



FLOTAATION KÄYTTÖNOTTO ORIVEDELLÄ TÄHTINIEMEN JÄTEVEDENPUHDISTAMOSSA

Toiminta, edut ja vaikutus puhdistustulokseen

Anna Hietanen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2012
Paperi- tekstiili- ja kemia-tekniikan
koulutusohjelma
Kemia-tekniikan suuntautumisvaihtoehto
Tampereen ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Paperi- tekstiili- ja kemiantekniikan koulutusohjelma
Kemiantekniikan suuntautumisvaihtoehto

HIETANEN, ANNA: Flotaation käyttöönotto Orivedellä Tähtiniemen jätevedenpuhdistamossa – Toiminta, edut ja vaikutus puhdistustulokseen

Opinnäytetyö 43 s, liitteet 13 s.
Huhtikuu 2012

Tähtiniemen jätevedenpuhdistamo on toiminut vuodesta 1975 ja sitä on saneerattu vuosien 1995 ja 1996 aikana. Nykyinen saneerauksen tarve syntyi päätöksestä johtaa Juupajoen kunnan ja Eräjärven taajaman jätevedet Orivedellä sijaitsevalle Tähtiniemen jätevedenpuhdistamolle. Tutkimuksessa keskityttiin laitokselle uutena käsittelymuotona tulevaan jälkikäsittelyyn flotaatiotekniikalla. Työssä tutustuttiin flotaation toimintaperiaatteeseen, teoreettiseen puhdistustehokkuuteen, puhdistustuloksiin useilla puhdistamoilla sekä toimintaan niin optimi kuin häiriötilanteissa.

Saneerauksen aikataulun viivästymisestä johtuen flotaation koeajoista ei saatu tuloksia, vaan työssä tehdyt päätelmät pohjautuivat kirjallisuuteen ja Oriveden, Ähtärin, Parkanon sekä Sahalahden jätevedenpuhdistamoilta saatuihin tarkkailutuloksiin. Flotaation käyttöönoton odotetaan sekä parantavan että tasoittavan puhdistustuloksissa tapahtuvia vaihteluita. Parkanosta ja Ähtäristä saatujen tulosten ja tutkitun kirjallisuuden perusteella voidaan Tähtiniemessä todennäköisesti kokonaisfosforin osalta päästä 0,1 mg/l luokkaan ja kiintoainepitoisuuksissa 5 mg/l luokkaan. Myös BHK ja COD arvojen voidaan odottaa parantuvan jälkikäsittelyn kehittyessä. Biologisen käsittelyn ohitustilanteissa voidaan odottaa kiintoainepitoisuuden reduktioksi 50 - 90 %, kun käytetään flotaatiota esikäsittelyn jatkeena.

Saneerauksen valmistuttua tullaan puhdistamon normaalikäytöllä pääsemään puhdistamolle asetettuihin ympäristöluvan mukaisiin puhdistusvaatimuksiin kasvavasta liittyjämäärästä riippumatta. Tällä hetkellä puhdistamon jätevesiä ei tarvitse desinfioida. Flotaation lisääminen puhdistamolle tulee parantamaan käsiteltävän jäteveden hygieenistä laatua, sillä mikro-organismeja poistuu enemmän, kun kiintoaineen poistotehokkuus paranee. Tulevaisuudessa puhdistusvaatimusten kohotessa voisi tutkia sopivin menetelmin käsittelylaitokselta lähtevään jäteveteen jääviä mikro-organismeja. Toinen tutkimuskohde voisi olla flotaation puhdistustehokkuuden tarkkailu ottamalla näytteitä flotaatioon johdettavasta ja käsittelystä lähtevästä jätevedestä.

Asiasanat: flotaatio, jätevedenpuhdistus, käyttöönotto

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Paper, Textile and Chemical Engineering
Option of Chemical Engineering

HIETANEN, ANNA: Implementation of Flotation in Tähtiniemi Wastewater Treatment Plant in Orivesi – Operation, Benefits and Impact on Degree of Treatment

Bachelor's thesis 43 pages, appendices 13 pages.
April 2012

Tähtiniemi wastewater treatment plant has been operational since 1975 and it was renovated during years 1995 and 1996. Necessity of renovation became imminent after decision to lead wastewater from Juupajoki and Eräjärvi population centres to Tähtiniemi wastewater treatment plant in Orivesi. The objective of this study was to introduce flotation that would be implemented during renovation. The main aspects were operational principles of flotation, theoretical degree of treatment, observation results and operation.

Conclusions made were based on literature and observation results from Orivesi, Ähtäri, Parkano and Sahalahti wastewater treatment plants. Flotation is waited to both better and level variation on degree of treatment. Results indicate that Tähtiniemi wastewater treatment plant can expect approximately 0.1 mg/l total phosphorus concentrations and solids content of 5 mg/l. Also BOD and COD results are expected to get better. When bypass of biological treatment is necessary, solids content removal is waited to be in between 50 – 90 %.

When renovation is complete, normal use of plant will ensure adequate degree of treatment. There is no need to disinfect wastewater and flotation will better hygienic quality of treated water. Further studies could be done concerning micro-organisms in treated wastewater or monitoring actual degree of treatment in flotation.

Key words: flotation, sewage treatment, implementation

ALKUSANAT

Työ tehtiin Oriveden kaupungin viemärlaitokselle puhdistamonhoitaja Kalervo Hietalan ehdottamasta aiheesta. Opinnäytetyö tehtiin kesän 2011 ja kevään 2012 aikana. Työni aihe on osoittautunut erittäin mielenkiintoiseksi, vaikka en flotaatiosta ennestään paljon tiennyt. Valitettavasti saneerauksen aikataulut muuttuivat eikä opinnäytetyöhön ehditty saamaan kuvia tai tuloksia Tähtiniemestä.

Haluan kiittää Oriveden kaupunkia ja Tähtiniemen jätevedenpuhdistamon henkilökuntaa opinnäytetyömahdollisuudesta ja työn aikana saamastani tuesta sekä hyvästä seurasta. Kaupungin puolesta ohjaajanani toimi puhdistamonhoitaja Kalervo Hietala, jota haluan kiittää vapaudesta kysyä, kyseenalaistaa ja tutkia sekä työn eri vaiheissa saamistani kehittämisehdotuksista. Koulun puolesta ohjaajanani toimi lehtori Pentti Järvelin, jota haluan kiittää minulle sopivasta opinnäytetyön ohjauksesta ja saamastani avusta. Kiitos kuuluu myös Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistykselle ja yhdyshenkilölleni Jukka Lammentaustalle, jolta sain paljon vinkkejä ja materiaalia työhön.

Orivedellä Huhtikuussa 2012

Anna Hietanen

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 SYYT ORIVEDEN JÄTEVEDENPUHDISTAMON SANEERAUKSEEN.....	7
3 VAADITTAVA JÄTEVEDEN PUHDISTUSTEHOKKUUS	9
4. FLOTAATIO	12
4.1 Flotaation tarkoitus ja flotaatiotyypit	12
4.2 Flotaatio ja vedenpuhdistus.....	13
4.3 Paine-flotaation prosessikuvaus	14
4.3.1 Koagulaatio ja flokkulaatio	14
4.3.2 Flotaatio-osa.....	15
4.4 Flotaatiossa käytettävät kemikaalit	16
4.5 Flotaation mahdollisuudet ja teoreettinen puhdistusteho.....	16
4.6 Flotaation ohjaus, mahdolliset häiriötilanteet ja ongelmakohdat.....	20
4.6.1 Käytettävä kaasu, kuplakoko sekä ilman ja kiintoaineen suhde	20
4.6.2 Optimipaine, pH ja lietekerroksen korkeus.....	23
4.6.3 Mahdolliset poikkeus- ja häiriötilanteet ja niiden vaikutus	24
5 PUHDISTAMOLTA LÄHTEVÄN JÄTEVEDEN HYGIEENISYYS.....	25
5.1 Hygieenisuus ja patogeenit	25
5.2 Jäteveden desinfiointi.....	26
5.3 Jätevedestä johtuvat terveysriskit.....	27
6 ORIVEDEN JÄTEVEDENPUHDISTAMOLLE TULEVA LAITTEISTO	29
6.1 Flotaatiolaitteiston kuvaus	29
6.2 Vastaavia laitteistoja suomessa	30
6.2.1 Fosforireduktioiden vertailu eri puhdistamoissa.....	31
6.2.2 Flotaatio esikäsitelyssä Sahalahden jätevedenpuhdistamolla	32
6.2.3 Parkanon ja Ähtärin puhdistustulokset tarkkailuissa	34
6.3 Automaatio ja sähköjärjestelmä	36
6.4 Lupaehtoihin sidotut vähimmäisvaatimukset laitteistolle.....	36
7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	38
LÄHTEET.....	40
LIITTEET	44

1 JOHDANTO

Tähtiniemen jätevedenpuhdistamo on Oriveden kaupungin omistama ja kaupungin yhdyskuntajätevesien käsittelyyn tarkoitettu jätevedenpuhdistuslaitos. Nykyinen keskuspuhdistamo otettiin käyttöön vuonna 1975 ja sitä on sittemmin saneerattu vuosien 1995 ja 1996 aikana. Jätevedenpuhdistamo tuottaa puhdistusprosessin sivutuotteena jätevesilietteestä kuivattua kompostia, josta jatkojalostetaan maanrakennuskompostia.

Keskuspuhdistamon laajennus ja saneeraus tuli ajankohtaiseksi, kun Oriveden kaupunki päätti olla lähtemättä mukaan Tampereen ja seutukuntien yhteiseen keskuspuhdistamoon. Päätöksen seurauksena tuli ajankohtaiseksi selvittää kuinka Oriveden seudun jätevesien käsittely olisi tulevaisuudessa parasta toteuttaa. Harkinnan tuloksena päädyttiin jätevesien käsittelyn keskittämiseen Tähtiniemen jätevedenpuhdistamoon ja tarvittavien laajennusten tekemiseen puhdistamolla.

Tutkimuksen tarkoituksena on keskittyä jätevesien saneerauksen yhteydessä lisättävään jälkikäsitteilyyn flotaatiotekniikalla. Selvitys tehdään flotaatiosta prosessina sekä flotaation käyttöönotosta Tähtiniemen jätevedenpuhdistamolla. Selvitetään lisäksi flotaation puhdistustehoa ja toimintaa kirjallisuuden ja toisilta jätevedenpuhdistamoilta saatujen tietojen pohjalta sekä teoreettisesti jätevedenpuhdistamon mahdollisissa poikkeus- ja häiriötilanteissa. Tähtiniemessä ennen flotaation käyttöönottoa saatuja puhdistustuloksia verrataan soveltuvilta osilta Parkanon, Ähtärin ja Sahalahden jätevedenpuhdistamoiden puhdistustuloksiin. Tuloksia oli tarkoitus verrata myös koeajoissa saataviin tuloksia, aikataulun muuttumisesta johtuen ajatuksesta jouduttiin luopumaan. Koeajoihin käytettävät testaustaulukot ja käytettävät menetelmät on kuitenkin esitetty liitteessä 1.

Tämän raportin tavoitteena on esitellä laitokselle tulevaa flotaatioprosessia sekä antaa selkeä kuva flotaation toiminnasta käytettäväksi tarpeen mukaan puhdistamon päivittäisessä toiminnassa. Liitteessä 2 on esitetty työssä käytetyt tekniset termit ja lyhenteet. Raportti ei käsittele flotaation sähkö- ja automaatiosovelluksia. Jätevedenpuhdistukseen liittyvää lainsäädäntöä käsitellään lyhyesti työn rajaukseen oleellisilta osilta.

2 SYYT ORIVEDEN JÄTEVEDENPUHDISTAMON SANEERAUKSEEN

Puhdistamon toiminta perustuu yksikköprosessien toisiaan tukevaan toimintaan. Puhdistamo on mitoitettu 2500 m³ keskivuorokausivirtaamalle (Q_{kesk}), 160 m³/h tuntivirtaamalle (q_{mit}) ja 460 kg O₂/d biologiselle hapenkulutukselle (BHK_{7(ATU)}). Rakenne voidaan jakaa karkeasti vesiprosessiin ja lietteenkäsittelyyn. Lietteenkäsittelyyn kuuluu eri vesiprosessin vaiheissa erotettu puhdistamoliete, jonka käsittelyvaiheita ovat sakeutus, kuivaus suotonauhalla, kompostointi ja jälkikypsennys. Puhdistamon vesiprosessin rakenne ennen saneerausta on seuraava (Ympäristölupapäätös 20/2008/1, 5.):

- tulopumppaus
- porrasvälppä
- hiekan ja rasvan erotus (ilmastettu)
- ilmastus (2* 500 m³)
- jälkiselkeytys (2* 117,5 m²)
- jälkisaostus (lamelliselkeyttimet 32 m² + 60 m²).

Tärkeimpänä syynä saneeraukseen on keskuspuhdistamon laajennuksen tarve. Tarve on syntynyt päätöksestä johtaa Hirsilän, Korkeakosken ja tulevaisuudessa myös Eräjärven taajamien jätevedet Tähtiniemen jätevedenpuhdistamolle (Koskinen 2010b, 1). Liittyjämäärä tulee nousemaan nykyisestä hieman yli 6000:ta noin 8500:sta (Ympäristölupapäätös 20/2008/1, 4). Puhdistamon kapasiteetti ei riitä lisääntyvälle jätevesimäärälle, vaan on päätetty rakentaa laitokselle kolmas käsittelylinja ja saneerata kahta toiminnassa olevaa käsittelylinjaa vastaamaan paremmin tuleviin tarpeisiin. Lisäksi puhdistamolla on laitteistoa, joka vaatii uudistamista käyttövuosiensa perusteella.

Puhdistamon saneerausta ajatellessa on otettava huomioon myös ympäristö ja etenkin vesistöjen tila. Längelmäveden vesistö on määritelty erityiseksi vedenhankinta-alueeksi yhdyskunnille ja se vaatii erityistä suojelua, jotta vesistön veden laatu saadaan säilymään riittävänä (Kaskela 2002, 68). Lisäksi purkuvesistö on myös kesäisin uintikäytössä, jolloin on tärkeää että purkuvesien hygieeninen laatu on riittävä.

Jätevesien tertiäärikäsittelyn tai desinfioinnin lisäämisen jätevedenpuhdistamoille on todettu parantavan mikrobien poistotehokkuutta. Tähtiniemessä on päätetty tässä vai-

heessa rakentaa tertiäärinen flotaatio, joka muun muassa parantaa mikrobien poistotehokkuutta poistamalla bakteereja, viruksia ja parasitteja käsiteltävästä jätevedestä (Koivunen 2005, 18). Desinfiointia sen sijaan ei olla tässä vaiheessa rakentamassa, mutta prosessi voidaan tarvittaessa lisätä jälkikäteen, sillä mahdollisuus UV-säteilytyksen käyttöönottoon desinfiointimuotona on otettu toteutettavassa saneerauksessa huomioon.

Jälkikäsitelyyn rakennettavan flotaatio tulee parantamaan entisestään puhdistustuloksia, josta seuraa purkuvesistöjen ravinnekuormituksen pieneneminen. Purkuputki sijaitsee Orisselässä, jossa minimiravinne eli kasvua rajoittava tekijä on pääosin fosfori (Ympäristölupapäätös 20/2008/1, 3). Kiintoaineiden ja ravinteiden etenkin fosforin määrän pieneneminen vesistössä vähentää rehevöitymistä ja siten parantaa vesistön tilaa. Lisäksi flotaation lisääminen parantaa puhdistamon yleistä käyttövarmuutta, sillä häiriötilanteissa ja sulamisvesien aikana on tarvittaessa mahdollista käsitellä ohitusvedet flotaatiolla.

Flotaation vaihtoehtona jätevedenpuhdistamolle on harkittu yhdistelmää, jossa lamelliskeytyksen pinta-alaa kasvatetaan ja puhdistustuloksen tehostamiseksi edelleen lisätäisiin vielä lamelliskeyttimien perään hiekkapatjasuodatus. Molemmilla vaihtoehdoilla on useita hyviä ominaisuuksia ja joitakin huonoja puolia. Ramboll (Koskinen 2010a, 7–8) suoritti prosessien teknillistaloudellisen vertailun, jonka suosituksena oli flotaation rakentaminen. Suurimpina syinä flotaation valinnalle oli hiekkapatjasuodatuksen vaatima noin 10 metrin katon korotustarve ja flotaation parempi puhdistustehokkuus ajattelun purkuvesistön tilaa.

3 VAADITTAVA JÄTEVEDEN PUHDISTUSTEHOKKUUS

Ympäristölain (86/2000) mukaan toiminnalla, joka aiheuttaa vaaran ympäristön pilaantumiselle on oltava lupa, joka tunnetaan yleisesti ympäristölupana. Jätevesien käsittely on esimerkki toiminnasta, joka vaatii ympäristölain (86/2000) § 28 mukaisen ympäristöluvan. Valtioneuvoston asetuksessa yhdyskuntajätevesistä (888/2006), on määritelty yhdyskuntajätevesien johtamiseen ja käsittelyyn liittyviä vaatimuksia, kuten esimerkiksi käsittelyn vähimmäisvaatimukset ja tarkkailu.

Asetuksessa (888/2006) todetaan että jätevesien puhdistus tulee tapahtua biologisesti käyttäen biologista käsittelyprosessia, johon on liitetty jälkiselkeytys tai muulla menetelmällä, jolla päästään käsittelyn vähimmäisvaatimuksiin. Käsittelytehon tulee olla vähintään taulukossa 1 esitetyn mukainen. Joissakin tapauksissa pitoisuus ja poistoteho vaatimus voi olla vaihtoehtoinen, siten että riittää toisen edellä mainitun kriteerin saavuttaminen (888/2006).

TAULUKKO 1. Vähimmäisvaatimukset koskien jätevesien biologisesta käsittelyä (888/2006)

Muuttuja	Pitoisuus	Poistoteho
Biologinen hapen kulutus (BHK _{720°C} :ssa ilman nitrifikointia)	30 mg/l O ₂	≥ 70 %
Kemiallinen hapen kulutus	125 mg/l	≥ 75 %
Kiintoaine	35 mg/l	≥ 90 %

Taulukosta 1 nähdään nykyaikaisen jätevedenpuhdistuksen yleinen vaatimustaso kotimaassa. Tiukempia puhdistusvaatimuksia sovelletaan tapauskohtaisesti, jos ympäristönsuojelulaki tai jokin lain nojalla annettu säädös sitä vaatii (888/2006). Monilla laitoksilla vaaditaan kuitenkin huomattavasti parempia puhdistustuloksia, kuten voidaan nähdä esimerkiksi taulukosta 3, jossa on esitetty Tähtiniemen jätevedenpuhdistamon lupaehdot.

Jätevesistä tulee poistaa fosforia vähintään taulukon 2 esittämien vaatimusten mukaisesti. Typenpoistovaatimukset perustuvat tehtyyn selvitykseen poiston tarpeellisuudesta. Tarpeellisuutta on selvennettävä ympäristölupahakemuksessa ja lopullisesti poistovaatimus ratkaistaan ympäristölupapäätöksessä. Typpeä tulee poistaa, kun typpikuorman vähentäminen vaikuttaa vesien tilaan parantavasti. Tällöin tulee päästä taulukon 2 vaatimuksiin.

TAULUKKO 2. Vähimmäisvaatimukset ravinteiden poistolle (888/2006)

Muuttuja	Pitoisuus	Poistoteho
Kokonaisfosfori	3 mg/l (alle 2 000 avl)	≥ 80 %
	2 mg/l (2 000-100 000 avl)	
	1 mg/l (yli 100 000 avl)	
Kokonaistyyppi	15 mg/l (10 000-100 000 avl)	≥ 70 %
	10 mg/l (yli 100 000 avl)	

Taulukosta 2 nähdään nykyaikaisen jätevedenpuhdistuksen yleinen vaatimustaso ravinteiden poiston osalta. Tiukempia tai pitoisuuden ja poistotehon vaihtoehtoisia puhdistusvaatimuksia sovelletaan tapauskohtaisesti (888/2006). Pienillä puhdistamoilla ei yleensä ole kokonaistypen poistovaatimusta vaan esimerkiksi Tähtiniemessä tarkkailaan lupaehtojen mukaan ammoniumtyppeä. Ammoniumtypen poistoteho voidaan määrittää nitrifiointiasteena, joka saadaan laskemalla jätevedenpuhdistamolle tulevan jäteveden kokonaistypen ja puhdistamolta lähtevän jäteveden ammoniumtyppi-arvoista (Ympäristölupapäätös 20/2008/1, 14).

Tähtiniemen jätevedenpuhdistamoa koskevat ja toistaiseksi voimassa olevat lupaehdot on esitetty taulukossa 3. Lupaehdot ovat voimassa vuoteen 2017 asti, mikäli erillistä syytä lupaehtojen tarkastamiselle ilmene. Yleisin syy lupaehtojen tarkastamiselle on kuormituksen huomattava kasvaminen. (Koskinen 2010a, 1.)

TAULUKKO 3. Tähtiniemen jätevedenpuhdistamon lupaehdot (Oriveden kaupunki 2010; Ympäristölupapäätös 20/2008/1, 14,)

Päästösuure	Pitoisuus mg/l	Käsittelyteho %
BHK _{7(ATU)} , O ₂	< 10	> 95
Fosfori, P	< 0,3	> 95
Ammoniumtyppi, N	< 4	> 90
CODC _{CR} , O ₂	< 60	> 85

Puhdistustehoa tarkkaillaan säännöllisesti Kokemäenjoen vesien vesistönsuojeluyhdistyksen ry:n suorittamilla tarkkailuilla, joita on vuosittain kuusi. Lisäksi Elinkeino-, liikenne-, ja ympäristökeskus suorittaa tarkkailua kahdesti vuodessa. Lupaehdoissa mainittu taulukon 3 mukaisesti biologinen hapenkulutus, kemiallinen hapenkulutus ja fosfori lasketaan puolivuosiskeskiarvona ja ammoniumtyppi vuosikeskiarvona (Lammentausta 2011a, 1). Puhdistustuloksien tulee täyttää lupaehdoissa asetetut vaatimukset sekä pitoisuuden että prosentuaalisen puhdistustehon osalta.

4. FLOTAATIO

4.1 Flotaation tarkoitus ja flotaatiotyypit

Flotaation tärkein tavoite on kiintoaineiden ja kolloidien erottaminen nesteestä. Kiintoaineella tarkoitetaan yleisesti hiukasmaista ainesta, joka voi olla sekä eloperäistä ainesta, että elotonta mineraaliainesta ja jonka raekoko on suurempi kuin $0,45\mu\text{m}$. Pienempi aines on kolloideina tai liuenneena. Kolloidikokoisia aineita on kasvatettava, sillä flotaatiota voidaan soveltaa poistamaan yli $10\ \mu\text{m}$ hiukkasia. (Suomen ympäristökeskus 2006; Karttunen 2004, 507–508.)

Kiintoaineiden erottaminen tapahtuu tiheydestä johtuvan nosteen avulla. Flotaatiolla tarkoitetaan menettelytapaa, jossa nesteessä olevia kiintoainehiukkasia kevennetään tavallisimmin ilman avulla. Ilmakuplien liittyessä kiintoaineflokkeihin, flokkien tiheys laskee alle veden tiheyden ja nostaa kiintoainetta ylöspäin. Pinnalle kertyvä lietepatja kerätään esimerkiksi kaapimen avulla pois altaan pinnalta. (AEL, 12; Cheremisinoff 2002, 268; Degremont 1991, 190.) Flotaatiota voidaan käyttää poistamaan vedestä esimerkiksi mikro-organismeja, kiintoainetta, leviä, orgaanisia aineita ja yhdisteitä, ravinteita kuten fosforia sekä öljyjä ja rasvoja.

Flotaatio voidaan jakaa ajattelutavasta riippuen joko kahteen tai kolmeen tyyppiin. Karttunen (2004, 97) käyttää poistettavan partikkelin tiheyden mukaan jakoa luonnolliseen flotaatioon ja ilmaflotaatioon. Degremontin (1991, 190) jako on luonnollinen (natural flotation), avustettu (aided flotation), ja aiheutettu flotaatio (induced flotation). Luonnollinen flotaatio tarkoittaa molemmissa tapauksissa sitä, että erotettavan partikkelin tiheys on riittävästi liuoksen tiheyttä pienempi. Luonnollista flotaatiota voidaan käyttää vedenkäsittelyssä öljyjen ja rasvojen erottamiseen vedestä. Avustettu flotaatio on väli-muoto luonnolliselle flotaatiolle ja ilmaflotaatiolle, jonka Karttunen (2004, 98) sisällyttää osaksi luonnollista flotaatiota. Avustetussa flotaatiossa luonnollisesti kelluvien partikkelien flotaatiota parannetaan ulkoisin keinoin, tavallisimmin puhaltamalla ilmakuplia flotaatioaltaan pohjalle. (Degremont 1991, 190; Karttunen 2004, 77, 97, 98.)

Aiheutettu flotaatio ja ilmaflotaatio ovat käytännössä saman prosessin kaksi eri nimikettä. Partikkelien tiheyden ollessa korkeampi kuin liuoksen tiheyden käytetään ilmaa ja usein myös kemikaaleja apuna laskemaan tiheyttä. Tällöin partikkelit muodostavat yhdessä ilmakuplien kanssa liuosta kevyemmän flokin, joka kohoaa altaan pinnalle. Ilmaflotaatio voidaan jakaa kolmeen osaan esimerkiksi seuraavalla tavalla. Ensimmäinen on ilmaflotaatio, jossa normaalipaineista ilmaa johdetaan veteen. Toinen on paineflotaatio eli DAF (dissolved air flotation), jossa painesäiliössä veteen liuotetaan ilmaa ja kyseinen niin sanottu dispersiovesi johdetaan flotaatioon. Kolmas on vakuumiflotaatio, jossa jätevesi alipaineistetaan. (Degremont 1991, 190; Karttunen 2004, 77, 97, 98.) Jatkossa ilmaflotaatiosta ja flotaatiosta yleensä puhuttaessa tarkoitetaan paineflotaatiota (DAF), jota käytetään yleisesti yhdyskuntajätevesien käsittelyssä.

4.2 Flotaatio ja vedenpuhdistus

Flotaatio ei ole laajalti käytetty yksikköprosessi jätevedenpuhdistuksessa, vaan sitä on lähinnä käytetty rasvaisten teollisuusjätevesien käsittelyssä. Suurelta osin monimutkaisuus, huollon tarve, useiden koneiden ja niihin liittyvien säätöjärjestelmien tarve, sekä korkeat käyttökustannukset ovat olleet este flotaation käytölle jäteveden puhdistuksessa. (AEL, 12.)

Talousveden puhdistuksessa flotaatio on ollut yhdyskuntajätevedenpuhdistusta laajemmin käytössä, esimerkiksi Tampereen vedellä on Ruskossa ollut käytössä flotaatio vuodesta 1989 (Waternet, 11). Tiukentuvat ympäristölupavaatimukset ovat tuoneet flotaation varteenotettavaksi vaihtoehdoksi myös jätevedenpuhdistuksessa, sillä flotaatiolla voidaan päästä korkeisiin kiintoaineen ja fosforinpoistotuloksiin. Lisäksi kiintoaineen poisto vaikuttaa myös muun muassa BOD/COD kuormitukseen alentavasti, koska osa suspensiosta on orgaanista ja koska liuenneet orgaaniset ainekset voivat liittyä flotaatioissa poistuvien kiinteiden aineiden pintaan (Wang ym. 2010, 122). Kiintoaineiden poistaminen vähentää myös erilaisten mikro-organismien määrää, sillä useat mikro-organismit ovat kiinnittyneinä jäteveden kiintoainehiukkasiin (Koivunen 2007, 15).

4.3 Painefloataation prosessikuvaus

Flotaation (DAF) toimintaa kuvaa hyvin esimerkiksi hanasta vedellä täytetty lasi. Jos tarkastelee juuri täytettyä lasia, voi havaita pieniä kuplia vedessä. Kyseiset kuplat ovat muodostuneet, koska putkien sisällä oleva vesi on korkeassa paineessa ja siihen on liuenut ilmaa. Kun vesi tulee matalampaan paineeseen, putkista ulos tullessaan, siitä tulee erittäin paljon ilmalla kyllästettyä. Seurauksena paineen nopeasta pienentymisestä, ylimääräinen ilma poistuu vedestä ja nousee pintaan pienten ilmakuplien muodossa. (Cheremisinoff 2002, 318.)

Painefloataation (DAF) hyödyntäminen vedenkäsittelyssä on moniosainen prosessi. Se jaetaan yleisesti koagulaatioon, flokkaukseen ja itse flotaatioon. Flotaatiota voidaan käyttää myös ilman koagulaatiota ja flokkausta ja niissä lisättäviä kemikaaleja. Ilman kemikaaleja voidaan päästä jopa 85 % kiintoainereduktioon, kun kemikaalien kanssa voidaan päästä jopa 99 % kiintoainereduktioon (Sciential Supply & Equipment LLC). Kokonaisfosforin poistotehokkuus on yleisesti 95 % suuruusluokassa (Koivunen 2007, 25). Käytännössä kemikaalien yliannostus johtaa parempaan puhdistustulokseen kuin kemikaalien aliannostus. (Ainali, Juuso, Sorsa 2001, 3).

4.3.1 Koagulaatio ja flokkulaatio

Koagulaation ja flokkauksen tarkoitus on valmistella kiintoaineen, kolloidikokoa olevien hiukkasten ja joidenkin liuenneiden aineiden poistoa, joka voi tapahtua laskeuttamalla, suodattamalla tai tässä tapauksessa flotaation avulla (Degremont 1991, 146; Karttunen 2004, 133). Koagulaatio ja flokkaus tapahtuvat pikasekoituksen ja hämmennyksen aikana seuraavasti.

Ensin prosessissa on pikasekoitus, jossa tapahtuu koagulaatio- eli saostuskemikaalin lisäys. Koagulaatiokemikaalin avulla pyritään neutraloimaan negatiivisesti varautuneet kolloidit. Tällöin zeta-potentiaalin arvo lähenee nollaa, joka mahdollistaa hiukkasten liittymisen toisiinsa van der Waalsin voimien ollessa elektrostaattisia voimia vahvempia. Lisäksi muodostuvat flokit kiinnittyvät flotaatiossa paremmin ilmakupliin. Kemikaalit pyritään sekoittamaan käsiteltävään veteen, niin nopeasti ja tasaisesti kuin mah-

dollista. Pikasekoitus kestää yleensä 5 - 60 sekuntia, jonka aikana muodostuu mikroflokkeja. Jos pikasekoitus kestää liian pitkään tai käsiteltävän veden pH on väärä, flokit voivat hajota myöhemmin prosessin aikana. (Karttunen 2004, 58–59, 133–134, 361, 363, 366.)

Pikasekoituksen jälkeen on vuorossa hämmennys eli flokkaus, jossa muodostetut mikroflokkit kasvatetaan makroflokeiksi, jotka voidaan flotaation avulla nostaa pintaan. Hämmennys kestään noin 10 - 90 minuuttia. (Karttunen 2004, 58–59.) Flokkauksessa käytetään tarpeen mukaan apukemikaalina eli flokkulanttina polymeeriä, jonka tarkoituksena on parantaa flokkulaation toteutumista. Optimaalisen polymeerin liukenemisen ja polymeerin ja partikkelin välisen kontaktin varmistamiseksi sekoituksen tulee olla läpikotainen ja sopivalla nopeudella suoritettu (Cheremisinoff 2002, 309).

4.3.2 Flotaatio-osa

Flotaatio-osassa nostetaan muodostetut flokit veden pinnalle, sekoittamalla tulevaan veteen dispersiovetä, jota on tavallisesti 5 – 10 prosenttia selkeytettävän veden määrästä. Dispersioveteen on liuotettu ilmaa välillä 300 – 800 kPa, tavallisimmin kuitenkin 400 - 600 kPa paineessa, joka vapautuu veteen äkillisen paineen aleneman seurauksena pieninä mikrokuplina. Muodostuneet mikrokuplat kiinnittyvät flokkeihin, ja nostavat ne pintaan. Pinnalle muotoutunut liete poistetaan, joko tietyin aikaväleihin tai jatkuvatoimisesti, kaapimella tai nostamalla flotaatioaltaan nestepintaa. Prosessissa selkeytynyt vesi johdetaan tavallisimmin suodattimeen, joka sijaitsee altaan alaosassa. (Degremont 1991, 194–195; Karttunen 2004, 193; Niemelä, 2010, 4; Watman 2011.)

Kaikkea kiintoainetta ei yleensä koskaan jätevesiä käsiteltäessä pystytä flotaation avulla kelluttamaan pinnalle, vaan raskaimmat ja suurimmat materiaalit kulkeutuvat flotaatioaltaan pohjalle. Tästä syystä altaan pohja on yleensä rakenteeltaan kartiomainen tai varustettu pohjalaahaimin. (Degremont 1991, 196)

4.4 Flotaatiossa käytettävät kemikaalit

Flotaatioprosessin käytön alkuaikoina havaittiin, että kemikaalien käyttö on tärkeää emulsioiden rikkomisessa ja flokkien muodostamisessa. Ilman toimivaa kemiallista esikäsittelyä flotaatio altistuu vaihteleville tulovirtauksen olosuhteille, joka aiheuttaa laajalti vaihtelevia puhdistustuloksia. (Wang, Shammas, Selke & Aulenbach 2010, 5, 158.) Flotaatiossa voidaan käyttää apukemikaalina erilaisia orgaanisia lyhytketjuisia polymeerejä ja epäorgaanisia yhdisteitä (Ainali, Juuso, Sorsa 2001, 5). Yksi yleisesti käytetty epäorgaaninen polymeeri on polyakryyliamidi, jonka konsentraatioväli on yleensä 100 – 500 mg/l (Cheremisinoff 2002, 321). Polymeerejä käytetään muuttamaan ilma-neste tai kiinteä-neste rajapinnan luonnetta (Metcalf & Eddy 2003, 422).

Saostuskemikaalien päätarkoitus on luoda pinta tai rakenne, johon voi kiinnittyä tai jäädä kiinni ilmakuplia. Saostuskemikaalit ovat yleensä epäorgaanisia ja toimiessaan ne sitovat hiukkasia toisiinsa muodostaen nousukelpoisen flokin. Saostuskemikaaleina voidaan käyttää ferrisulfaattia $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, alumiinisulfaattia $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, polyalumiinikloridia $\text{Al}(\text{OH})_x\text{Cl}_y$, ferrikloridia FeCl_3 tai natriumaluminaattia $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$. (Cheremisinoff 2002, 307; Metcalf & Eddy 2003, 422.) Tähtiniemessä flotaatioprosessin yhteydessä tullaan tehtyjen suunnitelmien mukaan käyttämään sekä saostuskemikaalia että polymeeria parantamaan puhdistustuloksia.

4.5 Flotaation mahdollisuudet ja teoreettinen puhdistusteho

Flotaation mahdollisuudet osana jälkikäsittelyä kohdistuvat suurelta osin kiintoaineiden ja fosforin poistoon. Niemelän (2010, 3–4) mukaan puhdistustuloksissa voidaan päästä kiintoaineen osalta alle 5 mg/l ja kokonaisfosforin osalta alle 0,2 mg/l, kokonaistypen määrään flotaatiolla ei ole vaikutusta. Edellä mainittuihin tuloksiin päästään kun käytetään pikasekoitus- ja hämmennysaltaita ennen flotaatiota, sekä saostuskemikaalina kolmenarvoista rauta- tai alumiinisulfaattia (Niemelä 2010, 4). Flotaation toimiessa normaalisti Karttusen (2004, 516) mukaan päästään flotaatiota käytettäessä 10 mg/l kiintoainepitoisuuksiin, kun pelkkää laskeutusta jälkikäsittelyssä käytettäessä vastaava luku on 20 mg/l.

Yhdysvaltain ympäristönsuojeluviraston keräämien tietojen mukaiset keskimääräiset poistotehokkuudet kokonaisfosforille 0,66 mg/l ja 88 % sekä kokonaiskiintoaineelle 82 mg/l ja 88 %. Parhaimmillaan on päästy poistotehokkuuksiin kokonaisfosforille <0,05 mg/l ja 99 % sekä kokonaiskiintoaineelle 18 mg/l ja 98 %. (Wang ym. 2010, 166 – 167.) Ympäristönsuojeluviraston tiedoista ei ilmene millaisia jätevedenpuhdistamoita on vertailtu, joten edellä esitetyt tulokset ovat parhaimmillaan suuntaa-antavia.

Kiintoaineen suhteen on odotettavista flotaation käyttöönnotosta syntyviä huomattavia parannuksia, joka parantaa ohessa myös useita muita puhdistustehokkuudesta kertovia avainarvoja. Tähtiniemen jätevedenpuhdistamolla kokonaisfosforin suhteen ollaan jo noin 0,2 mg/l tasossa. Jäännösfosfori on suurelta osin sitoutunut kiintoaineeseen, joten koska kiintoaineen poistotehokkuus kasvaa myös fosforipitoisuuksissa tullaan näkemään parantuneita tuloksia. Kiintoaineen ja kokonaisfosforin osalta tarkkailuissa saadut vuosikeskiarvot tulevassa ja lähtevässä vedessä on esitetty taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Kiintoaineen ja kokonaisfosforin tulokuormitus ja lähtevä pitoisuus Tähtiniemen jätevedenpuhdistamolla vuosina 2000 - 2010 (Lammentausta 2011a; Oksjoki 2001–2004, 2006–2010a; Sillanpää 2005)

Vuosi	Virtaama	Tuleva fosfori	Lähtevä fosfori	Reduktio	Tuleva kiintoaine	Lähtevä kiintoaine	Reduktio	Ohitus
	Q (m ³)	P (mg/l)	P (mg/l)	P (%)	Ka (mg/l)	Ka (mg/l)	Ka (%)	Ka (mg/l)
2000	1824	6,1	0,24	96	250	14	95	350
2001	1783	6,5	0,20	97	250	14	95	0
2002	1804	8,1	0,19	98	260	11	96	0
2003	1198	9,0	0,21	98	330	13	96	0
2004	1958	6,9	0,16	98	240	9	96	430
2005	1988	8,2	0,23	98	280	11	96	0
2006	1467	6,9	0,23	97	260	17	94	86
2007	1668	6,9	0,27	96	250	16	94	220
2008	2575	6,6	0,31	95	300	13	95	0
2009	1951	9,5	0,22	98	410	15	97	0
2010	2345	8,6	0,24	98	440	14	97	0

Tähtiniemen jätevedenpuhdistamolle tuleva jätevesi on suurelta osin yhdyskuntajätevetä, ja tulevan veden pitoisuuksissa ei ole suuria vaihteluita vuositasolla tarkasteltuna eri vuosien välillä. Myös puhdistustulos on taulukon mukaan ollut tasaista. Fosforin poistotehokkuuksissa on taulukon mukaan päästy viimeisen 10 vuoden aikana 9 kertaa vuoden 2008 alussa voimaan tullessiin kiristyneisiin puhdistamon lupaehtoihin. (Taulukko 4.)

Kiintoaineen poistotehokkuudelle ei ole Tähtiniemen jätevedenpuhdistamolla määritelty valtioneuvoston edellyttämän päätöksen lisäksi muita vaatimuksia. Vaatimukset ovat lähtevän kiintoaineen osalta 35 mg/l ja poistotehokkuuden osalta 90 %. Kiintoainepitoisuus vaikuttaa suoraan esimerkiksi fosforin ja orgaanisen aineksen poistotehokkuuteen. Jotta päästää riittävään fosforinpoistotehokkuuteen, myös kiintoainepitoisuuden on laskettava 10 - 15 mg/l tasoon. (Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä 888/2006; Ympäristölupapäätös 20/2008/1, 14, 22.) Tähtiniemessä onkin päästy selkeästi kiintoainepoistovaatimuksiin.

Laitokseen tuleva flotaatio on suunniteltu käsittelemään 15 mg/l keskikiintoainepitoisuuksia (Koskinen 2010a, 5). Lähtevän veden kiintoainepitoisuuden pitäisi laskea selkeästi flotaation lisäyksellä, sillä lähtevän veden kiintoainepitoisuus puhdistustuloksista laskettuna on viime vuosikymmenen aikana ollut keskimäärin 13 mg/l.

Taulukossa 5 on vuoden 2010 - 2011 tarkkailuissa saavutetut tulokset kiintoaineen ja fosforin osalta. Tuloksista voidaan nähdä eri vuodenaikoina tapahtuva toistuva vaihtelu virtaamissa, tulokuormissa ja reduktioissa.

TAULUKKO 5. Tarkkailutulokset Tähtiniemen jätevedenpuhdistamolla 2010 – 2011 fosforin ja kiintoaineen osalta (Lammentausta 2011a; Männistö 2012a – 2012b; Tuominen 2012a–2012c)

2010												
Näytteet	Tuleva vesimäärä	Fosfori					P _{liuk}	Kiintoaine				
		tuleva	lähtevä	tuleva	lähtevä	reduktio	lähtevä	tuleva	lähtevä	tuleva	lähtevä	reduktio
		m ³ /d	kg/d	kg/d	mg/l	mg/l	%	mg/l	kg/d	kg/d	mg/l	mg/l
18.2.	1250	19	0,26	15	0,21	99	0,019	850	21	680	17	99
07.04.	7020	19	2,2	2,7	0,32	88	0,027	1500	98	210	14	72
29.06.	1520	17	0,23	11	0,15	99	0,023	1300	21	840	14	99
12.08.	1470	13	0,19	8,6	0,13	98	0,014	570	21	390	14	99
06.10.	1500	12	0,3	8,3	0,2	98	0,013	390	23	260	15	99
21.12.	1310	14	0,33	11	0,25	98	0,018	420	21	320	16	98
Keskiarvo	2350	16	0,59	9,4	0,21	97	0,02	840	34	450	15	94
2011												
17.02.	1192	15	0,37	13	0,31	98	0,025	950	29	800	24	97
05.04.	4379	20	1,9	4,6	0,43	91	0,03	1310	92	300	21	93
14.06.	1720	17	0,26	9,6	0,15	98	0,014	640	21	370	12	97
13.10.	2778	13	0,47	4,5	0,17	96	0,012	390	47	140	17	88
20.12.	4564	14	1,2	3	0,27	91	0,016	1100	73	240	16	93
Keskiarvo	2927	16	0,84	6,9	0,26	95	0,019	878	52	370	18	94

Vuodenaikojen vaihtelu vaikuttaa puhdistamon toimintaan, sillä kuormitukset vaihtelevat etenkin keväisin sulamisvesien ja muiden pitkien sadejaksojen aikaan. Puhdistamon mitoitusvirtaama 2500 m³/h ylittyy selkeästi keväisin. Saatujen tarkkailutulosten mukaan huhtikuussa tapahtuu sulamisvesistä johtuen selkeä notkahdus puhdistustuloksissa. (Taulukko 5.) Sulamisvesistä johtuva kasvanut virtaama on laimeampaa kuin muina vuodenaikoina, jolloin reduktiot jäävät vaatimattomiksi. Laskeutus selkeytysmenetelmänä kestää huonosti hydraulisen kuormituksen huippuja, jolloin lähtevän veden laatu vaihtelee kuormituksen vaihdella voimakkaasti (Karttunen, 2004, 517). Päivittäinen normaalia korkeampi kokonaiskuormitus yhdistettynä korkeaan virtaamaan vaatii puhdistamolta onnistunutta toimintaa ilman mahdollisuutta ohituksiin, jotta päästään riittäviin puhdistustuloksiin.

Flotaation valmistuttua taulukossa 5 näkyvät puhdistustulosten vaihteluiden voidaan odottaa tasoittuvan, sillä flotaation lisääminen parantaa jälkikäsitelyssä hydraulisen kuormituksen kestoa, kohtuullisilla ja matalilla kiintoainepitoisuuksilla, jotka ovat sulamisvesistä aiheutuneille korkeille virtaamille tyypillisiä. Lisäksi useamman jälkikäsitelymenetelmän käyttö antaa paitsi yleisesti paremman myös varmemman puhdistustuloksen. (Karttunen 2004, 157.)

4.6 Flotaation ohjaus, mahdolliset häiriötilanteet ja ongelmakohdat

Flotaation ohjaukseen vaikuttavat muun muassa seuraavat parametrit: virtaama, veden lämpötila, jäteveden ominaisuudet, kemialliset esikäsitely mahdollisuudet, kiintoainepitoisuus, hydraulinen kuorma sekä ilman ja kiintoaineen suhde (A/S). Käytettävät parametrit tulee määrittää maksimivirtaamalle sopiviksi. (Cheremisinoff 2002, 281, 320.)

Laajoista tutkimuksista huolimatta flotaatioprosessissa on paljon vielä tuntemattomia tekijöitä ja muuttujia, joiden käyttäytymistä eri olosuhteissa ei osata ennakoida. Ilmaflotaatiolaitteiston (DAF) toimintaa ei siten voida luotettavasti ennustaa pelkästään suunnitteluparametrien kuten hydraulinen kuormitus, kiintoainekuorma ja ilmamassan mukaan. Laitteistoja tulisikin testata pilot-mittakaavassa laitoksessa käsiteltävällä jätevedellä ennen varsinaisen prosessin toteutusta, jolloin nähdään kuinka kyseinen jätevesi käyttäytyy suunnitellussa prosessissa. (Wang ym. 2010, 5.) Joidenkin muuttujien vaikutukset ovat tunnettuja ja syy-seuraussuhde yleisesti tunnustettu. Muutettavissa olevia parametreja joiden seuraukset tunnetaan, ovat esimerkiksi: pH, lämpötila, kuplakoko ja käytettävä paine. Seuraavissa alaluvuissa kuvataan, kuinka eri muuttujat vaikuttavat flotaatioprosessin toimintaan. Lisäksi haetaan flotaation optimiolosuhteita ja yksittäisten parametrien suuruusluokkia.

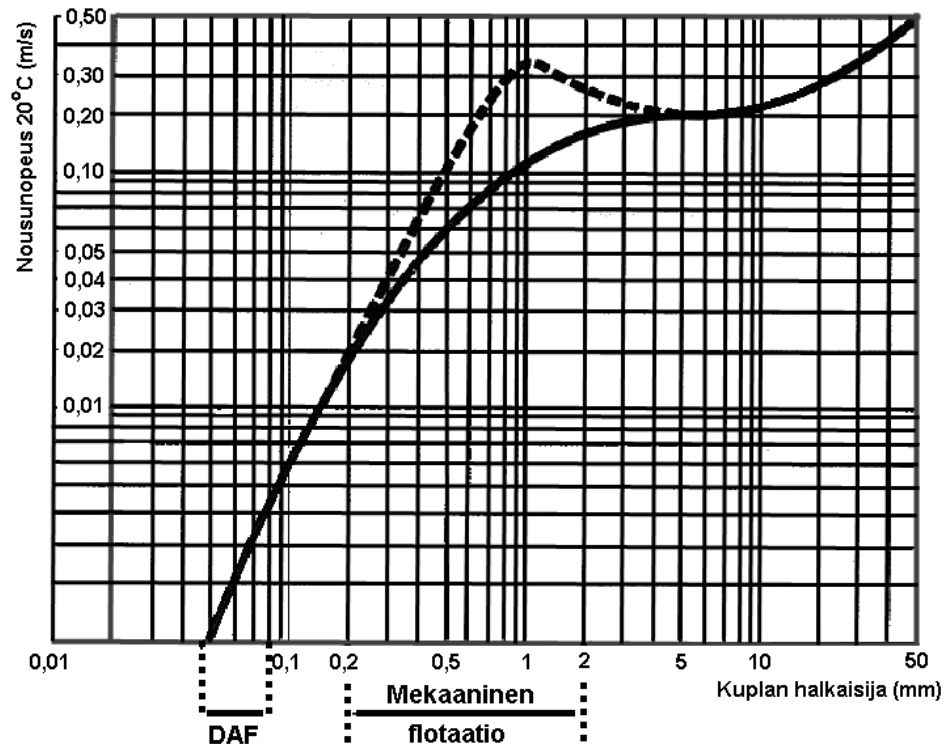
4.6.1 Käytettävä kaasu, kuplakoko sekä ilman ja kiintoaineen suhde

Flotaatiossa käytettävän kaasun valinta vaikuttaa sen liukoisuuteen veteen. Liukoisuuteen vaikuttaa myös paineen nousu, jolloin esimerkiksi ilman liukoisuuskyky nesteeseen kasvaa (Cheremisinoff 2002, 280). Yleisimmin käytetään kaasuna ilmaa, mutta myös

typellä, hiilidioksidilla, metaanilla ja edellisten yhdistelmillä on tehty kokeita ja niiden käyttö flotaatiossa on mahdollista. Edellä kuvatuilla kaasuilla voidaan päästä korkeampiin liukoisuuksiin kuin ilmaa käytettäessä. Korkeampi liukoisuus tarkoittaa tiheämpien lauttojen muodostumista, josta seurauksena on pienempi palautusvirta. (Wang ym. 2010, 7.) Yhdyskuntajätevedenkäsittelyssä käytetään yleisesti ilmaa.

Onnistuneen flotaation edellytys ilmaflotaatiossa on kuplien koko. Suuret kuplat nousevat nopeasti, jolloin ilman ja kiintoaineiden kontaktiaika on lyhyempi kuin käytettäessä pienempiä kuplia. Suuret (yli 130 μm) halkaisijaltaan olevat kuplat aiheuttavat noustessaan turbulenssia ja niiden kontaktipinta on pienempi kuin halkaisijaltaan pienemmillä kuplilla. Kuplakokoon ja kuplien määrään vaikuttaa sekä rakennettu laitteisto että jäteveden kemiallinen koostumus. Kemialliseen koostumukseen vaikuttavat eniten pintajännitys ja liuenneiden aineiden konsentraatio. Kun pintajännityksen arvo pienenee, kuplien koko pienenee ja vastaavasti kuplamäärä kasvaa. Liuenneiden aineiden konsentraation tai lämpötilan noustessa ilman liukoisuus pienenee. Liukoisuuden pienentymistä voidaan tasapainottaa painetta nostamalla. Suurin laminaarisesti kohoava kupla on halkaisijaltaan 130 mikrometriä. (Wang ym. 2010, 9, 73.) Alla olevassa kuviossa 1 on esitetty kaasukuplien nousunopeus suhteessa kuplakokoon.

Kaasukuplan nousunopeus vedessä suhteessa kuplan halkaisijaan



KUVIO 1. Kaasukuplan nousunopeus vedessä (Degremont 1991, 191; Karttunen 2004, 97)

Kuviosta 1 voidaan laskea, että esimerkiksi 50 mikrometrin kuplan nousunopeus on noin 5 m/h. Flotaatiolle sopiva kuplakoko on alle 100 mikrometriä (kuvio 1). Käytännössä haluttu keskimääräinen kuplakoko on kuitenkin noin 40 - 70 mikrometriä (Haimi 2008, 19; Karttunen 2004, 100). Pieni kuplakoko riittää nostamaan flokit pintaan, sillä flokkien ja jäteveden tiheusero on todella pieni, flokin tiheyden ollessa välillä 1.001 - 1.01 g/cm³ (Letterman 1999, 7.54, 7.56). Vastaavasti puhtaan veden tiheys lämpötilassa 20 °C on 0,998 g/cm³ (Mäkelä, Soininen, Tuomola & Öistämö 2005, 178).

Flotaatiota suunniteltaessa yksi tärkeimmistä suunnitteluparametreista on Air-to-Solids Ratio (A/s) eli ilman ja kiintoaineen suhde. Jos arvo on liian pieni, ei tapahdu riittävästi flotaatiota. Jos arvo puolestaan on liian suuri, ilmakuplien määrä kasvaa tarvittavaa suuremmaksi. Kun kuplia on huomattavasti enemmän kuin mitä voi tarttua kiintoaineeseen, ilmakuplat yhdistyvät suuremmiksi kupliksi, josta aiheutuu turbulenssia. Kokeellisesti on todettu että optimi A/s arvo on jätevedenkäsittelyssä välillä 0,02 - 0,06. Jos ilman ja

kiintoaineen suhdetta halutaan nostaa, tulee kasvattaa paine-eroa tai lisätä kierrätetyn veden määrää. Oikeassa suhteessa tapahtuva edellisten arvojen suurentaminen parantaa hyötysuhdetta siihen rajaan asti, kunnes prosessissa turbulenssi lisääntyy ja läpivirtauksessa aletaan havaita häiriöitä. (Wang ym. 2010, 132; Woodard & Curran 2006, 310.)

4.6.2 Optimipaine, pH ja lietekeerroksen korkeus

Prosessille sopiva optimipaine määritetään suunnitteluvaiheessa tasapainottamalla vedenpainepumpun ja kompressorin hintaa yksittäisten komponenttien ja paineistusaltaan koon hintaan. Mitä korkeampi paine, sitä pienemmät komponentit ja paineistusallas tarvitaan, toisaalta korkeamman paineen saavuttaminen vaatii tehokkaamman pumpun ja kompressorin. Useimmiten käytetään painetta välillä 60 - 120 psig eli noin 4 - 8 baria (Woodard & Curran 2006, 310–311.) Sovelluksia on kuitenkin käytössä alkaen 2 barin paineesta aina 8 bariin lämpötilavälillä 0 - 30 °C (Letterman 1999, 7.55).

Paineella ja dispersioveden nopeudella on vaikutusta flotaatioon syötettävään ilmamäärään. Kun kiintoaineen pitoisuus on alle 500 mg/l, riittää yleisesti käsiteltävän veden määrään nähden 5 - 10 % dispersioveettä tuottamaan hyvän puhdistustuloksen. Myös flokkien koko vaikuttaa tarvittavaan ilmamäärään. Mitä enemmän vedessä on pieniä flokkeja, sitä enemmän kuplia tarvitaan. Kuplien määrää voidaan kasvattaa, joko pienentämällä kuplakokoa tai lisäämällä dispersioveden virtausta. (Ainali, Juuso, Sorsa 2001, 12.)

Flotaatiolle sopiva pH alue on laaja, sillä pH vaikuttaa lähinnä koagulantin valintaan. Jos prosessin pH on välillä 5.5 - 8.0, alumiinisulolat ovat tehokkaampia kuin rautasulolat. Alumiinisulolat vaikuttavat veden alkaliteettiin, jolloin saattaa olla tarvetta lisätä sähkönjohtavuutta. Jos prosessin pH on 8 - 10, rautasulolat ovat tehokkaimmillaan. Rautasulolaa käytettäessä on kuitenkin otettava huomioon rautasulolan aiheuttama alkaliteetin ja pH:n alentuma. (Cheremisinoff 2002, 308.) Flotaatioaltaan pinnalle kertyneen lietekeerroksen tulisi olla noin 10 mm optimaalisen tuloksen saavuttamiseksi. Jos lieteputjan korkeus pidetään vakiona, putjan kiintoainekonsentraatio ja puhdistetun veden laatu ovat parhaimmillaan. (Letterman 1999, 7.71.)

4.6.3 Mahdolliset poikkeus- ja häiriötilanteet ja niiden vaikutus

Tähtitiniemen jätevedenpuhdistamon toiminta on vakaalla pohjalla. Kiristyneiden lupaehtojen vaatimuksiin on pystytty vastaamaan, eikä viime vuosina puhdistamolla ole jouduttu suorittamaan ohituksia. Yleisin syy ohituksille on prosessin häiriöt kuten myrkkypäästöt ja vuotovesien aiheuttama kuormituksen kasvu. Ohituksiin ei ole todennäköisesti ole tarvetta myöskään lähitulevaisuudessa. Tähtitiniemen jätevedenpuhdistamon toiminta-alueella ei ole puhdistusprosessin onnistumiselle olennaisesti vaarallista teollisuutta. Ainoa huomionarvoinen teollisuuskohde on Foxtel Oy, joka on satunnaisesti aiheuttanut puhdistamolle pieniä pesuainepäästöjä. Ohituksia voidaan kuitenkin joutua tekemään, jos sähkökatko kestää yli 12 tuntia, sillä puhdistamossa ei ole varajärjestelmää sähkökatkojen varalle (Ympäristölupapäätös 20/2008/1, 10).

Flotaatio kestää korkeita kiintoainekuormia, joten sitä voidaan käyttää tarvittaessa ohitusvesien käsittelyyn ja puhdistamon ylikuormitustilanteissa (Koivunen 2007, 3). Virtaaman voimakas kasvu kuitenkin aiheuttaa voimakasta turbulenssia flotaatioaltaaseen, josta seuraa puhdistustuloksen heikkeneminen (Kiuru 2001). Flotaation tehokkuus laskee myös, jos liuenneiden orgaanisten aineiden pitoisuus on erittäin alhainen (Letterman 1999, 7.49).

Raision jätevedenpuhdistamolla on ollut mikroflotaatio vuodesta 2004 lähtien, jota on käytetty lähinnä biologisen osan ohitukseen. Ongelmana on ollut ajoittain esiintyvää dispersiovesisuuttimien tukkeutumista, joka ratkaistiin lisäämällä dispersiovesikiertoon suodatinsihti. Toinen alkuvaiheen ongelma oli paksun lietekakun kerääntyminen flotaatioaltaan pinnalle. Pinnalta kakku laskeutui aina välillä altaan pohjalle heikentäen lähtevän veden laatua. Lähtevän veden laatua on sittemmin saatu parannettua suorittamalla kokeiluja. Kolmas ongelma oli pohjalietteen poistolaitteiden puuttuminen, joka ratkaistiin rakentamalla jälkikäteen puhdistusputkistoja ja yhteitä. (Huhtamäki & Rantanen 2005, 40 -41.)

5 PUHDISTAMOLTA LÄHTEVÄN JÄTEVEDEN HYGIEENISYYS

Jätevedenpuhdistamoiden tarkoituksena on käsitellä jätevettä, siten että se voidaan mahdollisimman hyvin puhdistustuloksien purkaa puhdistamon purkuvesistöön. Jätevedestä pyritään poistamaan etenkin happea kuluttavia ainesosia, typpeä ja fosforia, sillä niiden hyvää poistotehokkuutta edellytetään puhdistamoiden lupaehtoissa. Yleisen mielenkiinnon kohteeksi ovat kuitenkin viimeaikoina nousseet jätevedeen käsittelystä huolimatta jäävät taudinaiheuttajat eli patogeeniset organismit. Patogeenisiä organismeja ovat muun muassa bakteerit, virukset ja sisämysloisten munat, joista Suomessa merkittävin on lapamato (Karttunen 2003, 264). Aihetta ei ole vielä laajasti tutkittu eikä yleensä osata luotettavasti sanoa, kuinka paljon eri puhdistusvaiheet poistavat taudinaiheuttajia jätevedestä.

5.1 Hygieenisuus ja patogeenit

Lähtökohtana hygieenisuystarkastelussa on vaatimus, ettei jätevedenpuhdistamosta purkuvesistöön johdettava vesi saa sisältää haitallisia määriä vaarallisia tai haittaa aiheuttavia aineita (Ympäristölupapäätös 20/2008/1, 14). Mikro-organismit vaikuttavat veden laatuun, mutta niiden haitallisuutta on yleensä hankalaa määrittellä, sillä tunnistaminen on työlästä ja vaatii laajaa osaamista. Tästä syystä niitä ei voida tehokkaasti tarkastella päivittäisen laaduntarkkailun yhteydessä. Menetelmät ovat kuitenkin kehittymässä ja niitä voidaan entistä enemmän käyttää muun muassa mikrobien poistotehokkuuksien määrittämiseen (Pitkänen, Honkajärvi, Miettinen, Siitonen, Roivainen 2008).

Yhdyskuntajäteveden bakteeripitoisuus voi laskea jäteveden kemiallisen ja biologisen käsittelyn avulla jopa alle yhteen prosenttiin verrattuna alkuperäiseen pitoisuuteen. Tertiäärin flotaation vaikutuksista bakteerien, virusten ja parasiittien vähenemisen määrään jätevedessä ei ole kirjallisuudessa tutkittuja tuloksia. Tutkimuksen tekeminen aiheesta on hankalaa ja aikaa vievää, sillä patogeenien esiintymistä vedessä yritetään selvittää epäsuorasti helpommin havaittavien indikaattoriorganismien avulla. Yleisimpiä indikaattoriorganismeja ovat koli- ja streptokokkibakteerit. Juomaveden puhdistuksessa käytetyn flotaation on todettu poistavan patogeeneja suoritetuissa tutkimuksissa. Tehokkuuteen vaikuttaa etenkin sopiva lämpötila ja kesällä korkeammassa käsiteltävän

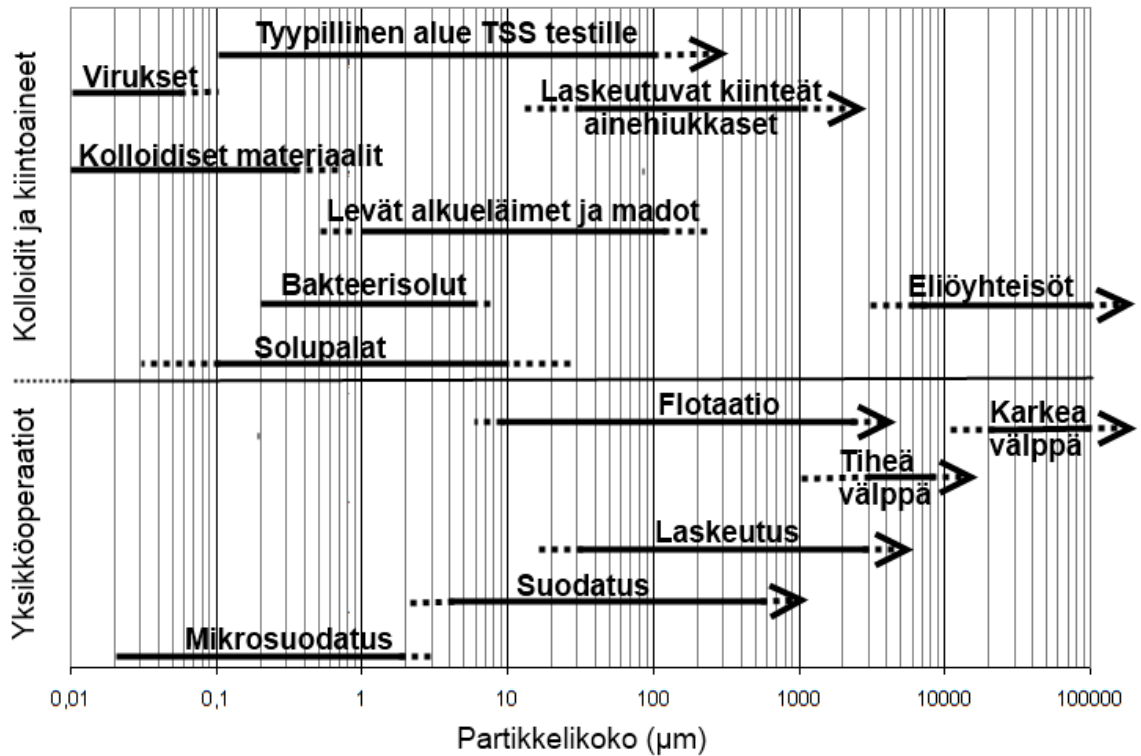
veden lämpötilassa tulos on parempi kuin talvikaudella. Yleensä käsittelytulos riittää, mutta joissain tapauksissa hygieenisyyden takaamiseksi käytetään vielä erilaisia desinfiointimenetelmiä patogeenibakteerien tuhoamiseksi. (Karttunen 2003, 241, 246; Karttunen 2004, 551; Koivunen 2007, 26.)

5.2 Jäteveden desinfiointi

Desinfioinnin tarkoituksena on tuhota jäteveden käsittelyprosessissa jäteveteen jäävät tautia aiheuttavat mikro-organismit. Poistettavia mikro-organismeja ovat erilaiset bakteerit, loiset ja virukset (kuvio 2). (Karttunen 2004, 152.) Desinfioinnin tarve määritetään laitospohtaisesti. Pääsääntöisesti pienemmillä puhdistamoilla kuten Tähtiniemessä ei jätevettä tarvitse desinfioida.

Desinfioinnin puuttuminen laitokselta tai määritelmä ettei jätevettä tarvitse desinfioida ei kuitenkaan tee lähtevästä jätevedestä täysin puhdasta ja vaaratonta. Vaikka bakteeripitoisuus voikin laskea puhdistusprosessissa yhteen prosenttiin tai alle pitoisuudet ovat riittäviä aiheuttamaan tautitartuntoja sopivissa olosuhteissa. Puhdistettuakin jätevettä juonut henkilö voi sairastua erilaisten mikrobien aiheuttamiin infektioihin, sillä suolistobakteereista puhuttaessa infektiivinen annos on usein pieni (Pitkänen ym. 2008).

Jäteveden epäpuhtauksia ja niiden poistamiseen sopivia menetelmiä



KUVIO 2. Jätevedessä olevia epäpuhtauksia ja menetelmiä niiden poistamiseksi (Karttunen 2004, 508, muokattu)

Kuviosta 2 voidaan nähdä tulevassa jätevedessä olevien kiintoaineiden ja kolloidien kokoluokat. Kuviosta 2 on myös esitetty yleisiä jätevedenkäsittelyssä käytettyjä yksikköoperaatioita, joita käytetään epäpuhtauksien poistoon eri puhdistusprosessin vaiheissa. Vain mikrosuodatus pystyy kuvion 2 mukaan suoraan poistamaan pienimpiä viruksia, kolloidisia materiaaleja, solun osia ja bakteerisoluja. Suurin osa kolloidikokoa olevista hiukkasista kuitenkin voidaan poistaa kasvattamalla riittävän suuria flokkeja, joihin kolloidikokoiset hiukkaset ja mikro-organismit kiinnittyvät ja poistuvat esimerkiksi selkeytyksessä, flotaatiossa tai suodatuksessa (Karttunen 2004, 517).

5.3 Jätevedestä johtuvat terveysriskit

Puhdistamo kokoaa yhteen paikkaan niitä taudinaiheuttajia, joita on paikkakunnalla olevan väestön suolistossa sekä yleisesti esiintyviä mikropollutanteja kuten torjunta-aineet, huumaus- ja lääkeaineet sekä hygieniatuotteet. Vaikka suuri osa taudinaiheutta-

jista ja mikropollutanteista poistuu käsittelyn aikana, jää niitä silti vielä runsas määrä puhdistettuun jäteveeteen, jos desinfiointia ei käytetä. Purkuvesistöön johdettu vesi laimenee sekoituessaan, mutta pintavettä ei silti pidä juoda, sillä siinä on edelleen taudinaiheuttajia. Suurin terveysriski aiheutuu, jos joudutaan tekemään ohituksia, sillä käsittelemättömässä jätevedessä on huomattavasti enemmän suolistomikrobeja. Ohituksiin jouduttaessa on usein perusteltua sulkea läheisiä uimarantoja, jotta välttyään etenkin suolistobakteeri-infektioilta. Pieninä pitoisuuksina esiintyvien mikropollutanttien sen sijaan ei ole pystytty tieteellisesti osoittamaan aiheuttavan ihmiselle terveyshaittoja. On kuitenkin viitteitä siitä että mikropollutantit voivat aiheuttaa häiriöitä kalojen lisääntymisessä. (Keinänen 2010, 4; Pitkänen ym. 2008.)

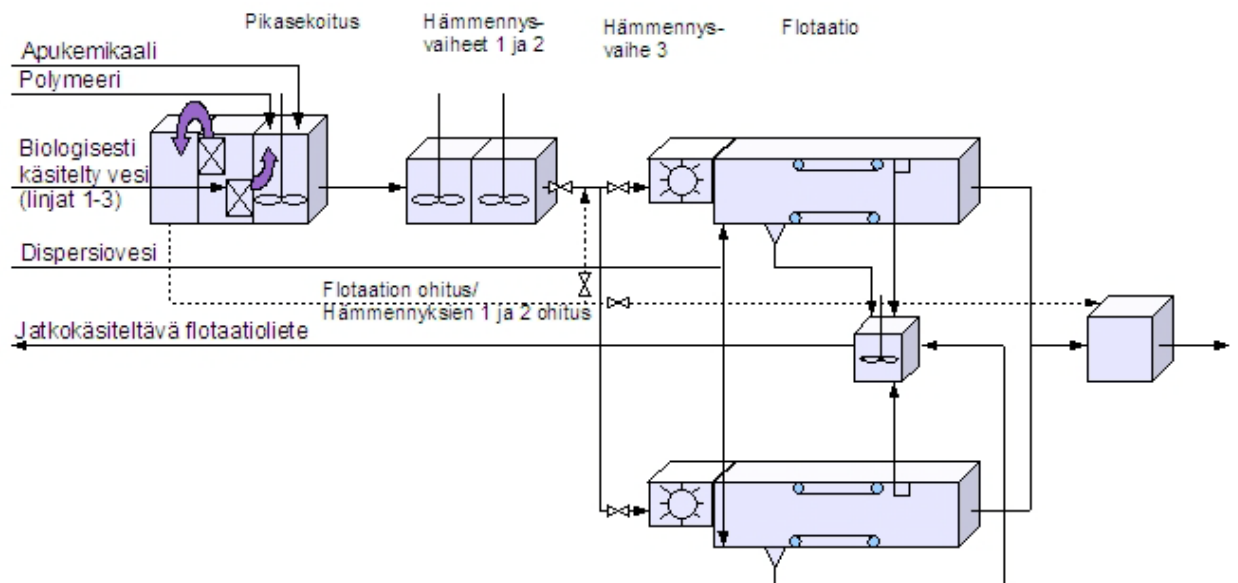
Suurin osa veden kautta välittyvistä epidemioista johtuu talousveden eri keinoin tapahtuneesta ulosteperäisestä saastumisesta. Tällöin talousveden desinfiointia ei joko ole ollut tai se ei ole toiminut riittävällä tasolla. Yksi syy ulosteperäiseen saastumiseen on puhdistamon tai muun viemärlaitoksen osan epäkuntoon joutuminen, jolloin jätevesi voi aiheuttaa lisääntyvää tarttuvien tautien leviämisen riskiä tai patogeenien pääsemistä suoraan yhdyskunnan vedenlähteeseen. Suomessa on viime vuosikymmeninä ollut kymmeniä ripuliepidemioita, jotka ovat johtuneet useimmiten noroviruksista ja kampylobakteereista. Myös rotaviruksen ja salmonellan aiheuttamia epidemioita on tavattu. (Karttunen 2003, 23; Pitkänen ym. 2008).

Flotaation käyttäminen ohitustilanteissa vähentää patogeenien määrää, sillä se vähentää kiintoaineksen määrää esikäsittelyllä tehostettuna noin 50 - 90 prosenttia (taulukko 9). Tämä poistotehokkuus ei kuitenkaan tee jätevedestä hygieenisesti turvallista, vaikka laitoksella olisikin desinfiointimahdollisuus. Jäteveden desinfiointia ei voi suorittaa onnistuneesti ennen kuin melkein kaikki kiintoainekset on poistunut (Karttunen 2003, 266). Jos laitoksella ei ole desinfiointia, normaalisti biologisessa osassa vähenevästä patogeenikannasta ei voida olettaa poistuvan merkittävää osaa flotaation aikana.

6 ORIVEDEN JÄTEVEDENPUHDISTAMOLLE TULEVA LAITTEISTO

6.1 Flotaatiolaitteiston kuvaus

Laitokselle rakennetaan kaksilinjainen flotaatio. Kaksilinjaisuus toteutetaan jakamalla väliseinällä entinen jälkikäsitteilyn lamelliselkeyttämö hämmennysosineen. Pikasekoitusaltaat saneerataan yksilinjaiseksi pikasekoitus-hämmennyslinjaksi flotaation eteen. Ensimmäinen pikasekoitusallas saneerataan kolmiosaiseksi. Keskimmäinen lohko toimii jakokaivona uuden pikasekoituksen ja ohituksen välillä. Toinen pikasekoitusaltaista saneerataan kahdeksi sarjassa olevaksi hämmennysaltaaksi. Periaatekuvassa (kuvio 3) oleva hämmennysvaihe 3 toteutetaan laitoksella olleisiin flokkausaltaisiin vedenjakomuutoksin. Pohja- ja pintaliete johdetaan tasausaltaaseen, josta edelleen pumpataan lietteenkäsittelyyn. (Koskinen 2010a, 3–5.)



KUVIO 3. Flotaation toteutuksen periaatekuva (Koskinen 2010a, 4, muokattu)

Dispersiovesi valmistetaan käyttämällä flotaatiosta lähtevää puhdistettua vettä (joko painesäiliössä tai dispersiopumpulla). Poistettu pinta- ja pohjaliete pumpataan flotaatiolietealtaaseen. Molemmat lietteet voidaan poistaa jatkuvatoimisesti pysäyttämättä prosessia (Lahti ym. 2011, 2-3). Liitteessä 3 on esitetty tarkempia piirustuksia 2-linjaisesta flotaatiosta.

Flotaation mitoitus on suunniteltu vastaamaan ennustetta jätevedenpuhdistamon vuoden 2030 kuormituksesta. Edellä kuvatun flotaatiolaitteiston mitoittamisen lähtökohtana on käytetty seuraavia ilmastuksen jälkeisiä arvoja (taulukko 6).

TAULUKKO 6. Flotaation mitoitusperusteet (Rissanen 2010a, 2)

Parametri		Yksikkö	Mitoitusarvo
Kiintoainepitoisuus ilmastuksen jälkeen	Keskiarvo	mgSS/l	15
Kiintoainepitoisuus ilmastuksen jälkeen	Maksimi	mgSS/l	30

Kiintoainepitoisuuksia taulukossa 6 käyttäen on laskettu yksityiskohtaiset mitoitusperusteet, jotka on esitetty liitteessä 4. Mitoitusperusteissa on tarkemmin selvitetty linjojen määrät ja altaiden koot, sekä tärkeimmät flotaation suunnitteluun liittyvät parametrit, joiden perusteella päätetään puhdistamolle rakennettavasta flotaatiosta.

6.2 Vastaavia laitteistoja suomessa

Flotaatiota jälkiselkeytyksessä käyttäviä laitoksia Kankaan (2004, 74, 104, 106, 124, 132, 146) kirjassa ovat Laihian jätevedenpuhdistamo, Pieksämäen keskuspuhdistamo, Pietarsaaren Alheda, Savonlinnan Pihlajanniemi, Tammisaaren (nykyinen Raasepori) Skeppsholm ja Vaasan Pätt.

Kokemäenjoen vesistönsuojeluyhdistyksen alueella, johon Tähtiniemen jätevedenpuhdistamo kuuluu, on seuraavia Flotaatiota jäteveden puhdistuksessa käyttäviä laitoksia: HS-veden Paroisten puhdistamo, Porin Veden Luotsinmäen puhdistamo, Parkano jätevedenpuhdistamo, Ähtärin jätevedenpuhdistamo ja Sahalahden puhdistamo. Sahalahdessa käytetään flotaatiota muista puhdistamoista poikkeavasti osana esikäsitteilyä, jolloin flotaation tarkoituksena on ensisijaisesti rasvanpoisto. (Lammentausta 2011c.) Tässä raportissa käytetään Sahalahden jätevedenpuhdistamon tuloksia vertailukohtana Tähtiniemessä määritettäessä puhdistustuloksia poikkeustilanteessa, jolloin biologinen saostus jouduttaisiin ohittamaan.

6.2.1 Fosforireduktioiden vertailu eri puhdistamoissa

Flotaation vertailua varten on puhdistustuloksia saatu Parkanon, Ähtärin ja Sahalahden jätevedenpuhdistamoista. Seuraavissa taulukoissa 7 ja 8 on koottu muutoksia fosforipitoisuuksissa kyseisiltä laitoksilta viimeiseltä kymmeneltä vuodelta. Vertailukohtana on Tähtiniemen jätevedenpuhdistamolta rinnakkaissaostusta ja lasketusta käyttäen saatuja tuloksia samoilta vuosilta.

TAULUKKO 7. Fosforireduktio Ähtärin ja Parkanon jätevedenpuhdistamoissa (Oksjoki 2010b, 1–3; 2011a, 1,2,4)

Aika	Ähtäri				Parkano			
	Vir- taama	Tuleva fosfori	Lähtevä fosfori	Re- duktio	Vir- taama	Tuleva fosfori	Lähtevä fosfori	Re- duktio
Vuosi	Q (m ³)	P (mg/l)	P (mg/l)	P (%)	Q (m ³)	P (mg/l)	P (mg/l)	P (%)
2000	1967	5,2	0,24	96	1652	5,4	0,21	97
2001	1932	6,3	0,26	95	1588	7,5	0,38	95
2002	1455	8,0	0,16	98	1522	7,6	0,31	96
2003	1471	7,8	0,19	97	1150	7,6	0,21	97
2004	1750	8,3	0,09	99	1580	6,5	0,23	97
2005	1730	7,1	0,14	98	1681	5,9	0,34	95
2006	1643	7,5	0,16	98	1564	6,3	0,35	95
2007	1223	6,8	0,23	97	1595	6,3	0,14	98
2008	1927	6,2	0,15	98	1618	5,7	0,50	91
2009	1080	8,1	0,30	96	1335	6,4	0,38	94
2010	-	-	-	-	1251	6,9	0,47	94
Lupa- ehto			≤ 0,30	≥ 95			≤ 0,5	≥ 95

Ähtärissä ja Parkanossa on käytössä jälkiflotaatio, jota käytetään pääsääntöisesti ilman saostuskemikaaleja (Lammentausta 2011c). Taulukon 7 mukaan voidaan päätellä että molempien laitosten fosforinpoisto on pääosin lupaehtojen mukaista. Taulukoista voidaan myös nähdä, ettei kummallakaan laitoksella pyritä ehdottomasti parhaaseen mahdolliseen puhdistustulokseen. Puhdistamoille näyttää riittävän lupaehtoihin yltyminen, sillä tertiäärinen flotaation edut pääsevät esiin, kun käytetään sopivia saostuskemikaaleja.

TAULUKKO 8. Fosforireduktio Sahalahden ja Oriveden jätevedenpuhdistamoissa (Oksjoki 2011b, 1–4; Lammentausta 2011a, 1–3)

Aika	Sahalahti				Orivesi			
	Vir- taama	Tuleva fosfori	Lähtevä fosfori	Re- duktio	Vir- taama	Tuleva fosfori	Lähtevä fosfori	Re- duktio
Vuosi	Q (m3)	P (mg/l)	P (mg/l)	P (%)	Q (m3)	P (mg/l)	P (mg/l)	P (%)
2000	1709	10,3	0,46	95	1824	6,1	0,24	96
2001	1298	12,3	0,26	98	1783	6,5	0,20	97
2002	1249	13,6	0,46	97	1804	8,1	0,19	98
2003	1154	14,2	0,29	98	1198	9,0	0,21	98
2004	1259	12,6	0,29	98	1958	6,9	0,16	98
2005	1197	14,3	0,28	98	1988	8,2	0,23	98
2006	1266	12,6	0,36	98	1467	6,9	0,23	97
2007	1240	13,9	0,37	98	1668	6,9	0,27	96
2008	1425	12,8	0,30	98	2575	6,6	0,31	95
2009	1234	15,4	0,24	98	1951	9,5	0,22	98
2010	1223	13,9	0,30	98	2345	8,6	0,24	98
Lupa- ehto			≤ 1,0	≥ 93			≤ 0,3	≥ 95

Sahalahdessa flotaatio on osana esikäsittelyä, sillä sahalahdella suurin osa jätevedenpuhdistamon tulokuormituksesta tulee Saarioinen Oy:ltä (Oksjoki 2011b, 1). Taulukosta 8 voidaan päätellä että Sahalahden laitoksen puhdistustulokset ovat onnistuneita, sillä tuleva fosfori on teollisuusjätevesien suuresta määrästä johtuen melkein kaksinkertainen verrattuna melkein pelkästään yhdyskuntajätevesiä käsitteleviin puhdistamoihin nähden. Sahalahden puhdistamon flotaation toimivuudesta voidaan päätellä enemmän taulukosta 9. Taulukosta 8 voidaan nähdä että myös Orivedellä on päästy tasaiseen puhdistustulokseen ja vuotta 2008 lukuun ottamatta puhdistustulosten keskiarvossa alle lupaehtorajan.

6.2.2 Flotaatio esikäsittelyssä Sahalahden jätevedenpuhdistamolla

Koska onnistunut fosforinpoisto on sidoksissa kiintoaineen poistotehokkuuteen, ei sen tarkkailuun yleensä kiinnitetä suurta huomiota. Sahalahden kiintoainereduktiota flotaatiossa voidaan pitää vertailukohtana Tähtiniemen jätevedenpuhdistamossa tapahtuville ohijuoksutustilanteille, sillä flotaatiota sovelletaan sahalahdessa osana esikäsittelyä. Tilanne ei ole aivan vastaava, sillä sahalahdessa puhdistamolle tulevista jätevesistä yli kaksi kolmasosaa on teollisuusjätevesiä, joka nostaa tulevaa kiintoainepitoisuutta (Oksjoki 2011b, 1). Taulukkoon 9 on koottu sahalahdella saadut tulokset flotaatiossa.

TAULUKKO 9. Flotaation vaikutus esikäsittelyssä tulevaan laitokselle tulevaan jäteve-
teen verrattuna vuonna 2010 (Oksjoki 2011b, 8, 9, 12)

Aika	Q	Ka Tule- va	Ka Läh- tevä	Ka reduk- tio	BHK _{7(atu)} tuleva	BHK _{7(atu)} lähtevä	BHK _{7(atu)} reduktio	P _{kok} tuleva	P _{kok} lähtevä	P _{kok} reduk- tio
pvm	m ³ /d	mg/l	mg/l	%	mg/l	mg/l	%	mg/l	mg/l	%
14.1	1438	1486	200	88	1787	-	-	15,7	14,0	24
28.1	1523	1085	450	63	1637	1000	46	18,3	17,0	18
9.2	1441	1159	540	59	1461	1100	34	14,3	13,0	21
24.2	1433	739	380	55	1560	1100	38	15,0	12,0	28
9.3	1441	751	340	60	1356	1100	29	16,5	14,0	26
23.3	1566	887	380	62	1354	910	41	12,9	15,0	-3
7.4	3301	354	290	63	508	830	26	6,5	9,7	34
21.4	1762	768	510	52	1044	1200	17	11,5	13,0	17
5.5	1692	661	330	63	1078	820	43	12,6	14,0	16
18.5	1604	1065	470	65	1565	1000	49	13,5	24,0	-40
3.6	1715	879	480	60	1225	1100	34	12,8	14,0	20
16.6	1652	905	380	70	1337	920	51	13,5	11,0	41
7.7	1406	936	420	62	1486	590	66	16,0	14,0	26
27.7	1538	961	440	60	1688	1200	38	17,0	17,0	12
5.8	1864	780	480	59	1034	850	46	11,6	14,0	20
18.8	1375	1059	520	94	1669	1200	91	18,0	15,0	90
2.9	1468	1293	410	72	1802	1100	46	14,9	13,0	23
21.9	1561	928	550	55	1505	1200	39	11,5	13,0	14
6.10	1633	1059	97	92	2053	640	73	16,3	2,2	88
19.10	1829	1396	640	59	1909	640	70	15,6	1,5	91
4.11	1894	1035	260	82	2503	970	72	15,9	4,5	79
18.11	1739	938	200	86	1254	650	65	12,5	3,5	81
8.12	1391	1222	370	74	1849	1100	49	16,1	11,0	42
21.12	1340	1309	150	90	1915	1000	56	14,9	9,1	48
Keski- arvo	1650	986	387	69	1524	966	49	14,3	12,0	34

Sahalahdessa flotaatio on esikäsittelyssä teollisuusjätevesille heti mekaanisen esikäsittelyn jälkeen. Kiintoainetta poistuu keskimäärin 70 %. Biologisen hapenkulutuksen osalta arvot pienenevät noin puoleen flotaatiossa. Heikoimmat fosforinpoistolukemat saatiin paria poikkeusta lukuun ottamatta niinä näytteenottopäivinä, jolloin kiintoaineiden ja biokemiallisen hapenkulutuksen reduktiot olivat alimmillaan. Keskiarvoksi kokonaisfosforin reduktiolle saatiin 34 %. (taulukko 9.)

Jos jätevettä ei käsiteltäisi flotaation jälkeen biokemiallisesti, kuten Sahalahdessa, vaan ajateltaisiin puhdistustuloksien olevan biologisen ohituksen, vesiä ei prosentuaalinen puhdistustulos yllä lähellekään lupaehtojen mukaisia vaatimuksia. Esikäsittely kuitenkin

poistaa suurimman osan näkyvistä epäpuhtauksista ja vierasesineistä. Flotaation puhdistustulokset vaikuttavat käsiteltävän jäteveden ulkoasuun kiintoaineen osalta sameuden vähenemisenä ja yleisen laadun paranemisena. Tällöin vesistöön johdettava vesi ei olisi vielä puhdasta, mutta siitä aiheutuu vähemmän näkyviä haittoja hajujen ja veden sameuden muodossa vesistön virkistyskäytön näkökulmasta.

6.2.3 Parkanon ja Ähtärin puhdistustulokset tarkkailuissa

Koska Tähtiniemestä ei saada koeajojen tuloksia, tarkastellaan pitkään vastaavilla laitoksilla toimineiden flotaatioiden tarkkailutuloksia. Tällöin saadaan arvio flotaation mahdollisista puhdistustuloksista käytännössä.

Parkanossa flotaatio on ollut käytössä vuodesta 1990 ja Ähtärissä vuodesta 1996, jossa viimeisin saneeraus valmistui 2009 loppupuolella. Molemmissa laitoksissa on pitkä kokemus flotaatiosta jälkiselkeytyksen osana (Oksjoki 2010b, 1; Oksjoki 2011a, 1). Seuraavassa taulukossa 10 on esitetty puhdistamoiden tulokuormituksen mitoitusarvot, jotta voidaan verrata puhdistamoiden kokoa Tähtiniemen puhdistamoon.

TAULUKKO 10. Puhdistamoiden mitoitusperusteet (Oksjoki 2010b, 1; Oksjoki 2011a, 1; Ympäristölupapäätös 20/2008/1, 5).

Kuormitus	Ähtäri	Orivesi	Parkano
Keskivirtaama (Q)	1300 m ³ /d	2 500 m ³ /d	3500 m ³ /d
Mitoitusvirtaama (q _{mit})	200 m ³ /h	160 m ³ /h	250 m ³ /h
BOD _{7-ATU}	400 kg/d	460 kg/d	325 kg/d

Mitoitusperusteista taulukossa 10 nähdään että Ähtärin puhdistamo on suunniteltu pienemmille virtaamille kuin Oriveden ja vastaavasti Parkanon puhdistamo suuremmille. Parkanon ja Ähtäri ovat kuitenkin molemmat samassa kokoluokassa kuin Tähtiniemen puhdistamo ja niiden tuloksia voidaan siitä syystä vertailla.

Seuraavaan taulukkoon 11 on koottu Ähtärin vuoden 2009 ja Parkanon vuoden 2010 keskeisimmät tarkkailuissa saadut puhdistustulokset. Tulokset on kokonaisuudessaan koottu liitteeseen 5.

TAULUKKO 11. Parkanon 2009 - 2010 ja Ähtärin 2008 - 2009 tarkkailujaksojen puhdistustuloksien yhteenveto (Lammentausta 2011b, 2011d)

Parametri ja yksikkö		Keskiarvo				Yksittäisiä tarkkailutuloksia				
		Parkano		Ähtäri		Parkano			Ähtäri	
		2009	2010	2008	2009	6.10.2009	21.1.2010	2.11.2010	27.8.2008	17.2.2009
Tuleva vesimäärä	m ³ /d	1198	1251	1926	1080	981	820	1522	1710	1085
BHK7-ATU tuleva	mg/l	192	237	209	216	220	630	170	200	280
BHK7-ATU lähtevä	mg/l	4,9	5,3	4,5	5,1	1,7	2,8	1,6	3,0	4,8
BHK7-ATU reduktio	%	97	97	97	98	99	99,6	99	99	98
Tyyppi tuleva	mg/l	47	51	38	56	48	81	38	41	66
Tyyppi lähtevä	mg/l	31	33	26	32	28	44	21	19	50
Ammoniumtyppi lähtevä	mg/l	19	23	24	25	0,05	42	11	14	51
Tyyppi reduktio	%	33	34	29	44	42	46	45	54	24
Fosfori tuleva	mg/l	6,9	7,7	6,6	9,2	7,3	13,0	5,3	7,1	11,0
Fosfori lähtevä	mg/l	0,34	0,35	0,16	0,38	0,30	0,17	0,075	0,10	0,10
L. fosfori lähtevä	mg/l	0,068	0,105	0,021	0,099	0,130	0,086	0,023	0,02	0,023
Fosfori reduktio	%	94	94	97	96	96	99	99	99	99
Kiintoaine tuleva	mg/l	241	278	284	280	250	620	210	250	400
Kiintoaine lähtevä	mg/l	17	10	10,7	11,6	6,7	3,1	2,3	7,7	6,0
Kiintoaine reduktio	%	92	95	95	95	97	99,5	99	97	99
COD Cr tuleva	mg/l	411	496	463	490	480	1200	330	380	700
COD Cr lähtevä	mg/l	40	40	36	43	30	30	30	30	50
COD Cr reduktio	%	89	90	90	91	94	98	91	92	93

Taulukosta 11 voidaan nähdä puhdistustulosten keskiarvot Parkanossa ja Ähtärissä, sekä yksittäisiä hyviä tarkkailupäivien puhdistustuloksia. Biokemiallisen hapenkulutuksen reduktiot ovat olleet hyviä molemmissa puhdistamoissa. Lähtevien pitoisuuksien vuosikeskiarvo 5 mg/l tasossa. Ähtärissä ei ollut ennen vuotta 2010 typenpoistovaatimusta, joka näkyy korkeina typpipitoisuuksina (Oksjoki 2010b, 1). Myöskään Parkanossa ei ole ympärivuotista typenpoistovaatimusta, vaan nitrifiointiasteen tulee ylittää 80 % prosessilämpötilan kohotessa yli 12 asteeseen, jolloin pitoisuudet jäävät korkealle tasolle (Oksjoki 2011a, 1).

Fosforin poistotehokkuuden osalta on saatu vaihtelevia tuloksia molemmilla puhdistamoilla. Parhaimmillaan on päästy 0,1 mg/l tasoon, joka on mahdollinen saavuttaa flota-

tiota käyttäen Tähtiniemessäkin. Kiintoainepitoisuuksien osalta puhdistamoilla on päästy 10 mg/l tasoon ja parhaimmillaan Parkanossa alle 3 mg/l pitoisuuksiin. Kemiallisen hapenkulutuksen osalta molemmilla laitoksilla päästää keskimäärin 40 mg/l tuloksiin, joka on selkeästi alle vaadittavan tason. (taulukko 11.)

6.3 Automaatio ja sähköjärjestelmä

Automaatio ja sähköjärjestelmä uusitaan vastaamaan laajennuksen tarpeita. Laajennuksessa lisätään ohjelmoitava logiikka Modicon TSX57 Unity, joka liitetään olemassa olevaan Modicon TSX57 prosessilogiikkaan. Logiikat toimivat Ethernetin välityksellä. Flotaatiolle tulee oma prosessiohjauslogiikka, joka liitetään automaatiojärjestelmään. (Herranen 2011, 3,5.)

Sähköjärjestelmä laajennetaan sisältämään myös flotaatioprosessi. Järjestelmään lisätään muun muassa flotaatiolietteen virtaamamittari, ja flotaatiolietteen pinnankorkeusmittari, pumppuja ja sekoittajia. (Ramboll 2011a; 2011b, 1–2.) Ramboll on laatinut laajemman selvityksen jätevedenpuhdistamon laajennuksessa ja saneerauksessa tarvittavista sähkö- ja automaatiojärjestelmistä, joten tässä raportissa ohitetaan kyseiset osat ilman tarkempaa selvitystä.

6.4 Lupaehtoihin sidotut vähimmäisvaatimukset laitteistolle

Lähtökohtaisesti voidaan odottaa puhdistustulosten parantumista, kun flotaatio ja muu puhdistamo saadaan kunnolla toimimaan saneerauksen jälkeen. Puhdistamon lupaehdot pyritään täyttämään BOD ja COD osalta saneerauksen yhteydessä lisättävällä kolmannen käsittelylinjan ilmastusaltaalla, joka lisää orgaanisen aineksen poistokapasiteettia. Vaaditaan vähintään 96 % BOD reduktiota ja 86 - 90 % CODCr reduktiota, jotta puhdistamo pääsee lupaehtoihin. (Koskinen 2010b, 5; Oriveden kaupunki 2010)

Etenkin fosforin osalta lupaehtoihin pääseminen vaatii ympärivuotisesti tehokasta kiintoaineen poistoa. Kiintoaineen poistolla on myös laskeva vaikutus muihin avainarvoihin. Normaalikäytössä ilman flotaatiota ollaan noin 15 mg/l kiintoainepitoisuuksissa,

joka on ennen saneerausta ollut keskimääräinen lähtevän veden kiintoainepitoisuus. Flotaation lisääminen laitokselle antaa mahdollisuuden tehokkaaseen kiintoaineen reduktioon aktiivilieteprosessin mahdollisessa häiriötilanteessa. Esimerkiksi jos kiintoainepitoisuus on 30 mg/l ilmastuksesta lähtevässä vedessä, vaaditaan jälkikäsittelyssä yli 70 % kiintoainereduktio, jolloin päästään lupaehtoihin etenkin fosforin osalta. Fosforia täytyy puhdistusprosessissa poistaa noin 97 %. Tulokseen pääsemiseksi lisätään ilmastustilavuutta ja biolietemäärää, joka lisää lietteeseen sitoutuneen fosforin määrää. Otetaan myös käyttöön uusi saostuskemikaali ja muutetaan jälkikäsittely flotaatioksi. (Koskinen 2010b, 5; Oriveden kaupunki 2010; Ympäristölupapäätös 20/200/1, 14, 22)

Nitrifikaation pitäisi puhdistamolla olla keskimäärin 93 %, jotta päästään ammoniumtyypen osalta vaadittavaan poistotehokkuuteen. Koska nitrifikaation onnistuminen vaatii kylmillä vesillä riittävän viipymän ja alhaisen lietekuormituksen, ilmastustilavuuden kasvattaminen tulee parantamaan nitrifikaation onnistumisen todennäköisyyttä. (Koskinen 2010b, 5; Oriveden kaupunki 2010)

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Jätevedenpuhdistamon saneerauksen lähtökohtana oli parantaa puhdistustuloksia ja mahdollistaa suuremman jätevesimäärän käsittely tehokkaasti. Puhdistettavan veden yleistä ja hygieenistä laatua päätettiin parantaa lisäämällä laitokseen flotaatio jälkikäsittelyn tueksi. Suuremman jätevesimäärän käsittely tulee olemaan mahdollista, sillä laitokselle ollaan rakentamassa muun muassa kolmas biologinen käsittelylinja. Tutkimusten ja toisilta laitoksilta saatujen tietojen perusteella voidaan odottaa huomattavasti parantuvaa puhdistustulosta, sillä tertiäärinen flotaatio jatkaa jäteveden käsittelyä siitä, missä ennen saneerauksen suorittamista puhdistettu vesi johdetaan vesistöön. Flotaatiotekniikalla voidaan poistaa jätevedestä pienempiä hiukkasia (10 µm) kuin laskeuttamalla (50 µm), mikä parantaa fosforin, kiintoaineiden ja mikro-organismien poistotehokkuutta.

Parhaimmillaan toimivalla flotaatiolla voidaan Niemelän mukaan päästä kiintoaineessa jopa alle 5 mg/l ja kokonaisfosforin osalta alle 0,2 mg/l. Lopullinen reduktio riippuu kuitenkin useista seikoista. Voidaan sanoa että Tähtiniemen puhdistustulokset tulevat paranemaan huomattavasti flotaation lisäämisellä, jos puhdistamo toimii normaalin hyvällä tasolla ja pyritään parhaaseen mahdolliseen puhdistustulokseen. Parkanosta ja Ähtäristä saatujen tulosten perusteella voidaan Tähtiniemessä jäännöspitoisuuksissa todennäköisesti kokonaisfosforin osalta päästä 0,1 mg/l luokkaan ja kiintoaineessa 5 mg/l luokkaan. Myös BHK ja COD arvoihin voidaan odottaa parannusta. Kirjallisuus tukee oletusta tulosten parantumisesta, joskin vuosikeskiarvoissa voidaan hieman jäädä edellä oletetuista jäännöspitoisuuksista. Puhdistamon ei kuitenkaan ole välttämättä pakko toimia maksimisuorituskyvyllä, jotta saavutetaan lupaehdot, sillä lupaehtoihin on ennen saneerausta päästy vuosittain eikä lupaehtojen kiristymisestä ole vielä tietoa.

Flotaatiosta tulee olemaan hyötyä poikkeustilanteissa, jos laitoksella joudutaan tekemään ohituksia esimerkiksi kevään vuotovesien tai muiden häiriötilanteiden aikana. Tällöin jäteveden yleistä laatua ja ulkoista olemusta kuten sameutta, joka johtuu korkeasta kiintoainepitoisuudesta, voidaan parantaa ennen sen johtamista purkuvesistöön. Sen sijaan flotaatiosta ei ole paljon hyötyä esimerkiksi pitkien sähkökatkojen aikana, jolloin laitosta ei voida operoida. Flotaatio tulee parantamaan myös jäteveden hygieenistä laa-

tua, sillä se poistaa myös pieniä partikkeleita, jotka kiinnittyvät sekoitus- ja hämmennysvaiheissa flokkeihin. Ei kuitenkaan ole luotettavaa tutkimustietoa, siitä kuinka paljon jäteveden hygieeninen laatu lopulta paranee.

Avainasemassa flotaation toimimisen kannalta on oikea kemikaaliannostus, sekä flotaatiota edeltävien yksikköprosessien toimivuus. Vaikka flotaatio kestääkin tulevan kuorituksen vaihteluita, flotaatioon tulevan veden laatu kannattaisi pitää mahdollisimman vakiona. Toinen avainkysymys on oikea dispersioveden määrä ja ilmakuplien koko. Puhdistustulos heikkenee, jos ilmakuplat ovat liian suuria tai niitä on liian vähän suhteessa muodostuneisiin flokkeihin. Todelliset ongelmakohdat kuitenkin paljastuvat vasta, kun flotaatiota aletaan käyttää ja ne voivat ratketa yksinkertaisilla ajotavan muutoksilla tai vaatia jopa rakenteellisia muutoksia.

Kun laitteisto saadaan toimimaan laitoksella, olisi kiinnostavaa tutkia flotaation todellista puhdistustehoa, vertaamalla parasta mahdollista puhdistustehoa ilman kemikalointia saataviin puhdistustuloksiin. Tällöin saataisiin selville paljonko kemikalointi parantaa puhdistustulosta Tähtiniemessä ja voidaanko saada säästöjä vähentämällä kemikalointia ilman suurta puhdistustulosten heikkenemistä. Käytännöllistä olisi myös tehdä jatkotutkimusta puhdistamalla edellisinä vuosina tehdyille tutkimuksille jälkikäsitteilyn tehokkuudesta. Tämä tapahtuisi yksinkertaisimmin ottamalla päivittäin näytteitä flotaatioon menevästä ja siitä lähtevästä vedestä, jolloin saadaan käsitystä flotaation puhdistustehokkuudesta.

Kolmas mielenkiintoinen tutkimuskohde liittyen rakennettavaan flotaatioon, on jäteveden hygieenisen laadun seuranta. Yleisesti käytössä olevat tutkimusmenetelmät ovat vielä monimutkaisia, mutta laboratoriotesteillä voitaisiin tutkia onko jätevedessä yleisimpiä patogenejä ja millaisina pitoisuuksina. Silloin voitaisiin todella sanoa, onko laitokselle varauksena suunniteltu UV-säteilytys paras desinfiointitapa vai kannattaisiko muita vaihtoehtoja vielä harkita, jos desinfiointi joskus lisätään puhdistamolle.

LÄHTEET

- AEL. Puhdistamonhoitajan peruskurssi 1993. Jätevesien käsittelytekniikka.
- Ainali, I., Juuso, E. & Sorsa, A. 2001. Vesikemikaalien annostelutyökalun kehittäminen: Flotaation perusteet, koejaksot ja mallinnus. Raportti B No 35. Oulun yliopisto Sähkötekniikan laboratorio.
- Aukia, J. 2007. Raakavettä Roineesta. *Waternet* 2/2007, 11.
- Cheremisinoff, N. P. 2002. *Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies*. United States of America: Reed Elsevier group, Butterworth-Heinemann.
- Degremont. 1991. *Water Treatment Handbook*. 6 painos. Pariisi: Lavoisier
- Econet, 2010. Flotaation prosessitoimitus 2-linjainen. Orivesi Tähtiniemen jvp. Helsinki:Econet
- Haimi, H. 2008. Kirjallisuusselvitys Espoon veden jätevedenpuhdistamohankkeen vaihtoehtoisista vesiprosesseista. Teknillinen korkeakoulu Vesihuoltotekniikan laboratorio. Espoo.
- Hokajärvi, A-M., Miettinen, I., Pitkänen, T., Roivanen, M., Siitonen., A. 2008. Suolistoinfektioita aiheuttavat mikrobit jätevedessä. *Kansanterveyslehti* 2/2008.
- Huhtamäki, M., Rantanen, R. 2005. Rasion puhdistamosaneerauksen ratkaisut ja käyttöönotto. *Vesitalous* 2/2005, 37-42.
- Kangas, A. 2004. Jätevedenpuhdistamoiden toiminta ja toteutukset. Helsinki: Vesi- ja viemäri- ja viemäriyhdistys.
- Karttunen, E. 2003. *Vesihuolto 1*. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL R.Y.
- Karttunen, E., Tuhkanen, T. & Kiuru, H. 2004. *Vesihuolto 2*. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL R.Y.
- Kaskela, Tauno. 2002. Längelmäveden seudun ympäristöterveysohjelma. Orivesi: Osuuskunta työjuhdat.
- Keinänen, J. 2010. Mikropollutantit – Mistä oikein on kysymys?. *Vesitalous* 4/2010, 4.
- Kiuru, H. J. 2001. Development of dissolved air flotation technology from the first generation to the newest (third) one (DAF in turbulent flow conditions). Helsinki University of Technology.
- Koivunen, J. 2005. Korkeapaine-flotaatio ja peretikkahappodesinfiointi jäteveden käsittelyssä. *Vesitalous* 3/2005, 18-23.

- Koivunen, J. 2007. Effect of Conventional Treatment, Tertiary Treatment and Disinfection Processes on Hygienic and Physico-Chemical Quality of Municipal Wastewaters. Kuopio: Kopijyvä.
- Koskinen, T. 2010a. Jälkikäsittely flotaatiotekniikalla. Kirkonkylän jätevedenpuhdistamon saneeraus. Ramboll.
- Koskinen, T. 2010b. Prosessisuunnitelma. Kirkonkylän jätevedenpuhdistamon saneeraus. Ramboll.
- Lahti, T., Koskinen, T. & Rissanen, N. 2011. Flotaation KVR-toimitus. Tekninen ja kaupallinen erittely. Ramboll.
- Lammentausta, J. 2011a. Vuosiyhteenveto Oriveden Tähtiniemen jätevedenpuhdistamon toiminnasta vuodelta 2010. Tampere: Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.
- Lammentausta, J. 2011b. Parka10(1).xls. Sähköpostiviestin liitetiedosto. jukka.lammentausta.kvvy.fi. Tulostettu 16.5.2011.
- Lammentausta, J. 2011c. Tiedustelu opinnäytetyötä varten. Sähköpostiviesti. jukka.lammentausta.kvvy.fi. Tulostettu 16.5.2011.
- Lammentausta, J. 2011d. Ahtari09(1).xls. Sähköpostiviestin liitetiedosto. jukka.lammentausta.kvvy.fi. Tulostettu 16.5.2011.
- Letterman, R.D. 1999. Water Quality and Treatment. A Handbook of Community Water Supplies. 5 painos. United States of America: McGraw-Hill.
- Niemelä, A. 2010. Jätevesien käsittelymenetelmät. KVVY ry:n puhdistamonhoitajien koulutus- ja neuvottelupäivät 27.10.2010. Turku.
- Metcalf & Eddy, Inc. 2003. Wastewater Engineering. Treatment and Reuse. 4th revised edition. Boston : McGraw-Hill.
- Mäkelä, M., Soininen, L., Tuomola, S., Öistämö, J. 2005. Tekniikan kaavasto. 5. uudistettu painos. Tampere: Amk-Kustannus Oy Tammertekniikka.
- Männistö, J. 2011a. Oriveden kaupunki, Tähtiniemen jvp. Kertaraportti. Tutkimus 2/2011. Tampere: Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys.
- Männistö, J. 2011b. Oriveden kaupunki, Tähtiniemen jvp. Kertaraportti. Tutkimus 6/2011. Tampere: Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys.
- Oksjoki, J. 2001. Vuosiyhteenveto Oriveden Tähtiniemen jätevedenpuhdistamon toiminnasta vuodelta 2000. Tampere: Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.
- Oksjoki, J. 2002. Vuosiyhteenveto Oriveden Tähtiniemen jätevedenpuhdistamon toiminnasta vuodelta 2001. Tampere: Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.

Oksjoki, J. 2003. Vuosiyhteenveto Oriveden Tähtiniemen jätevedenpuhdistamon toiminnasta vuodelta 2002. Tampere: Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.

Oksjoki, J. 2004. Vuosiyhteenveto Oriveden Tähtiniemen jätevedenpuhdistamon toiminnasta vuodelta 2003. Tampere: Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.

Oksjoki, J. 2006. Vuosiyhteenveto Oriveden Tähtiniemen jätevedenpuhdistamon toiminnasta vuodelta 2005. Tampere: Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.

Oksjoki, J. 2007. Vuosiyhteenveto Oriveden Tähtiniemen jätevedenpuhdistamon toiminnasta vuodelta 2006. Tampere: Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.

Oksjoki, J. 2008. Vuosiyhteenveto Oriveden Tähtiniemen jätevedenpuhdistamon toiminnasta vuodelta 2007. Tampere: Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.

Oksjoki, J. 2009. Vuosiyhteenveto Oriveden Tähtiniemen jätevedenpuhdistamon toiminnasta vuodelta 2008. Tampere: Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.

Oksjoki, J. 2010a. Vuosiyhteenveto Oriveden Tähtiniemen jätevedenpuhdistamon toiminnasta vuodelta 2009. Tampere: Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.

Oksjoki, J. 2010b. Vuosiyhteenveto Ähtärin kaupungin jätevedenpuhdistamon toiminnasta vuodelta 2009. Tampere: Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.

Oksjoki, J. 2011a. Vuosiyhteenveto Parkanon kaupungin jätevedenpuhdistamon toiminnasta vuodelta 2010. Tampere: Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.

Oksjoki, J. 2011b. Vuosiyhteenveto Sahalahden jätevedenpuhdistamon toiminnasta vuodelta 2010. Kokemäenjoen vesistönsuojeluyhdistys ry.

Oriveden kaupunki. 2010. Tähtiniemen jätevedenpuhdistamo. Luettu 16.5.2011.

Ramboll. 2011a. Piiriluettelo 704. Oriveden kunta Tähtiniemen jätevedenpuhdistamo. Tampere.

Ramboll. 2011b. Sähköpiiriluettelo SÄH-502. Oriveden kaupunki Tähtiniemen jätevedenpuhdistamon saneeraus ja laajennus. Tampere.

Rissanen, H. 2011. Automaatioselostus. Tähtiniemen jätevedenpuhdistamon laajennus ja saneeraus. Ramboll.

Sciential Supply & Equipment LLC. Solids removal. Luettu 14.7.2011. <http://www.scientialsupply.com/daf.shtml#solidsremoval>

Sillanpää, J. 2005. Vuosiyhteenveto Oriveden Tähtiniemen jätevedenpuhdistamon toiminnasta vuodelta 2004. Tampere: Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.

Suomen ympäristökeskus. 2006. Kiintoaine. Päivitetty 14.07.2006. Tulostettu 25.07.2011. www.ymparisto.fi/default.asp?node=19443&lan=fi

Tuominen, E. 2011a. Oriveden kaupunki, Tähtiniemen jvp. Kertaraportti. Tutkimus 1/2011. Tampere: Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys.

Tuominen, E. 2011b. Oriveden kaupunki, Tähtiniemen jvp. Kertaraportti. Tutkimus 3/2011. Tampere: Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys.

Tuominen, E. 2011c. Oriveden kaupunki, Tähtiniemen jvp. Kertaraportti. Tutkimus 5/2011. Tampere: Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys.

Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä 888/2006

Wang, L.K., Shamma, N.K., Selke, W.A. & Aulenbach, D.B. 2010. Handbook of Environmental Engineering, Vol 12. Flotation Technology. New York: Humana Press.

Watman. 2011. Tuotteet. Flotaatio (DAF). Luettu 7.7.2011. http://www.watman.fi/teollisuus/tuote_flot.asp

Woodard & Curran. 2006. Industrial Waste Treatment Handbook. 2. uudistettu painos. The United States of America: Butterworth-Heinemann.

Ympäristölupapäätös 20/2008/1

Ympäristönsuojelulaki 4.2.2000/86

LIITTEET

LIITE 1: 1 (2)

FLOTAATION KOEAJOT ORIVEDELLÄ

Saadut tulokset

Takuukoeajoissa saatiin seuraavia tuloksia. Kaikki näytteet analysoitiin akkreditoidussa ympäristölaboratoriossa hyväksytyjä määrittämenetelmiä käyttäen. Ensimmäinen takuuajo kesti kaiken kaikkiaan viisi päivää. Flotaation tulevasta ja siitä lähtevästä vedestä otettiin viisi vuorokausikohtaista virtaamaohjattua keräilynäytettä. Vuorokausinäytteistä tehtiin analyysit joita verrattiin takuuarvoihin. Takuuajo hyväksyttiin, sillä kaikkien vuorokausinäytteiden arvot alittivat suoritustakuussa määritellyn rajan (taulukko 1).

TAULUKKO 1. Takuukoeajo normaalikuormituksella

Takuukoeajo normaalikuormituksella	Kiintoaine SS, jäännöspitoisuus (mg/l)	Fosfori P-kok., jäännöspitoisuus (mg/l)
pp.kk.2012		
pp.kk.2012		
pp.kk.2012		
pp.kk.2012		
pp.kk.2012		
Tulosten keskiarvo		
Vaadittu tulos	≤ 15	≤ 0,30

Toinen takuukoeajo määrittelee flotaation toimintaa maksimikuormituksen aikana. Koetta varten kuormitus säädettiin liitteessä 4 olevan flotaation tulokuormituksen mukaiseksi. Maksimikuormitukseksi saadaan siis 390 m³/h biologisesti käsiteltyä vettä ja 110 m³/h hiekanerotuksen jälkeen muun prosessin ohittanutta vettä. Yhteensä flotaatioon menee 500 m³/h käsiteltävää vettä. Lähtevästä vedestä kerättiin neljä kertainäytettä, jotka otettiin 15 minuutin välein. Otetut kertainäytteet yhdistettiin kokoomanäytteeksi ja määriteltiin kiintoaineen ja fosforin pitoisuudet, jotka on esitetty seuraavassa taulukossa (taulukko 2).

TAULUKKO 2. Takuukoeajo maksimikuormituksella

Takuukoeajo maksimikuormituksella	Kiintoaine SS, jäännöspitoisuus (mg/l)	Fosfori P-kok., jäännöspitoisuus (mg/l)
pp.kk.2012		
Vaadittu tulos	≤ 20	≤ 0,35

Suoritustakuu täyttyy kun normaalikuormituksella päästään taulukon 3 osoittamiin jäännöspitoisuuksiin. (Lahti ym. 2011, 6)

TAULUKKO 3. Flotaation suoritustakuuarvot (Lahti ym. 2011, 6)

Parametri	Yksikkö	Toimintatilanne	
		Normaaliajo	Maksimi kuormitus
Kiintoaine SS, jäännöspitoisuus	mg/l	≤ 15	≤ 20
Fosfori P-kok., jäännöspitoisuus	mg/l	≤ 0,30	≤ 0,35
Normaaliajo: Biologisesti käsitelty (ilmastus + väliselkeytys) vesi johdetaan jälkikäsitelyyn. Maksimikuormitus: Biologisesti käsitelty vesi 390 m ³ /h + 110 m ³ /h ohitusvettä hiekanerotuksen jälkeen			

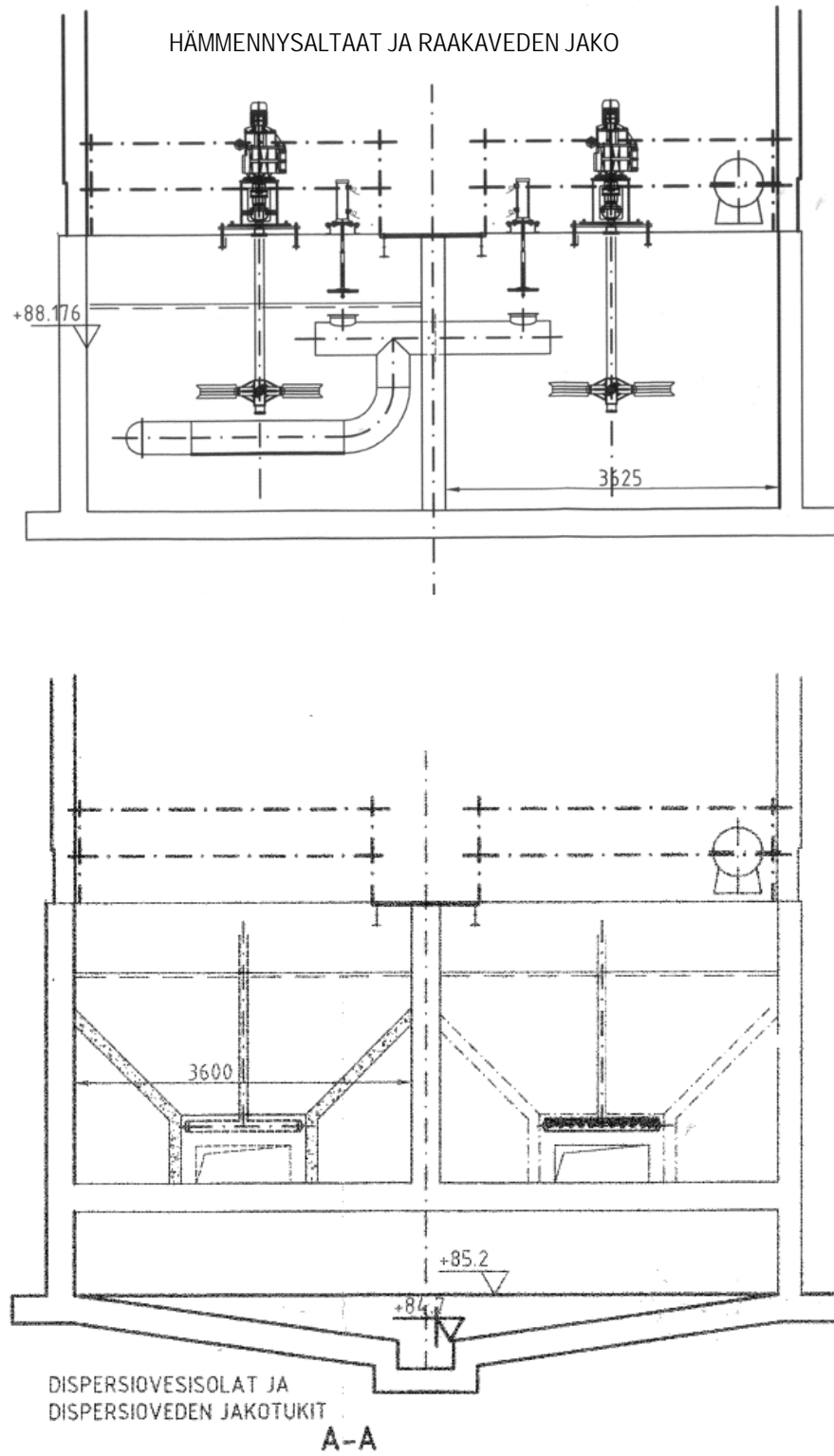
TERMIT JA LYHENTEET

A/S	ilman ja kiintoaineen suhde, %
AVL	asukasvastineluku
BOD	biokemiallinen hapenkulutus (katso BHK)
BHK _{7(ATU)}	biologinen hapenkulutus 7 vuorokauden aikana, jossa nitrifikaatio on estetty
COD	kemiallinen hapenkulutus
COD _{CR}	kemiallinen hapenkulutus, joka kuvaa jäteveden hajoamiseen tarvittavaa hapenkulutusta.
DAF	dissolved air flotation eli ilmaflotaatio
Ka	kiintoaine, mg/l tai %
MLSS	ilmastusaltaan kiintoainemäärä
P	fosfori, mg/l, kg/d tai %
Psig	paineen yksikkö, jota voidaan verrata ilmapaineeseen meren tasossa
P _{tot}	fosfori, kokonaismäärä mg P/l
SS	kiintoaine, mg/l, kg/d tai %
Q	virtaama m ³
Aided Flotation	avustettu flotaatio, flotaatioon johdetaan paineistamatonta vettä
Dispersiovesi	käsitelty vesi johon on liuotettu ilmaa painesäiliössä, johdetaan flotaatioaltaaseen
Induced flotation	aiheutettu flotaatio, flotaatioon johdetaan paineistettua vettä
Indikaattoriorganismi	yleinen organismi, jolla voidaan selvittää vaikeammin havaittavien patogeenien läsnäoloa esimerkiksi jätevedessä
Infektiivinen annos	sairastumiseen tarvittava määrä
Flokkaus	hämmennys, vettä sekoitetaan siten että hiukkaset liittyvät toisiinsa flokeiksi, käytetään yleensä apuna polymeeriä

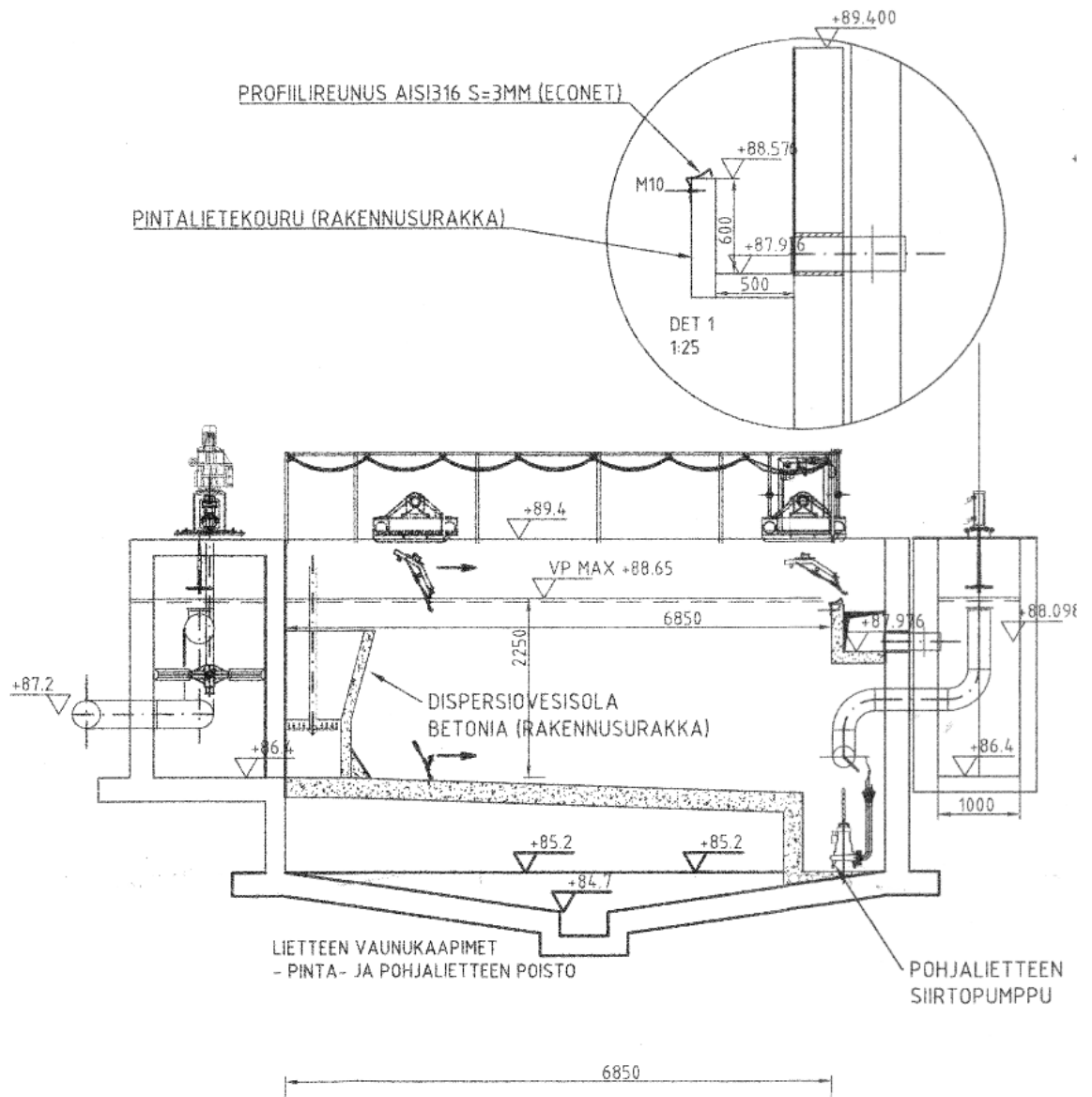
Koagulaatio	pikasekoitus, jossa tapahtuu yleensä saostuskemikaalin lisäys
Kolloidi	hiukkanen, joka ei liiku dispersioväliaineessa vain ainoastaan painovoiman vaikutuksesta, eikä erotu pitkälläkään aikavälillä pinnalle tai pohjalle. Koko noin $10^{-3} \dots 10^{-6}$ mm.
Natural flotation	luonnollinen flotaatio, tahantuu tiheyserojen vaikutuksesta
Mikro-organismi	mikrobi, pieneliö, mikroskooppisen pieni eliö jota ei voi nähdä silmin
Mikropollutanti	alhaisena pitoisuutena esiintyvä saaste
Patogeeni	sairautta aiheuttava pieneliö
UV-säteilytys	desinfiointimenetelmä, joka perustuu UV-säteilyn käyttöön eikä tuota haitallisia lopputuotteita

FLOTAATION PROSESSITOIMITUS 2-LINJAINEN

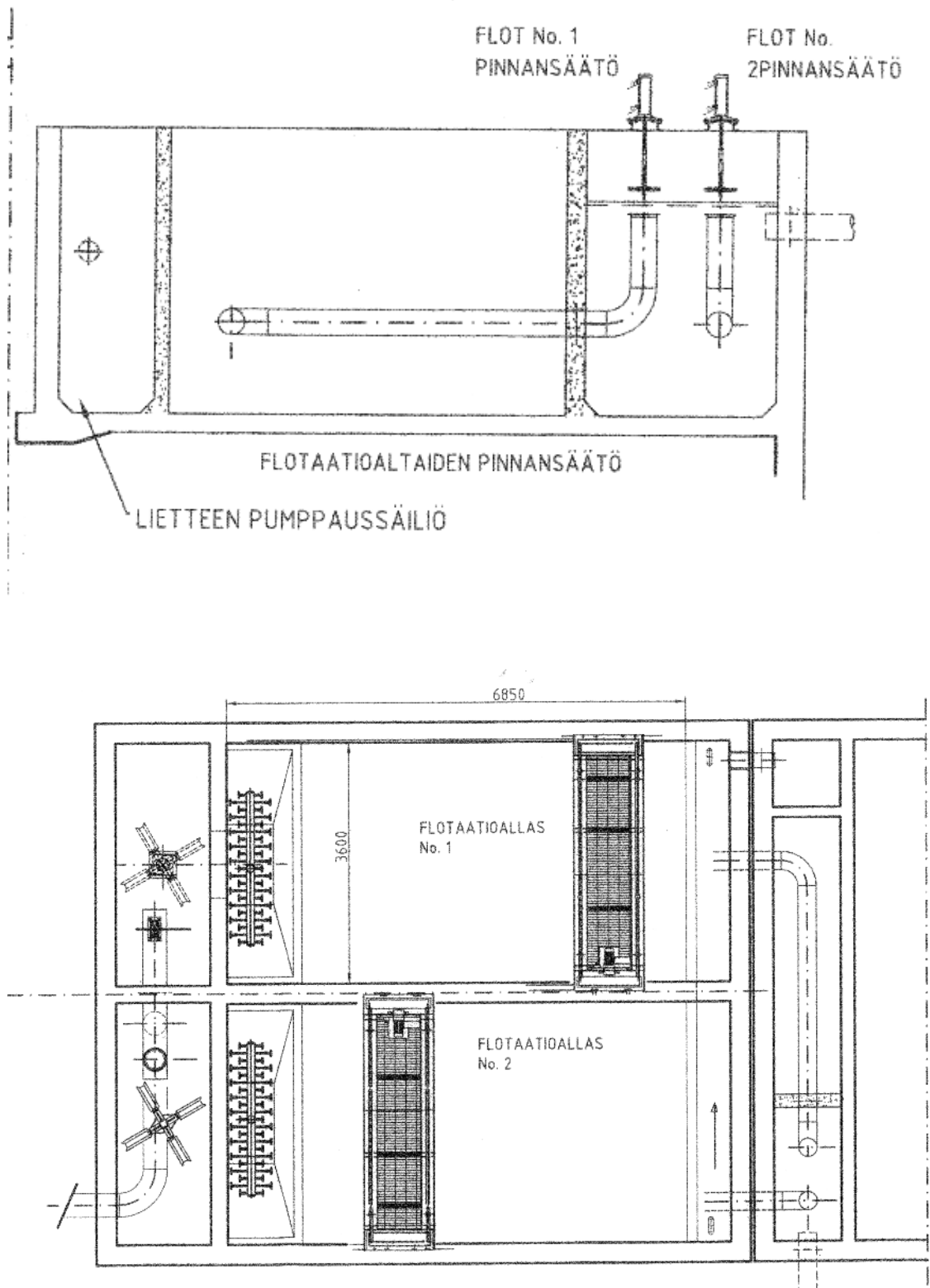
KUVIO 1. Hämmennysaltaat, raakaveden jako sekä dispersiovesi (Econet, 2012)



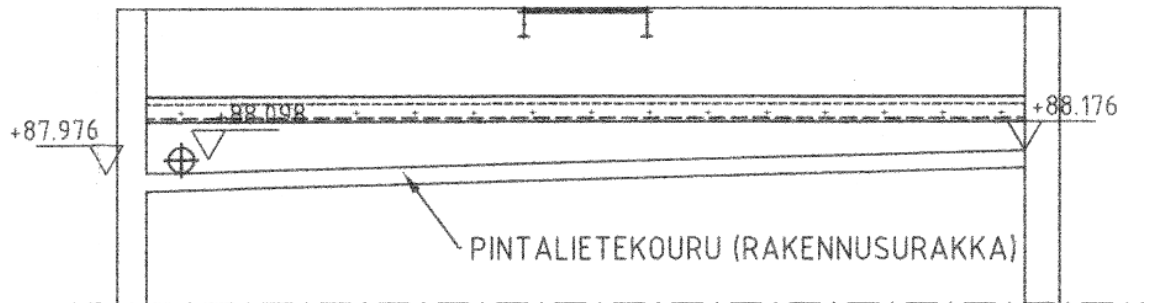
KUVIO 2. Pinta- ja pohjalietteen poisto (Econet, 2012)



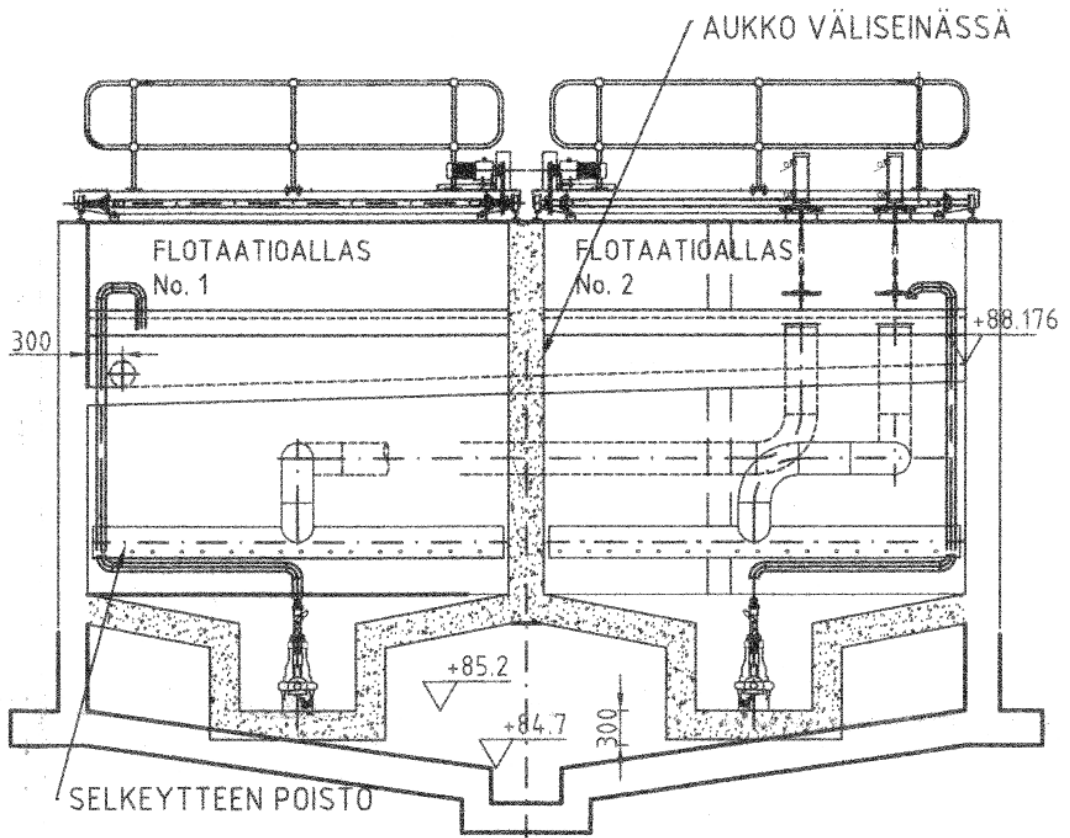
KUVIO 3. Flotaatioaltaat ja niiden pinnansäätö (Econet, 2012)



KUVIO 4. Altaisen väliseinä, pohjarakenne ja pintalietekouru (Econet, 2012)



YHTEINEN
PINTALIETEKOURUMOLEMMILLE
FLOTAATIOALTAILE



ALTAIDEN VÄLISEINÄ JA UUSI POHJARAKENNE
(RAKENNUSURAKKA)

FLOTAATION MITOITUSPERUSTEET V. 2030

TAULUKKO 1. Flotaation mitoitusperusteet v. 2030 (Koskinen 2010a, 3)

Parametri		Yksikkö	Mitoitus	Parametri		Yksikkö	Mitoitus
Pikasekoitus				Flotaatio			
Linjoja		kpl	1	Linjoja		kpl	2
Tilavuus		m ³	9	Pinta-ala/linja		m ²	24
Viipymä	,q _{KA}	min	5,5	Vesisyvyys		m	2,5 – 3,0
	,q _{MIT}	min	3,9	Tilavuus/linja		m ³	72
	,q _{MAX}	min	1,4	Viipymä	,q _{KA}	h	1,5
Hämmennys 1 ja 2					,q _{MIT}	h	1,0
Linjoja		kpl	1		,q _{MAX}	h	0,4
Tilavuus		m ³	2*16	Pintakuorma	,q _{KA}	m/h	2,0
Viipymä	,q _{KA}	min	2*9,8		,q _{MIT}	m/h	2,9
	,q _{MIT}	min	2*6,9		,q _{MAX}	m/h	8,1
	,q _{MAX}	min	2*2,5	SS-kuorma	,q _{KA}	gSS/m ² h	30
Hämmennys 3					,q _{MIT}	gSS/m ² h	44,0
Linjoja		kpl	2		,q _{MAX}	gSS/m ² h	240
Tilavuus		m ³	13	Kemiallinen liete			
Viipymä	,q _{KA}	min	16	Lietepitoisuus		%TS	2-6
	,q _{MIT}	min	11	Lietemäärä		m ³ /d	n.1-3
	,q _{MAX}	min	4	Kemikalointi			
				Ferrisulfaatti		g/m ³	0-30
						kg/d	max. 70
				Polymeeri		g/m ³	0-2
						kg/d	max. 5

TAULUKKO 2. Puhdistamon mitoitusvirtaamat v.2030 (Koskinen 2010a, 1, muokattu)

Parametri	Yksikkö	Mitoitusvirtaama
Keski vuorokausivirtaama Q_d	m^3/d	2350
Maksimivuorokausivirtaama Q_{MAX}	m^3/d	5900
Keskittuntivirtaama q_{KA}	m^3/d	98
Mitoitustuntivirtaama q_{MIT}	m^3/d	140
Maksimituntivirtaama q_{MAX}	m^3/d	390
Lämpötila	$^{\circ}C$	4 - 16
pH	-	6,5 - 7,5
Alkaliteetti	mmol/l	4,5

TAULUKKO 3. Flotaation tulokuormitus (Lahti, Koskinen & Rissanen 2011, 1)

Parametri	Yksikkö	Toimintatilanne	
		Normaali ajo	Maksimi kuormitus
Virtaama q_{MAX}	m^3/h	390	500
Virtaama q_{KESK}	m^3/h	98	-
Kiintoaine SS_{MAX}	mg/l	35	100
Kiintoaine SS_{KESK}	mg/l	15	-
Fosfori P-kok. $_{MAX}$	mg/l	1,2	3
Fosfori P-kok. $_{KESK}$	mg/l	0,5	-
Fosfori P-liuk. $_{MAX}$	mg/l	0,3	2,2
Fosfori P-liuk. $_{KA}$	mg/l	0,13	-
Lämpötila	$^{\circ}C$	4 - 18	
pH	-	6 - 8	
Normaalissa ajossa biologisesti käsitelty (ilmastus + väliselkeytys) vesi johdetaan jälkikäsitteilyyn			
Maksimikuormituksella biologisesti käsitelty vesi $390 m^3/h + 110 m^3/h$ ohitusvettä hiekanerotuksen jälkeen			

PARKANON JA ÄHTÄRIN PUHDISTUSTULOKSET

TAULUKKO 1. Ähtärin puhdistustulokset 2008 ja 2009 (Lammentausta 2011b)

Näytteet	Tuleva vesimäärä m ³ /d	Fosfori tuleva mg/l	Fosfori lähtevä mg/l	L. fosfori lähtevä mg/l	Fosfori reduktio %	COD Cr tuleva mg/l	COD Cr lähtevä mg/l	COD Cr reduktio %	Ammoniumtyppi lähtevä mg/l
28.02.	1264	11,0	0,21	0,03	98	1100	30	97	40
26.03.	1375	8,6	0,20	0,026	98	530	30	94	40
28.05.	1507	6,7	0,15	0,031	98	410	41	90	32
26.06.	2741	4,2	0,18	0,018	96	220	30	86	19
27.8.	1710	7,1	0,10	0,02	99	380	30	92	14
11.9.	1804	7,3	0,13	0,012	98	610	64	90	14
28.10.	2408	4,5	0,15	0,02	97	270	30	89	18
04.12.	2596	3,6	0,12	0,014	97	180	30	83	18
Keskiarvo	1264	6,6	,16	0,021	97	463	36	90	24
17.2.	1085	11,0	0,10	0,023	99	700	50	93	51
25.3.	952	10,0	0,10	0,029	99	480	41	91	49
19.5.	1450	7,0	0,10	0,023	99	530	35	93	28
24.6.	905	10,0	0,23	0,039	98	510	45	91	46
25.8.	1234	9,8	0,20	0,024	98	480	36	93	16
16.9.	1016	7,4	0,58	0,025	92	350	41	88	8,2
11.11.	804	11,0	1,30	0,42	88	500	59	88	1,8
1.12.	1192	7,5	0,43	0,210	94	370	33	91	1
Keskiarvo	1080	9,2	0,38	0,099	96	490	43	91	25

Näytteet	BHK7-ATU tuleva mg/l	BHK7-ATU lähtevä mg/l	BHK7-ATU reduktio %	Typpi tuleva mg/l	Typpi lähtevä mg/l	Typpi reduktio %	Kiintoaine tuleva mg/l	Kiintoaine lähtevä mg/l	Kiintoaine reduktio %
28.02.	480	7,2	99	62	41	34	760	11,0	99
26.03.	230	6,9	97	54	41	24	280	13	95
28.05.	230	6,0	97	42	31	26	230	10	96
26.06.	86	3,7	96	24	20	17	120	12	90
27.8.	200	3,0	99	41	19	54	250	7,7	97
11.9.	250	2,1	99	34	17	50	360	12	97
28.10.	110	4,2	96	25	20	20	160	9,6	94
04.12.	83	3,2	96	20	18	10	110	10	91
Keskiarvo	209	4,5	97	38	26	29	284	10,7	95
17.2.	280	4,8	98	66	50	24	400	6,0	99
25.3.	250	4,2	98	69	50	28	190	5,2	97
19.5.	260	6,7	97	46	30	35	310	12	96
24.6.	200	4,4	98	60	48	20	360	12	97
25.8.	190	7,9	96	57	27	53	330	6,9	98
16.9.	150	3,0	98	47	25	47	210	21	90
11.11.	230	6,6	97	62	17	73	230	21	91
1.12.	170	3,5	98	44	11	75	210	8,6	96
Keskiarvo	216	5,1	98	56	32	44	280	11,6	95

TAULUKKO 2. Parkanon puhdistustulokset 2009 (Lammentausta 2011d)

Näytteet	Tuleva vesi m ³ /d	Fosfori tuleva mg/l	Fosfori lähtevä mg/l	L. fosfori lähtevä mg/l	Fosfori reduktio %	COD Cr tuleva mg/l	COD Cr lähtevä mg/l	COD Cr reduktio %	Ammonium- typpi lähtevä mg/l
8.1.	1153	6,4	0,170	0,012	97	340	30	91	23
3.2.	1079	6,8	0,130	0,010	98	420	33	92	19
3.3.	907	7,5	0,260	0,023	97	420	39	91	33
1.4.	1259	6,7	0,180	0,010	97	360	34	91	31
5.5.	2100	4,8	0,270	0,010	94	340	37	89	24
2.6.	1031	8,2	0,190	0,012	98	470	35	93	36
1.7.	951	6,8	0,280	0,140	96	330	34	90	29
6.8.	889	6,6	0,440	0,190	93	380	67	82	0,5
1.9.	819	9,5	0,420	0,160	96	600	31	95	0,6
6.10.	981	7,3	0,300	0,130	96	480	30	94	0,05
3.11.	961	8,2	0,340	0,029	96	520	45	91	16
2.12.	2245	4,0	1,100	0,088	73	270	66	76	17
Keskiarvo	1198	6,9	0,34	0,068	94	411	40	89	19

Näytteet	BHK7- ATU tuleva mg/l	BHK7- ATU lähtevä mg/l	BHK7- ATU reduktio %	Typpi tuleva mg/l	Typpi lähtevä mg/l	Typpi reduktio %	Kiinto- aine tuleva mg/l	Kiinto- aine lähtevä mg/l	Kiinto- aine reduktio %
8.1.	150	1,7	99	44	28	36	150	11	93
3.2.	190	1,5	99	48	34	29	250	12	95
3.3.	190	5,7	97	61	43	30	240	16	93
1.4.	120	2,9	98	46	42	9	240	24	90
5.5.	160	5,1	97	32	25	22	260	20	92
2.6.	210	2,6	99	52	36	31	290	35	88
1.7.	160	2,7	98	51	34	33	200	5,6	97
6.8.	190	5,1	97	42	27	36	170	9,8	94
1.9.	340	2,3	99	56	35	38	330	9,7	97
6.10.	220	1,7	99	48	28	42	250	6,7	97
3.11.	250	14	94	59	25	58	360	18	95
2.12.	120	13	89	25	18	28	150	36	76
Keskiarvo	192	4,9	97	47	31	33	241	17	92

TAULUKKO 3. Parkanon puhdistustulokset 2010 (Lammentausta 2011d)

Näytteet	Tuleva vesi m ³ /d	Fosfori tuleva mg/l	Fosfori lähtevä mg/l	L. fosfori lähtevä mg/l	Fosfori reduktio %	COD Cr tuleva mg/l	COD Cr lähtevä mg/l	COD Cr reduktio %	Ammonium-tyyppi lähtevä mg/l
21.1.	820	13,0	0,170	0,086	99	1200	30	98	42
2.2.	767	9,8	0,260	0,120	97	560	34	94	45
4.3.	743	10,0	0,200	0,100	98	500	43	91	48
7.4.	3768	3,0	1,200	0,028	60	190	72	62	12
5.5.	1500	5,0	0,140	0,068	97	340	30	91	24
2.6.	1530	5,2	0,220	0,130	96	290	31	89	23
1.7.	884	7,2	0,240	0,160	97	420	39	91	37
4.8.	787	8,5	0,510	0,078	94	450	32	93	0,5
7.9.	827	9,7	0,690	0,320	93	610	78	87	1,2
5.10.	971	6,7	0,310	0,025	95	470	30	94	10
2.11.	1522	5,3	0,075	0,023	99	330	30	91	11
1.12.	889	8,5	0,180	0,120	98	590	35	94	22
Keskiarvo	1251	7,7	0,35	0,105	94	496	40	90	23

Näytteet	BHK7-ATU tuleva mg/l	BHK7-ATU lähtevä mg/l	BHK7-ATU reduktio %	Typpi tuleva mg/l	Typpi lähtevä mg/l	Typpi reduktio %	Kiintoaine tuleva mg/l	Kiintoaine lähtevä mg/l	Kiintoaine reduktio %
21.1.	630	2,8	99,6	81	44	46	620	3,1	99,5
2.2.	280	4,2	99	68	48	29	300	4,9	98
4.3.	260	4	98	68	50	26	260	4,6	98
7.4.	78	14	82	18	15	17	140	42	70
5.5.	170	3,9	98	31	25	19	220	3,2	99
2.6.	130	3,2	98	36	24	33	160	3,4	98
1.7.	180	2,8	98	50	38	24	230	3,2	99
4.8.	210	3,3	98	50	37	26	270	17	94
7.9.	280	14	95	60	21	65	340	14	96
5.10.	200	5,9	97	53	31	42	240	17	93
2.11.	170	1,6	99	38	21	45	210	2,3	99
1.12.	250	3,9	98	58	36	38	340	1,6	99,5
Keskiarvo	237	5,3	97	51	33	34	278	10	95