

TÜ Eesti Mereinstituut

Merepõhja uuring, kunstsubstraadi koloniseerimise uuring ja veekvaliteedi
uuring Saare-Liivi 5 meretuulepargi alal

ARUANNE

Lisa 3 Liivi lahe UTILITAS tuulepargiala veekvaliteedi uuring

Aruande versioon 1, 16.veebruar 2023

TEADUS- JA ARENDUSTÖÖ LEPING: sõlmitud 02.04.2022

Lepingu lõpptähtaeg: 30.06.2024

Tellija: Utilitas Wind OÜ



TALLINN

2023

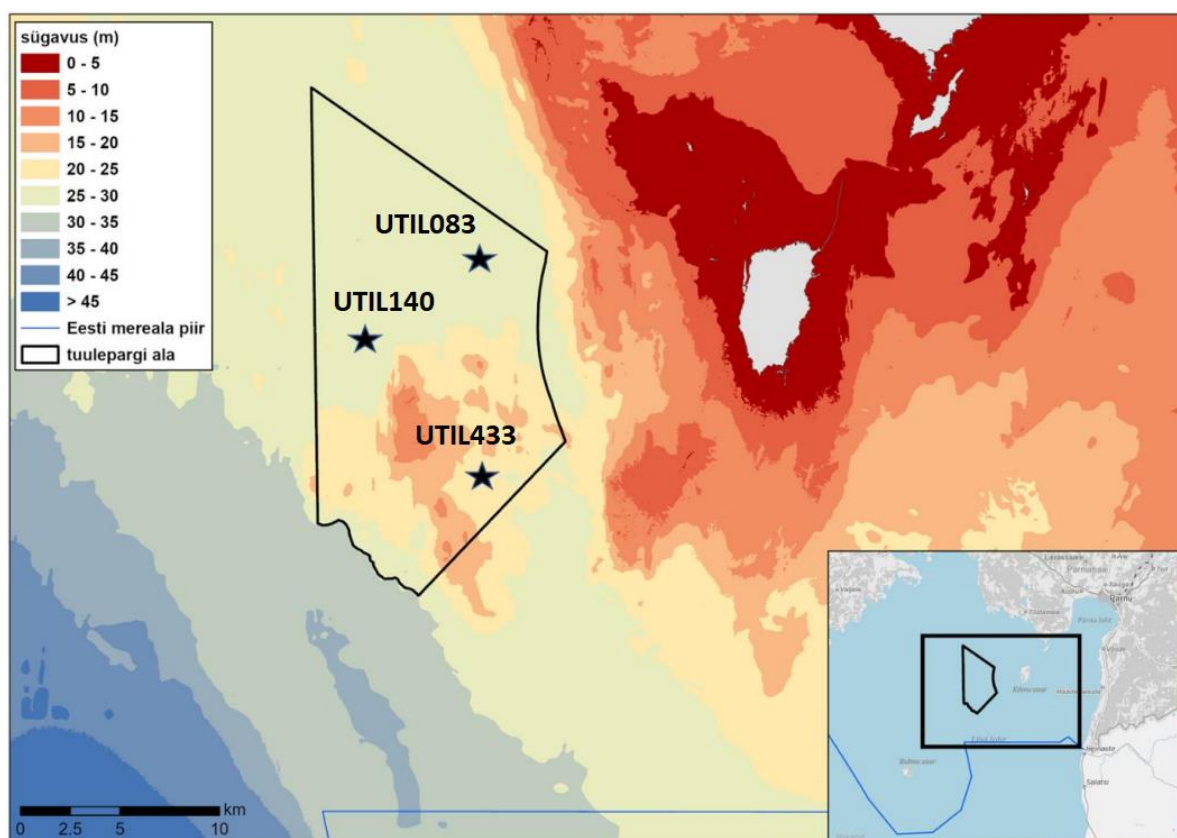
Sisukord

Sissejuhatus.....	3
Metoodika.....	4
Rannikumere ökoloogilise seisundi hindamine	5
Hindamise metoodika	5
Fütoplankton.....	6
Füüsikalise-keemilised näitajad	6
KVALITEEDISÜSTEEM	7
Tulemused ja analüüs	9
Klorofüll a	9
Vee füüsikalise-keemilised näitajad.....	10
Järeldused ja ettepanekud.....	19
LISA 1.....	20

Sissejuhatus

Liivi lahe UTILITAS tuulepargiala veekvaliteedi uuringu üldeesmärk on koguda uuringualalt veekvaliteedi näitajate proove ja teostada veesamba parameetrite mõõtmisi iseloomustamaks uuringuala veekvaliteedi seisund enne ehitustegevuse algust.

Tööd viidi läbi vahemikus 10.06.2022-01.11.22 kolmes erinevas proovivõtupunktis (joonis 1), täpsed koordinaadid on toodud tabelis 1.



Joonis 1. Proovivõtupunktid veekvaliteedi uuringu läbiviimiseks.

Tabel 1. Proovipunktide koordinaadid

	Laiuskraad	Pikkuskraad
UTIL 083	58,14378512	23,71431301
UTIL140	58,11122344	23,62296803
UTIL433	58,03690688	23,69993538

Välitöödel, laboratoorsel analüüsil ja aruande koostamisel osalesid järgmised TÜ Eesti mereinstituudi töötajad:

Hanna-Eliisa Luts, Georg Martin, Arno Põllumäe, Kaire Kaljurand, Andres Jaanus, Jekaterina Jefimova, Marko Rõõmusoks, Maria Põldma, Eerik Kurs, Elmar Talbonen.

Metoodika

Käesolevas uuringus kasutatud metoodika vastab Eesti riiklikus merekeskkonnaseire programmis esitatud nõuetele. Uuringu eesmärgiks on koguda võrreldavad andmed, et oleks võimalik saadud tulemusi interpreteerida laiemas kontekstis, luues aluse ka edaspidise ehitusaegse ja ehitusjärgse seireprogrammi jaoks.

Proovivõtu punktides määrati järgmised näitajad:

1) vee füüsikalise-keemilised näitajad:

- N_{tot} ($\mu\text{mol N/l}$), P_{tot} ($\mu\text{mol P/l}$), $\text{NO}_3\text{-N}$ ($\mu\text{mol N/l}$), $\text{NO}_2\text{-N}$ ($\mu\text{mol N/l}$), $\text{PO}_4\text{-P}$ ($\mu\text{mol P/l}$);
- sondeerimine CTD sondiga (CTD-profiil) – O_2 (mg l^{-1} , ml l^{-1} , %), temperatuur ($^{\circ}\text{C}$), soolsus (PSU), pH, sügavus (m).

2) fütoplankton:

- klorofüllil a kontsentratsioon ($\mu\text{g l}^{-1}$),

3) vee läbipaistvus

- Secchi (m)

Proovivõtupunktides koguti veeproovid 1, 5 ja 10 meetri sügavuselt, sügavamates jaamades ka põhjalähedasest veekihi. Kõik toiteained (N_{tot} , P_{tot} , $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$) määrati eraldi horisontidelt. Proovid sügavkülmutati koheselt peale proovivõttu ning hoiti nendes tingimustes kuni analüüsimiseni. pH määrati proovivõtul või laboris.

Merevee temperatuuri ja soolsuse mõõtmiseks seirejaamades kasutati CTD/STD sondide mudeleid SAIV SD204 ning Sea&Sun Technology M90. Mõõtesagedus oli 1 kord sekundis, veesambas registreeriti temperatuur, soolsus, pH ja hapnikusisaldus. Sondi laskumiskiirus hoiti vahemikus 0,5 m/s. Vee temperatuuri ja elektrijuhtivuse *in situ* määramisel kehtib TÜ EMI merebioloogia osakonna akrediteeritud sisejuhend KJ I/17, hapnikusisalduse määramiseks akrediteeritud sisejuhend KJ I/15.

Vee läbipaistvust mõõdeti Secchi kettaga.

Merebioloogilise seire käigus mõõdeti klorofüllil a sisaldust. Proovid koguti pindmisest veekihi kolmelt horisondilt (1, 5 ja 10 m), madalamates jaamades kahelt horisondilt (1 m ja põhjalähedane). Erinevatelt horisontidelt võetud proovid ühtlustati enne analüüsi, valades need võrdsetes osades kokku.

Klorofüllil a proovid filtreeriti läbi Whatman GF/F klaasfiiberfiltrite, ekstraheeriti 96% etanoolis 12–24 tundi toatemperatuuril ja määrati spektrofotomeetriliselt (Libra S32).

Kogu analüüsimeetodika järgib HELCOM-i seirejuhendit (<https://helcom.fi/action-areas/monitoring-and-assessment/monitoring-guidelines/combine-manual/>, Annex C4 ja C6) ning sellele tuginevaid mereinstituudi sisejuhendeid KJ I/19 ja KJ I/1.

Rannikumere ökoloogilise seisundi hindamine

Hindamise metoodika

Klassifikatsioonisüsteem põhineb bioloogilistel kvaliteedielementidel, milleks on fütoplankton, põhjataimestik ja põhjaloomastik. Füüsikalis-keemiliste üldtingimuste määrangud on täiendavaks infoks.

Kvaliteedielementide hindamisel kasutatakse kvaliteedinäitajate ökoloogilist kvaliteedisuhet, mis väljendab kvaliteedinäitajate väärtust fooni suhtes. Ökoloogilise kvaliteedisuhte indeks (ÖKS) on ühikuta suhtarv, mis varieerub vahemikus 0...1, mille suurem väärtus näitab paremat seisundit. Põhjaloomastiku ÖKS arvutatakse mõõdetud parameetri ja fooniväärtuse suhtest. Fütoplanktoni ja põhjataimestiku normaliseeritud ÖKS kalkuleeritakse kasutades valemit:

$$\text{ÖKS}_{\text{mõõdik}} = \frac{(P_x - P_l) \times (E_u - E_l)}{(P_u - P_l)} + E_l$$

kus:

P_x – parameetri mõõdetud väärtus

P_l – parameetri madalam klassipiir

P_u – parameetri kõrgem klassipiir

E_l – vastava ÖKS-i madalam klassipiir

E_u – vastava ÖKS-i kõrgem klassipiir

Eri parameetrite ökoloogilise kvaliteedisuhte indeksite keskmistamisel elementide kaupa saadakse ökoloogilise seisundi hinnang. Koondhinnang lähtub bioloogiliste kvaliteedielementide kõige madalamast seisundiklassist.

Bioloogiliste ja füüsikalis-keemiliste kvaliteedinäitajate klassipiirid ja ökoloogilise kvaliteedisuhte (ÖKS) väärtused on enamasti vastavuses keskkonnaministri 24. aprilli 2020 määruse nr 19 „Pinnaveekogumite nimekiri, pinnaveekogumite ja territoriaalmere seisundiklasside määramise kord, pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside kvaliteedinäitajate väärtused ja pinnaveekogumiga hõlmamata veekogude kvaliteedinäitajate väärtused“ lisaga 6 „Rannikuveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside piirid bioloogiliste, füüsikalis-keemiliste ja hüdro-morfoloogiliste kvaliteedielementide ja kvaliteedinäitajate järgi“. Samas peab märkima, et määruse lisas 6 pole arvestatud kõiki TÜ Eesti mereinstituudi poolt 2019. sügisel esitatud parandusettepanekuid ja puudub ka tagasiside mitteamvestamise põhjuste kohta. Suurimaks lahknevuseks võrreldes keskkonnaministri 28. juuli 2009 määrusega nr 44 on füüsikalis-keemiliste näitajate (toiteainete sisaldus) ühikute kasutamine. Kui enne väljendati klassipiire $\mu\text{mol l}^{-1}$, siis kehtiva määruse järgi on võetud aluseks mg l^{-1} . Sellega on püütud ühtlustada mõõtmisühikuid teiste pinnaveekogumitega (jões, järved), ent mere puhul viib see erinevate ühikute kasutamiseni rannikuvetes ja avamerealadel. Avamerealadele kehtestatud hea keskkonnaseisundi tasemeid, mis rannikumeres vastab hea ja kesise kvaliteediklaasi piirile, väljendatakse ühikutes $\mu\text{mol l}^{-1}$. Nende

väärtuste kasutamine on heaks kiidetud HELCOM-i poolt ja aktsepteeritud kõikides Läänemere äärsedes riikides. Samu ühikuid ($\mu\text{mol l}^{-1}$) on kasutatud ka Läänemere keskkonnaseisundi hindamisel (HELCOM, 2013; HELCOM, 2018). Võrreldes vana määрусega on muudetud ka merevee klorofüllil a ühikut. Senise mg m^{-3} asemel väljendatakse kontsentratsiooni $\mu\text{g l}^{-1}$, mis vastab samuti HELCOM-i poolt kasutatavale.

Ühikute teisendamise käigus on mõnel juhul muutunud ka ökoloogilise kvaliteedisuhte (ÖKS) väärtused ja näiteks rannikuvee veekogutüübile R4 kehtestatud üldlammastiku sisalduse väärtused ei lähtu vastavast võrdlusarvust, vaid 28. juuli 2009 määрусega nr 44 kehtestatud väga hea ja hea keskkonnaseisundi klassipiirist. Bioloogiliste kvaliteedinäitajate osas on tüübile R5 kehtestatud merevee klorofüllil a kontsentratsioonide väärtused üle kantud ka tüübile R4, ilma et seda oleks määрусega koostamise käigus põhjendatud. Ehkki tüübile R4 kehtestatud klorofüllil a klassipiirid vajaksid tõenäoliselt revideerimist, ei saa seda teha lihtsalt teise rannikuvee tüübi vastavaid väärtusi üle võttes. Kõik määрус nr 19 muutmist vajavad väärtused on näidatud parandusettepanekutena käesoleva aruande lisas 1.

Uuendatud määрус on ühtlustatud parameetrite klassipiiride võrdlusmärgid koos näitajate ümardamisega. Näiteks kui varasemalt oli mitmeaastaste liikide „hea“ seisundiklassi piiriks 77,4% (klass „hea“ $\geq 77,4\%$, klass „kesine“ $< 77,4\%$), siis uuendatud määрус on klassipiiriks 77 (klass „hea“ $\geq 77\%$, klass „kesine“ $\leq 76\%$). Seetõttu tuleb näitaja väärtus enne ÖKS väärtuste arvutamist ümardada vastavalt määрус esitatud komakohtadele. Ümardamine koos piiride võrdlusmärkide ühtlustamisega võib kaasa tuua veidi erinevaid tulemusi võrreldes varasemates aruannetes esitatud indeksite väärtustega. Käesolevas aruandes on pikaajaliste muutuste esitamisel kasutatud aruande lisas 1 toodud klassipiire.

Fütoplankton

Vee kvaliteedi hindamisel fütoplanktoni indikaatorite (meie töös klorofüllil a sisaldus) abil on kasutatud veekogumi sesoonseid (juuni–september) mediaanväärtusi. Mediaani kasutamise põhjenduseks on massesinemistel eksponentsiaalselt kasvav biomass, mis tõstaks keskmistatud väärtusi ülespoole. Kuna õitsengud on tavaliselt lühiajalised (1-2 nädalat), siis perioodi kogupikkust (3-4 kuud) arvestades on nende tabamine suhteliselt juhuslik ja tulemuste keskmistamine võib anda kokkuvõttes ebaadekvaatse hinnangu veekeskonna seisundile. Fütoplanktoni kui kvaliteedielemendi ökoloogiline kvaliteedisuhe (ÖKS) on klorofüllil a sisalduse ja fütoplanktoni biomassi vastavate väärtuste keskmine. Pärnu lahe veekogumis kasutatakse fütoplanktoni indikaatorina ainult merevee klorofüllil a sisaldust. Veekogutüübipõhised fütoplanktoni indikaatorite klassipiirid ja nende vastavad ÖKS väärtused on toodud lisas 1.

Füüsikalise-keemilised näitajad

Merekeskkonna seisundi hindamisel kasutatakse füüsikalise-keemiliste indikaatoritena suveperioodil (juuni–september) mõõdetud üldlammastiku (TN) ja -fosfori (TP) keskmisi kontsentratsioone pindmises veekihis (0–10 m) ning vee keskmist läbipaistvust Secchi ketta järgi. Kõiki nimetatud indikaatoreid vaadeldakse eraldi, need täiendavad bioloogilisi kvaliteedielemente, ent pole määravad veekogumi üldseisundi hinnangu andmisel. Veekogutüübipõhised füüsikalise-keemiliste indikaatorite klassipiirid ja nende vastavad ÖKS väärtused on toodud lisas 1.

KVALITEEDISÜSTEEM



Akrediteerimine

Veeseaduses on sätestatud veeuuringut, sh mereseiret teostavatele katselaboritele akrediteerimisnõue, mille kohaselt on Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituudi labor (edaspidi: seirelabor) akrediteeritud seireprogrammi raames tehtavates keemilistes, füüsikalises-keemilistes analüüsides ning proovivõtus. Rahvusvaheliste mereseireprogrammide kohaselt on lisaks akrediteeritud ka merebioloogilised analüüsid. EMI seirelabor on Eesti Akrediteerimiskeskuse (EAK) poolt akrediteeritud katselabor (<http://www.eak.ee/?pageCus=akr&id=367>; lisa 2). Labori katsetegevus ja juhtimissüsteem vastavad standardi EVS-EN ISO/IEC 17025:2017 „Üldnõuded katse- ja kalibreerimislaborite kompetentsusele“ nõuetele. EMI seirelaboril on akrediteerimisulatus kokku 22 määratava näitaja osas (<http://www.eak.ee/dokumendid/pdf/kasitlusala/L179.pdf>). Laborite kvaliteedisüsteemi üldstruktuuri, s.h kvaliteedipoliitikat, kajastavad kvaliteedikäsiraamatud.

Kvaliteedi tagamine ja -kontroll

Kvaliteedi tagamiseks kasutab seirelabor analüüsides teostamisel rahvusvaheliselt tunnustatud/standardiseeritud katsete meetodit, mis vastavad HELCOM COMBINE, ICESi juhiste ja/või ISO/EN-standarditele. Analüüsimeetodeid arendatakse pidevalt, et laboratooriumis kasutatavad meetodid oleksid kaasaegsed ja vastaksid rahvusvahelistele standardmeetoditele. Labori eksperdid osalevad standardialastes tehnilistes komiteedes nii Eestis (EVS) kui ka Euroopa tasandil (CEN).

Labor osaleb regulaarselt iga akrediteeritud analüüsimeetodi osas laborite vahelistes võrdluskatsetes, nii rahvusvahelistes kui ka eestiseses. Merebioloogiliste ja -keemiliste analüüsides osas võtab labor regulaarselt osa näiteks NMBAQC, SYKE ja EKUK võrdluskatse skeemidest.

Laborisiseselt tagatakse kvaliteet peamiselt keemilis-füüsikalistes analüüsides paralleel- ja kontrollproovide tegemisega. Labor kasutab regulaarselt sertifitseeritud etalonaineid sisekontrolli ja -kalibreerimise teostamiseks. Bioloogilistes analüüsides liikide määramisel kasutab labor tunnustatud nomenklatuuri ja regiooni parimaid elustikumäärajaid. Kõik näidiseksemplarid säilitatakse kogudes ning ühtlasi digi-fotografeeritakse. Keerulisemate liikide määramisel peetakse nõu parimate organismirühma ekspertidega ning labori personal võtab pidevalt osa taksonoomia-alastest koolitustest (nt HELCOM-i fütoplanktoni ekspertrühma iga-aastased treeningkursused). Regulaarselt korraldatakse labori töötajate vahel ringteste ning juhendatakse laborante. Proovi

võtmisel kasutab labor rahvusvaheliselt heaks kiidetud proovivõtuvahendeid, mis on ka tootjapoolselt sertifitseeritud.

Laborid kasutavad usaldusväärsete ja tõepäraste analüüsitulemuste saavutamiseks meetodikate valideerimist/verifitseerimist ja katseseadmete ning mõõtevahendite kalibreerimist. Tavaliselt toimub mõõteseadmete kalibreerimine Eestis asuvates akrediteeritud kalibreerimislaborites, vertikaalseks sondeerimiseks kasutatavad sondid kalibreeritakse kord kahe aasta jooksul tootjatehases. Mõlema labori juhtimissüsteemi seireks viivad laborid iga-aastaselt läbi siseauditeid ning laboritele korraldatakse aastase intervalliga välisaudit (EAK järelevalve).

Seire teostajad omavad vajalikku merevee proovivõtja litsentsi või sukelduja kvalifikatsiooni ja seiretegevus viiakse läbi teadussukelduja sertifikaadiga isiku juhendamisel või osavõtul.

Tulemused ja analüüs

Klorofüll a

Klorofüll a kontsentratsioon peegeldab eutrofeerumise otsest mõju merekeskkonnale, kuna sõltub bioloogiliselt kättesaadavast toiteainete hulgast. Klorofüll a on fütoplanktonis sisalduv peamine fotosünteesiline pigment, mida leidub kõigis rakkudes, seega saab indikaatorit pidada fütoplanktoni hulga (arvukuse) ligikaudseks mõõdikuks. Seisundit hinnatakse vastavalt Eesti rannikuvee tüüpidele kehtestatud ökoloogiliste seisundiklasside piiridele (keskkonnaministri 16.04.2020. a määruse nr 19 „Pinnaveekogumite nimekiri, pinnaveekogumite ja territoriaalmere seisundiklasside määramise kord, pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside kvaliteedinäitajate väärtused ja pinnaveekogumiga hõlmamata veekogude kvaliteedinäitajate väärtused“ lisa 6; väljavõtte tabelis 3). Käesolev aruanne hindab Liivi Lahe (rannikuvee tüüp R6) tuulepargiala keskkonnaseisundit klorofüll a ja toitainete sisalduse järgi perioodil juuni-august 2022.

Veekvaliteedi hindamisel fütoplanktoni indikaatori (klorofüll a sisaldus) abil on kasutatud veekogumi sesoonseid (juuni–august) mediaanväärtusi. Ökoloogiline kvaliteedisuhe (ÖKS) on läviväärtuse (ÖKS 1 lisa 1 tabelis) ja mõõdetud väärtuste mediaani suhe, mis paikneb vahemikus 0–1. Mida suurem on väärtus, seda lähedamal on mõõdetud seisundinäitaja fooniväärtusele ja seda parem on keskkonnaseisund. Veekogutüübipõhised fütoplanktoni indikaatorite klassipiirid ja nende vastavad ÖKS väärtused on toodud lisas 1.

Tabel 2. Klorofüll a mediaansisaldus kolmes proovivõtupunktis.

Proovivõtupunkt	Klorofüll a mediaan, $\mu\text{g l}^{-1}$	
	juuni-august 2022	ÖKS
UTIL083	3,4	0,63
UTIL140	4,1	0,55
UTIL433	3,5	0,62

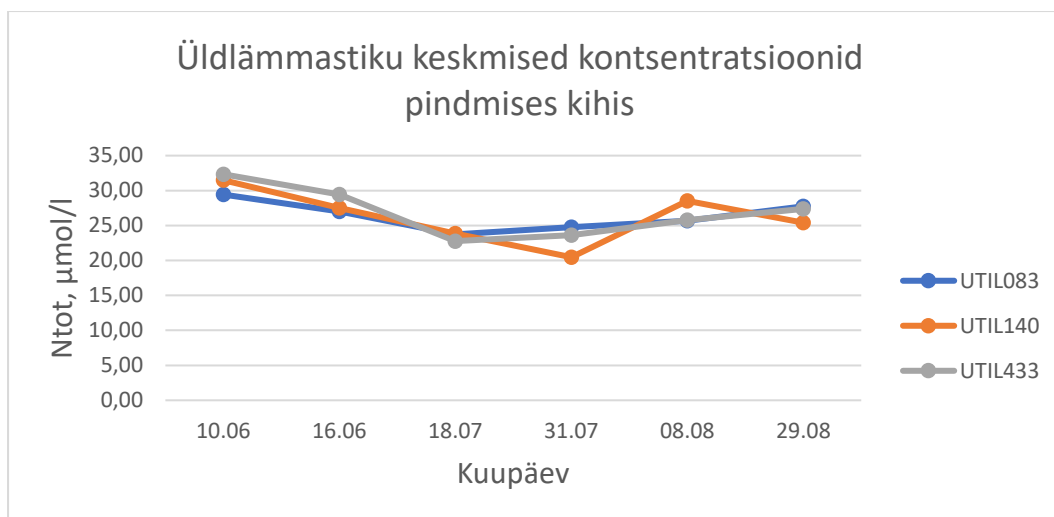
Vee füüsikalise-keemilised näitajad

Merevee toitainete sisaldus.

N_{tot} , P_{tot} , $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, PO_4 näitajate puhul analüüsiti pindmise kihi keskmisi väärtusi (punktides UTIL083 ja UTIL140 on pindmiseks kihiks 1-10 m, punktis UTIL433 on pindmiseks kihiks 1-5 m, sest punkti maksimaalne sügavus on ca 10 m) ja põhjalähedaste kihtide (punktis UTIL083 max sügavus 26 m, punktis UTIL140 max sügavus 27 m, punktis UTIL433 max sügavus 10 m) väärtusi eraldi.

Tabel 3. Proovivõtu punktide sügavused.

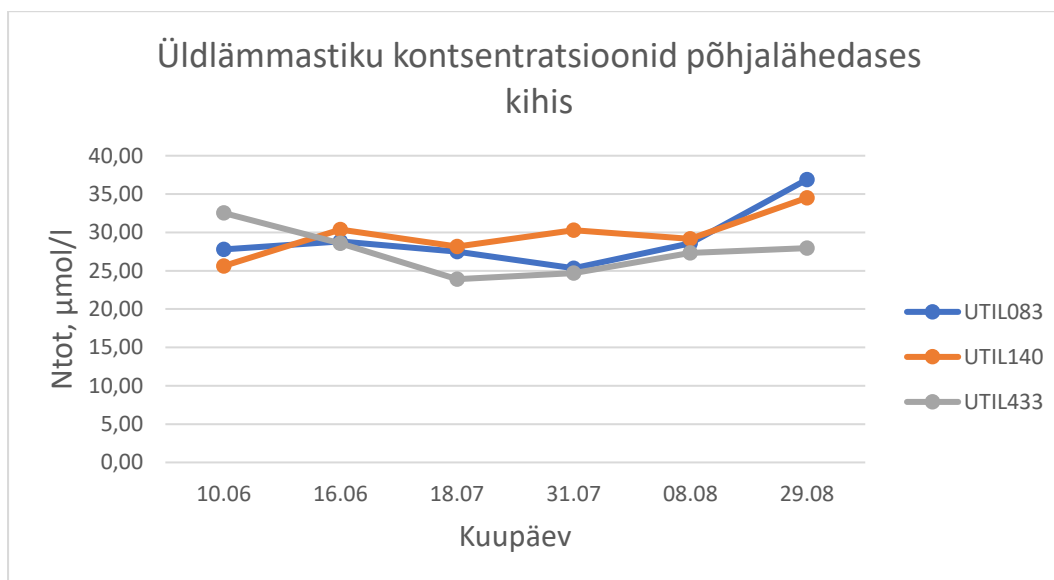
	Pindmise kihi sügavus (m)	Maksimaalne sügavus (m)
UTIL083	1-10	26
UTIL140	1-10	27
UTIL433	1-5	10



Joonis 2. N_{tot} keskmised kontsentratsioonid pindmises kihis.

Tabel 4. N_{tot} keskmised kontsentratsioonid pindmises kihis (µmol/l).

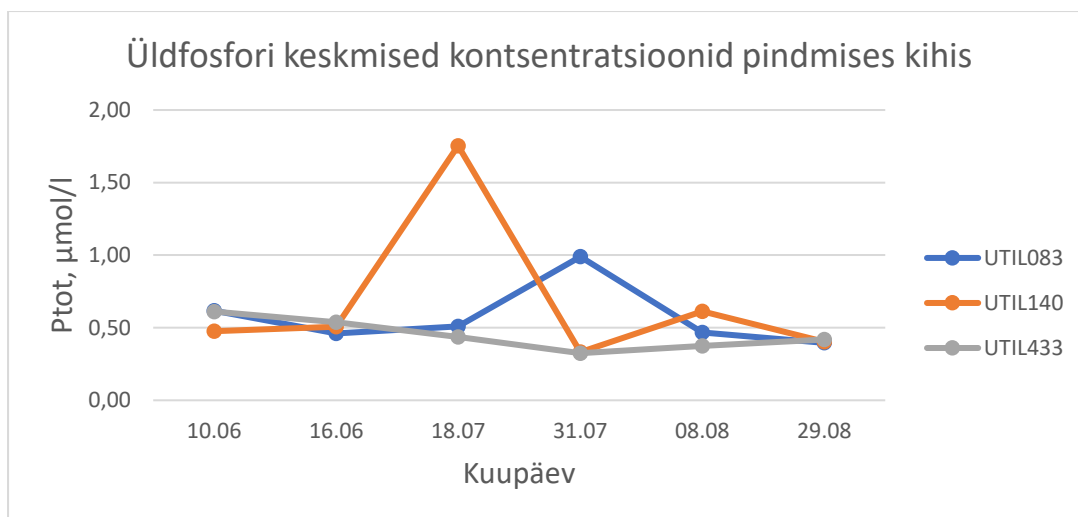
N _{tot}	10.06	16.06	18.07	31.07	08.08	29.08
UTIL083	29,43	27,00	23,73	24,77	25,70	27,76
UTIL140	31,48	27,53	23,85	20,47	28,54	25,39
UTIL433	32,33	29,44	22,77	23,60	25,78	27,37



Joonis 3. N_{tot} kontsentratsioonid põhjalähedases kihis.

Tabel 5. N_{tot} kontsentratsioonid põhjalähedases kihis (µmol/l).

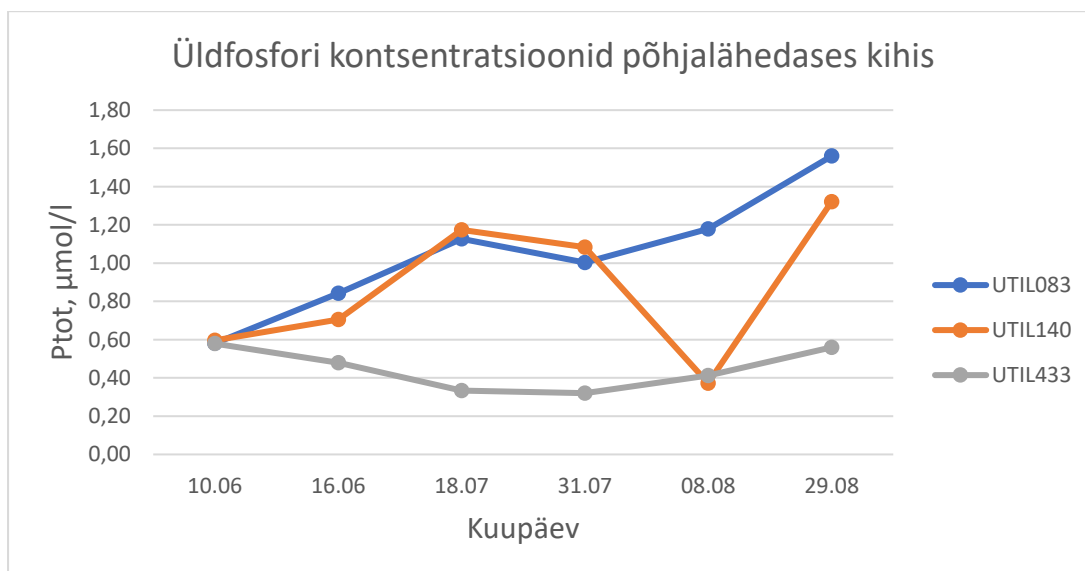
N _{tot} (põhi)	10.06	16.06	18.07	31.07	08.08	29.08
UTIL083	27,80	28,83	27,48	25,33	28,57	36,89
UTIL140	25,62	30,38	28,17	30,28	29,15	34,51
UTIL433	32,53	28,59	23,90	24,71	27,34	27,95



Joonis 4. P_{tot} keskmised kontsentratsioonid pindmises kihis.

Tabel 6. P_{tot} keskmised kontsentratsioonid pindmises kihis ($\mu\text{mol/l}$).

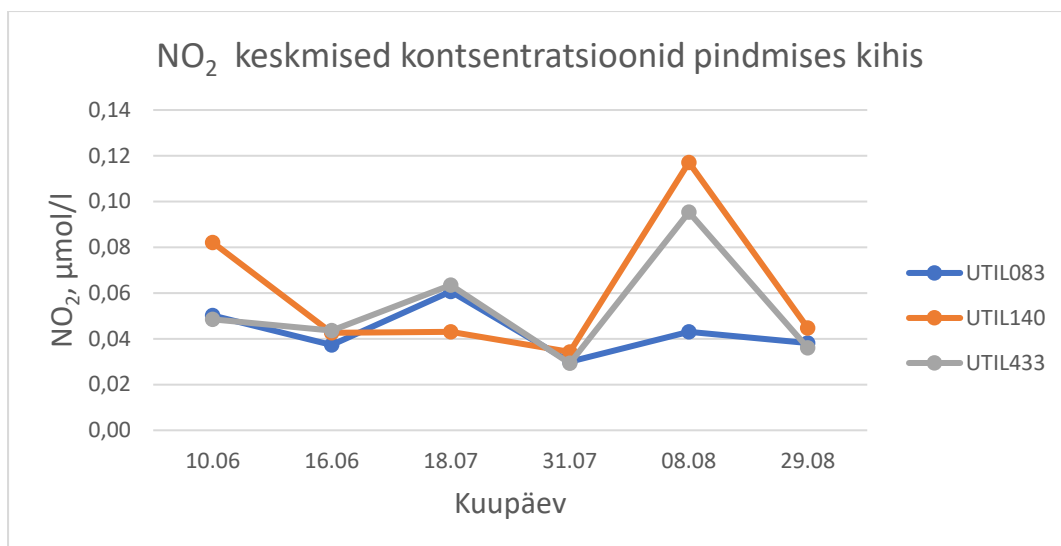
P_{tot}	10.06	16.06	18.07	31.07	08.08	29.08
UTIL083	0,62	0,46	0,51	0,99	0,47	0,40
UTIL140	0,48	0,51	1,75	0,33	0,61	0,40
UTIL433	0,61	0,54	0,44	0,32	0,38	0,42



Joonis 5. P_{tot} kontsentratsioonid põhjalähedases kihis.

Tabel 7. P_{tot} kontsentratsioonid põhjalähedases kihis ($\mu\text{mol/l}$).

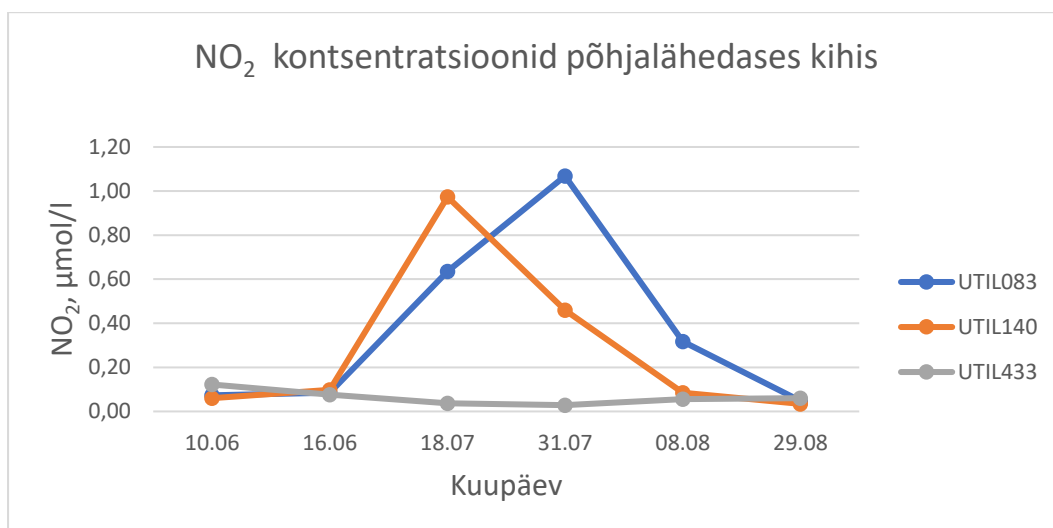
P_{tot} (põhi)	10.06	16.06	18.07	31.07	08.08	29.08
UTIL083	0,58	0,84	1,13	1,00	1,18	1,56
UTIL140	0,60	0,70	1,17	1,08	0,37	1,32
UTIL433	0,58	0,48	0,33	0,32	0,41	0,56



Joonis 6. NO₂ keskmised kontsentratsioonid pindmises kihis.

Tabel 8. NO₂ keskmised kontsentratsioonid pindmises kihis (μmol/l).

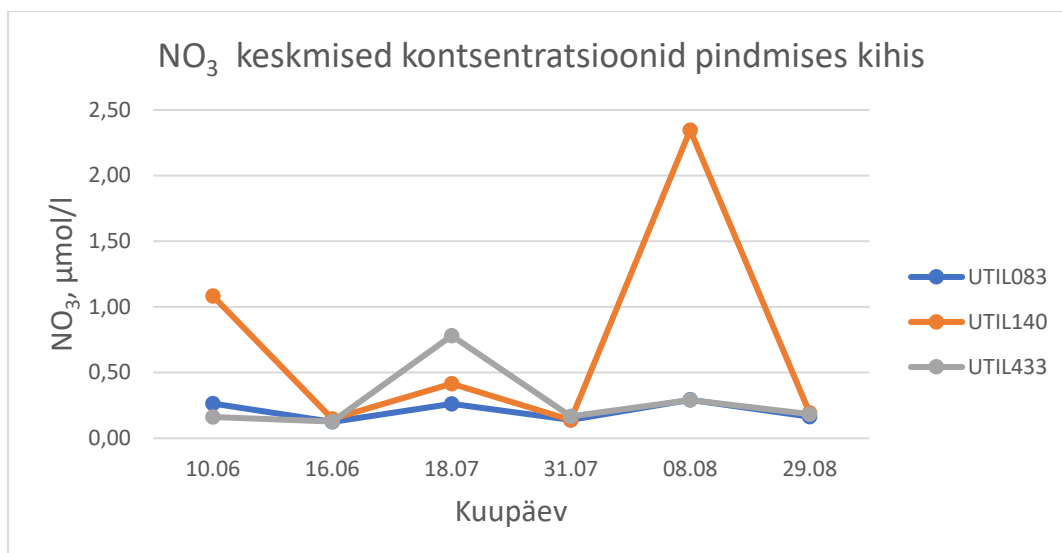
NO ₂	10.06	16.06	18.07	31.07	08.08	29.08
UTIL083	0,05	0,04	0,06	0,03	0,04	0,04
UTIL140	0,08	0,04	0,04	0,03	0,12	0,04
UTIL433	0,05	0,04	0,06	0,03	0,10	0,04



Joonis 7. NO₂ kontsentratsioonid põhjalähedases kihis.

Tabel 9. NO₂ kontsentratsioonid põhjalähedases kihis (μmol/l).

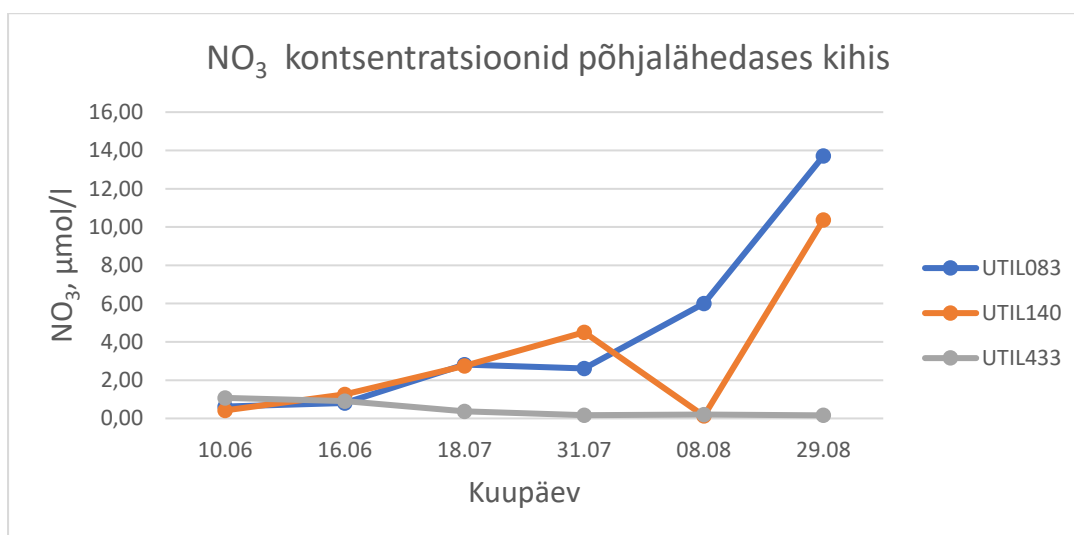
NO ₂ (põhi)	10.06	16.06	18.07	31.07	08.08	29.08
UTIL083	0,07	0,08	0,63	1,07	0,32	0,05
UTIL140	0,06	0,10	0,97	0,46	0,08	0,03
UTIL433	0,12	0,08	0,04	0,03	0,06	0,06



Joonis 8. NO₃ keskmised kontsentratsioonid pindmises kihis.

Tabel 10. NO₃ keskmised kontsentratsioonid pindmises kihis (µmol/l).

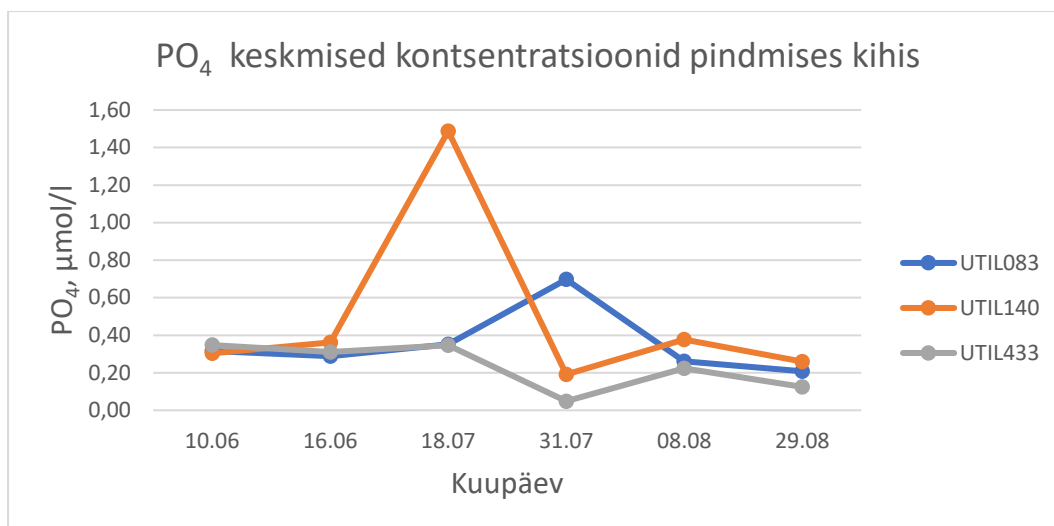
NO ₃	10.06	16.06	18.07	31.07	08.08	29.08
UTIL083	0,27	0,12	0,26	0,14	0,29	0,16
UTIL140	1,08	0,15	0,42	0,14	2,35	0,19
UTIL433	0,16	0,13	0,78	0,17	0,29	0,18



Joonis 9. NO₃ kontsentratsioonid põhjalähedases kihis.

Tabel 11. NO₃ kontsentratsioonid põhjalähedases kihis (µmol/l).

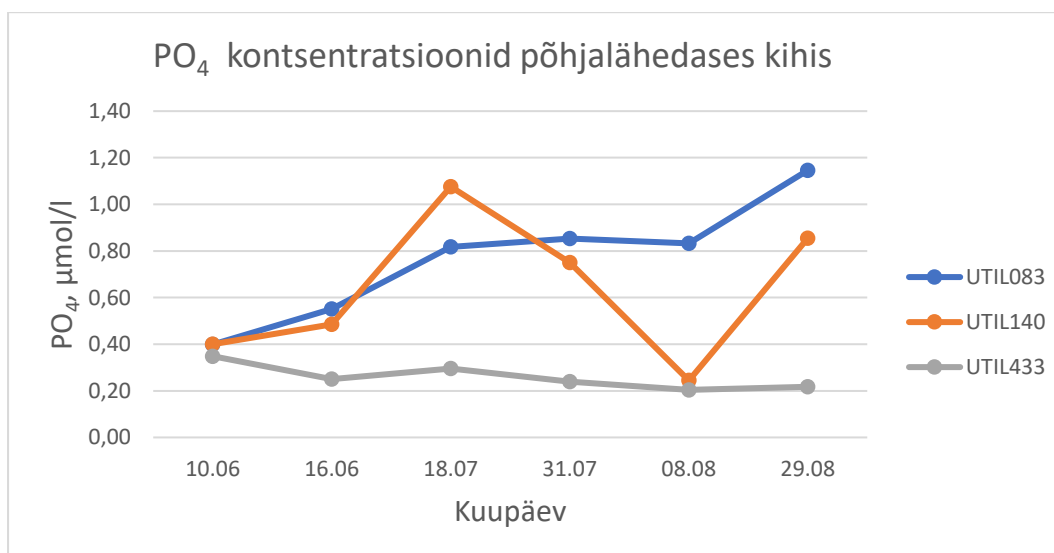
NO ₃ (põhi)	10.06	16.06	18.07	31.07	08.08	29.08
UTIL083	0,62	0,81	2,82	2,62	6,00	13,71
UTIL140	0,43	1,26	2,74	4,50	0,13	10,37
UTIL433	1,07	0,90	0,37	0,17	0,20	0,16



Joonis 10. PO₄ keskmised kontsentratsioonid pindmises kihis.

Tabel 12. PO₄ keskmised kontsentratsioonid pindmises kihis (μmol/l).

PO ₄	10.06	16.06	18.07	31.07	08.08	29.08
UTIL083	0,32	0,29	0,35	0,70	0,26	0,21
UTIL140	0,30	0,36	1,49	0,19	0,38	0,26
UTIL433	0,35	0,31	0,35	0,05	0,22	0,12



Joonis 11. PO₄ kontsentratsioonid põhjalähedases kihis.

Tabel 13. PO₄ kontsentratsioonid põhjalähedases kihis (μmol/l).

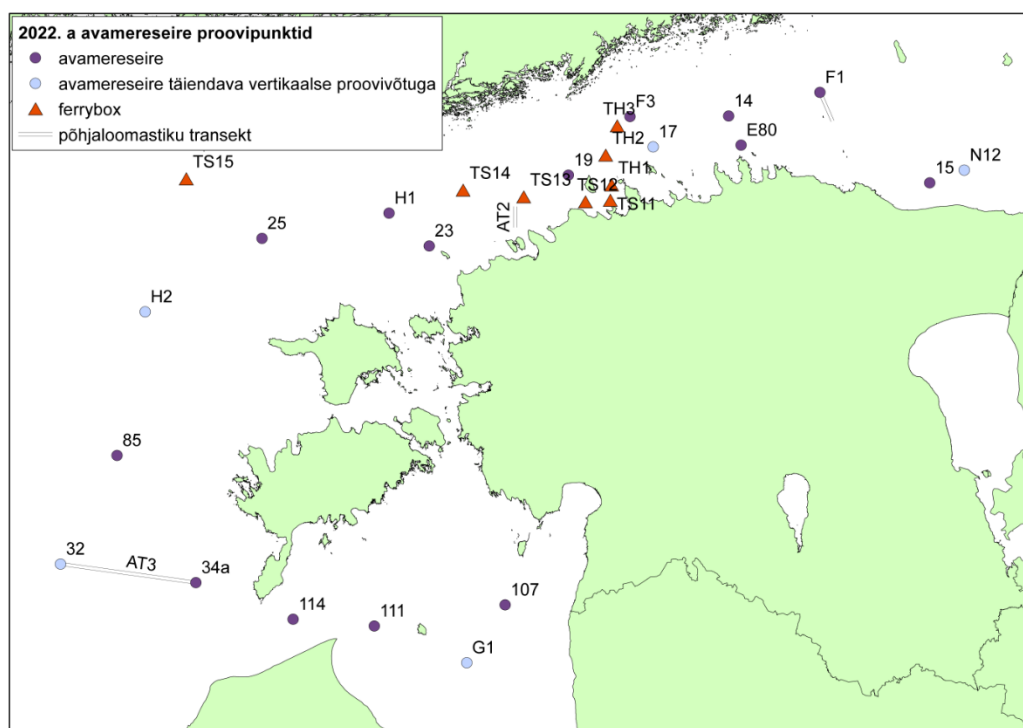
PO ₄ (põhi)	10.06	16.06	18.07	31.07	08.08	29.08
UTIL083	0,40	0,55	0,82	0,85	0,83	1,15
UTIL140	0,40	0,48	1,08	0,75	0,24	0,85
UTIL433	0,35	0,25	0,30	0,24	0,20	0,22

Üldlämmastikule ja üldfosforile vastavad ÖKS väärtused on toodud tabelis 14. ÖKS väärtuste arvutamisel on võetud arvesse pindmiste kihtide näitajaid. Punktis UTIL433 on sisse arvestatud tulemused kogu veesamba ulatuses, sest punkti maksimaalne sügavus jääb 10 meetri kanti, mis teiste punktide puhul läheb arvesse kui pinnalähedane kiht. Veekogutüübipõhised füüsikaliskemiliste indikaatorite klassipiirid ja nendele vastavad ÖKS väärtused on toodud lisas 1.

Tabel 14. Üldlämmastikule ja üldfosforile vastavad ÖKS väärtused.

	ÖKS	
	N_{tot}	P_{tot}
UTIL083	0,63	0,61
UTIL140	0,63	0,54
UTIL433	0,62	0,75

Vee füüsikaliskemilisi näitajaid N_{tot} , P_{tot} , PO_4 saab võrrelda avamere proovipunktide 111 ja 107 samas ajavahemikus (juuni-august 2022) võetud proovidega (Tabel 15 ja Tabel 16) (NO_2 ja NO_3 riiklikus avamere seires eraldi ei analüüsita, seetõttu ei ole need võrdlusesse kaasatud). Jaam 111 jääb tuulepargialast edelasse, Ruhnu saarest läände ja jaam 107 jääb tuulepargialast põhjapoole (Joonis 12).



Joonis 12. Eesti riikliku merekeskkonna seire programmi „Avamere seire 2022“ jaamade asukohad (TÜ Eesti mereinstituut, 2023).

Tabel 15. Pindmiste kihtide (juuni-august 2022) keskmiste võrdlus ($\mu\text{mol/l}$)

Punkt	N _{tot}	P _{tot}	PO ₄
UTIL083	26,40	0,57	0,35
UTIL140	26,21	0,68	0,50
UTIL433	26,88	0,45	0,23
111	27,68	0,42	0,16
107	26,86	0,44	0,17

Tabel 16. Põhjakihi (juuni-august 2022) keskmiste võrdlus ($\mu\text{mol/l}$)

Punkt	N _{tot}	P _{tot}	PO ₄
UTIL083	29,15	1,05	0,77
UTIL140	29,69	0,88	0,63
UTIL433	27,50	0,45	0,26
111	34,82	1,11	0,93
107	31,30	1,54	0,58

Nagu oligi oodata on enamasti kirjeldatud jaamades toitainete kontsentratsioonid üsna sarnased riikliku avamere seire jaamades mõõdetutele. Kuna on tegemist sama merepiirkonna jaamadega, siis peegeldavad sama perioodi mõõtmiste tulemused looduslikku varieeruvust uuritud merealal. Nagu oligi oodata, on merepõhja lähedase veekihi toitainete kontsentratsioonid mõnevõrra kõrgemad (tingitud bioloogilistest ja biogeokeemilistest protsessidest – orgaanilise aine remineralisatsioon merepõhja setetes ja bioloogiline produktsioon pindmistes kihtides). Üldiselt näitavad mõõdetud toitainete kontsentratsioonid Liivi lahe üldist eutrofeerumise taset (toitainete kontsentratsioonid mõnevõrra kõrgemad kui Läänemere avaosas).

Vee läbipaistvus

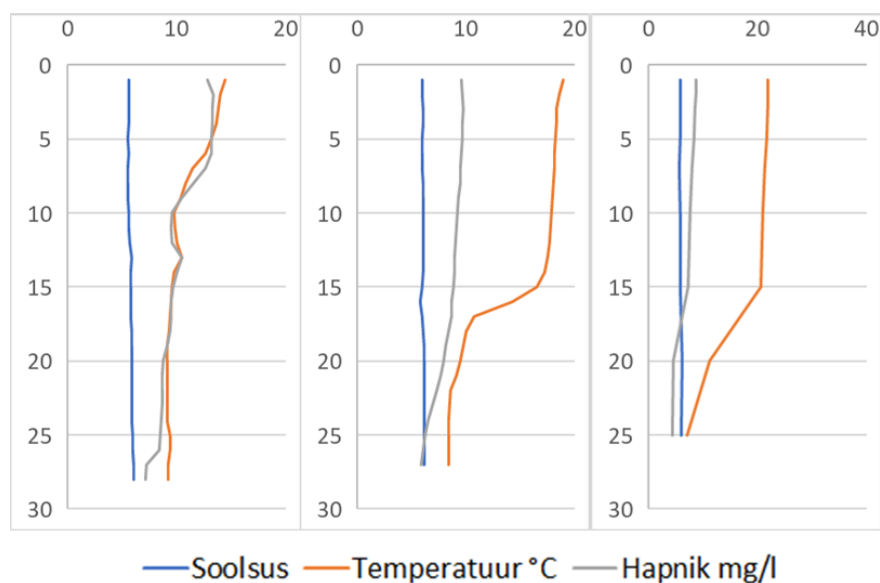
Secchi ketta abil mõõdetud vee läbipaistvus (m) on toodud välja tabelis 17. Vastavad ÖKS väärtused on arvutatud suve 2022 keskmiste tulemuste kaudu.

Tabel 17. Secchi ketta abil mõõdetud vee läbipaistvus (m) ja vastavad ÖKS väärtused.

Punkt	Kuupäev						jun-aug keskmine	ÖKS
	10.06	16.06	18.07	31.07	08.08	29.08		
UTIL083	N/A	1,9	2,5	5,0	3,9	3,2	3,30	0,56
UTIL140	2,4	2,0	3,5	N/A	4,1	4,2	3,2	0,53
UTIL433	2,2	2,0	3,5	5,8	3,5	4,2	3,5	0,64

Merevee sooluse, temperatuuri ja hapnikusisalduse profiilid

CTD mõõtmiste järgi oli soolsus piirkonnas keskmiselt 5,9 ja kõikus vahemikus 5,3 – 6,2 PSU. Liivi lahes tervikuna puudub halokliin ja suuri erinevusi pinna ja põhjakihi sooluse vahel ei esine ka antud piirkonnas. Küll oli kogu suve jooksul piirkonnas olemas termokliin (Joonis 13). Juunis oli termokliin 5-10m sügavusel ning temperatuuride vahe pinna ja põhjakihi vahel umbes 5 °C. Juuli lõpuks oli pealmise soojema veekihi paksus juba 15m ning temperatuuride vahe üle 10 °C. Samale sügavusele jäi termokliin ka augustis ning temperatuuride erinevus pinna ja põhja vahel oli kuni 15 °C. Maksimaalsed veetemperatuurid pinnal olid augustiks 22 °C ja kõige madalam temperatuur vaid 5,9°C. Vee hapnikusisaldus oli piirkonnas keskmiselt 9,2 mg l-1. Madalaimad hapnikusisaldused (4,5 mg l-1) mõõdeti augusti lõpus põhjalähedastes kihtides. 16. Juunil oli vee pindmistes kihtides ka tugev hapniku üleküllastus.



Joonis 13. Sooluse, temperatuuri ja hapnikusisalduse profiilid jaamas UTIL083 10.06.2022, 31.07.2022 ja 29.08.2022.

Kokkuvõte.

Liivi lahe UTILITASE tuulepargialal mõõdetud klorofüllil a väärtuste (mediaan $3,7 \mu\text{g l}^{-1}$) põhjal on ala keskkonnaseisund kesine, kuid mõnevõrra parem kui samal ajavahemikul riikliku keskkonnaseire raames mõõdetud Liivi lahe kirdeosa rannikuveekogumi vastav näitaja ($4,2 \mu\text{g l}^{-1}$). Liivi lahe kirdeosa seirejaamad paiknevad rannikule lähemal. Näiteks jaam K21 asub Pärnu lahe suudmealal, kus toitainete foon on üldiselt kõrgem kui veekogumis keskmiselt. Tuulepargiala proovivõtupunktidest mõõdeti juuli lõpus ja augustis suuremaid klorofüllil a sisaldusi jaamas UTIL140. Selle põhjusi on keeruline seletada. Tegu võib olla lokaalsete hoovuste mõjuga, mis võib tuua piirkonda toiteaineterikkamat vett, kuid tõenäoliselt on tegu pigem juhusliku, fütoplanktoni ebaühtlasest horisontaalsest ja vertikaalsest jaotumusest tingitud erinevusega.

Kõigis kolmes punktis mõõdetud üldlämmastiku N_{tot} väärtuse põhjal on ala keskkonnaseisund kesine. Üldfosfori P_{tot} väärtuste põhjal on punktide UTIL083 ja UTIL140 keskkonnaseisund kesine, kuid punktis UTIL433 hea. Secchi ketta abil mõõdetud läbipaistvusväärtuste põhjal on kõigi kolme punkti seisund kesine.

Uuritud merealal on suve perioodil veesammas stratifitseeritud temperatuuri järgi, kus termokliin ulatub suve lõpus 15 m sügavusele. Halokliini uuritud merealal ei esine.

Tuulepargi ehitusel ja hilisemal ekspluateerimisel on oluline rakendada veesamba seireprogramm, tuvastamaks ehitustegevuse ja hilisema tuulepargi olemasolu/käitamise võimalikku mõju merepiirkonna seisundile. Kuigi tuulepargi ekspluateerimine ilmselt ei mõjuta oluliselt merepiirkonna eutrofeerumise taset on kirjandusest teada tuulepargi mõju setetes toimuvatele biogeokeemilistele protsessidele, mis omakorda võivad avalduda merepiirkonna lämmastiku ja fosforiühendite kontsentratsioonide muutustes. Samuti oleks otstarbekas jälgida võimalikke muutusi veesamba kihistumises. Tuuleparki käitamise faasis oleks otstarbekas kasutada tuulikuvundamente püsiseire platvormina.

Tuulepargi ehitamise faasis peaks veesamba parameetrite seire olema tihedam (sagedusega kuni 2 korda kuus) ja piisava ruumilise lahutusega võimaldamaks jälgida ehitustegevuse vahetut mõju ümbritsevale rannikumerele.

LISA 1

Keskkonnaministri 16.04.2020. a määruse nr 19 „Pinnaveekogumite nimekiri, pinnaveekogumite ja territoriaalmere seisundiklasside määramise kord, pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside kvaliteedinäitajate väärtused ja pinnaveekogumiga hõlmamata veekogude kvaliteedinäitajate väärtused“ lisa 6

Rannikuveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside piirid bioloogiliste ja füüsikalis-keemiliste kvaliteedielementide järgi

Alljärgnevalt esitatud tabelites kasutatakse lühendeid järgmises tähenduses:

EPI₁ – Eesti põhjataimestiku indeks EPI₁

EPI₂ – Eesti põhjataimestiku indeks EPI₂

EPI_{HPO} – Eesti põhjataimestiku indeks EPI_{HPO}

EPI_{PCF} – Eesti põhjataimestiku indeks EPI_{PCF}

ZKI₂ – Zoobentose koosluse indeks ZKI₂

ÖKS – Ökoloogiline kvaliteedisuhe

Alljärgnevalt esitatud tabelites sisalduvad ülaindeksid viitavad järgmistele märkustele:

1- ühikult $\mu\text{mol l}^{-1}$ üleminekul ühikule mg l^{-1} tuleb üldlämmastiksisaldus jagada 1000-ga ning korrutada 14-ga, üldfosforisisaldus jagada 1000-ga ning korrutada 31-ga.

2 - kvaliteedinäitajat analüüsitakse integreeritud proovis (1m, 5m, 10m)

1. Rannikuvee pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside piirid bioloogiliste kvaliteedielementide järgi

(fütoplanktoni korral veekogumi kõikides seirepunktides ühe aasta jooksul ajavahemikus juuni - september võetud proovide mediaanväärtus, iga-aastases seires olevatel veekogumitel viimase kuue aasta proovide aritmeetiline keskmine väärtus)

Kvaliteedinäitaja	Ühik	ÖKS 1 vastav väärtus	Väga hea klass	Hea klass	Kesine klass	Halb klass	Väga halb klass
Veekogutüüp R6: Liivi laht							
<i>Kvaliteedielement: fütoplankton</i>							
Klorofüllü a sisaldus ²	µg/l	2,0	≤ 2,4	2,5–3,0	3,1–6,2	6,3–9,3	> 9,3
Fütoplanktoni biomass ²	mg/l	0,22	≤ 0,27	0,28–0,33	0,34–0,67	0,68–1,00	>1,00
Fütoplanktoni ÖKS ²	–	–	≥ 0,83	0,82–0,67	0,66–0,33	0,32–0,22	< 0,22
<i>Kvaliteedielement: põhjataimestik</i>							
Põhjataimestiku sügavuslevik	m	12	≥ 10,9	10,8–8,4	8,3–3,6	3,5–1,2	< 1,2
<i>Fucus</i> spp. sügavuslevik	m	5	≥ 4,6	4,5–3,5	3,4–1,5	1,4–0,5	< 0,5
Põhjataimestiku EPI ₂	–	1	≥ 0,91	0,90–0,70	0,69–0,30	0,29–0,10	< 0,10
Põhjataimestiku EPI ₂ ÖKS	–	–	≥ 0,91	0,90–0,70	0,69–0,30	0,29–0,10	< 0,10
<i>Kvaliteedielement: suurselgrootud</i>							
Suurselgrootute ZKI ₂	–	0,74	≥ 0,29	0,28–0,18	0,17–0,13	0,12–0,06	< 0,06
Suurselgrootute ZKI ₂ ÖKS	–	–	≥ 0,39	0,38–0,24	0,23–0,17	0,16–0,08	< 0,08

2. Rannikuvee pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside piirid füüsikalise-keemiliste kvaliteedinäitajate väärtuste järgi

(ajavahemikus juuni-september võetud proovide analüüsitulemuste aritmeetiline keskmine)

Kvaliteedinäitaja	Ühik	ÖKS 1 vastav väärtus	Väga hea klass	Hea klass	Kesine klass	Halb klass	Väga halb klass
Veekogutüüp R6: Liivi laht							
Üldlämmastiku sisaldus ($N_{\text{üld}}$) ^{1, 2}	µmol/l	15,9	≤ 19,2	19,3–23,7	23,8–48,2	48,3–72,3	> 72,3
Üldlämmastiku sisalduse ÖKS ²	–	–	≥ 0,83	0,82–0,67	0,66–0,33	0,32–0,22	< 0,22
Üldfosfori sisaldus ($P_{\text{üld}}$) ^{1, 2}	µmol/l	0,33	≤ 0,40	0,41–0,50	0,51–1,00	1,01–1,50	> 1,50
Üldfosfori sisalduse ÖKS ²	–	–	≥ 0,83	0,82–0,66	0,65–0,33	0,32–0,22	< 0,22
Läbipaistvus Secchi ketta meetodil	m	5,5 või põhjani	≥ 4,9	4,8–4,2	4,1–2,6	2,5–2,0	< 2,0
Läbipaistvuse ÖKS	–	—	≥ 0,89	0,88–0,76	0,75–0,47	0,46–0,36	< 0,36