniikalla (BAT) saavutetaan parempia tuloksia, jolla varmistetaan Suomessa hyvälaatuinen ja turvallinen vesi myös tulevaisuudessa.

Tässä opinnäytetyössä kuvattiin jätevedenpuhdistusprosessin tutkimiseen ja kehittämiseen tarkoitettua pilot-laitteiston kokoamista ja käyttöönottoa. Laitteiston tulevaa käyttöä varten sille tehtiin selkeät käyttöohjeet ja pohdittiin käyttöön liittyviä työturvallisuusasioita. Tämän opinnäytetyön liitteenä olevia käyttöohjeita voidaan käyttää laitteiston käyttäjän perehdyttämiseen. Opinnäytetyössä esiteltiin myös tavallisia jätevedenpuhdistuksen yksikköprosesseja, jälkikäsitteily ja edistyneitä puhdistusmenetelmiä.

Laitteisto saatiin täyteen käyttökuntoon viikolla 17, jolloin se käynnistettiin pysyvästi. Pilot-laitteisto pidetään käynnissä vuorokauden ympäri, aidon testiympäristön aikaansaamiseksi. Laitteisto toimii moitteettomasti ja mittausantureilta tulevaa dataa voidaan seurata reaaliajassa prosessinohjaukseen tarkoitettulla tietokoneella. pH-arvo ja redox-potentiaali mittauksessa on vielä säätämistä ja niiden mittausantureihin saadaan tulevaisuudessa uusia osia, jotka varmistavat niiden toiminnan. Molemmat mittausanturit on myös syytä kalibroida. Lietteenpoistopumppua täytyy myös seurata jatkossa, sillä sen siipirataan pyöritysmekanismissa oleva jousi on kulunut.

## **8.1 Jatkotutkimus- ja kehitysehdotukset**

Jatkossa on syytä tutkia projektitilan ilmanvaihdon riittävyyttä sekä ottaa huomioon ilmastusaltaista mahdollisesti aerosolien mukana leviävät gram-negatiivisten bakteerien endotoksiinien aiheuttama terveysriski. Tutkimusten mukaan varsinkin sisätiloissa olevat ilmastusaltaat muodostavat riskin. Kesäaikaan ilmanvaihtoa voidaan tehostaa pitämällä tilan suuria ovia auki, mutta talviaikaan tämä johtaa projektitilan lämpötilan laskemiseen, joka voi vaikuttaa jätevedenpuhdistusprosessin tehokkuuteen. On syytä pohtia, voisiko tilaan rakentaa kohdeilmanvaihtoa, jolla voitaisiin estää epäpuhtauksien leviäminen projektitilan ilmaan.

Pilot-laitteistolle tuleva jätevesi johdetaan letkulla välppärakennuksesta projektitilaan. Tästä letkusta ulkona on noin 10 metriä. Laitteiston käyttöä ajatellen talvi muodostaa tuloveden jäätymisongelman. On suositeltavaa, että letkulle kaivetaan riittävän syvä ura ja se eristetään kunnolla. Käytössä on myös sähköverkkoon kytkettävä lämpökaapeli, jota kannattaa hyödyntää.

Tilassa oleva mittausdatan seurantaan tarkoitettu tietokone on sijoitettuna väliaikaisesti sähkökaapin päälle, jossa sen käyttö onnistuu, mutta on hankalaa. Tietokoneen täy-

tyy olla yhteydessä tavallisella verkkokaapelilla sähkökaapissa olevaan reitittimeen, josta se saa tiedon automaatio-ohjaimilta. Projektitilan läheisyydessä oleva vanha valvomorakennus olisi ergonomialtaan ja viihtyisyydeltään huomattavasti parempi paikka käyttää prosessinohjaamiseen tarkoitettua tietokonetta. Vanhan valvomon tiloihin voisi perustaa pienen toimiston, jossa puhdistusprosessia voidaan seurata ja ohjata tietokoneen välityksellä. Näin voisi vähentää altistumista mahdollisille aikaisemmin mainituille endotoksiinien aiheuttamille terveyshaitoille. Tämän toteuttamiseksi projektitilan ja vanhan valvomon välille täytyy vetää verkkokaapeli tiedonsiirron onnistumiseksi. Vanhassa valvomossa on myös laboratoriotilat, joiden hyödyntämistä jätevesipilotilla tehtävien tutkimusten kannalta on syytä pohtia jatkossa.

Pilot-laitteistoa ohjaavalla tietokoneella on Teamviewer-etähallintaohjelma. Ohjelmalla saadaan yhteys prosessinohjauskoneeseen internetin välityksellä miltä tahansa muulta koneelta, jolle ohjelma on asennettuna. Ohjelman käyttö helpottaisi prosessin seurantaan tutkimusten aikana huomattavasti, kun pilot-laitteistoa operoivat henkilöt pystyisivät tarkkailemaan prosessiolosuhteita helposti etätyöskentelynä. Tällä voitaisiin vähentää turhaa matkustusta laitteiston luokse pelkän prosessivalvonnan vuoksi. Laitteistoon olisi hyvä tehdä järjestelmä, joka lähettää prosessitietoa, ja varsinkin ongelmatilanteissa hälytykset suoraan matkapuhelimeen. Projektitilaan olisi suositeltavaa sijoittaa myös valvontakamera jo pelkän turvallisuuden vuoksi.

Jätevesipilotti on toimiva testiympäristö, jonka avulla voidaan tutkia monia jätevedenpuhdistukseen liittyviä asioita. Tämän opinnäytetyön luvuissa 3.5 ja 3.7 esitetyt tertiääriset – ja kehittyneet jäteveden käsittelymenetelmät olisivat kiinnostava tutkimuskohde. Pilot-laitteistoa on käytetty pääasiassa jäteveden kemiallisen jälkidesinfiointin kehittämiseen. Prosessissa on jälkiselkeytysaltaan jälkeen jälkidesinfiointiin käytetty allas, jolla ei ole tällä hetkellä prosessissa mitään funktiota. Yksi mahdollisuus olisi jatkaa jälkidesinfiointin tutkimista kokeilemalla esimerkiksi eri kemikaalien desinfiointitehoa ja desinfiointiin tarvittavia kemikaalimääriä.

Toinen kiinnostava vaihtoehto olisi tutkia UV-desinfiointin tehokkuutta jätevesipilotilla. Säädettyä prosessi liitteessä 2 esitettyyn perus virtaamaan, jälkidesinfiointialtaaseen päätyy vain vähän vettä. Altaan pohjalla oleva vesi kerros on noin 10 – 15 cm paksu, jolloin lampulla tuotettu UV-säteily pystyisi vaikuttamaan tehokkaammin. Altaan reunoissa on hyviä kohtia telineiden rakentamiseen, joten teoriassa UV-

desinfiointi laitteiston integroiminen jätevesipilottiin olisi varmasti mahdollista. Virtaus jälkiselkeytysaltaasta jälkidesinfiointialtaaseen on hyvin hiljainen ja altaiden ulostuloputkien välinen etäisyys on muunneltavissa. Tähän välille voisi olla myös mahdollista asentaa UV-desinfiointiin käytettävä putkimainen laite, jolloin desinfioitu vesi virtaisi jälkidesinfiointialtaaseen ja siitä eteenpäin. UV-säteilyn käyttäminen desinfioinnissa on tehokas ja taloudellinen ratkaisu, joka tulee lisääntymään tulevaisuudessa, mm Mikkelin Metsä-Sairilan jätevedenpuhdistamolle tullaan rakentamaan alustavasti tilat UV-desinfiointilaitteistolle.

Yksi mahdollinen tutkimus – ja kehityskohde olisi biologisen ravinteiden poiston tutkiminen vertailemalla kantoaineprosessin ja tavallisen aktiivilieteprosessin puhdistustehokkuutta. Pirjo Rantanen (2010, 52) on tutkinut näiden kahden menetelmän välisiä eroja melko suuren mittakaavan koelaitoksella. Tulosten mukaan kantoaineprosessi on tavalliseen aktiivilieteprosessiin verrattuna tehokkaampi tapa poistaa ravinteita jätevedestä biologisin keinoin. Jätevesipilotilla voisi kehittää kantoaineprosessia entistä tehokkaammaksi testaamalla erilaisia kantoaineita. Kantoaineen koosta, muodosta ja materiaalista riippuva biologinen ravinteidenpoiston tehokkuus olisi mielenkiintoinen tutkimuskohde, jossa voisi käyttää monialaista yhteistyötä Mikkelin ammattikorkeakoulun sisällä. Pilot-laitteiston ilmastusaltaisiin voisi helposti laittaa kantoaineen, johon mikrobit alkaisivat muodostaa biofilmiä.

Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristöalan opetuskäytön kannalta jätevesipilotti on hyvä ja käytännönläheinen koeympäristö. Jätevesipilotin eri vaiheista saadaan perus mittaustekniikan ja eri kurssien laboratoriotutkimuksiin helposti jätevesi – ja lietenäytteitä. Pilot-laitteistoa esittelemällä pystytään myös havainnollistamaan jätevedenpuhdistusprosessia opiskelijoille hyvin selkeästi.

## LÄHTEET

Aluehallinto viraston päätös 2012. Metsä-Sairilan jätevedenpuhdistamon ympäristölu-  
pa. PDF-dokumentti.

[http://www.avi.fi/fi/virastot/itasuomenavi/ymparistoja vesitalousluvat/ymparistoluvat/Documents/P%C3%A4%C3%A4tt%C3%B6kset/Vuosi%202012/isavi\\_paatos\\_1\\_2012\\_1-2012-1-12.pdf](http://www.avi.fi/fi/virastot/itasuomenavi/ymparistoja vesitalousluvat/ymparistoluvat/Documents/P%C3%A4%C3%A4tt%C3%B6kset/Vuosi%202012/isavi_paatos_1_2012_1-2012-1-12.pdf). Luettu 4.4.2013. Ei päivitystietoja.

Elomaa, Heikki 2012. Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoiden valvonta. PDF-  
dokumentti. <http://www.ely->

kes-

[kus.fi/fi/ELYkeskukset/varsinaissuomenely/Ajankohtaista/Ympristnsuojelun%20neuvottelu-piv%2029112012/Yhdyskuntien%20j%C3%A4tevedenpuhdistamoiden%20valvonta\\_Elomaa.pdf](http://www.ely-kes.fi/fi/ELYkeskukset/varsinaissuomenely/Ajankohtaista/Ympristnsuojelun%20neuvottelu-piv%2029112012/Yhdyskuntien%20j%C3%A4tevedenpuhdistamoiden%20valvonta_Elomaa.pdf). Luettu 8.5.2013. Päivitetty 3.12.2012.

Elomaa.pdf. Luettu 8.5.2013. Päivitetty 3.12.2012.

Karttunen, Erkki 2004. RIL 124-2. Vesihuolto 2. Helsinki: Suomen rakennusinsinöö-  
rien liitto. Ei päivitystietoja.

Karttunen, Erkki 2003. RIL 124-1 Vesihuolto 1. Helsinki: Suomen rakennusinsinöö-  
rien liitto. Ei päivitystietoja.

Kinnunen, Jari, 2013. Jätevedenpuhdistus rinnakkaissaostuslaitoksella – esimerkkinä  
Kinnulan jätevedenpuhdistamo. Opinnäytetyö. PDF-dokumentti.

[https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/54159/Kinnunen\\_Jari.pdf?sequence=1](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/54159/Kinnunen_Jari.pdf?sequence=1). Luettu 1.4.2013. Ei päivitystietoja.

Koivunen, Jari – Heinonen-Tanski, Helvi 2005. Korkeapaineflotaatio ja peretikkahap-  
podesinfiointi jätevedenkäsittelyssä. PDF-artikkeli.

[www.vesitalous.fi/upload/lehtiarkisto/2005/3-2005.pdf](http://www.vesitalous.fi/upload/lehtiarkisto/2005/3-2005.pdf). Ei päivitystietoja. Luettu  
1.4.2013.

Lehmonen, Elina, 2012. Advanced wastewater treatment technologies in the removal  
of harmful substances. Diplomityö. PDF-dokumentti.

<http://civil.aalto.fi/fi/tutkimus/vesi/opinnaytteet/lehmonen2012.pdf>. Ei päivitystietoja.  
Luettu 3.4.2013.

Leino, Nina 2008. Puhdistetun jäteveden patogeeneit ja desinfiointi tarve. PDF-  
dokumentti. [http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/42811/nbnfi-](http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/42811/nbnfi-fe200811212108.pdf?sequence=3)

[fe200811212108.pdf?sequence=3](http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/42811/nbnfi-fe200811212108.pdf?sequence=3). Ei päivitystietoja. Luettu 26.3.2013.

Lähde, Jussi 2008. Ammoniumtyppi ilmastuksen ohjausparametrina yhdyskuntajäte-  
veden puhdistuksessa. Kandidaatintyö. PDF-dokumentti.

[http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/38668/nbnfi-](http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/38668/nbnfi-fe200806031504.pdf?sequence=3)  
[fe200806031504.pdf?sequence=3](http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/38668/nbnfi-fe200806031504.pdf?sequence=3). Ei päivitystietoja. Luettu 1.4.2013.

Länsi-Suomen ympäristötekniikka. Mitä jätevesi on? WWW-dokumentti.

<http://www.lsyoy.fi/huolto1.html>. Ei päivitystietoja. Luettu 7.3.2013.

Mikkelin kaupungin jätevedenpuhdistamo. Jäteveden puhdistus. WWW-dokumentti.

[http://www.mikkeli.fi/fi/sisalto/02\\_palvelut/01b\\_asuminen\\_rakentaminen\\_ja\\_liikenne/22\\_vesilaitos/08\\_jateveden\\_puhdistus](http://www.mikkeli.fi/fi/sisalto/02_palvelut/01b_asuminen_rakentaminen_ja_liikenne/22_vesilaitos/08_jateveden_puhdistus). Ei päivitystietoja. Luettu 29.3.2013.

Suomen vesiensuojeluyhdistysten liitto. Jäteveden vesistö- ja hygieniavaikutukset. WWW-dokumentti. <http://www.vesiensuojelu.fi/jatevesi/vesistovaikutukset.html>. Ei päivitystietoja. Luettu 26.3.2013.

Paalanen, Essi, 2012. Lannoitetehtaan prosessivesien käsittelyvaihtoehtojen soveltuvuuden arviointi. Diplomityö. PDF-dokumentti. [http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/76654/PaalanenEssi\\_Diplomity%C3%B6.pdf?sequence=1](http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/76654/PaalanenEssi_Diplomity%C3%B6.pdf?sequence=1). Ei päivitystietoja. Luettu 3.4.2013.

PAC-Solution Oy 2010. PAC-Solution. WWW-dokumentti. [http://www.pacs.fi/?page\\_id=110&lang=fi](http://www.pacs.fi/?page_id=110&lang=fi). Luettu 1.4.2013. Ei päivitystietoja. PAC-solution esite. PAC-Solution R&D program in Oulu.

Pelto-Huikko, Aino – Vieno, Niina 2009. Vesikoulu- Tietopaketti jätevedestä, sen puhdistuksesta ja ympäristövaikutuksista Suomessa. PDF-dokumentti. [http://www.vesikoulu.fi/assets/docs/vesikoulu\\_tietopaketti\\_jatevedesta.pdf](http://www.vesikoulu.fi/assets/docs/vesikoulu_tietopaketti_jatevedesta.pdf). Ei päivitystietoja. Luettu 8.3.2013.

Priha, Eero – Linnainmaa, Markku – Saalo, Anja, 2009. Jätehuoltoalan riskiprofiili. PDF-dokumentti. [http://www.ttl.fi/fi/tyoturvallisuus\\_ja\\_riskien\\_hallinta/riskien\\_hallinta/Documents/J%C3%84TEHUOLTOALAN%20PROFIILI070110.pdf](http://www.ttl.fi/fi/tyoturvallisuus_ja_riskien_hallinta/riskien_hallinta/Documents/J%C3%84TEHUOLTOALAN%20PROFIILI070110.pdf). Ei päivitystietoja. Luettu 15.4.2013.

Rantanen, Pirjo, 2010. Biologinen typen – ja fosforinpoisto jätevesistä- Nitrifikaation tehostaminen vapaasti kelluvilla kantoainekappaleilla. Lisenssiaattityö. PDF-dokumentti. [http://civil.aalto.fi/fi/tutkimus/vesi/opinnaytteet/rantanen\\_lis2010.pdf](http://civil.aalto.fi/fi/tutkimus/vesi/opinnaytteet/rantanen_lis2010.pdf). Ei päivitystietoja. Luettu 24.4.2013.

Rantanen, Pirjo – Aurola, Anne-Mari – Hakkila, Kirsi, ym., 1999. Biologisen fosforin – ja typenpoiston tehokkuus, prosessiohjaus ja mikrobiologia. PDF-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=19562>. Ei päivitystietoja. Luettu 9.4.2013.

Saari, Päivi. Typen ja fosforin kierto ekosysteemissä. Länsi-Suomen ympäristökeskus. PPT-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=113044&lan=fi>. Ei päivitystietoja. Luettu 1.4.2013.

Saarinen, Risto 2003. Jälkisuodatus alentaa vesistökuormitusta. PDF-artikkeli. [http://www.vesitalous.fi/upload/lehtiarkisto/2003/2\\_2003.pdf](http://www.vesitalous.fi/upload/lehtiarkisto/2003/2_2003.pdf). Ei päivitystietoja. Luettu 1.4.2013.

Stendahl, Kjell, Vedenkäsittelyn käsikirja. Kemira Kemi AB. Ei päivitystietoja.

Säylä, Jonne - Vilpas, Riikka 2010. Yhdyskuntien jätevesien puhdistus 2010. PDF-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=139267&lan=fi>. Päivitetty 13.11.2009. Luettu 5.3.2013.

Työsuojelurahasto 1991. Työilman endotoksiinit ja työntekijöiden oireilu aktiiviliitelaitoksilla. WWW-dokumentti. <http://www.tsr.fi/tutkimustietoa/tata-tutkitaan/hanke?h=90038>. Ei päivitystietoja. Luettu 15.4.2013.

Viitasaari, M. – Peltokangas, J. – Heinänen, J. 1994. Vesihuoltotekniikan yksikköoperaatiot ja yksikköprosessit. OSA II: Jäteveden käsittely. Tampere 1994. Ei päivitystietoja.

VN asetus 888/2006. Valtionneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060888>. Luettu 28.3.2013.

Valtion ympäristöhallinto 2012a. Valtion ympäristöhallinto WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=562&lan=fi>. Päivitetty 5.11.2012. Luettu 5.3.2013.

Valtion ympäristöhallinto 2011a. Valtion ympäristöhallinto. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=12884&lan=fi>. Päivitetty 17.6.2011. Luettu 5.3.2013.

Valtion ympäristöhallinto 2011b. Valtion ympäristöhallinto. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=12882&lan=fi>. Päivitetty 17.6.2011. Luettu 5.3.2013.

Valtion ympäristöhallinto 2011c. Valtion ympäristöhallinto. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=166903>. Päivitetty 13.6.2011. Luettu 29.3.2013.

Valtion ympäristöhallinto 2011d. Valtion ympäristöhallinto. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=6572&lan=fi>. Päivitetty 13.6.2011. Luettu 29.3.2013.

Valtion ympäristöhallinto 2011e. Valtion ympäristöhallinto. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=6573&lan=fi>. Päivitetty 13.6.2011. Luettu 29.3.2013.

Valtion ympäristöhallinto 2011f. Valtion ympäristöhallinto. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=6571&lan=fi>. Päivitetty 13.6.2011. Luettu 1.4.2013.

Valtion ympäristöhallinto 2011g. Valtion ympäristö hallinto. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=166960&lan=fi>. Päivitetty 13.6.2011. Luettu 1.4.2013

Valtion ympäristöhallinto 2011h. Valtion ympäristöhallinto. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=48803&lan=fi>. Päivitetty 13.6.2011. Luettu 3.4.2013.

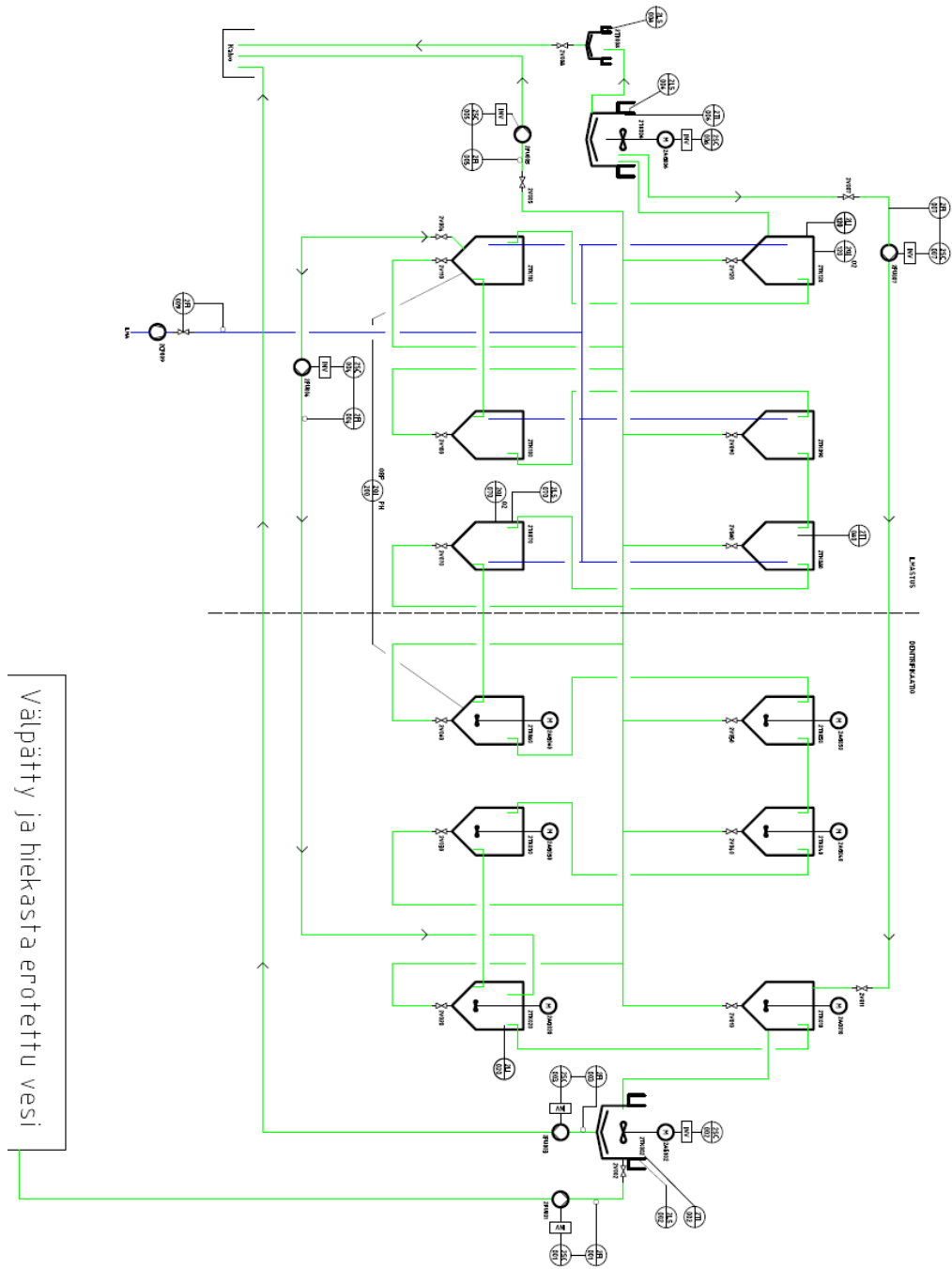
Valtion ympäristöhallinto 2010a. Valtion ympäristöhallinto. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=167524&lan=fi>. Päivitetty 13.7.2010. Luettu 1.4.2013.

Ympäristöministeriö 2006. Ympäristöhallinnon ohjeita 6/2006. PDF-dokumentti.  
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=60900>. Ei päivitystietoja. Luettu  
15.4.2013.

Ympäristö sanasto 2011. WWW-dokumentti.  
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=166171#o>. Päivitetty 4.8.2011. Luettu  
5.3.2013.



KUVA 1. Jätevesipilotin PI-kaavio



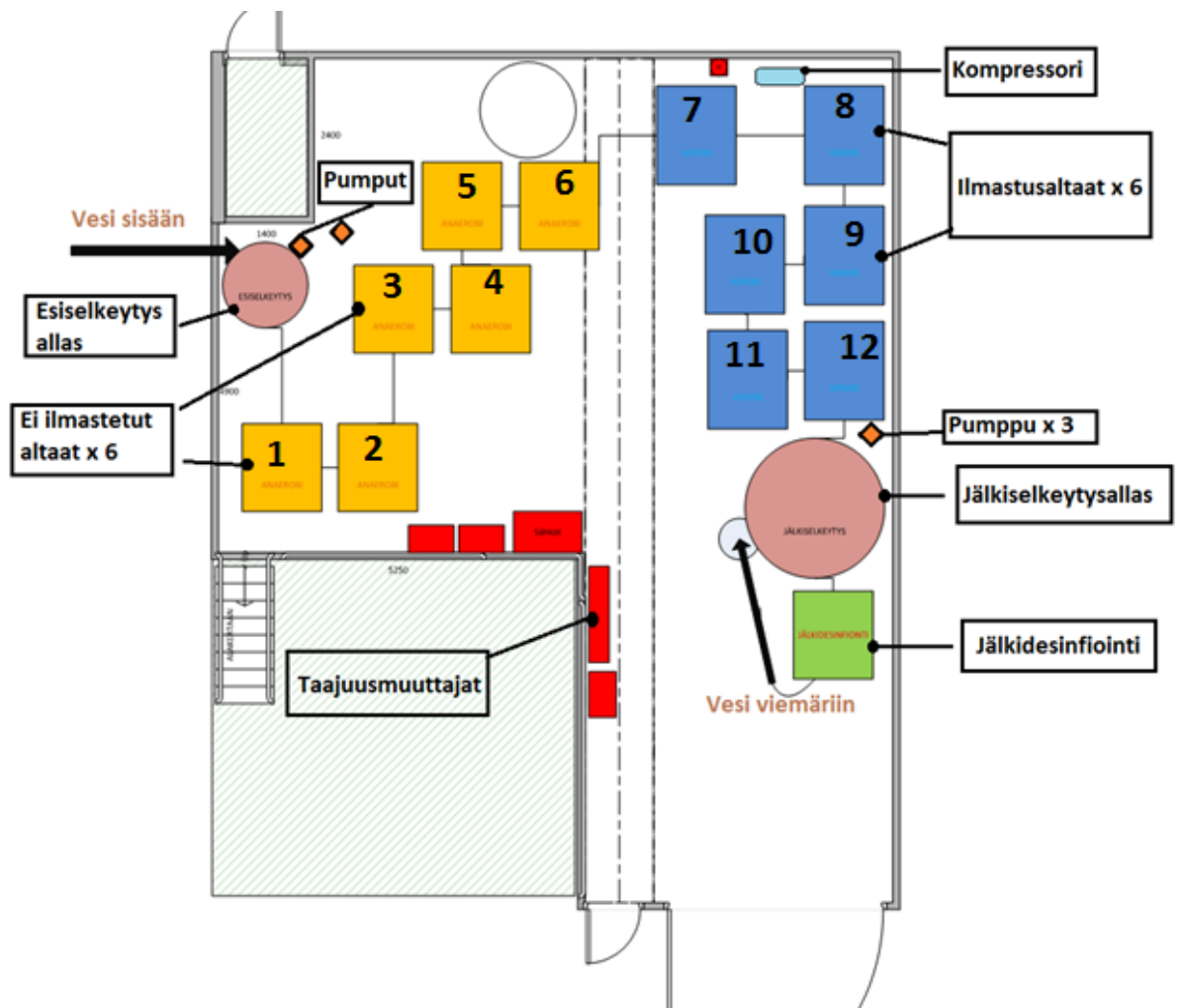
## **KÄYTTÖOHJEET**

### **Sisältö**

- 1 Käytön aloitus**
- 2 Repivän uppopumpun käynnistys**
- 3 Laitteiston virta ja turvakytkimet**
- 4 Taajuusmuuttajat**
- 5 Lietteiden ja puhdistetun jäteveden poisto**
- 6 Kompressorin toiminta**
- 7 Prosessitietokone ja ohjelmisto**
- 8 Prosessin virtaama**
- 9 Anturit**
- 10 Yleiset ongelmat ja huoltotilanteet**
- 11 Järjestelmän sammutus**
- 12 Yhteyshenkilöt**

## 1 Käytön aloitus

Ennen laitteiston käynnistystä tutustu työturvallisuusohjeisiin, jotka on esitetty kappaleessa 6. Kesäaikana on suositeltavaa pitää tilan suuret ovet avoinna paremman ilmanvaihdon saavuttamiseksi. Laitteiston eri osien sijainnit on esitetty kuvassa 1. Tässä käyttöohjeessa on kuvattu koko laitteiston käynnistäminen ongelmatilanteiden varalta. Laitteisto kuuluu pitää aina käynnissä.

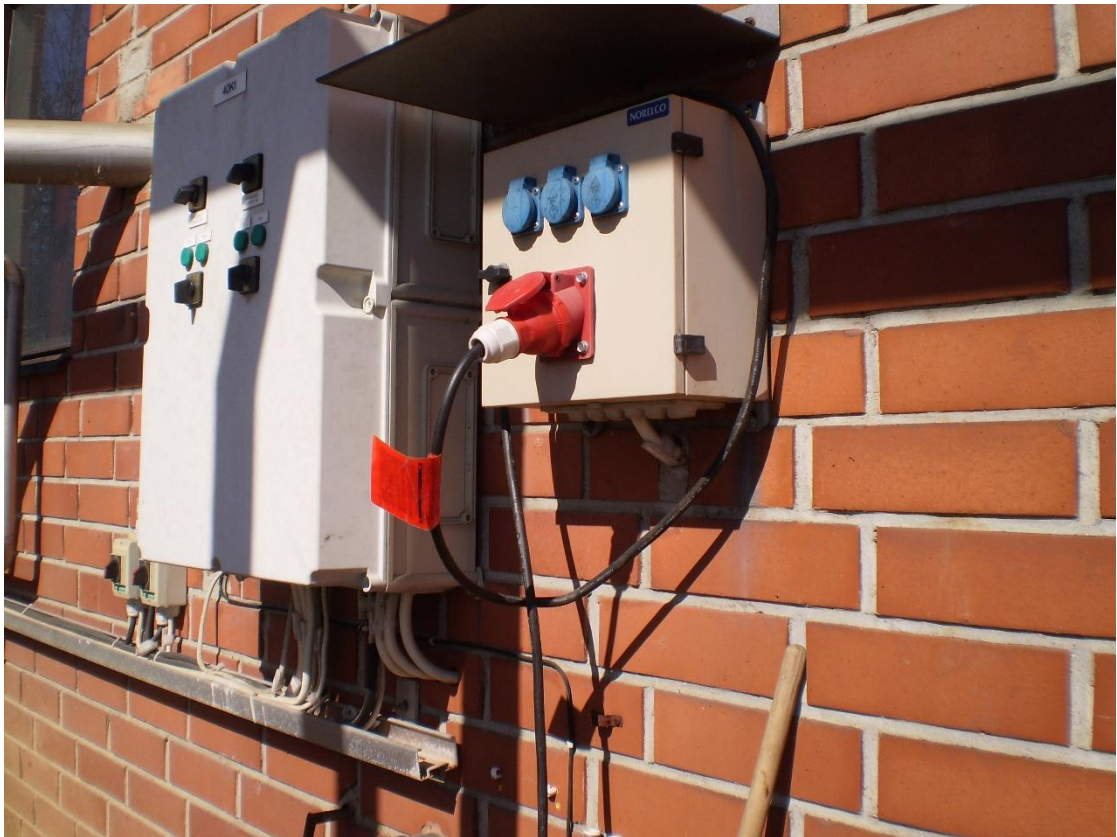


KUVA 1. Jätevesipilotti

## 2 Repivän uppopumpun käynnistys

Repivä uppopumppu on upotettuna hiekanerotusaltaaseen, joten pumppu ei ole näkyvissä. Altaasta tulee johto välppärakennuksen yläoven viereiseen seinässä olevaan sähkökeskukseen. Tätä pumppua ei ohjata taajuusmuuttajalla vaan se on joko päällä tai pois. Pumppu alkaa heti syöttää jätevettä letkua pitkin esiselkeytsaltaaseen.

- Kytke punainen johdon pää sitä vastaavaan liittimeen kuten kuvassa 1.



**KUVA 1. Uppopumpun virtajohto. (Mämmelä 2013.)**

## 3 Laitteiston virta ja turvakytkimet

Laitteistoa käynnistäessä tarkasta aluksi turvakytkimet, ettei mikään niistä ole jäänyt pohjaan. Jos joku kytkimistä on pohjassa, kierrä painiketta oikealle kunnes se vapautuu. Turvakytkimen painike on esitetty kuvassa 2. Järjestelmässä on kolme turvakytkintä. Ne on sijoitettu esiselkeytsaltaan, jälkiselkeytsaltaan sekä sähkökaappien viereen. Turvakytkin sammuttaa virran koko hallista olevasta jätevedenpuhdistuslaitteistosta.

- Siirry suurimman sähkökaapin luokse ja kytke päävirta päälle vihreästä painikkeesta sähkökaapin oikeasta yläreunasta ks. kuva 3.



**KUVA 2. Turvakytkimen painike. (Mämmelä 2013.)**



**KUVA 3. Päävirran käynnistyspainike (vihreä). (Mämmelä 2013.)**

Ei-ilmastettujen altaiden sekoituspumppujen pitäisi lähteä ensimmäisenä käyntiin, kun virrat on saatu kytkettyä. Tarkasta, että jokaisessa ei-ilmastetussa altaassa alkaa esiintyä veden väreilyä ja sekoittumista.

## 4 Taajuusmuuttajat

Taajuusmuuttajien pitäisi olla nyt käynnissä ja alemman rivin näytöissä pitäisi olla oranssi valo kuten kuvassa 4. Ylemmän rivin taajuusmuuttajat eivät käynnisty ollenkaan, niitä ei ole kytketty. Eri pumppujen ja moottorien taajuusmuuttajat on merkitty keltaisella tarralla, jossa lukee selkeästi mitä laitetta taajuusmuuttaja ohjaa.



**KUVA 4. Taajuusmuuttajat. (Mämmelä 2013.)**

- Käynnistä ensimmäisenä *Tulovesipumppu*. Voit myös samalla käynnistää *Esi-sekkeitimen sekoitin* ja *Jälkisekkeitimen sekoitin* moottorit. Käynnistäminen tapahtuu painamalla taajuusmuuttajasta *Hand on* – painiketta. Tällöin painikkeen yläpuolelle syttyy oranssi valo kuten kuvassa 5.





**KUVA 5. Taajuusmuuttajan käyttö. (Mämmelä 2013.)**

Kuvassa 5 ruudussa oleva keskimäinen luku kertoo pumpun/moottorin kierrosnopeuden. Laite on käynnissä, kun *Hand on* – painikkeen yllä palaa valo, laite on pysähdyksissä, jos *Off* – painikkeen yllä palaa valo. Nuolinäppäimillä voidaan säätää laitteen kierrosnopeuksia siirtymällä sivuttaisilla nuolilla muutettavan luvun kohdalle ja suurentamalla tai pienentämällä luku ylös tai alas nuolilla. Kuvassa 5 laitteen nopeus on 1000 1/m ja maksiminopeus on 1500 1/m. Ongelma tai vikatilanteissa katso taajuusmuuttajan omaa manuaalia.

- Jälkiselkeytykseltään täytettyä ylivuotopinnankorkeuteen, voit kytkeä loputkin laitteet käyntiin taajuusmuuttajista.

Aluksi ei kannata käynnistää lietteidenpoistopumppuja, sillä altaat täyttyvät nopeammin, kun jätevettä ei virtaa mistään pois. Tarkasta myös aina, että pumput lähtivät käyntiin ja että selkeytysaltaiden kaapimet pyörivät hitaasti ks. kuvat 6 ja 7.



**KUVA 6. Lietteenpoisto -, denitrifikaatio – ja palautuslietepumput. (Mämmelä 2013.)**



**KUVA 7. Esiselkeyttimen sekoittimen mekanismi. (Mämmelä 2013.)**



## 5 Lietteen ja puhdistetun jäteveden poisto

Ylimääräiset lietteet ja puhdistusprosessin läpi käynyt jätevesi johdetaan samaan viemäriin, joka löytyy jälkiselkeytysaltaan alta. Viemäriin tulee suoralinja esiselkeytysaltaan lietteenpoistopumpulta, ilmastettujen ja ei-ilmastettujen altaiden yhteinen lietteen keruulinja sekä jälkidesinfiointialtaan läpi kulkeva puhdistettu jätevesi. Järjestelmän toimiessa oikein, kaikista kolmesta letkusta purkautuu joko vettä tai lietettä viemäriin kuten kuvassa 8.



**KUVA 8. Lietteen ja puhdistetun jäteveden poistoviemäri. (Mämmelä 2013.)**

## 6 Kompressori

Kompressori ks. kuva 9, on sijoitettu ilmastusaltaiden taakse, kuten kuvasta 1 nähdään. Se johtaa paineilmaa mittausanturin läpi kuuteen eri ilmastusaltaaseen. Kompressori tuottaa painetta omaan painesäiliöön, josta se johdetaan altaisiin. Se aiheuttaa melua noin 5 minuutin välein, kun se tuottaa lisää painetta. Kun koko järjestelmän virrat on kytketty, voidaan kompressori käynnistää. Käynnistys onnistuu kompressorin

päällä olevasta käynnistysvivusta. Kompressorikäynnistyksen käynnistys tapahtuu kääntämällä vivun *Auto* – asentoon kuvan 10 osoittamalla tavalla.



**KUVA 9. Kompressorikäynnistyksen yksikkö. (Mämmelä 2013.)**



**KUVA 10. Kompressorikäynnistyksen käynnistys. (Mämmelä 2013.)**

Kompressorikäynnistyksen jälkeen tuotetaan painetta. Hetken kuluttua kaikkien kuuden ilmastusosaltaan pinnalle alkaa muodostua kuplia kuten kuvassa 11.



**KUVA 11. Ilmastusallas. (Mämmelä 2013.)**

## **7 Prosessitietokone ja ohjelmisto**

Tietokone on sijoitettu sähkökaapin päälle, jossa se on yhdistettynä kaapissa olevaan virtalähteeseen sekä reitittimeen. Tietokone on yhteydessä prosessin kaikkiin antureihin, jotka lähettävät reaaliaikaista tietoa jatkuvasti. Tietokoneella on kaksi ohjelmaa, joita prosessin seuraamisessa käytetään.



**KUVA 12. Prosessinohjaustietokone. (Mämmelä 2013.)**

Ensimmäisenä Advantech AdamOPC configurator. Ohjelma on jatkuvassa yhteydessä laitteiston automaatio-ohjaimiin, jotka on nimetty ADAM:eiksi. Kuvassa 13 on perus

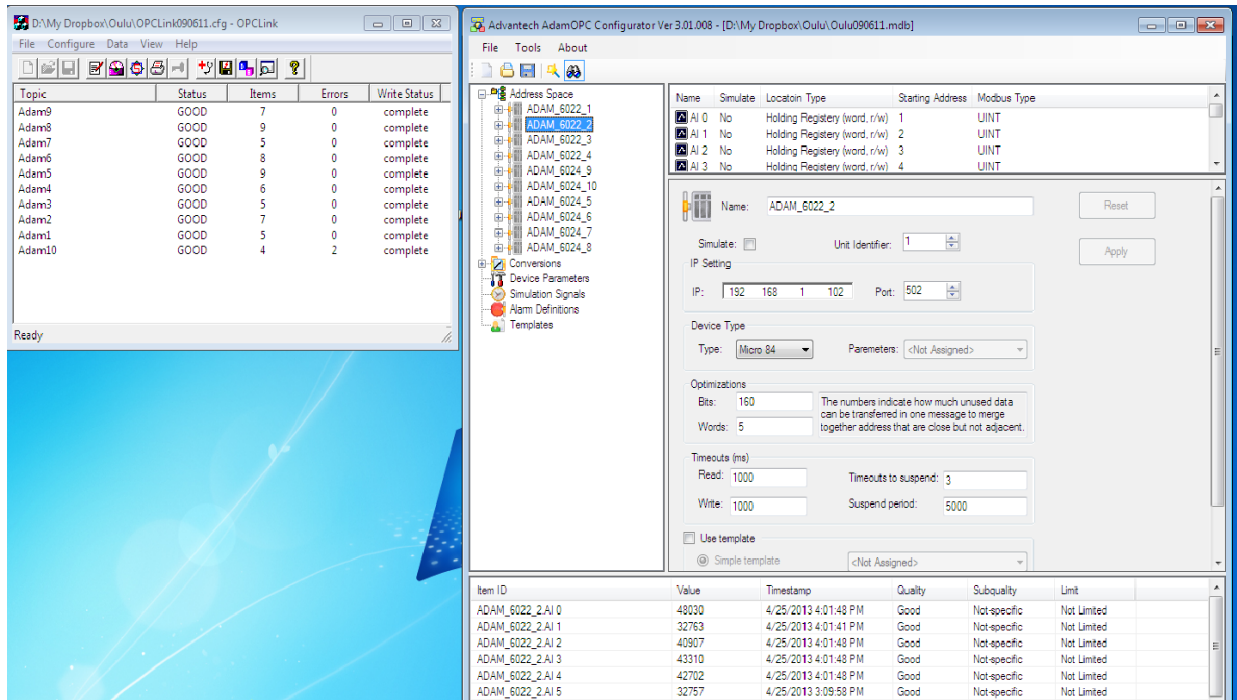


näkymä Advantech AdamOPC configurator ohjelmasta. Esimerkiksi ADAM\_2 ohjaa virtausmittauksia. Taulukossa 1 esitetään eri virtausmittarien tunnukset ja niiden optimaaliset virtaamat.

- Kuvassa on valittuna isomman ikkunan vasemmassa reunassa ADAM\_2. Valinta näkyy sinisenä.
- Tämän jälkeen on painettu ikkunan yläreunassa näkyvää kiikarin kuvaa. Tämä on avannut suuremman ikkunan alemman palkin, jossa näkyy listattuna ADAM\_6022\_AI 0 – ADAM 6022\_AI4. Nämä ovat laitteiston kaikki virtausmittarit, AI5 on myös esitettyinä, mutta sitä ei ole olemassakaan.
- *Value*-kohdassa oleva luku kertoo mittausanturin läpikulkevasta virtaamasta. Tämän luvun täytyy olla jotain väliltä 36052 – 49340. Pumpun ollessa pysähtyksissä luku on 36052 ja pumpun käydessä täydellä teholla luku on 49340. Kuvassa näkyy AI 1:n kohdalla arvo 32763, kuvanottohetkellä esiselkeyttimen lietteenpoistoa mittaavassa anturissa oli sähkövika.

**TAULUKKO 1. Virtausmittausanturit**

<b>Tunnus</b>	<b>Virtausmittausanturi</b>
ADAM_6022_AI 0	Tulovesilinja
ADAM_6022_AI 1	Esiselkeyttimen poistolinja
ADAM_6022_AI 2	Lietteenpoistolinja
ADAM_6022_AI 3	Palautuslietelinja
ADAM_6022_AI 4	Denitrifikaatiolinja



KUVA 13. Advantech AdamOPC configurator ohjelma.

Intouch windowviewer ohjelmalla voidaan seurata koko prosessin toimintaa. Kuvassa 14 on ympyröity punaisella ympyrällä eri linjojen virtaamat sekä pH-arvo ja redox-potentiaalin mittaukset. Kuvanottohetkellä pH-arvo ja redox-potentiaali mittausantureita ei ollut vielä kalibroitu. Intouch windowviewerin tärkein ominaisuus on reaaliaikainen virtaamien seuranta. Ohjelmalla nähdään heti, jos virtaama jossain linjassa heikkenee, tämä johtuu yleensä pumpun osan hajoamisesta tai tukoksesta linjassa.



KUVA 14. Intouch windowviewer ohjelma.

## 8 Prosessin virtaama

Prosessin virtaamaa seurataan Intouch windowviewerillä. Virtaama säädetään taajuusmuuttajien avulla pumppujen tehoa muuttamalla. Prosessi on toiminut taulukossa 2 esitetyillä virtaamilla.

**TAULUKKO 2. Virtaamat.**

<b>Pumppu</b>	<b>Virtaama</b>
Tulovesi	4,5 m <sup>3</sup> /h
Esiselkeytysaltaan poisto	3,5 m <sup>3</sup> /h
Lietteenpoisto	0,3 m <sup>3</sup> /h
Palautusliete	1 m <sup>3</sup> /h
Denitrifikaatiokierto	1 m <sup>3</sup> /h

## 9 Anturit

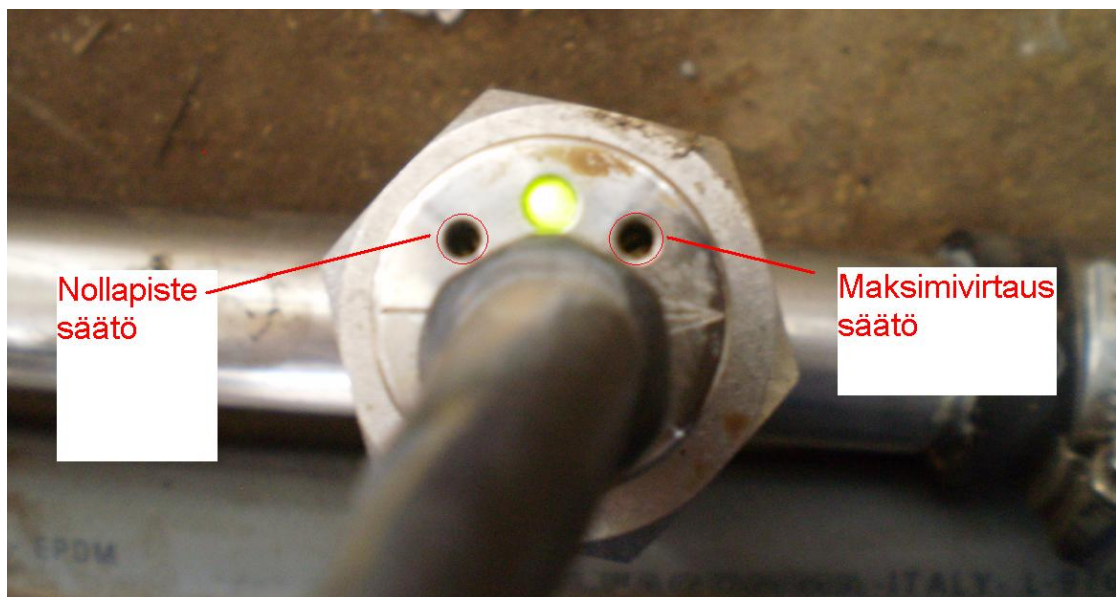
### Virtausmittausanturit

Virtausmittausanturien viritys tapahtuu käyttämällä Advantech AdamOPC configurator ohjelmaa. Kuvassa 15 esitetään virtausmittausanturin säätöruuvit ja toimintavalo. Ruuvit ovat hyvin herkäät, säätö kannattaa tehdä hyvin pienillä liikkeillä.

- Valitse viritettävä virtausmittausanturi ja tarkasta, että siinä palaa valo.
- Sammuta kyseisen linjan pumppu painamalla taajuusmuuttajasta *Off*-painiketta ja sulje linjan käsiventtiili. Näin varmistetaan, ettei pumppu pääse pyörimään kuivana. (Huom. denitrifikaatio linjassa on kaksi käsiventtiiliä.)
- Tarkasta Advantech AdamOPC configurator ohjelmasta virtausmittarin tunnus ja seuraa lukuarvon muutosta. Pumpun ja linjan ollessa kiinni, lukuarvon täytyisi olla lähellä 36052. Arvo saa vaihdella vain  $\pm 10$ . Jos arvo ei ole riittävän lähellä, aloitetaan anturin kalibrointi.
- Nollapiste säädetään käyttämällä mittausanturin vasemmanpuoleista ruuvia. Ruuvia väännettäessä vastapäivään ohjelman näyttämä lukuarvo pienenee,

myötäpäivään väännettäessä lukuarvo kasvaa. Näin pyritään pääsemään mahdollisimman lähelle arvoa 36052.

- Maksimivirtauksen säätö aloitetaan tarkistamalla, että linjan käsiventtiili on auki ja säätämällä pumpun täydelle teholle taajuusmuuttajasta. Pumpun ollessa täydellä teholla, ohjelman pitäisi näyttää lukuarvoa 49340. Maksimivirtauksen arvo saa vaihdella  $\pm 100$ . Jos arvo ei ole riittävän lähellä, säädetään maksimivirtaus oikeanpuoleisesta ruuvista. Ruuvia väännettäessä myötäpäivään, ohjelman näyttämä lukuarvo pienenee, vastapäivään väännettäessä lukuarvo suurenee.
- Jos maksimivirtauksen säädössä lukuarvo ylittää 49340, mittausanturissa oleva valo muuttuu punaiseksi.



**KUVA 15. Virtausmittausanturi. (Mämmelä 2013.)**

### **pH – arvo – ja redox-potentiaali- anturit**

pH ja redox- mittausanturipidikkeet ks. kuva 16, ovat identtiset ja ne toimivat samalla tavalla. pH-mittausanturi on sijoitettu viimeiseen ei-ilmastettuun altaaseen (allas 6.) ja redox-potentiaali anturi on viidennessä ilmastusaltaassa (allas 11.) Pidikkeen voi nos-

taa pois altaasta ja taivuttaa altaan reunan ulkopuolelle. Mittausanturi sijaitsee pidikeputken alapäässä. Putken alapäässä on rei'itetty suojakuori, jossa on kierteet. Suojakuori lähtee pois pyörittämällä. Anturi on myös kierteillä kiinni. Kalibrointi suoritetaan normaalilla pH – ja redox kalibrointimenetelmillä.



**KUVA 16. pH- mittausanturin pidike (allas 6.) (Mämmelä 2013.)**

### **Happimittausanturi**

Anturit on sijoitettu mustiin muovisiin palloihin, jotka ovat kiinnitettynä ilmastusaltaiden kulmiin ks. kuva 17. Happianturit ovat ensimmäisessä ja viimeisessä ilmastusaltaassa (allas 7 ja 12). Happianturin koko pidikkeen voi irrottaa kiristysruuvia löysäämällä ja ottamalla koko telineen maahan. Pallon pohjassa on kierteellä kiinnitetty luukku, josta löytyy anturinmittauspää. Mittauspää on painettuna kiinni anturin koloihin ja se pysyy paikallaan pallon pohjassa kiinnitettyllä luukun kannella. Mittauspään vaihdosta ja anturin kalibroinnista löytyy tarkat ohjeet anturin omasta ohjekirjasta. Ilmastusaltaiden happipitoisuutta voi säätää altaissa kiinni olevista rotametreistä.





**KUVA 17. Happimittausanturi. (Mämmelä 2013.)**

## 10 Yleiset ongelmat/huoltotilanteet

Laitteistoa käyttäessä yleisin ongelmatilanne on linjojen tukkeutuminen. Linjan tukkeutumisen huomaa ensimmäisenä Intouch windowviewer prosessinseurantaohjelmasta.

Jos linjassa ei ole virtausta:

- Sammuta pumppu, avaa kynsiliitin ja katso virtaako letkusta vesi

Jos virtaa:

- Viritä virtausmittausanturi

Jos ei virtaa:

- Koita etsiä tukosta pumpun tulon/lähdön lähetyviltä
- Tarkasta pumpun siipipyörän kunto
- Tarkasta pumpun moottorin akseli tiivisteiden kunto

Jos altaiden vesi on muuttunut mustaksi (hapettomaksi):

- Tarkasta ilmastuskiekkojen toiminta
- Tarkasta lietelinjat

Selkeytysaltaiden kaapimien pyöritysmekanismeissa on rasvanippa, ks. kuva 18. Tällä huolehditaan mekanismin nivelten pidemmästä kestosta. Selkeytysaltaiden rasvanipat on rasvattava noin kerran kuukaudessa. Rasvaamiseen käytetään rasvapuristinta.



**KUVA 18. Selkeytysaltaan rasvanippa. (Mämmelä 2013.)**

## **11 Järjestelmän sammutus**

Järjestelmä sammutetaan taajuusmuuttajista painamalla kaikki laitteet *Off* – asentoon. Kompressorin käynnistysvipu väännetään myös *Off* – asentoon. Seuraavaksi painetaan jokin turvakytkimistä pohjaan, joka sammuttaa virran koko laitteistosta. Veden tulo loppuu vasta, kun irrottaa välppärakennuksen edustalla olevan uppopumpun virtajohdon.

## **12 Yhteyshenkilöt**

Mikkelin vesilaitos:

Käyttöinsinööri, Jani Koski

Mikkelin ammattikorkeakoulu:

Ympäristötekniikan lehtori, Hannu Poutiainen