

Opinnäytetyö AMK

Energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma

2021

Elisa Walli

**RUOPPAUKSEN VAIKUTUSTEN
ARVIOINTI HAPETTOMIIN
MERENPOHJIIN
INKUBOINTIKOKEITA
HYÖDYNTÄEN**

OPINNÄYTETYÖ AMK TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma

2021 | 50 sivua, 20 liitesivua

Elisa Walli

RUOPPAUKSEN VAIKUTUSTEN ARVIOINTI HAPETTOMIIN MERENPOHJIIN INKUBOINTIKOKEITA HYÖDYNTÄEN

Sisäisen kuormitus on ilmiö, jossa merenpohjan sedimenttiin sitoutuneet ravinteet vapautuvat happitaseen laskiessa takaisin alusveteen. Tämän tutkimuksen lähtökohtana oli selvittää sedimentin poiston vaikutuksia sisäiseen kuormitukseen ja alusveden happikatoon. Tutkimus tehtiin laboratoriossa inkubointikokeiden avulla Turun ammattikorkeakoulun tiloissa.

Ennen kokeen aloitusta suunniteltiin, testattiin ja rakennettiin koejärjestelmä, jonka avulla saatiin luotua mahdollisimman stabiilit ja luonnollisia oloja mukailevat olosuhteet 9 koeyksikölle. Luontaisista oloista poiketen lämpötila nostettiin 21 °C:seen inkubointiajan lyhentämiseksi. Koeyksikkö itsessään oli ylhäältä ja alhaalta tiiviiksi tulpattu metrin mittainen läpinäkyvä muoviputki, jonka sisällä oli häiriintymätön sedimenttipaasi ja sen yläpuolella merivesikerros.

Inkubointikokeita oli viisi. Inkubointikokeilla tutkittiin eri muuttujien kuten veden happipitoisuuden ja sedimenttikerrosten poiston vaikutuksia hapenkulutukseen sekä ravinteiden liikkumista sedimentin ja veden välillä. Ennen inkubointia koeyksiköistä mitattiin alkutilannearvot. Happipitoisuus mitattiin heti paikan päällä, jonka jälkeen laboratorioon lähetettiin vesinäytteet. Näytteistä analysoitiin ammoniumtyppi, nitraattityppi, kokonaistyyppi, liuennut kokonaisfosfori, liuennut fosfaattifosfori, kokonaisrauta ja mangaani. Inkuboinnin jälkeen happipitoisuus ja vesinäytteet otettiin uudelleen. Ennen 2:sta. ja 3:tta. inkubaatiota osasta koeyksiköistä poistettiin sedimenttiä, josta analysoitiin kuiva-aineen, liunneen kokonaisfosforin, kokonaistypen, kokonaisraudan ja biokemiallinen hapenkulutus määrä. Koeyksiköiden oletettua nopeampi hapenkulutus aiheutti ongelmia eri tavoin käsiteltyjen koeyksiköiden hapenkulutuksen vertailussa ja tutkimustulosten tulkinnessa.

Tutkimuksen pohjalta selvisi, että sedimenttiä poistamalla pystytään hidastamaan hapenkulutusta ja veden fosforipitoisuudet laskivat. Kuitenkin lisätutkimuksia on tehtävä ennen käytännönkokeita.

ASIASANAT:

Sisäinen kuormitus, happikato, vähähappinen, hapeton merenpohja, sedimentti, Itämeri, vesistöjen kunnostus.

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Energy and environmental technology

2021| 52 pages, 20 pages in appendices

Elisa Walli

ASSESSMENT OF THE EFFECTS OF DREDGING ON OXYGEN DEFICIENCY SEABEDS WITH INCUBATION EXPERIMENTS

Internal loading is a process where nutrients bound to the seabed are released back to water when oxygen levels of seawater drop. The starting point of the thesis was to investigate the effects of sediment removal on internal load and water oxygen levels. The research was done in a laboratory applying the incubation method at the Turku University of Applied Sciences.

Prior to the study, a test system was designed, tested and built which allowed for as stable and natural conditions as possible to the nine experimental units. Incubation temperature was raised to 21 °C, deviating from natural conditions, to speed up the incubation process. The experimental unit itself was a one meter plastic pipe which has been hermetically sealed at the top and bottom of the pipe. Inside the pipe there is an undisturbed layer of sediment and on top of that a layer of sea water.

There were altogether five incubation tests. The point of the Incubation test was to investigate the effects of different variables such as water oxygen levels and sediment removal on the consumption and nutrient movements between the sediment and water. Before every incubation test, start point values were taken including measuring the oxygen content of seawater, and water samples were also taken to a laboratory in order to analyze the following parameters from the water samples: ammonium nitrogen, nitrate nitrogen, total nitrogen, dissolved total phosphorus, dissolved phosphate phosphorus, total iron and manganese. After the incubation, the oxygen content was measured and water samples taken again. Before the second and third incubation tests, the top layer of the sediment was removed from some of the experimental units. From the removed sediment the cooperation laboratory analyzed dry matter, dissolved total phosphorus, total nitrogen, total iron and biochemical oxygen demand. The oxygen consumption was faster than expected which made finding some differences between differently treated experimental units and their oxygen consumption problematic.

This research showed that removing sediment can slow down oxygen consumption and reduce phosphorus concentrations in water. However, further research is needed before field trials.

KEYWORDS:

Internal load, oxygen deficiency, sediment, Baltic Sea, restoration of water bodies

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 ITÄMERI	10
2.1 Meren nykytila	11
2.2 Sisäinen kuormitus	12
2.2.1 Ulkoisten tekijöiden vaikutus sisäiseen kuormitukseen	12
3 RUOPPAAMINEN VESISTÖJEN KUNNOSTUKSEN TOIMENPITEENÄ	14
3.1 Ruoppauksen vesistövaikutuksia	14
3.2 Ruotsissa tehty koeruoppaus	15
4 SEDIMENTIN INKUBOINTIKOEEN KOEJÄRJESTELY JA TAVOITTEET	16
4.1 Koejärjestelyt ja menetelmät	17
4.2 Inkuboinnin järjestelyt	17
4.3 Sedimenttinäytteen otto	19
4.4 Inkubointi	20
5 TUTKIMUSTULOKSET	23
5.1 Ensimmäinen inkubointi	23
5.1.1 Vedenlaatutulokset	23
5.1.2 Happitilanne	24
5.1.3 Ensimmäiseen inkubointiin liittyvät huomiot ja havainnot	24
5.2 Toinen inkubointi: pintasedimentin poisto 5 ja 15 cm	25
5.2.1 Vedenlaatutulokset	25
5.2.2 Happitilanne	27
5.2.3 Sedimenttitulokset	27
5.2.4 Toiseen inkubointiin liittyvät huomiot ja havainnot	28
5.3 Kolmas inkubointi: sedimentin poisto 15 ja 25 cm	28
5.3.1 Vedenlaatutulokset	29
5.3.2 Happitilanne	30
5.3.3 Sedimenttitulokset	30
5.3.4 Kolmanteen inkubointiin liittyvät huomiot ja havainnot	32
5.4 Neljäs inkubointi: hapettomat olosuhteet	33

5.4.1 Vedenlaatutulokset	33
5.4.2 Happitilanne	34
5.4.3 Neljänteen inkubointiin liittyvät huomiot ja havainnot	35
5.5 Viides inkubointi: hapellisten olosuhteiden palautuminen	35
5.5.1 Vedenlaatutulokset	35
5.5.2 Happitilanne	36
5.5.3 Viidenteen inkubointiin liittyvät huomiot ja havainnot	36
5.6 Koejärjestelyä täydentävät selvitykset	37
5.6.1 Hapenkulutuksen lisätestit	37
5.6.2 Neljän tunnin inkubointikoe koeyksiköiden hapenkulutuksen selvittämiseksi	37
5.6.3 Jatkuvatoiminen hapenkulutuksen mittauskoe	40
5.6.4 Sedimenttipinnan valkoisen kerrostuman koetulokset	43
6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	45
6.1 Kokeen toimivuus ja mitä voisi tehdä toisin	45
6.1.1 Inkubointiolosuhteiden ja laitteiston suunnittelu	45
6.1.2 Koeyksiköiden haku	46
6.1.3 Inkubointikokeet ja näytteenotto	46
6.2 Loppupäätelmät	47
6.3 Tulosten hyötyarvo Itämeren kunnostuksessa	49
6.4 Menetelmän mahdolliset riskit ja hyödyt	49
6.5 Mitä uutta tietoa tämän inkubointikokeen myötä selvisi	50
LÄHTEET	51

LIITTEET

- Liite 1. Vedenlaatutulokset
- Liite 2. Sedimenttitulokset
- Liite 3. Testausselesteita analyysien mittaustarkkuuksilla

KUVAT

Kuva 1. Kartta Itämerestä ja sen valuma-alueesta.	10
---	----

Kuva 2. Kartta Itämeren rehevöityneisyystilasta.	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty. 1
Kuva 3. Tyhjät koeyksikköputket, johon sedimentinäytteet tullaan ottamaan, valmiiksi kiinnitettynä telineeseen.	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty. 6
Kuva 4. Kari Haajasen piirtämät mallikuvat koeyksikön telineestä.	18
Kuva 5. Koeyksiköiden sedimenttipinnat mittauksessa. (Telineen reunalla olevat koeyksiköt ovat varanäytteet S10 ja S11).	20
Kuva 6. Koejärjestelyn koeyksiköt S1–S9, inkuboinnit 1–5, inkuboinnin esikäsitely ja sedimenttien poistot kaaviona.	21
Kuva 7. Paksu usvamainen kerros, joka oli muodostunut osan koeyksiköiden pinnalle ennen ensimmäistä inkubointia.	25
Kuva 8. Eri paksuisten poistettujen sedimenttikerrosten kuiva-aineen sisältämät P-, N- ja Fe-pitoisuudet sekä biologinen hapenkulutus.	32
Kuva 9. Jatkuvatoininen hapenseuranta (%) S10, graafinen kuvaaja.	41
Kuva 10. Jatkuvatoininen hapenseuranta (%) S11, graafinen kuvaaja.	42
Kuva 11. Jatkuvatoininen hapenseuranta (%) S9, graafinen kuvaaja.	42
Kuva 12. Sedimentin pinnalle muodostunut usvamainen kerrostuma.	43

TAULUKOT

Taulukko 1. Samallalaila käsiteltyjen koeyksiköiden ainepitoisuuksien keskiarvo ennen ja jälkeen ensimmäistä inkubointia, sekä pitoisuuksien prosentuaalinen muutos. 24h Inkubointi tehty koskemattomalla sedimenttipinnalla.	24
Taulukko 2. Keskenään samalla tavalla käsiteltyjen koeyksiköiden pitoisuuksien keskiarvo ennen ja jälkeen toista inkubointia, sekä pitoisuuksien prosentuaalinen muutos. Inkubointi kesti 24 tuntia, jota edeltänyt 5 cm (S1-S3) ja 15 cm (S4S6) pintasedimentin poisto. Koeyksiköt S7-S9 toimivat verrokkeina.	27
Taulukko 3. Pintasedimentin ominaisuuksia.	28
Taulukko 4. Samalla lailla käsiteltyjen koeyksiköiden pitoisuuksien keskiarvo ennen ja jälkeen kolmatta inkubointia sekä pitoisuuksien prosentuaalinen muutos. Inkubointi kesti 18 ja sitä edelsi uusi 10 cm sedimenttikerroksen poisto koeyksiköistä S1-S6. Koeyksiköt S7-S9 toimivat edelleen verrokkeina.	29
Taulukko 5. Sedimenttikerrosten ominaisuuksia.	30
Taulukko 6. Analyysien pohjalta arvioitu aineiden poistuma, yhden neliömetrin ruoppausalaa kohden.	31
Taulukko 7. Samalla lailla käsiteltyjen koeyksiköiden pitoisuuksien keskiarvo ennen ja jälkeen Neljättä inkubointia sekä pitoisuuksien prosentuaalinen muutos. Inkubointi kesti 18 tunnin, ja sitä edelsi koeyksiköiden vesimassan typetyksen hapen poistamiseksi.	34
Taulukko 8. Samalla lailla käsiteltyjen koeyksiköiden pitoisuuksien keskiarvo ennen ja jälkeen viidettä inkubointia, sekä pitoisuuksien prosentuaalinen muutos.	36
Taulukko 9. Ensimmäisen 4 tunnin inkuboinnin tulokset.	38
Taulukko 10. Toisen 4 tunnin inkuboinnin tulokset.	39
Taulukko 11. Neljän tunnin inkubointikokeiden (23.10 & 28.10) mukainen hapenkulutusnopeus.	39

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

Lyhenne	Lyhenteen selitys
BOD	Biologinen hapenkulutus
BOD7	Laboratorio-oloissa tapahtuva biologinen hapenkulutus seitsemän päivän ajalta.
Diffuusio	Lämpöliikkeestä johtuvaa molekyylien sekoittumista esimerkiksi nesteessä (Tieteen termipankki).
Inkubaatio	Tarkkaan valvotuissa olosuhteista tapahtuva reaktio tai kasvatus.
Läjitys	Poistetun maa-aineksen sijoittaminen kasaan.
Murtovesi	Makea ja suolainen vesi ovat sekoittuneet. Murtovesi on suolaisempaa kuin makea vesi, mutta ei niin suolaista kuin valtameri.
NTU	Sameuden mittayksikkö
Pitoisuusgradientti	Saman aineen eri pitoisuus vahvuuksia tai kerrostumia esimerkiksi inkuboitavassa näytteessä.
rpm	Kierrosta per minuutti
Sisäinen kuormitus	Pohjasedimenttiin sitoutuneita ravinteita ja kemikaaleja vapautuu takaisin veteen. Näin voi käydä esimerkiksi alusveden happipitoisuuden laskiessa.
Ulkoinen kuormitus	Vesistön ulkopuolelta sinne tulleita ravinteita ja kemikaaleja.

1 JOHDANTO

Itämeressä vallitsee herkkä ja ainutlaatuinen ekosysteemi, joka vaati suojelua. Itämeren huono yleistila ei ole kenellekään uusi uutinen, mutta miksi näin on? Vaikka ulkoisen kuormituksen lähteitä on saatu suuresti vähennettyä Itämeren alueella, ei meren tila ole merkittävästi parantunut. Yksi suurimmista syistä tähän on sisäinen kuormitus, jossa meren sedimenttiin vuosikymmenien aikana varastoituneet ravinteet vapautuvat, kun orgaaninen hajotustoiminta kuluttaa alusveden hapen loppuun. Vapautuneet ravinteet puolestaan ruokkivat uusia leväkukintoja, joista syntyy lisää orgaanista ainetta hajotettavaksi. Olemme siis päätyneet tilanteeseen, jossa meremme itse rehevöittää itseään.

Tämän tutkimuksen lähtökohtana oli selvittää, voitaisiinko sedimentin ravinnerikasta pintakerrosta poistamalla vähentää sisäistä kuormitusta ja parantaa alusveden happipitoisuuksia. Tutkimus toteutettiin laboratorioissa suoritettavilla inkubaatiokokeilla. Kokeiden aikana tutkittiin yhdeksän koeyksikön hapenkulutusta ja ravinteiden liikkumista sedimentin ja veden välillä, sekä miten eripaksuisten sedimenttikerrosten poisto vaikutti tuloksiin.

Vastaavanlaista sedimentin poiston vaikutuksien tutkimusta merien kunnostamisen näkökulmasta ei ole tehty, vaan aikaisemmat tutkimukset käsittelevät pääsääntöisesti järvien kunnostamista. Tämä tekee työstä ainutkertaisen tutkimuksen.

Tämän työn tärkein pohdinta perustuu koeyksiköiden hapenkulutuksen ja ravinnepitoisuuksien ympärille ja niihin pohjautuvaan perusteluun menetelmän toimivuudesta käytännössä. Suurimmaksi haasteeksi tässä tutkimuksessa muodostui inkubointien aikana tapahtunut oletettua nopeampi hapenkulutus, jonka seurauksena oli muun muassa vaikea havainnoida eri tavoin käsiteltyjen koeyksiköiden hapenkulutuseroja.

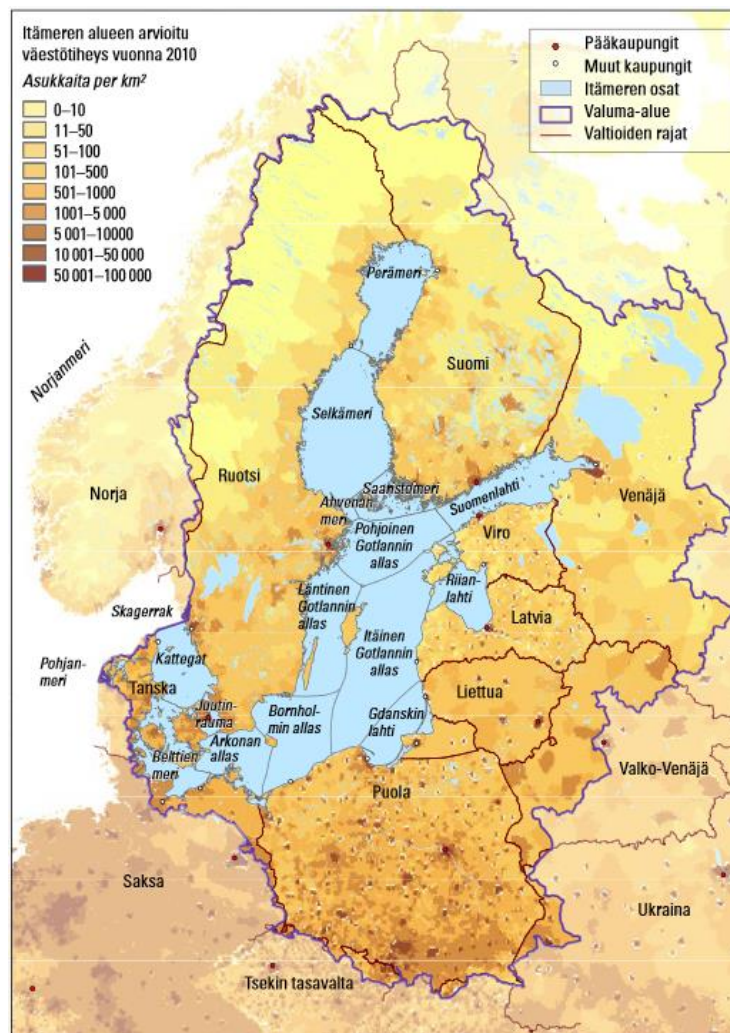
Tulosten luotettavuuden ja uskottavuuden tähden tässä työssä on myös melko kattavasti käsitelty koejärjestelyjä ja tutkimuksen suunnittelua sekä toteuttamista. Näihin asioihin tutustuminen auttaa myös saamaan ehyemmän kuvan inkubaatiokokeista ja niiden haasteista.

Tutkimus tehtiin Varsinais-Suomen ELY-keskuksen tilauksesta ja sen toteutti Turun ammattikorkeakoulu. Olen itse yksi tutkimuksen tekijöistä ja Varsinais-Suomen ELY-keskukselle kirjoitetun raportin kirjoittajista. Opinnäytetyön luvut 4 ja 5 pohjautuvat Varsinais-Suomen ELY-keskukselle tehtyyn tutkimukseen. ”Merisedimentin inkubointikoe SEABASED-hankkeelle” -tulosraportin kirjoittivat Antti Kaseva, Elisa Walli, Elina

Järvinen, Beatrice Suominen ja Hanna Hänninen. Samaan työhön pohjautuu myös Elina Järvisen opinnäytetyö ”Merisedimentin inkubointikokeiden koejärjestelyn suunnittelu ja rakentaminen”. Koska molempien opinnäytetöiden pohjana toimi sama tutkimusmateriaali, on töissä havaittavissa yhtäläisyyksiä ja päällekkäisyyksiä. Molemmat opinnäytetyöt ovat kuitenkin omia itsenäisiä teoksiaan. Järvisen työ keskittyy siihen, miksi koejärjestelmä rakennettiin niin kuin se rakennettiin, mitä muita vaihtoehtoja harkittiin ja miten inkubointikoeet sujuivat. Omassa työssäni puolestaan keskityn tuloksiin ja tutkimuksen hyötyarvon tulkintaan.

2 ITÄMERI

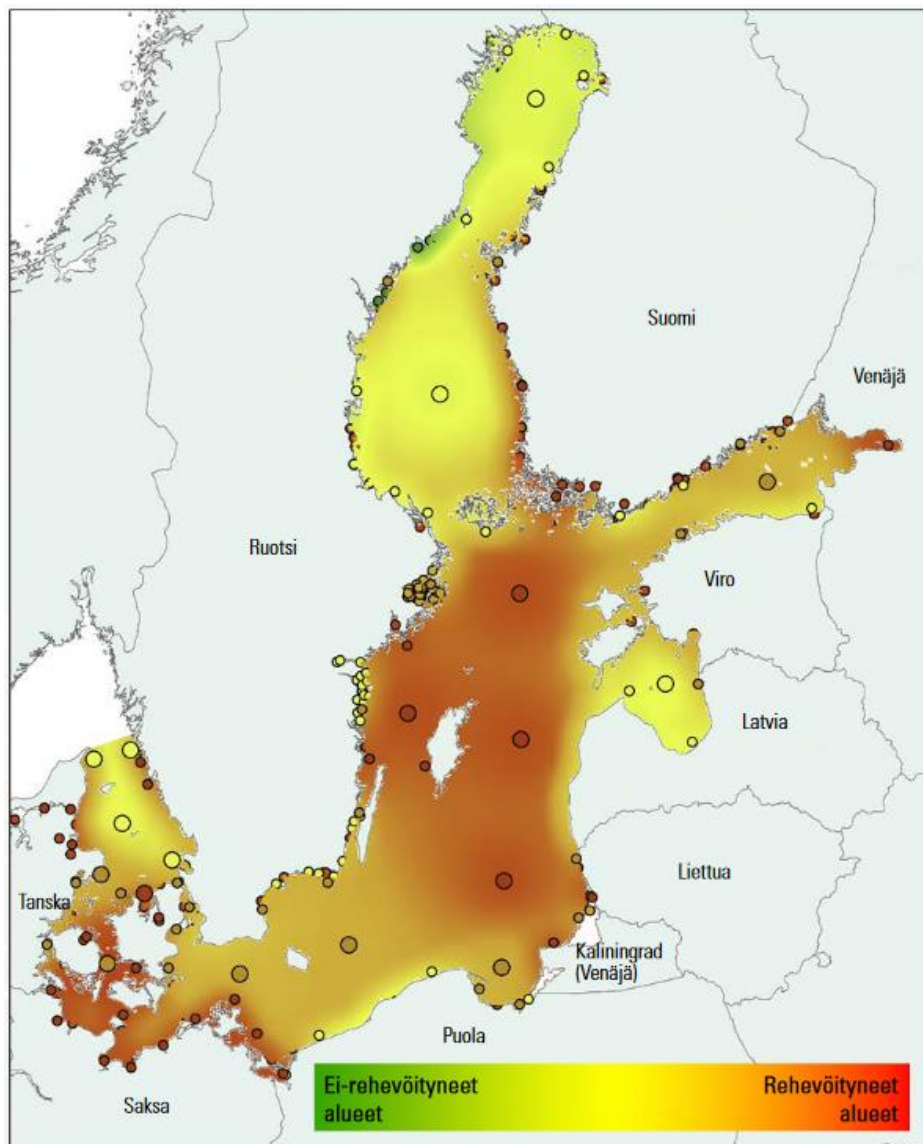
Itämeri on pieni umpinainen merialue, joka on pinta-alaltaan n. 393 000 km². Se yhdistyy itäiseen Pohjanmereen ainoastaan kapean Tanskansalmen kautta, joka rajoittaa vesimassojen sekoittumista. Itämeri on matalasuolaista murtovesialuetta, mikä johtuu sen rajoittuneesta yhteydestä suolaisempaan Pohjanmereen, matalasta keskisyvyydestä (54 m) ja erittäin laajasta valuma-alueesta, joka on neljä kertaa Itämeren pinta-alaa suurempi. Nämä tekijät ovat luoneet Itämereen ainutlaatuisen ekosysteemin verrattuna maailman muihin meriin. Itämeren suolapitoisuus onkin keskimäärin 7 ‰, kun valtamerien keskimääräinen suolapitoisuus puolestaan on 35 ‰. (Furman ym. 2014, 37–40.)



Kuva 1: Kartta Itämerestä ja sen valuma-alueesta (Furman ym. 2014, 3).

2.1 Meren nykytila

Itämeri on ainutlaatuinen kokonaisuus, jonka erityispiirteet tekevät sen ekosysteemistä erittäin herkän. Itämeren suurimpiin ongelmiin lukeutuvat ravinnepestöt, jotka aiheuttavat rehevöitymistä. (Baltic Sea Action Group.) Valtaosa Itämeren rehevöityneistä ravinteista on peräisin Itämeren valuma-alueilta. Tällaisia valuma-alueelta peräisin olevia ravinnepestöjä kutsutaan ulkoiseksi kuormitukseksi.



Kuva 2: Kartta Itämeren rehevöityneisyystilasta (Furman ym. 2014, 25).

”Suomen meriympäristön tila 2018” -raportin mukaan rehevöityminen aiheuttaa mm. veden samenessa ja leväkukintoja. Myös merenpohjassa on havaittavissa muutoksia eliöyhteisöissä sekä happivajeetta. Samassa raportissa myös todetaan, ettei yksikään Suomen merivesialueista ole rehevöitymisen osalta saavuttanut hyvää tilaa, vaikkakin monien merialueiden tila on viime vuosikymmenten aikana mennyt parempaan suuntaan. (Korpinen ym. 2018, 18.)

2.2 Sisäinen kuormitus

Sisäinen kuormitus on peräisin menneestä ja pitkään jatkuneesta ulkoisesta kuormituksesta. Vuosisatojen aikana Itämeren pohjaan on varastoitunut runsaasti ravinteita ulkoisen kuormituksen seurauksena. Huonot merenpohjan happitilanteet laskevat sedimentin kykyä sitoa fosforia itseensä. Toisin sanoen vuosien varrella pohjan sedimenttiin sitoutunut fosfori vapautuu takaisin veteen ja aiheuttaa näin sisäisen kuormituksen. Sisäinen kuormitus muodostaakin itseään ruokkivan oravanpyörän, jossa pohjasta vapautunut fosfori edesauttaa ja ruokkii levänkasvua pahentaen näin rehevöitymistä. Kuollut levämassa taas vajoaa pohjaan ja sen hajoamisprosessi kuluttaa pohjan alusveden happivarastoja, jolloin alusveden happipitoisuus laskee ja uutta fosforia pääsee liukenemaan lisää veteen. (Baltic Sea Action Group a.)

2.2.1 Ulkoisten tekijöiden vaikutus sisäiseen kuormitukseen

Sisäisen kuormituksen vakavuudesta kertoo se, että ”Itämeren tulevaisuus” -kirjassa sanotaan sisäisen kuormituksen fosforipäästöjen nousseen joinakin vuosina jopa kolme kertaa suuremmiksi kuin Itämereen kohdistuva ulkoinen fosforikuormitus (Bäck ym. 2000, 242–234).

Fosforin kykyyn sitoutua sedimenttiin vaikuttaa vahvasti raudan kierto vesistössä. Raudan kierron tärkeimpiä muuttujia ovat puolestaan happi ja rikki sekä niiden pitoisuus alusvedessä. Vedessä esiintyvä liukoinen happi pystyy hapettamaan sedimentin pinnalla olevan pelkistyneen raudan takaisin oksideiksi, jotka puolestaan sitovat fosforia itseensä. Rikki puolestaan esiintyy vedessä sulfaattina. Murtovesissä sulfaattipitoisuudet ovat useita satoja milligrammoja litrassa, toisin kuin järvissä, joissa veden sulfaattipitoisuudet ovat huomattavasti matalampia. Luontaisesti korkea sulfidipitoisuus muodostuu ongelmaksi happipitoisuuden laskiessa. Alusveden hapen puute johtaa sulfaatin

pelkistymiseen sulfidiksi. Sulfidit pelkistävät rautaoksideja niin, että niihin sitoutunut fosfori vapautuu ja rauta ja rikki sitoutuvat yhteen kiinteiksi rautasulfideiksi. Murtoveden suuri sulfidipitoisuus yhdistettynä Itämeren rehevöitymiseen johtaa siihen, että vedessä esiintyy samanaikaisesti suuria fosforipitoisuuksia ja matalia rautapitoisuuksia. Raudanpuutos puolestaan estää fosforin sitoutumisen sedimenttiin. (Bäck ym. 2000, 242–234.)

3 RUOPPAAMINEN VESISTÖJEN KUNNOSTUKSEN TOIMENPITEENÄ

Sisäistä kuormitusta voidaan vähentää poistamalla ravinnerikasta sedimenttiä vesistön pohjasta ruoppaamalla. Menetelmää on käytetty järvien kunnostuksessa, mutta sitä pidetään kalliina ja siksi usein viimeisenä vaihtoehtona vesistön kunnostamiseksi. (Vahnen 2018, 81.) Vasta viime vuosien aikana on alettu tosissaan pohtimaan menetelmän käyttökelpoisuutta myös Itämeren hapettomien pohja-alueiden kunnostuksessa. Tämän laboratoriossa tehdyn selvitystyön lisäksi Ruotsissa on tehty muutama käytännön koe ravinnerikkaan sedimentin poistamiseksi, sisäisen kierron vähentämiseksi.

Ruoppauksen tarkoituksena ei ole läheskään aina vesistön kunnostaminen, myös vesistön ruoppausmenetelmät ja syyt voivat olla hyvinkin vaihtelevia. Tästä syystä ei tule olettaa, että millä tahansa ruoppaushankkeella olisi positiivisia vaikutuksia sisäiseen kuormitukseen tai vesiekosysteemin tilaan.

3.1 Ruoppauksen vesistövaikutuksia

Vahasen ”speedin up the ecological recovery of the Baltic sea -raportissa” pohditaan ruoppauksen mahdollisia negatiivisia vaikutuksia.

- Sedimenttikerroksen häirinnästä johtuva sedimentin sitoutuneiden ravinteiden ja haitta-aineiden mahdollinen vapautuminen.
- Meriveden mahdollinen samentuminen. Samentumisella on vaikutuksia mm. kaloihin, merilintuihin ja merinisäkkäisiin.
- Melu ja värinähäiriöt.
- Vaikutus pohjaeläimiin ja merikasveihin sedimentin poiston seurauksena.
- Matalien merialueiden ruoppaus voi tuhota merieläinten kutu- ja ruokinta-alueet.

Ruoppausten vaikutusten laajuus vaihtelee huomattavasti ruoppausmenetelmän ja intensiteetin, tavoitteiden, sedimentin tyypin ja paikallisen hydrodynamiikan mukaan. Osa fyysisistä ja biologisista vaikutuksista voivat jatkua tai ilmetä hyvinkin pitkän aikaa ruoppauksen lopettamisen jälkeen. Ruopattavien alueiden toipumisajat ovat vaihtelevia. Satamien ja avovesialueiden ruoppaamisesta kertyneet kokemukset sekä saadut tutkimustulokset

osoittavat, että biota palautuu usein seuraavien 1–3 vuoden aikana Suomen rannikkovesissä. (Vahnen 2018, 83–84.)

Ruoppauksen vaikutusten minimoimiseksi voidaan käyttää myös erilaisia korjaustoimenpiteitä, joita ovat esimerkiksi (Vahnen 2018, 83–84):

- Ruopattavan alueen erottaminen muusta vesistöstä.
- Ruoppaustoiminnan sijoittaminen tunnettujen muuttoreittien ja lisääntymis- tai ruokinta-alueiden ulkopuolelle.
- Määritetään tunnukset ja päivämäärät, jolloin ruoppaus on sallittua, esim. ruoppauksen estäminen kalojen kutuajan ja lintujen pesimisaikojen aikana.
- Luonnonsuojelualueiden poissulkeminen ja ruoppauksen välttäminen niiden lähellä.
- Suunnitellaan ruoppaus ja siinä käytettävä laitteisto mahdollisimman vähäääniseksi meluhaittojen minimoimiseksi.
- Jätetään ruopattavalle alueelle koskemattomia alueita pohjaeläinten kolonisaation ja elpymisen nopeuden lisäämiseksi.
- Ruopatun pohjasedimentin läjitys ohjeistuksen mukaan ja niin, ettei se sateiden mukana päädy takaisin vesistöön.

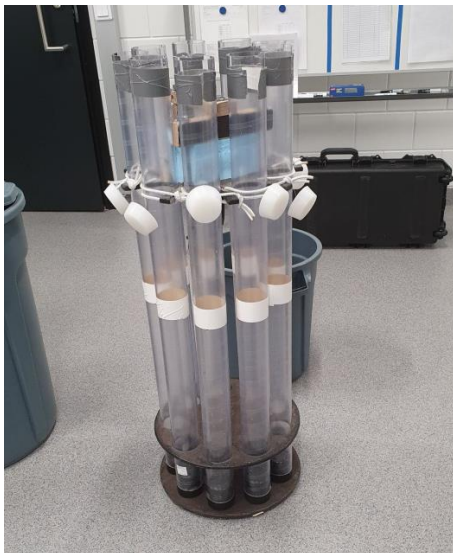
3.2 Ruotsissa tehty koeruoppaus

Itämeressä Ruotsin aluevesillä on suoritettu ainakin yksi kokeellinen ruoppaus, jossa Itämeressä sisäistä kuormitusta pyrittiin paikallisesti vähentämään. Koe toteutettiin Ruotsin Oxelösundissa, jossa sedimenttiä poistettiin 120 m:n syvyydestä hapettomalta merenpohjan alueelta. Koe toteutettiin TechMarket AB:n kehittämällä imuruoppaukseen perustuvalla laitteistolla, jonka avulla merenpohjasta pystytään poistamaan vain ohut kerros biologisesti aktiivista sedimenttiä ja ravinteita. Sedimentin poistaminen poistaa myös siihen sitoutuneet ravinteet. Tämän lisäksi tulee poistettua hiljattain merenpohjaan vajonnut orgaaninen aines. Molemmat näistä asioista vähentävät alusveden hapen kuluusta ja fosforin vapautumista sedimentistä takaisin vesistöön. Varsinaista tutkimusaineistoa kokeen suorituksesta ja jälkiseurannasta ei kuitenkaan ole vapaasti saatavilla. (Vahnen 2018, 86–87.)

4 SEDIMENTIN INKUBOINTIKOEEN KOEJÄRJESTELY JA TAVOITTEET

Tutkimme voisiko hapettoman merenpojan sedimentin pintakerroksen ruoppauksella olla merkitys alusveden happikatoon ja vaikutusta ravinteiden vapautumiseen sedimentistä. Tutkimus toteutettiin laboratoriossa tehtävillä inkubaatiokokeilla. Tutkimuksessa selvitettiin myös, minkä paksuisen sedimenttikerroksen poistamisella päästään optimoiduimpiin tuloksiin. (Kaseva ym. 2021, 5.)

Koeasetelma perustui häiriintymättömien sedimenttiprofiilien käyttöön, niin sanottuihin koeyksikköihin. Koeyksiköille pyrittiin järjestämään mahdollisimman samankaltaiset ja stabiilit olosuhteet, mitkä merenpohjassa ovat hallinneet. Koeyksiköiden inkubointi suoritettiin kuitenkin korotetussa 21 °C lämpötilassa, sillä korkeammassa lämpötilassa suoritettu koejärjestely lyhentää inkubointiaikaa. Tämä oli asetetun aikataulun kannalta välttämätöntä. Näistä syistä johtuen tuloksista ei voi tehdä suoria johtopäätöksiä sedimentin ja vesirajapinnan muutosten nopeudesta luonnollisissa olosuhteissa. (Kaseva ym. 2021, 5.)



Kuva 3. Tyhjät koeyksikköputket, johon sedimenttinäytteet tullaan ottamaan, valmiiksi kiinnitettynä telineeseen.

4.1 Koejärjestelyt ja menetelmät

Sedimenttinäytteet otettiin läpinäkyviin muovisiin polykarbonaattiputkiin, joista muodostuivat koeyksiköt. Koeyksiköt säilytettiin pystysuorana seisten vesihauteessa testin ajan. Näin pyrittiin tasamaan mahdollisia lämpötilavaihteluja sekä minimoimaan mahdollista hapen diffuusiota näytteeseen. Koeyksiköiden korkit oli suunniteltu tiiviiksi vuotojen ja näytteen ulkopuolisen hapen liukenemisen estämiseksi. (Kaseva ym. 2021, 6.)

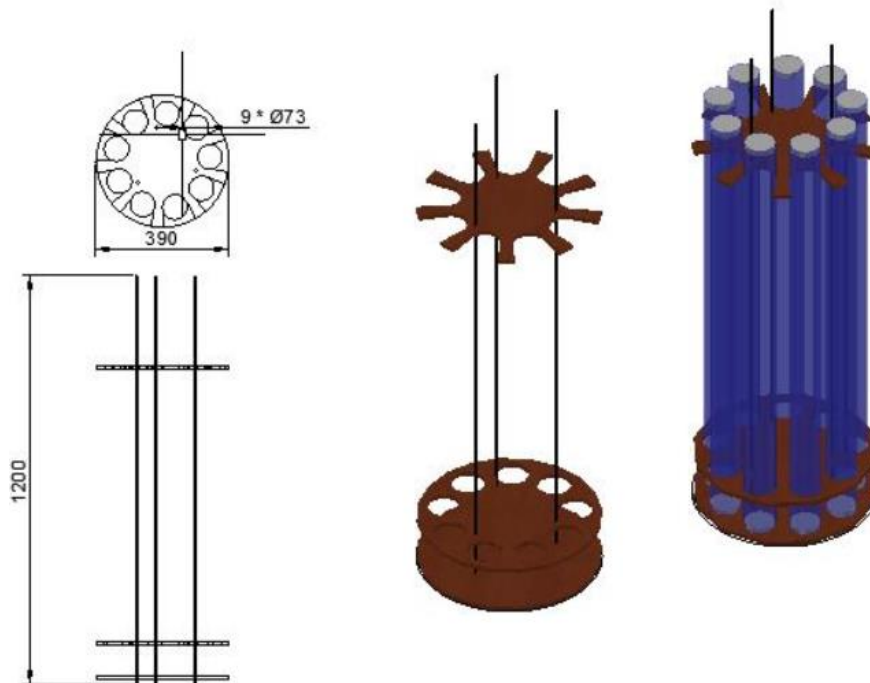
Pitoisuusgradienttien muodostumisen estämiseksi inkubointien aikana järjestettiin koeyksiköiden merivesipaasille hidas sekoitus vesikierron avulla. Vesikierto toteutettiin alipainepumpuilla. Putkien yläpään korkkeihin tehtiin kaksi ilmatiivistä läpivientä vedenkierrätysletkuille. Vesikierto toteutui imemällä vettä n. 5 cm:n etäisyydeltä sedimentin pinnasta ja palauttamalla vesi paasin yläosaan n. 3 cm vedenpinnan alapuolelle. Vedenkierron tarkoituksena oli mukailta alusveden luontaisia hyvin hitaita virtauksia sekä säilyttää vesipaasin vesi homogeenisenä näytteidenottoa varten. Koetilan ikkunat pimennettiin. Myös koeyksiköt, vesikiertoletkut ja pumput pidettiin peitettynä, valolta suojassa, lukuun ottamatta näytteiden ottoa. Koe koostui alustavien suunnitelmien mukaan viidestä lyhyestä inkuboitisyklistä. Eri syklien muuttujina olivat poistetun sedimentin määrä sekä merivesipaasien happitilanne inkuboinnin aloituksessa. (Kaseva ym. 2021, 6–7.)

4.2 Inkuboinnin järjestelyt

Koeyksiköiden putket olivat läpinäkyviä, n. metrin mittaisia ja sisähalkaisijaltaan 64 mm. Putkien alakorkit olivat materiaaliltaan POM-muovia, ja niiden tiiviyyttä varmistettiin vulkanointiteipillä. Ylätulppana toimi kartiomainen silikonitulppa. Silikonitulpan läpi vietiin kaksi silikoniletkua. Ensimmäisen inkuboinnin jälkeen letkut vaihdettiin Tygon-letkuiksi silikoniletkujen happivuodon takia. Letkut kytkettiin peristaattipumppuihin, joiden avulla vettä kierrätettiin. Pumppujen vedenkiertonopeutta oli ennen koetta tarkkailtu ja säädetty keskenään yhdenmukaiseksi. Koeyksiköiden tyyppi ja hapetus tehtiin erillisen silikoniletkun avulla, joka jaettiin yhdeksään haaraan. Typpi ja happi ajettiin hohkakivien läpi, näin kaasuista saatiin pienikuplaisia. Hohkakivet sijaitsivat koeyksiköissä n. 8 cm sedimentin pintaa korkeammalla. (Kaseva ym. 2021, 7–11.)

Koeyksiköiden teline oli rakennettu kahdesta vesivanerikiekosta, joissa oli paikat jokaiselle koeyksikköputkelle. Vesivanerikiekot oli kiinnitetty toisiinsa rautatankojen avulla.

Koeyksiköt telineineen sijoitettiin läpinäkyvän akryylisaavin sisään, joka täytettiin vedellä. Akryylisaavin vettä typetettiin säännöllisesti, jotta hapen imeytymisen riski koeyksiköiden putkien läpi olisi mahdollisimman pieni. (Kaseva ym. 2021, 7–11.)



Kuva 4. Mallikuvat koeyksikön telineestä (piirros Kari Haajanen).

Vesinäytteiden otto koeyksiköistä tapahtui automaattipipetillä ja 100 ml:n pipetinkärjellä. Myös sedimentinäytteet otettiin alussa automaattipipetillä ja hieman modifioidulla pipetinkärjellä, mutta sedimentin muuttuessa paksummaksi siirryttiin sedimentin lusikointiin. Sedimentinäytteet pakattiin 0,5 l Minigrip-pusseihin. Sedimenttiä typetettiin n. 1 minuutin ajan ennen pussin sulkemista. Työtetyksen tarkoituksena oli poistaa mahdollinen happi näytteestä. Näytteet toimitettiin analysoitavaksi Lounais-Suomen vesi- ja ympäristö Oy:n (LSVY) laboratorioon. (Kaseva ym. 2021, 6-7.)

LSVY:n laboratoriossa analysoitiin vesinäytteistä seuraavat parametrit:

- Ammoniumtyppi, NH_4^+ -N
- Nitraattityppi, NO_3^- -N
- Kokonaistyyppi, Tot N
- Liuennut kokonaisfosfori, Tot P
- Liuennut fosfaattifosfori, PO_4^{3-} -P

- Kokonaisrauta, TotFe
- Mangaani, Mn

Sedimenttinäytteistä analysoitiin seuraavat parametrit:

- Kuiva-aine
- Liuennut kokonaisfosfori, Tot P
- Kokonaistyyppi, Tot N
- Kokonaisrauta, TotFe
- Biokemiallinen hapenkulutus, BOD₇

Tehtyjen analyysien mittausepävarmuustiedot ovat liitteessä 3.

Lisäksi määritettiin Turun AMK:n laboratoriossa sedimentin tilavuuspaino ja kuiva-ainepitoisuus.

Vesinäytteen oton jälkeen koeyksiköihin jäänyt vesi imettiin pois sedimenttinäytteen oton ajaksi, jonka jälkeen koeyksiköt täytettiin uudestaan hapetetulla merivedellä. Sedimentin sekoittumisen välttämiseksi meriveden lisäys toteutettiin hitaalla virtaamalla. (Kaseva ym. 2021, 7–11.)

Happimittarina käytettiin YSI:n Exo 2 -moniparametrimittaria, johon oli kiinnitetty lämpötila- ja happianturi. Happimittari ei mahtunut suoraan koeyksikköön, jonka vuoksi automaattipipetillä nostettiin dekantterilasiin vettä, josta happipitoisuus luettiin. Pyrimme välttämään hapen sekoittumista näytteeseen toimituksen aikana. Hapenmittauksen jälkeen vesi, joka nostettiin dekantterilasiin, siirrettiin muoviseen näytepulloon ja toimitettiin analysoitavaksi LSVY:n laboratorioon. Happianturit kalibroitiin ennen inkubaatiokokeiden aloitusta, ja luotettavuuden varmistamiseksi tehtiin ajoittain mittauksia näytteisiin, joiden happipitoisuus tunnettiin. (Kaseva ym. 2021, 7–11.)

Tutkimuksen aikana koeyksiköiden kuntoa tarkkailtiin. Tarkastuksen yhteydessä kaikki silminnähden tapahtuneet muutokset kirjattiin ylös. Lisäksi näytteiden sedimentin pinta kuvattiin sekä vedenpinnan korkeus kirjattiin ylös. (Kaseva ym. 2021, 7–11.)

4.3 Sedimenttinäytteen otto

Sedimenttinäytteet otettiin Houtskarín Hålx vikistä, yhteistyössä Meritaidon ja heidän sukeltajiensa kanssa. Tuulen nopeus oli näytteenottopäivänä 9 m/s ja taivas

puolipilvinen. Sedimenttinäytteen ottopaikan koordinaatit ovat 60°13,561N, 021°20,826E. (Kaseva ym. 2021, 11–13.)

Sukeltajat noutivat näytteet Hålx vikin lahden merenpohjasta n. 12 metrin syvyydestä. Meren lämpötila näytteenottohetkellä oli 13,5 °C. Noston jälkeen koeyksiköt kuvattiin ja samalla määritettiin koeyksiköiden sedimenttipinnan korkeus. Kuljetuksen aikana koeyksiköt pyrittiin suojaamaan valolta ja tärinältä. (Kaseva ym. 2021, 11–13.)

Sedimenttinäytteen oton lisäksi samasta paikasta nostettiin myös n. 100 litraa alusvettä 10 m:n syvyydestä. Nostettu merivesi oli nostohetkellä noin 12,8-asteista, veden suolapitoisuus 6,6 ‰, sameus 10,35 NTU ja happipitoisuus 2,8 mg/l. Erikseen nostettua merivettä käytettiin inkubaatiokokeissa koeyksiköistä poistetun veden korvaamiseen. (Kaseva ym. 2021, 11–13.)



Kuva 5. Koeyksiköiden sedimenttipinnat mittauksessa (telineen reunalla olevat koeyksiköt ovat varanäytteet S10 ja S11) (Kaseva ym. 2021, 13).

4.4 Inkubointi

Inkubointikoe koostui viidestä inkubointisyklistä. Koeyksiköitä on yhteensä yhdeksän, ja ne on jaettu kolmen koeyksikön rinnakkaiseen sarjaan niin, että S1–S3, S4–S6 ja S7–S9 käsiteltiin aina samalla tavalla. Inkuboinnit poikkesivat toisistaan joko inkubointia edeltävän käsittelyn osalta tai poistetun sedimentin osalta. (Kaseva ym. 2021, 14.)

Koeyksikkö \ Inkubointi	Käsittely ennen Inkubointia				
	Veden ilmastus			Veden tyytetyys	Veden ilmastus
	1. Inkubointi	2. Inkubointi	3. Inkubointi	4. Inkubointi	5. Inkubointi
S1	Luonnollinen sedimenttipinta	5 cm pintasedimenttiä poistettu	15 cm pintasedimenttiä poistettu		
S2					
S3					
S4		15 cm pintasedimenttiä poistettu	25 cm pintasedimenttiä poistettu		
S5					
S6					
S7		Luonnollinen sedimenttipinta.			
S8					
S9					

Kuva 6. Koejärjestelyn koeyksiköt S1–S9, inkuboinnit 1–5, inkuboinnin esikäsittely ja sedimenttien poistot kaaviona (Kaseva ym. 2021, 14).

Ensimmäinen inkubointi: alkuperäinen sedimenttipinta (aloitus 12.10.2020)

Ensimmäisen inkuboinnin tarkoituksena oli mitata hapenkulutus ja veden ravinnepitoisuuden lähtötaso. Aluksi koeyksiköissä oleva merivesi hapetettiin, minkä jälkeen näytteet tasaantuivat 24 h. Tasaantumisen jälkeen mitattiin koeyksiköiden meriveden happipitoisuus sekä otettiin vesinäytteitä. Kaikissa näytteenotoissa näytepullot aina täytettiin piripintaan tai pulloon jäänyt ilmatila tyytettiin. Vesinäytteet toimitettiin näytteenoton jälkeen LSVY:n laboratorioon analysoitavaksi. Näytteet kuljetettiin valolta suojattuna kylmälaukussa ja kuljetus kesti noin 15 minuuttia. (Kaseva ym. 2021, 14.)

Ensimmäinen inkubointi aloitettiin näytteenoton jälkeen. Koeyksikköputkiin veden yläpuolelle jäänyt ilmatasku tyytettiin pois, korkit suljettiin ja koeyksiköiden vesikierto käynnistettiin. Inkubaatio kesti 24 h, minkä jälkeen happipitoisuus mitattiin uudestaan sekä otettiin uudet vesinäytteet. Sedimentin pinnalta pumpattiin kaikki vesi pois, jotta sedimenttinäytteen otto onnistuisi. (Kaseva ym. 2021, 14.)

Toinen inkubointi: pintasedimentin poisto 5 ja 15 cm (aloitus 14.10.2020)

Toisessa inkubointikokeessa selvitettiin pintasedimentin poiston vaikutuksia ja käyttökelpoisuutta hapettomien merenpohjien hoidossa. Tutkimme sedimentin poiston mahdollisia vaikutuksia hapenkulutukseen sekä ravinteiden liukenemiseen sedimentistä veteen. Ennen toista inkubointia putkiin lisättiin hapetettua merivettä. Koeyksiköt saivat odottaa

yön yli ennen kokeen jatkamista. Tämän jälkeen meneteltiin kuten ensimmäisessä inkuboinnissa. (Kaseva ym. 2021, 15.)

Kolmas inkubointi: sedimentin poisto 15 ja 25 cm (aloitus 19.10.2020)

Myös kolmannen inkuboinnin tarkoituksena oli selvittää eripaksuisten sedimenttikerrosten poiston merkitys alusveden happi- ja ravinnepitoisuuksiin. Ennen inkubointia koeyksikköputkeen lisättiin varovasti hapetettua merivettä, jonka jälkeen menettelimme kuten toisessa inkuboinnissa. Ainoana erona ensimmäisen ja toisen inkuboinnin kanssa oli, että inkubaatioaika lyhentyi 18 tunnin mittaiseksi. Inkubaatioajan lyhennys 24 tunnista 18 tuntiin johtui siitä, että pidemmässä 24 tunnin inkuboinnissa koeyksiköiden happipitoisuus ehti laskea hyvin lähelle nollaa. Tämä puolestaan vaikeutti hapenkulutusnopeuden arviointia. (Kaseva ym. 2021, 15.)

Neljäs inkubointi: hapettomat olosuhteet (aloitus 20.10.2020)

Neljännessä inkubaatiossa pyrittiin typettämään koeyksiköiden merivesi hapettomaksi, jotta pystytään selvittämään ravinteiden liukenemista hapettomissa olosuhteissa, sedimenttipoistojen jälkeen. Ennen inkubointia koeyksikköputkiin lisättiin merivettä korvaamalla edellisissä kokeissa poistettu vesi. Koeyksiköiden merivesi sekä ilmatila typetettiin mahdollisimman hapettomaksi. Tämän jälkeen suoritettiin 18 h:n inkubointi samoin kuin aiemmin suoritetuissa inkubaatioissa. Inkuboinnin jälkeen mitattiin happipitoisuus ja otettiin vesinäytteet analysoitavaksi. (Kaseva ym. 2021, 16.)

Viides inkubointi: hapellisten olosuhteiden palautuminen (aloitus 21.10.2020)

Viidennessä inkubointikokeessa tarkasteltiin veden ja sedimentin välistä ainevuotoa hapetonta jaksoa seuranneissa hapellisissa olosuhteissa. Ennen inkubointia korvattiin edelliseen näytteenottoon kulunut merivesi. 18 h:n inkubointi, mittaukset ja näytteenotto toteutettiin samoin kuin aikaisemmissa kokeissa. (Kaseva ym. 2021, 16.)

5 TUTKIMUSTULOKSET

Inkubaatiokokeen mittaus- ja analysointitulokset on esitetty inkuboinneittain. Kaikki vedenlaadun analyysitulokset ovat saatavilla liitteessä 1 ja sedimentin tulokset liitteessä 2.

5.1 Ensimmäinen inkubointi

Ensimmäisen inkuboinnin tarkoituksena oli tutkia käsittelemättömän sedimenttipinnan hapenkulutusta ja selvittää meriveden ainepitoisuuksien lähtötilannetta. Ensimmäisessä inkuboinnissa käytettiin sedimenttinäytteen otossa putkeen jäänyttä merivettä, kun taas myöhemmissä inkuboinneissa käytettiin näytteenottopisteen talteen nostettua alusvettä. (Kaseva ym. 2021, 17–19.)

Inkuboinnin yhteydessä mitatut happipitoisuudet (ks. 3.1.2) kertovat, että veden kierrätyksessä käytetyt silikoniletkut vuotivat happea koeyksiköiden veteen. Koeyksiköiden happipitoisuudet eivät laskeneet oletetusti kokeen aikana, mistä johtuen ensimmäisen inkuboinnin hapenkulutuksesta ei pystytä kokeen perusteella tekemään johtopäätöksiä. (Kaseva ym. 2021, 17–19.)

5.1.1 Vedenlaatutulokset

Koska happea pääsi liukenemaan koeyksiköihin, ei tuloksissa ollut nähtävissä oletettua hapenkulutusta, mikä luonnollisesti vaikutti myös meriveden ainepitoisuuksiin. Sedimenttinäytteet otettiin vain muutaman neliömetrin alueelta meren pohjasta, mutta siitä huolimatta analyysitulokset vaihtelivat jonkin verran koeyksiköiden välillä. Suurinta vaihtelua ilmenee fosforin osalta, jossa suurin pitoisuus oli jopa yli kolminkertainen pienimpään verrattuna (taulukko 1). Käytännössä veden fosfori koostui 100-prosenttisesti liukoista ortofosforista. Joissakin koeyksiköissä analysoitu liukoisen ortofosfaattifosforin pitoisuusmäärittelyn tulos oli korkeampi kuin liukoisen kokonaisfosforin pitoisuus. Nämä erot mahtuivat joka tapauksessa analyysin määrittystarkkuuden sisälle. Määrittysten epävarmuustiedot esitellään liitteessä 3. (Kaseva ym. 2021, 17–19.)

Inkuboinnin aikaiset ainepitoisuuksien muutokset jäivät pääasiallisesti melko pieniksi tai muutoksen suunta ei ollut yhdenmukainen eri yksiköiden välillä. Pieneksi jääneitä

muutoksia selittävät inkuboinnin aikana hyvin pienet olosuhdemuutokset. (Kaseva ym. 2021, 17–19-)

Taulukko 1: Samalla lailla käsiteltyjen koeyksiköiden ainepitoisuuksien keskiarvo ennen ja jälkeen ensimmäisen inkuboinnin sekä pitoisuuksien prosentuaalinen muutos. 24 h:n inkubointi tehty koskemattomalla sedimenttipinnalla. (Kaseva ym. 2021,18.)

		1. inkubointi								
		Kok.N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Kok.P.liuk.	PO ₄ -P.Liuk.	Fe	Mn	Happi
		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l
Ennen	S1-S3	2733	4	9	2067	713	683	153	353	4,8
	S4-S6	2233	3	6	1733	543	537	147	267	5,1
	S7-S9	2567	3	6	2000	647	653	150	337	4,9
Jälkeen	S1-S3	2467	3	7	1867	700	710	105	347	6,7
	S4-S6	2167	3	3	1700	537	550	73	260	6,4
	S7-S9	2467	3	3	1967	647	657	84	323	5,9
Muutos %	S1-S3	-10	-9	-21	-10	-2	4	-32	-2	39
	S4-S6	-3	0	-55	-2	-1	2	-50	-3	26
	S7-S9	-4	-20	-56	-2	0	1	-44	-4	20

* Laskennassa määrittämissä alittavat arvot on korvattu arvolla, joka on puolet määrittämissä rajasta.

5.1.2 Happitilanne

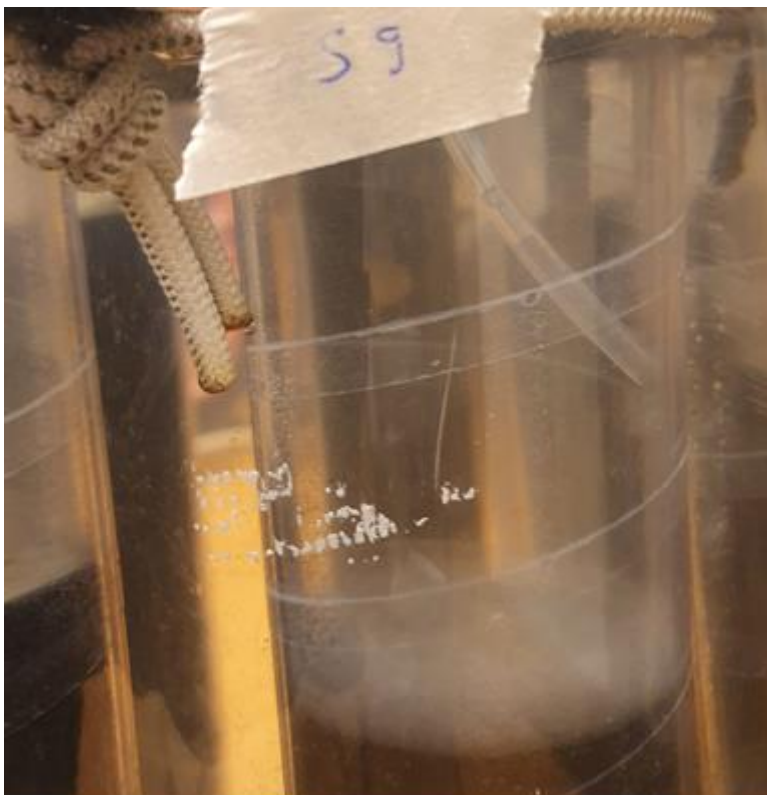
Ensimmäistä inkubointia edeltäneet happitilanteet vaihtelivat eri koeyksiköiden välillä 4,4–6,4 mg/l, pois lukien koeyksikkö S2, jossa happipitoisuus oli 2,6 mg/l. Inkuboinnin jälkeen koeyksiköiden meriveden happipitoisuudet olivat välillä 4,4–7,8 mg/l, mikä tarkoittaa, että happipitoisuudet olivat kasvaneet inkuboinnin aikana toisin kuin oletettiin.

Tämä osoitti, että koejärjestelmään oli päässyt jostain vuotamaan merkittävä määrä happea. Hapen lähteeksi varmistuivat silikoniset letkut, joiden läpi happi oli päässyt imeytymään. Ongelma poistui letkujen vaihdon jälkeen. Letkujen vaihdon lisäksi koeyksiköiden yläkorkkien tiiveyttä päätettiin varmuuden vuoksi parantaa lisäämällä korkin ja putken yhtymäkohdan päälle parafilmiä inkubointien ajaksi. (Kaseva ym. 2021, 17–19.)

5.1.3 Ensimmäiseen inkubointiin liittyvät huomiot ja havainnot

Ennen inkuboinnin aloittamista 12.10.2020 havaittiin valkoinen, usvamainen n. 1 cm kerrostuma koeyksiköiden S4, S5, S8 ja S9 sedimenttipinnan päällä (kuva 7). Kerros muistutti ulkonäöltään lähinnä paksua usvaa. (Kaseva ym. 2021, 17–19.)

Inkuboinnin jälkeen 13.10.2020 koeyksiköissä S4, S8 ja S9 havaittiin edelleen erottuvat vaaleat kerrostumat sedimenttipinnalla. Kerrokset olivat kasvaneet korkeutta, mutta myös silminnähden ohentuneet. Valkeista kerrostumista kerättiin kokoomanäyte, josta analysoitiin kokonaisrikkipitoisuus. (Kaseva ym. 2021, 17–19.)



Kuva 7. Paksu usvamainen kerros, joka oli muodostunut osan koeyksiköiden pinnalle ennen ensimmäistä inkubointia (Kaseva ym. 2021, 19).

5.2 Toinen inkubointi: pintasedimentin poisto 5 ja 15 cm

Toisen inkuboinnin tavoitteena oli selvittää pintasedimenttikerroksen poiston vaikutusta sedimentin ja meriveden väliseen ainevuotoon sekä hapenkulutukseen. Koeyksiköistä S1, S2, ja S3 poistettiin 5 cm sedimenttiä ja koeyksiköistä S4, S5 ja S6 poistettiin 15 cm sedimenttiä. Kontrollinäytteistä S7, S8 ja S9 ei poistettu sedimenttiä. (Kaseva ym. 2021, 20–22.)

5.2.1 Vedenlaatutulokset

Toisen inkuboinnin alussa koeyksiköistä mitatut aineiden pitoisuudet olivat lähempänä toisiaan eikä niissä ollut niin suuria eroavaisuuksia kuin ensimmäisen inkuboinnin

alussa. Poikkeuksena olivat raudan pitoisuudet, mikä johtui enimmäkseen koeyksikön S8 poikkeavan korkeasta rautapitoisuudesta. Pienempi ero lähtöpitoisuuksissa voi johtua siitä, että koeyksiköiden vedellä oli vähemmän aikaa reagoida sedimenttipinnan kanssa ennen toista inkubointia verrattuna edeltävään ensimmäiseen inkubointiin. Myöskään eri sedimentin poistokerrosten välillä ei lähtötilanteessa ollut havaittavissa suuria eroja. Pieniä eroja oli kuitenkin havaittavissa ammoniumtypen sekä kokonaistypen määrissä. (Kaseva ym. 2021, 20–22.)

Toisen inkubointikokeen aikaiset muutokset koeyksiköiden vedenlaadussa viittasivat enemmänkin aineiden sitoutumiseen kuin niiden vapautumiseen sedimentistä (taulukko 2). Lukuun ottamatta mangaania analysoitavien parametrien pitoisuudet laskivat inkuboinnin aikana. Mangaanin määrät nousivat lievästi yksittäisiä poikkeuksia lukuun ottamatta. (Kaseva ym. 2021, 20–22.)

Toisen inkuboinnin myötä myös eri koeyksiköiden välillä oli havaittavissa eroja. Koeyksiköistä S1–S3 poistettiin 5 cm pintasedimenttiä ja koeyksiköistä S4–S6 15 cm sedimenttiä ennen inkuboinnin aloitusta. Koeyksiköt S7–S9 toimivat verrokkeina, eikä niistä poistettu sedimenttiä. Suurin ero ilmeni verrokkina toimineiden koeyksiköiden (S7–S9) ja yksiköiden S4–S6 välillä, joista poistettiin 15 cm sedimenttiä. 15 cm pintasedimentin poisto johti pitoisuuksien laskuun kokonaisfosforin, ortofosfaattifosforin, raudan ja mangaanin osalta, toisin kuin muissa koeyksiköissä. Verrokkina toimineiden S7–S9 koeyksiköiden ammoniumtypen sekä kokonaistypen pitoisuudet olivat hieman korkeammat kuin muissa koeyksiköissä. (Kaseva ym. 2021, 20–22.)

Taulukko 2. Keskenään samalla tavalla käsiteltyjen koeyksiköiden pitoisuuksien keskiarvo ennen ja jälkeen toisen inkuboinnin sekä pitoisuuksien prosentuaalinen muutos. Inkubointi kesti 24 tuntia, jota edeltänyt 5 cm (S1–S3) ja 15 cm (S4–S6) pintasedimentin poisto. Koeyksiköt S7–S9 toimivat verrokkeina. (Kaseva ym. 2021, 21.)

		2. inkubointi								
		Kok.N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Kok.P.liuk.	PO ₄ -P.Liuk.	Fe	Mn	Happi
		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l
Ennen	S1-S3	1367	5	6	707	143	113	200	82	8,1
	S4-S6	1400	7	11	830	140	103	280	62	8,2
	S7-S9	1113	5	9	590	163	118	297	87	7,9
Jälkeen	S1-S3	1030	3	3	293	123	91	69	88	0,5
	S4-S6	937	6	3	264	40	13	38	36	0,7
	S7-S9	1087	3	3	503	133	117	108	94	0,9
Muutos %	S1-S3	-25	-33	-57	-58	-14	-19	-66	8	-94
	S4-S6	-33	-5	-77	-68	-71	-87	-87	-42	-92
	S7-S9	-2	-38	-71	-15	-18	-1	-64	9	-89

* Laskennassa määrittärajän alittavat arvot on korvattu arvolla, joka on puolet määrittärajasta.

5.2.2 Happitilanne

Ensimmäisen inkuboinnin hapen vuoto oli korjattu ja happea läpäisseet silikoniset letkut vaihdettiin ennen toisen inkuboinnin aloitusta. Toisen inkubaation jälkeen mitatut happipitoisuudet olivat hyvin matalia, joten oletettiin, että silikoniletkut olivat pääsyy happivuotoon. (Kaseva ym. 2021, 20–22.)

Inkuboinnin alussa happipitoisuudet koeyksiköiden merivedessä olivat noin 8 mg/l, mikä tarkoittaa vajaan 95 %:n happikylläisyyttä. Koeyksiköiden happipitoisuudet putosivat inkuboinnin aikana alle 1 mg/l pitoisuuteen, lukuun ottamatta koeyksikköä S7. Hapenkulutus oli kaikissa koeyksiköissä merkittävää, mutta suuria eroja käsittelyiden välillä ei ollut. Mittausten perusteella happi ei kuitenkaan kulunut koeyksiköistä kokonaan loppuun. Tämä voi johtua happimittauksen epätarkkuudesta, koeyksiköihin mahdollisesti kulkeutuvasta hapesta tai siitä, että hapenkulutus ei välttämättä ole enää lineaarista nollatason läheistyessä. (Kaseva ym. 2021, 20–22.)

5.2.3 Sedimenttitulokset

Ennen toista inkubointia poistetut sedimenttinäytteet homogenisoitiin, jotta kustakin koeyksiköstä saatiin otettua tasalaatuiset näytteet. Putkista S1–S3 poistettu pintasedimentti ei eronnut merkittävästi putkista S4–S6 poistetusta pintasedimentistä

kokonaistypen, -raudan tai -fosforin pitoisuuksien osalta. Myös sedimenttikerrosten kuiva-ainepitoisuuden muutos oli melko vähäinen. Selvin ero 5 cm ja 15 cm sedimenttikerrosten poiston välillä oli hapenkulutuksessa (BOD7). Mikäli muista koeyksiköistä selkeästi poikkeavan S5:n tulos jätetään huomiotta, jäävät myös hapenkulutuksen arvoissa tapahtuneet muutokset kohtuullisen lieviksi (taulukko 3). (Kaseva ym. 2021, 20–22.)

Sedimentin kuiva-aineen fosforipitoisuudet olivat hieman matalammat 0–15 cm sedimentissä. Typen osalta tilanne oli puolestaan päinvastainen. Märkäsedimentissä fosforin, typen sekä raudan pitoisuudet olivat korkeammat 0–15 cm sedimentissä. (Kaseva ym. 2021, 20–22.)

Taulukko 3. Pintasedimentin ominaisuuksia (Kaseva ym. 2021, 22).

sedimentti-kerros	koe-yksikkö	kuiva-aine (%)	tilavuuspaino g/ml	pitoisuus kuiva-aineessa mg/kg					pitoisuus kuiva-aineessa mg/kg				
				TOC	N	P	Fe	BOD7atu	TOC	N	P	Fe	BOD7atu
0-5 cm	1	14,3	1,06	41000	6500	1300	48000	21000	6,2	1,0	0,20	0,20	3,2
0-5 cm	2	13,4	1,04	45000	6600	1500	51000	29000	6,3	0,9	0,21	0,21	4,1
0-5 cm	3	13,5	1,09	46000	7200	1400	52000	22000	6,7	1,1	0,20	0,20	3,2
0-15 cm	4	16,2	1,12	43000	7600	1100	52000	19000	7,8	1,4	0,20	0,20	3,5
0-15 cm	5	17,2	1,15	44000	6700	1400	47000	14000	8,7	1,3	0,28	0,28	2,8
0-15 cm	6	15,8	1,09	42000	7500	1500	49000	20000	7,2	1,3	0,26	0,26	3,4

5.2.4 Toiseen inkubointiin liittyvät huomiot ja havainnot

Toisessa inkuboinnissa aloitettiin käyttämään parafilmiä korkkien ympärillä mahdollisten vuotojen estämiseksi. Inkuboinnin lopussa koeyksikössä S9 sedimentin pinnalle oli jälleen muodostunut ohut kerros vaaleaa usvaa. (Kaseva ym. 2021, 20–22.)

5.3 Kolmas inkubointi: sedimentin poisto 15 ja 25 cm

Kolmannella inkuboinnilla tutkittiin uuden, syvemmälle ulottuvan sedimentin poiston vaikutuksia. Inkubointiaikaa lyhennettiin 24 tunnista 18 tuntiin, koska toinen inkubointikoe osoitti hapenkulutuksen olevan hyvin suurta. (Kaseva ym. 2021, 23–26.)

5.3.1 Vedenlaatutulokset

Kolmannessa inkuboinnissa lähtötason pitoisuudet olivat jokaisen analysoidun paramet- rin osalta lähtökohtaisesti matalampia kuin toisen inkuboinnin alussa. Selkein muutos oli tapahtunut ammoniumtyypen pitoisuuksissa, jotka olivat tippuneet alle määrittystason. Ma- talimmat liukoisen ortofosfaattifosforin pitoisuudet löytyivät koeyksiköissä S4–S6, joista pintasedimenttiä oli yhteensä poistettu nyt 25 cm. (Kaseva ym. 2021, 23–26.)

Kolmannen inkuboinnin aikana nitriitin, nitraatin, sekä ammoniumin pitoisuudet pysyivät hyvin matalina ollen normaalisti alle analyysin määrittysrajan. Liukoisen kokonaisfosforin pitoisuus puolestaan lähes kaksinkertaistui, ja selkeää nousua oli havaittavissa myös mangaanin sekä raudan pitoisuuksissa. Vähiten liukoisen ortofosfaattifosforin ja koko- naisfosforin pitoisuudet kasvoivat koeyksiköissä S4–S6, joista sedimenttiä on poistettu 25 cm. Suurimmat liukoisen ortofosfaattifosforin arvot löytyivät koeyksiköistä S7–S9 eli verrokkisedimenteissä (taulukko 4). (Kaseva ym. 2021, 23–26.)

Taulukko 4. Samalla lailla käsiteltyjen koeyksiköiden pitoisuuksien keskiarvo ennen ja jälkeen kolmannen inkuboinnin sekä pitoisuuksien prosentuaalinen muutos. Inkubointi kesti 18 h ja sitä edelsi uusi 10 cm sedimenttikerroksen poisto koeyksiköistä S1–S6. Koeyksiköt S7–S9 toimivat edelleen verrokkeina. (Kaseva ym. 2021, 23.)

		3. inkubointi								
		Kok.N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Kok.P.liuk.	PO ₄ -P.Liuk.	Fe	Mn	Happi
		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l
Ennen	S1-S3	1073	4	3	14	71	22	139	25	7,0
	S4-S6	977	4	3	2	61	5	109	22	6,8
	S7-S9	940	3	3	2	81	30	38	69	6,4
Jälkeen	S1-S3	1133	3	3	2	126	29	187	39	0,6
	S4-S6	1267	4	3	2	96	9	153	37	0,4
	S7-S9	1060	3	3	2	130	75	113	89	0,4
Muutos %	S1-S3	6	-25	0	-89	78	30	35	57	-92
	S4-S6	30	-8	0	0	57	75	41	68	-94
	S7-S9	13	11	0	0	61	151	197	28	-94

* Laskennassa määrittysrajan alittavat arvot on korvattu arvolla, joka on puolet määrittysrajasta.

5.3.2 Happitilanne

Kolmannen ja toisen inkuboinnin happipitoisuuksien muutokset olivat hyvin samankaltaisia. Kolmannessakin inkuboinnissa hapen jäännöspitoisuudet olivat edelleen hyvin matalia, vaikka inkubointiaika lyhennettiin 18 tunnin mittaiseksi. Koeyksiköiden happitilanne ennen ja jälkeen kolmannen inkuboinnin oli hieman matalampi kuin toisella inkubointikerralla. Koeyksiköiden välillä ei havaittu suuria eroja ennen ja jälkeen inkuboinnin. (Kaseva ym. 2021, 23–26.)

5.3.3 Sedimenttitulokset

Ennen kolmannen inkuboinnin aloitusta poistettiin 10 cm:n kerros sedimenttiä koeyksiköistä S1–S6. Tällöin uusi sedimenttipinta koeyksikössä S1–S3 oli 15 cm matalammalla ja koeyksiköissä S4–S6 25 cm matalammalla kuin alkuperäinen sedimenttipinta. (Kaseva ym. 2021, 23–26.)

Koeyksiköiden S4–S6 poistettujen sedimenttikerrosten 15–25 cm kuiva-aine sisälsi enemmän typpeä ja rautaa kuin 5–15 cm sedimenttikerros (S1–3). Fosforin osalta kerroksissa ei ollut havaittavaa eroa, mutta hapenkulutus oli selkeästi laskenut syvemmässä kerroksessa (taulukko 5). (Kaseva ym. 2021, 23–26.)

Taulukko 5. Sedimenttikerrosten ominaisuuksia (Kaseva ym. 2021, 24).

sedimentti-kerros	koe-yksikkö	kuiva-aine (%)	tilavuuspaino g/ml	pitoisuus kuiva-aineessa mg/kg					pitoisuus kuiva-aineessa mg/kg				
				TOC	N	P	Fe	BOD7 _{atu}	TOC	N	P	Fe	BOD7 _{atu}
5-15 cm	1	17,5	1,08	42000	7100	1100	42000	16000	7,9	1,3	0,21	0,21	3,0
5-15 cm	2	16,3	1,07	43000	7500	1200	50000	19000	7,5	1,3	0,21	0,21	3,3
5-15 cm	3	16,4	1,10	43000	7600	1300	49000	16000	7,8	1,4	0,23	0,23	2,9
15-25 cm	4	19,5	1,09	46000	8000	1200	51000	12000	9,8	1,7	0,26	0,26	2,6
15-25 cm	5	18,5	1,10	53000	8500	1100	47000	11000	10,8	1,7	0,22	0,22	2,2
15-25 cm	6	18,7	1,10	47000	8900	1300	54000	11000	9,7	1,8	0,27	0,27	2,3

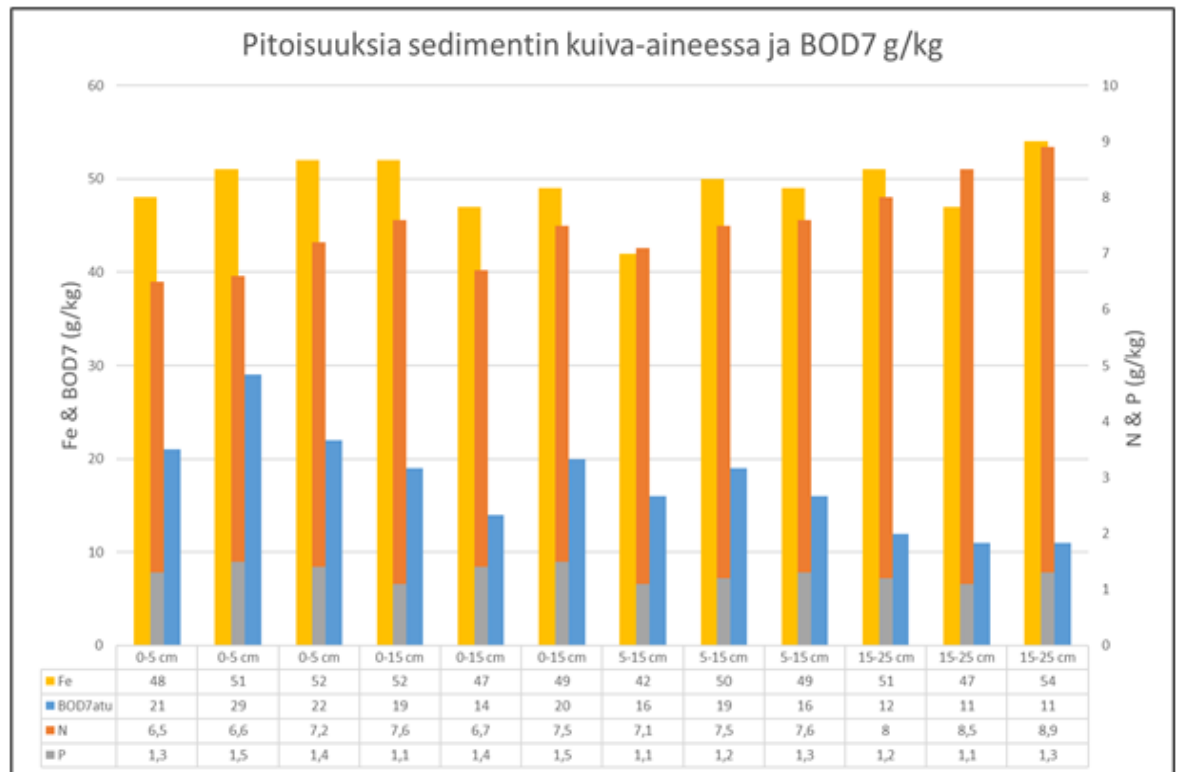
Koeyksiköistä tehtyjen analyysien pohjalta voidaan tehdä karkeita arvioita siitä, miten paljon esimerkiksi kiintoainesta tai ravinteita olisi mahdollista poistaa Hålx vikistä pohjasedimenttipinnan imuruoppauksella. Poistamalla 15 cm:n kerros pintasedimenttiä olisi

yllä esitettyjen taulukoiden pohjalta mahdollista poistaa 30–40 g fosforia ja noin 180–200 g typpeä ruopattavaa neliometriä kohden. (Kaseva ym. 2021, 23–26.)

Taulukko 6. Analyysien pohjalta arvioitu aineiden poistuma yhden neliometrin ruopausalaa kohden (Kaseva ym. 2021, 25).

sedimenttikerros	koeyksikkö	yhden neliometrin ruoppauksen yhteydessä poistuva määrä (g)					
		kuiva-aine x1000	TOC	N	P	Fe	BOD7atu
0-5 cm	S1	7,6	312	50	10	366	160
0-5 cm	S2	7,0	315	46	11	357	203
0-5 cm	S3	7,3	336	53	10	380	161
0-15 cm	S1	26	1104	183	31	1158	462
0-15 cm	S2	24	1066	177	31	1230	535
0-15 cm	S3	25	1112	190	34	1264	449
0-15 cm	S4	27	1172	207	30	1417	518
0-15 cm	S5	30	1302	198	41	1390	414
0-15 cm	S6	26	1079	193	39	1259	514
0-25 cm	S4	49	2151	377	56	2503	773
0-25 cm	S5	50	2382	371	64	2348	638
0-25 cm	S6	46	2047	376	65	2371	740

Analyseistä ilmeni, että syvemmät sedimenttikerrokset omaavat vähemmän happea kuluttavaa orgaanista ainetta. Tästä päätellen sedimentin poistoilla voisi siis olla vaikutuksia alusveden happitilanteeseen. Syvemmät sedimenttikerrokset kuitenkin sisälsivät suuremman määrän typpeä kuin ylin pintasedimentti (0–5 cm). Fosforin tai raudan pitoisuuksissa ei ollut suuria muutoksia poistettujen kerrosten välillä (kuva 13). (Kaseva ym. 2021, 23–26.)



Kuva 8. Eripaksuisten poistettujen sedimenttikerrosten kuiva-aineen sisältämät P-, N- ja Fe-pitoisuudet sekä biologinen hapenkulutus (Kaseva ym. 2021, 25).

5.3.4 Kolmanteen inkubointiin liittyvät huomiot ja havainnot

Koeyksikön S3 merivesi oli silmin nähden sameampaa kuin muissa koeyksiköissä.

Koeyksikössä S4 putkessa kellui ilmastusletkujen kiinnityksessä käytetyn ilmastointiteipin palanen. Teipinpalanen poistettiin ennen inkuboinnin aloitusta. Tämä ei aiheuttanut silminnähtävää häiriötä koeyksikölle.

Koeyksikön S6 vesinäytettä otettaessa automaattipipetin kärki tippui sedimenttiin ja sedimenttiä pöllähti hieman veden sekaan.

Koeyksikön S9 hohkakivi oli tippunut ennen hapetuksen alkua sedimentin pinnalle, mutta se ei aiheuttanut näkyviä muutoksia sedimentin pinnassa.

Inkuboinnin jälkeen koeyksiköt S1, S3, S6, S7 ja S8 haisivat vahvasti rikkivedylle.

Koeyksikön S2 putkea tyhjennettäessä näytteenottajan ote pipetistä lipsi ja pipetin kärki osui hieman sedimenttiin. Sedimentti ei pöllähtänyt osumasta. (Kaseva ym. 2021, 23–26.)

5.4 Neljäs inkubointi: hapettomat olosuhteet

Ennen neljännen inkuboinnin aloitusta koeyksiköiden merivesi typetettiin, jotta saatiin aikaan hapettomat olosuhteet näyteyksiköihin. Inkuboinnin tarkoituksena oli tutkia sedimentin ja vesimassan välistä ainevuotoa hapettomissa olosuhteissa. (Kaseva ym. 2021, 26–29.)

5.4.1 Vedenlaatutulokset

Koko kokeen huomattavasti korkeimmat rautapitoisuudet mitattiin neljännen inkuboinnin aloitustilanteessa. Suuret rautapitoisuudet johtunevat sedimentin rautayhdisteiden pelkistymisestä typetyksen aikana. Muiden analyysitulosten koeyksiköiden väliset erot aloitustilanteessa olivat melko pieniä. Raudan pitoisuudet kuitenkin vaihtelivat välillä 120–5300 µg/l. Verrokinäytteissä S7–S9 raudan pitoisuudet olivat matalammat kuin muissa koeyksiköissä. (Kaseva ym. 2021, 26–28.)

Neljännen inkuboinnin aikana tapahtui selkeää pitoisuuksien laskua kaikkien parametrien, erityisesti raudan, kohdalla. Raudan pitoisuuden lasku voi johtua raudan hapettumisesta ja sedimentoitumisesta. Tämä päätelmä tukisi happimittauksien tuloksia ja epäilystä hapen pääsystä koeyksiköihin. Ortofosfaattifosforin pitoisuudet laskivat alimmalle tasolle koeyksiköissä S4–S6 ja jäivät puolestaan korkeimmalle vertailuyksiköissä S7–S9 (taulukko 7). (Kaseva ym. 2021, 26–28.)

Taulukko 7. Samalla lailla käsiteltyjen koeyksiköiden pitoisuuksien keskiarvo ennen ja jälkeen neljännen inkuboinnin sekä pitoisuuksien prosentuaalinen muutos. Inkubointi kesti 18 tuntia, ja sitä edelsi koeyksiköiden vesimassan typetys hapen poistamiseksi. (Kaseva ym. 2021, 27.)

		4. inkubointi								
		Kok.N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Kok.P.liuk.	PO ₄ -P.Liuk.	Fe	Mn	Happi
		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l
Ennen	S1-S3	973	9	12	140	110	99	2753	39	0,4
	S4-S6	1007	9	13	143	115	95	3233	38	0,4
	S7-S9	867	10	13	163	117	102	420	23	0,4
Jälkeen	S1-S3	630	3	3	2	81	57	94	11	1,5
	S4-S6	610	3	3	2	70	42	105	12	2,2
	S7-S9	567	3	3	2	117	82	126	22	0,5
Muutos %	S1-S3	-35	-67	-79	-99	-26	-42	-97	-71	256
	S4-S6	-39	-68	-80	-99	-40	-55	-97	-70	411
	S7-S9	-35	-69	-81	-99	0	-20	-70	-7	18

*Laskennassa määritysrajan alittavat arvot on korvattu arvolla, joka on puolet määritysrajasta. Ennen tilanteen happipitoisuudessa käytetty mittausten keskiarvoa kaikille koeyksiköille.

5.4.2 Happitilanne

Neljäs inkubointi oli suunniteltu vastaamaan merenpohjan hapettomia olosuhteita sekä niissä tapahtuvia muutoksia. Koeyksiköt pyrittiin saamaan hapettomiksi typettämällä, mutta happipitoisuutta ei saatu laskemaan aivan nolnaan pitkään kestäneestä typetyksestä huolimatta. Happipitoisuutta tarkkailtiin ennen inkuboinnin aloitusta ja happi mitattiin kolmesta koeyksiköstä, joissa kuplitus oli silmämääräisesti heikointa. Happipitoisuutta ei mitattu kaikista koeyksiköistä ennen inkubointia, jotta putket saatiin suljettua mahdollisimman samanaikaisesti ja yhtä pitkän typetyksen jälkeen. (Kaseva ym. 2021, 26–28.)

Aloitustilanteen hyvin matalan happipitoisuuden sekä 2. ja 3. inkuboinnin hapenkulutuksen perusteella olisi ollut oletettavaa, että happi kuluisi inkuboinnin aikana loppuun kaikissa koeyksiköissä. Näin ei kuitenkaan tapahtunut, vaan koeyksiköissä oli edelleen inkuboinnin jälkeenkin pieniä määriä happea. Vaikka vedenkierrätyksessä käytetyt siliikoniletkut vaihdettiin heikommin happea läpäiseviin ja putkien tulppauksessa tehtiin kaasutiiveyden lisävarmistuksia, vaikuttaisi siltä, että koeyksiköihin pääsi kulkeutumaan happea jonkun materiaalin lävitse. (Kaseva ym. 2021, 26–28.)

5.4.3 Neljänteen inkubointiin liittyvät huomiot ja havainnot

Koeyksiköiden vesi pyrittiin typettämään hapettomaksi, mutta pitkästä typetysajasta huolimatta tässä ei aivan onnistuttu. Koeyksiköiden happipitoisuudet laskivat n. 5 % kylläisyyteen, mutta ne eivät enää laskeneet alaspäin typetyksen jatkamisesta huolimatta. Inkuboinnin jälkeen koeyksiköissä S7 ja S8 havaittiin vahvaa rikkivedyn hajua. (Kaseva ym. 2021, 26–28.)

5.5 Viides inkubointi: hapellisten olosuhteiden palautuminen

Viidennen inkuboinnin tarkoituksena oli jäljitellä tilannetta, jossa hapelliset olosuhteet ovat palanneet sedimentin yläpuoliseen alusveteen hapettoman ajanjakson jälkeen (Kaseva ym. 2021, 28–29).

5.5.1 Vedenlaatutulokset

Neljännen inkuboinnin tavoin olivat merivedestä analysoidut aineiden pitoisuudet melko samat eri koeyksiköissä, raudan pitoisuuksia lukuun ottamatta. Pitoisuudet olivat myös huomattavasti matalampia, kuin ensimmäisissä inkuboinneissa. (Kaseva ym. 2021, 28–29.)

Viidennen inkuboinnin aikana koeyksiköiden merivedessä tapahtuneet muutokset jäivät varsin pieniksi ja muutoksen suunta ei ollut yhdenmukainen eri koeyksiköiden välillä. Ainaat selkeät muutokset näkyivät raudan pitoisuuksissa, ja silloinkin vain niissä koeyksiköissä, joissa raudan pitoisuudet olivat koholla inkuboinnin alkaessa. Näissä koeyksiköissä rautapitoisuus väheni. Pienempiä muutoksia käsittelyiden välillä oli havaittavissa kokonaistypen kohdalla. Verrokkiyksiköissä tapahtui pientä typpipitoisuuksien nousua, kun taas muissa koeyksiköissä oli pientä pitoisuuden laskua. Raudan sekä fosforin osalta tapahtui pitoisuuksien kasvua ensisijaisesti verrokkiyksiköissä S7–S9 (taulukko 8). (Kaseva ym. 2021, 26–29.)

Taulukko 8. Samalla lailla käsiteltyjen koeyksiköiden pitoisuuksien keskiarvo ennen ja jälkeen viidennen inkuboinnin sekä pitoisuuksien prosentuaalinen muutos. (Kaseva ym. 2021, 29)

		5. inkubointi								
		Kok.N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Kok.P.liuk.	PO ₄ -P.Liuk.	Fe	Mn	Happi
		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l
Ennen	S1-S3	667	3	4	6	65	43	623	15	7,1
	S4-S6	843	3	3	2	63	31	558	14	7,2
	S7-S9	667	2	3	2	67	40	90	20	6,2
Jälkeen	S1-S3	613	3	3	2	72	45	83	11	0,6
	S4-S6	790	3	3	2	70	40	77	11	0,7
	S7-S9	743	2	3	2	97	69	108	27	0,3
Muutos %	S1-S3	-8	-20	-38	-76	11	5	-87	-25	-92
	S4-S6	-6	-11	0	0	11	28	-86	-21	-91
	S7-S9	12	-14	0	0	44	72	20	37	-95

* Laskennassa määrittämissä alittavat arvot on korvattu arvolla, joka on puolet määrittämissä.

5.5.2 Happitilanne

Viidennessä inkuboinnissa happipitoisuudet laskivat toisen ja kolmannen inkuboinnin tavoin hyvin alas. Viidennen inkuboinnin happipitoisuus oli noin 0,5 mg/l. Koeyksiköiden välisissä happipitoisuuksissa oli jonkin verran eroja sekä ennen että jälkeen inkuboinnin. Yksiselitteistä eroa eri käsittelyiden välillä ei havaittu koskien happitilannetta, mutta verrokkina koeyksiköissä S7–S9 olivat hapen pitoisuudet hieman koeyksiköitä alhaisempia sekä aloitus- että lopetustilanteessa. (Kaseva ym. 2021, 28–29.)

5.5.3 Viidennen inkubointiin liittyvät huomiot ja havainnot

Koeyksiköiden putkissa ei ollut huomattavia eroja, mutta osassa veden kierrätysletkuissa liikkui hieman tummahkoa kiintoainesta. Inkuboinnin jälkeen koeyksiköt S7 ja S8 haisivat vahvasti rikkivedylle. (Kaseva ym. 2021, 28–29.)

5.6 Koejärjestelyä täydentävät selvitykset

5.6.1 Hapenkulutuksen lisätestit

Huolimatta inkubointiajan lyhentämisestä happitasot ehtivät laskea inkubointien aikana hyvin alhaisiksi, ja täten hapenkulutuksen arviointi ei ollut täysin luotettavaa. Tämän takia koeyksiköiden välisiä eroja oli melko hankala erottaa toisistaan. Lisäksi inkubointikokeiden perusteella vaikutti siltä, että letkujen vaihdosta huolimatta happea pääsi jonkin verran koeyksikköihin. Tämän takia päätettiin tehdä lisäkokeita hapenkulutuksesta. Kokeiden tarkoituksena oli selvittää koeyksiköiden hapenkulutusta ja siinä mahdollisesti ilmenviä eroja eri sedimenttikerrosten välillä. Samalla pyrittiin paremmin selvittämään koeyksiköiden happipitoisuuden kehittymistä ajan funktiona ja varmistamaan koejärjestelyn kaasutiiveyttä. (Kaseva ym. 2021, 30.)

5.6.2 Neljän tunnin inkubointikoe koeyksiköiden hapenkulutuksen selvittämiseksi

Varsinaisten inkubointikokeiden jälkeen suoritettiin kaksi kertaa 4 tunnin mittainen inkubointi. Inkubointi toteutettiin samalla periaatteella kuin varsinaiset inkubointikokeet. Ainoastaan inkubointiaika oli lyhyempi eikä vesinäytteistä mitattu muuta kuin happipitoisuus. (Kaseva ym. 2021, 30.)

Neljän tunnin inkuboinnin tuloksissa on nähtävissä uuden sedimenttipinnan vaikutus hapenkulutukseen (taulukot 9 ja 10). Hapenkulutuksen erot eivät olleet kovin suuret 15 cm ja 25 cm sedimenttipoiston välillä, mutta erosivat selkeästi verrokkikoeyksiköiden tilanteesta. Sedimentin hapenkulutus näytti olevan erittäin tehokasta, ja jo aloitustilanteessa ehti tapahtua hapenkulutusta mittauksien aikana. Tämä siitäkin huolimatta, että koeyksiköt olivat ilman korkkia mittausten aikana. Tämä ilmiö oli myös osin havaittavissa koejärjestelyn varsinaisissa inkubointikokeissa. (Kaseva ym. 2021, 30.)

Verrokkeina toimivissa koeyksiköissä S7–S9 vaikutti olevan muita koeyksiköitä alempia happipitoisuuksia jo aloitustilanteessa. Tämä luultavasti johtuu sedimenttipinnan korkeammasta hapenkulutuksesta, mutta voi myös osin johtua numerojärjestyksessä tehdystä hapen mittaamisesta S1:stä kohti S9:ää ja tästä johtuvasta pidemmästä odotusajasta ennen inkuboinnin aloitusta. (Kaseva ym. 2021, 30.)

Taulukko 9. Ensimmäisen 4 tunnin inkuboinnin tulokset (Kaseva ym. 2021, 31).

4h inkubointi koe - ennen inkubointia				
23.10.	Happipitoisuus (mg/L)	Happisaturaatio (%)	Lämpötila	Kellonaika: Inkuboinnin aloitus
S1	7,72	89,8	20,78	10.50.00 v
S2	7,62	89	21,01	10.58.00 v
S3	7,77	90,9	21,07	11.04.00 v
S4	7,48	87,6	21,11	11.18.00 v
S5	7,46	87,3	21,07	11.22.00 v
S6	7,19	84,3	21,18	11.29.00 v
S7	5,74	67,4	21,2	11.36.00 v
S8	6,08	71,4	21,25	11.45.00 v
S9	6,24	73,1	21,19	11.53.00 v
4h inkubointi koe - inkuboinnin jälkeen				
23.10.	Happipitoisuus (mg/L)	Happisaturaatio (%)	Lämpötila	Kellonaika: Inkuboinnin lopetus/näytteen otto
S1	4,17	49	21,32	14.56.00 v
S2	3,56	41,7	21,15	15.05.00 v
S3	4,25	49,9	21,22	15.28.00 v
S4	2,95	34,5	21,12	15.18.00 v
S5	2,48	29,1	21,15	15.38.00 v
S6	2,27	26,7	21,41	15.48.00 v
S7	0,51	6	21,46	15.56.00 v
S8	0,94	11,1	21,58	16.05.00 v
S9	1,44	17,1	21,49	16.13.00 v

Taulukko 10. Toisen 4 tunnin inkuboinnin tulokset (Kaseva ym. 2021, 31).

4h inkubointi koe - ennen inkubointia				
28.10.	Happipitoisuus (mg/L)	Happisaturaatio (%)	Lämpötila	Kellonaika: Inkuboinnin aloitus
S1	8,07	93,6	20,67	10.37.00 v
S2	8,06	94	20,86	10.47.00 v
S3	8,11	94,5	20,81	10.56.00 v
S4	7,99	93,3	20,94	11.02.00 v
S5	7,97	92,8	20,82	11.09.00 v
S6	7,87	92	20,99	11.15.00 v
S7	7,15	83,2	20,77	11.20.00 v
S8	7,24	84,5	20,91	11.29.00 v
S9	7,4	86,1	20,79	11.33.00 v
4h inkubointi koe - inkuboinnin jälkeen				
28.10.	Happipitoisuus (mg/L)	Happisaturaatio (%)	Lämpötila	Kellonaika: Inkuboinnin lopetus/näytteen otto
S1	3,7	43,4	21,26	14.50.00 v
S2	3,64	42,6	21,16	14.57.00 v
S3	4,85	56,8	21,12	15.05.00 v
S4	3,45	40,5	21,21	15.15.00 v
S5	3,77	44,2	21,17	15.23.00 v
S6	2,96	34,7	21,07	15.29.00 v
S7	2,07	24,3	21,37	15.38.00 v
S8	1,86	22	21,49	15.48.00 v
S9	2,09	24,6	21,37	15.54.00 v

Lisätestien tulosten perusteella selvisi, että teoreettinen sedimentin hapenkulutus vaihteli eri koeyksiköissä välillä 4,7–7,5 g/m²/d (taulukko 9) (Kaseva ym. 2021, 32).

Taulukko 11. Neljän tunnin inkubointikokeiden (23.10. & 28.10.) mukainen hapenkulutusnopeus (Kaseva ym. 2021, 32).

Koeyksikkö	Laskennallinen hapenkulutus g/m ² /d	
	4h inkubointikoe 23.10	4h inkubointikoe 28.10
S1	5,2	6,2
S2	5,9	6,4
S3	4,8	4,7
S4	6,8	6,5
S5	7,0	6,0
S6	7,1	7,1
S7	7,2	7,1
S8	7,1	7,5
S9	6,6	7,3

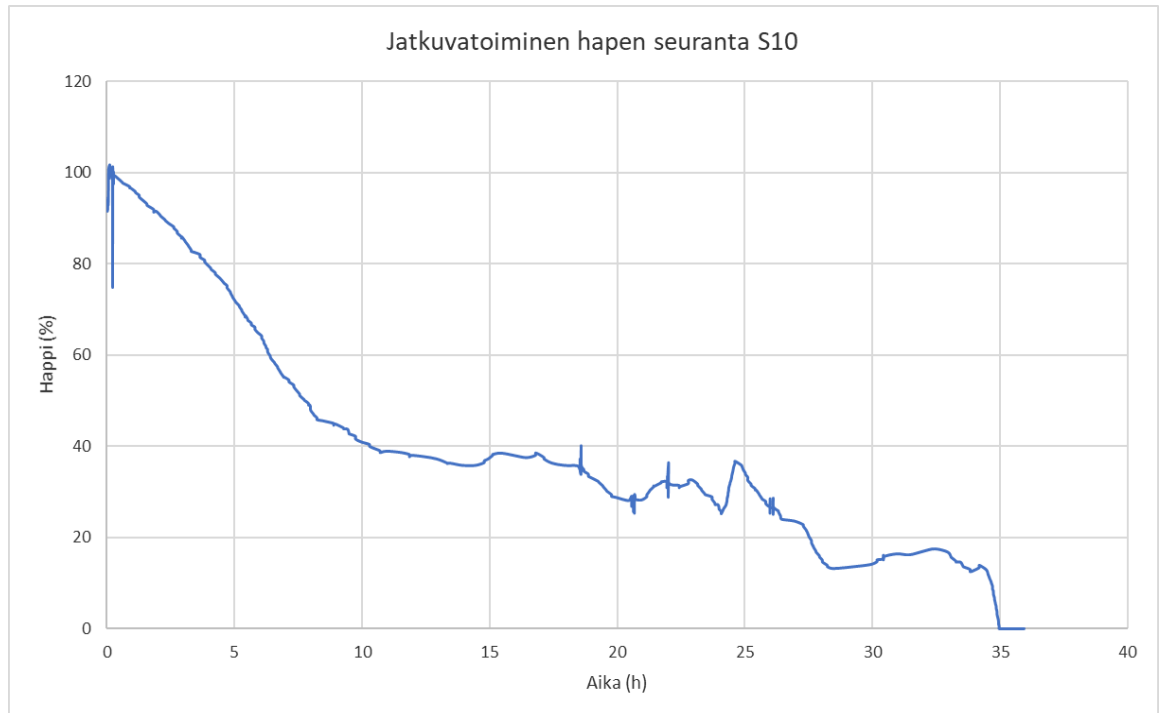
5.6.3 Jatkuvatoinen hapenkulutuksen mittauskoe

Selvittääksemme koeyksiköiden hapenkulutuksen nopeuden toteutettiin myös jatkuvatoinen hapenmittauksen testi. Koe toteutettiin sijoittamalla jatkuvatoinisesti mittaava happianturi suljettuun koeyksikköön. Kokeen toteuttamisen tarkoituksena oli tulosten varmentamiseksi. (Kaseva ym. 2021, 32–33.)

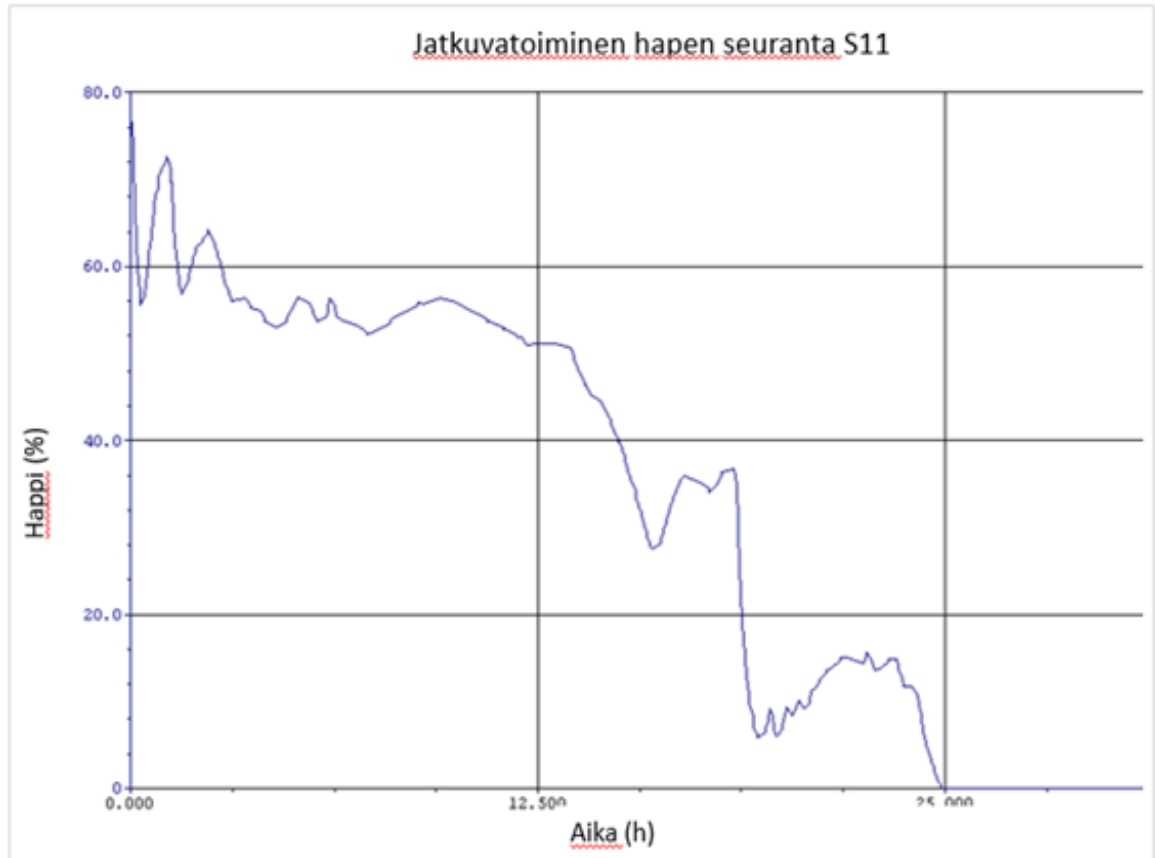
Ensimmäisessä kokeessa käytettiin varakoeyksikköä S10, joka sijoitettiin vesihauteeseen n. 50 cm syvyyteen ja suojattiin valolta, mutta koe tehtiin ilman vedenkiertoa. Näytteen happi kului loppuun 34 tunnin aikana. Hapenkulutus ei ollut lineaarista, kuten kuvassa 9 nähdään. Tulosten perusteella epäiltiin hapen imeytymistä polykarbonaattiputken läpi vesihauteen yläpuolisesta osasta. (Kaseva ym. 2021, 32–33.)

Toisessa jatkuvatoinisen hapenkulutuksen testissä käytettiin varakoeyksikköä S11. Koejärjestely oli muuten sama, mutta vesihauteen yläpuolinen osa, n. 50 cm, peitettiin kokonaan parafilmillä hapen imeytymisen estämiseksi koeyksikön muoviputken läpi. Happi kului loppuun 9 h nopeammin kuin ilman parafilmiä, eli koeyksikön happi loppui 25 tunnissa. Aloitustilanteen happipitoisuus oli kuitenkin alempi kuin ensimmäisessä testissä ja koe toteutettiin eri koeyksiköllä kuin ensimmäinen mittaus. Mitattu happipitoisuuden lasku ei edelleenkään ollut kovin tasaista parafilmin käytöstä huolimatta, kuten kuvassa 10 havaitaan. Yhtenä selittävänä tekijänä voi olla vedenkierron puuttuminen koeyksiköissä, mistä johtuen happipitoisuuden heilahtelun syynä voi olla seisovaan veteen muodostuvat erilaiset pitoisuusgradientit. (Kaseva ym. 2021, 32–33.)

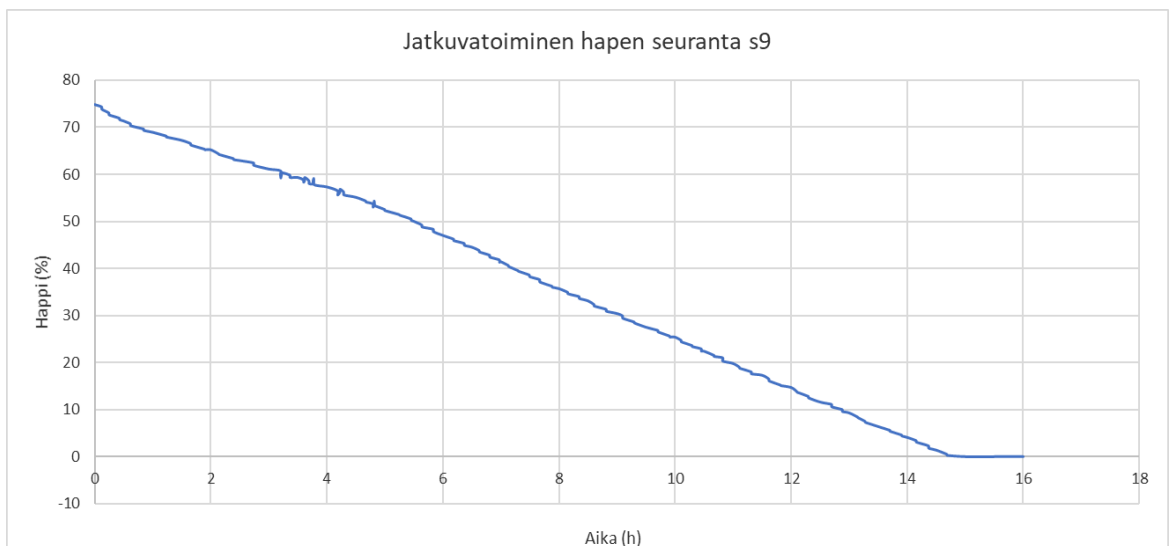
Kolmannessa kokeessa käytettiin koeyksikköä S9, joka oli myös mukana alkuperäisissä inkubaatiokokeissa verrokkina, jolloin siitä ei poistettu sedimenttiä. Koejärjestely oli muuten sama kuin toisessa testissä, mutta putkeen lisättiin vesikierto. Vedenkierto toteutettiin samalla periaatteella kuin varsinaisessakin kokeessa. Tällä haluttiin tutkia vedenkierron vaikutuksia hapenkulutukseen ja vertailla saatuja tuloksia happimittarin antamiin arvoihin. Happi kului loppuun lineaarisesti 15 h:n aikana (kuva 1), mikä on 19 h nopeampi kuin ensimmäinen jatkuvatoinisen hapenmittauksen testi. Lineaarinen hapenkulutus oletettavasti johtuu vedenkierron mahdollistamasta homogeenisestä vedenlaadusta ja siitä, että koko vesimassalla oli jossain vaiheessa mahdollisuus olla kontaktissa sedimentin kanssa, joka on voinut myös nopeuttaa hapen kulumista putkessa, kun pitoisuusgradienttien muodostuminen oli estetty hitaalla vedenkierrolla. (Kaseva ym. 2021, 32–33.)



Kuva 9. Jatkuvatoiminen hapenseuranta (%) S10, graafinen kuvaaja (Kaseva ym. 2021, 33).



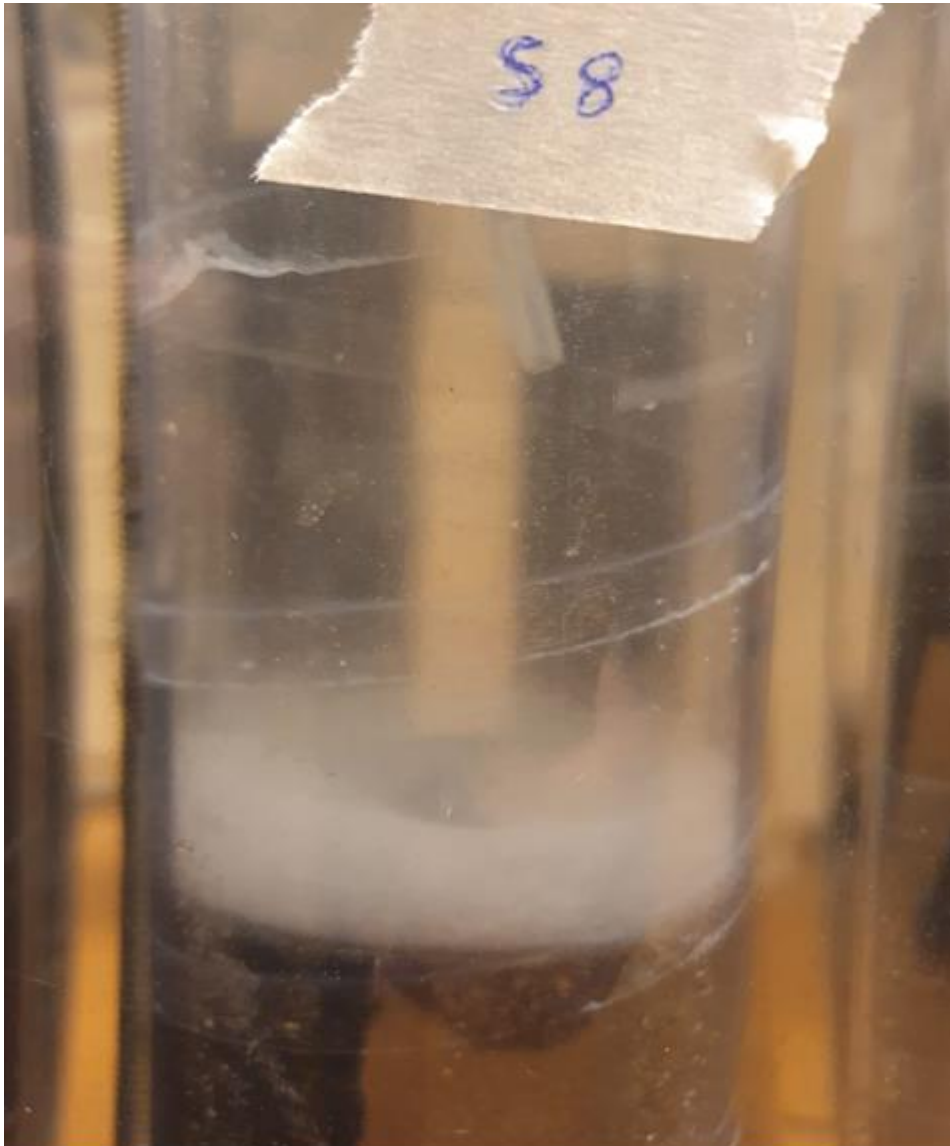
Kuva 10. Jatkuvatoiminen hapenseuranta (%) S11, graafinen kuvaaja (Kaseva ym. 34).



Kuva 11. Jatkuvatoiminen hapenseuranta (%) S9, graafinen kuvaaja (Kaseva ym. 2021, 34).

5.6.4 Sedimenttipinnan valkoisen kerrostuman koetulokset

Jo kokeen alussa ennen ensimmäistä inkubointia havaittiin joidenkin koeyksiköiden sedimentin pinnalla selkeä vaalea, usvamainen kerrostuma. Kerrostuman paksuus vaihteli koeyksiköistä riippuen n. 0,2–1,5 cm ja muistutti usvamaista sumua sedimenttikerroksen pinnalla. Kerrostumat heikkenivät inkuboinnin aikana. Nämä kerrokset poistettiin meriveden poiston yhteydessä, eikä uusia vastaavia kerroksia enää muodostunut. (Kaseva ym. 2021, 35.)



Kuva 12. Sedimentin pinnalle muodostunut usvamainen kerrostuma (Kaseva ym. 2021, 35).

Kerroksen sisällöstä tai muodostumisen mekaniismista ei ollut varmuutta. Yhtenä vaihtoehtona oli, että kerrostuma voisi olla elementaarista rikkiä. Kerroksista kerättiin 13.10.2020 kokoomanäyte, josta tutkittiin rikkipitoisuus. Näytteen rikkipitoisuudeksi analysoitiin 160 mg/l. (Kaseva ym. 2021, 35.)

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

6.1 Kokeen toimivuus ja mitä voisi tehdä toisin

Koko kokeen aikataulu oli hyvin tiivis. Seitsemän viikon aikana piti suunnitella, testata ja rakentaa koejärjestely sekä suunnitella, valmistella ja hakea koeyksiköt. Lisäksi seitsemän viikon aikatauluun piti mahduttaa koeyksiköiden valmistelu inkubointikokeisiin, inkubointikokeiden suorittaminen, raakadatan käsittely ja raportin kirjoittaminen tilaajalla. Aikataulu oli siis hyvin tiivis, mikä aiheutti omat haasteensa työn suunnittelussa ja tekemisessä.

6.1.1 Inkubointiolosuhteiden ja laitteiston suunnittelu

Koeyksiköiden alakorkit eivät olleet täysin optimit. Niiden paikallaan pysymisestä metrisen sedimentti- ja vesipaasin paineen alla ei ollut täyttä varmuutta. Korkit oli kuitenkin mittatilaustyöllä teetetyt, kun edelliset alakorkit todettiin epäsopiviksi. Pidemmällä suunnittelu- ja testausajalla olisi ollut mahdollista löytää optimoidumpi alakorkkivaihtoehto. Korkkien tiiviyttä varmistettiin vulkanointiteipillä, ja ne teipattiin myös ilmastointiteipillä paikoilleen, kun näytteen oli nostettu merestä. Yläkorkkien ilmatiiviyttä ja sopivuutta kokeeseen epäiltiin myös inkubointikokeiden aikana, ja siksi mahdollisiin jatkokokeisiin tulisi myös yläkorkit optimoida paremmin kokeisiin sopiviksi.

Käytössä oli kaksi eri pumppukokoa, ja vaikka niiden vedenkiertonopeus säädettiin mahdollisimman samankaltaisiksi, huomattiin pumppujen välillä pieniä eroavaisuuksia. Marginaalieroja saataisiin jatkokokeissa vähennettyä, jos kaikki pumpput olisivat yhdenmuukaisia keskenään. Mielestäni jokaisella koeyksiköllä olisi hyvä olla omat pumpput, niin että yksi pumppu pumppaa vain yhden koeyksikön kiertovesiä. Tämä helpottaisi mahdollisten huomioiden tekemistä letkuista, kun jokaisessa pumpussa on vain yksi letku.

Letkujen materiaaliin ja ilmanläpäisykykyyn olisi pitänyt kiinnittää enemmän huomiota ja myös niiden hapenläpäisykykyä olisi ollut hyvä testata. Aikataulullisista syistä tätä ei kuitenkaan ehditty testaamaan.

6.1.2 Koeyksiköiden haku

Sukeltajat saivat kattavan ohjeistuksen näytteidenotosta ennen koeyksiköiden hakuja. Ohjeistuksesta huolimatta ei ole täyttä varmuutta, onko näytteitä otettaessa ympäröivä sedimentti pölyynnyt ja sekoittunut. Pohjakerroksen sekoittuminen voi vaikuttaa muiden koeyksiköiden sedimenttinäytteisiin, koska kaikki koeyksiköt pyrittiin ottamaan muutamman neliömetrin alalta.

Kuljetuksen aikana koeyksiköt altistuivat tärinälle, mikä ei ollut vältettävissä, vaikkakin koeyksiköt pyrittiin suojaamaan tärinää vastaan. Tärinä on voinut aiheuttaa sedimentti-paasien tiivistymistä tai sekoittumista, vaikkakaan sekoittumista ei ollut havaittavissa, kun koeyksiköiden kuntoa tarkasteltiin matkan aikana.

6.1.3 Inkubointikokeet ja näytteenotto

Näytteenotto ja inkubointien valmistelut

Inkubointikokeet ja näytteenotto tehtiin pääsääntöisesti opiskelijatyönä. Koska opiskelijoilla ei ollut aikaisempaa kokemusta vastaavasta työstä, oli alkuun rutiinin ja yhtäläisen työtavan muodostaminen hieman hapanavaa. Vaikka kaikki näytteenottovaiheet oli yksittäin testattu toimiviksi, ei niitä ollut ehditty kertaakaan testata yhtenä kokonaisuutena. Työvaiheet olisi saatu tutuiksi testaamalla näytteenottoa koeyksiköistä kaikkine välivaiheineen, mikä olisi helpottanut varsinaisia näytteenottoja. Ensimmäinen inkubointi ja näytteenotto ajoittui kuitenkin niin, että ohjaajat pystyivät olemaan läsnä avustamassa meitä ja varmistamassa, että inkubointi ja näytteenotto sujuivat ongelmitta. Kuitenkin mahdollisten virheiden välttämiseksi olisi rutiinin luominen ollut tärkeää ennen kokeen aloittamista. Tiukan aikataulun puitteissa se ei kuitenkaan ollut mahdollista.

Happimittari

Happimittari, jota oli tarkoitus käyttää tutkimuksessa, osoittautui ennen ensimmäistä inkubointia epäkuntoiseksi. Päädyimme käyttämään kenttäkäyttöön suunniteltua YSI:n Exo 2 -moniparametrimittaria. Tämä oli paras korvaava happimittari, joka oli nopeasti käytettävissä ja kykeneväinen luotettavasti mittaamaan halutut parametrit. Kyseinen mittari oli kuitenkin kömpelön iso ja hidas laboratoriokäyttöön, sekä sen käyttö aiheutti lisätyövaiheita näytteenottoon, kuten kappaleessa 4.2 kerrotaan. Nämä lisätyövaiheet

sekä pitkä hapenmittausaika aiheuttivat riskin hapen liukenemisesta näyteveteen, vaikka pyrimmekin minimoimaan mahdolliset riskitekijät.

Hapenkulutus

Hapenkulutus oli odotettua nopeampaa koeyksiköissä inkubaation aikana, mistä johtuen myös inkubointiaikoja jouduttiin mukauttamaan kokeen edetessä. Hapenkulutusnopeus olisi ollut inkubointisuunnitelmaa tehdessä tärkeä tieto. Tämä olisi kuitenkin vaatinut alustavia testauksia vastaavista oloista, ellei jopa samalta alueelta noudetun sedimentinäytteen testausta, kuin mistä varsinaiset koeyksiköt oli haettu. Koska varsinaisten koeyksiköiden nouto ei ollut yksinkertaista eikä halpaa, tämä ei ollut mahdollista ja voi jatkotutkimustenkin osalta olla haastavaa. Tässä tutkimuksessa on kuitenkin nähtävissä kolmen erimittaisen inkubointiajan hapenkulutus ja muutaman jatkuvatoimisen hapenmittauksen tulokset. Riippuen millaisella koejärjestelmällä ja etenkin veden sekoituksella seuraava tutkimus toteutetaan, kannattaa saatuja hapenkulutusnopeuden tuloksia hyödyntää, jotta vastaavilta ongelmilta vältyttäisiin, vaikkei suoria johtopäätöksiä välttämättä voidakaan tehdä, johtuen mm. mahdollisten sedimenttien ja koejärjestelyjen eroista.

Valolle altistuminen

Koeyksiköt pyrittiin pitämään kokonaan valolta suojassa, mutta näytteidenoton aikana tämä ei kuitenkaan ollut mahdollista. Happimittarin vaihdosta johtuen näytteidenottoaika pitkittyi huomattavasti, minkä seurauksena näytteet olivat myös pidempiä aikoja altistuneena valolle. Tässä tilanteessa valo oli kuitenkin peräisin vain lampuista, sillä ikkunat olivat kokonaan pimennetyt luonnonvalon varalta. Normaaleista lampuista tuleva valo ei sovellu yhteyttämiseen, joten leväkasvustojen muodostumista ei kattovalojen takia tarvitse pelätä.

Koeysiöiden muoviputken hapen diffuusio

Jatkuvatoimisissa hapenmittauksissa selvisi, että vesihauteen yläpuoleisen, muovisen koeyksikköputken läpi pääsi imeytymään happea näytteisiin. Koeysiöiden putkea jäi veden pinnan yläpuolelle n. 25 cm verran.

6.2 Loppupäätelmät

Läpi koko tutkimuksen hapenkulutus koeyksiköissä oli erittäin korkea. Jopa lisätesteissä tehdyissä neljän tunnin inkubaatioissa happipitoisuus laski keskimäärin 4,5 mg/l. Runsas

ja nopea hapenkulutus aiheutti haasteita eri sedimentinpoistoista aiheutuvan hapenkulutuksen muutoksien arvioinnissa varsinaisessa inkubointikokeessa. Tästä johtuen yksiselitteisiä eroja hapenkulutuksessa ei ollut havaittavissa. Lisätesteissä hapenkulutuksen selvittämiseksi, eli lyhemmissä inkuboinneissa, kuitenkin paljastui, että pintasedimentin poistolla voidaan positiivisesti vaikuttaa hapenkulutukseen. Niissä koeyksiköissä, joista oli poistettu sedimenttiä, oli hapenkulutus 12–17 % pienempää kuin verrokkikoeyksiköissä, joista sedimenttiä ei poistettu. Erot eripaksuisten sedimenttikerrosten välillä olivat selkeästi vähäisemmät. Kuitenkin sedimenttinäytteistä tehtyjen BOD7atu-määrytyksien pohjalta hapenkulutuksen pitäisi olla vähäisempää 25 cm sedimentin poiston jälkeen kuin 15 cm poiston jälkeen. (Kaseva ym. 2021, 36–37.)

Happipitoisuuksien lisäksi sedimentinpoistolla huomattiin olevan vaikutusta mm. veden fosforipitoisuuksiin. Matalimmilleen fosforipitoisuudet laskivat koeyksiköissä, joista sedimenttiä poistettiin 25 cm. Kokonaistypen ja typen fraktioiden kohdalla ei vastaavaa selkeää eroa eri käsittelyjen välillä ollut havaittavissa. (Kaseva ym. 2021, 36–37.)

Eri inkubointien aikana kokonaisfosforin sekä liukoisen fosfaatin pitoisuudet käyttäytyivät siten, että kunkin inkuboinnin lähtötilanteen pitoisuudet olivat alhaisemmat verrattuna edellisen inkuboinnin aloitustilanteeseen. Poikkeuksena oli neljäs inkubointi, jonka tarkoituksena oli tutkia alusveden hapettomia olosuhteita. Kokonaistypen ja ammoniumtypen osalta oli havaittavissa vastaavaa pitoisuuksien kehitystä. Nitraatti- ja nitriitti- typen pitoisuudet puolestaan pysyivät alhaisina koko tutkimuksen ajan. (Kaseva ym. 2021, 36–37.)

Sedimentin yläpuolisessa vesipaasissa inkubointien aikaan tapahtuneet muutokset ja niiden suunta tuntuivat olevan osittain riippuvaiset inkuboinnin aloitustilanteen pitoisuuksista. Näin ollen inkuboinnin alussa korkeat pitoisuudet normaalisti laskivat ja matalat pitoisuudet kasvoivat inkuboinnin aikana. Tutkimuksen perusteella pintasedimentin poiston avulla sedimentin hapenkulutus laskisi, kuten myös veden fosforipitoisuus. (Kaseva ym. 2021, 36–37.)

Koejärjestelyn olosuhteet poikkesivat sedimentin luonnollisista olosuhteista jonkun verran. Tästä johtuen tutkimuksen perusteella ei voi arvioida sedimentinpoistolla luonnollisissa olosuhteissa saavutettavissa olevia määrällisen hapenkulutuksen tai alusveden fosforinpitoisuuden muutoksia. (Kaseva ym. 2021, 36–37.)

6.3 Tulosten hyötyarvo Itämeren kunnostuksessa

Tutkimus osoittaa, että pintasedimentin poistolla on ainakin lieviä positiivisia vaikutuksia meriekosysteemin tilaan. Hapenkulutuksen erot eri käsittelymenetelmien välillä eivät olleet kuitenkaan kovin merkittäviä. Vaikka tulokset näyttävät, että ruoppauksella olisi positiivinen vaikutus hapenkulutukseen, onko ero kuitenkaan riittävän suuri, ettei happi lopu kesken myöhemmin? Tästä syystä suositellisiin tekemään kattavamman kokeen ja tutki- maan aihetta lisää ennen käytännön kokeisiin ryhtymistä. Jatkotutkimuksessa olisi hyvä valita vähintään kolme huonossa ekologisessa tilassa olevaa lahtea, joissa alusvesi kärsii vähähappisuudesta tai hapettomuudesta. Jokaisesta lahdesta voisi ottaa kolme rin- nakkasta 9 koeyksikön näytesarjaa. Nämä koeyksiköt tulisi inkuboida mahdollisimman luontaisissa oloissa, koskien myös inkubointilämpötilaa. Suoritetun tutkimuksen koejär- jestely toimii hyvänä runkona, kunhan yllä mainittuja asioita pohditaan ja testataan uu- desta (kappaleet 6.1, 6.1.1 ja 6.1.2). Jos jatkotutkimuksen tulokset olisivat positiivisia, olisi syytä vielä miettiä käytännön menetelmän hintavuutta suhteessa muihin merenhoi- dollisiin menetelmiin, joilla vastaavanlaisia ongelma-alueita pystytään hoitamaan, sekä miettiä käytännön kokeita.

6.4 Menetelmän mahdolliset riskit ja hyödyt

Ruoppaamalla merenpohjaa tulee normaalisti poistettua ja tuhottua alueen pohjaeliöstö, joka on erittäin tärkeä osa tervettä ekosysteemiä. Kuitenkin tämä merienhoidollinen me- netelmä on tarkoitettu hapettomien ja vähähappisten alueiden kunnostukseen tilan- teessa, jossa pohjaeläinpopulaatiot ovat jo kuolleet hapenpuutteeseen. Parantamalla alusveden happipitoisuutta on pohjaeliöillä mahdollisuus levittäytyä ja elää hoidetulla alueella. Ruoppauksesta johtuva veden samentuminen voi ajaa kalat ja merilinnut pois alueelta ja laskea alueen virkistyskäyttöarvoa, joskin tilanne palaa melko nopeasti en- nalleen ruoppauksen loputtua. Merenpohjan ruoppaus voi vapauttaa haitta-aineita ja ra- vinteita sedimentistä veteen. Ruoppaus aiheuttaa myös meluhaittoja, niin merenpinnan alla kuin päällä, mikä voi myös puolestaan karkottaa väliaikaisesti eläimiä. Ruoppauksen jälkeen alueen ekologinen tila kohenee happiongelmiin poistumisten myötä ja eliöiden palauduttua alueelle, mikä puolestaan parantaa alueen ekosysteemipalveluja. Hapelli- nen merenpohja ja pohjaeliöiden paluu tukee kalakantojen kasvua ja hyvinvointia. Tästä kehityksestä hyötyvät myös merilinnut. Tällainen positiivinen kehitys lisää alueen

virkestys- ja hyötykäyttöä, kun hapellisen pohjaveden vaikutuksesta leväkukinnot vähenvät. Näin meren kunnostus tukee välillisesti myös taloutta turismin ja kalastuksen myötä.

Sedimenttiä poistaessa tulee huomioida myös tarkoin sedimentin jatkokäsittely. Onko sedimentistä mahdollista erottaa fosfori hyötykäyttöön? Mitä muita mahdollisesti haitallisia aineita sedimentti saattaa sisältää ja miten se vaikuttaa sedimentin hyödyntämiseen ja läjitykseen? Miten ja minne sedimentti voidaan läjittää? Aiheutuuko sedimentistä haittaa ympäröivälle luonnolle? Voiko sedimentti tai sen haitta-aineet pääse sadevesien myötä valumaan takaisin vesistöön.

6.5 Mitä uutta tietoa tämän inkubointikokeen myötä selvisi

Kaikki tutkimuksen tieto on uutta. Ruotsissa on tehty joitakin sedimenttipinnan poiston tutkimuksia, mutta ne eivät ole verrattavissa kovin hyvin tähän tutkimukseen mm. ympäristöerojen ja menettelytapojen eroavaisuuksien takia. Lisäksi tutkimuksien tavoitteet eivät ole aivan rinnastettavissa keskenään.

Järvien sisäisen kierron ja happiongelmiin on välillä pyritty parantamista sedimenttiä poistamalla, mutta suoria johtopäätöksiä järvien ja Itämeren välillä ei voi tehdä. Kyseisten ekosysteemien välillä on lukuisia eroja, minkä takia tulokset eivät ole suoraan verrannollisia keskenään. Tietojen mukaan Itämeressä ei ole tehty siis vastaavanlaista tutkimusta aikaisemmin.

LÄHTEET

Baltic Sea Action Group. Itämeri on yksi maailman saastuneimmista meristä. Viitattu 21.1.2021. <https://www.itamerikoulu.fi/>

Baltic Sea Action Group a. Sisäiset ravinnevarastot. Viitattu 28.1.2021. <https://www.bsag.fi/fi/toiminta/sisainen-ravinnevaranto/>.

Bäck Saara, Ollikainen Markku, Bonsdorff Erik, Erikson Annukka, Hallanaro Eeva-Liisa, Kuik-ka Sakari, Viitasalo Markku & Walls Mari. Itämeren tulevaisuus. GAUDEAMUS, Helsinki uni-versi-typress 2000. Viitattu 6.7.2021

Furman Eeva, Pihlajamäki Mia, Välipakka Pentti & Myrberg.Kai Itämeri Ympäristö ja ekologia. Viitattu 19.1.2021. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/45077>

Kaseva Antti, Walli Elisa, Järvinen Elina, Suominen Beatrice & Hänninen Hanna. Varsinais-Suomen ELY-keskus Merisedimentin inkubointikoe SEABASED -hankkeelle TULOSRAPORTTI. Viitattu 20.9.2021. <https://seabasedmeasures.eu/wp-content/uploads/2021/09/merisedimentin-inkubointikoe-seabased-tulosraportti.pdf>

Korpinen Samuli, Laamanen Maria ,Suomela Janne, Paavilainen Pekka, Lahtinen Titta ja Ekobom Jan. Suomen meriympäristön tila 2018. Sykenjulkaisuja. Viitattu 21.1.2021. <http://hdl.handle.net/10138/274086>

Tieteen termipankki. Diffuusio. Viitattu 24.5.2021. <https://tieteentermipankki.fi/wiki/Ymp%C3%A4rist%C3%B6tieteet:diffuusio>

VAHANEN. SPEEDING UP THE ECOLOGICAL RECOVERY OF THE BALTIC SEA. Viitattu 9.2.2021. https://vahanen.com/wp-content/uploads/2018/05/Speeding_up_the_ecological_recovery_of_the_Baltic_Sea-1.pdf

Liite 1 Vedenlaatutulokset

Inkubointi	NäytePvm	Koeyksikkö	Kok.N µg/l	NO ₂ -N µg/l	NO ₃ -N µg/l	NH ₄ -N µg/l	KokP.I µg/l	PO ₄ -P.Liuk µg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Happi mg/l
1	12.10.2020	S1	2800	4	8	2100	780	750	150	390	6,34
	12.10.2020	S2	3400	4	10	2700	980	920	130	480	2,6
	12.10.2020	S3	2000	3	10	1400	380	380	180	190	5,55
	12.10.2020	S4	3100	3	<5	2500	990	970	140	460	4,35
	12.10.2020	S5	1800	3	8	1300	300	300	170	190	5,61
	12.10.2020	S6	1800	3	6	1400	340	340	130	150	5,22
	12.10.2020	S7	2000	3	<5	1500	410	400	180	220	5,36
	12.10.2020	S8	2900	3	<5	2300	770	790	130	380	4,88
	12.10.2020	S9	2800	4	12	2200	760	770	140	410	4,53
	13.10.2020	S1	2800	4	<5	2200	790	830	140	380	6,69
	13.10.2020	S2	3100	3	<5	2400	990	1000	97	470	7,51
	13.10.2020	S3	1500	3	17	1000	320	300	78	190	5,98
	13.10.2020	S4	2700	3	<5	2000	870	900	81	450	5,28
	13.10.2020	S5	1800	3	<5	1500	360	360	71	180	7,77
	13.10.2020	S6	2000	3	<5	1600	380	390	67	150	6,12
	13.10.2020	S7	2000	2	<5	1600	450	450	79	220	5,75
	13.10.2020	S8	2900	3	<5	2400	790	800	87	360	7,54
	13.10.2020	S9	2500	3	<5	1900	700	720	85	390	4,38
	2	14.10.2020	S1	1400	5	8	630	110	88	140	74
14.10.2020		S2	1300	5	<5	730	170	120	240	87	8,09
14.10.2020		S3	1400	5	7	760	150	130	220	84	8,05
14.10.2020		S4	1400	7	13	810	140	110	290	63	8,26
14.10.2020		S5	1400	6	9	840	160	120	190	60	8,25
14.10.2020		S6	1400	7	10	840	120	79	360	62	8,03
14.10.2020		S7	1200	8	13	540	140	84	570	83	7,8
14.10.2020		S8	1200	4	7	650	190	150	150	87	8,11
14.10.2020		S9	940	4	6	580	160	120	170	90	7,88
15.10.2020		S1	790	4	<5	100	50	24	49	79	0,61
15.10.2020		S2	1100	3	<5	250	130	100	71	94	0,54
15.10.2020		S3	1200	3	<5	530	190	150	87	91	0,4
15.10.2020		S4	790	5	<5	72	22	<3	34	29	0,49
15.10.2020		S5	920	5	<5	250	29	<3	20	25	0,49
15.10.2020		S6	1100	9	<5	470	70	37	59	54	1
15.10.2020		S7	960	5	<5	430	130	110	140	85	1,71
15.10.2020		S8	1200	2	<5	570	150	130	74	100	0,54
15.10.2020		S9	1100	3	<5	510	120	110	110	98	0,48
3		19.10.2020	S1	1200	4	<5	39	73	26	76	29
	19.10.2020	S2	920	3	<5	<3	82	22	100	15	7,47
	19.10.2020	S3	1100	5	<5	<3	58	18	240	31	7,16
	19.10.2020	S4	970	4	<5	<3	70	<3	72	20	6,99
	19.10.2020	S5	960	4	<5	<3	61	13	34	20	6,68
	19.10.2020	S6	1000	4	<5	<3	53	<3	220	26	6,84
	19.10.2020	S7	850	4	<5	<3	95	43	59	70	6,43
	19.10.2020	S8	1200	3	<5	<3	85	31	26	80	6,2
	19.10.2020	S9	770	2	<5	<3	62	16	29	58	6,43
	20.10.2020	S1	1200	3	<5	<3	160	23	180	43	0,65
	20.10.2020	S2	1100	3	<5	<3	120	33	180	39	0,51
	20.10.2020	S3	1100	3	<5	<3	99	30	200	36	0,59
	20.10.2020	S4	1400	3	<5	<3	85	<3	110	41	0,65
	20.10.2020	S5	1200	4	<5	<3	84	25	110	33	0,22
	20.10.2020	S6	1200	4	<5	<3	120	<3	240	37	0,34
	20.10.2020	S7	910	4	<5	<3	120	72	140	85	0,36
	20.10.2020	S8	1300	3	<5	<3	150	88	59	90	0,31
	20.10.2020	S9	970	3	<5	<3	120	66	140	92	0,46

Inkubointi	NäytePvm	Koeyksikkö	Kok.N µg/l	NO ₂ -N µg/l	NO ₃ -N µg/l	NH ₄ -N µg/l	KokP.l µg/l	PO ₄ -P.Liuk µg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	Happi mg/l
4	20.10.2020	S1	820	9	12	160	110	100	960	20	
	20.10.2020	S2	1100	9	11	110	100	88	4800	59	
	20.10.2020	S3	1000	9	13	150	120	110	2500	37	
	20.10.2020	S4	1000	9	11	190	130	95	2300	33	
	20.10.2020	S5	720	9	9	110	120	100	5300	19	
	20.10.2020	S6	1300	10	18	130	96	90	2100	63	0,43
	20.10.2020	S7	1200	10	14	160	120	87	540	36	
	20.10.2020	S8	680	10	12	160	110	110	120	15	0,35
	20.10.2020	S9	720	9	13	170	120	110	600	19	0,5
	21.10.2020	S1	590	3	<5	<3	95	65	56	12	0,71
	21.10.2020	S2	740	3	<5	<3	73	50	150	13	1,44
	21.10.2020	S3	560	3	<5	<3	76	57	76	9	2,41
	21.10.2020	S4	620	3	<5	<3	57	27	82	9	3,25
	21.10.2020	S5	610	3	<5	<3	91	67	53	14	0,9
	21.10.2020	S6	600	3	<5	<3	61	33	180	12	2,39
	21.10.2020	S7	580	4	<5	<3	120	91	280	23	0,55
	21.10.2020	S8	570	2	<5	<3	91	70	22	21	0,44
	21.10.2020	S9	550	3	<5	<3	140	86	76	21	0,52
5	21.10.2020	S1	650	2	<5	<3	64	37	100	10	5,92
	21.10.2020	S2	650	3	<5	<3	54	32	1400	24	7,47
	21.10.2020	S3	700	5	7	16	77	59	370	10	7,79
	21.10.2020	S4	900	4	<5	<3	62	25	970	18	7,15
	21.10.2020	S5	660	2	<5	<3	73	45	53	10	7,2
	21.10.2020	S6	970	3	<5	<3	55	24	650	15	7,16
	21.10.2020	S7	630	3	<5	<3	63	33	140	22	5,92
	21.10.2020	S8	710	2	<5	<3	71	41	30	17	6,63
	21.10.2020	S9	660	2	<5	<3	68	46	100	20	6,17
	22.10.2020	S1	600	2	<5	<3	64	38	47	10	0,67
	22.10.2020	S2	610	3	<5	<3	69	41	130	12	0,59
	22.10.2020	S3	630	3	<5	<3	84	55	71	11	0,5
	22.10.2020	S4	640	3	<5	<3	56	30	100	10	0,69
	22.10.2020	S5	950	3	<5	<3	85	52	78	13	0,67
	22.10.2020	S6	780	2	<5	<3	69	38	52	11	0,62
	22.10.2020	S7	640	2	<5	<3	94	63	160	28	0,53
	22.10.2020	S8	750	2	<5	<3	97	69	45	25	0,29
	22.10.2020	S9	840	2	<5	<3	100	74	120	28	0,16

Liite 2 Sedimenttitulokset

NäytePvm	Näytteen nimi	TOC g/kg ka	BOD7 g/kg ka	P g/kg ka	Kuiva-aine %	Fe g/kg ka	N g/kg ka
13.10.2020	Sedimentti S1, 13.10.2020	41	21	1,3	14,2	48	6,5
13.10.2020	Sedimentti S2, 13.10.2020	45	29	1,5	13,1	51	6,6
13.10.2020	Sedimentti S3, 13.10.2020	46	22	1,4	13,2	52	7,2
13.10.2020	Sedimentti S4, 13.10.2020	43	19	1,1	15,8	52	7,6
13.10.2020	Sedimentti S5, 13.10.2020	44	14	1,4	16,5	47	6,7
13.10.2020	Sedimentti S6, 13.10.2020	42	20	1,5	15,8	49	7,5
15.10.2020	Sedimentti S1, 15.10.2020	42	16	1,1	18,5	42	7,1
15.10.2020	Sedimentti S2, 15.10.2020	43	19	1,2	16,4	50	7,5
15.10.2020	Sedimentti S3, 15.10.2020	43	16	1,3	17	49	7,6
15.10.2020	Sedimentti S4, 15.10.2020	46	12	1,2	19,3	51	8
15.10.2020	Sedimentti S5, 15.10.2020	53	11	1,1	18,6	47	8,5
15.10.2020	Sedimentti S6, 15.10.2020	47	11	1,3	18,7	54	8,9

Liite 3 Testausseosteita analyysien mittaustarkkuuksilla



Lounais-Suomen
vesi- ja ympäristötutkimus Oy

TESTAUSSEOSTE
Akkreditoitu laboratorio (µ)
10.11.2020

20-7784 1 (4)
#2

Turun ammattikorkeakoulu
Tekniikka ja liiketoiminta
Lemminkäisenkatu 30
20520 TURKU



Tilausno 248463 (AMK/MERISED), saapunut 12.10.2020, näytteet otettu 12.10.2020

NÄYTTEET

Lab.nro	Näytteen kuvaus
19123	S1 12.10.2020
19124	S2 12.10.2020
19125	S3 12.10.2020
19126	S4 12.10.2020
19127	S5 12.10.2020
19128	S6 12.10.2020
19129	S7 12.10.2020
19130	S8 12.10.2020
19131	S9 12.10.2020

MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET

Määrittäminen	Yksikkö	19123	19124	19125	19126
Rauta, ICP-OES	µg/l	150	130	180	140
Mangaani, ICP-OES	µg/l	390	480	190	460
Liuennot Kok. P, Nuclepore *	µg/l	780	980	380	990
Liuennot PO4, Nuclepore *	µg/l	750	920	380	970
Kokonaistyyppi *	µg/l	2800	3400	2000	3100
Ammoniumtyyppi *	µg/l	2100	2700	1400	2500
Nitraattityyppi *	µg/l	8	10	10	<5
Nitriittityyppi *	µg/l	4	4	3	3

Määrittäminen	Yksikkö	19127	19128	19129	19130
Rauta, ICP-OES	µg/l	170	130	180	130
Mangaani, ICP-OES	µg/l	190	150	220	380
Liuennot Kok. P, Nuclepore *	µg/l	300	340	410	770
Liuennot PO4, Nuclepore *	µg/l	300	340	400	790
Kokonaistyyppi *	µg/l	1800	1800	2000	2900
Ammoniumtyyppi *	µg/l	1300	1400	1500	2300
Nitraattityyppi *	µg/l	8	6	<5	<5
Nitriittityyppi *	µg/l	3	3	3	3

Tutkimustulos on pätevä vain tutkittuun näytteeseen. Asiakkaan osittainen kopiointi on kielletty.
Analyysimenetelmien viitteet ja mittauspäivämäärä on ilmoitettu. Akkreditointi ei koske näytteenottoa eikä lausuntoa.

Katuosoite	Postiosoite	Puhelin	Sähköposti	Alv.rek.
Telekatu 16	Telekatu 16	(02) 274 0213		Y 1564941-9
20360 TURKU	20360 TURKU	*(02) 274 0200	etunimi.sukunimi@svsy.fi	Kmro 774822


MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET (jatkoa ed. sivulta)

Määrittely	Yksikkö	19131
Rauta, ICP-OES	μg/l	140
Mangaani, ICP-OES	μg/l	410
Liuennut Kok. P, Nuclepore *	μg/l	760
Liuennut PO ₄ , Nuclepore *	μg/l	770
Kokonaistyyppi *	μg/l	2800
Ammoniumtyyppi *	μg/l	2200
Nitraattityyppi *	μg/l	12
Nitriittityyppi *	μg/l	4

Merkintöjen selityksiä: P = määrittely kesken, E = ei tehty, ~ = noin, < = pienempi kuin, < = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin, > = suurempi tai yhtäsuuri kuin.
 * -merkityt analyysit ovat akkreditoituja.

Niina Kohonen
 kemisti
 (02) 274 0213

Tutkimustulos pätee vain tutkittuun näytteeseen. Asiakkaan osittainen kopioiminen on kielletty.
 Analyysimenetelmien viitteet ja mittausepävarmuuslaskelmat ovat liitteissä. Akkreditointi ei koske näytteenottoa eikä lausuntoa.


MENETELMÄTIEDOT

Määrittäminen	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (sululessa)
Rauta, ICP-OES	SFS-EN ISO 11885:2009 (TL27)
Mangaani, ICP-OES	SFS-EN ISO 11885:2009 (TL27)
Liuennut Kok. P, Nuclepore *	SFS-EN ISO 15681-2, CFA-tekniikka (TL27)
Liuennut PO4, Nuclepore *	SFS-EN ISO 15681-2, CFA-tekniikka (TL27)
Kokonaistyyppi *	Sis.men. SFS-EN ISO 11905-1, SFS-EN 29441:2018 (TL27)
Ammoniumityppi *	Sis.men fluorometrinen CFA-tekniikka (TL27)
Nitraattityppi *	SFS-EN ISO 13395:1997 (TL27)
Nitriittityppi *	SFS-EN ISO 13395:1997 (TL27)

TUTKIMUSLAITOSTIEDOT

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL27	Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy (FINAS T101, SFS-EN ISO/IEC 17025:2017)

MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT

Määrittäminen	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittämyspvm.
Rauta, ICP-OES	2020/19123	±15%	15.10.2020
	2020/19124	±15%	15.10.2020
	2020/19125	±15%	15.10.2020
	2020/19126	±15%	15.10.2020
	2020/19127	±15%	15.10.2020
	2020/19128	±15%	15.10.2020
	2020/19129	±15%	15.10.2020
	2020/19130	±15%	15.10.2020
	2020/19131	±15%	15.10.2020
Mangaani, ICP-OES	2020/19123	±15%	15.10.2020
	2020/19124	±15%	15.10.2020
	2020/19125	±15%	15.10.2020
	2020/19126	±15%	15.10.2020
	2020/19127	±15%	15.10.2020
	2020/19128	±15%	15.10.2020
	2020/19129	±15%	15.10.2020
	2020/19130	±15%	15.10.2020
	2020/19131	±15%	15.10.2020
Liuennut Kok. P, Nuclepore *	2020/19123	±15%	14.10.2020
	2020/19124	±15%	14.10.2020
	2020/19125	±15%	14.10.2020
	2020/19126	±15%	22.10.2020
	2020/19127	±15%	14.10.2020
	2020/19128	±15%	14.10.2020
	2020/19129	±15%	14.10.2020
	2020/19130	±15%	14.10.2020
	2020/19131	±15%	14.10.2020

Tutkimustulos on pätevä vain tutkituille näytteille. Asiakkaan osittainen kopiointi on kielletty.
 Analyysimenetelmien virheet ja mittausepävarmuustiedot ovat liitteissä. Akkreditointi ei koske näytteenottoa eikä lausuntoa.


MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT (jatkoa edelliseltä sivulta)

Määrittely	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittäispvm.
Liuennut PO ₄ , Nuclepore *	2020/19123	±10%	5.11.2020
	2020/19124	±10%	5.11.2020
	2020/19125	±10%	13.10.2020
	2020/19126	±10%	13.10.2020
	2020/19127	±10%	13.10.2020
	2020/19128	±10%	13.10.2020
	2020/19129	±10%	13.10.2020
	2020/19130	±10%	5.11.2020
	2020/19131	±10%	5.11.2020
	Kokonaistyyppi *	2020/19123	±15%
2020/19124		±15%	19.10.2020
2020/19125		±15%	19.10.2020
2020/19126		±15%	19.10.2020
2020/19127		±15%	19.10.2020
2020/19128		±15%	19.10.2020
2020/19129		±15%	19.10.2020
2020/19130		±15%	19.10.2020
2020/19131		±15%	19.10.2020
Ammoniumtyppi *	2020/19123	±10%	13.10.2020
	2020/19124	±10%	13.10.2020
	2020/19125	±10%	13.10.2020
	2020/19126	±10%	13.10.2020
	2020/19127	±10%	13.10.2020
	2020/19128	±10%	13.10.2020
	2020/19129	±10%	13.10.2020
	2020/19130	±10%	13.10.2020
	2020/19131	±10%	13.10.2020
Nitraattityppi *	2020/19123	±5 µg/l	13.10.2020
	2020/19124	±5 µg/l	13.10.2020
	2020/19125	±5 µg/l	13.10.2020
	2020/19126	Määrittäysrajan alltus	13.10.2020
	2020/19127	±5 µg/l	13.10.2020
	2020/19128	±5 µg/l	13.10.2020
	2020/19129	Määrittäysrajan alltus	13.10.2020
	2020/19130	Määrittäysrajan alltus	13.10.2020
	2020/19131	±5 µg/l	13.10.2020
Nitriittityppi *	2020/19123	±2 µg/l	13.10.2020
	2020/19124	±2 µg/l	13.10.2020
	2020/19125	±2 µg/l	13.10.2020
	2020/19126	±2 µg/l	13.10.2020
	2020/19127	±2 µg/l	13.10.2020
	2020/19128	±2 µg/l	13.10.2020
	2020/19129	±2 µg/l	13.10.2020
	2020/19130	±2 µg/l	13.10.2020
	2020/19131	±2 µg/l	13.10.2020

Tutkimustodistus pätee vain tutkitulle näytteelle. Asiakkaan osittainen kopioiminen on kielletty.
 Analyysimenetelmien viitteet ja mittausepävarmuustiedot ovat liitteissä. Akkreditointi ei koske näytteenottoa eikä lausuntoa.

Turun ammattikorkeakoulu
 Tekniikka ja liiketoiminta
 Lemminkäisenkatu 30
 20520 TURKU


Tilausno 248697 (AMK/MERISED), saapunut 16.10.2020, näytteet otettu 15.10.2020

NÄYTTEET

Lab.nro	Näytteen kuvaus
19627	Sedimentti 1, 15.10.2020
19628	Sedimentti 2, 15.10.2020
19629	Sedimentti 3, 15.10.2020
19630	Sedimentti 4, 15.10.2020
19631	Sedimentti 5, 15.10.2020
19632	Sedimentti 6, 15.10.2020

MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET

Määrittäminen	Yksikkö	19627	19628	19629	19630
Kokonaisfosfori, sedimentti	g/kg ka	1,1	1,2	1,3	1,2
BOD7 sedimentti	g/kg ka	16	19	16	12
Typpi, sedimentti	g/kg ka	7,1	7,5	7,6	8,0
TOC kiinteät näytteet	g/kg ka	42	43	43	46
Kuiva-aine *	%	18,5	16,4	17,0	19,3
Rauta, Fe *	g/kg ka	42	50	49	51

Määrittäminen	Yksikkö	19631	19632
Kokonaisfosfori, sedimentti	g/kg ka	1,1	1,3
BOD7 sedimentti	g/kg ka	11	11
Typpi, sedimentti	g/kg ka	8,5	8,9
TOC kiinteät näytteet	g/kg ka	53	47
Kuiva-aine *	%	18,6	18,7
Rauta, Fe *	g/kg ka	47	54

Merkintöjen selityksiä: P = määrittäminen kesken, E = ei tehty, ~ = noin, < = pienempi kuin, < = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin, > = suurempi tai yhtäsuuri kuin.

* -merkityt analyysit ovat akkreditoituja. (a)-laatuvaatimus, (b)-laatusuositus

LAUSUNTO

TOC-määrittäminen teetettiin alihankintana KVVY Tutkimus Oy:n (FINAS T064) Tampereen laboratoriossa.

Niina Kohonen

 Niina Kohonen
 kemisti
 (02) 274 0213

 Tutkimustulokset pätevä vain tutkituille näytteille. Asiakirjan osittainen kopioiminen on kielletty.
 Analyysimenetelmien viitteet ja mittauspäivävarmuustiedot ovat liitteissä. Akkreditointi ei koske näytteenottoa eikä lausuntoa.

Katuosoite	Postiosoite	Puhelin	Sähköposti	Alv.rek.
Telekatu 16	Telekatu 16	(02) 274 0213		Y 1564941-9
20360 TURKU	20360 TURKU	*(02) 274 0200	etunimi.sukunimi@tevsy.fi	Kmro 774822

TIEDOKSI

Turun ammattikorkeakoulu/antti.kaseva@turkuamk.fi

*Tutkimustodistus pätee vain tutkitulle näytteelle. Asiakirjan osittainen kopioiminen on kielletty.
Analyysimenetelmien viitteet ja mittauspäivämuustiedot ovat liitteellä. Akkreditointi ei koske näytteenottoa eikä lausuntoa.*


MENETELMÄTIEDOT

Määrittäminen	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (suluissa)
Kokonaisfosfori, sedimentti	Sis A15 ja 16, CFA-tekniikka (TL27)
BOD7 sedimentti	(TL27)
Typpi, sedimentti	Sis A21 ja A22, SFS 5505 (TL27)
TOC kiinteät näytteet	SFS-EN 13137 method A (TL25)
Kuiva-aine *	Sis.men (TL27)
Rauta, Fe *	SFS-EN ISO 11885, SFS-EN 16173 (TL27)

TUTKIMUSLAITOSTIEDOT

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL25	KVVY Tutkimus Oy (FINAS T064, SFS-EN ISO/IEC 17025:2017)
TL27	Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy (FINAS T101, SFS-EN ISO/IEC 17025:2017)

MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT

Määrittäminen	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittämyspvm.
Kokonaisfosfori, sedimentti	2020/19627	±20%	26.10.2020
	2020/19628	±20%	26.10.2020
	2020/19629	±25%	26.10.2020
	2020/19630	±20%	26.10.2020
	2020/19631	±20%	26.10.2020
	2020/19632	±20%	26.10.2020
BOD7 sedimentti	2020/19627	±35%	16.10.2020
	2020/19628	±35%	16.10.2020
	2020/19629	±35%	16.10.2020
	2020/19630	±35%	16.10.2020
	2020/19631	±35%	16.10.2020
	2020/19632	±35%	16.10.2020
Typpi, sedimentti	2020/19627	±20%	22.10.2020
	2020/19628	±20%	22.10.2020
	2020/19629	±20%	22.10.2020
	2020/19630	±20%	22.10.2020
	2020/19631	±20%	22.10.2020
	2020/19632	±20%	22.10.2020
TOC kiinteät näytteet	2020/19627	±28%	
	2020/19628	±28%	
	2020/19630	±28%	
	2020/19631	±28%	
	2020/19632	±28%	
Kuiva-aine *	2020/19627	±10%	16.10.2020
	2020/19628	±10%	16.10.2020
	2020/19629	±10%	16.10.2020
	2020/19630	±10%	16.10.2020

Tutkimustodistus pätee vain tutkituille näytteille. Asiakirjan osittainen kopioiminen on kielletty.
 Analyysimenetelmien viitteet ja mittausepävarmuustiedot ovat liitteissä. Akkreditointi ei koske näytteenottoa eikä lausuntoa.



MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT (jatkoa edelliseltä sivulta)

Määrittäminen	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittämisajankohta
Kuiva-aine *	2020/19631	±10%	16.10.2020
	2020/19632	±10%	16.10.2020
Rauta, Fe *	2020/19627	±20%	20.10.2020
	2020/19628	±20%	20.10.2020
	2020/19629	±20%	20.10.2020
	2020/19630	±20%	20.10.2020
	2020/19631	±20%	20.10.2020
	2020/19632	±20%	20.10.2020

Tutkimustulokset pätevät vain tutkituille näytteille. Asiakirjan osittainen kopioiminen on kielletty.
Analyysimenetelmien viitteet ja mittausepävarmuustiedot ovat liitteillä. Akkreditointi ei koske näytteenottoa eikä lausuntoa.

Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy
 Telekatu 16
 20360 TURKU



Tilausno 419754 (4LOU-SUO/TRE), saapunut 20.10.2020

NÄYTTEET

Lab.nro	Näytteen kuvaus
84370	2020/19627, sedim.

MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET

Määrittäjä	Yksikkö	84370
*Kiinteän näytteen kylmäkuivaus ja hienn		Tehty
*Org.kokonaishiili (TOC)	g/kg ka	42

Merkintöjen selityksiä: P = määrittäjä kesken, E = ei tehty, - = noin, < = pienempi kuin, « = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin, » = suurempi tai yhtäsuuri kuin.

*-merkitty on akkreditoitu menetelmä.



Heli Orakangas
 Ymp.asiantuntija(FM)

TIEDOKSI

Lounais-Suomen vesi- ja ympäristö/laboratorio@lsvsy.fi

Tässä tutkimusselosteessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Tutkimustodistuksen saa kopioida vain kokonaan.

Katuosoite Patamäenkatu 24 33900 TAMPERE	Postiosoite PL 265 33101 TAMPERE	Puhelin (03) 2461 265 *(03) 2461 111	Sähköposti heli.orakangas@kvvy.fi	Alv.rek./enn.pid.rek. 2823750-1
--	--	--	--------------------------------------	------------------------------------


 TESTAUSSELOSTE
28.10.2020

 20-27327 2 (2)
#1

MENETELMÄTIEDOT

Määrittäminen	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (suluissa)
*Kiinteän näytteen kylmäkuivaus ja hienn	SFS-ISO 11464, 2007 (TL25)
*Org.kokonaishiili (TOC)	SFS-EN 13137 method A, 2001 (TL25)

TUTKIMUSLAITOSTIEDOT

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL25	KVVY/Tampere (FINAS T064)

MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT

Määrittäminen	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittämyspvm.
*Kiinteän näytteen kylmäkuivaus ja hienn	2020/84370		23.10.2020
*Org.kokonaishiili (TOC)	2020/84370	±28%	7.10.2020

Tässä tutkimusselosteessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Tutkimustodistuksen saa kopioida vain kokonaan.



TESTAUSSELOSTE
28.10.2020

20-27328 1 (2)
#1

Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy
Telekatu 16
20360 TURKU



Tilausno 419754 (4LOU-SUO/TRE), saapunut 20.10.2020

NÄYTTEET

Lab.nro	Näytteen kuvaus
84371	2020/19628, sedim.

MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET

Määrittäminen	Yksikkö	84371
*Kiinteän näytteen kylmäkuivaus ja hienn *Org.kokonaishiili (TOC)	g/kg ka	Tehty 43

Merkintöjen selityksiä: P = määrittäminen kesken, E = ei tehty, = = noin, < = pienempi kuin, <= = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin, >= = suurempi tai yhtäsuuri kuin.
*-merkitty on akkreditoitu menetelmä.

Heli Orakangas
Ymp.asiantuntija(FM)

TIEDOKSI

Lounais-Suomen vesi- ja ympäristö/laboratorio@lsvsy.fi

Tässä tutkimusraportissa esitetyt testitulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Akkreditointi ei koske lausuntoa.
Tutkimustulosten saa kopioida vain kokonaan.

Katuosoite Patamäenkatu 24 33900 TAMPERE	Postiosoite PL 265 33101 TAMPERE	Puhelin (03) 2461 265 *(03) 2461 111	Sähköposti heli.orakangas@kvvy.fi	Alv.rek./enn.pid.rek. 2823750-1
--	--	--	--------------------------------------	------------------------------------



TESTAUSSELOSTE

20-27328 2 (2)
#1

28.10.2020

MENETELMÄTIEDOT

Määrittäminen	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (suluissa)
*Kiinteän näytteen kylmäkuivaus ja hienn	SFS-ISO 11464, 2007 (TL25)
*Org.kokonaishiili (TOC)	SFS-EN 13137 method A, 2001 (TL25)

TUTKIMUSLAITOSTIEDOT

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL25	KVYY/Tampere (FINAS T064)

MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT

Määrittäminen	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittämisaj.
*Kiinteän näytteen kylmäkuivaus ja hienn	2020/84371		23.10.2020
*Org.kokonaishiili (TOC)	2020/84371	±28%	7.10.2020

Tässä tutkimusselosteessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Tutkimustodistuksen saa kopioida vain kokonaan.



TESTAUSSELOSTE

20-27329 1 (2)
#1

28.10.2020

Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy
Telekatu 16
20360 TURKU



Tilausno 419754 (4LOU-SUO/TRE), saapunut 20.10.2020

NÄYTTEET

Lab.nro	Näytteen kuvaus
84372	2020/19629, sedim.

MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET

Määrittäjä	Yksikkö	84372
*Kiinteän näytteen kylmäkuivaus ja hienn		Tehty
*Org.kokonaishiili (TOC)	g/kg ka	43

Merkintöjen selityksiä: P = määrittäjä kesken, E = ei tehty, - = noin, < = pienempi kuin, = = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin, » = suurempi tai yhtäsuuri kuin.

*-merkitty on akkreditoitu menetelmä.

Heli Orakangas
Ymp.asiantuntija(FM)

TIEDOKSI

Lounais-Suomen vesi- ja ympäristö/laboratorio@lsvsy.fi

Tässä tutkimusselosteessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Tutkimustulosten saa kopioida vain kokonaan.

Katuosoite
Patamäenkatu 24
33900 TAMPERE

Postiosoite
PL 265
33101 TAMPERE

Puhelin
(03) 2461 265
*(03) 2461 111

Sähköposti
heli.orakangas@kvvy.fi

Aly.rek.lenn.pid.rek.
2823750-1



TESTAUSSELOSTE

20-27329 2 (2)
#1

28.10.2020

MENETELMÄTIEDOT

Määrittäjä	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (suluissa)
*Kiinteän näytteen kylmäkuivaus ja hienn	SFS-ISO 11464, 2007 (TL25)
*Org.kokonaishiili (TOC)	SFS-EN 13137 method A, 2001 (TL25)

TUTKIMUSLAITOSTIEDOT

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL25	KVVY/Tampere (FINAS T064)

MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT

Määrittäjä	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittäjäspvm.
*Kiinteän näytteen kylmäkuivaus ja hienn	2020/84372		23.10.2020
*Org.kokonaishiili (TOC)	2020/84372	±28%	7.10.2020

Tässä tutkimusselosteessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Tutkimustulosten saa kopioida vain kokonaan.



TESTAUSSELOSTE
28.10.2020

20-27330 1 (2)
#1

Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy
Telekatu 16
20360 TURKU



Tilausno 419754 (4LOU-SUO/TRE), saapunut 20.10.2020

NÄYTTEET

Lab.nro	Näytteen kuvaus
84373	2020/19630, sedim.

MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET

Määrittäjä	Yksikkö	84373
*Kiinteän näytteen kylmäkuivaus ja hienn *Org.kokonaishiili (TOC)	g/kg ka	Tehty 46

Merkintöjen selityksiä: P = määrittäjä kesken, E = ei tehty, - = noin, < = pienempi kuin, = = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin, » = suurempi tai yhtäsuuri kuin.
*-merkitty on akkreditoitu menetelmä.

Heli Orakangas

Heli Orakangas
Ymp.asiantuntija(FM)

TIEDOKSI

Lounais-Suomen vesi- ja ympäristö/laboratorio@lsvsy.fi

Tässä tutkimusraportissa esitetyt testitulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Akkreditointi ei koske lausuntoa.
Tutkimustulosten saa kopioida vain kokonaan.

Katuosoite Patamäenkatu 24 33900 TAMPERE	Postiosoite PL 265 33101 TAMPERE	Puhelin (03) 2461 265 *(03) 2461 111	Sähköposti heli.orakangas@kvvy.fi	Alv.rek./enn.pid.rek. 2823750-1
--	--	--	--------------------------------------	------------------------------------



TESTAUSSELOSTE

20-27330 2 (2)
#1

28.10.2020

MENETELMÄTIEDOT

Määrittäjä	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (suluissa)
*Kiinteän näytteen kylmäkuivaus ja hienn	SFS-ISO 11464, 2007 (TL25)
*Org.kokonaishiili (TOC)	SFS-EN 13137 method A, 2001 (TL25)

TUTKIMUSLAITOSTIEDOT

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL25	KVVY/Tampere (FINAS T064)

MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT

Määrittäjä	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittäjäpvm.
*Kiinteän näytteen kylmäkuivaus ja hienn	2020/84373		23.10.2020
*Org.kokonaishiili (TOC)	2020/84373	±28%	7.10.2020

Tässä tutkimusselosteessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Tutkimustodistuksen saa kopioida vain kokonaan.

Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy
 Telekatu 16
 20360 TURKU



Tilausno 419754 (4LOU-SUO/TRE), saapunut 20.10.2020

NÄYTTEET

Lab.nro	Näytteen kuvaus
84374	2020/19631, sedim.

MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET

Määrittäjä	Yksikkö	84374
*Kiinteän näytteen kylmäkuivaus ja hienn *Org.kokonaishiili (TOC)	g/kg ka	Tehty 53

Merkintöjen selityksiä: P = määrittäjä, E = ei tehty, - = noin, < = pienempi kuin, = = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin,
 » = suurempi tai yhtäsuuri kuin.
 *-merkitty on akkreditoitu menetelmä.



Heli Orakangas
 Ymp.asiantuntija(FM)

TIEDOKSI

Lounais-Suomen vesi- ja ympäristö/laboratorio@lsvsy.fi

Tässä tutkimusraportissa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Akkreditointi ei koske lausuntoa.
 Tutkimustulosten saa kopioida vain kokonaan.

Katuosoite
 Patamäenkatu 24
 33900 TAMPERE

Postiosoite
 PL 265
 33101 TAMPERE

Puhelin
 (03) 2461 265
 *(03) 2461 111

Sähköposti
 heli.orakangas@kvvy.fi

Alv.rek.lenn.pid.rek.
 2823750-1



TESTAUSSELOSTE
28.10.2020

20-27333 2 (2)
#1

MENETELMÄTIEDOT

Määrittys	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (suluissa)
*Kiinteän näytteen kylmäkuivaus ja hienn	SFS-ISO 11464, 2007 (TL25)
*Org.kokonaishiili (TOC)	SFS-EN 13137 method A, 2001 (TL25)

TUTKIMUSLAITOSTIEDOT

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL25	KVVY/Tampere (FINAS T064)

MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT

Määrittys	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittyspvm.
*Kiinteän näytteen kylmäkuivaus ja hienn	2020/84374		23.10.2020
*Org.kokonaishiili (TOC)	2020/84374	±28%	7.10.2020

Tässä tutkimusselosteessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Tutkimustodistuksen saa kopioida vain kokonaan.



TESTAUSSELOSTE

20-27335 1 (2)
#1

28.10.2020

Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy
Telekatu 16
20360 TURKU



Tilausno 419754 (4LOU-SUO/TRE), saapunut 20.10.2020

NÄYTTEET

Lab.nro	Näytteen kuvaus
84375	2020/19632, sedim.

MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET

Määrittäminen	Yksikkö	84375
*Kiinteän näytteen kylmäkuivaus ja hienn		Tehty
*Org.kokonaishili (TOC)	g/kg ka	47

Merkitöjen selityksiä: P = määrittäminen kesken, E = ei tehty, - = noin, < = pienempi kuin, « = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin, » = suurempi tai yhtäsuuri kuin.

*-merkitty on akkreditoitu menetelmä.

Heli Orakangas
Ymp.asiantuntija(FM)

TIEDOKSI

Lounais-Suomen vesi- ja ympäristö/laboratorio@lsvsy.fi

Tässä tutkimusraportissa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Tutkimustulosten saa kopioida vain kokonaan.

Katuosoite	Postiosoite	Puhelin	Sähköposti	Alv.rek./enn.pid.rek.
Patamäenkatu 24	PL 265	(03) 2461 265		2823750-1
33900 TAMPERE	33101 TAMPERE	*(03) 2461 111	heli.orakangas@kvvy.fi	



TESTAUSSELOSTE

20-27335 2 (2)
#1

28.10.2020

MENETELMÄTIEDOT

Määrittäminen	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (suluissa)
*Kiinteän näytteen kylmäkuivaus ja hienn	SFS-ISO 11464, 2007 (TL25)
*Org.kokonaishiili (TOC)	SFS-EN 13137 method A, 2001 (TL25)

TUTKIMUSLAITOSTIEDOT

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL25	KVVY/Tampere (FINAS T064)

MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT

Määrittäminen	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittämyspvm.
*Kiinteän näytteen kylmäkuivaus ja hienn	2020/84375		23.10.2020
*Org.kokonaishiili (TOC)	2020/84375	±28%	7.10.2020

Tässä tutkimusraportissa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Tutkimustodistuksen saa kopioida vain kokonaan.