



Klaipėdos universitetas



Gamtos tyrimų
centras



Aplinkos apsaugos politikos
centras



Aplinkos apsaugos
agentūra



Nacionalinė mokėjimo
agentūra

LIETUVOS BALTIJOS JŪROS APLINKOS APSAUGOS VALDYMO STIPRINIMO DOKUMENTŲ (BŪKLĖS VERTINIMO) ATNAUJINIMAS

III TARPINĖ ATASKAITA LIETUVOS BALTIJOS JŪROS APLINKOS STEBĖSENOS PROGRAMŲ ATNAUJINIMAS



Klaipėda, 2020

Ekspertas

dr. Darius Daunys

dr. Martynas Bučas

dr. Diana Vaičiūtė

dr. Andrius Šiaulys

dr. Aleksej Šaškov

dr. Georg Umgiesser

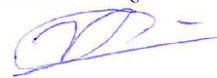
dr. Ingrida Bagdanavičiūtė

Paola Forni

dr. Evelina Griniene

dr. Toma Dabuliavičienė

Parašas



Turinys

ĮVADAS	5
1 Skirtingo apkrovos lygio eutrofikacijos zonų Kuršių marių litoralėje nustatymas panaudojant palydovinių vaizdų analizę ir jas pagrindžiant hidrodinaminio modeliavimo rezultatais.....	7
2 Makrofitų rodiklio testavimas Kuršių marių vandens kokybės vertinimui	11
2.1 Kuršių marių zonavimas pagal bio-optinius ir hidrologinius parametrus makrofitų rodiklio testavimui.....	11
2.2 Eutrofikacijos (vandens skaidrumo, chlorofilo a ir kt.) poveikio makrofitų augaviečių maksimalaus gylio pasiskirstymui vertinimas	13
2.3 Išvados ir pasiūlymai dėl tolimesnio makrofitų duomenų rinkimo ir galimo būklės vertinimo vykdant ilgalaikę stebėseną.....	16
3 Maistmedžiagių prietakos į Kuršių marias įtaka makrozoobentosos parametrų svyravimams ir litoralės makrozoobentosos panaudojimo Kuršių marių vandens kokybės vertinimui analizė	20
3.1 Palydovinių duomenų ir hidrodinaminio modeliavimo rezultatų integravimas Kuršių marių zonavimui ir makrozoobentosos analizei	20
3.2 Kuršių marių litoralės makrozoobentosos struktūra skirtingo eutrofikacijos lygio zonose	21
3.3 Ilgalaiškės (1994-2016 metai) maistmedžiagių prietakos į Kuršių marias įtaka makrozoobentosos parametrų svyravimams.....	28
3.4 Išvados ir pasiūlymai dėl tolimesnio makrozoobentosos duomenų rinkimo ir galimo būklės vertinimo vykdant ilgalaikę stebėseną.....	30
4 Reikalavimai ir metodika į NATURA 2000 tinklą įtrauktų rifų (1170) monitoringui Lietuvos priekrantėje ir išskirtinėje ekonominėje zonoje	31
4.1 Rifų apibrėžimas ir savybės.....	32
4.2 Rifų erdvinis pasiskirstymas Lietuvos priekrantėje ir išskirtinėje ekonominėje zonoje	32
4.3 Bazinis kartografavimas	34
4.4 Rifų erdvinio pasiskirstymo ir paplitimo monitoringas	35
4.5 Rifų būklės monitoringas	38
5 Žvejybinių tralavimų poveikio Lietuvos jūros akvatorijos dugno buveinėms vertinimo metodologija	41
6 Siūlymai makrozoobentosos ir buveinių monitoringo planui jūros rajone	42
7 Siūlymai zooplanktono, deguonies ir hidrologinių parametrų monitoringo programai atviroje jūros akvatorijoje	45

Sutrumpinimai

AAA – Aplinkos apsaugos agentūra

AAPC – Aplinkos apsaugos politikos centras

BVPD – Bendroji vandens politikos direktyva

CDOM – Spalvotosios ištirpusios organinės medžiagos (angl., colored dissolved organic matter)

Chl-a – Chlorofilas-a

GIS – Geografinės informacinės sistemos

GTC – Gamtos tyrimų centras

HELCOM – Helsinkio komisija

JSPD – Jūrų strategijos pagrindų direktyva

KU JTI – Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas

nMDS – Daugiamačių skalių analizė (angl., non-metric multidimensional scaling)

p – Stebėtas reikšmingumo lygmuo arba p-reikšmė

r – Pirsono koreliacijos koeficientas (angl., Pearson's product-moment correlation coefficient)

r_s – Spirmeno koreliacijos koeficientas (angl., Spearman's rank correlation coefficient)

t – Stjudento arba T kriterijaus statistikos reikšmė

TSM – Bendrosios suspenduotosios medžiagos (angl., total suspended matter)

VMS – Laivų stebėjimo sistema (angl., vessel monitoring system)

WRT – Vandens atsinaujinimo laikas (angl., water residence time)

ĮVADAS

Pagal 2008 m. birželio 17 d. Europos Parlamento ir Europos Sąjungos Tarybos patvirtintą direktyvą 2008/56/EB (toliau Jūrų strategijos pagrindų direktyva, JSPD) siekiama nustatyti Bendrijos veiksų jūrų aplinkos politikos srityje pagrindus tam, kad išlaikyti biologinę įvairovę ir užtikrinti įvairius ir dinamiškus vandenynus ir jūras, kurie būtų švarūs, palankūs sveikatai ir produktyvūs. Dėl šios priežasties, taikant ekosistemomis grįstą žmogaus veiklos valdymo metodą, siekiama geros Bendrijos jūrų aplinkos būklės. Kadangi įvairių jūrų regionų sąlygos, problemos ir poreikiai yra skirtingi, todėl kiekviena valstybė narė turi vystyti jai priklausančių jūros vandenių jūrų strategiją, kurioje atsižvelgiama ir į bendrą jūrų regiono perspektyvą.

Jūrų strategijomis turi būti vertinama jūrų ekologinė būklė, kuri nustatoma pagal nustatytus kriterijus ir metodinius standartus (Komisijos sprendimas (ES) 2010/477/EU) įvertinus valstybei priklausančios jūrinės teritorijos savybes, pavojus ir poveikius, taip pat atlikus ekonomine ir socialine jūrinės aplinkos naudojimo bei išlaidų, patiriamų dėl aplinkos būklės blogėjimo, analizę. Šių (savybių, pavojų, poveikių ir socio-ekonominio naudojimo bei išlaidų dėl būklės blogėjimo) vertinimų pagrindu nustatomi aplinkos apsaugos tikslai, kurie nusako siekiamą geros aplinkos būklę (GAB), o šių tikslų pasiekimui parengtos ir įgyvendinamos priemonių programos. Kadangi jūrų ekosistemos dinamiškos, o kylantys pavojai ir poveikiai gali skirtis atsižvelgiant į žmogaus veiksų raidą ir į klimato kaitos poveikį, numatomas ne tik nuolatinis būklės vertinimas ir tikslinamas, tačiau ir pačių jūrų strategijų atnaujinimas.

Įgyvendinant JSPD Lietuvos Respublika atliko pirminį jūros aplinkos savybių, pavojų ir poveikių vertinimą remiantis 2006-2011 m. duomenimis, nustatė aplinkos apsaugos tikslus ir priemonių programą. Šiam pirmam JSPD įgyvendinimo etapui (ciklui) Europos Komisija pateikė savo vertinimą ir gaires (Komisijos ataskaita Tarybai ir Europos Parlamentui. Europos Komisijos vertinimas ir gairės, 2014). Antrasis JSPD įgyvendinimo etapas numato atnaujintą valstybėms priklausančių jūros vandenių ekologinės būklės 2012-2017 m. laikotarpio vertinimą pagal papildytas Europos Komisijos gaires, kuriomis nustatomi geros jūrų vandenių aplinkos būklės kriterijai ir metodiniai standartai, stebėsenos ir vertinimo specifikacijos ir standartizuoti metodai (Komisijos sprendimas (ES) 2017/848).

Ši ataskaita yra JSPD antrojo įgyvendinimo etapo aplinkos būklės vertinimo trečia tarpinė ataskaita, parengta įgyvendinant projektą "Lietuvos Baltijos jūros aplinkos apsaugos valdymo stiprinimo dokumentų (būklės vertinimo) atnaujinimas" (toliau sutartis) pagal Lietuvos žuvininkystės sektoriaus 2014–2020 metų veiksų programos šeštojo sąjungos prioriteto „Integruotos jūrų politikos įgyvendinimo skatinimas“ priemonę „Žinių apie jūros būklę gerinimas“, kuris finansuojamas panaudojant Europos jūrų reikalų ir žuvininkystės fondo paramos lėšas. Sutartį vykdo Klaipėdos universiteto Jūros tyrimų institutas (KU JTI, koordinuojanti institucija), Aplinkos apsaugos politikos centras (AAPC, partneris) ir Gamtos tyrimų centras (GTC, partneris).

Ataskaitoje pateikiami 2.18 ir 4.1 uždavinio veiklų rezultatai, kurie skirti dugno buveinių arba jų elementų ekologinės būklės vertinimo metodų vystymui. 1 lentelėje pateikiama techninės specifikacijos veiklų rodyklė į ataskaitos skyrius, taip pat ir informacija apie atsakingus ekspertus.

1 lentelė. III-osios tarpinės ataskaitos veiklų sąrašas, nuorodos į ataskaitos skyrius ir atsakingi vykdytojai.

Veiklos nr.	Veiklos pavadinimas pagal techninę specifikaciją	Ataskaitos skyrius	Atsakingas vykdytojas
2.18.	Siekiant parengti makrofitų ir makrozoobentosos rodiklį Kuršių marių aplinkos būklei vertinti, nustatyti skirtingo apkrovos lygio eutrofikacijos zonas Kuršių marių litoralėje panaudojant palydovinių vaizdų analizę ir jas pagrįsti hidrodinaminio modeliavimo rezultatais.	1, 2.1 ir 3.1	dr. D. Vaičiūtė, dr. G. Umgiesser, dr. A. Šiaulys, dr. M. Bučas
2.18.1.	Remiantis 2.18 veiklos rezultatais atlikti eutrofikacijos (vandens skaidrumo, chlorofilo a) poveikio makrofitų augaviečių maksimalaus gylio pasiskirstymui vertinimą.	2.2	dr. M. Bučas
2.18.2.	Remiantis 2.18 veiklos rezultatais bei ilgalaikės (1994-2016 metai) maistmedžiagų prietakos į Kuršių marias analize vertinti eutrofikacijos poveikį makrozoobentosos parametrų svyravimams. Atsižvelgiant į gautus rezultatus pasiūlyti ir pagrįsti makrozoobentosos tyrimų vietas ir metodiką litoralės zonoje.	4	dr. A. Šiaulys
2.18.3.	Atlikti 2.18 veiklos rezultatų validaciją panaudojant litoralės makrofitų ir makrozoobentosos rodiklius ir įvertinti šių rodiklių kaitos dėsningumus priklausomai nuo eutrofikacijos gradiento. Esant poreikiui panaudoti palydovinius vaizdus siekiant įvertinti eutrofikacijos (vandens skaidrumo, chlorofilo a) poveikį makrozoobentosos pasiskirstymui.	3.2	dr. A. Šiaulys, dr. D. Daunys, P. Forni
2.18.4.	Atsižvelgiant į 2.18, 2.18.1-2.18.3 veiklų rezultatus pateikti siūlymą dėl tolimesnio makrozoobentosos ir makrofitų duomenų rinkimo vykdant ilgalaikę stebėseną.	2.2 ir 3.2	dr. A. Šiaulys, dr. D. Daunys, dr. M. Bučas
4.1. / 4.1.2.	Parengti reikalavimus ir metodikas 2018-2024 metų periodo aplinkos monitoringo programoms: Į NATURA 2000 tinklą įtrauktų rifų (1170), esančių Lietuvos priekrantėje ir išskirtinėje ekonominėje zonoje, buveinių stebėsenai.	5	dr. A. Šiaulys, dr. D. Daunys, dr. M. Bučas, dr. A. Šaškov
4.1.3.	Remiantis žvejybinių dugno tralavimų poveikio Lietuvos jūros dugno buveinėms tyrimų duomenimis ir informacija apie Baltijos regione taikytus žvejybos poveikio dugno buveinėms vertinimo metodus pasiūlyti tinkamiausią Lietuvos jūros akvatorijai žvejybinių tralavimų poveikio dugno buveinėms vertinimo metodą.	6	Dr. D. Daunys, dr. I. Bagdanavičiūtė

1 Skirtingo apkrovos lygio eutrofikacijos zonų Kuršių marių litoralėje nustatymas panaudojant palydovinių vaizdų analizę ir jas pagrindžiant hidrodinaminio modeliavimo rezultatais

Palydovinių duomenų charakteristika. Tyrimams buvo naudoti palydoviniai duomenys, kurie suteikia detalesnę informaciją tiek laike, tiek erdvėje apie vandens telkinių biologinius (pvz., chlorofilo-a koncentracija, bendrosios suspenduotosios medžiagos ir kt.) ir hidrologinius (pvz., vandens paviršiaus temperatūra ir kt.) parametrus, leidžia detaliau vertinti vandens ekosistemoje vykstančius pokyčius. Buvo naudoti (1) multisppektrinei MERIS (angl., Medium Resolution Imaging Spectrometer) sensoriaus, kuris buvo integruotas ENVISAT palydovo platformoje, vaizdai, kurių erdvinė rezoliucija yra apie 300 m (pakartotinis apsilankymo ciklas 2-3 dienos); (2) multisppektrinei OLCI (angl., Ocean and Land Colour Instrument) sensoriaus, kuris yra integruotas Sentinel-3 palydovo platformoje, vaizdai, kurių erdvinė rezoliucija yra apie 300 m (pakartotinis apsilankymo ciklas esant dviem identiškams palydovams A ir B yra 1-2 nuotraukos per dieną). Abiejų šių sensorių duomenys priklauso Europos Kosmoso Agentūrai ir yra išskirtinai skirtos vidaus ir priekrantės vandenų monitoringo tikslams.

Palydovinių duomenų analizės metodai. Duomenų masyvas, kurį sudaro 267 palydovinių vaizdų (2 lent.), buvo apdorotas siekiant kartografuoti chlorofilo a (Chl-a) koncentraciją, bendrąsias suspenduotąsias medžiagas (TSM) ir spalvotąsias ištirpusias organines medžiagas (CDOM) Kuršių mariose.

2 lentelė. Tyrimams panaudoti MERIS/Envisat, MSI/Sentinel-2 ir OLCI/Sentinel-2 palydoviniai duomenys.

metai	gegužė	birželis	liepa	rugpjūtis	rugsėjis	viso
2005	3	6	7	4	3	23
2006	3	9	12	2	7	33
2007	3	7	4	4	4	22
2008	2	6	8	2	4	22
2009	5	4	5	8	6	28
2010	4	8	8	4	3	27
2011	2	10	5	4	4	25
2015	0	1	0	4	3	8
2016	2	1	1	1	2	7
2017	10	6	4	3	3	26
2018	18	6	10	8	4	46

Buvo atliekamas archyvinių MERIS/Envisat (2005-2011) ir OLCI/Sentinel-3 (nuo 2016-ųjų) palydovinių vaizdų pirminė radiometrijos korekcija ir debesų maskavimas SNAP programa. Siekiant kartografuoti Chl-a koncentraciją buvo atlikta atmosferos korekcija panaudojant 6SV kodą (Vermote et al., 1997). Chl-a koncentracija (mg m^{-3}) buvo apskaičiuota panaudojant semi-empirinius spektrinių juostų, kurios apima raudonųjų ir artimųjų infraraudonųjų elektromagnetinių spindulių diapazonus, santykio algoritmus: 1 formulė MERIS/Envisat ir OLCI/Sentinel-3:

$$\text{Chl} - a = 52.19 \times \left(\frac{\text{NIR}}{\text{Red}} \right) - 32.07 \quad (1)$$

Kur Red – 665 nm spektrinės juostos reikšmė, NIR – 708 nm spektrinės juostos reikšmė.

Siekiant kartografuoti TSM koncentraciją (g m^{-3}) buvo panaudotas FUB procesorius (1.2.4 versija), kuris kartu atlieka atmosferos korekciją ir TSM apskaičiavimą (Schroeder ir kt., 2007 a, b). Ištirpusios organinės medžiagos kiekis (absorbcija prie 440 nm m^{-1} yra laikoma CDOM kiekio išraiška) buvo gautas tik iš MERIS/Envisat duomenų panaudojus bio-optinį Boreal procesorių (1.4.1 versija). Visi gauti duomenys (t.y. chl-a, TAM ir CDOM koncentracija) buvo validuoti su

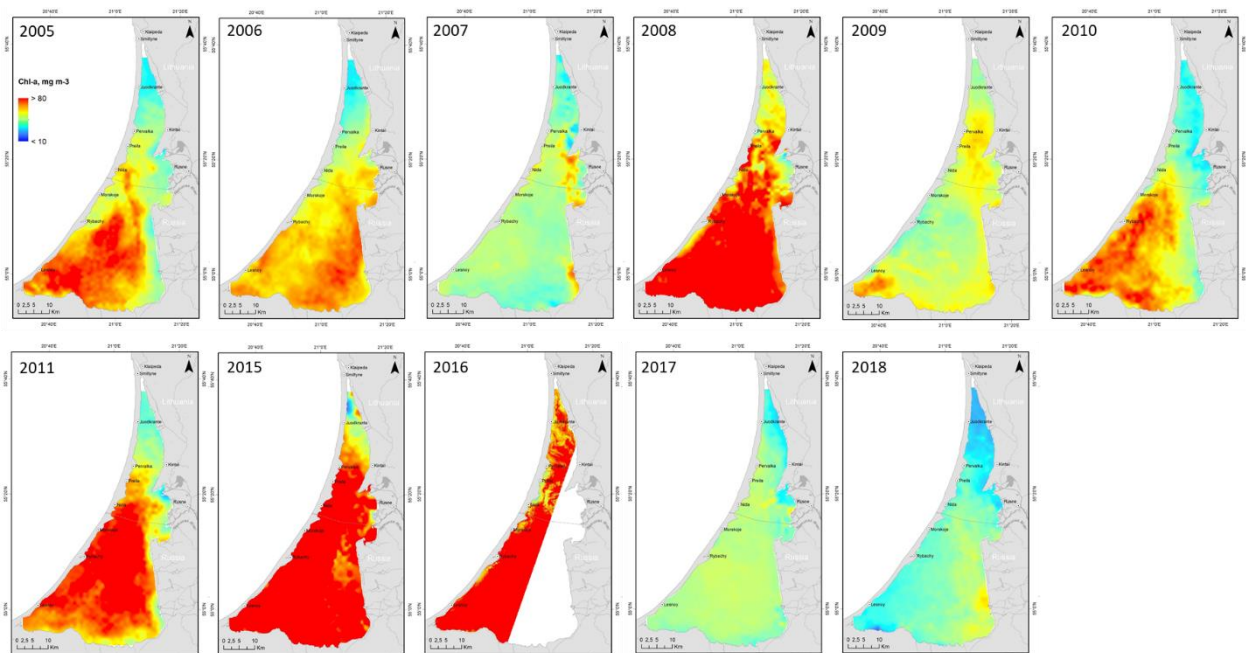
in situ surinktais duomenimis (Bresciani et al., 2014; Vaičiūtė et al., 2012; Vaičiūtė et al., 2015; INFORM, 2016). Vėliau duomenys buvo agreguojami atskirai makrofitų ir makrozoobentos rodiklių vystymui/testavimui (3 lent.).

3 lentelė. Parametrai, kurie buvo apskaičiuoti iš palydovinių duomenų ir jų agregavimas pagal poreikį vystyti makrofitų ir makrozoobentos rodiklius Kuršių marių ekologinės būklės vertinimui.

Parametras	Makrofitų rodiklis Kuršių mariose	Makrozoobentos rodiklis Kuršių mariose
Chl-a koncentracija	2005-2011, 2017-2018 m. gegužės-liepos mėn. metiniai vidurkiai.	2005-2011, 2017-2018 m. gegužės-rugsėjo mėn. metiniai vidurkiai.
TSM koncentracija	2009-2011, 2017-2018 m. gegužės-liepos mėn. metiniai vidurkiai.	
CDOM kiekis	2009-2011 m. gegužės-liepos mėn. metiniai vidurkiai.	

Palydoviniai duomenys dažnai būna paveikti kranto efekto, todėl rekomenduojama eliminuoti reikšmes per 3 pikselių atstumą nuo kranto linijos, t.y. jeigu rezoliucija 300 m, tuomet tikėtina, jog kranto efekto poveikis bus stebimas 900 m juostoje palei kranto liniją. Siekiant išvengti neteisingų reikšmių dėl kranto efekto buvo eliminuoti trys pikseliai nuo kranto linijos, vėliau buvo atlikta ekstrapoliacija, kuriai naudotas Spline (ArcGIS) Tension metodas, kiekvienam taškui duodant 0,1 svorį ir imant artimiausius 12 taškų. Ekstrapoliacijos ribos nustatytos pagal Kuršių marių poligoną.

Palydovinių duomenų analizės rezultatai. Mažiausios Chl-a koncentracijos buvo stebimos 2007, 2009, 2017 ir 2018 metais, 2008, 2011, 2015 ir 2016 metų šiltuoju metų laikotarpiu vidutinė Chl-a koncentracija buvo didesnė nei 80 mg m^{-3} (1 pav.). Mažiausiu produktyvumu išsiskyrė šiaurinė Kuršių marių dalis dėl tikėtino Baltijos jūros vandens poveikio įtekėjimų metu, o produktyviausi - pietinėje Kuršių marių dalyje nuo Lietuvos priklausančios Nidos ir apimant visą Rusijai priklausančią marių dalį.



1 paveikslas. Vidutinė gegužės-rugsėjo mėn. chlorofilo-a (Chl-a) koncentracija Kuršių mariose, 2005-2011 m. ir 2015-2018 m.

Modelio taikymas ir duomenys Reikalingiems parametrams įvertinti naudojamas SHYFEM modelis. Šis modelis iš pradžių buvo kuriamas ISMAR-CNR, Venecijoje, Italijoje, tačiau dabar taip pat aktyviai kuriamas ir prižiūrimas Klaipėdos universiteto, Jūros tyrimų institute. Šis modelis gali apibūdinti hidrodinaminius procesus Kuršių mariose ir Baltijos jūros priekrantėje bei tapiniuose vandenyse. Pagrindiniai modeliuojami parametrai yra vandens lygis, srovės, vandens temperatūra ir druskingumas. Modelis buvo kalibruotas ir validuotas atsižvelgiant į šiuos parametrus, naudojant duomenų bazę, apimančią 2004–2018 m.

Šis modelis turi galimybę integruoti kitus modeliavimo rinkinius, priklausomai, kokie hidrodinaminių procesų parametrai yra reikalingi. Modeliai, kurie buvo susieti su hidrodinaminiu modeliu, buvo sukurti arba pritaikyti SHYFEM, arba jie buvo paimti ir pritaikyti iš literatūros bei buvo susieti taip, kad visi kintamieji ir parametrai būtų gerai suderinti.

Vienas iš parametru, kurį galima lengvai apskaičiuoti, yra vandens atsinaujinimo laikas (WRT). Šis parametras parodo vidutiniškai per kiek laiko Kuršių mariose yra pakeičiamas nauju. Jį galima apskaičiuoti kaip viso baseino vidutinę vertę, tačiau taip pat galima atskirti skirtingas zonas ir sudaryti erdvinį nevienalytį žemėlapi.

Tyrimų vietai yra naudojamas skaičiavimo tinklelis, kuris susideda iš 1309 mazgų ir 2027 trikampių elementų. Klaipėdos sąsiauryje raiška yra daug tikslesnė. Vertikaliajam pasiskirstymui buvo panaudota 10 sigma sluoksnių. Dalis Baltijos jūros priešais marias taip pat įtraukta į skaitmeninį tinklelį, siekiant išvengti netikslumų skaičiavimuose dėl vandens masių cirkuliacijos per Klaipėdos sąsiaurio teritoriją.

Aplinkos veiksnių duomenys. Duomenys, naudojami modeliui paleisti, buvo vandens lygis ir temperatūra bei druskingumas Baltijos jūroje, meteorologinės jėgos, t.y. šilumos srautai, krituliai, vėjas ir slėgis, ir svarbiausių upių, tekančių į Kuršių marias, nuotėkis. Pradinės sąlygos yra vidutinės pastovios vandens lygio, temperatūros ir druskingumo bei nulinio greičio vertės visoms marioms.

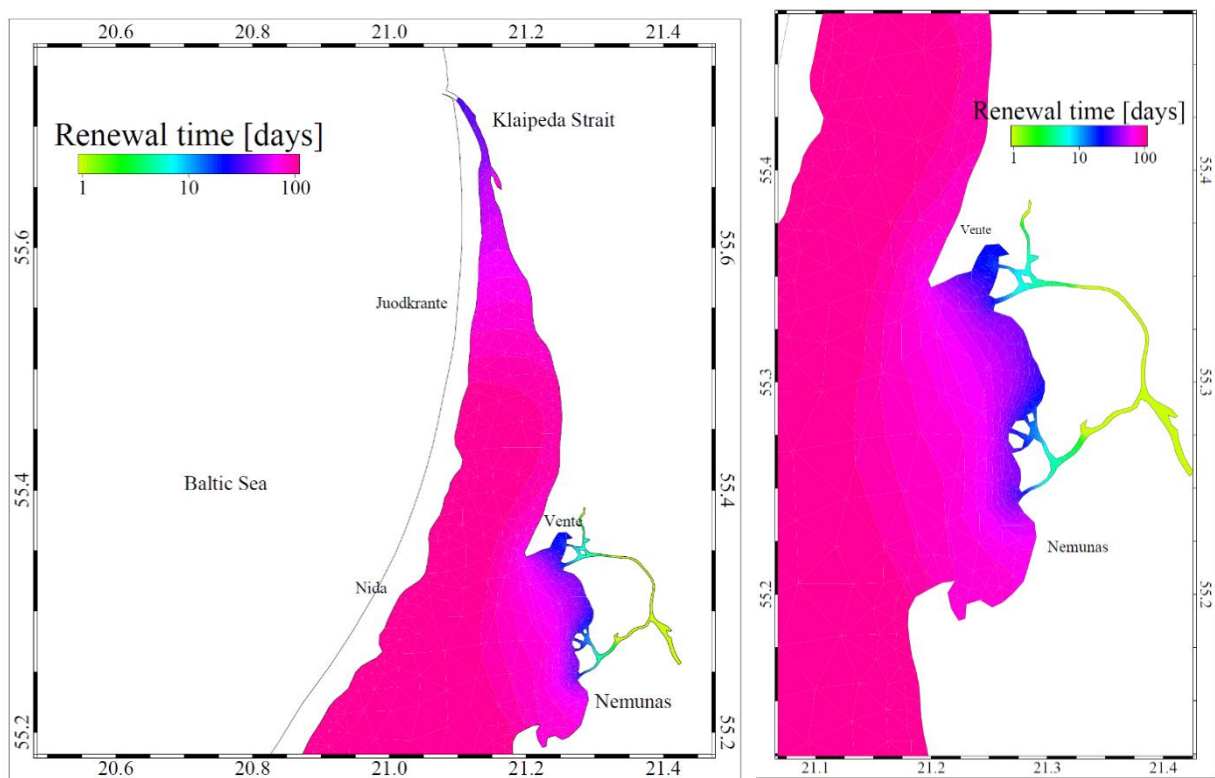
Duomenys apie druskingumą, temperatūrą ir vandens lygį atviroje jūroje 2004–2006 m. buvo gauti iš Danijos hidraulikos instituto pateikto darbinio hidrodinaminio modelio MIKE21 prognozių, 2007–2009 ir 2014 m. operacinis hidrodinaminis modelis HIROMB (Aukštosios skiriamosios gebos operatyvinis modelis Baltijos jūrai), kurį pateikė Švedijos meteorologijos ir hidrologijos institutas, o 2010–2013 m. laikotarpiui - iš Mobilaus vandenyno modelio, kurį pateikė Leibnizo Baltijos jūros tyrimų institutas, Warnemünde. Duomenis apie kasdieninį upių nuotėkį suteikė Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba prie Aplinkos ministerijos.

Meteorologiniai 2009–2010 m. duomenys buvo gauti iš operatyvaus skaitmeninio orų prognozavimo modelio HIRLAM (didelės skiriamosios gebos riboto ploto modelio) prognozių, likusiems metams buvo naudoti ECMWF (Europos vidutinio nuotolio orų centro) duomenys.

Modeliavimo rezultatai. WRT buvo apskaičiuotas 2004–2016 m. gegužės – rugsėjo mėn. skirtingoms Kuršių marių dalims (4 lent.). Apskaičiuotas WRT gali būti laikomas kaip 5 mėnesių vidurkis. Pietinėje dalyje (Rusijai priklausanti akvatorija) WRT visuomet yra aukštesnė už bendrą marių vidurkį, o šiaurėje (Lietuvai priklausanti akvatorija) WRT yra daug mažesnė už bendrą WRT. WRT kito ir tarp metų, kur bendras WRT svyruoja nuo 150 iki 200 dienų. Tiek Nemuno upės deltoje, tiek Klaipėdos sąsiauryje, WRT laikas yra trumpesnis negu kitose Kuršių marių dalyse (2 pav.).

4 lentelė. Kuršių marių vandens atsinaujinimo laikas (dienomis) 2004-2016 metais.

Metai	Visos Kuršių marios	Lietuvai priklausanti marių dalis	Rusijai priklausanti marių dalis
2004	202,68	114,37	250,03
2005	154,18	83,09	190,20
2006	199,33	95,27	263,86
2007	174,58	91,60	221,18
2008	188,01	127,72	215,40
2009	190,82	117,70	226,40
2010	145,65	75,95	182,68
2011	157,1	97,51	184,87
2012	167,47	110,55	192,94
2013	150,8	91,95	178,59
2014	190,6	111,59	232,46
2015	186,21	121,10	217,83
2016	182,19	121,66	210,13



2 paveikslas. Vidutinis tirtu laikotarpio (2004-2016 metų) vandens atsinaujinimo laikas (WRT) pasiskirstymas Lietuvai priklausančioje Kuršių marių dalyje (kairėje) ir Nemuno upės deltoje (dešinėje).

2 Makrofitų rodiklio testavimas Kuršių marių vandens kokybės vertinimui

2.1 Kuršių marių zonavimas pagal bio-optinius ir hidrologinius parametrus makrofitų rodiklio testavimui

Buvo nustatomi vandens skaidrumo gradientai Kuršių mariose vegetacijos vystymosi periodu (gegužės-liepos mėnesiai), kad įvertinti ekologinės būklės rodiklio pagal makrofitus (t.y. plūdinių maksimalus pasiskirstymo gylis) tinkamumą tarpiniuose vandenyse. Tam tikslui buvo pasirinkti *in situ* Secchi disko gylio matavimai, chlorofilo-a (Chl-a) ir bendrųjų suspenduotų medžiagų (TSM) koncentracijos, spalvotojų ištirpusių organinių medžiagų kiekis (CDOM) iš palydovinių duomenų ir vandens atsinaujinimo laikas (WRT) iš SHYFEM modelio. Secchi disko gylio matavimai 2018-2019 m. mariose buvo gauti iš atskirų (mokslinių projektinių) tyrimų ir iš valstybinio paviršinių vandenų monitoringo, atliekamo AAA. Vandens skaidrumo duomenys buvo suinterpoliuoti naudojant atvirkščiai proporcingą atstumą (angl., inverse distance weighted) su „gstat“ paketu (Pebesma, 2004) R programoje (R Core Team, 2020). Skirtingiems periodams Chl-a, TSM, CDOM vidurkių rastrai (300x300 m rezoliucija) gauti su „raster“ paketu (Robert, 2020) Rstudio programoje (RStudio Team, 2020). Iš palydovinių duomenų gauti rastrai apkirpti 600 m buferiu, kad sumažinti paveiktų dugno arba kranto efekto gardelių skaičių. Parametrų erdvinė priklausomybė buvo vertinta variogramomis skirtingomis kryptimis: 0 (pietų-šiaurės), 45 (pietvakarių-šiaurės rytų), 90 (vakarų-rytų) ir 135 (šiaurės rytų-pietryčių). Priklausomybė tarp rastrų buvo įvertinta Spirmeno koreliacija (rs).

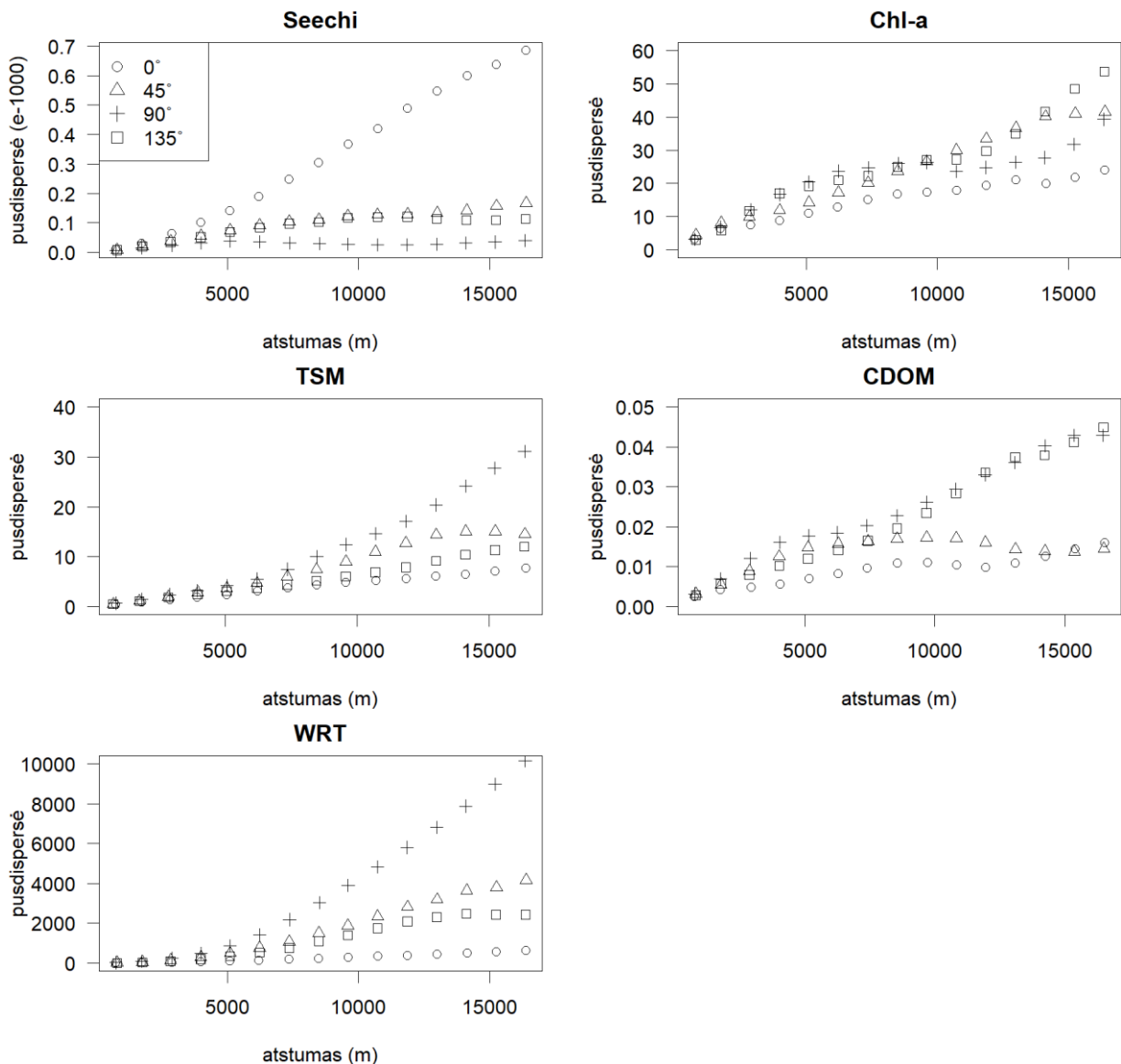
Pagal pasirinktus vandens skaidrumo parametrus nustatyta reikšmingų skaidrumo gradientų mariose (3 ir 4 pav.). Didžiausia erdvinė Secchi disko gylio priklausomybė buvo pietų-šiaurės kryptimi; santykinai mažesnė pietvakarių-šiaurės rytų ir šiaurės rytų-pietryčių kryptimis. Erdvinio gradiento beveik nebuvo vakarų-rytų kryptimi. Vidutinis didžiausias Secchi disko gylis buvo Klaipėdos sąsiauryje (maksimumas 3,1 m), kai likusioje akvatorijoje jis svyravo apie 1 m, išskyrus arti Nemuno žiočių, kur vidutinis Secchi disko gylis buvo mažiausias (minimumas 0,6 m).

Erdvinė Chl-a koncentracijos priklausomybė buvo visomis kryptimis, kur didžiausia buvo šiaurės rytų-pietryčių kryptimi, o mažiausia buvo pietų-šiaurės kryptimi. Atviroje marių dalyje vidutinė Chl-a koncentracija buvo $31,4 \pm 5,5 \text{ mg m}^{-3}$. Deltoje buvo neteisingai įvertintos Chl-a koncentracijos ($> 40 \text{ mg m}^{-3}$) dėl nendrių ir kitų makrofitų juostų. Nustatytos panirusių makrofitų maksimalaus gylio vietos buvo toliau už kranto paveiktų Chl-a rastro reikšmių, todėl tolimesnei analizei neturėjo reikšmingo poveikio.

Erdvinė TSM koncentracijos priklausomybė buvo visomis kryptimis, kur didžiausia buvo rytų-vakarų kryptimi, o mažiausia buvo pietų-šiaurės kryptimi. Didesnė vidutinė TSM koncentracija ($10,1 \pm 2,7 \text{ g m}^{-3}$) buvo pasiskirsčiusi šiaurinėje ir pietinėje marių dalyse, tuo tarpu centrinėje tyrimo rajono dalyje ji buvo santykinai mažesnė ($< 10 \text{ g m}^{-3}$) ir toliau mažėjo iki 2 g m^{-3} link deltos. Dėl kranto ir dugno efekto buvo nustatyta neteisinga TSM koncentracija ($> 12 \text{ g m}^{-3}$) palei rytinį krantą.

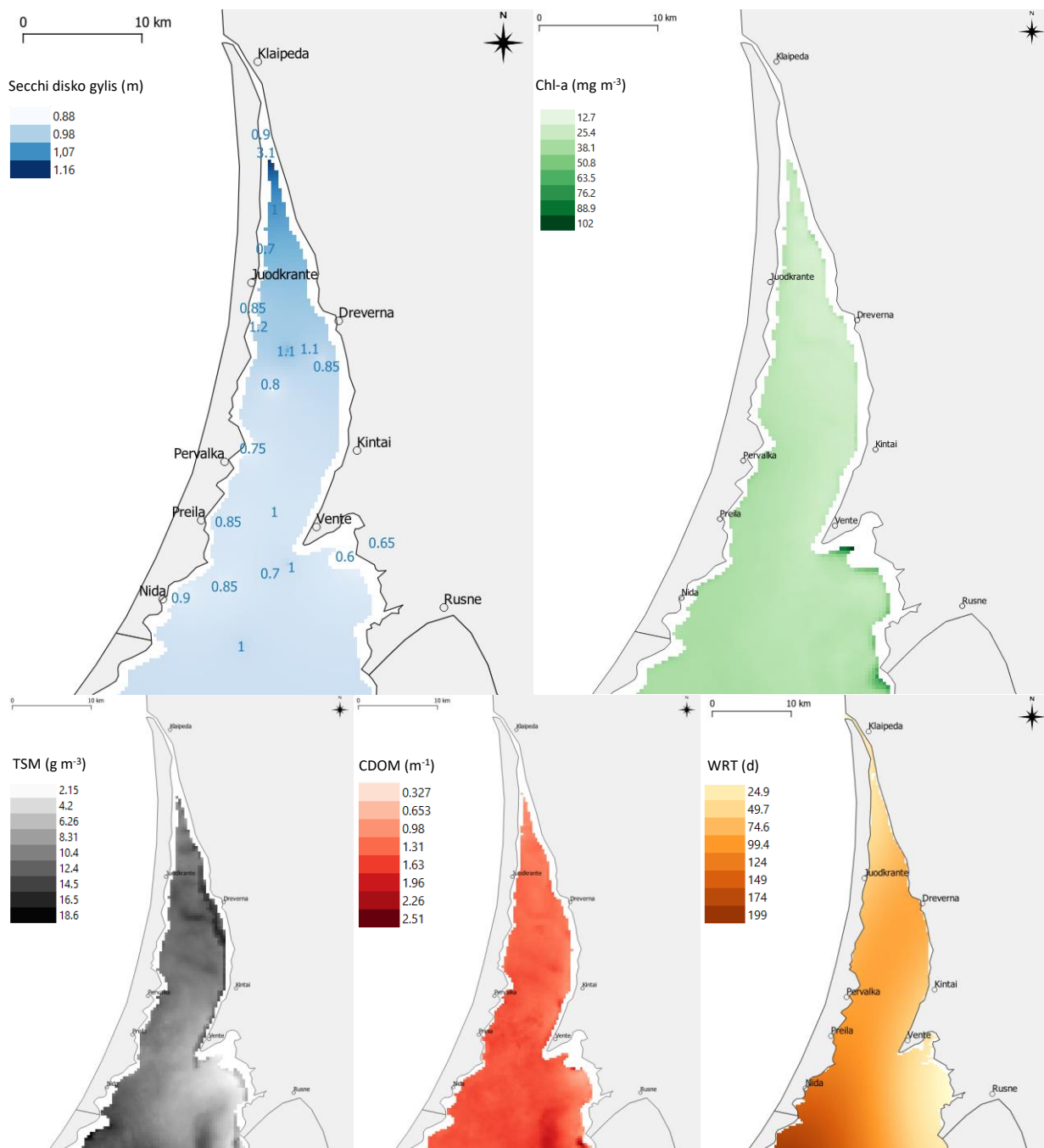
Erdvinė CDOM kiekio priklausomybė buvo visomis kryptimis, kur didžiausia buvo rytų-vakarų ir šiaurės rytų-pietryčių kryptimis, o mažiausia buvo pietų-šiaurės kryptimi. Vidutinis CDOM kiekis buvo $1,4 \pm 0,14 \text{ m}^{-1}$. Dėl kranto ir dugno efekto buvo nustatytas neteisingas CDOM kiekis ($> 1,6 \text{ m}^{-1}$) deltoje.

Erdvinė WRT priklausomybė buvo visomis kryptimis, kur didžiausia buvo rytų-vakarų kryptimi, o mažiausia buvo pietų-šiaurės kryptimi. Vidutinis WRT buvo $89 \pm 41 \text{ d.}$; šiaurinėje dalyje ir deltoje jis buvo mažesnis ($< 50 \text{ d.}$) dėl aktyvesnės hidrodinamikos aplinkos (t.y. Nemuno upės ir Baltijos jūros vandens masių poveikio zonos). Didžiausios WRT (maksimumas 199 d.) buvo pietvakarinėje marių dalyje.



3 paveikslas. Vidutinio Secchi disko gylio, chlorofilo-a (Chl-a), bendrųjų suspenduotų medžiagų (TSM) koncentracijų, spalvotojų ištirpusių organinių medžiagų kiekio (CDOM) ir vandens atsinaujinimo laiko (WRT) variogramos pagal 4 kryptis: 0 (pietų-šiaurės), 45 (pietvakarių-šiaurės rytų), 90 (vakarų-rytų) ir 135 (šiaurės rytų-pietryčių).

Tarpusavyje silpnai koreliavo WRT, CDOM kiekis, vidutinė Chl-a ir TSM koncentracija ($r_s=0,44-0,51$, $p<0,001$, $n=12089$) bei vidutinis Secchi disko gylis koreliavo su TSM koncentracija ($r_s=0,50$, $p<0,001$). Vidutinis Secchi disko gylis priešingai koreliavo su vidutine Chl-a koncentracija ($r_s=-0,37$, $p<0,001$) ir CDOM kiekiu ($r_s=-0,25$, $p<0,001$).



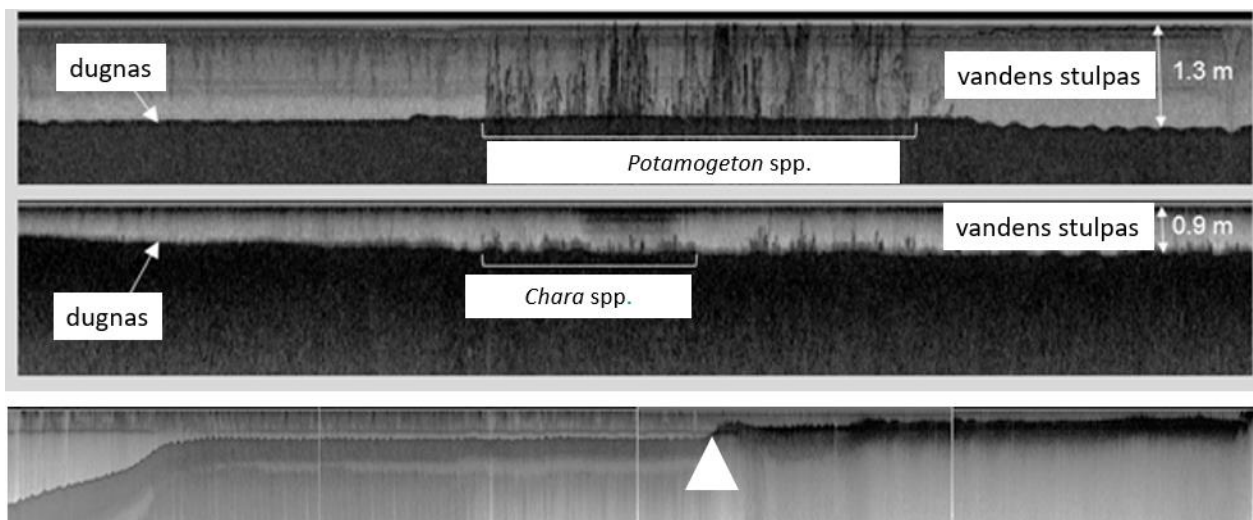
4 paveikslas. Vidutinis Secchi disko gylio, chlorofilo-a (Chl-a), bendrųjų suspenduotų medžiagų (TSM) koncentracijos, spalvotųjų ištirpusių organinių medžiagų kiekio (CDOM) ir vandens atsinaujinimo laiko (WRT) pasiskirstymas Kuršių mariose intensyvios vegetacijos periodu (gegužė-liepa). *In situ* Secchi disko gylio reikšmės pažymėtos mėlynu šriftu.

2.2 Eutrofikacijos (vandens skaidrumo, chlorofilo a ir kt.) poveikio makrofitų augaviečių maksimalaus gylio pasiskirstymui vertinimas

Ekologinės būklės įvertinimas tarpiniuose vandenyse pagal makrofitus (BVPD, 2000/60/EB) yra paremtas vienu rodikliu - plūdinių (potameidų) maksimalus pasiskirstymo gylis. Šis rodiklis pasirinktas tuo, kad augalijos juostos plotis priklausomai nuo vandens telkinio trofiškumo lygio rodo vandens skaidrumą litoralės zonoje, t.y. dugno gylį, kur dar yra fotosintetinėškai prieinamos šviesos. Labai eutrofikuojuose vandens telkiniuose augalijos juosta yra išsivysčiusi tik

sekliose (< 2 m) litoralės vietose (pvz., Kuršių marios, Oderio lagūna), tuo tarpu skaidriuose telkiniuose augalijos maksimalus pasiskirstymo gylis dažniausiai siekia keletą m (pvz. Platelių ir Dusios ežerai).

Makrofitų gylio pasiskirstymas Kuršių mariose buvo kartografuotas 2018 ir 2019 m. (nuo liepos vidurio iki rugsėjo pradžios) naudojant akustinį metodą pagal Bučas et al. (2016). Lėtai plaukiant (apie 4 km h⁻¹) kateriu su vienspinduliniu sonaru (Hummbird 898c SI Combo) buvo skanuojamas dugnas bei grėbliu kartais buvo tikrinamas dugnas, kad įvertinti objektus echogramoje. Skanavimas atliktas 34 atkarpose (transektose), kurios buvo dažniausiai išdėstytos statmenai krantui (5 pav.). Gauti akustiniai duomenys vėliau apdoroti su „HumViewer 86“ programa, kur naudojant 200 kHz ir 455 kHz kanalus „Low grayscale“ spalvų režime (taip pat adaptuojant kontrastą ir apšvietimą, kad išryškėtų skirtumai tarp dugno ir vandens stulpo) buvo peržiūrimos echogramos. Jose buvo nustatomos dugno vietos su augalija ir ieškoma maksimali makrofitų pasiskirstymo gylio riba (5 pav.). Echogramose augalai neviršijantys 30 cm aukščio nuo dugno dažniausiai galima vertinti kaip maurabraginius dumblius (*Chara* spp.; dažniausiai *Chara contraria*), o aukštesnius makrofitus - plūdėmis (*Potamogeton* spp.; dažniausiai *Potamogeton perfoliatus*). Atsižvelgiant į makrofitų aukštį echogramose buvo vertinamas *Potamogeton* spp. ir *Chara* spp. maksimalus augaviečių pasiskirstymo gylis.

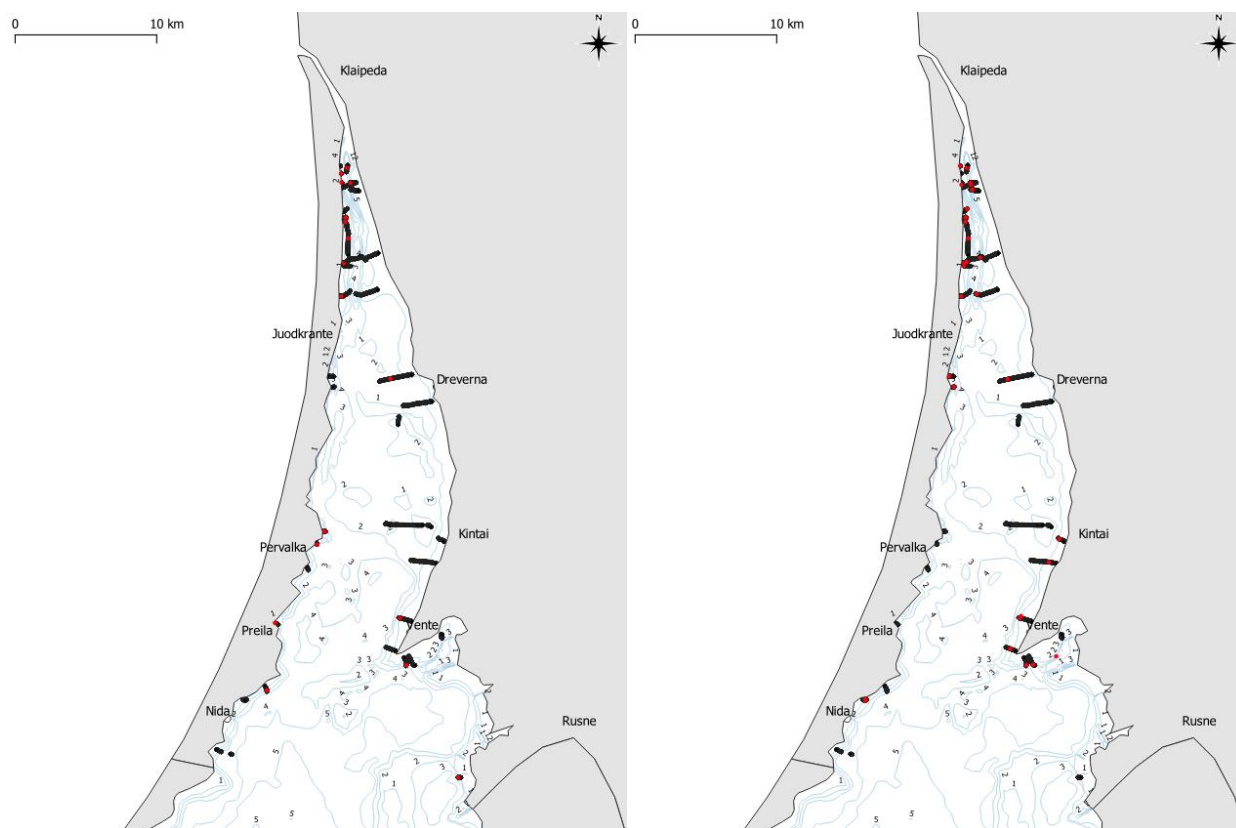


5 paveikslas. Akustiniai požymiai matomi echogramose (200 kHz kanalu) iš Kuršių marių. Viršutinėje echogramoje akustiniai požymiai, esantys tarp dugno ir vandens paviršiaus (arba yra 30 cm aukščiau nuo dugno), yra dažniausiai plūdės (*Potamogeton* spp.). Vidurinėje echogramoje akustiniai požymiai, esantys <30 cm nuo dugno, yra dažniausiai maurabraginiai dumbliai (*Chara* spp.). Apatinėje echogramoje aiškiai matyti maksimali augavietės gylio riba.

Nustačius 38 *Potamogeton* spp. ir *Chara* spp. augaviečių maksimalaus pasiskirstymo gylio koordinatas buvo atidėtos GIS (6 pav.) naudojant QGIS programą (QGIS.org, 2020). Tam, kad įvertinti priklausomybę tarp šių dviejų rodiklių ir vandens skaidrumo parametru buvo ištrauktos vidutinės pastarųjų reikšmės iš poligonų, t.y. 300 m spindulio apskritimų, kad patektų kelios gardelės iš palydovinių duomenų (mažiausia jų erdvinė rezoliucija - 300 m). Poligonai atidėti apie 300 m atstumu nuo taškų, kuriuose įvertintas augaviečių maksimalus pasiskirstymo gylis, link marių pusės, kad išvengti klaidingai (dėl kranto ir dugno efekto) apskaičiuotų parametru reikšmių iš palydovinių duomenų.

Priklausomybė tarp dviejų rodiklių (*Potamogeton* spp. ir *Chara* spp. augaviečių maksimalaus pasiskirstymo gylio) ir vandens skaidrumo parametru (vidutinio Secchi disko gylio, chlorofilo-a, bendrųjų suspenduotų medžiagų koncentracijų, spalvotojų ištirpusių organinių medžiagų kiekio ir

vandens atsinaujinimo laiko) buvo įvertinta Spirmeno koreliacija (r_s) ir atvaizduota taškų sklaidos diagramomis.

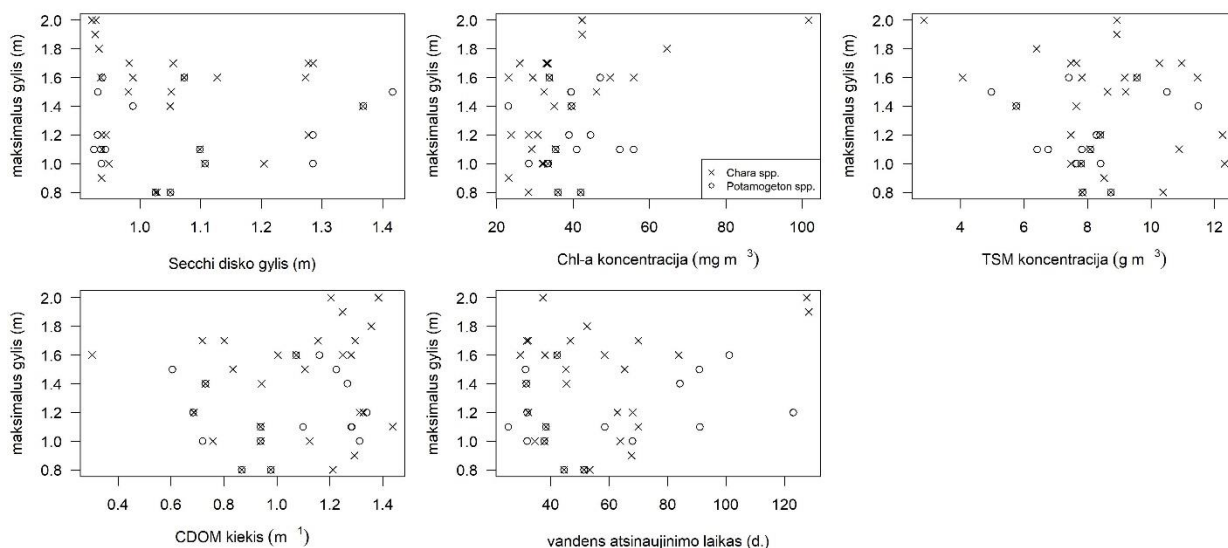


6 paveikslas. Akustinių tyrimų transektos (juodi taškai), *Potamogeton* spp. (kairėje) ir *Chara* spp. (dešinėje) augaviečių maksimalaus pasiskirstymo gylis (raudoni taškai). Izobatos – mėlynos linijos (skaičius šalia - jų gylis metrais).

Potamogeton spp. ir *Chara* spp. augaviečių maksimalaus pasiskirstymo gylis statistiškai reikšmingai nekoreliavo su vandens skaidrumo parametrais, išskyrus *Chara* spp. augaviečių maksimalaus pasiskirstymo gylį su Chl-a koncentracija (5 lent. ir 7 pav.). Pastarąjį ryšį sudėtinga interpretuoti, kadangi didėjant Chl-a koncentracijai turėtų mažėti vandens skaidrumas ir augaviečių maksimalaus pasiskirstymo gylis. Vienintelis tikėtinas neigiamas ryšys buvo nustatytas tarp *Chara* spp. augaviečių maksimalaus pasiskirstymo gylio ir TSM koncentracijos, tačiau jis labai silpnas ir nepatikimas.

5 lentelė. Priklausomybė tarp *Potamogeton* spp. ir *Chara* spp. augaviečių maksimalaus pasiskirstymo gylio vandens skaidrumo parametru: vidutinio Secchi disko gylio, chlorofilo-a (Chl-a), bendrųjų suspenduotų medžiagų (TSM) koncentracijų, spalvotojų ištirpusių organinių medžiagų kiekio (CDOM) ir vandens atsinaujinimo laiko (WRT).

Parametras	Augaviečių maksimalaus pasiskirstymo gylis	
	<i>Potamogeton</i> spp.	<i>Chara</i> spp.
Secchi disko gylis	$r_s=0.01, p=0.97$	$r_s=-0.19, p=0.31$
Chl-a koncentracija	$r_s=0.14, p=0.58$	$r_s=0.38, p=0.04$
TSM koncentracija	$r_s=0.01, p=0.97$	$r_s=-0.15, p=0.43$
CDOM kiekis	$r_s=0.04, p=0.86$	$r_s=0.18, p=0.35$
WRT	$r_s=0.12, p=0.63$	$r_s=0.04, p=0.84$



7 paveikslas. Priklausomybės tarp *Potamogeton* spp. (o) ir *Chara* spp. (x) augaviečių maksimalaus pasiskirstymo gylio vandens skaidrumo parametru: vidutinio Secchi disko gylio, chlorofilo-a (Chl-a), bendrųjų suspenduotų medžiagų (TSM) koncentracijų, spalvotojų ištirpusių organinių medžiagų kiekio (CDOM) ir vandens atsinaujinimo laiko.

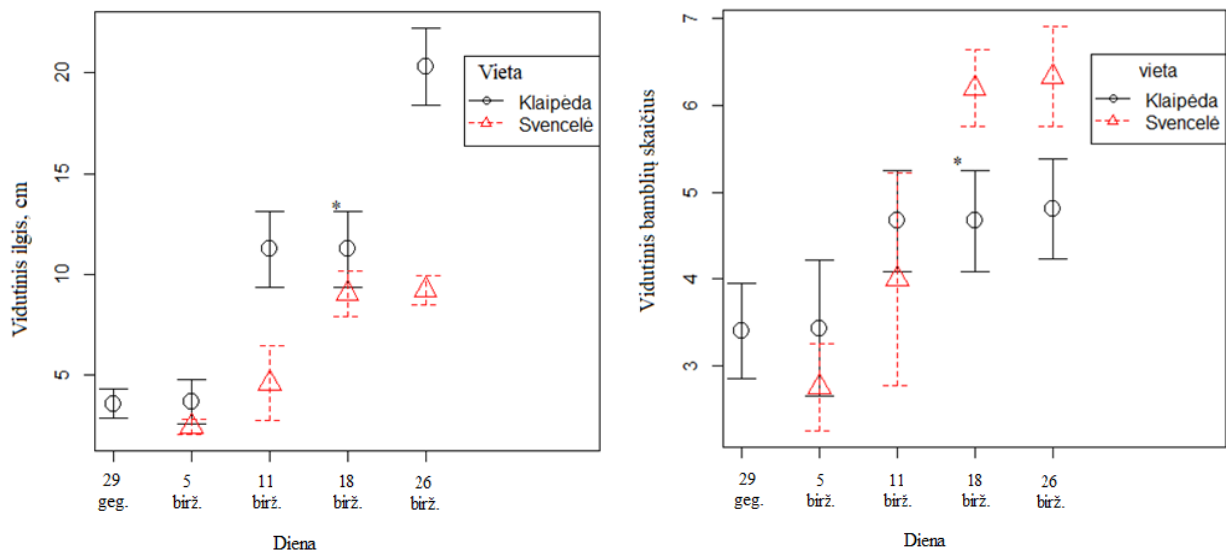
2.3 Išvados ir pasiūlymai dėl tolimesnio makrofitų duomenų rinkimo ir galimo būklės vertinimo vykdant ilgalaikę stebėseną

Apibendrinant analizės rezultatus, galima teigti, jog pasiūlytas tarpinių vandenų būklės rodiklis ir ekologinės kokybės santykio vertės pagal plūdinių maksimalų pasiskirstymo gylį (Žin., Nr. 47-1814; 2010, Nr. 29-1363) nėra jautrus vandens skaidrumo parametrams. Taip pat nepasiteisino ir maurabraginių (*Chara* spp.) dumблиų maksimalaus pasiskirstymo gylio. Priežasčių, kodėl šie rodikliai nejautrūs vandens skaidrumo parametrams gali būti kelios, viena iš jų – makrofitai yra „plastiški“, t.y. gali morfologiškai (keičiant augimo formą) ir fiziologiškai (reguliuojant pigmentų koncentracijas) prisitaikyti prie skirtingo apšviestumo sąlygų. Kita galima priežastis – aplinkos veiksnių kaip hidrodinamikos (bangų ir srovių) poveikis, kuris neleidžia makrofitų augavietėms išplisti gilesnėse zonose (>2 m) ypač atvirose marių dalyse.

Atsižvelgiant į gautus rezultatus ir galimas priežastis galima bandyti vystyti kitus vandens kokybės rodiklius pagal makrofitus, pavyzdžiui, Vokietijos vidiniams Baltijos jūros priekrantės vandenims (bodenuose) taikomą makrodumблиų ir magnolijūnų bendrijų rodiklį (Steinhardt et al., 2009). Atliekant lauko tyrimus Kuršių mariose pastebėta, kad sekliose dumblėtose vietose (Klaipėdos-Kairių atkarpoje ir palei vakarinį krantą) aptinkami siauralapių plūdžių sąžalynai ir epifitiniai vienmečiai siūliniai dumbliai. Tuo tarpu, smėlėtose atvirose vietose (Kairių-Kintų atkarpoje) dominuoja maurabraginių dumблиų augavietės. Tikėtina, kad maurabraginių dumблиų ir vienmečių siūlinių dumблиų arba siauralapių plūdžių gausumo (ar biomasės) santykis gali indikuoti eutrofikacijos poveikį ekosistemos būklei.

Kitas galimas rodiklis arba rodiklio elementas gali būti maurabraginių dumблиų gniužulų ir aukštesniųjų makrofitų stiebų, šakų ir lapų morfometriniai parametrai ir/arba jų santykiai. Preliminariais tyrimais (2019 m.) buvo nustatyti mažojo maurabragio (*Chara contraria*) gniužulų morfometriniai skirtumai tarp dviejų vietų Kuršių mariose. Vidutinis gniužulų ilgis buvo didesnis Klaipėdoje negu Svencelėje, bet vidutinis bamblių skaičius buvo didesnis Svencelėje (8 pav.). Šiuos skirtumus tikėtina, kad galėjo įtakoti didesnis eutrofikacijos lygis litoralėje ties Klaipėda, kur didesnis organikos kiekis nuosėdose mažina vandens skaidrumą pučiant stipriems vakariniams vėjams ir skatina siūlinių dumблиų ir siauralapių plūdžių vystymąsi. Tarp jų augantiems

maurabraginiams dumbliams sumažėja šviesos kiekis, todėl pastarieji turi investuoti į gniūžulų ilgį kompensuoti šviesos trukumą. Tuo tarpu Svencelėje, kur dugno nuosėdose vyrauja aleuritas, o maurabraginiai dumbliai formuoja ištisines augavietes tarp aukštesnių makrofitų augaviečių, dumbliai gali investuoti į reprodukcinį organų vystymą (bamblių skaičių). Panašus dėsniumai buvo nustatyti eksperimentiškai su kitomis maurabraginių dumblių rūšimis (Schneider et al., 2006).

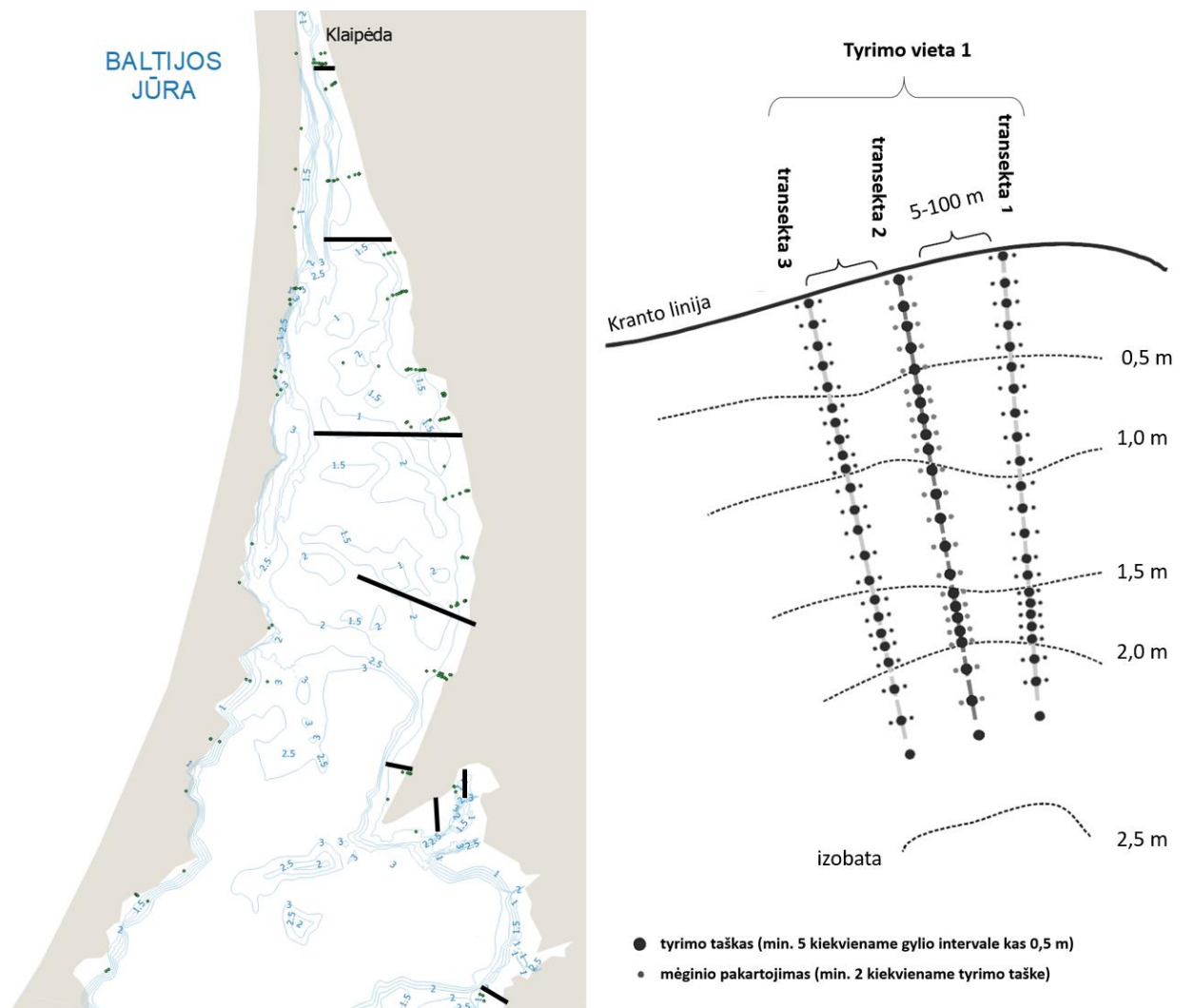


8 paveikslas. Mažojio maurabragio (*Chara contraria*) vidutinių ilgių ir bamblių skaičiaus palyginimas intensyvios vegetacijos periodu tarp Klaipėdos ir Svencelės 2019 m. (* - matavimai atlikti tiesiogiai *in situ*).

Galimų makrofitų rodiklių vystymui reikalingi makrofitų kartografavimo tyrimai Kuršių mariose nuo birželio iki liepos 15 d. įvertinti lizdiškojo dumblabragio (*Tolypela nidifica*) augavietes ir nuo liepos 15 d. iki rugpjūčio 15 d. - kitų makrofitų augavietes (Steinhardt et al., 2009). Tyrimo vietos turėtų būti išdėstytos išilgai rytinio kranto (nuo Klaipėdos iki Rusnės, įtraukiant Kniaupo įlanką), kadangi vakarinis krantas yra labiau paveiktas ūkinės veiklos (t.y. iškastas farvateris yra dažnai gilinamas). Parenkant tyrimo vietas, reikėtų atsižvelgti į upelių ir kanalų žiotis, nendrynų juostos dydį ir išsidėstymą, santykinio atvirumo bangoms indeksą (Malhotra and Fonseca, 2007). Šie aplinkos veiksniai tarp tyrimų vietų turėtų kuo mažiau skirtis. Tyrimų vietų išdėstymas gali maždaug atitikti 2014-2015 m. kartografavimo vietas (9 pav.), kuomet buvo detalios tiriamos makrofitų augaviečių pasiskirstymas projekto rėmuose (MAURAKUMA – „Maurabragūnų pasiskirstymas Kuršių mariose ir aplinkos veiksnių poveikio analizė“, nr.: MIP-040/2014). Svarbiausios yra keturios pirmosios galimos tyrimų vietos, išdėstytos nuo Klaipėdos, kadangi šiame rajone makrofitų augavietės apima plačiausią litoralės juostą. Tyrimo vieta ties Kintais-Šturmais siūloma dėl joje aptinkamų maurabraginių dumblių, kurių piečiau nebeaptinkama, išskyrus Kniaupo įlanką ir gretimus rajonus, kur taip pat siūlomos dvi tyrimų vietos. Pati piečiausia tyrimo vieta siūloma Rusnėje, kuri reprezentuoja arčiau Rusijos esančios deltos dalies aplinkos kokybę.

Makrofitų bendrųjų kartografavimas tyrimo vietose turi būti atliekamas pagal suderintą metodiką (Kolada et al., 2009; Steinhardt et al., 2009), kuri gali būti adaptuojama Kuršių mariose, nes makrofitų juosta tęsiasi iki 2 m gylio, todėl dugno kartografavimas ir mėginių ėmimas turėtų būti atliekamas bent kas 0,5 m gylio intervale (9 pav.). Jeigu leidžia vandens skaidrumas, kiekviename gylio intervale dugno santykinis padengimas makrofitais (bei atskirų taksonų) turi būti vertinamas mažiausiai 5 kvadratuose (1 m² ploto), kur vienas jų išdėstomas transektos viduryje, du kairėje ir

du dešinėje transektos pusėse (apie 5-10 m atstumu tarp kvadratų). Matant, kad kvadratuose yra kelios siauralapių plūdžių ir maurabraginių dumblių rūšys, kurias sunku identifikuoti lauko sąlygomis, imami kiekybiniai (su mažesniu rėmeliu arba cilindru) arba kokybiniai jų mėginiai, kurie vėliau apdorojami laboratorijoje. Taikant tą pačią kvadratų išdėstymo schemą makrofitų kartografavimą galima atlikti povandenine kamera, tik reikėtų atsižvelgti koks jos matymo laukas, kuris priklauso nuo įvairių sąlygų (vandens skaidrumo, debesuotumo, gylio, makrofitų tankumo ir kt.). Jeigu vandens skaidrumas yra mažas (< 0.5 m Secchi disko gylio), makrofitų kartografavimas atliekamas su dvipusiu grėbliu draguojant dugną 5 taškuose tame pačiame gylio intervale, kur kiekviename taške grėblys metamas bent 2 kartus (pvz. per dešini ir kairį laivo bortą). Dragavimo laikas (atstumas) taške turi būti įvertintas pagal grėblio plotį ir laivo greitį, kad bendras draguoto dugno plotas taške būtų nemažesnis nei 1 m² ir stengtis užtikrinti, kad dragavimas būtų atliekamas sistemingai visuose taškuose. Ant grėblio pagautų makrofitų rūšių gausumas įvertinamas pusiau kiekybiškai (procentais arba balais), taip pat paimami pusiau kokybiniai jų mėginiai.



9 paveikslas. Kairėje - siūlomos makrofitų augaviečių monitoringo vietos (juodos linijos) Kuršių mariose, kurios apytiksliai atitinka 2014-2015 m. makrofitų kartografavimo vietas (žali taškai). Dešinėje - makrofitų kartografavimo schema modifikuota pagal Kolada et al. (2009). Pasirinktoje monitoringo vietoje (pvz., tyrimo vieta 1) yra aprašomas dugnas 3 pjūviuose (transektose) statmenai kranto (detalesnis aprašymas tekste).

Ištisiniam makrofitų augaviečių dėmėtumui įvertinti reikėtų atlikti dugno skanavimą su vienspinduliniu sonaru kiekvienoje transekte (t.y. trys transektų pakartojimai vienoje tyrimo vietoje). Gautose echogramose pagal išbandytą metodiką (Bučas et al., 2016) galima įvertinti potameidų ir maurabraginių dumblių augavietes. Jeigu leidžia vandens skaidrumas viršutinės litoralės makrofitų augavietes taip pat reikėtų kartografuoti skraidant lėktuvu, dronu arba iš palydovinių vaizdų (pvz. Sentinel-2).

Tyrimo vietose turėtų būti stebimi aplinkos parametrai: vandens temperatūra, druskingumas, drumstumas, fotosintetintiškai prieinamos šviesos kiekis priedugnyje, makrofitams svarbiausių maistmedžiagių koncentracija vandenyje ir nuosėdose. Matavimai turėtų būti atlikti intensyvios vegetacijos periodu (nuo gegužės vidurio iki liepos vidurio) bent kartą savaitėje 4 gylių zonose: 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 m.

Iš surinktų kiekybinių makrofitų mėginių turi būti įvertinti šie parametrai: rūšių skaičius, rūšių sausas svoris, mažojo maurabragio (*C. contraria*) ir/arba trapiojo maurabragio (*C. aspera*), kelių gniužulų ilgis, šakotumas, tarpubamblių skaičius ir tarpubamblių su reprodukciniiais organais (oogonijos, anterydžiai, oosporos) skaičius. Kiekvienos makrofitų rūšies keli egzemplioriai turi būti nufotografuoti ir rekomenduotina padaryti jų herbariumą, kuris turėtų būti saugomas iki 6 m.

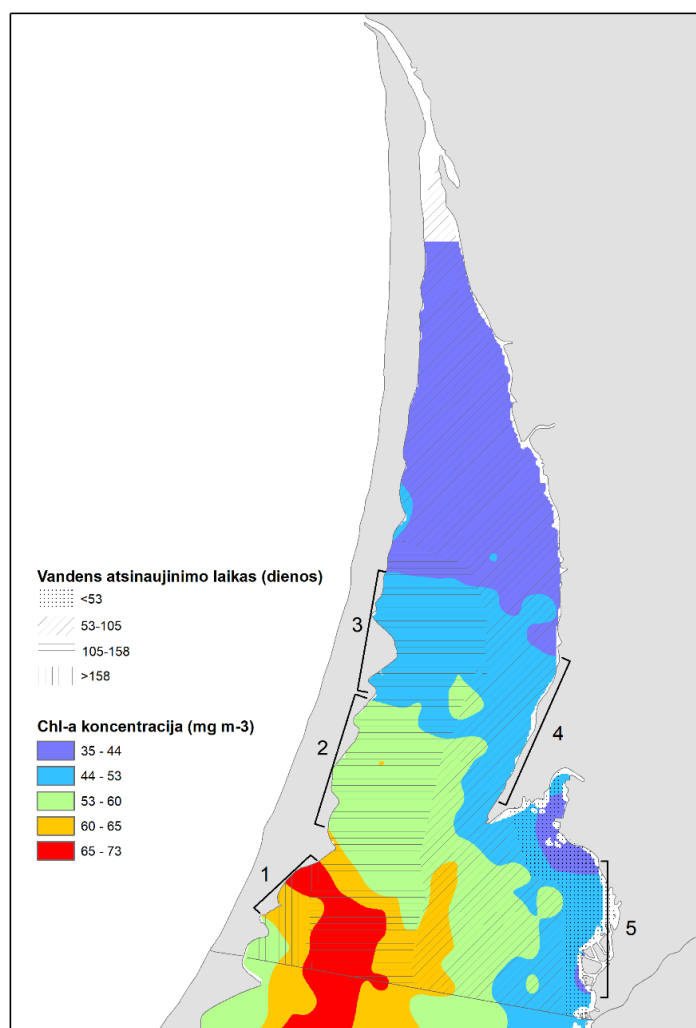
Nors vandens kokybės vertinimas pagal makrofitus BVPD yra numatyti du kartai per 6 m., tačiau Lietuvoje makrofitų monitoringas yra pradėtas santykinai vėlai (t.y. laiko eilutė yra maža lyginant su kitomis Baltijos jūros šalimis), yra nesistemiškai atliekamas (pvz., praleisti 2019 m.) bei tyrimo vietos nepagrįstos išsamiais geobotaniniais tyrimais. Dėl šių priežasčių makrofitų stebėseną turėtų būti atliekama kasmet, kol susidarys pakankama laiko eilutė (nemažiau 5 m.; geriau – virš 10 m.; geriausiai – 30 m.), kad būtų galima statistiškai įvertinti ar optimalus monitoringų vietų skaičius ir išdėstymas, makrofitų rodiklių jautrumą prie įvairių aplinkos sąlygų skirtingais metais bei daugiamečius makrofitų augaviečių pasiskirstymo dėsninumus. Pagal vokiečių siūlomą makrofitų vertinimo metodiką taip pat rekomenduotini kasmetiniai tyrimai (Steinhardt et al., 2009).

3 Maistmedžiagių prietakos į Kuršių marias įtaka makrozoobentosos parametrų svyravimams ir litoralės makrozoobentosos panaudojimo Kuršių marių vandens kokybės vertinimui analizė

3.1 Palydovinių duomenų ir hidrodinaminio modeliavimo rezultatų integravimas Kuršių marių zonavimui ir makrozoobentosos analizei

Centrinės Kuršių marių dalies zonavimas rėmėsi Chl-a koncentracijų ir vandens atsinaujinimo laiko sluoksniu perdengimu. Visų Kuršių marių vidutiniai gegužės-rugsėjo mėn. Chl-a koncentracijų duomenys už 2005-2018 m. buvo suklasifikuoti į 5 kategorijas (natūralių lūžių metodas) ir perdengti su vidutiniu vandens atsinaujinimo už 2004-2016 m. sluoksniu, taip pat suskirstytu į penkias kategorijas. Remiantis GIS sluoksnių perdengimu, centrinių Kuršių marių litoralė buvo suskirstyta į 5 zonas (10 pav.):

- 1) lėto vandens atsinaujinimo su didelėmis Chl-a koncentracijomis zona. Šioje tarp Nidos ir Bulvikio ragų esančioje litoralės zonoje stebima didžiausia Chl-a koncentracija, daugiametis vidurkis daugiau nei 60 mg m^{-3} , didžiausios koncentracijos buvo stebimos 2015 m. ($130\text{-}170 \text{ mg m}^{-3}$). Vandens atsinaujinimas yra lėčiausias visoje Lietuvos Kuršių marių dalyje ir vidutiniškai trunka daugiau nei 150 dienų.
- 2) vidutinio vandens atsinaujinimo su vidutinėmis Chl-a koncentracijomis zona. Šioje tarp Bulvikio rago ir Pervalkos esančioje litoralės zonoje stebima vidutinės Chl-a koncentracijos, vidutiniškai kintančios nuo 53 iki 60 mg m^{-3} , didžiausios koncentracijos stebėtos 2008 ir 2015 m. ($83\text{-}108 \text{ mg m}^{-3}$), tuo tarpu 2010 ir 2018 stebėtos mažiausios koncentracijos ($33\text{-}48 \text{ mg m}^{-3}$). Vandens atsinaujinimas vidutiniškai trunka 105-158 dienas.
- 3) vidutinio vandens atsinaujinimo su mažomis Chl-a koncentracijomis zona. Šioje tarp Pervalkos ir Negyvųjų kopų esančioje litoralės zonoje stebimos mažos Chl-a koncentracijos, vidutiniškai kintančios nuo 44 iki 53 mg m^{-3} , didžiausios koncentracijos stebėtos 2015-2016 m. ($60\text{-}87 \text{ mg m}^{-3}$), o 2006 ir 2010 stebėtos mažiausios koncentracijos ($31\text{-}48 \text{ mg m}^{-3}$). Vandens atsinaujinimas vidutiniškai trunka 105-158 dienas.
- 4) greito vandens atsinaujinimo su mažomis Chl-a koncentracijomis zona. Šioje tarp Ventės rago ir Kintų esančioje litoralės zonoje stebimos mažos Chl-a koncentracijos, vidutiniškai kintančios nuo 44 iki 53 mg m^{-3} , didžiausios koncentracijos stebėtos 2008 ir 2015 m. ($60\text{-}118 \text{ mg m}^{-3}$), o 2010 ir 2018 stebėtos itin mažos koncentracijos ($24\text{-}36 \text{ mg m}^{-3}$). Vandens atsinaujinimas vidutiniškai trunka 53-105 dienas.
- 5) itin greito vandens atsinaujinimo su mažomis Chl-a koncentracijomis zona. Šioje Nemuno deltos litoralės zonoje stebimos mažos Chl-a koncentracijos, vidutiniškai kintančios nuo 35 iki 53 mg m^{-3} , didžiausios koncentracijos stebėtos 2015 m. ($30\text{-}72 \text{ mg m}^{-3}$), o 2005 ir 2010 stebėtos itin mažos koncentracijos ($30\text{-}43 \text{ mg m}^{-3}$). Vandens atsinaujinimas yra greičiausias, vidutiniškai trunka mažiau 53 dienų.

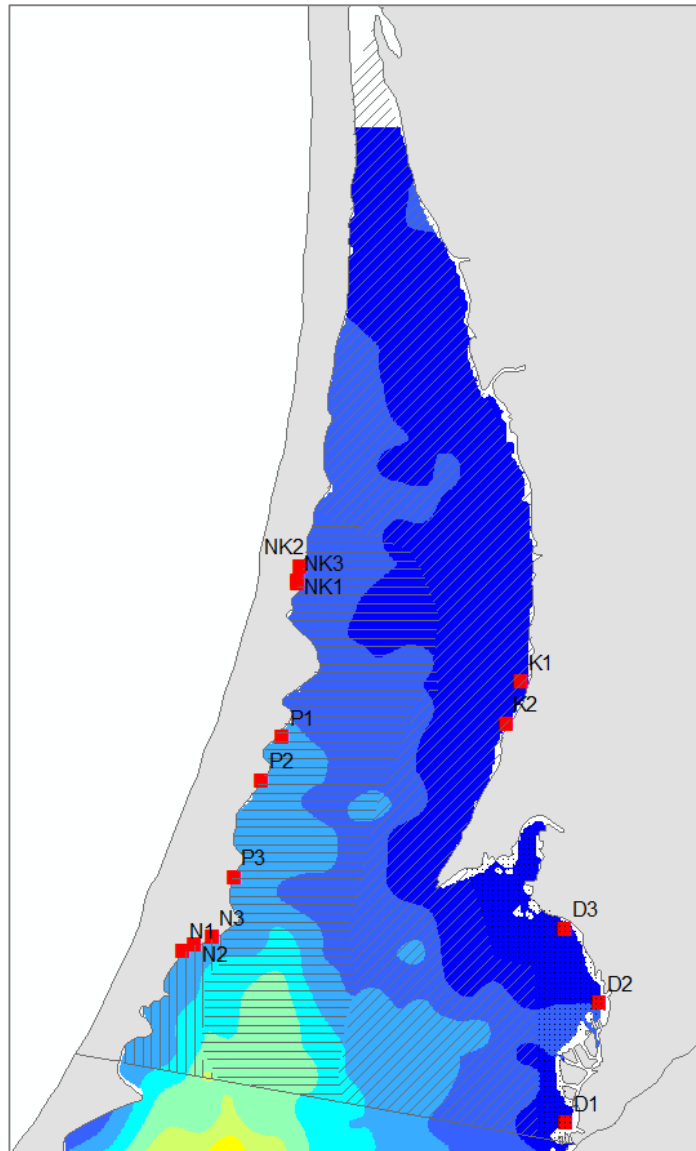


10 paveikslas. Kuršių marių centrinės dalies litoralės zonos pagal Chl-a koncentracijas ir vandens atsinaujinimo laiką.

3.2 Kuršių marių litoralės makrozoobentosos struktūra skirtingo eutrofikacijos lygio zonose

Kuršių marių makrozoobentosos struktūra buvo tirta remiantis 3.1 skyriuje išskirtomis Kuršių marių centrinės dalies litoralės zonomis pagal Chl-a koncentracijas ir vandens atsinaujinimo laiką, kurie laikyti svarbiausiais rodikliais, galinčiais sąlygoti eutrofikacijos poveikio dugno bendrijoms intensyvumą (organinės medžiagos srauto į dugną kiekį ir trukmę).

Tyrimo metodai. Remiantis 3.1 skyriuje išskirtomis Kuršių marių centrinės dalies litoralės zonomis pagal Chl-a koncentracijas ir vandens atsinaujinimo laiką, buvo sudarytas litoralės makrozoobentosos tyrimų stočių tinklas (11 pav., 6 lent.), kur 2019 m. rudenį buvo renkami makrozoobentosos mėginiai.



11 paveikslas. Centrinų Kuršių marių litoralės makrozoobentosos tyrimų stočių tinklas pagal Chl-a koncentracijas ir vandens atsinaujinimo laiką nustatytoje eutrofikacijos intensyvumo zonoje (paiškinimą žiūr. 3.1 skyriuje ir 10 paveiksle).

Viso tyrimai atlikti 14 litoralės stočių, padengiant 4 skirtingo eutrofikacijos intensyvumo zonas. Kiekvienoje tyrimų stotyje mėginiai imti 40, 60 ir 80 m atstumu nuo kranto (0,5-1 m gylyje) dviem metodais: pneumatiniu gruntotraukiu (grunto kolonėle) ir D formos tinkleliu. Pneumatiniu gruntotraukiu (skersmuo – 10 cm) yra paaimamos 15-30 cm aukščio dugno nuosėdų kolonėlė, mėginio plotas – 0,00785 m². Šio metodo privalumas – tikslus ir pastovus mėginio plotas (kas svarbu lyginant skirtingas stotis) ir į mėginį patenkantys giliai besirausiantys infauniniai makrozoobentosos organizmai. Metodo trūkumas – mažas mėginio plotas, reikalaujantis kelių pakartojimų.

D formos tinkleliu (rėmo plotis – 30 cm) mėginiai imti prispaudžiant tinklelį prie dugno ir traukiant jį dugnu atsitiktinai pasirinktoje vietoje vidutiniame atstume nuo kranto linijos (apie 60 m.) maždaug penkis metrus. Tokiu būdu paaimamas mėginys iš maždaug 1,5 m² ploto 1-3 cm paviršinėse dugno nuosėdose ir virš jų. Metodo privalumai – santykinai didelis mėginio plotas, paaimami ir sėslūs, ir mobilūs organizmai. Metodo trūkumai – mažiau tikslus mėginio paaimimo

plotas ir nepakankamai tiksliai įvertintos giliau besirausiančios faunos kiekybinės charakteristikos.

6 lentelė. Centrinųjų Kuršių marių litoralės makrozoobentosos tyrimų stočių geografinės koordinatės (WGS 84), pavadinimai ir trumpiniai.

Ilguma, °	Platuma, °	Stotis	Trumpinys
21,2718	55,2538	Delta1	D1
21,2933	55,2980	Delta2	D2
21,2710	55,3254	Delta3	D3
21,2437	55,4165	Kintai1	K1
21,2337	55,4010	Kintai2	K2
21,0989	55,4537	Negyvos kopos 1	NK1
21,1003	55,4593	Negyvos kopos 2	NK2
21,0998	55,4527	Negyvos kopos 3	NK3
21,0239	55,3177	Nida1	N1
21,0318	55,3196	Nida2	N2
21,0432	55,3226	Nida3	N3
21,0889	55,3962	Preila1	P1
21,0756	55,3803	Preila2	P2
21,0573	55,3447	Preila3	P3

Visi surinkti mėginiai praplauti per 0,5 mm sietą ir fiksuoti 4 % formaldehido tirpalu. Iš viso keturiolikoje stočių surinkti 34 pneumatinio gruntotraukio mėginiai ir 38 tinklelio mėginiai.

Skirtingų mėginių ėmimo metodų palyginimas. Dviem metodais iš viso tyrimų stotyse buvo aptikta 41 rūšis ar aukštesnio rango taksonas: tinklelių mėginiuose – 40, pneumatinio gruntotraukio – 28. Šis skirtumas statistiškai reikšmingas (porinių imčių t testas, $t=-6,97$, $p<0,001$), tačiau tai didžiaja dalimi nulemia itin retai ir negausiai sutinkamos rūšys: dešimt jų sutinkamos mažiau nei 3 mėginiuose, likusios dvi – šešiuose mėginiuose, o jų gausumas nesiekia 10 ind. m^{-2} .

Skirtingais metodais rinktų mėginių gausumas ir biomasė skiriasi itin ženkliai (7 lent.). Pavyzdžiui, tinkleliu rinktuose mėginiuose gausiausiai Kuršių mariose paplitusio taksono *Oligochaeta* yra šimtus kartų mažiau nei mėginiuose, rinktuose pneumatiniu gruntotraukiu (atitinkamai 54 ± 110 ir 6669 ± 6313 ind. m^{-2} , $0,04\pm 0,08$ ir $38,6\pm 32,6$ g m^{-2}). Analogiška situacija yra ir su kitais giliai besirausiančiais organizmais – chironomidais. Šiame kontekste artimesnis tradiciniams Van-Veen tipo gruntotraukio mėginiams yra pneumatinis gruntotraukis: pavyzdžiui, 12 monitoringo stoties *Oligochaeta* gausumas ir biomasė 1994-2016 m. vidutiniškai siekė 3241 ± 2372 ind. m^{-2} ir $4,7\pm 5,7$ g m^{-2} . Kita vertus, rūšinė įvairovė yra geriau nustatoma iš mėginių, rinktų tinkleliu: pvz., mizidžių *Paramysis lacustris* sutinkamumo dažnis tinklelio mėginiuose yra 97 %, tuo tarpu pneumatinio gruntotraukio mėginiuose – tik 15 %. Panaši tendencija yra ir su šoniplaukomis *Obesogammarus crassus*, *Pontogammarus robustoides*, *Chelicorophium curvispinum* bei moliuskais *Dreissena polymorpha*, *Pisidium casertanum*, *P. supinum*, *Potamopyrgus antipodarum*.

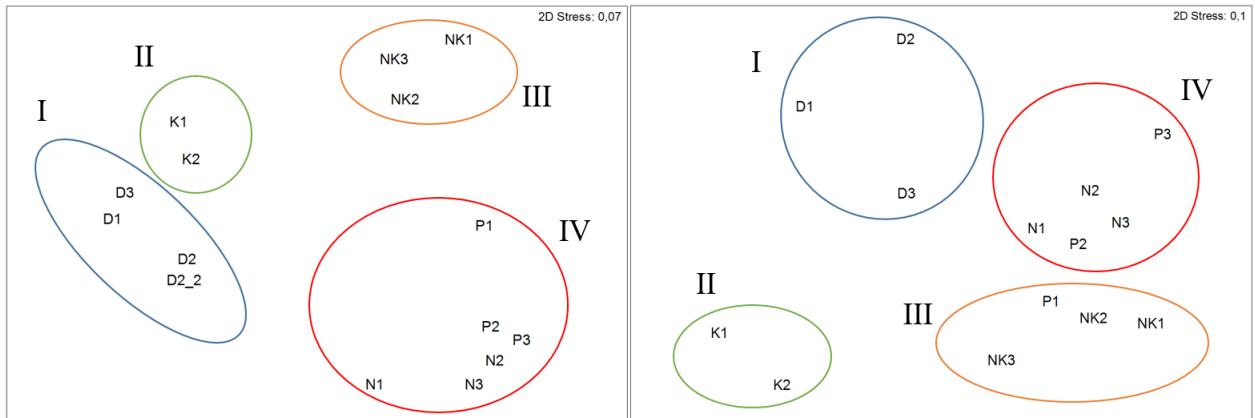
Reikia paminėti, jog retų pavieniui sutinkamų rūšių kiekybinės charakteristikos pneumatinio gruntotraukio mėginiuose gali būti stipriai pervertintos, kadangi verčiant mėginio plotą ($0,00785 m^2$) į kvadratinis metrus gausumo ir biomasės reikšmės yra dauginamos iš 127, taigi

net mėginiuose, kur rastas vienintelis individas, gausumas kvadratiname metre bus 127 (pavyzdžiui, *Ch. curvispinum*, 7 lent.). Kita vertus, pneumatiniu gruntotraukiu mėginį surenkant tik iš 0,00785 m², retų ir negausių taksonų aptikimo tikimybė gana maža, todėl sutinkamumas gali būti ženkliai mažesnis nei tikroji vertė buveinėje.

7 lentelė. Dažniausiai sutinkamų taksonų sutinkamumo dažnis, gausumas ir biomasė mėginius renkant tinkleliu ir pneumatiniu vamzdžiu.

Taksonas	Tinklelis			Pneumatinis gruntotraukis		
	Sutinkamumas, %	Gausumas, ind. m ⁻²	Biomasė, g m ⁻²	Sutinkamumas, %	Gausumas, ind. m ⁻²	Biomasė, g m ⁻²
<i>Oligochaeta</i> undet.	100	54±110	0,04±0,08	100	6669±6313	38,6±32,6
<i>Paramysis lacustris</i>	97	209±174	1,61±1,61	15	178±114	0,9±0,7
Chironomidae undet.	89	53±69	0,04±0,05	100	5916±5715	21,9±21,4
<i>Obesogammarus crassus</i>	58	33±28	0,12±0,11	24	414±456	1,7±2,4
<i>Pontogammarus robustoides</i>	53	12±11	0,13±0,15	26	425±292	10,2±7,4
<i>Dreissena polymorpha</i>	50	151±268	3,23±4,48	24	7643±8606	86,6±105,6
<i>Pisidium casertanum</i>	42	113±263	0,41±0,94	18	361±284	5,1±11,2
<i>Pisidium supinum</i>	37	6±6	0,02±0,03	18	276±247	1,5±1,7
<i>Chelicorophium curvispinum</i>	34	5±6	0,01±0,01	3	127	0,4
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	34	5±5	0,01±0,02	9	340±265	1,5±1,0

Makrozoobento struktūra. Taikant nemetrinių daugiamačių skalių analizę (nMDS) transformuotiems (4 laipsnio šaknis) gausumo duomenims, tyrimų stotis galima sugrupuoti į keturias grupes, kurios gana gerai atitinka centrinės marių dalies zonavimą pagal Chl-a koncentracijas ir vandens atsinaujinimo greitį (12 pav.). Pirmoji grupė atitinka penktą, itin greito vandens atsinaujinimo su mažomis Chl-a koncentracijomis Kuršių marių litoralės zoną (11 pav., 3.1 skyrius), antroji grupė – ketvirtą, greito vandens atsinaujinimo su mažomis Chl-a koncentracijomis zoną, trečioji grupė – trečią, vidutinio vandens atsinaujinimo su mažomis Chl-a koncentracijomis zoną, ketvirtoji grupė – pirmą ir antrą, lėto-vidutinio vandens atsinaujinimo su vidutinėmis-didelėmis Chl-a koncentracijomis, zonas.



12 paveikslas. Tinkleliu (kairėje) ir pneumatiniu gruntotraukiu (dešinėje) rinktų mėginių daugiamačių skalių analizė (nMDS) gausumo duomenims su 4 laipsnio šaknies transformacija.

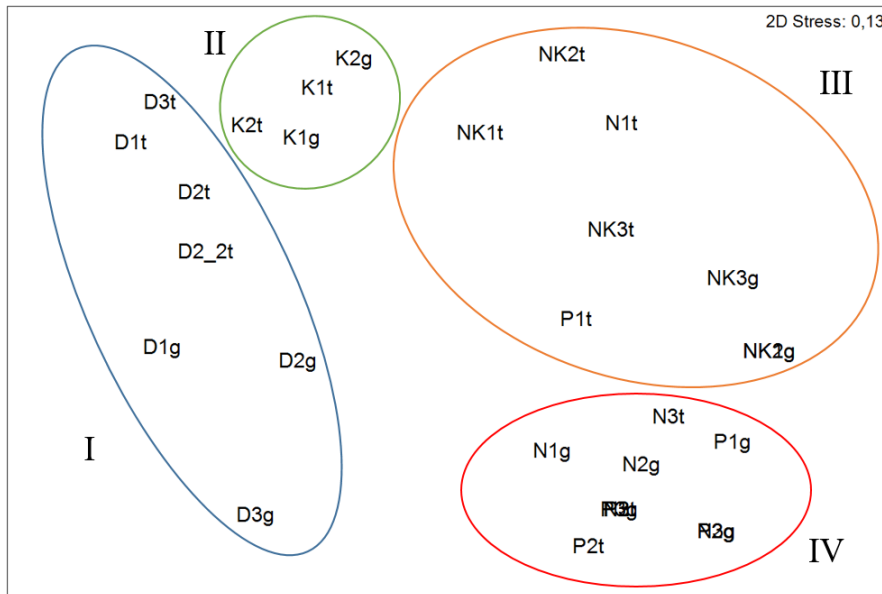
Pirmąją grupę (12 pav.) sudaro visos Nemuno deltos stotys, pasižyminčios didžiausia rūšine įvairove. Iš viso aptinkama 35 bestuburių rūšys ar aukštesnio rango taksonai (34 tinklelio, 17 gruntotraukio mėginiuose). Be Kuršių marioms būdingų mažašerių kirmėlių ir uodo trūklio lervų, čia sutinkama gausi moliuskų bendrija, kurią sudaro Sphaeriidae ir Unionidae šeimų atstovai. Išskirtinai tinklelio mėginiuose čia sutinkami ir pilvakojai *Bithynia tentaculata*, *Radix balthica*, *Potamopyrgus antipodarum* ir *Lithoglyphus naticoides*, šoniplaukos *Chelicorophium curvispinum*, *Pontogammarus robustoides*, *Obesogammarus crassus* ir *Echinogammarus warpachoskyi*, mizidės *Paramysis lacustris* ir *Limnomysis benedeni*.

Antrąją grupę sudaro dvi Kintų stotys. Rūšinė įvairovė mažesnė nei deltoje: iš viso aptiktos 25 bestuburių rūšys (25 tinklelio, 19 gruntotraukio mėginiuose). Bendrijoje iš esmės dominuoja tos pačios rūšys kaip ir deltoje (išskyrus Unionidae), tačiau čia papildomai dar sutinkami pilvakojai *Valvata piscinalis*, kiautavėžiai bei jūrinio vandens poveikį indikuojantys ūsakojai *Amphibalanus improvisus*. Kintuose, lyginant su Nemuno delta rajonu, itin didelis *D. polymorpha* gausumas (atitinkamai 407 ± 37 ir 24 ± 27 ind. m^{-2} , tinklelio duomenys).

Trečią grupę sudaro tyrimų stotys ties mirusiomis kopomis. Čia iš viso aptikta 20 bestuburių rūšių (20 tinklelio, 6 gruntotraukio mėginiuose). Bendrijoje dominuoja mažašerės kirmėlės ir uodo trūklio lervos, visuose mėginiuose taip pat rastos vandens blakės, pavienės šoniplaukos.

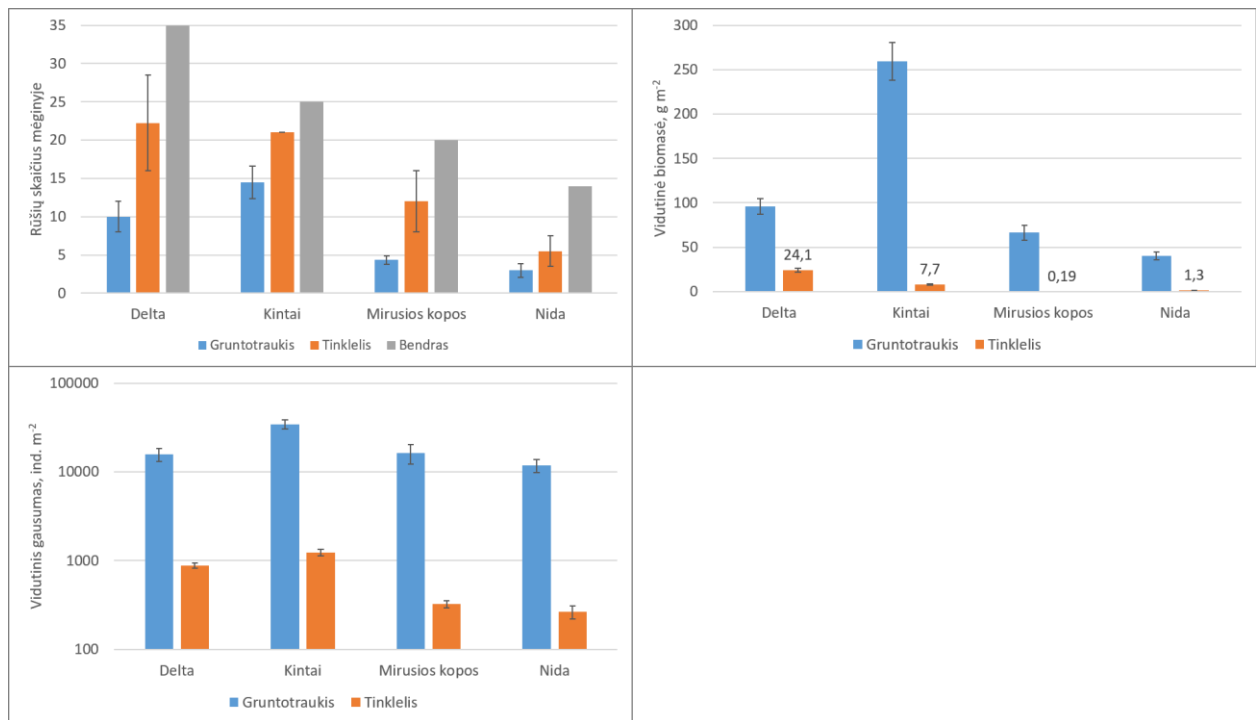
Ketvirtą grupę sudaro tyrimų vietos tarp Nidos ir Pervalkos, čia bestuburių įvairovė mažiausia – iš viso aptikta 14 rūšių (14 tinklelio, 6 gruntotraukio mėginiuose). Bendrijoje dominuoja mažašerės kirmėlės ir uodo trūklio lervos, dažnos ir gausios mizidės *P. lacustris* ir irklakojai vėžiagyviai.

Atlikus bendrą nMDS analizę gruntotraukiu ir tinkleliu surinktiems taksonominės struktūros duomenims (taksonų buvimas/nebuvimas mėginiuose), stebimas grupavimasis pagal ekologines zonas, o ne pagal metodą (13 pav.). Tai rodo, kad integruoti gruntotraukiu ir tinkleliu surinkti duomenys atspindi eutrofikacijos poveikį.



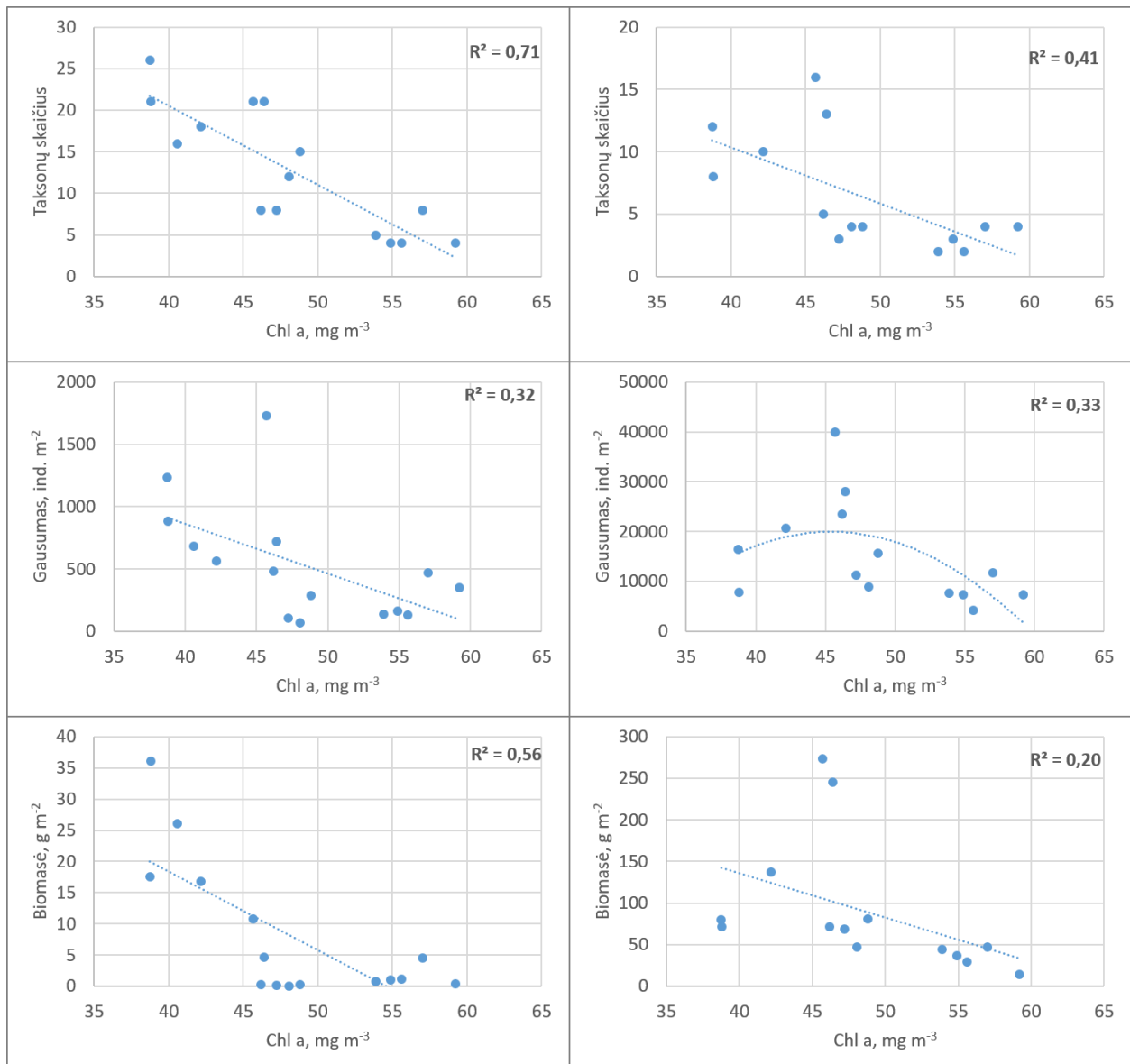
13 paveikslas. Tinkleliu (t) ir pneumatiniu gruntotraukiu (g) rinktų mėginių daugiamačių skalių analizė (nMDS) rūšių buvimo/nebuvimo duomenims.

Pagrindinės 4 grupių charakteristikos pateiktos 14 paveiksle.



14 paveikslas. Nemuno deltos, Kintų, Mirusių kopų ir Nidos-Pervalkos zonų makrozoobentosos vidutinės charakteristikos.

Parinktose litoralės tyrimų sotyse dugno makrofauna parodė atsaką į eutrofikacijos poveikį. Kaip eutrofikacijos gradientas buvo naudoti Kuršių marių vidutiniai gegužės-rugsėjo mėn. Chl-a koncentracijų duomenys už 2005-2018 m. Ryšiai tarp Chl-a koncentracijų ir pagrindinių bentos charakteristikų pateikta 15 paveiksle.

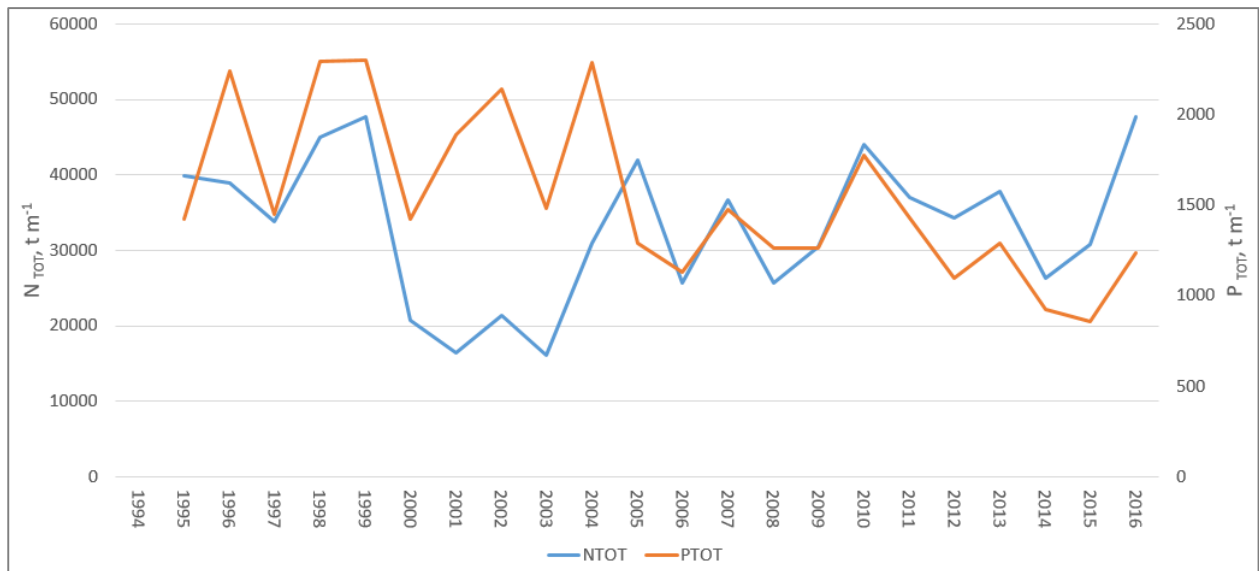


15 paveikslas. Koreliacijos tarp pagrindinių bentoso charakteristikų ir chlorofilo a koncentracijos (kairėje – tinkleliu surinktų mėginių duomenys, dešinėje – pneumatiniu gruntotraukiu surinkti duomenys).

Stiprus neigiamas ryšys nustatytas tarp Chl-a koncentracijos ir taksonų skaičiaus bei biomasės tinklelių mėginiuose (atitinkamai $r = -0,84$, $r = -0,75$, $p < 0,01$), vidutinio stiprumo neigiamas ryšys nustatytas tarp Chl-a koncentracijos ir gausumo tinklelių mėginiuose ($r = -0,56$, $p < 0,05$) bei taksonų skaičiaus gruntotraukio mėginiuose (atitinkamai $r = -0,64$, $p < 0,05$). Ryšiai tarp Chl-a ir gausumo bei biomasės gruntotraukio mėginiuose statistškai nepatikimi ($p > 0,1$) dėl itin didelio dreisenų gausumo ir biomasės Kintų stotyse. Iš analizės pašalinus duomenis apie dreisenas, gaunamas vidutinio stiprumo neigiamas ryšys tiek gausumui, tiek biomasei (atitinkamai $r = -0,51$, $p = 0,064$; $r = -0,62$, $p < 0,05$), nors Chl-a ir gausumo ryšys yra ribinio patikimumo.

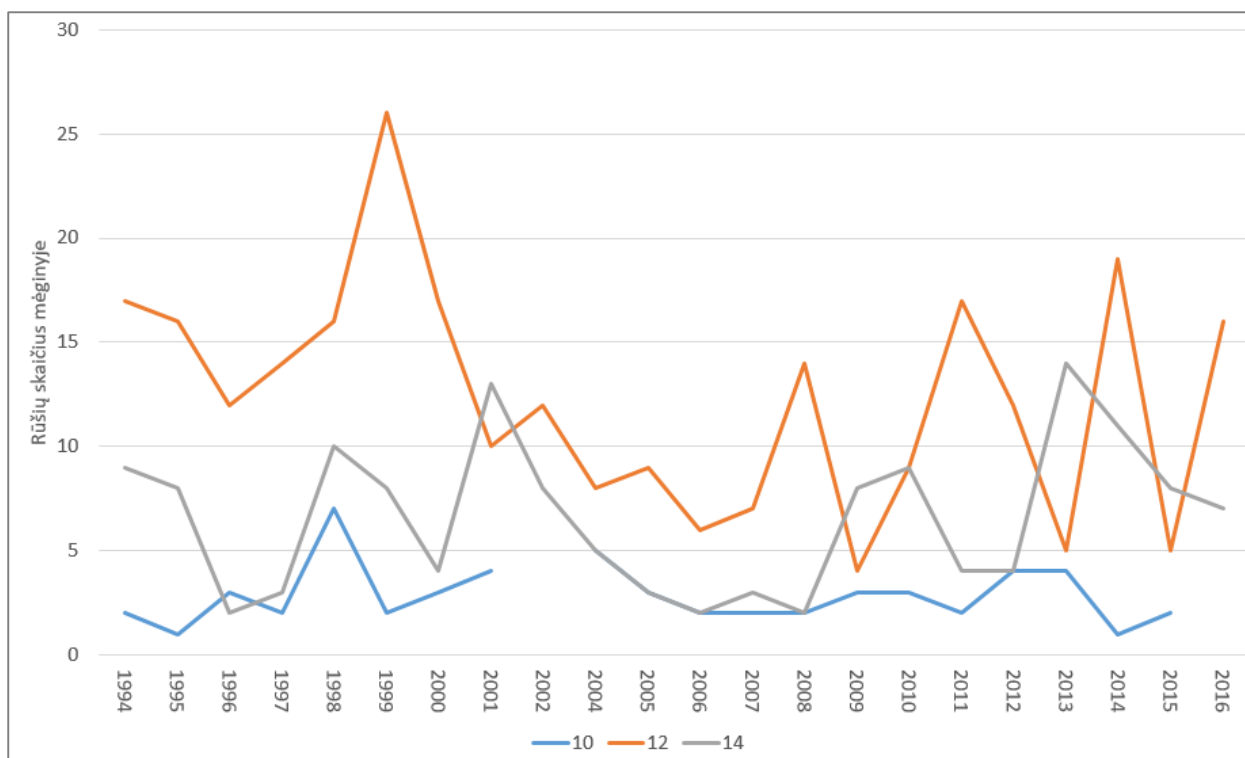
3.3 Ilgalaikės (1994-2016 metai) maistmedžiagių prietakos į Kuršių marias įtaka makrozoobentos parametru svyravimams

Remiantis HELCOM PLC-WATER duomenimis, bendro azoto prietaka Nemunu į Kuršių marias 1995-2016 m. periodu kito nuo 16,1 iki 47,8 tūkst. tonų per metus, vidutiniškai – 33,2±9,6 tūkst. tonų per metus; bendro fosforo prietaka atitinkamai kito nuo 0,9 iki 2,3 tūkst. tonų per metus, vidutiniškai – 1,5±0,5 tūkst. tonų per metus (16 pav.).



16 paveikslas. Metinė bendro azoto ir bendro fosforo prietaka į Kuršių marias Nemunu (pagal HELCOM PLC-WATER duomenis).

Pagal Kuršių marių nacionalinio makrozoobentos monitoringo duomenis, rūšių ar aukštesnio rango taksonų skaičius mėginyje 1994-2016 m. laikotarpyje 10, 12 ir 14 monitoringo stotyse (centrinės Kuršių marios) kito nuo 1 iki 26 (17 pav.). Didžiausia įvairovė pasižymėjo 12 stotis, kuriose stebėta vidutiniškai 12±5 rūšys ar aukštesnio rango taksonai, 1999 m. registruota didžiausia įvairovė – 26. Kitose stotyse stebėta mažesnė įvairovė: 10 stotyje 3±1, 14 stotyje 7±4 rūšys ar aukštesnio rango taksonai. Reikia pastebėti, kad rūšių skaičiaus variacija laike yra gana didelė, pavyzdžiui 12 stotyje 2012-2013 m. įvairovė kito nuo 5 iki 12, 2014 m. didėjo iki 19, 2015 m. jau siekė tik 5, o 2016 m. vėl kilo iki 16. Šie pokyčiai daugiausia susiję su dreisenų kolonijų ir su jomis asocijuotų rūšių pateikimu į monitoringo imtis, todėl mažai atspindi aplinkos būklės kaitos tendencijas. Kitose monitoringo stotyse, kur dreisenos nesutinkamos (10 stotis) arba jų sutinkamumas mažesnis (14 stotis), taksonominės įvairovės pokyčiai ženkliai mažesni.



17 paveikslas. Rūšių ar aukštesnio rango taksonų skaičiaus mėginyje dinamika 1994-2016 m. periodu 10, 12 ir 14 Kuršių marių monitoringo stotyse.

Kadangi monitoringas neapima kitų svarbių makrozoobentosui dugno rodiklių stebėsenos (pvz. organinės medžiagos arba organinės anglies kiekio nuosėdose, nuosėdų granulometrinės sudėties, deguonies kiekio paviršinėse nuosėdose ir kt.), o gylis iš esmės nekinta, daugiamečių makrozoobentos kaitos ryšiams su Kuršių marių eutrofikacijos laipsnį lemiančiu Nemuno nuotėkiu galima analizuoti tik koreliaciniais metodais. Statistinės priklausomybės tarp bendro azoto ir bendro fosforo prietakos ir makrozoobentos rūšių arba aukštesnio rango taksonų skaičiaus 10, 12 ir 14 monitoringo stotyse pateiktos 8 lentelėje. Ryšio stiprumo įverčiai buvo statistiškai nereikšmingi ir kito nuo -0,33 iki 0,36, tik 10-oje stotyje statistiškai patikima vidutinio stiprumo teigiama koreliacija nustatyta tarp rūšių skaičiaus ir bendro fosforo kiekio ($r=0,53$, $p=0,019$), o 14 stotyje ribinio patikimumo silpnas neigiamas ryšys nustatytas tarp makrozoobentos biomasės ir bendro fosforo ($r=0,41$, $p=0,06$). Dėsningsi, kad šiose stotyse nustatyti patikimi arba artimi patikimiems ryšio įverčiai, kadangi makrozoobentos bendrijos tipas kinta mažiau nei 12 stotyje. Priešingo pobūdžio (teigiamos ir neigiamos koreliacijos) ryšio tarp bendro fosforo ir struktūrinių rodiklių suderinamumą sunku paaiškinti, jis labiau panašus į atsitiktinio pobūdžio arba susijęs ir su kitais aplinkos veiksniais, apie kuriuos mes nežinome ir skaitinių verčių negalime įtraukti į šią analizę.

8 lentelė. Pirsono koreliacija (r) tarp maistmedžiagių prietakos į marias ir pagrindinių makrozoobentosos charakteristikų 10, 12 ir 14 Kuršių marių monitoringo stotyse.

Charakteristika		Bendras azotas		Bendras fosforas	
		r	p	r	p
10	Rūšių skaičius	0,13	0,59	0,53	0,019
	Gausumas	-0,002	0,99	-0,18	0,46
	Biomasė	0,24	0,33	-0,07	0,76
12	Rūšių skaičius	0,25	0,28	0,27	0,25
	Gausumas	0,36	0,11	0,29	0,20
	Biomasė	0,29	0,20	0,28	0,21
14	Rūšių skaičius	-0,01	0,98	0,09	0,70
	Gausumas	-0,02	0,94	-0,15	0,51
	Biomasė	-0,33	0,15	-0,41	0,06

3.4 Išvados ir pasiūlymai dėl tolimesnio makrozoobentosos duomenų rinkimo ir galimo būklės vertinimo vykdant ilgalaikę stebėseną

1) Atlikta Kuršių marių nacionalinio makrozoobentosos monitoringo duomenų, surinktų 1994-2016 m. laikotarpyje 10, 12 ir 14 monitoringo vietose, analizė rodo, jog pagrindiniai struktūriniai rodikliai (rūšių skaičius, gausumas, biomasė) neturi ryšio su bendro azoto ir bendro fosforo prietaka į Kuršių marias. Dėl šios priežasties ekologinės būklės vertinimo pagal makrozoobentosą patikimumas ir pagrįstumas remiantis šios ekologinės grupės monitoringu atviroje marių dalyje išlieka neapibrėžtas.

2) Eutrofikacijos poveikį Kuršių mariose galima zonuoti pagal nuotoliniais metodais nustatomas vidutines daugiamečių vasaros chlorofilo a reikšmes ir vandens atsinaujinimo greitį.

3) Litoralės tyrimo stočių tinklo centrinėse Kuršių mariose makrozoobentosos struktūros analizė parodė, jog litoralės dugno bestuburių bendrijos struktūra (taksonominė įvairovė ir organizmų gausumas) reaguoja į eutrofikacijos poveikį, išreikštą per chlorofilo a vidutines gegužės-rugsėjo mėn. koncentracijas, nustatytas iš palydovinių nuotraukų.

4) Gauti litoralės makrozoobentosos analizės rezultatai parodė, kad litoralės makrozoobentosos mėginių surinkimas tinkleliu teikia didelę dalį informacijos apie taksonominę makrozoobentosos įvairovę ir tiksliau įvertina agreguotas arba retas bei negausias rūšis, todėl į tai svarbu atsižvelgti vystant ekologinės būklės vertinimo metodą.

5) Tolesnis ilgalaikis Kuršių marių ekologinės būklės monitoringas pagal makrozoobentosą priklauso nuo pasirinkto rodiklio, kuris turi atspindėti makrozoobentosos taksonominę įvairovę, makrozoobentosos organizmų gausumą bei jų jautrumą antropogeniniam poveikiui, todėl sekančiuose etapuose siūlome:

- i) tęsti makrozoobentosos mėginių surinkimą, paimant ne mažiau kaip po tris mėginius stotyse kiekviename iš patvirtintų Nemuno deltoje, Kintuose, Nidoje – Preilos rajone, ir Pervalkos - Negyvų kopų ruože, prioritetą teikiant toms pačioms rinkimo vietoms kaip ir šiame darbe.

ii) mėginių surinkimą vykdyti tais pačiais metodais, kaip ir šiame darbe, tam kad visą surinktą informacijos masyvą vėliau galima būtų naudoti pasirinkto rodiklio testavimui ir validavimui.

iii) makrozoobentosos mėginius rekomenduojame rinkti rudenį, kai nunyksta makrofitai ir stabilesnė vabzdžių struktūra, be to šis sezonas jau integruoja vasaros eutrofikacijos poveikius. Nors bendro surinktų mėginių skaičiaus poreikis priklauso nuo pasirinkto rodiklio ir šiame etape negali būti tiksliai nustatytas, tikėtina, kad papildomi vieneri arba dveji tyrimų metai suteiktų pakankamai informacijos testuoti makrozoobentosos dinamikos laike poveikį rodikliui. Tokiu atveju duomenų masyvas apie makrozoobentosą rodiklio vystymui būtų papildytas 25-50 mėginių, bendras sudarytų nuo 95 iki 120 mėginių, ko turėtų pakakti statistinėms procedūroms.

6) Papildomai surinktos informacijos pagrindu siūlome pasirinkti ir testuoti arba kurti keletą kiekybinių ekologinės būklės makrozoobentosos rodiklių. Šiam tikslui reikia:

iv) atlikti literatūrinę analizę ir atrinkti litoralinėms sąlygoms pritaikomus rodiklius, kurie galėtų integruoti pneumatinio gruntotraukio ir tinklelio duomenis;

v) atlikti pasirinktų rodiklių validaciją su šioje studijoje apskaičiuotomis eutrofikacijos rodiklių vertėmis, įvertinti rodiklių teigiamas ir neigiamas savybes, neapibrėžtumus ir parinkti optimaliausią rodiklį Kuršių marių sąlygoms;

vi) aprašyti stebėsenos metodiką atsižvelgiant į rodiklio validacijos rezultatus, rodiklio parametrus ir kitus reikalavimus.

4 Reikalavimai ir metodika į NATURA 2000 tinklą įtrauktų rifų (1170) monitoringui Lietuvos priekrantėje ir išskirtinėje ekonominėje zonoje

Rifų buveinė ES šalims narėms yra svarbi pagal Tarybos Direktyvos 92/43/EEB dėl natūralių buveinių ir laukinės faunos bei floros apsaugos (toliau Buveinių Direktyva) nuostatas, kuriomis vadovaujantis šalys steigdamas specialias saugomas teritorijas turi kurti NATURA 2000 saugomų teritorijų tinklą Europoje remiantis duomenimis apie Direktyvos prieduose nurodytus buveinių tipus, tarp kurių yra rifai (1170). Jų savybių apibūdinimas buvo išdėstytas Europos Sąjungos buveinių interpretacijos gairėse (Interpretation manual - EUR25, 2003). Pagal Buveinių Direktyvą šalys ne tik steigia specialias saugomas teritorijas, tačiau ir nustato natūralių buveinių ekologiniams reikalavimams išlaikyti būtinas apsaugos priemones tam kad išvengti buveinių blogėjimo, t.y. užtikrinti gerą apsaugos būklę (angl., favourable conservation status) (Buveinių Direktyvos 8 straipsnis). Tam tikslui valstybės narės privalo vykdyti natūralių buveinių stebėjimą (Buveinių Direktyvos 11 straipsnis) ir kas šešis metus pateikti ataskaitą Europos Komisijai. Pagal Buveinių Direktyvą (1 straipsnis) natūralios buveinės apsaugos būklė laikoma "gera", kai:

- jos natūralaus paplitimo arealas ir jos padengiami plotai tame areale yra stabilūs arba didėja; ir
- egzistuoja ir tikėtina, kad ateityje neišnyks jos ilgalaikiam palaikymui būtina specifinė struktūra ir funkcijos;
- jai tipišku rūšių apsaugos būklė yra gera, t.y. populiacijos duomenys rodo, kad ji pajėgi ilgą laiką išlikti kaip gyvybingas natūralios buveinės komponentas, paplitimo arelas nemažėja ir nėra tikėtina, kad sumažės ateityje, ir tikėtina buveinė bus pakankamai didelė, kurioje rūšis galės išlikti ilgą laiką.

Remiantis Geros jūrų vandenų aplinkos būklės kriterijų ir metodinių standartų, susijusių su Direktyvos 2008/56/EB (toliau Jūrų strategijos pagrindų Direktyva) I priede nustatytais

kokybiniais deskriptoriais, vyraujantiems jūros dugno buveinių tipams yra galimi šie parametrai: buveinių pasiskirstymas ir apimtis (ir tūris, jei tinkama); rūšinė sudėtis, gausumas ir (arba) biomasė (svyravimai erdvės ir laiko atžvilgiu); rūšių struktūra pagal dydį ir amžių (jei taikoma); būdingos fizinės, hidrologinės ir cheminės savybės.

Šie parametrai taikomi nustatytiems vyraujantiems buveinių tipams. Rifus atitinkantys vyraujantys buveinių tipai yra du: Infralitoralės uolos ir biogeniniai rifai ir Cirkalitoralės uolos ir biogeniniai rifai. Jiems suformuluoti du kriterijai:

D6C4 (pirminis) - Buveinių tipo sunykimo dėl antropogeninių pavojų mastas neviršija nustatytos buveinių tipo natūralaus dydžio dalies vertinamojoje teritorijoje. Valstybės narės, bendradarbiaudamos Sąjungos lygmeniu ir atsižvelgdamos į regiono arba paregionio ypatumus, nustato didžiausią leidžiamą buveinių sunykimo mastą, kuris išreiškiamas buveinių tipo bendro natūralaus dydžio dalimi.

D6C5 (pirminis) Neigiamo poveikio, kurį antropogeniniai pavojai daro tam tikro buveinių tipo būklei, įskaitant jų biotinės ir abiotinės struktūros ir funkcijų pokyčius (pvz., būdingą rūšinę sudėtį ir santykinę rūšių gausumą, itin jautrių, pažeidžiamų ar pagrindinę funkciją atliekančių rūšių nebuvimą, rūšies struktūrą pagal dydį), mastas neviršija nustatytos to buveinių tipo natūralaus dydžio dalies vertinamojoje teritorijoje. Ši metodika atsižvelgia į abiejų direktyvų, Buveinių direktyvos ir Jūrų strategijos pagrindų direktyvos, reikalavimus rifų kiekybinėms (pasiskirstymo ir arealo) ir kokybinėms (struktūros) charakteristikoms panaudojant visą prieinamą teorinę informaciją, sukauptus duomenis ir patirtį apie rifus Lietuvos jūrinėje teritorijoje.

4.1 Rifų apibrėžimas ir savybės.

Pagal 2014 m. gegužės 16 d. LR Aplinkos ministro įsakymą (Nr. D1-429) Buveinė „1170 Rifai“ atitinka šią charakteristiką:

Stambių riedulių laukai priekrantėje, sausumos moreninio gūbrio povandeninis tęsinys nuo kranto linijos iki 20–25 m. gylio. Viršutinėje šlaito dalyje pavieniai rieduliai kyšo virš vandens, didėjant gyliui sėslių augalų ir gyvūnų bendrijoms būdingas ekologinis zoniškumas. Gilesnėse priekrantės dalyse arba atviroje jūroje rifų reljefui būdingos moreninės seklumos arba gūbriai, kurie nuo gretimų akvatorijų dugno aiškiai išsiskiria savo geomorfologine forma. Rifuose afotinėje zonoje dominuoja prie kieto substrato prisitvirtinanti fauna. Būdingi buveinei augalai (tik priekrantėje iki 20 m. gylio): žaliadumbliai *Cladophora glomerata*, *C. rupestris*, *Ulva intestinalis*, *U. prolifera*; raudondumbliai *Furcellaria lumbricalis*, *Ceramium tenuicorne*, *Polysiphonia fucoides*, *Coccotylus truncatus*; rudadumbliai *Ectocarpus siliculosus*, *Sphacelaria arctica*. Būdingi buveinei gyvūnai: midijų *Mytilus edulis trossulus* kolonijos, ūsakojis vėžiagyvis *Amphibalanus improvisus*, samangyvis *Electra crustulenta*, daugiašerės *Fabricia sabella*, šoniplaukos *Gammarus sp.*

Ši rifų nacionalinės interpretacijos redakcija patikslino anksčiau galiojusį buveinės savybių aprašymą atsižvelgiant į atviroje jūroje esančių rifų savybes ir yra šiuo metu galiojanti aktuali rifų (1170) apibrėžimo redakcija.

4.2 Rifų erdvinis pasiskirstymas Lietuvos priekrantėje ir išskirtinėje ekonominėje zonoje

Lietuvos jūrinuose vandenyse anksčiau vykdyti trys pagrindiniai tyrimai, susiję su dugno buveinių (tame tarpe ir rifų) inventorizacija.

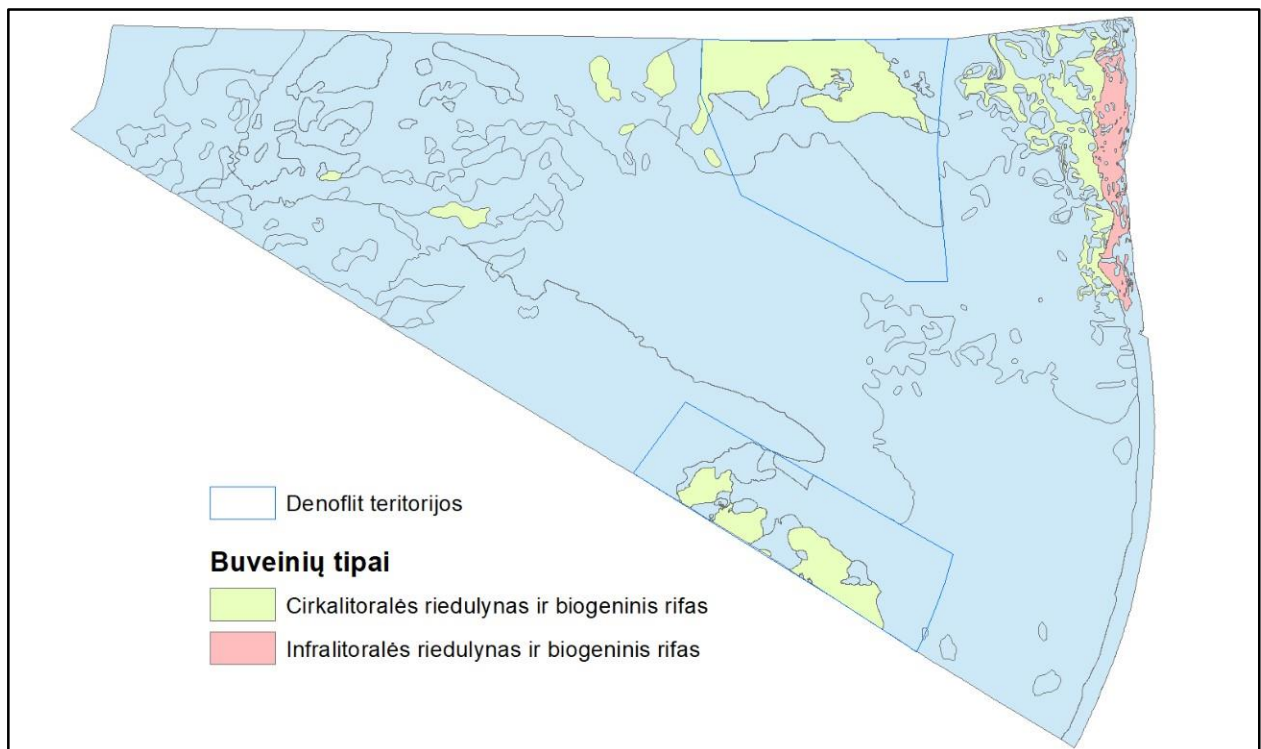
LIFE BALTIC MPA projektas (2004-2008), skirtas NATURA 2000 saugomų teritorijų steigimui priekrantės vandenyse, apėmė priekrantės biotopų inventorizaciją, biotopų struktūros tyrimą ir pasiskirstymo kartografavimą. Pagal šio projekto rezultatus buvo išskirti ir aprašyti keturi biotopai, kurie tenkino rifų, kaip Buveinių Direktyvos 1 priedo buveinės, charakteristikas:

1. rieduliai su daugiamečiu raudondumbliu *Furcellaria lumbricalis*;
2. gargždas ir rieduliai su *Mytilus trossulus* ir *Amphibalanus improvisus*;
3. moreniniai gūbriai su *Mytilus trossulus* ir *Amphibalanus improvisus*;
4. rieduliai su judriomis šoniplaukomis.

Apibendrinus visą iki tol surinktą kartografinę medžiagą ir integravus duomenis iš litologinių žemėlapių buvo sudarytas priekrantės rifų pasiskirstymo žemėlapis, apimantis Lietuvos teritorinę jūrą.

LMT projektas GEORIFAI (Geogeninės kilmės Baltijos rifų – moreninių gūbrių, kilmė, raida ir ekologinė reikšmė, 2010-2011) detalai aprašė rifams priklausančio moreninių gūbrių biotopo struktūrą, pasiskirstymą ir galimus kilmės scenarijus.

LIFE+ DENOFLIT (Jūrinių buveinių ir rūšių inventorizacija NATURA 2000 tinklo plėtrai Lietuvos išimtinėje ekonominėje zonoje Baltijos jūroje) projektas buvo skirtas buveinių inventorizacijai ir NATURA 2000 teritorijų steigimui už teritorinės jūros ribų. Remiantis gautais tyrimų rezultatais, projektas nustatė rifams priklausančio gargždo ir riedulių su *Mytilus trossulus* ir *Amphibalanus improvisus* biotopo struktūrą ir pasiskirstymą projekto teritorijose Sambijos ir Klaipėdos-Ventspilio plynaukštėse. Apibendrinta kartografavimo medžiaga apie rifų pasiskirstymą pateikta 18 pav. Reikia pastebėti, kad rifų pasiskirstymas už Klaipėdos – Ventspilio teritorijos ribų (ties siena su Latvijos respublika) nurodytas remiantis tik litologine kartografinė medžiaga (Repečka, 1991).



18 paveikslas. Rifų pasiskirstymas Lietuvos Baltijos jūros akvatorijoje.

Pagrindiniai siūlomo monitoringo elementai ir metodikos. Rifų monitoringą siūlome dalinti į tris pagrindines dalis: 1. bazinį kartografinių duomenų surinkimą; 2. rifų erdvinio pasiskirstymo ir paplitimo monitoringą; 3. rifų būklės monitoringą.

Bazinio kartografinių duomenų surinkimo tikslas - esamų duomenų apie rifų pasiskirstymą Lietuvos jūriniuose vandenyse apdorojimas ir trūkstamų duomenų surinkimas tam, kad būtų gauti

pilni ir pakankamo detalumo duomenys apie rifų pasiskirstymo ir paplitimo plotą, pasiskirstymo arealo ribas. Bazinis kartografavimas turėtų būti atliekamas vieną kartą prieš vykdant erdvinio pasiskirstymo ir būklės monitoringą.

Pirminė esamų duomenų inventorizacija (projektiniai LMT TRIPOLIS ir LIFE+ DENOFLIT duomenys, taip pat Lietuvos transporto saugios administracijos duomenys) rodo nepakankamą seklios dalies iki 5 m gylio padengimą duomenimis, taip pat duomenų priekrantėje į šiaurę nuo Palangos ir už teritorinės jūros ribų į vakarus nuo Klaipėdos-Ventspilio plynaukštės NATURA 2000 saugomos teritorijos trūkumą. Bazinio kartografavimo dalis užpildant šias duomenų spragas turėtų būti atlikta detaliais akustiniais metodais (daugiaspindulinis echolotas ir šoninio skenavimo sonaras), validuota povandeninėmis video apžiūromis nustatytose vietose ir integruota į esamos kartografinės medžiagos duomenų bazę.

4.3 Bazinis kartografavimas

Reikalavimai bazinio kartografavimo įrangai. Akustiniams tyrimams turi būti naudojami daugiaspindulinis echolotas ir šoninio skenavimo sonaras. Daugiaspindulinis sonaras turi atitikti International Hydrographic Organization (IHO) keliamus reikalavimus tokioms sistemoms (IHO Standards for Hydrographic surveys, Special Publication 44, 2008). Sistema turi būti sudaryta iš akustinio siūstuvo ir imtuvo, judesio jutiklio ir hidrografinės klasės GPS imtuvo. Akustinio skenavimo plote sistema turi duoti pilną nepertraukiamą dugno padengimą akustiniais signalais. Gautas dugno skaitmeninis modelis turi turėti bent 0,5 metro per pikselį rezoliuciją, o modelio tikslumas turi atitikti bent IHO Special Order reikalavimus.

Šoninio skenavimo sonaras, paprastai yra naudojamas kartu su daugiaspinduliniu sonaru, ir leidžia registruoti akustinius atspindžius nuo dugno substrato. Priklausomai nuo substrato savybių, keičiasi ir atspindys, kas leidžia spręsti apie tokias paviršinių dugno nuosėdų charakteristikas, kaip kietumas, ir jomis vadovaujantis atskirti minkšus gruntus (pvz. aleuritą) nuo rupesnio (pvz. smėlio) ir kieto substrato (pvz., gargždo arba riedulių laukų). Be to, naudojant akustinius šešėlius galima nustatyti pavienius didelius riedulius arba riedulių grupes bei laukus, kurie būdingi povandeniniams rifams Lietuvos priekrantėje. Šoninio skenavimo sonaras rifų monitoringui turi dirbti dviejuose dažniuose (pvz. 100 kHz ir 500 kHz) ir sudaryti bent 0,2 metro pikseliui rezoliucijos akustinę dugno nuotrauką, kas reikalauja išlaikyti sonaro aukštį virš dugno apie 7-10 metrus. Skenavimo plotis turi būti ne mažesnis nei kartu dirbančio daugiaspindulinio sonaro. Šoninio skenavimo sonaro pozicionavimui turi būti naudojama povandeninė pozicionavimo sistema, kurios tikslumas ne mažesnis nei 1,5 metro. Tikslios povandeninių rifų ribos ir plotas nustatomi perdengiant dugno geomorfologinius rodiklius iš dugno skaitmeninio modelio su dugno nuosėdų savybėmis iš šoninio skenavimo sonaro.

Skaitmeninio dugno modelio interpretavimas. Skaitmeninis dugno modelis skirtas apskaičiuoti keletą dugno paviršiaus rodiklių. Didelių riedulių identifikavimui iš skaitmeninio dugno modelio geriausia tinka paviršiaus šiurkštumas (angl., rugosity). Šis koeficientas skaičiuojamas kaip santykis tarp išmatuoto paviršiaus ploto ir geometrinio ploto.

$$\text{Šiurkštumas} = \frac{\text{Išmatuotas plotas}_{\text{Bendras}}}{\text{Plotas}_{\text{Geometrinis}}}$$

Geometrinis plotas (pvz. 5x5 m plotas yra 25 m²) rodo teoriškai lygaus dugno plotą, o išmatuotas plotas – plotą, apskaičiuotą įvertinant stebėtus paviršiaus nelygumus. Kuo daugiau paviršiaus nelygumų, arba kuo jie labiau išreikšti, tuo didesnis išmatuotas plotas ir tuo didesnis bus dugno paviršiaus šiurkštumo koeficientas. Naudojant pakankamai mažo dydžio gardelę (pvz. 10x10 metrų) riedulynų šiurkštumo koeficientas bus aukštesnis lyginant su bet kurių kitų substrato tipų Lietuvos vandenyse.

Šoninės lokacijos sonaro atspindžio interpretacija. Šoninės lokacijos sonaro duomenys yra pavaizduojami 2D paveiksle, sudarytame iš skirtingo pilkumo atspalvių pikselių, kurie parodo atspindžio stiprumą. Prieš atliekant automatinę klasifikaciją gali būti taikomi filtrai tam, kad padidinti objektų atpažinimą, tačiau klasifikacijos rezultatų kontrolei ir patvirtinimui dažniausiai reikia vizualinio gautų rezultatų vertinimo ir subjektyvios gautų kontūrų interpretacijos. Riedulių ir gargždo laukų gali nepavykti atskirti vien tik pagal atspindžio stiprumą dėl kito kieto substrato tipo, pvz. žvirgždo, turinčio taip pat stiprų akustinį atspindį, heterogeniško pasiskirstymo. Kadangi dažniausiai sutinkama minkšto (smėlis, aleuritas) ir kieto grunto mozaikiškas padengimas, rifas nustatomas jei rieduliai yra pakankamai dažnai sutinkami akustiniame vaizde. Ankstesnių kartografavimo darbų Lietuvos vandenyse metu rifas buvo nustatomas esant kietam moreniniam dugnui (rieduliai, gargždas, žvirgždas), kai daugiau nei pusėje 10x10 m dugno ploto gardelių buvo pastebimas bent vienas akustiškai matomas riedulys. Tokiai analizei dažniausiai naudojami aukšto dažnio 500 kHz sonaro duomenys dėl didesnės galimybės nustatyti pavienius riedulius. Gauti laukų kontūrai derinami su istorine kartografinė medžiaga, o tokių teritorijų priskyrimas rifų kategorijai vėliau turi būti validuojamas vizualiai povandeninėmis kameromis.

4.4 Rifų erdvinio pasiskirstymo ir paplitimo monitoringas

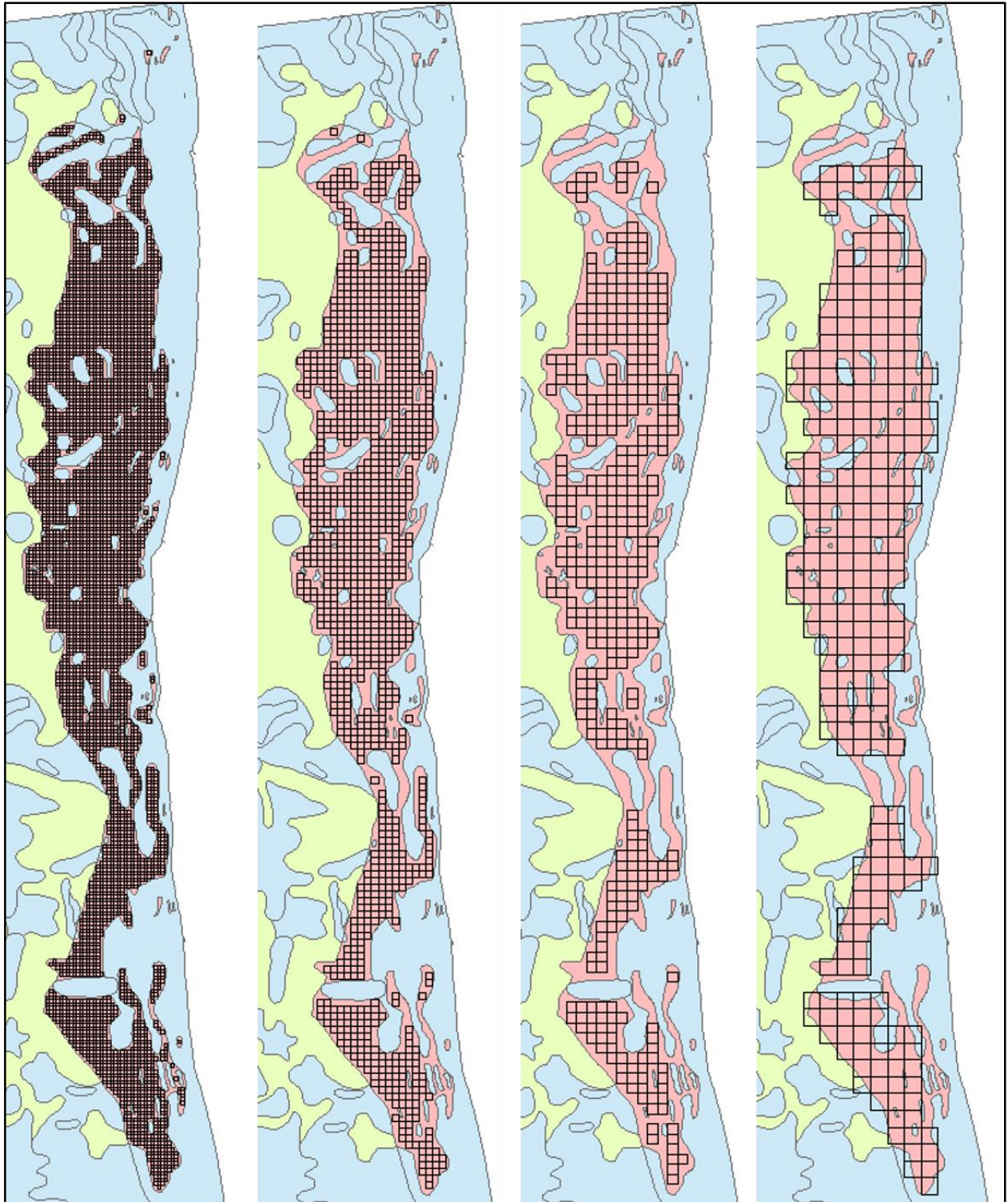
Rifų erdvinio pasiskirstymo ir paplitimo monitoringą rekomenduojame planuoti dalinant visą rifo teritoriją į gardelę ir inspektuoti kiekvieną rifo gardelės teritorinį vienetą (vadovaujantis centro koordinatėmis) pagal nustatytą dugno vizualinės apžiūros protokolą su povandeninėmis “drop-down” tipo kameromis. Kadangi priekrantės eufotinės dalies (sąlyginai iki 15 m gylio, t.y. infralitoralės) ir priekrantės afotinės dalies bei atviros jūros (sąlyginai giliau nei 15 m, t.y. cirkalitoralės) rifų erdvinis heterogeniškumas ir indikatorinė vertė skiriasi, o atviroje jūroje galimas žmogaus poveikis tikėtina išplitęs didesnėse teritorijose, infralitoralei ir cirkalitoralei siūloma naudoti skirtingas gardeles.

Infralitoralės rifo monitoringas. Infralitoralės rifui priklauso dideliu heterogeniškumu ir indikatorine verte pasižymintis rifo tipas - rieduliai su *Furcellaria lumbricalis*, bei tarp jų ir pakraščiuose esantys rieduliai su *Mytilus edulis trossulus*. Pateikiame kelias rifo dalinimo į monitoringo teritorinius vienetus alternatyvas priklausomai nuo gardelės rezoliucijos (19 pav.):

- 100x100 m gardelė – 5649 teritorinių vienetų (į vienetą patenka 100 proc. rifo padengimas);
- 200x200 m gardelė – 1147 teritorinių vienetų (į vienetą patenka 100 proc. rifo padengimas);
- 300x300 m gardelė – 408 teritorinių vienetų (į vienetą patenka 100 proc. rifo padengimas);
- 500x500 m gardelė – 262 teritorinių vienetų (į vienetą patenka apie 50-100 proc. rifo padengimas).

Priimtinos rezoliucijos pasirinkimas priklauso nuo finansinių kaštų, kuriuos lemia ir adekvatūs lauko darbams laiko poreikiai. Rekomenduojama planuoti darbus atlikti šiltuoju metų laiku nuo birželio iki rugsėjo mėnesio (t.y. apie 85 potencialių darbo dienų) įvertinant vidutiniškai 30% palankaus oro tikimybę (t.y. apie 25 darbo dienas). Darbų apimtis galima mažinti mažinant gardelės rezoliuciją, tačiau tuo pačiu mažėtų ir rifo ploto įverčio tikslumas, kuris naudojamas būklės trendo nustatymui ir raportuojamas Europos Komisijai. Nors laiko sąnaudos dugno apžiūroms priklauso nuo logistikos galimybių (laivo greičio, uosto padėties, laivo infrastruktūros įrangos pakėlimui/nuleidimui į dugną, ir t.t.), minimalios būtinos laiko sąnaudos apima nuo 9 iki 188 darbo dienų (atitinkamai stambiausios ir smulkiausios gardelių atvejais). Smulkiausios 100x100 ir 200x200 m gardelės atvejais (atitinkamai 5649 arba 1147 teritorinių vienetų) monitoringo atlikti per vienus kalendorinius metus būtų neįmanoma, tačiau galima monitoringo pastangas išdalinti per 3 metus, kasmet stebėjimais padengiant trečdalį naujų teritorinių vienetų, o ciklą užbaigus pakartoti tų pačių vietų monitoringą išlaikant trijų metų laiko intervalą tarp kiekvienos vietos stebėjimų. Tokiu būdu būtų išpildomas Buveinių Direktyvos reikalavimas

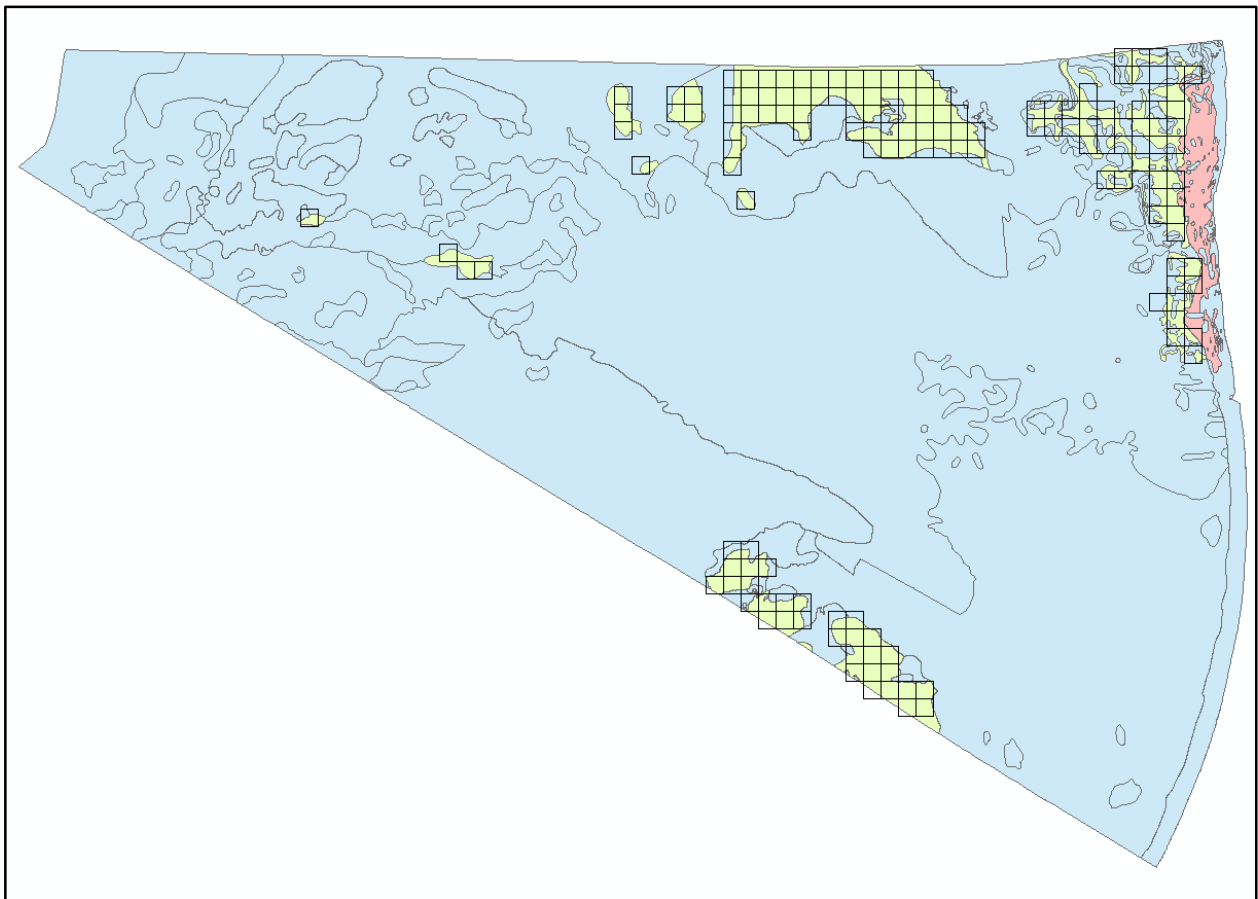
būklės pokyčio monitoringui (t.y. mažiausiai du stebėjimai) per 6 metų laikotarpį. Pasirinkus stambesnės gardelės rezoliuciją monitoringą galima būtų atlikti per vienerius metus (9-14 darbo dienų, neįskaitant blogo oro ir kitų nenumatytų atvejų įtakos), pakartojant jį po trijų metų.



19 paveikslas. Keturios infralitoralės rifo gardelės rezoliucijos alternatyvos: iš kairės į dešinę atitinkamai 100x100 m, 200x200 m, 300x300 m ir 500x500 m.

Cirkalitoralės rifo monitoringas. Cirkalitoralės rifui priklauso rieduliai su *Mytilus edulis trossulus*. Šiai rifo daliai rekomenduojama 1 jūrmylės gardelė (20 pav.), pagal kurią atviroje jūroje

būtų 100 teritorinių monitoringo vienetų, o priekrantėje – 53 (su 30 - 100 proc. rifo padengimu). Šiai daliai dėl didesnių gylių ir atstumų būtų reikalinga kitokia logistika, nei infralitoralės rifo monitoringui, todėl laiko sąnaudos ženkliai priklausytų nuo konkretaus laivo galimybių. Preliminariu vertinimu, gerai aprūpintas laivas dirbantis parų režimu ir galintis užtikrinti tyrėjų nepertraukiamą darbą, cirkalitoralės rifo monitoringą galėtų atlikti per 4-5 paras skaičiuojant 1-2 išplaukimus ir neįvertinus darbų nutraukimo dėl blogų orų įtakos, kuriai rekomenduojama numatyti mažiausiai 1-2 paras. Šis laikas gali didėti 2-3 kartus priklausomai nuo laivo galimybių, esamų tyrėjų skaičiaus ir kitų aplinkybių.



20 paveikslas. Cirkalitoralės rifo pasiskirstymas ir dalinimas į 1 jūrmylės gardeles.

“Drop-down” povandeninė filmavimo sistema. Pasirinkus rifo dalinimo gardeles, kiekvieno teritorinio vieneto monitoringas atliekamas pasitelkiant vizualines dugno apžiūras su “drop-down” tipo povandenine sistema. Šių apžiūrų tikslas: remiantis rifo būdingų biologinių ir geomorfologinių savybių vertinimu nustatyti buveinės ploto pokyčius vertinant juos bazinio (arba paskutinio) kartografavimo metu nustatyto ploto atžvilgiu.

“Drop-down” povandeninę filmavimo sistemą dažniausiai sudaro spalvota skaitmeninė filmavimo kamera, povandeninis boksas, apšvietimas, apsauginis rėmas, vaizdo ir įrašo valdymo pultas, monitorius ir papildoma individuali sistemos įranga. “Drop-down” sistema yra pasyvio dugno apžiūros ir vaizdo filmavimo įrankis, kuris nuleidžiamas į dugną ir dreifuojant plaukiojimo priemonei naudojamas dugno vaizdai įvertinti ir įrašyti. Papildomi šviesos šaltiniai turi būti pakankami afotinėje zonoje užtikrinti viso matymo lauko apšvietimą, ryškų charakteringų rifo rūšių ir substrato savybių (kiekio, padengimo) vaizdą. Povandeninės kameros reali vaizdo rezoliucija turi būti ne mažesnė nei 1 mm per pikselį, t.y. pavyzdžiui esant kadro pločiui 800 mm, kameros horizontali rezoliucija turi būti ne mažesnė kaip 800 pikselių. Povandeninė filmavimo

sistema turi būti aprūpinta galimybe matuoti kadro plotą ir objektų dydį liniuote, taškinių šviesos šaltinių pagalba ar panaudojant kitas priemones.

Buveinės apžiūra ir filmavimas. Buveinės apžiūra ir filmavimas rekomenduojamos, kai plaukiojimo priemonės dreifo greitis neviršija 0,4 mazgo. Atliekant dugno apžiūrą ir filmavimą “drop-down” povandeninė sistemos dalis su statmenai į dugną orientuota povandenine kamera nuleidžiama žemyn, fiksuojamas visus rifo požymius ir jų padengimą (arba kiekį) nustatyti leidžiantis kameros atstumas virš dugno, registruojamos dugno apžiūros ir filmavimo pradžios geografinės koordinatės ir gylis, dreifuojant plaukiojimo priemonei ne mažiau 3 minučių atliekami dugno filmavimas ir apžiūra. Baigus apžiūrą ir filmavimą registruojamos pabaigos geografinės koordinatės, gylis, požymių įverčiai įrašomi protokole. Gylis registruojamas laivo echoloto pagalba arba slėgio davikliu, įmontuotu povandeninėje sistemoje. Gylio matavimo paklaida neturėtų būti didesnė nei 0,1 m.

Buveinių apžiūros filmuotos medžiagos analizė. Vaizdo medžiagos analizę gali atlikti tyrėjas, apmokytas nustatyti visus rifų buveinės požymius, pažįstantis charakteringas rifų buveinės rūšis bei susipažinęs su nuosėdų ir substrato klasifikacija bei vizualiu litologinių tipų nustatymu iš povandeninės vaizdo medžiagos arba nardant tiesiogiai. Toks vertintojas gali identifikuoti ir įvertinti požymių kiekį nenaudojant jokių papildomų technikų. Vaizdo medžiaga analizuojama vizualiai vertinant substrato tipą ir sudėtį, bei pagrindinius biologinius požymius. Požymių padengimas vertinamas procentais, 10% tikslumu, nurodant 5% padengimą atvejais, kai požymis yra, bet padengimas mažesnis nei 10%.

Dugno nuosėdų arba substrato padengimas vertinamas vizualiai procentais nuo matomo paviršiaus ploto, remiantis granulimetrine klastinių nuogulų klasifikacija (Trimonis, 2005):

- aleuritas (angl., silt, <0,0625 mm, dažniausiai tamsiai pilkos arba juodos spalvos, gali būti su šviesiai pilkšvais arba gelsvais fragmentais, dažniausiai be lengvai pastebimų biologinių požymių, lengvai resuspenduoja kamerai arba jos apsauginei konstrukcijai palietus dugną);
- smėlis (angl., sand, 0,0625 - 2 mm, gelsvos nuosėdos, dažnai su aiškiais biologinės kilmės (šliaužimo, rausimo ir pan.) arba geomorfologiniais (pvz., ruzgos) požymiais nuosėdų paviršiuje, menkai resuspenduoja kamerai arba jos apsauginei konstrukcijai palietus dugną)
- žvirgždas (angl., gravel, 2 - 4 mm)
- gargždas, stambus gargždas (angl., pebble, 4 - 256 mm);
- rieduliai (angl., boulders, >256 mm).

Biologinių požymių vertinimas atliekamas vizualiai nustatant požymio padengimą arba buvimą:

- Midijų *Mytilus trossulis* padengimas, procentai.
- Šakotojo banguolio *Furcellaria lumbricalis* padengimas, procentai.
- Jūrų gilės *Amphibalanus improvisus* buvimas/nebuvimas.
- Samangyvių buvimas/nebuvimas.
- Siūlinių raudondumblių *Polysiphonia* sp. padengimas, procentai.
- Siūlinių žaliadumblių *Clodophora* sp. padengimas, procentai.

4.5 Rifų būklės monitoringas

Rifų būklės monitoringo tikslas yra nustatyti struktūrinių ir funkcinių charakteristikų atitikimą rifo geros būklės reikalavimams pagal JSPD, BVPD ir Buveinių Direktyvos reikalavimus. Reikia pažymėti, kad šiuo momentu geros būklės charakteristika yra nustatyta tik maksimaliam

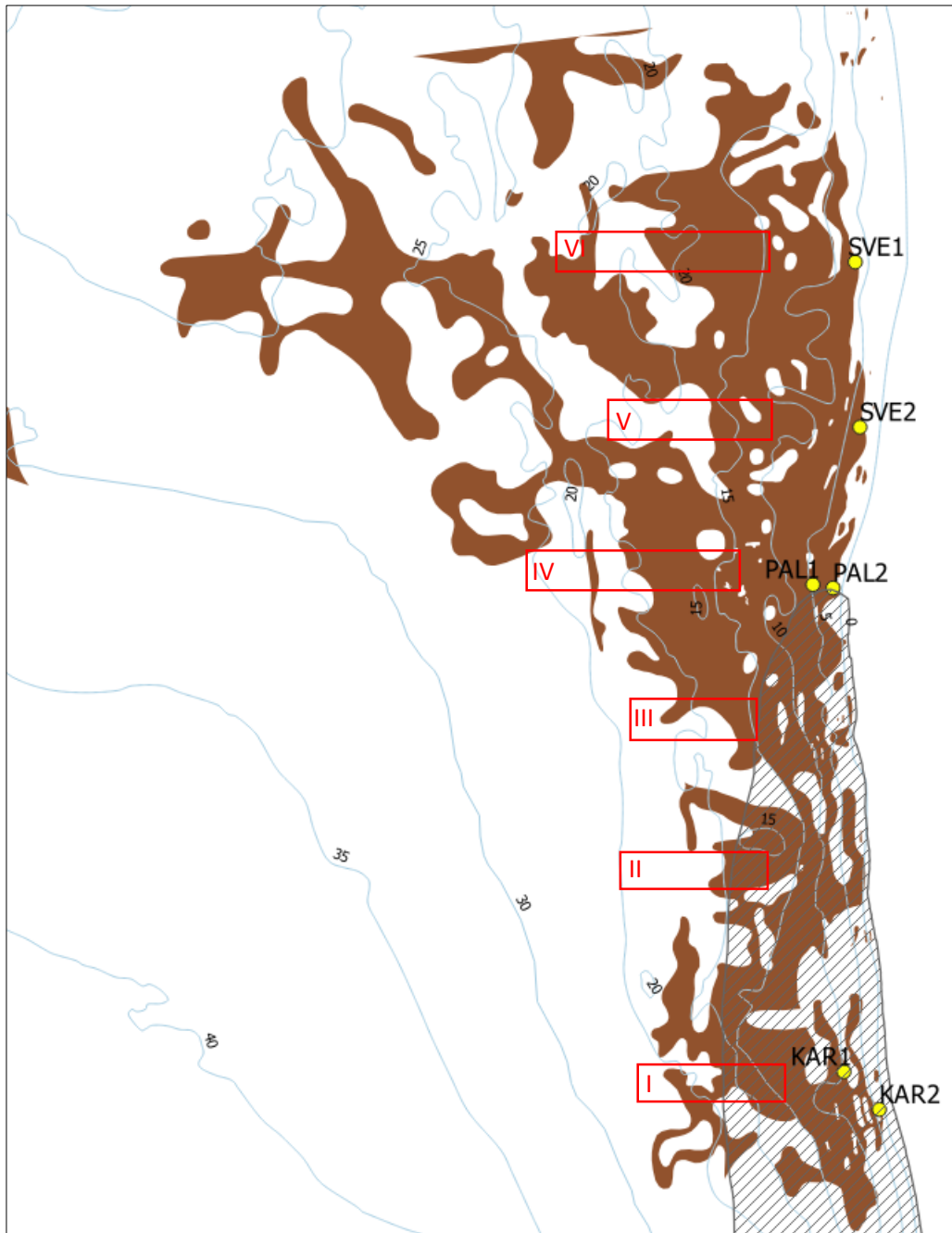
daugiamečio raudondumblio *Furcellaria lumbricalis* pasiskirstymo gyliui, kuris naudojamas BVPD ir JSPD būklės vertinime. Todėl čia siūlome derinti makrofitobentosos stebėseną su rifų monitoringu priekrantėje numatant 6 transektas priekrantėje (x pav.): I-III – tarpiniuose vandenyse (tarp Karklės ir Nemirsetos) ir IV-VI – pakrantės vandenyse (tarp Palangos ir Šventosios). Kiekvienoje tyrimų vietoje dugnas kartografuojamas mažiausiai trijose gylių zonose, siekiant apimti skirtingas makrofitobentosos bendrijas (Labanauskas, 2000):

1) 1-2 m gylyje dominuoja siūlinių žaliadumблиų (*Ulva intestinalis*, *U. prolifera*, *Cladophora glomerata*, *Rhizoclonium riparium*, *Ulotrix subflaccida*) bendrijos;

2) 3-7 m gylyje aptinkamos dažniausiai šakotojo banguolio (*Furcellaria lumbricalis*) ir siūlinių žaliadumблиų (*C. rupestris*, *C. glomerata*), rudadumблиų (*Pilayella littoralis/Ectocarpus siliculosus*) bei raudondumблиų (*Polysiphonia fucoides*, *Ceramium tenuicorne*) bendrijos;

3) 8-16 m gylyje dominuoja tik šakotojo banguolio (*F. lumbricalis*), karpytašakio raudondumblio (*Coccotylus truncatus*) ir siūlinių rudadumблиų (*Sphacelaria arctica*) bendrijos.

Dėl specifinių priekrantės sąlygų (atviras krantas bei lėkštas dugno šlaitas, kuris tęsiasi kelis kilometrus iki eufotinės zonos ribos, santykinai didelis rifo pasiskirstymo erdvinis heterogeniškumas ir vandens drumstumas) dugno kartografavimo tyrimai taške atliekami nardant (maždaug 0,5-1 m atstumu nuo dugno, priklausomai nuo matomumo) ne mažiau negu 10 m ilgio atkarpoje (transekteje). Narui nusileidus po vandeniu nardymo kompasu nustatoma transektos kryptis ir pagal nardymo kompiuterio rodmenis registruojami vandens temperatūra ir gylis. Jeigu vandens skaidrumas leidžia, dugno vaizdas pagal transektą filmuojamas rankine povandenine kamera (pvz., GoPro). Nardant įvertinama nuosėdų sudėtis (rieduliai, gargždas, žvirgždas, žvyras, smėlis, aleuritas (žiūr. “Buveinių apžiūros filmuotos medžiagos analizė” aukščiau) ir vidutinis padengimas procentais, vidutinis dugno padengimas makrofitobentosos rūšimis ir midijomis bei surenkami bentosos mėginiai tam, kad nustatyti rūšinę bentosos bendrijų sudėtį ir jų biomasę. Mėginių surinkimui naudojamas Kautski'o tipo narų darbui pritaikytas rėmelis su 0,04 m² apimamu dugno plotu, kuris dedamas ant substrato su didžiausiu augalijos arba midijų gausumu. Į rėmelį patekę augalai ir sėslūs gyvūnai nuskutami nuo substrato paviršiaus ir sudedami į tinklinius maišelius (tinklo akies dydis ne didesnis nei 0,5 mm). Kiekvienoje transekteje turėtų būti paimti ne mažiau kaip 3 mėginiai. Išskelti mėginiai iš vandens fiksuojami 4 % formaldehido tirpalu, o jų analizė atliekama laboratorijoje, vadovaujantis standartiniais metodais (HELCOM 1984, 1988, 1997). Dumbliai ir bestuburiai, kur įmanoma, apibūdinami iki rūšies. Taksonomiškai įvertinus dumbliaus jie yra džiovinami 60 °C temperatūroje 1-3 dienas kol reikšmingai nesikeičia sausa biomasė, kuri nustatoma sveriant 0,001 g tikslumu (svoris išreiškiamas g m⁻² vienetais).



21 paveikslas. Šešių transektų (pažymėtos raudonais poligonais), kuriose bus vertinama rifų (ruda spalva) kokybė, išdėstymas priekrantėje iki 20 m gylio (izobatos - mėlynos linijos). Geltoni taškai žymi makrofitobentosos stebėsenos stotis 2016 m. (stočių pavadinimai nurodyti šalia); štrichuotas poligonas žymi tarpinių vandenų išplitimo zoną priekrantėje.

Daugiamečio raudondumblio *Furcellaria lumbricalis* maksimalaus pasiskirstymo gylis gali būti vertinamas nardant arba filmuojant dugną 6 transektose (21 pav.). Transektų išdėstymas turėtų apimti akmenuoto dugno plotus nuo 1 iki 20 m gylio. Nardymas ir filmavimas turi būti atliekamas ne mažiau kas 100 m atstumu, kadangi kieto substrato ir *F. lumbricalis* pasiskirstymas labai dėmėtas infralitoralėje. Nardant yra užrašomos nardymo profilio pradžios ir pabaigos koordinatės ir gylį (bei ryškius jo pokyčius profilyje), įvertinama dugno nuosėdų sudėtis ir *F. lumbricalis* padengimas. Nardymas gali būti atliktas tempiant narą ištaisai nuo 20 iki 1 m, kuris pagal nardymo kompiuterį fiksuoja laiką, gylį, aprašo dugno nuosėdų sudėtį ir *F. lumbricalis* padengimą bei palaiko ryšį su laivu (Bučas et al., 2009). Priklausomai nuo vandens skaidrumo nardant reikėtų

nufilmuoti dugną rankine povandenine kamera (pvz. GoPro tipo kamera). Filmavimas gali būti atliktas „drop-down“ tipo povandenine kamera, kurios valdymas ir gautų dugno vaizdų analizė vykdoma analogiškai, kaip nurodyta aukščiau „Buveinių apžiūros filmuotos medžiagos analizės“ dalyje. Rifų būklė vertinama pagal šiuos bazinius struktūrinius ir funkcinius biologinius parametrus:

- 1) rifus formuojančių rūšių gausumas (substrato padengimas šakotuoju banguoliu ir midijomis, jų biomasė);
- 2) maksimalus šakotojo banguolio gylio pasiskirstymas;
- 3) makrofitobentosos rūšių įvairovė ir gausumas (padengimas ir/arba biomasė)
- 4) makrozoobentosos rūšių įvairovė ir gausumas (padengimas, gausumas ir/arba biomasė).

5 Žvejybinių tralavimų poveikio Lietuvos jūros akvatorijos dugno buveinėms vertinimo metodologija

Žvejybinių tralavimų poveikio vertinimas susijęs su JSPD D6 deskriptoriaus D6C2 rodikliu „Su jūros dugno fiziniu trikdymu susijusių pavojų erdvinis mastas ir pasiskirstymas“ ir D6C3 rodikliu „Fizinio trikdymo sukeltos neigiamos poveikio kiekvienam buveinių tipui kiekvienoje vertinamojoje teritorijoje mastas“. Žvejybinių tralavimų mastas taip pat aktualus jūroje žiemojančių paukščių sankauptų apsaugai saugomose teritorijose, kur dugne yra randami mitybai svarbūs makrofaunos ištekliai.

Laivų stebėjimo sistemos (VMS) duomenys. VMS duomenys yra kaupiami Žuvininkystės tarnybos prie Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministerijos duomenų bazėse. Šiuos duomenis sudaro informacija apie žvejybinio laivo pavadinimą, registracijos šalį, laivo geografines koordinatas (platuma, ilguma), laivo judėjimo greitį (mazgais), judėjimo kryptį (laipsniai) ir judėjimo duomenų perdavimo laiką. Laivai plaukiojimo metu šią informaciją per palydovinę sistemą perduoda vienos-dviejų valandų intervalu. Laivo žvejybos dugniniu tralu įvykis turėtų būti nustatomas panaudojant Žuvininkystės tarnybos Integruotos žuvininkystės duomenų informacinės sistemos duomenis, nustatant pagrindinį žvejybos įrankį ir analizuojant laivų reisų ataskaitas.

VMS duomenų apdorojimas. Analizei naudojami nuasmeninti laivų judėjimo duomenys. Pradiniame VMS duomenų apdorojimo etape filtruojami 0 greičio ir už vertinamos teritorijos ribų esančių laivų įrašai. Traluojantys laivai nustatomi pagal 1,8-3,4 mazgo judėjimo greitį, pagrindinį įrankį patikslinant pagal laivų reiso ataskaitas. Užsienio valstybėms priklausantys laivai įtraukiami į analizę jeigu dugninis tralas yra registruotas kaip pagrindinis žvejybinis įrankis.

VMS duomenų erdviniam apdorojimui naudojama GIS (pvz., ArcGIS, MapInfo) programinė įranga, leidžianti analizuoti erdvinę informaciją. Vis įrašai apie traluojančius laivus (vietos geografinės koordinatės, judėjimo greitis ir kryptis, duomenų perdavimo laikas) integruojami į GIS duomenų bazę ir paverčiami taškiniais geoduomenų sluoksniais. Remiantis laiko įrašų informacija, du laike gretimi (1-2 val. intervalu) laivo judėjimo taškai, kai laivo greitis 1,8-3,5 mazgų, sujungiami tiesėmis atvaizduojant galimas traluojančių laivų plaukimo trajektorijas.

Nustatytoms laivų judėjimo trajektorijoms sukuriama buferinės zonos, kurių plotis turi atitikti tralo paveikto dugno (angl., footprint) plotį. Pavyzdžiui, Lietuvos išskirtinėje ekonominėje zonoje dažniausiai naudojamo tralo (angl., Otter trawl) paveikto dugno plotį sudaro skėtoklių (angl., trawl doors), tralo pagrindo (angl., trawl groundgear) ir skėtokles bei tralą jungiančių grandinių (angl., sweeps) apimtas dugno plotis (ICES, 2017; Eigaard ir kt., 2016). Nors dažniausiai naudojamo tralo pagrindo plotis yra apie 16 m, skėtoklių palikto pėdsako plotis dugne pagal empirinius matavimus yra apie 5 m, tačiau grandinių apimamas dugno plotis nėra tiksliai žinomas. Remiantis Eigaard ir kt. (2016) pateiktomis pagrindinėmis tralų *metier* charakteristikomis, kurios susietos su

laivo variklio galingumu laipsnine funkcija $(9,6 \times (\text{laivo galingumas})^{0,4337})$, Lietuvos įmonių valdomi mažieji žvejybos traleriai (MŽT) su maždaug 221 kW variklio galingumu palieka maždaug 100 m pločio paveikto dugno pėdsaką.

Žvejybinių tralavimų poveikio rodikliai. Naudojant tralavimo trajektorijų buferines zonas skaičiuojami du pagrindiniai rodikliai: tralavimo rajonų plotas (metinis ir bendras daugiamečių vertinimo laikotarpiui, D6C2) ir metinis tralavimų intensyvumas pasirinktai buveinei.

Metinis (arba bendras daugiamečių vertinimo laikotarpiui) tralavimo rajono plotas apskaičiuojamas perdengiant visas tralavimo trajektorijų buferines zonas pasirinktam laikotarpiui ir išreiškiamas kvadratiniais kilometrais (km^2) arba procentais (%) nuo Lietuvos IEZ. D6C3 rodiklis nustatomas remiantis D6C2 (su fiziniu trikdymu susijusių pavojų pasiskirstymas ir jų masto įvertis) vertinimo rezultatais, juos perdengus su cirkalitoralės smėlio ir cirkalitoralės dumblo buveinių GIS sluoksniu ir įvertinus fizinio trikdymo plotą (km^2 ir %). Vertinamos buveinės atitinka Lietuvos jūriniais vandenimis nustatytas vyraujančias buveines (angl., broad habitat types) (žiūr. antra tarpinė ataskaita, 4.1.1.20 lent.).

Fizinio trikdymo masto (D6C3) buveinių geros aplinkos būklės slenkstinei vertei taikoma 10 % vertė, kuri atitinka buveinių pasiskirstymo vertinimo gaires pagal Buveinių Direktyvą (Evans & Arvela, 2011). Alternatyva 10% geros aplinkos būklės vertės taikymui visoms buveinėms visoje Lietuvai priklausančioje Baltijos jūros dalyje galėtų būti šią slenkstinę vertę taikyti tik teritorinėje jūroje arba cirkalitoralėje, t.y. iki 70 m gylio esančioms buveinėms, kadangi čia buveinių vertė yra didesnė, nei esančių toliau nuo kranto didesniuose gyliuose, o žinių kiekis ir detalumas apie buveinių pasiskirstymą pakankamas 10% slenkstinės vertės taikymui. Žvelgiant iš tralavimo poveikio valdymo galimybių trumpajame (pvz., 5-6 metų) laikotarpyje, Lietuvos Respublika turi pakankamas teises galias reguliuoti žvejybinės veiklos pasiskirstymą tik teritorinėje jūroje, nes žinių kiekis apie buveinių vertę ir pasiskirstymą už teritorinės jūros ribų nėra pakankamas deryboms su kitomis šalimis dėl dugninių tralavimų draudimo įgyvendinimo konkrečiose teritorijose.

Žvejybinių tralavimų poveikis saugomoms teritorijoms. Kadangi dugno tralavimai yra draudžiami kai kurių jūrinių saugomų teritorijų ribose pagal jų nuostatus, rekomenduojama kasmet vertinti VMS duomenis ir nustatyti tokių tralavimų atvejus. Pradiniame etape tralavimo įvykiams nustatyti siūloma vadovautis tralavimo greičio (1,8-3,5 mazgų) ir pagrindinio įrankio (dugninis tralas) kriterijais. Esant atvejų, kai šie kriterijai tenkinami laivui esant saugomos teritorijos ribose, visa informacija apie tralavimo įvykį (data ir laikas, tikslios koordinatės) perduodamos Žuvininkystės tarnybai prie Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministerijos. Tolesnis dugninio tralavimo įvykio patvirtinimas vykdomas tikrinant laivo reisų ataskaitas. Paveikto dugno pėdsakui saugomoje teritorijoje nustatyti naudojamas toks pat laivo judėjimo trajektorijos atkūrimo pagal buferinę zoną algoritmas, kaip aprašyta aukščiau.

6 Siūlymai makrozoobentos ir buveinių monitoringo planui jūros rajone

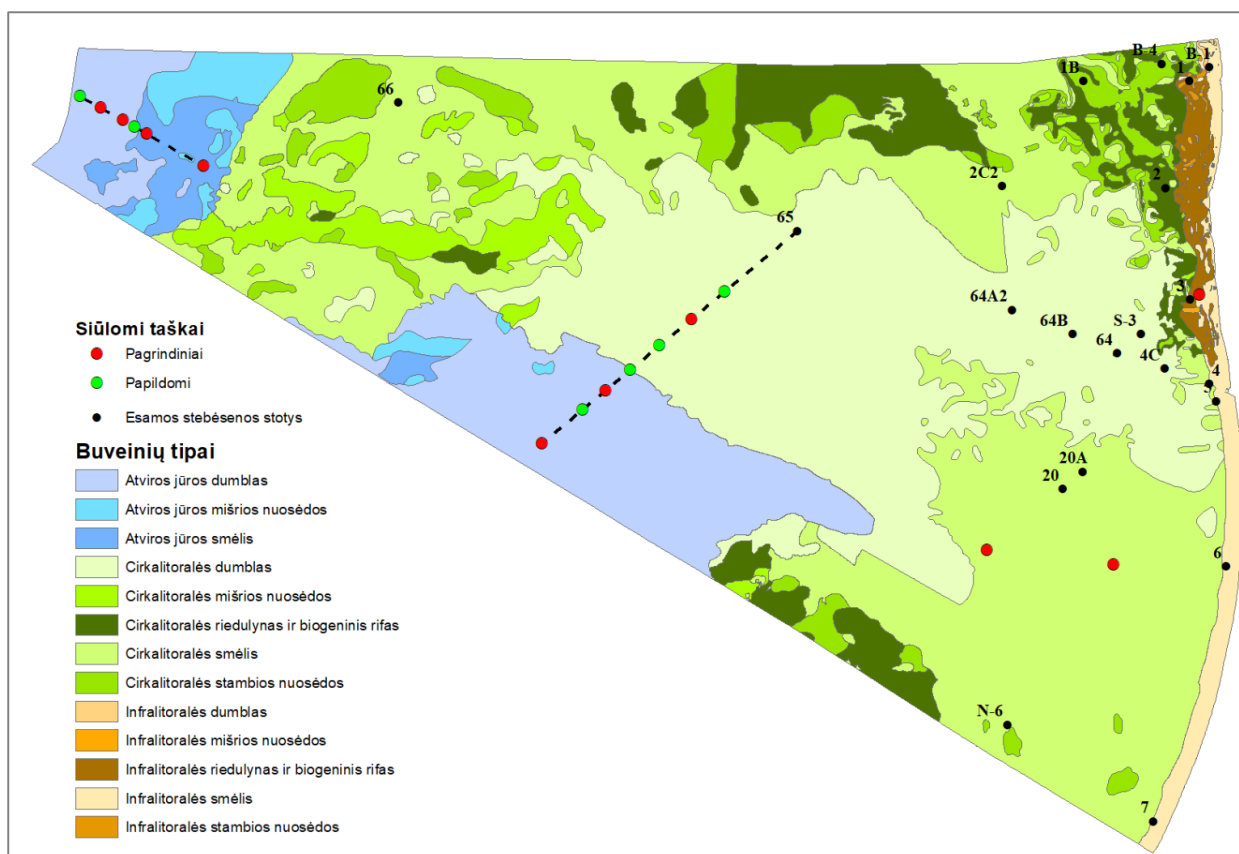
Jūros dugno buveinių būklės vertinimui yra tinkamos šios minkšto dugno makrozoobentos stebėsenos stotys: infralitoralės smėliai - 4, 5, 6, 7 stotys, cirkalitoralės smėliai – N6 (dampingo zonoje – 20 ir 20A), cirkalitoralės dumbblas – 64 ir 65 stotys. Esamas stočių tinklas neapima atviros jūros buveinių, o cirkalitoralėje šį tinklą būtina išplėsti, padengiant skirtingas gylių zonas (9 lent.).

B-1 stotis yra ties infralitoralės smėlio ir infralitoralės dumblo buveinių riba, tačiau, sprendžiant pagal daugiamečių stebėsenos duomenis, yra itin heterogeniška dugne (skirtingais metais ar net skirtingose tų pačių metų imtyse nuosėdos varijuoja nuo dumblo ir smėlio iki riedulių), todėl čia vykdyti stebėseną netikslinga.

9 lentelė. Rekomendacijos minkšto dugno makrozoobentosos stebėsenai skirtinguose buveinių tipuose. Pabraukti stočių numeriai rodo monitoringo vietas, kuriose stebėjimai atliekami epizodiškai.

JSPD stambus buveinių tipas	Plotas, km ²	Svarba	Rekomendacijos stebėsenai
Infralitoralės riedulynas ir biogeninis rifas	68	Didelė	3 stotis. Rifų stebėsenos programos dalis, vykdyti minkšto dugno stebėseną netikslinga.
Infralitoralės stambios nuosėdos	5	Maža	1 stotis. Tarpinė zona tarp riedulynų ir smėlio buveinių. Vykdyti stebėseną netikslinga.
Infralitoralės mišrios nuosėdos	2	Maža	Tarpinė zona tarp riedulynų ir smėlio buveinių. Vykdyti stebėseną netikslinga.
Infralitoralės smėlis	142	Vidutinė	4, 5, 6, 7 stotys. Papildyti stotimi kontinentinėje dalyje.
Infralitoralės dumblas	< 2	Maža	Priekrantei nebūdinga buveinė, esanti išskirtinai ties Šventosios upės žiotimis. Vykdyti stebėseną netikslinga.
Cirkalitoralės riedulynas ir biogeninis rifas	420	Didelė	2 stotis. Rifų stebėsenos programos dalis, vykdyti minkšto dugno stebėseną netikslinga.
Cirkalitoralės stambios nuosėdos	345	Maža	1B, B-4 stotys. Tarpinė zona tarp riedulynų ir smėlio buveinių. Vykdyti stebėseną netikslinga.
Cirkalitoralės mišrios nuosėdos	235	Maža	Tarpinė zona tarp riedulynų ir smėlio buveinių. Vykdyti stebėseną netikslinga.
Cirkalitoralės smėlis	2360	Vidutinė	N6, <u>2C2</u> , <u>66</u> , 20, 20A stotys (pastarosios dvi – dampingo zonoje). Papildyti stotimis padengiant skirtingas gylių zonas.
Cirkalitoralės dumblas	1853	Vidutinė	64, 65, <u>4C</u> , <u>S-3</u> stotys. Papildyti stotimis padengiant skirtingas gylių zonas.
Atviros jūros mišrios nuosėdos	119	Maža	Vykdyti stebėseną netikslinga.
Atviros jūros smėlis	130	Vidutinė	Įtraukti stebėsenos stotis padengiant skirtingas gylių zonas.
Atviros jūros dumblas	748	Maža	Įtraukti stebėsenos stotis padengiant skirtingas gylių zonas.

Siūlomos stebėsenos stotys (22 pav.) suskirstytos į dvi grupes: pagrindinės ir papildomos. Pagrindinės stotys skirtos buveinių tipų būklės vertinimui, įtraukiant atviros jūros buveines bei išplečiant cikralitoralės ir infralitoralės buveinių stočių tinklą. Papildomos stotys skirtos priedugnio deguonies režimo pokyčių stebėjimui bei jų poveikio makrozoobentosos bendrijoms vertinimui. Vakariniame traverse pagrindinės stotys išdėstytos 75, 80, 100 ir 110 m gyliuose, papildomos – 90 ir 120 m gyliuose. Centriniam traverse pagrindinės stotys išdėstytos 60, 72, 80 m gyliuose, papildomos – 55, 65, 70 ir 75 m gyliuose. Stočių koordinatės pateiktos 10 lentelėje.



22 paveikslas. Siūlomos naujos minkšto dugno makrozoobentos stebėsenos stotys.

10 lentelė. Siūlomų naujų minkšto dugno makrozoobentos stebėsenos stočių koordinatės WGS koordinacių sistemoje.

Nr.	Tipas	Ilguma, °	Platuma, °
1	Pagrindinė	21,033400	55,821201
2	Pagrindinė	20,670500	55,573502
3	Pagrindinė	20,886801	55,560398
4	Pagrindinė	20,160400	55,794899
5	Pagrindinė	19,907499	55,672901
6	Pagrindinė	20,014700	55,724701
7	Pagrindinė	19,175400	55,976898
8	Pagrindinė	19,136600	55,988400
9	Pagrindinė	19,317101	55,934700
10	Pagrindinė	19,217199	55,964500
11	Papildoma	19,976299	55,706200
12	Papildoma	20,056801	55,745098
13	Papildoma	20,106600	55,769100
14	Papildoma	20,216900	55,821999
15	Papildoma	19,101101	55,999001
16	Papildoma	19,195700	55,970901

7 Siūlymai zooplanktono, deguonies ir hidrologinių parametru monitoringo programai atviroje jūros akvatorijoje

Dėl duomenų stokos šiuo metu zooplanktono indikatorius (Zooplanktono vidutinis dydis ir bendras išteklius, angl. Zooplankton Mean Size and Total Stock, MSTs) GAB vertės atviros jūros giliavandenėje 46 stotyje yra apskaičiuotos preliminariai (mažas mėginių skaičius n=3 per 7 metų stebėjimo laikotarpį) ir tik vandens sluoksniui virš termoklino (25 m vandens paviršiaus sluoksnis). Kadangi planktofagės žuvis daugiausiai maitinasi žemiau termoklino indikatorius neatspindi mitybos tinklo būklės (pagal kriterijų D4C3). Be to jo negalima pritaikyti pelaginių buveinių būklės vertinimui visame vandens stulpe (pagal kriterijų D1C6).

Zooplanktono tyrimai giluminėje LEZ dalyje būtų vertingi planuojant rodiklio interkalibraciją Rytų Gotlando rajone su kaimyninėmis Latvijos ir Lenkijos šalimis. Dėl to būtina užtikrinti reguliarių zooplanktono mėginių paėmimą 46 monitoringo stotyje. Svarbu, kad zooplanktono mėginiai šioje stotyje būtų imami griežtai laikantis HELCOM (2017) rekomendacijų.

Zooplanktono mėginių paėmimo vieta ir laikas

Mėginiai turi būti imami vasaros sezono metu (birželio – rugsėjo mėn.) mažiausiai vieną kartą per sezoną, optimaliai 3 kartus – vasaros pradžioje, viduryje ir pabaigoje (11 lent.).

11 lentelė. Rekomenduojamas mezozooplanktono mėginių ėmimo stočių tinklo bei gylio horizontų išdėstymas atviroje jūros akvatorijoje.

Tipas	Stočių skaičius (tinkamos nacionalinio monitoringo stotys)	Mėginio paėmimo būdas	Mėginių ėmimo dažnis	Mėginių skaičius
Atviros jūros giliavandenės stotys (100-120 m)	46 stotis	Imami 3 mėginiai: 1) nuo termoklino pradžios iki paviršiaus, jei nėra termoklino - nuo 25 m iki paviršiaus; 2) nuo haloklino pradžios iki termoklino pradžios, jei nėra haloklino ir/arba termoklino - nuo 75 m iki 25 m; 3) nuo 5 m virš dugno iki haloklino pradžios, jei nėra haloklino - nuo 5 m virš dugno iki 75 m.	1-3 kartus	3-9

Mezozooplanktono mėginių paėmimas. Mezozooplanktono mėginiai Baltijos jūros monitoringo stotyse turi būti imami pagal nustatytas HELCOM rekomendacijas (2017). Mėginių ėmimui turi būti naudojamas standartinis vertikalus WP-2 tinklas (tinklo akutės dydis 100 µm, tinklo angos diametras 57 cm) su pritvirtintu srovės matuokliu, tinklo traukimo greitis turi siekti apie 0,5 m/s, turi būti atlikta traukimo kampo korekcija.

Zooplanktono mėginių analizė. Visi submėginyje esantys organizmai yra apibūdinami iki rūšies (arba genties, 12 lentelė), skaičiuojami ir matuojami. Skaičiavimo tikslumas yra pakankamas, jei suskaičiuojama ne mažiau 100 kiekvienos rūšies individų. Skirtingų planktono vėžiagyvių taksonominių grupių ir atskirų vystymosi stadijų biomasė nustatoma naudojant biomasės faktorius (Hernroth, 1985). Tačiau kai reikiamų biomasės faktorių nėra, biomasės nustatymui turi būti naudojamas standartinis ūginių grupių metodas (Witek et al., 1996; Salazkin et al., 1984). Todėl siekiant tikslesnio biomasės įvertinimo bei zooplanktono dydžio kaitos stebėseną rekomenduojama visus zooplanktono organizmus matuoti individualiai.

12 lentelė. Zooplanktono mėginyje nustatomi bei duomenų bazėse pateikiami parametrai bei apskaičiuojami rodikliai ir jų vienetai.

Parametras	Matavimo vienetai
Taksonominė sudėtis	<p>Šakotaūšiai vėžiagyviai (Cladocera) identifikuojami iki rūšies.</p> <p>Irklokojai vėžiagyviai (Copepoda): atskirai skaičiuojami nauplijai, identifikuojamos kopepoditinės stadijos (1-3 ir 4-5), suaugusių individų nustatoma lytis (patinai, patelės). Suaugėliai identifikuojami iki rūšies, kopepoditinės stadijos iki rūšies (arba genties), o nauplijai mažiausiai iki būrio.</p> <p>Verpetės identifikuojamos iki rūšies arba genties.</p> <p>Taip pat turi būti skaičiuojamos ir identifikuojamos (iki aukštesnio taksono rango, pvz. būrio) bentoso gyvūnų lervos.</p>
Gausumas ir biomasė	Kiekvieno identifikuoto taksono atskirai: ind./m ³ ir mg/m ³
Vidutinis zooplanktono dydis (t.y. santykis tarp bendros biomasės ir bendro gausumo) ir biomasė	μg/ind. ir mg/m ³

Tarptautinė standartizacija. Būtina orientuotis į tarptautinius biomasės nustatymo metodų atnaujinimus, kurie suderinti HELCOM inicijuotoje zooplanktono ekspertų tinklo (ZEN) grupėje (http://www.helcom.fi/projects/on_going/en_GB/zenqai/). Monitoringą atliekantis ekspertas turi dalyvauti tarptautinėse interkalibracijose. Aplinkos būklės vertinimą pagal zooplanktono rodiklius atliekantis ekspertai turi atsižvelgti į tai, jog iki šiol GAB vertėms nustatyti naudoti tik paviršinio vandens sluoksnio virš termoklino vasaros zooplanktono duomenys. Ateityje susikaupus pakankamam duomenų kiekiui (5 metų) vertės būtina perskaiciuoti įtraukiant gilius vandens horizontus, kuriuose iki šiol stebėseną buvo vykdoma nereguliariai.

Degūnės ir hidrologiniai parametrai

Siekiant išsamiai įvertinti vyraujančias fizikinių-cheminių savybių tendencijas bei atviros jūros buveinių būklę, reikalingi išsamūs druskingumo, degūnės ir temperatūros duomenys vandens stulpe ir priedugnio sluoksnyje. Siūloma Baltijos jūros monitoringą papildyti dažnesniais matavimais keliose stebėsenos stotyse. Atviroje jūroje esančioje 46 monitoringo stotyje, apimančioje ir buveines, esančias žemiau haloklino (gylis 117 m), druskingumo, temperatūros ir degūnės matavimus vandens stulpe ir priedugnyje siūloma atlikti bent kartą į sezoną (t.y. bent 4 kartus per metus skirtingais sezonais) papildomai įvertinant charakteristikas, kaip anoksinės zonos susidarymo viršutinė riba, degūnės mažėjimo ir/ar vandenilio sulfido koncentracijos vertikalusis profilis.

Atsižvelgiant, kad 2017 m. rugpjūčio mėn. buvo aptikti epizodiški degūnės deficito atvejai ir virš haloklino esančiuose vandenyse (29 ir 38 m gyliuose, atitinkamai 2C2 ir 64A2 monitoringo stotyse), taip pat siūloma į reguliarius monitoringo stebėjimus įtraukti ir šias stotis, monitoringą atliekant bent kartą į sezoną (t.y. bent 4 kartus per metus skirtingais sezonais), kad būtų galima įvertinti ar pastabėta hipoksija šiose stotyse atspindi tik momentinę situaciją, ar tai ilgalaikis hidrologinių sąlygų pakitimas.

Literatūra

Bresciani, M., Adamo, M., De Carolis, G., Matta, E., Pasquariello, G., Vaičiūtė, D., Giardino, C. 2014. Monitoring blooms and surface accumulation of cyanobacteria in the Curonian Lagoon by combining MERIS and ASAR data. *Remote Sensing of Environment* 146: 124–135. doi:10.1016/j.rse.2013.07.040.

Bučas, M., Daunys, D., Olenin, S., 2009. Recent distribution and stock assessment of the red alga *Furcellaria lumbricalis* on an exposed Baltic Sea coast: combined use of field survey and modelling methods. *Oceanologia* 51(3): 1-19.

Bučas, M., Šaškov, A., Šiaulyš, A., Sinkevičienė, Z., 2016. Assessment of a simple hydroacoustic system for the mapping of macrophytes in extremely shallow and turbid lagoon. *Aquatic Botany* 134: 39–46.

HELCOM, 1984. Guidelines for the Baltic Monitoring Programme. Helsinki. Balt. Sea Environ. Proc., 12.

HELCOM, 1988. Guidelines for the Baltic monitoring programme for the third stage. part D. Biological determinands. *Baltic Sea Environment Proceedings 27D*, Helsinki Commission: 16–23.

HELCOM, 1997. Manual for Marine Monitoring in the COMBINE Programme of HELCOM, <http://sea.helcom.fi/Monas/CombineManual2/CombineHome.htm>

HELCOM, 2017. Manual for marine monitoring in the COMBINE program of HELCOM, Annex C-7.

(<http://www.helcom.fi/Documents/Action%20areas/Monitoring%20and%20assessment/Manuals%20and%20Guidelines/Guidelines%20for%20monitoring%20of%20mesozooplankton.pdf>).

Hernroth L., 1985. Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea. Mesozooplankton biomass assessment. *The Baltic Marine Biologists*, Publ. 10.

INFORM. INFORM Prototype/Algorithm Validation Report Update, D5.15. INFORM, 2016. Available online:

[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjZnIq566_mAhW-](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjZnIq566_mAhW-UhUIHZEoBTUQFjAAegQIBBAC&url=http%3A%2F%2Finform.vgt.vito.be%2Ffiles%2Fdocuments%2FINFORM_D5.15_v1.0.pdf&usg=AOvVaw2S4Q_ofKQQBon-LYcm4a9_)

[UhUIHZEoBTUQFjAAegQIBBAC&url=http%3A%2F%2Finform.vgt.vito.be%2Ffiles%2Fdocuments%2FINFORM_D5.15_v1.0.pdf&usg=AOvVaw2S4Q_ofKQQBon-LYcm4a9_](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjZnIq566_mAhW-UhUIHZEoBTUQFjAAegQIBBAC&url=http%3A%2F%2Finform.vgt.vito.be%2Ffiles%2Fdocuments%2FINFORM_D5.15_v1.0.pdf&usg=AOvVaw2S4Q_ofKQQBon-LYcm4a9_) (accessed on 12 December 2019).

INFORM. INFORM Prototype/Algorithm Validation Report Update, D5.15. INFORM, 2016. Available online:

[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjZnIq566_mAhW-](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjZnIq566_mAhW-UhUIHZEoBTUQFjAAegQIBBAC&url=http%3A%2F%2Finform.vgt.vito.be%2Ffiles%2Fdocuments%2FINFORM_D5.15_v1.0.pdf&usg=AOvVaw2S4Q_ofKQQBon-LYcm4a9_)

[UhUIHZEoBTUQFjAAegQIBBAC&url=http%3A%2F%2Finform.vgt.vito.be%2Ffiles%2Fdocuments%2FINFORM_D5.15_v1.0.pdf&usg=AOvVaw2S4Q_ofKQQBon-LYcm4a9_](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjZnIq566_mAhW-UhUIHZEoBTUQFjAAegQIBBAC&url=http%3A%2F%2Finform.vgt.vito.be%2Ffiles%2Fdocuments%2FINFORM_D5.15_v1.0.pdf&usg=AOvVaw2S4Q_ofKQQBon-LYcm4a9_) (accessed on 12 December 2019).

Interpretation manual - EUR25, 2003. Interpretation manual of European Union habitats. European Commission, DG ENvironment. Mature and biodiversity, 127 pp.

Kolada, A., Hellsten, S., Kanninen, A., Søndergaard, M., Dudley, B., Nöges, P., Ott, I., Ecke, F., Mjelde, M., Bertin, V., Davidson, T., Duel, H., 2009. Overview and comparison of macrophyte survey methods used in European countries and a proposal of harmonized common sampling protocol to be used for WISER uncertainty exercise including a relevant common species list. Wiser Deliverable D3.2–1. <http://www.wiser.eu/results/deliverables/>

- Malhotra, A., Fonseca, M.S., 2007. WEMo (wave exposure model): formulation, procedures and validation. NOAA Tech. Memo. NOS-NGS 65: 28.
- Pebesma, E.J., 2004. Multivariable geostatistics in S: the gstat package. *Computers & Geosciences*, 30: 683-691.
- QGIS.org, 2020. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.org>.
- R Core Team, 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Robert, J.H., 2020. raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 3.1-5. <https://CRAN.R-project.org/package=raster>
- RStudio Team, 2020. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.
- Salazkin A.A., Ivanova M.B., Ogorodnikova V.A., 1984. Methodical recommendations on collection and treatment of materials during hydrobiological studies in fresh water bodies: zooplankton and its production. State Research Institute of Lake and River Fisheries, Leningrad (in Russian).
- Schneider, S., Ziegler, C., Melzer, A., 2006. Growth towards light as an adaptation to high light conditions in Chara branches. *New Phytol.*, 172: 83-91.
- Schroeder, T., Behnert, I., Schaale, M., Fischer, J., Doerffer, R., 2007a. Atmospheric correction for MERIS above Case-2 waters. *International Journal of Remote Sensing* 28(7), 1469–1486.
- Schroeder, T., Schaale, M., Fischer, J., 2007. Retrieval of atmospheric and oceanic properties from MERIS measurements: A new Case-2 water processor for BEAM, *International Journal of Remote Sensing* 28(24): 5627–5632.
- Steinhardt, T., Karez, R., Selig, U., Schubert, H., 2009. The German procedure for the assessment of ecological status in relation to the biological quality element - Macroalgae & Angiosperms - pursuant to the European Water Framework Directive (WFD) for inner coastal waters of the Baltic Sea. *Rostocker Meeresbiologische Beiträge* 22: 7-42.
- Vaičiūtė, D., Bresciani, M., Bartoli, M., Giardino, C., Bučas, M. 2015. Spatial and temporal distribution of coloured dissolved organic matter in a hypertrophic freshwater lagoon. *Journal of Limnology* 74(3): 572-583. doi:10.4081/jlimnol.2015.1176.
- Vaičiūtė, D., Bresciani, M., Bučas, M. 2012. Validation of MERIS bio-optical products with in situ data in the turbid Lithuanian Baltic Sea coastal waters. *Journal of Applied Remote Sensing* 6(1): 063568-1 - 063568-20. doi:10.1117/1.JRS.6.063568.
- Vaičiūtė, D., Bresciani, M., Bartoli, M., Giardino, C., Bučas, M. 2015. Spatial and temporal distribution of coloured dissolved organic matter in a hypertrophic freshwater lagoon. *Journal of Limnology* 74(3): 572-583. doi:10.4081/jlimnol.2015.1176.
- Vermote, E. F., Tanre, D., Deize, J. L., Herman, M., & Morcrette, J. J. (1997). Second simulation of the satellite signal in the solar spectrum, 6S: An overview. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 35: 675–686.
- Witek Z., G. Breuel, M. Wolska-Pyś, P. Gruszka, A. Krajewska-Sołtys, L. Ejsymont, D. Sujak 1996. Comparison of different methods of Baltic zooplankton biomass estimations. *Proceedings of the XII BMB Sympozjum, Institute of Aquatic Ecology, University of Latvia: 87-92*