

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Energia- ja ympäristötekniikan koulutus

Väinö Rintala

Polymeerin valinta Kuhasalon jätevedenpuhdistamolle

Opinnäytetyö
Toukokuu 2021



Karelia
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2021
Energia- ja ympäristötekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä(t)
Väinö Rintala

Nimeke
Polymeerin valinta Kuhasalon jätevedenpuhdistamolle

Toimeksiantaja
Joensuun Vesi

Tiivistelmä

Työn tavoitteena oli löytää sopivin polymeeri flokkulantiksi Kuhasalon kunnalliselle jätevedenpuhdistamolle. Kuhasalon jätevedenpuhdistamolla päästöarvot nousevat ajoittain lietteen karatessa prosessin läpi aktiivilietteen huonon laskeutuvuuden vuoksi.

Työssä testattiin erilaisia polymeereja panoskokein laboratoriossa. Panoskokeet suoritettiin flokkulaattorilla ja perinteisin laskeutuskokein. Kokeissa mitattiin fosforin, sameuden ja lieteindeksin reduktioita. Panoskokeiden tuloksia analysoitiin tilastollisin menetelmin. Kokeiden tulokset osoittivat laitokselle parhaan polymeerin olevan anioninen. Kationinen polymeeri toimi myös tehokkaasti, mutta se aiheutti pintalietettä panoskokeissa, minkä vuoksi sen katsottiin olevan prosessiin sopimaton.

Panoskokein valittu polymeeri otettiin laitokselle koeajoon. Koeajon aikana laitoksen prosessi toimi häiriöttömästi, jolloin polymeerin syötöllä ei katsottu olevan merkittävää vaikutusta päästöarvoihin.

Kieli
suomi

Sivuja 32
Liitteet 5
Liitesivumäärä 19

Asiasanat
flokkaus, polymeerit, jätevedenpuhdistamot, aktiiviliete, liete, fosfori



THESIS
May 2021
Energy and Environmental Engineering Programme

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600 (switchboard)

Author (s)
Väinö Rintala

Title
Selecting a Polymer for the Municipal Waste Water Treatment Plant of Kuhasalo

Commissioned by
Joensuun Vesi

Abstract

The aim of the work is to find the most suitable polymer as a flocculant for the Kuhasalo municipal wastewater treatment plant. At the Kuhasalo wastewater treatment plant, the emission values increase from time to time as the sludge escapes through the process due to the poor settling of the activated sludge.

In the work, different polymers were tested by batch experiments in the laboratory. Batch experiments were performed with a flocculator and conventional settling experiments. The experiments measured reductions in phosphorus, turbidity and sludge index. The results of the batch experiments were analyzed by statistical methods. The results of the experiments showed that the best polymer for the plant is anionic. The cationic polymer also worked efficiently, but it caused sludge bulking in batch experiments, which made it considered unsuitable for the process.

The polymer selected by batch experiments was taken to the plant for a test run. During the test run, the plant process operated smoothly, so that the polymer feed was not considered to have a significant effect on the emission values.

Language
Finnish

Pages	32
Appendices	5
Pages of Appendices	19

Keywords
floc, polymer, waste water treatment, active sludge, sludge, phosphorus

Sisältö

1	Johdanto	6
2	Jätevesien vesistövaikutukset.....	6
3	Yhdyskuntien jätevedet	8
4	Kuhasalon jätevedenpuhdistamo	9
4.1	Yleistietoa	9
4.2	Mekaaninen puhdistus.....	10
4.3	Biologinen puhdistus.....	13
4.4	Kemiallinen puhdistus.....	13
5	Polymeerin valinta.....	15
5.1	Panoskokeet	15
5.2	Polymeeriliuoksen valmistus.....	19
5.3	Panoskokeiden analyysimenetelmät.....	20
5.4	Tulokset	21
5.4.1	Panoskokeiden tulokset.....	21
5.4.2	Tilastollinen analyysi.....	24
5.4.3	Tulosten tarkastelu	27
6	Koeajo laitoksella	27
6.1	Koeajon toteutus	27
6.2	Koeajon tulokset	28
7	Johtopäätökset	30
	Lähteet.....	32

Liitteet

Liite 1	Kuvia näytteenottovälineistä
Liite 2	Kuvia polymeerilaitteistosta
Liite 3	Panoskokeiden fosforin ja sameuden tulokset
Liite 4	Panoskokeiden lietteenlaskeutuvuuden tulokset
Liite 5	Käyttötarkkailun tulokset

Taulukot

Taulukko 1	Kuhasalon jätevedenpuhdistamon ympäristöluvan päästöraja-arvot.
Taulukko 2	Käytetyt polymeerit.
Taulukko 3	Fosforin minimi- ja maksimireduktiot eri annoksilla.
Taulukko 4	Fosforin minimi- ja maksimireduktiot eri varauksilla.
Taulukko 5	Varianssianalyysi yksittäisen polymeerin ollessa selittävä tekijä.
Taulukko 6	Varianssianalyysi varauksen ollessa selittävä tekijä.
Taulukko 7	Kruskall-Wallisin H-testi.
Taulukko 8	Varianssianalyysi molekyylipainon ollessa selittävä tekijä.
Taulukko 9	Näkösyyvyys koeajon aikana

Kuvat

- Kuva 1 Prosessikaavio (Kuva: Joensuun Vesi).
- Kuva 2 Ketjulaahain (Kuva: Econet group).
- Kuva 3 Väliselkeytsaltaan lietekourun huoltotyö Kuhasalossa (Kuva: Väinö Rintala).
- Kuva 4 Havainnointi flokkauksesta (Kuva Kemira Oyj).
- Kuva 5 Vesinäytteiden ottopaikka ja näytteenottovälineet (Kuva: Väinö Rintala).
- Kuva 6 Flokkulaattorin ohjausyksikkö ja sekoittimet (Kuva: Väinö Rintala).
- Kuva 7 Laskeutuvuuskoe käynnissä (Kuva: Väinö Rintala).
- Kuva 8 Varastoliuoksen valmistus (Kuva: Väinö Rintala).
- Kuva 9 Fosforinmääritysputket (Kuva: Väinö Rintala).
- Kuva 10 Pintalietettä kuppikokeissa: vasemmalla nollanäyte, keskellä kationisella ja oikealla anionisella polymeerilla (Kuva: Väinö Rintala).

Kuviot

- Kuvio 1 Fosforin reduktiot anionisilla polymeereilla.
- Kuvio 2 Fosforin reduktiot kationisilla ja nonionisilla polymeereilla.
- Kuvio 3 Pylväskaavio näkösyvyyksistä koeajon aikana

1 Johdanto

Opinnäytetyö suoritettiin toimeksiantona Joensuun veden Kuhasalon jätevedenpuhdistamolle. Kuhasalon jätevedenpuhdistamo on kunnallinen jätevedenpuhdistamo, joka käsittelee kotitalous- sekä teollisuusjätevesiä.

Kuhasalon jätevedenpuhdistamolla on ajoittain ongelmana aktiivilietteen huono laskeutuvuus ja lietettä pääsee karkaamaan prosessin läpi. Päästöarvot nousevat huomattavasti, kun lähtevään veteen on sekoittunut lietettä, ja vaarana on päästöraja-arvojen ylittyminen. Puhdistamolla on kokeiltu syöttää lietteenkäsittelyn polymeeria selkeytykseen, sillä polymeerin syöttö flokkulanttina voi parantaa lietteen laskeutumista sekä kirkastaa vettä, mutta tulokset ovat olleet vaihtelevia.

Polymeerityyppejä on erilaisia ja soveltuvimman polymeerityypin valintaan tarvitaan aina empiirisiä kokeita. Tämä opinnäytetyö on tehty oikeanlaisen polymeerin valitsemiseksi ja sen optimaalisen käyttöannoksen löytämiseksi. Polymeerin valinta suoritetaan panoskokein Kuhasalon jätevedenpuhdistamon laboratoriossa. Soveltuvan polymeerin löytämisen jälkeen se otetaan koeajoon laitoksella, ja sen päätyttyä analysoidaan polymeerin syötön vaikutuksia.

2 Jätevesien vesistövaikutukset

Yhdyskuntien jätevedet sisältävät aineksia, jotka vesistöön päästessään heikentävät vesistön kuntoa ja veden laatua. Jätevesiä käsitellään yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoilla noin 500 miljoonaa kuutiometriä vuosittain ja puhdistettu jätevesi lasketaan jokiin, järviin tai mereen. Jäteveden käsittely pienentää selkeästi yhdyskuntien aiheuttamaa vesistökuormitusta. (Laitinen ym. 2014, 8 - 14.)

Ravinnekuormitus ja rehevöityminen

Fosfori ja typpi aiheuttavat rehevöitymistä päästessään vesistöön. Rehevöityminen ilmenee levämassan lisääntyneenä kasvuna ja sen hajoamisesta aiheutuvasta lisääntyneestä hapenkulutuksesta. Huono happitilanne voi johtaa kala-kuolemiin ja aiheuttaa jo sedimentoituneiden ravinteiden liukenemisen pohjasedimentistä takaisin veteen ja levien käyttöön. Levien aiheuttamat haitat johtuvat eräiden levien myrkyllisyydestä sekä virkistyskäyttömahdollisuuksien häiriintymisestä leväkasvuston vuoksi. (Laitinen ym. 2014, 14.)

Hapenkulutus

Jätevesissä on ravinteiden aiheuttaman rehevöitymisen lisäksi happea suoraan kuluttavia aineita. Näistä merkittävimmät ovat orgaaninen aines ja ammoniumtyppi. Luontainen bakteeritoiminta kuluttaa happea hajottaessaan orgaanista ainesta ravinnoksi. Ammoniumtyppi kuluttaa happea hapettuessaan vesistössä nitraatiksi. Orgaanista ainesta kuvataan suurella biologinen hapenkulutus (BHK_{7ATU}), ja ammoniumtyppeä kuvataan suurella kemiallinen hapenkulutus (KHK_{Cr}), johon sisältyy hapenkulutus myös muusta vaikeammin hajoavasta aineksestä. (Laitinen ym. 2014, 15.)

Kiintoaine

Jäteveden mukana kulkeutuva kiintoaine aiheuttaa vesistössä rantojen ja pohjan liettymistä sekä veden samentumista. Kiintoaine sisältää myös ravinteita ja orgaanista ainesta, jotka vesistöön päästessään saattavat muuttua liukoiseen muotoon ja edesauttaa rehevöitymistä ja lisätä hapenkulutusta. (Laitinen ym. 2014, 14 - 15.)

3 Yhdyskuntien jätevedet

Jätevedenpuhdistamolle tuleva vesi voi sisältää jätevettä kotitalouksista ja teollisuuslaitoksista sekä hule- ja vuotovesiä. Lisäksi jätevedenpuhdistamolla syntyy jätevesiä lietteenkäsittelystä ja prosessiyksiköiden kunnossapidon pesuvesistä. (Laitinen ym. 2014, 26.)

Talousjätevedet muodostuvat viemäroinnin piirissä olevan asukasmäärän mukaan. Kotitalouksien jätevedet sisältävät runsaasti happea kuluttavaa orgaanista ainesta, bakteereja ja ravinteita. Kotitalouksien kuormitus on määrältään sekä laadultaan hyvin arvioitavissa. (Laitinen ym. 2014, 27 - 28.)

Teollisuuslaitosten jätevedet asettavat erityisiä vaatimuksia niiden suuren määrän sekä vaihtelevan laadun ja kuormituksen vuoksi. Teollisuusjätevesien korkeat pitoisuudet voivat vaikuttaa jätevedenpuhdistusprosessiin haitallisesti pienilläkin virtaamilla. Ympäristöluvassa määritellään päästöjen raja-arvot viemäroitäville tuotteille ja lupaviranomaisen on lupa-asiassa kuultava vesihuoltolaitosta. Jäteveden esikäsittely voi monesti olla tarpeellinen ennen vesien laskemista kunnan viemäriverkostoon. Korkea orgaaninen kuorma on tyypillinen erityisesti elintarviketeollisuuden jätevesille, kuten meijereille ja panimoille. (Laitinen ym. 2014, 28.)

Hulevedet ovat maan pinnalta huuhtoutuvia sade- tai sulamisvesiä. Vuotovedet johtuvat heikkokuntoisista putkista tai putkiliitoksista, jotka päästävät vettä viemäriverkostoon ympäröivästä maaperästä tai kaivannon täytteestä. Näiden pääsyä viemäriin tulisi välttää niiden määrän ja laadun vuoksi. Hule- ja vuotovedet ovat tyypillisesti kylmempiä kuin talousjätevedet, josta saattaa aiheutua ongelmia etenkin lumensulamiskausina ja rankkasateiden aikana. Suurten virtaamapiikkien aikana saatetaan jätevedenpuhdistamolla joutua ohittamaan biologisen käsittelyprosessin osa, jottei aktiiviliete pääse karkaamaan prosessista. Hulevesien mukana kulkeutuu kaduilta ja maastosta huuhtoutunutta materiaalia, kuten orgaanista ainesta, kiviainesta sekä muita aineita, joita on kaduille joutunut ihmisen tai laskeuman toimesta. (Laitinen ym. 2014, 29 - 30.)

Jätevedenpuhdistamoille tuodaan haja-asutusalueiden sako- ja umpikaivoliet-
teitä sekä pienpuhdistamoiden ylijäämälietteitä. Lietteet ovat koostumukseltaan
viemäristä tulevaa jätevettä väkevämpiä. (Laitinen ym. 2014, 30.)

4 Kuhasalon jätevedenpuhdistamo

4.1 Yleistietoa

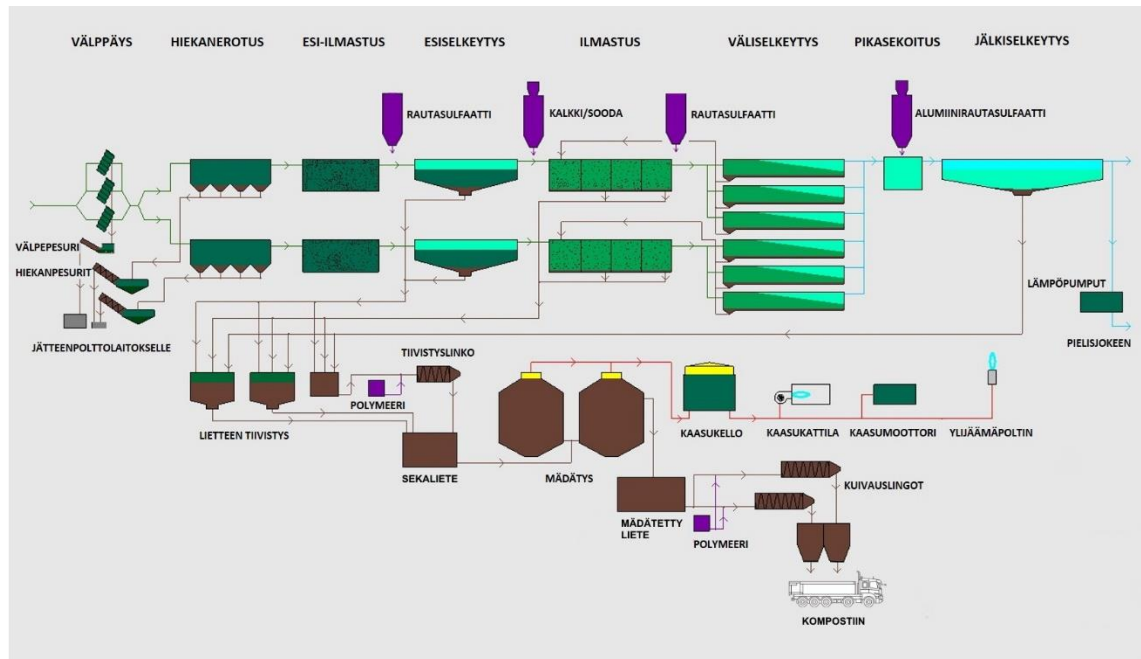
Kuhasalon jätevedenpuhdistamo on Joensuun vesi-liikelaitoksen pääpuhdis-
tamo, joka käsittelee Joensuun ja ympärillä olevien kuntien jätevedet poisluettuna
Tuupovaaran, Enon ja Uimaharjun taajamien jätevedet. Suurimmat Joensuun
kaupungin viemäriverkkoon liittyneet teollisuuslaitokset ovat Valio Oy:n Joensuun
Meijeri, UPM Kymmene Wood Oy:n Joensuun vaneritehdas ja Abloy Oy. Itä-Suo-
men ympäristölupaministeriö on asettanut puhdistuksen päästöraja-arvot
(Taulukko 1) BHK:n, KOK-P:n, KHK:n ja kiintoaineen osalta. Lisäksi puhdistam-
olla on pyrittävä mahdollisimman hyvään typenpoistoon. Puhdistamolla suori-
tetaan käyttötarkkailua laitoksen omassa laboratoriossa. (Kuhasalon jäteveden-
puhdistamon ympäristölupa 112/08/2/2008.)

Taulukko 1. Kuhasalon jätevedenpuhdistamon ympäristöluvan päästöraja-arvot.

	Pitoisuus (mg/l)	Poistoteho vähintään (%)
Biologinen hapenkulutus (BHK _{7ATU})	10*	93*
Fosforipitoisuus (Kok-P)	0,4* 0,3**	95* 96**
Kemiallinen hapenkulutus (KHK _{Cr})	125	75
Kiintoaine	35	90

(*neljännesvuosikeskiarvo, **vuosikeskiarvo)

Laitos on mitoitettu käsittelemään 25 000 m³ jätevettä ja 260 kg fosforia vuoro-
kaudessa. Laitoksen keskimääräinen vuorokausivirtaama on noin 19 000 m³.
Puhdistamo on aktiivilietelaitos, jonka puhdistamisprosessia (Kuva 1) täydenne-
tään kemiallisella käsittelyllä. Jätevedenkäsittely toteutetaan jälkiselkeytystä lu-
kuun ottamatta kaksilinjaisena. (Joensuun Vesi 2021.)



Kuva 1. Prosessikaavio (Kuva: Joensuun Vesi).

4.2 Mekaaninen puhdistus

Mekaanisen puhdistuksen prosesseissa jätevettä puhdistetaan käyttäen hyväksi fysikaalisia voimia (Tchobanoglous ym. 2014, 308). Mekaanisina puhdistusprosesseina Kuhasalossa toimivat välppäys, hiekanerotus, esi-ilmastus, esiselkeytys, väliselkeytys ja jälkiselkeytys.

Välppäys

Laitokselle tulevan veden ensimmäinen puhdistusprosessi on välppäys. Välppä toimii ikään kuin siivilänä, joka poistaa isoimmat roskat ja kiinteät jätteet. Välpällä syntynyttä jätettä kutsutaan välppeeksi. Välpätystä materiaalista puristetaan neste pois välpepuristimella.

Hiekanerotus

Hiekanerotuksessa painovoiman avulla jätevedestä poistetaan hiekka ja raskaimmat partikkelit. Veden virtausnopeutta säätämällä pyritään siihen, että ainoastaan hiekka ehtisi laskeutumaan muun kiintoaineen jatkaessa matkaa prosessissa eteenpäin. Hiekanerotusaltaassa myös öljy kerätään pois sen noustessa pinnalle.

Esi-ilmastus

Esi-ilmastus on apuprosessi, joka muokkaa veden ominaisuutta, jotta seuraavat puhdistusprosessit toimisivat tehokkaammin. Viemärissä hapettomaksi muuttunutta vettä hapetetaan johtamalla siihen ilmaa pieninä kuplina altaan pohjassa olevilla ilmastimilla. Ilman johtaminen veteen on mekaaninen prosessi, jonka vaikutuksesta kemialliset ja biologiset prosessit saavat alkunsa. Esi-ilmastusaltaan jälkipäässä veteen lisätään koagulanttina ferrikloridia eli saostuskemikaalia.

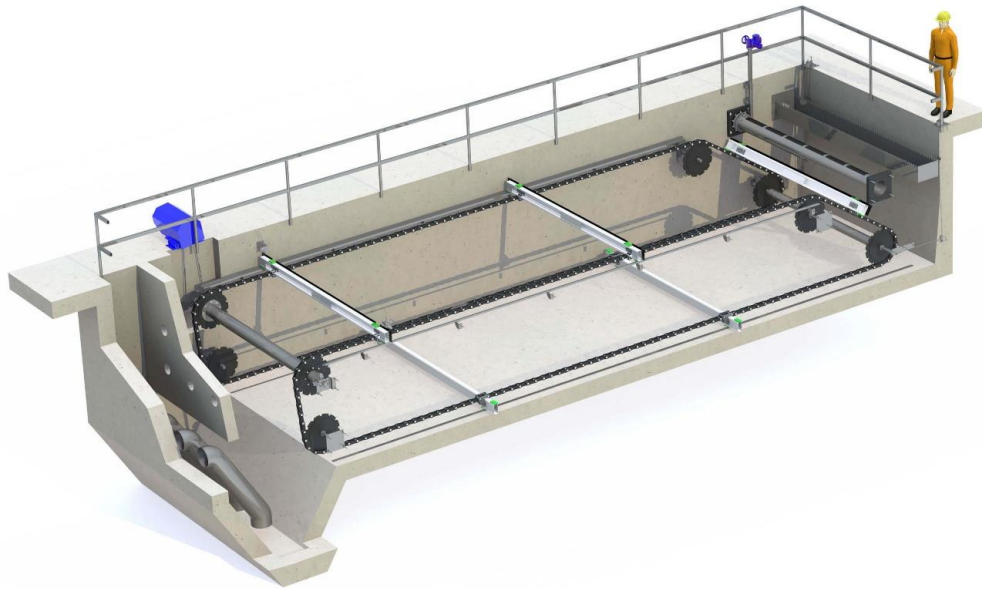
Esiselkeytyks

Esiselkeytyksessä jätevedestä poistetaan kiintoainetta. Kiintoaine laskeutuu painovoiman johdosta altaan pohjalle. Veden viipymä altaassa on pitkä, jotta kiintoaine ehtii laskeutua ja ettei virtaukset kuljettaisi kiintoainetta eteenpäin. Esielkeyttimessä laskeutuu myös kemikaalin kanssa saostettu aine. Esielkeyttimen pohjalla on lietetasku, josta laskeutunut liete imetään pois. Esielkeyttimestä poistettua lietettä kutsutaan primäärilietteeksi.

Väliselkeytyks

Väliselkeytyks on jälkiselkeytyksen kanssa puhdistusprosessin viimeistelyvaihe. Väliselkeytykseen johdetaan vettä biologisesta prosessista. Molemmilla linjoilla on kolme väliselkeytysallasta (Kuva 3) eli väliselkeytysaltaita on yhteensä kuusi.

Väliselkeytsaltaissa on ketjulaahaimet (Kuva 2), jotka yhtäaikaaisesti poistavat pinnalle noussutta pintalietettä sekä kaapivat laskeutunutta aktiivilietettä lietetas-kuun. Lietetas-kusta lietettä voidaan johtaa takaisin biologiseen prosessiin (palau-tusliete) tai poistaa lietteenkäsittelyyn (ylijäämäliete). Pintaliete johdetaan suo-raan lietteenkäsittelyyn. Väliselkeyttimeen tulevaan veteen on lisätty koagulanttina ferrikloridia.



Kuva 2. Ketjulaahain (Kuva: Econet group).



Kuva 3. Väliselkeytsaltaan lietekourun huoltotyö Kuhasalossa (Kuva: Väinö Rintala).

Jälkiselkeyty

Jälkiselkeytin toimii samalla periaatteella kuin esiselkeytin. Jälkiselkeyttimestä vesi lasketaan Pielisjokeen. Jälkiselkeyttimessä syntynyt liete pumpataan lietteenkäsittelyyn.

4.3 Biologinen puhdistus

Biologisen prosessin pääasiallisena tarkoituksena on pienentää jäteveden BHK:ta. Mikro-organismit käyttävät jäteveden eloperäistä liuennutta ainesta ja eloperäisiä kolloideja ravinnokseen. Mikro-organismit hengittävät happea ja ilmastusaltaan vesi pidetään hapekkaana johtamalla siihen ilmaa pieninä kuplina. Mikro-organismien lisääntyessä orgaaninen kuorma muuttuu ilmakehään vapautuviksi kaasuiksi sekä mikro-organismien soluiksi. Tätä mikro-organismien biomassaa, joka koostuu pääasiassa bakteereista, kutsutaan aktiivilietteeksi. (Tchobanoglous ym. 2014, 555 - 562.)

Eräs aktiivilietteen tärkeä ominaisuus on sen laskeutuvuus, jotta liete ja vesi saadaan eroteltua selkeyttimessä. Lieteindeksillä SVI (Sludge Volume Index) kuvataan lietteen kykyä laskeutua ja tiivistyä. SVI määritellään yhden gramman suuruisen kiintoainemäärän tilavuutena, kun se on laskeutunut 30 minuuttia, ja sen yksikkö on ml/g. Riippuen useista eri tekijöistä aktiiviliete voi laskeutua huonosti, jolloin puhutaan paisuntalietteestä. Paisuntalietteiden nimi tulee siitä, että huonosti laskeutuneen lietteen tilavuus on suurempi. Paisuntalietteestä voidaan puhua kun SVI ylittää 150 ml/g. (Tchobanoglous ym. 2014, 616.)

4.4 Kemiallinen puhdistus

Kemikaaleilla voidaan tehostaa puhdistustulosta. Kemikaaleja käytetään yleensä yhdessä muiden puhdistusprosessien kanssa. Jäteveden kemiallisella käsittelyllä muokataan veden tai sen sisältämien aineiden ominaisuuksia halutulla tavalla. (Tchobanoglous ym. 2014, 458.)

Koagulaatio

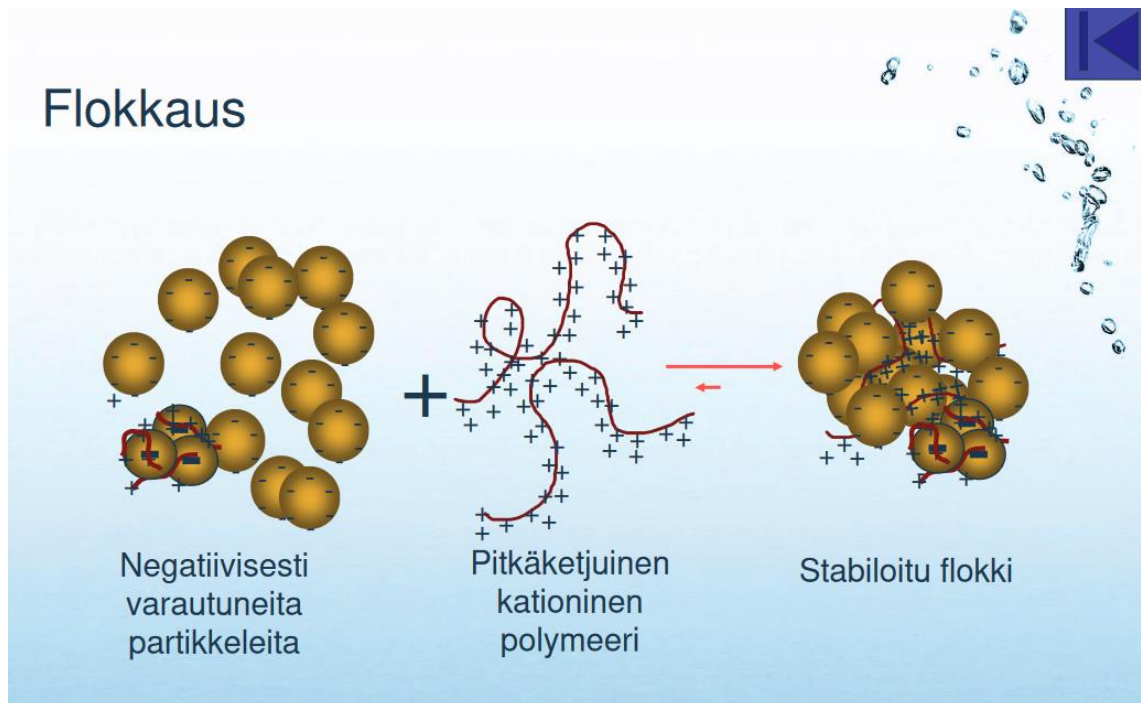
Koagulaatiolla veteen liuenneita aineita saostetaan kiinteäksi tai kolloideista muodostetaan suurempia partikkeleja (Tchobanoglous ym. 2014, 461). Kuhasalossa käytetään ferrikloridia (PIX) fosforin saostamiseen. Saostunut fosfori saadaan poistettua laskeuttamalla. Ferrikloridia syötetään ennen esiselkeytystä sekä ennen väliselkeytystä.

Flokkulaatio

Flokkulaation ero koagulaatioon on, että se ei saosta liuenneita aineita. Flokkulaatiolla muodostetaan kasautumia pienistä partikkeleista sekä kemiallisesti epävakaita partikkeleista. Partikkelien törmäillessä toisiinsa niistä tulee suurempia kasautumia ja näitä kasautumia kutsutaan flokeiksi. Flokkien suuremman massan vuoksi niihin soveltuvat mekaanisen puhdistuksen keinot tehokkaammin. (Tchobanoglous ym. 2014, 329.)

Flokkaamiseen (Kuva 4) voidaan käyttää flokkulanttia, kuten polymeereja. Polymeeri on kuitu, joka auttaa partikkeleita yhdistymään toisiinsa muodostaen flokkeja. Polymeerin syötöllä voidaan saavuttaa vahvempi ja raskaampi flokki. Kuidut tarttuvat partikkelien pinnalle muodostaen siltoja niiden välille ja kasautumalla yhä suuremmiksi kasautumiksi. Polymeerimolekyylien varauksella voidaan tehostaa partikkeleihin kiinnittymistä. Polymeeri voi olla negatiivisesti varautunut eli anioninen, positiivisesti varautunut eli kationinen tai varaukseton eli nonioninen. Polymeerin molekyyllipaino indikoi polymeeriketjun pituutta. Tehokkaimman polymeerin valintaan tarvitaan empiriisiä kokeita. (Howe ym. 2012, 149 - 159.)

Tutkimukset (Ebelings ym. 2005, 247., Wong ym. 2006, 384) osoittavat, että polymeerin annostelu parantaa lietteen laskeutuvuutta. Ne voivat myös tehokkaasti poistaa fosforia vedestä vähentämällä veden kiintoainepitoisuutta (Ebelings ym. 2005, 247).



Kuva 4. Havainnointi flokkauksesta (Kuva Kemira Oyj).

5 Polymeerin valinta

5.1 Panoskokeet

Kokeet suoritettiin Kuhasalon jätevedenpuhdistamon laboratoriossa. Yhteensä erilaisia polymeereja testattiin 25. Taulukossa Taulukko 2 on listattuna käytetyt polymeerit.

Taulukko 2. Käytetyt polymeerit.

Nimi	Varaus	Korkea molekyyli- paino
Superfloc - A100	Anioninen	Ei
Superfloc - A100HMW	Anioninen	Kyllä
Superfloc - A110	Anioninen	Ei
Superfloc - A110HMW	Anioninen	Kyllä
Superfloc - A120	Anioninen	Ei
Superfloc - A120V	Anioninen	Ei
Superfloc - A120HMW	Anioninen	Kyllä
Superfloc - A125V	Anioninen	Ei
Superfloc - A130	Anioninen	Ei
Superfloc - A130V	Anioninen	Ei
Superfloc - A130HMW	Anioninen	Kyllä
Superfloc - A137HMW	Anioninen	Kyllä
Superfloc - A150HMW	Anioninen	Kyllä
Superfloc - N100	Nonioninen	Ei
Superfloc - N300	Nonioninen	Ei
Superfloc - C446	Kationinen	Ei
Superfloc - C448	Kationinen	Ei
Superfloc - C491HMW	Kationinen	Kyllä
Superfloc - C492HMW	Kationinen	Kyllä
Superfloc - C494HMW	Kationinen	Kyllä
Superfloc - C495HMW	Kationinen	Kyllä
Superfloc - C496	Kationinen	Ei
Superfloc - C496HMW	Kationinen	Kyllä
Superfloc - C498HMW	Kationinen	Kyllä
XD-5200	Kationinen	Kyllä

Panoskokeiden vesi haettiin väliselkeytsaltaaseen menevästä kourusta (Kuva 5) kauhan, supillon ja pullojen kanssa eli kyseessä oli kertänäyte. Yhdellä näyte-kerralla vettä kerättiin yhteensä 12 litraa. Kourussa vesi on hyvin sekoittunutta ja siihen päästään turvallisesti käsiksi.



Kuva 5. Vesinäytteiden ottopaikka ja näytteenottovälineet (Kuva: Väinö Rintala).

Flokkulaattorilla suoritetuissa kokeissa käytettiin Kemira Flocculator 2000 flokkulaattoria (Kuva 6). Flokkulaattorin ohjausyksikköön voidaan kytkeä kuusi sekoitinta yhtäaikaaisesti. Flokkulaattori on 900 ml vetoinen dekanterilasi, jonka päällä on ohjausyksiköllä hallittava lapasekoitin. Flokkulaattorin ”kansiosassa” on reikä, josta voidaan suorittaa kemikaalin syöttö ja näytteenotto. Flokkulaattorin asetusarvot olivat seuraavat: pikasekoitus 30 sekuntia, hidas sekoitus 10 minuuttia ja sedimentoituminen 10 minuuttia. Flokkulaattorin pikasekoituksella sekoitetaan kemikaali veteen ja hitaalla sekoituksella imitoidaan veden käyttäytymistä prosessissa. Sekoituksen jälkeen näytteen annetaan sedimentoitua ja laite antaa äänimerkin sedimentoitumisajan tultua umpeen. Laitteen antaessa äänimerkin astiasta otettiin noin 60 ml vesinäyte. Vesinäyte otettiin ruiskulla, jota oli jatkettu letkulla. Näyte pyrittiin ottamaan aiheuttamatta turbulenssia vedessä, jotta näytteeseen ei sekoittuisi laskeutunutta lietettä tai pintalietettä. Koevälineistöstä on havaintokuvia liitteessä 1.



Kuva 6. Flokkulaattorin ohjauksyksikkö ja sekoittimet (Kuva: Väinö Rintala).

Laskeutuvuuskoe suoritettiin perinteisellä menetelmällä 1000 ml mittalaseissa (Kuva 7). Mittalasiin laitettiin 1000 ml vettä, johon annosteltiin polymeeri. Kemiikaalisuotön jälkeen vettä sekoitettiin kaatamalla sitä edestakaisin toisen mittalasin avulla. Sekoituksen jälkeen näytteen annettiin laskeutua 30 minuuttia, jolloin luettiin tilavuus, johon liete oli laskeutunut.



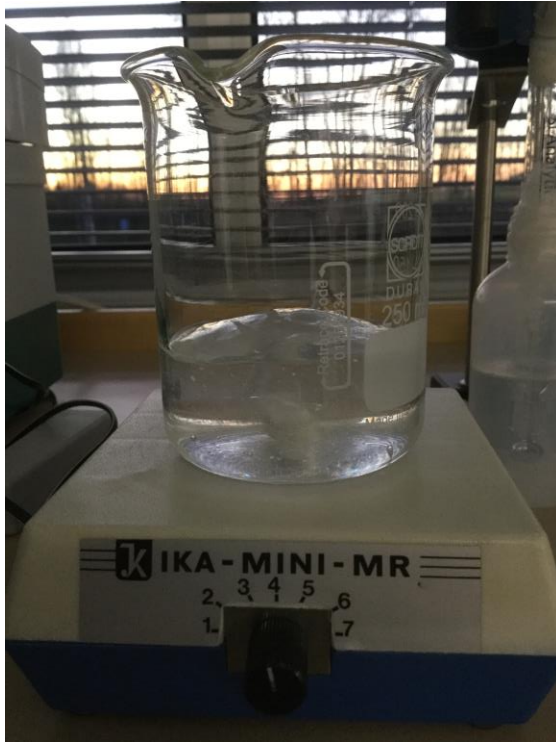
Kuva 7. Laskeutuvuuskoe käynnissä (Kuva: Väinö Rintala).

5.2 Polymeeriliuoksen valmistus

Jokaisesta polymeerista tehtiin 0,5 prosenttia vahva varastoliuos, joka ennen käyttöä laimennettiin 0,0025 prosenttia vahvaksi käyttöliuokseksi. Varastoliuos säilytettiin jääkaapissa ja käytettiin kahden viikon sisällä valmistamisesta, mutta käyttöliuos käytettiin aina saman päivän aikana.

Varastoliuos valmistettiin tislattuun veteen. Polymeerijauhe sekoitettiin veteen magneettisekoittimella (Kuva 8). Vettä punnittiin dekanterilasiin 99,5 grammaa, johon lisättiin polymeerijauhetta 0,5 grammaa. Magneettisekoittimen sekoittaessa vettä polymeeri lisättiin varovaisesti veteen. Mikäli polymeerin lisäsi liian nopeasti veteen se muodosti möykkyjä eikä liuennut kunnolla. Polymeeri ei myöskään liuennut täydellisesti mikäli sen lisäsi liian hitaasti veteen, sillä veden viskositeetti ehti nousta liikaa. Varastoliuoksen valmistusvaihe uusittiin mikäli poikkeamia esiintyi. Liuosta sekoitettiin 30...90 minuuttia kunnes liuos näytti taiseiselta eikä liukenemattomia partikkeleita enää ollut.

Käyttöliuos laimennettiin varastoliuoksesta. Käyttöliuoksesta tehtiin laimeaa, jotta liuosta voitiin annostella 5...40 ml virhemarginaalin pienentämiseksi. Pienemmillä käyttöannoksilla millilitran heitto halutusta annoksesta olisi suurentanut tai pienentänyt annosta huomattavasti. Varastoliuoksesta otettiin ruiskulla 5 ml liuosta, joka annosteltiin 1000 ml mittapulloon. Mittapullo täytettiin vesijohtovedellä merkkiin asti samalla sekoittaen kevyesti magneettisekoittimella. Kun liuoksen todettiin sekoittuneen homogeeniseksi sekoittaminen lopetettiin ja liuoksen annettiin tekeytyä vähintään 30 minuuttia.



Kuva 8. Varastoliuoksen valmistus (Kuva: Väinö Rintala).

5.3 Panoskokeiden analyysimenetelmät

Vesinäytteiden vertailun vuoksi jokaisessa sarjassa oli nollanäyte, johon ei lisätty kemikaalia, mutta yhteneväisyyden vuoksi sillä suoritettiin samat toimenpiteet kuin muillakin näytteillä. Jätevedenpuhdistamon prosessin läpi kulkeva vesi on jatkuvassa muutoksen tilassa, sillä tuleva vesi ei ole koskaan samanlaista eikä prosessin olosuhteetkaan ole koskaan samat. Jotta eri kerta-äytteiden tuloksia voisi verrata keskenään saman näytteenoton näytteiden tuloksista laskettiin reduktio nollanäytteeseen verrattuna.

Lieteindeksin laskemista varten ilmastusaltaan automaattimittarin kiintoainearvo otettiin ylös veden näytteenottohetkeltä. Lieteindeksi lasketaan jakamalla laskeutuneen lietteen tilavuus vesinäytteen kiintoainepitoisuudella.

Flokkulaattorista otetuista näytteistä mitattiin kokonaisfosfori ja sameus. Fosforin määrittäminen suoritettiin Hach LCK349 analyysiputkilla (Kuva 9). Fosforipitoisuudet analysoitiin Hach DR 2800 spektrofotometrillä. Sameus määritettiin Hach 2100Qis sameusmittarilla.



Kuva 9. Fosforinmääritysputket (Kuva: Väinö Rintala).

Tuloksia tutkitaan tilastollisin menetelmin, jotta voidaan todeta onko polymeereilla merkittävää eroa keskenään. Tilastolliset analyysit suoritettiin avoimen lähdekoodin tilasto-ohjelmalla. Varianssianalyysia on pidetty kokeellisen analyysin perusmenetelmänä (Holopainen ym. 1991, 94). Sillä voidaan määrittää mittaustulosten suhdetta ja merkittävyyttä toisiinsa sekä tuloksiin nähden silloin, kun mittaustulosten varianssit ovat yhtä suuria. (Tampereen yliopisto 2002). Kun mittaustulosten varianssit ovat eri suuria, niin tilastollinen merkitsevyyttä voidaan analysoida ei-parametrisella testillä, kuten Kruskal-Wallis H-testillä (Tampereen yliopisto 2002).

5.4 Tulokset

5.4.1 Panoskokeiden tulokset

Fosfori

Polymeerin syötöllä päästiin fosforin reduktioihin 13-87 % (Taulukko 3). Anioniset polymeerit toimivat tehokkaasti matalammilla annoksilla, mutta parhaimpiin fosforin reduktioihin päästiin kationisella polymeerilla (Taulukko 4). Annostuksella 0,11 g/m³ anionisilla päästiin 33-58 % fosforin reduktioon, kun se kationisilla oli ainoastaan 13-34 %. Isoimmalla 1,1 g/m³ annostuksella kationiset poistivat fosforista 62-87 % kun se anionisilla oli 59-75 %.

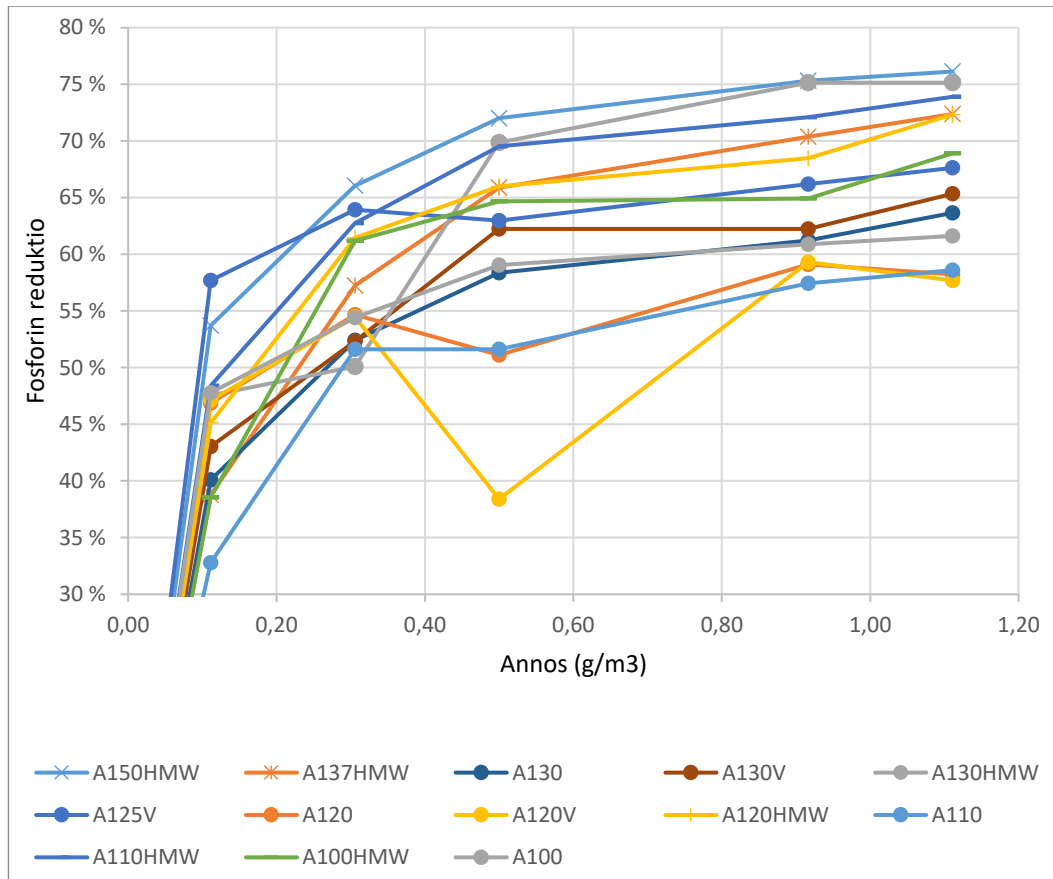
Taulukko 3. Fosforin minimi- ja maksimireduktiot eri annoksilla.

Annos (g/m ³)	Keskiarvo (%)	Min. reduktio (%)	Max. reduktio (%)
0,1	36	13	58
0,3	53	28	66
0,5	60	38	74
0,9	68	53	86
1,1	70	58	87
Kaikki	48	0	87

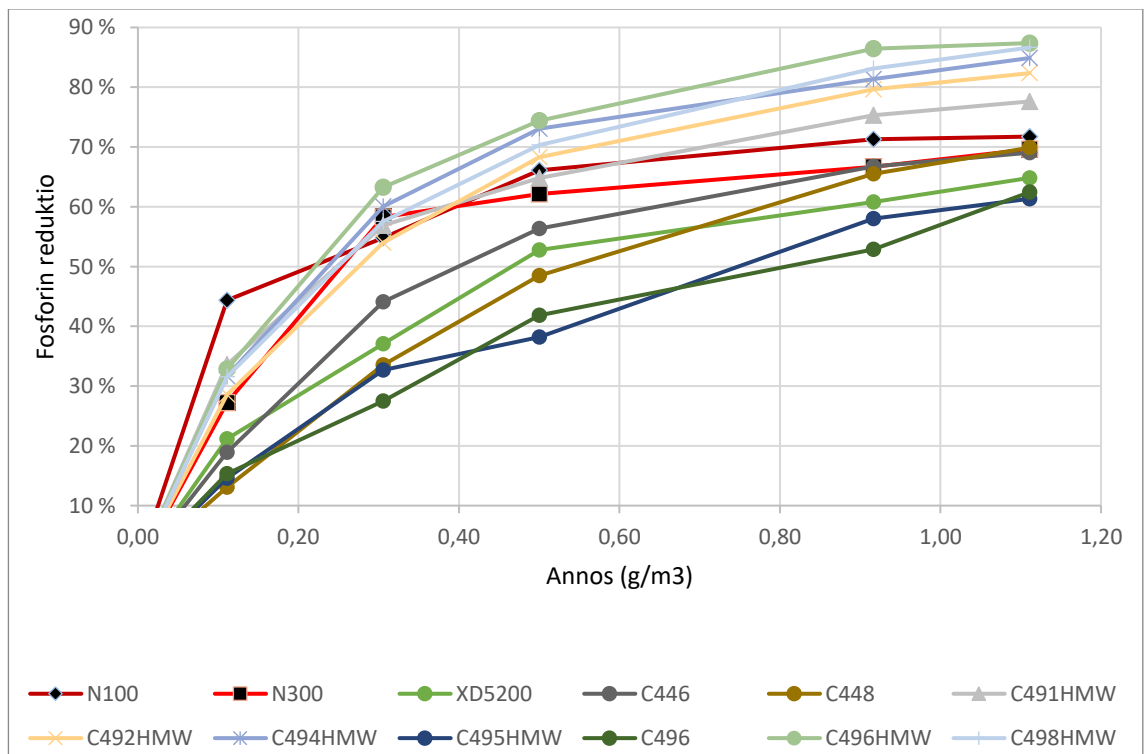
Taulukko 4. Fosforin minimi- ja maksimireduktiot eri varauksilla.

Varaus	Näytteiden lukumäärä (kpl)	Keskiarvo (%)	Min. reduktio (%)	Max. reduktio (%)
Anioninen	65	59	33	76
Nonioninen	10	59	27	72
Kationinen	50	55	13	87
Kaikki	125	58	13	87

Anionisilla polymeereilla annosvasteet olivat lähempänä toisiaan (Kuvio 1), kun taas kationisilla oli havaittavissa suurempaa hajontaa (Kuvio 2). Nonioniset toimivat keskivertoisesti kaikissa testeissä. Näytteenottojen tulokset on yksityiskohtaisemmin kuvattuna liitteissä 3 ja 4.



Kuvio 1. Fosforin reduktiot anionisilla polymeereilla.



Kuvio 2. Fosforin reduktiot kationisilla ja nonionisilla polymeereilla.

Lieteindeksi

Lietteen laskeutuvuuden parantamisessa anioniset polymeerit toimivat tehokkaimmin kaikilla annoksilla. Anionisilla polymeereilla pintalietteen määrä väheni annoksen kasvaessa, kun taas kationiset eivät pintalietteen määrään juurikaan vaikuttaneet tai jopa lisäsivät sitä (Kuva 10). Kationisella polymeerilla oli lähes aina pintalietettä.



Kuva 10. Pintalietettä kuppikokeissa: vasemmalla nollanäyte, keskellä kationisella ja oikealla anionisella polymeerilla (Kuva: Väinö Rintala).

5.4.2 Tilastollinen analyysi

Eri polymeerien fosforin, sameuden ja lieteindeksin reduktioita verrattiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä. Tilasto-ohjelmaa käyttäessä ryhmien nimeämiseen käytettiin seuraavia lyhenteitä: PRED on fosforin reduktio, FNRED on sameuden reduktio ja SVIRED on lieteindeksin reduktio.

Yksittäisen polymeerin ollessa selittävänä tekijänä levenen testin p-arvo on suurempi kuin 0,05 ryhmissä PRED ja FNRED (Taulukko 5), jonka mukaan niiden varianssit ovat yhtä suuria. Merkitsevyystaso 1 tarkoittaa, että ryhmien variansseilla ei esiinny eroa laisinkaan. Varianssien ollessa yhtä suuria voidaan käyttää varianssianalyysia. Varianssianalyysin merkitsevyystaso on yli 0,05, jolloin voidaan todeta, että ryhmien välillä ei ole eroa. Ryhmäkeskiarvot eivät poikkea toisistaan ja kaikilla polymeereilla on samankaltainen vaikutus fosforin ja sameuden reduktioon.

Taulukko 5. Varianssianalyysi yksittäisen polymeerin ollessa selittävä tekijä.

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
PRED	.28	24	125	1.000
FNRED	.21	24	125	1.000
SVIred	2.02	24	99	.008

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PRED	Between Groups	6662.40	24	277.60	.37	.997
	Within Groups	93960.06	125	751.68		
	Total	100622.5	149			
FNRED	Between Groups	6775.71	24	282.32	.38	.996
	Within Groups	92878.35	125	743.03		
	Total	99654.06	149			
SVIred	Between Groups	12734.95	24	530.62	2.85	.000
	Within Groups	18455.98	99	186.42		
	Total	31190.94	123			

Varauksen ollessa selittävä tekijänä Levenen testin p-arvo on suurempi kuin 0,05 ryhmissä FNRED ja SVIred (Taulukko 6), jonka mukaan niiden varianssit ovat yhtä suuria. Varianssianalyysin mukaan niiden ryhmäkeskiarvot eivät poikkea toisistaan, joten polymeerin varauksella ei ole suurta vaikutusta sameuden tai lieteindeksin reduktioon.

Taulukko 6. Varianssianalyysi varauksen ollessa selittävä tekijä.

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
PRED	3.10	2	147	.048
FNRED	1.22	2	147	.297
SVIred	.91	2	121	.406

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PRED	Between Groups	409.42	2	204.71	.30	.741
	Within Groups	100213.0	147	681.72		
	Total	100622.5	149			
FNRED	Between Groups	2091.21	2	1045.61	1.58	.210
	Within Groups	97562.85	147	663.69		
	Total	99654.06	149			
SVIred	Between Groups	1043.22	2	521.61	2.09	.128
	Within Groups	30147.72	121	249.15		
	Total	31190.94	123			

Fosforin reduktion levenen testin p-arvo on pienempi kuin 0,05, joten käytetään Kruskal-Wallis H-testiä. Kruskal-Wallis H-testillä saadaan merkitsevyysarvoksi 0,858 (Taulukko 7), jolloin voidaan todeta, että polymeerin varauksella ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa fosforin reduktioon.

Taulukko 7. Kruskal-Wallis H-testi.

Ranks			
		N	Mean Rank
PRED	Anioninen	78	76.35
	Nonioninen	12	80.21
	Kationinen	60	73.45
	Total	150	

Test Statistics	
	PRED
Chi-Square	.31
df	2
Asymp. Sig.	.858

Molekyylipainon ollessa selittävä tekijänä levenen testin p-arvo on suurempi kuin 0,05 ryhmissä PRED ja FNRED (Taulukko 8). Varianssianalyysin mukaan ryhmäkeskiarvot eivät poikkea toisistaan, joten polymeerin molekyylipainolla ei ole tilastollisesti merkittävää eroa fosforin tai sameuden reduktioon.

Taulukko 8. Varianssianalyysi molekyylipainon ollessa selittävä tekijä.

Test of Homogeneity of Variances				
	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
PRED	1.41	1	148	.237
FNRED	.47	1	148	.495
SVIred	15.42	1	122	.000

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
PRED	Between Groups	1557.92	1	1557.92	2.33	.129
	Within Groups	99064.54	148	669.35		
	Total	100622.5	149			
FNRED	Between Groups	230.20	1	230.20	.34	.559
	Within Groups	99423.86	148	671.78		
	Total	99654.06	149			
SVIred	Between Groups	3067.58	1	3067.58	13.31	.000
	Within Groups	28123.35	122	230.52		
	Total	31190.94	123			

5.4.3 Tulosten tarkastelu

Tulokset ovat saman suuntaisia kuten aiemmissa tutkimuksissa (Ebelings ym. 2005, 247., Wong ym. 2006, 384), joissa todettiin polymeerin syötön poistavan fosforia vedestä vähentämällä veden kiintoainepitoisuutta. Tilastollisten analyysien perusteella polymeerin varauksella tai molekyylipainolla ei ollut tilastollisesti merkittävää eroa puhdistustuloksen kannalta, jolloin puhdistustulosta voisi periaatteessa tehostaa millä tahansa polymeerilla.

Koetilanteessa visuaalisesti havainnointiin kationisten polymeerien aiheuttavan pintalietettä. Pintaliete on epätoivottava ilmiö puhdistamalla, joten tästä syystä kationisen polymeerin ei katsottu olevan soveltuva vaihtoehto puhdistamolle. Anionisilla polymeereilla päästiin korkeampiin fosforin reduktioihin matalilla $<0,5 \text{ g/m}^3$ annostuksilla, minkä katsotaan olevan eduksi vähäisen kemikaalin syötön vaatimuksen vuoksi.

Koeajoon valittiin anioninen korkeamolekyylinen polymeeri Superfloc-150HMW. Kyseisellä polymeerilla päästiin parhaimpiin fosforin reduktioihin $0,3 \text{ g/m}^3$ ja $0,5 \text{ g/m}^3$ annostuksella reduktioiden ollessa 66 % ja 72 %.

6 Koeajo laitoksella

6.1 Koeajon toteutus

Panoskokeilla valittu polymeeri otettiin laitokselle koeajoon. Tilatun polymeerin toimitusajaksi arvioitiin noin kuukausi, jona aikana koeajettiin laitokselta jo löytyvää vastaavaa polymeeria Superfloc-A120.

Laitoksella on polymeerinsyöttölaitteisto, jossa on virtaamaohjaus. Polymeerilaitteisto koostuu sekoitusyksiköstä ja varastoaltaasta. Sekoitussyksikkö valmistaa polymeeriliuoksen, josta se siirtyy pumpulla varastoaltaaseen. Varastoaltaasta liuos syötetään pumpulla ilmastusaltaan lähtevän veden kouruun. Laitteistoon

asetetaan arvoksi halutun liuoksen vahvuus, jonka jälkeen laitteisto toimii automaatiolla. Liitteessä 2 on kuvia polymeerilaitteistosta. Polymeerin syötön lisäys suoritetaan nostamalla liuoksen vahvuutta. Muuttamalla ainoastaan liuoksen vahvuutta saadaan polymeerin syöttöpumppu jatkuvasti pidettyä optimaalisella syöttövirtauksella.

Koeajon tuloksia seurattiin laitoksen omalla käyttötarkkailulla sekä näkösyvyyden mittauksilla. Laitoksen käyttötarkkailu suoritettiin kokoomanäytteistä. Kokoomanäytteenottimet laitoksella on tulevassa, esiselkeyttimestä lähtevässä, väliselkeyttimestä lähtevässä sekä jälkiselkeyttimestä lähtevässä vedessä. Molemmilla linjoilla on omat näytteenottimet pois lukien väliselkeytys. Kokoomanäytteistä mitattiin kokonaisfosfori, liukoinen fosfori ja kiintoaine.

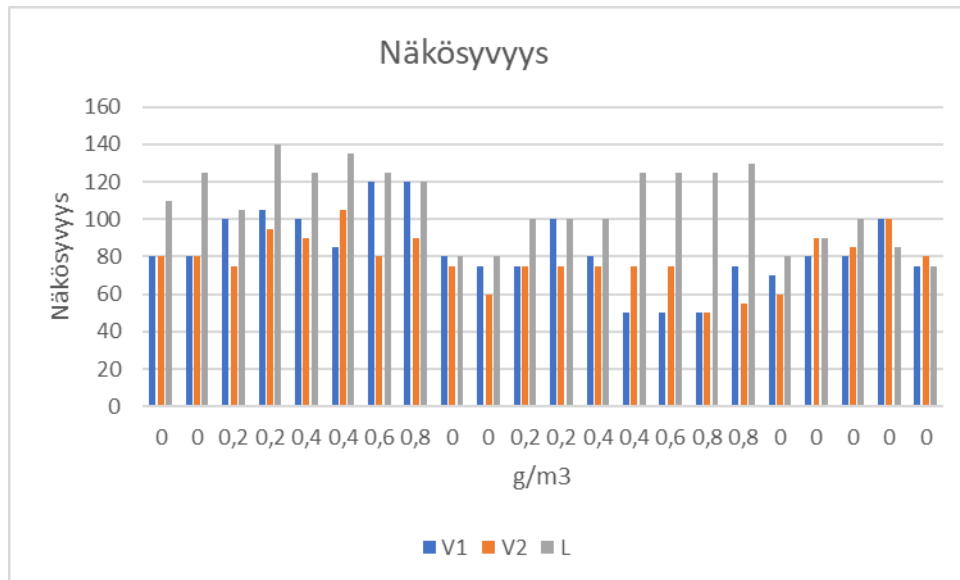
6.2 Koeajon tulokset

Näkösyvyys parani hieman A120-polymeerilla väli- ja jälkiselkeyttimessä (Taulukko 9) A150HMW-polymeerilla näkösyvyys oli jälkiselkeytyksessä oikein hyvä, mutta väliselkeytyksessä näkösyvyys oli kehnompina kuin ilman kemikaalia (Kuvio 3).

Fosforin, kiintoaineen ja KHK:n osalta ei ole havaittavissa selkeää eroa. Reduktioit ovat kemikaalin lisäyksellä tai ilman hyvin lähellä keskiarvoa.

Taulukko 9. Näkösyvyys koeajon aikana

Polymeeri	Annos (g/m ³)	Päivämäärä	Näkösyvyys (m)		
			Väli-sel- keytin 1	Väli-sel- keytin 2	Jälki- selkeytin
	0	28/01/2021	80	80	110
	0	01/02/2021	80	80	125
A120	0,2	02/02/2021	100	75	105
A120	0,2	03/02/2021	105	95	140
A120	0,4	08/02/2021	100	90	125
A120	0,4	09/02/2021	85	105	135
A120	0,6	10/02/2021	120	80	125
A120	0,8	12/01/2021	120	90	120
	0	16/02/2021	80	75	80
	0	23/02/2021	75	60	80
A150HMW	0,2	01/03/2021	75	75	100
A150HMW	0,2	02/03/2021	100	75	100
A150HMW	0,4	03/03/2021	80	75	100
A150HMW	0,4	08/03/2021	50	75	125
A150HMW	0,6	11/03/2021	50	75	125
A150HMW	0,8	15/03/2021	50	50	125
A150HMW	0,8	17/03/2021	75	55	130
	0	19/03/2021	70	60	80
	0	22/03/2021	80	90	90
	0	23/03/2021	80	85	100
	0	25/03/2021	100	100	85
	0	29/03/2021	75	80	75



Kuvio 3. Pylväskaavio näkösyvyksistä koeajon aikana

7 Johtopäätökset

Tulokset ovat saman suuntaisia kuten aiemmissa tutkimuksissa (Ebelings ym. 2005, 247., Wong ym. 2006, 384), joissa todettiin polymeerin syötön poistavan fosforia vedestä vähentämällä veden kiintoainepitoisuutta. Tilastollisten analyysien perusteella polymeerin varauksella tai molekyyllipainolla ei ollut tilastollisesti merkittävää eroa puhdistustuloksen kannalta, jolloin puhdistustulosta voisi periaatteessa tehostaa millä tahansa polymeerilla.

Koetilanteessa visuaalisesti havainnointiin kationisten polymeerien aiheuttavan pintalietetä. Pintaliete on epätoivottava ilmiö puhdistamalla, joten tästä syystä kationisen polymeerin ei katsottu olevan soveltuva vaihtoehto puhdistamolle. Anionisilla polymeereilla päästiin korkeampiin fosforin reduktioihin matalilla $<0,5$ g/m³ annostuksilla, jonka katsotaan olevan eduksi vähäisen kemikaalin syötön vaatimuksen vuoksi.

Koeajoon valittiin anioninen korkeamolekyylinen polymeeri Superfloc-150HMW. Kyseisellä polymeerilla päästiin parhaimpiin fosforin reduktioihin 0,3 g/m³ ja 0,5 g/m³ annostuksella reduktioiden ollessa 66 % ja 72 %.

Puhdistustulokset eivät parane merkittävästi polymeerin syötöllä normaalioloissa. Polymeerin jatkuvasta syötöstä saatava mahdollinen hyöty on marginaalinen, mutta se kuitenkin aiheuttaa kustannuksia sekä kuormittaa ympäristöä. Polymeerin syöttö on ainoastaan lisäkulu, sillä puhdistamon puhdistustulos täyttää ympäristöluvan lupaehdot myös ilman sitä.

Polymeerin syötöstä voi olla apua poikkeus- tai häiriötilanteissa. Kun laitoksella on tilanne, jossa kiintoainetta pääsee karkamaan runsaasti lietteen mukana vesistöön purettavaan veteen, niin polymeerilla voitaisiin saada lievitystä asiaan. Polymeeria voitaisiin väliaikaisesti syöttää korkealla annostuksella, jotta karkaava kiintoaine saataisiin selkeytettyä.

Avainasemassa flokin muodostumisessa on biologisen prosessin toimivuus. Biologiset prosessit vievät suhteellisen paljon aikaa sopeutuessaan prosessin muutoksiin ja annosvasteet voidaan todeta pienellä viiveellä. Polymeerin syötön vaikutukset veden kirkkauteen pitäisi kuitenkin selkeyttimessä näkyä melko viiveettömästi. Polymeerin syötöllä väliselkeytykseen on todennäköisesti vaikutusta myös biologisen prosessin toimintaan, sillä polymeerilla flokattua lietettä palautetaan ilmastusaltaaseen lietteen palautuskierrossa.

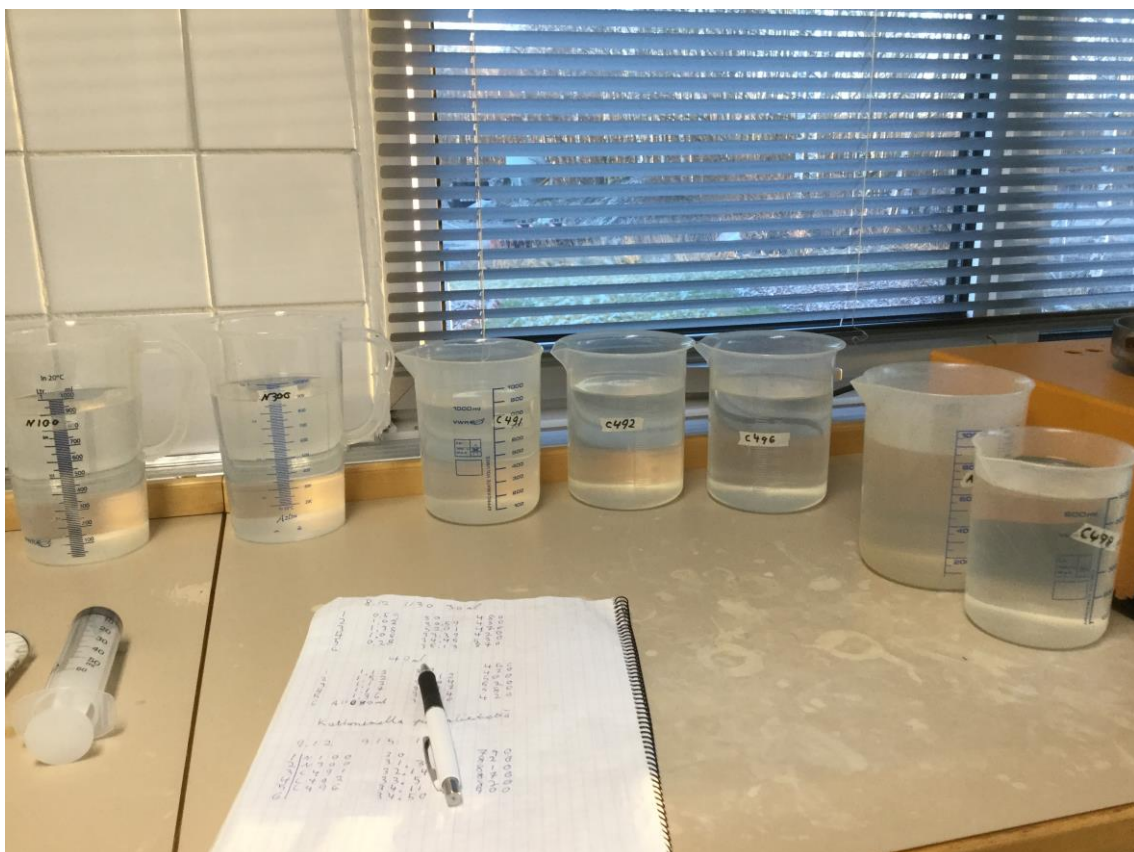
Lähteet

- Ebeling, J., Rishel, K. & Sibrell, P. 2005. Screening and evaluation of polymers as flocculation aids for the treatment of aquacultural effluent. Rijn, J., Hall, S. *Aquacultural Engineering*. Amsterdam: Elsevier, 235 - 249.
- Holopainen, M. & Pulkkinen, P. 1999. *Tilastolliset menetelmät*, Helsinki: WSOY, 1999.
- Howe, K., Hand, D., Crittenden, J., Trussell, R. & Tchobanoglous, G. 2012. *Principles of Water Treatment*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Joensuun Vesi. 2021. Kuhasalon jätevedenpuhdistamo. <https://www.joensuunvesi.fi/kuhasalon-jatevedenpuhdistamo>. 4.2.2021.
- Kuhasalon jätevedenpuhdistamon ympäristölupa 112/08/2/2008.
- Laitinen, J., Nieminen, J., Saarinen, R. & Toivikko, S. 2014. Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT) Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot. Helsinki: Ympäristöministeriö. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/43199/SY_3_2014.pdf?sequence=1. 1.2.2021.
- Tchobanoglous, G., Stensel, H., Tsuchihashi, R., Burton, F., Abu-Orf, M., Bowden, G. & Pfrang, W. 2014. *Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery*. New York: Metcalf & Eddy, Inc.
- Tampereen yliopisto. 2002. Menetelmäopetuksen tietovaranto. <http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/varianssi/anova.html#yksisuuntainen>. 27.3.2021.
- Wong, S., Teng, T., Ahmad, A., Zuhairi, A. & Najafpour, G. 2006. Treatment of pulp and paper mill wastewater by polyacrylamide (PAM) in polymer induced flocculation. Aga, D., Daugulis, A., He, Z., Lyberatos, F. *Journal of Hazardous Materials*. Amsterdam: Elsevier, 378 - 388.

Kuvia panoskoikeiden välineistä



Liitekuva 1. Flokkulaattori sekoittiminen, laskeutusastiat, näytteenotin ja näytepullot.

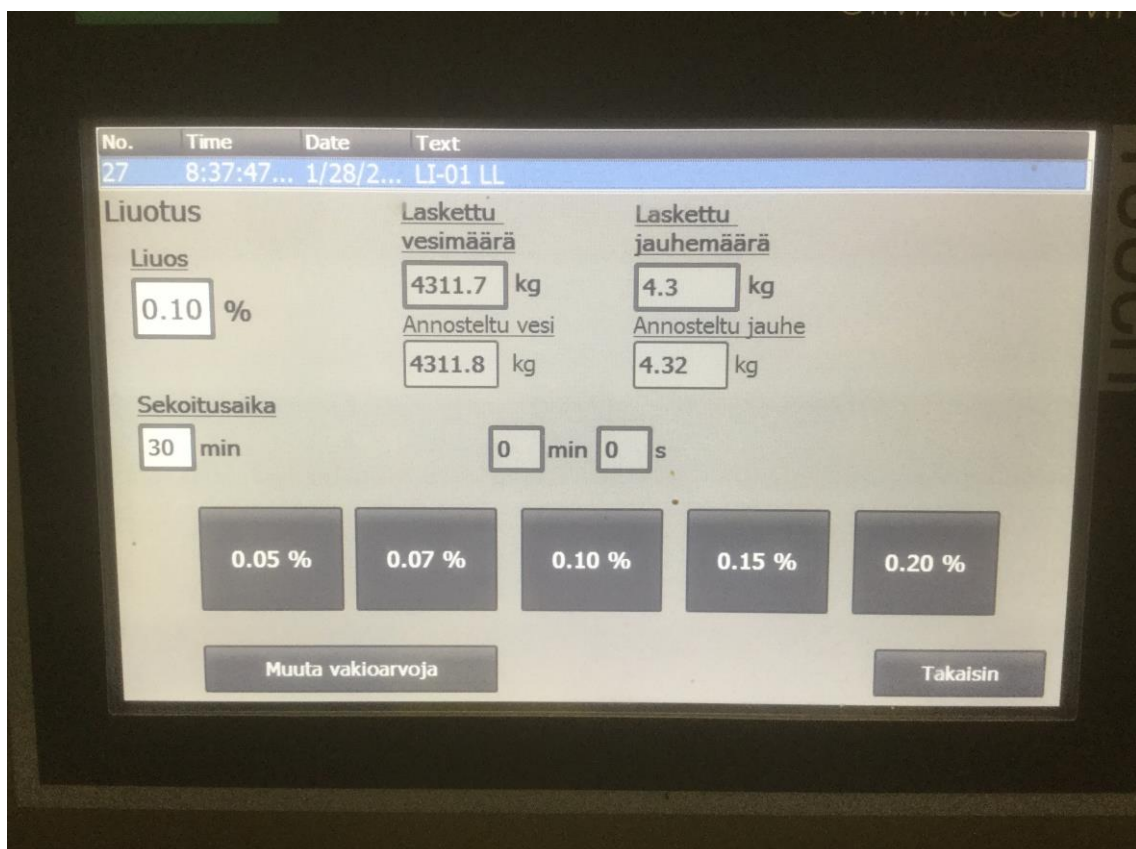


Liitekuva 2. Polymeerikäyttöliuokset, annosteluruisku ja muistiinpanovälineet.

Kuvia polymeerilaitteistosta



Liitekuva 3. Polymeerilaitteiston polymeerijauhesäiliö. Pohjalla näkyy syöttöruuvi.

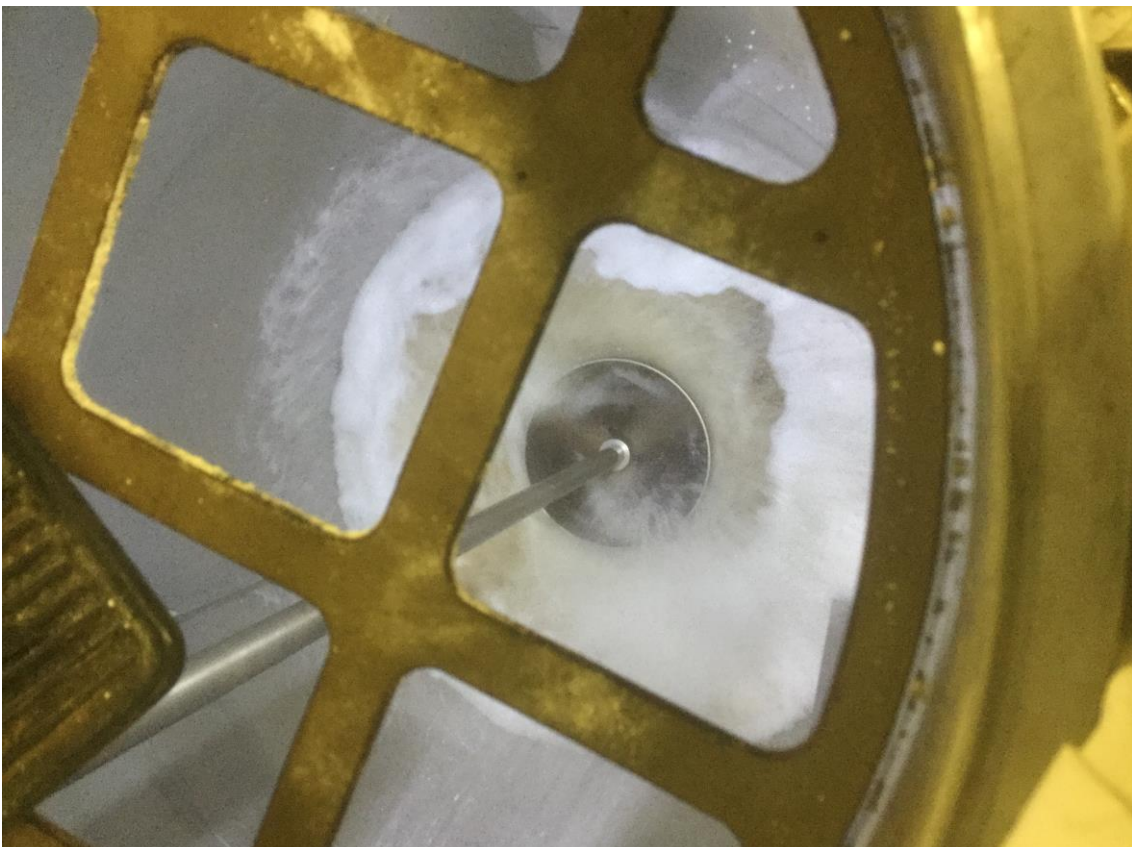


Kuvia polymeerilaitteistosta

Liitekuva 4. Polymeerilaitteiston kosketusnäyttöllinen toimintapaneeli.



Liitekuva 5. Polymeerilaitteiston sekoitussäiliön päällinen, jossa näkyvissä huolto-
luukku ja sekoittimen moottori.



Kuvia polymeerilaitteistosta

Liitekuva 6. Polymeerilaitteiston sekoitussäiliön sekoitus käynnissä.



Liitekuva 7. Polymeerilaitteiston varastosäiliöt.



Liitekuva 8. Polymeeriliuoksen pumppaus varastosäiliöön. Nesteen hajoamattomasta kaaresta havainnoituu liuoksen korkea viskoosisuus.

Panoskoikeiden fosforin ja sameuden tulokset

		FNU		Kok-P	
	g/m ³	FNU	reduktio	Kok-P	reduktio
A150HMW	0,00	10,4	0 %	0,418	0 %
A150HMW	0,11	5,96	43 %	0,225	46 %
A150HMW	0,31	3,55	66 %	0,165	61 %
A150HMW	0,50	3,21	69 %	0,136	67 %
A150HMW	0,92	2,56	75 %	0,120	71 %
A150HMW	1,11	2,52	76 %	0,116	72 %
A137HMW	0,00	10,7	0 %	0,601	0 %
A137HMW	0,11	11,3	-6 %	0,368	39 %
A137HMW	0,31	5,67	47 %	0,257	57 %
A137HMW	0,50	5,43	49 %	0,205	66 %
A137HMW	0,92	3,52	67 %	0,178	70 %
A137HMW	1,11	2,84	73 %	0,166	72 %
A130HMW	0,00	12,4	0 %	0,511	0 %
A130HMW	0,11	5,71	54 %	0,268	48 %
A130HMW	0,31	5,2	58 %	0,255	50 %
A130HMW	0,50	3,35	73 %	0,154	70 %
A130HMW	0,92	2,82	77 %	0,127	75 %
A130HMW	1,11	2,84	77 %	0,127	75 %
A120HMW	0,00	10,5	0 %	0,441	0 %
A120HMW	0,11	5,57	47 %	0,242	45 %
A120HMW	0,31	4,23	60 %	0,170	61 %
A120HMW	0,50	2,99	72 %	0,150	66 %
A120HMW	0,92	3,07	71 %	0,139	68 %
A120HMW	1,11	2,82	73 %	0,122	72 %
A110HMW	0,00	10,7	0 %	0,502	0 %
A110HMW	0,11	5,05	53 %	0,259	48 %
A110HMW	0,31	5	53 %	0,187	63 %
A110HMW	0,50	2,89	73 %	0,153	70 %
A110HMW	0,92	3,17	70 %	0,140	72 %
A110HMW	1,11	3,29	69 %	0,131	74 %
A100HMW	0,00	9,46	0 %	0,402	0 %
A100HMW	0,11	6,67	29 %	0,247	39 %
A100HMW	0,31	5,09	46 %	0,156	61 %
A100HMW	0,50	4,32	54 %	0,142	65 %
A100HMW	0,92	3,56	62 %	0,141	65 %
A100HMW	1,11	3,31	65 %	0,125	69 %
N100	0,00	11,2	0 %	0,460	0 %
N100	0,11	6,1	46 %	0,256	44 %
N100	0,31	5,91	47 %	0,208	55 %
N100	0,50	5,83	48 %	0,156	66 %
N100	0,92	3,85	66 %	0,132	71 %
N100	1,11	3,06	73 %	0,130	72 %

Panoskoikeiden fosforin ja sameuden tulokset

N300	0,00	11,6	0 %	0,441	0 %
N300	0,11	8,59	26 %	0,321	27 %
N300	0,31	4,78	59 %	0,184	58 %
N300	0,50	4,12	64 %	0,167	62 %
N300	0,92	4,47	61 %	0,147	67 %
N300	1,11	3,12	73 %	0,134	70 %
C491HMW	0,00	9,29	0 %	0,429	0 %
C491HMW	0,11	6,13	34 %	0,285	34 %
C491HMW	0,31	4,55	51 %	0,185	57 %
C491HMW	0,50	3,6	61 %	0,151	65 %
C491HMW	0,92	3,25	65 %	0,106	75 %
C491HMW	1,11	2,43	74 %	0,096	78 %
C492HMW	0,00	11,7	0 %	0,476	0 %
C492HMW	0,11	8,45	28 %	0,340	29 %
C492HMW	0,31	5,15	56 %	0,219	54 %
C492HMW	0,50	5,3	55 %	0,151	68 %
C492HMW	0,92	2,78	76 %	0,097	80 %
C492HMW	1,11	3,22	72 %	0,084	82 %
C494HMW	0,00	11,9	0 %	0,483	0 %
C494HMW	0,11	8,72	27 %	0,330	32 %
C494HMW	0,31	5,03	58 %	0,193	60 %
C494HMW	0,50	3,95	67 %	0,130	73 %
C494HMW	0,92	2,99	75 %	0,090	81 %
C494HMW	1,11	2,12	82 %	0,073	85 %
C496HMW	0,00	11,7	0 %	0,539	0 %
C496HMW	0,11	8,77	25 %	0,362	33 %
C496HMW	0,31	6,3	46 %	0,198	63 %
C496HMW	0,50	4,66	60 %	0,138	74 %
C496HMW	0,92	2,74	77 %	0,073	86 %
C496HMW	1,11	2,07	82 %	0,068	87 %
C498HMW	0,00	12,2	0 %	0,539	0 %
C498HMW	0,11	8,63	29 %	0,369	32 %
C498HMW	0,31	5,13	58 %	0,229	58 %
C498HMW	0,50	5,45	55 %	0,160	70 %
C498HMW	0,92	2,74	78 %	0,091	83 %
C498HMW	1,11	2,06	83 %	0,072	87 %
A100	0,00	10,5	0 %	0,542	0 %
A100	0,11	5,15	51 %	0,283	48 %
A100	0,31	4,59	56 %	0,247	54 %
A100	0,50	4,66	56 %	0,222	59 %
A100	0,92	3,38	68 %	0,212	61 %
A100	1,11	3,11	70 %	0,208	62 %
A110	0,00	11	0 %	0,430	0 %
A110	0,11	5,05	54 %	0,289	33 %
A110	0,31	4,5	59 %	0,208	52 %
A110	0,50	4,2	62 %	0,208	52 %

Panoskoikeiden fosforin ja sameuden tulokset

A110	0,92	3,6	67 %	0,183	57 %
A110	1,11	2,72	75 %	0,178	59 %
A120	0,00	9,45	0 %	0,450	0 %
A120	0,11	3,98	58 %	0,239	47 %
A120	0,31	5,06	46 %	0,204	55 %
A120	0,50	4,29	55 %	0,220	51 %
A120	0,92	3,08	67 %	0,184	59 %
A120	1,11	3,92	59 %	0,188	58 %
A120V	0,00	8,91	0 %	0,435	0 %
A120V	0,11	4,46	50 %	0,230	47 %
A120V	0,31	3,4	62 %	0,198	54 %
A120V	0,50	4,24	52 %	0,268	38 %
A120V	0,92	2,7	70 %	0,177	59 %
A120V	1,11	3,44	61 %	0,184	58 %
A125V	0,00	11,7	0 %	0,624	0 %
A125V	0,11	4,29	63 %	0,264	58 %
A125V	0,31	4,05	65 %	0,225	64 %
A125V	0,50	4,98	57 %	0,231	63 %
A125V	0,92	3,81	67 %	0,211	66 %
A125V	1,11	4,81	59 %	0,202	68 %
XD5200	0,00	8,82	0 %	0,472	0 %
XD5200	0,11	8,13	8 %	0,372	21 %
XD5200	0,31	6	32 %	0,297	37 %
XD5200	0,50	3,68	58 %	0,223	53 %
XD5200	0,92	3,47	61 %	0,185	61 %
XD5200	1,11	2,9	67 %	0,166	65 %
A130	0,00	8,93	0 %	0,454	0 %
A130	0,11	4,8	46 %	0,272	40 %
A130	0,31	4	55 %	0,216	52 %
A130	0,50	3,53	60 %	0,189	58 %
A130	0,92	2,85	68 %	0,176	61 %
A130	1,11	3,12	65 %	0,165	64 %
A130V	0,00	9,55	0 %	0,453	0 %
A130V	0,11	4,79	50 %	0,258	43 %
A130V	0,31	3,7	61 %	0,216	52 %
A130V	0,50	3,07	68 %	0,171	62 %
A130V	0,92	3,43	64 %	0,171	62 %
A130V	1,11	3,07	68 %	0,157	65 %
C446	0,00	9,61	0 %	0,433	0 %
C446	0,11	7,72	20 %	0,351	19 %
C446	0,31	5,52	43 %	0,242	44 %
C446	0,50	4,1	57 %	0,189	56 %
C446	0,92	3,44	64 %	0,144	67 %
C446	1,11	4,38	54 %	0,134	69 %
C448	0,00	10,5	0 %	0,435	0 %
C448	0,11	8,04	23 %	0,378	13 %
C448	0,31	8,04	23 %	0,289	34 %

Panoskoikeiden fosforin ja sameuden tulokset

C448	0,50	5,11	51 %	0,224	49 %
C448	0,92	3,97	62 %	0,150	66 %
C448	1,11	3,01	71 %	0,131	70 %
C495HMW	0,00	9,56	0 %	0,419	0 %
C495HMW	0,11	8,06	16 %	0,358	15 %
C495HMW	0,31	6,13	36 %	0,282	33 %
C495HMW	0,50	5,87	39 %	0,259	38 %
C495HMW	0,92	4,03	58 %	0,176	58 %
C495HMW	1,11	4,06	58 %	0,162	61 %
C496	0,00	9,26	0 %	0,418	0 %
C496	0,11	8,04	13 %	0,354	15 %
C496	0,31	7,46	19 %	0,303	28 %
C496	0,50	5,69	39 %	0,243	42 %
C496	0,92	4,19	55 %	0,197	53 %
C496	1,11	5,22	44 %	0,157	62 %

Panoskoikeiden lietteenlaskeutuvuuden tulokset

A150HMW	8,12	930	3,9	g/l
			3,8	g/l
			Reduk-	
g/m3	ml	SVI:	tio	
0	680	174		
0	870	229	0	
0,25	590	151	13 %	
0,5	480	123	29 %	
0,75	480	126	45 %	
1,0	450	118	48 %	

A130HMW	8,12	930	3,9	g/l
			3,8	g/l
			Reduk-	
g/m3	ml	SVI:	tio	
0	680	174		
0	870	229	0	
0,25	610	156	10 %	
0,5	460	118	32 %	
0,75	480	126	45 %	
1,0	470	124	46 %	

A120HMW	8,12	930	3,9	g/l
			3,8	g/l
			Reduk-	
g/m3	ml	SVI:	tio	
0	680	174		
0	870	229	0	
0,25	600	154	12 %	
0,5	460	118	32 %	
0,75	470	124	46 %	
1,0	500	132	43 %	

A110HMW	8,12	930	3,9	g/l
			3,8	g/l
			Reduk-	
g/m3	ml	SVI:	tio	
0	680	174		
0	870	229	0	
0,25	550	141	19 %	
0,5	520	133	24 %	
0,75	420	111	52 %	

Panoskoikeiden lietteenlaskeutuvuuden tulokset

1,0	520	137	40 %	
C494HMW	8,12	930	3,9	g/l
			3,8	g/l
g/m ³	ml	SVI:	Reduk-	tio
0	680	174		
0	870	229	0	
0,25	660	169	3 %	
0,5	570	146	16 %	
0,75	530	139	39 %	
1,0	580	153	33 %	
N100	9,12	915	4,1	g/l
			4,0	g/l
g/m ³	ml	SVI:	Reduk-	tio
0	900	220		
0	890	223	0	
0,25	790	193	12 %	
0,5	780	190	13 %	
0,75	660	165	26 %	
1,0	580	145	35 %	
N300	9,12	915	4,1	g/l
			4,0	g/l
g/m ³	ml	SVI:	Reduk-	tio
0	900	220		
0	890	223	0	
0,25	820	200	9 %	
0,5	670	163	26 %	
0,75	630	158	29 %	
1,0	630	158	29 %	
C491HMW	9,12	915	4,1	g/l
			4,0	g/l
g/m ³	ml	SVI:	Reduk-	tio
0	900	220		
0	890	223	0	
0,25	810	198	10 %	
0,5	780	190	13 %	
0,75	760	190	15 %	
1,0	600	150	33 %	

Panoskoikeiden lietteenlaskeutuvuuden tulokset

C492HMW	9,12	915	4,1	g/l
			4,0	g/l
			Reduk-	
g/m ³	ml	SVI:	tio	
0	900	220		
0	890	223	0	
0,25	870	212	3 %	
0,5	700	171	22 %	
0,75	780	195	12 %	
1,0	630	158	29 %	

C496HMW	9,12	915	4,1	g/l
			4,0	g/l
			Reduk-	
g/m ³	ml	SVI:	tio	
0	900	220		
0	890	223	0	
0,25	820	200	9 %	
0,5	750	183	17 %	
0,75	680	170	24 %	
1,0	630	158	29 %	

A137HMW	9,12	1300	3,8	g/l
			Reduk-	
g/m ³	ml	SVI:	tio	
0	800	211	0	
0,25	670	176	16 %	
0,5	490	129	39 %	
0,75	480	126	40 %	
1,0	480	126	40 %	

A100HMW	9,12	1300	3,8	g/l
			Reduk-	
g/m ³	ml	SVI:	tio	
0	800	211	0	
0,25	610	161	24 %	
0,5	440	116	45 %	
0,75	470	124	41 %	
1	480	126	40 %	

C498HMW	9,12	1300	3,8	g/l
			Reduk-	
g/m ³	ml	SVI:	tio	
0	800	211	0	

Panoskoikeiden lietteenlaskeutuvuuden tulokset

0,25	570	150	29 %	
0,5	750	197	6 %	
0,75	670	176	16 %	
1	610	161	24 %	
A100	7.1	0900	3,1	g/l
			SVI	
g/m3	ml	SVI	reduktio	
0,00	480	155	0 %	
0,13	330	106	31 %	
0,25	340	110	29 %	
0,50	390	126	19 %	
0,75	370	119	23 %	
1,00	350	113	27 %	
A110	7.1	1030	3,1	g/l
			SVI	
g/m3	ml	SVI	reduktio	
0,00	360	116	0 %	
0,13	330	106	8 %	
0,25	340	110	6 %	
0,50	350	113	3 %	
0,75	320	103	11 %	
1,00	340	110	6 %	
A120	8.1	0800	3,12	g/l
			SVI	
g/m3	ml	SVI	reduktio	
0,00	360	115	0 %	
0,13	370	119	-3 %	
0,25	330	106	8 %	
0,50	360	115	0 %	
0,75	340	109	6 %	
1,00	350	112	3 %	
A120V	8.1	0910	3,12	g/l
			SVI	
g/m3	ml	SVI	reduktio	
0,00	380	122	0 %	
0,13	390	125	-3 %	
0,25	390	125	-3 %	

Panoskoikeiden lietteenlaskeutuvuuden tulokset

0,50	380	122	0 %	
0,75	340	109	11 %	
1,00	340	109	11 %	
A125V	11.1	0830	3,58	g/l
			SVI	
g/m3	ml	SVI	reduktio	
0,00	660	184	0 %	
0,13	500	140	24 %	
0,25	460	128	30 %	
0,50	450	126	32 %	
0,75	390	109	41 %	
1,00	390	109	41 %	
XD5200	11.1	0955	3,53	g/l
			SVI	
g/m3	ml	SVI	reduktio	
0,00	580	164	0 %	
0,13	430	122	26 %	
0,25	510	144	12 %	
0,50	480	136	17 %	
0,75	510	144	12 %	
1,00	460	130	21 %	
A130	11.1	1130	3,41	g/l
			SVI	
g/m3	ml	SVI	reduktio	
0,00	450	132	0 %	
0,13	520	152	-16 %	
0,25	480	141	-7 %	
0,50	360	106	20 %	
0,75	370	109	18 %	
1,00	370	109	18 %	
A130V	11.1	1300	3,27	g/l
			SVI	
g/m3	ml	SVI	reduktio	
0,00	430	131	0 %	
0,13	480	147	-12 %	
0,25	400	122	7 %	

Panoskoikeiden lietteenlaskeutuvuuden tulokset

0,50	380	116	12 %	
0,75	370	113	14 %	
1,00	320	98	26 %	
C446	12.1	0920	3,7	g/l
			SVI	
g/m3	ml	SVI	reduktio	
0,00	570	154	0 %	
0,13	640	173	-12 %	
0,25	470	127	18 %	
0,50	510	138	11 %	
0,75	520	141	9 %	
1,00	650	176	-14 %	
C448	12.1	1020	3,6	g/l
			SVI	
g/m3	ml	SVI	reduktio	
0,00	520	144	0 %	
0,13	620	172	-19 %	
0,25	630	175	-21 %	
0,50	580	161	-12 %	
0,75	560	156	-8 %	
1,00	510	142	2 %	
C495HMW	12.1	1130	3,5	g/l
			SVI	
g/m3	ml	SVI	reduktio	
0,00	450	129	0 %	
0,13	620	177	-38 %	
0,25	560	160	-24 %	
0,50	450	129	0 %	
0,75	450	129	0 %	
1,00	410	117	9 %	
C496	12.1	1245	3,3	g/l
			SVI	
g/m3	ml	SVI	reduktio	
0,00	440	133	0 %	
0,13	400	121	9 %	
0,25	420	127	5 %	

Panoskokeiden lietteenlaskeutuvuuden tulokset

0,50	400	121	9 %
0,75	380	115	14 %
1,00	420	127	5 %

Käyttötarkkailun tulokset

Tammi-
KUUKAUSIRAPORTTI kuu 2021

	VIRTAAMA	TULEVA JÄTEVESI		LÄHTEVÄ JÄTEVESI		Red
KOK-P	m³/d	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	%
4.1.2021	18154	9,9	180	0,34	6,2	96,6
7.1.2021	17567	10	176	0,32	5,6	96,8
11.1.2021	17315	8,4	145	0,30	5,2	96,4
12.1.2021	17591	9,7	171	0,33	5,8	96,6
14.1.2021	17839	10	178	0,32	5,7	96,8
18.1.2021	16704	12	200	0,34	5,7	97,2
25.1.2021	16049	10	160	0,27	4,3	97,3
28.1.2021	15871	9,9	157	0,31	4,9	96,9
keskiarvo	16866	10	171	0,32	5,3	96,9
yht. kk	522834		5301		165,7	
KHK	m³/d	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	%
12.1.2021	17591	560	9851	31	545	94,5
19.1.2021	16809	620	10421	43	723	93,1
25.1.2021	16049	480	7704	39	626	91,9
keskiarvo	16866	553	9325	38	633	93,2
yht. kk	522834		289087		19629	
KIINTOAINE	m³/d	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	%
4.1.2021	18154	170	3086	10	182	94,1
12.1.2021	17591	250	4398	9,7	171	96,1
18.1.2021	16704	250	4176	14	234	94,4
25.1.2021	16049	290	4654	10	160	96,6
28.1.2021	15871	310	4920	8,0	127	97,4
keskiarvo	16866	252	4247	10	175	95,9
yht. kk	522834		131652		5413	

Käyttötarkkailun tulokset

Helmi-
KUUKAUSIRAPORTTI kuu 2021

	VIRTAAMA	TULEVA JÄTEVESI		LÄHTEVÄ JÄTEVESI		Red
KOK-P	m³/d	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	%
1.2.2021	14767	12	177	0,22	3,2	98,2
4.2.2021	16575	9,8	162	0,25	4,1	97,4
8.2.2021	16640	11	183	0,23	3,8	97,9
9.2.2021	16742	11	184	0,24	4,0	97,8
11.2.2021	16509	12	198	0,26	4,3	97,8
15.2.2021	16369	13	213	0,29	4,7	97,8
17.2.2021	17301	11	190	0,33	5,7	97,0
23.2.2021	16641	12	200	0,31	5,2	97,4
24.2.2021	16734	11	184	0,29	4,9	97,4
keskiarvo	16526	11	188	0,27	4,5	97,6
yht. kk	462728		5263		124,8	
KHK	m³/d	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	%
2.2.2021	16547	750	12411	36	596	95,2
9.2.2021	16742	610	10212	50	837	91,8
17.2.2021	17301	780	13495	44	761	94,4
23.2.2021	16641	920	15309	49	815	94,7
keskiarvo	16526	778	12857	45	740	94,2
yht. kk	462728		359990		20713	
KIINTOAINE	m³/d	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	%
1.2.2021	14767	420	6202	6,7	99	98,4
4.2.2021	16575	280	4641	6,0	99	97,9
9.2.2021	16742	280	4688	7,8	131	97,2
11.2.2021	16509	320	5283	4,4	73	98,6
15.2.2021	16369	470	7693	6,7	110	98,6
23.2.2021	16641	400	6656	11	183	97,3
24.2.2021	16734	480	8032	8,5	142	98,2
keskiarvo	16526	373	6171	7,3	121	98,0
yht. kk	462728		172780		3386	

Käyttötarkkailun tulokset

**Maalis-
KUUKAUSIRAPORTTI kuu 2021**

	VIRTAAMA	TULEVA JÄTEVESI		LÄHTEVÄ JÄTEVESI		Red
		mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	
KOK-P	m³/d	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	%
1.3.2021	15996	14	224	0,24	3,8	98,3
4.3.2021	16635	12	200	0,25	4,2	97,9
8.3.2021	15646	12	188	0,22	3,4	98,2
9.3.2021	15820	16	253	0,22	3,5	98,6
11.3.2021	15533	10	155	0,19	3,0	98,1
15.3.2021	16137	13	210	0,18	2,9	98,6
18.3.2021	15815	12	190	0,27	4,3	97,8
22.3.2021	15888	12	191	0,21	3,3	98,3
23.3.2021	16054	11	177	0,20	3,2	98,2
29.3.2021	23084	8,6	199	0,35	8,1	95,9
keskiarvo	17993	11	199	0,24	4,3	97,8
yht. kk	557787		6154		132,8	
KHK	m³/d	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	%
2.3.2021	16399	740	12135	40	656	94,6
9.3.2021	15820	1100	17403	73	1155	93,4
16.3.2021	16025	790	12660	47	753	94,1
23.3.2021	16054	640	10275	43	690	93,3
keskiarvo	17993	729	13118	51	911	93,1
yht. kk	557787		406658		28231	
KIINTOAINE	m³/d	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	%
1.3.2021	15996	380	6079	7,4	118	98,1
8.3.2021	15646	370	5789	8,3	130	97,8
9.3.2021	15820	390	6170	8,0	127	97,9
15.3.2021	16137	340	5487	6,8	110	98,0
18.3.2021	15815	450	7117	8,1	128	98,2
22.3.2021	15888	390	6196	7,3	116	98,1
23.3.2021	16054	280	4495	8,8	141	96,9
29.3.2021	23084	310	7156	14	323	95,5
keskiarvo	17993	337	6061	8,9	160	97,4
yht. kk	557787		187893		4950	