



Klaipėdos
universitetas
Jūros tyrimų
institutas



Interreg
Latvija-Lietuva
Europos regioninės plėtros fondas



PLATELIŲ EŽERO VANDENS BŪKLĖS GERINIMO VEIKSMŲ PLANO PARENGIMAS

I etapo „Platelių ežero baseino žemėnaudos analizės“ ataskaita



Klaipėda, 2022

Šis dokumentas parengtas naudojant Europos Sąjungos finansinę paramą. Už šio dokumento turinį atsako Žemaitijos nacionalinio parko direkcija. Jokiomis aplinkybėmis negali būti laikoma, kad jis atspindi Europos Sąjungos nuomonę.

Šis planas parengtas įgyvendinant projektą Kuržemės ir šiaurės Lietuvos ežerų valdymo bei priežiūros tobulinimas (LIVE LAKE). Projektą finansuoja 2014–2020 m. Interreg V-A Latvijos ir Lietuvos programa.

Visas projekto biudžetas – 981750 Eur. Iš jų – bendrasis Europos regioninės plėtros fondo finansavimas – 834490,49 Eur.

This document has been prepared with the financial support of the European Union. The Directorate of Žemaitija National Park is fully responsible for the content of this document and it cannot be considered the official position of the European Union under any circumstances.

The Plan has been developed under the Interreg V-A Latvian-Lithuanian cross-border cooperation program 2014-2020. in the project "Lake Management and Management in Kurzeme and Northern Lithuania" (LIVE LAKE).

The total cost of the project is 981750 EUR. The co-financing of the project from the European Regional Development Fund is EUR 834,490.

I etapo pagrindiniai ekspertai:

Dr. Martynas Bučas



Dr. Diana Vaičiūtė



Dokt. Edvinas Tiškus



Dokt. Jonas Gintauskas



Tyrimai atliekami sutinkamai su paslaugų 2021 m. gruodžio 17 d. viešojo pirkimo - pardavimo sutartimi Nr. 2021-12-08 Nr. F9-81-(5.60k)/SUT-21P-76 tarp Žemaitijos nacionalinio parko direkcijos ir Klaipėdos universiteto.

TURINYS

ĮVADAS	6
1. PLATELIŲ BASEINO ŽEMĖNAUDOS ANALIZĖ.....	7
2. RETROSPEKTYVINĖ VANDENS ŽYDĖJIMO (CHLOROFILO-A) ANALIZĖ TAIKANT NUOTOLINIUS METODUS	17
3. RETROSPEKTYVINĖ MAKROFITŲ (NENDRYNŲ) UŽAUGIMO ANALIZĖ TAIKANT NUOTOLINIUS METODUS.....	22
4. VANDENS LYGIO SVYRAVIMAI.....	29
LITERATŪROS ŠALTINIAI	33

IVADAS

Platelių ežeras – viena iš intensyviausiai ir labiausiai naudojamų ežerų rekreaciniais tikslais Žemaitijos nacionaliniame parke. Ežeras ir jį supanti žemyninė dalis yra naudojama ne tik turistų, bet ir vietinių gyventojų ir privačių įmonių, todėl kyla susirūpinimas, ar naudojami aplinkiniai ir ežero ištekliai nepablogins ežero vandens kokybės ir ar nepakeis jos ekosistemos. 2018 m. fiksuojant karščiausią ir šilčiausią periodą per dešimtmetį, buvo nustatytos melsvabakterių, nebūdinga Platelių ežerui fitoplanktono grupė, sankaujų (Kvašinskas, 2018), kurios yra eutrofikuotų telkinių vandens kokybės blogėjimo indikatorius. Siekiant įvertinti Platelių ežero vandens ekologinę būklę ir numatyti galimus veiksmus vandens kokybės gerinimui Žemaitijos nacionalinio parko direkcija iniciavo projektą „Platelių ežero vandens būklės gerinimo veiksmų plano parengimas“, kuris susideda iš 3 etapų:

1. Platelių ežero baseino žemėnaudos analizė,
2. biologiniai bei cheminiai tyrimai Platelių ežero vandens stovyklėse, dugno nuosėdose, upeliuose ir kanaluose, įtekančiuose į Platelių ežerą,
3. Platelių ežero būklės pagerinimo veiksmų bei ežero baseino žemėnaudos optimizavimo planai.

Šioje ataskaitoje bus pateikti pirmojo etapo rezultatai apimantys baseino žemėnaudos analizę, retrospektyvinę vandens žydėjimo (chlorofilo-a) analizę, retrospektyvinę makrofitų užaugimo bei vandens lygio įvertinimus. Baseino žemėnaudos analizėje, naudojant skirtingas žemėnaudos duomenų bazines (CORINE, GDR10LT), buvo nustatyta upelių baseinų žemėnaudos struktūra bei natūralumo laipsnis, hidrografinio tinklo natūralumas. Retrospektyvinės analizės metu buvo įvertinta vidutinių ežero chlorofilo-a (chl-a) reikšmių kaita nuo 1984 iki 2021 metų, erdvinis chl-a pasiskirstymas Platelių ežere nustatant didžiausių verčių sankaujų vietas. Retrospektyvinės makrofitų užaugimo analizės metu buvo atlikta makrofitų padengimo (užimamas plotas) kaita analizė nuo 1984 iki 2021 metų. Nustatant vietas, kuriose makrofitų užaugimo plotis yra didžiausias. Taip pat buvo įvertinta nendrynų pjovimo poveikis jų vėlesniam užaugimui. Paskutinioji užduotis šiame etape skirta vandens lygio Platelių ežere svyravimo įvertinimui nuo 2013 metų, kurie palyginti su chl-a ir makrofitų pasiskirstymu ežere.

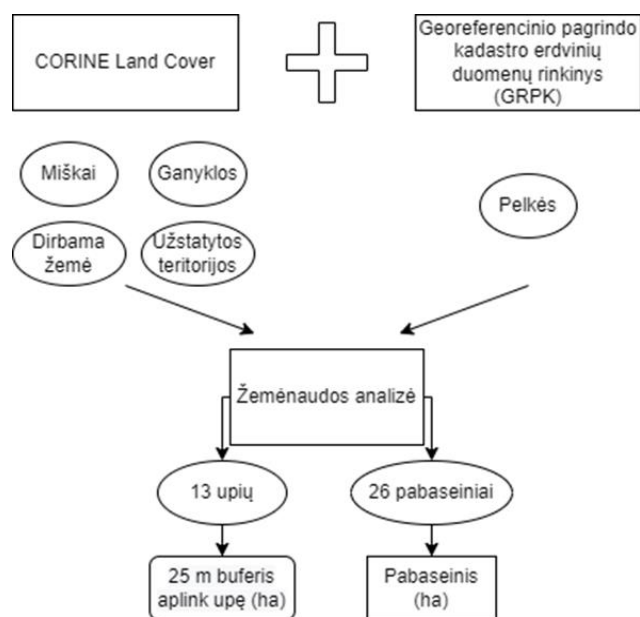
1. PLATELIŲ BASEINO ŽEMĖNAUDOS ANALIZĖ

IVADAS

Platelių ežero baseine dirbami laukai ir užstatytos teritorijos, yra pagrindinis maistinių medžiagų šaltinis. Šios medžiagos per tankų upių tinklą patenka į Platelių ežerą ir taip tampa prieinamos oligotrofinėje sistemoje, todėl nenatūralių žemėnaudų plotų didėjimas daugiamečių perspektyvoje gali paspartinti ežero trofiškumo procesus ir pakeisti visos ekosistemos būklę. Maistinių medžiagų patekimo mastai į Platelių ežerą taip pat priklauso ir nuo upių tinklo bei pelkių natūralumo, jų dydžių ir gausos ežero pabaseiniuose. Kadangi nepažeistose upių vagose, natūraliose pelkėse vanduo praturtintas ištirpusiomis ir partikuliuotomis maistinėmis medžiagomis yra efektyviai apvalomas iki patenkant į ežerą, todėl yra labai svarbu stebėti ežero baseino žemėnaudos pasiskirstymą ir numatyti jų potencialų vaidmenį maistinių medžiagų efektyviam sulaikymui. Nuotoliniai tyrimų metodai leidžia įvertinti erdvinį žemėnaudos ir hidrografinio tinklo pasiskirstymą daugiamečių perspektyvoje bei numatyti potencialiai galimų pasklidosios taršos (dirbamų laukų, užstatytos teritorijos) šaltinių teritorijas. Šio tyrimo tikslas – įvertinti žemėnaudos struktūros pasiskirstymą Platelių ežero upių pabaseiniuose ir visame baseine bei numatyti potencialų vaidmenį maistinių medžiagų įnešimui į Platelių ežerą. Šiam tikslui pasiekti buvo atliktos kelios analizės: upių baseinų žemėnaudos pokyčių, baseinų natūralumo, šlapynių struktūros pažeidimo, hidrografinio tinklo natūralumo ir pasklidosios taršos šaltinių.

TYRIMŲ MEDŽIAGA IR METODAI.

Upių pabaseinių žemėnaudos analizė. Platelių ežerui priklausančių upių baseinų žemėnaudos struktūros ir jos natūralumo laipsnio įvertinimui buvo naudojama analizės schema, pateikta 1-1 paveiksle.

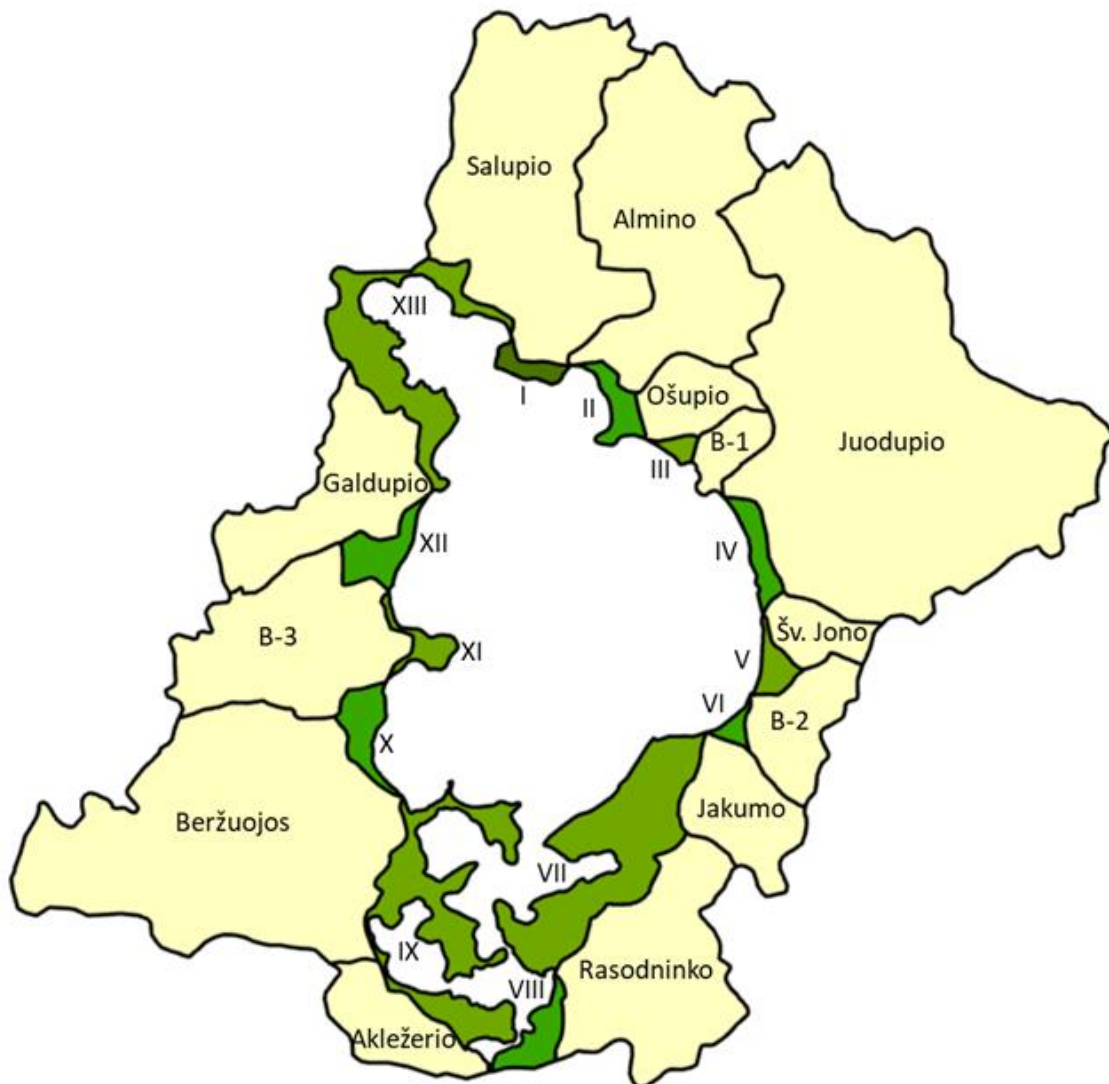


1-1 pav. Platelių ežero pabaseinių žemėnaudos analizės schema.

Žemėnauda išskiriama į miškus, ganyklas, dirbamas žemes, užstatytas teritorijas bei pelkes. Miškų, ganyklų, dirbamos žemės ir užstatytų teritorijų užimami plotai buvo apskaičiuojami naudojant Corine Land Cover erdviniai duomenys (CLMS-EU, 2021). Pelkių padengimo upių baseinuose įvertinimui buvo naudojamas georeferencinio pagrindo kadastro erdvių duomenų rinkinys (GRPK, 2021). Užimami žemėnaudų plotai buvo apskaičiuoti hektarų vienetais.

Upių baseinų žemėnaudų struktūra vertinama dviem būdais: (a) nustačius 25 metrų buferinę zoną aplink tiesiogiai į Platelių ežerą įtekančias upes (tokių buvo 13), ir (b) apskaičiuojant

kiekvieną Platelių baseino pabaseinį sudarančią žemėnaudą (13 upių pabaseinių ir 13 tiesioginio nuotėkio pabaseinių) (1-1 pav.). Upių pabaseinius sudarė Akležerio, Jakumo, Juodupio, Rasodninko, Šv. Jono, Bevardžio 1, Bevardžio 2, Almino, Beržuojos, Galdupio, Ošupio, Salupio, Bevardžio 3. Tiesioginio nuotėkio pabaseiniai buvo sužymėti nuo I iki XIII romėniškais skaičių ženklais (1-2 pav.).



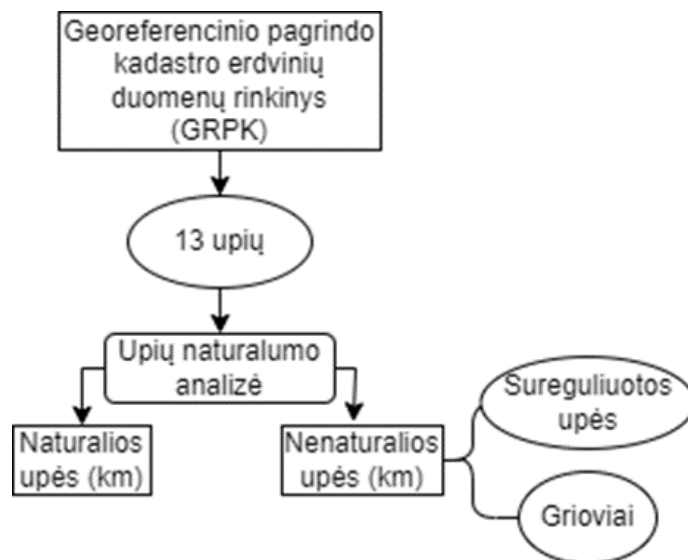
1-2 pav. Platelių ežero upių pabaseiniai (geltona) ir tiesioginio nuotėkio pabaseiniai (žalia).

Miškai, ilgalaikės ekstensyviai naudojamos ganyklos ir pelkės buvo vertinamos kaip natūralūs žemėnaudos paviršiai. Nenatūralūs žemėnaudos paviršiams priskiriama dirbama žemė ir užstatytos teritorijos. Žemėnaudos natūralumo laipsnis įvertintas natūralių ir nenatūralių žemėnaudos plotų santykiu, kurio reikšmės didesnės nei 1 rodo natūralių žemėnaudų dominavimą, ir priešingai.

Platelių baseino šlapynių struktūros analizei buvo nustatytos šlapynių užimami plotai (ha) ir vertinama melioracinių griovių užimama teritorija. Aplink melioracijos griovį iš abiejų kranto pusių buvo sudaroma 25 metrų buferinė griovio poveikio zona ir laikoma bei apskaičiuojama potencialiai pažeistas pelkės plotas.

Pasklidosios taršos šaltinių teritorijos nustatytos iš žemėnaudos analizės gautų rezultatų. Potencialūs pasklidosios taršos šaltiniai laikomos teritorijos, kuriose identifikuojami nenatūralūs žemėnaudos paviršiai.

Hidrografinio tinklo natūralumas buvo analizuojamas 13 upių pabaseinių teritorijose. Šiai analizei naudojami hidrografiniai duomenys gauti iš Platelių ežero baseino hidrografinės schemos, esančios techninėje Platelių ežero vandens būklės pagerinimo veiksmų plano parengimo užduotyje (projekto Nr. LLI-449) ir duomenys gauti iš GRPK. Gauta hidrografinė informacija buvo suskirstyta į natūralias ir nenatūralias upes. Nenatūralias upes sudarė sureguliuotos upės ir grioviai (1-3 pav.).

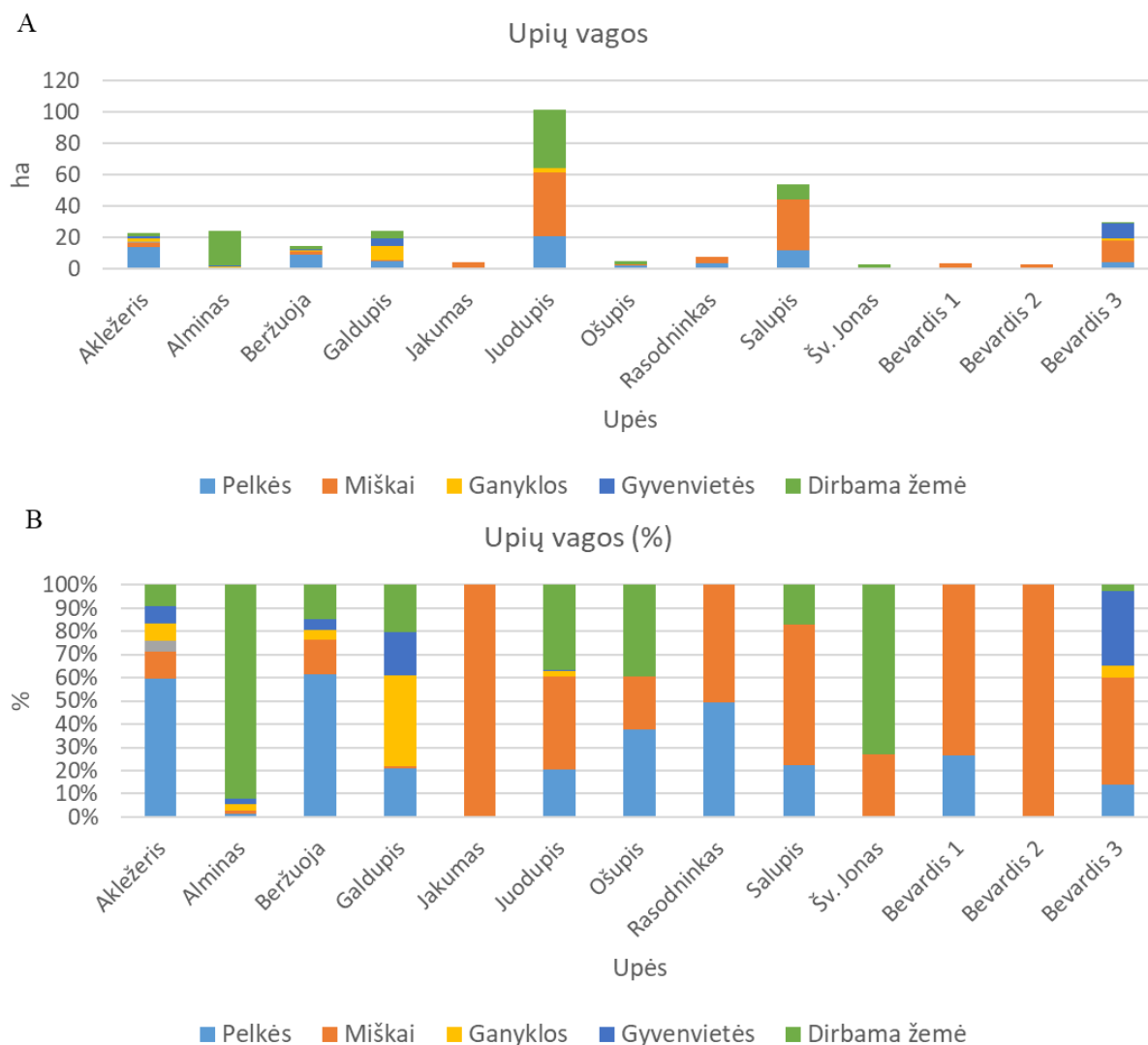


1-3 pav. Platelių ežero upių natūralumo analizės schema.

Upių natūralumas buvo įvertintas pagal natūralių ir nenatūralių upių ilgių (km) santykį, kurio reikšmės didesnės nei 1 rodo natūralių upių dominavimą, o vertės esančios mažiau nei 1 rodo nenatūralių upių dominavimą. Upių natūralumas buvo įvertinamas kiekviename Platelių ežero upių pabaseinyje.

REZULTATAI

Upių pabaseinių žemėnaudos struktūra 25 m aplink upę ir jos natūralumo laipsnis. Platelių ežero upių pabaseinių žemėnauda aplink upes (25 m buferyje), tiesiogiai įtekančias į Platelių ežerą, buvo suskirstyta į 5 grupes: pelkės, miškai, ganyklos, gyvenvietės ir dirbama žemė. Pagal žemėnaudos grupes daugiausiai ploto užima miškai – 108 ha (37 %), dirbama žemė – 83 ha (28 %) ir pelkės – 71 ha (24 %). O gyvenvietės ir ganyklos sudarė po 6 %, t.y. 17 ha ir 16 ha, atitinkamai (1-4 pav.). Daugiausia pelkių, miškų ir dirbamos žemės buvo prie Juodupio upės, bet šioje upėje tiriamasis plotas siekė 34 % visų Platelių ežero baseine tirtų upių ploto. Daugiausia ganyklų buvo prie Galdupio upės. Daugiausia gyvenviečių buvo prie Bevardžio-3 upės. Kai kurių upių visą vagą sudarė vieno tipo žemėnauda – miškai, t.y. prie Jakumo ir Bevardžio-2 upių. Pelkės dominavo iš Akležerio į Platelius ištekančiose upėse (62 %) ir prie Beržujos upės (61 %). Tačiau pelkių neaptikta prie Jakumo, Šv. Jono ir Bevardžio-2 upių. Didžiausias užimamas ganyklų plotas yra prie Galdupio upės (39 %), gyvenviečių - Bevardžio-3 upės (32 %), dirbamos žemės – Almino (92 %) ir Šv. Jono (73 %) upių pabaseinių.

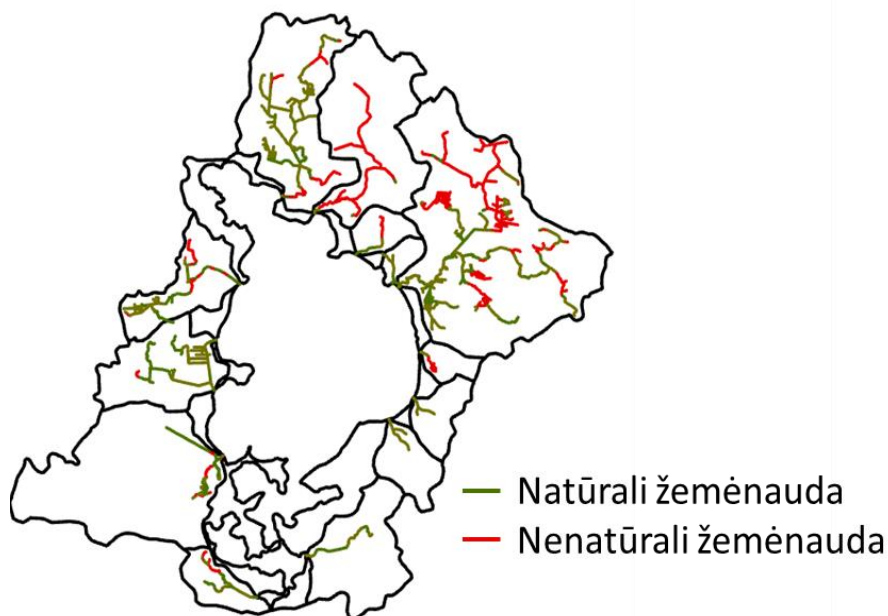


1-4 pav. Žemėnaudos pasiskirstymas Platelių ežero baseine. Žemėnaudos pasiskirstymas upių pabaseiniuose upių buferinėse zonose per hektarą (A) ir procentais (B).

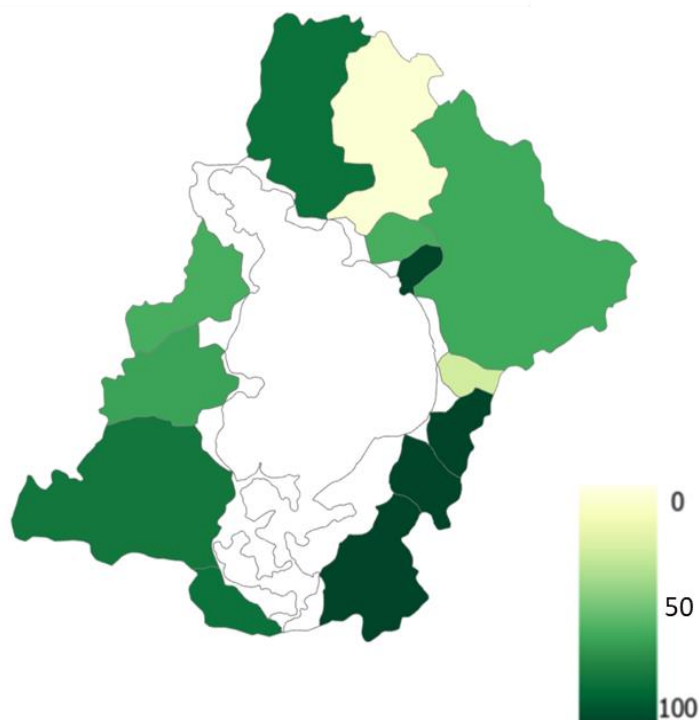
Vertinant natūralumo pasiskirstymą Platelių ežero baseine, nustatyta, kad mažiausiai natūralių naudmenų yra Almino (5 %) ir Šv. Jono (17 %) upių pabaseiniuose. Daugiausiai natūralios žemėnaudos, sudarančios 100 % teritorijos, yra Jakumo, Rasodninko, Bevardžio-1 ir Bevardžio-2 upių pabaseiniuose (1-5 pav.).

26 pabaseinių (13 upių ir 13 tiesioginio nuotėkio pabaseinių) žemėnaudos struktūra ir jos natūralumo laipsnis. Platelių ežero baseino pabaseinių žemėnauda buvo suskirstyta į 5 grupes: pelkės, miškai, ganyklos, gyvenvietės ir dirbama žemė. Pelkės užima 252 ha (8 %), miškai – 1729 ha (47 %), ganyklos – 200 ha (5 %), gyvenvietės – 290 ha (8 %), dirbama žemė – 1208 ha (33 %). Daugiausiai pelkių yra Beržujos upės pabaseinyje. Daugiausiai miškų yra Juodupio upės pabaseinyje. Daugiausiai ganyklų yra Beržujos upės pabaseinyje. Daugiausiai gyvenviečių yra prie Bevardžio-3 upės. Daugiausiai dirbamos žemės yra Beržujos upės pabaseinyje (1-6 pav.).

A



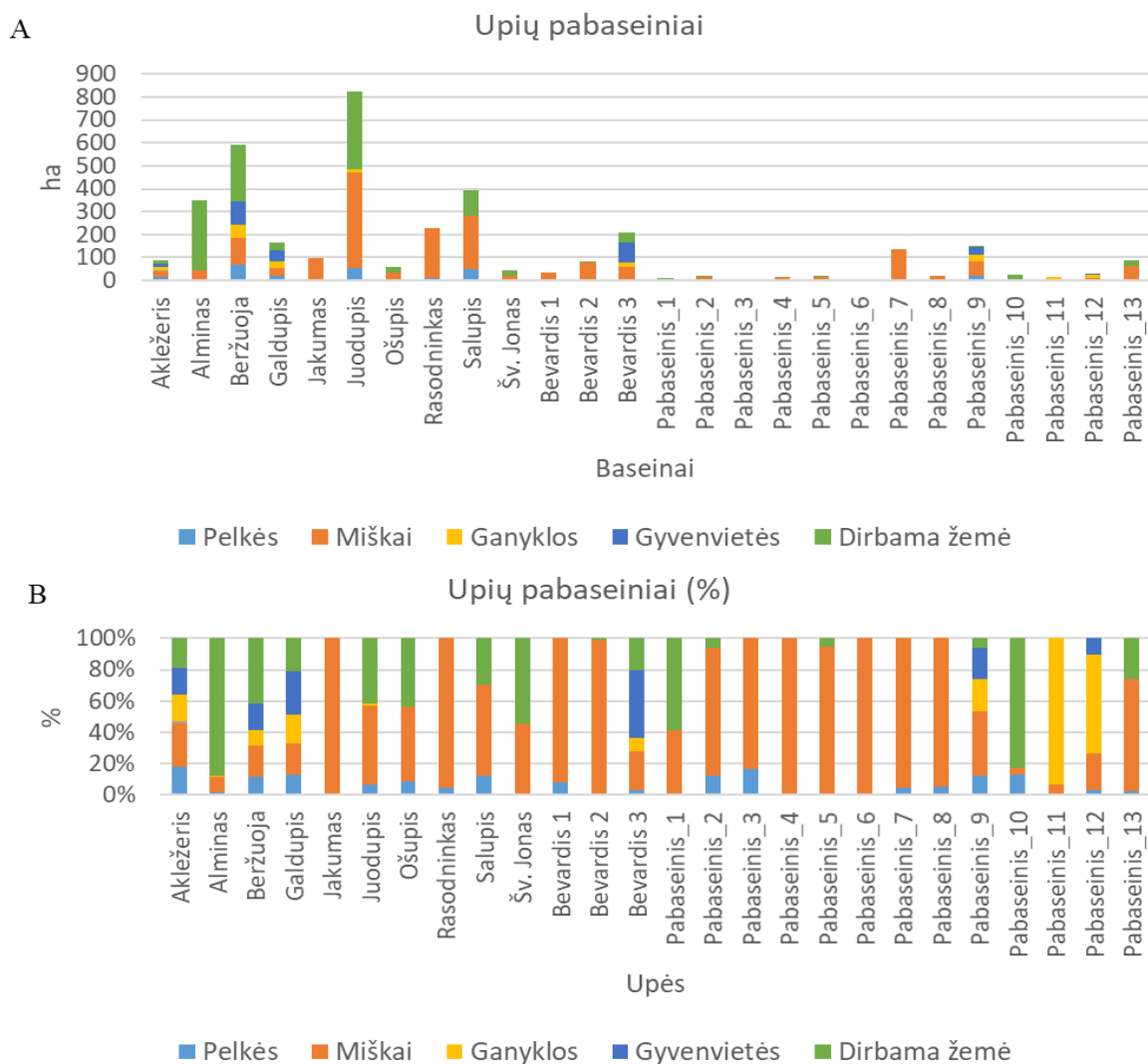
B



1-5 pav. Žemėnaudos natūralumo pasiskirstymas Platelių ežero baseine. A - pabaseinių ir upių vagų su 25 metrų buferine zona žemėlapis (natūrali žemėnauda - žalia, raudoni - nenatūrali). B - pabaseinių ir upių vagų su 25 metrų buferine zona natūralumo žemėlapis procentine išraiška: gelsva spalva – nenatūrali žemėnauda, tamsiai žalia – natūrali žemėnauda.

Kai kurių upių visą vagą sudarė vieno tipo žemėnauda – miškai: Jakumo ir Bevardžio-2 upių pabaseiniuose. Pelkių daugiausiai yra Akležerio pabaseinyje (18 %) ir III-čio tiesioginio nuotėkio pabaseinyje (17 %). Pelkių visai nėra Šv. Jono ir Bevardžio-2 upių pabaseiniuose, taip pat IV-to, V-to, VI-to, XI-to tiesioginio nuotėkio pabaseiniuose. Didžiausias procentinis kiekis miškų buvo IV-to ir VI-to tiesioginio nuotėkio pabaseiniuose (100 %), taip pat Jakumo ir Bevardžio-2 upių pabaseiniuose (99 %). Net 93 % teritorijos XI-to tiesioginio nuotėkio pabaseinyje sudarė ganyklos.

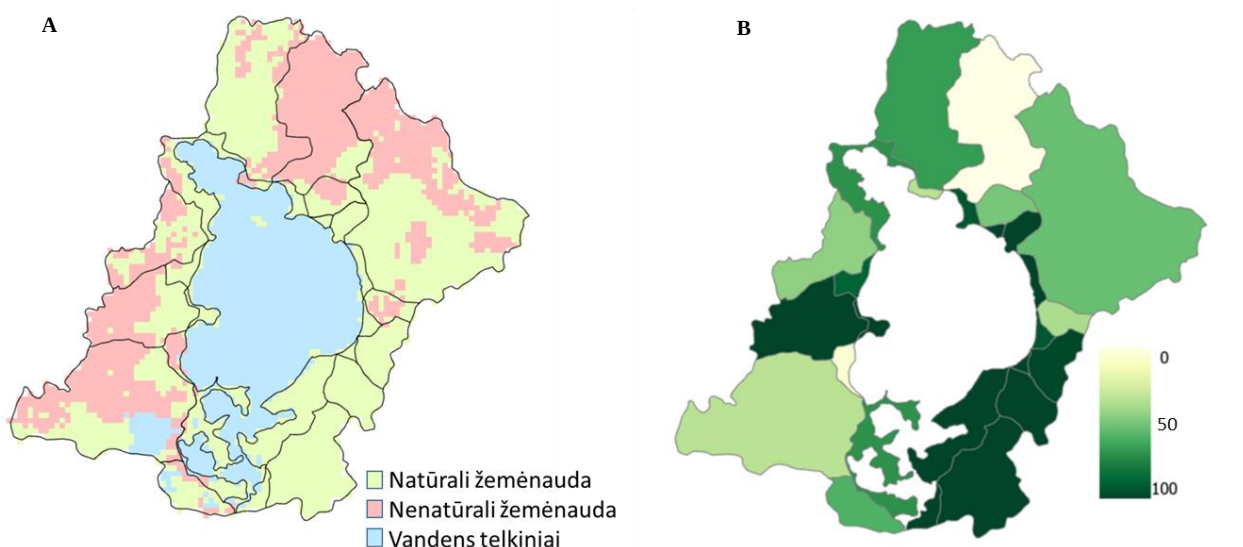
Gyvenvietės Bevardžio-3 upės pabaseinyje sudarė 44 %. 83-87 % dirbamos žemės užėmė Almino upės ir X-to tiesioginio nuotėkio pabaseiniuose.



1-6 pav. Žemėnaudos kaita Platelių ežero baseino upių ir tiesioginio nuotėkio pabaseiniuose: A – per hektarą, B – procentinis pasiskirstymas.

Mažiausiai natūralių paviršių yra Almino upės pabaseinyje (12 %) ir X-to tiesioginio nuotėkio pabaseinyje (17 %). Daugiausiai natūralios žemėnaudos paviršių (sudaro 100 %) yra Jakumo, Rasodninko, Bevardžio-1 upių pabaseiniuose ir III-čio, IV-to, VI-to, VII-to, VIII-to, XI-to tiesioginio nuotėkio pabaseiniuose (1-7 pav.).

Šlapynių natūralumo laipsnis. Platelių ežero baseine šlapynės (pelkės) užima 252,46 ha teritorijos. Iš šios dalies šalia pelkių iškasti melioracijos grioviai sudaro tik 14,46 ha, t.y. 6 % pelkių teritorijos. Daugiausiai melioracijos griovių yra Juodupio upės baseine (35 %). Vertinant šlapynių išsidėstymą šalia upių pabaseinių 25 m buferinės zonos, tai teritorijos sudaro 28 % visų šlapynių. Tiesioginio nuotėkio pabaseiniuose pelkės sudaro 3 %.



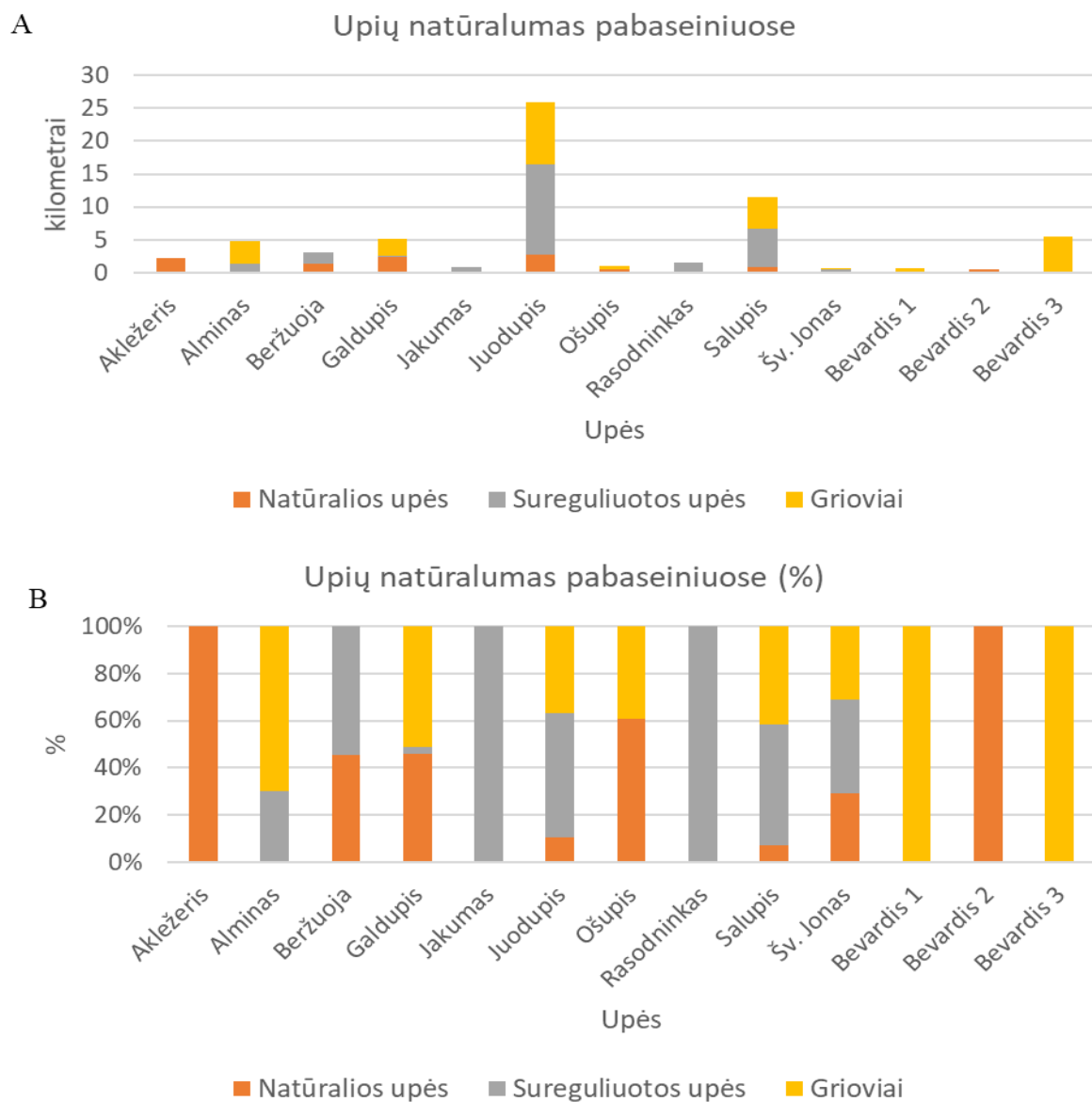
1-7 pav. Natūralios ir nenatūralios žemėnaudos pasiskirstymas Platelių ežero baseino upių ir tiesioginio nuotėkio pabaseiniuose: A – natūralumo išskirstymas natūrali, nenatūrali, B – natūralumo pasiskirstymas procentine išraiška: gelsva spalva – nenatūrali naudmena, tamsiai žalia – natūrali žemėnauda.

Pasklidusios taršos užimamos teritorijos. Didžiausi pasklidusios taršos šaltiniai yra šiaurinėje ir vakarinėje Platelių ežero dalyse. Almino upės pabaseinyje dominuoja daugiausiai nenatūralių paviršių (88 %), iš kurių 99 % dirbami laukai, kurie yra potencialūs pasklidusios taršos šaltiniai. X-to tiesioginio nuotėkio pabaseinyje potencialūs taršos šaltiniai sudaro 83 %, pabaseinio ploto iš kurių 95 % sudaro dirbama žemė. Potencialūs taršos šaltiniai yra gyvenvietės, kurios yra Akležerio, Beržuojos, Galdupio, Bevardžio-3, IX-to ir XII-to tiesioginio nuotėkio pabaseiniuose (1-7 pav.).

Hidrografinio tinklo natūralumas. Platelių ežero hidrografinio tinklo natūralumas buvo nustatomas pagal natūralių upių pasiskirstymą (užimamą ilgį, km) Platelių ežero baseine (1-8 pav.). Natūralios upės Platelių ežero baseine sudarė 10,9 km (17 %), nenatūralios: sureguliuotos upės – 25,5 km (40 %), grioviai – 27,0 km (43 %).

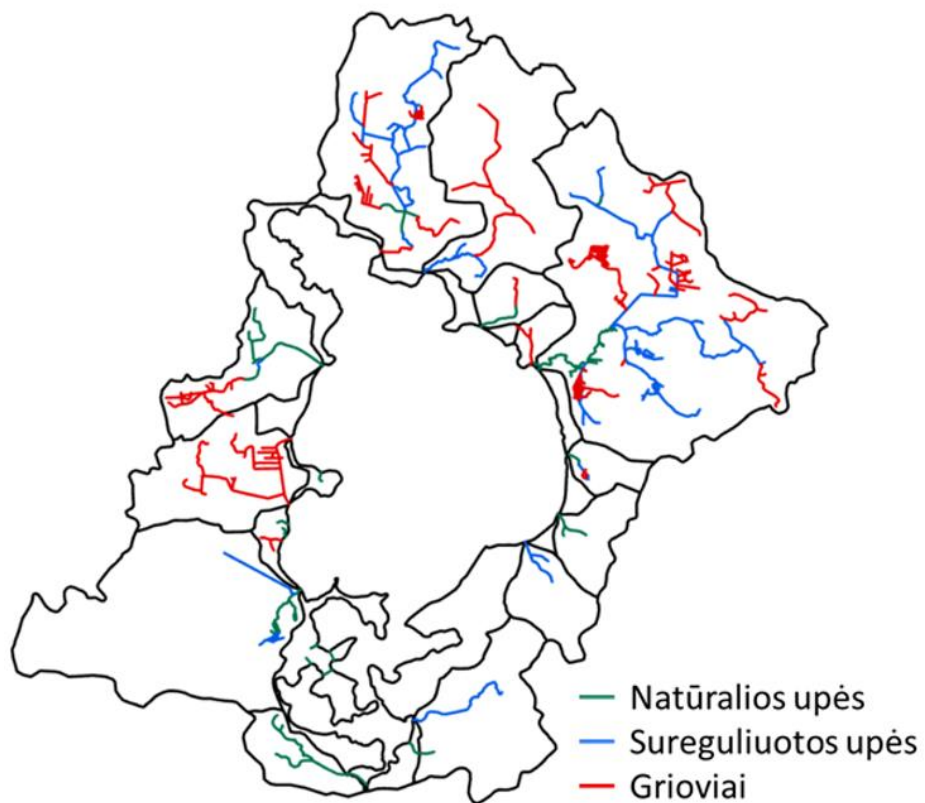
Platelių ežero baseino upių natūralumas yra 17 %: natūralios upės - 11 km (17 %), sureguliuotos upės - 25,5 km (40 %), grioviai – 27 km (43 %). Daugiausiai natūralių upių (24 %), sureguliuotų upių (54 %) ir griovių (35 %) yra Juodupio baseine, bet Juodupio upių tinklas sudaro 41 % viso Platelių ežero upių tinklo (1-9 pav.).

Upių pabaseiniai, kuriuose yra tik natūralios upės yra: Akležerio, Bevardžio-2. Natūralių upių nėra: Jakumo, Rasodninko, Bevardžio-1, Bevardžio-3, Almino upių pabaseiniuose. Upių pabaseiniai, kuriuose yra tik sureguliuotos upės: Jakumo, Rasodninko. Sureguliuotų upių nėra: Akležerio, Bevardžio-1, Bevardžio-2, Bevardžio-3, Ošupio upių pabaseiniuose. Upių pabaseiniai, kuriuose yra tik grioviai: Bevardžio-1, Bevardžio-3. Griovių nėra: Akležerio, Jakumo, Rasodninko, Bevardžio-2, Beržuojos upių pabaseiniuose (1-9 pav.).

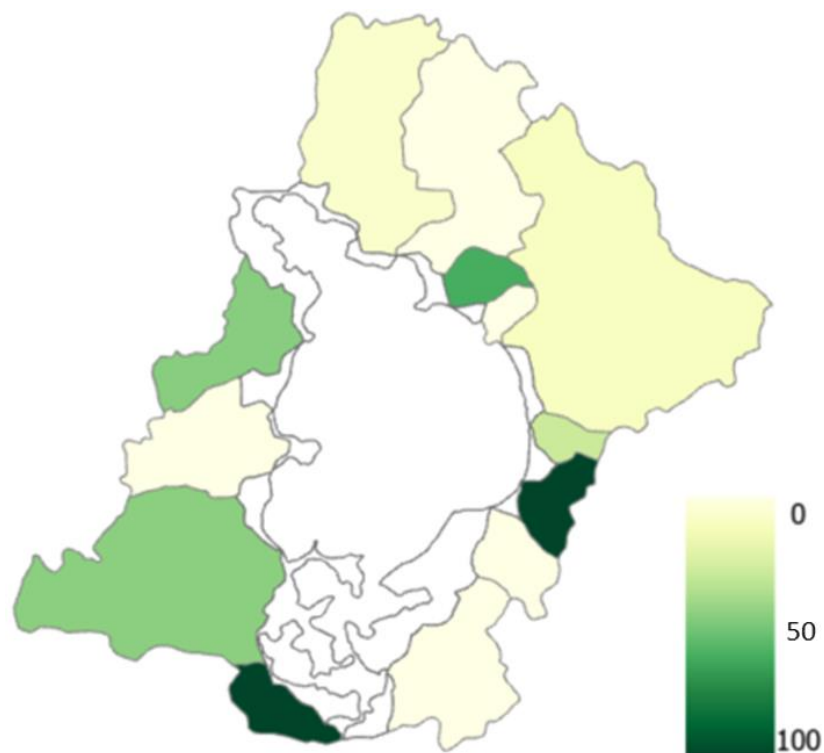


1-8 pav. Upių pasiskirstymas pagal tipus (natūralios, sureguliuotos, grioviai) Platelių ežero baseino upių pabaseiniuose: A – kilometrais, B – procentais.

A



B



1-9 pav. Platelių ežero baseino upių natūralumo žemėlapis pagal jų tipus (A): natūralios - žalia, sureguliuotos - mėlyna, grioviai – raudona; B – procentinis pasiskirstymas upių pabaseiniuose: gelsva spalva – nenatūralios upės, tamsiai žalia – natūralios upės.

APIBENDRINIMAS IR IŠVADOS

1. Platelių ežero baseine didžiausią plotą užima miškų žemėnaudos (47 %), didžiausią miškų dalis yra pietrytinėje ežero baseino dalyje. Dirbamos žemės plotai užima 33 % Platelių ežero baseino teritorijos.
2. Natūraliausia upių žemėnauda yra pietrytinėje Platelių ežero baseino dalyje, ten esantys Jakumo ir Rasodninko upelių pabaseiniai neturi nenatūralių paviršių ties upelių vaga. Nenatūraliausia žemėnauda prie upių yra Almino pabaseinyje, kur 95 % upės teka dirbama žeme. Bendras Platelių ežero baseino upių natūralumas siekia 17 %.
3. Pelkės sudaro 8 % viso Platelių ežero baseino ploto. Iš šių pelkių 6 % yra tiesiogiai pažeista griovių, tai sudaro 15,1 ha plotą.
4. 64 % Platelių ežero baseino upių prieš įtekėdamos į Platelių ežerą įteka į pelkines ekosistemas, kuriose potencialiai apsivalo nuo maistinių medžiagų, tokiu būdu apsaugodamos ežerą nuo taršos.
5. Daugelis Platelių ežero baseino upių yra sureguliuotos upės arba grioviai (83 %), daugiausiai griovių ir sureguliuotų upių yra Jakumo upės pabaseinyje. Visai nepakeistos, natūralios upės vagos yra Akležerio ir Bevardžio-2 upių pabaseiniuose. Nenatūralios upės galimai gali sukelti išsklaidytą taršą ir didesnę maistinių medžiagų kiekio patekimą į ežerą.
6. Nenatūrali žemėnauda dominuoja vakarinėje ir šiaurės rytinėje Platelių baseino dalyje, kur sudaro daugiau nei 50 % žemėnaudos tipų. Vakarinėje dalyje dominuoja gyvenvietės, kurios yra potencialūs taškinės taršos šaltiniai. Šiaurės rytinėje dalyje dominuoja dirbami laukai, kurie yra potencialūs pasklidusios taršos šaltiniai. Šiose teritorijose svarbu stebėti taškinę ir pasklidąją taršą, nes didelis kiekis dirbamų laukų (ypatingai šiaurės rytinėje baseino dalyje) yra potencialus maistinių medžiagų šaltinis, o sureguliuotos upių vagos ir nusausintos pelkės gali nepakankamai apvalyti į ežerą patenkantį vandenį.

2. RETROSPEKTYVINĖ VANDENS ŽYDĖJIMO (CHLOROFILO-A) ANALIZĖ TAIKANT NUOTOLINIUS METODUS

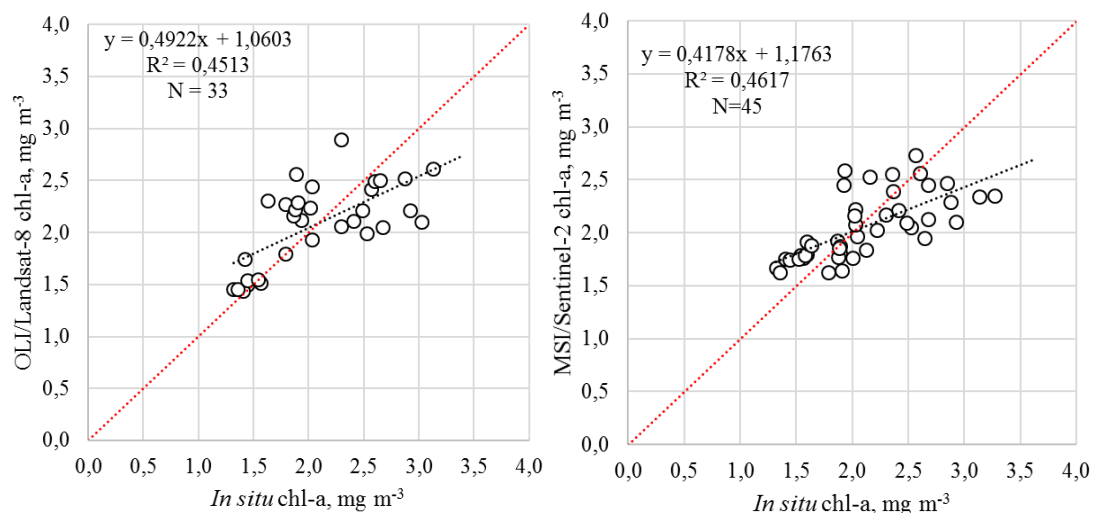
IVADAS

Pastaraisiais dešimtmečiais stebimas vandens telkinių trofiškumo didėjimas, mažėja fitoplanktono dumblių rūšių įvairovė, keičiasi vyraujančių rūšių kompleksas (Paerl, 2018). Dažnai vandens telkiniuose, kuriuose keičiasi maistinių medžiagų kiekiai ir santykiai, stebimas trofinio lygio pasikeitimas iš oligotrofinio į mezotrofinį, arba iš mezotrofinio į eutrofinį, tai lemia prokariotinių autotrofinių mikroorganizmų – melsvabakterių dominavimą. Intensyvus melsvabakterių vystymasis gali sukelti vandens „žydėjimo“ bei eutrofikacijos procesus. Dėl šios priežasties blogėja vandens kokybė.

Chlorofilo-a (chl-a) koncentracijos ar fitoplanktono melsvabakterių tyrimai lauko stebėjimais yra riboti, nes tyrimai atliekami tik keliuose vietose, ar keletą kartų per sezoną, todėl neleidžia išsamiai išanalizuoti minėtų parametrų bei vandens telkinio produktyvumo kaitos laike ir erdvėje. Todėl vis dažniau vandens telkinių produktyvumo ir vandens „žydėjimo“ tyrimams yra naudojami keli dešimtmečius apimantys, santykinai geros erdvinės raiškos (10-30 m) palydovinių optinių jutiklių duomenys, kurie leidžia efektyviai atlikti vertinimą apimant visą Platelių ežerą (Vaičiūtė et al., 2021 ir čia cituojami literatūros šaltiniai).

TYRIMŲ MEDŽIAGA IR METODAI

Chlorofilo-a koncentracijos kartografavimui Platelių ežere buvo naudojami optinių palydovinių jutiklių duomenys. Bendras tyrimų laikotarpis apima 1984-2021 metų birželio-rugsėjo mėn. Buvo atliekamas archyvinių TM/Landsat-5 (1984-2011), OLI/Landsat-8 (nuo 2013-ųjų) ir MSI/Sentinel-2 (nuo 2015-ųjų) palydovinių duomenų pirminis apdorojimas: radiometrijos ir atmosferos korekcijos, debesų maskavimas. Chlorofilo-a koncentracija, gauta iš palydovinių duomenų, kuriems buvo pritaikyta trijų spektrinių juostų, apimančių mėlynosios, žaliosios ir raudonosios regimosios spinduliuotės, diapazonai (Dalu et al., 2015), buvo palyginta su *in situ* išmatuotomis chlorofilo-a reikšmėmis (2-1 pav.).



2-1 pav. Ryšys tarp *in situ* išmatuotos chl-a koncentracijos ir gautos iš OLI/Landsat-8 (kairėje) bei iš MSI/Sentinel-2 (dešinėje) palydovinių nuotraukų. N – panaudotų matavimų kiekis.

Platelių ežero tyrimai, kurių metu buvo surinkti ir ištirti paviršiniai vandens mėginiai, buvo atlikti Klaipėdos universiteto, Jūros tyrimų instituto 2014-2021 m. birželio-rugsėjo mėn. siekiant sukalibruoti palydovinius duomenis vandens kokybės tyrimams. Buvo nustatytas vidutinis

teigiamas ryšys tarp *in situ* išmatuotos chl-a koncentracijos ir gautos iš OLI/Landsat-8 ($R^2 = 0,45$, $N = 33$) bei iš MSI/Sentinel-2 ($R^2 = 0,46$, $N = 45$) palydovinių nuotraukų (2-1 pav.). Atsižvelgiant į gerą *in situ* išmatuotų chl-a reikšmių atitikimą su reikšmėmis, gautomis iš palydovinių duomenų, toliau buvo apdorojamas visas palydovinių nuotraukų archyvas.

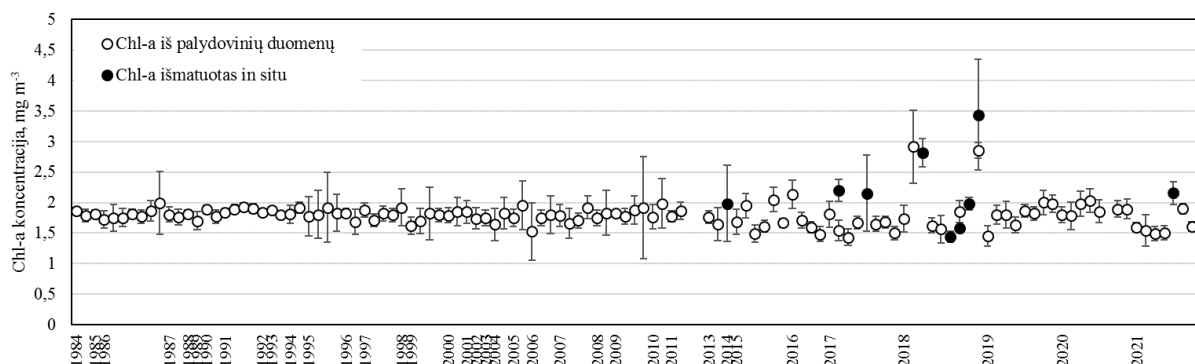
2-1 lentelė. Palydovinių nuotraukų kiekis panaudotas retrospektyvinei chl-a koncentracijos kaitai Platelių ežere. Skaičius žymi esamą kokybiškų nuotraukų kiekį skirtingais metais. Palydovai, kurių nuotraukos buvo naudotos: L5 - TM/Landsat-5, L8 – OLI/Landsat-8, S2 – MSI/Sentinel-2. n.d. – duomenų nėra.

Metai	Kiekis	Palydovas	Metai	Kiekis	Palydovas	Metai	Kiekis	Palydovas
1984	2	L5	1997	4	L5	2010	2	L5
1985	1	L5	1998	1	L5	2011	2	L5
1986	7	L5	1999	4	L5	2012	n.d.	
1987	2	L5	2000	2	L5	2013	2	L8, S2
1988	1	L5	2001	1	L5	2014	0	L8, S2
1989	1	L5	2002	1	L5	2015	6	L8, S2
1990	2	L5	2003	1	L5	2016	4	L8, S2
1991	1	L5	2004	2	L5	2017	8	L8, S2
1992	5	L5	2005	3	L5	2018	9	L8, S2
1993	2	L5	2006	4	L5	2019	8	L8, S2
1994	2	L5	2007	4	L5	2020	8	L8, S2
1995	4	L5	2008	2	L5	2021	8	L8, S2
1996	2	L5	2009	5	L5	VISO:	152	

Retrospektyvinei chl-a koncentracijos analizei iš viso buvo panaudotos 152 palydovinės nuotraukos, kurių raiška yra 30x30 m TM/Landsat-5 ir OLI/Landsat-8 atveju, o MSI/Sentinel-2 rezoliucija yra 10x10, 20x20 ir 60x60 m priklausomai nuo spektrinio kanalo (2-1 lentelė). Prieš atliekant tolimesnę duomenų analizę erdvinę raiską buvo suvienodinta iki 30 m. Tyrimams buvo atrinktos kokybiškos, t.y., nepaveiktos debesų, palydovinės nuotraukos.

REZULTATAI

Chl-a koncentracijos pasiskirstymo dėsningumai erdvėje ir laike Platelių ežere 1984-2021 metais. Vidutinė daugiametė paviršinio vandens sluoksnio chlorofilo-a koncentracija gauta iš palydovinių duomenų Platelių ežere buvo $1,83 \pm 0,03 \text{ mg m}^{-3}$. Daugiametė Platelių ežero chlorofilo-a kaitos analizė parodė, jog nuo 1984 m. iki 1994 m. birželio-rugsėjo mėn. chlorofilo-a koncentracijos kito nežymiai, t.y. nuo $1,86 \pm 0,06 \text{ mg m}^{-3}$ 1984 m. iki $1,84 \pm 0,08 \text{ mg m}^{-3}$ 1994 m., ir buvo santykinai stabilios per visą šį laikotarpį. Nuo 1995 iki 2013 metų vasaros sezono vidutinės reikšmės reikšmingai nepakito, varijavo nuo 1,73 iki 1,92 mg m^{-3} , tačiau nustatyti beveik 3 kartus didesni standartiniai nuokrypiai, kurie kito nuo 0,04 iki 0,30 mg m^{-3} , tai leidžia daryti prielaidą, jog chlorofilo-a variacija pačiame ežere padidėjo. Panašios tendencijos išliko 2015-2021 m. laikotarpyje.

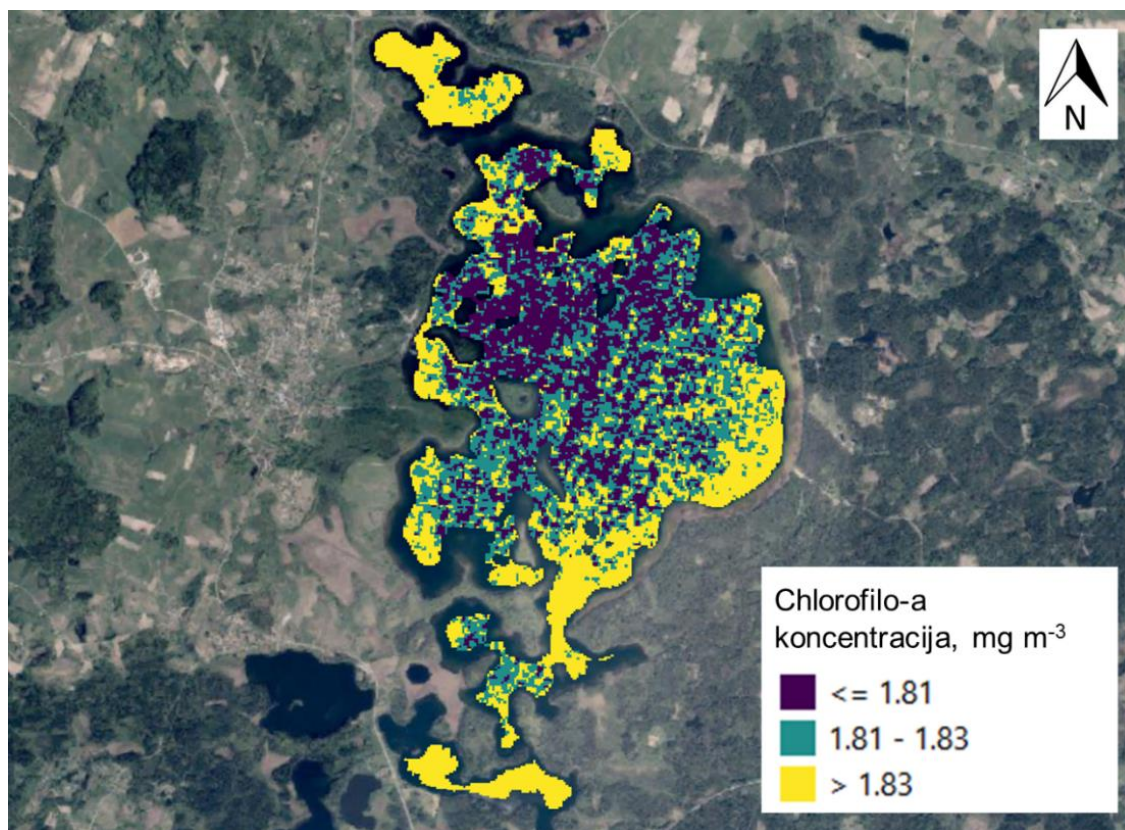


2-2 pav. Vidutinės Platelių ežero chlorofilo-a koncentracijos daugiamečių kaita gauta iš palydovinių duomenų 1984-2021 m. birželio-rugsėjo mėn. ir išmatuota *in situ* paviršiniame vandens sluoksnyje 2014-2021 m. birželio-rugsėjo mėn. Paklaidų juostos žymi standartinę nuokrypį.

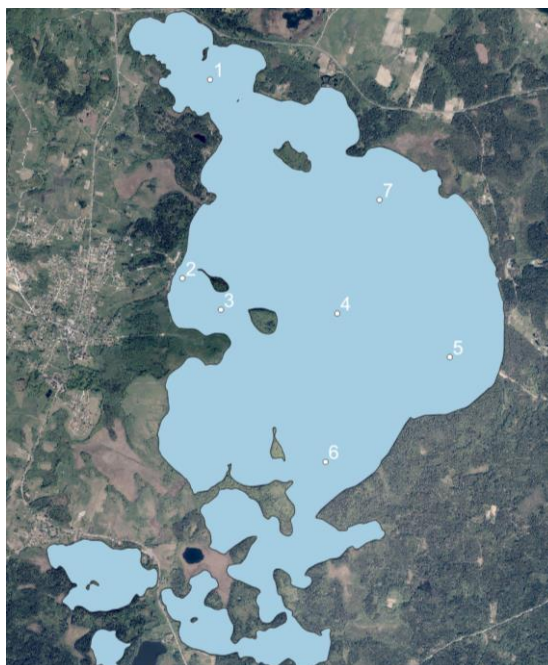
Nuo 2015 metų palydovinių duomenų gausesnis kiekis (~ 8 nuotraukos per birželio-rugsėjo mėn.) leido įvertinti chlorofilo-a koncentracijos variaciją visame ežere atskiromis dienomis apimant visą intensyvios vegetacijos laikotarpį, t.y., birželio-rugsėjo mėn. (2-2 pav.). Nustatyta, jog nuo 2015 m. variacija dar labiau padidėjo ir buvo tokių atvejų, kuomet chlorofilo-a koncentracija viršijo bendrą ežerui būdingą vidutinę koncentraciją, t.y., viršijo $1,83 \pm 0,03 \text{ mg m}^{-3}$. Didžiausia sezoninė variacija nustatyta 2018 metais, kuomet atskiromis dienomis chlorofilo-a koncentracija daugiamečių vidurkį viršijo 1,5 karto, o didžiausia nustatyta reikšmė buvo birželio mėn. ir siekė $2,92 \pm 0,60 \text{ mg m}^{-3}$. Šiuo laikotarpiu santykinai dideli standartiniai nuokrypiai, kurie kito nuo 0,07 iki 0,60, parodo heterogenišką koncentracijos pasiskirstymą ežere. Tokias tendencijas patvirtina ir 2018 metais atlikti *in situ* chlorofilo-a koncentracijos matavimai (2-2 pav.). 2019-2020 metais nustatytos nežymiai, bet didesnės chlorofilo-a koncentracijos lyginant su daugiamečiu vidurkiu, kurios varijavo nuo 1,42 iki 2,03 mg m^{-3} .

Nors vidutinė daugiamečių chlorofilo-a koncentracija kito santykinai mažose ribose, t.y., nuo 1,75 iki 2,16 mg m^{-3} , įvertinus erdvinį reikšmių pasiskirstymą galima išskirti zonas, kuriose chlorofilo-a koncentracija yra santykinai didesnė (2-3 pav.). Išsiskiria šiaurinė dalis, vakarinė dalis ties jachtklubu, maudykla ir ties Siberijos pelke, pietinė dalis ir pietrytinė dalis ties Plokštine. Šias vietas galima laikyti fitoplanktono organizmų santalkos „karštaisiais taškais“, kur dažniau stebimos santykinai didesnės chlorofilo-a koncentracijos negu centrinėje Platelių ežero dalyje.

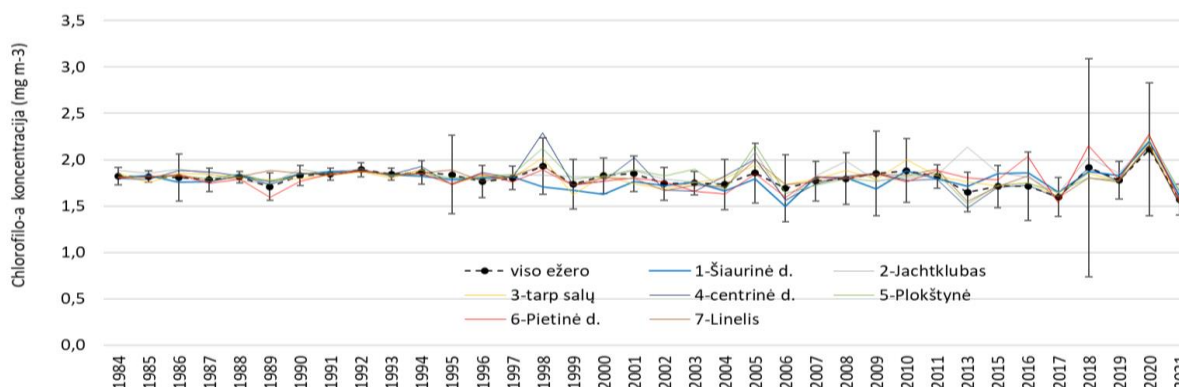
Daugiamečių chlorofilo-a kaita buvo išanalizuota septyniose Platelių ežero vietose (2-4 pav.), kurios buvo pasirinktos atsižvelgiant į ežero savybes (pvz., gilčiausia vieta, užutėkiai ir pan.), intensyvią žmonių ar poilsiautojų veiklą (pvz., Jachtklubas, maudykla ir pan.) ar 2-3 pav. pavaizduotus aukštesnių chlorofilo-a koncentracijų pasiskirstymo vietas.



2-3 pav. Vidutinės daugiameitės (1984-2021 m. birželio-rugsėjo mėn.) chlorofilo-a koncentracijos erdvinis pasiskirstymas Platelių ežere.



2-4 pav. Tyrimų vietos Platelių ežere pasirinktos detalesnei daugiameitei chlorofilo-a koncentracijos analizei. 1 – šiaurinė dalis; 2 – Jachtklubas; 3 – vieta tarp salų; 4 – centrinė dalis, arti ežero giliausios vietos; 5 – Plokštinė, kur buvo stebimos santykinai aukštos chlorofilo-a koncentracijos; 6 – pietinė dalis; 7 – vieta ties Lineliu.



2-5 pav. Visame ežere ir septyniose tyrimo vietose nustatytų vidutinių metinių chlorofilo-a koncentracijų kaita 1984-2021 metais. Skaičiai žymi pasirinktas vietas (2-4 pav.), iš kurių 1 – šiaurinė dalis; 2 – Jachtklubas; 3 – vieta tarp salų; 4 – centrinė dalis, arti ežero giliausios vietos; 5 – Plokštinė, kur buvo stebimos santykinai aukštos chlorofilo-a koncentracijos; 6 – pietinė dalis; 7 – vieta ties Lineliu.

Didžiausi vidutinės chlorofilo-a koncentracijų variacijos pasirinktose tyrimų vietose stebimos nuo 1998 m. Šiaurinėje ežero dalyje dažniausiai buvo stebimos mažesnės chlorofilo-a koncentracijos lyginant su viso ežero metiniais vidurkiais, išskyrus nuo 2010 m. koncentracijos buvo aukštesnės už atitinkamų metų viso ežero vidutinės reikšmės, o 2020 m. nustatyta didžiausia vidutinė metinė chlorofilo-a koncentracija, kuri siekė $2,20 \text{ mg m}^{-3}$ (2-5 pav.). Panaši tendencija buvo nustatyta pietinėje ežero dalyje, išskyrus 2016, 2018 ir 2020 metais, kuomet vidutinėje šioje vietoje išmatuota metinė chlorofilo-a koncentracija buvo santykinai didesnė už tų metų viso ežero vidutinės chlorofilo-a koncentracijas. Dažniau aukštos vidutinės metinės chlorofilo-a koncentracijos lyginant su viso ežero vidutinėmis reikšmėmis buvo stebimos vietoje ties Jachtklubu (ypač išsiskyrė 2005, 2008, 2013, 2018 ir 2020 m.).

APIBENDRINIMAS IR IŠVADOS.

1. Retrospektyvinei Platelių ežero vasaros sezono (birželio-rugsėjo mėn.) chlorofilo-a koncentracijos kaitos analizei buvo panaudoti palydoviniai optinių jutiklių duomenys. Šie duomenys leido pirmą kartą įvertinti erdvinį chlorofilo-a koncentracijos pasiskirstymą visame ežere, o taip pat įvertinti kaitą apimant 38 metų laikotarpį, t.y., nuo 1984 iki 2021 metų. Šie duomenys leidžia įvertinti paviršinio, arba viršutinio sumaišyto vandens sluoksnio chlorofilo-a koncentraciją, kadangi palydoviniai jutikliai negauna atgalinės sklaidos signalo iš gilesnių sluoksnių, kur saulės energija negali prasiskverbti. Dėl šios priežasties chlorofilo-a koncentracija išmatuota paviršiniame vandens sluoksnyje tiek *in situ*, tiek gauta iš palydovinių duomenų yra santykinai mažesnė, negu išmatuota *in situ* integruotame vandens mėginyje lygiomis dalimis sumaišant vandenį iš 0,30, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 m sluoksnių, vadovaujantis metodika, kuri yra taikoma atliekant valstybinį vandens telkinių monitoringą. Nepaisant šio trūkumo, vis tik yra gaunama vertinga informacija apie ežero produktyvumą.
2. Vidutinė daugiamečių vasaros sezono chlorofilo-a koncentracija buvo $1,83 \pm 0,03 \text{ mg m}^{-3}$. Dugiamečių chlorofilo-a koncentracijos kaita leido identifikuoti tris etapus: 1984-1994 metus, kuomet stebimos stabilios vidutinės viso ežero chlorofilo-a koncentracijos, nuo 1995 iki 2015 metų stebima didesnė erdvinė variacija, kuri ženkliai padidėja nuo 2015 metų ir stebimi atvejai, kuomet chlorofilo-a koncentracija padidėja 1,5 karto lyginant su daugiamečiu vasaros sezono vidurkiu.

3. Erdvinio daugiamečio chlorofilo-a koncentracijos pasiskirstymo tyrimas leido įvertinti zonas, kuriose stebimas santykinai didesnis fitoplanktono produktyvus, t.y., išskirti chlorofilo-a koncentracijų „karštuosius taškus“. Didesniu produktyvumu pasižymi Platelių ežero šiaurinė dalis, vakarinė dalis ties jachtklubu, maudykla ir ties Siberijos pelke, pietinė dalis ir pietrytinė dalis ties Plokštine.
4. Didesnė vidutinių metinių chlorofilo-a koncentracijų variacija atskirose Platelių ežero tyrimų vietose stebima nuo 1998 metų. Skirtingose vietose, skirtingais metais tendencijos buvo nevienodos, išsiskyrė 2018 ir 2020 m., kuomet visose tyrimų vietose metinė chlorofilo-a koncentracija buvo ženkliai didesnė, nei kitais tirtais metais.
5. Tolimesniuose etapuose bus įvertinamas daugiametės chlorofilo-a koncentracijų kaitos tendencijų priežastys, siejama su oro ir vandens temperatūros kaita išskiriant kaskart pasitaikančias karščio bangas ir kaip tai atsiliepia ežero produktyvumui, maistinių medžiagų kaitos, žemėnaudos pasiskirstymo dėsninumuais.

3. RETROSPEKTYVINĖ MAKROFITŲ (NENDRYNŲ) UŽAUGIMO ANALIZĖ TAIKANT NUOTOLINIUS METODUS

IVADAS

Nuotolinių tyrimų pagrindu gauti duomenys ir informacija gali padėti institucijoms efektyviau valdyti vidaus vandenį ir jų komponentus, kaip pavyzdžiui gauta erdvinė informacija apie vandens augalų pasiskirstymą ir jų dinamiką laike, kuri gali būti panaudota jų kontrolei (Pinardi ir kt., 2018). Kai kurie tyrimai jau buvo atlikti aptinkant makrofitus naudojant palydovų duomenis, kaip pavyzdžiui eksperimentai atlikti Gardos ežere, Mantujos ežerų sistemoje (Italija), parodė, kad NDAVI (angl. Normalized Difference Aquatic Vegetation Index) ir WAVI (angl. Water Adjusted Vegetation Index), iš palydovinių duomenų gautų indeksų, jautrumas yra didelis, palyginus su kitais dažniausiai taikomais augalijos indeksais: LAI (angl. Leaf Area Index), NDVI (angl. Normalized Difference Vegetation Index), SAVI (angl. Soil Adjusted Vegetation Index), ypač vandens augmenijai (Villa ir kt., 2013). Makrofitų aptikimas šiuose tyrimuose buvo atliktas naudojant augmenijos indeksus, kurie taip pat įvertina augmenijos būklę bei rūšinę sudėtį (Villa ir kt., 2013). Daugumoje tyrimų naudojami Landsat 7 ETM+ arba Landsat 8 OLI duomenys, kurie turi ilgą laiko eilutę nuo 1984 m. su tinkamomis spektrinėmis juostomis ir pakankamai geru palydovo vaizdų dažniu, leidžiančią stebėti augmenijos pokyčius. Nors Landsat 7/8 turi pakankamą erdvinę skiriamąją gebą (iki 30 m), Sentinel-2 MSI ją pranoko iki 10 m raiška ir yra naudingesnė stebėti mažesnius augalijos pokyčius, pradedant nuo 2016 metų.

TYRIMŲ MEDŽIAGA IR METODAI.

Nendrynų pasiskirstymo ir kaitos vertinimas Platelių ežere. Palydovo nuotraukų analizei naudoti optinių palydovų: Landsat 5 (TM), Landsat 8 (OLI) ir Sentinel-2 (MSI), duomenys, pritaikius atmosferos korekciją. Tyrimų laikotarpis apima 1984-2021 metus vertinant makrofitų vegetacijos periodą. Palydovo nuotraukos atrinktos rankiniu būdu nuo birželio 1 d. iki rugsėjo 30 d., kuriose neaptikta debesų arba jų buvo nedaug (t.y. neuždengė ežero akvatorijos). Nendrynų aptikimo dažnumo analizei iš viso buvo atrinkta 84 nuotraukos (3-1 lentelė), tačiau retrospektyvinėje analizėje nenaudotos birželio mėnesio nuotraukos bei kelios nuotraukos nuo rugsėjo 15 d., nes vegetacijos pradžioje ir gale nendrynų išsivystymas (t.y. aukštis, tankumas, spalva ir kt.) labai skiriasi nuotraukose, todėl gali gautis didelį skirtumą apskaičiuojant nendrynų plotus. Galutinėje retrospektyvinėje analizėje naudotos 64 nuotraukos. Kranto ribos nustatymui buvo panaudota ežero poligono žemėlapis, kuris gautas iš geoportal.lt. Žemėlapyje panaikintos salos: Pilies, Veršių, Briedsalė, Pliksalė, Gaidsalė. Be to, kranto linijai skirta 10 metrų buferinė zona į ežero pusę, kad medžiai nebūtų priskirti ir identifikuoti kaip nendrynai. Galutinei analizei naudotas ežero plotas siekė 1203,59 ha.

Vandens užimamo ploto nuo nendrynų plotų atskyrimui buvo naudojamas automatinis vandens išskyrimo indeksas NDWI (Gao, 1996; McFeeters, 1996; Szabó et al., 2016) naudojantis artimojo infraraudonųjų spindulių spektro ir raudono spektro santykį (Tan et al., 2020). Pritaikius automatinį dviejų klasių klasifikavimo *yen* (Schindelin et al., 2012) algoritmą NDWI indekso reikšmės suklasifikavo į dvi klases: vandenį ir nendrynus. Iš gautų rezultatų apskaičiuotas plotas (ha), kurį užima makrofitai Platelių ežere.

3-1 lentelė. Palydovinių nuotraukų kiekis, panaudotas retrospektyvinei nendrynų kaitai Platelių ežere. Skaičius žymi esamą kokybiškų nuotraukų kiekį skirtingais metais. Palydovai, kurių nuotraukos buvo naudotos: L5 - TM/Landsat-5, L8 – OLI/Landsat-8, S2 – MSI/Sentinel-2. n.d. – duomenų nėra.

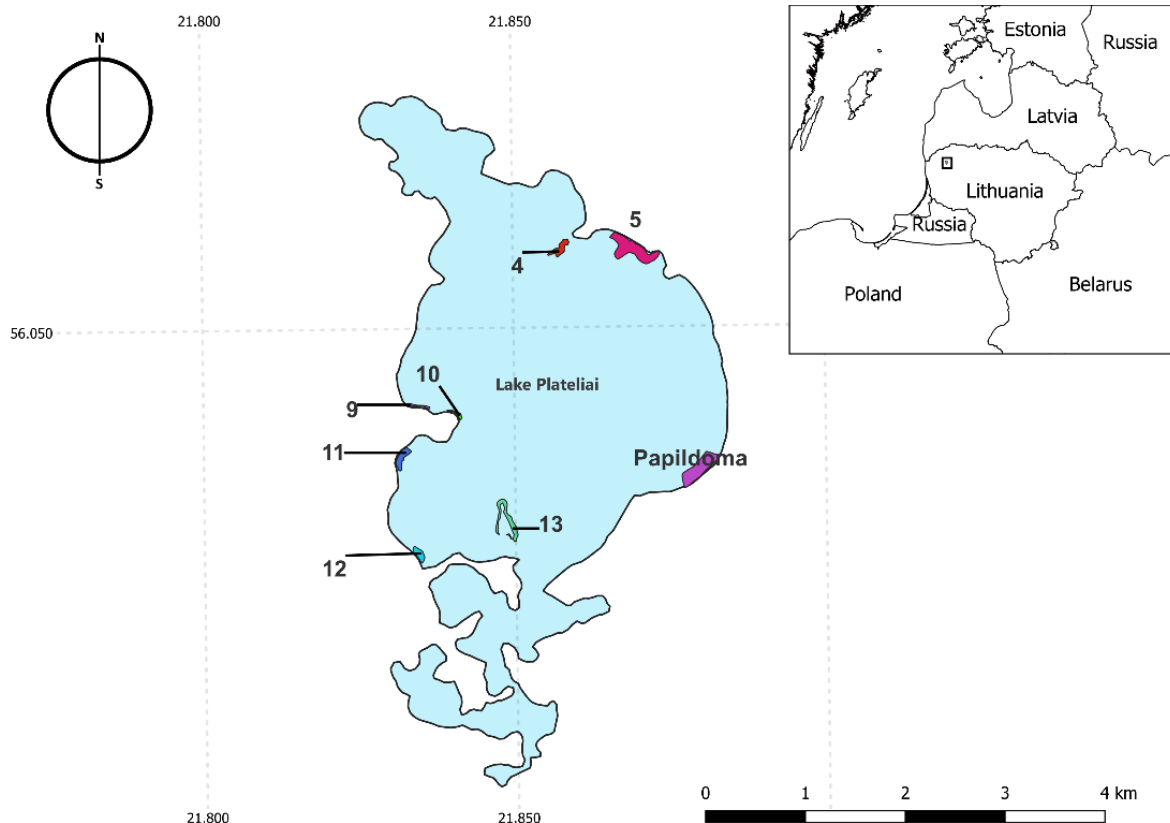
Metai	Kiekis	Palydovas	Metai	Kiekis	Palydovas	Metai	Kiekis	Palydovas
1984	1	L5	1997	2	L5	2010	2	L5
1985	1	L5	1998	1	L5	2011	3	L5
1986	5	L5	1999	4	L5	2012	0	n.d.
1987	1	L5	2000	0	n.d.	2013	2	L8
1988	1	L5	2001	0	n.d.	2014	0	n.d.
1989	1	L5	2002	1	L5	2015	2	L8
1990	2	L5	2003	1	L5	2016	0	n.d.
1991	1	L5	2004	2	L5	2017	1	S2
1992	4	L5	2005	2	L5	2018	5	L8;S2
1993	1	L5	2006	4	L5	2019	7	L8;S2
1994	1	L5	2007	4	L5	2020	7	L8;S2
1995	3	L5	2008	2	L5	2021	5	L8;S2
1996	2	L5	2009	3	L5	Viso:	84	

Nendrynų pjovimo įtaka jų pasiskirstymui ežere. Nendrynų pjovimo poveikio jų pasiskirstymui analizei buvo pasitelktas bepilotis dronas, kurio pagalba buvo darytos nuotraukos skirtingose makrofitų augimo vietose 2016-2020 m. laikotarpyje (3-2 lentelė). Drono skrydžiai atlikti 40 m aukštyje, o nuotraukų erdvinė rezoliucija 0,02 m.

3-2 lentelė. Drono nuotraukos validacijai su atitinkamomis nendrynų pjovimo teritorijomis ir palydovo nuotraukos atitikmenimis.

Sentinel-2 MSI nuotraukų data	Drono nuotraukų data validavimui	Pjovimo būseną
2016-06-19	-	Nepjauta
2016-08-28	-	Nepjauta
2017-07-14	-	Prieš pjovimą
2017-08-31	-	Po pjovimo
2018-07-17	2018 m liepos mėn. 10 d. (5 validacijos zona); 18 d. (4, 5); 19 d. (1, 10, 11)	Prieš pjovimą
2018-09-20	-	Po pjovimo
2019-07-12	-	Prieš pjovimą
2019-08-26	2019 m. rugpjūčio mėn. 12 d. (10, 11 validacijos zona); 20 d. (5, 9)	Po pjovimo
2020-07-18	-	Nepjauta
2020-09-01	-	Nepjauta
2020-09-06	-	Nepjauta

Septynios vietos parinktos pagal planuojamas nendrynų pjovimo teritorijas (3-1 pav. nurodytos tyrimo teritorijos: 4, 5, 9, 10, 11, 12, 13), kurių bendras plotas sudarė 13,15 ha. Kaip kontrolės vieta (t.y. kur nevyko nendrynų pjovimas) pasirinkta papildoma vieta pietryčiuose (žemiau Plokštinės), kurios plotas buvo 5,12 ha.



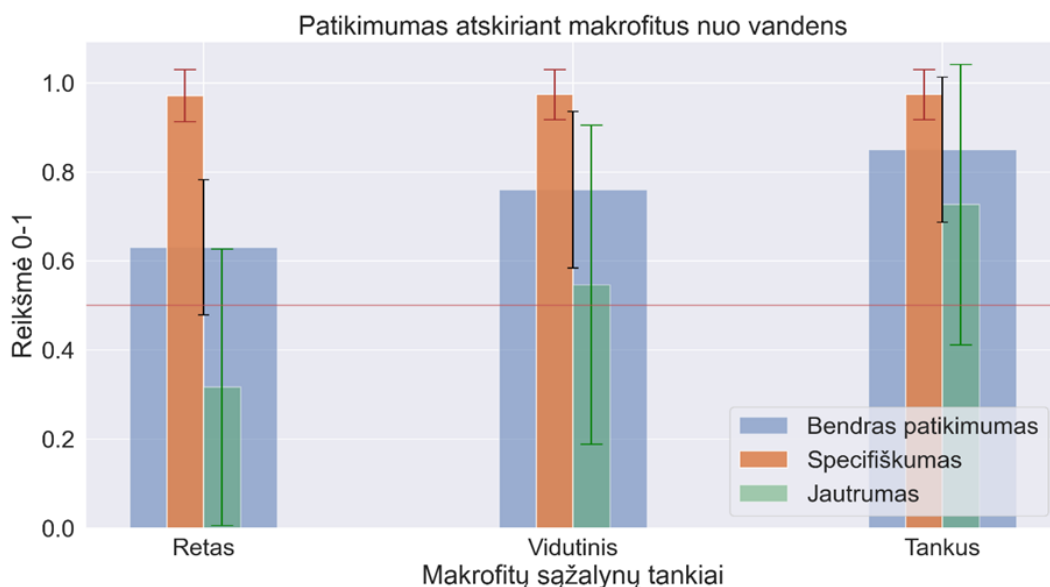
3-1 pav. Tyrimo teritorijos, kur buvo pjaunami nendrynai ir viena kontrolės (papildoma) vieta, kurioje makrofitai nebuvo pjauti.

Iš gautų drono vaizdų sudarytos ortofotografijos, kurios naudotos validacijai su palydovo duomenimis. Validacijai iš viso naudotos 12 ortofotografijos, kurios sulygintos su 2018 liepos 17 d. ir 2019 rugpjūčio 26 d. Sentinel-2/MSI nuotraukomis (3-2 lentelė). Vertinant nendrynų pjovimo poveikį, buvo pasirinktos nuotraukos iš 2016 metų, kuomet nebuvo vykdomi pjovimo darbai (t.y. metai su natūraliais makrofitų augimo sezoniniais pokyčiais). Taip pat papildomai pasirinktos nuotraukos iš 2020 metų, kad būtų įvertintas makrofitų pasiskirstymo pokytis praėjus metams po pjovimo. Iš 2016 metų analizės išimta 13-ta teritorija, kadangi palydovinė nuotrauka buvo su debesimis. Nendrynų augimo pokytis vertintas trimis aspektais:

- sumažėjo nendrynų padengimo plotas (makrofitai buvo aptinkami prieš pjovimo sezoną, bet nebeaptikti po pjovimo),
- nepakito nendrynų padengimo plotas (makrofitai buvo aptinkami prieš ir po pjovimo, toje pačioje vietoje),
- padidėjo nendrynų padengimo plotas (makrofitai neaptikti prieš pjovimo sezoną, tačiau aptikti po pjovimo).

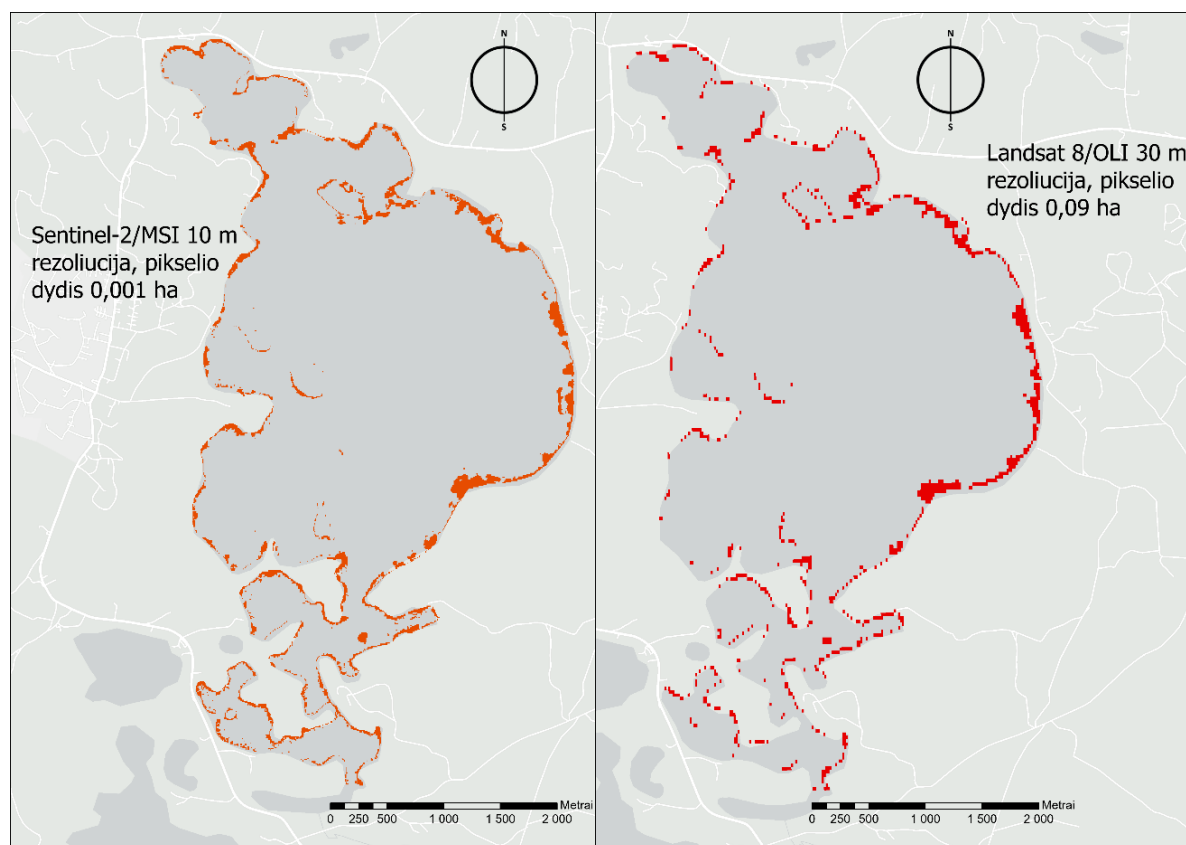
Vertinimas buvo atliekamas makrofitams pasiekus žydėjimo piką.

Validuojant analizuojamas teritorijas taip pat buvo įvertintas nendrynų užimamas plotas ir įvertintas jų skirtingas tankumas: jeigu plotą 100 % dengia išnirę makrofitai, laikomas tankus nendrynas; jeigu išnirę makrofitai dengia 50 % ploto, laikomas vidutinio tankumo nendrynas; ir jeigu išnirę makrofitai sudaro tik 25 % ploto, laikomas reto tankumo nendrynas. Sulyginimas atliktas sudarius klaidų matricą, iš kurios apskaičiuotas bendras metodo patikimumas, jautrumas (patikimumas atskiriant nendrynų plotus) ir specifiškumas (patikimumas atskiriant vandens plotą).



3-2 pav. Vidutinis automatinio nendrynų aptikimo iš palydovo duomenų metodo patikimumas, jautrumas ir specifiškumas.

Metodas patikimiausiai (bendras vidutinis patikimumas $0,83 \pm 0,14$) aptinka tankius nendrynų sąžalynus (3-2 pav.). Pakankamai patikimai aptinkami ir vidutinio tankumo sąžalynai, tačiau reti sąžalynai aptinkami nepakankamai tiksliai ($0,62 \pm 0,16$). Metodo vidutinis jautrumas, apimant visus makrofitų tankius buvo $0,53 \pm 0,27$, specifiškumas $0,98 \pm 0,02$ ir bendras patikimumas $0,76 \pm 0,14$.



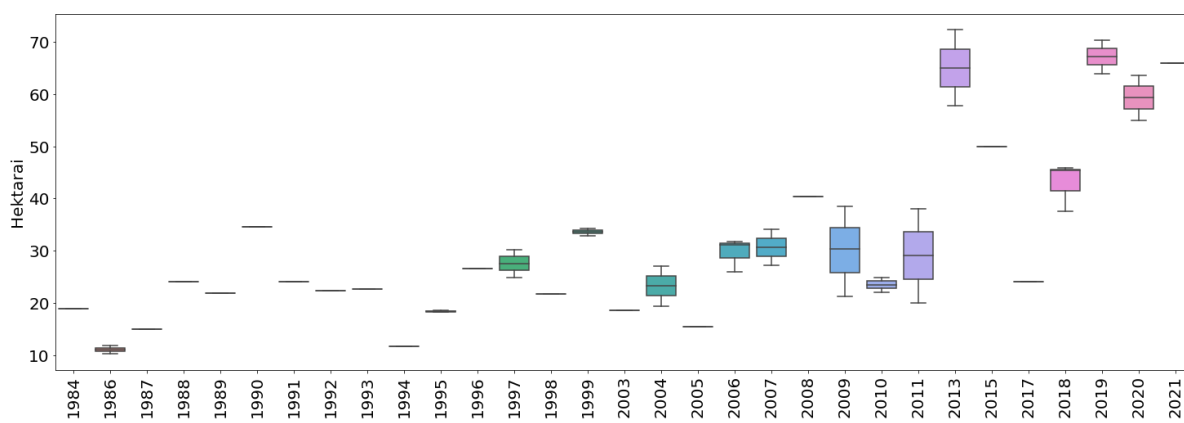
3-3 pav. 2020 rugpjūčio 17 d. palydovo nuotrauka, kairėje Sentinel-2/MSI, dešinėje Landsat 8/OLI.

Kad palydovo duomenys būtų suvaliduoti viso ežero plote, o ne tik pjovimo vietose (validacija dronu), papildomas rezultatų validavimas buvo atliktas su iš *Google Earth Pro*, iš kurio paimta labai aukštos (1,5 m) erdvinės rezoliucijos 2020 rugpjūčio mėnesio palydovinė nuotrauka, iš kurios buvo ekspertiniu vertinimu apibrėžti makrofitų poligonai. Gauti plotai palyginti su to paties mėnesio žemėlapiais gautais iš Sentinel-2 ir Landsat-8 palydovinių nuotraukų. Validavimas parodė 10 % paklaidą lyginant su aukštesnės rezoliucijos (10 m) Sentinel-2 palydovų vaizdais ir 11,8 % paklaidą su Landsat-8 (30 m) palydovo vaizdais. 3-3 pav. matomi skirtumai lyginant makrofitų plotus gautus skirtingais palydovais tą pačią dieną (2020 rugpjūčio 17 d.). Nors vizualiai plotai atrodo panašiai, tačiau skirtumas tarp jų sudaro 13,8 ha pokytį.

Nendrynų pjovimui potencialių vietų parinkimo analizė paremta daugiamečių palydovinių nuotraukų vertinimu identifikuojant išnirusių makrofitų padengimo plotus ežero pakrantėse. Analizėje naudojamos visos 84 palydovinės nuotraukos, kur pagal nendrynų padengimo plotą išskirtos vietos, kuriose makrofitų padengimas buvo labai dažnas ir plotas siekė daugiau nei 1 ha.

REZULTATAI

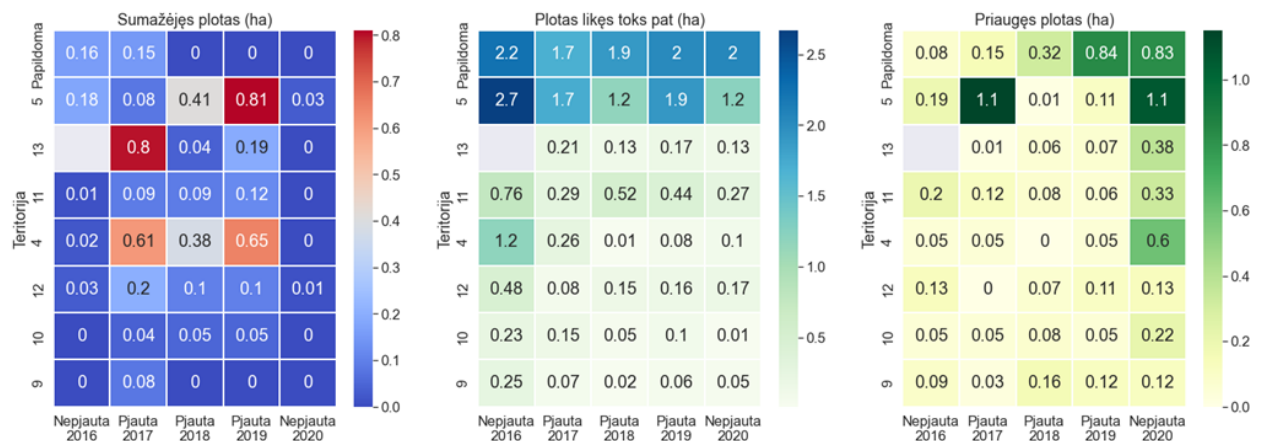
Nendrynų užaugimo kaita nuo 1984 iki 2021 m. Apskaičiavus išnirusių makrofitų užimamus plotus nuo 1984 iki 2021 m. (3-4 pav.), mažiausias plotas įvertintas 1986 m. ir sudarė 10,3 hektaro (0,9 % Platelių ežero teritorijos). Vidutiniškai visame tyrimo laikotarpyje makrofitų plotas ežere buvo 30,67 ha (2,6 %). 1984-2011 metų laikotarpiu vidutinis plotas siekė 24,8 ha (2 % Platelių ežero teritorijos). Vidutinis plotas lyginant tik 2013-2021 m. laikotarpį, kai pradėti naudoti aukštesnės kokybės palydoviniai duomenys, buvo 56,2 ha (4,6 %).



3-4 pav. Makrofitų plotai Platelių ežere gauti iš palydovo duomenų nuo 1984 iki 2021 metų, liepos ir rugpjūčio mėnesiais.

Didžiausias nendrynų plotas aptiktas 2013 m., kuris sudarė 72,3 hektaro (6 %). Didžiausias ploto sumažėjimas pastebėtas tarp 2013 ir 2017 m., kuris siekė 22,8 ha, tai galėjo būti dėl nendrynų pjovimo poveikio 2017 m., kuris tęsėsi ir 2018-19 m., bet tikėtina ne tokiu mastu. Didžiausias nendrynų plotų padidėjimo pokytis (19,7 ha) buvo stebimas tarp 2011 ir 2013 m. Tai gali būti susiję su techninėmis galimybėmis, nes nuo 2013 metų pradėti naudoti palydovo Landsat 8 duomenys vietoje Landsat 5 palydovo, kurių radiometrinis (Landsat 5 – 8bit; Landsat 8 – 12bit) ir spektrinis jautrumas yra geresnis ir makrofitai aptinkami geriau.

Nendrynų pjovimo efektyvumo įvertinimas ir išliekamasis poveikis. 2016 metais, kai nebuvo vykdomas nendrynų pjovimas, vidutinis sumažėjęs nendrynų plotas buvo tik 0,24 ha (1,8 % tiriamų teritorijų ploto), tuo tarpu nendrynų plotas, kuris išliko toks pat buvo 5,57 ha (42,4 %), o priaugęs plotas – 0,71 ha (5,4 %) (3-5 pav.).



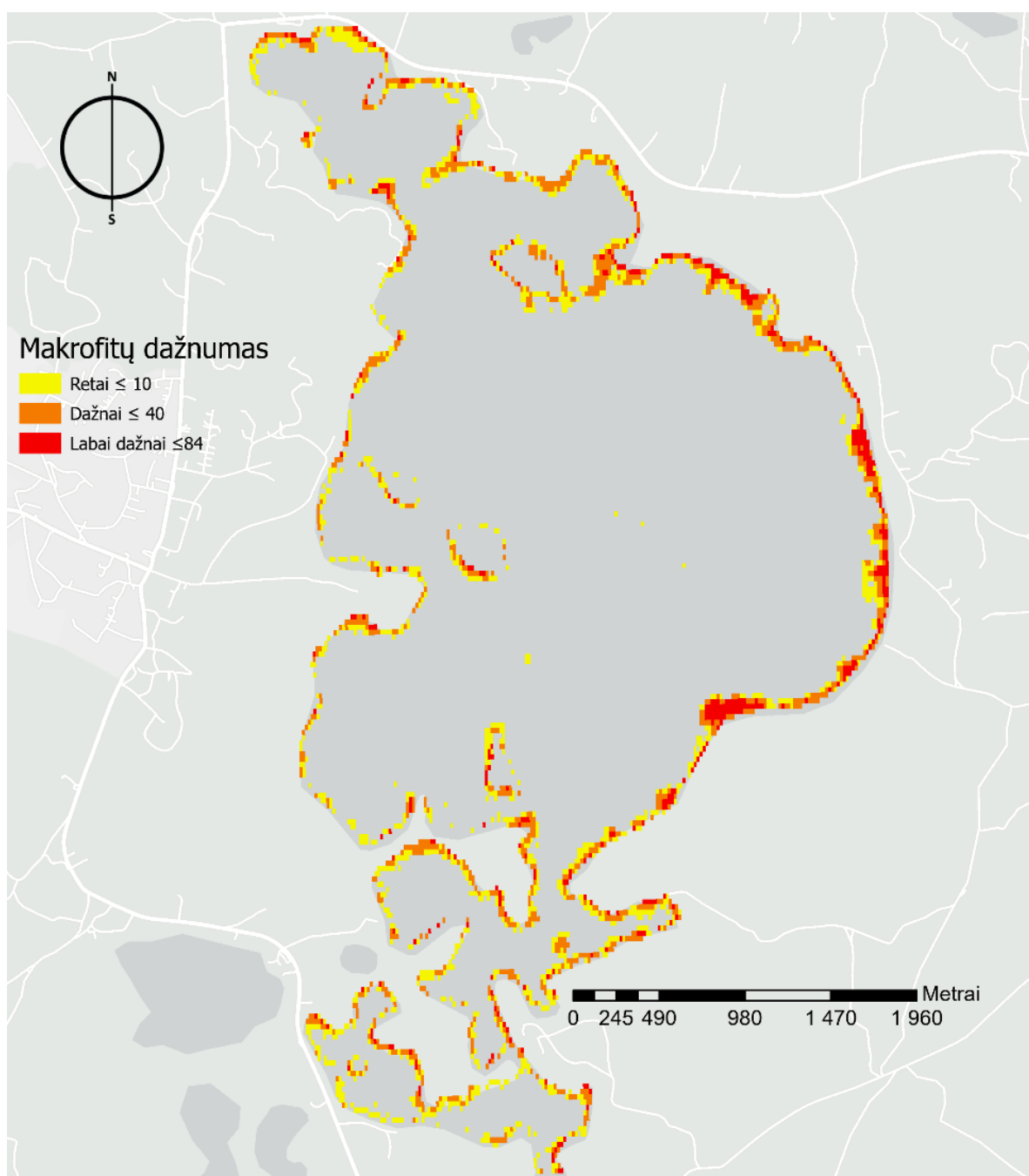
3-5 pav. Apskaičiuoti nendrynų plotai (ha) visuose tirtuose teritorijose, kurios per tiriamus metus sumažėjo (kairėje), išliko (centre) ir padidėjo (dešinėje).

Metais, kai buvo atlikti makrofitų pjovimo darbai, 2017 m. prarastas bendras nendrynų plotas buvo 1,89 ha (14,4 %), 2018 m. – 1,06 ha (8,1 %), 2019 m. – 1,9 ha (14,5 %). Bendras makrofitų plotas, kuris liko nepakitęs po pjovimo 2017 m. buvo 2,79 ha (21,2 %), 2018 m. – 2,06 ha (15,7 %), 2019 m. – 2,92 ha (22,2 %). Bendras makrofitų plotas, kuris priaugo po pjovimo, 2017 m. buvo 1,4 ha (10,7 %), 2018 m. – 0,5 ha (3,5 %), 2019 m. – 0,6 ha (4,3 %). 2020 metais, kai nebebuvo nendrynų pjovimo, makrofitų plotas sumažėjo tik 0,04 ha (0,3 %), nepakitęs plotas buvo 2 ha (14,8 %), tačiau priaugęs makrofitų plotas gerokai lenkė visus tirtus metus 2,8 ha (21,6 %).

Siūlomos nendrynų pjovimo vietos. Nendrynų pjovimo vietos atrinktos suklasifikuojant palydovinėse nuotraukose makrofitų užaugimo pasikartojimą Platelio ežero pakrantėse. Pasikartojimas buvo suskirstytas į 3 klases: aptikta retai (t.y. 1 – 10 kartų 1986-2021 m. periode), aptikta dažnai (t.y. 10 – 40 kartų), ir labai dažnai (t.y. 40 – 84 kartus). Vietos, kuriose makrofitai aptikti labai dažnai, apima seklias Platelio ežero vietas, daugiausia palei rytinę pakrantę.

APIBENDRINIMAS IR IŠVADOS

1. Bendra tendencija rodo nendrynų plotų Platelio ežere didėjimą, vidutiniškai apie 1 ha per metus. Didžioji dalis nendrynų augimo paaiškinama senesnių palydovo nuotraukų prastesne kokybe, tačiau žiūrint vidurkį nuo 2013 m. augimas vis tiek matomas vidutiniškai plotui kintant iki 1,7 ha per metus.
2. Palydoviniai duomenys leido įvertinti nendrynų pjovimo poveikį. Nendrynų pjovimo plotuose 2017-2019 metais nustatytas reikšmingas nendrynų ploto sumažėjimas (vidutiniškai $14,5 \pm 13,3$ %), lyginant su metais kai nebuvo pjovimo (2016 ir 2020 m.), kuomet vidutinis sumažėjimas buvo tik $1,1 \pm 0,7$ %.
3. 2020 metais pastebėtas didelis makrofitų ploto padidėjimas, vidutiniškai $30,4 \pm 18,8$ %, kai kitais metais vidutinis padidėjimas buvo $10,9 \pm 12$ %.
4. Teritorija, kurioje makrofitų plotai dažniausiai pasikartoja, užima 22,02 ha ir yra išsidėsčiusios rytinėje ir pietinėje Platelio ežero kranto dalyje.



3-6 pav. Teritorijos kuriuose makrofitai buvo aptikti iš palydovo nuotraukos 1986-2021 m. periode (iš viso 84 nuotraukos).

4. VANDENS LYGIO SVYRAVIMAI

IVADAS

Ežero vandens lygis gali svyruoti dėl klimato kaitos, tektoninių plokščių aktyvumo, erozijos ir žmogaus veiklos (pastatant užtvankas, hidroelektrines upėje įtekančioje į ežerą) (Abbott ir Anderson, 2009). Vandens lygio svyravimas, jo dažnis, bei vandens svyravimų paveikta teritorija yra vienas iš svarbiausių veiksnių lemiančių ežero ekosistemos būklę (Leira ir Cantonati, 2008). Didžiausi poveikiai vyksta vasaros periodu dėl klimato šiltėjimo, t.y. padidėjusios oro temperatūros, ir sumažėjusio kritulių kiekio, kuomet vandens lygis drastiškai nukrenta ne tik paviršiniuose, bet ir gruntiniuose vandenyse (Changnon ir kt. 1988). Smarkūs vandens lygio pokyčiai ežeruose nėra įprasti šiauriniam Europos regionui dėl pakankamai mažos saulės radiacijos (Abbott ir Anderson, 2009), tačiau jau yra stebimas ženklus vandens garavimas iš telkinių Europoje dėl padidėjusios oro temperatūros ir drėgmės trūkumo, ypač paskutiniiais dešimtmečiais (Okoniewska ir Szuminska, 2020). Chlorofilo-a priklausomybė nuo vandens lygio labiausiai susijusi su maistinių medžiagų patekimu į ežerą kartu su lietaus, upių ar kitu vandeniu, kuris atneša chlorofilo-a didėjimui reikalingų medžiagų (Monbet, 1992). Vandens lygio kritimas sumažina išorinio vandens srauto, tuo pačiu ir maistinių medžiagų patekimą iš išorės, tačiau yra nemažai studijų, kurios rodo, kad nukritęs vandens lygis skatina maistinių medžiagų išsiskyrimą iš ežero nuosėdų (vidinių ežero šaltinių) ir taip išauga chlorofilo-a koncentracija (da Costa ir kt. 2016). Tuo tarpu vandens lygio kitimas sumažina makrofītų gausumą (Van Geest ir kt. 2005), kadangi makrofītai augantys priekrantėse šalia stačių krantų, vandens lygio sumažėjimas pakeičia saulės spinduliuotę, kuri esant aukštesniam vandens lygiui yra sugerama vandens (Fernández-Aláez et al., 1999).

TYRIMŲ MEDŽIAGA IR METODAI.

Vandens lygio kaitos vertinimas. Vandens lygio kaitos Platelių ežere analizė atlikta naudojant dviejų laikotarpių duomenis: 1) istoriniai duomenys iš Žemaitijos nacionalinio parko archyvinių užrašų nuo 1997 iki 2013 metų, kurie buvo suskaitmenizuoti; 2) duomenys nuo 2013 metų lapkričio mėn., kurių kiekvieno mėnesio vidurkiai buvo naudojami analizei. Du laikotarpiai atskirti dėl skirtingų matavimo priemonių. Kad istorinius duomenis būtų galima lyginti su naujais duomenimis (nuo 2013 m.), iš naujų duomenų atimta 144,78 m reikšmė. Be abejo, tai nėra labai tikslus įvertis, tačiau tai leidžia palyginti dviejų laikotarpių vandens lygio sezonines tendencijas. Ataskaitoje pateikiami vandens lygio duomenys dvejais matais: 1) santykinis absoliutus aukščio matas išmatuotas skale *in situ* Platelių ežere, vienetai - metrai; 2) lygio santykinis absoliutus aukščio matas, pakoreguotas pagal jūros lygį, vienetai – metrais virš jūros lygio. Naujų duomenų eilutės vidurkis gerokai didesnis už istorinių duomenų vidurkį. Atlikta ir vandens lygio kaitos tarp metų ir mėnesių analizė, kurioje naudojami duomenys nuo 2013 metų.

Platelių ežero vandens lygio svyravimų ir chlorofilo-a koncentracijos kaitos dėsningumo vertinimui buvo naudojami chlorofilo-a koncentracijos ir vandens lygio matavimų duomenys nuo 2015 iki 2021 m., kadangi yra žinoma, jog šiuo laikotarpiu vandens lygio matavimai yra tikslesni lyginant su ankstesniu laikotarpiu. 2013 metai į analizę nebuvo įtraukti, nes vandens lygio matavimai pradėti nuo lapkričio mėn. ir neapima intensyvios vegetacijos periodo, o 2014 m. nebuvo įtraukti, nes šiais metais nebuvo palydovinių nuotraukų, kurios nebūtų reikšmingai paveiktos debesų. Analizė atlikta lyginant metinius chlorofilo-a koncentracijos ir vandens lygio vidurkius, bei vertinant birželio-rugsėjo mėnesių vidutines šių parametrų reikšmes.

Platelių ežero vandens lygio svyravimai ir makrofītų pasiskirstymo kaitos dėsningumo vertinimui buvo naudotas laikotarpis nuo 2015 rugpjūčio 1 d. iki 2021 rugsėjo 7 d. Ryšio tarp makrofītų gausumo ir vandens lygio svyravimui buvo naudota linijinė regresinė analizė.

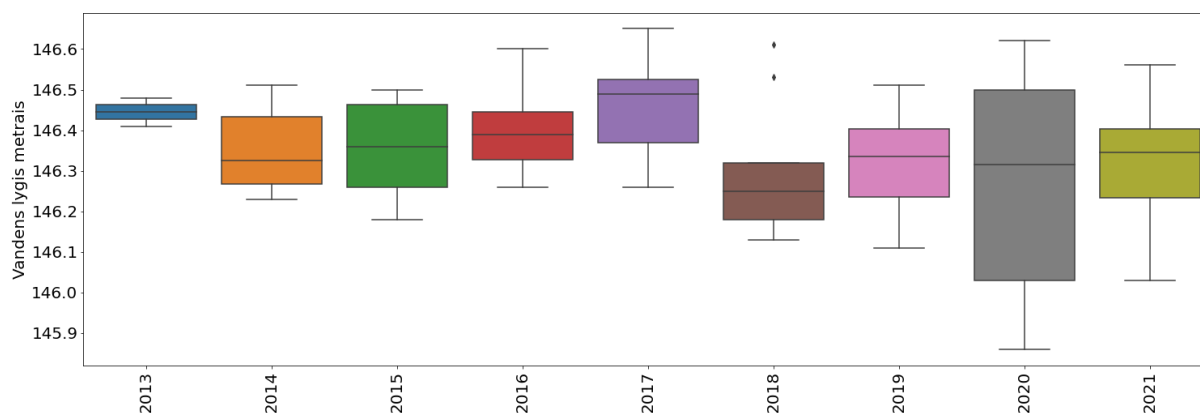
REZULTATAI

Vandens lygio kaitos vertinimas. Istoriniai duomenys nėra tikslūs, ypač 2001-2002 metų laikotarpiu (4-1 pav.), kuomet dažnai buvo vykdomas vandens lygio matavimo prietaiso taisymas. Dėl nepatikimų duomenų tolimesnėje analizėje naudoti duomenys nuo 2013 m. ir jų išraiška palikta originali (metrais virš jūros lygio).



4-1 pav. Vandens lygio (santykinis absoliutus aukštis metrais) kaita Platelių ežere nuo 1997-2021 m.

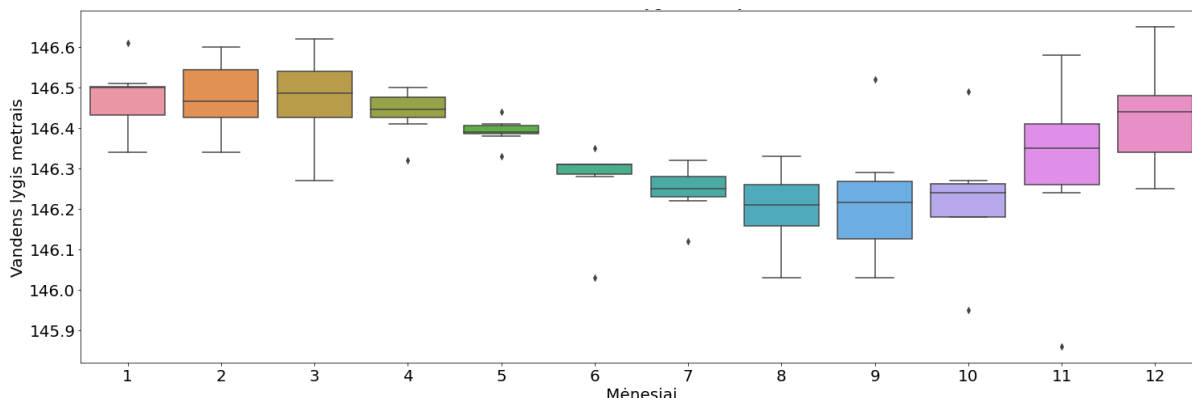
Vidutinis vandens lygis per visą laikotarpį siekė $146,34 \pm 0,15$ m virš jūros lygio (vjl), minimalus 145,86 m vjl (2020 m.), o maksimalus 146,65 m vjl (2017 m.), pokyčio amplitudė 0,79 m. Vertinant atskirai kiekvienus metus (4-2 pav.), 2020 metai išsiskyrė su didžiausia amplitude metuose, kuri beveik prilygo maksimaliajai amplitudei per visą laikotarpį 0,76 m.



4-2 pav. Vidutinis vandens (metrai virš jūros lygio) lygio pasiskirstymas tarp metų Platelių ežere.

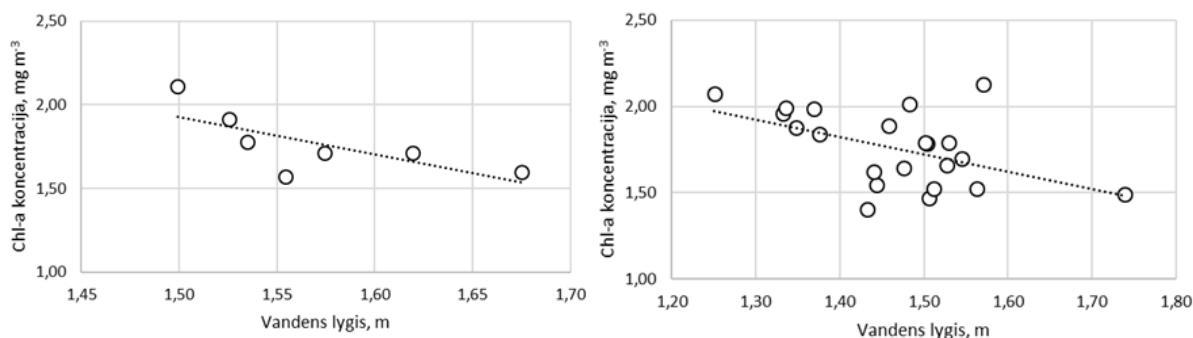
Taip pat šiais metais užfiksuotas ir žemiausias vandens lygis siekiantis 145,86 m vjl. 2017 metų vidurkis buvo didžiausias 146,46 m vjl taip pat šiais metais fiksuotas ir didžiausias mėnesio vandens lygis 146,65 m vjl. Mažiausia vidutinė vandens lygio reikšmė nustatyta 2018 metais.

Vertinant vandens lygio pokyčius tarp mėnesių matoma (4-3 pav.), kad didžiausios reikšmės vyrauja žiemos laikotarpiu ir piką pasiekia kovo mėnesį (vidurkis $146,47 \pm 0,11$ m vjl), kai įprastai prasideda pavasario potvyniai, tačiau didžiausia reikšmė pastebėta gruodžio mėn. ir siekė 146,65 m vjl. Mažiausios reikšmės stebimos vasaros sezono metu (gegužės – rugsėjo mėnesiais). Lyginant kovo, kurio visų analizuojamų metų vandens lygio vidurkis didžiausias, ir rugpjūčio, kai vidurkis mažiausias $146,20 \pm 0,09$ m vjl, mėnesių vidurkių, tai skirtumas tarp jų siekia 0,27 m, t.y. metuose vandens lygis gali kisti vidutiniškai apie 30 cm.



4-3 pav. Vidutinis vandens lygio (metrai virš jūros lygio) pasiskirstymas tarp mėnesių Platelių ežere.

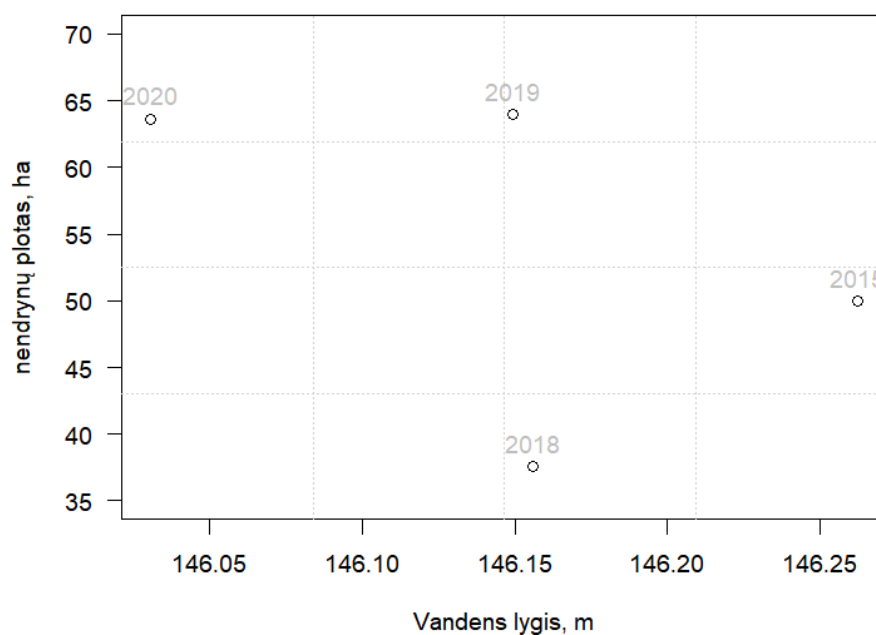
Platelių ežero vandens lygio svyravimų ir chlorofilo-a koncentracijos kaitos dėsningumai. Didėjant Platelių ežero vidutiniam metiniam vandens lygiui nuo $1,50 \pm 1,24$ m išmatuoto 2020 m. iki $1,68 \pm 0,12$ m 2017 m., chlorofilo-a koncentracija, nustatyta iš palydovinių duomenų mažėjo, atitinkamai nuo $2,11 \pm 0,72$ mg m⁻³ iki $1,60 \pm 0,21$ mg m⁻³ (4-4 pav.).



4-4 pav. Ryšys tarp Platelių ežero vandens lygio (santykinis absoliutus aukštis metrais) ir chlorofilo-a koncentracijos, gautos iš palydovinių duomenų. Kairiajame grafike yra pateikiamos metiniai vandens lygio ir chlorofilo-a koncentracijos vidurkiai, o dešiniajame grafike – mėnesiniai vandens lygio ir chlorofilo-a koncentracijos vidurkiai. Abscisių ir ordinačių ašys paveiksluose yra nevienodos.

Panašūs dėsningumai buvo nustatyti įvertinus Platelių ežero vidutinių mėnesinių chlorofilo-a koncentracijų kaitos tendencijas vidutinių mėnesinių vandens lygio kaitos atžvilgiu. Buvo nustatytas santykinai stiprus ryšys tarp vidutinių metinių 2015-2021 m. laikotarpio vandens lygio ir chlorofilo-a koncentracijos ($r = -0,71$, $N = 7$, $p > 0,05$) ir vidutinis ryšys tarp vidutinių mėnesinių 2015-2021 m. birželio-rugsėjo mėn. laikotarpio vandens lygio ir chlorofilo-a koncentracijos ($r = -0,49$, $N = 22$, $p < 0,05$). Stebima tendencija, jog didesnės chlorofilo-a koncentracijos yra tikėtinos esant mažesniai Platelių ežero vandens lygiui.

Nendrynų kaitos ir vandens lygio svyravimų dėsningumas. Nuo 2015 m. rugpjūčio mėnesį buvo 9 matavimai, kuriuose sutapo makrofitų ploto aptikimas ir vandens lygis. Vandens lygiai analizuotu periodu kito tik nuo 146,03 m vjl iki 146,26 m vjl (amplitudė 0,23 m).



4-5 pav. Ryšys tarp vidutinio vandens lygio (metrai virš jūros lygio) ir makrofitų ploto rugpjūčio mėnesį 2015, 2019-2020 metais.

Kadangi per šį laikotarpį buvo tik keli matavimai ir vandens lygio pokytis buvo labai mažas, todėl nustatyta statistiškai nereikšminga vidutinė neigiama koreliacija ($r = -0,48$, $N = 4$, $p = 0,52$) tarp vidutinio metinio (rugpjūčio mėn.) makrofitų ploto ir vandens lygio (4-5 pav.).

APIBENDRINIMAS IR IŠVADOS

1. Vandens lygis kinta kaip įprastai Lietuvos klimatui, didžiausias kovo mėn. ir mažiausias rugpjūčio mėn. Istoriniai duomenys šiame tyrime nebuvo panaudoti, o iš naujų duomenų išsiskyrė tik 2020 metai, kurie turėjo didžiausią vandens lygio amplitudę.
2. Įvertinus 2015-2021 m. birželio-rugsėjo mėn. vandens lygio ir chlorofilo-a koncentracijos, nustatytos iš palydovinių duomenų, kaitos tendencijas, buvo nustatyta, jog didesnės chlorofilo-a koncentracijos yra stebimos esant mažesniai Platelių ežero vandens lygiui. Vis tik ryšys tarp abiejų parametru buvo vidutinis, ypač mėnesių vidutinių atveju, tikėtina dėl to, jog chlorofilo-a koncentracijos kaitą lemia ne vienas parametras, kaip vandens lygio kaita, o aplinkos parametru kompleksas, pavyzdžiui, nuotėkis, maistinių medžiagu koncentracijos, temperatūra ir meteorologinės sąlygos.
3. Tiriamu laikotarpiu dėl mažos matavimų imties ir santykinai mažos vandens lygio kaitos negalima pasikliauti gautu neigiamu ryšiu tarp vandens lygio ir makrofitų ploto pokyčio.

LITERATŪROS ŠALTINIAI

- Abbott, M.B. ir Anderson, L. 2009. Lake level fluctuations. *Encyclopedia of Earth Sciences Series*, pp.489-492.
- Changnon, S.A., Huff, F.A., Hsu, C.F. 1988. Relations between precipitation and shallow groundwater in Illinois. *Journal of Climate*, 1(12), pp.1239-1250.
- Copernicus Land Monitoring Service by European Union (CLMS-EU). 2021. CORINE Land Cover. Prieiga internetu: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>. [Žiūrėta: 2022-05-20]
- da Costa, M.R.A., Attayde, J.L., Becker, V. 2016. Effects of water level reduction on the dynamics of phytoplankton functional groups in tropical semi-arid shallow lakes. *Hydrobiologia*, 778(1), pp.75-89.
- Dalu, T., Dube, T., Froneman, P. W., Sachikonye, M. T.B., Clegg, B. W. & Nhiwatiwa, T. 2015. An assessment of chlorophyll-a concentration spatio-temporal variation using Landsat satellite data, in a small tropical reservoir, Geocarto International, 30:10, 1130-1143, <https://doi.org/10.1080/10106049.2015.1027292>
- Fernández-Aláez, C., Fernández-Aláez, M., Becares, E. 1999. Influence of water level fluctuation on the structure and composition of the macrophyte vegetation in two small temporary lakes in the northwest of Spain. *Hydrobiologia* 415, 155–162. <https://doi.org/10.1023/A:1003807905710>
- Gao, B. 1996. NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment* 58, 257–266. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3)
- Georeferencinio pagrindo kadastro (GRPK). 2022. GEOREFERENCINIO PAGRINDO KADASTRAS. Prieiga prie Internetinio šaltinio: <https://www.geoportal.lt/geoportal/web/georeferencinio-pagrindo-kadastras-grpk> [Žiūrėta: 2022-05-20]
- Kvažinskas, S. 2018. Platelių ežere – kalnų ežero efektas. Prieiga per internetinį puslapį: <http://zemaitijosnp.lt/plateliu-ezere-kalnu-ezero-efektas/> [Tikrinta: 2022-05-25]
- Leira, M., Cantonati, M. 2008. Effects of water-level fluctuations on lakes: an annotated bibliography, in: Wantzen, K.M., Rothhaupt, K.-O., Mörtl, M., Cantonati, M., -Tóth, L.G., Fischer, P. (Eds.), *Ecological Effects of Water-Level Fluctuations in Lakes, Developments in Hydrobiology*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 171–184. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9192-6_16
- McFeeters, S.K. 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features.
- Monbet, Y. 1992. Control of phytoplankton biomass in estuaries: A comparative analysis of microtidal and macrotidal estuaries. *Estuaries* 15, 563–571. <https://doi.org/10.2307/1352398>
- Okoniewska, M. ir Szumińska, D. 2020. Changes in potential evaporation in the years 1952–2018 in North-Western Poland in terms of the impact of climatic changes on hydrological and hydrochemical conditions. *Water*, 12(3), p.877.
- Paerl, H.W. 2018. Mitigating toxic planktonic cyanobacterial blooms in aquatic ecosystems facing increasing anthropogenic and climatic pressures. *Toxins* 10, 76. <https://doi.org/10.3390/toxins10020076>.

- Pinardi, M., Bresciani, M., Villa, P., Cazzaniga, I., Laini, A., Tóth, V., Fadel, A., Austoni, M., Lami, A., Giardino, C. 2018. Spatial and temporal dynamics of primary producers in shallow lakes as seen from space: Intra-annual observations from Sentinel-2A. *Limnologica* 72, 32–43. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2018.08.002>
- Schindelin, J., Arganda-Carreras, I., Frise, E., Kaynig, V., Longair, M., Pietzsch, T., Preibisch, S., Rueden, C., Saalfeld, S., Schmid, B., Tinevez, J.-Y., White, D.J., Hartenstein, V., Eliceiri, K., Tomancak, P., Cardona, A. 2012. Fiji: an open-source platform for biological-image analysis. *Nat Methods* 9, 676–682. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2019>
- Szabó, S., Gácsi, Z., Balázs, B. 2016. Specific features of NDVI, NDWI and MNDWI as reflected in land cover categories. *Landsc. environ.* 10, 194–202. <https://doi.org/10.21120/LE/10/3-4/13>
- Vaičiūtė D, Bučas M, Bresciani M, Dabulevičienė T, Gintauskas J, Mėžinė J, Tiškus E, Umgiesser G, Morkūnas J, De Santi F, Bartoli M. 2021. Hot moments and hotspots of cyanobacteria hyperblooms in the Curonian Lagoon (SE Baltic Sea) revealed via remote sensing-based retrospective analysis. *Sci Total Environ.* 769, 145053. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.145053.
- Van Geest, G.J., Wolters, H., Roozen, F.C.J.M., Coops, H., Roijackers, R.M.M., Buijse, A.D., Scheffer, M. 2005. Water-level fluctuations affect macrophyte richness in floodplain lakes. *Hydrobiologia*, 539(1), pp.239-248.
- Villa, P., Laini, A., Bresciani, M., Bolpagni, R. 2013. A remote sensing approach to monitor the conservation status of lacustrine *Phragmites australis* beds. *Wetlands Ecol Manage* 21, 399–416. <https://doi.org/10.1007/s11273-013-9311-9>
- Tan, W., Xing, J., Yang, S., Yu, G., Sun, P., Jiang, Y. 2020. Long Term Aquatic Vegetation Dynamics in Longgan Lake Using Landsat Time Series and Their Responses to Water Level Fluctuation. *Water* 12, 2178. <https://doi.org/10.3390/w12082178>