



TARTU ÜLIKOOL



ROHEVETIKA *ULVA INTESTINALIS* KASVATAMISE TEHNOLOOGIA KATSETAMINE MAHUTITES MERE- JA MAGEVEES

**Euroopa Merendus- ja Kalandusfondi (EMKF) rakenduskava 2014-2020
meede 2.1 “Vesiviljeluse innovatsioonitoetus”**

Lõpparuanne
(projekti viitenumber 821020790009)

Toetuse saaja: Tartu Ülikool (Eesti Mereinstituut)
Aruande koostajad: Georg Martin, Jack Royd Hall, Liina Pajusalu, Anni Joamets

Detsember 2022



Sisukord/Contents

Sisukord/Contents.....	2
Annotatsioon.....	3
Summary	4
Sissejuhatus/Introduction	5
Inkubeeritava liigi füsioloogiast: Rohevetika <i>Ulva intestinalis</i> süsiniku omastamine	8
Rohevetika <i>Ulva intestinalis</i> toitainete omastamine	9
Ekspirimendi meetodika/Experimental methods	10
Ekspirimendis kasutatud vetikamaterjal.....	10
Ekspimentaalkompleksi kirjeldus.....	14
Ekspimentaalkomplekside puhul kasutatud seadmed koos energia tarbimise kirjeldusega: ..	18
Ekspirimendi tulemused/Results of the experiment	20
Ulva biomassi väärimise võimalused/Possibilities of the valuation of the Ulva biomass.....	54
Projekti tulemuste kokkuvõte ja tuleviku uuringuvajadused/Summary of the project results and future research needs	61
Kasutatud kirjandus/Used literature.....	62
Lisa.....	65



Annotatsioon

Käesoleva projekti eesmärk oli välja töötada tingimused roheliste makrovetikate *Ulva intestinalis* efektiivseks kasvatamiseks. See liik on osutunud heaks potentsiaalseks sihtliigiks madala troofilisusega vesiviljeluses Läänemere tingimustes. Järgides olemasolevat märkimisväärset huvi sellist vesiviljelust arendada, on ilmselge vajadus heade juhiste ja kasutusvalmis tehnoloogia järele.

Katsetasime kahel välihooajal ja talveperioodil Saaremaal kahes kohas *Ulva intestinalis*'e kasvatamiseks erinevaid seadistusi. Kaks komplekti katseseadmeid ehitati Kesknõmmel ja Pihtlas (Saaremaa) asuvasse kalakasvatustevõtetusse. Eksperimentaalne seadistus koosnes kolmest mageveepaagist ja 12 inkubatsioonipaagist. Vetikamaterjali kasvatamise võimaluste testimiseks nii mage- kui ka merevees valiti kaks erinevat kasvukohta.

Testitud keskkonnaparameetrid hõlmasid järgmist:

- Soolsus (testiti kolme erinevat soolsuse tingimust)
- Toitainete lisandid (erinevad lisatud kogused väetist)
- Kunstliku valgustuse võimalused (valgustusseadmete erinevad kombinatsioonid)

Haudematerjali koguti kahes kohas Saaremaa põhjarannikul. Materjali uuriti mikroskoobi all, et määrata morfoloogilised parameetrid, mis vastavad sihtliigile (*Ulva intestinalis* L.).

Katsete tulemused viisid järgmiste järeldusteni:

- Suurim kultiveerimisel saavutatud stabiilne kasvumäär oli ca. 20% biomassi kasv nädalas. See vastab varasematele kirjandusandmetele.
- Kasvatamiseks sobiv soolsus peaks vastama rannikeskkonna soolsusele (kultiveerimismaterjali päritolu). Meie puhul oli see 6-7 PSU. Saaremaal põhjavee baasil toodetud tehismerevesi sobib suuremahuliseks inkubeerimiseks paremini, kuna nii minimeeritakse kultiveerimismahutite saastumine teiste organismidega.
- Toitainete lisamine stimuleerib *Ulva* kasvu, kuid lisamist tuleks teha pigem mõõdukates kogustes sagedamini (igapäevaselt või kord nädalas, olenevalt kultiveeritud *Ulva* tihedusest).
- *Ulva* materjali on võimalik ületalve hoida varjatud tingimustes ilma lisakütteta. *Ulva* biomassi optimaalne tootlikkus tekkis madalal temperatuuril.

Ulva biomassi kasutamise teostatavusuuring soovitab seda kasutada inimtoiduks (kõige kuluefektiivsem lähenemine). Kultiveeritud materjal oli toksiinidevaba ja heade toiteväärtuse parameetritega. Olemasolev turg Euroopas ja Aasias koos turu arendamise võimalusega ka Põhja-Euroopas peaks äratama huvi kohaliku tootmise vastu.



Summary

The aim of the current project was to develop conditions for effective cultivation of green macroalgae *Ulva intestinalis*. This species has been proved to be a good potential target species for low trophic aquaculture in the conditions of the Baltic Sea. Following the existing considerable interest to develop this kind of aquaculture need for good guidance and ready to use technology is obvious.

We tested different settings for cultivation of *Ulva intestinalis* at two locations on Saaremaa island during two field seasons and winter period. Two sets of experimental equipment were built at fishfarm facilities in Kesknõmme and Pihla (Saaremaa Island, Estonia). Experimental setup consisted of three tanks for fresh water and 12 incubation tanks for the experimental treatments. Two different sites were chosen to test possibilities of cultivation of algal material both in fresh- and marine water.

Tested environmental parameters included:

- Salinity (three different salinity conditions were tested)
- Nutrient additions (different amounts of added fertiliser)
- Artificial lighting options (different combinations of lighting devices)

Material for incubations was collected in two locations on the northern coast of Saaremaa island. Material was studied under microscope to determine morphological parameters to correspond to target species (*Ulva intestinalis* L.).

Results of the experiments led to following conclusions:

- Highest growth rate achieved in the cultivation setup was approx. 20% growth of biomass per week. This corresponds to earlier literature data.
- Suitable salinity for cultivation should correspond to the salinity of the coastal environment (origin of the cultivation material). In our case this was 6-7 PSU. Artificial seawater produced on the basis of groundwater in Saaremaa island is more suitable for the large scale incubation as this way the contamination of the cultivation tanks by other organisms is minimised.
- Adding the nutrients will stimulate the growth of *Ulva* but additions should be done in rather moderate quantities more frequently (on daily or weekly basis, depending on the density of the cultivated *Ulva*).
- *Ulva* material is possible to keep over winter in sheltered conditions without need for additional heating. Optimum productivity of *Ulva* biomass occurred in low temperature.

Feasibility study on the use of *Ulva* biomass recommend of use it for human consumption (most cost-effective approach). Cultivated material was free of toxins and had good nutritional value parameters. Existing market in Europe and Asia with possibility of market development also in Northern Europe should stimulate the interest in local production.

Sissejuhatus/Introduction

Euroopas on makrovetikate kasvatamine suhteliselt vähe levinud (Ferdouse et al., 2018), seda eriti Läänemere maades, kus neid tööstuslikult kasvatatakse ainult Saksamaal ja Taanis (Weinberger et al., 2020). Euroopas reklaamitakse vetikaid rahvale peamiselt kui midagi tervislikku, nt Taanis müüakse vetikaid peamiselt kuivatatult või muudes toitudes lisandina (Ferdouse et al., 2018).

Ulval on ka selles juba väikeses tööstuses omakorda väike osakaal. 2019. aastal kasvatati Ulva't olulisel määral ainult Lõuna-Aafrikas (2155 tonni). Euroopas Ulva perekonna liikmeid põhimõtteliselt arvestataval määral ei kasvatata, kuigi metsikut vetikat kogutakse ning müüakse, nii et turg on olemas. (FAO, 2021)

Seega kasvatatakse Ulva't maailmas suhteliselt vähe, kuigi tegu on kosmopoliitse liigiga, mida leidub arvukalt ka Läänemeres, millel on tööstuslikuks kasvatamiseks häid omadusi. Seetõttu uuritakse maailmas võimalusi selle kasvatamiseks. Omadused, mis ulva perekonna heaks tööstuse tooraineks muudavad, on selle suhteliselt kiire kasv, võime kasvada kinnitumata (Nikolaisen et al., 2011) ja kõrge toitainetesisaldus (Peña-Rodríguez et al., 2011). Ulva't müüakse toiduna ja toidulisandina. Näites Marques et al. (2021) uuringus hinnati Portugalis kasvatatud makrovetikatest valmistatud pulbrisegusid, mis sisaldasid ka Ulva liike, ning leidsid, et segud olid hea toiteväärtusega ning sisaldasid palju valke ja vähe lipiide. Teised uuringud on rõhutanud Ulva antioksüdantset aktiivsust (Ak & Türker, 2019; Kazir et al., 2019) ning võimalikku põletikuvastast toimet ja läbi selle kasutust meditsiinis (Kazir et al., 2019). Moreira et al. (2021) leidsid, et Ulva sisalduses bioaktiivseid lipiide ning Kazir et al. (2019) tõid veel välja Ulva kõrge asendamatute aminohapete sisalduse. Lisaks on leitud, et Ulva võib olla hea tärgliseallikas (Kazir et al., 2021; Prabhu et al., 2019)

Lisaks inimtoidule kasutatakse ja uuritakse uusi võimalusi kasutada Ulva liike loomasöödana. Sellega toidetakse merikõrvasid (Bolton et al., 2009) ning häid tulemusi on saadud katsetes merisiilikute (M. Cyrus et al., 2015; M. D. Cyrus et al., 2015; Masasa et al., 2021a) ja krevettidega (Qiu et al., 2018a). Samuti on uuritud võimalust kasutada ulva ekstrakte ka suuremate loomade nagu sigade ja vasikate söödas (Samarasinghe et al., 2021).

Selleks, et teha kindlaks Ulva kasvatamiseks sobivaimad tingimused, on ka mujal maailmas läbi viidud katseid ja saadud omi tulemusi. Ulvat on kasvatatud nii fotobioreaktorites (Traugott et al., 2020) kui tünnides (Figueroa et al., 2009; Msuya & Neori, 2008; Shpigel et al., 1999). Palju on katsetes kasutatud looduslikku voolavat merevett (Figueroa et al., 2009; Neori et al., 2020; Shpigel et al., 1999), kuid kasutatatud on ka kunstlikku merevett (Traugott et al., 2020). Nagu selles katses, on uuritud tähtsamate toitainete (lämmastik ja fosfor) hulga mõju Ulva kasvule. Näiteks Agarawal et al (2020) väitsid oma katse tulemuste järgi, et optimaalne lämmastiku kontsentratsioon biomassi kasvuks oleks vahemikus 3,4 – 17,5 mg/l, Neori et al (2020) katses saadi proovitud tingimustest parim saak lämmastiku kontsentratsioonil 15 g/m².

Kasvatajaid huvitab, kui kiiresti Ulva vetikas saab tehistingimustes kasvada. Suhteliselt sarnaselt püstitatud katsetes on suuremateks kasvukiirusteks saadud 156,3 ± 21,2 (Bruhn et al., 2011), 179 (Zertuche-González et al., 2021), 164 ± g/m² päevas FW (Shpigel et al., 1999), 283 g/m² päevas märgkaalu (fresh weight) (Msuya & Neori, 2010).



Lisaks on toiduainetööstuse jaoks oluline, kuidas kasvutingimused mõjutavad Ulva toitainetesisaldust. Traugott et al (2020) järgi tõusis suurema väetise kontsentratsiooni (võrreldi 6,02 mg/l korra nädalas ja 0,81 mg/l korra nädalas) juures vetikate kasvukiirus ja valgusisaldus, kuid langes tärglisesisaldus. Shpigel et al (1999) katses leiti, et madalama N (võrreldi 0,5 g/m² päevas ja 10 g/m² päevas) kontsentratsiooni juures kasvab biomass kiiremini, kuid sisaldas vähem valke ja energiat. Nielsen et al (2012) leidis oma katses, et Ulva kasvatamiseks optimaalne ammooniumi kontsentratsioon on 25 µM, kuna kõrgema sisalduse juures peatus kasvukiiruse tõus ning kudede N, P, valkude ja aminohapete sisaldus langes. Prabhu et al (2019) jõudsid oma katses järeldusele, et toitainetepuudus suurendab tärglisesisaldust.

Võrreldes Aasia maadega on kultiveeritud suurvetikate biomassi kasutamine toorainena Euroopas innovatiivne ja suure kasvupotentsiaaliga valdkond (PEGASUS, 2019). Siiani on väga vähe ettevõtteid, kes kasutavad Läänemeres kasvavatest suurvetikatest saadud toorainet. Teadaolevalt ei ole hetkel veel mitte ühtegi ettevõtet, kes kasutaks toorainena Läänemeres kasvava niitja kiirekasvulise rohevetika *U. intestinalis* biomassi. Niisamuti puudub Eestis hetkel oskusteave rohevetika toorainena kasutamise kohta, samal ajal on aga olemas pikaajalised kogemused punavetikate *Furcellaria lumbricalis* kasutamisel (agariku püüdmise ja geelistuvate ainete tootmine). Ent näiteks Iisraelis, Lõuna-Koreas, Hiinas, Vietnami ja Lõuna-Aafrika Vabariigis kasutatakse rohevetikast saadud toorainet laialdaselt ning nende pikaajalisi kogemusi ja teadmisi oleks võimalik kindlasti ka Eesti tingimustes ära kasutada, mis võimaldaks avada täiesti uusi äri võimalusi. Rohevetika Ulva biomass võib-olla tooraineks paljudele väga erinevatele toodetele (PEGASUS, 2019). Tulenevalt teema aktuaalsusest tehakse pidevalt uusi teadusuuringuid ning rohevetika biomassi kasutusvõimalused laienevad. Siiani on peamiselt rohevetika biomassi kasutatud:

- väetiseks
- loomasöödaks
- biokütuse tooraineks (biodiisel, biogaas, bioetanol),
- inimese toiduks (nt. merevetika snäkid, pulbrid, salatid, supid)

Praegusel hetkel ei ole Eestis kasutusel toimivat suurvetikakasvatuse tehnoloogiat. Vesiviljeluse sektori mitmekesistamiseks oleks toimiv vetikakasvatus kindlasti väga heaks näitajaks. Mujal maailmas, ka Euroopas, on trend selles suunas olemas ja toimivaid vetikakasvatusi on nii Saksamaal, Hollandis kui ka Taanis. Näiteid toimivatest Ulva kasvatustest ja sellel põhinevast tootmisahelast võib leida näiteks Iisraelist ja Kanadast (<https://www.seakura.co.il/en/>).

Projekti eesmärgiks oli katsetada juba mujal maailmas kasutuses olevat tehniliselt üsna lihtsat tehnoloogiat, mis võimaldaks kontrollitud tingimustes (mahutides) kasvatada rohevetikat *Ulva intestinalis*. See konkreetne liik on juba paljudes riikides kasutusel vesiviljeluse objektina ja temast saadaval biomassil on olemas ka erinevad rakendused (alates bio kütusest/bio etanooli tootmisest kuni inimese toidulisanditeni välja).

Projekti täitmisest võtsid osa järgmised Eesti mereinstituudi töötajad ja Tartu Ülikooli üliõpilased:

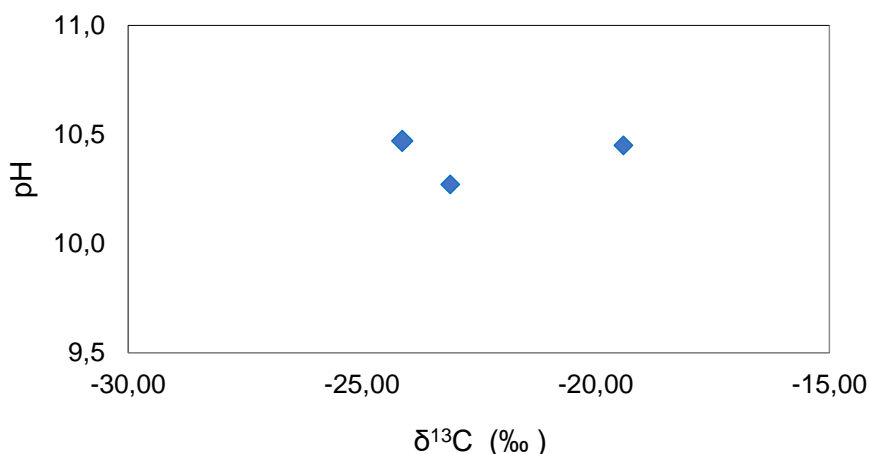


Nimi, ametikoht	Tööloik
Georg Martin, merebioloogia professor	Projekti juhtimine, välitööd, eksperimendi läbiviimine
Jekaterina Jefimova, keemialabori juhataja	Vee keemiliste analüüside teostamine
Jack Royd Hall, nooremteadur	Eksperimentide läbiviimine
Liina Pajusalu, merebioloogia kaasprofessor	Aruandlus, andmeanalüüs, laboritööd
Teemar Püss, koordinaator	Välitööd
Martin Teeveer, koordinaator	Eksperimentaalkompleksi ehitus, käitamine
Kristina Tiivel, projektijuht	Aruandlus
Kaire Torn, merebioloogia kaasprofessor	Andmeanalüüs
Keili Saava, laborant	Välitööd
Anni Joamtes, üliõpilane	Välitööd, kirjanduse ülevaade
Annely Enke	Välitööd

Inkubeeritava liigi füsioloogiast: Rohevetika *Ulva intestinalis* süsiniku omastamine

Suurvetikate süsiniku omastamise strateegiate kindlaks tegemine annab meile olulist teavet uute ja perspektiivsete liikide kasvatamise tehnoloogiate väljaarendamise jaoks. Suurvetikate hulgas on kolme erinevat tüüpi süsiniku vormide kasutajat: ainult HCO_3^- (bikarbonaat) kasutajad, ainult CO_2 kasutajad ja vetikad, kes kasutavad mõlemat vormi HCO_3^- ja CO_2 fotosünteesi käigus. Teaduskirjandusest on teada, et enamikul suurvetikatel on olemas süsiniku kontsentreerimise mehhanism (CO_2 concentrating mechanism (CCM)) ning nad kasutavad fotosünteesi käigus süsinikuallikana peamiselt HCO_3^- (Koch et al. 2013), mille osakaal moodustub umbes 90% merevees lahustunud anorgaanilisest süsinikust (Raven et al. 2005). Bikarbonaatide aktiivne omastamine kasutades CCM-i on aga energiakulukas ning vetikad eelistavad võimalusel kasutada vees lahustunud CO_2 fotosünteesi käigus, mis pääseb rakku ka energiat kulutamata – difusiooni teel (Raven et al. 2014).

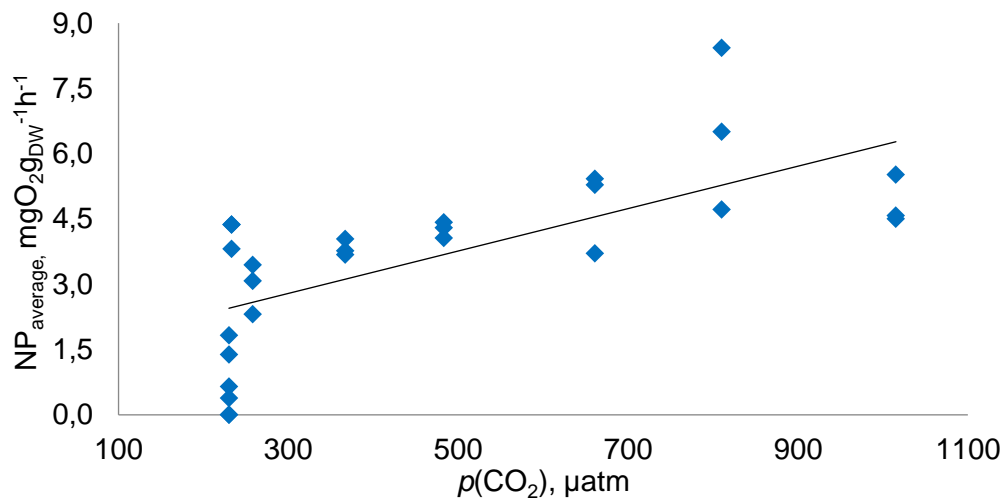
Süsiniku isotoobi ($\delta^{13}\text{C}$) väärtuste ja pH kompensatsiooni punktide mõõtmised näitavad (joonis 1), et niitjal rohevetikal *U. intestinalis* on olemas süsiniku kontsentreerimise mehhanism ja võime kasutada fotosünteesi käigus mõlemat süsiniku vormi: HCO_3^- ja CO_2 . Uuritud rohevetika kõrge pH kompensatsiooni punkt ($\text{pH } 10.40 \pm 0.06$ ($\pm \text{S.E.}$, $n=3$)) näitab, et vetikal on võime fotosünteesi käigus tõhusalt kasutada HCO_3^- kasvukohas, kus on kõrge pH ja madal CO_2 sisaldus.



Joonis. 1. Rohevetika *Ulva intestinalis* pH kompensatsiooni punktid ja süsiniku isotoobi ($\delta^{13}\text{C}$) väärtused.

Samas on meie varasemad lühiajalised välikatsed näidanud, et CO_2 sisalduse tõus merevees soodustab *U. intestinalis* fotosünteesilist aktiivsust ja seeläbi ka tema kasvukiirust (Pajusalu et al.

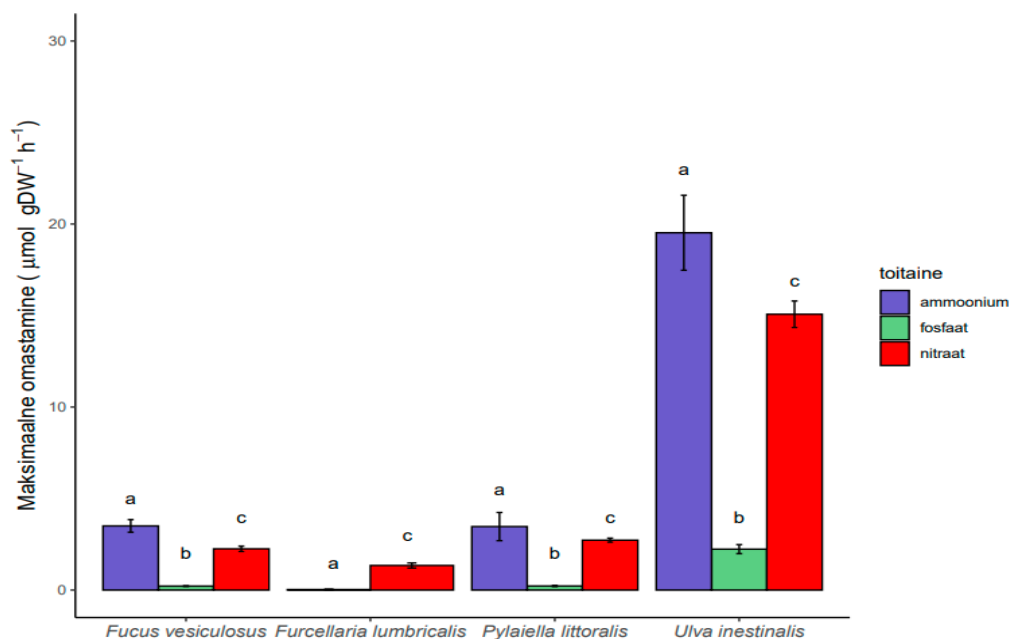
2013, joonis 2). See tähendab, et *U. intestinalis* võib maha reguleerida energiakuluka HCO_3^- kasutamise juhul kui vees on piisavalt CO_2 saadaval (madalam CCM aktiivsus kõrgete CO_2 kontsentratsioonide juures). Seega, kultiveerimiskatsetes on soovitatav kasvukeskkonna rikastamine CO_2 -ga, mille läbi saab suurendada kiirekasvulise rohevetika *U. intestinalis* biomassi juurdekasvu.



Joonis. 2. Rohevetika *Ulva intestinalis* neto-primaarproduktiooni väärtused erinevatel $p\text{CO}_2$ tasemetel.

Rohevetika *Ulva intestinalis* toitainete omastamine

Suurvetikad vajavad kasvuperioodil oma kasvu tagamiseks erinevaid toitaineid (lämmastiku- ja fosforiühendid), mida nad omastavad elutegevuse käigus mereveest (Wallentinus, 1984). Meie varasem uuring on näidnud, et kõige enam eelistab rohevetikas *U. intestinalis* toitainetest kasutada ammooniumit siis nitraate ja fosfaate (joonis 3; Pajusalu, 2020). Võrreldes Eesti rannikumeres laialt levinud suurvetikatega (*P. littoralis*, *F. vesiculosus* ja *F. lumbricalis*) on rohevetikal (*U. intestinalis*) märkimisväärselt kõrgem toitainete omastamise võime oma kasvukeskkonnast (joonis 3). Näiteks on niitjal rohevetikal maksimaalne ammooniumi ja nitraatide omastamise võime umbes viis korda kõrgem võrreldes niitja kiirekasvulise pruunvetikaga (*P. littoralis*). Samuti on nimetatud rohevetikal oluliselt kõrgem toitainete omastamise võime kui seda on looduslikud toitainete kontsentratsioonid merevees vetikate aktiivsel kasvuperioodil (Rannikumere seire andmed, 2020). Seega toitainetega (nt *ammooniumnitraadiga* (NH_4NO_3)) kasvukeskkonna rikastamine tõstab märkimisväärselt kiirekasvulise rohevetika *U. intestinalis* biomassi juurdekasvu. Toitainete lisamise mõju ulatus sõltub koosmõjust teiste keskkonnateguritega, peamiselt süsiniku ja valguse kättesaadavusest ning vee temperatuurist.



Joonis 3. Ammooniumi, nitraadi ning fosfaadi maksimaalne omastamise võime suurvetikaliikide *Fucus vesiculosus*, *Furcellaria lumbricalis*, *Pylaiella littoralis* ja *Ulva intestinalis* poolt. Erinevad väikesed tähed viitavad statistiliselt olulistele erinevustele ($p < 0.05$) (Pajusalu, 2020).

Ekspirimendi meetodika/Experimental methods

Ekspirimendis kasutatud vetikamaterjal.

Käesolevas uuringus kasutati inkubeeritavaks liigiks rohevetikat *Ulva intestinalis* L.

Tegemist on väga lihtsa ehitusega ja väga laialt levikud rohevetikaliigiga, mis asustab kõva substraati vahetult veepiiril. Liik on algselt pärit merelisest keskkonnast, kuid saab väga hästi hakkama ka madala soolsuse juures. Tänapäeval asustab see liik kõiki meresid ja on leitav kõikides ookeanides. Liiki esineb praktiliselt aasta läbi, rohkem esineb teda kevadisel ja hilissuvisel perioodil. Taim kasvab n-ö. lõpmatult kuni tema tallus laguneb lainetuse mõjul. Võib kasvada ka vabalt hõljuvalt, ei vaja kinnitumist substraadile. Liik on väga kiire kasvuga, eelistab toitaineterikast vett. Liiki kasutatakse inimtoiduks väga laialdaselt mujal maailmas. Oma kiire kasvu tõttu kasutatakse seda liiki ka mujal vesiviljeluses ja samuti on näiteid, kus seda liiki kasutatakse reovee puhastamisel.

Inkubaatorites kasutatav vetikamaterjal koguti Saaremaa rannikumerest kahest piirkonnast – Kesknõmme kalakasvatuse lagunenuid basseinidest ning Saaremaa sadama akvaatoriumist. Selleks, et olla kindel, et on tegemist just selle liigiga teostati ka materjali mikroskoopiline analüüs (Fotod 1-7).

Mikroskopeerimisel veenduti, et vetikatalluse kuju, rakkude paigutus ja talluse morfoloogia vastab *U. intestinalis* kirjeldustele.

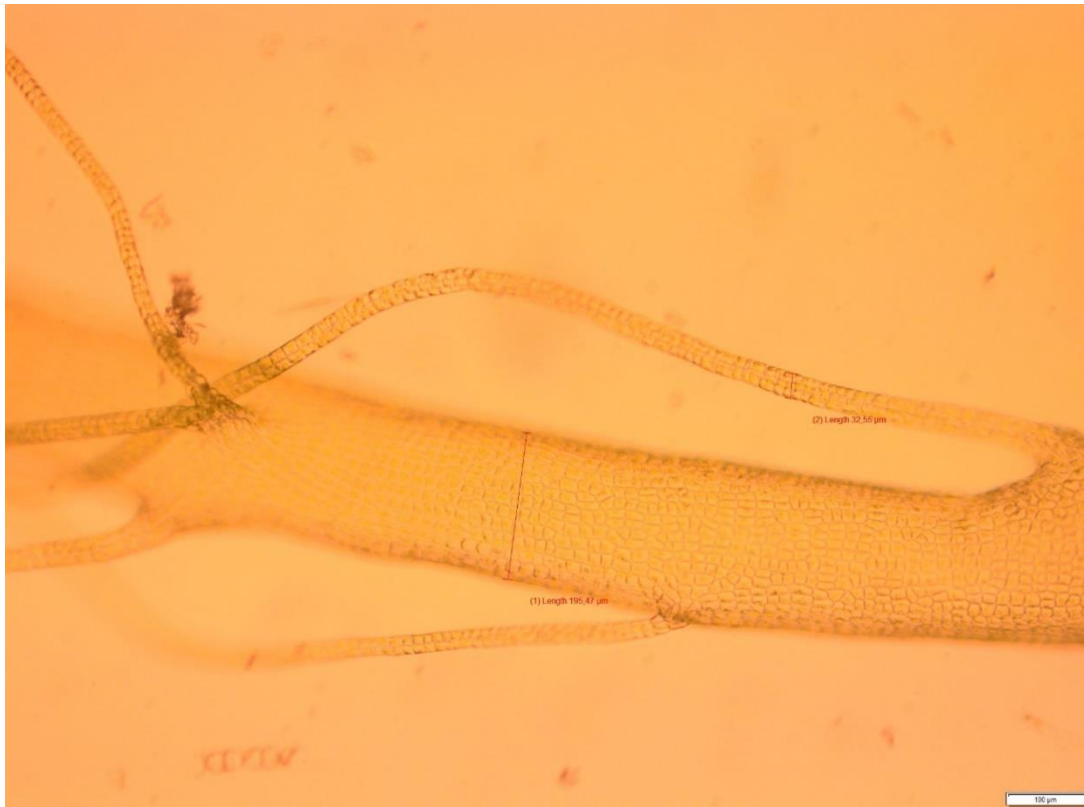


Foto 1. Eksperimendis kasutatud vetikamaterjal. Suurendus 100X

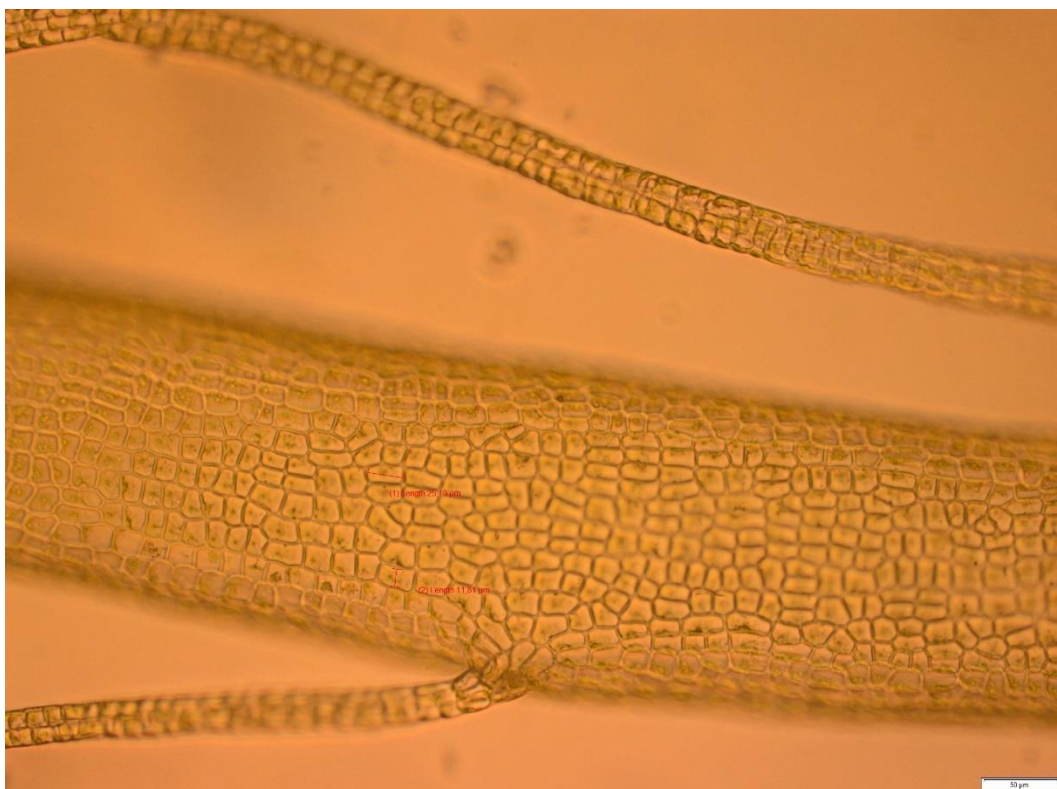


Foto 2. Eksperimendis kasutatud vetikamaterjal. Suurendus 100X

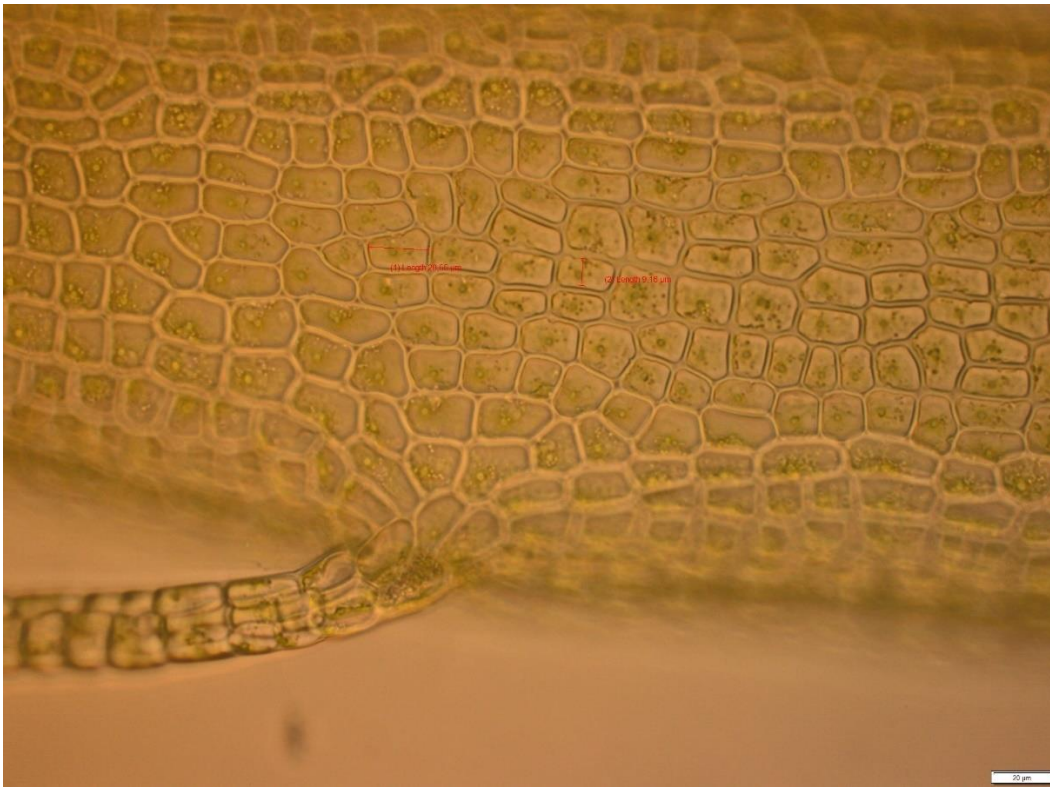


Foto 3. Eksperimendis kasutatud vetikamaterjal. Suurendus 400X.

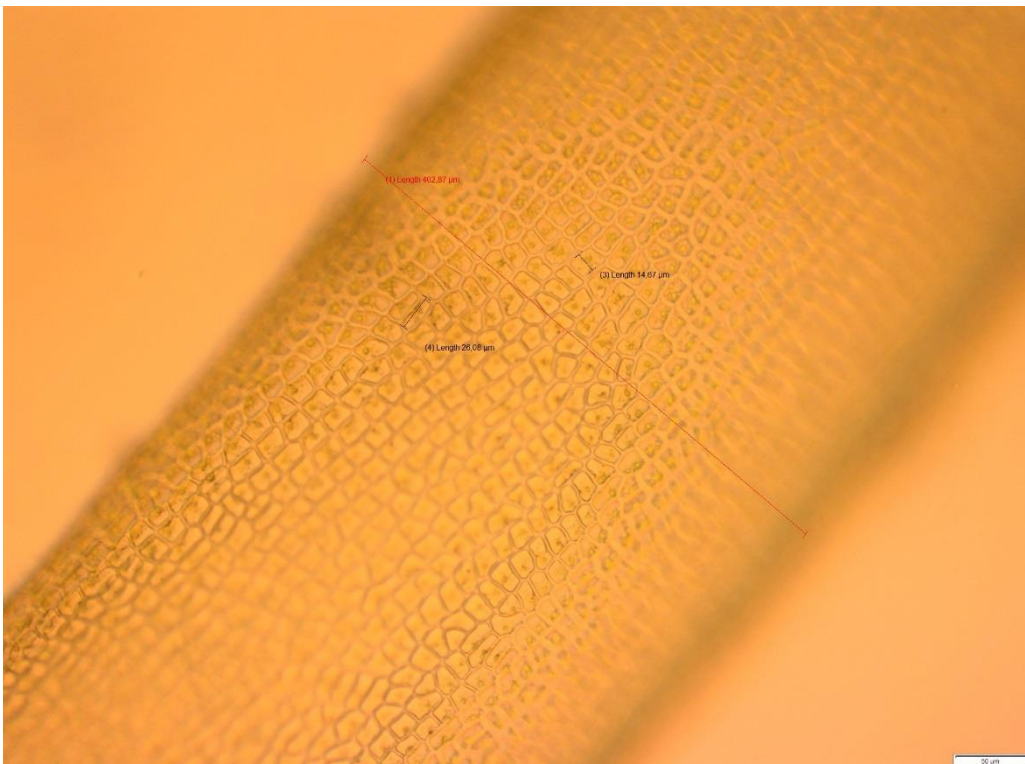


Foto 4. Eksperimendis kasutatud vetikamaterjal.

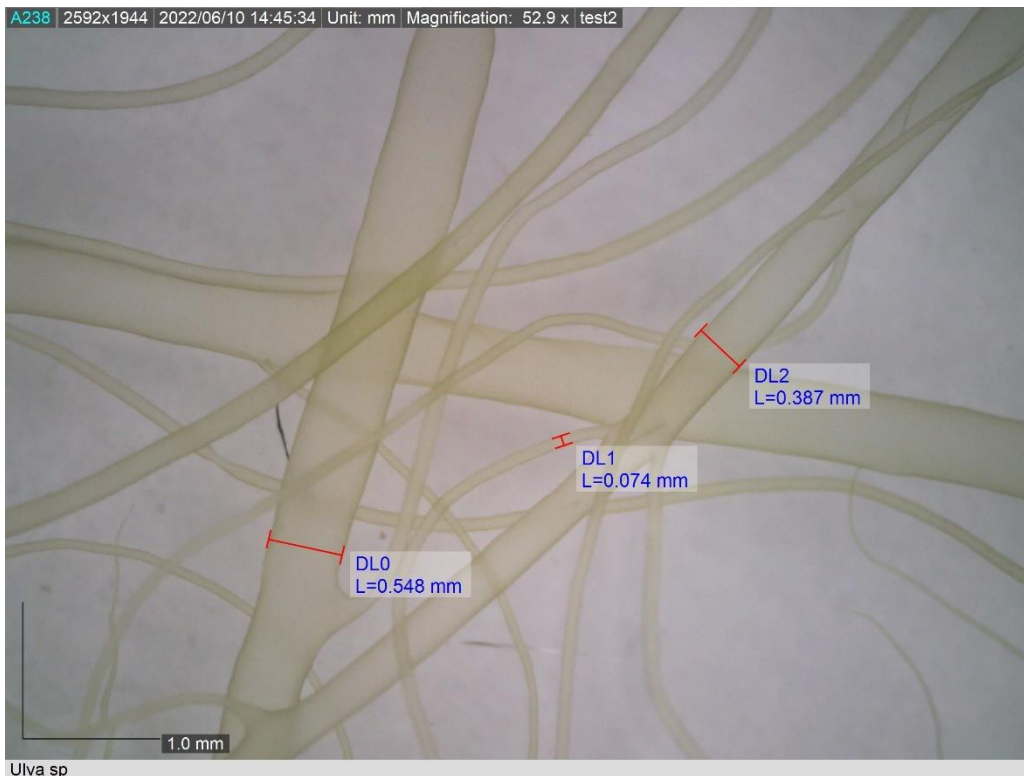


Foto 5. Eksperimendis kasutatud vetikamaterjal.



Foto 6. Eksperimendis kasutatud vetikamaterjal.

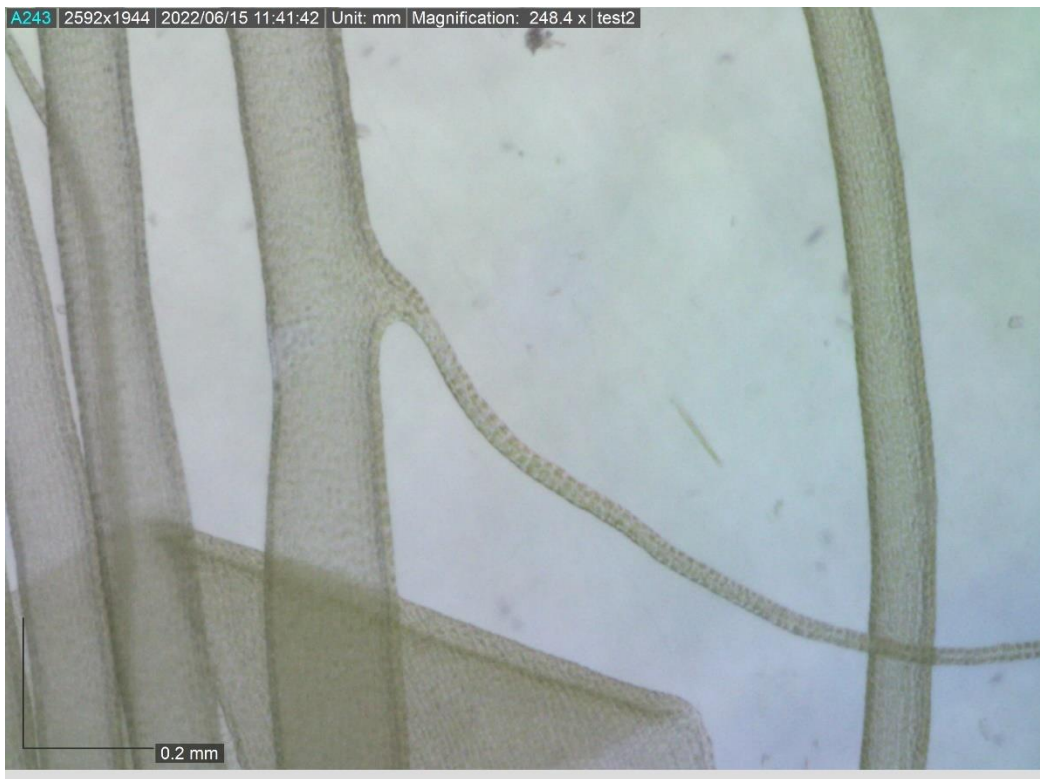


Foto 7. Eksperimendis kasutatud vetikamaterjal.

Eksperimentaalkompleksi kirjeldus.

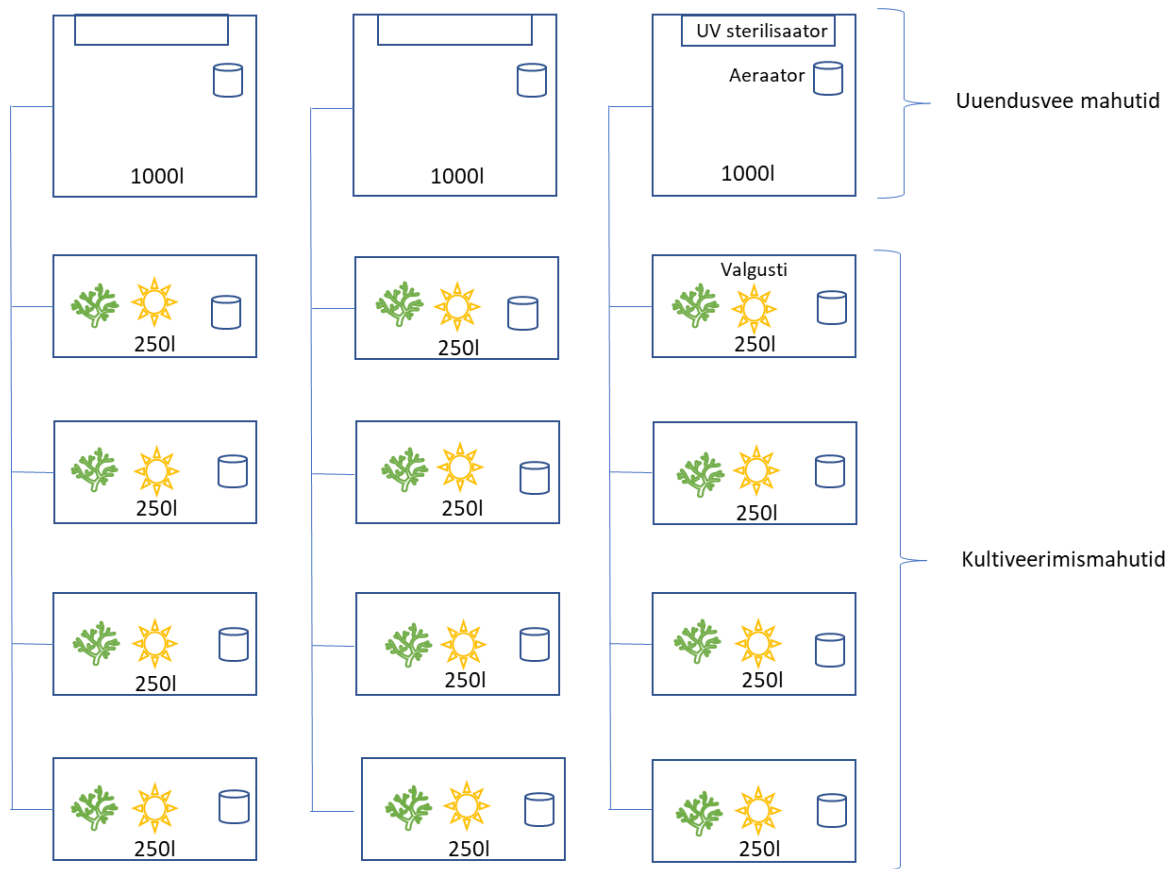
Püstitatud uurimisülesannete kirjeldamiseks ehitati kaks eksperimentaalkompleksi:

- Kesknõmme kalakasvatuse angaari projektipartneri Ösel Aquafarms OÜ territooriumil (eesmärgiga kasvatada *U. intestinalis* kasutades merevett)
- Pihtla kalakasvatuse angaari projektipartneri Ösel Harvest OÜ territooriumil (eesmärgiga katsetada *U. intestinalise* kasvatamist kasutades magevett)

Mõlemas asukohas oli eksperimentaalkompleks püstitatud sama skeemi järgi (Joonis 4.).

Eksperimentaalkompleks koosnes uuendusvee mahutitest (3 tk) mahtuvusega 1000 l mis olid varustatud vee UV sterilisaatoriga ja aereerimispumbaga. Nendes mahutites hoiti vett enne inkubatsioonimahutitesse suunamist.

Mõlemas kompleksis kasutati 12 inkubatsioonimahutit. Iga mahuti oli varustatud valgustite (erinevad valgustid erinevate katsete ajal) ja aereerimisseadmega. Inkubatsioonimahutites kasutatava vee hulk oli 250 l. Nii oli võimalik veevahetuse ajal jagada uuendusvee mahutites olev vesi korraga kõikide inkubatsioonimahutite (kultiveerimismahutite) vahel. Kultiveerimismahutites vee vahetamise intervall varieerus (7-14 päeva).



Joonis. 4. Eksperimentaalse vetikakasvatuse skeem.

Temperatuuri mõõdeti nii inkubeerimisruumis kui ka mahutites sees nii biomassi mõõtmiste teostamise hetkel kui ka püsianduritega.

Vahetusvesi hoiti mahutites minimaalselt ööpäev enne inkubeerimismahutitesse suunamist. Vahetusvett steriliseeriti ja aereeriti enne kultiveerimismahutitesse suunamist.

Põhiliseks juurdekasvu kiiruse määramise parameetriks oli vetikabiomassi määramine. Selleks koguti igast hinnatavast mahutist kogu vetikamass ja lasti sellel mõni minut nõrguda läbi peene võrgu. Seejärel kaaluti kogu vetikamass ja paigutati tagasi mahutisse.

Lisatoitainete lisamine toimus erinevate katsete puhul erineva reshiimi järgi. Tavaliselt lisati toitained inkubeerimisveele pärast biomassi mõõtmist.



Foto. 8. Eksperiment Kesknõmmes.



Foto. 9. Eksperiment Pihla kalakasvatuses.



Foto. 10. Uuendusvee UV sterilisaator ja aeraatori jaotusjuhtmed Pihla eksperimendis.



Foto. 11. Vetikamassi kaalumine Kesknõmme eksperimendis 20.05.2021.

Eksperimentaalkomplekside puhul kasutatud seadmed koos energia tarbimise kirjeldusega:

Uuendusvee mahutid (3tk).



Tiigipump Neptune NPT-1000 - Nominaalvõimsusega 10 W ja vooluhulgaga 1000l/h, töös 24/7; 3 tk katsekoha kohta st. 30W (tunnis); kokku 720W ööpäevas



UV-sterilisaator LuxStyle - Nominaalvõimsus 25W, töös 24/7; 3 tk katsekoha kohta e. 75W (tunnis); kokku 1800W ööpäevas

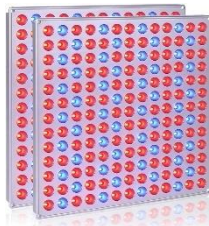


Aeraator Hailea SC436 - Nominaalvõimsus 18W, õhu vooluhulk 35l/min e. 2100l/h, töös 24/7; 3 tk katsekoha kohta e. 54W (tunnis); kokku 1296W ööpäevas

Kultiveerimismahutid (12 tk):



Luminofoorlamp Alter HC-ALF254M-T - Nominaalvõimsus 2x 54W, töös režiimis 8/16 või 10/14; ühes mahutis 2 lampi e. 4 x 54W e. 216W (tunnis); kokku 2160W ööpäevas tunni kohta ja 25 920W ööpäevas katsekoha kohta



LED lamp Roleadro 60101145-2 - Nominaalvõimsus 75W, töös režiimis 8/16 või 10/14; ühes tunnis 2 lampi e. 2 x 75W e. 150W (tunnis); kokku 1500W ööpäevas tunni kohta ja 18 000W ööpäevas katsekoha kohta

Luminofoorlampide puhul meie kasutuses Osram T5 54W luminofoorid, millest 1tk 840 määrgisega (82 lm/W e. 4450 lm ja 4000K e. neutraalne valge) ja 1tk määrgistusega 830 (82 lm/W e. 4450 lm ja 3000K e. soe valge). Kokku 4 pirni ja arvutuslikult 17800 lumenit mahuti kohta.

LED lampide puhul on kasutuses 169 LED elementi koguvõimsusega 45/75W (reaalne voolutarve pigem 30-40W lähedal). Näitajad: Sinine valgus 460-465nm 52 LED elementi ja punane valgus 620-740nm 117 LED elementi valgussuhtega 2.25:1.



Aeraator Minjiang PS950 - Nominaalvõimsus 10W, õhuhulk 1000l/h, töös 24/7; ühe tunni kohta 0,5 aeraatorit e. 5W (tunnis); kokku 120W ööpäevas tunni kohta ja 1440W ööpäevas katsekoha kohta



Kesknõmme kalakasvatuse puhul lisandus veepump GMP B1KQA/B, mille nominaalkulu on 0,37KW (370W) tunnis. Kuivõrd see töötas u.3-4 tundi nädalas, siis oli kulu ca. 1500W e. 1,5kW nädalas.

Katsetes kasutatud väetised ja muud kemikaalid

Katsetes kasutati inkubeerimisvee toitainete kontsentratsiooni reguleerimiseks erinevat liiki väetisi.



AZOFOSKA. Tegemist aianduses kasutatava mineraalväetisega, mis sisaldab võrdsetes kogustes lämmastikku ja fosforit.



EasyLife akvaariumiväetised. Akvaristikas laialt kasutatavad väetised. Mis võimaldavad tõsta eraldi kas lämmastiku või fosforiioonide kontsentratsiooni vees.

Meresool. Kasutati akvaristikas kasutatavat meresoola kunstliku merevee tegemiseks Pihltla katses.



Eksperimendi tulemused/Results of the experiment

Inkubeerimiseksperimendid viidi läbi kahes asukohas ja kokku 6 seerias. Igal eksperimendil oli oma eesmärk mille käigus manipuleeriti teatud vetikabiomassi kasvuks olulisi keskkonnaparameetreid. Inkubatsiooni algmaterjal saadi samuti erinevatest allikatest – kas mereveest või eelnevalt eelaklimatiseeritud vetikabiomassist. Allpool toome välja iga eraldi eksperimendi kirjelduse ja tulemuste lühitutvustuse.

Eksperiment: Kesknõmme 1

Asukoht: Kesknõmme kalakasvatuse angaar.

Eksperimendi eesmärk: Hinnata Ulva kasvu eri mineraalväetiste koguste lisamisel looduslikus merevees.

Eksperimendi läbiviimise aeg: 11.05.2021 – 22.06.2021

Vetikamaterjali päritolu: Kesknõmme kalakasvatuse basseinid.

Temperatuuritingimused: Tegemist on mitteköetava angaariga kus sisetemperatuur sõltub ilmastikutingimustest. Eksperimendi alguses oli inkubeerimismahutite vee temperatuur ligi 10 C, mis tõusis eksperimendi lõpuks kuni 22 C. Temperatuuri käik eksperimendi jooksul on ära toodud joonisel 5.

Soolsustingimused mahutites: Eksperimendi käigus muutus inkubeeritava vee soolsus eelkõige lisatud mineraalväetiste tõttu. On näha selge soolsuse erinevus kolme erineva toitainete lisamise režiimi vahel. Lisatud väetisekogus tõstis soolsust suurima koguse puhul 1 PSU võrra ja väiksema lisatud väetisekoguse puhul ligi 0,6 PSU. Graafikult on selgelt märgata väetise lisamise päev (27.05.2021). Joonis 6.

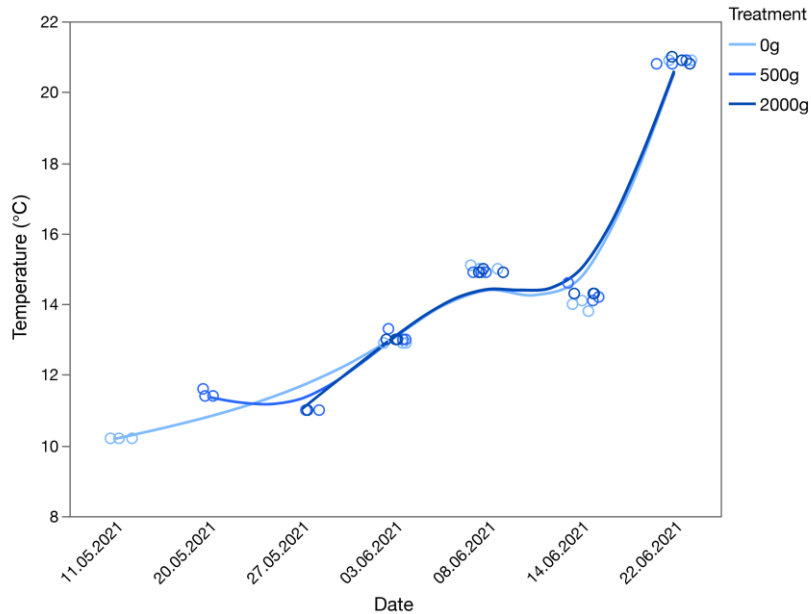
Valgustus: Kogu eksperimendi jooksul kasutati valgustuseks kolme Roleadro 60101145-2 valgustit iga inkubatsioonimahuti kohta režiimis 12h-12h.

Toitainete dünaamika: Enne väetise lisamist inkubatsiooniveele vastas toitainete kontsentratsioon merevee looduslikule tasemele ja oli suhteliselt stabiilne (Joonised 7-12). Väetiselahuse lisamine viis nii lämmastiku kui toitainete kontsentratsioonid mõlema lisatud väetisekoguse puhul äärmiselt kõrgeks (lisati vastavalt 500 g väetist/1000l merevee kohta ja 2000 g väetist 1000 l merevee kohta). Järgnevate mõõtmiste ajal olid lisatud mahutites kontsentratsioonid väga kõrged, märgatav üldlämmastiku kontsentratsiooni langus oli täheldatud viimase kolme mõõtmise ajal (Joonis 12.).

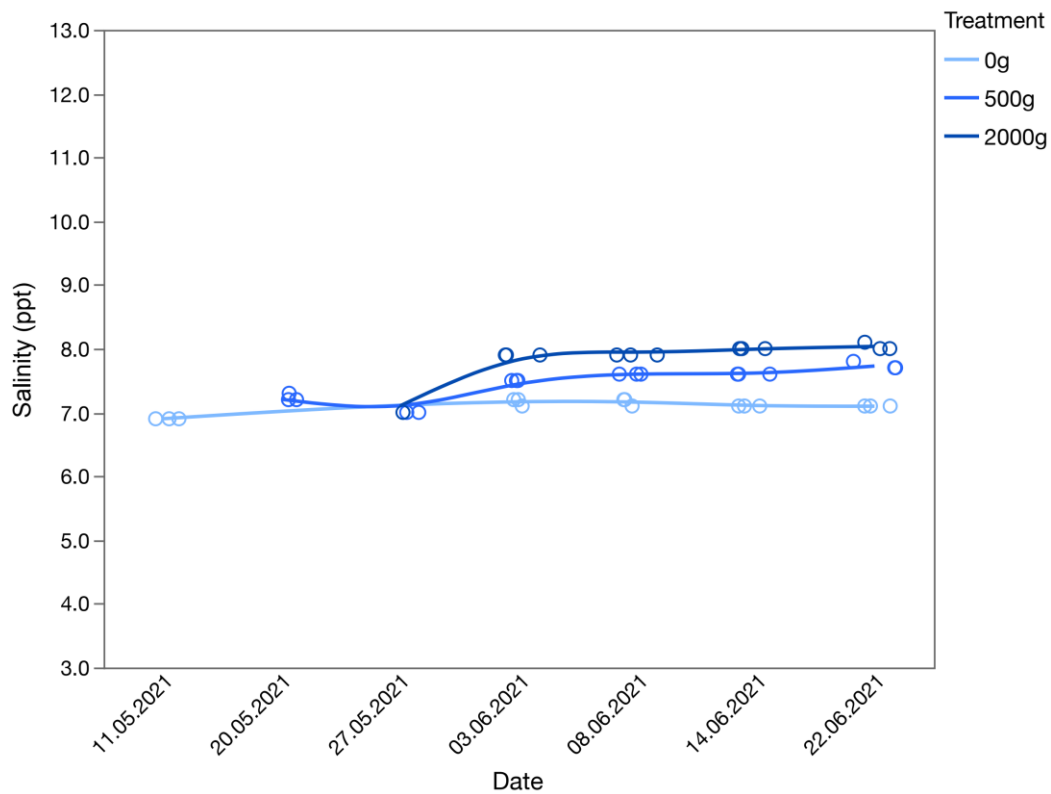
Hapnikutingimused mahutites: Hapnikukontsentratsioonid jälgisid üldiselt temperatuuri kõverat – hapnikukontsentratsioon langes temperatuuri tõustes (Joonis 13). Samuti langes hapniku küllastusprotsent eksperimendi lõpuks kuni 83-90%-ni kusjuures oli hapniku küllastusprotsent kontrollmahutites veidi kõrgem (Joonis 14).

Biomassi juurdekasvu dünaamika: Eksperimendi algusperioodil ja aklimatiseerimisperioodil, kui kasutati ainult looduslikku merevett toimus biomassi juurdekasv maksimaalselt kuni 30% nädalas, keskmiselt 23 % nädalas. Pärast väetise lisamist juurdekasv vähenes, muutudes eksperimendi lõpus negatiivseks (donimeerisid lagunemisprotsessid). Eksperimendi lõpus hakkas ka kontrollmahutites olev vetikamass vähenema (Joonis 15).

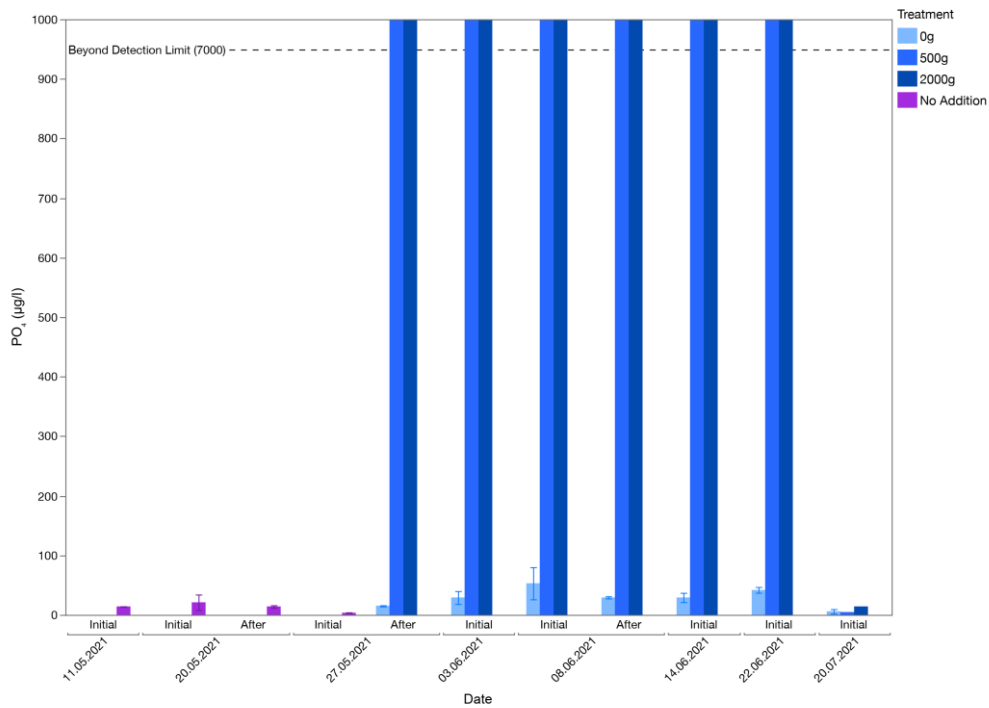
Ekspirimendi tulemuste kokkuvõte: Kasutatud lisatud väetise kogused olid liiga suured ja mõjusid vetikabiomassile kasvu pärssivalt. Ekspirimendi lõpuks hakkas negatiivset mõju avaldama ka kõrgeenenud temperatuur.



Joonis 5. Veetemperatuuri dünaamika inkubeerimismahutites eksperimendi ajal.

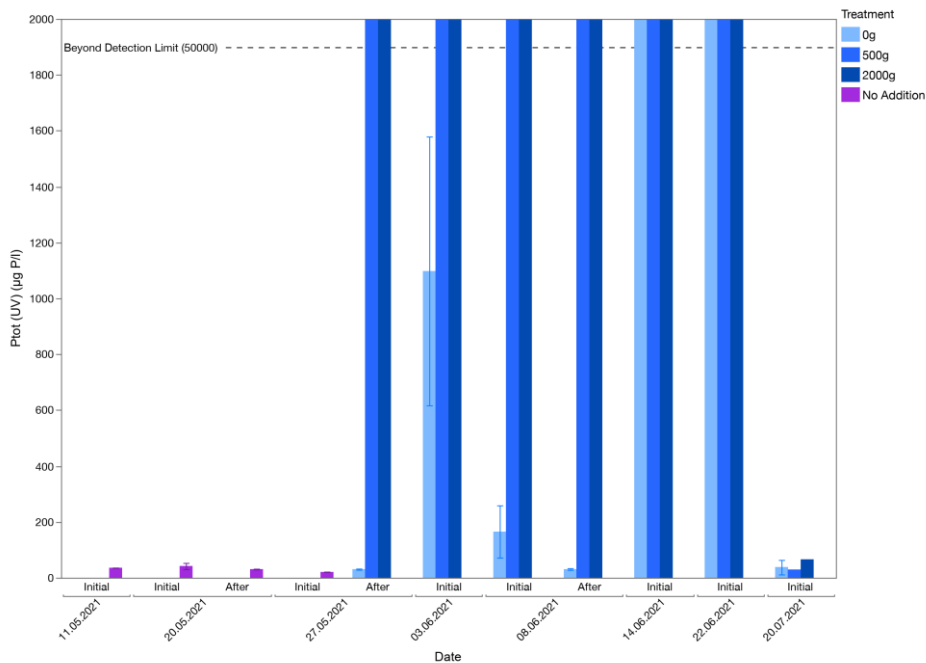


Joonis 6. Merevee soolsuse dünaamika inkubeerimismahutites.



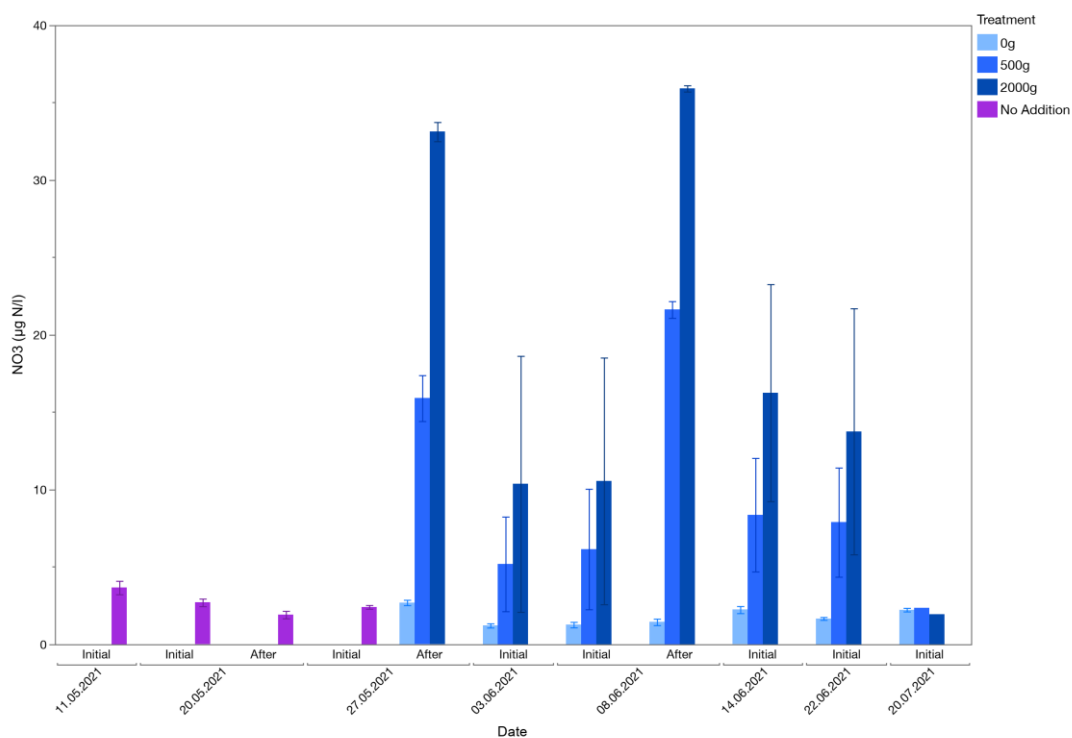
Each error bar is constructed using 1 standard error from the mean.

Joonis 7. Fosfaatide sisaldus inkubaatsioonimahutites (Initial – enne vetikabiomassi kaalumist/toitainete lisamist; after – pärast kaalumist/toitainete lisamist).



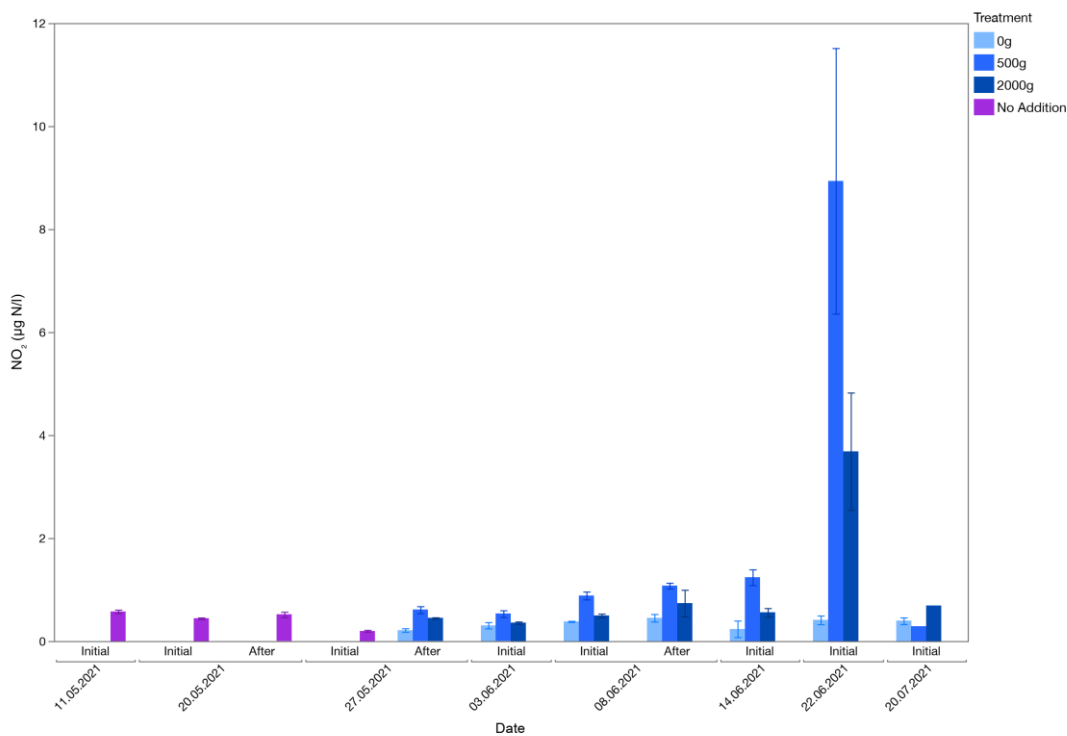
Each error bar is constructed using 1 standard error from the mean.

Joonis 8. Üldfosfori kontsentratsioon inkubatsioonimahutites. (Initial – enne vetikabiomassi kaalumist/toitainete lisamist; after – pärast kaalumist/toitainete lisamist).



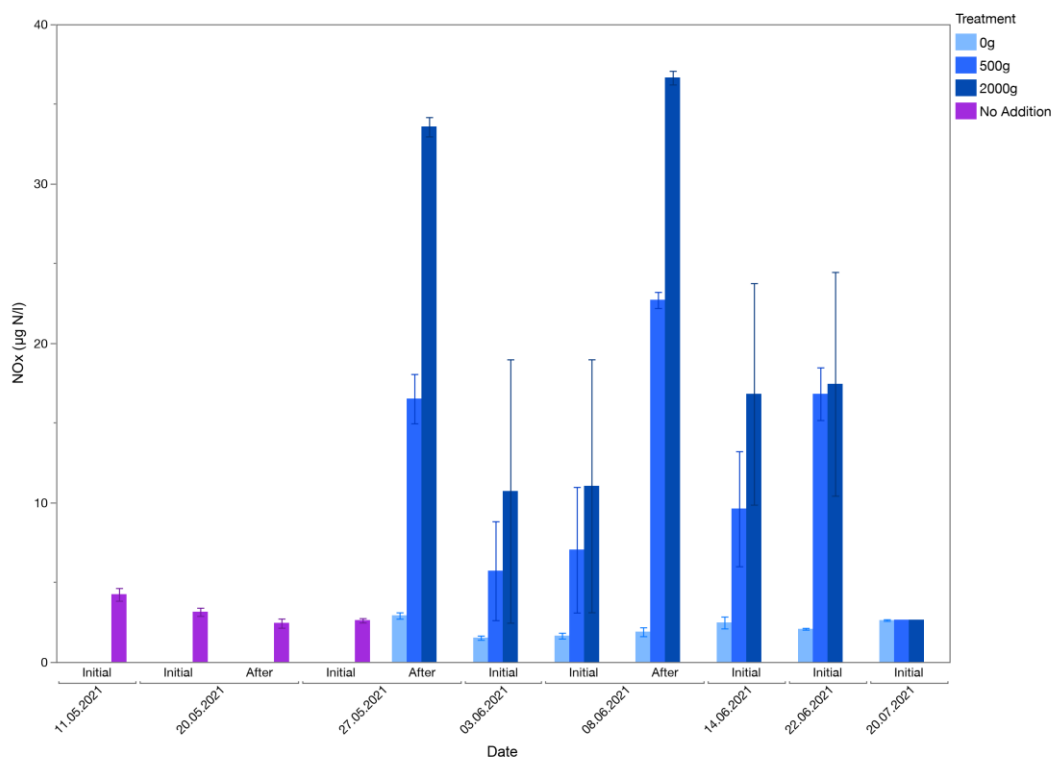
Each error bar is constructed using 1 standard error from the mean.

Joonis 9. Nitraatide kontsentratsioon inkubatsioonimahutites. (Initial – enne vetikabiomassi kaalumist/toitainete lisamist; after – pärast kaalumist/toitainete lisamist).



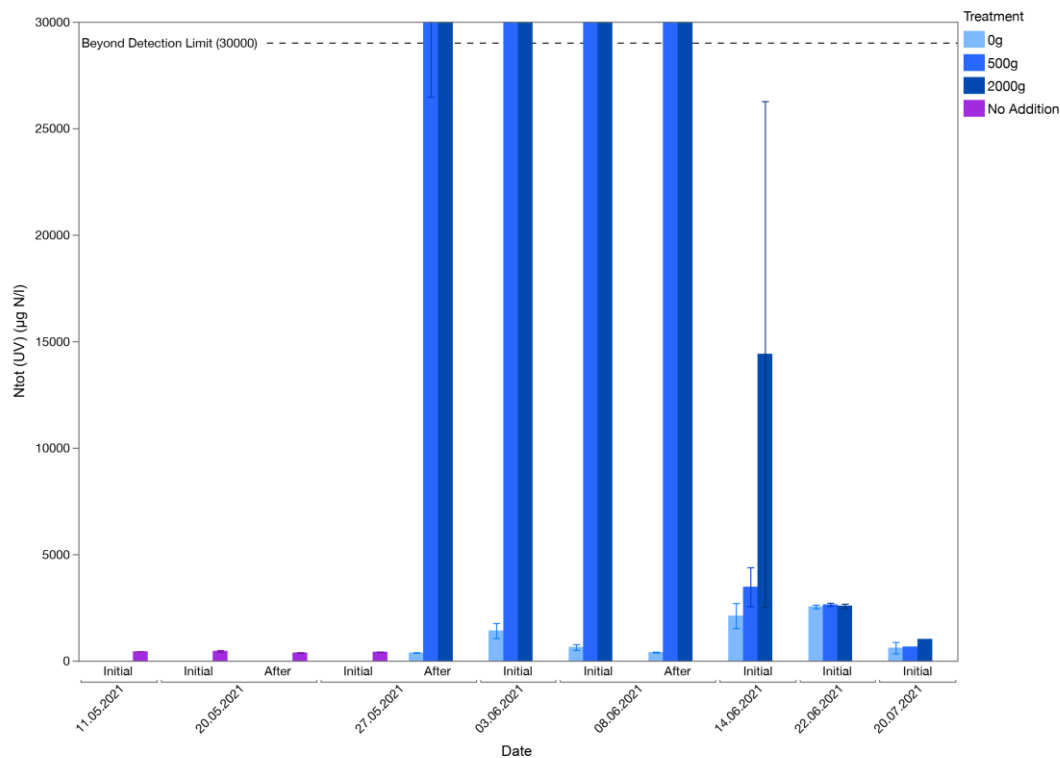
Each error bar is constructed using 1 standard error from the mean.

Joonis 10. Nitriti kontsentratsioon inkubatsioonimahutites. (Initial – enne vetikabiomassi kaalumist/toitainete lisamist; after – pärast kaalumist/toitainete lisamist).



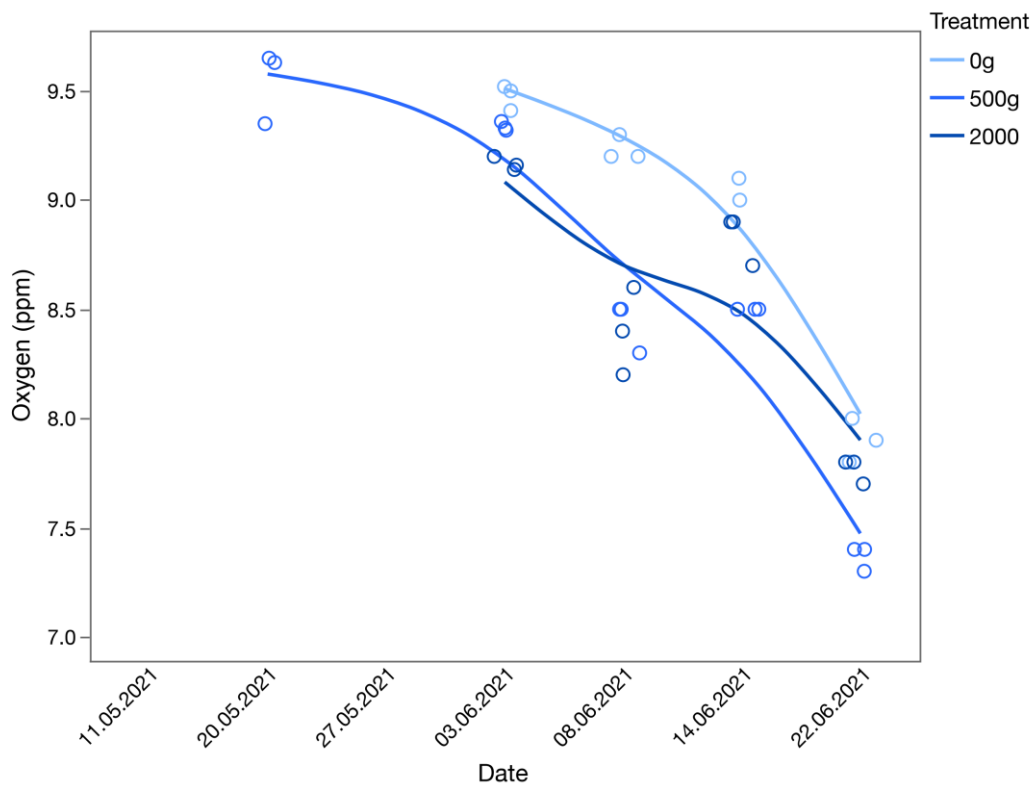
Each error bar is constructed using 1 standard error from the mean.

Joonis 11. NOx kontsentratsioon inkubatsioonimahutites. (Initial – enne vetikabiomassi kaalumist/toitainete lisamist; after – pärast kaalumist/toitainete lisamist).

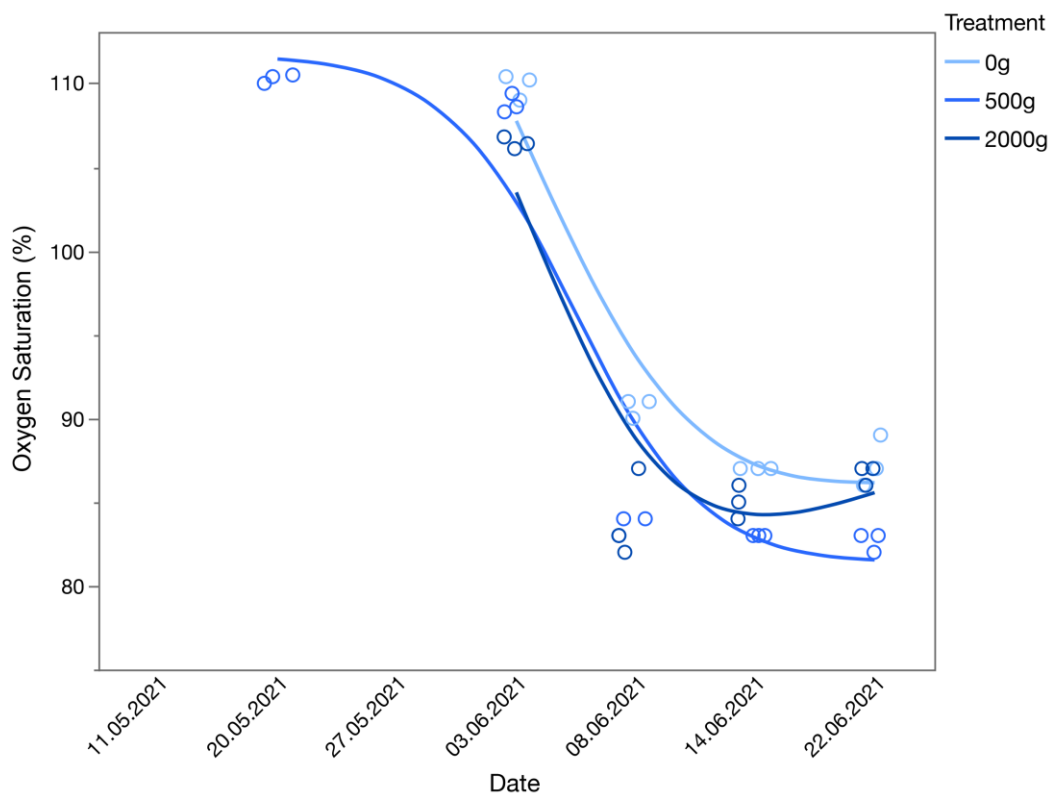


Each error bar is constructed using 1 standard error from the mean.

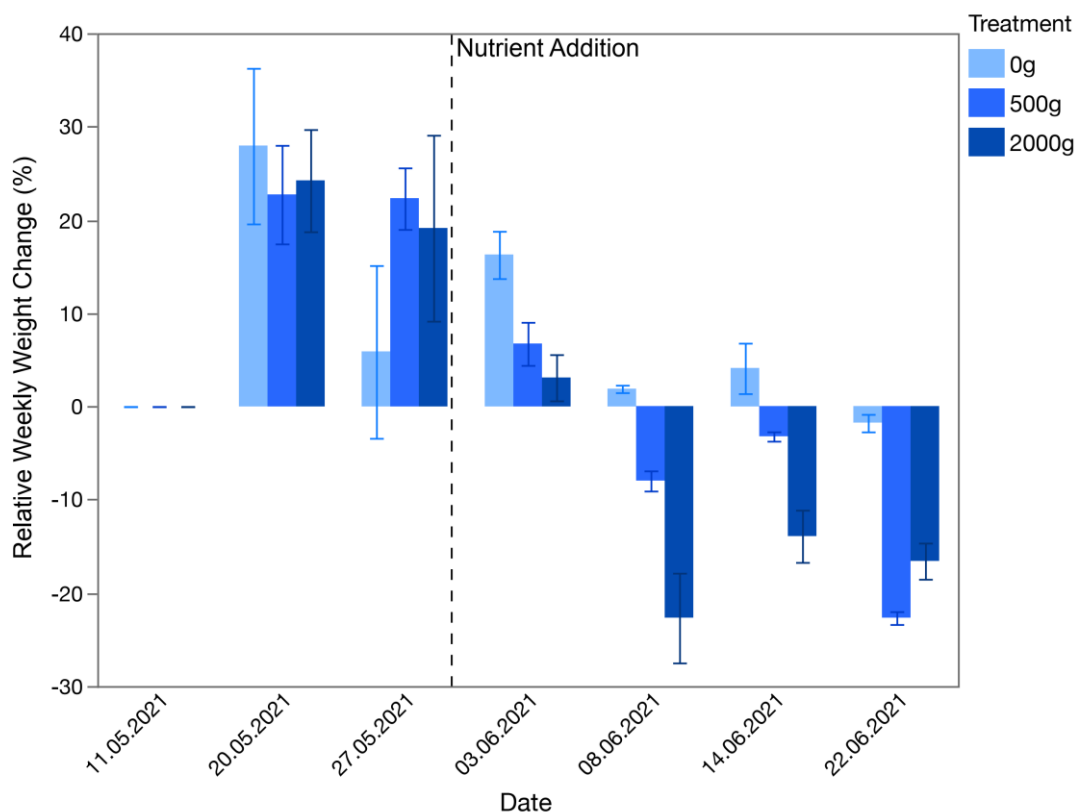
Joonis 12. Üldlämmastiku kontsentratsioon inkubatsioonimahutites. (Initial – enne vetikabiomassi kaalumist/toitainete lisamist; after – pärast kaalumist/toitainete lisamist).



Joonis 13. Lahustunud hapniku kontsentratsioon inkubatsioonimahutites.



Joonis 14. Hapniku küllastusprotsent inkubatsioonimahutites.



Each error bar is constructed using 1 standard error from the mean.

Joonis 15. Ulva biomassi nädalane juurdekasv inkubatsioonimahutites.

Eksperiment: Kesknõmme 2

Asukoht: Kesknõmme kalakasvatuse angaar.

Eksperimendi eesmärk: Hinnata Ulva kasvu eri väetiste koguste lisamisel looduslikus merevees (lisatav väetis EasyLife akvaariumiväetis).

Eksperimendi läbiviimise aeg: 22.07.2021 – 13.08.2021

Vetikamaterjali päritolu: Eelmine eksperiment, kontroll.

Temperatuuritingimused: Tegemist on mittekõetava angaariga kus sisetemperatuur sõltub ilmastikutingimustest. Eksperimendiseeria käigus kõikus temperatuur 21 ja 16 kraadi vahel. Temperatuuri käik eksperimendi jooksul on ära toodud joonisel 16.

Soolsustingimused mahutites: Eksperimendi käigus oli inkubeerimismahutites vee soolsus stabiilselt 7 PSU ümber (Joonis 17).

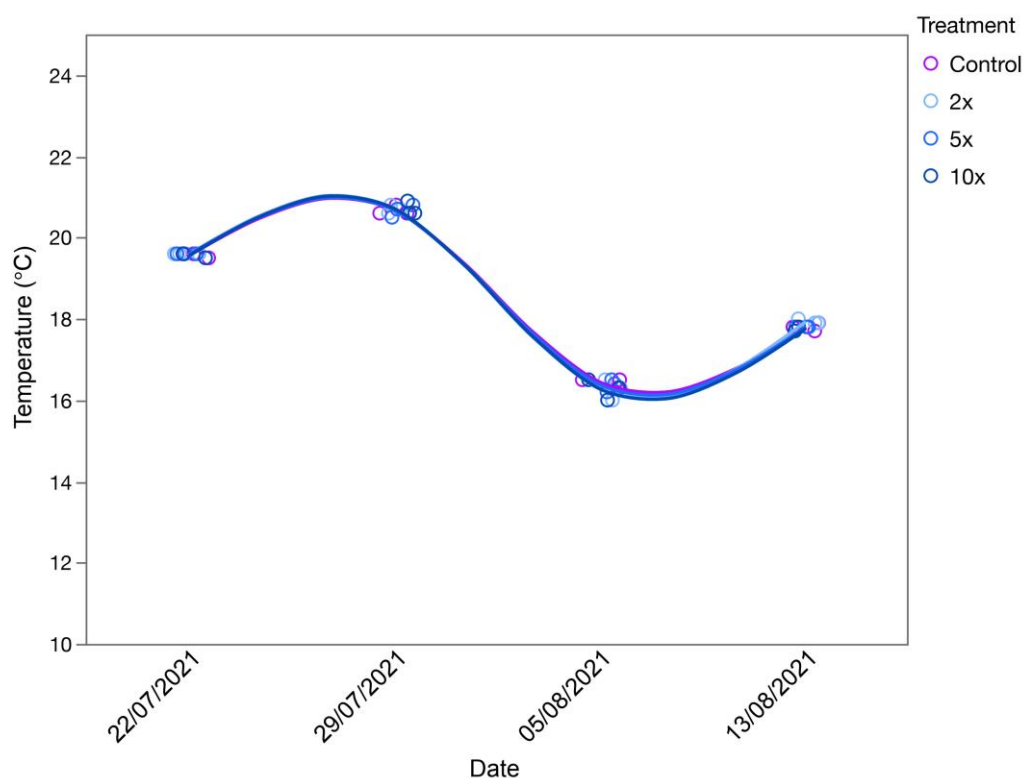
Valgustus: Kogu eksperimendi jooksul kasutati valgustuseks kolme Roleadro 60101145-2 valgustit iga inkubatsioonimahuti kohta režiimis 12h-12h.

Toitainete dünaamika: Toitainete lisamisel lähtuti kirjanduse andmetest ja suurendati Ulva jaoks optimaalset toitainete kontsentratsiooni vastavalt 2, 5 ja 10 korda. Optimaalseteks kontsentratsioonideks loeti lämmastiku puhul 5 µg ja fosfori puhul 10 µg. Eksperimendi alguses oli merevee fosfori ja nitraatide tase väga kõrge. Samas see tase langes esimese aklimatiseerimisenädala jooksul. Pärast toitainete lisamist olulist efekti erinevate treatmentide vahel ei tuvastatud. Fosfori ja üldlämmastiku kontsentratsioon tõusis eksperimendi käigus. (Joonised 18-23).

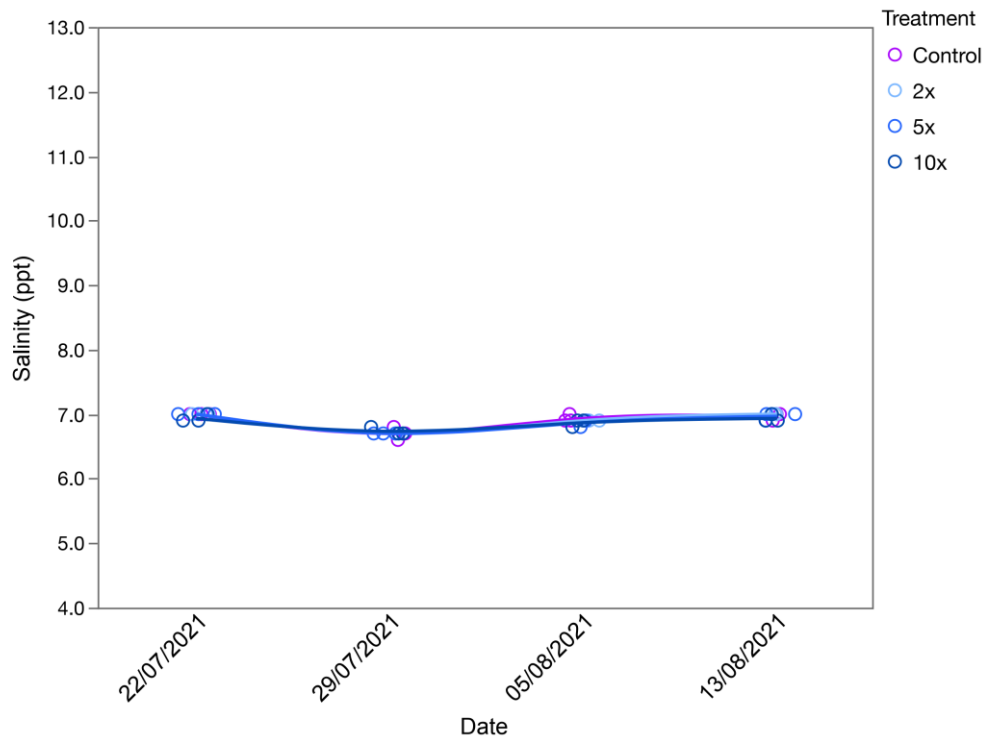
Hapnikutingimused mahutites: Hapnikukontsentratsioonid olid kogu eksperimendi jooksul üsna stabiilsed. Kõrgemad numbrid olid mõõdetud 05.08.22 mõõtmiste ajal. See vastab üldiselt ka temperatuuri käigule mõõtmiste perioodil. Hapniku küllastusprotsent oli samuti jälgisid üldiselt temperatuuri kõverat – hapnikukontsentratsioon langes temperatuuri tõustes (Joonised 24-25).

Biomassi juurdekasvu dünaamika: Eksperimendi käigus vetikabiomass ei suurenenud vaid pidevalt langes. Selle põhjuseks võib olla vetikamassi halb olukord enne eksperimendi algust, kuna kasutati eelmises eksperimendis inkubatsioonimahutites kasutatud vetikat. Vetikabiomassi lagunemise kiirus eksperimendi lõpuks suurenes. Samuti oli temperatuurirežiim ilmselt Ulvale mitte sobiv. (Joonis 26).

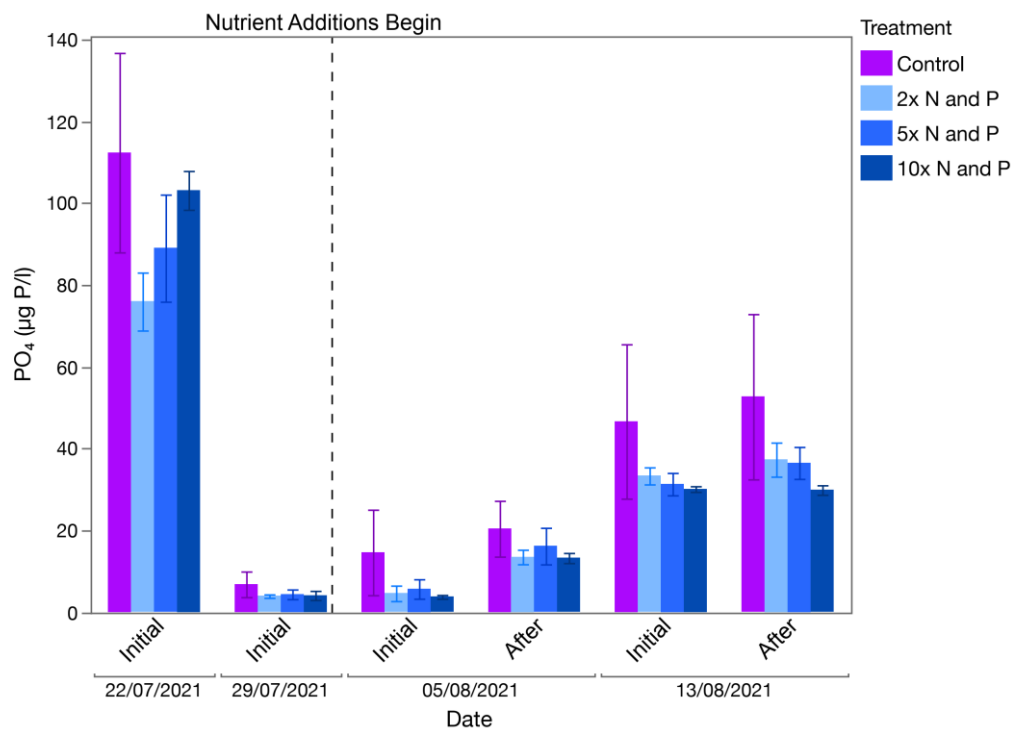
Eksperimendi tulemuste kokkuvõte: Kasutatud lisatud väetise kogused olid kas liiga väikesed või oli eksperimendis kasutatud vetika biomass halvas seisus. Juurdekasvu ei saavutatud ja erinevust lisatud väetise koguste puhul ei tuvastatud.



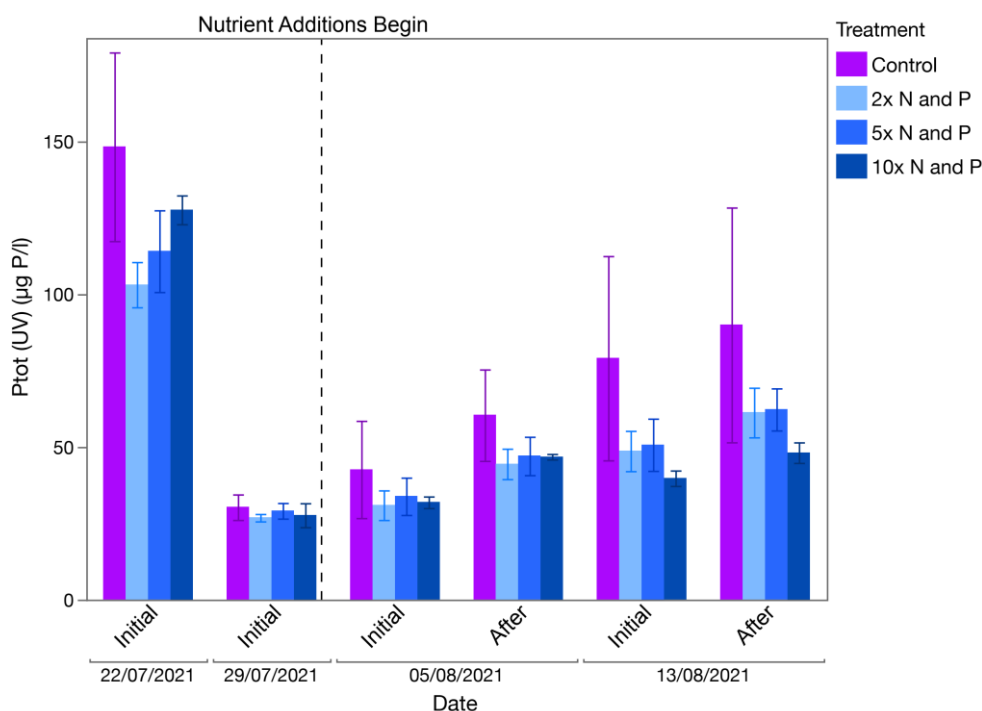
Joonis 16. Veetemperatuuri dünaamika inkubeerimismahutites eksperimendi ajal.



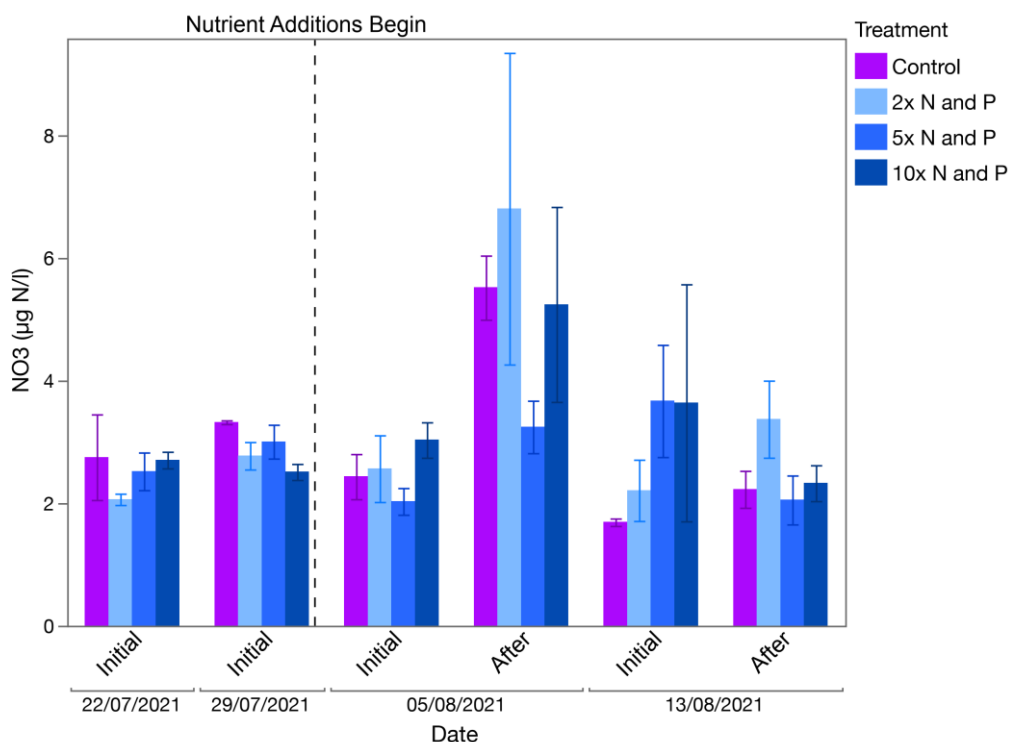
Joonis 17. Merevee soolsuse dünaamika ikubeerimismahutites.



Joonis 18. Fosfaatide sisaldus inkubaatsioonimahutites (Initial – enne vetikabiomassi kaalumist/toitainete lisamist; after – pärast kaalumist/toitainete lisamist).

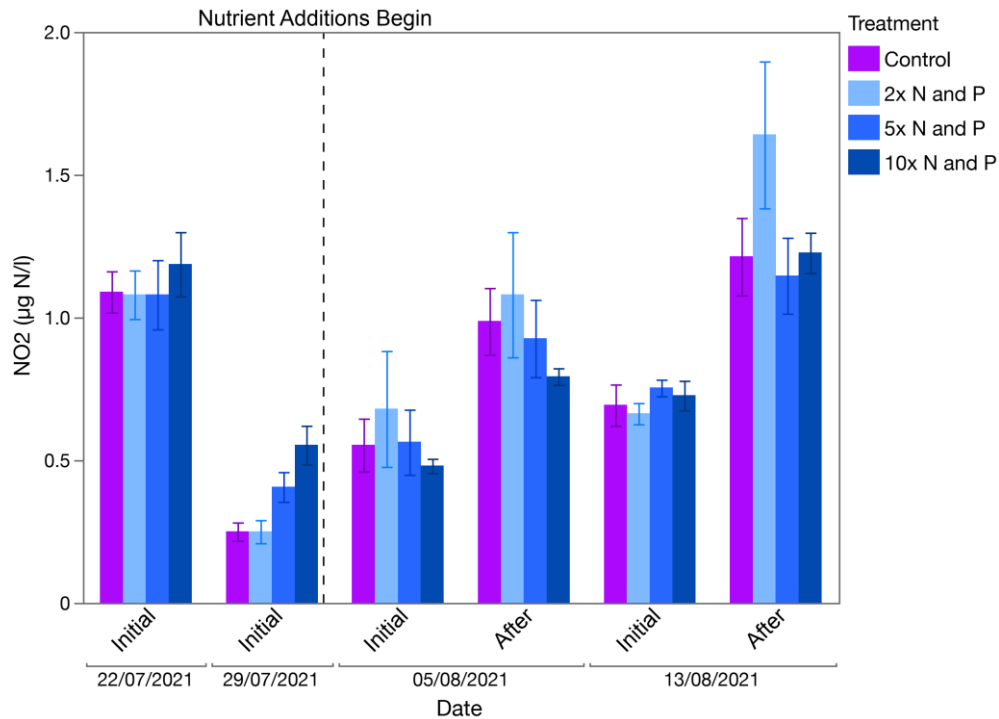


Joonis 19. Üldfosfori kontsentratsioon inkubatsioonimahutites. (Initial – enne vetikabiomassi kaalumist/toitainete lisamist; after – pärast kaalumist/toitainete lisamist).

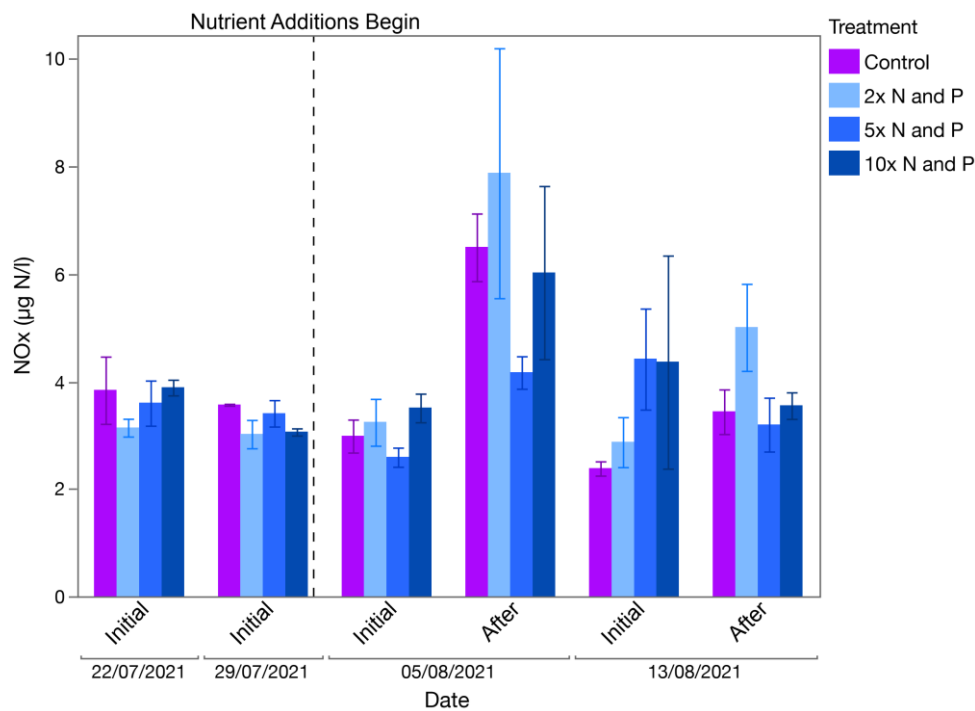


Each error bar is constructed using 1 standard error from the mean.

Joonis 20. Nitraatide kontsentratsioon inkubatsioonimahutites. (Initial – enne vetikabiomassi kaalumist/toitainete lisamist; after – pärast kaalumist/toitainete lisamist).

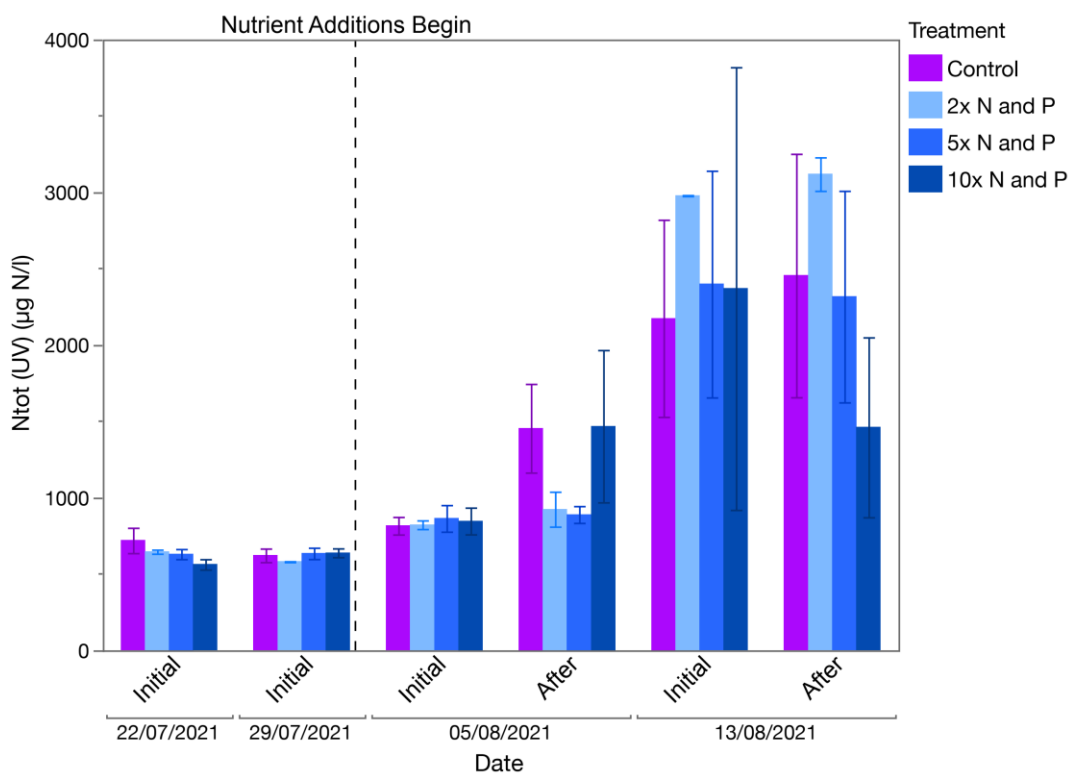


Joonis 21. Nitriti kontsentratsioon inkubatsioonimahutites. (Initial – enne vetikabiomassi kaalumist/toitainete lisamist; after – pärast kaalumist/toitainete lisamist).

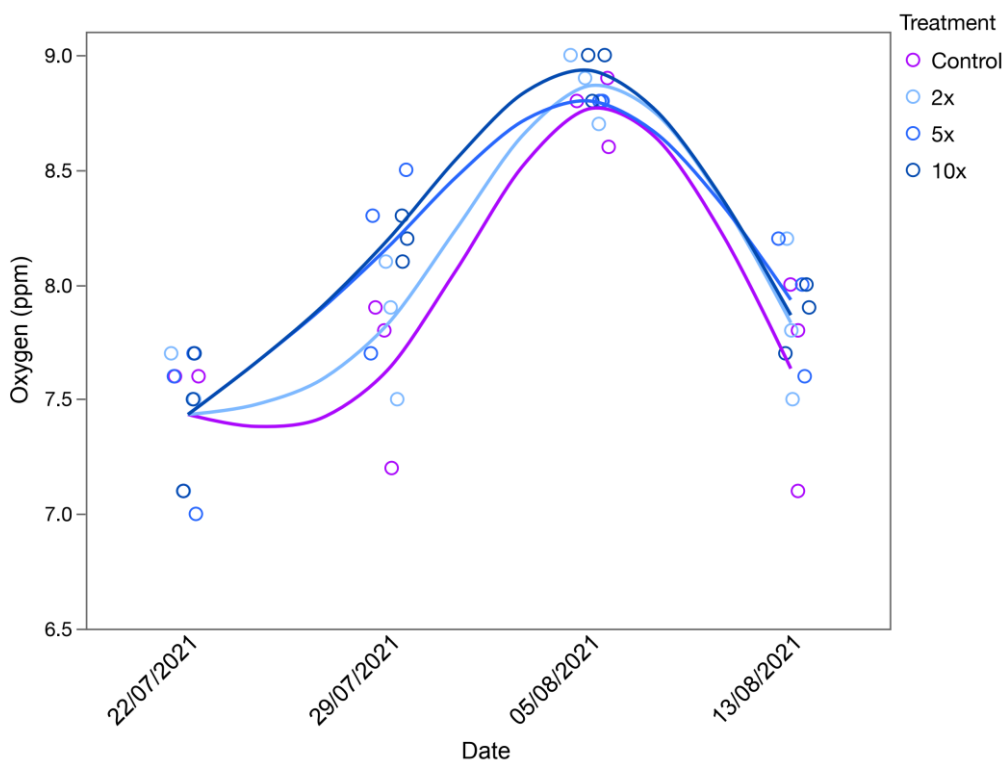


Each error bar is constructed using 1 standard error from the mean.

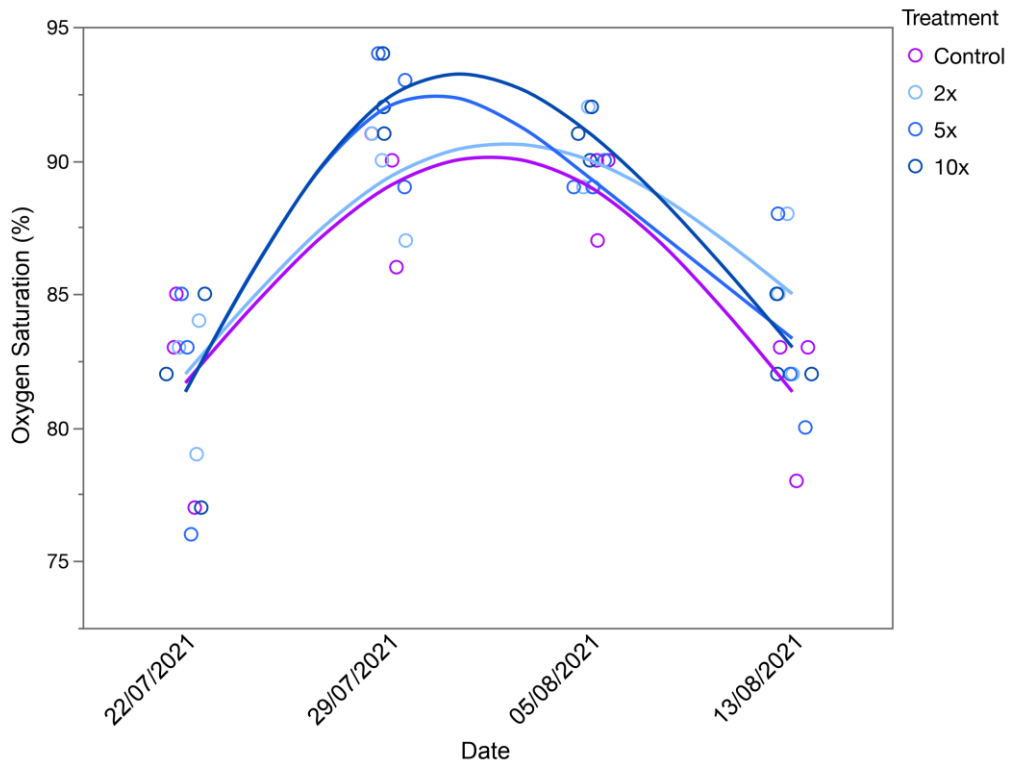
Joonis 22. NOx kontsentratsioon inkubatsioonimahutites. (Initial – enne vetikabiomassi kaalumist/toitainete lisamist; after – pärast kaalumist/toitainete lisamist).



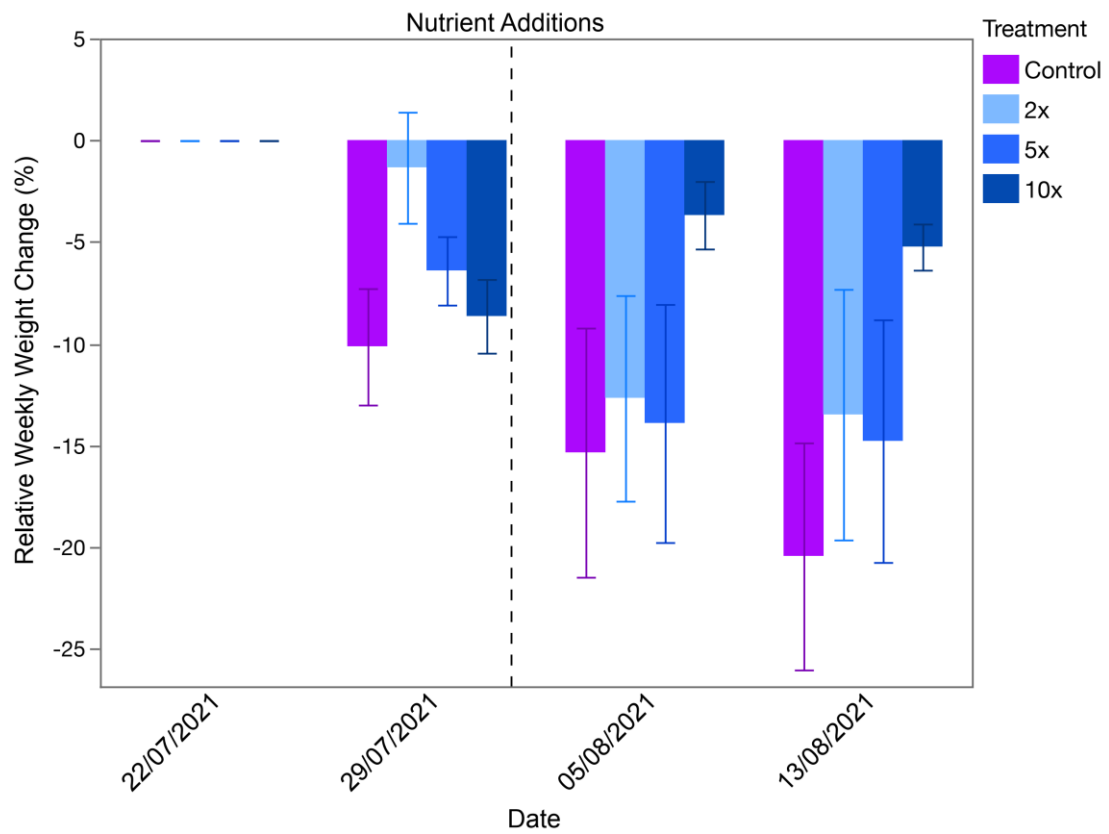
Joonis 23. Üldlämmastiku kontsentratsioon inkubatsioonimahutites. (Initial – enne vetikabiomassi kaalumist/toitainete lisamist; after – pärast kaalumist/toitainete lisamist).



Joonis 24. Lahustunud hapniku kontsentratsioon inkubatsioonimahutites.



Joonis 25. Hapniku küllastusprotsent inkubatsioonimahutites.



Joonis 26. Ulva biomassi nädalane juurdekasv inkubatsioonimahutites.

Eksperiment: Pihtla 1 seeria 1

Asukoht: Pihtla kalakasvatuse angaar.

Eksperimenti eesmärk: Hinnata merevee soolsuse mõju Ulva kasvule (valida optimaalne soolsus Ulva kasvatamiseks).

Eksperimenti läbiviimise aeg: 22.07.2021 – 28.09.2021

Vetikamaterjali päritolu: Eelmine eksperiment Kesknõmme 1, kontroll.

Temperatuuritingimused: Tegemist on mittekõetava angaariga kus sisetemperatuur sõltub ilmastikutingimustest. Samas on angaar osa vikerforelli kasvatusega tegelevast kompleksist, kus suur hulk läbivoolavat vett stabiliseerib temperatuuri. Eksperimentiseeria käigus kõikus temperatuur 12 ja 16 kraadi vahel. Temperatuuri käik eksperimenti jooksul on ära toodud joonisel 27.

Soolsustingimused mahutites: Eksperimenti eesmärk oli katsetada erinevate soolsuste sobivust Ulva kasvatamiseks. Inkubeerimisveena kasutati põhjavett millele lisati akvariumisoola et saavutada kolm erinevat soolsuse taset. Katsetatud soolsused olid: tavaline merevee soolsus Saaremaa rannikumeres (ligi 5,5 PSU), kaks korda madalam soolsus 82,7 PSU) ja topelt kõrgem soolsus (9,1). Soolsus eksperimenti käigus oluliselt ei muutunud (Joonis 17).

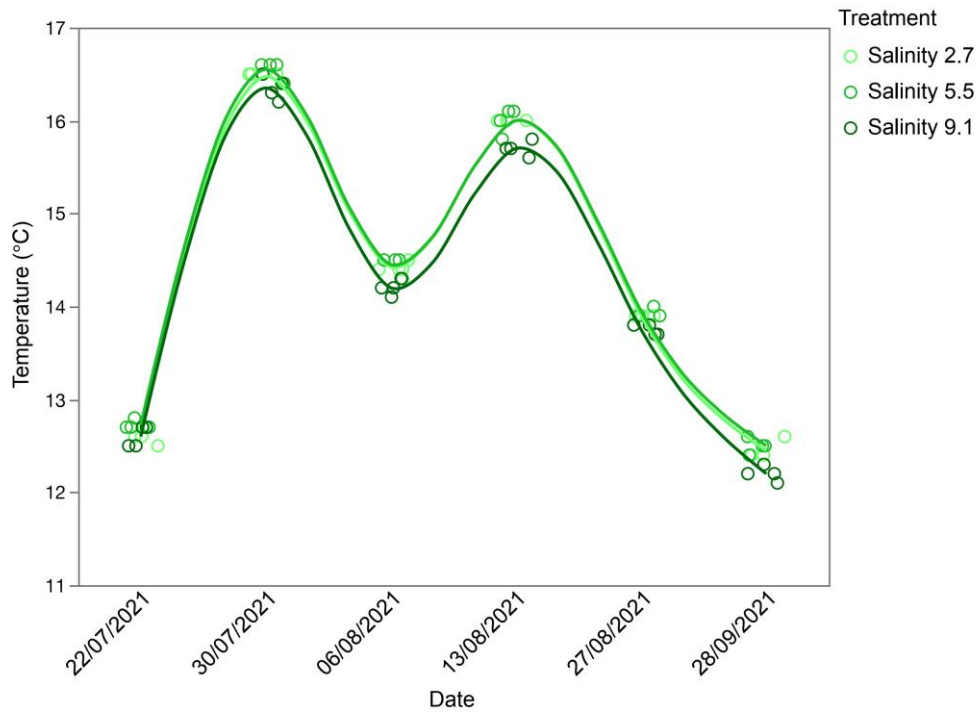
Valgustus: Kogu eksperimenti jooksul kasutati valgustuseks kolme Roleadro 60101145-2 valgustit iga inkubatsioonimahuti kohta režiimis 12h-12h.

Toitainete dünaamika: Selle eksperimenti käigus toitainete kontsentratsiooni ei mõõdetud.

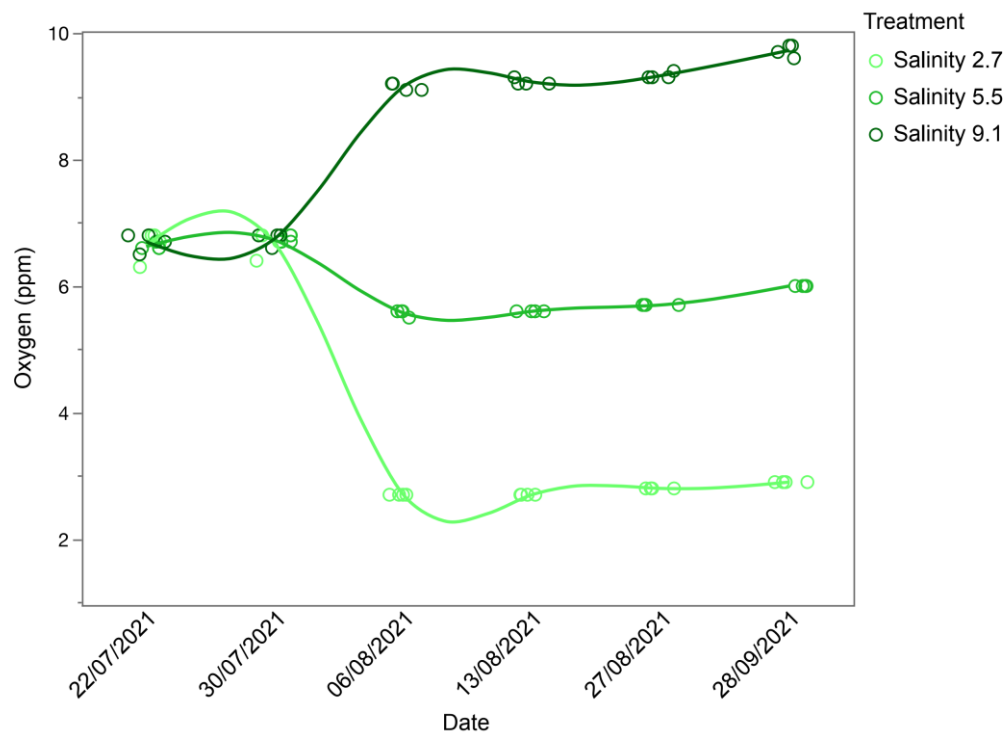
Hapnikutingimused mahutites: Hapnikukontsentratsioonid veidi varieerusid jälgidet temperatuuri muutusi. Oluliselt erinevusi erinevate katseeriade vahel ei olnud (Joonis 29). Hapniku küllastusprotsent jälgis üldiselt samuti temperatuuri käiku välj arvatud kõige viimane nõõtmiste seeria kus küllastusprotsent oli mõnel juhul veidi madalam (ilmselt laguneva vetikamassi mõju) (joonis 30).

Biomassi juurdekasvu dünaamika: Kuna eksperimenmdis kasutati eelmisest eksperimenti kontrollist pärinevat materjali, siis esimese nädala jooksul juurdekasvu polnud. Peale uue , muudetud soolsusega vee lisamist näitasid kõigi kolme soolsuse juures vetikamass juurdekasvu kuni 6-7% nädalas. Pikema perioodi peale säilis juurdekas keskmise soolsuse juures (Joonis 31).

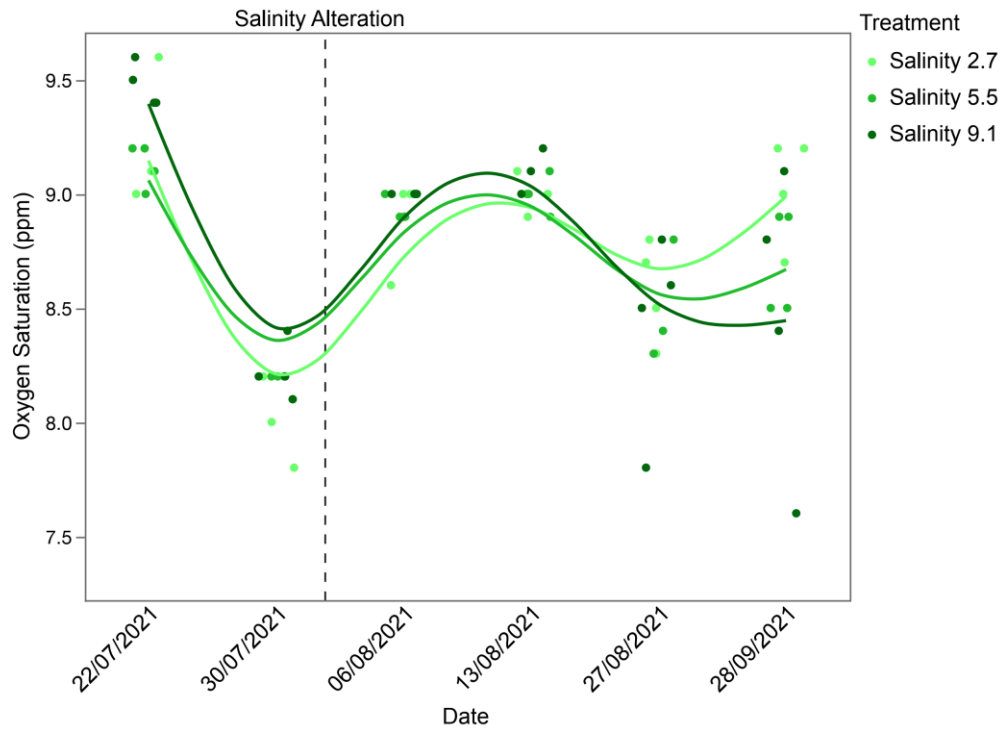
Eksperimenti tulemuste kokkuvõte: Katsetatud kolmest soolsus režiimist osutus kõige paremaks soolsus 5,5 PSU. Edaspidised katsetused viidi läbi just sellel soolsusel.



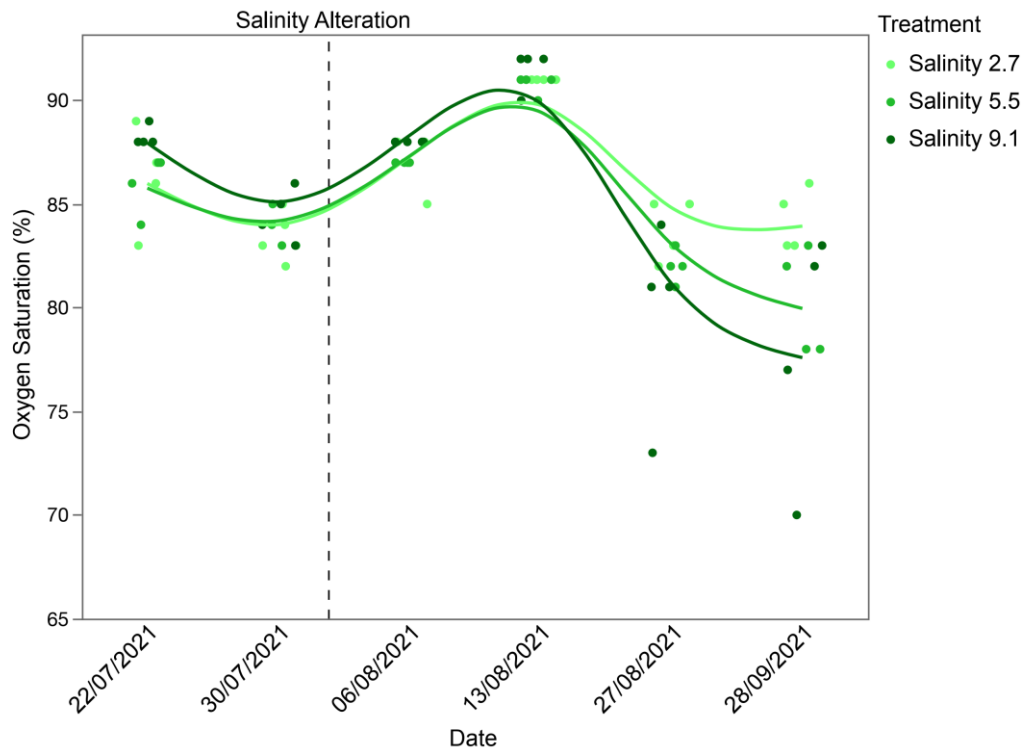
Joonis 27. Veetemperatuuri dünaamika inkubeerimismahutites eksperimendi ajal.



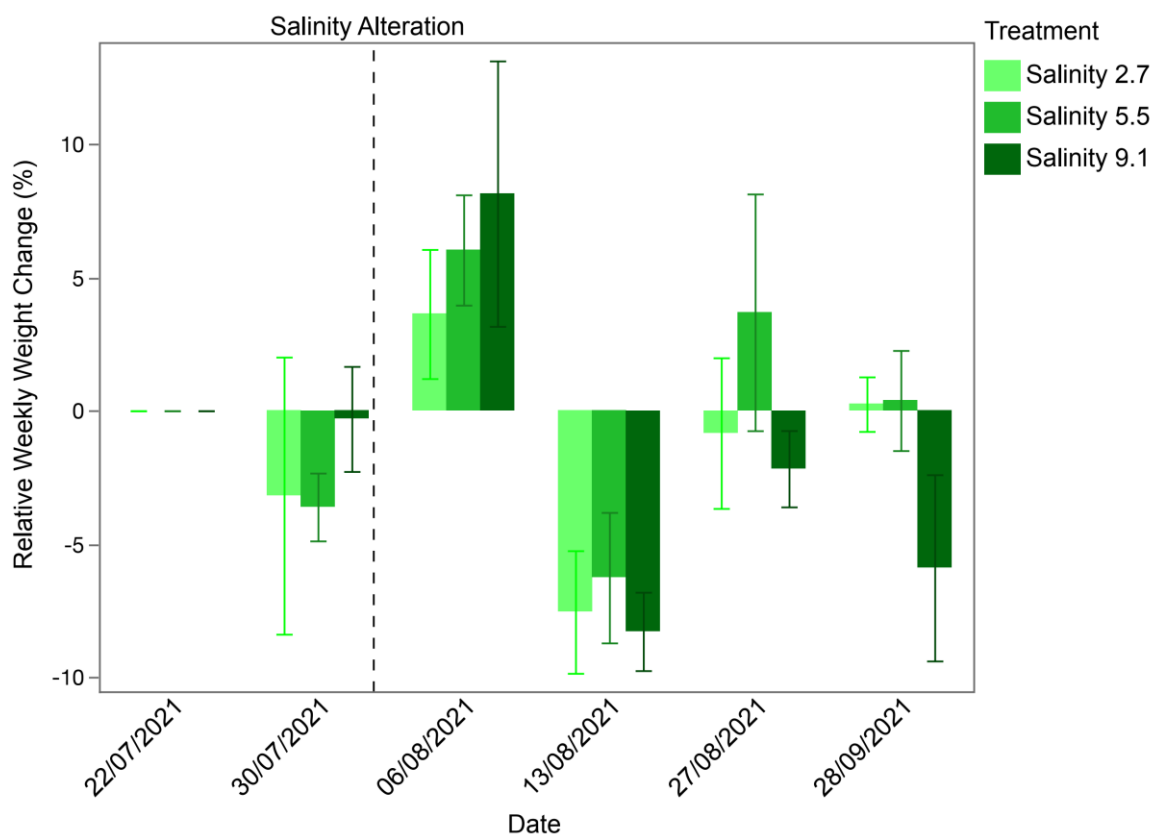
Joonis 28. Merevee soolsuse dünaamika inkubeerimismahutites.



Joonis 29. Lahustunud hapniku kontsentratsioon inkubatsioonimahutites.



Joonis 30. Hapniku küllastusprotsent inkubatsioonimahutites.



Joonis 31. Ulva biomassi nädalane juurdekasv inkubatsioonimahutites.

Ekspriiment: Pihtla 1 seeria 2

Asukoht: Pihtla kalakasvatuse angaar.

Ekspriimendi eesmärk: Erineva merevee soolsuse ja erinevate valgustustingimuste kombineeritud mõju Ulva juurdekasvule.

Ekspriimendi läbiviimise aeg: 20.10.2021 – 28.01.2022

Vetikamaterjali päritolu: Saaremaa sadama akvatoorium

Temperatuuritingimused: Tegemist on mittekõetava angaariga kus sisetemperatuur sõltub ilmastikutingimustest. Ekspriimendiseeria käigus kõikus temperatuur 9,5 ja 14 kraadi vahel. Temperatuuri kõik ekspriimendi jooksul on ära toodud joonisel 32.

Soolsustingimused mahutites: Ekspriimendi esimeses osas (kuni 05.11.21) käitati ekspriimendi kolme soolsusreshiimi juures. Hiljem loobuti kõige madalama soolsus seeriast kuna seal vetikamass hävis. Edaspidi käitati vetikamassi kahe soolsuse juures (algelt 6,1 ja 7,4 PSU). Soolsus ekspriimendi käigus veidi tõusis kõigis mahutites vee aurumise tõttu (Joonis 33).

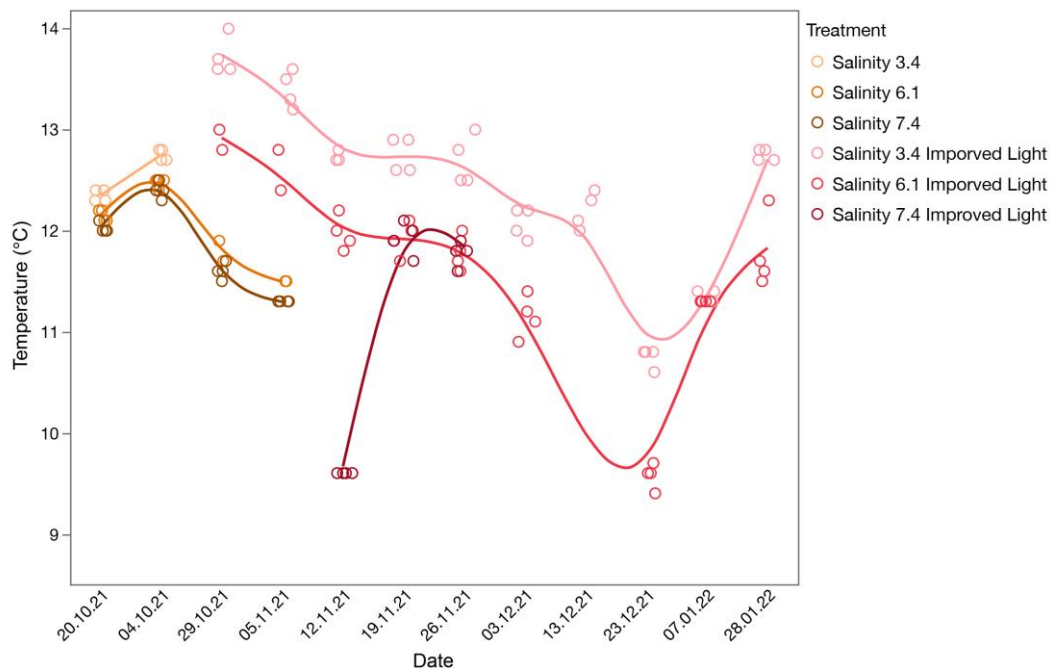
Valgustus: Kasutati kahte valgusreshiimi, ühes reshiiimis kasutati valgustuseks kolme Roleadro 60101145-2 valgustit iga inkubatsioonimahuti kohta režiimis 12h-12h ja teises reshiiimis lisati lisaks iga mahuti kohta kaks Luminofoorlampi Alter HC-ALF254M-T.

Toitainete dünaamika: Toitainete kontsentratsiooni dünaamika näitab eelkõige efektiivset toitainete eemaldamist inkubeerimiskeskonnast vetikate poolt. Kuigi osa veekeemia proove tuli analüütiliste vigade tõttu andmestikust eemaldada näitab näiteks fosfaatide kontsentratsioonide analüüs ilmekalt kuidas toitainete lisamine igal mõõtmiskorral tõstab fosfaatide kontsentratsioone mahuti vees ning samades mahutites on nädala möödudes kontsentratsioonid oluliselt madalamad (Joonis 34). Toitaineid lisati igal mõõtmiskorral. Eriti ilmekalt on sama efekti näha ka näiteks nitraatide puhul (Joonis 36).

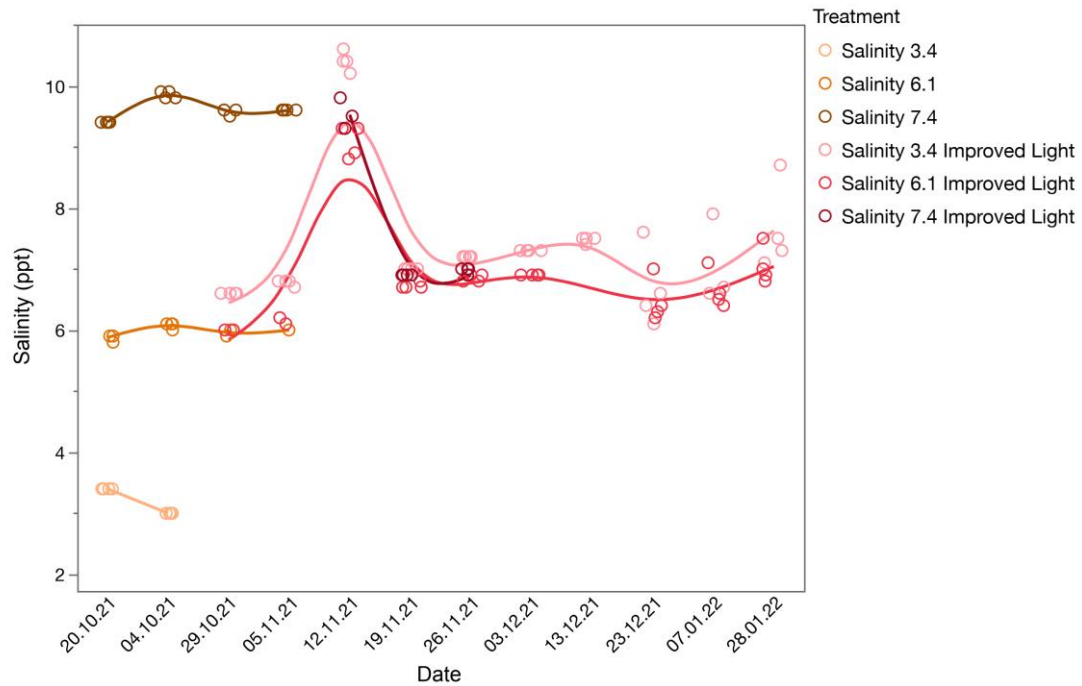
Hapnikutingimused mahutites: Intensiivse aereerimise tõttu olid hapnikutingimused mahutites stabiilsed (joonised 40 ja 41). Hapniku küllastusprotsent üldiselt suurenes eksperimendi lõpu lähenedes (ilmselt veetemperatuuri languse tõttu)

Biomassi juurdekasvu dünaamika: Biomassi juurdekasvu andmed näitavad et stabiilse ja regulaarse väetamise tulemusel on võimalik Ulva biomassoi säilitada üsna pika aja jooksul. Eksperiment kestis kokku üle kolme kuu ja vetikabiomass saavutas teatud perioodidel juurdekasvu üle 20% nädalas (isegi kolme kuu möödudes inkubatsiooni algusest). See juurdekasv oli mõnevõrra ebastabiilne kuid sõltus eelkõige soolsusest ja lisaväetise lisamise intensiivsusest (Joonis 42).

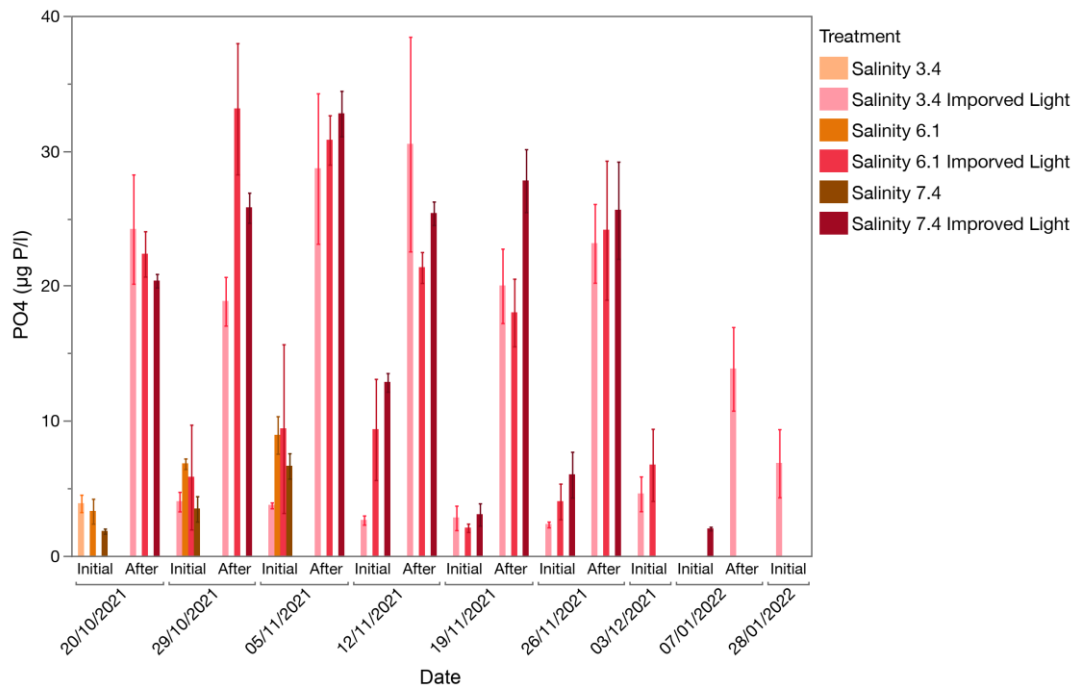
Eksperimendi tulemuste kokkuvõte: Regulaarne väetamine ja lisavalgustus (meie eksperimendis siis kombinatsioon kolmest kasvuhoone LED valgustist ja kahest luminofoorvalgustist) võimaldavad hoida inkubeeritavat vetikabiomassi ka pikema perioodi ulatuses. Samas nii pika perioodi jooksul tuli üks seeriast peatada.



Joonis 32. Veetemperatuuri dünaamika inkubeerimismahutites eksperimendi ajal.

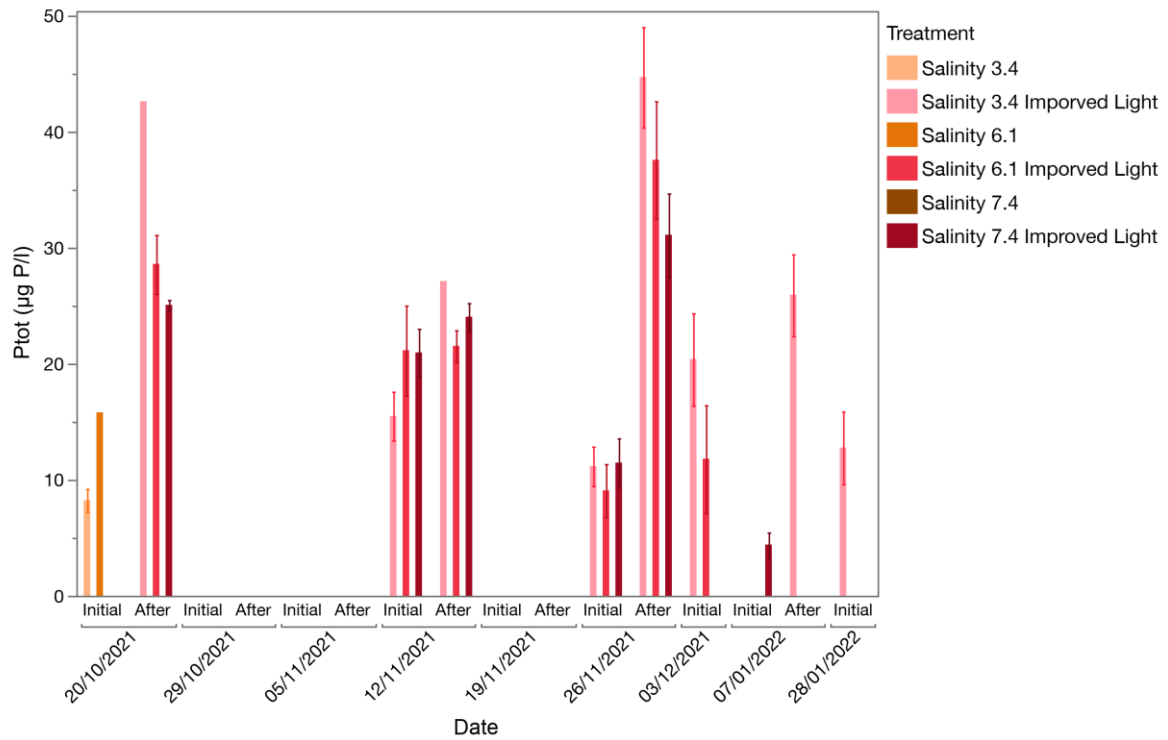


Joonis 33. Merevee soolsuse dünaamika ikubeerimismahutites.



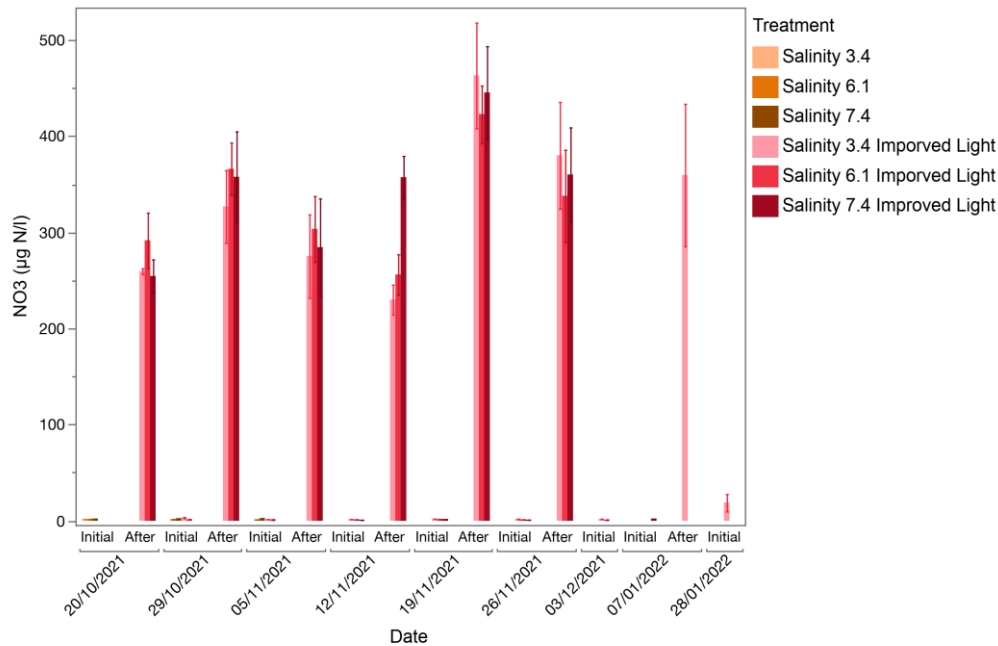
Each error bar is constructed using 1 standard error from the mean.

Joonis 34. Fosfaatide sisaldus inkubaatsioonimahutites (Initial – enne vetikabiomassi kaalumist/toitainete lisamist; after – pärast kaalumist/toitainete lisamist).



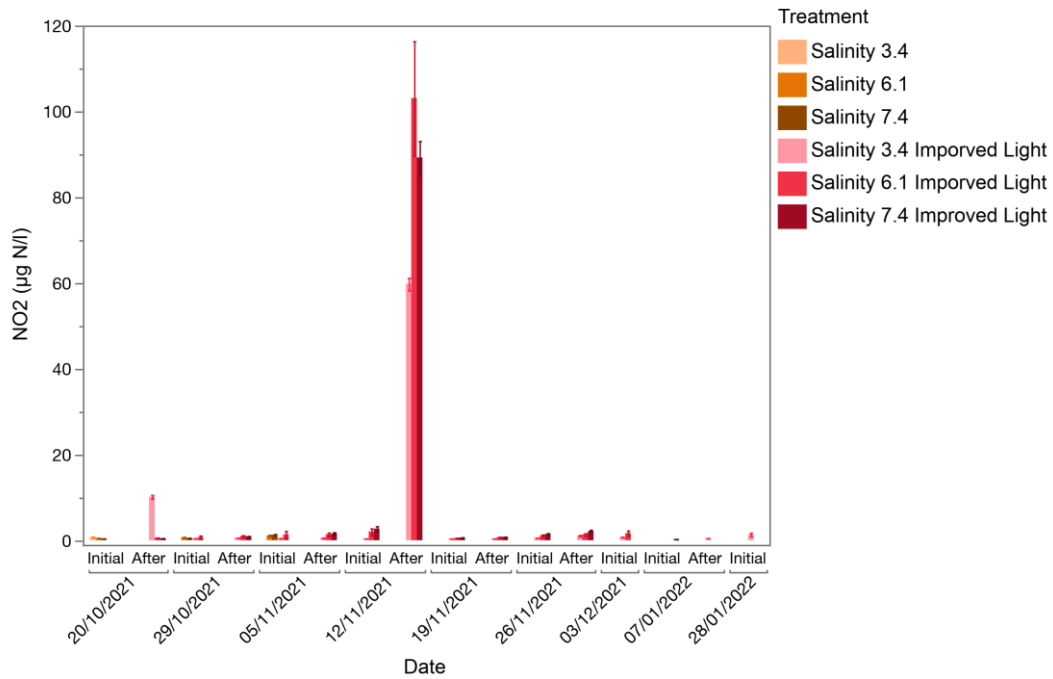
Each error bar is constructed using 1 standard error from the mean.

Joonis 35. Üldfosfori kontsentratsioon inkubatsioonimahutites. (Initial – enne vetikabiomassi kaalumist/toitainete lisamist; after – pärast kaalumist/toitainete lisamist).

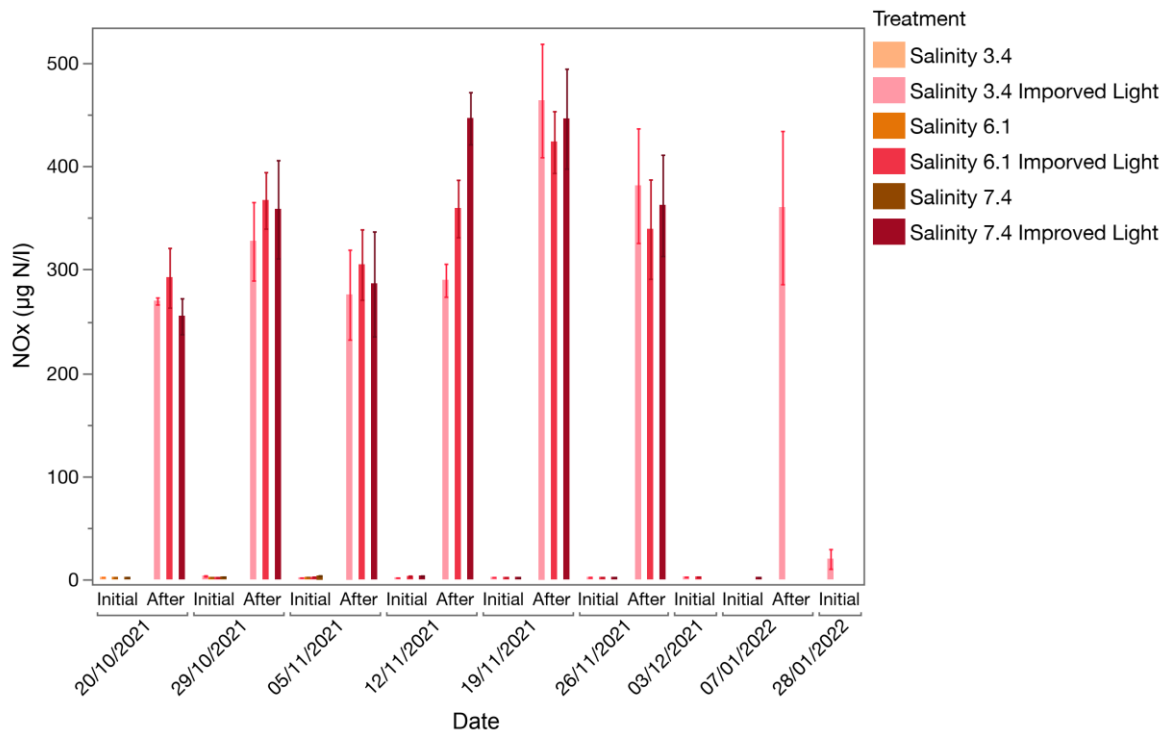


Each error bar is constructed using 1 standard error from the mean.

Joonis 36. Nitraatide kontsentratsioon inkubatsioonimahutites. (Initial – enne vetikabiomassi kaalumist/toitainete lisamist; after – pärast kaalumist/toitainete lisamist).

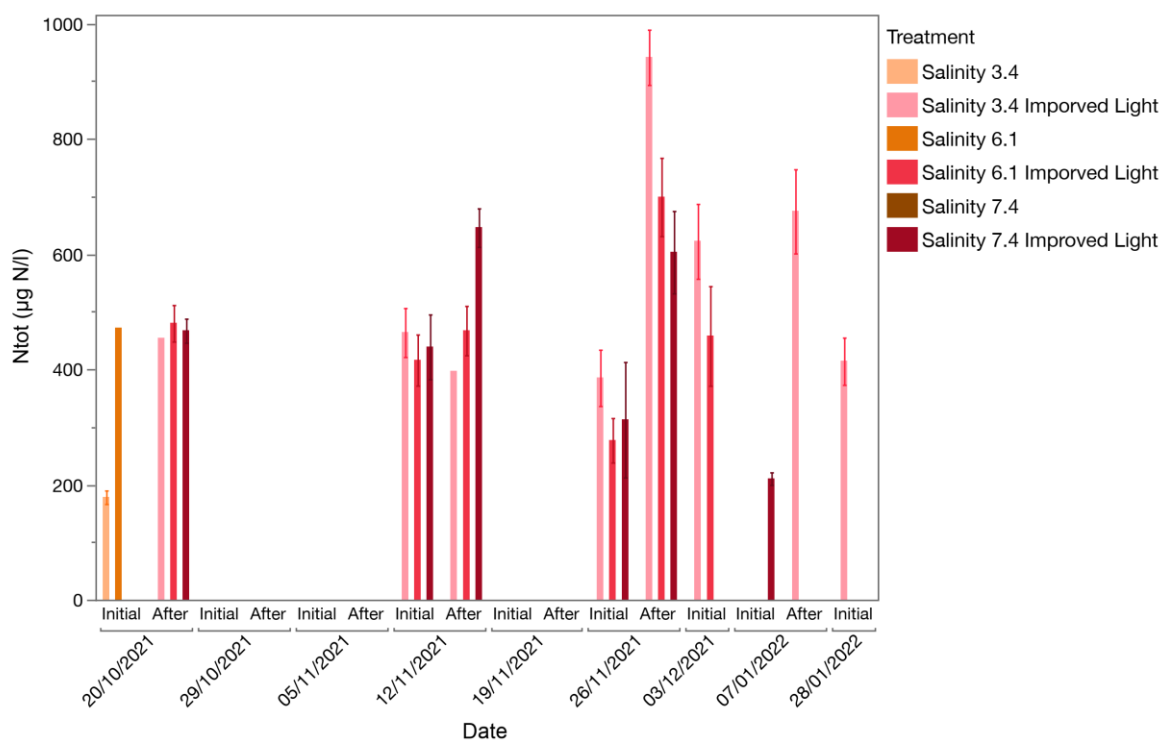


Joonis 37. Nitriti kontsentratsioon inkubatsioonimahutites. (Initial – enne vetikabiomassi kaalumist/toitainete lisamist; after – pärast kaalumist/toitainete lisamist).



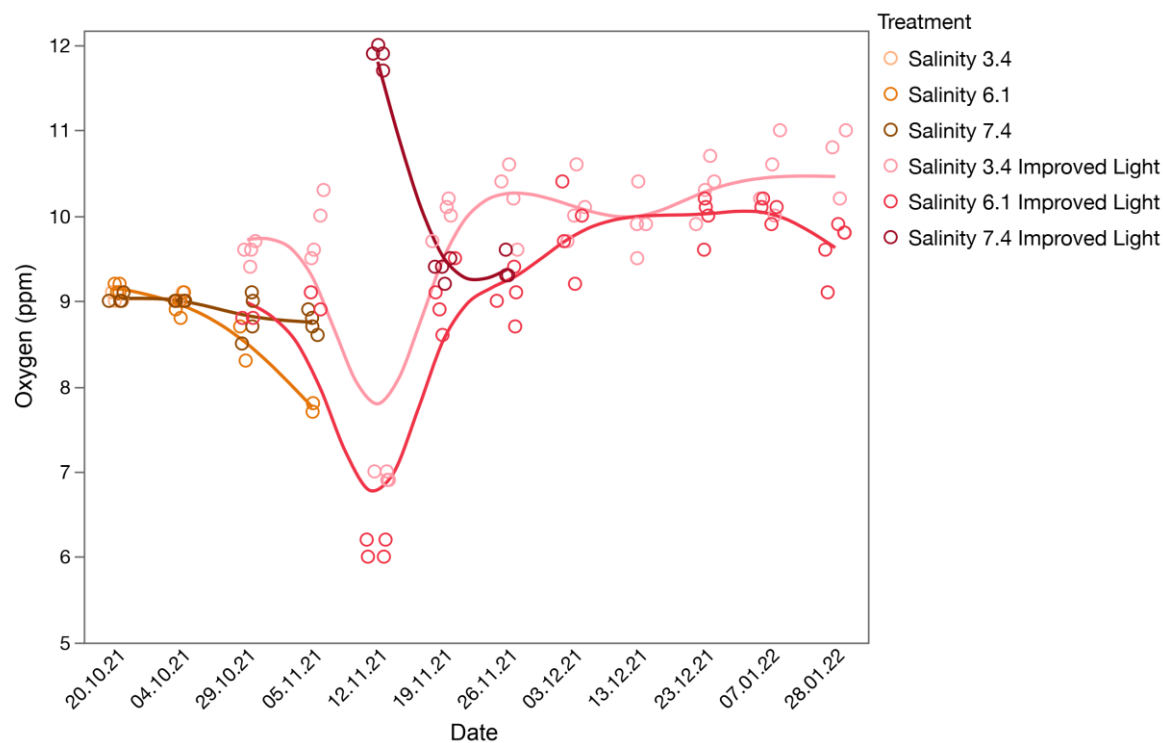
Each error bar is constructed using 1 standard error from the mean.

Joonis 38. NOx kontsentratsioon inkubatsioonimahutites. (Initial – enne vetikabiomassi kaalumist/toitainete lisamist; after – pärast kaalumist/toitainete lisamist).

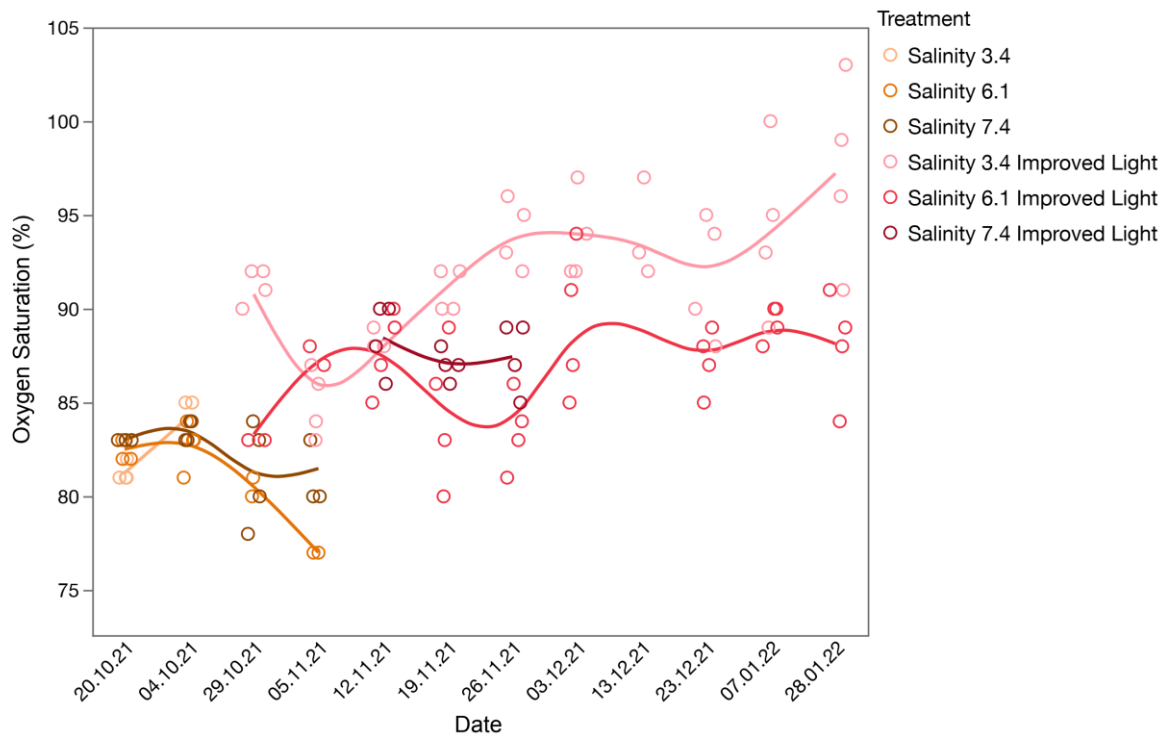


Each error bar is constructed using 1 standard error from the mean.

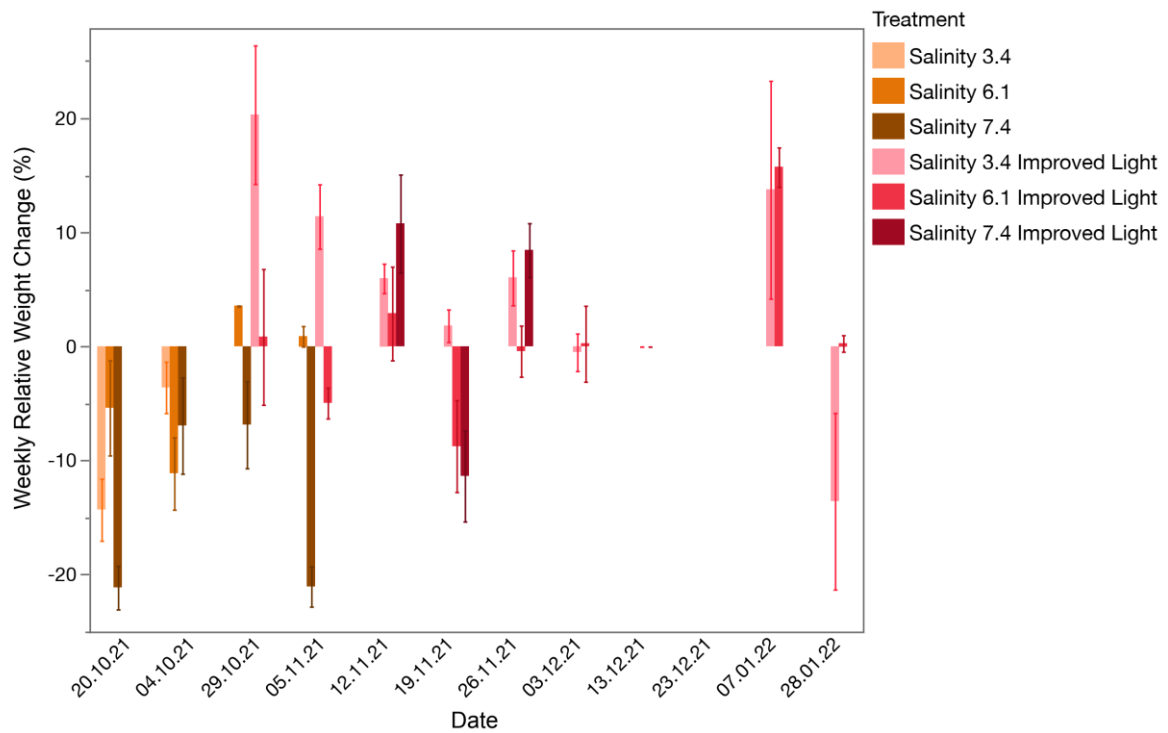
Joonis 39. Üldlammastiku kontsentratsioon inkubatsioonimahutites. (Initial – enne vetikabiomassi kaalumist/toitainete lisamist; after – pärast kaalumist/toitainete lisamist).



Joonis 40. Lahustunud hapniku kontsentratsioon inkubatsioonimahutites.



Joonis 41. Hapniku küllastusprotsent inkubatsioonimahutites.



Joonis 42. Ulva biomassi nädalane juurdekasv inkubatsioonimahutites.

Eksperiment: Pihtla 2 seeria 1

Asukoht: Pihtla kalakasvatuse angaar.

Eksperimendi eesmärk: Selgitada välja optimaalne lisaväetiste kogus Ulva kultiveerimiseks.

Eksperimendi läbiviimise aeg: 09.06.2022 – 20.07.2022

Vetikamaterjali päritolu: Saaremaa sadama akvatoorium

Temperatuuritingimused: Tegemist on mitteköetava angaariga kus sisetemperatuur sõltub ilmastikutingimustest. Eksperimendiseeria käigus kõikus temperatuur 15,2 ja 20 kraadi vahel. Temperatuuri käik eksperimendi jooksul on ära toodud joonisel 43.

Soolsustingimused mahutites: Eksperimendi käigus soolsus tõusis kõikides mahutites. Kui eksperimendi alguses oli stardisoolsus 6-6,5 PSU vahel siis eksperimendi lõppedes oli soolsus tõusnud näitudeni 6,7-7,8 PSU. Soolsus eksperimendi käigus tõusis kõigis mahutites vee aurumise tõttu (Joonis 44).

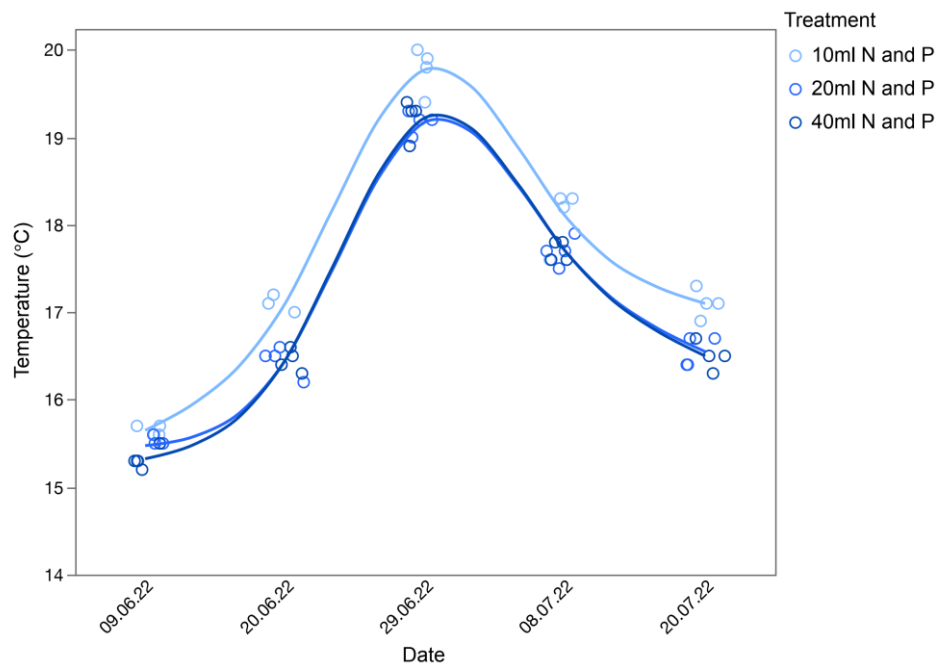
Valgustus: Kasutati ühte valgus režiimi: kolme Roleadro 60101145-2 valgustit iga inkubatsioonimahu kohta režiimis 12h-12h ja lisaks iga mahuti kohta kaks Luminofoorlampi Alter HC-ALF254M-T.

Toitainete dünaamika: Eksperimendis lisati kolmes koguses lisaväetist (vastavalt 10, 20 ja 40 ml nii lämmastiku kui fosforit). Selles katses võeti toitainete proovid enne lisaväetise lisamist. Kuna proovivõtu vahe oli tavaliselt üle nädala siis näitab toitainete dünaamika vaid toitainete ärastamise intensiivsust ja võib iseloomustada vetikabiomassi hetke seisundit. Lämmastikuühendid olid tavaliselt proovivõtu päevaks veest otsas vaatamata lisatud väetise hulgale (joonised 46 ja 48). Fosforit oli aga tavaliselt rohkem alles suurema väetise lisamise koguse puhul. (Joonis 45).

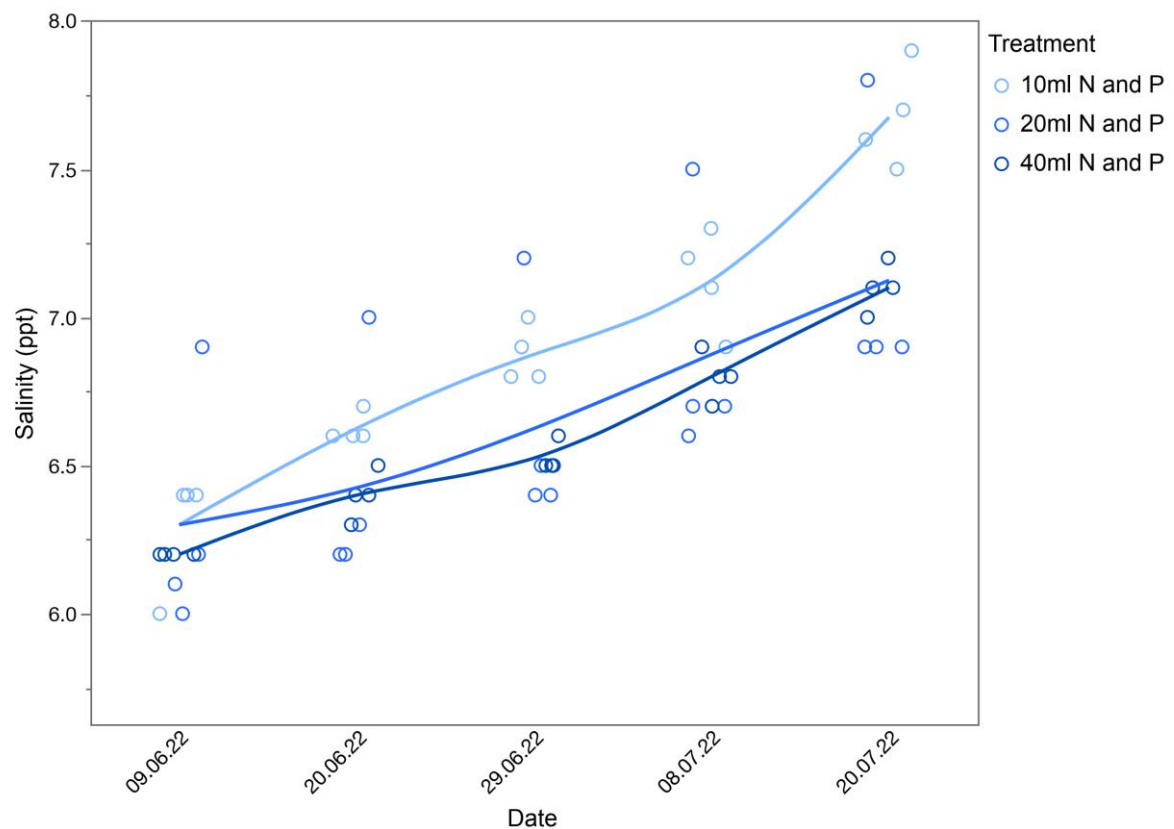
Hapnikutingimused mahutites: hapnikutingimused olid tavaliselt veidi paremad 10 ml seerias. See võib näidata aktiivsemat fotosünteesi (Joonised 49-50). see läheb kokku ka biomassi juurdekasvu hinnangutega.

Biomassi juurdekasvu dünaamika: Biomassi juurdekasvu andmed näitavad et stabiilselt säilis biomassi juurdekasv vaid 10 ml seeria puhul, kuigi eksperimendi lõpus ei olnud see väga suur. Ilmselt suuremad kontsentratsioonid pärssivad vetikabiomassi juurdekasvu antud temperatuuritingimustes. (Joonis 51).

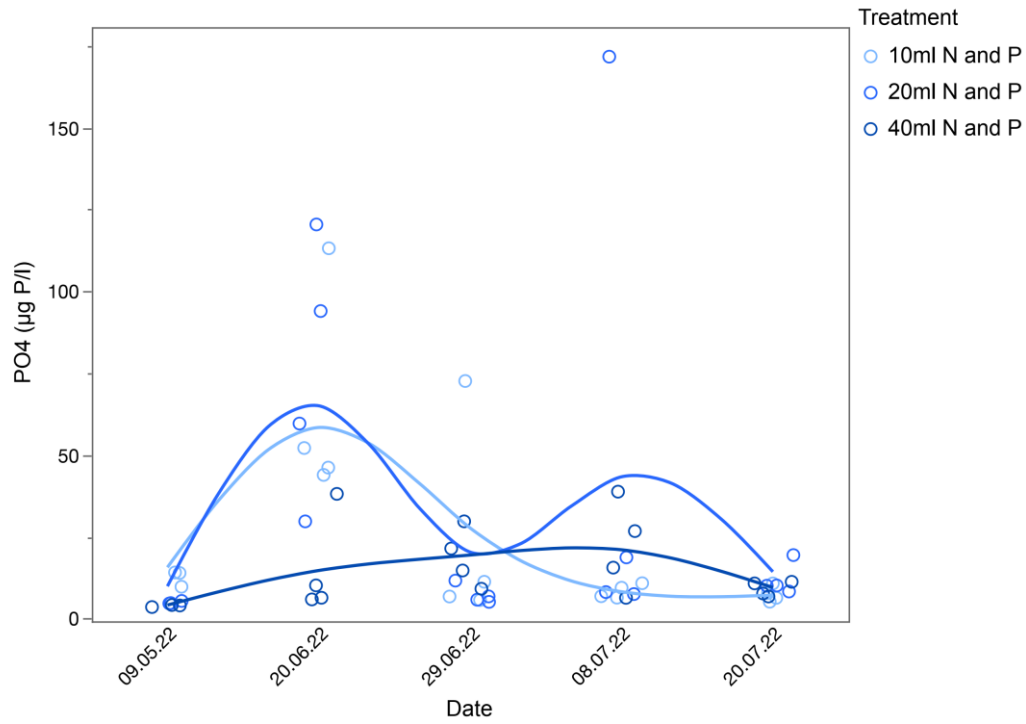
Eksperimendi tulemuste kokkuvõte: Selle eksperimendi tulemused näitavad, et sama lämmastiku ja fosfori proportsiooni puhul reageerib Ulva positiivse biomassi juurdekasvuna 10 ml väetiskogusele. Suuremad kogused tunduvad pärssivat biomassi juurdekasvu.



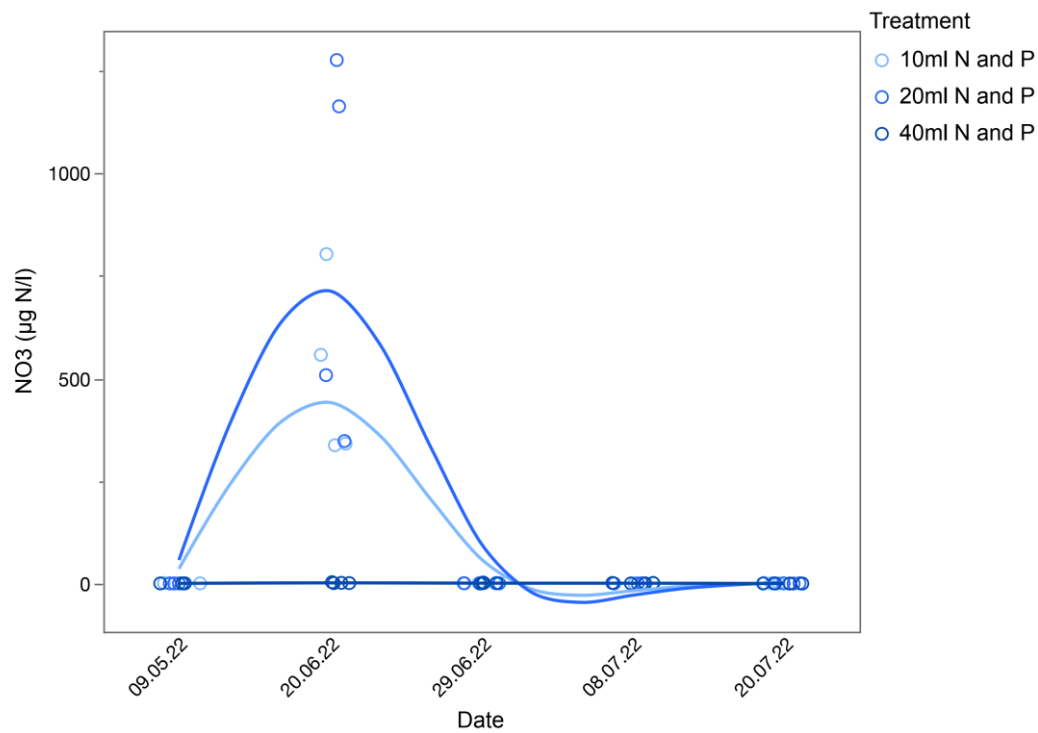
Joonis 43. Veetemperatuuri dünaamika inkubeerimismahutites eksperimendi ajal.



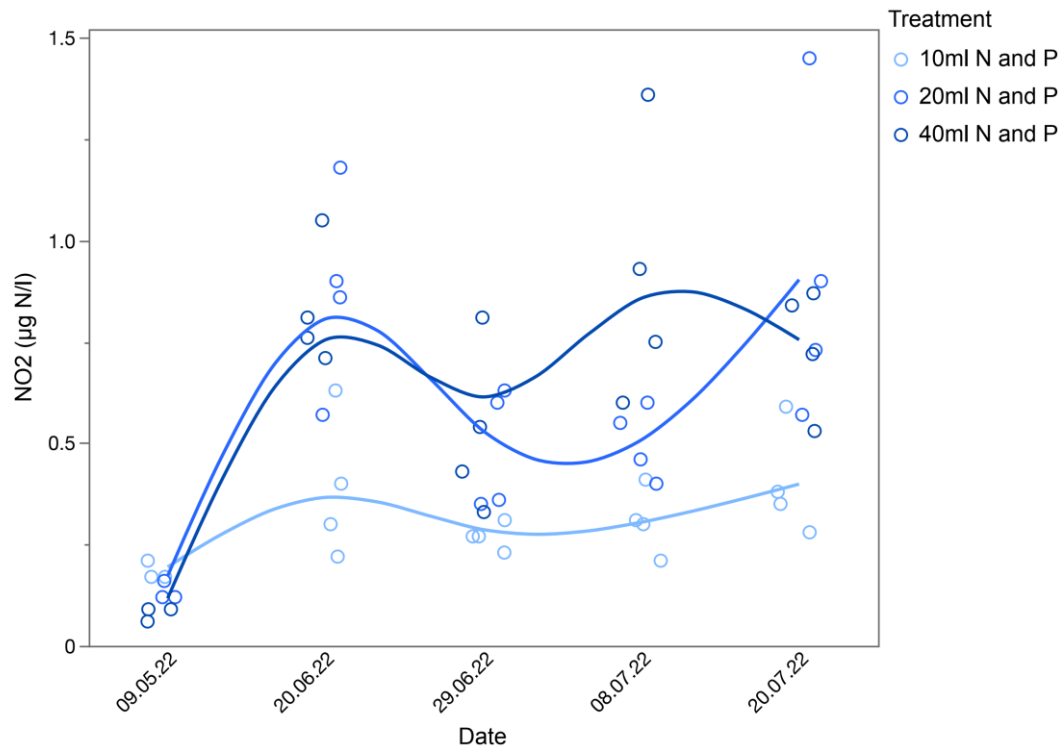
Joonis 44. Merevee soolsuse dünaamika inkubeerimismahutites.



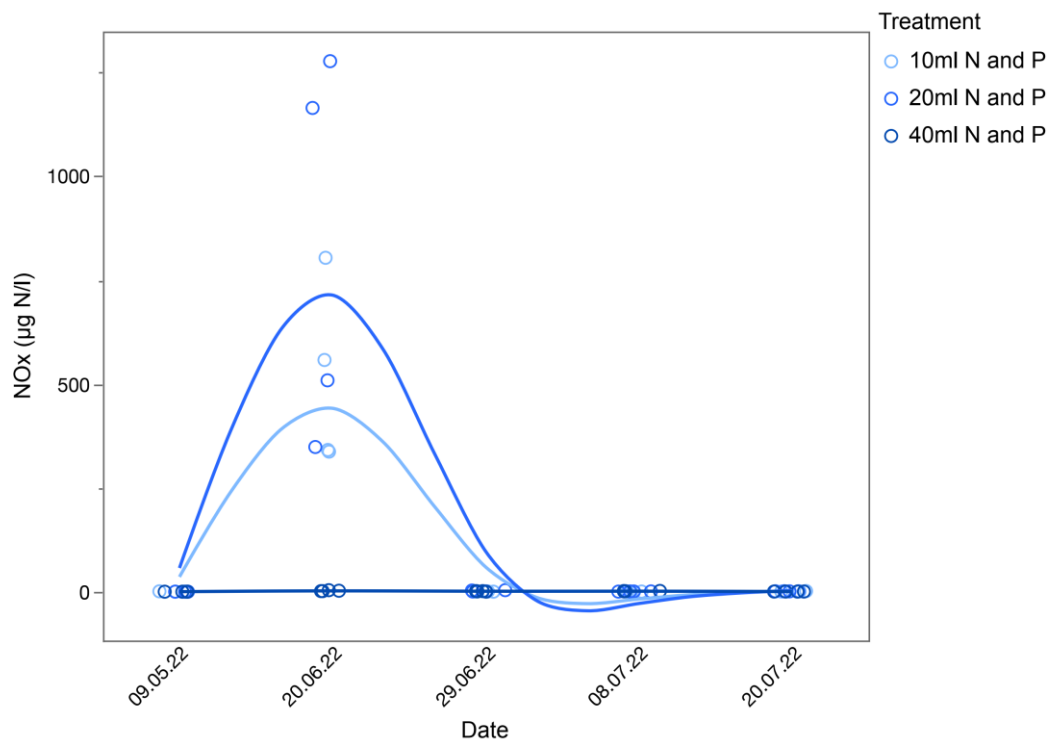
Joonis 45. Fosfaatide sisaldus inkubaatsioonimahutites.



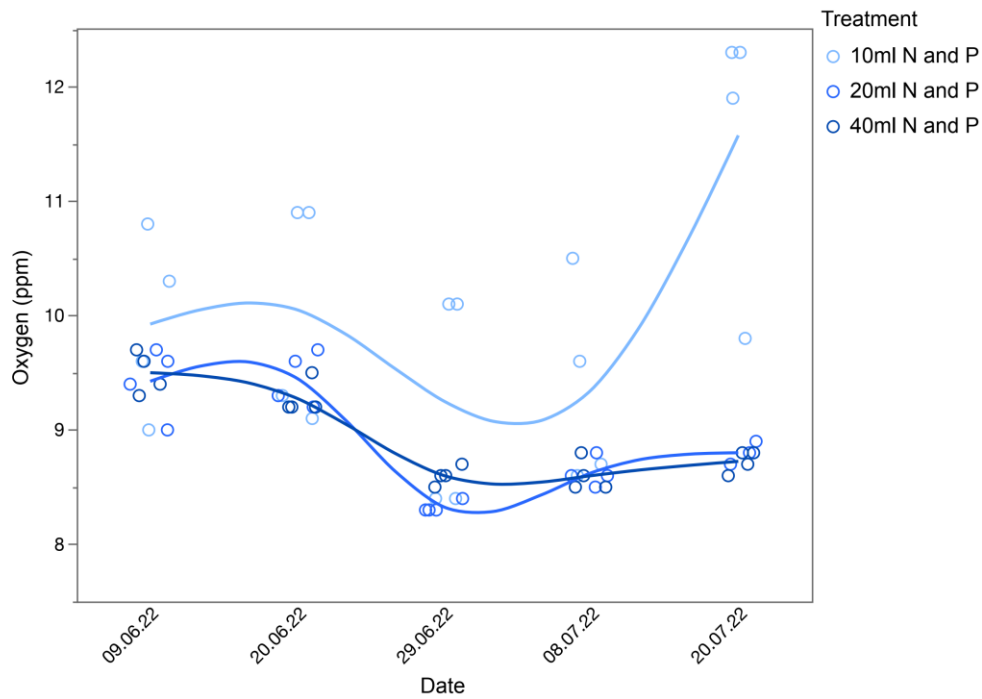
Joonis 46. Nitraatide kontsentratsioon inkubatsioonimahutites.



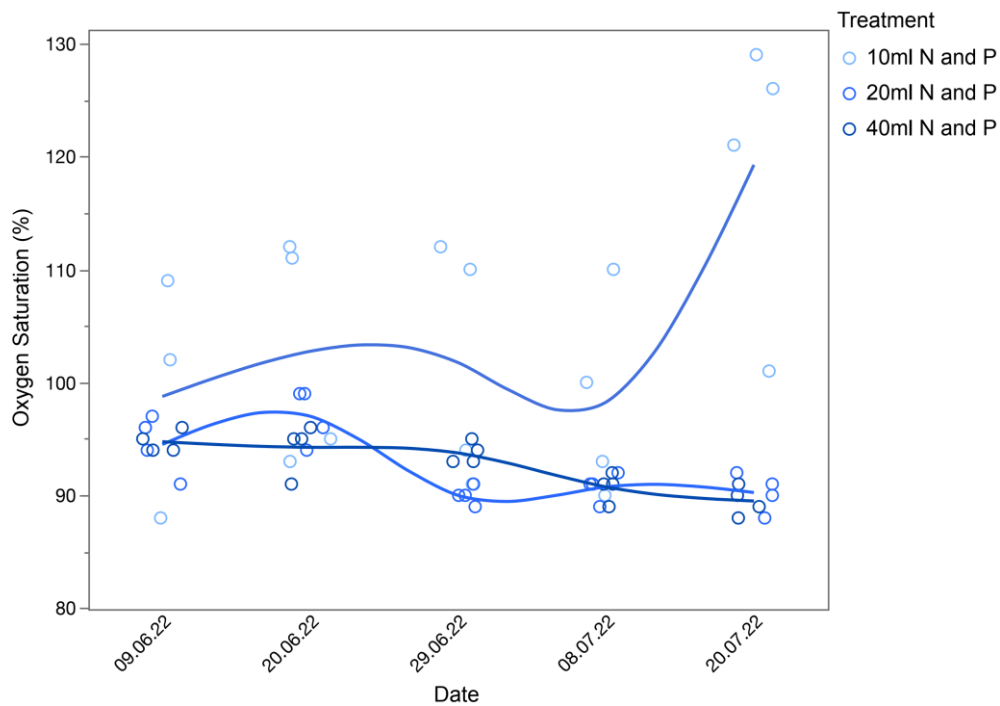
Joonis 47. Nitriti kontsentratsioon inkubatsioonimahutites.



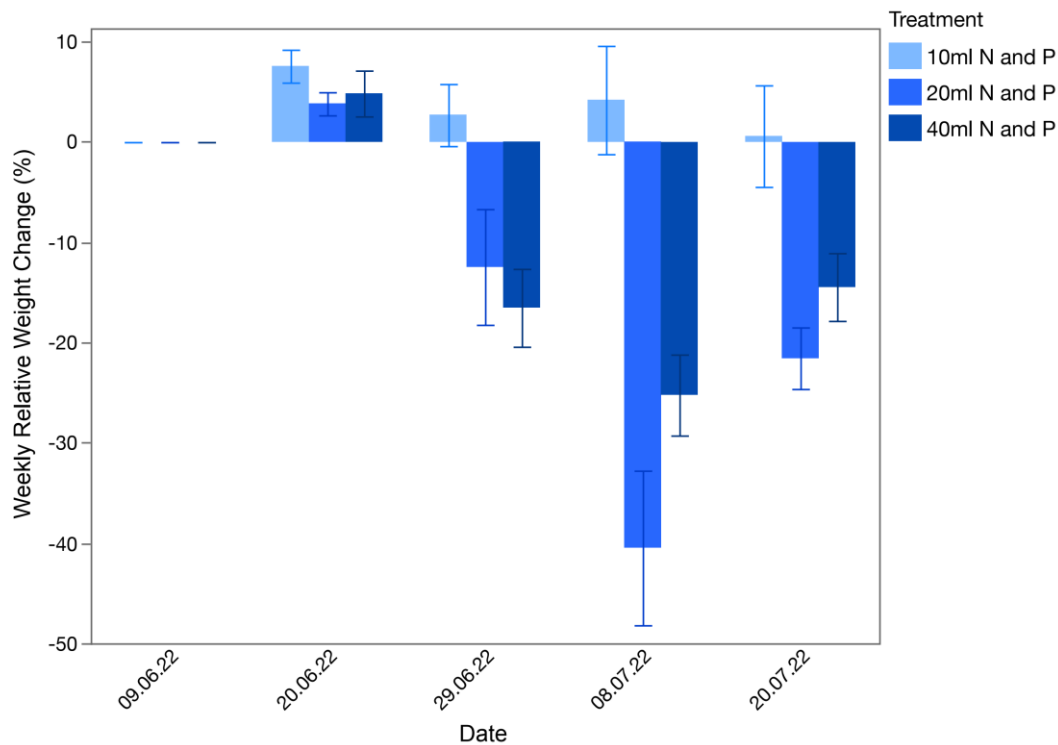
Joonis 48. NO_x kontsentratsioon inkubatsioonimahutites.



Joonis 49. Lahustunud hapniku kontsentratsioon inkubatsioonimahutites.



Joonis 50. Hapniku küllastusprotsent inkubatsioonimahutites.



Joonis 51. Ulva biomassi nädalane juurdekasv inkubatsioonimahutites.

Eksperiment: Pihkla 2 seeria 2

Asukoht: Pihkla kalakasvatuse angaar.

Eksperimendi eesmärk: Selgitada välja optimaalne lisaväetiste kogus Ulva kultiveerimiseks.

Eksperimendi läbiviimise aeg: 24.07.2022 – 08.09.2022

Vetikamaterjali päritolu: Saaremaa sadama akvatoorium

Temperatuuritingimused: Tegemist on mitteköetava angaariga kus sisetemperatuur sõltub ilmastikutingimustest. Suvistes tingimustes võis temperatuur angaaris tõusta oluliselt. Eksperimendiseeria käigus kõikus temperatuur 15 ja 18,5 kraadi vahel. Temperatuuri käik eksperimendi jooksul on ära toodud joonisel 52.

Soolsustingimused mahutites: Eksperimendi käigus soolsus tõusis kõikides mahutites. Kui eksperimendi alguses oli stardisoolsus 5,25-7,5 PSU vahel siis eksperimendi lõppedes oli soolsus tõusnud näitudeni 5,8-8,5 PSU. Soolsus eksperimendi käigus tõusis kõigis mahutites vee aurumise tõttu (Joonis 53).

Valgustus: Kasutati ühte valgus režiimi: kolme Roleadro 60101145-2 valgustit iga inkubatsioonimahuti kohta režiimis 12h-12h ja lisaks iga mahuti kohta kaks Luminofoorlampi Alter HC-ALF254M-T.

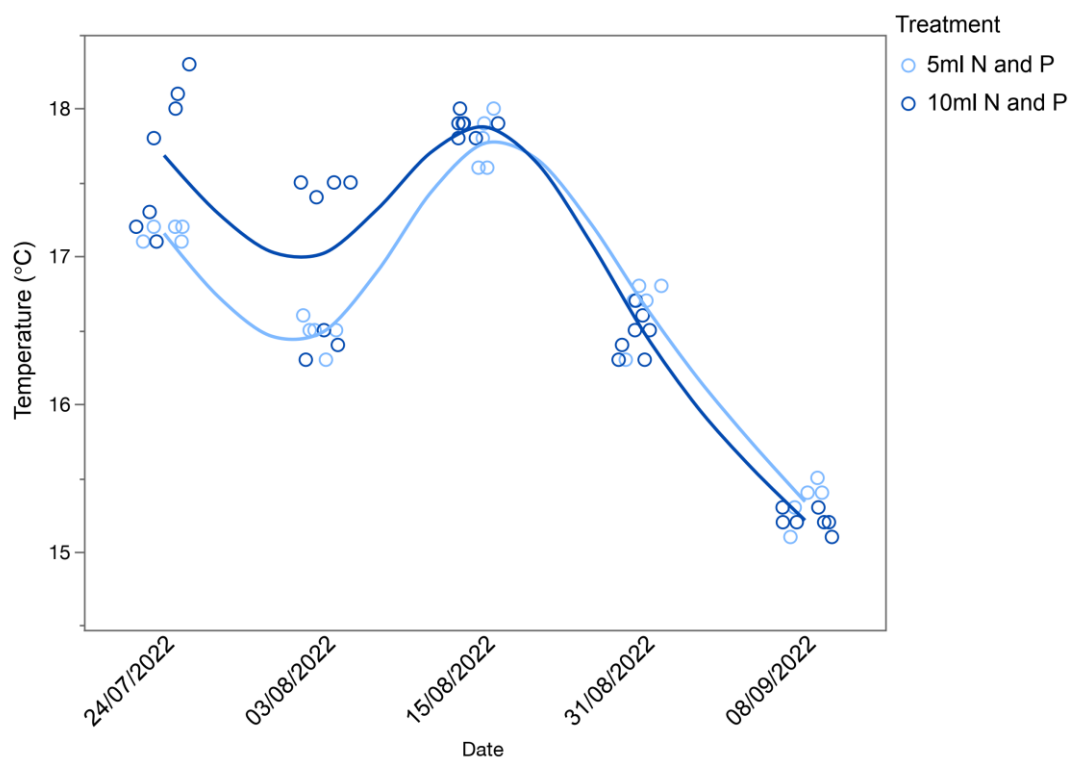
Toitainete dünaamika: Eksperimendis lisati kahes koguses lisaväetist (vastavalt 5 ja 10 ml nii lämmastiku kui fosforit). Selles katses võeti toitainete proovid enne lisaväetise lisamist.

Ekspirimendi stardil olid nii fosfori kui lämmastiku kontsentratsioonid vees kõrgemad. Kuna proovivõtu vahe oli tavaliselt üle nädala siis näitab toitainete dünaamika vaid toitainete ärastamise intensiivsust ja võib iseloomustada vetikabiomassi hetke seisundit. Lämmastikuühendid olid tavaliselt proovivõtu päevaks veest otsas vaatamata lisatud väetise hulgale (joonised 55, 56 ja 57). Mõlemat, nii fosforit kui lämmastikku oli aga tavaliselt rohkem alles suurema väetise lisamise koguse puhul. (Joonis 54).

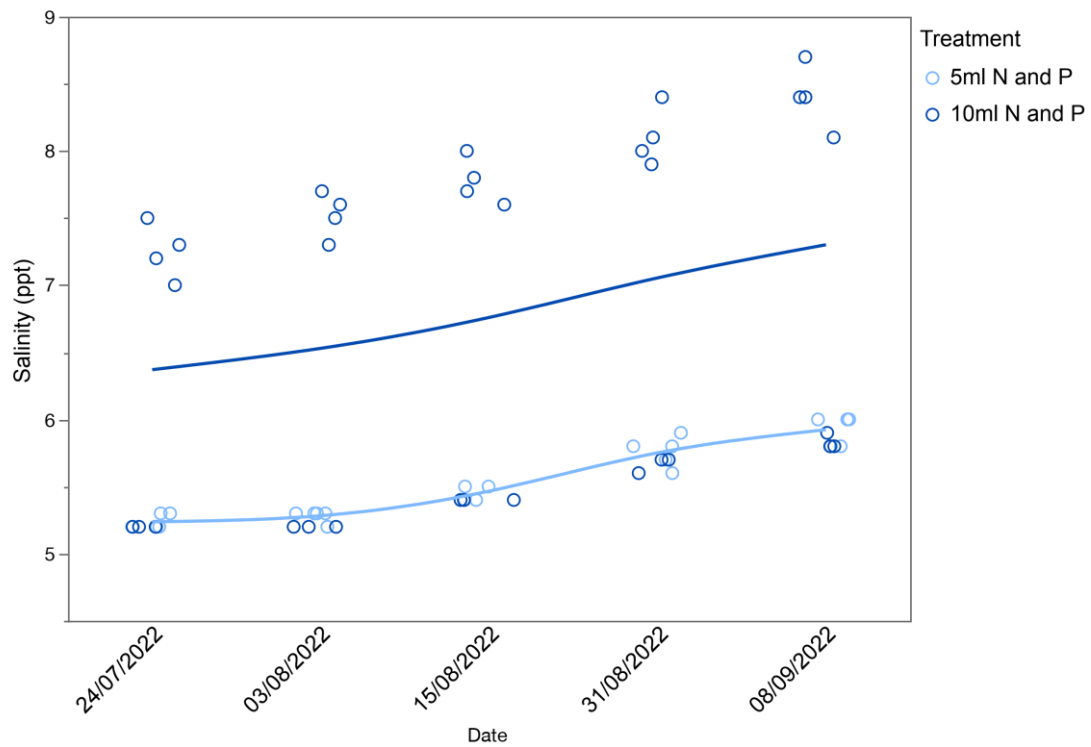
Hapnikutingimused mahutites: hapnikutingimused olid tavaliselt veidi paremad 10 ml seerias. Samas see erinevus teise seeriaga ei olnud statistiliselt oluline (Joonis 58 ja 59).

Biomassi juurdekasvu dünaamika: Selles eksperimendis säilis positiivne juurdekasv vaid esimeste mõõtmiste käigus. Kaks viimast mõõtmist näitasid vetikabiomassi lagunemist. Nendel juhtudel, kui positiivne juurdekasv oli olemas oli see suurem 5 ml seerias (Joonis 60).

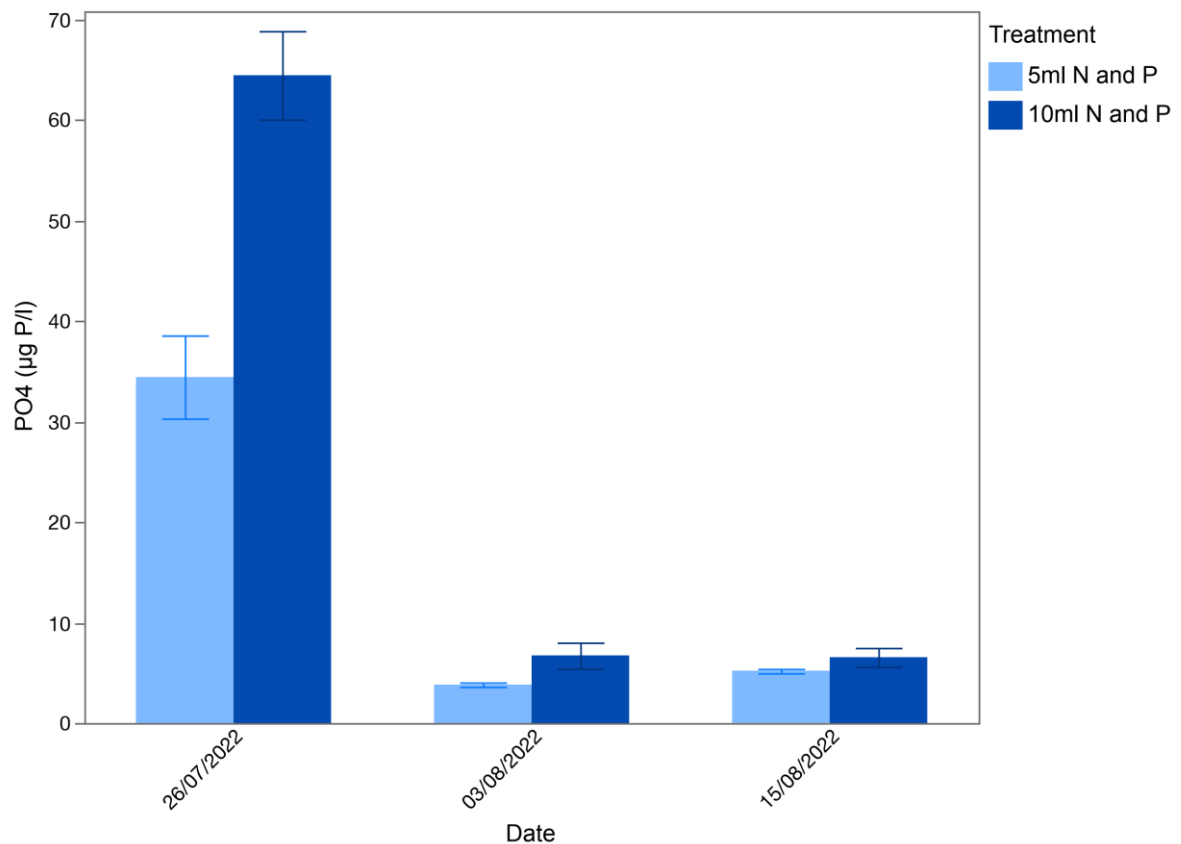
Ekspirimendi tulemuste kokkuvõte: Selle eksperimendi käigus ei õnnestunud kirjeldada stabiilset biomassi kasvu pikema aja jooksul. Mõlemad listaud väetise kogused ei parandanud oluliselt juurdekasvu. Põhjendus võib olla kasutatud vetikamaterjali füsioloogilises seisundis.



Joonis 52. Veetemperatuuri dünaamika inkubeerimismahutites eksperimendi ajal.

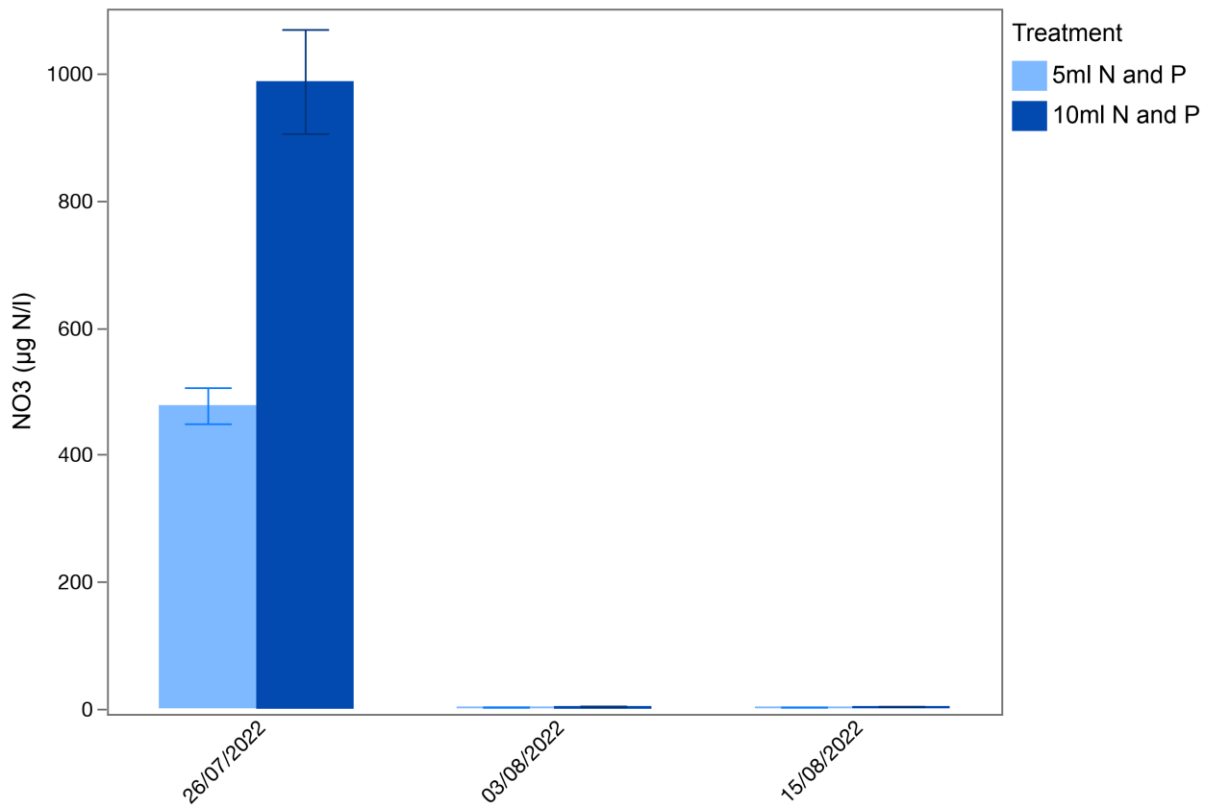


Joonis 53. Merevee soolsuse dünaamika ikubeerimismahutites.

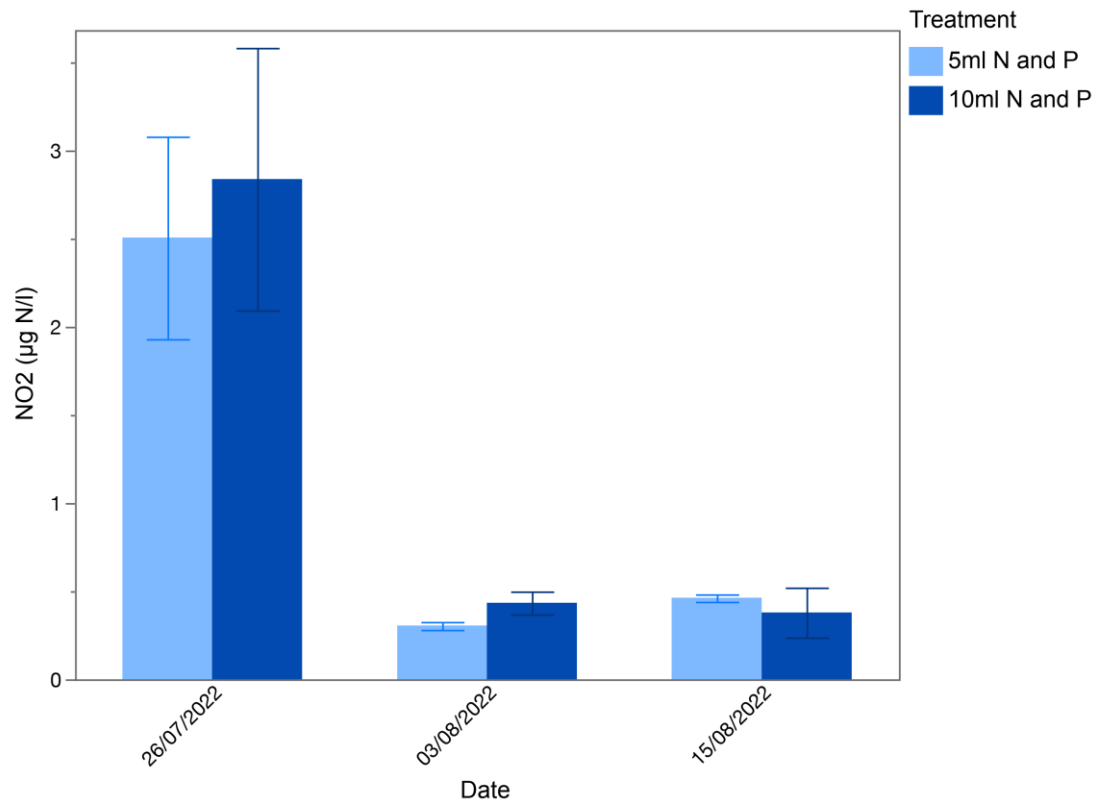


Each error bar is constructed using 1 standard error from the mean.

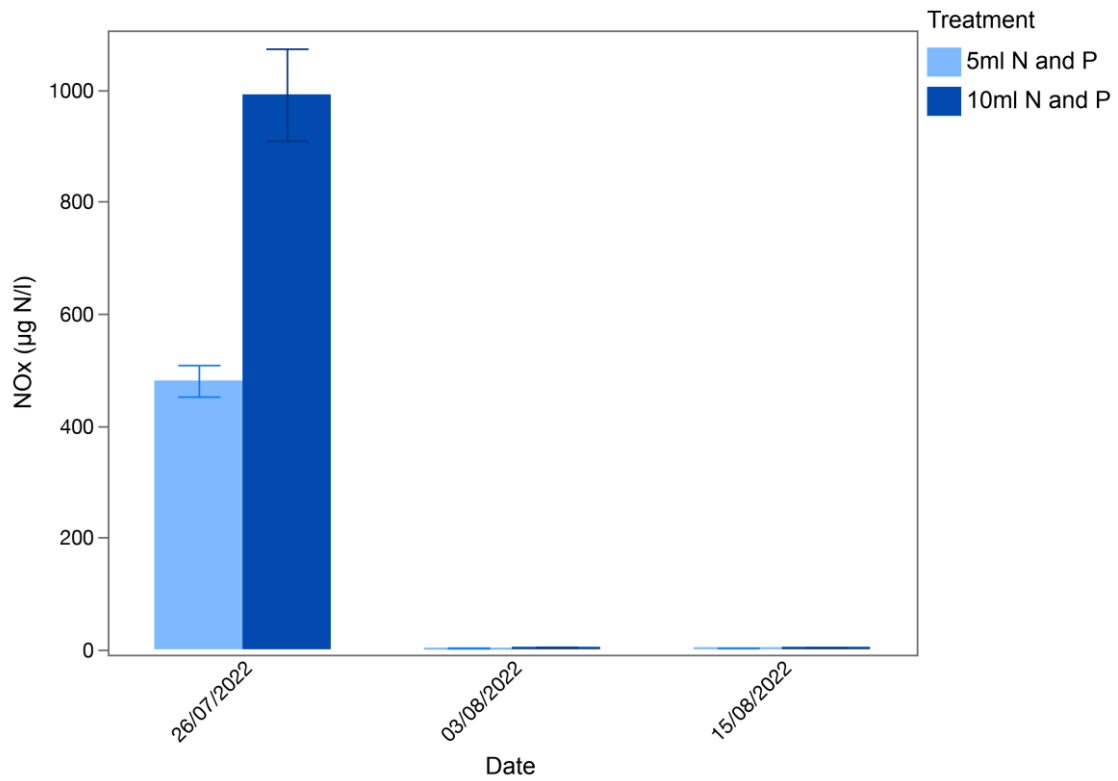
Joonis 54. Fosfaatide sisaldus inkubaatsioonimahutites.



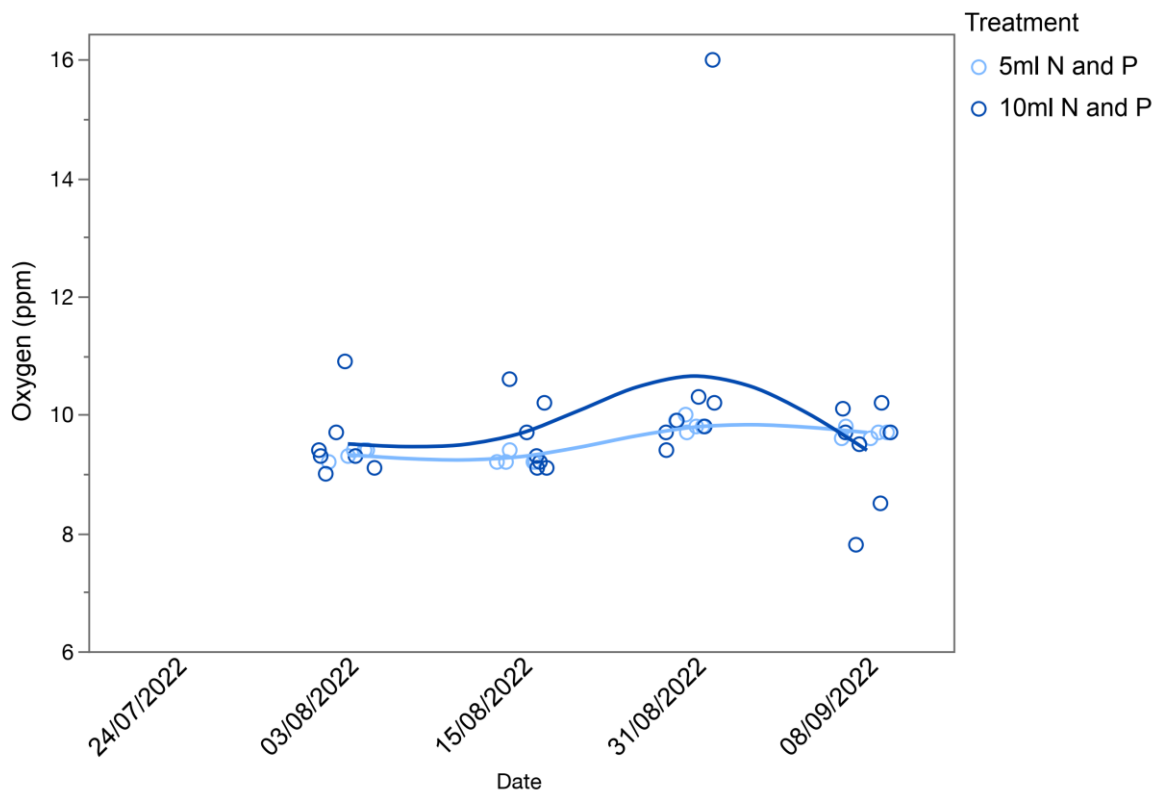
Joonis 55. Nitraatide kontsentratsioon inkubatsioonimahutites.



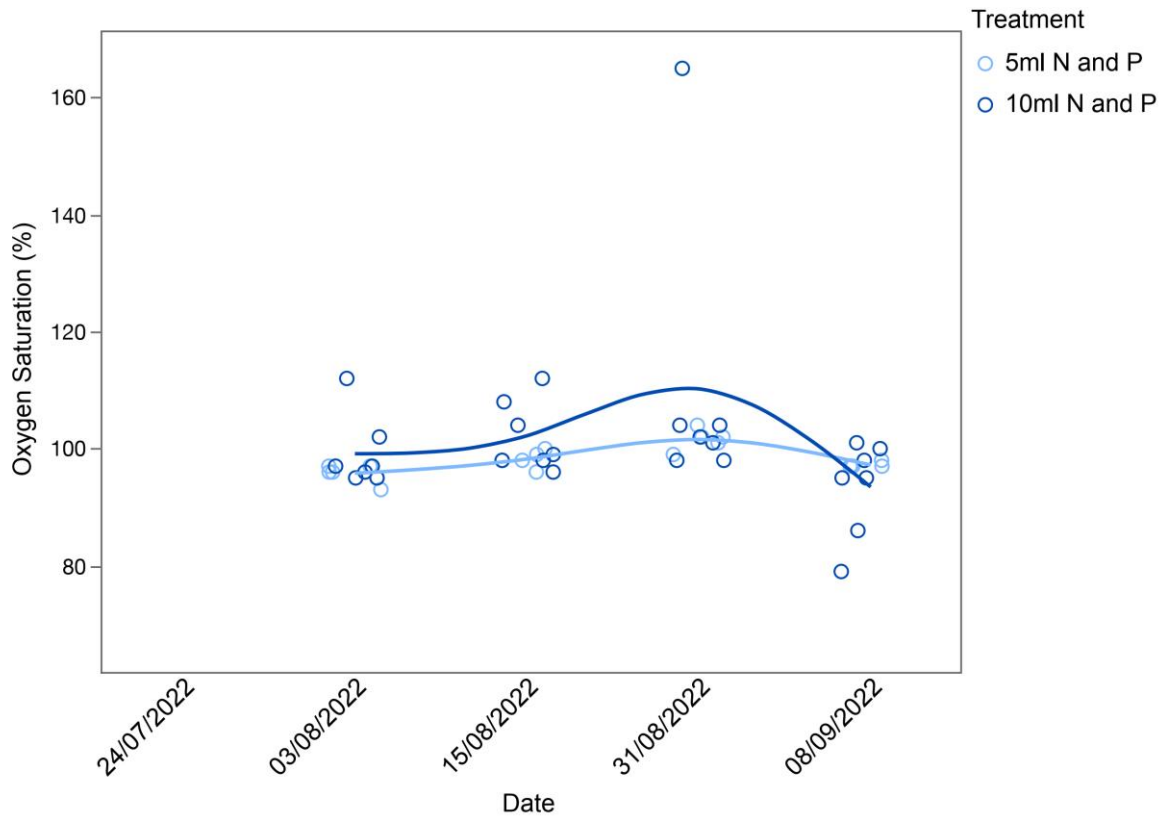
Joonis 56. Nitriti kontsentratsioon inkubatsioonimahutites.



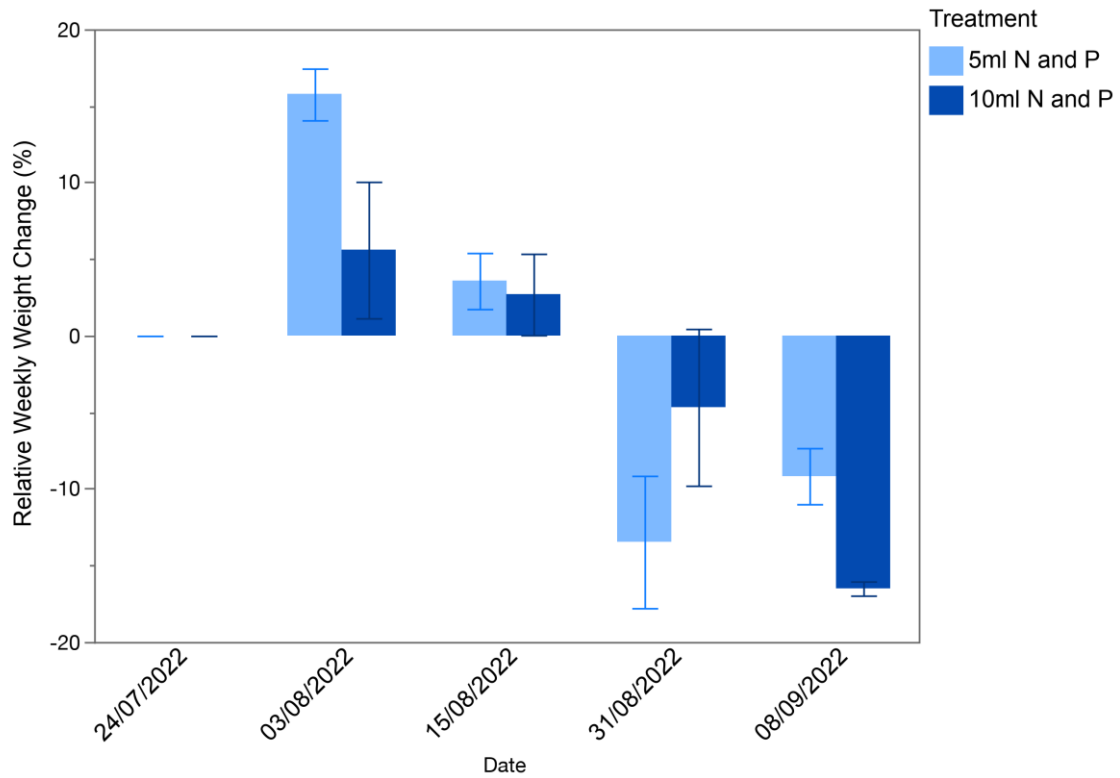
Joonis 57. NOx kontsentratsioon inkubatsioonimahutites.



Joonis 58. Lahustunud hapniku kontsentratsioon inkubatsioonimahutites.



Joonis 59. Hapniku küllastusprotsent inkubatsioonimahutites.



Joonis 60. Ulva biomassi nädalane juurdekasv inkubatsioonimahutites.

Ulva biomassi väärimise võimalused/Possibilities of the valuation of the Ulva biomass

Projekti käigus viidi läbi kirjanduse põhine analüüs kultiveeritud Ulva biomassi kasutusvõimaluste kohta. Kõikidest võimalikest kultiveeritud Ulva biomassi kasutusviisidest on kõige kulutõhusam selle materjali kasutamine inimtoiduks. Sellise kasutuse puhul on mitmeid soodsaid faktoreid:

- Võimalus saavutada kõige kõrgem majanduslik tasuvus
- Turg on olemas nii Euroopas kui ka väljaspool Euroopat (eriti arenenud turg Aasias)
- Turg põhja-Euroopas on küll veel välja arenemata, samas on suur potentsiaal ning turule sisenejal on teerajaja võimalused

Sellise Ulva biomassi kasutuse puhul on ka negatiivsed faktorid:

- Tehnoloogia kultiveerimiseks ja vetikabiomassi töötlemiseks ei ole kohapeal katsetatud
- Puudub kohapealne turg
- Võimalikud probleemid seoses keskkonnaga/saastatusega
- Inimtoiduks kultiveeritava materjali sanitaarsed nõuded

Inkubeeritud Ulva toiteväärtus ja võimalikud piirangud inimtoiduks kasutamiseks.

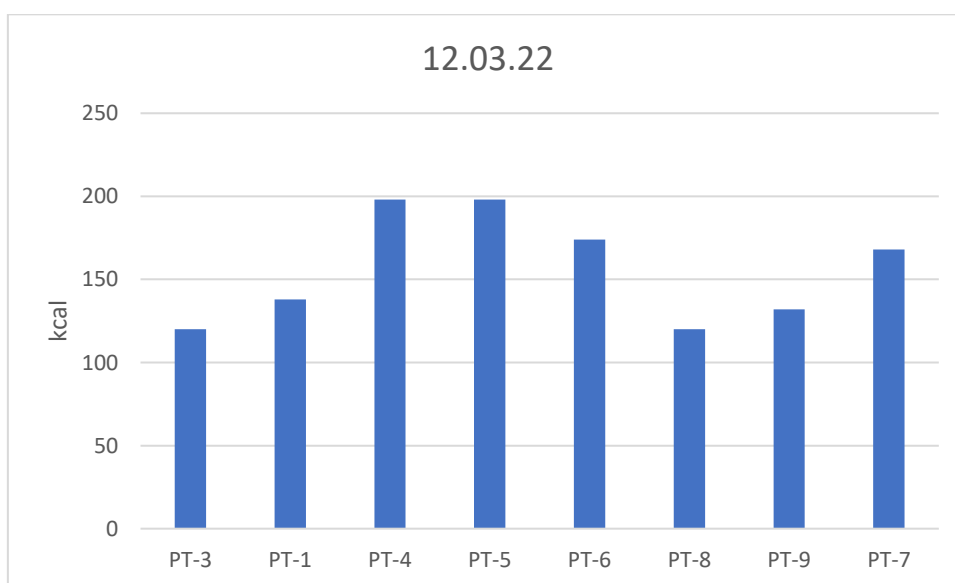
Kirjanduses leidub hulgaliselt näiteid Ulva kasutuse kohta inimtoiduks mõeldud toodetes. Ulva toiteväärtuse kohta on ka erinevaid andmeid (Tabel 1). Meie eksperimendis kultiveeritud Ulva Terviseameti laboris teostatud toiteväärtuse analüüsid näitasid järgmist (analüüsi protokollid LISAs):

Tabel 1. Ulva toiteväärtus (allikad: Dominguez 2019; Kraan 2013; Moustafa 2015)

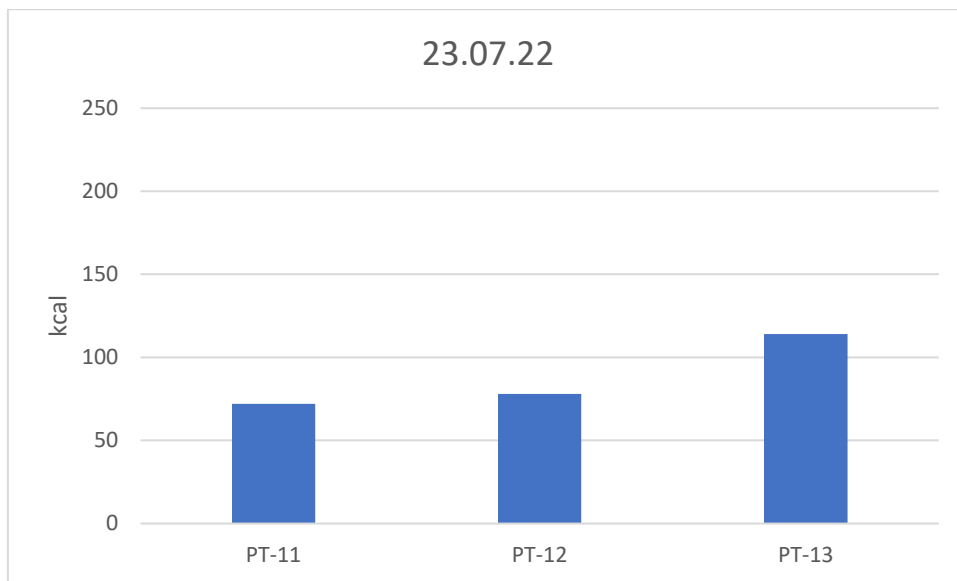
	Sisaldus	Spetsifikatsioon	Bioloogiline aktiivsus, kommentaarid
Valgud	10-47 %	Aminohapped: 22% Glu & Asp, 30-40% kõik AH (v.a. trp)	AH koostis sarnane sojale või kanamunadele
Süsivesikud ja kiudained	Kuni 60%	Põhiliselt ained nagu ulvan, tselluloos	Probiootilised ained, immunomodulaatorid, hepatoprotective, viirusevastased, antioksidandid, vähivastased omadused
rasv	1-3%	Rikkad oomega3-PUFA ja MUFA	Südame ja veresoonkonna haiguste ennetamine
Mineraalained (tuhk)	7-38%	Palju Ca, K, Mg, Fe	Füsioloogiliselt vajalikud ained
Jood	20-240 ppm	RDI 0,15 mg/päevas	Kõige madalama joodisisaldusega

			merevetikas, turvaline inimtoiduks
B-carotiin	310 ppm		Antioksidant, antimicrobial
Vitamiin E	19-1071 ppm		Antioksidant
Vitamiin C	2,4-9420 ppm		Antioksidant

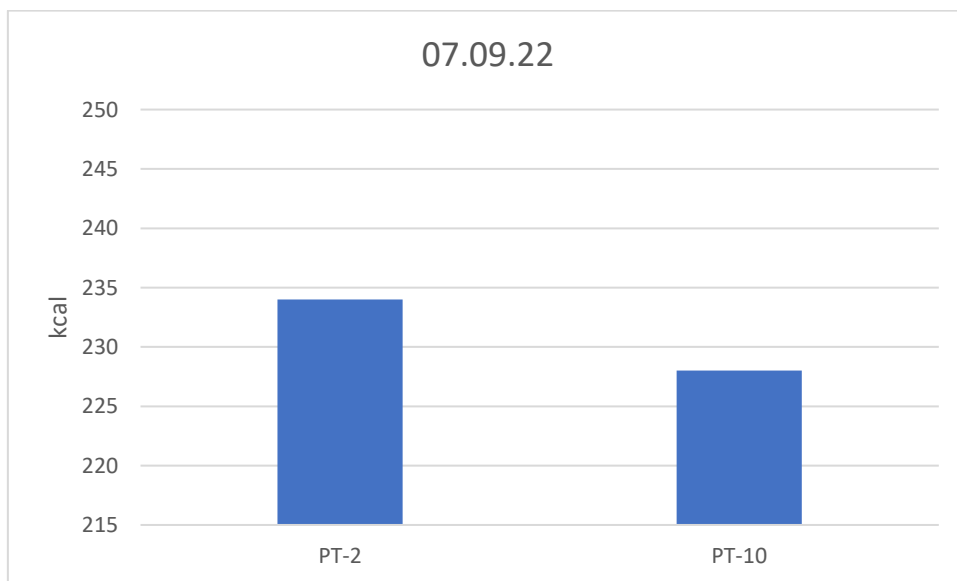
- Energeetiline sisaldus vastab üldjoontes kirjanduses ära toodud väärtustele ja sarnaste, turul olevate toodetele. Kui vaadelda eraldi eri aastaegadel kultiveeritud materjali siis kõige kõrgem on energeetiline sisaldus hilissuvel või sügisel inkubeeritud materjalis (Joonised 61-63).
- Kuivaine sisaldus oli samuti kõrgeim sügisese kultiveerimise saadustes (Joonised 64-66).
- Valgusisaldus oli kõigil aastaegadel inkubeeritud materjalis üsna sarnane – 3-6 g/100g kuivkaalu kohta (Joonised 64-66).
- Süsivesikute sisalduse poolest on rikkamad talvel ja sügisel kultiveeritud materjal, sisaldus kuni 50 g/100g kuivkaalu kohta (Joonised 64-66).



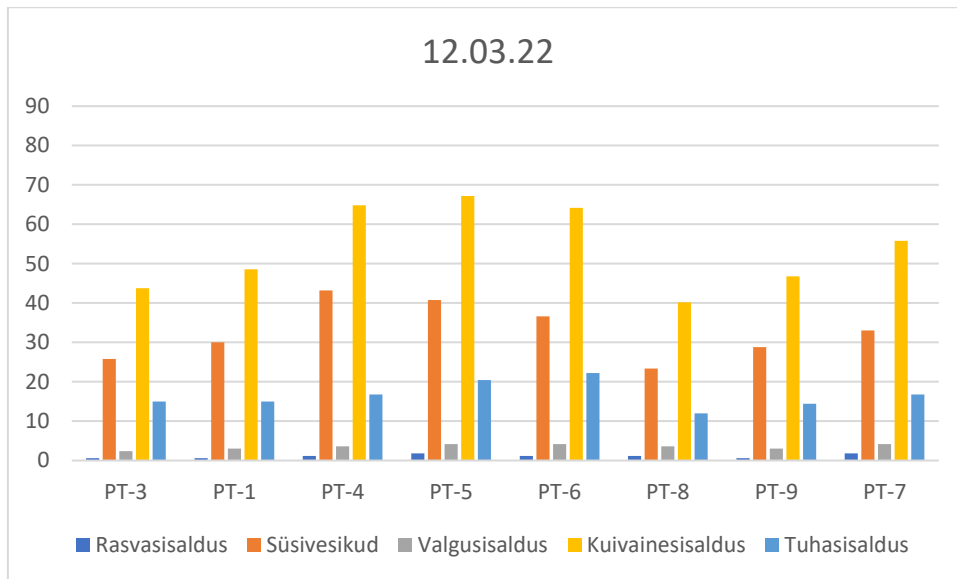
Joonis 61. Inkubeeritud Ulva energeetiline sisaldus pärast talvist inkubeerimist.



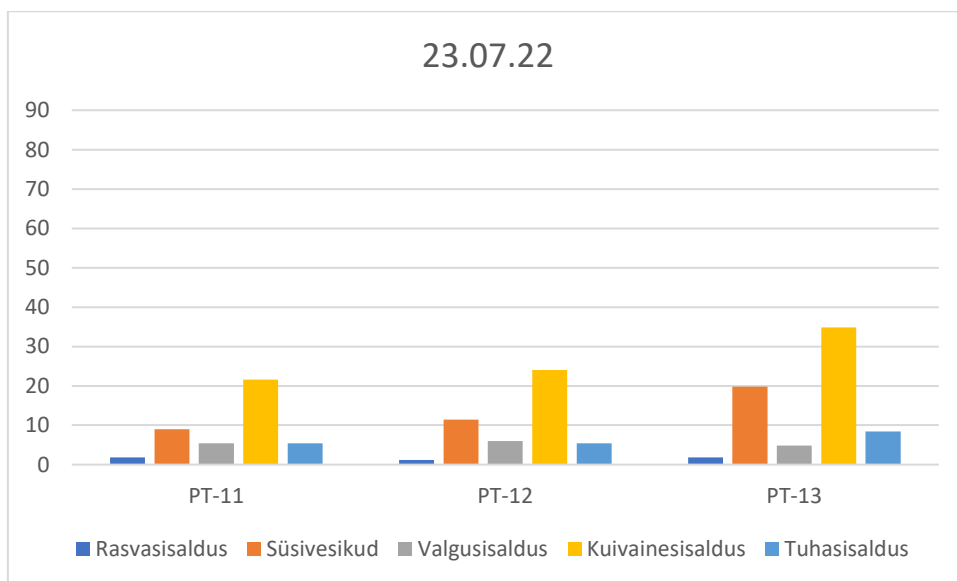
Joonis 62. Inkubeeritud Ulva energetiline sisaldus pärast suvist inkubeerimist.



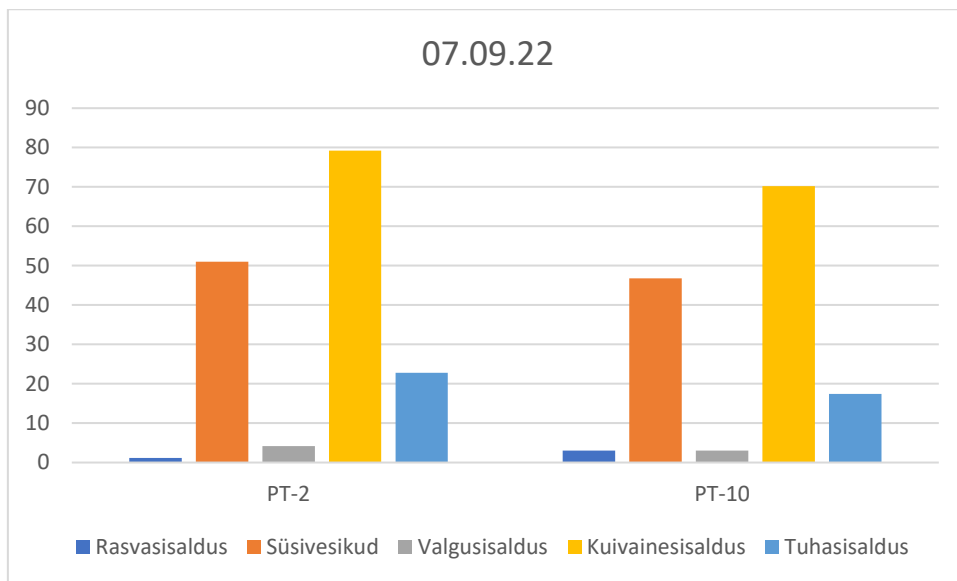
Joonis 63. Inkubeeritud Ulva energetiline sisaldus pärast sügisest inkubeerimist.



Joonis 64. Inkubeeritud Ulva toiteväärtust iseloomustavad parameetrid pärast talvist inkubeerimist. (väärtused on antud g/100g kuivkaalu kohta).



Joonis 65. Inkubeeritud Ulva toiteväärtust iseloomustavad parameetrid pärast suvist inkubeerimist. (väärtused on antud g/100g kuivkaalu kohta).



Joonis 66. Inkubeeritud Ulva toiteväärtust iseloomustavad parameetrid pärast sügisest inkubeerimist. (väärtused on antud g/100g kuivkaalu kohta).



Foto 12. Ulvat sisaldavad inimtoiduks mõeldud toodete näidised. Vetikaid sisaldav pesto, võileivamoos. Toodetud Prantsusmaal.



Foto 13. Kuivatatud Ulva lehed. Mõeldud kasutamiseks salatites, garneeringus, kastmetes ja lihatoitude maitsestamiseks. Toodetud Portugalis.



Foto 14. Ulvat sisaldav pasta. Ulva sisaldus kuni 30% kuivainest. Toodetud Prantsusmaal.



Foto 15. Vetikapulber. Kasutamiseks kastmetes, smuutides, pastarogade maitsestamiseks jne.



Foto 16. Pihkla eksperimendis kasvatatud Ulva ettevalmistus kasutamiseks salatis 2021 aasta augustis Saaremaal, Kõiguste välibaasis toimunud Eesti mereinstituudi ekspeditsiooni välitööde ajal.



Projekti tulemuste kokkuvõte ja tuleviku uuringuvajadused/Summary of the project results and future research needs

Tulemuste kokkuvõte:

- *Ulva intestinalis* L. on kohalik liik mida on võimalik mahutites edukalt kasvatada. Kasvatatava kultuuri esmane populatsioon tuleb koguda loodusest soovivatult kevadel või hilissuvisel ajal.
- Liiki on edukalt võimalik hoida kultuuris aastaringselt, kui on tagatud vajalikud tingimused.
- Mahutites kasvatamiseks peab olema tagatud intensiivne aereerimine ja pidev toitainete kättesaadavus. Intensiivse kasvu ajal tarbitakse vabad toitained veekeskonnast väga kiiresti (tundide ja päevadega). Lisaväetamine peab toimuma pidevalt/lühikese intervalliga ja mõõdukamates kogustes. Väetise liiga kõrge kontsentratsioon pärsib *Ulva* kasvu.
- *Ulva* kultiveerimine vajab head valgustatust, sobivad erinevad kasvuhoonete jaoks mõeldud valgustid. PARi kogus võiks olla 0,25-0,5 keskpäevasest annusest ja pimedavalge aja suhe 12/12 või 14/10.
- Temperatuurilt eelistab see liik pigem madalamaid temperatuure. Parim kasv toimus vahemikus 12-16 kraadi C.
- Inkubeerimiseks saab kasutada nii merevett kui meresoolaga töödeldud magevett. Merevee kasutamisel tuleb vesi eelnevalt steriliseerida. Soolsus võib olla 4-7 PSU.
- Maksimaalsed biomassi juurdekasvu kiirused saavutati 24-30% nädalas. Parimal juhul säilis selline juurdekasvu kiirus mitu kuud.
- Inkubeerimiseks kasutatavad süsteemid ei pea olema läbivoolusüsteemid. Veevahetust võib teostada korra nädalas kuni korra kuus (sõltub vetikamaterjali ja vee ruumala suhtest).

Edasised uuringuvajadused:

- Kirjanduse andmetel sõltub *Ulva* juurdekasvu kiirus ka konkreetsest vetika tüübist (mitte ainult liigist). Seega kultiveerimiseks sobivad liinid tuleks eelnevalt välja selekteerida ka kultuuris säilitada. See vajab eraldi tegevusi ja võib võtta aega mitu hooaega.
- *Ulva* kasutamise majanduslikult kõige tasuvam viis on selle kasutamine inimtoiduks kuid ka muude kasutusliikide puhul võib see olla kasumlik. See aspekt vajab Eesti tingimustes veel eraldi süvenemist.
- *Ulva* masskultiveerimiseks tuleks eraldi tegeleda mahutite disainiga. Kultiveerimine vabas õhus ja kinnises ruumis vajavad erinevat lähenemist. See aga vajab investeringud katsemahutitesse. Käesoleva lühiajalise ja mahult piiratud projekti raames sellene tegevus ei mahtunud ja kasutati eelnevatest projektides kasutatud mahuteid, mis ei pruugi olla optimaalsed.



Kasutatud kirjandus/Used literature

Agarwal, A., Mhatre, A., Pandit, R., & Lali, A. M. (2020). Synergistic biorefinery of *Scenedesmus obliquus* and *Ulva lactuca* in poultry manure towards sustainable bioproduct generation. *Bioresource Technology*, 297, 122462.

Ak, İ., & Türker, G. (2019). Free Radical Scavenging Activity and Biochemical characteristics of *Ulva rigida* (Ulvophyceae) and *Arthrospira platensis* (Cyanophyceae). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(sp1), 145-149.

Bolton, J., Robertson-Andersson, D., Shuuluka, D., & Kandjengo, L. (2009). Growing *Ulva* (Chlorophyta) in integrated systems as a commercial crop for abalone feed in South Africa: A SWOT analysis. *Journal of Applied Phycology*, 21(5), 575-583.

Bruhn, A., Dahl, J., Nielsen, H. B., Nikolaisen, L., Rasmussen, M. B., Markager, S., Olesen, B., Arias, C., & Jensen, P. D. (2011). Bioenergy potential of *Ulva lactuca*: Biomass yield, methane production and combustion. *Bioresource technology*, 102(3), 2595-2604.

Cyrus, M. D., Bolton, J. J., & Macey, B. M. (2015). The role of the green seaweed *Ulva* as a dietary supplement for full life-cycle grow-out of *Tripneustes gratilla*. *Aquaculture*, 446, 187-197.

Cyrus, M., Bolton, J., Scholtz, R., & Macey, B. (2015). The advantages of *Ulva* (Chlorophyta) as an additive in sea urchin formulated feeds: Effects on palatability, consumption and digestibility. *Aquaculture Nutrition*, 21(5), 578-591.

FAO. (2021). Global seaweed and microalgae production, 1950-2019. World Aquaculture Performance Indicators (WAPI) factsheet. 172 pp. www.fao.org/3/cb4579en/cb4579en.pdf

Ferdouse, F., Løvstad Holdt, S., Smith, R., Murúa, P., & Yang, L. (2018). The global status of seaweed production, trade and utilization. *Globefish Research Programme Volume 124*.

Figuerola, F. L., Israel, A., Neori, A., Martínez, B., Malta, E., Ang Jr, P., Inken, S., Marquardt, R., & Korbee, N. (2009). Effects of nutrient supply on photosynthesis and pigmentation in *Ulva lactuca* (Chlorophyta): Responses to short-term stress. *Aquatic Biology*, 7(1-2), 173-183.

Kazir, M., Abuhassira, Y., Robin, A., Nahor, O., Luo, J., Israel, A., Golberg, A., & Livney, Y. D. (2019). Extraction of proteins from two marine macroalgae, *Ulva* sp. and *Gracilaria* sp., for food application, and evaluating digestibility, amino acid composition and antioxidant properties of the protein concentrates. *Food Hydrocolloids*, 87, 194-203.

Kazir, M., Gurevich, D., Groobman, A., Prabhu, M., Israel, Á., Golberg, A., & Livney, Y. D. (2021). Physicochemical, rheological and digestibility characterization of starch extracted from the marine green macroalga *Ulva ohnoi*. *Food Hydrocolloids*, 120, 106892.

Koch M, Bowes G, Ross C, Zhang XH (2013) Climate change and ocean acidification effects on seagrasses and marine macroalgae. *Global change biology* 19: 103-132.

Marques, F., Lopes, D., da Costa, E., Conde, T., Rego, A., Ribeiro, A. I., Abreu, M. H., & Domingues, M. R. (2021). Seaweed Blends as a Valuable Source of Polyunsaturated and Healthy Fats for Nutritional and Food Applications. *Marine Drugs*, 19(12), 684.



Masasa, M., Kushmaro, A., Kramarsky-Winter, E., Shpigel, M., Barkan, R., Golberg, A., Kribus, A., Shashar, N., & Guttman, L. (2021b). Mono-specific algal diets shape microbial networking in the gut of the sea urchin *Tripneustes gratilla elatensis*. *Animal microbiome*, 3(1), 1–21.

Moreira, A. S., da Costa, E., Melo, T., Lopes, D., Pais, A. C., Santos, S. A., Pitarma, B., Mendes, M., Abreu, M. H., Collén, P. N., & others. (2021). Polar lipids of commercial *Ulva* spp. Of different origins: Profiling and relevance for seaweed valorization. *Foods*, 10(5), 914.

Msuya, F. E., & Neori, A. (2008). Effect of water aeration and nutrient load level on biomass yield, N uptake and protein content of the seaweed *Ulva lactuca* cultured in seawater tanks. *Journal of Applied Phycology*, 20(6), 1021-1031.

Msuya, F. E., & Neori, A. (2010). The performance of spray-irrigated *Ulva lactuca* (Ulvophyceae, Chlorophyta) as a crop and as a biofilter of fishpond effluents 1. *Journal of phycology*, 46(4), 813-817.

Neori, A., Bronfman, Y., Van Rijn, J., Guttman, L., Krupnik, N., Shpigel, M., Samocha, T. M., Davis, D. A., Qiu, X., Abelin, P., & others. (2020). The suitability of *Ulva fasciata*, *Ulva compressa*, and *Hypnea musciformis* for production in an outdoor spray cultivation system, with respect to biomass yield and protein content. *Journal of Applied Phycology*, 32(5), 3183-3197.

Nielsen, M. M., Bruhn, A., Rasmussen, M. B., Olesen, B., Larsen, M. M., & Møller, H. B. (2012). Cultivation of *Ulva lactuca* with manure for simultaneous bioremediation and biomass production. *Journal of applied phycology*, 24(3), 449–458.

Nikolaisen, L., Daugbjerg Jensen, P., & Svane Bech, K. (2011). Energy production from marine biomass (*Ulva lactuca*).

Pajusalu L, Martin G, Põllumäe A, Paalme T (2013) Results of laboratory and field experiments of the direct effect of increasing CO₂ on net primary production of macroalgal species in brackish-water ecosystems. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences* 62: 148-154.

Pajusalu, L (2020) "Hapestumise olukorra kirjeldamise alusuuring Eesti rannikumeres" aruanne. Keskkonnainvesteeringute Keskus. Tallinn.

Peña-Rodríguez, A., Mawhinney, T. P., Ricque-Marie, D., & Cruz-Suárez, L. E. (2011). Chemical composition of cultivated seaweed *Ulva clathrata* (Roth) C. Agardh. *Food chemistry*, 129(2), 491–498.

Prabhu, M., Chemozanov, A., Gottlieb, R., Kazir, M., Nahor, O., Gozin, M., Israel, A., Livney, Y. D., & Golberg, A. (2019). Starch from the sea: The green macroalga *Ulva ohnoi* as a potential source for sustainable starch production in the marine biorefinery. *Algal Research*, 37, 215-227.

Qiu, X., Neori, A., Kim, J., Yarish, C., Shpigel, M., Guttman, L., Ben Ezra, D., Odintsov, V., & Davis, D. (2018a). Evaluation of green seaweed *Ulva* sp. As a replacement of fish meal in plant-based practical diets for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Applied Phycology*, 30(2), 1305-1316.

Qiu, X., Neori, A., Kim, J., Yarish, C., Shpigel, M., Guttman, L., Ben Ezra, D., Odintsov, V., & Davis, D. (2018b). Green seaweed *Ulva* sp. As an alternative ingredient in plant-based practical diets for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Applied Phycology*, 30(2), 1317–1333.



Raven J, Caldeira K, Elderfield H, Hoegh-Guldberg O, Liss P, Riebesell U, Shepherd J, Turley C, Watson A (2005) Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide. Policy document 12/05. London: The Royal Society.

Raven JA, Beardall J, Giordano M (2014) Energy costs of carbon dioxide concentrating mechanisms in aquatic organisms. *Photosynthesis Research* 121: 111-124.

Samarasinghe, M., van der Heide, M., Weisbjerg, M., Sehested, J., Sloth, J. J., Bruhn, A., Vestergaard, M., Nørgaard, J., & Hernández-Castellano, L. E. (2021). A descriptive chemical analysis of seaweeds, *Ulva* sp., *Saccharina latissima* and *Ascophyllum nodosum* harvested from Danish and Icelandic waters. *Animal Feed Science and Technology*, 278, 115005.

Shpigel, M., Ragg, N. L., Lupatsch, I., Neori, A., & others. (1999). Protein content determines the nutritional value of the seaweed *Ulva lactuca* L for the abalone *Haliotis tuberculata* L. and *H. discus hannai* Ino. *Journal of Shellfish Research*, 18(1), 227-234.

Zertuche-González, J. A., Sandoval-Gil, J. M., Rangel-Mendoza, L. K., Gálvez-Palazuelos, A. I., Guzmán-Calderón, J. M., & Yarish, C. (2021). Seasonal and interannual production of sea lettuce (*Ulva* sp.) in outdoor cultures based on commercial size ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*, 52(5), 1047-1058.

Traugott, H., Zollmann, M., Cohen, H., Chemodanov, A., Liberzon, A., & Golberg, A. (2020). Aeration and nitrogen modulated growth rate and chemical composition of green macroalgae *Ulva* sp. cultured in a photobioreactor. *Algal Research*, 47, 101808.

Wallentinus I (1984) Comparisons of nutrient uptake rates for Baltic macroalgae with different thallus morphologies. *Marine Biology* 80:215–225.

Weinberger, F., Paalme, T., & Wikström, S. A. (2020). Seaweed resources of the Baltic Sea, Kattegat and German and Danish North Sea coasts. *Botanica marina*, 63(1), 61-72.

Toetuse saaja: Tartu Ülikool

Tartu Ülikooli esindaja: Siret Rutiku, grandikeskuse juhataja

/allkirjastatud digitaalselt/

Vastutav täitja: Georg Martin
georg.martin@ut.ee



Lisa



TERVISEAMET

**Katseprotokoll TLN2022/T3820TG**
Terviseohutuslabor
Toidu keemiline analüüs

Proovi nimetus:	Rohevetikas ULVA PT-1		
Proovivõtukoht:	Pihtla kalakasvatus		
Tellijä:	Tartu Ülikool, 74001073 - Eesti Mereinstituut		
Proovi kogus:	~1kg	Proov võetud:	12.03.2022
Proovivõtja:	Georg Martin	Laborisse toodud:	24.11.2022 11:30
Tootja:	Eesti Mereinstituut	Analüüs alustatud:	24.11.2022
Päritolumaa:	Eesti Vabariik	Analüüs lõpetatud:	05.12.2022
Proovi seisund:	Ilma iseärasusteta	Protokoll vormistatud:	06.12.2022

Analüüsi tulemused

Näitaja/Analüüs	Tulemus	Ühik	Analüüsimeetod
Energeetiline väärtus	23 / 97	kcal / KJ	EU 1169/2011*
Rasvasisaldus	0,1	g/100 g	STJ T199:2022
Süivesisaldus	5	g/100 g	STJ T199:2022
Valgusisaldus	0,5	g/100 g	STJ T199:2022
Kuivainesisaldus	8,1	g/100 g	STJ T199:2022
Tuhasisaldus	2,5	g/100 g	STJ T199:2022
Arseen As	0,017	mg/kg	RM09a*
Elavhõbe Hg	ei leitud ¹	mg/kg	RM09a*
Kaadmium Cd	0,049	mg/kg	RM09a*
Plii Pb	0,16	mg/kg	RM09a*
Seleen Se	ei leitud ²	mg/kg	RM09a*
Tsink Zn	9,8	mg/kg	RM09a*
Vask Cu	0,37	mg/kg	RM09a*

¹ Vastus "ei leitud" - tulemus on alla avastamisiipi (AP=0,002 mg/kg, MP=0,003 mg/kg)² Vastus "ei leitud" - tulemus on alla avastamisiipi (AP=0,015 mg/kg, MP=0,025 mg/kg)

Dokument on kinnitatud Terviseameti digitempliga

Olga Kuzmina
juhtivspetsialist

Katsetulemused kehtivad uuritud proovide kohta. Katseprotokollide paljundamine on lubatud ainult tervikuna.

Labor ei vastuta kliendi esitatud andmete õigsuse ning kliendi võetud proovi kvaliteedi eest.

(*) - ei kuulu akrediteerimisulatusse

Katseprotokoll TLN2022/T3820TG Lk 1 / 1

Tallinna labor

Paldiski mnt 81 Tallinn 10614 / +372 794 3600 / tallinnalabor@terviseamet.ee / www.terviseamet.ee / registrikood 70008799

**Katseprotokoll TLN2022/T3824TG**
Terviseohutuslabor
Toidu keemiline analüüs

Proovi nimetus:	Rohevetikas ULVA PT-2		
Proovivõtukoht:	Pihla kalakasvatus		
Tellijä:	Tartu Ülikool, 74001073 - Eesti Mereinstituut		
Proovi kogus:	~1kg	Proov võetud:	07.09.2022
Proovivõtja:	Georg Martin	Laborisse toodud:	24.11.2022 11:30
Tootja:	Eesti Mereinstituut	Analüüs alustatud:	24.11.2022
Päritolumaa:	Eesti Vabariik	Analüüs lõpetatud:	05.12.2022
Proovi seisund:	Ilma iseärasusteta	Protokoll vormistatud:	06.12.2022

Analüüsi tulemused

Näitaja/Analüüs	Tulemus	Ühik	Analüüsimeetod
Energeetiline väärtus	39 / 164	kcal / KJ	EU 1169/2011*
Rasvasisaldus	0,2	g/100 g	STJ T199:2022
Süüivesikud	8,5	g/100 g	STJ T199:2022
Valgusisaldus	0,7	g/100 g	STJ T199:2022
Kuivainesisaldus	13,2	g/100 g	STJ T199:2022
Tuhasisaldus	3,8	g/100 g	STJ T199:2022
Arseen As	0,065	mg/kg	RM09a*
Elavhõbe Hg	ei leitud ¹	mg/kg	RM09a*
Kaadmium Cd	0,032	mg/kg	RM09a*
Plii Pb	0,092	mg/kg	RM09a*
Seleen Se	ei leitud ²	mg/kg	RM09a*
Tsink Zn	12	mg/kg	RM09a*
Vask Cu	ei leitud ³	mg/kg	RM09a*

¹ Vastus "ei leitud" - tulemus on alla avastamisiiri (AP=0,002 mg/kg, MP=0,003 mg/kg)² Vastus "ei leitud" - tulemus on alla avastamisiiri (AP=0,015 mg/kg, MP=0,025 mg/kg)³ Vastus "ei leitud" - tulemus on alla avastamisiiri (AP=0,038 mg/kg, MP=0,063 mg/kg)

Dokument on kinnitatud Terviseameti digitempliga

Olga Kuzmina
juhtivspetsialist

Katsetulemused kehtivad uuritud proovide kohta. Katseprotokollide paljundamine on lubatud ainult tervikuna.

Labor ei vastuta kliendi esitatud andmete õigsuse ning kliendi võetud proovi kvaliteedi eest.

(*) - ei kuulu akrediteerimisulatusse

Katseprotokoll TLN2022/T3824TG Lk 1 / 1

Tallinna labor

Paldiski mnt 81 Tallinn 10614 / +372 794 3600 / tallinnalabor@terviseamet.ee / www.terviseamet.ee / registrikood
70008799

**Katseprotokoll TLN2022/T3825TG**
Terviseohutuslabor
Toidu keemiline analüüs

Proovi nimetus:	Rohevetikas ULVA PT-3		
Proovivõtukoht:	Pihla kalakasvatus		
Tellijä:	Tartu Ülikool, 74001073 - Eesti Mereinstituut		
Proovi kogus:	~1kg	Proov võetud:	12.02.2022
Proovivõtja:	Georg Martin	Laborisse toodud:	24.11.2022 11:30
Tootja:	Eesti Mereinstituut	Analüüs alustatud:	24.11.2022
Päritolumaa:	Eesti Vabariik	Analüüs lõpetatud:	05.12.2022
Proovi seisund:	Ilma iseärasusteta	Protokoll vormistatud:	06.12.2022

Analüüsi tulemused

Näitaja/Analüüs	Tulemus	Ühik	Analüüsimeetod
Energeetiline väärtus	20 / 84	kcal / KJ	EU 1169/2011*
Rasvasisaldus	0,1	g/100 g	STJ T199:2022
Süivesikud	4,3	g/100 g	STJ T199:2022
Valgusisaldus	0,4	g/100 g	STJ T199:2022
Kuivainesisaldus	7,3	g/100 g	STJ T199:2022
Tuhasisaldus	2,5	g/100 g	STJ T199:2022
Arseen As	0,019	mg/kg	RM09a*
Elavhõbe Hg	ei leitud ¹	mg/kg	RM09a*
Kaadmium Cd	0,023	mg/kg	RM09a*
Plii Pb	0,11	mg/kg	RM09a*
Seleen Se	ei leitud ²	mg/kg	RM09a*
Tsink Zn	7,0	mg/kg	RM09a*
Vask Cu	ei leitud ³	mg/kg	RM09a*

¹ Vastus "ei leitud" - tulemus on alla avastamisiipi (AP=0,002 mg/kg, MP=0,003 mg/kg)² Vastus "ei leitud" - tulemus on alla avastamisiipi (AP=0,015 mg/kg, MP=0,025 mg/kg)³ Vastus "ei leitud" - tulemus on alla avastamisiipi (AP=0,038 mg/kg, MP=0,063 mg/kg)

Dokument on kinnitatud Terviseameti digitempliga

Olga Kuzmina
juhtivspetsialist

Katsetulemused kehtivad uuritud proovide kohta. Katseprotokollide paljundamine on lubatud ainult tervikuna.

Labor ei vastuta kliendi esitatud andmete õigsuse ning kliendi võetud proovi kvaliteedi eest.

(*) - ei kuulu akrediteerimisulatusse

Katseprotokoll TLN2022/T3825TG Lk 1 / 1

Tallinna labor

Paldiski mnt 81 Tallinn 10614 / +372 794 3600 / tallinnalabor@terviseamet.ee / www.terviseamet.ee / registrikood
70008799

**Katseprotokoll TLN2022/T3827TG**
Terviseohutuslabor
Toidu keemiline analüüs

Proovi nimetus:	Rohevetikas ULVA PT-4		
Proovivõtukoht:	Pihla kalakasvatus		
Tellijä:	Tartu Ülikool, 74001073 - Eesti Mereinstituut		
Proovi kogus:	~1kg	Proov võetud:	12.03.2022
Proovivõtja:	Georg Martin	Laborisse toodud:	24.11.2022 11:30
Tootja:	Eesti Mereinstituut	Analüüs alustatud:	24.11.2022
Päritoluma:	Eesti Vabariik	Analüüs lõpetatud:	05.12.2022
Proovi seisund:	Ilma iseärasusteta	Protokoll vormistatud:	06.12.2022

Analüüsi tulemused

Näitaja/Analüüs	Tulemus	Ühik	Analüüsimeetod
Energeetiline väärtus	33 / 140	kcal / KJ	EU 1169/2011*
Rasvasisaldus	0,2	g/100 g	STJ T199:2022
Süsivesikud	7,2	g/100 g	STJ T199:2022
Valgusisaldus	0,6	g/100 g	STJ T199:2022
Kuivainesisaldus	10,8	g/100 g	STJ T199:2022
Tuhasisaldus	2,8	g/100 g	STJ T199:2022
Arseen As	0,024	mg/kg	RM09a*
Elavhõbe Hg	ei leitud ¹	mg/kg	RM09a*
Kaadmium Cd	0,035	mg/kg	RM09a*
Plii Pb	0,25	mg/kg	RM09a*
Seleen Se	ei leitud ²	mg/kg	RM09a*
Tsink Zn	10	mg/kg	RM09a*
Vask Cu	0,29	mg/kg	RM09a*

¹ Vastus " ei leitud" - tulemus on alla avastamisiiri (AP=0,002 mg/kg, MP=0,003 mg/kg)² Vastus " ei leitud" - tulemus on alla avastamisiiri (AP=0,015 mg/kg, MP=0,025 mg/kg)

Dokument on kinnitatud Terviseameti digitempliga

Olga Kuzmina
juhtivspetsialist

Katsetulemused kehtivad uuritud proovide kohta. Katseprotokollide paljundamine on lubatud ainult tervikuna.

Labor ei vastuta kliendi esitatud andmete õigsuse ning kliendi võetud proovi kvaliteedi eest.

(*) - ei kuulu akrediteerimisulatusse

Katseprotokoll TLN2022/T3827TG Lk 1 / 1

Tallinna labor

Paldiski mnt 81 Tallinn 10614 / +372 794 3600 / tallinnalabor@terviseamet.ee / www.terviseamet.ee / registrikood
70008799

**Katseprotokoll TLN2022/T3829TG**
Terviseohutuslabor
Toidu keemiline analüüs

Proovi nimetus:	Rohevetikas ULVA PT-5		
Proovivõtukoht:	Pihla kalakasvatus		
Tellijä:	Tartu Ülikool, 74001073 - Eesti Mereinstituut		
Proovi kogus:	~1kg	Proov võetud:	12.03.2022
Proovivõtja:	Georg Martin	Laborisse toodud:	24.11.2022 11:30
Tootja:	Eesti Mereinstituut	Analüüs alustatud:	24.11.2022
Päritoluma:	Eesti Vabariik	Analüüs lõpetatud:	05.12.2022
Proovi seisund:	Ilma iseärasusteta	Protokoll vormistatud:	06.12.2022

Analüüsi tulemused

Näitaja/Analüüs	Tulemus	Ühik	Analüüsimeetod
Energeetiline väärtus	33 / 139	kcal / KJ	EU 1169/2011*
Rasvasisaldus	0,3	g/100 g	STJ T199:2022
Süivesisaldus	6,8	g/100 g	STJ T199:2022
Valgusisaldus	0,7	g/100 g	STJ T199:2022
Kuivainesisaldus	11,2	g/100 g	STJ T199:2022
Tuhasisaldus	3,4	g/100 g	STJ T199:2022
Arseen As	0,028	mg/kg	RM09a*
Elavhõbe Hg	ei leitud ¹	mg/kg	RM09a*
Kaadmium Cd	0,040	mg/kg	RM09a*
Plii Pb	0,19	mg/kg	RM09a*
Seleen Se	ei leitud ²	mg/kg	RM09a*
Tsink Zn	13	mg/kg	RM09a*
Vask Cu	0,35	mg/kg	RM09a*

¹ Vastus " ei leitud" - tulemus on alla avastamisiiri (AP=0,002 mg/kg, MP=0,003 mg/kg)² Vastus " ei leitud" - tulemus on alla avastamisiiri (AP=0,015 mg/kg, MP=0,025 mg/kg)

Dokument on kinnitatud Terviseameti digitempliga

Olga Kuzmina
juhtivspetsialist

Katsetulemused kehtivad uuritud proovide kohta. Katseprotokollide paljundamine on lubatud ainult tervikuna.

Labor ei vastuta kliendi esitatud andmete õigsuse ning kliendi võetud proovi kvaliteedi eest.

(*) - ei kuulu akrediteerimisulatusse

Katseprotokoll TLN2022/T3829TG Lk 1 / 1

Tallinna labor

Paldiski mnt 81 Tallinn 10614 / +372 794 3600 / tallinnalabor@terviseamet.ee / www.terviseamet.ee / registrikood
70008799

**Katseprotokoll TLN2022/T3830TG**
Terviseohutuslabor
Toidu keemiline analüüs

Proovi nimetus:	Rohevetikas ULVA PT-6		
Proovivõtukoht:	Pihla kalakasvatus		
Tellijä:	Tartu Ülikool, 74001073 - Eesti Mereinstituut		
Proovi kogus:	~1kg	Proov võetud:	12.03.2022
Proovivõtja:	Georg Martin	Laborisse toodud:	24.11.2022 11:30
Tootja:	Eesti Mereinstituut	Analüüs alustatud:	24.11.2022
Päritolumaa:	Eesti Vabariik	Analüüs lõpetatud:	05.12.2022
Proovi seisund:	Ilma iseärasusteta	Protokoll vormistatud:	06.12.2022

Analüüsi tulemused

Näitaja/Analüüs	Tulemus	Ühik	Analüüsimeetod
Energeetiline väärtus	29 /123	kcal / KJ	EU 1169/2011*
Rasvasisaldus	0,2	g/100 g	STJ T199:2022
Süsivesikud	6,1	g/100 g	STJ T199:2022
Valgusisaldus	0,7	g/100 g	STJ T199:2022
Kuivainesisaldus	10,7	g/100 g	STJ T199:2022
Tuhasisaldus	3,7	g/100 g	STJ T199:2022
Arseen As	0,022	mg/kg	RM09a*
Elavhõbe Hg	ei leitud ¹	mg/kg	RM09a*
Kaadmium Cd	0,035	mg/kg	RM09a*
Plii Pb	0,20	mg/kg	RM09a*
Seleen Se	ei leitud ²	mg/kg	RM09a*
Tsink Zn	9,8	mg/kg	RM09a*
Vask Cu	0,50	mg/kg	RM09a*

¹ Vastus " ei leitud" - tulemus on alla avastamisiipi (AP=0,002 mg/kg, MP=0,003 mg/kg)² Vastus " ei leitud" - tulemus on alla avastamisiipi (AP=0,015 mg/kg, MP=0,025 mg/kg)

Dokument on kinnitatud Terviseameti digitempliga

Olga Kuzmina
juhtivspetsialist

Katsetulemused kehtivad uuritud proovide kohta. Katseprotokollide paljundamine on lubatud ainult tervikuna.

Labor ei vastuta kliendi esitatud andmete õigsuse ning kliendi võetud proovi kvaliteedi eest.

(*) - ei kuulu akrediteerimisulatusse

Katseprotokoll TLN2022/T3830TG Lk 1 / 1

Tallinna labor

Paldiski mnt 81 Tallinn 10614 / +372 794 3600 / tallinnalabor@terviseamet.ee / www.terviseamet.ee / registrikood
70008799

**Katseprotokoll TLN2022/T3832TG**
Terviseohutuslabor
Toidu keemiline analüüs

Proovi nimetus:	Rohevetikas ULVA PT-7		
Proovivõtukoht:	Pihla kalakasvatus		
Tellijä:	Tartu Ülikool, 74001073 - Eesti Mereinstituut		
Proovi kogus:	~1kg	Proov võetud:	19.03.2022
Proovivõtja:	Georg Martin	Laborisse toodud:	24.11.2022 11:30
Tootja:	Eesti Mereinstituut	Analüüs alustatud:	24.11.2022
Päritolumaa:	Eesti Vabariik	Analüüs lõpetatud:	05.12.2022
Proovi seisund:	Ilma iseärasusteta	Protokoll vormistatud:	06.12.2022

Analüüsi tulemused

Näitaja/Analüüs	Tulemus	Ühik	Analüüsimeetod
Energeetiline väärtus	28 / 117	kcal / KJ	EU 1169/2011*
Rasvasisaldus	0,3	g/100 g	STJ T199:2022
Süsivesikud	5,5	g/100 g	STJ T199:2022
Valgusisaldus	0,7	g/100 g	STJ T199:2022
Kuivainesisaldus	9,3	g/100 g	STJ T199:2022
Tuhasisaldus	2,8	g/100 g	STJ T199:2022
Arseen As	0,018	mg/kg	RM09a*
Elavhõbe Hg	ei leitud ¹	mg/kg	RM09a*
Kaadmium Cd	0,038	mg/kg	RM09a*
Plii Pb	0,048	mg/kg	RM09a*
Seleen Se	ei leitud ²	mg/kg	RM09a*
Tsink Zn	7,4	mg/kg	RM09a*
Vask Cu	0,13	mg/kg	RM09a*

¹ Vastus " ei leitud" - tulemus on alla avastamisiipi (AP=0,002 mg/kg, MP=0,003 mg/kg)² Vastus " ei leitud" - tulemus on alla avastamisiipi (AP=0,015 mg/kg, MP=0,025 mg/kg)

Dokument on kinnitatud Terviseameti digitempliga

Olga Kuzmina
juhtivspetsialist

Katsetulemused kehtivad uuritud proovide kohta. Katseprotokollide paljundamine on lubatud ainult tervikuna.

Labor ei vastuta kliendi esitatud andmete õigsuse ning kliendi võetud proovi kvaliteedi eest.

(*) - ei kuulu akrediteerimisulatusse

Katseprotokoll TLN2022/T3832TG Lk 1 / 1

Tallinna labor

Paldiski mnt 81 Tallinn 10614 / +372 794 3600 / tallinnalabor@terviseamet.ee / www.terviseamet.ee / registrikood
70008799

**Katseprotokoll TLN2022/T3833TG**
Terviseohutuslabor
Toidu keemiline analüüs

Proovi nimetus:	Rohevetikas ULVA PT-8		
Proovivõtukoht:	Pihlta kalakasvatus		
Tellijä:	Tartu Ülikool, 74001073 - Eesti Mereinstituut		
Proovi kogus:	~1kg	Proov võetud:	12.03.2022
Proovivõtja:	Georg Martin	Laborisse toodud:	24.11.2022 11:30
Tootja:	Eesti Mereinstituut	Analüüs alustatud:	24.11.2022
Päritoluma:	Eesti Vabariik	Analüüs lõpetatud:	05.12.2022
Proovi seisund:	Ilma iseärasusteta	Protokoll vormistatud:	06.12.2022

Analüüsi tulemused

Näitaja/Analüüs	Tulemus	Ühik	Analüüsimeetod
Energeetiline väärtus	20 / 84	kcal / KJ	EU 1169/2011*
Rasvasisaldus	0,2	g/100 g	STJ T199:2022
Süsivesikud	3,9	g/100 g	STJ T199:2022
Valgusisaldus	0,6	g/100 g	STJ T199:2022
Kuivainesisaldus	6,7	g/100 g	STJ T199:2022
Tuhasisaldus	2	g/100 g	STJ T199:2022
Arseen As	0,02	mg/kg	RM09a*
Elavhõbe Hg	ei leitud ¹	mg/kg	RM09a*
Kaadmium Cd	0,02	mg/kg	RM09a*
Plii Pb	0,19	mg/kg	RM09a*
Seleen Se	ei leitud ²	mg/kg	RM09a*
Tsink Zn	7,04	mg/kg	RM09a*
Vask Cu	0,94	mg/kg	RM09a*

¹ Vastus " ei leitud" - tulemus on alla avastamisiiri (AP=0,002mg/kg, MP=0,003mg/kg)² Vastus " ei leitud" - tulemus on alla avastamisiiri (AP=0,015mg/kg, MP=0,025mg/kg)

Dokument on kinnitatud Terviseameti digitempliga

Olga Kuzmina
juhtivspetsialist

Katsetulemused kehtivad uuritud proovide kohta. Katseprotokollide paljundamine on lubatud ainult teravikuna.

Labor ei vastuta kliendi esitatud andmete õigsuse ning kliendi võetud proovi kvaliteedi eest.

(*) - ei kuulu akrediteerimisulatusse

Katseprotokoll TLN2022/T3833TG Lk 1 / 1

Tallinna labor

Paldiski mnt 81 Tallinn 10614 / +372 794 3600 / tallinnalabor@terviseamet.ee / www.terviseamet.ee / registrikood
70008799

**Katseprotokoll TLN2022/T3835TG**
Terviseohutuslabor
Toidu keemiline analüüs

Proovi nimetus:	Rohevetikas ULVA PT-9		
Proovivõtukoht:	Pihla kalakasvatus		
Tellijä:	Tartu Ülikool, 74001073 - Eesti Mereinstituut		
Proovi kogus:	~1kg	Proov võetud:	12.03.2022
Proovivõtja:	Georg Martin	Laborisse toodud:	24.11.2022 11:30
Tootja:	Eesti Mereinstituut	Analüüs alustatud:	24.11.2022
Päritolumaal:	Eesti Vabariik	Analüüs lõpetatud:	05.12.2022
Proovi seisund:	Ilma iseärasusteta	Protokoll vormistatud:	06.12.2022

Analüüsi tulemused

Näitaja/Analüüs	Tulemus	Ühik	Analüüsimeetod
Energeetiline väärtus	22 / 94	kcal / KJ	EU 1169/2011*
Rasvasisaldus	0,1	g/100 g	STJ T199:2022
Süsivesikud	4,8	g/100 g	STJ T199:2022
Valgusisaldus	0,5	g/100 g	STJ T199:2022
Kuivainesisaldus	7,8	g/100 g	STJ T199:2022
Tuhasisaldus	2,4	g/100 g	STJ T199:2022
Arseen As	0,01	mg/kg	RM09a*
Elavhõbe Hg	ei leitud ¹	mg/kg	RM09a*
Kaadmium Cd	0,03	mg/kg	RM09a*
Plii Pb	0,15	mg/kg	RM09a*
Seleen Se	ei leitud ²	mg/kg	RM09a*
Tsink Zn	8,83	mg/kg	RM09a*
Vask Cu	0,72	mg/kg	RM09a*

¹ Vastus " ei leitud" - tulemus on alla avastamisiiri (AP=0,002mg/kg, MP=0,003mg/kg)² Vastus " ei leitud" - tulemus on alla avastamisiiri (AP=0,015mg/kg, MP=0,025mg/kg)

Dokument on kinnitatud Terviseameti digitempliga

Olga Kuzmina
juhtivspetsialist

Katsetulemused kehtivad uuritud proovide kohta. Katseprotokollide paljundamine on lubatud ainult tervikuna.

Labor ei vastuta kliendi esitatud andmete õigsuse ning kliendi võetud proovi kvaliteedi eest.

(*) - ei kuulu akrediteerimisulatusse

Katseprotokoll TLN2022/T3835TG Lk 1 / 1

Tallinna labor

Paldiski mnt 81 Tallinn 10614 / +372 794 3600 / tallinnalabor@terviseamet.ee / www.terviseamet.ee / registrikood
70008799

**Katseprotokoll TLN2022/T3836TG**
Terviseohutuslabor
Toidu keemiline analüüs

Proovi nimetus:	Rohevetikas ULVA PT-10		
Proovivõtukoht:	Pihlta kalakasvatus		
Tellijä:	Tartu Ülikool, 74001073 - Eesti Mereinstituut		
Proovi kogus:	~1kg	Proov võetud:	07.09.2022
Proovivõtja:	Georg Martin	Laborisse toodud:	24.11.2022 11:30
Tootja:	Eesti Mereinstituut	Analüüs alustatud:	24.11.2022
Päritolumaa:	Eesti Vabariik	Analüüs lõpetatud:	05.12.2022
Proovi seisund:	Ilma iseärasusteta	Protokoll vormistatud:	06.12.2022

Analüüsi tulemused

Näitaja/Analüüs	Tulemus	Ühik	Analüüsimeetod
Energeetiline väärtus	38 / 160	kcal / KJ	EU 1169/2011*
Rasvasisaldus	0,5	g/100 g	STJ T199:2022
Süüivesikud	7,8	g/100 g	STJ T199:2022
Valgusisaldus	0,5	g/100 g	STJ T199:2022
Kuivainesisaldus	11,7	g/100 g	STJ T199:2022
Tuhasisaldus	2,9	g/100 g	STJ T199:2022
Arseen As	0,06	mg/kg	RM09a*
Elavhõbe Hg	ei leitud ¹	mg/kg	RM09a*
Kaadmium Cd	0,04	mg/kg	RM09a*
Plii Pb	0,15	mg/kg	RM09a*
Seleen Se	ei leitud ²	mg/kg	RM09a*
Tsink Zn	10,20	mg/kg	RM09a*
Vask Cu	0,49	mg/kg	RM09a*

¹ Vastus " ei leitud" - tulemus on alla avastamisiiri (AP=0,002mg/kg, MP=0,003mg/kg)² Vastus " ei leitud" - tulemus on alla avastamisiiri (AP=0,015mg/kg, MP=0,025mg/kg)

Dokument on kinnitatud Terviseameti digitempliga

Olga Kuzmina
juhtivspetsialist

Katsetulemused kehtivad uuritud proovide kohta. Katseprotokollide paljundamine on lubatud ainult tervikuna.

Labor ei vastuta kliendi esitatud andmete õigsuse ning kliendi võetud proovi kvaliteedi eest.

(*) - ei kuulu akrediteerimisulatusse

Katseprotokoll TLN2022/T3836TG Lk 1 / 1

Tallinna labor

Paldiski mnt 81 Tallinn 10614 / +372 794 3600 / tallinnalabor@terviseamet.ee / www.terviseamet.ee / registrikood
70008799

**Katseprotokoll TLN2022/T3837TG**
Terviseohutuslabor
Toidu keemiline analüüs

Proovi nimetus:	Rohevetikas ULVA PT-11		
Proovivõtukoht:	Pihla kalakasvatus		
Tellijä:	Tartu Ülikool, 74001073 - Eesti Mereinstituut		
Proovi kogus:	~1kg	Proov võetud:	23.07.2022
Proovivõtja:	Georg Martin	Laborisse toodud:	24.11.2022 11:30
Tootja:	Eesti Mereinstituut	Analüüs alustatud:	24.11.2022
Päritoluma:	Eesti Vabariik	Analüüs lõpetatud:	05.12.2022
Proovi seisund:	Ilma iseärasusteta	Protokoll vormistatud:	06.12.2022

Analüüsi tulemused

Näitaja/Analüüs	Tulemus	Ühik	Analüüsimeetod
Energeetiline väärtus	12 / 52	kcal / KJ	EU 1169/2011*
Rasvasisaldus	0,3	g/100 g	STJ T199:2022
Süsivesikud	1,5	g/100 g	STJ T199:2022
Valgusisaldus	0,9	g/100 g	STJ T199:2022
Kuivainesisaldus	3,6	g/100 g	STJ T199:2022
Tuhasisaldus	0,9	g/100 g	STJ T199:2022
Arsen As	0,08	mg/kg	RM09a*
Elavhõbe Hg	ei leitud ¹	mg/kg	RM09a*
Kaadmium Cd	ei leitud ²	mg/kg	RM09a*
Plii Pb	0,02	mg/kg	RM09a*
Seleen Se	ei leitud ³	mg/kg	RM09a*
Tsink Zn	0,65	mg/kg	RM09a*
Vask Cu	0,19	mg/kg	RM09a*

¹ Vastus "ei leitud" - tulemus on alla avastamisiiri (AP=0,002mg/kg, MP=0,003mg/kg)² Vastus "ei leitud" - tulemus on alla avastamisiiri (AP=0,003mg/kg, MP=0,005mg/kg)³ Vastus "ei leitud" - tulemus on alla avastamisiiri (AP=0,015mg/kg, MP=0,025mg/kg)

Dokument on kinnitatud Terviseameti digitempliga

Olga Kuzmina
juhtivspetsialist

Katsetulemused kehtivad uuritud proovide kohta. Katseprotokollide paljundamine on lubatud ainult tervikuna.

Labor ei vastuta kliendi esitatud andmete õigsuse ning kliendi võetud proovi kvaliteedi eest.

(*) - ei kuulu akrediteerimisulatusse

Katseprotokoll TLN2022/T3837TG Lk 1 / 1

Tallinna labor

Paldiski mnt 81 Tallinn 10614 / +372 794 3600 / tallinnalabor@terviseamet.ee / www.terviseamet.ee / registrikood
70008799



Katseprotokoll TLN2022/T3838TG
Terviseohutuslabor
Toidu keemiline analüüs

Proovi nimetus:	Rohevetikas ULVA PT-12		
Proovivõtukoht:	Pihla kalakasvatus		
Tellijä:	Tartu Ülikool, 74001073 - Eesti Mereinstituut		
Proovi kogus:	~1kg	Proov võetud:	23.07.2022
Proovivõtja:	Georg Martin	Laborisse toodud:	24.11.2022 11:30
Tootja:	Eesti Mereinstituut	Analüüs alustatud:	24.11.2022
Päritoluma:	Eesti Vabariik	Analüüs lõpetatud:	05.12.2022
Proovi seisund:	Ilma iseärasusteta	Protokoll vormistatud:	06.12.2022

Analüüsi tulemused

Näitaja/Analüüs	Tulemus	Ühik	Analüüsimeetod
Energeetiline väärtus	13 / 57	kcal / KJ	EU 1169/2011*
Rasvasisaldus	0,2	g/100 g	STJ T199:2022
Süivesikud	1,9	g/100 g	STJ T199:2022
Valgusisaldus	1,0	g/100 g	STJ T199:2022
Kuivainesisaldus	4,0	g/100 g	STJ T199:2022
Tuhasisaldus	0,9	g/100 g	STJ T199:2022
Arseen As	0,11	mg/kg	RM09a*
Elavhõbe Hg	ei leitud ¹	mg/kg	RM09a*
Kaadmium Cd	ei leitud ²	mg/kg	RM09a*
Plii Pb	< 0,009 ³	mg/kg	RM09a*
Seleen Se	ei leitud ⁴	mg/kg	RM09a*
Tsink Zn	0,71	mg/kg	RM09a*
Vask Cu	0,23	mg/kg	RM09a*

¹ Vastus "ei leitud" - tulemus on alla avastamiskiiri (AP=0,002mg/kg, MP=0,003mg/kg)

² Vastus "ei leitud" - tulemus on alla avastamiskiiri (AP=0,003mg/kg, MP=0,005mg/kg)

³ Vastus "ei leitud" - tulemus on alla avastamiskiiri (AP=0,005mg/kg, MP=0,009mg/kg)

⁴ Vastus "ei leitud" - tulemus on alla avastamiskiiri (AP=0,015mg/kg, MP=0,025mg/kg)

Dokument on kinnitatud Terviseameti digitempliga

Olga Kuzmina
juhtivspetsialist

Katsetulemused kehtivad uuritud proovide kohta. Katseprotokollide paljundamine on lubatud ainult tervikuna.

Labor ei vastuta kliendi esitatud andmete õigsuse ning kliendi võetud proovi kvaliteedi eest.

(*) - ei kuulu akrediteerimisulatusse

Katseprotokoll TLN2022/T3838TG Lk 1 / 1

Tallinna labor

Paldiski mnt 81 Tallinn 10614 / +372 794 3600 / tallinnalabor@terviseamet.ee / www.terviseamet.ee / registrikood 70008799

**Katseprotokoll TLN2022/T3839TG**
Terviseohutuslabor
Toidu keemiline analüüs

Proovi nimetus:	Rohevetikas ULVA PT-13		
Proovivõtukoht:	Pihla kalakasvatus		
Tellijä:	Tartu Ülikool, 74001073 - Eesti Mereinstituut		
Proovi kogus:	~1kg	Proov võetud:	23.07.2022
Proovivõtja:	Georg Martin	Laborisse toodud:	24.11.2022 11:30
Tootja:	Eesti Mereinstituut	Analüüs alustatud:	24.11.2022
Päritoluma:	Eesti Vabariik	Analüüs lõpetatud:	05.12.2022
Proovi seisund:	Ilma iseärasusteta	Protokoll vormistatud:	06.12.2022

Analüüsi tulemused

Näitaja/Analüüs	Tulemus	Ühik	Analüüsimeetod
Energeetiline väärtus	19 / 81	kcal / KJ	EU 1169/2011*
Rasvasisaldus	0,3	g/100 g	STJ T199:2022
Süivesikud	3,3	g/100 g	STJ T199:2022
Valgusisaldus	0,8	g/100 g	STJ T199:2022
Kuivainesisaldus	5,8	g/100 g	STJ T199:2022
Tuhasisaldus	1,4	g/100 g	STJ T199:2022
Arseen As	0,23	mg/kg	RM09a*
Elavhõbe Hg	ei leitud ¹	mg/kg	RM09a*
Kaadmium Cd	ei leitud ²	mg/kg	RM09a*
Plii Pb	0,09	mg/kg	RM09a*
Seleen Se	ei leitud ³	mg/kg	RM09a*
Tsink Zn	0,79	mg/kg	RM09a*
Vask Cu	0,25	mg/kg	RM09a*

¹ Vastus "ei leitud" - tulemus on alla avastamisiiri (AP=0,002mg/kg, MP=0,003mg/kg)² Vastus "ei leitud" - tulemus on alla avastamisiiri (AP=0,003mg/kg, MP=0,005mg/kg)³ Vastus "ei leitud" - tulemus on alla avastamisiiri (AP=0,015mg/kg, MP=0,025mg/kg)

Dokument on kinnitatud Terviseameti digitempliga

Olga Kuzmina
juhtivspetsialist

Katsetulemused kehtivad uuritud proovide kohta. Katseprotokollide paljundamine on lubatud ainult tervikuna.

Labor ei vastuta kliendi esitatud andmete õigsuse ning kliendi võetud proovi kvaliteedi eest.

(*) - ei kuulu akrediteerimisulatusse

Katseprotokoll TLN2022/T3839TG Lk 1 / 1

Tallinna labor

Paldiski mnt 81 Tallinn 10614 / +372 794 3600 / tallinnalabor@terviseamet.ee / www.terviseamet.ee / registrikood
70008799