

Biopolymeerien käyttö vesienpuhdistuksessa ja ravinteiden kierrätyksessä

Alexi Leppämäki

Opinnäytetyö
Toukokuu 2019
Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma
Luonnonvara- ja ympäristöala

Tekijä(t) Leppämäki, Aleks	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2019
	Sivumäärä 76	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Biopolymeerien käyttö vesien puhdistuksessa ja ravinteiden kierrätyksessä		
Tutkinto-ohjelma Maaseutuelinkeinojen tutkimusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Ulla Heinonen		
Toimeksiantaja(t) Tarja Stenman, BioP-hanke		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää biopolymeerin käyttömahdollisuutta vesienpuhdistuksessa, saostuskemikaalina, liukoiselle fosforille ja toisena tavoitteena oli selvittää biopolymeerin saostustoiminnasta syntyneen sedimentin eli lietteen kykyä toimia lannoitteena kasveille. Lannoitetutkimuksessa oli myös tavoitteena tutkia, että estääkö liete kasvien kasvua vai hyötyvätkö kasvit lietteestä kasvullisesti. Tutkimuksessa käytetty biopolymeeri oli tanniini, jonka Suomen Ympäristökeskus valitsi laboratoriotestien avulla.</p> <p>Opinnäytetyön tutkimus oli kaksivaiheinen. Ensimmäisessä vaiheessa rakennettiin tutkimusasema kosteikolle Tarvaalaan Saarijärvelle, jossa tutkittiin biopolymeerin toimimista saostuskemikaalina. Tutkimusasema koostui uppopumpusta, sekoituslaatikoista, letkupumpusta, laskeutusaltaasta ja pintapuomista. Tutkimuksen aikana otettiin vesinäytteitä tulevasta ja lähtevästä vedestä. Tutkimuksessa tehtiin 10 koeajoa biopolymeerillä. Koeajot kestivät ajallisesti 6-8 tuntia ja viimeiset koeajot olivat yli 24 tuntia.</p> <p>Toisessa tutkimuksessa tarkasteltiin biopolymeerin toiminnasta syntyneen lietteen lannoitusmahdollisuuksia. Kasvatuskoe toteutettiin standardin SFS EN 16086.1:2012 ja VTT:n Kompostin kypsyystestin: Fytotoksisuus/Kasvitesti -menetelmäohjeiden mukaisesti. Kasvitesti tehtiin kolmella kasvilla: kiinankaalilla, krassilla ja rairuoholla. Kasvitestissä selvitettiin myös kasvualustojen pH-arvot ja sähköjohtokyvyt kokeen alussa ja lopussa. Kasvitesti kesti 2 viikkoa. Biopolymeerilietettä lähetettiin myös viljavuuspalveluun.</p> <p>Ensimmäinen vaihe antoi hyviä tuloksia, sillä lietettä muodostui ja biopolymeerillä oli parantavia vaikutuksia mm. liuenneen fosforin osalta. Biopolymeeriliuoksella oli myös heikentäviä tuloksia mm. typen osalta. Kasvitestin tulosten mukaan itävyys ja kasvuindeksi olivat keskiarvallisesti onnistuneita. Eniten biopolymeerilietteestä hyötyi rairuoho.</p>		
Avainsanat (asiasanat) biopolymeeri, kasvitesti, lannoittaminen, liukoinen fosfori, ravinnekierto, saostuskemikaali, vesienpuhdistus ja tanniini		
Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Leppämäki, Aleksi	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2019 Language of publication: Finnish
	Number of pages 76	Permission for web publication: x
Title of publication Use of biopolymers in water purification and nutrient recycling		
Degree programme Agricultural and Rural Industries		
Supervisor(s) Heinonen, Ulla		
Assigned by Tarja Stenman, BioP-project		
Description <p>The first aim of the thesis was to investigate the possibility to use biopolymers in water purification as a precipitation chemical for soluble phosphorus and the second aim was to figure out how the sediment precipitated by the biopolymers works as a fertilizer. The objective of the fertilizer study was to investigate whether the sediment prevents plant growth or whether plants benefit from the sediment. The biopolymer used in this study was tannin which was chosen by Finnish Environment Institute with the help of laboratory tests. The study was a two phase investigation. In the first part a research station was built on a wetland in Tarvaala, Saarijärvi. There the biopolymer was examined as a precipitation chemical. The research station was made of a submersible pump, mixing boxes, a hose pump, a settling pool and a surface boom. Water samples were taken from the in-flowing and outflowing. Ten test runs were made with biopolymer. The test runs lasted 6-8 hours and the last test runs were over 24 hours long. The second investigation examined the fertilizing possibilities of the sediment from the biopolymer activity. The growth test was conducted with the following method. The method used for the growth test was standard SFS EN 16086.1:2012 and Compost maturity test: Phytotoxicity/Growth test -guide published by VTT Technical Research Centre of Finland. Three plant were used in the growth test: Chinese cabbage, cress and rye-grass. The pH test and conductivity were measured in the beginning and after the test. The test lasted two weeks. Some biopolymer sediment was also sent to fertility service. The first part gave good results because some sediment was formed and the biopolymer had improving effects in water, e.g. soluble phosphorus. The biopolymer solution also had debilitating results in water, e.g. nitrogen. According to the results of the growth test, the germination and growth index were on average successful. The rye-grass benefited the most of the plants from the biopolymer sediment.</p>		
Keywords/tags (subjects) biopolymers, fertilization, nutrient cycle, plant growth test, precipitation chemical, soluble phosphorus, tannin and water purification		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

1	Sanasto	5
2	Johdanto	7
3	Opinnäytetyön tavoitteet ja tutkimus-/kehittämistehtävät	8
3.1	Opinnäytetyön tavoitteet	8
3.2	Tutkimuskysymykset	8
3.3	Opinnäytetyön rajaus ja rajauksen perustelu	9
4	Tietoperusta vesienpuhdistustutkimukselle	9
4.1	Biopolymeeri	9
4.1.1	Tanniini-biopolymeeri.....	10
4.2	Fosfori.....	10
4.2.1	Fosforin kierto.....	10
4.3	Rehevöityminen	11
5	Tietoperusta ruukkukokeille	13
5.1	Kasvien kasvuun vaikuttavat tekijät	13
5.1.1	Bioottiset tekijät	13
5.1.2	Abioottiset tekijät	13
5.1.3	Kemialliset tekijät	14
5.1.4	Fysikaalliset tekijät.....	15
6	Menetelmät ja aineisto.....	16
6.1	Tutkimus-/ kehittämistyön menetelmät	16
6.2	Biopolymeerin toimivuus saostumiskemikaalina ja vesistöjen puhdistajana.....	16
6.2.1	Tutkimusasema.....	16
6.2.2	Tutkimusaseman koeajot	21

	2
6.2.3 Tulokset	25
6.3 Biopolymeerilietteen lannoitusominaisuudet	35
6.3.1 Ruukkukokeiden esivalmistelut	35
6.3.2 Ruukkukokeet	39
6.3.3 Tulokset ja analysointi	49
6.4 Tutkimuksien loppupohdinta	59
6.4.1 Biopolymeerilietteen lannoitteena ja sen levitysmahdollisuudet	59
Lähteet	60
Liitteet	62
Liite 1. Tutkimusaseman sekoituslaatikko (Nopea) (Lahtela 2018)	62
Liite 2. Tutkimusaseman sekoituslaatikko (Hidas) (Lahtela 2018)	63
Liite 3. Koeajot tutkimusasemalla 27.8-11.9.2018 (Lahtela 2018)	64
Liite 4. Koeajot tutkimusasemalla 12.9-11.10.2018 (Lahtela 2018)	65
Liite 5. Vesinäytetulokset, tuleva vesi (Lahtela 2018)	66
Liite 6. Vesinäytetulokset, lähtevä vesi (Lahtela 2018)	67
Liite 7. Reduktiot vesinäytteistä (Lahtela 2018)	68
Liite 8. Koesuunnitelma tarvelaskelmat (Siimekselä 2018)	69
Liite 9. Työohje: Vesiliukoisten fosforien uutaminen kasvualustasta 1/2 (Jämsén 2018)	70
Liite 10. Työohje: Vesiliukoisten fosforien uutaminen kasvualustasta 2/2 (Jämsén 2018)	71
Liite 11. Analyysitulokset: Biopolymeeriliete Tarvaala ja Oulu (Lahtela 2018) 72	72
Liite 12. Kasvitestien tulokset	73

Kuviot

Kuvio 1 Tutkimusasema Tarvaalassa, Saarijärvellä (Lahtela 2018)	17
Kuvio 2 Sekoituslaatikot	18
Kuvio 3 Biopolymeeriliuoksen syöttöpumppu eli letkupumppu.....	19
Kuvio 4 Laskeutusallas ilman pintapuomia	20
Kuvio 5 Polymeeripitoisuuden optimointi (Lahtela 2018)	21
Kuvio 6 Biopolymeerin toiminnasta syntynyttä sakkaa sekoituslaatikon pohjalla (Leppämäki 2018).....	22
Kuvio 7. Kekkilä Professional 620 kasvuturve	36
Kuvio 8 Ruukut kasvitestin alussa	40
Kuvio 9 Kasvien järjestys kasvupöydällä	40
Kuvio 10 Rairuohon taimettuminen 7 vrk:n jälkeen	41
Kuvio 11 Kiinankaalin taimettuminen 7 vrk:n jälkeen.....	42
Kuvio 12 Krassin taimettuminen 7 vrk:n jälkeen.....	42
Kuvio 13 Kasvien uusi järjestys kasvupöydällä	43
Kuvio 14 Kiinankaalin kontrolli vrt. turve + liete (Tarvaala)	44
Kuvio 15 Kiinankaalin kontrolli vrt. turve + liete (Ruukki).....	44
Kuvio 16 Krassin kontrolli vrt. turve + liete (Tarvaala)	45
Kuvio 17 Krassin kontrolli vrt. turve + liete (Ruukki).....	45
Kuvio 18 Rairuohon kontrolli vrt. turve + liete (Tarvaala).....	46
Kuvio 19 Rairuohon kontrolli vrt. turve + liete (Ruukki)	46
Kuvio 20 Kiinankaalin punnitseminen, tuorepainon määrittäminen.....	47
Kuvio 21 Taimet uunissa, Kuivapainon määrittäminen.....	48

Taulukot

Taulukko 1 Biopolymeerin kulutus syksy 2018 (Lahtela 2018)	25
Taulukko 2 Kosteikolta pumpatun veden määrä	26
Taulukko 3 Happamuus eli pH-arvot (Stenman 2018)	28
Taulukko 4 Kiintoaine (mg/l) (Stenman 2018)	29
Taulukko 5 Sameus (FNU) (Stenman 2018).....	30

Taulukko 6 Kokonaistyyppi (mg/l) (Stenman 2018).....	30
Taulukko 7 Kokonaisfosfori eli P.kok (Stenman 2018).....	31
Taulukko 8 Liukoinen fosfori eli PO ₄ P (µg/l) (Stenman 2018).....	32
Taulukko 9 Liuennut orgaaninen hiili eli DOC (mg/l) (Stenman 2018)	33
Taulukko 10 Orgaaninen kokonaishiili eli TOC (mg/l) (Stenman 2018)	33
Taulukko 11 Kuivatun biopolymeerilietteen ominaisuudet 12.11.2018	38
Taulukko 12 Kasvustuseokset ennen ruukkukokeen aloitusta 3.12.2018.....	39
Taulukko 13 Kasvustuseokset kokeen lopussa.....	49
Taulukko 14 Kasvuseosten pH ennen vrt. jälkeen kasvitestiä	50
Taulukko 15 Kasvuseosten pH ennen vrt. jälkeen kasvitestiä	51
Taulukko 16 Kiinankaalin ka. itävyys%	52
Taulukko 17 Krassin ka. itävyys%	52
Taulukko 18 Rairuohon ka. itävyys%.....	53
Taulukko 19 Kiinankaalin kasvuindeksi % (ka. kuivapainoista).....	55
Taulukko 20 Krassin kasvuindeksi % (ka. kuivapainoista)	56
Taulukko 21 Rairuohon kasvuindeksi% (ka. kuivapainoista).....	57
Taulukko 22 Kasvuindeksi% vertailu kasvien välillä	57

1 Sanasto

Biopolymeeri	Biopolymeerit ovat eliöiden tuottamia orgaanisia yhdisteitä, jotka rakentuvat hiilirungosta. Biopolymeerit voidaan jakaa hiilihydraatteihin, proteiineihin ja nukleiinihappoihin.
Biopolymeeriliuos	Tutkimuksissa käytetty tanniini-biopolymeeriliuos
DOC	Liennut orgaaninen hiili
Fosfori	Alkuaine, jonka kemiallinen merkki P
Itävyysprosentti	Itäneiden siementen prosentuaalinen määrä verrattuna kylvettyihin siemeniin (laskukaava: itäneet siemenet (kpl) / kylvetyt siemenet * 100 %)
Kasvuindeksiprocentti	Kertoo, onko kasvu alentunut kasvuseoksessa (laskukaava: kasvu näyteseoksessa (g)/kasvu taustakontrollissa (g)*100 %)
Laskeutusallas	Kaivettu allas, jonka tehtävä on pysäyttää veden mukana tullutta kiintoainesta ja muita ravinteita mm. liukoista fosforia
Liete	Biopolymeerin toiminnasta syntynyttä sakkaa
Kiintoaine	Orgaanista eli eloperäistä tai epäorgaanista ainetta mm. kivennäismaata
Kosteikko	Vesistöjen suojelurakenne, jonka tarkoituksena on toimia kiintoaine- ja ravinnepuskurina vesistöille. Kosteikko tarjoaa myös elinympäristön monille eliöille
Minimitekijä	Kasvien kasvua ensimmäiseksi rajoittava tekijä mm. typen tai fosforin määrä.
N_{kok}	Kokonaistyyppi
pH	Happamuus

Pintapuomi	Laskeutusaltaaseen asennettava vedensuojelurakenne, jonka tehtävänä on kerätä ja laskeuttaa pinnalla kelluva aines esim. sakka pohjaan.
PO₄P	Liukoinen fosfori
P_{kok}	Kokonaisfosfori
Sedimentti	Liete
Sakka	Biopolymeerin saostustoiminnasta syntynyttä ainesta
Tanniini	Tutkimuksessa käytetty biopolymeeri
TOC	Orgaanisen kokonaishiilen määrä

2 Johdanto

Opinnäytetyössä tutkitaan biopolymeerien käyttömahdollisuuksia vesienpuhdistuksessa ja ravinteiden kierrätyksessä. Biopolymeerien toiminnan avulla pyritään saostamaan maatalouden valumisvesistä liukoista fosforia, jota voidaan hyödyntää uudelleen esimerkiksi lannoitteena. Saostunutta fosforia vajoaa vesistön esim. laskeutusaltaan pohjaan lietteenä, jolloin se voidaan kerätä sieltä talteen. Ideaalitulanteessa pelloille levitettyä fosforilannoitetta voitaisiin saostaa ja kerätä talteen valumisvesistä ja hyödyntää uudelleen lannoittamiseen. Tällöin syntyisi ravinnekierto.

Työn toimeksiantaja on Tarja Stenman, joka toimii Suomen Ympäristökeskuksen BioP-hankkeessa projektipäällikkönä. Opinnäytetyö on hyvin ajankohtainen, sillä maailman fosforivarat ovat rajalliset. Tällöin uudelleenkäyttömahdollisuus olisi hyvin tärkeä. Fosforin saostamisella ja talteen ottamisella on myös positiiviset vaikutukset vesistöjen laadussa. Fosfori on ravinne, joka on yleensä minimitekijä kasvien kasvuille. Liiallinen fosfori aiheuttaa vesistöissä rehevöitymistä.

Opinnäytetyön tuloksista saadaan selville, kuinka hyvin biopolymeeri on toiminut liukoisen fosforin saostamisessa ja kuinka hyvin siitä syntynyt liete toimii lannoitteena. Tällä voi olla suuriakin vaikutuksia siihen, kuinka peltoja lannoitetaan ja alkavatko peltojen viljelijät käyttämään biopolymeerejä ja keräämään lietettä. Tällöin lannoitteen hyöty olisi suurempi, koska lannoitettua lannoitetta saataisiin hyödynnettyä uudelleen. Biopolymeerillä voi olla myös vaikutuksia lannoitteiden hintoihin, koska biopolymeerit parantaisivat lannoitteiden hyötysuhdetta.

3 Opinnäytetyön tavoitteet ja tutkimus-/kehittämistehtävät

3.1 Opinnäytetyön tavoitteet

Opinnäytetyössä haetaan ratkaisua siihen, kuinka pelloilta huuhtoutuvaa liukoista fosforia voitaisiin saostaa biopolymeerillä ja voidaanko biopolymeerin toiminnasta syntynyttä lietettä käyttää lannoitteena.

3.2 Tutkimuskysymykset

Opinnäytetyössä on kaksi tutkimuskysymystä: 1. biopolymeerin toimivuus saostumiskemikaalina ja vesienpuhdistajana, ja 2. Saostumisen seurauksena syntyvän lietteen käyttömahdollisuudet lannoitteena. Kysymyksiin saadaan vastaukset vesinäytteenotoilla ja ruukkukokeilla. Vesinäytteenotot suoritetaan kosteikolla Saarijärvellä, Tarvaalassa, jossa on kaksi mittauspaikkaa, joilla tarkkaillaan kosteikolle tulevaa ja lähtevää vettä. Ruukkukokeet toteutetaan Tarvaalassa biotalousinstituutin tiloissa.

3.3 Opinnäytetyön rajaus ja rajauksen perustelu

Opinnäytetyössä pääpaino tulee olemaan ruukkukokeissa, mutta työssä tullaan myös käsittelemään tutkimusta biopolymeerin toimivuudesta ja biopolymeerin vaikutuksista vedessä oleviin pitoisuuksiin. Ruukkukokeet tehdään Kaisa Ruuskan avustuksella ja Kaisa Ruuska tulee myös ottamaan vesinäytteet tutkimuksen ensimmäistä vaihetta varten (eli biopolymeerin toimivuus saostuskemikaalina ja vesienpuhdistajana). Samuli Lahtela toimii tutkimusaseman rakentajana ja toimii muissa tehtävissä mm. tekee koetestaukset ja koeajot tutkimusasemalla. Tarja Stenman ja Tiina Siimekselä avustavat myös tehtävissä esim. laboratoriotöissä.

Opinnäytetyössä tullaan hyödyntämään muiden tuottamia tuloksia ja kaavioita esimerkiksi Samulin Lahtelan kaavioita. Ruukkukokeiden saamista tuloksista tehdään kaaviot itse. Itse avustan Samulia tutkimusasemalla ja hankin pintapuomin VAPO:lta.

4 Tietoperusta vesienpuhdistustutkimukselle

4.1 Biopolymeeri

Biopolymeerit ovat eliöiden tuottamia orgaanisia yhdisteitä, jotka rakentuvat hiilirungosta. Biopolymeerit voidaan jakaa hiilihdraatteihin, proteiineihin ja nukleiinihappoihin (Kalsi, 2015). Biopolymeerit ovat myös biohajoavia ja raskasmetallittomia (Biopolymeerien hyödyntäminen vesienkäsittelyssä ja ravinteiden kierrättämisessä, BioP 2017).

Biopolymeerejä voidaan hyödyntää esim. saostuskemikaaleina. Biopolymeerin toiminta perustuu saostuskemikaalina siihen, että biopolymeerit ovat yleensä kationisoituja eli niillä on positiivinen varaus ja fosfaatti ja maaperänhiukkasilla on negatiivinen varaus, jolloin ne sitoutuvat biopolymeeriin. (Turunen 2018.)

Ennen tutkimuksia Suomen ympäristökeskus tutki erilaisia biopolymeerejä ja niiden tehokkuutta saostuskemikaalina. Tutkittavia biopolymeerejä olivat tanniini, kitosaani

ja tärkkelys. Tutkimuksen valittiin tanniini, joka oli kaikista tehokkain. Tanniini vähensi laboratoriotesteissä veden fosforipitoisuutta noin 70 % (Biopolymeerien hyödyntäminen vesienkäsittelyssä ja ravinteiden kierrättämisessä, BioP 2017).

4.1.1 Tanniini-biopolymeeri

Tanniinit kuuluvat biopolymeereihin ja ne ovat biohajoavia. Tanniineilla on myös kyky saostaa mm. liukoista fosforia lietteeksi. Lieite on biohajoavaa ja raskasmetallitonta. Tanniini on anioni eli sillä on negatiivinen varaus, ja ne vastaanottavat elektrodeja. (Özacar & Şengil 2003.)

Luonnossa tanniineja esiintyy kasveissa mm. tammessa, apiloissa ja metsämarjoissa. Tanniineja on kasveissa juurissa, lehdissä, varressa ja siemenissä. Tanniineilla on hyödyllisiä tehtäviä kasveissa: juurissa suojelevat kasvia taudeilta, lehdissä tanniinit aiheuttavat kitkerän maun, jolloin eläimet välttävät lehtien syömistä, varressa niillä on tehtäviä kasvunsäätelyssä ja siemenissä ne tappavat taudinaiheuttajia (Tannins: fascinating but sometimes dangerous molecules 2019.)

4.2 Fosfori

Fosfori on maailman yleisempiä alkuaineita, jota esiintyy luonnossa vain epäorgaanisena, fosfaattina. Fosforin kemiallinen merkki on P.

Fosfori on myös yksi kasvien pääravinteista eli makroravinteista. Pääravinteet ovat välttämättömiä kasvin kasvun takia (Järvinen & muut 2016, 79-80).

4.2.1 Fosforin kierto

Fosfori kiertää elinympäristössä sekä ravintoketjuissa (Cain & muut 2015, 1317). Fosforia ei lisääny luontaisesti elinympäristöissä, vaan sitä vapautuu fosfaattina elinympäristöihin hitaasti rapautumalla kallioista, josta fosfaatti huuhtoutuu elinympäristöihin mm. vesistöihin. Fosforia louhitaan lannoitteeksi ja lannoitteista vapautuu huuhtoumalla fosforia elinympäristöihin. Esimerkiksi silloin, kun peltoja lannoitetaan. Vesistöissä fosfori kiertää ravintoketjussa samalla lailla kuin maaperälläkin. (Cain & muut 2015, 1317).

Ravintoketjussa fosfori kiertää eliöiden välillä. Eliöt hyödyntävät kasveja, jotka ovat tuottaneet maaperän ravinteiden mm. fosforin avulla proteiineja ja nukleiinihappoja. Eliöiden kuoltua hajottajat hajottavat kuolleet eliöt kasveille käytettävään muotoon. Hajottajat hajottavat myös eliöiden tuottamat ulosteet (Cain & muut 2015, 1317.)

Tutkimuksessa perehdytään ihmisen vaikutuksesta eli lannoittamisesta syntyneen huuhtoutuneen fosforin saostukseen ja sen uudelleen hyödyntämiseen.

4.3 Rehevöityminen

Biopolymeerillä pyritään saostamaan liukoista fosforia, jolloin sillä pyritään myös vähentämään rehevöitymistä.

Rehevöityminen on kasvien perustuotannon kasvua, joka johtuu ihmisen toiminnasta. Rehevöitymistä voi olla maa- ja vesiekosysteemissä. Ravinteita (esim. fosforia fosfaatteina ja typpeä nitraatteina) on päätyneet ekosysteemiin piste- tai hajakuormituksen myötä, jolloin minitekijä eli tekijä, joka rajoittaa kasvien ja levien kasvua (eli perustuotantoa) poistuu, jolloin kasvu räjähtää maksimaaliseksi. Rehevöitymistä aiheuttaa myös liikenteestä kaukokulkeuman avulla tulevat tyyppiyhdisteet. Pistekuormitus on esim. yhdestä jäteputkesta valuva ravinteikas vesi. Hajakuormituksessa ravinteita liukenee laajemmalla alueella valumisvesiin esimerkiksi pelloilta, johon on laitettu lannoitteita (Kokkonen, Novak, Veistola & Vilkki 2009, Ympäristöekologia, p.53-57 &100-101.)

Vesiekosysteemin rehevöityessä se alkaa suosia lajeja, jotka menestyvät parhaiten suuressa ravinnepitoisuudessa. Tästä seuraa planktonlevien ja syanobakteerien lisääntyminen vesistöekosysteemissä ja veden samentuminen. Vesikasvit ja särkikalat lisääntyvät, koska esim. kasviplanktonin lisääntyessä eläinplanktonkin lisääntyy, jota särkikalat syövät. Vesistön rehevöitymisessä orgaaninen eli elollisen aineksen määrä lisääntyy, jolloin myös hajotustoiminta lisääntyy ja siinä tarvittavan hapen määrä kasvaa (Kokkonen, Novak, Veistola & Vilkki 2009, Ympäristöekologia, p.53-57 &100-101.)

Rehevöityminen voi aiheuttaa vesiekosysteemissä happikatoa vesistöjen pohjaan ja varsinkin syvänteisiin, koska biomassaa hajottavat eliöt käyttävät toiminnassaan happea soluhengitykseen. Kun biomassaa tulee kasvien perustuotannon takia enemmän,

niin hajotettavaa on myös enemmän, jolloin happea kuluu enemmän. Happikatoa pahentaa vielä se, että hapekas pintavesi ei pysty sekoittumaan hapettoman pohjaveden kanssa, koska veden lämpökerrostuneisuus estää sen. Talvella kalakuolemia tulee vielä enemmän, koska tuuli ei pysty sekoittamaan vettä ollenkaan jäiden takia. Lopulta biomassaa hajottavat eliöt alkavat kuolla ja vajoavat pohjaan, joka lisää enemmän happikatoa. Happikadon tultaessa vesistön syvänteisiin vesiekosysteemi alkaa lannoittamaan itse itseään, koska anaerobisissa eli hapettomissa olosuhteissa rautayhdisteisiin sitoutunutta fosforia alkaa liueta vesistöön (sisäinen kuormitus). Sisäistä kuormitusta voidaan vähentää, erityisesti talvella, hapettamalla vesistön syvänteitä, jolloin fosforia ei liukene rautayhdisteistä veteen. Rehevöityminen aiheuttaa myös vesistöjen umpeenkasvua (Kokkonen, Novak, Veistola & Vilkki 2009, 53-57 &100-101.)

Rehevöitymistä voidaan vähentää pienentämällä piste- ja hajakuormituksen päästöjä esim. rakennetaan vesistöjen eteen kosteikko, joka toimii puskurina ravinteille, ja suojavyöhykkeet vesistöihin (Kokkonen, Novak, Veistola & Vilkki 2009, 53-57 &100-101).

Rehevöitymiseen voi vaikuttaa myös poistamalla vesistöön kertyneitä ravinteita esim. ruoppaamalla pohjalta pohjasedimenttiä tai laitamalla sedimentin päälle kipsikerros, joka eristää ravinteiden siirtymistä vesiekosysteemiin. Poistamalla eliöillä kasvillisuutta ja viemällä ne pois voidaan vaikuttaa myös rehevöitymiseen. Tämä vähentää biomassaa, jota eliöiden pitäisi hajottaa (Kokkonen, Novak, Veistola & Vilkki 2009, 53-57 &100-101.)

Ravintoketjukurinnoituksella pyritään vähentämään kasviplanktonia. Kasviplanktonia pystytään vähentämään poistokalastuksella eli kalastetaan vesistöistä pois sellaiset lajit, jotka syövät kasviplanktonia syövää eläinplanktonia. Sellaisia kaloja ovat esimerkiksi särjet. Särkien kalastus vähentää myös pohjasedimentistä vapautuvien ravinteiden pääsyä vesiekosysteemiin, koska särkikalat tonkivat veden pohjaa (Kokkonen, Novak, Veistola & Vilkki 2009, 53-57 &100-101.)

5 Tietoperusta ruukkukokeille

5.1 Kasvien kasvuun vaikuttavat tekijät

5.1.1 Bioottiset tekijät

Bioottiset tekijät eli elolliset tekijät liittyvät eliöiden välisiin suhteisiin. Suhteet voivat olla kasvin kannalta positiivisia, neutraaleja tai negatiivisia.

Positiivisia suhteita muiden eliöiden kanssa ovat symbioosit, jossa molemmat osapuolet hyötyvät yhteistyöstä. Esimerkiksi koivu ja keltavahvero luovat symbioosin sienijuuren avulla, jolloin koivu antaa sokereita keltavahverolle, ja vastinneeksi koivu saa sieneltä vettä ja ravinteita. (Kokkonen & ym. 2009, 47.)

Neutraali suhde on eliöiden välinen suhde, jossa kumpikaan osapuoli ei hyödy eikä kärsi toisen olemassaolosta. (Kokkonen & ym. 2009, 49).

Negatiiviset suhteet ovat vahingollisia, joko molemmille tai vain toiselle. Esimerkkinä kilpailusuhde, jossa molemmat kilpailevat samoista resursseista, ravinteista. Kilpailusuhde voi johtaa syrjäyttävään kilpailuun, jolloin toinen (esim. kasvi) voi syrjäyttää toisen tietyltä alueelta kokonaan. Evoluution tuloksena syrjäyttävä kilpailu voi muuttaa eliöiden ominaisuuksia (Kokkonen & ym. 2009, 49). Yleensä vieras- ja tulokaslajit voivat syrjäyttää kotoperäisiä lajeja.

Erilaiset kasvitaudit ovat myös negatiivisia suhteita kasveille, koska ne haittaavat kasvin kasvua ja lopulta voivat tappaa kasvin. Jos taudinaiheuttaja hyötyy tällaisesta suhteesta niin suhde on loisinta (Kokkonen & ym. 2009, 46-49.)

5.1.2 Abioottiset tekijät

Abioottiset tekijät (eli elottomat tekijät) koostuvat kemiallisista ja fysikaalisista tekijöistä. Kemiallisiin tekijöihin kuuluvat maaperän ominaisuudet mm. kallioperän kivilajit, maaperän pH ja siinä olevat ravinteet (Kokkonen & muut 2009, 26).

5.1.3 Kemialliset tekijät

Kasvit tarvitsevat ravinteita kasvaakseen. Kasvit ottavat ravinteita pääosin juurillaan. Kasvit pystyvät ottamaan juurillaan vain veteen liunneita yhdisteitä. Ravinteet ovat positiivisesti- tai negatiivisesti varautuneita ioneita tai varauksettomia ioneita. (Järvinen & ym. 2016, 80.)

Kasvien pääravintesiin kuuluvat: typpi (N), fosfori (P), rikki (S), kalium (K), kalsium (Ca) ja magnesium (Mg). Kasvit tarvitsevat näitä ravinteita runsaasti, jotta ne kasvaisivat normaalisti. Esimerkiksi typpeä tarvitaan entsyymien eli valkuaisaineiden tuottamiseen (siemenet), fosforia puolestaan energiatalouden ylläpitämiseen ja kaliumia tarvitaan vesitalouden ylläpitoon (Järvinen & ym. 2016, 79-80.)

Kasvit tarvitsevat myös muita ravinteita. Mikroravinteet ovat kasveille tärkeitä jossain elinkaaren aikana tai ne tarvitsevat niitä vähän. Mikroravinteisiin kuuluvat: rauta (Fe), mangaani (Mn), kupari (Cu), sinkki (Zn), molybdeeni (Mo), Boori (B) ja kloori (Cl). Kasvit tarvitsevat näitä mikroravinteita. Esimerkiksi rautaa yhteyttämiseen, kuparia lehtivihreään ja molybdeenä typpiaineenvaihduntaan (Järvinen & ym. 2016, 79-80.)

Kasviravinteiden puutostilat aiheuttavat kasville kasvullisia ongelmia. Esimerkiksi typen puutos aiheuttaa kasvun hidastumista ja lehtien kellertymistä eli lehtivihreän häviämistä. Sillä on vaikutuksia yhteyttämiseen. Liiallinen määrä ravinteita kasvuseoksessa on myös haitallista kasville, sillä tällöin kasvuseoksen sähköjohtokyky kasvaa liian suureksi ja vaikuttaa kasvien vedenottoon. Sähkönjohto kyky ilmaisee ravinteiden määrän kasvualustassa. (Järvinen & ym. 2016, 79-82.)

Ravinteiden tasapaino on hyvin tärkeää. Jos ravinteet eivät ole tasapainossa, niin ravinteet voivat korvautua osittain toisilla eli syntyy antagonistivaikutus, jolloin kasvin kasvussa tapahtuu muutoksia (Järvinen & ym. 2016, 82).

Kasveihin vaikuttaa myös kasvualustan happamuus eli pH. Kasvualustan happamuus vaikuttaa ravinteiden liukoisuuteen ja sen seurauksena kasvien kykyyn ottaa ravinteita. Eri kasveille on erilaiset optimaaliset pH-arvot, mutta esim. kasvihuonekasveille 5,5-6,5 on optimi (Järvinen & ym. 2016, 162.)

Maaperässä olevat ympäristömyrkyt voivat aiheuttaa ongelmia kasvien kasvuun. Ne voivat esimerkiksi haitata ravinteiden- tai veden ottoa. Ympäristömyrkyillä voi olla

vaikutuksia myös kasvien lisääntymiseen. (Kokkonen & muut 2009, Ympäristöekologia, 42-49.)

5.1.4 Fysikaalliset tekijät

Fysikaalisiin tekijöihin kuuluvat ilmasto-olosuhteet (lämpötila, valon määrä, sadanta (eli veden määrä) ja hiilidioksidin määrä) ja pinnanmuodot (Kokkonen & muut 2009, 26).

Fysikaalisiin kasvualustan ominaisuuksiin kuuluvat huokoistilavuus sekä ilma- ja vesitila, jotka ovat tärkeitä tekijöitä kasvien kasvun kannalta (Järvinen & muut 2016, 129). Optimaallinen vesitilavuus kokonaishuokoistilavuuden määrästä on 70 % ja ilmatilavuus 30% (Agro 1998).

Huokoistilavuus muodostuu kasvualustan materiaalista, irtotiheydestä, hiukkaskoosta ja sen jakautumisesta (Raviv, Wallach, Silber & Bar-Tal 2002). Huokoistilavuudella on vaikutuksia kasvien veden saatavuuteen ja ilmavaihtoon juurissa. Ilmavaihto on sitä parempi, mitä isompia ovat hiukkaset. Hiukkaskoko ja huokoiskoko vaikuttavat vedenpidätyskykyyn (eli kuinka hyvin kasvualusta pidättää vettä) ja vedenjohtokykyyn (eli kuinka hyvin vesi imeytyy kasvualustaan) (Järvinen ym. 2016, 75; Wallach 2008, 45 – 46.; Ravik & ym. 2002.)

Kasvualustan fysikaalliset ominaisuudet voivat muuttua, jos kasvualustan rakenne muuttuu esimerkiksi painuu kasaan. Kasvualustan painuminen kasaan pienentää ilmatilavuutta, jolla on myös vaikutusta kasvualustan käyttöikään (Järvinen & ym. 2016, 129-130.)

6 Menetelmät ja aineisto

6.1 Tutkimus-/ kehittämistyön menetelmät

Tutkimus toteutetaan kaksivaiheisena. Ensimmäisessä vaiheessa tutkitaan biopolymeerin (eli tanniinin) toimivuutta saostuskemikaalina ja sen vaikutuksia vedessä oleviin ainepitoisuuksiin ja arvoihin (pH:seen, kiintoaineeseen, sameuteen, N_{kok} , PO_4P , DOC, P_{kok} ja TOC).

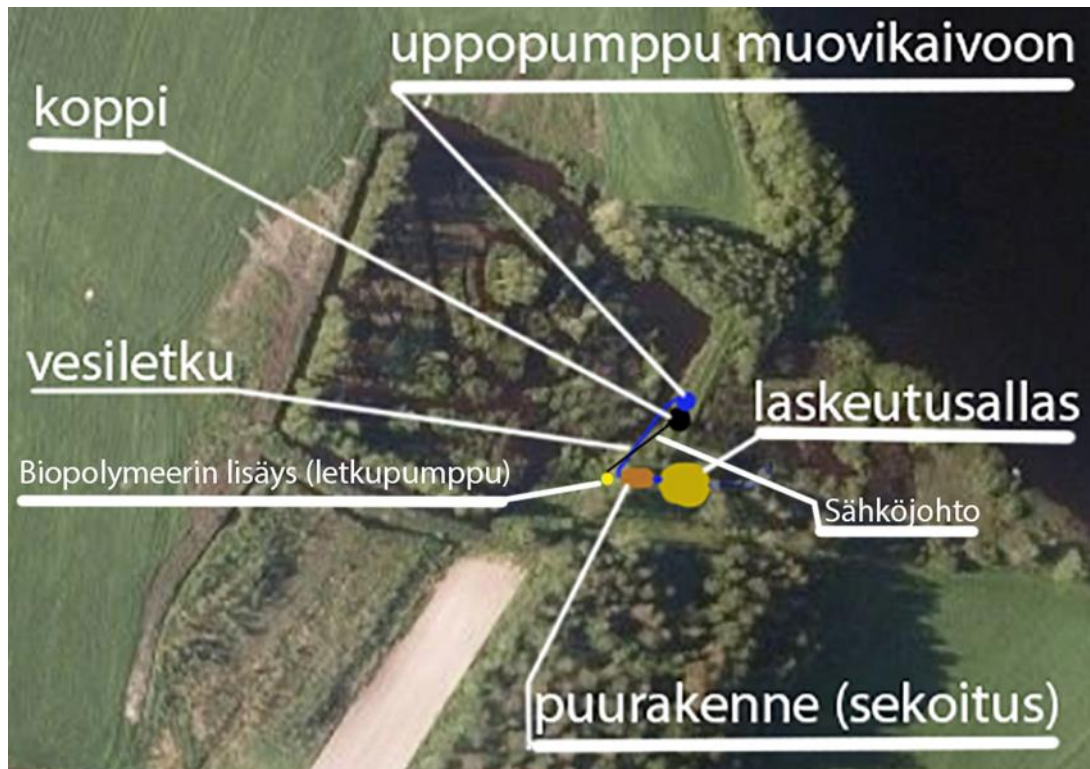
Ensimmäinen vaihe toteutetaan elo- ja lokakuussa 2018. Toisessa vaiheessa tutkitaan saostuksen seurauksena syntyvän sedimentin eli lietteen lannoitemahdollisuuksia ruukkukokeilla. Ruukissa, Oulussa toteutetaan samanlainen biopolymeerikoejärjestely ja ruukkukokeisiin tulee toinen liete sieltä. Ruukkukokeissa tullaan vertailemaan Tarvaalan ja Ruukin lietteitä. Ruukkukokeet toteutetaan marras- ja joulukuussa 2018.

Molemmat tutkimuksista ovat kvantitatiivisia eli määrällisiä, koska molemmissa tutkimuksissa mitataan tarkkoja arvoja.

6.2 Biopolymeerin toimivuus saostumiskemikaalina ja vesistöjen puhdistajana

6.2.1 Tutkimusasema

Ensimmäinen tutkimuksen vaiheessa rakennetaan tutkimusasema (ks. kuvio 1.) Tarvaalan kosteikolle. Tutkimusalue on optimaalinen, koska alueella on paljon peltoja, joista liukoista fosforia vapautuu vesistöihin valumisvesien mukana.



Kuvio 1 Tutkimusasema Tarvaalassa, Saarijärvellä (Lahtela 2018)

Tutkimusasema koostuu pumpuista, sekoituslaatikosta, laskeutusaltaasta ja pinta-puomista. Pintapuomi sijoitetaan laskeutusaltaaseen. Laskeutusaltaan pohja peitetään pressulla, jotta maaperästä tulevat esimerkiksi kiintoaine yms. eivät vaikuttaisi tutkimuksen tuloksiin. Tutkimuksessa uoppopumpulla pumpataan vettä kosteikosta sekoituslaatikoon (Kuvio 2), jossa vesi ja biopolymeeriliuos sekoitetaan keskenään. Biopolymeeriliuos pumpataan muoviastioista syöttöpumpulla eli letkupumpulla (Kuvio 3) sekoituslaatikoon. Vesi ja biopolymeeriliuos sekoittuvat teräksestä valmistetussa sekoituslaatikossa, joka koostuu kahdesta eri sekoituslaatikosta, hitaasta ja nopeasta sekoituslaatikosta. Sekoituslaatikosta vesi ja biopolymeeri laskeutuvat painovoimaisesti putkea pitkin laskeutusaltaaseen, jossa biopolymeerin saostumistoiminta jatkuu ja liete laskeutuu pohjaan. Laskeutusaltaassa (Kuvio 4) olevan pintapuomin tehtävänä on kerätä pinnalla oleva liete ja laskeuttaa se pohjaan, jolloin se on helpompi kerätä talteen.



Kuvio 2 Sekoituslaatikot



Kuvio 3 Biopolymeeriliuoksen syöttöpumppu eli letkupumppu



Kuvio 4 Laskeutusallas ilman pintapuomia

6.2.2 Tutkimusaseman koeajot

Tutkimusasemalla suoritettiin koeajoja syksyllä 2018 (Liite 3 & 4.). Tutkimusajoissa kosteikolta tulevaa vettä ja biopolymeeriliuosta pumpattiin erilaisilla virtausnopeuksilla. Siinä haettiin optimaalista suhdetta, jossa biopolymeerin sakkauttamistoiminta olisi mahdollisimman tehokasta eli lietettä syntyisi mahdollisimman paljon. Koeajoissa myös seurattiin, kuinka kauan vedellä kesti virrata sekoituslaatikkojen lävitse eli veden viipymä. Tämä mitattiin kaksi kertaa. Ensimmäisessä mittauksessa, 27.8.2018, nopeassa sekoituslaatikossa viipymä oli 45 sekuntia ja hitaassa 210 sekuntia. Toinen mittaus tehtiin viipymän osalta 12.9.2018, jolloin viipymä nopeassa sekoituksessa oli 30 sekuntia ja hitaassa 180 sekuntia.

Koeajoja suoritettiin 10 kpl. Koeajojen pituudet kestivät viidestä kahdeksaan tuntiin. Viimeisissä koeajot kestivät 24 tuntia. Koeajot toteutettiin klo 8-16 aikaan (pois luki-erien 24h koeajot). Ennen jokaista koeajoja tehtiin kalibrointeja esim. letkupumpulle.

Ensimmäinen koeajo oli 27.8.2018, joka kesti 5 tuntia (Liite 3.) Koeajon tarkoituksena oli hakea optimaalista syöttöpumppausta 1% biopolymeeriliuokselle. Testattiin erilaisia pitoisuuksia 2-10 ml/l (Kuvio 2.). Syöttöpitoisuudeksi valittiin 6 ml/l. Kosteikolta tulevaa vettä pumpattiin uppopumpulla 0,65 l/s nopeudella sekoituslaatikkoon.

POLYMEERIPITOISUUDEN OPTIMOINTI			27.8.2018					
näyte	sameus (ftu)	huomioita	sameus lasketus (ftu)					
			10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min
nolla	7							
2ml/l	12		11	11	11	10	10	10
4 ml/l	14	selvää flokkia muodostuu	7	5	4	3	3	4
6 ml/l	15	selvää flokkia muodostuu	3	2	2	2	2	
8 ml/l	14	selvää flokkia muodostuu	3	2	1	2		
10 ml/l	14	selvää flokkia muodostuu	7	6	7			
Valitaan 6 ml/l								

Kuvio 5 Polymeeripitoisuuden optimointi (Lahtela 2018)

Toinen koeajo suoritettiin 28.8.2018 (Liite 3.). Koeajon kesto oli 6 t 11 min. Ennen toista koeajoa kalibroitiin letkupumppu ja mitattiin virtaama uppopumpusta. Laskeutusaltaan pinnantasoli noin puolivälissä ennen ajon aloitusta. Laskeutusaltaan ve-

dessä ja pinnalla näkyi sakkaa, joka kertoi biopolymeerin toimisesta (Kuvio 6). Tärkeää on kuitenkin, että sekoituslaatikossa, varsinkin hitaassa vaiheessa, veden viipymä olisi pitkä, sillä tällöin biopolymeeri ehtii reagoida veden kanssa, jolloin syntyy isompaa sakkaa, joka laskeutuu helpommin laskeutusaltaan pohjalle.

Koeajo suoritettiin 6ml/l syöttöpitoisuudella 1 % biopolymeeriliuoksella. Biopolymeerin syöttönopeus sekoituslaatikkoon oli 281 ml/min. Kostekoilta pumpattiin vettä uppopumpulla sekoituslaatikkoon 0,78 l/s nopeudella. Kokeen jälkeen laskeutusaltaan vesi oli kirkasta, josta voidaan tulkita, että sakka laskeutui altaan pohjalle.



Kuvio 6 Biopolymeerin toiminnasta syntynyttä sakkaa sekoituslaatikon pohjalla (Lepämäki 2018)

Seuraava koeajo toteutettiin 29.8.2018 (Liite 3.) Koeajo kesti 6 t 55 min. Koeajo toteutettiin samoilla pumppausnopeuksilla kuin edellinen ajo, sillä haluttiin saada luotettava tulos. Ennen koeajoa letkupumppu kalibroitiin. Laskeutusaltaan veden pinta oli 50 cm päästä maantasosta. Koeajossa huomattiin ongelma, jossa sekoituslaatikon poistoputkeen syntyi ilmatasku, joka estää veden virtauksen laskeutusaltaseen ja samalla aiheuttaa virtauksen muutoksia.

Seuraava koeajo oli 30.8.2018 (Liite 3). Koeajon kesto oli 6 t 13 min. Koeajoon tehtiin muutoksia. Koeajojen biopolymeeriliuos vaihdettiin 3 % - liuokseen 1 % sijaan, koska tällä pyrittiin lisäämään muodostuvan lietteen määrää. Letkupumppu kalibroitiin, kun liuos vaihdettiin. Letkupumpun virtaama muuttui 281 ml/min -> 94 ml/min. Muita muutoksia oli poistoputkien siirtäminen syvemmälle altaaseen. Tämä tehtiin ajon aikana. Koeajon aikana satoi vettä, mikä saattoi vaikuttaa tulokseen.

Seuraava koeajo tehtiin syyskuun 11.päivä (Liite 4). Koeajo aloitettiin klo 9:05 ja koeajo lopetettiin klo 16.05. Koeajon kesto oli 7 tuntia, joka oli pisin tähän mennessä. Koeajossa toistettiin 30.8.2018 oleva koejärjestely. Laskeutusaltaan vedenpinta oli laskenut hieman, vaikka vettä oli satanut reippaasti. Samana päivänä laskeutusaltaaseen asennettiin automaattinen vedenlaatumittari ja myöhemmin mittaria laskettiin alemmaksi, jos laskeutusaltaan vedenpinta laskisi. Mittarin puhdistamiseen tarvittavan paineilman painelukema pienennettiin kuudesta baarista neljään baariin, jotta se ei nostaisi altaan pohjalla olevaa sakkaa eli lietettä. Tällä olisi vaikutusta vesinäytteen arvoihin. Koeajossa kävi ilmi, että virtausnopeus poistoputkissa oli suuri (tällä voi olla vaikutusta sakan hajoamiseen).

Koeajot jatkuivat seuraavana päivänä, 12.9.2018. Tällöin koeajot kestivät 8 tuntia ja 35 minuuttia (Liite 4.) Koeajo suoritettiin samanlailla kuin edellinen koeajo. Koeajon aikana satoi vettä. Ennen koeajoa säädettiin poistoputkia suuren virtausnopeuden poistamiseksi. Myös uppopumppua muovikaivossa laskettiin alemmaksi niin, että pumppu oli kokonaan veden alla, että pumppu ei kuumenisi. Myös Letkupumppu kalibroitiin. Koeajon aikana vedenlaatumittaria laskettiin alemmaksi, jotta mittari pysyi veden alla veden laskiessa. Myös viipymät mitattiin sekoituslaatikosta. Viipymänopeassa- oli 30 sekuntia ja hitaassa laatikossa 180 sekuntia. Koeajossa ongelmaksi huomattiin virtausnopeus poistoputkissa, sillä sakkaa poistui laskeutusaltaasta.

Seuraava koeajo oli 13.9.2018 (Liite 4.), jonka kesto oli 8 tuntia ja 9 minuuttia. Koeajojärjestelyihin ei tullut muutoksia. Ennen aloittamista letkupumppu kalibroitiin ja laskeutusaltaan pinta oli vähän vajaa. Koeajo jouduttiin keskeyttämään klo 14.10, jolloin suoritettiin huoltotoimenpiteitä, jossa vaihdettiin suurempi biopolymeeriastia.

24 tuntia kestävät koeajot aloitettiin 17.9.2018 klo 9:40 ja lopetettiin 19.9.2018 klo 12:40 (Liite 4.). 24h-ajojen tarkoituksena oli tehostaa sakan muodostuminen ja käyttää loppu biopolymeeriliuos. Kaikki 24h-koeajot toteutettiin 3% biopolymeeriliuoksella, jota pumpattiin letkupumpulla 91-92 ml/min ja vettä kosteikolta pumpattiin 0,77 l/sek. Koeajan aikana satoi, mutta vesisade loppui 18.9.2018.

24H-koeajo aloitettiin letkupumpun kalibroinnilla. Kokeen alussa huomattiin, että vedenlaatumittari oli ollut pois toiminnasta. Mittari saatiin toimintaan klo 10. Koeajon aikana oli rankkoja sateita, jotka huuhtoivat savea laskeutusaltaaseen ja allas oli puoli tyhjä. Saven takia jouduttiin puhdistamaan vedenlaatumittarin antureita. Myöhemmin koeajon aikana mittaria nostettiin ylemmäksi, jotta anturit pysyisivät puhtaana. Seuraavana päivänä siirrettiin sekoituslaatikosta laskeutusaltaaseen tulevia putkia ylemmäksi, jotta virtaus olisi tasaisempi. 19.9.2018 vedenlaatumittaria laskettiin alemmaksi koeajon päätyttyä.

Seuraavat 24h-koeajot aloitettiin 2.10.2018 klo 16:30 ja lopetettiin 5.10.2018 klo 13:46 (Liite 4.). Koeajojen aikana satoi vettä 5.10.2018. Ennen koeajon aloitusta tehtiin letkupumpulle kalibrointi. Laskeutusaltaan pinnantasoli oli hyvin alhainen. Muita ongelmia oli vedenlaatumittarin sameusanturin toiminnassa sekä mittari oli liian alhaalla, jolloin anturien paineilmapuhdistuksen aikana oli vaarana, että tulokset sameuden kohdalta vääristyvät. Tämän takia mittaria nostettiin ylemmäksi 3.10.2018 Seuraavana päivänä sameusanturi alkoi toimimaan normaalisti.

Viimeinen 24h-koeajon suoritus aloitettiin 8.10.2018 klo 13:40 ja lopetettiin 11.10 klo 15:40. (Liite 4) Koeajo ei ollut enää virallinen koeajo. Ennen kokeita sulatettiin jäitä koeasemalta ja letkupumppu kalibroitiin. Laskeutusaltaan pinnantasoli oli hyvin alhainen ja siellä oleva vedenlaatumittari oli hyvin alhaalla. Koeajon aikana mitattiin uppopumpun virtaama, joka oli 0,76 l/s.

Koeajojen aikana vesinäytteitä otettiin ennen testejä tulevasta- ja lähtevästä vedestä sekä uudet näytteet otettiin aina testien jälkeen. Tulevan veden vesinäytteet otettiin muovikaivossa olevasta settipadosta ja lähtevän veden näytteet otettiin laskeutusaltaasta. Vesinäytteenottoa ei tehty 12.9.2018 (aamunäyte). 13.9.2018 ja 8.10.2018 vesinäytteet otettiin vain muovikaivossa olevasta settipadosta.

6.2.3 Tulokset

6.2.3.1 Biopolymeerin kulutus ja lietteen määrä

Biopolymeeriä käytettiin tutkimuksessa 1 % ja 3 % tanniiniliuoksia. Koko tutkimuksen aikana biopolymeeriliuosta kului 1499 litraa ja puhdasta biopolymeeriä kului 39,3 litraa (Taulukko 1). Biopolymeerin toiminnasta syntyi 3,604 m³ lietettä. Syntyneen lietteen määrä laskettiin altaan tilavuuden perusteella 6,4 m x 1,5 m x 0,35m = 3,604 m³. Tästä määrästä otettiin kuivaukseen 0,244 m³ (Taulukko 2.) Kuivattua lietettä hyödynnettiin tutkimuksen toisessa vaiheen ruukkukokeissa.

Taulukko 1 Biopolymeerin kulutus syksy 2018 (Lahtela 2018)

Biopolymeerin kulutus syksy 2018						
pvm	tunnit	minuuti	pitoisuus	letkupumppu Q ml/min	polymeeriliuoksen menekki l	puhdas polymeeri l
27 ja 28.8.2018	6	11	1 %	281	154	1,5
29.elo	7	15	1 %	281	122	1,2
30.elo	6	13	3 %	94	35	1,1
11.syys	6	55	3 %	94	39	1,2
12.syys	6	25	3 %	92	35	1,1
13.syys	8	9	3 %	92	45	1,3
17.9-19.9	51	0	3 %	92	282	8,4
2.10-5.10	69	16	3 %	92	382	11,5
8.10-11.10	74	0	3 %	91	404	12,1
					1499	39,4

Taulukko 2 Lietteen määrä laskeutusaltaassa 15.11.18 (Lahtela 2018)

Lietteen määrä altaassa 15.11.18		Lietettä otettu altaasta kuivatukseen	
pituus	6,4 m	0,244	m ³
leveys	1,5 m		
syvyys	0,35 m		
Lietettä yhteensä	3,36 m ³	Yhteensä lietettä muodostunut	3,604 m ³

Biopolymeeriliuosta kului 415,9 litraa per lietekuutio ($1499 \text{ l} / 3,604 \text{ m}^3 = 415,9 \text{ l/m}^3$) ja puhdasta biopolymeeriä kului 10,9 litraa per lietekuutio ($39,3 \text{ l} / 3,604 \text{ m}^3 = 10,9 \text{ l/m}^3$).

Kosteikolta pumpattiin vettä noin 531,5 m³ (Taulukko 3.) Arvo ei ole tarkka, koska uppopumpun pumppausnopeutta ei joka kerta mitattu. Tämän takia käytin keskiarvoa, koska se antaa luotettavamman tuloksen. Pumpatusta vedestä saatiin lietettä 3,604 m³ eli saantoprosentti oli 0,68 % ($3,604 \text{ m}^3 / 531,51 \text{ m}^3 * 100\% = 0,68 \%$).

Taulukko 2 Kosteikolta pumpatun veden määrä

Uppopumppu	tunnit		uppopumppu l/sek	
	51		0,65	
	69,26667		0,78	
	74		0,78	
Yhteensä tunnit	194,2667		0,78	
Minuutteja	11656		0,78	
Sekunteja	699360		0,77	
			0,77	
			0,77	
			0,76	
		yhteensä	6,84 ka	0,76
Sekuntit x ka. Uppopumpun pumppaus l/sek = Kosteikolta pumpattu vesi				
		531513,6 l eli litraa		
		531,51 kuutiota eli m3		

6.2.3.1.1 Analysointi ja virhemarginaali

Syntyneen lietteen määrää ei voi määritellä suureksi tai pieneksi, koska esimerkiksi saantoprosentin perusteella lietteen määrä on pieni, mutta siinä vain tarkastellaan sitä, että kuinka paljon pumpatusta vedestä on tullut lietettä. Toisaalta lietteen määrä voidaan myös tulkita suureksi, koska 10,9 litralla puhdasta biopolymeeriä saadaan kuutio eli 1000 l lietettä eli 1,09 % puhdasta biopolymeeriä kuluu per kuutio. Tutkimuksessa käytettiin kuitenkin 1 % ja 3 % biopolymeeriliuosta niin sillä saatiin vastaavaksi määräksi 415,8 litraa per lietekuutio.

Syntyneen lietteen määrään vaikuttavat monet tekijät ja tämän takia virhemarginaali on suuri. Monia virheitä on voinut syntyä biopolymeeriliuoksen annostuksessa ja erilaisissa annostussuhteissa esim. kosteikolla pumpatusta vedessä ei ole aina samanlaisia ainepitoisuuksia ja tämä voi vaikuttaa biopolymeerin toimintaan. Uppopumpun pumppausnopeutta ei ole mitattu jokainen kerta. Kosteikolta pumpatun veden ja biopolymeeriliuoksen suhteeseen vaikuttavat myös vesisateet, koska tutkimusasema

oli ulkona ja sekoituslaatikot ja laskeutusaltaan eivät olleet suljettuja. Suljetulla järjestelmällä ulkoisten tekijöiden määrä olisi pienempi.

Lietteen määrään vaikuttavat myös laskeutusaltaaseen tippuneet puiden lehdet, koska tutkimus tehtiin syksyllä ja alueella on runsaasti puita. Muita vaikuttavia tekijöitä ovat rankkasateet, jotka ovat liuottaneet laskeutusaltaan ympärillä olevaa savea ja sitä on valunut altaaseen.

Tutkimusaseman muut rakenteet ovat myös vaikuttaneet syntyneen lietteen määrään. Esimerkiksi sekoituslaatikosta lähtevän putken sisäpuoli oli poimuinen eikä tasainen. Tällöin syntynyt sakka voi rikkoontua ja sakkaa voi myös jäädä putkeen, jolloin sakka ei laskeudu tai kulkeudu laskeutusaltaaseen.

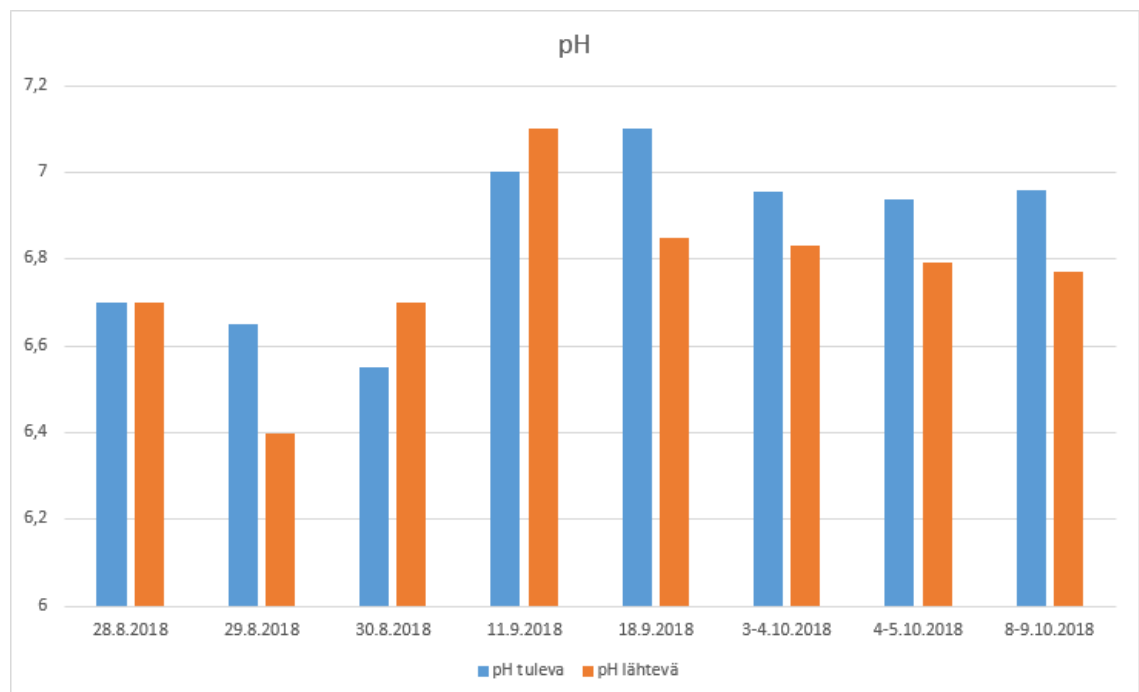
Tutkimus voidaan todeta onnistuneeksi, koska lietettä syntyi biopolymeerin saostuksen seurauksena ja lietettä tuli sen verran, että sitä riittää tutkimuksen toiseen vaiheeseen eli ruukkukokeisiin.

6.2.3.2 Vedessä olevat pitoisuudet biopolymeerikäsittelyn jälkeen (Lähtevä/tuleva)

Biopolymeerin (eli tanniinin) toiminnalla oli myös vaikutuksia vedessä oleviin ainepitoisuuksiin muultakin osalta kuin liukoisen fosforin saostumisen kannalta. Biopolymeerin toimintaa vesienpuhdistajana seurattiin erilaisilla mittareilla: pH eli happamuus, kiintoaine, sameus, kokonais- ja liukoinen fosfori, kokonaistyyppi sekä kokonaishiili. Liitteissä 5 ja 6 on tarkemmat tiedot vesiarvoista.

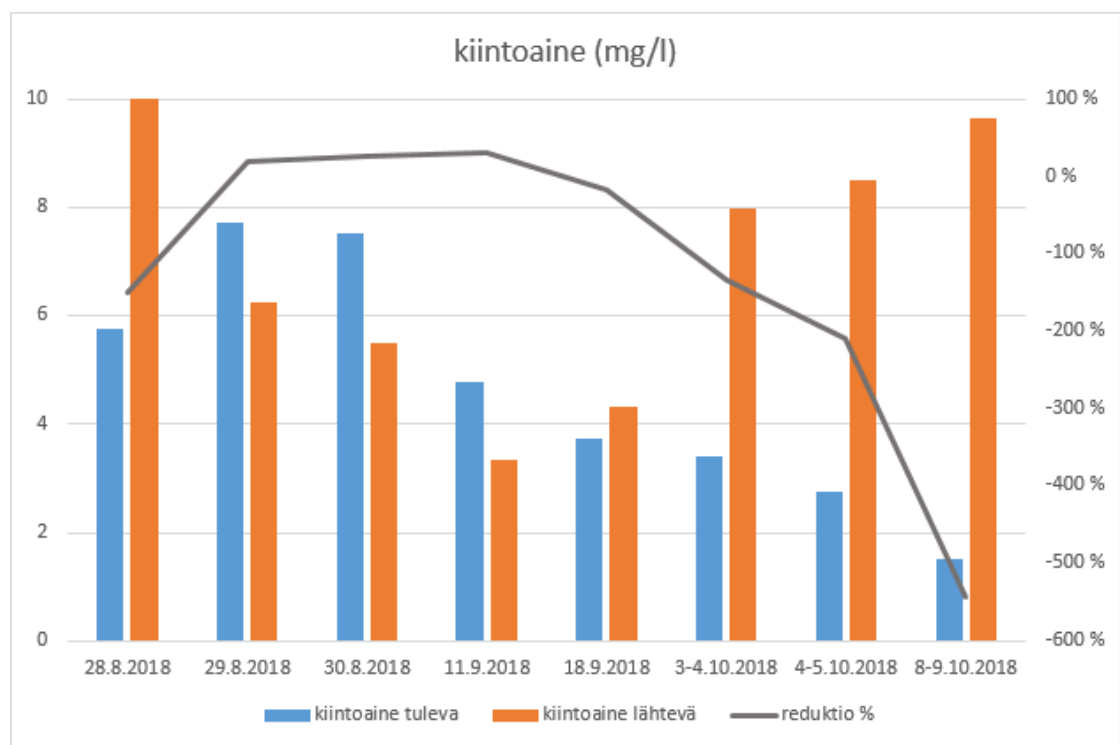
Biopolymeerin vaikutukset veden happamuuteen ovat vähäiset, koska pH:n vaihtelu on keskiarvoltaan 1 % (ks. liite 7 & taulukko 3). Veden happamuus on tulevassa- ja lähtevässä vedessä välillä suurempi. Tästä voidaan todeta, että biopolymeerillä ei ole vaikutusta veden pH:n muuttumiseen.

Taulukko 3 Happamuus eli pH-arvot (Stenman 2018)



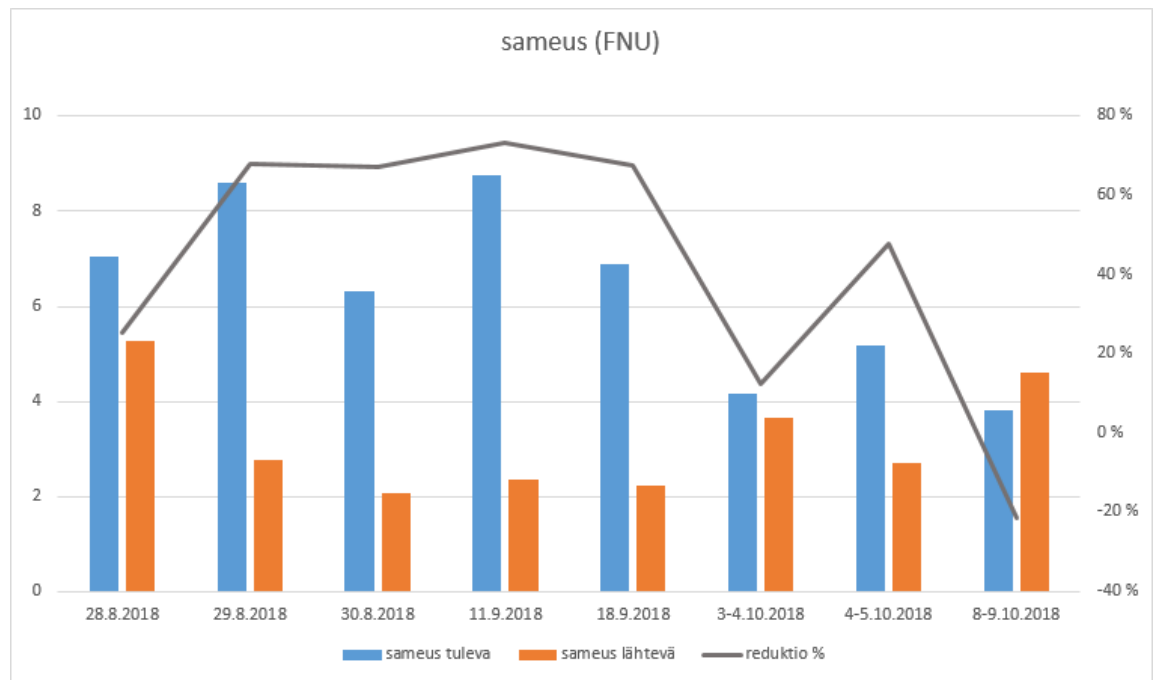
Kiintoaineen osalta näyttää siltä, että lähtevässä vedessä kiintoainepitoisuudet ovat suuremmat kuin tulevassa vedessä, mutta näin ei ole jokainen kerta (Taulukko 3). 29.8.2018, 30.8.2018 ja 11.9.2018 koeajopäivien mittauksista nähdään, että kiintoainepitoisuudet ovat suuremmat tulevassa kuin lähtevässä (Taulukko 3). Tästä voidaan päätellä, että biopolymeeri ei vaikuta kiintoainepitoisuuteen. Kiintoainepitoisuuden lähtevässä vedessä johtuu luultavasti, että vesinäytteeseen on päässyt sakkaa tai savea, jota rankkasateet ovat liuottaneet laskeutusaltaan reunoilta esim. 11.9.2018 ja 18.9.2018, jolloin koeajon aikana oli satanut reippaasti. Kiintoainepitoisuuden vaihtelu on -122 % (Liite 7) eli kiintoainetta on ollut enemmän lähtevässä vedessä, mutta kiintoainepitoisuuksien luotettavuuteen pitää suhtautua kriittisesti, koska ulkoiset tekijät ovat vaikuttaneet tuloksiin.

Taulukko 4 Kiintoaine (mg/l) (Stenman 2018)



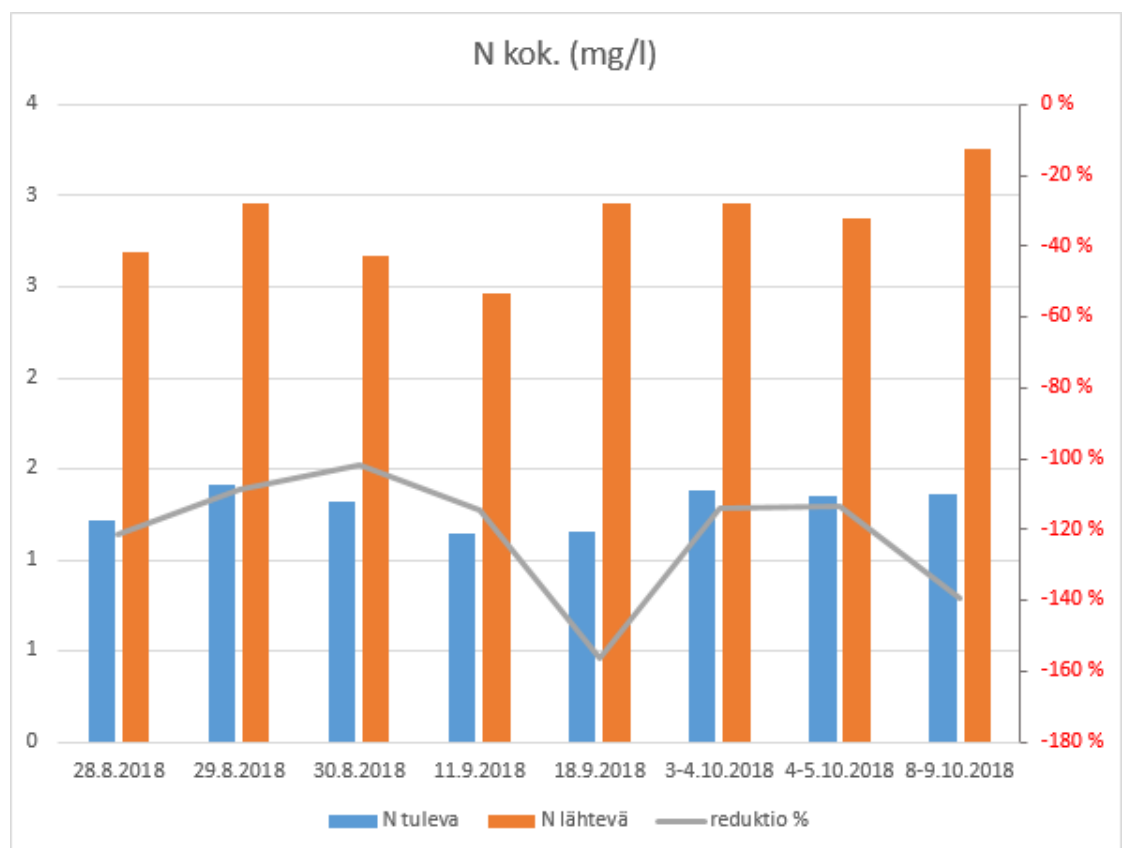
Veden sameudessa tapahtui muutoksia biopolymeerikäsittelyn jälkeen (Taulukko 5). Sameus on pienempi lähtevässä vedessä kuin tulevassa vedessä melkein jokaisella mittauskerralla. Viimeisellä mittauskerralla, 8-9.10.2018, sameus oli suurempi lähtevässä vedessä kuin tulevassa vedessä. Mahdollisia syitä tähän ovat se, että vesinäytteeseen on päässyt sakkaa tai savea, jota on voinut liueta laskeutusaltaan reunoilta. Biopolymeerillä on vaikutusta veden sameuden vähenemiseen. Reduktion keskiarvo on 42 % eli sameus väheni keskimääräisesti 42 % (Liite 7)

Taulukko 5 Sameus (FNU) (Stenman 2018)



Biopolymeeri, Tanniini, lisäsi kokonaistyyppiä lähtevässä vedessä (Taulukko 6). Kokonaistyyppi lisääntyi kaikissa koeajojen mittauksissa. Kokonaistyyppien reduktion on keskiarvoltaan -121 % (Liite 7).

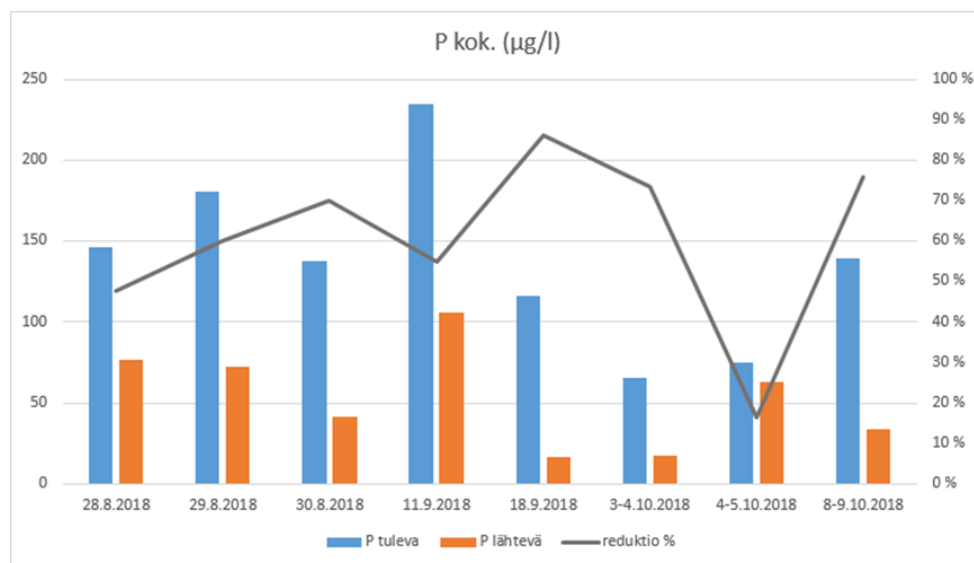
Taulukko 6 Kokonaistyyppi (mg/l) (Stenman 2018)

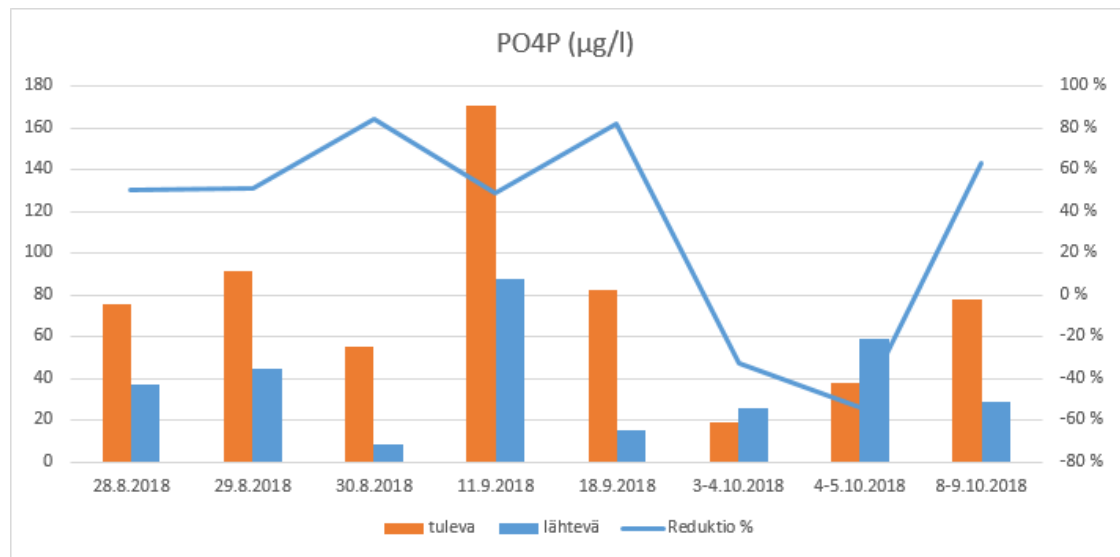


Biopolymeerin tarkoituksena on saostaa fosforia ja varsinkin liukoista fosforia. Koeajojen mittauksien tuloksien perusteella biopolymeerin keskiarvoinen reduktio on kokonaisfosforin osalta 61 % eli kokonaisfosforin määrä vähenee vedessä 61 prosentilla (Liite 7 & Taulukko 7) ja parhaimmillaan kokonaisfosforia vähenee 86 % (Liite 7 & Taulukko 7).

Liukoisen fosforin eli PO_4P määrä lähtevässä vedessä vähenee myös (Taulukko 8). Liukoisen fosforin keskiarvoinen reduktio on 37 % ja parhaimmillaan liukoista fosforia saostuu 85 % (Liite 7.) 3-4.10.2018 & 4-5.10.2018 koeajojen vesimittauksissa liukoista fosforia on enemmän lähtevässä vedessä kuin tulevassa vedessä (Taulukko 8.). Tähän voi olla syynä sakan joutuminen vesinäytteeseen, koska esim. kiintoaineen kohdalla samassa koeajon mittauksissa on epäselvyyksiä arvojen kanssa.

Taulukko 7 Kokonaisfosfori eli P.kok (Stenman 2018)

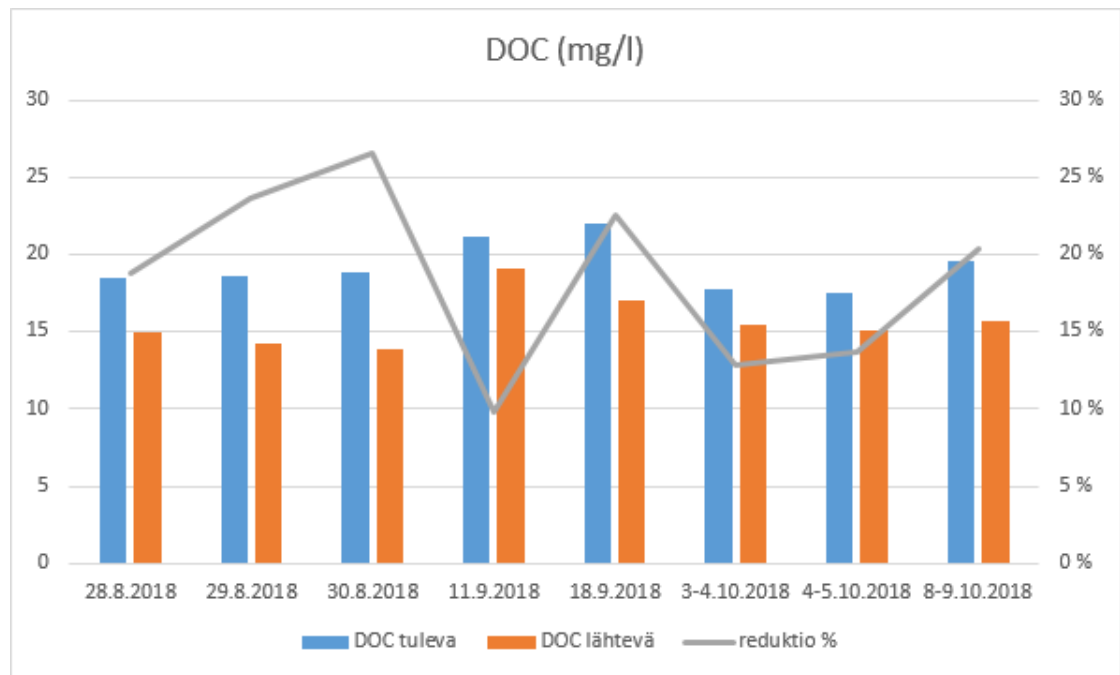


Taulukko 8 Liukoinen fosfori eli PO₄P (µg/l) (Stenman 2018)

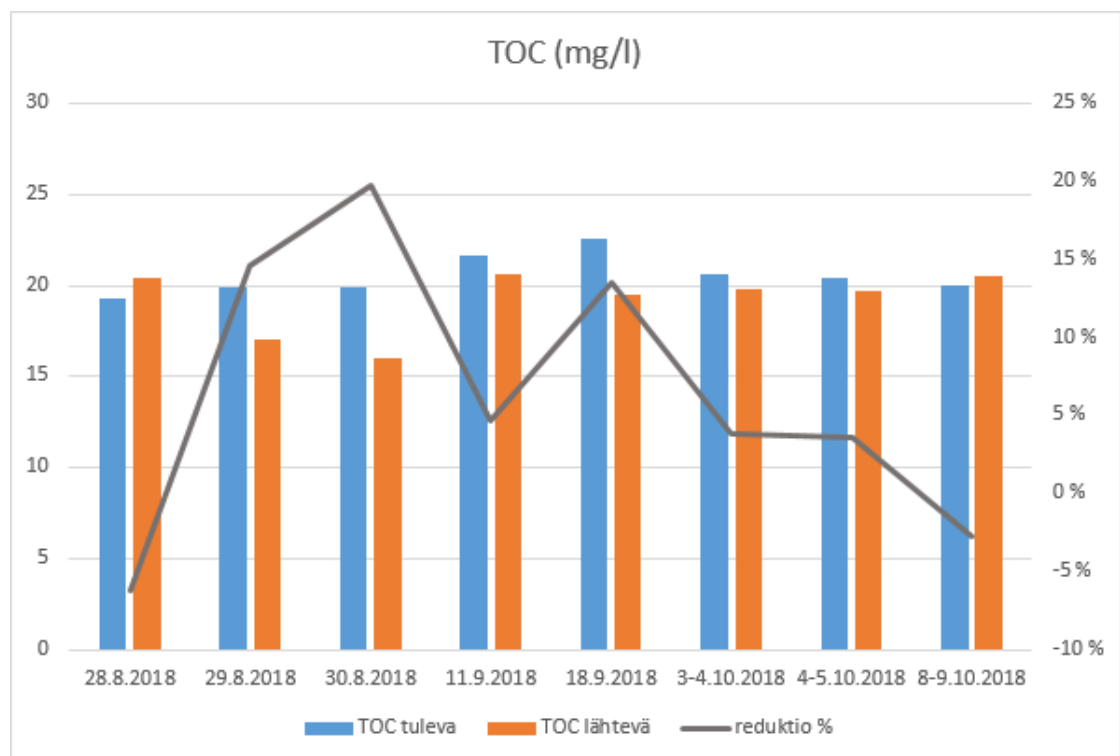
Liuenut orgaaninen hiili eli DOC määrä on pienempi lähtevässä- kuin tulevassa vedessä jokaisessa mittauksessa (Taulukko 9.) DOC keskiarvollinen reduktio on 19 % ja parhaimmillaan 27 % (Liite 7.) Tästä voidaan todeta, että biopolymeeri vaikuttaa DOC:n määrään vähentävästi.

Orgaaninen kokonaishiili eli TOC määrä vähenee suurimassa osassa koeajojen mittauksissa, mutta 28.8 & 8-9.10 mittauksissa TOC määrä on suurempi lähtevässä vedessä (Taulukko 10). Näissä määrät on suurempi eli reduktio on -6 % ja -3 %. Keskiarvallisesti TOC määrä väheni lähtevässä vedessä 6 % (Liite 7).

Taulukko 9 Liuennut orgaaninen hiili eli DOC (mg/l) (Stenman 2018)



Taulukko 10 Orgaaninen kokonaishiili eli TOC (mg/l) (Stenman 2018)



6.2.3.2.1 Analysointi ja Virhemarginaali

Tutkimuksesta huomataan, että biopolymeerillä on vaikutuksia vedessä oleviin pitoisuuksiin. Biopolymeerillä huomattiin myös parantavia eli vähentäviä vaikutuksia esim. sameuden, fosforin, orgaanisen hiilen osalta. Se myös lisäsi lähtevän veden pitoisuuksia esim. typen ja kiintoaineen osalta. Typen määrä lisääntyi huomattavasti lähtevässä vedessä, keskiarvallisesti -121 %.

Typen määrän kasvulla voi olla vaikutusta vesiekosysteemissä rehevöitymisen kannalta, sillä typpi on yksi kasvien pääraavinne. Typpi on myös minimitekijä kasvien kasvulle (eli rajoittava tekijä), mutta sen vaikutukset rehevöitymiseen eivät ole yhtä voimakkaat kuin fosforilla (SV2 Typpikuormitus. 2014).

Biopolymeerillä pystytään saostamaan fosforia maatalouden valumisvesistä, mutta ongelmaksi tulee typen pitoisuuksien kasvu. Typpeä ei voida poistaa vedestä kemiallisesti, mutta typpeä voidaan poistaa biologisella poistolla eli nitrifikaatio-denitrikaatio-menetelmällä ja denitrikaatiosuodattimilla (Jätevedenpuhdistus pääkaupunkiseudulla 2017. 2018). Menetelmissä hyödynnetään bakteereita ja typpi saadaan vedestä kaasuna pois. Näitä menetelmiä käytetään jätevesipuhdistamoilla. Kosteikkolosuhteissa näiden menetelmien hyödyntäminen ei ole mahdollista.

Tutkimuksen tuloksiin ovat vaikuttaneet jotkin virheet, koska joissakin tuloksissa on epäselvyyksiä muiden mittausten kanssa esim. kiintoaine ja sameus. Kiintoaineen ja sameuden tuloksiin ovat vaikuttaneet luultavasti sakan joutuminen vesinäytteeseen, jolloin tulokset eroavat keskiarvosta. Muita vaikutuksia ovat esimerkiksi se, että 12.9.2018 settipadon vesinäyteanturi heilahti, jolloin se saattoi tuoda veteen hippuja, joilla on vaikutuksia tulevan veden arvoihin (Liite 4).

Tuloksiin ovat vaikuttaneet myös ulkoiset tekijät esim. rankkasateet, jotka ovat liuottaneet savea laskeutusaltaan reunoilta altaaseen. Myös lehdet ja muut roskat, joita tuulen mukana on tullut altaaseen, ovat voineet vaikuttaa tuloksiin.

Tutkimusta voidaan pitää onnistuneena, koska biopolymeeri toimii saostuskemikaalina kokonaisfosforille ja liukoiselle fosforille. Biopolymeerillä on myös muita vaiku-

tuksia veden sameuden vähentämisessä ja pieniä vaikutuksia orgaanisen kokonaishii-
len ja liukoisen hiilen pitoisuuksiin. Kiintoaine- ja kokonaistyyppipitoisuudet kasvavat
merkittävästi lähtevässä vedessä.

6.3 Biopolymeerilietteen lannoitusominaisuudet

6.3.1 Ruukkukokeiden esivalmistelut

6.3.1.1 Kasvitesti

Marraskuussa 2018 aloitettiin ruukkukokeiden suunnittelu ja päätettiin, että ruukku-
kokeet tehdään VTT:n Kompostin kypsyystestit menetelmäohjeet-julkaisun ohjeen
mukaan, 5.1 fytoxisuus eli kasvitestillä, joka muunneltu versio OECD:n standardi tes-
tistä Terrestials Plants, Growth Test, Guideline 208. Kasvitestissä testataan kompos-
tin eli kasvualustan aiheuttamaa kasvun estymistä. Ruukkukokeessa tutkitaan, es-
tääkö liete kasvien kasvua ja hyötykö jonkin kasvi kasvullisesti lietteestä. Kokeen
kesto on 14 vrk. 7 vuorokauden jälkeen kylvöstä tarkastellaan taimia ja niiden luku-
määrää. 14 vrk jälkeen ruukut punnitaan, taimet leikataan mullan pinnasta ja taimien
lukumäärä lasketaan. Kasvien tuorepaino punnitaan, jonka jälkeen selvitetään myös
niiden kuivapaino. Kuivapainoa varten taimia pidetään vuorokausi uunissa (70 as-
tetta), jonka jälkeen ne punnitaan. Muita tarkasteltavia asioita ovat esimerkiksi juur-
ten kehittyminen sekä taimien väri klorofyllimittarilla. Lopuksi voidaan selvittää pH ja
johtokyky. (Itävaara, Kapanen, Venelampi, Vikman & Vuorinen. 2006, 31.) Tässä tut-
kimuksessa ei tarkastella juurten kehittymistä eikä taimien väriä, mutta kokeen lo-
puksi otetaan kuvat juurista.

Kasvutestiä varten valittiin kolme kasvia: kiinankaali, krassi ja rairuoho, jotka löytyvät
kasvitestin suosittelemista kasveista. Kolme kasvia valittiin siksi, että sitä suositeltiin
kasvitestin ohjeissa sekä kolme kasvia antavat luotettavamman kuvan. (Itävaara, Ka-
panen, Venelampi, Vikman & Vuorinen. 2006, 31.)

Kasvutestin kasvatusalustaksi valittiin Kekkilän Professional 620, joka on kalkittu ja
lannoitettu turve (Kuvio 7). Kasvatusturpeen ominaisuudet: pH on 6,4; johtokyky 27
mS/m; vesiliukoinen typpi 1600 mg/kg; liukoinen fosfori 500 mg/kg ja liukoinen ka-
lium 2600 mg/kg (Kuvio 7). Kasvitestin ohjeistuksessa kasvualustan pitää olla kalkit-
tua multaa tai lannoitettua ja kalkittua multaa ja kasvualustan pH pitää olla noin 6

(Itävaara, Kapanen, Venelampi, Vikman & Vuorinen. 2006, 31). Turve valittiin kasvu-
alustaksi, koska sitä oli valmiiksi koululla ja turve on osoittautunut hyväksi muissakin
tutkimuksissa.

Codes turvilles antaires - W = produit contenant un agent mouillant
Kekkilä taormoda - W = produit contenant un engrais à libération contrôlée
Stocker - produit manufacturé suivant les spécifications requises
Sari EVO Support - stocker dans un endroit frais, sec et sans lumière directe. Éviter d'être exposé toute
forme de contamination potentielle.
Distributeur Maroc par - BR30003, 49330 Châteauneuf sur Sarthe,
Tele: 02 41 32 34 63, Fax: 02 41 32 34 49, email: support@wara.com.fr
AGRIIN MAROC S.A. Sidi Brahim - B.P. 1683 - 30003 - FES
Fas: Tel: 035 641443, Fax 035 640226, agrin@agrinmaroc.ma
Casablanca: Tel: 022 404142, Fax 022 244603, agrin@maroc.ma

FI Kasvuturve

Kekkilä kasvuturve on puhdasta ja jatkuvasti vaaleaa rahkaturvetta. Se sisältää luonnaisia, biologisesti
aktiivisia aineita, jotka estävät kasvitautien leviämistä ja edistävät kasvien terveitä kasvuja. Tuotteen karkeus, pH
ja lannoitus on merkitty pakkauksen tuotekoodiin.

Käyttöohje: Turve kastellaan huolellisesti (15-20 l/pakkaus) paalin parivaiheissa. Kastelu auttaa
muruksien syntymässä ja estää turpeen hienonemista käsittelyn aikana. Kastelun avulla saavutetaan
turpeen optimaalinen tiheys ja tilavuus. 1.12-31.3. toimitettu tuote voi olla jäänyt. Ennen käyttöä on
varmistettava, että tuote on sulanut.

TUOTESELOSTE

Raaka-aine Vaalea rahkaturve, H 1-3 von Post
Lisätyt Aineet: Dolomiittikalci
Kekkilä Peruslannoite 1: NPK 14-4-20 (NO₃-N 7,0 %, NH₃-N 6,5 %) /
M.H.K. Kekkilä Peruslannoite 6: NPK 16-4-17 (NO₃-N 4,0 %, NH₃-N 5,0 %,
hidastulokainen typpi 6,5 %)
Peruslannoitteet sisältävät tarvittavat kasviravinteet.
Lisäkodit: W = kostusaine
Nc = kontrolloidusti liukeneva lannoitus

**Kekkilä Taormoda -
Viljelmäkohtainen:** Valmistetaan ja merkitään sopimuksen mukaisesti.
Varustointi: Viileässä, kuivassa paikassa auringonvalolta ja epäpuhtauksilta suojattuna.
Tyypinimi kasvuturve
Raaka-ainet vaalea rahkaturve, von Post H 1-3
Intoitavuus 320 litraa (EN 12580, pakkauksella)

Maksimikoko (seulokoko)	40 mm	30 mm	20 mm	20 mm	20 mm	8 mm
Karkeus	Karkeaa	Karkeaa	Keskikarkeaa	Keskikarkeaa	Keskikarkeaa	Hieno
	640	630	420	620	420	C
Orgaaninen aines %	90	90	90	85,90	95	90
Intoitheys kg/m ³	60	65	70	70	70	70
	White 640	White 630	White 420	White 620 pH 6,0	White 420 F6, H6	White C1
pH (EN 13037)	5,9	5,9	5,9	6,4	4,7	5,9
Johdekyky mS/m (EN 13038)	27	27	27	27	22	21
Vastulokainen typpi (N), mg/kg ka.	1500	1500	1600	1600	1200	1300
Liukoinen fosfori (P), mg/kg ka.	400	400	500	500	800	350
Liukoinen kalium (K), mg/kg ka.	2400	2400	2600	2600	2500	2200

SE Växttorv

Kekkilä växttorv är ren och hög kvalitets torv av jämn kvalitet. Den innehåller naturliga, biologiskt aktiva ämnen
som motverkar spridning av växtsjukdomar och befämjar en frisk tillväxt. Slätning och gödningnivå är märkt
på förpackningen med produkt koder.

Före Användning: Torven väntas omsorgsfullt (15-20 liter/ball) i samband uppläckning, vilket ger bättre
struktur och minskar risken för skadning av torven under användning. Genom bevattningen nås den
optimala densiteten och volymen av substratet. Produkter som är levererade mellan 1.12-31.3 kan vara frusna.
Kontrollera att produkten är osten eller lina upp den innan användning.

VARUDEKLARATION

Rävara Uppfyllningsstorv, H 1-3 von Post
Tillsatser: Kalk
Kekkilä Grundgödsel 1: NPK 14-4-20 (NO₃-N 7,0 %, NH₃-N 6,5 %) /
Kekkilä Grundgödsel 6: NPK 16-4-17 (NO₃-N 4,0 %, NH₃-N 5,0 %,
långjämnverkande kalium 6,5 %)
Grundgödslingen innehåller nödvändiga näringämnen för växten.
W = Produkten innehåller vätsmedel Nc = Produkten innehåller långjämnverkande
gödsel

Ytterligare koder: Tillverkas och märks enligt överenskommet.
Förvara på ett sval och torr plats, skyddat från direkt solljus och isolerat från
mojliga infektionskällor.
Hassellars Garden, Box 1819, 70118 Örebro,
Sverige. Tel: +46 (0)19 701 4200, Fax: +46 (0)19 761 4240

raportör i Sverige:

Fertilization level /
Products / Produkter / Produkte
Fertilization / Fertilis
Bemesting / Gødning
Gödning / Lannoitus
kg/m³
Lime / Calcio / Kalk / Kalk / Kalk
kg/m³
Analysis of Presswater
pH
mS/cm
N, mg/l
P, mg/l
K, mg/l
Soil analysis / Analyser
pH
mS/m
N, mg/l
P, mg/l
K, mg/l

Kuvio 7. Kekkilä Professional 620 kasvuturve

Ennen kasvitestien aloittamista lietteitä kuivattiin uunissa 108 asteessa yhdestä vuoro-
kaudesta viiteen vuorokauteen. Sen vuoksi, että liete haluttiin testiin kuivattuna,
jotta se olisi helpompi sekoittaa kasvatusalustaan eli turpeeseen. Ennen testejä teh-
tiin myös tutkimuksen tarvelaskelmat mm. kasvatusruukkujen määrä, siemenien
määrä, lietteen määrä (Liite 8.)

6.3.1.2 Tarvelaskelmat ja valmistelut

Tarvelaskelmien mukaan ruukkujen määrä on 27 kpl, koska kolmesta kasvusta tehdään jokaisesta 3 rinnakkaista näytettä jokaiselle kasvualustalle: turve (kontrolli) 3 x 3, turve + liete, Tarvaala 3 x 3 ja turve + liete 3 x 3, Ruukki (Liite 8). Ruukkujen ovat tilavuudeltaan on 0,7 l ja niissä on pohjassa salaojareitit.

Muita valmisteluja olivat ruukkujen merkitseminen. Ruukut merkittiin: 1 = kasvuturve (kontrolli), 2 = turve + liete, Tarvaala sekä 3 = kasvuturve + liete, Ruukki. Rinnakkaisnäytteet merkittiin A, B ja C. Myös kasvien nimiä lyhennettiin ruukkujen merkitsemisen helpottamiseksi: kiinankaali = kk, krassi = kr ja rairuoho = rr. Esimerkiksi kk 2A on kiinankaalin ensimmäinen rinnakkaisnäyte, joka on turpeen ja Tarvaalan lietteen kasvuseoksessa.

Kasvien siemenien tarve laskettiin myös. Siemeniä tarvittiin: kiinankaali 90 kpl (10 kpl/ ruukku), krassi 900 kpl (100 kpl /ruukku), rairuoho 450 kpl (50 kpl/ ruukku). Siemenet laskettiin käsin ja laitettiin minigrip-pusseihin odottamaan kasvitestin aloittamista.

Tarvelaskelmissa laskettiin myös tarvittavan lietteen määrä suhteella 1:1 eli lietettä 0,35 l ja turvetta 0,35 l, mutta suhdetta jouduttiin vaihtamaan lietteen määrän vähäisyyden takia ja lietteessä olevien ominaisuuksien takia. Ongelmaksi ilmeni Tarvaalan lietteen korkea sähköjohtokyky, koska sähköjohtokyky oli 1:1 seoksessa 149,9 mS/m ja kasvitestin ohjeessa suositellaan tekemään uusi seos, kun sähköjohtokyky on yli 50 mS/m. (Itävaara, Kapanen, Venelampi, Vikman & Vuorinen. 2006, 32). Liian suuri sähköjohtokyky ilmaisee liiallisesta ravinnemäärästä, jolla on haittavaikutuksia esim. kasvien vedensaantiin (Järvinen ym. 2016, 82).

6.3.1.3 Lietteen ominaisuuksien määrittäminen

Koeseokselle ja turpeelle tehtiin erilaisia mittauksia Tarvaalan laboratoriossa. Niillä tutkittiin lietteen ominaisuuksia, joiden perusteella voidaan määrittellä koeseosten seossuhde. Liukoisen fosforin määrittäminen tehtiin työohjeen (vesiliukoisten fosforien uuttaminen kasvualustasta) mukaisesti (Liite 9 & 10).

12.11.2018 Tarvaalan ja Ruukin lietteestä selvitettiin pH, sähkönjohtokyky, liukoisen fosforin määrä ja niistä tehtiin määrytykset kuiva-aine- ja kosteus-pitoisuuksille (Taulukko 11). Tarvaalan lietteelle tehtiin myös tuhkapitoisuuden määrittäminen 5.12.2018, jonka tekijänä oli Miia Jämsén (Taulukko 11).

Työn tuloksista kävi ilmi, että lietteiden sähkönjohtokyky oli suuri ja sen seurauksena jouduttiin muuttamaan tulevien kasvitestien turpeen ja lietteen suhdetta, koska kasvitestin ohjeessa suositellaan tekemään uusi seos, jos sähkönjohtokyky on yli 50 mS/m. Tuloksista ilmeni myös, että liukoisen fosforin määrä oli alhainen (Taulukko 11). Turpeen ja lietteen suhdeluvun pienentäminen vähentää liukoisen fosforin määrää ennestään, jonka takia päätettiin, että kasvitestissä seurataan, estääkö liete kasvien kasvua vai edistääkö sitä.

Liukoisen fosforin optimimäärä kasvien kasvulle olisi noin 10-20 mg/l. Fosfori on sitoutunut biopolymeeriin (mikä on ollut tarkoituskin), jolloin se ei ole liukoisena muotona ja tällöin fosfori ei ole heti kasvien käytettävissä. Biopolymeeri liete on biohajoavaa, jolloin vähitellen siihen sitoutunut fosfori vapautuu kasvien käytettäväksi liukoisena fosforina (Turunen 2018.)

Taulukko 11 Kuivatun biopolymeerilietteen ominaisuudet 12.11.2018

12.11.2018		
	Tarvaala	Ruukki
Tuhkapitoisuus m-% k-a	22,5	
Kuiva-aine%	95,94	97,73
Kosteus%	4,06	2,27
m (60 ml)	46,7155	57,066
PO ₄ ³⁻ P (mg/l)	0,16	0,3455
pH	6,606	4,948
Sähkönjohtokyky mS/m	193,5	461

Uudet suhdeluvut turpeelle ja lietteelle selvitettiin 3.12.2018, koska aiempien seosten sähkönjohtokyky oli liian suuri. Uudeksi suhteeksi tehtiin 1:12 eli turvetta tuli kasvatusruukkuun 600 ml ja 60 ml lietettä. Turpeen ja lietteen suhde tehtiin samaksi Tarvaalan ja Ruukin lietteille, koska haluttiin saada samat suhteet, jolloin kasvitestistä saadut tulokset ovat vertailukykyisiä. (Taulukko 12.) Sähkönjohtokyky on turve + liete

(Tarvaala, Saarijärvi) 4,49 mS/m ja turve + liete (Ruukki, Oulu) 7,7 mS/m (Taulukko 12).

Kasvatusseokset ennen kokeen aloitusta			
	Turve	Turve + liete (Tarvaala, Saarijärvi)	Turve + Liete (Ruukki, Oulu)
Suhde	1:1	1:12	1:12
pH	6,94	6,42	6,052
Sähkönjohtokyky mS/m	2,55	4,49	7,77
Lämpötila °C	21,5	20,9	20,7

Taulukko 12 Kasvatusseokset ennen ruukkukokeen aloitusta 3.12.2018

Näiden lisäksi lietettä lähetettiin viljavuuspalveluun ja kuivattua lietettä lähetettiin Labtiumiin määrittämiseen, jotta saataisiin tarkempia arvoja (Liite 11 & 12.)

6.3.2 Ruukkukokeet

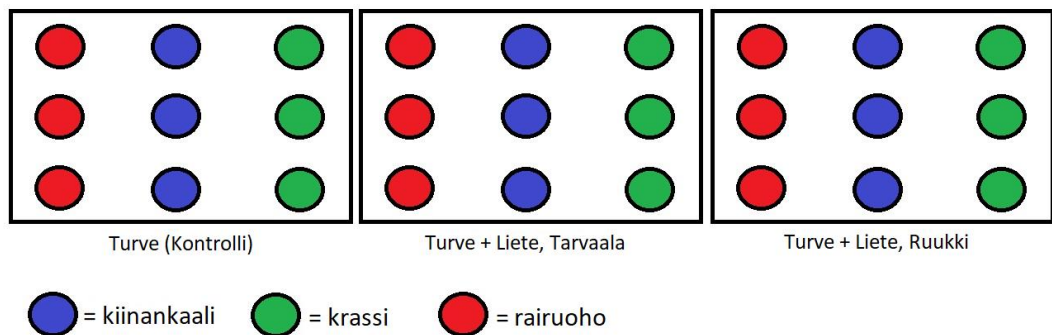
Kasvitesti aloitettiin seosten tekemisellä 3.12.2018. Seoksiin mitattiin 540 ml kuivattua lietettä ja 6 l turvetta. Seokset (liete ja turve) laitettiin muovisankoon, jossa ne sekoitettiin käsin muovikauhalla. Ensin tehtiin Tarvaalan lietteestä kasvuseos ja sitten Ruukin, kun seokset oli tehty, niin turveliete-seokset laitettiin ruukkuihin. Ruukut tiputettiin 2-3 kertaa noin 15 cm korkeudelta. Ruukkujen pohjalla oli talouspaperista tehty pohja, joka estää seoksen poistumisen ruukusta. Seokset kasteltiin märäksi, jolloin vettä alkoi tihkua ruukun pohjasta. Tämän jälkeen siemenet kylvettiin ja laitettiin noin 1 dl turvetta päälle, jotta siemenet peittyisivät. Tämän jälkeen, kun kaikki ruukut olivat kylvetty niin ruukut vietiin kasvatuspöydälle ja ruukkujen päälle laitettiin muovikalvo itämisen ajaksi (Kuvio 8).



Kuvio 8 Ruukut kasvitestin alussa

Ruukut järjestettiin kuvion mukaisesti (Kuvio 9) ja järjestystä vaihdettiin viikon jälkeen (Kuvio 13).

Kasvien järjestys kasvupöydällä



Kuvio 9 Kasvien järjestys kasvupöydällä

Kasvatuspöydän lämpölamput säädettiin niin, että valoista aikaa oli 16 tuntia ja pimeää aikaa oli 8 tuntia. Kasvatuspöytä sijaitsi oven vieressä ja ikkunan edessä, jolloin kasvatuspöydän lämpötilat ja valon määrät muuttuivat koko ajan. Myöhemmin, noin viikon jälkeen kasvitestin aloittamisesta, kasvatuspöytä siirrettiin kirjaston eteen pois oven ja ikkunan läheisyydestä. Kasvitestin aikana ruukkuja kasteltiin kolme kertaa viikossa (maanantaina, keskiviikkona ja perjantaina). Kastelu tapahtui niin, että kasvu-seos oli kostea.

6.3.2.1 Kasvitestit 7 vrk:n jälkeen

7 vuorokauden jälkeen oli tarkoituksena laskea taimet, mutta se ei onnistunut muilla kuin kiinankaalilla, koska krassin ja rairuohon taimia oli niin paljon ja ne olivat tiukassa nipussa (Kuvio 9 & 11). Taimien lukumäärän laskeminen olisi myös luultavasti vaurioittanut taimia ja sen takia päätettiin luopua taimien lukumäärän laskemisesta. Kiinankaalin osalta itävyys oli suuri, mutta Ruukin lieteseoksessa itävyys oli ensimmäisessä rinnakkaisnäytteessä 7/10 kpl, toisessa 11/10 kpl ja kolmannessa 9/10 kpl (Kuvio 10). Toisessa ruukussa oli liian monta siementä.



Kuvio 10 Rairuohon taimettuminen 7 vrk:n jälkeen



Kuvio 11 Kiinankaalin taimettuminen 7 vrk:n jälkeen

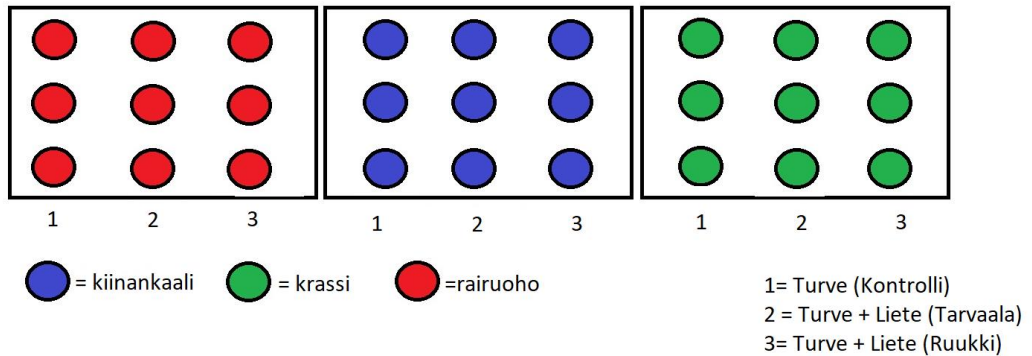


Kuvio 12 Krassin taimettuminen 7 vrk:n jälkeen

Muita huomiota oli li kiinankaalin ja krassin lehtien kokojen ero kontrolliruukkuihin verrattuna ja huomattiin myös, että kontrolliruukuissa oli vähemmän kasvuseosta kuin muissa ruukuissa (Kuvio 11 & 12). Kylvö olisi myös voinut olla tasaisempaa, koska taimet olivat aika tiukoissa nipuissa ja tämän takia taimien välille tuli enemmän kilpailua valosta.

Ruukkujen järjestys vaihdettiin, jotta vertailukuvien ottaminen olisi helpompaa (Kuvio 13).

Kasvien uusi järjestys kasvupöydällä



Kuvio 13 Kasvien uusi järjestys kasvupöydällä

6.3.2.2 Kasvitestien lopettaminen ja havainnot

14 vuorokauden jälkeen oli vuorossa kasvitestien lopettaminen. Testin jälkeen kasvit kuvattiin siten, että kuvassa oli vasemmalla puolella kontrolliruukut ja oikealla puolella turve + liete Tarvaala/Ruukki -ruukut (Kuviot 15-19). Silmämääräisesti huomattiin, että kiinankaalin taimet olivat kontrolliruukuissa pitempiä. Tähän vaikuttaa se, että turvelieteseoksissa oli hieman vähemmän kasvuseosta (Kuviot 14-15) tai turvelieteseos painunut.



Kuvio 14 Kiinankaalin kontrolli vrt. turve + liete (Tarvaala)



Kuvio 15 Kiinankaalin kontrolli vrt. turve + liete (Ruukki)

Krassissa ja rairuohossa ei ollut silmämääräisesti isoja eroja (Kuviot 16-17). Krassissa oli pieni eroja kontrollin ja lieteseoksien välillä mm. lehtien koko oli vähän pienempi lieteseoksissa.



Kuvio 16 Krassin kontrolli vrt. turve + liete (Tarvaala)



Kuvio 17 Krassin kontrolli vrt. turve + liete (Ruukki)



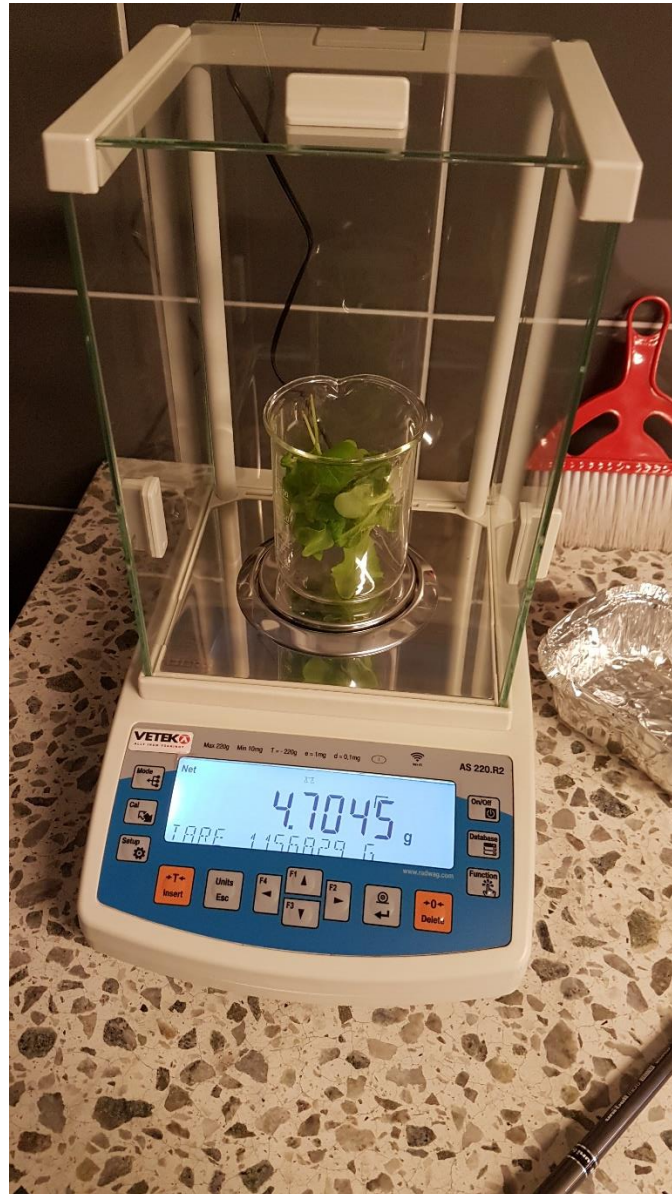
Kuvio 18 Rairuohon kontrolli vrt. turve + liete (Tarvaala)



Kuvio 19 Rairuohon kontrolli vrt. turve + liete (Ruukki)

Seuraavaksi, kun kasvit oli kuvattu, niin aloitettiin taimien tuorepainojen määrittäminen leikkaamalla taimet. Taimet leikattiin saksilla tyvestä, jotta mahdollisimman paljon kasvusta tulisi tuorepainomääritykseen. Tuorepainomääritykseen ei otettu juuria. Leikatut taimet laitettiin nimettyihin foliovuokiin, josta ne siirrettiin punnitukseen

ajaksi 250 ml dekanterilasiin (Kuvio 20). Puntari taarattiin jokaisen mittauksen välissä. Kun kaikki näytteet saatiin punnittua, niin taimet laitettiin nimettyihin foliovuokiin.



Kuvio 20 Kiinankaalin punnitseminen, tuorepainon määrittäminen

Tämän jälkeen määritettiin kuivapaino laittamalla vuokat uuniin vuorokaudeksi 70 asteeseen (Kuvio 21). Seuraavana päivänä kuivapainot punnittiin yksi näyte kerrallaan dekanterilasissa, koska tällöin muut kuivatut näytteet eivät ottaisi kosteutta ilmasta, mikä vaikuttaisi kuivapainoihin.



Kuvio 21 Taimet uunissa, Kuivapainon määrittäminen

Tuore- ja kuivapainojen yhteydessä tehtiin kasvualustalle pH:n eli happamuuden määrittäminen sekä johtokyvyn määrittäminen (Taulukko 13). Määrittäminen tehtiin jokaisen kasvi-ryhmän eri kasvuseoksille (eli yhdeksän määrittäystä). Taulukossa olevat arvot ovat

keskiarvoja näistä esimerkiksi Turve + liete (Tarvaala, Saarijärvi) sähköjohtokyky laskettiin keskiarvona kiinankaalin, krassin ja rairuohon sähköjohtokyvystä.

Taulukko 13 Kasvatusseokset kokeen lopussa

Kasvatusseokset kokeen lopussa			
	Turve (kontrolli)	Turve + liete (Tarvaala, Saarijärvi)	Turve + Liete (Ruukki, Oulu)
Suhde	1:1	1:12	1:12
pH	7,23	6,99	6,70
Sähkönjohtokyky mS/m	1,89	3,13	5,20
Lämpötila °C	21,0	20,9	20,9

6.3.3 Tulokset ja analysointi

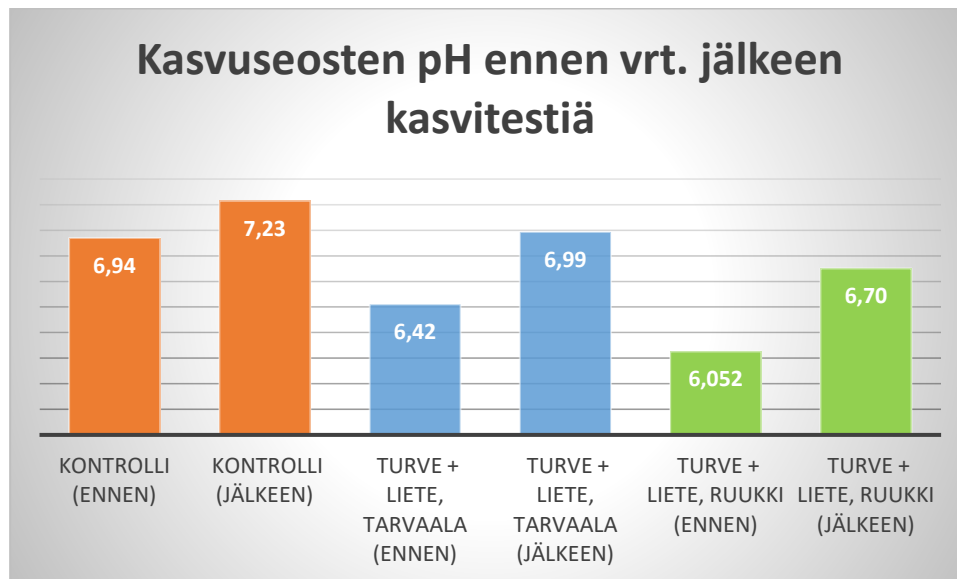
6.3.3.1 Kasvatusseosten ominaisuuksien muuttuminen

Kasvitestin tuloksista huomataan, että kasvuseosten ominaisuudet muuttuvat pH:n ja sähköjohtokyvyn osalta (Taulukko 14 & 15).

Kasvuseoksissa happamuus (eli pH) on suurempi kasvitestien jälkeen jokaisessa kasvuseoksessa (Taulukko 14). Normaalisti kasvuseoksen pH:n pitäisi laskea eikä nousta, koska kun kasvi ottaa kasvualustasta ravinnekationin esim. K^+ niin kasvi luovuttaa yhden vetyionin H^+ , jolloin vetyioni happamoittaa kasvualustaa (Heinonen 2019).

Kasvuseos on luultavasti lähtenyt kompostoitumaan. Sillä voidaan selittää pH:n nouseminen. Kompostoinnin vaihteet ovat mosofiili-, termofiili- ja kypsymisvaihe. Mosofiilivaiheessa (eli lämpenemisvaiheessa) kasvuseoksen lämpötila nousee ja helposti hajoava orgaaninen aines hajoaa, josta syntyy orgaanisia happoja. Mosofiilivaiheessa happamuus laskee. Termofiilivaiheessa hajoaa proteiineja mikrobien toiminnan seurauksena. Tämän takia syntyy ammoniakkia, lämpötila nousee ja happamuus nousee. Tutkimuksessa käytetty kasvuseos on saavuttanut termofiilivaiheen, koska pH on lähtenyt nousemaan. Kompostoinnin viimeinen vaihe on kypsymisvaihe, jossa muodostuu humusaineita sekä lämpötila ja pH laskevat (Vartiainen 2016, 10.)

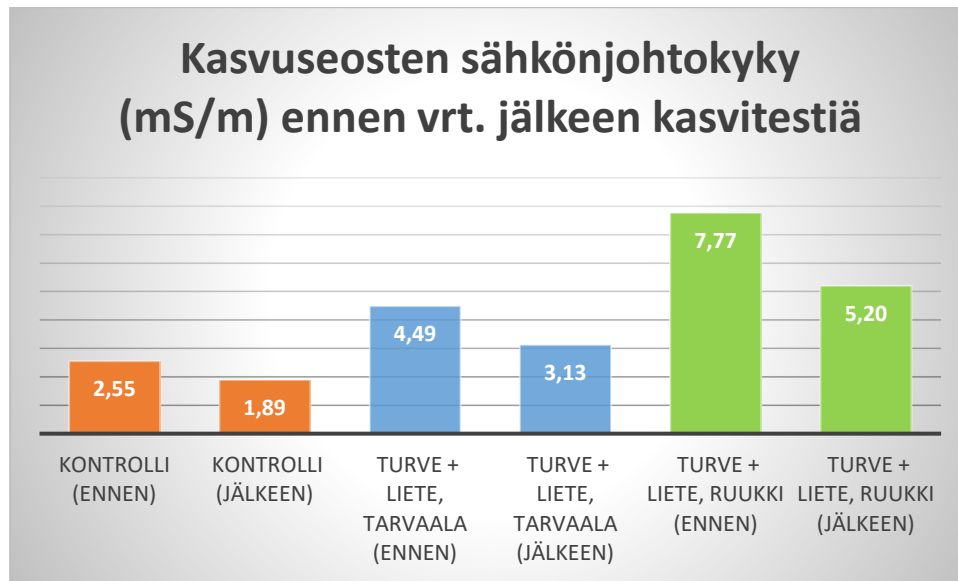
Taulukko 14 Kasvuseosten pH ennen vrt. jälkeen kasvitestiä



Kasvuseosten sähköjohtokyky pienene kasvustien jälkeen jokaisessa kasvuseoksessa (Taulukko 15). Sähköjohtoluvun pieneminen johtuu siitä, että kasvit ovat hyödyntäneen maassa olevia liukoisia suoloja esim. kasviraivinteita. Johtokyky luku määrittelee liukoisten suolojen määrän kasvuseoksessa. Sähköjohtoluvun suositeltava määrä on kasvuseoksessa 40 mS/cm eli 4 mS/m (Järvinen ym. 2016, 75 & 82.)

Ennen kasvitestejä kontrolli-kasvuseoksessa suositeltava määrä alittuu, mikä kertoo siitä, että ravinteita ei ole suositeltavaa määrää. Tämä voi vaikuttaa kasvien kasvuun. Turve + Liette, Tarvaala-kasvuseoksen lähtöarvot ovat lähimpänä suositeltavaa määrää. Ruukin lieteturve-kasvuseoksessa suositeltava määrä ylittyy melkein tuplasti, jolloin sillä voi olla vaikutuksia kasvien vedenottoon.

Taulukko 15 Kasvuseosten pH ennen vrt. jälkeen kasvitestiä



6.3.3.2 Kasvien itävyys

Kasvien itävyydet laskettiin taulukoissa kolmen rinnakkaisnäytteen keskiarvon mukaan. Jokaiselle kylvetylle ruukulle laskettiin itävyydsprosentti, joiden perusteella laskettiin keskiarvo.

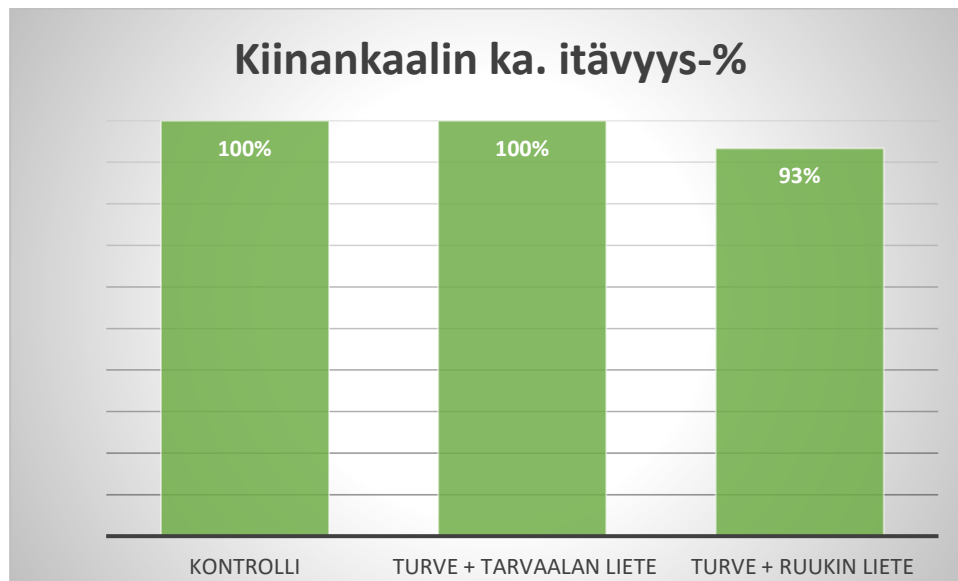
$$1. \text{ Itävyydsprosentti} = \frac{\text{itäneet siemenet}}{\text{kylvetyt siemenet}} * 100\%$$

Itävyyttä voidaan pitää epäluotettavana, jos itävyydsprosentti on alle 90 %. (Itävaara, Kapanen, Venelampi, Vikman & Vuorinen. 2006, 33.)

Kiinankaalin itävyydsprosentit olivat kaikki yli 90 % ja kontrollin ja turve + Tarvaalan lietteen osalta itävyys oli 100 % (Taulukko 16). Turve + Ruukin liete-kasvuseoksen rinnakkaisnäytteen itävyydet olivat 80 %, 110 % ja 90 %. Kasvitestissä ilmeni, että toisessa rinnakkaisnäytteessä oli liikaa siemeniä eli 11 kpl (Liite 13.)

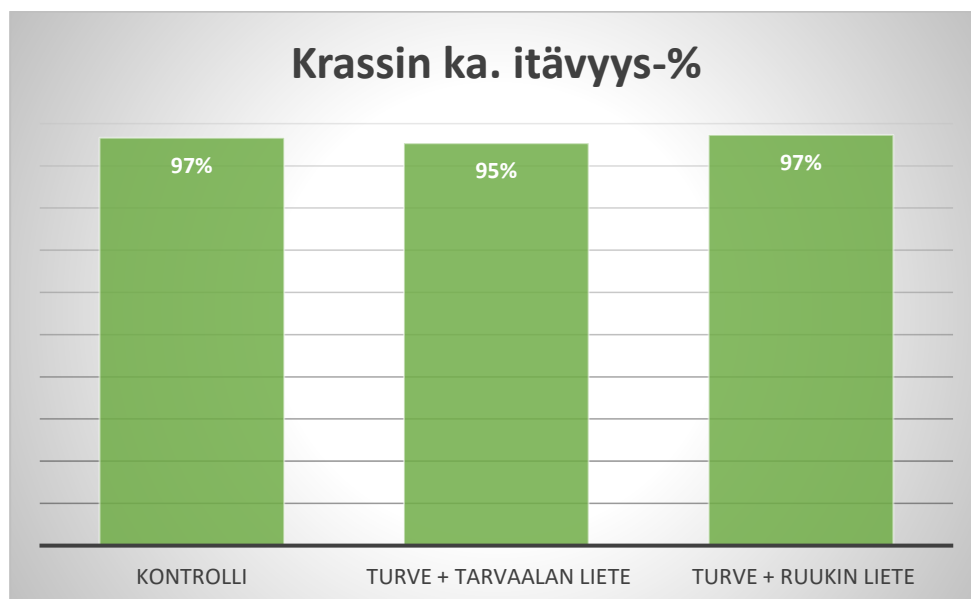
Itävyyttä voidaan pitää onnistuneena ja luotettavana kiinankaalin osalta, paitsi turve + ruukin lietteen osalta, koska itävyydsprosenttia vääristyy toisen rinnakkaisnäytteen itävyydsprosentin takia, koska se oli yli 100 %.

Taulukko 16 Kiinankaalin ka. itävyys%



Krassin itävyysprosentit olivat myös kaikki yli 90 %. Itävyydet olivat suurimmat kontrollissa ja turve + ruukinliete-seoksissa. (Taulukko 17.) Kaikissa rinnakkaisnäytteissä oli itävyysprosentti yli 90 % (Liite 13). Krassin osalta itävyyden tuloksia voidaan pitää onnistuneena ja luotettavana.

Taulukko 17 Krassin ka. itävyys%



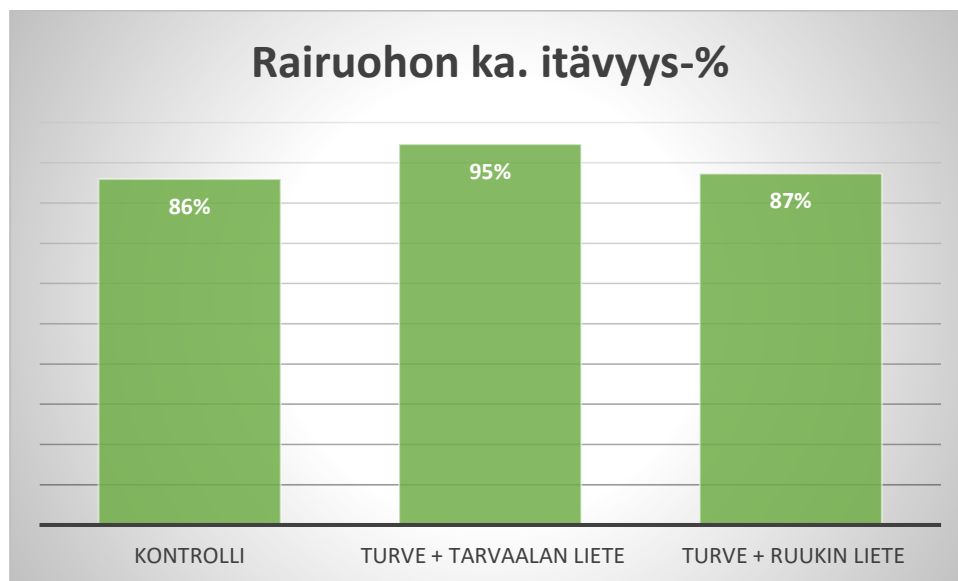
Rairuohon itävyyssprosentit olivat huonommat kuin kiinankaalin ja krassin, koska kontrollissa ja Ruukin turveliete-kasvuseoksessa itävyyssprosentit jäivät alle 90 %. Turve + Tarvaalan liete oli itävyydeltään ainoana yli 90 % (Taulukko 17.)

Kontrollin kolmannessa rinnakkaisnäytteessä oli itävyyssprosentti 90 % ja muissa rinnakkaisnäytteissä alle 90 %. Kontrollin itävyyssprosentti vaihteli 80 - 90 % välillä (Liite 13.)

Ruukin turveliete-kasvuseoksessa oli myös vain yhdessä rinnakkaisseoksessa yli 90 % ja muut olivat alle 90 %. Itävyyssprosentti vaihteli 80 – 94 % välillä (Liite 13.)

Itävyyttä ei voida pitää rairuohon osalta luotettava eikä onnistuneena, koska itävyys jäi alle 90 %. Luotettavana voidaan pitää vain turve + Tarvaalan liete- kasvuseoksen itävyyttä, koska se oli yli 90 %.

Taulukko 18 Rairuohon ka. itävyys%



6.3.3.3 Kasvuindeksi

Kasvuindeksi laskettiin kolmen rinnakkaisnäytteen kuivapainojen keskiarvon mukaan. Jokaiselle ruukulle, paitsi kontrollille, laskettiin kasvuindeksi. Kasvuindeksi laskettiin vain turve + Tarvaalan ja Ruukin lietteelle, koska niissä vertaillaan kasvua näyteseoksessa kontrolliseokseen. (Itävaara, Kapanen, Venelampi, Vikman & Vuorinen. 2006, 33).

$$2. \text{ Kasvuindeksiprosentti} = \frac{\text{kasvu näyteseoksessa (g)}}{\text{kasvu taustakontrollissa (g)}} * 100\%$$

Jos kasvuindeksiprosentti on alle 80 % kasvua voidaan pitää alentuneena (Itävaara, Kapanen, Venelampi, Vikman & Vuorinen. 2006, 33).

Kiinankaalin keskiarvolliset kasvuindeksiprosentit olivat molemmissa yli 80 % eli kasvu ei keskiarvollisesti alentunut (Taulukko 19).

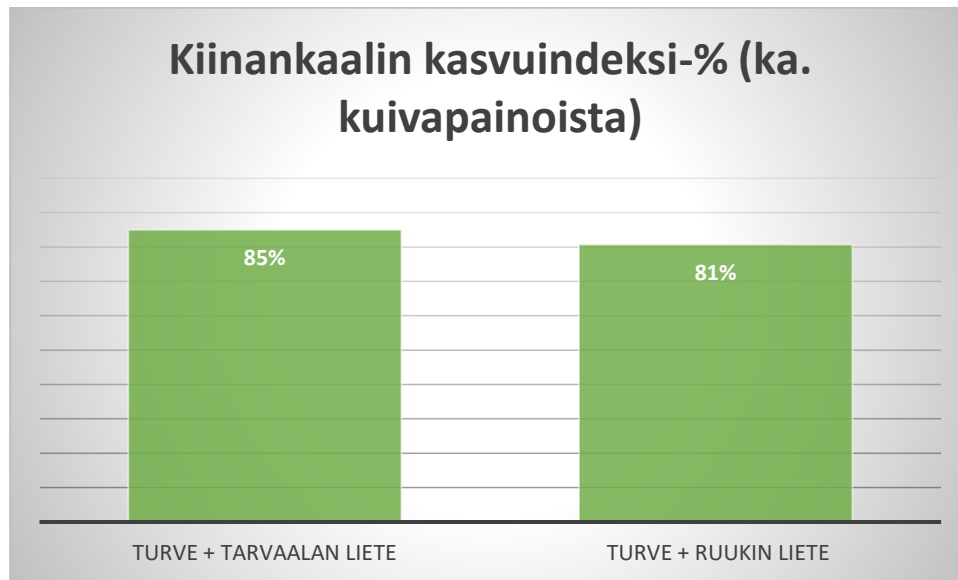
Turve + Tarvaalan liete-kasvuseoksen ensimmäisessä rinnakkaisnäytteessä oli kasvuindeksi noin 70 % eli alle 80 %. Tässä seoksessa voidaan kasvua pitää alentuneena. Muut rinnakkaisnäytteiden kasvuindeksiprosentit olivat 85 ja 99 % eli prosentti määrät vaihtelivat 70-99 % välillä (Liite 13.)

Turve + Ruukin liete-kasvuseoksen ensimmäinen rinnakkaisnäytteen kasvuindeksiprosentti oli vain n. 59 %. Sen kasvua voidaan pitää alentuneena. Toisen rinnakkaisnäytteen kasvuindeksiprosentti oli 106 %. Tähän tulokseen väärästi itävyyskokeissa huomattu kylvövirhe, sillä kiinankaalin siemeniä oli 11 kpl. Kolmannen rinnakkaisnäytteen kasvuindeksi oli noin 76 %, mitä voidaan pitää alentuneena. Kasvuindeksiprosentti vaihteli 59 – 106 % (Liite 13.)

Turve + Ruukin lieteen – kasvuseosten rinnakkaisnäytteiden perusteella voidaan pitää alentuneena, koska kahden rinnakkaisnäytteen kasvuindeksiprosentit jäivät alle

80 %. Kasvuindeksiin vaikuttivat luultavasti koeseoksien suuri sähköjohtokyky, joka oli melkein kaksi kertaa suurempi kuin suositeltu sähköjohtokyky ja sen takia se haittaisi kiinankaalin vedenottokykyä.

Taulukko 19 Kiinankaalin kasvuindeksi % (ka. kuivapainoista)

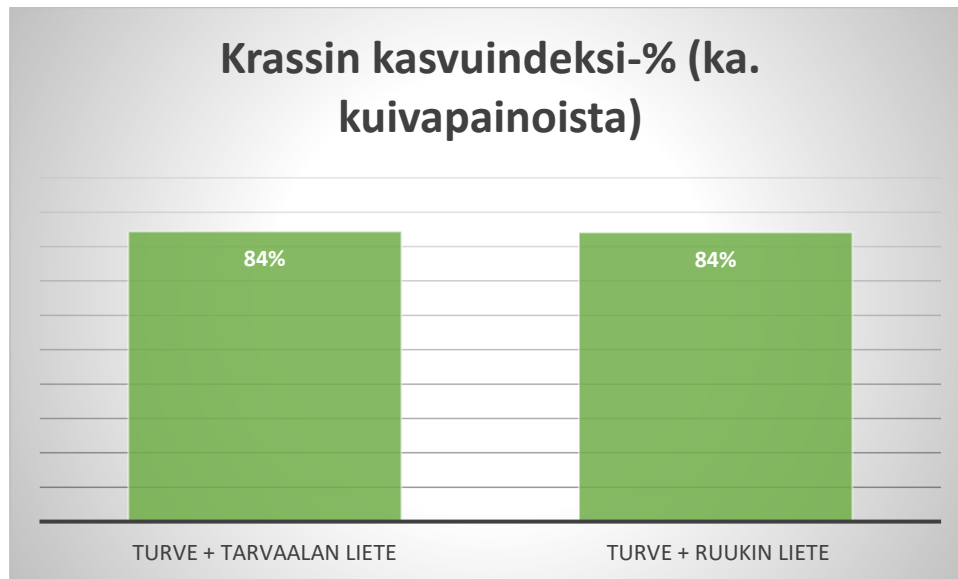


Krassin kasvuindeksi oli keskiarvollisesti molemmissa lietteissä 84 % eli kasvu ei alentunut (Taulukko 20).

Turve + Tarvaalan liete- kasvuseoksessa rinnakkaisnäytteiden kasvuindeksiprosentit olivat 87%, 77 % ja 90 % (Liite 13). Kasvuindeksiprosentti vaihteli 77-90 %. Kasvu alentui toisessa rinnakkaisnäytteessä.

Turve + Ruukin liete-kasvuseoksessa rinnakkaisnäytteiden kasvuindeksiprosentit olivat 90%, 87% ja 76% (Liite 13). Kasvuindeksiprosentti vaihteli 76 -90% välillä. Kasvu alentui kolmannessa rinnakkaisnäytteessä.

Taulukko 20 Krassin kasvuindeksi % (ka. kuivapainoista)

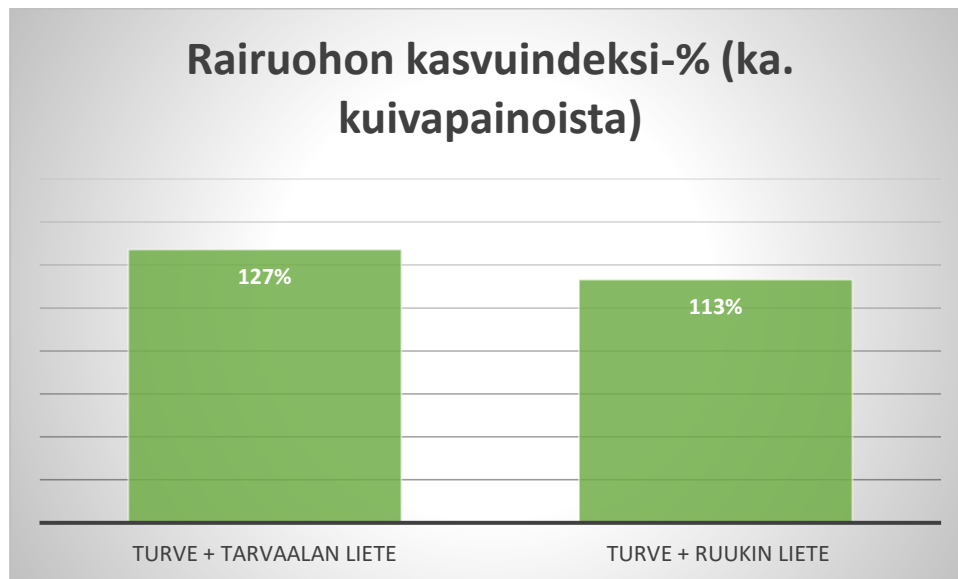


Rairuohon kasvuindeksi oli keskiarvollisesti reilusti yli 80 % molemmissa lieteseoksissa (Taulukko 21). Rairuoho hyötyi kasveista eniten lietteestä molemmissa koeseoksissa.

Turve + Tarvaalan liete-kasvuseoksen rinnakkaisnäytteiden kasvuindeksiprosentit olivat 140 %, 105% ja 142% (Liite 13). Kasvuindeksiprosentti vaihteli 105-142 %. Rinnakkaisnäytteiden perusteella voidaan todeta, että kasvu ei alentunut.

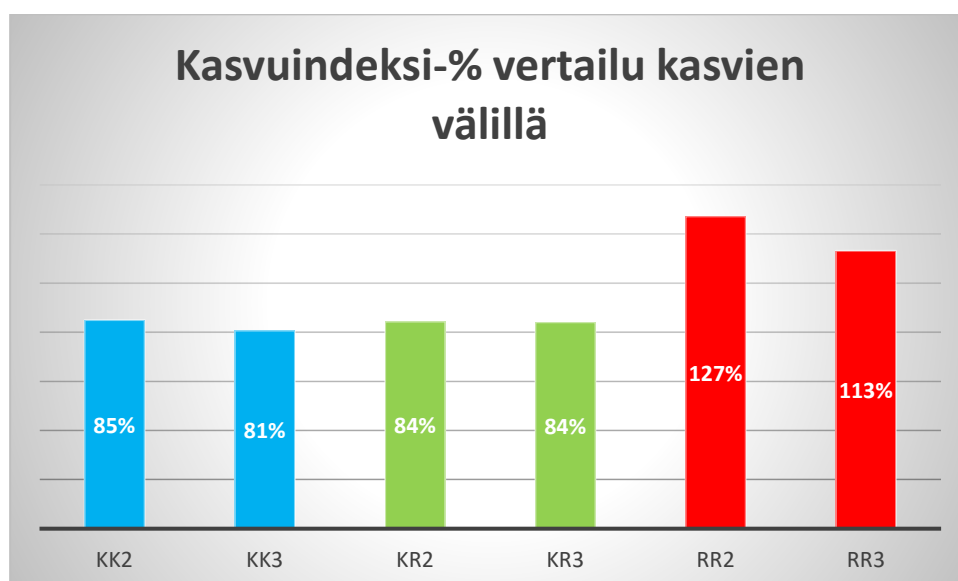
Turve + Ruukin liete-kasvuseoksen rinnakkaisnäytteiden kasvuindeksiprosentit olivat 159%, 89% ja 107% (Liite 13). Kasvuindeksiprosentti vaihteli 89%-159% välillä. Vaihtelu oli suurempaa kuin Tarvaalan turveliete-kasvuseoksessa.

Taulukko 21 Rairuohon kasvuindeksi% (ka. kuivapainoista)



Biopolymeerilietteestä hyötyi eniten rairuoho. Tarvaalan lietteellä saatiin parhaat tulokset ka. kasvuindeksinprosentin perusteella (Taulukko 22). Vähiten lietteistä hyötyivät kiinankaali ja krassi, joilla oli alentunut kasvu joillakin rinnakkaisnäytteillä. Ruukin lietteen korkealla sähköjohtavuudella oli luultavasti vaikutuksia arvoihin Ruukin turveliete-kasvuseoksissa. Loppujen lopuksi voidaan todeta, että biopolymeeriliete ei keskiarvallisesti alentanut minkään kasvin kasvua.

Taulukko 22 Kasvuindeksi% vertailu kasvien välillä



6.3.3.4 Pohdinta ja Virhearviointi

Tutkimusta voidaan pitää onnistuneena, sillä saatiin suhteellisen luotettavia tuloksia eikä liete estänyt kasvien kasvua keskiarvollisesti. Itävyysprosentit olivat suurimmalta osaltaan yli 90 % ja myös keskiarvolliset kasvuindeksiprocentit olivat yli 80 %. Kokeesta saatiin tietoa, että rairuoho hyötyi biopolymeerilietteestä eniten ja muilla kasveilla kasvu ei alentunut keskiarvollisesti, paitsi muutamissa rinnakkaisnäytteissä. Rairuohon kasvuindeksiprocentin suuruutta ei huomattu silmämääräisesti (Kuvio 18 & 19).

Tutkimukseen vaikutti monenlaisia tekijöitä, jotka ovat voineet aiheuttaa virheitä. Itävyysskojeissa huomattiin heti virhe, kun kiinankaalin taimet nousivat, koska Ruukin turveliete-kasvuseoksessa kasvoi 11 taimea. Luultavasti on tullut inhimillinen virhe, kun kiinankaalin siemeniä laskettiin ja laitettiin pusseihin. Virheitä on voinut tapahtua muissakin siemenien määrissä. Kasvuseoksia tehdessä on voinut myös tapahtua virheitä, koska seokset sekoitettiin käsin, jolloin määrät ovat voineet olla eri suhteisia ruukuissa. Seossuhde on myös hyvin pieni. Tämän olisi voinut toteuttaa eri lailla esimerkiksi siten, että oltaisi tehty jokaiseen ruukkuun omat seokset, eikä oltaisi tehty yhtä isoa seosta, joka jaettaisiin kaikille ruukuille. Seoksen olisi pitänyt antaa levätä yhden päivän ennen ruukuttamista eikä tätä tehty. Tutkimuksessa tehtiin seos ja ruukuttaminen samana päivänä.

Kasvitestiin vaikuttivat myös erilaiset ulkoiset tekijät, kuten kasvatuskaapin sijainti. Aluksi kasvatuskaappi oli oven vieressä ja ikkunan edessä, jolloin lämpötila vaihteli kasvatuskaapissa ulkoa tulevan kylmän ilman vuoksi. Kasvien kastelussa toimi myös kaksi henkilöä ja molemmat kastelivat eri vesimäärillä kasveja, koska toinen mittasi kasteluvien määrän n.1 dl per ruukku ja toinen kasteli kasveja sillä lailla, että pinta tuli kosteaksi.

Virheitä on voinut myös tapahtua tuore- ja kuivapaino punnituksissa. Varsinkin kuivapainojen punnitseminen oli tarkempaa, koska punnitseminen piti tehdä nopeasti. Muuten kuivat kasvit olisivat imeneet kosteutta itseensä, jolloin kuivapaino olisi muuttunut. Kuivapainon punnitsemisessä olisi pitänyt käyttää tiettyä aikamäärettä (esim. pitänyt kuivia kasveja 10 s ajan puntarilla).

6.4 Tutkimuksien loppupohdinta

6.4.1 Biopolymeerilietteen lannoitteena ja sen levitysmahdollisuudet

Biopolymeerilietteellä on potentiaalia lannoitteena, kuten kasvatustesteistä huomattiin. Lietteellä on muutamia ongelmia. Ensimmäiseksi lietteen tuottaminen on kallista tällä hetkellä ja toiseksi lietteestä saatava hyöty riippuu siitä, kuinka kauan lietteellä kestää hajota, jolloin lietteessä oleva kokonaisfosfori hajoaa liukoiseksi fosforiksi. Liukoinen fosfori on kasvien käytettävissä. Lietteessä oleva fosfori on suurimmalta osalta kokonaisfosforia esim. Tarvaalan lieteessä kokonaisfosfori määrä oli 1900 mg/kg ka ja liukoista fosforia 15 mg/kg ka ja Oulun lieteessä kok.fosforia oli 830 mg/kg ka ja liukoista fosforia 15 mg/ka (Liite 11).

Biopolymeerilietteen levitystapana parhaiten toimisi levittäminen lietekärryllä, koska biopolymeerilietettä ei kannata kuivata, koska se nostaisi käyttökustannuksia. Laskeutusaltaasta saadaan biopolymeeriliete kerättyä pumpun avulla kätevästi talteen ja se voidaan levittää peltoon.

Biopolymeerilietettä kannattaisi lannoitteena kasvitestin kasviryhmän 1 kasvilajeilla, koska rairuoho hyötyi eniten kasvuindeksin perusteella. Kasviryhmään 1 kuuluu rairuohon lisäksi mm. riisi, kaura, vehnä ja durra (Kapanen, Itävaara, Venelampi, Vikman & Vuorinen 2016, 32).

Lähteet

Argo, W. R. 1998. Root Medium Physical Properties. HortTechnology 4, 481-485. Viitattu 29.4.2019. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.8.4.481>.

Biopolymeerien hyödyntäminen vesienkäsittelyssä ja ravinteiden kierrättämisessä (BioP). 2017. SYKE. Viitattu 24.4.2019. <https://www.syke.fi/hankkeet/biop>.

Cain M.L., Campbell N. A., Jackson R.B., Minorsky P.V., Reece J.B, Urry L. A. & Wasserman S.A. 2015. Biology A Global Approach: tenth edition. Pearson. p. 1317. Viitattu 27.4.2019.

Heinonen U. 2019. Kommentoitu oppari. Sähköpostiviesti 18.4.2019. Vastaanottaja Alekski Leppämäki. Viitattu 24.4.2019.

Jämsén M. 2018. Työohje: Vesiliukoisten fosforien uutaminen kasvualustasta. JAMK. Viitattu 12.4.2019

Järvinen, M., Karjalainen, K. & Vuollet, A. 2016. Kasvihuoneviljely – tuotantotekniikan perusteet. p. 75, 79, 82 & 162

Jätevedenpuhdistus pääkaupunkiseudulla 2017. 2018. HSY. 13p. Viitattu 9.4.2019. https://www.hsy.fi/sites/Esitteet/EsitteetKatalogi/Julkaisusarja/1_2018-jatevedenpuhdistus-paakaupunkiseudulla-2017.pdf.

Kalsi L. 2015. Biopolymeerit. Internetix. Otavan opisto. Viitattu 3.4.2018. http://opinnot.internetix.fi/fi/muikku2materiaalit/lukio/ke/ke4/5_bio-ja_synteettiset_polymeerit_seka_komposiitit/5.3_biopolymeerit?C:D=hNle.hnjh&m:selres=hNle.hnjh.

Kapanen A., Itävaara M., Venelampi O., Vikman M. & Vuorinen A. 2006. Kompostin menetelmäohjeet. VTT. p. 31-33. Viitattu 10.4.2019. <https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2006/T2351.pdf>.

Kokkonen S., Novak A., Sipilä M., Veistola S., Vilkki J. 2009. Eliömaailma. Lukion biologia. Otava. p. 26, 47-49 Viitattu 28.4.2019

Kokkonen S., Novak A., Veistola S. & Vilkki J. 2009. Ympäristöekologia. Lukion biologia. Otava. p. 42-49, 53-57 & 100-101 Viitattu 28.4.2019

Lahtela S. 2018. Analyysitulokset: Biopolymeeriliete Tarvaala ja Oulu. Taulukko. Viitattu 10.4.2019

Lahtela S. 2018. Biopolymeerin kulutus syksy 2018. Taulukko. Viitattu 1.4.2019

Lahtela S. 2018. Koeajot tutkimusasemalla 27.8.-11.10.2018. Taulukko. Viitattu 11.3.2019

Lahtela S. 2018. Lietteen määrä. Taulukko. Viitattu 1.4.2019

Lahtela S. 2018. Tutkimusaseman sekoituslaatikot hidas ja nopea. Kuvio. Viitattu 6.3.2019.

Lahtela S. 2018. Tutkimusasema Tarvaalassa. Kuvio. Viitattu 6.3.2019.

Lahtela S. 2018. 6.2.3.2 Vedessä olevat pitoisuudet (tuleva/lähtevä). Taulukot. Viitattu 11.3.2019.

Lahtela S. 2018. Vesinäytetulokset, lähtevä vesi. Taulukko. Viitattu 5.4.2019

Lahtela S. 2018. Vesinäytetulokset, tuleva vesi. Taulukko. Viitattu 5.4.2019

Raviv, M., Wallach, R., Silber, A. & Bar-Tal A. 2002. Substrates and their analysis. Viitattu 29.4.2019. https://www.researchgate.net/publication/313419715_Substrates_and_their_analysis.

Siimekselä T. 2018. Koesuunnitelman tarvelaskelma. Taulukko. Viitattu 10.4.2019

Stenman T. 2018. Reduktiot vesinäytteistä. Taulukot 3-10. Viitattu 5.4.2018.

SV2 Typpikuormitus. 2014. Luonnontila.fi. Viitattu 9.4.2019.

<https://www.luonnontila.fi/fi/elinymparistot/sisavedet/sv2-sisavesien-typpikuormitus>.

Tannins: fascinating but sometimes dangerous molecules. 2019. Cornell University. Viitattu 27.4.2019.

<http://poisonousplants.ansci.cornell.edu/toxicagents/tannin.html>.

Turunen J. 2018. Lietteestä. Sähköpostiviesti 12.11.2018. Vastaanottaja T.Stenmann. Viitattu 24.4.2019.

Vartiainen M. 2016. Teollisen kompostointiprosessin kypsyysasteen määrittämismenetelmien vertailu. Opinnäytetyö, AMK. Savonia-ammattikorkeakoulu, tekniikan ja liikenteen ala. p. 10. Viitattu 24.4.2019.

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/116217/vartiainen_minna.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

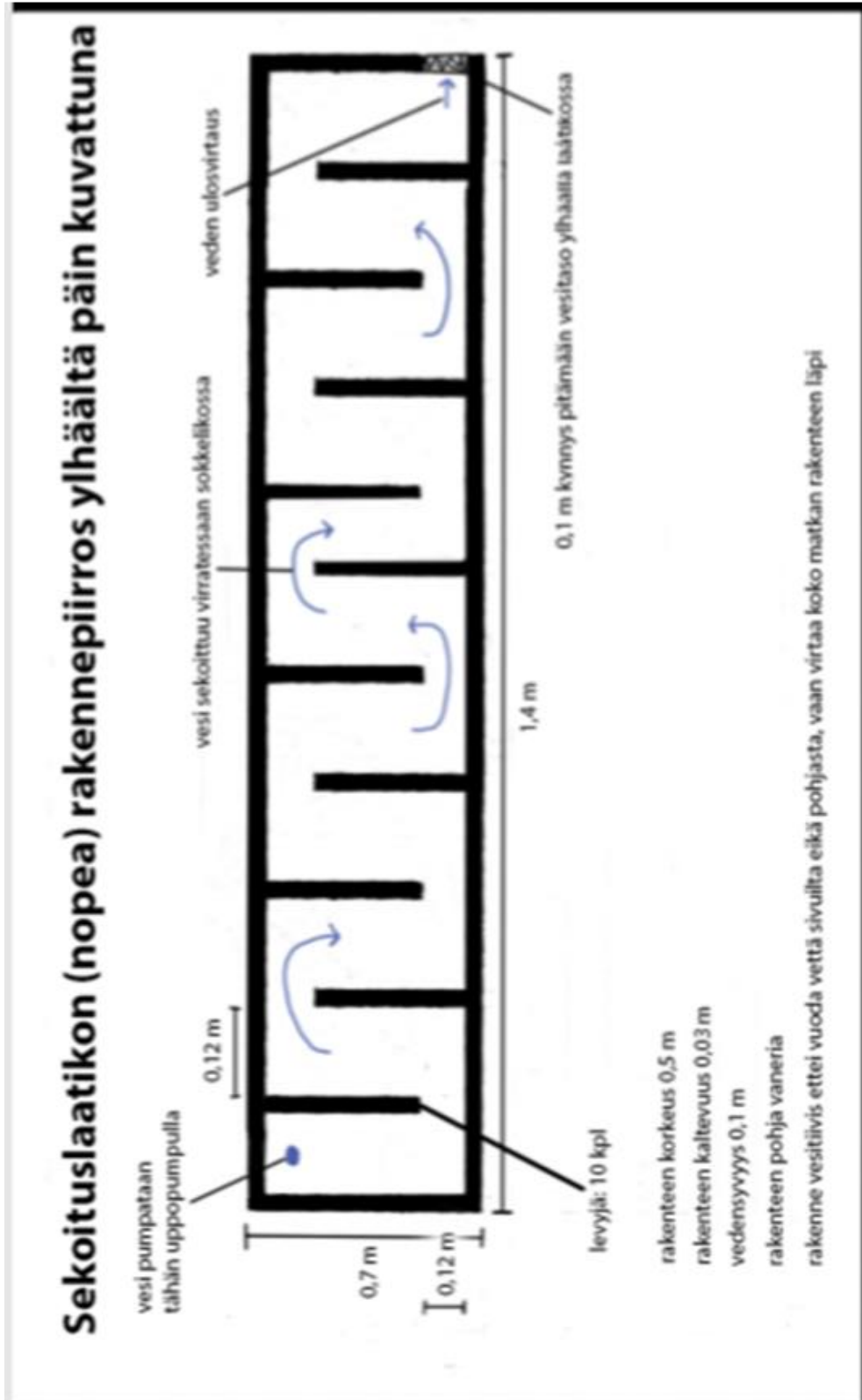
Wallach, R. 2008. Physical characteristics of soilless media. Teoksessa Soilless Culture: Theory and Practice. Toim. M. Raviv & J. H. Lieth. Elsevier. Viitattu 29.4.2019

Özacar M & Şengil A. 2003. Evaluation of tannin biopolymer as a coagulant aid for coagulation of colloidal particles. Viitattu 27.4.2019.

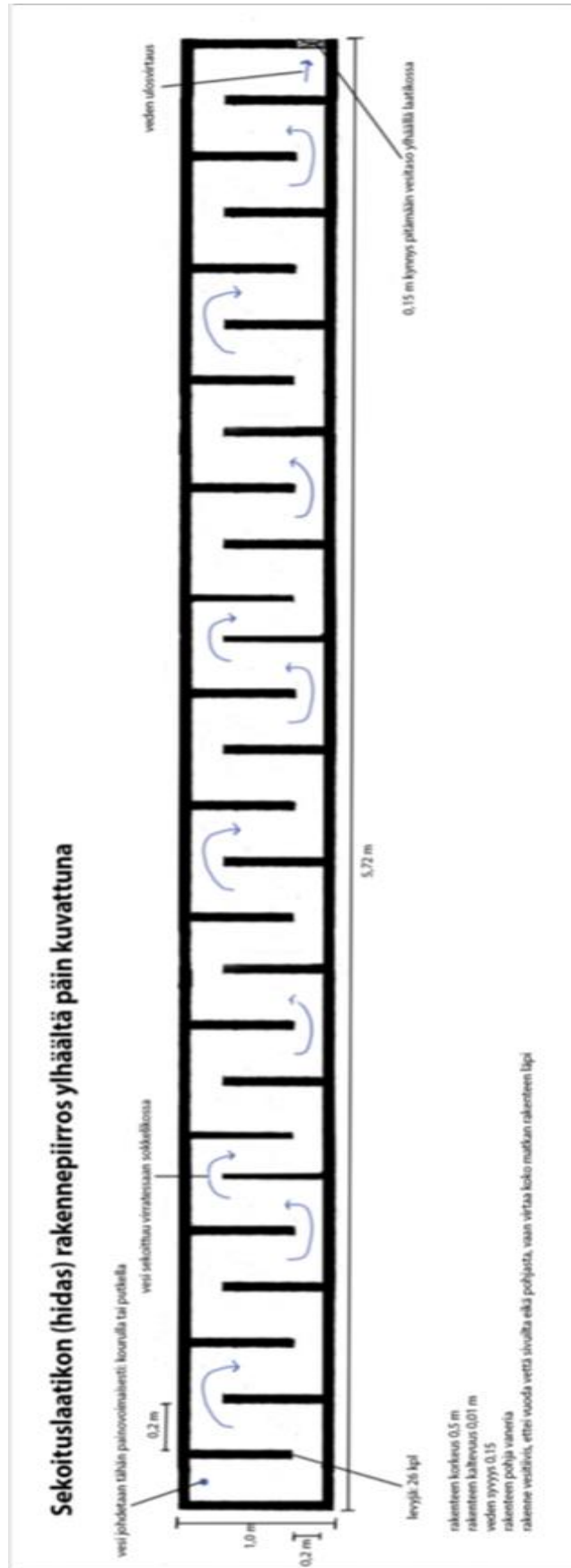
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092777570300462X>.

Liitteet

Liite 1. Tutkimusaseman sekoituslaatikko (Nopea) (Lahtela 2018)



Liite 2. Tutkimusaseman sekoituslaatikko (Hidas) (Lahtela 2018)



Liite 3. Koeajot tutkimusasemalla 27.8-11.9.2018 (Lahtela 2018)

Päivämäärä	Alkaväli	Koeajon tarkoitus	Huomioita	Vesinäytteet	Virtaama (uoppopumppu l/sek)	Virtaama (letkupumppu ml/min)	nopean sekoituksen viipymä (sek)	hitaan sekoituksen viipymä (sek)
27.8.2018	9:00-14:00	Haetaan optimi polymeerin syöttöpitoisuutta: 2-10 ml/l. 10 min syöttö/pitoisuus. Sameus mitattiin heti ja 10 min lasketuksien jälkeen. Paras oli 6 ml/l. Huom. Kt. Erillinen excel.			0,65	78-390	45	210
28.8.2018	8:49-15:00	Ajetaan päivän mittainen ajo parhaalla (6ml/l) polymeeripitoisuudella (1% seos) 6 ml/l = 4,68 ml/s(uoppopumpun virtaaman mukaan) = 281 ml/min	Letkupumppu kalibrointiin ja uoppopumppu virtaama mitattiin. Allas noin puolivälissä, kun testi aloitettiin. Edellisen päivän flokkia näkyi pinnalla ja vedessä. Flockin rikkoutuminen purkessa riski. Laskeutusaltaan lähtövedessä edelleen flokkia. Hidas sekoitus pitää olla hidas, jotta tulee isoa flokkia. Allas kirkastui nopeasti kokeiden päättymisen jälkeen.	Alkuväinäytteet otettiin ennen testejä: settipato ja laskeutusallas. Loppuväinäytteet otettiin settipadosta ja altaan lähtöpäästä.	0,78	281	45 ei mitattu	210. Ei mitattu. Padotusta välillä säädetty ajon aikana
29.8.2018	8:20-15:35	Toistetaan edellisen päivän ajo luotettavuuden saavuttamiseksi. Aamulla näyte kirkkaasta altaasta (lähtöpäästä). Letkupumppu kalibrointiin.	Allas vajaa n.50cm aloitettaessa. Hitaan sekoituksen jälkeen poistoputki helposti telee ilmataskun joka välillä aukkaa- tämä tuo virtaamapiikkejä altaaseen joka nostattaa flokkia.	Loppuväinäytteet laskeutusaltaan lähtöpäästä ja settipadosta.	0,78 ei mitattu	281	45 ei mitattu	210. Ei mitattu. Padotusta välillä säädetty ajon aikana
30.8.2018	8:57-15:10	Toistetaan edellisten päivien ajo: muutosena 3% liuoksella ajo (pitoisuus kuitenkin 6 ml/l) ja padotus poistettu jotta flokit menisi rikkoutumatta altaaseen tai oikeastaan muodostuisi vasta altaassa. Letkupumppu kalibrointiin. 6 ml/l = 1,56 ml/s(uoppopumpun virtaaman mukaan) = 94 ml/min.	Allas vähän vajaa aloitettaessa. Purken päät siirretty syvälle altaaseen ajon aikana. Vettä astoi jonkin aikaa kokeiden aikana. Silmämääräisesti pöndistutulos näytti parhaalta tähän mennessä.	Vesinäytteet otettu ennen aloitusta: settipato ja laskeutusalla. Loppuväinäytteet: settipato ja laskeutusallas. Seuraavana aamuna otettiin laskeutusaltaasta näyte.	0,78 ei mitattu	94 (3% liuos)	45 ei mitattu	Ei mitattu. (alle 200...)
11.9.2018	9:05-16:00	Toistetaan edellinen ajo.	Letkupumppu kalibrointiin. Automaattinen vedenlaadun mittari on asennettu altaaseen. Allas täytetty edellisenä päivänä mutta vähän vajantunut. Vettä satanut välillä (reippaamminkin). Laskeutusaltan mittarin syyvyyttä muutettu ja painelimapuhdistus laskettu 6 bar---4 bar jotta ei pölläyttyisi ilmaan flokkia. PIKKI klo.13 (scan 1) polistettava (paineimapuhdistuksesta todennäköisesti johtuva) Vesinäyteotto on riski nostattamaan pöllä näytteeseen. Laskeutusaltan mittaria laskettu alemmas klo 16 jälkeen jotta pysyisi vedessä, veden laskiessa. Purkuputkia pitäisi miettiä miten saisi virtausnopeudet alas ja järjkeväksi tulon altaalle.	Aamunäytteet klo.9 settipato ja laskeutusallas. Iltapäivänäytteet klo.16.	0,78 ei mitattu. Vaikuttaa vähän suuremmalta?	94 (3% liuos)	45 ei mitattu	Ei mitattu. (alle 200...)

Liite 4. Koeajot tutkimusasemalla 12.9-11.10.2018 (Lahtela 2018)

Päivämäärä	Alkaväli	Koeajon tarkoitus	Huomiota	Vesinäytteet	Virtaama (uoppumpu) l/sek	Virtaama (letkupumpu) ml/min	nopean sekoituksen viipymä (sek)	hitaan sekoituksen viipymä (sek)
12.9.2018	8:35-15:00	Toistetaan edellinen ajo.	Letkupumpu kalibroitu. Purkuputkia säädetty nyt valuu hyvin. Alias vähän vajaa aloitettaessa. Uppopumpua laskettu alemmas, jotta on kokonaan vedessä (jäähdytyksen takia). Viipymät mitattu laakioista. Letkupumpu virtaama mitattu tarkasti. Vettä sataa. Laskeutuslaitaan mittaria laskettu alemmas klo 15 jälkeen jotta pysyisi vedessä. Veden laskeusta lähtee flokkia, pitäisiiko virtaamaa pienentää?	Ei aamunäytteitä. Iltapäivänäytteet otettu klo.15 settipadosta ja laskeutusaltaasta. HUOM: settipatovesinäyte anturi heilahti, saattoi pientä huppua tuoda veteen.	0,77	92 (3% liuos)	30	180
13.9.2018	8:22-16:31	Toistetaan edellinen ajo.	Letkupumpu kalibroitu. Alias vähän vajaa aloitettaessa. Klo.14:10 huoltokatkio pumppauluksessa (vaihto isompaan polymeeristaan) Anturi laskettu klo.16:40 viikonlopuksi alas altaassa.	Ei aamunäytteitä. Ei iltapäivänäytteitä.	0,77 ei mitattu	92 (3% liuos)	30 ei mitattu	180 ei mitattu
17.9.2018-19.9.2018	9:40 ja 12:40	24H ajot alkua. Kesto kumies biopolymeeriloppuu.	17.9: Vettä sataa. Letkupumpu kalibroitiin. Laskeutuslaitaan mittari ollut pysähdyksissä, käynnistetty uudelleen-> toimii klo.10 alkaen. Laskeutusallas aloitettaessa savisameaa, rannkasheet huuhonnet savaa veteen. Alias puollisti tyhjä. Scan-anturien puhd 10:05. Anturia laskettu ylempäs klo.17:30. 18.9: Purkuputkia siirretty vähän ylempäs, jotta virtaisi tasaisemmin keskielle. Vettä ei sataa. 19.9: anturi laskettu alemmas klo.12:45.	Aamunäytteet otettu klo.9:30. 18.9: Aamunäytteet settipadosta ja laskeutusaltaasta klo.8. Iltapäivänäytteet klo.16 settipadosta ja laskeutusaltaasta	0,77 ei mitattu	92 (3% liuos)	30 ei mitattu	180 ei mitattu
2.10.2018-5.10.2018	16:30 ja 13:46	24H ajot alkua.	Letkupumpu kalibroitiin. Alias hyvin tyhjä. SCAN 2 sameusmittaus ei toimi. Altaan mittari on huomattavan alhaalla: sameuspiikki VAARA (erityisesti paineilmaohuidustuksen yhteydessä) 3:10: anturi ylempäs 8:40 4:10: sameusmittaus toimii. POSTA piikki scan 2 klo.10(poistettu), anturi oli irti loggerista. 5:10 Vettä sataa. Kokeiden päätyttyä anturi laskettu alas viikonloppua varten.	3:10 klo.9 näytteet settipato ja alias. 4:10: klo.15 vesinäytteet settipato ja laskeutusallas. 5:10: vesinäytteet klo.8 settipato ja laskeutusallas.	0,77 ei mitattu	92 (3% liuos)	30 ei mitattu	180 ei mitattu
8.10.2018-11.10.2018	13:40 ja 15:40	24H ajot alkua.	HUOMI: "Ei virallista ajoa" ennen kokeita (jättä sulatetu jine). Anturi alhaalla aloituksessa, koska vesi altaassa alhaalla. Letkupumpu kalibroitiin. Uppopumpun virtaama mitattiin. Scan puhd 15:05	8:10 klo. 15 vain settipato. 9:10: klo.8:00 näytteet molemmista	0,76	91 (3% liuos)	30 ei mitattu	180 ei mitattu

Liite 5. Vesinäytetulokset, tuleva vesi (Lahtela 2018)

Tuleva vesi																						
pvm	klo	pH	sameus	kiintoaine (mg/l)	TOC (mg/l)	DOC (mg/l)	Nkok (mg/l)	NCO3N (mg/l)	NH4-N (mg/l)	Pkok (µg/l)	POAP (µg/l)											
28.8.2018	8	6,7	4,73	1,2	3,2	2,2	19,1	18,4	18,75	18,2	18,6	18,4	1,02	1,35	1,185	0,546	141	131	136	76	73	74,5
28.8.2018	15	6,7	9,36	9,2	9,5	9,4	19,6	19,9	19,75	18,6	18,5	18,55	1,23	1,26	1,245		157	155	156	87	68	77,5
29.8.2018	8																					
29.8.2018	15	6,6	7,85	5,75	6,5	6,1	20	20,3	20,15	19	18,6	18,8	1,52	1,66	1,59		200	206	203	105	106	105,5
30.8.2018	8	6,3	4,42	3,5	2,75	3,1	19,7	20,5	20,1	20	19,2	19,6	1,31	1,21	1,26		113	123	118	50	47	48,5
30.8.2018	15	6,8	8,2	13,5	10,3	11,9	19,8	19,7	19,75	18,4	18,1	18,25	1,32	1,46	1,39		157	153	155	60	64	62
31.8.2018	8																					
11.9.2018	9	6,9	6,61	3,5	4,25	3,9	17,7	17,6	17,65	18,3	18,4	18,35	1,27	0,969	1,12	0,538	288	342	315	227	224	225,5
11.9.2018	16	7,1	10,9	6	5,33	5,7	25,6	25,7	25,65	24,7	23,3	24	1,19	1,17	1,18	0,5285	154	157	155,5	192	116	116
17.9.2018	9:30	7,2	5,89	2	2,33	2,2	21,8	21,7	21,75	21,3	21,3	21,3	1,1	1,14	1,12	0,482	154	136	145	162	159	160,5
18.9.2018	8	7,1	7,21	4	3,33	3,7	22,7	22,7	22,7	22,6	22,7	22,65	0,993	1,08	1,04	0,5005	98	100	99	42	45	43,5
18.9.2018	16	7	7,54	5,7	5,00	5,3	23,1	23,3	23,2	22	22,6	22,3	1,31		1,31	0,4795	103	109	106	44	45	44,5
3.10.2018	9	7,0	2,73	2,67	4	3,3	20,4	20,6	20,5	20	20	20	1,35	1,34	1,345	0,397	85	82	83,5	13	11	12
4.10.2018	15	7,0	5,6	2,67	4,3	3,5	20,7	20,7	20,7	15,5	15,4	15,45	1,4	1,45	1,425	0,408	52	44	48	25	28	26,5
5.10.2018	8	6,9	4,73	2	2	2	19,9	20,3	20,1	19,6	19,7	19,65	1,31	1,24	1,275	0,4235	106	99	102,5	52	48	50
8.10.2018	15	6,9	3,97	2	1,67	1,83	20,4	20	20,2	19,5	19,8	19,65	1,39	1,22	1,305	0,3995	89	80	84,5	23	22	22,5
9.10.2018	8	6,972	3,64	0,67	1,67	1,17	19,6	20	19,8	19,7	19,6	19,65	1,38	1,45	1,415	0,3915	190	200	195	133	135	134
						0		0	0			0			0				0			0

Liite 6. Vesinäytetulokset, lähtevä vesi (Lahtela 2018)

Lähtevä vesi (Biopolymeerikäsitteyn jälkeen)																	
pH	sameus	kloroaine (mg/l)	TOC (mg/l)	DOC (mg/l)	Niok (mg/l)	NO3N (mg/l)	NH4-N (mg/l)	Plnok (µg/l)	POAP (µg/l)								
6,979	6,77	10,7	20,2	21,2	20,7	17,9	18	17,95	1,84	1,94	1,89	171	176	173,5	73	66	69,5
6,7	5,27	14,6	20,6	20,3	20,45	15,2	14,8	15	2,63	2,75	2,69	73	80	76,5	36	39	37,5 määritysraja 50 µg/l
6,7	1,95	4,7	3,8	4,2	16,1	15,6	15,85	14,7	14,65	2,75	2,78	46	44	45	14	10	12 määritysraja 50 µg/l
6,4	2,77	6,7	5,75	6,3	17,4	16,7	17,05	14,3	14,2	3,01	2,96	57	87	72	43	47	45 määritysraja 50 µg/l
6,4	1,86	4,0	4	4	15,5	15,3	15,4	14,8	14,4	2,72	2,85	44	44	44	6	7	6,5 määritysraja 50 µg/l
6,7	2,08	5,8	5,25	5,5	16,1	15,9	16	13,9	13,9	2,65	2,7	45	38	41,5	6	11	8,5 määritysraja 50 µg/l
6,7	1,85	2,5	2,75	2,6	14,6	14,4	14,5	13,9	13,6	2,55	2,64	32	29	30,5	0	5	2,5 määritysraja 50 µg/l
7,1	8,21	10,3	7,7	9,0	19,1	19,3	19,2	17,8	17,6	1,73	1,93	339	351	345	241	236	238,5
7,1	2,34	3,3	3,3	3,3	20,8	20,5	20,65	19	19,2	2,48	2,45	104	108	106	90	85	87,5
7,2	14,4	12,3	11,7	12	18,1	18,2	18,15	17	16,8	2,64	2,5	84	81	82,5	133	128	130,5
6,9	2,2	3,7	3,7	3,7	19,4	19,6	19,5	17,3	17,4	2,85	2,825	17	11	14	14	15	14,5
6,8	2,25	4,7	5,3	5	19,4	19,6	19,5	16,9	16,8		3,1	19	18	18,5	14	17	15,5
6,86	1,35	8	9	8,5	19,4	19,4	19,4	14,8	15,1	3,02	3,03	38	30	34	19	21	20
6,833	3,65	8	8	8	19,9	19,7	19,8	15,5	15,4	2,96	2,96	17	18	17,5	27	24	25,5
6,753	1,73	8,67	9,33	9	19,6	19,5	19,55	15	14,7	2,75	2,85	113	104	108,5	91	93	92
				0			0				0			0			0
6,771	4,62	8,33	11,00	9,67	20,7	20,4	20,55	15,9	15,4	3,31	3,2	34	33	33,5	28	29	28,5

Liite 7. Reduktiot vesinäytteistä (Lahtela 2018)

	pvm	pH	sameus	kiintoaine (mg/l)	TOC (mg/l)	DOC (mg/l)	NHok (mg/l)	Phok (µg/l)	POAP (µg/l)
1. Koeajo, 6 ml/l	28.8.2018	0%	25%	-150%	-6%	19%	-121%	48%	51%
	29.8.2018	4%	68%	19%	15%	24%	-109%	60%	51%
	30.8.2018	-2%	67%	27%	20%	27%	-102%	70%	85%
	11.9.2018	-1%	73%	30%	5%	10%	-114%	55%	49%
	18.9.2018	4%	68%	-16%	14%	23%	-156%	86%	82%
	3-4.10.2018	2%	12%	-134%	4%	13%	-114%	73%	-32%
	4-5.10.2018	2%	48%	-209%	4%	14%	-113%	16%	-54%
	8-9.10.2018	3%	-21%	-544%	-3%	20%	-139%	76%	64%
	Keskiaarvo	1%	42%	-122%	6%	19%	-121%	61%	37%

Liite 8. Koesuunnitelma tarvelaskelmat (Siimekselä 2018)

Kasviryhmä	Läjä	kasvualusta		Siemementarve/ruukku	Siemementarve yht.	kasvualustantarve (l)		
1	vehmä	turve(kontrolli)	turve+liete (Tervaala) 1:1	turve+liete (Ruukki) 1:1		turve (kalkittu)	liete (Tervaala)	liete (Ruukki)
2	kiinankaali							
3	krassi							
jollaisesta kolme rinnakkaisista:								
1	vehmä	3	3	3	50	3	0,75	0,75
2	kiinankaali	3	3	3	10	3	0,75	0,75
3	krassi	3	3	3	100	3	0,75	0,75
	yht. kpl	9	9	9		9	2,25	2,25
Ruukkuoe tehdään VTT:n Kompostin kypsymisestä menetelmäohjeet - julkaisun ohjeiden mukaan, 5.1. Fytoroksisuus/kasvitesti.								
https://www.vtt.fi/infr/pdf/tiedotteet/2006/T2351.pdf								

Liite 9. Työohje: Vesiliukoisten fosforien uutaminen kasvualustasta 1/2 (Jämsén 2018)

jamk.fi
Biotalousinstituutti

1(2)

9.11.2018 MJ

TYÖOHJE: VESILIUKOISTEN FOSFORIEN UUTTAMINEN KASVUALUSTASTA

Periaate:

Kuivattu näyte uutetaan veteen, jonka lämpötila on $22\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$, uutossuhteessa (V) 1 + 5. Vesiliukoinen fosfori määritetään spektrofotometrillä (Hach Lange). Menetelmä perustuu standardimenetelmään SFS-EN 13652:2002.

Soveltuvuus:

Tämä menetelmä soveltuu kuivattujen kiinteiden maanparannusaineiden tai kasvualustojen vesiliukoisten fosforeiden uutamiseen.

Kemikaalit

- Vesi, H₂O (ultra pure)

ÄLÄ KÄYTÄ SÄILIÖSSÄ OLEVAA TISLATTUA VETTÄ ANALYYSIVETENÄ

Laitteet ja välineet:

- Kuulamyly (kuulien koko valitaan näytteen mukaan)
- Analyysivaaka, lukematarkkuus vähintään 10 mg
- Lasinen dekantterilasi (1000 ml)
- Folio tai muovikelmu
- Ravistelija tai joku muu sekoituslaite
- Suodatinpaperi (selluloosapohjainen, tuhkaton, huokoskoko 8 µm)
- Büchnersuppilo, imupullo ja woulfin pullo.

Välineet tulee olla hyvin puhdistettuja. Pölyisiä, likaisia ja kuluneita astioita ei saa käyttää.

Näytteen esikäsittely:

Kuivattu näyte jauhetaan alle 500 µm:n partikkelikokoon kuulamylyllä (SFS-EN 13040 kohta 9).

Jauhettu näyte säilytetään ilmatiiviissä ja vedenkestävässä astiassa tai pussissa asianmukaisin merkinnöin.

Liite 10. Työohje: Vesiliukoisten fosforien uutaminen kasvualustasta 2/2 (Jämsén 2018)

jamk.fi
Eläntaloustieteiden instituutti

2(2)

9.11.2018 MJ

Työn suoritus:

Punnitse kuivattua näytettä uuttoastiaan 60 ml:n tilavuutta vastaava määrä analyysivaivalla. Ota punnitustulos ylös. Lisää 300 ml (22 °C ± 3 °C) UltraPure-vettä ja tee foliosta tai muovikelmusta astialle kansi. Säädä UltraPure-veden lämpötila tarvittaessa kohdilleen lämmittämällä näyteseosta. Laita ravistelijaan tunniksi (1 h). Ravistele rauhallisesti, jottei näytteen rakenne vahingoittuisi. Imusuodata liuos lopuksi suodatinpaperin läpi. Käytä Woulfin pulloa välttääksesi hanaveden joutumista uutteesen. Ota suodatettu uute imupullostas talteen säilöpulloon, suodatinpaperin voi heittää roskiin. Muista riittävät näytemerkinnät.

Määritä fosfaattipitoisuus mielellään heti suodatuksen jälkeen. Suodatettu uute on stabiili kolmen päivän ajan ilmatiiviisti suljetussa polyeteenipullossa, jos se säilytetään jääkaapissa. Uutetta voidaan säilyttää pidempiä aikoja pakastimessa noin -18 °C:n lämpötilassa.

Uutetusta liuksesta määritetään liukoinen fosfori (PO₄³⁻). Määritys toteutetaan Hach Lange-spektrofotometrin ohjeiden mukaisesti fosfaattikyvetillä. Määritetään vähintään kaksi rinnakkaista näytettä. Saadut mittaustulokset (mg/l) otetaan ylös.

Huom. Jos fosfaattia on näytteessä enemmän kuin mittaamiseen käytetyn kyvetien määrittäysraja, on uutettua näytettä laimennettava tunnetulla tilavuudella ja tehtävä spektrofotometrimääritykset uudelleen.

Tulosten laskeminen ja ilmoittaminen:

Mittaustulokset (mg/l) lasketaan näytteelle huomioiden analyysikosteus ja näytteen lähtöpaino.

Liite 11. Analyysitulokset: Biopolymeeriliete Tarvaala ja Oulu (Lahtela 2018)

Määre	Yksikkö	Näytetulos Tarvaala			Tarvaala Labrojen	Näytetulos Oulu	Oulu/Tarvaala	Raja-arvot lannoitteille	
		Viljavuuspalvelu (liete)	Labtium (jauhe)	Keskiarvo	väläinen ero	Eurofins ahma (liete)	näytteiden ero	Maatalous	Metsätalouden tuhkalannoitteet
					Eroavaisuus %		Eroavaisuus %		
Kok.P	mg/kg ka	1900	1700	1800	11%	830	54%		
Vesiliuk.P	mg/kg ka	15				15	0%		
Kok.N	mg/kg ka	59900				22600	62%		
Vesiliuk.N	mg/kg ka	900				300	67%		
Kalsium (Ca)	mg/kg ka		5400						
Kalium (K)	mg/kg ka	1200	5400	3300	-350%	1810	45%		
Magnesium (Mg)	mg/kg ka	1400	2000	1700	-43%	2730	-61%		
Ariseeni (As)	mg/kg ka	5,5	4,4	4,95	20%	5,2	-5%	25	40
Kadmium (Cd)	mg/kg ka	0,11	0,25	0,18	-127%	0,3	-67%	1,5	25
Kromi (Cr)	mg/kg ka	14	16	15	-14%	78	-420%	300	300
Kupari (Cu)	mg/kg ka	18	16	17	11%	120	-606%	600	700
Elohopea (Hg)	mg/kg ka	0,13	0,02	0,075	85%	0,067	11%	1	1
Nikkeli (Ni)	mg/kg ka	7,4	7,6	7,5	-3%	51	-580%	100	150
Lyijy (Pb)	mg/kg ka	5,1	9,5	7,3	-86%	3,4	53%	100	150
Sinkki (Zn)	mg/kg ka	62	96	79	-55%	52	34%	1500	4500
Mangaani (Mn)	mg/kg ka	220	300	260	-36%	220	15%		
Natrium (Na)	mg/kg ka	450	4000	2225	-789%	1040	53%		
Rikki (S)	mg/kg ka	4400	4200	4300	5%	6450	-50%		
Rauta (Fe)	mg/kg ka	23000	24800	23900	-8%	14300	40%		
Boori (B)	mg/kg ka	33				28	15%		
Vanadiini (V)	mg/kg ka		21						
Titaani (Ti)	mg/kg ka		550						
Tallium (Tl)	mg/kg ka		0,5						
Strontium (Sr)	mg/kg ka		53						
Tina (Sn)	mg/kg ka		0,99						
Antimoni (Sb)	mg/kg ka		0,5						
Seleen (Se)	mg/kg ka		2,9						
Molybdeeni (Mo)	mg/kg ka		3,4						
Koboltti (Co)	mg/kg ka		2,9						
Barium (Ba)	mg/kg ka		175						
Pii (Si)	mg/kg ka		4100						
Alumiini (Al)	mg/kg ka		23200						
Hili *	%		44,8						
Vety (H)	%		3,9						
Typpi (N)	%		3,83						
pH		6,3				6,3	0%		
Johtokyky	mS/m	5,2				12	-131%		
kuiva-aine	%	1,1%				1,7%	-55%		
kosteus	%	98,9%				98,3%	1%		
hehkuhäviö	% ka	83,5%				55,4%	34%		
tuhka	% ka	16,5%				44,6%	-170%		
tilavuuspaino	kg/m ³	1000				1000	0%		

Liite 12. Kasvitestien tulokset

Näyte	Kasvi	Taimien lukumäärä (Kylvetty KR 100, RR 50 ja KK 10)	itaivvyys%	ka. itäivvyys %	Tuorepaino [g] /Kuivapaino [g]	Kosteus (g)	Kasvuindeksi (A-A, B-B, C-C)	Kasvuindeksi kuivapainojen keskiarvosta	HUOM!
Näyte									
Kasvi									
1A	Kiinankaali	10	100 %		6,6631	0,3812	6,2819		
1B	Kiinankaali	10	100 %	100 %	6,7989	0,3976	6,4013		
1C	Kiinankaali	10	100 %		6,3854	0,368	6,0174		
2A	Kiinankaali	10	100 %		4,8557	0,2704	4,5853	70,93 %	
2B	Kiinankaali	10	100 %	100 %	5,9647	0,3393	5,6254	85,34 %	
2C	Kiinankaali	10	100 %		6,1627	0,3647	5,798	99,10 %	
3A	Kiinankaali	8	80 %		3,8566	0,2238	3,6328	58,71 %	itäivvyys% alle 90%
3B	Kiinankaali	11	110 %	93 %	7,3135	0,4225	6,891	106,26 %	Siemeniä 11 kpl!
3C	Kiinankaali	9	90 %		4,7032	0,2789	4,4243	75,79 %	
1A	Krassi	96	96 %		12,085	0,7107	11,3748		
1B	Krassi	98	98 %	97 %	13,403	0,8828	12,5202		
1C	Krassi	96	96 %		13,4181	0,8168	12,6013		
2A	Krassi	94	94 %		10,9938	0,6155	10,3783	86,60 %	
2B	Krassi	97	97 %	95 %	12,3904	0,6836	11,7068	77,44 %	84 %
2C	Krassi	95	95 %		10,9484	0,734	10,2144	89,86 %	
3A	Krassi	97	97 %		11,9067	0,6423	11,2644	90,38 %	
3B	Krassi	97	97 %	97 %	13,2774	0,7673	12,5101	86,92 %	84 %
3C	Krassi	98	98 %		10,4658	0,6168	9,849	75,51 %	
1A	Raeruohto	40	80 %		2,5517	0,1844	2,3673		itäivvyys% alle 90%
1B	Raeruohto	44	88 %	86 %	3,8484	0,2833	3,5651		itäivvyys% alle 90%
1C	Raeruohto	45	90 %		3,5241	0,2564	3,2677		
2A	Raeruohto	48	96 %		3,5126	0,2588	3,2538	140,35 %	
2B	Raeruohto	46	92 %	95 %	3,8291	0,2971	3,532	104,87 %	127 %
2C	Raeruohto	48	96 %		4,6826	0,3651	4,3175	142,39 %	
3A	Raeruohto	47	94 %		3,7791	0,294	3,4851	159,44 %	
3B	Raeruohto	44	88 %	87 %	3,2305	0,252	2,9785	88,95 %	itäivvyys% alle 90%
3C	Raeruohto	40	80 %		3,4546	0,2736	3,181	106,71 %	itäivvyys% alle 90%