

GEOGRAPHIA JUVENTA

X-osios nacionalinės jaunųjų geografo konferencijos medžiaga

Leidinyje pateikiama X-osios nacionalinės jaunųjų geografų konferencijos „GEOGRAPHIA JUVENTA“, vykusios 2026 metų kovo 24 diena Vilniuje, medžiaga.



VILNIAUS UNIVERSITETAS
VALSTYBINIS MOKSLINIŲ TYRIMŲ INSTITUTAS GAMTOS TYRIMŲ CENTRAS
KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS

KONFERENCIJOS ORGANIZACINIS MOKSLINIS KOMITETAS

prof. dr. Donatas Pupienis, Vilniaus universitetas / VMTI Gamtos tyrimų centras

prof. dr. Egidijus Rimkus, Vilniaus universitetas

prof. dr. Inga Dailidienė, Klaipėdos universitetas

dr. Justinas Kilpys, Vilniaus universitetas

dr. Darius Jarmalavičius, VMTI Gamtos tyrimų centras

dr. Dovilė Karlonienė, VMTI Gamtos tyrimų centras

dokt. Laurynas Klimavičius, Vilniaus universitetas

Bibliografinė informacija pateikiama Lietuvos integralios bibliotekų informacinės sistemos (LIBIS) portale ibiblioteka.lt.

ISSN 2783-7645 (skaitmeninė PDF)

© Vilniaus universitetas, 2026

© VMTI Gamtos tyrimų centras, 2026

© Klaipėdos universitetas, 2026

TURINYS

PRATARMĖ	5
Andriulė A., Vasiliauskienė E. Satellite-based surface NO ₂ distributions in relation to population density in the Lithuanian coastal zone	6
Brazdžiūnas P., Stankūnavičius G, Pupienis D. Audrų rekonstrukcija pietrytinėje Baltijos jūros dalyje remiantis 20CRv3 reanalizės duomenimis	8
Buslavičiūtė E., Jukna L. Sintetinės apertūros radaro interferometrija miškų biomasės nustatymui šiaurės Lietuvoje	10
Gardauskė V., Povilanskas R. Lietuvos gyventojų saugomų teritorijų suvokiamos vertės ir lankytojų elgsenos disproporcijų analizė	12
Gečaitė G. Jūrinių karščio bangų tyrimų raida XX–XXI amžiuje	14
Gružas K. Galimų detalių geografinių duomenų šaltinių identifikavimas teritorijų diferencijavimui	16
Imbrasas K. Application of Remote Sensing Techniques for Detecting Glacier meltwater rivers around Eidem lagoon	18
Jarmalavičienė K., Šimanauskienė R., Linkevičienė R. Sentinel-1 SAR duomenų taikymas ilgalaikių drėgmės režimų analizei miškingoje aukštapelkėje	20
Jurkienė A. Tarpvalstybinių tarpinių vandenų regionų valdymas	22
Kapilovaitė J., Rimkus E. Karščio streso poveikio Vilniaus miesto gyventojams vertinimo metodika, taikant CLIMADA modelį (1991-2020 m.)	24
Klimavičius L. Kompleksinių sausros ir karščio bangos įvykių prognozės rytinėje Baltijos jūros regiono dalyje	26
Levachou Y., Stonevičius E. Basin-scale assessment of aquatic macrophyte structure in water bodies of the Nemunas River Basin using satellite data	28
Mačiulaitis J., Volungevičius J. Agroekosistemų vystymo tvarumo vertinimo rodikliai: teorija ir praktinis taikymas	30
Motiejūnas G. Baseino reljefo įtaka nuotėkio reguliavimui skirtingo hidrologinio tipo upėse	32
Pipiraitė-Januškienė S. Žmogaus bioklimatinių sąlygų vertinimas Vilniaus mieste 1993-2024 m. laikotarpiu	34
Shevchuk Y., Davydov O. Long-term vegetation succession and geomorphological stabilization of a sandy spit based on multi-index satellite analysis (1979–2025)	36
Shvets O. Satellite-Based Shoreline Change Analysis of Dzharylhach Spit, Black Sea (1984-2025) Coupled with Hydrodynamic Conditions	38
Šukys J., Stankūnavičius G. Analysis of Conditions of High Atmospheric Instability in Lithuania (1996–2025)	40
Vasilevičius I., Balakauskas L. Rytų Lietuvos pilkapių aukščio verčių pasiskirstymo statistinė analizė tikimybiniam pilkapių aptikimui	42
Vasiliauskienė E., Dailidienė I. Danės upės sudėtinių potvynių rizikos zonų socioekonominis vertinimas Klaipėdos mieste	44
Vyšniauskienė V., Stankūnavičius G. Terminų anomalijų Pietryčių Baltijos regione sąsajos su atmosferos cirkuliacija	46
Žalys M., Nestickeytė L., Kelpšaitė-Rimkienė L. Ilgųjų bangų sukkelto vandens masių judėjimo Smiltynės jachtklubo uostelyje modeliavimas taikant glotnintų dalelių hidrodinamikos metodą	48

PRATARMĖ

Leidinyje pateikiama X-osios, jubiliejinės nacionalinės jaunųjų geografo konferencijos „GEOGRAPHIA JUVENTA“, vykusios 2026 m. kovo 24 d. Vilniuje, pranešimų medžiaga. Konferencijoje pristatomi jaunųjų tyrėjų darbai, nagrinėjantys įvairius geomokslų aspektus, parengti bendradarbiaujant su akademinės bendruomenės nariais. Leidinyje publikuojami darbai atspindi šiuolaikinių geomokslų tyrimų kryptis ir taikomų metodų įvairovę. Pranešimuose nagrinėjami meteorologiniai, hidrologiniai ir geomorfologiniai procesai, klimato kaitos reiškiniai, kraštovaizdžio kaita, taip pat žmogaus ir aplinkos sąveika bei teritorijų valdymo problematika. Tyrimuose taikomi nuotoliniai Žemės stebėjimo ir geografinių informacinių sistemų metodai, naudojami palydoviniai duomenys, atliekama erdvinių duomenų analizė ir skaitmeninis modeliavimas.

Konferencija sudaro sąlygas jauniems tyrėjams pristatyti vykdomus tyrimus, aptarti metodologinius sprendimus ir dalyvauti mokslinėse diskusijose. Tikimasi, kad šiame leidinyje pateikti darbai prisidės prie tolimesnės geomokslinių tyrimų plėtros ir bus naudingi akademinėi bendruomenei bei visiems, besidomintiems aktualiais geografijos ir aplinkos tyrimų klausimais.

Sudarytojai

Satellite-based surface NO₂ distributions in relation to population density in the Lithuanian coastal zone

Aistė Andriulė¹, Erika Vasiliauskienė¹

¹ Klaipėda University, Marine Research Institute (aiste.andriule@ku.lt)

Introduction

Nitrogen dioxide (NO₂) is a key indicator of traffic-related air pollution in urban environments and is particularly relevant in densely populated areas, where long-term exposure is associated with adverse health outcomes. Recent advances in satellite remote sensing have substantially improved the monitoring of NO₂, enabling detailed spatial analysis of pollution in relation to population distribution.

A major breakthrough was the launch of the Sentinel-5 Precursor (Sentinel-5P) satellite in October 2017, carrying the Tropospheric Monitoring Instrument (TROPOMI). TROPOMI provides near-global daily coverage at high spatial resolution (3.5 × 7 km² at launch, improved to 3.5 × 5.5 km²), allowing identification of localized NO₂ hotspots at urban scale. Although pixel size increases with latitude, TROPOMI remains highly suitable for regional assessments and also strengthens integrated products such as the Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS), which combines satellite information with other observations to generate spatially consistent fields (Inness et al., 2019).

The aim of this study is to examine NO₂ patterns—specifically spatial distribution, concentration gradients, and seasonal trends—in the Lithuanian coastal zone and adjacent municipalities of western Lithuania (2022–2024). This approach helps clarify how anthropogenic pressure associated with population concentration relates to NO₂ hotspots and supports evidence-based spatial planning in coastal urban regions such as Klaipėda.

Methods and data

A gridded spatial framework based on the Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) data system was used. CAMS provides model-based atmospheric composition fields generated by assimilating multiple observational sources through the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) Integrated Forecasting System. NO₂ data were obtained from CAMS-GLOB-ANT v4.2, which integrates satellite-based tropospheric NO₂ retrievals from TROPOMI (Sentinel-5P), OMI (Aura), and GOME-2 (MetOp), as well as in situ surface measurements and complementary global inventories (Granier, 2020). Monthly average values for 2022–2024 were used on a regular 0.1° × 0.1° grid, provided at 0 m and 50 m above ground level. CAMS data were processed in a Geographic Information System (GIS), where each grid cell (Fig. 1) was represented by its centroid, and monthly mean NO₂ values were extracted based on centroid coordinates. In total, 111 grid-cell centroids were analysed. A 5 km buffer was applied to ensure complete coastal coverage and to minimise edge effects. To assess associations between NO₂ and population density, 2021 national census data obtained from Statistics Lithuania (official statistics portal of Lithuania) were used. Population counts were converted into population-weighted centroids and spatially overlaid onto the NO₂ grid in GIS to compute the number of residents within each NO₂ grid cell. The relationship between population counts and NO₂ concentrations was quantified using Pearson's correlation, evaluating NO₂ concentration values for each grid cell separately and calculating seasonal (winter, spring, summer, autumn) and annual means.

Results

Population distribution along the study area shows a strong concentration within a narrow coastal belt. The near-coastal zone extending approximately 12.4 km inland contains 161,789 inhabitants (54.2% of the study-area population), while the remaining inland area holds 136,732 individuals (45.8%). Extending the coastal zone to approximately 18.6 km from the shoreline increases the coastal population to 215,096 (72.1%), indicating that demographic dominance is concentrated not only along the immediate seafront but also across a functionally connected coastal hinterland.

This demographic distribution closely reflects spatial trends in NO₂. Based on aggregated 2022–2024 data (averaging values at 0 m and 50 m above ground level) the area closest to the coastline, extending up to approximately 12.4 km inland, accounted for 52.6% of the total NO₂ burden in the study area. Expanding the analysis to approximately 18.6 km inland identified an additional 19.5% of the total NO₂ burden, so that the coastal and near-coastal zone accounted for 72.1% of the total NO₂ burden across the study area during

2022–2024. Within this zone, the grid cells covering Klaipėda’s urbanized area formed a pronounced hotspot, collectively accounting for 27.4% of the total NO₂ burden across the study area.



Fig 1. CAMS gridded framework and assigned cell indices across the study area, with applied 5 km buffer

Correlation analysis confirmed a consistent positive association between population counts and NO₂ concentrations across all seasons and at both heights. The strongest relationship was observed for annual means ($r = 0.81$ at both 0 m and 50 m above ground level; $p < 0.001$). Seasonal correlations were also high, with summer showing $r = 0.76$, while winter, spring, and autumn were slightly weaker ($r = 0.70$ – 0.71 ; $r = 0.73$; $r = 0.73$ – 0.75 , respectively). Overall, the results indicate that NO₂ accumulation is concentrated primarily in densely populated and urbanized near-coastal zones, particularly in the Klaipėda region.

Conclusions

The study shows that the spatial distribution of NO₂ in the Lithuanian coastal zone and adjacent coastal municipalities of western Lithuania is systematically associated with population concentration and the spatial distribution of related anthropogenic activities, such as transport, industrial production, and port-related operations. This indicates that population distribution can serve as an appropriate spatial proxy for anthropogenic pressure and the resulting NO₂ burden. This relationship remains consistent across seasons, while annual means provide the most stable and clearly interpretable estimate of the association. The findings support prioritizing air pollution management measures in urbanized, densely populated coastal areas where the highest NO₂ accumulations are observed.

References

- Granier, C. (2020). CAMS global emissions. *CAMS-71 Project Presentation, Copernicus Atmosphere Monitoring Service*.
- Inness, A., Baier, F., Benedetti, A., Bouarar, I., Chabrillat, S., Clark, H., Engelen, R. J., Eskes, H. J., Flemming, J., Gaudel, A., Hadji-Lazaro, J., Huijnen, V., Jones, L., Kipling, Z., Langerock, B., Leitão, J., Razinger, M., Remy, S., Schultz, M. G., Zerefos, C. (2019). The CAMS reanalysis of atmospheric composition. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19, 3515–3556.

Audrų rekonstrukcija pietrytinėje Baltijos jūros dalyje remiantis 20CRv3 reanalizės duomenimis

Pranciškus Brazdžiūnas¹, Gintautas Stankūnavičius¹, Donatas Pupienis^{1,2}

¹Vilniaus universitetas, Chemijos ir geomokslų fakultetas (pranciskus.brazdziunas@chgf.stud.vu.lt)

²Valstybinis mokslinių tyrimų institutas Gamtos tyrimų centras

Įvadas

Mokslininkai vis dažniau analizuoja audrų pokyčius tiek globaliai tiek Baltijos jūros regione. Mokslininkai atkreipia dėmesį, kad intensyvėjantis netropinių ciklonų aktyvumas siejamas su klimato kaita ir Baltijos regiono atmosferos cirkuliacijos pokyčiais (Meier et al., 2021). Naujausiuose tyrimuose minima, kad audros per paskutinį amžių tapo stipresnės, o jų meteorologiniai bei hidrodinaminiai parametrai pakito (Flynn et al., 2025). Vis dėlto, kol kas sunku įvertinti ilgalaikius sezoninius pokyčius, audrų dažnumą bei prognozuoti galimą jų raidą ateityje. Tai ypatingai svarbu pajūrio teritorijoms siekiant prisitaikyti prie galimų rizikų. Pagrindiniai iššūkiai yra susiję su duomenų trūkumu apie praeityje buvusias audras. Dauguma patikimų meteorologinių duomenų aptinkami tik nuo XX a. vidurio, todėl jais paremti tyrimai negali pateikti detalios audrų analizės senesniems laikotarpiais. Esama pavienių duomenų sekų siekiančių ir XIX a. pradžią, tačiau dėl riboto stebėjimų tinklo ir duomenų kiekio iki šiol nebuvo galimybės detaliai analizuoti audrų atvejų ir jų kaitos.

Šio tyrimo tikslas rekonstruoti audrų atvejus, įvertinti jų pasikartojimą bei išskirti audringus periodus pietrytinėje Baltijos jūros dalyje. Pagrindinis tyrimo uždavinys – nustatyti 1806-2015 m. laikotarpio audrų datas bei sudaryti jų duomenų bazę.

Duomenys ir darbo metodika

Audrų datų rekonstrukcijai sudaryti buvo naudojami trečios versijos XX a. globalios pakartotinės analizės (reanalizės) duomenys (20CRv3) kurie yra laisvai prieinami NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) duomenų bazėje. Reanalizė sudaryta pritaikius NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*) GFS (*Global Forecast System*) modelį, iš 80 narių ansamblio, kuris remiasi globalios jūros lygio stebėjimų duomenų asimiliacijos projekto ACRE (*Atmospheric Circulation Reconstructions over the Earth*) duomenimis. 1806-2015 m. laikotarpio reanalizės duomenų bazėje pateikiami atmosferos parametrai vieno laipsnio platumos ir ilgumos erdvine raiška, trijų valandų intervalu.

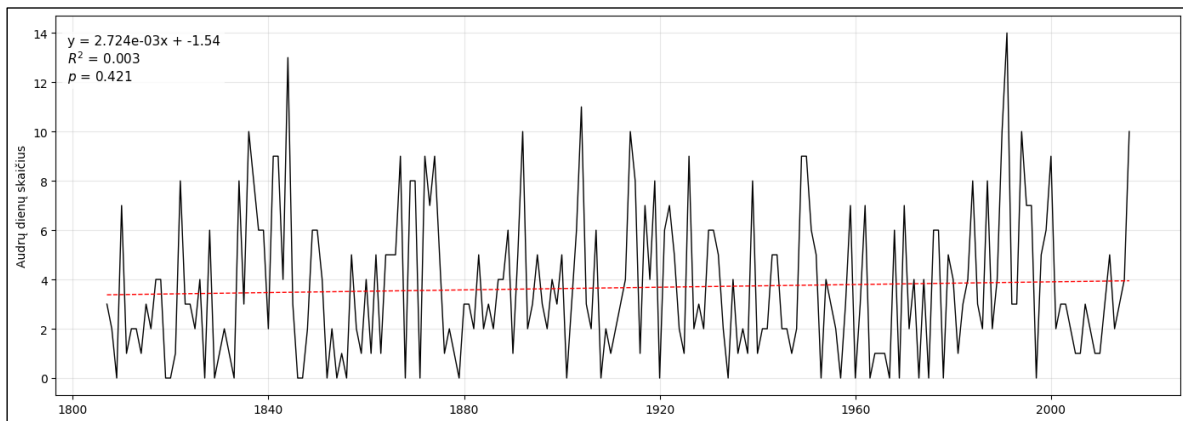
Siekiant išskirti audrų datas buvo naudojamos 500 hPa izobarinio lygio vėjo parametrų ansamblio vidurkio reikšmės duomenų gardelėje esančioje 56,00°; 21,00° koordinatėse (WGS84). Atrinkus U (m/s) komponentės maksimalias dienos reikšmes buvo nustatytos datos, kurių metu U viršijo nustatytą kriterijų – 99 procentilį. Tačiau kintanti prieinamų duomenų aprėptis ir ansamblio narių sklaida skirtingais laikotarpiais daro skirtingą įtaką ansambliniam vidurkiui. Dėl to susidaro fiktyvūs trendai, o duomenis sunku vertinti kaip vientisą duomenų eilę (Bett et al., 2017). Atsižvelgiant į tai duomenų eilė buvo suskaidyta į atskiras dalis. Pritaikius binarinio skaidymo algoritmą (*Binseg*) iš *ruptures python* programavimo kalbos įrankių rinkinio (Fryzlewicz et al., 2014; Truong et al., 2020), duomenų eilėje buvo nustatyti sekų lūžiai. Lūžių identifikavimui buvo naudojamas *normal* modelis, kuris pagal sklaidos vidurkį ir kintamumą leido išskirti keturis periodus. Taigi, audrų datoms atrinkti buvo taikomi skirtingi kriterijai kiekvienam laikotarpiui 99 procentilio pagalba (atitinkamai 27,4; 31,9; 37,9; 39,6 m/s). Pagal nustatytas datas, buvo įvertintas audrų dienų skaičius kiekvienais metais ir jų kaita atskirais mėnesiais bei įvertinti koreliaciniai ryšiai su metinėmis NAO indekso reikšmėmis 1865-2015. Audringų laikotarpių ciklai nustatyti pagal metinį audrų skaičių taikant spektrinę furjė analizę.

Rezultatai

Binarinis duomenų sekos suskaidymas į atskiras dalis leido nustatyti 3 duomenų sekos lūžius, įvykusius 1845; 1875 ir 1950 metais. Lūžiais išskirti keturi laikotarpiai analizuoti atskirai, nes duomenų patikimumas skirtingais laikotarpiais buvo nevienodas. Po duomenų apdorojimo ir pirminės analizės nustatytos 769 audrų datos, kurios leido įvertinti daugiametę audrų kaitą nuo XIX a. pradžios (1 pav.). Daugiausiai audrų nustatyta 1843 ir 1990 metais, atitinkamai 13 ir 14 atvejų. Analizė parodė, kad per tiriamąjį laikotarpį buvo 28 metai kai vėjo greitis 500 hpa izobariniame lygyje nesiekė 99 procentilio kriterijaus. Metinis audrų dienų skaičius nežymiai padidėjo, tačiau šie pokyčiai nebuvo statistiškai reikšmingi.

Nors reikšmingo audrų sezono pokyčių nenustatyta, tačiau galima teigti, kad audros metų eigoje pasitaiko anksčiau. Daugiausia jų sausio (145 atvejai) bei lapkričio (129 atvejai) mėnesiais. Tuo tarpu, per visą tiriamąjį laikotarpį, tik viena audra nustatyta birželio mėnesį.

Tarp metinio vėjo audrų skaičiaus kaitos ir NAO indekso reikšmių nustatytas reikšmingas koreliacinis ryšys ($r = 0,36$; $p < 0,05$). Atlikta spektrinė Furjė analizė parodė, kad audringesni laikotarpiai pasikartoja maždaug kas 26 metus, tai patvirtina, kad audros priklauso nuo regioninės atmosferos cirkuliacijos. Audrų skaičius per metus stipriai varijuoja, taigi net ir didesnio audringumo laikotarpiais nepasitaiko keletu metų iš eilės, kad audrų skaičius per metus viršytų vidurkį (4).



1 pav. Daugiametė audrų dienų kaita 1806 – 2015 m. laikotarpiu Baltijos jūros pietrytinėje dalyje

Išvados

Tyrimui naudoti 20CRv3 pakartotinės analizės duomenys leido rekonstruoti audrų datas Baltijos jūros pietryčiuose, nustatyti jų dažnį bei įvertinti sezoninius pokyčius. Senesnio laikotarpio, iki XX a. reanalizės duomenys yra mažiau patikimi dėl įvesties duomenų trūkumo, todėl sunku vertinti jų tikslumą. Nors rezultatai ir nerodo žymaus audrų dažnio pokyčio, kol kas sunku analizuoti sudėtinius vėjo parametrus – vėjo greitį bei kryptį. Šios priežastys nesuteikia galimybės vertinti ir audrų intensyvumo kaitos.

Nustatytas statistiškai reikšmingas, tačiau pakankamai silpnas koreliacinis ryšys tarp metinio audrų skaičiaus ir NAO indekso bei daugiametis audringų laikotarpių ciklas, sutampantis su NAO indekso ciklu, leidžia manyti, kad didžiausią įtaką audroms pietryčių Baltijos jūros regione daro regioninės cirkuliacijos dėsninčiai, o ne lokalūs veiksniai. Vakarų vėjai pietryčių Baltijos jūros regione lemia bangines patvankas, tačiau siekiant susieti audrų aktyvumą ir jų poveikį ateityje tikslinga būtų naudoti ir hidrodinaminis audrų parametrus, tokius kaip vandens lygį, bangų aukštį ir pan.

Literatūra

- Bett, P. E., Thornton, H. E., & Clark, R. T. (2015). Using the Twentieth Century Reanalysis to assess climate variability for the European wind industry. *Theoretical and Applied Climatology*, 127(1–2), 61–80. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1591-y>
- Flynn, C. M., Moemken, J., Pinto, J. G., Schutte, M. K., & Messori, G. (2025). CLIMK–WINDS: a new database of extreme European winter windstorms. *Earth System Science Data*, 17(9), 4431–4453. <https://doi.org/10.5194/essd-17-4431-2025>
- Fryzlewicz, P. (2014). Wild binary segmentation for multiple change-point detection. London School of Economics and Political Science Research Online (London School of Economics and Political Science). <https://doi.org/10.48550/arxiv.1411.0858>
- Meier, H. E. M., Kniebusch, M., Dieterich, C., Gröger, M., Zorita, E., Elmgren, R., Myrberg, K., Ahola, M. P., Bartosova, A., Bonsdorff, E., Börgel, F., Capell, R., Carlén, I., Carlund, T., Carstensen, J., Christensen, O. B., Dierschke, V., Frauen, C., Frederiksen, M., . . . Zhang, W. (2022). Climate change in the Baltic Sea region: a summary. *Earth System Dynamics*, 13(1), 457–593. <https://doi.org/10.5194/esd-13-457-2022>
- Truong, C., Oudre, L., & Vayatis, N. (2019). Selective review of offline change point detection methods. *Signal Processing*, 167, 107299. <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2019.107299>

Sintetinės apertūros radaro interferometrija miškų biomasės nustatymui šiaurės Lietuvoje

Elzė Buslavičiūtė¹, Laurynas Jukna¹

¹Vilniaus universitetas, Chemijos ir geomokslų fakultetas (elze.buslaviciute@chgf.stud.vu.lt)

Įvadas

Miškai yra vienos svarbiausių ekosistemų, atliekančių klimato reguliavimo ir anglies kaupimo funkcijas (Brockhoff ir kt., 2017). Siekiant nustatyti miškų būklę ir anglies kiekio pokyčius, svarbu stebėti biomasės kaitą miškuose (Houghton ir kt., 2009). Miškų tūriui ir biomasei matuoti dažniausiai pasitelkiami dendrometriniai *in-situ* metodai, bet vis dažniau klasikinius metodus papildo arba pakeičia informacija gauta iš Žemės stebėjimo palydovų.

SAR interferometrijos metodas leidžia sudaryti tikslius lajų aukščio modelius, naudojamus biomasės stebėjimuose. Lajai kintant laike, įprasti monostatinio režimo palydovai susiduria su dekoreliacijos problema, o tai lemia mažesnę lajos aukščio modelių tikslumą (Riel ir kt., 2018). Vienalaikio fiksavimo interferometrija su multistatine konfigūracija išsprendžia šią problemą – signalas fiksuojamas kelių palydovų vienu metu iš skirtingų pozicijų, todėl sudaromi tikslūs aukščio modeliai.

Tokio tipo TanDEM-X bistatinės misijos (TerraSAR-X ir TanDEM-X palydovai) duomenys plačiai naudojami miškų tyrimuose. Pavyzdžiui, Solberg ir kt. naudojo TanDEM-X paviršiaus aukščio modelius bei lauko tyrimų metu apskaičiuotą miškų biomasę ir išvedė konversijos faktorius, kuriuos galima naudoti biomasės apskaičiavimui iš interferometrinių aukščio. Norvegijoje šis faktorius siekė 7-14 Mg/ha (1 metras interferometrinių aukščio atitinka 7-14 Mg/ha/m biomasės padidėjimą) (Solberg ir kt., 2010, 2013), o Tanzanijoje šis faktorius siekė 13,8 -14,2 Mg/ha/m (Solberg ir kt., 2024).

Šio darbo tikslas – apskaičiuoti konversijos faktorius tarp TanDEM-X interferometrinių aukščio ir iš ICESat-2 altimetro duomenų apskaičiuotos miškų biomasės šiaurinėje Lietuvos dalyje.

Duomenys ir darbo metodika

Tyrimė naudotas Neuenschwander ir kt. (2024) pateiktas 2019-2021 metų pasaulinis šiaurinių platumų miškų biomasės duomenų rinkinys, sudarytas remiantis ICESat-2 altimetro paviršiaus aukščio matavimais. Šis rinkinys Lietuvoje apima šiaurinę šalies dalį. Taškiniai duomenys atitinka maždaug 30×11 m gardelės biomasę (Mg/ha). Iš rinkinio atrinkti tik 2019-2020 metų duomenys, o 2021 metų duomenys pašalinti.

Interferometrinių aukščių vertės gautos iš atvirai prieinamų TanDEM-X DEM rinkinių EOWEB GeoPortal platformoje. Tyrimė panaudotas 2010-2015 metais sudarytas pasaulinis paviršiaus aukščio modelis (TanDEM-X DEM Global) ir TanDEM-X 30 m DEM Change Map produktas, parodantis paviršiaus aukščio pokyčius nuo 2010 iki 2020 metų (Lachaise ir kt., 2022). Lietuvos teritorijoje *TanDEM-X DEM Global* sudarytas iš 2011-2013 metų duomenų, o paviršiaus pokyčiai fiksuoti 2018-2019 metais.

Remiantis *Global DEM* ir pokyčių paviršiaus produktais, Lietuvai sudarytas aukščių modelis, reprezentuojantis 2018-2019 metų paviršių. Tuomet, iš paviršiaus aukščio modelio atėmus Lietuvos teritorijos reljefo modelį, sudarytas paviršiaus skirtumų modelis (nDSM). Šio modelio duomenys buvo apibendrinti sudarant 10 metrų spindulio buferį aplink ICESat-2 biomasės tašką, taip išlaikant panašų (~300 m²) teritorijos plotą. Remiantis Solberg ir kt. (2024) tyrimu, konversijos faktorius apskaičiuotas kaip biomasės ir interferometrinių aukščio vidurkių teritorijoje santykis.

ICESat-2 duomenų rinkinio laikotarpis (2019-2020) persidengia, bet nesutampa su TanDEM-X fiksavimo laikotarpiu (2018-2019), todėl 2020 metais įvykę kirtimai, vėjovartos ar kiti trikdžiai galėjo neatsispindėti TanDEM-X aukščio modelyje. Norint atsižvelgti į kirtimus, buvo apskaičiuotos NDVI (Sentinel-2) vidutinės vertės buferiuose atskirai 2018-2020 vasaros laikotarpiams, ir skirtumui tarp NDVI metinių verčių esant daugiau nei -0.2, šios vietos patikrinamos aeronuotraukose. Atradus kirtimus, šios duomenų eilutės buvo pašalintos (iš viso 179 atvejai). Taigi, galiausiai duomenų analizei panaudoti 1951 taškai.

Rezultatai

Interferometrinių aukščio vertės tirtuose taškuose svyravo nuo 0 iki 35,5 metrų, vidutinis interferometrinių aukštis siekė $12,0 \pm 7,3$ m. Biomasės vertės svyravo nuo 1,1 iki 360,5 Mg/ha, o vidutinė biomasė siekė $135,5 \pm 79$ Mg/ha. Rezultatai parodė, kad bendras biomasės ir interferometrinių aukščio santykis (k) tirtuose taškuose yra $12,11 \pm 0,11$ Mg/ha/m (95 % pasiklovimo intervalas (CI): 11,89–12,30). Į analizę įtraukiant tik dominuojančias rūšis – beržą, eglę ir pušį – gautas bendras santykis siekė 12,0 Mg/ha/m.

Apskaičiavus atskirus santykius beržui, pušiai ir eglei, jų vertės atitinkamai siekė $14,13 \pm 0,99$ Mg/ha/m (95 % CI: 13,17–15,15), $11,67 \pm 0,22$ Mg/ha/m (95% CI: 11,45–11,9) ir $12,12 \pm 0,58$ Mg/ha/m (95 % CI: 11,54–12,71). Bendras linijinės regresijos, kai laisvasis narys yra 0, R^2 buvo lygus 0,88, o RMSE – 52,5 Mg/ha/m. Panašūs konversijos faktoriai (7-15 Mg/ha/m) nustatyti Solberg ir kt. (2010, 2013, 2024) tyrimuose.

Tarp biomasės ir interferometrinių aukščio nustatytas tiesinis ryšis. Ši priklausomybė parodo, kad priešingai nuo metodų, kuriuose biomasei apskaičiuoti naudojama atgalinė sklaida, interferometrinis aukštis neturi stipriai išreikšto prisotinimo efekto, kai stebint miškus, kuriuose sukaupta santykinai didelė biomasė, tampa nebeįmanoma apskaičiuoti jos kiekio (Neeff ir kt., 2005, Solberg ir kt., 2014).

Išvados

Tyrimas patvirtino tiesinį ryšį tarp TanDEM-X interferometrinių aukščio ir miškų biomasės šiaurinėje Lietuvos dalyje. Nustatytas konversijos faktorius siekė 12,11 Mg/ha/m ir atitiko ankstesnių tyrimų kitose šalyse faktorių vertes. Tai pirmasis toks tyrimas Lietuvoje, atskleidžiantis TanDEM-X duomenų tinkamumą biomasės vertinimui. Vis dėlto, apskaičiuoto konversijos faktoriaus negalima laikyti universaliu. Siekiant tikslesnio ir patikimesnio metodikos pritaikymo, reikėtų lauko tyrimų metu apskaičiuotos biomasės duomenų bei didesnės, visą Lietuvą apimančios imties. Tolimesniuose tyrimuose taip pat turėtų būti įvertinta konversijos faktoriaus priklausomybė nuo miško pobūdžio, sezoniškumo bei palydovo signalo charakteristikų ir padėties.

Literatūra

- Brockerhoff, E. G., Barbaro, L., Castagnyrol, B., Forrester, D. I., Gardiner, B., González-Olabarria, J. R., Lyver, P. O., Meurisse, N., Oxbrough, A., Taki, H., Thompson, I. D., Van Der Plas, F., & Jactel, H. (2017). Forest biodiversity, ecosystem functioning and the provision of ecosystem services. *Biodiversity and Conservation*, 26(13), 3005–3035. <https://doi.org/10.1007/s10531-017-1453-2>
- Houghton, R. A., Hall, F. G., & Goetz, S. (2009). Importance of biomass in the global carbon cycle. *Journal of Geophysical Research*, 114, G00E03. <https://doi.org/10.1029/2009JG000935>
- Lachaise, M., Gonzalez, C., Rizzoli, P., Schweibhelm, B., & Zink, M. (2022). The new Tandem-X DEM change maps product. In *IGARSS 2022 - 2022 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (pp. 5432–5435). <https://doi.org/10.1109/IGARSS46834.2022.9883612>
- Neeff, T., Dutra, L. V., Dos Santos, J. R., Freitas, C. D. C., & Araujo, L. S. (2005). Tropical forest measurement by interferometric height modeling and P-band radar backscatter. *Forest Science*, 51(6), 585–594. <https://doi.org/10.1093/forestscience/51.6.585>
- Neuenschwander, A., Duncanson, L., Montesano, P., Minor, D., Guenther, E., Hancock, S., Wulder, M. A., White, J. C., Purslow, M., Thomas, N., Mandel, A., Feng, T., Armston, J., Kellner, J. R., Andersen, H. E., Boschetti, L., Fekety, P., Hudak, A., Pisek, J., ... Stereńczak, K. (2024). Towards global spaceborne lidar biomass: Developing and applying boreal forest biomass models for ICESat-2 laser altimetry data. *Science of Remote Sensing*, 10, 100150. <https://doi.org/10.1016/j.srs.2024.100150>
- Riel, B., Denbina, M., & Laval, M. (2018). Uncertainties in forest canopy height estimation from polarimetric interferometric SAR data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 11(10), 3478–3491. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2018.2867789>
- Solberg, S., Astrup, R., Breidenbach, J., Nilsen, B., & Weydahl, D. (2013). Monitoring spruce volume and biomass with InSAR data from TanDEM-X. *Remote Sensing of Environment*, 139, 60–67. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.07.036>
- Solberg, S., Astrup, R., Gobakken, T., Næsset, E., & Weydahl, D. J. (2010). Estimating spruce and pine biomass with interferometric X-band SAR. *Remote Sensing of Environment*, 114(10), 2353–2360. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.05.011>
- Solberg, S., Bollandsås, O. M., Gobakken, T., Næsset, E., Basak, P., & Duncanson, L. I. (2024). Biomass change estimated by TanDEM-X interferometry and GEDI in a Tanzanian forest. *Remote Sensing*, 16(5), 861. <https://doi.org/10.3390/rs16050861>
- Solberg, S., Næsset, E., Gobakken, T., & Bollandsås, O.-M. (2014). Forest biomass change estimated from height change in interferometric SAR height models. *Carbon Balance and Management*, 9(1), 5.

Lietuvos gyventojų saugomų teritorijų suvokiamos vertės ir lankytojų elgsenos disproporcijų analizė

Vita Gardauskė¹, Ramūnas Povilanskas¹

¹ Klaipėdos universitetas, Jūrų tyrimų institutas (vita.gardauske@ku.lt)

Įvadas

Biologinė įvairovė yra itin svarbi žmonijos egzistavimui, nes ji gamina deguonį (Falkowski, 2012), valo vandenį (Pepper ir kt., 2013), tiekia maistines medžiagas (Diaz ir kt., 2019), švelnina klimato kaitą (Palmer, 2021) ir užtikrina ekonominį augimą (Costanza ir kt., 2014). Tačiau, nepaisant šių teikiamų ekosisteminių paslaugų, grėsmė biologinei įvairovei didėja. Viena iš pagrindinių strategijų kylantiems iššūkiams mažinti – gamtos apsaugos stiprinimas plečiant saugomų teritorijų (ST) tinklą. Todėl 2022 m. pasaulinėje biologinės įvairovės programoje buvo iškeltas tikslas-- „30 iki 30“, kuriuo siekiama iki 2030 metų pasauliniu mastu apsaugoti ne mažiau kaip 30 % sausumos teritorijų ir jūrų akvatorijų (CBD, 2022). Nuo Jeloustouno nacionalinio parko įkūrimo 1872 m. praėjo daugiau nei 150 metų, tačiau ST dalis pasaulio mastu siekia tik apie 16,51% sausumos (WDPCA). Saugomų teritorijų plėtra susiduria su nuolatinais iššūkiais (Soliku & Schraml, 2018; Mola-Yudego & Gritten, 2010; Fastré et al., 2020; Vodouhê et al., 2009), vienas iš kurių, yra didžiausių – bendruomenės ir suinteresuotų šalių įsitraukimas ir susitarimas (Sarkki et al., 2015). Todėl žmonių vertybių supratimas tampa svarbiu įrankiu, galinčiu pagerinti gamtos apsaugą (Bennett et al., 2017). Lietuvoje iki šiol trūksta empirinių duomenų apie saugomų teritorijų (ST) visuomeninį vertinimą ir lankytojų pasirinkimų dėsningumus. Šiuo tyrimu siekiama nustatyti disproporcijas tarp respondentų prioritetinėmis laikomų ST vertinimo ir faktinio jų lankomumo, kartu išryškinant geografinį pasiskirstymą ir pasiekiamumą.

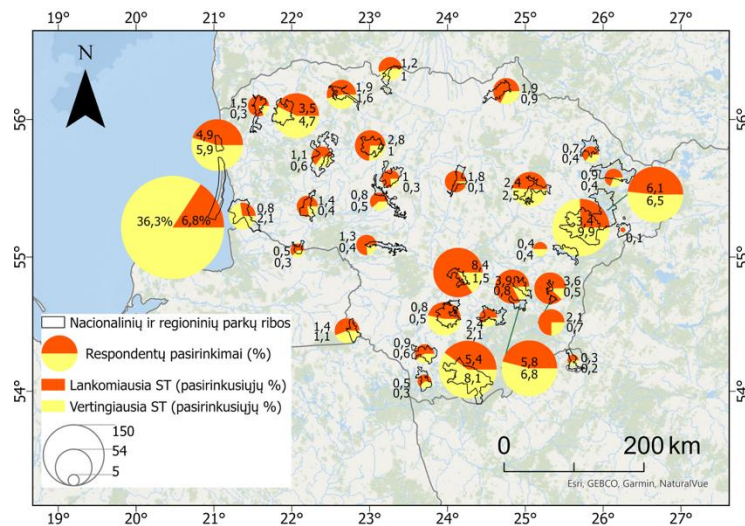
Duomenys ir darbo metodika

Siekiant užtikrinti duomenų reprezentatyvumą 2025 m. buvo atlikta Lietuvos gyventojų nuotolinė apklausa, kurios metu buvo apklausta 1000 (18-65 amžiaus grupės) respondentų, atrinktų pagal amžiaus, lyties ir gyvenamos vietos kriterijus. Apklausoje kiekvienas respondentas atskirai įvardino po vieną vertingiausią ir lankymui dažniausiai pasirenkamą Lietuvos nacionalinį arba regioninį parką. Respondentų pasirinkimų duomenys buvo sugrupuoti ir pateikti procentais, o rezultatų vizualizacijai ir erdviniam pasiskirstymui atvaizduoti naudota ArcGIS Pro programa (ESRI, 2021).

Rezultatai

Tyrimas atskleidė atotrūkį tarp regioninių ir nacionalinių parkų simbolinės vertės ir gyventojų lankomumo (1 pav.). Ryškiausiai išsiskyrė Kuršių nerijos nacionalinis parkas (NP), kurį dėl UNESCO statuso ir unikalaus kultūrinio kraštovaizdžio, kaip vertingiausia teritorija pasirinko daugiau nei trečdalis respondentų (36,4%), tačiau ją lankė santykinai retai (6,8%). Panašūs rezultatai, kai simbolinė vertė viršijo lankymo įpročius buvo nustatyta Labanoro regioniniame (9,9% ir 3,4%) bei Dzūkijos nacionaliniame (8,1 % ir 5,4 %) parkuose. Tuo tarpu ST, kurios patenka į Lietuvos didžiųjų miestų teritorijas, pasižymėjo priešingu rezultatu. Respondentai kaip lankomiausius rinkosi Kauno marių (8,4%), Verkių (3,6%) ar Neries (3,9%) regioninius parkus (RP), nors jų vertė buvo nurodyta mažesnė (1,5%, 0,5% ir 0,8% atitinkamai). Pastarieji parkai pasižymi aukštais lankomumo rodikliais dėl geografinio prieinamumo, tačiau retai įvardinami kaip turintys išskirtinę reikšmę.

Tyrimas atskleidė saugomas teritorijas (ST), pasižyminčias didžiausia darna tarp jų vertės ir lankomumo, o tai rodo stabilų šių vietovių įvaizdį visuomenėje ir aukštesnį žmonių suvokimą apie ST teikiamą naudą kasdieniame gyvenime. Tolygiausias pasiskirstymas nustatytas Aukštaitijos NP (6,1% - lankomiausias ir 6,5% - vertingiausias), Trakų istorinio NP (5,8% ir 6,8%) ir mažesnis Anykščių RP (2,4% ir 2,5%). Nuo didžiųjų Lietuvos miestų nutolę Žagarės, Vištyčio, Ventos, Nemuno kilpų, Asvejos RP atskleidė gana nuoseklų respondentų vertinimą, tačiau mažuosius regioninius parkus (pvz., Sirvėtos, Dieveniškų istorinio, Asvejos, Veisėjų, Rambyno RP) pasirinko vos 1–5 respondentai. Retas šių saugomų teritorijų paminėjimas ir pasirinkimas, leidžia daryti prielaidą apie jų ribotą konkurencinį potencialą.



1 pav. Lietuvos gyventojų pasirinktų lankomiausių ir vertingiausių ST pasiskirstymas pagal respondentų dalį, proc.

Išvados

Tyrimas atskleidė, kad Lietuvos gyventojų lankymosi įpročiai ST ne visada sutampa su ST subjektyviai suvokiama jų verte. Vertę gali nulemti parko simbolinė reikšmė ir unikalumas kaip Kuršių Nerijos NP, Labanoro RP, Dzūkijos NP. Tuo tarpu didžiųjų miestų teritorijose esantys Kauno marių, Verkių, Neris RP dažniausiai pasirenkami dėl pasiekiamumo, nors jų subjektyvi vertė respondentams yra minimali. Nustatyta, kad kai kurios saugomos teritorijos (ST), nors ir yra panašiai nutolusios nuo pagrindinių Lietuvos gyvenviečių, vertinamos nevienodai. Respondentų pasirinkimas svyruoja nuo subalansuoto iki visiško jų nepasirinkimo, o tai gali rodyti nevienodą respondentų žinių trūkumą ir skirtingą saugomų teritorijų reprezentaciją.

Literatūra

- Bennett, N. J., Roth, R., Klain, S. C., Chan, K., Christie, P., Clark, D. A., ... & Wyborn, C. (2017). Conservation social science: Understanding and integrating human dimensions to improve conservation. *Biological conservation*, 205, 93-108.
- CBD (Convention on Biological Diversity). (2022, February). Kunming–Montreal global biodiversity framework. In *Paper Presented at Fifteenth Meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity (Part Two) Decision 15/4. Fifteenth Meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity*.
- Costanza, R., De Groot, R., Sutton, P., Van der Ploeg, S., Anderson, S. J., Kubiszewski, I., ... & Turner, R. K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global environmental change*, 26, 152-158.
- Díaz, S. M., Settele, J., Brondízio, E., Ngo, H., Guèze, M., Agard, J., ... & Zayas, C. (2019). The global assessment report on biodiversity and ecosystem services: Summary for policy makers.
- Falkowski, P. (2012). Ocean science: the power of plankton. *Nature*, 483(7387), S17-S20.
- Fastré, C., Possingham, H. P., Strubbe, D., & Matthysen, E. (2020). Identifying trade-offs between biodiversity conservation and ecosystem services delivery for land-use decisions. *Scientific Reports*, 10(1), 7971.
- Mola-Yudego, B., & Gritten, D. (2010). Determining forest conflict hotspots according to academic and environmental groups. *Forest Policy and Economics*, 12(8), 575-580.
- Palmer, L. (2021). How trees and forests reduce risks from climate change. *Nature climate change*, 11(5), 374-377.
- Pepper, R. E., Roper, M., Ryu, S., Matsumoto, N., Nagai, M., & Stone, H. A. (2013). A new angle on microscopic suspension feeders near boundaries. *Biophysical journal*, 105(8), 1796-1804.
- Sarkki, S., Rantala, L., & Karjalainen, T. P. (2015). Local people and protected areas: Identifying problems, potential solutions and further research questions. *International Journal of Environment and Sustainable Development*, 14(3), 299-314.
- Soliku, O., & Schraml, U. (2018). Making sense of protected area conflicts and management approaches: A review of causes, contexts and conflict management strategies. *Biological Conservation*, 222, 136-145.
- Vodouhê, F. G., Coulibaly, O., Greene, C., & Sinsin, B. (2009). Estimating the Local Value of Non-Timber Forest Products to Pendjari Biosphere Reserve Dwellers in Benin. *Economic Botany*, 63(4), 397-412.

Jūrinių karščio bangų tyrimų raida XX–XXI amžiuje

Gustė Gečaitė¹

¹Vilniaus universitetas, Chemijos ir geomokslų fakultetas (guste.gecaite@chgf.stud.vu.lt)

Įvadas

Jūros ir vandenynai sugeria daugiau nei 90 % perteklinės šilumos, susidarančios dėl klimato šiltėjimo, todėl per pastaruosius 40 metų vandenynų paviršiaus temperatūra kilo vidutiniškai apie 0,15 °C per dešimtmetį (Li ir kt., 2023; Smith ir kt., 2021). Atsižvelgiant į šias tendencijas, vis daugiau tyrimų skiriama dažnėjantiems ir stiprėjantiems ekstremaliems jūrų vandens temperatūros reiškiniams (Li ir kt., 2023).

Didėjant antropogeninėms anglies dioksido emisijoms ir laipsniškai šylant vandenynams smarkiai išaugo trumpalaikių vandenynų temperatūros anomalijų pasikartojimo dažnis ir intensyvumas (Smith ir kt., 2021). Jūrinės karščio bangos (JKB) - reiškinys kai ilgesnį laiką fiksuojamos neįprastai aukštos jūros paviršiaus temperatūros, apibrėžiamos kaip reikšmingi teigiami temperatūros nuokrypiai nuo daugiamečių normos. Šis reiškinys daro reikšmingą poveikį jūrų ekosistemoms ir gali lemti socioekonominės pasekmes (Safonova ir kt., 2024; Smith ir kt., 2021; Sun ir kt., 2023). Nors per pastarąjį šimtmetį bendras metinis jūrinių karščio bangų dienų skaičius pasauliniu mastu išaugo 54% (Smith ir kt., 2021), *JKB* kaip savarankiška tyrimo kryptis moksle susiformavo palyginus neseniai. Šio darbo tikslas – išanalizuoti jūrinių karščio bangų tyrimų raidą XX-XXI amžiuje, vertinant mokslinių publikacijų skaičiaus kaitą, terminijos vartojimo ir taikomų metodikų pokyčius.

Duomenys ir darbo metodika

Jūrinių karščio bangų tyrimų raida buvo analizuojama remiantis *Web of Science* duomenų bazėje atrinktomis mokslinėmis publikacijomis, kurių analizė atlikta taikant *KH Coder* tekstinės analizės metodus. Paieška *Web of Science* duomenų bazėje buvo vykdoma naudojant raktinius žodžius susijusius su jūrinių karščio bangų ir jūros paviršiaus temperatūros ekstremumų tematika: „*marine heat wave*“, „*marine heatwave*“, „*ocean heat extreme*“, „*sea surface temperature anomaly*“, „*extreme sea surface temperature*“, „*ocean temperature anomaly*“, „*ocean warming event*“, „*thermal extreme*“. Siekiant išanalizuoti *JKB* tyrimų tendencijas ir metodologinių požiūrių kaitą, į straipsnių rinkinį nebuvo įtraukti ekologines problemas analizuojantys straipsniai. Tekstinės analizės duomenų rinkinį sudarė 2 721 mokslinio straipsnio santraukos. Pritaikius *KH Coder* programą buvo atlikta kiekybinė santraukų analizė, identifikuotos pagrindinės sąvokos, jų tarpusavio ryšiai ir tyrimų tematikos.

Rezultatai

Tekstinė analizė atskleidė aiškius jūrinių karščio bangų tyrimų raidos etapus XX-XXI amžiuje. Iki 2016 metų *JKB* tematika moksliniuose tyrimuose pasitaikydavo fragmentiškai, labiausiai koncentruotasi į jūros paviršiaus temperatūros (*SST*) anomalijas ir pavienius ekstremalius atvejus, netaikant vieningo *JKB* termino ar standartizuotų identifikavimų kriterijų. Per 1990-2016 m. laikotarpį mokslininkai vidutiniškai skelbė po 41 straipsnį per metus, kuriuose buvo analizuojamos *SST anomalijos*. Per visą 26 metų laikotarpį iš viso buvo paskelbti 1085 moksliniai straipsniai anglų kalba. Ryškūs pokyčiai nustatyti po 2016 m., kai moksliniuose straipsniuose įsitvirtino standartizuotas jūrinių karščio bangų (*angl. marine heatwave*) sąvoka pasiūlyta A. J. Hobday ir kt. (2016). Mokslinių straipsnių skaičius per 2016-2025 m. laikotarpį išaugo iki 1644 straipsnių, o vidutinis metinis straipsnių skaičius išaugo iki 164 per metus.

Atlikus analizę nustatyta, kad per visą nagrinėjamą laikotarpį dažniausiai pasikartoję „*SST*“, „*temperature*“ ir „*anomaly*“ terminai patvirtinantys, kad jūros paviršiaus temperatūra yra pagrindinis *JKB* identifikavimo rodiklis. Terminų vartojimo analizė atskleidė, kad po 2018 m. reikšmingai išaugo žodžių „*duration*“, „*intensity*“ ir „*extreme*“ vartojimas. Tai rodo perėjimą nuo pavienių *SST* anomalijų fiksavimo prie kiekybinės jūrinių karščio bangų charakteristikų analizės. Būtent trukmės ir intensyvumo pokyčiai yra vieni svarbiausių rodiklių, leidžiančių įvertinti jūrinių karščio bangų stiprėjimą, kurie tiesiogiai yra susiję su šilumos kaupimusi vandenyne ir atmosferoje (Bashiri ir kt., 2024).

Žodžių dažnio pasikartojimo detalesnė analizė atskleidė atskirą grupę, apimančią žodžius „*model*“, „*analysis*“, „*prediction*“, „*forecast*“, ir „*reanalysis*“. Šių žodžių padažnėjimas rodo vis platesnį stebėjimų, reanalizės duomenų bei skaitmeninių klimato bei vandenyno modelių taikymą *JKB* tyrimuose. Su modeliavimu ir prognozavimu susijusių metodinių terminų plėtra atskleidžia, kad *JKB* tyrimai tampa vis dažniau orientuoti į šio reiškinio modeliavimą ir prognozavimą (Zhang ir kt., 2024).

Tekstinės analizės rezultatai atskleidė išaugusį terminų pasikartojimą, susijusi su regioniniais atmosferos ir vandenyno procesais. Straipsniuose dažnai pasitaikantys terminai „circulation“, „atmospheric“, „monsoon“ ir „ENSO“ parodo, kad jūrinių karščio bangų tyrimuose vis didesnis dėmesys skiriamas ne tik temperatūros anomalijų identifikavimui, bet ir jų sąsajoms su didelio masto klimato procesais bei regioniniais cirkuliacijos režimais (Gregory ir kt., 2024; Holbrook ir kt., 2019).

Išvados

Kiekybinė analizė parodė, kad jūrinių karščio bangų tyrimų kryptis XX a. pabaigoje buvo fragmentiška ir orientuota į pavienių jūros paviršiaus temperatūros anomalijų aprašymą. Tačiau po 2016 m., įsitvirtinus standartizuotam apibrėžimui, fiksuojamas aiškus metodinis ir struktūrinis lūžis. Ženklus mokslinių straipsnių gausėjimas ir terminų „duration“, „intensity“ ir „extreme“ vartojimo kaita rodo perėjimą prie kiekybinės jūrinių karščio bangų charakteristikų - trukmės, intensyvumo, dažnio - analizės, taikant ilgalaikius palydovinius, reanalizės duomenis ir skaitmeninius modelius. Nustatyti pokyčiai atskleidė, kad jūrinių karščio bangų tyrimai buvo integruoti į platesnį klimato sistemos kontekstą ir susiformavo kaip savarankiška klimato ekstremumų tyrimų kryptis.

Literatūra

- Gregory, C. H., Artana, C., Lama, S., León-FonFay, D., Sala, J., Xiao, F., Xu, T., Capotondi, A., Martinez-Villalobos, C., & Holbrook, N. J. (2024). Global Marine Heatwaves Under Different Flavors of ENSO. *Geophysical Research Letters*, 51(20). <https://doi.org/10.1029/2024GL110399>
- Hobday, A. J., Alexander, L. V., Perkins, S. E., Smale, D. A., Straub, S. C., Oliver, E. C. J., Benthuyzen, J. A., Burrows, M. T., Donat, M. G., Feng, M., Holbrook, N. J., Moore, P. J., Scannell, H. A., Sen Gupta, A., & Wernberg, T. (2016). A hierarchical approach to defining marine heatwaves. *Progress in Oceanography*, 141, 227–238. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2015.12.014>
- Holbrook, N. J., Scannell, H. A., Sen Gupta, A., Benthuyzen, J. A., Feng, M., Oliver, E. C. J., Alexander, L. V., Burrows, M. T., Donat, M. G., Hobday, A. J., Moore, P. J., Perkins-Kirkpatrick, S. E., Smale, D. A., Straub, S. C., & Wernberg, T. (2019). A global assessment of marine heatwaves and their drivers. *Nature Communications*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10206-z>
- Li, Z., England, M. H., & Groeskamp, S. (2023). Recent acceleration in global ocean heat accumulation by mode and intermediate waters. *Nature Communications*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-42468-z>
- Safonova, K., Meier, H. E. M., & Gröger, M. (2024). Summer heatwaves on the Baltic Sea seabed contribute to oxygen deficiency in shallow areas. *Communications Earth and Environment*, 5(1). <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01268-z>
- Smith, K. E., Burrows, M. T., Hobday, A. J., Gupta, A. Sen, Moore, P. J., Thomsen, M., Wernberg, T., & Smale, D. A. (2021). Socioeconomic impacts of marine heatwaves: Global issues and opportunities. *Science* (T. 374, Numeris 6566). American Association for the Advancement of Science. <https://doi.org/10.1126/science.abj3593>
- Sun, D., Li, F., Jing, Z., Hu, S., & Zhang, B. (2023). Frequent marine heatwaves hidden below the surface of the global ocean. *Nature Geoscience*, 16(12), 1099–1104. <https://doi.org/10.1038/s41561-023-01325-w>
- Zhang, X., Zhao, N., Han, Z., & Dai, Z. (2024). Large spread in marine heatwave assessments for Asia and the Indo-Pacific between sea-surface-temperature products. *Communications Earth and Environment*, 5(1). <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01369-9>

Galimų detalių geografinių duomenų šaltinių identifikavimas teritorijų diferencijavimui

Kostas Gružas¹

¹Vilniaus universitetas, Chemijos ir geomokslų fakultetas (kostas.gruzas@chgf.stud.vu.lt)

Įvadas

Detalūs geografiniai duomenys vis dažniau taikomi įvairių disciplinų tyrimuose, ypač kartografijoje, geografijoje ir teritorijų planavime. Vis dėlto, jų potencialas vis dar nėra pakankamai išnaudojamas. Dažnai koncentruojamasi į jau paruoštuose duomenų rinkiniuose esančių rodiklių detalumą (socialinės, ekonominės, demografinės charakteristikos), bet nepakankamai įvertinamos pradinė detalių geografinių duomenų panaudojimo galimybės. Erdvinėje analizėje vis dar dažnai remiamasi administraciniais statistiniais rodikliais, nors dalis jų galėtų būti tiesiogiai apskaičiuojami naudojant detalius geografinius duomenis. Tokiu atveju, duomenys gali būti dažniau atnaujinami ir aktualizuojami, agreguojami į analizei reikalingus teritorinius vienetus, siekiant geriausių analizės rezultatų.

Teritorijų diferencijavimas yra viena iš sričių, kur detalių geografinių duomenų potencialas vis dar nėra pakankamai išnaudojamas. Dažniausiai diferencijuojami palyginti stambūs teritoriniai vienetai, pavyzdžiui, seniūnijos ar savivaldybės (Burneika et. al., 2017; Baranauskienė, 2019). Nors administraciniai teritoriniai vienetai yra patogūs ir plačiai naudojami, jų taikymas teritorijų diferencijavimui dažnai užgožia smulkesnius erdvinis skirtumus ir neleidžia pilnai išnaudoti detalių geografinių duomenų analizės galimybių. Šiuo metu Lietuvoje yra prieinama ypatingai daug atvirų ir detalių geografinių duomenų rinkinių, kuriuos tinkamai išnaudojus, galima atlikti detalesnes ir išsamesnes analizes. Pavyzdžiui, Nekilnojamojo turto kadastro duomenys leidžia skaičiuoti pastatų skaičių, tipologiją ar tankį bet kuriame pasirinktame teritoriniame viename. Įvairių erdvinio duomenų panaudojimas išplečia teritorijų diferencijavimo galimybes ir leidžia taikyti skirtingus erdvinis pjūvius, orientuotus į konkretaus tyrimo tikslus.

Duomenys ir darbo metodika

Tyrimo metu siekta susipažinti su dažniausiai Lietuvos teritorijų diferencijavimui naudojamais rodikliais ir juos atspindinčiais duomenų rinkiniais. Vienas pagrindinių duomenų šaltinių yra Lietuvos gyventojų ir būstų surašymo duomenys. Siekiama išnaudoti informaciją apie gyventojus, jų socialines ir demografines charakteristikas bei papildomą informaciją apie būstus ir jų pokyčius. Taip pat, vienoje iš Lietuvoje taikomų metodikų, naudojamas Georeferencinio pagrindo kadastras ir informacija apie užstatytas teritorijas (Dėl Tvarios miesto plėtros strategijų..., 2024). Žinoma, naudojamos administracinių teritorijų ribos iš Adresų registro.

Įvertinus Lietuvos teritorijų diferencijavimui dažniausiai taikomas metodikas ir jose naudojamus rodiklius, buvo atlikta galimų duomenų rinkinių paieška ir analizė, siekiant nustatyti, kurie detalūs geografiniai duomenys galėtų būti tinkami detalesnei teritorinei analizei ir teritorijų diferencijavimui. Vertinant duomenų rinkinius atsižvelgta į jų erdvinį detalumą, teminį turinį, atnaujinimo periodiškumą ir prieinamumą.

Rezultatai

Nors gyventojų ir būstų surašymo duomenys yra optimaliausias duomenų rinkinys apie gyventojus, būtina įvertinti Gyventojų registro potencialą. Dažniausiai abejojama dėl netikslios gyventojų registravimosi vietos, tačiau kol gyventojų ir būstų surašymas nėra kasmetinis, Gyventojų registras galėtų būti alternatyvus šaltinis. Informacija apie būstus iš dalies yra pasiekama Nekilnojamojo turto registre – duomenys yra atviri ir atnaujinami kiekvieną mėnesį. Galima gauti tikslią informaciją apie pastatus, jų paskirtį, aukštumą. Tai lemiantys faktoriai, leidžiantys diferencijuoti teritorijas. Pastatai pateikiami kaip taškai, todėl perdengiant su Georeferencinio pagrindo kadastru (toliau – GRPK), galima išgauti papildomos informacijos apie pastatų konfigūracijas. Paties GRPK panaudojimas užstatytų teritorijų diferencijavimui šiuo metu yra optimaliausias šaltinis – galimas kombinuotas panaudojimas su OpenStreetMap duomenų rinkiniu. Minėti duomenų rinkiniai tinkami ir kelių tinklo analizei, įtraukiant Adresų registro duomenis. Diferencijuojant teritoriją svarbus paslaugų pasiekiamumas, todėl šiam uždaviniui gali būti naudingi OpenStreetMap, Juridinių asmenų registro, vietos vienetų ir veikiančių ūkio subjektų duomenys. Žaliosios teritorijos – dar vienas potencialus rodiklis teritorijų diferencijavimui. Čia galima naudoti tiek viešųjų želdynų duomenis, tiek faktinius žaliuosius plotus, kurie suformuoti kombinuojant kelis duomenų rinkinius.

Šiame kontekste ypatingai svarbu tai, jog minėti duomenys yra detalūs ir gali būti agreguoti į praktiškai bet kokius teritorinius vienetus. Nėra būtina apsiriboti tik administracinėmis teritorijomis. Galima išnaudoti Statybos sektoriaus vystymo agentūros (toliau – SSVA) suformuoto užstatytų teritorijų (kvartalų) duomenų rinkinį. Suskaičiavus reikiamus rodiklius į šias teritorijas galima atlikti detalesnę erdvinę analizę, pastebėti erdvinės struktūras, kurių pastebėti naudojant standartines administracines teritorijas, neįmanoma.

Išvados

Atlikus Lietuvos teritorijų diferencijavimui taikomų metodikų analizę ir įvertinus, kokie duomenų šaltiniai naudojami pastebėta, kad nėra išnaudojamas detalių geografinių duomenų potencialas. Dažniausiai orientuojamasi į jau egzistuojančius, populiariausius ir plačiausiai taikomus duomenų šaltinius. Atlikus pagrindinių atvirų duomenų portalų analizę pastebėta, kad yra daug duomenų šaltinių, kurių panaudojimas, pritaikius papildomus analizės žingsnius, gali praturtinti jau egzistuojančias metodikas, jas labiau aktualizuoti bei suteikti galimybes pamatyti detalesnes erdvinės struktūras.

Literatūra

Baranauskienė, V. (2019). Kaimiškų teritorijų identifikavimo problema: Lietuvos seniūnijų atvejis. *Geografijos metraštis*, 52, 55–72.

Burneika, D., Ubarevičienė, R., Valatka, V., Baranauskaitė, A., Pociūtė-Sereikienė, G., Daugirdas, V., & Krupickaitė, D. (2017). Lietuvos metropoliniai regionai: Gyventojų erdvinė diferenciacija XXI a. pradžioje. In *Lietuvos socialinių tyrimų centras eBooks*. https://www.lstc.lt/wp-content/uploads/2019/04/Metropoliniai_regionai_visas.pdf

Lietuvos Respublikos vidaus reikalų ministerija (2024). Dėl tvarios miesto plėtros strategijų ir funkcinių zonų strategijų rengimo ir įgyvendinimo stebėsenos tvarkos aprašo patvirtinimo. [žiūrėta 2026-03-02]. Prieiga internete: <https://www.e-tar.lt/portal/it/legalAct/Ofb05960980411ed8df094f359a60216>

Application of Remote Sensing Techniques for Detecting Glacier meltwater rivers around Eidem lagoon

Karolis Imbrasas¹

¹ Klaipėda University, Marine Research Institute (karolis.imbrasas2@ku.lt)

Introduction

Melting Arctic glaciers and ice caps account for about one-third of current sea-level rise, exceeding mass losses of Greenland and Antarctic ice sheets (Geyman et al., 2022). Norway's Svalbard archipelago glaciers are experiencing particularly high mass losses, and almost complete deglaciation of the region is predicted by 2100 (Möller et al., 2016). New water bodies have been increasingly formed over the last few decades, creating new habitats and emerged as important new subjects of research (Olenin et al., 2025).

One of these water bodies is a glacial coastal lagoon Eidemlagoon, located on the western coast of Spitsbergen (Svalbard). In the recent years, the scientific research was started in this area. Few sampling campaigns were already carried out, and the new findings were published (Šiaulyš et al., 2026). However, the regions remoteness makes large scale in-situ data collection difficult and the understanding of the processes remain scarce. Numerical modelling techniques are one of the possible tools to answer questions that cannot be measured on site and is set as a final goal of future studies – development of the numerical model for Arctic lagoon. The model requires well-defined initial and boundary conditions for its setup. Eidemlagoon was a central object of this technical case study and the glacier meltwater riverine discharge into lagoon is the first unknown which was studied.

Methods and data

Firstly, based on the methodology published by Lu et al. (2020) several glaciers possibly influencing the lagoon have been determined. Norwegian survey data defining glacier extend by year 2020 (Kohler et al., 2021), satellite altimetry data and slope maps from ArcticDEM project (Porter et al., 2022) were used for this study.

Secondly, for the first attempt to determine rough estimation of glacier meltwater flow rates, the Manning equation was utilized with previously obtained digital elevation maps files for the year 2022. For this task, the bands 3, 8 and 11 from Sentinel 2 imagery were used to obtain NDWI. Images were taken from estimate start of melt at May 27th for the year 2022 to August 31st (European Space Agency, 2022). 2 to 3 images per month with least cloud cover were obtained which were then parsed through Gabor filter to find the river systems.

Results

Using ArcticDEM data, 3 glaciers in addition to Eidembreen have been determined to be sloping towards the lagoon: i) Vestgotabreen, ii) Hidrografbreen and iii) Venernbreen. Using Sentinel 2 data parsed through Gabor filter, three meltwater incursion points were found. Firstly, a river marked A, fed by glacial lake A1, terminating into delta, outputting its waters into the boundary between northern and central sections of the lagoon. Lake is fed by Vestgotabreen and Hidrografbreen, additionally by melting seasonal snow and ice. Second (B) and third (C) incursion points were found in the south. B determined to be fed by 4 (B1 through to B4) glacial lakes themselves fed by Eidembreen; C fed directly by the glacier. Venernbreen glacier determined to not have any direct incursion points into lagoon, but there appears a seasonally visible connection between glacial lake D1, that it feeds, and B4. Seasonal variability of the rivers and other water bodies is still being assessed

Surface geometry of the river valley and geological conditions of the area were known and depth of the rivers was set as a rough estimate of 1 meter (based on personal communication). The average estimated flow rates of each of the 3 rivers are presented in Table 1. Further research will focus on results validation, assumed depth of rivers and on seasonal variations of meltwater flows. Several scenarios will be set up and the comparison with in-situ data gathered during expeditions will be performed.



Fig. 1. Eidem lagoon with rivers and glacial lakes marked

Table 1. The average estimated flow rates of the glacier meltwater rivers around Eidemlagoon

River	Flow rate, m ³ /s
A	50.2
B	55.5
C	105.6

Conclusions

In absence of in-situ river data obtained by research expeditions operating at the lagoon, remote sensing satellite data and numerical modeling remains the only reliable techniques of observing the lagoon and various surrounding water bodies. At present there is no dataset to validate the results of this study. Only 4 rivers in Svalbard archipelago are investigated on the Global River Width dataset from Landsat. Therefore, it is foreseen that there will be additional investigations into these rivers during future expeditions in Eidemlagoon. For the purposes of the numerical model, key zones of meltwater incursions have been found and will contribute to more accurate simulations.

References

- Geyman, E. C., van Pelt, W. J. J., Maloof, A. C., & others. (2022). Historical glacier change on Svalbard predicts doubling of mass loss by 2100. *Nature*, 601, 374–379. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-04314-4>
- Möller, M., Navarro, F., & Martín-Español, A. (2016). Monte Carlo modelling projects the loss of most land-terminating glaciers on Svalbard in the 21st century under RCP 8.5 forcing. *Environmental Research Letters*, 11(9), 094006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/9/094006>
- Olenin, S., Lukashanets, D., Zaiko, A., Samuilovienė, A., Olenina, I., Grinienė, E., Politi, T., Šaškov, A., Kilmonaitė, G., & Šiaulys, A. (2025). A dataset on environmental DNA, bacterio-, phyto- and zooplankton from an emerging periglacial lagoon in Svalbard, Arctic. *Data in Brief*, 58, 111260. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2024.111260>
- Kohler, J., Lith, A., & Moholdt, G. (2021). Svalbard glacier inventory based on Sentinel-2 imagery from summer 2020 [Dataset]. Norwegian Polar Institute. <https://doi.org/10.21334/NPOLAR.2021.1B8631BF>
- Porter, C., et al. (2022). ArcticDEM – Strips (Version 4.1) [Dataset]. Harvard Dataverse. <https://doi.org/10.7910/DVN/C98DVS>
- Šiaulys, A., Šaškov, A., Urbański, J., Kilmonaitė, G., Lukashanets, D., Politi, T., Samuilovienė, A., Zaiko, A., & Olenin, S. (2026). Dynamic nature of an emerging paraglacial lagoon in Svalbard, Arctic: Hydrological and geomorphological features. *Polar Science*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.polar.2026.101363>
- Lu, X., Yang, K., Lu, Y., Gleason, C. J., Smith, L. C., & Li, M. (2020). Small Arctic rivers mapped from Sentinel-2 satellite imagery and ArcticDEM. *Journal of Hydrology*, 584, 124689. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124689>
- European Space Agency. (2022). Sentinel-2A MSI Level-2A product S2A_MSIL2A_20220625T124711_N0510_R138_T33XVH_20240613T182615.SAFE [Dataset]. Copernicus Data Space Ecosystem. <https://dataspace.copernicus.eu>

Sentinel-1 SAR duomenų taikymas ilgalaikių drėgmės režimų analizei miškingoje aukštapelkėje

Kristina Jarmalavičienė¹, Rasa Šimanauskienė^{1,2}, Rita Linkevičienė¹

¹ Valstybinis mokslinių tyrimų institutas Gamtos tyrimų centras (kristina.jarmalaviciene@gamtc.lt)

² Vilniaus universitetas, Chemijos ir geomokslų fakultetas

Įvadas

Aukštapelkės yra svarbios ekosistemos, atliekančios reikšmingą vaidmenį anglies kaupimo, hidrologinio reguliavimo ir biologinės įvairovės palaikymo procesuose (Minasny et al., 2024). Tačiau pastaraisiais dešimtmečiais daugelyje regionų stebima atvirų aukštapelkės plotų transformacija į krūmynus ar miškingus pelkinius biotopus, kurią lemia klimato kaita ir istoriniai antropogeniniai poveikiai (Abdelmajeed & Juszcak, 2024). Tokiose buveinėse hidrologinių sąlygų stebėseną tampa sudėtinga dėl riboto prieinamumo ir sudėtingos paviršiaus struktūros.

Nuotoliniai tyrimai, ypač sintetinės apertūros radaras (SAR), suteikia galimybių stebėti pelkių būklę nepriklausomai nuo debesuotumo ar apšvietimo sąlygų. Vis dėlto miškingose pelkėse SAR signalą stipriai veikia augalijos struktūra, tūrinė sklaida ir paviršiaus heterogeniškumas, todėl tiesioginiai ryšiai tarp SAR rodiklių ir trumpalaikių meteorologinių ar hidrologinių kintamųjų dažnai būna silpni ar nepastovūs (Millard & Richardson, 2018; Räsänen et al., 2022). Tai rodo poreikį taikyti alternatyvią metodiką, orientuotą ne į pavienius įvykius, o į ilgalaikius, pasikartojančius paviršiaus drėgmės režimus (Bechtold et al., 2018; Dąbrowska-Zielińska et al., 2018).

Darbo tikslas – įvertinti Sentinel-1 SAR duomenų tinkamumą ilgalaikių drėgmės režimų analizei miškingoje aukštapelkėje.

Duomenys ir darbo metodika

Tyrimas atliktas Raudonosios Balos aukštapelkėje Rytų Lietuvoje, naudojant dešimties metų (2015–2025 m.) vegetacijos laikotarpių (balandis–spalis) Sentinel-1 GRD C juostos SAR stebėjimus, apdorotus *Google Earth Engine* (GEE) aplinkoje. Naudoti GEE pateikiami standartinio apdorojimo duomenys (terminio triukšmo šalinimas, radiometrinė kalibracija ir reljefo korekcija), papildomas grūdėtumo filtravimas ar radiometrinis reljefo išlyginimas šiame tyrime netaikyti. Analizėje naudoti SAR atgalinės sklaidos signalai (VV, VH), jų išvestiniai rodikliai (VV/VH santykis), hidro-topografinis kontekstas bei meteorologiniai rodikliai (oro temperatūra, krituliai, 5 ir 10 dienų sukauptų kritulių suma prieš Sentinel-1 praskridimo datą, potenciali evapotranspiracija, 30 dienų vandens deficitas).

Duomenys agreguoti į reguliary 10 × 10 m erdvinį analizės tinklėlį, apimantį apie 14 tūkst. langelių, o bendra analizės apimtis sudarė apie 8 mln. erdvės–laiko įrašų. Ryšiams tarp SAR signalų, meteorologinių veiksnių ir hidro-topografinio konteksto apibūdinti taikyta koreliacinė analizė ir pagrindinių komponentių analizė (PCA). Ilgalaikiams pasikartojantiems režimams identifikuoti taikyta neprižiūrimo mokymo K-means klasterizacija.

Rezultatai

Statistinė analizė parodė, kad SAR signalų koreliacijos su atskirais meteorologiniais kintamaisiais yra silpnos ($|r| < 0,2$), o stipriausi ryšiai stebimi tarp pačių SAR signalų. Pagrindinių komponentių analizė parodė aiškų SAR signalų ir meteorologinių kintamųjų atsiskyrimą: pirmojoje komponentėje didžiausias svoris teko SAR poliarizacijų rodikliams (VH, VV ir jų santykiui), o antrojoje – kritulių sumoms ir vandens deficitui. Remiantis apkrovų struktūra, PC1 interpretuota kaip su SAR rodikliais susijusi variacijos kryptis, o PC2 – kaip su hidroklimatiniais kintamaisiais susijusi variacijos kryptis.

Neprižiūrimo mokymo pagrindu identifikuoti penki pasikartojantys SAR rodiklių klasteriai. Klasteriai buvo surikiuoti pagal jų vidutinį VH/VV santykį ir, remiantis šia tvarka, sujungti į tris drėgmės režimus: mažiausias VH/VV reikšmes turintys klasteriai priskirti sausam režimui, didžiausias – šlapiam, o tarpinės VH/VV reikšmės – tarpiniam režimui. Erdvinė analizė, paremta kiekvienos gardelės dažniausiai

pasikartojančiu režimu per visą stebėjimų laikotarpį, parodė, kad sausi režimai sudaro apie du trečdalius pelkės ploto, tarpiniai režimai apima didžiąją likusios teritorijos dalį, o šlapi režimai yra reti ir lokalūs.

SAR pagrindu išskirti drėgmės režimai palyginti su vandens gylio duomenimis iš 10 stebėjimo taškų, gautais 2024 m. vegetacijos laikotarpiu. Nustatyta, kad skirtingiems režimams būdingi skirtingi vandens gyliai, o režimų kaita atitinka sezoninius hidrologinius pokyčius. Be to, kiekvienoje analizės gardelėje buvo apskaičiuota dominuojančio režimo dalis per visą stebėjimų laikotarpį (modalinė dalis). Vidutiniškai tas pats režimas sudarė apie 50 % stebėjimų (vidurkis $\approx 0,51$; mediana $\approx 0,49$), rodydamas vidutinio stiprumo laikinį stabilumą.

Išvados

Gauti rezultatai rodo, kad Sentinel-1 SAR duomenys miškingoje aukštapelkėje yra labiau tinkami ilgalaikės, integruotos drėgmės režimo analizei nei trumpalaikių hidrologinių reakcijų vertinimui. Režimais pagrįstas požiūris leidžia apibendrinti sudėtingą SAR rodiklių elgseną ir išskirti pasikartojančius paviršiaus drėgmės režimus, kuriuos formuoja vandens lygio dinamika ir SAR signalo sąveika su medžių danga bei tūrine sklaida. Toks metodas gali būti naudingas pelkių būklės stebėsenai ir ilgalaikių pokyčių analizei, ypač miškingose teritorijose, kur tradiciniai koreliaciniai metodai yra riboto pritaikomumo.

Literatūra

- Abdelmajeed, A. Y. A., & Juszczak, R. (2024). Challenges and Limitations of remote sensing applications in Northern Peatlands: present and future Prospects. *Remote Sensing*, 16(3), 591. <https://doi.org/10.3390/rs16030591>
- Bechtold, M., Schlaffer, S., Tiemeyer, B., & De Lannoy, G. (2018). Inferring Water Table Depth Dynamics from ENVISAT-ASAR C-Band Backscatter over a Range of Peatlands from Deeply-Drained to Natural Conditions. *Remote Sensing*, 10(4), 536. <https://doi.org/10.3390/rs10040536>
- Dabrowska-Zielinska, K., Musial, J., Malinska, A., Budzynska, M., Gurdak, R., Kiryla, W., Bartold, M., & Grzybowski, P. (2018). Soil Moisture in the Biebrza Wetlands Retrieved from Sentinel-1 Imagery. *Remote Sensing*, 10(12), 1979. <https://doi.org/10.3390/rs10121979>
- Millard, K., & Richardson, M. (2017). Quantifying the relative contributions of vegetation and soil moisture conditions to polarimetric C-Band SAR response in a temperate peatland. *Remote Sensing of Environment*, 206, 123–138. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.12.011>
- Minasny, B., Adetsu, D. V., Aitkenhead, M., Artz, R. R. E., Baggaley, N., Barthelmes, A., Beucher, A., Caron, J., Conchedda, G., Connolly, J., Deragon, R., Evans, C., Fadnes, K., Fiantis, D., Gagkas, Z., Gilet, L., Gimona, A., Glatzel, S., Greve, M. H., Zak, D. (2023). Mapping and monitoring peatland conditions from global to field scale. *Biogeochemistry*, 167(4), 383–425. <https://doi.org/10.1007/s10533-023-01084-1>
- Räsänen, A., Tolvanen, A., & Kareksela, S. (2022). Monitoring peatland water table depth with optical and radar satellite imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 112, 102866. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102866>

Tarpvalstybinių tarpinių vandenų regionų valdymas

Aistė Jurkienė¹

¹ Klaipėdos universitetas, Jūros tyrimų institutas (aiste.jurkiene@ku.lt)

Įvadas

Šiame straipsnyje analizuojami tarpvalstybiniai tarpiniai vandenys (TTV) ir jų nuotėkio baseinai. TTV – tai sekliavandenės akvatorijos, esančios gėlo vandens ir jūrų aplinkos sandūroje (ES Vandens pagrindų direktyva WFD, 2000/60/EB) ir kurias valdo dvi ar daugiau valstybių. Analizuojant TTV būklę, didžiulės reikšmės turi ne tik jų sąsaja su jūra, bet ir upių, upelių baseinai, paviršinio vandens nuotėkis į TTV. Tokiu būdu tikslinga analizuoti platesnį TTV valdymo regioną, apimantį tiek TTV, tiek ir jų nuotėkio baseiną, kuriame įvairūs fiziniai, ekologiniai ir socioekonominiai veiksniai įtakoja TTV būklę (Tagliapietra et al., 2020). Tarpvalstybiniai tarpiniai vandenys (TTV) yra jautrios pasienio teritorijos, kuriose susiduria skirtingos valdymo sistemos, ekologinio prioriteto zonos ir bendruomenių interesai.

Nors ES Vandens pagrindų direktyva padeda reguliuoti TTV kaip vandens telkinius, ji neapima visų iššūkių, ypač kai TTV ribojasi ne su ES šalimis. Tiek TTV, tiek ir jų baseinai dažnai patiria neigiamą įtaką dėl skirtingų valdymo praktikų, duomenų neatitikimų bei nevienodo požiūrio į aplinkosaugą skirtingose šalyse (Povilanskas & Razinkovas-Baziukas, 2023). Straipsnio tikslas – įvertinti, kaip skirtingos valstybių TTV ir jų nuotėkio baseinų valdymo praktikos veikia jų ekosisteminių paslaugų naudojimą, remiantis miškų dangos pokyčių Kuršių marių ir Ščecino lagūnos regionų atvejų analize.

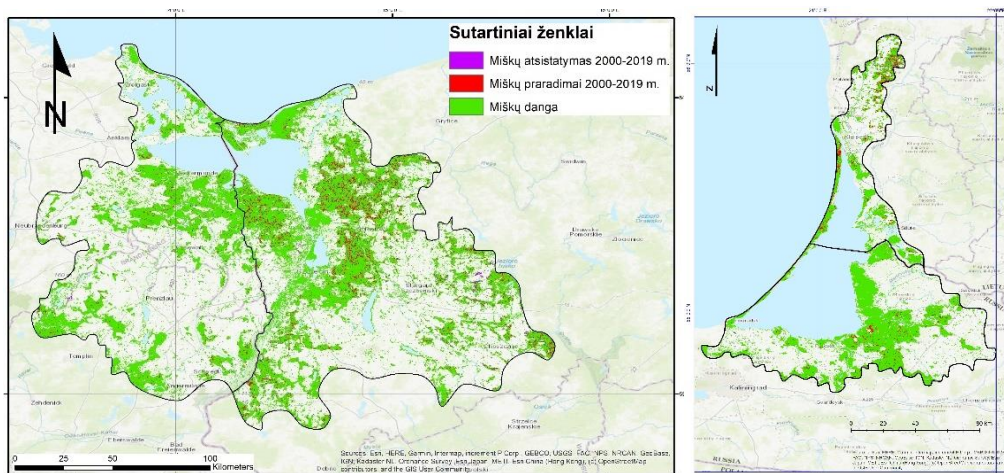
Duomenys ir darbo metodika

Kuršių marių ir Ščecino lagūnos regionų analizei naudoti atvirųjų duomenų šaltiniai apie miškų dangą, miškų dangos pokyčius skirtingais laikotarpiais bei miškų atsikūrimą, kurių analizei taikyti GIS ir geostatistiniai metodai. Taikyta kiekybinė erdvinė analizė naudojant ArcGIS programą, kuri padėjo atskleisti teritorinius TTV valdymo regionų ekosisteminių paslaugų skirtumus ir tendencijas abipus valstybių sienų.

TTV valdymo regionai nustatyti naudojant upių ir vandens nuotėkio baseinų erdvinius vektorinius duomenis, o TTV valdymo regiono ribos nustatytos naudojant paviršinio vandens nuotėkio baseinų bei aukščių rastrinius duomenis (<https://databasin.org>). TTV regionų miškų dangos kiekybiniai pokyčiai nustatyti taikyta erdvinė duomenų persidengimo geostatistinė analizė. Ji padėjo įvertinti, kaip keitėsi miškų dangos būklė TTV baseinuose, pavyzdžiui imant Kuršių marių ir Ščecino lagūnos regionų miškų dangos pokyčių 2000–2019 m. laikotarpio atvejo analizę.

Rezultatai

GIS lyginamosios analizės rezultatai rodo, kad miškų dangos kaita dviejų tirtų tarpvalstybinių tarpinių vandenų tiesioginiuose baseinuose yra labai skirtinga ir priklauso nuo šalies bei regiono socioekonominės situacijos, o ne nuo ekologinių ar fizinių-geografinių regiono ypatumų.



1 pav. Miškų dangos dinamika Ščecino ir Kuršių marių TTV regionose

Kuršių marių regiono Lietuvos dalyje miškų sumažėjo nuo 28 % teritorijos 2000 m. iki 25,35 % 2019 m. Tuo tarpu Kaliningrado srities dalyje miškų sumažėjo nežymiai - nuo 26,7 % teritorijos 2000 m. iki 25,91 % 2019 m. Tai reiškia, kad per tą laiką abiejose pusėse miškų šiek tiek sumažėjo, tačiau Lietuvos dalyje mažėjimas buvo ryškesnis nei Kaliningrado srityje. Tai leidžia teigti, kad abiejose regiono dalyse ilgą laiką išliko panašios ir gana suderintos miškų naudojimo tendencijos.

Panašūs miškų dangos pokyčiai nustatyti ir Ščecino lagūnos regione, Lenkijos ir Vokietijos pasienyje, Odros žemupyje. Skirtingą gamtinių resursų naudojimo ir valdymo politiką geriausiai demonstruoja miškotvarkos situacija abipus sienos: Lenkijoje miškotvarka yra beveik tris kartus intensyvesnė nei Vokietijoje: miško dangos sumažėjimas Lenkijoje per 25 m. siekė beveik 8,5 proc., o tuo tarpu Vokietijoje nesiekė 3 proc.

Vokietijoje ir Lenkijoje puoselėjamos skirtingos nacionalinės gamtos saugos politikos ir valdymo praktikos, nepaisant bendrų ES gamtos saugos politikos tikslų ir tarpvalstybinio bendradarbiavimo: Vokietijos pusėje Ščecino lagūnos regiono gamtos apsauga grindžiama nacionalinių parkų sistema, atitinkančia Tarptautinės gamtos apsaugos sąjungos (IUCN) II kategorijos saugomų teritorijų klasifikaciją, kurioje prioritetas teikiamas natūralių procesų išsaugojimui ir minimaliam žmogaus poveikiui, o Lenkijos pusėje gamtos apsauga įgyvendinama kraštovaizdžio parkų pagrindu, kuriuose gamtos apsauga derinama su tvaria žmogaus veikla ir atitinka Tarptautinės gamtos apsaugos sąjungos (IUCN) V kategoriją (Dudley, 2008).

Remiantis 2025 m. tikslinių grupių apklausų duomenimis nustatyta, kad medienos kirtimas, apdirbimas ir eksportas Kuršių marių Lietuvos dalyje ir Ščecino lagūnos Lenkijos dalyje yra svarbiausias šių TTV regionų dalių ekosisteminių paslaugų naudojimo sektorius.

Tuo tarpu atlikus literatūros ir statistinių duomenų analizę Kaliningrado srities Kuršių marių ir Vokietijos Ščecino lagūnos dalyse nustatyta, kad svarbiausias TTV regiono ekosisteminių paslaugų naudojimas tebėra ekstensyvaus ūkininkavimo ir žuvininkystės sektoriuose.

Išvados

TTV būklę lemia ne tik jų ryšys su jūra, bet ir viso baseino teritorijoje vykstantys procesai, todėl jų valdymas turi būti analizuojamas, interpretuojamas ir planuojamas platesniu regioniniu mastu. Kuršių marių ir Ščecino lagūnos pavyzdžiai rodo, kad miškų dangos pokyčiai abipus valstybių sienų labiau priklauso nuo skirtingų nacionalinių valdymo praktikų ir ekonominių prioritetų nei nuo gamtinių sąlygų. Skirtingas miškų dangos mažėjimo intensyvumas skirtingoms šalims priklausančiose Kuršių marių ir Ščecino lagūnos dalyse rodo, kad nors visose šalyse siekiama panašių aplinkosaugos tikslų, skirtingi teritorijų valdymo modeliai ir išteklių naudojimo kryptys lemia nevienodą TTV ir jų baseinų ekosisteminių paslaugų naudojimą, todėl darniam šių teritorijų valdymui būtinas glaudesnis tarpvalstybinis koordinavimas.

Literatūra

Dudley, N. (Ed.). (2008). *Guidelines for Applying Protected Area Management Categories*. Gland, Switzerland: IUCN.

European Commission (2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy. *Official Journal* 22 December 2000 L 327/1. Brussels: European Commission.

Povilanskas, R., & Razinkovas-Baziukas, A. (2023). Transboundary Transitional Waters: Arenas for Cross-Border Cooperation or Confrontation? *Sustainability*, 15(13), 9922. <https://doi.org/10.3390/su15139922>

Tagliapietra, D., Povilanskas, R., Razinkovas-Baziukas, A., & Taminskas, J. (2020). Emerald Growth: A New Framework Concept for Managing Ecological Quality and Ecosystem Services of Transitional Waters. *Water*, 12(3), 894. <https://doi.org/10.3390/w12030894>

Karščio streso poveikio Vilniaus miesto gyventojams vertinimo metodika, taikant CLIMADA modelį (1991-2020 m.)

Justina Kapilovaitė¹, Egidijus Rimkus¹

¹ Vilniaus Universitetas, Chemijos ir geomokslų fakultetas (justina.kapilovaite@chgf.stud.vu.lt)

Įvadas

Karščio stresas daro reikšmingą poveikį gyventojų sveikatai, savijautai ir darbingumui. Miestų aplinkoje šis poveikis pasižymi netolygiu erdviu pasiskirstymu, todėl būtinas integruotas vertinimas, apjungiantis klimato rodiklius, demografinius duomenis ir gyventojų pažeidžiamumo aspektus. Atsižvelgiant į ribotą tokių tyrimų kiekį Lietuvos miestuose, šio tyrimo tikslas – parengti karščio streso poveikio Vilniaus miesto gyventojams vertinimo metodiką, taikant CLIMADA modelį, sudaryti gyventojų pažeidžiamumo funkcijas ir karščio grėsmę apibrėžti naudojant Humidex rodiklį 1991-2020 m. laikotarpiui.

Duomenys ir darbo metodika

Karščio streso poveikio Vilniaus miesto gyventojams vertinimui taikytas CLIMADA modelis (Aznar-Siguan & Bresch, 2019). Modelyje rizika apibrėžiama pagal Tarpvyriausybės klimato kaitos komisijos rekomendacijas integruojant grėsmę, ekspoziciją ir pažeidžiamumą. Humidex rodiklis buvo pasirinktas, nes jis atspindi karščio streso grėsmę, įvertinant oro temperatūros ir drėgmės poveikį žmogaus šiluminiam diskomfortui. Humidex apskaičiuotas kiekvienai 1991-2024 metų balandžio-spalio mėnesių dienai naudojant Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos maksimalios oro temperatūros ir minimalios santykinės oro drėgmės (15 val.) duomenis. Skaičiuojant karščio streso tikėtiną metinį poveikį (EAI, *angl. expected annual impact*), grėsme buvo laikomos tos dienos, kai Humidex siekė arba viršijo 30. Šios reikšmės suskirstytos į keturias klases: 30 - 35, 35 - 40, 40 - 45 ir ≥ 45 . Nustatytas šių klasių pasikartojimo dažnis ir įvertinta metinė dienų skaičiaus dinamika. Pokyčių tendencijos vertintos taikant linijinę regresiją, o dėl Humidex ≥ 45 atvejų skaičiaus diskretiškumo šiems duomenims buvo taikyta Puasono regresija. Pokyčių statistinis reikšmingumas vertintas naudojant Mann-Kendall testą ($p < 0,05$) arba Puasono regresijos koeficiento p reikšmę.

Poveikis gyventojams buvo vertinamas naudojant Lietuvos statistikos departamento atvirkštus erdvinis 2021 metų duomenis, pateiktus 250 m x 250 m gardelėse. Siekiant atsižvelgti į skirtingą gyventojų jautrumą karščio stresui, gyventojai buvo suskirstyti į tris amžiaus grupes: vaikai (0-14 metų), darbingo amžiaus asmenys (15-64 metų) ir pagyvenę žmonės (65+ metų).

CLIMADA modelyje pažeidžiamumas aprašomas kaip funkcija, o poveikis įvertinamas vidutiniu žalos santykiu (MDR, *angl. Mean Damage Ratio*), kuris apibrėžiamas kaip pažeidžiamumo kreivės (MDD, *angl. Mean Damage Degree*) ir paveiktų objektų dalies (PAA, *angl. Percentage of Affected Assets*) sandauga. Šiame tyrime daryta prielaida, kad kiekvienoje gardelėje visi gyventojai jaučia karščio streso poveikį (PAA = 100%), o amžiaus grupių jautrumo karščio stresui skirtumai įvertinami taikant skirtingas pažeidžiamumo funkcijas:

$$MDD_a(H) = \frac{1}{1 + \left(\frac{H_{50,a}}{H}\right)^{n_a}}, \quad H \geq 30; \quad a \in \{v, d, p\} \quad (1)$$

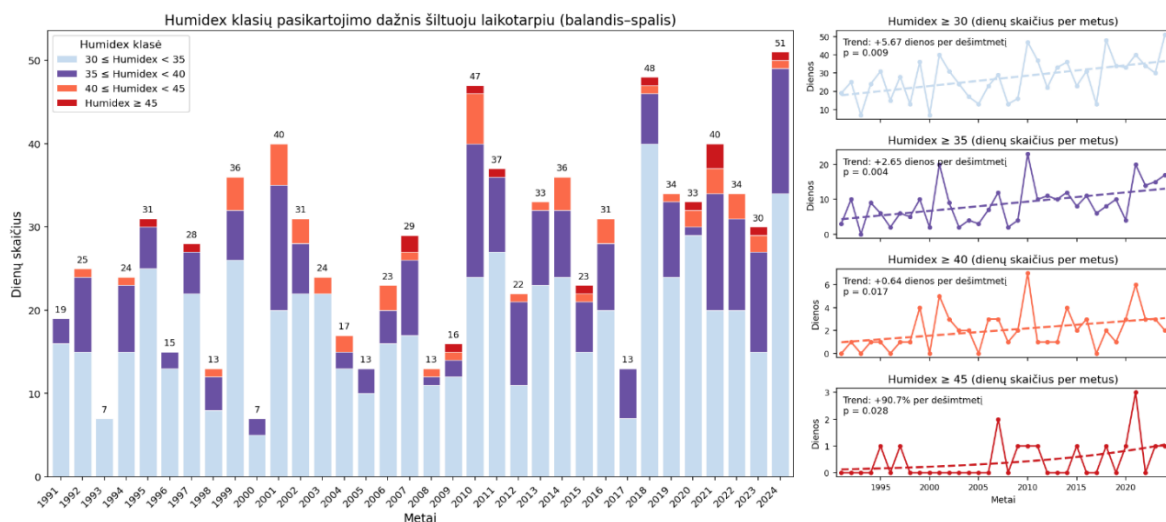
Buvo laikyta, kad darbingo amžiaus žmonių (d) ir vaikų (v) grupės patiria 50% maksimalaus karščio streso poveikio ($H_{50,a}$), kai Humidex pasiekia 40, nes ši riba literatūroje siejama su labai dideliu šiluminiu diskomfortu ir reikšmingu poveikio sveikatai padidėjimu (Wu et al., 2025), o pagyvenusių žmonių (p) grupė, kai Humidex = 36. Laikant, kad pažeidžiamumo funkcija $f \in (0,1)$, suskaičiuoti n_a rodikliai ($n_{d,v} = 15,7$, $n_p = 16,88$).

Tikėtinas metinis poveikis (EAI) buvo apskaičiuotas kaip agreguotas rodiklis, sumuojant per visas dienas ir visą laikotarpį apskaičiuotą tikėtiną poveikį kiekvienoje gardelėje.

Rezultatai

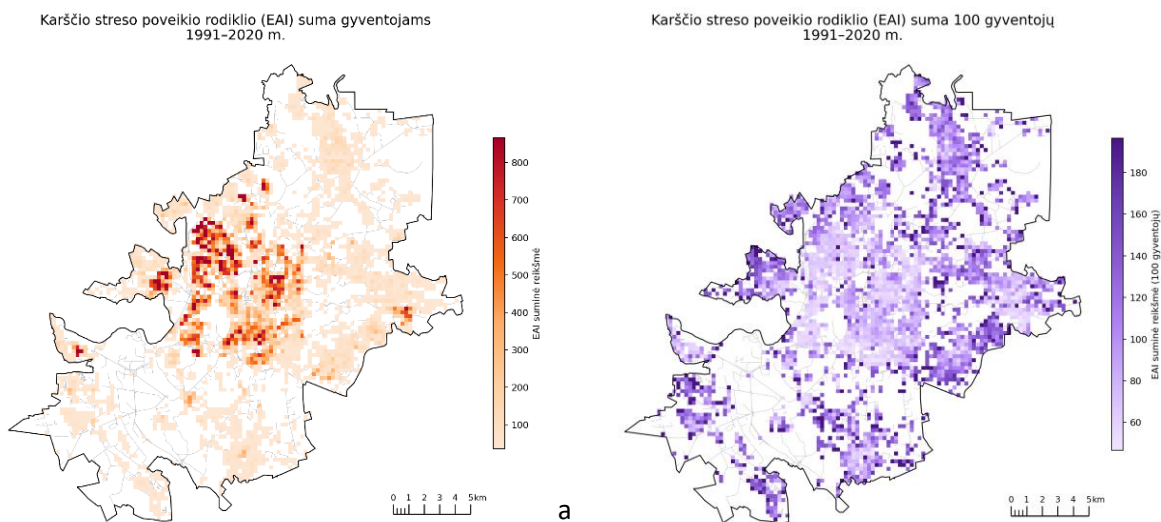
Nustatyta, kad šiltuoju metų laikotarpiu (balandį-spalį) Vilniaus mieste didėja dienų, laikomų pavojingomis žmogui ir keliančiomis šiluminį diskomfortą skaičius (1 pav.).

Analizuojant skirtingų Humidex klasių ribų viršijimo dinamiką nustatyta, kad dienų, kai Humidex siekė arba viršijo 30 ir 35, skaičius didėjo sparčiausiai – atitinkamai +5,67 ir +2,65 dienų per dešimtmetį ($p < 0,01$). Ekstremaliausios klasės (Humidex ≥ 45) rezultatai išsiskiria ryškiu santykinu augimu – vidutiniškai 90,7 % per dešimtmetį ($p = 0,028$), parodančiu, kad nors šios Humidex reikšmės išlieka retos, jų dažnis didėja.



1 pav. Humidex klasių pasikartojimo dažnis ir karščio dienų skaičiaus kaitos tendencijos šiltuoju laikotarpiu (balandžio-spalis) Vilniaus mieste 1991-2024 m.

CLIMADA modelis buvo pritaikytas metinio karščio streso poveikio (EAI) Vilniaus mieste 1991-2020m. įvertinimui, o rezultatų erdvinis pasiskirstymas pateikiamas žemėlapiuose (2 pav.).



2 pav. Karščio streso poveikio rodiklio (EAI) erdvinis pasiskirstymas Vilniaus mieste 1991-2020 m. šiltuoju laikotarpiu (balandžio-spalis mėn.): (a) suminė EAI reikšmė gyventojams; (b) suminė EAI reikšmė normalizuota 100 gyventojų.

Išvados

Humidex analizė parodė, kad Vilniaus mieste daugėja pavojingų ir šiluminį diskomfortą keliančių dienų. Poveikio gyventojams pasiskirstymas daugiausia atspindi demografinio pasiskirstymo ir amžiaus skirtumus. Ateityje planuojama įvertinti erdvinį Humidex reikšmių pasiskirstymą mieste, siekiant tikslesnio karščio streso poveikio vertinimo.

Literatūra

- Aznar-Siguan, G., & Bresch, D. N. (2019). CLIMADA v1: a global weather and climate risk assessment platform. *Geoscientific Model Development*, 12(7), 3085–3097. <https://doi.org/10.5194/gmd-12-3085-2019>
- Wu, X., Wang, Jun, Ge, Y., Lai, S., Zhang, D., Ren, Z., & Wang, Jianghao. (2025). Future heat-related mortality in Europe driven by compound day-night heatwaves and demographic shifts. *Nature Communications*, 16(1), 7420. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-62871-y>

Kompleksinių sausros ir karščio bangos įvykių prognozės rytinėje Baltijos jūros regione dalyje

Laurynas Klimavičius¹

¹Vilniaus universitetas, Chemijos ir geomokslų fakultetas (laurynas.klimavicius@chgf.vu.lt)

Įvadas

Dėl spartaus globalios oro temperatūros augimo ir besikeičiančio klimato vis dažniau fiksuojami įvairūs ekstremalūs orų reiškiniai, taip pat ir kompleksiniai sausros ir karščio bangos įvykiai (AghaKouchak et al., 2020). Tokie įvykiai identifikuojami, kai ir sausra ir karščio banga susidaro toje pačioje teritorijoje tuo pat metu (Zscheischler et al., 2020). Šie kompleksiniai klimato įvykiai neigiamai veikia augmeniją bei derlių, energetikos sektorių, jų metu suprastėja žmonių fizinė bei emocinė sveikata (Ducros et al., 2025, Sewell et al., 2024). Darbo tikslas – naudojant skirtingus klimato modelius įvertinti kompleksinių sausros ir karščio bangos įvykių (KSKĮ) pasikartojimo ir trukmės pokyčius rytinėje Baltijos jūros regiono dalyje šiltuoju metų laiku (balandį–rugsėį) iki XXI a. pabaigos.

Duomenys ir darbo metodika

Darbo metu KSKĮ tirti teritorijoje nuo 53,5° iki 59,5° š. pl. ir nuo 20° iki 28,5° r. ilg. Siekiant įvertinti šių įvykių charakteristikų pokyčius ateityje pasitelkti penkių skirtingų CMIP6 (angl. *Coupled Model Intercomparison Project Phase 6*) modelių dviejų SSP (angl. *Shared Socioeconomic Pathways*) scenarijų maksimalios paros oro temperatūros (t_{\max}) bei paros kritulių kiekio duomenys, gauti iš NASA NEX–GDDP–CMIP6 (angl. *Earth Exchange Global Daily Downscaled Projections*) duomenų bazės (Thrasher et al., 2022). Tyrimo teritoriją sudarė 667 gardelės, kurių dydis 0,25° × 0,25°. Darbe naudoti CanESM5, ACCESS–CM2, GFDL–CM4, MPI–ESM1–2–LR ir NorESM2–MM modelių duomenys, atspindintys skirtingas CMIP6 modelių jautrumo spektro dalis. KSKĮ charakteristikos įvertintos 1995–2014 metų baziniu laikotarpiu, o prognozės sudarytos 2015–2100 metams. Šie įvykiai 1995–2014 metų laikotarpiu taip pat tirti pasitelkus duomenis iš GMFD (angl. *Global Meteorological Forcing Dataset for Land Surface Modelling*) duomenų bazės, kurios duomenys buvo naudoti ir sudarant NASA NEX–GDDP–CMIP6 duomenų bazę (Thrasher et al., 2022).

Siekiant nustatyti KSKĮ pirmiausiai identifikuotos sausros ir karščio bangos. Atitinkamoje gardelėje sausra išskirta, jei penkias ar daugiau dienų iš eilės SPI (angl. *Standardised Precipitation Index*) reikšmės buvo mažesnės nei -1. Karščio banga nustatyta jei bent penkias dienas iš t_{\max} viršijo 90-to percentilio reikšmę. Percentilių reikšmės apskaičiuotos kiekvienai gardelei naudojant viso šiltojo laikotarpio t_{\max} vertes. Įvertinti sausrų ir karščio bangų dienų pasikartojimo pokyčiai iki XXI a. pabaigos, o jų statistinis reikšmingumas nustatytas pasitelkus Studento t-testą (kai $p < 0,05$). KSKĮ išskirtas, kai tiek sausra, tiek karščio banga maksimalaus išplitimo metu apėmė daugiau nei trečdalį tyrimo teritorijos. Įvykio pradžia laikoma data, kai atitinkamas KSKĮ apėmė daugiau nei 10 % gardelių, o pabaiga – kai ši sąlyga tenkinama nebebuvo bent tris dienas iš eilės. Atskirai įvertintas ir dienų, kai sausra bei karščio banga buvo fiksuota toje pačioje gardelėje tą pačią dieną, skaičiaus pokytis iki XXI a. pabaigos. Šių pokyčių statistinis reikšmingumas įvertintas naudojant Mann'o-Whitney-Wilcoxon'o testą (kai $p < 0,05$).

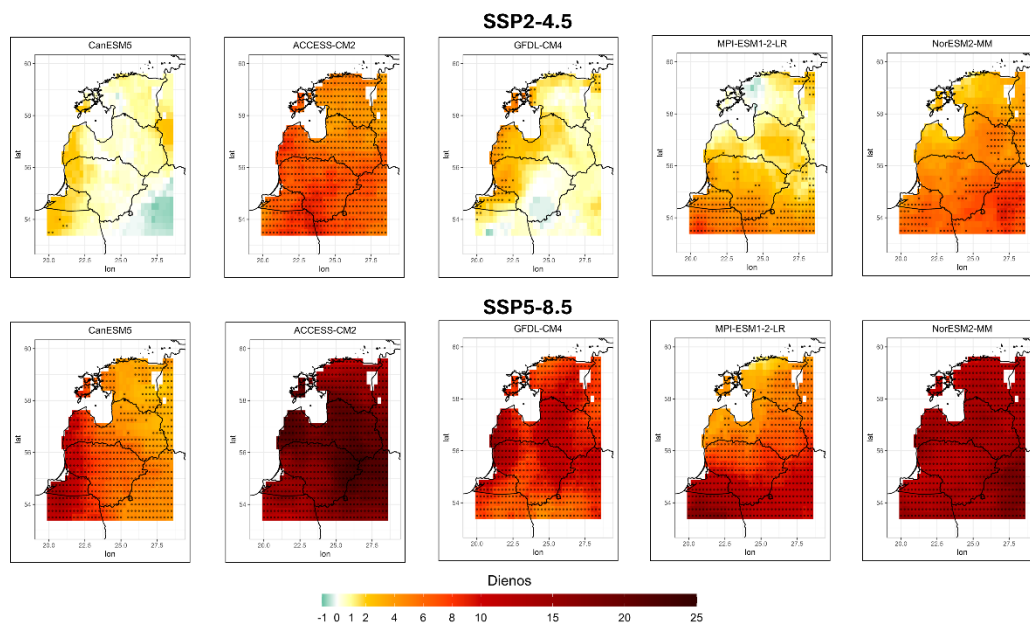
Rezultatai

Pagal daugumos darbe naudojamų modelių prognozes XXI a. pabaigoje (2081–2100 metų laikotarpiu) prognozuojamas sausrų dienų skaičiaus augimas. Pokytis lyginant su baziniu laikotarpiu sieks vidutiniškai 5–11 (SSP2–4.5 scenarijus) ir 10–25 (SSP5–8.5 scenarijus) dienas per metus. Tik naudojant CanESM5 modelio duomenis prognozuojama, kad tokių dienų skaičius sumažės daugiau nei 90 % gardelių. Visgi sausrų dienų pokyčiai daugeliu atvejų nedideli ir statistiškai reikšmingi (kai $p < 0,05$) mažiau nei trečdalyje tyrimo teritorijos. Karščio bangų skaičius, numatoma, XXI a. pabaigoje išaugs vidutiniškai 10–44 (SSP2–4.5 scenarijus) ir 28–84 dienomis per metus (SSP5–8.5 scenarijus). Prognozuojami pokyčiai statistiškai reikšmingi (kai $p < 0,05$) visoje tyrimo teritorijoje.

1995–2014 metų laikotarpiu pagal GMFD duomenų bazės duomenis tyrimo teritorijoje gauti keturi KSKĮ. Visgi ateityje tokių įvykių skaičius išaugs pagal visų modelių prognozes. SSP2–4.5 scenarijaus atveju priklausomai nuo modelio 2015–2100 metų laikotarpiu prognozuojami 1–5 KSKĮ per dešimtmetį, o pagal SSP5–8.5 scenarijų – 3–8 įvykiai per dešimtmetį. Išaugs ir šių įvykių trukmė. Jei 1995–2014 metų laikotarpiu

ji vidutiniškai siekė 8,5 dienos, tai ateityje KSKĮ truks vidutiniškai 10–16 dienų (SSP2–4.5 scenarijus) ir 14–21 dieną (SSP5–8.5 scenarijus).

2081–2100 metų laikotarpiu naudojant visų modelių ir abiejų SSP scenarijų projekcijas numatoma, kad dienų, kai toje pačioje gardelėje fiksuota sausra ir karščio banga taip pat išaugs. Tokia tendencija nustatyta daugiau nei 86 % gardelių (1 pav.). Šis augimas sieks vidutiniškai 1–6 dienas per metus pagal SSP2–4.5 scenarijų ir 6–18 dienų per metus pagal SSP5–8.5 scenarijų (1 pav.).



1 pav. Dienų skaičius, kai toje pačioje gardelėje buvo fiksuota sausra ir karščio banga, pokytis per metus pagal penkių skirtingų CMIP6 modelių SSP2–4.5 ir SSP5–8.5 scenarijų projekcijas. Pokyčiai gauti lyginant 2081–2100 m. ir 1995–2014 m. laikotarpį. Taškais pažymėtos gardelės, kuriose pokyčiai pagal Mann'o-Whitney-Wilcoxon'o testą statistiškai reikšmingi (kai $p < 0,05$).

Išvados

Ateityje rytinėje Baltijos jūros regiono dalyje pagal visų penkių darbe naudotų CMIP6 modelių SSP scenarijų projekcijas numatomas karščio bangų dienų skaičiaus augimas. Sausrų dienų skaičiaus prognozės kiek mažiau apibrėžtos, tačiau dauguma modelių numato, kad tokių dienų skaičiaus taip pat augs. Tad iki XXI a. pabaigos, prognozuojama padidės ir KSKĮ skaičius, ir jų trukmė. Taip pat numatomas ir dienų, kai tuo pat metu fiksuojama sausra ir karščio banga skaičiaus augimas. Didesni pokyčiai prognozuojami pagal SSP5–8.5 scenarijaus projekcijas.

Literatūra

- AghaKouchak, A., Chiang, F., Huning, L. S., Love, C. A., Mallakpour, I., Mazdiyasi, O., Moftakhari, H., Papalexioiu, S. M., Ragno, E., & Sadegh, M. (2020). Climate Extremes and Compound Hazards in a Warming World. *The Annual Review of Earth and Planetary Sciences Is Online at Earth.Annualreviews.Org*, 48, 519–567. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-071719>
- Ducros, G., Tiggeloven, T., Ma, L., Daloz, A. S., Schuhen, N., Claassen, J., & de Ruiter, M. C. (2025). Multi-hazards in Scandinavia: Impacts and risks from compound heatwaves, droughts and wildfires. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 25(11), 4693–4712. <https://doi.org/10.5194/nhess-25-4693-2025>
- Sewell, K., Paul, S., de Polt, K., Sugg, M. M., Leeper, R. D., Rao, D., & Runkle, J. D. (2024). Impacts of compounding drought and heatwave events on child mental health: insights from a spatial clustering analysis. *Discover Mental Health*, 4(1). <https://doi.org/10.1007/s44192-023-00055-0>
- Thrasher, B., Wang, W., Michaelis, A., Melton, F., Lee, T., & Nemani, R. (2022). NASA Global Daily Downscaled Projections, CMIP6. *Scientific Data*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01393-4>
- Zscheischler, J., Martius, O., Westra, S., Bevacqua, E., Raymond, C., Horton, R. M., van den Hurk, B., AghaKouchak, A., Jézéquel, A., Mahecha, M. D., Maraun, D., Ramos, A. M., Ridder, N. N., Thiery, W., & Vignotto, E. (2020). A typology of compound weather and climate events. *Nature reviews earth & environment*, 1(7), 333–347. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0060-z>

Basin-scale assessment of aquatic macrophyte structure in water bodies of the Nemunas River Basin using satellite data

Yahor Levachou¹, Edvinas Stonevičius¹

¹Vilnius University, Faculty of Chemistry and Geosciences (yahor.levachou@chgf.stud.vu.lt)

Introduction

Aquatic macrophytes are a key component of water body ecosystems. They contribute to the formation of the littoral zone structure and play an important role in lake ecosystem functioning by influencing hydrodynamics, sediment accumulation, and biogeochemical processes (Serafin et al., 2019). In physical geography, macrophytes are considered indicators of interactions between basin morphology, hydrological regime, and internal ecosystem processes.

Traditionally, macrophyte studies are based on field surveys, which provide detailed information but are strongly limited in spatial and temporal coverage. The use of satellite data makes it possible to move from local observations to regional and basin-scale analyses, as well as from the assessment of total macrophyte cover to the analysis of structural composition (Nelson et al., 2006). The internal organization of the littoral zone is reflected in the ratio of emergent, submerged, and floating macrophyte forms. However, it remains unclear to what extent this structure is controlled by water body morphometry. This study aims to assess macrophyte structure and to analyze its spatial patterns at the basin scale based on satellite data.

Methods and data

We applied the algorithm to identify emergent, submerged and floating macrophytes that use reflectance thresholds in the near-infrared band for different macrophyte types and seasons in 2017 - 2024. The method for satellite-based macrophyte classification was developed in our previous study (Levachou & Stonevičius, 2025).

For each water body, the proportion of the area covered by each type of macrophyte was calculated relative to the total water surface area. The structure of the macrophyte community was described using the ratio of submerged and floating macrophyte area to emergent macrophyte area. Values close to one indicate no dominance structure, while low or high values reflect dominance of emergent or submerged macrophytes, respectively. Three structural types were identified: emergent-dominated, no dominance, and submerged-dominated. Threshold values were derived from the quartile-based distribution of the index, allowing an objective separation into three structural types. Spearman's rank correlations were used to analyze the relationships between macrophyte cover ratio and morphometric characteristics. To separate the effects of scale and basin shape, partial correlation was applied between macrophyte coverage ratios and the relative depth of the lakes.

The study included all 173 water bodies in the Nemunas River Basin with a surface area larger than 1 km², including both natural lakes and reservoirs. Morphometric data included maximum depth, mean depth, relative depth, and water surface area.

Results

At the basin scale, waterbodies without clear dominance of macrophyte structure were the most common. Emergent- and submerged-dominated types were present in comparable proportions, forming a roughly symmetric distribution of structural states.

Large lakes and reservoirs generally had low relative macrophyte cover, but the absolute areas covered by macrophytes could still be substantial. This highlights the importance of distinguishing between the degree of macrophyte cover and the structural organization of vegetation.

Total macrophyte coverage showed the expected relationships with depth and waterbody area, which confirms the reliability of the satellite-based estimates. At the same time, the ratio of submerged and floating to emergent macrophytes showed only weak correlations with morphometric parameters.

In spatial terms, balanced and submerged-dominated waterbodies were mostly found on the Baltic Uplands. Emergent-dominated waterbodies were exclusively located in the upper reaches of the Nemunas River and in the Samogitian Uplands, with about half of them being reservoirs or ponds.

Partial correlation (ρ) analysis did not reveal any statistically significant independent relationship between macrophyte ratios and relative depth when controlling for water body area (ρ close to zero, $p > 0.8$). This indicates the absence of a direct morphometric control on the structural composition of macrophytes.

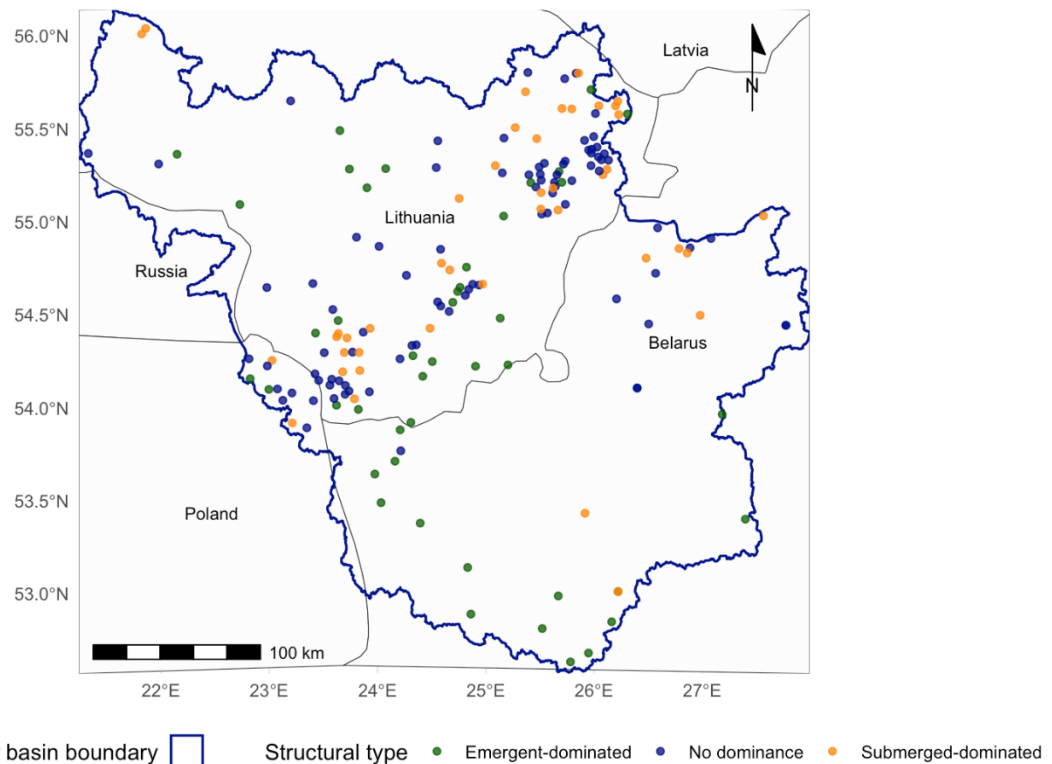


Fig 1. Structural types of macrophyte communities in waterbodies of the Nemunas River Basin.

Conclusions

The developed satellite algorithm allows basin-scale assessment of macrophyte structure, distinguishing between submerged and emergent forms. The introduced ratio of submerged and floating macrophyte cover to emergent cover is an informative indicator of the structural organization of the macrophyte community and can be used in regional physical-geographical studies. The results demonstrate the possibility of large-scale macrophyte analysis even when field data are limited.

References

- Levachou, Y., & Stonevičius, E. (2025). Near-infrared reflectance thresholding for macrophyte identification in temperate lakes using Sentinel-2. *Environmental Conservation*, 52(4), 239–244. <https://doi.org/10.1017/S0376892925100167>.
- Nelson, S. A. C., Cheruvilil, K. S., & Soranno, P. A. (2006). Satellite remote sensing of freshwater macrophytes and the influence of water clarity. *Aquatic Botany*, 85(4), 289–298. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2006.06.003>.
- Serafin, A., Sender, J., & Bronowicka-Mielniczuk, U. (2019). Potential of Shrubs, Shore Vegetation and Macrophytes of a Lake to Function as a Phytogeochemical Barrier against Biogenic Substances of Various Origin. *Water* 2019, Vol. 11, Page 290, 11(2), 290. <https://doi.org/10.3390/w11020290>

Agroekosistemų vystymo tvarumo vertinimo rodikliai: teorija ir praktinis taikymas

Julius Mačiulaitis¹, Jonas Volungevičius¹

¹Vilniaus universitetas, Chemijos ir Geomokslų fakultetas (julius.maciulaitis@chgf.stud.vu.lt)

Įvadas

Tvaraus vystymo klausimai globalių ir lokalių ekologinių problemų kontekste išlieka vieni esminių šiuolaikinio mokslo ir politikos diskurso objektų. Agroekosistemų, suprantamų, kaip žemės ūkio veiklos formuojamų teritorinių sistemų, kurių funkcionavimą lemia biofizinių procesų, žmogaus ūkinės veiklos ir gamtinių elementų tarpusavio sąveika (Altieri, 1999; Gliessman, 2006; Krishna, 2013) tvarus vystymas ypatingai aktualus, siekiant suderinti žemės ūkio veiklos intensyvumą, gamtos išteklių apsaugą ir kraštovaizdžio funkcinį stabilumą. Intensyvėjant žemės ūkio veiklai, beatodairiškai naudojant gamtos išteklius, didėja spaudimas agroekosistemų biofizinėms funkcijoms, o ilgalaikėje perspektyvoje tai lemia dirvožemio degradaciją, ekosisteminių funkcijų silpnėjimą ir tvarios bioprodukcijos potencialo mažėjimą (Lal, 1998). Tokios tendencijos prieštarauja tvaraus vystymo principams, apibrėžtiems tarptautiniuose dokumentuose, pabrėžiančiuose būtinybę derinti gamtinių išteklių naudojimą, aplinkos apsaugą ir ilgalaikį socioekonominių vystymąsi (European Commission, n.d.; United Nations, n.d.). Dėl šios priežasties atsiranda poreikis formuluoti integruotu požiūriu pagrįstą agroekosistemų tvaraus vystymo (naudojimo) sampratą ir, svarbiausia, jos vertinimo rodiklių sistemą.

Pastaraisiais dešimtmečiais agroekosistemų vystymo tvarumui vertinti buvo plačiai taikomi įvairūs rodikliai, leidžiantys struktūrizuoti sudėtingą informaciją ir pritaikyti ją tvarumo analizei bei sprendimų priėmimo procesuose (Binder et al., 2010). Vis dėlto, mokslinėje literatūroje vis dažniau pabrėžiama, kad universalių rodiklių sistemų taikymas praktikoje yra pilnas metodologinių iššūkių, ypač skirtingomis sąlygomis pasižyminčiose teritorijose (Van Cauwenbergh et al., 2007). Šiame tyrime atliekama agroekosistemų vystymo tvarumo vertinimo rodiklių sistemų apžvalga ir konceptuali analizė, siekiant identifikuoti dominuojančias koncepcijas, jų tarpusavio sąsajas ir pagrindinius metodologinius iššūkius. Tokia analizė leidžia geriau suprasti pagrindines metodologines spragas ir kryptis, kuriomis galėtų būti plėtojami universalesni tvarumo vertinimo rodikliai.

Duomenys ir darbo metodika

Tyrimas atliktas taikant sisteminę mokslinės literatūros analizę ir konceptualią sintezę. Tyrimo metu analizuojami 35 moksliniai šaltiniai, iš kurių 32 recenzuojami straipsniai ir 3 monografijos, atrinkti iš tarptautinių duomenų bazių (*Scopus*, *Web of Science*, *Google Scholar*). Moksliniai šaltiniai atrinkti naudojant raktinius žodžius, parinktus remiantis temine ir konceptualia logika. Taikyti raktiniai žodžiai ir jų deriniai, tokie kaip: „*agroecosystem sustainability*“, „*sustainability indicators*“, „*agroecological indicators*“, „*agroecosystem development indicators*“, susiję su agroekosistemomis, tvarumu ir vertinimo rodikliais. Į šią analizę įtraukti recenzuojami tarptautiniai moksliniai straipsniai, monografijos bei kiti moksliniai šaltiniai, kuriuose apibrėžiami tvarumo vertinimo rodikliai, jų taikymo mastelis ir teorinis pagrindimas. Analizuoti anglų kalba publikuoti šaltiniai.

Analizė atlikta taikant kokybinės literatūros apžvalgos principus, orientuotus į pagrindinių rodiklių grupių identifikavimą (tipologiją), tarpusavio sąsajas, palyginimą ir metodologinių spragų identifikavimą: biofizinių rodiklių, apimančių dirvožemio savybes, vandens balansą, klimato ir kitus aplinkos veiksnius; agroekologinių rodiklių, susijusių su žemės naudojimo intensyvumu, augalų struktūra ir biologine įvairove; bei geoekologinių rodiklių, atspindinčių kraštovaizdžio struktūrą, ekologinį jautrumą ir teritorinį kontekstą. Nors agroekosistemų vystymo tvarumo vertinime dažnai taikomi ir socialiniai bei ekonominiai rodikliai, šiame tyrime pagrindinis dėmesys skiriamas biofizinių, agroekologinių ir geoekologinių aspektų rodikliams, kaip pagrindiniams teritorijos veiksniams, lemiantiems tvaraus vystymo potencialą.

Rezultatai

Literatūros analizė rodo, kad agroekosistemų vystymo tvarumo vertinime taikomi rodikliai apima biofizinius ir agroekologinius aspektus ir yra naudojami agroekosistemų būklei, funkcionavimui bei ilgalaikės bioprodukcijos palaikymo galimybės įvertinti. Dažniausiai literatūroje minimi biofiziniai rodikliai apima dirvožemio organinės anglies kiekio, erozijos intensyvumo ir vandens balanso, o agroekologiniai – biologinės įvairovės, pasėlių struktūros ir žemės naudojimo intensyvumo vertinimą. Teigiama, kad dauguma tvarumo

vertinimo rodiklių sistemų formuojamos taikant tarpdisciplininį principą, tačiau dažnai šio principo taikymas išlieka deklaratyvus, o pačių rodiklių tarpusavio integracija būna ribota. Universalūs rodikliai ne visuomet tinkamai atspindi konkrečios teritorijos geoekologinio potencialo skirtumus, todėl jų taikymas gali lemti pernelyg apibendrintus ar konkrečiai teritorijai neaktuales vertinimo rezultatus. Nors praktikoje taikomos kompleksinės rodiklių sistemos ir vertinimo kriterijų rinkiniai, tačiau dominuoja biofizinių ir agroekologinių rodiklių grupės.

Konceptualiai išryškėjo pagrindinė metodologinė spraga – vertinimo rodiklių universalumas yra nepakankamas, kad gauti rezultatai galėtų būti taikomi skirtingu gamtiniu pobūdžiu pasižyminčioms teritorijoms. Kuo aukštesnis specifiškumo laipsnis ir didesnis teritorijos lokalumas, tuo universalumas generuoja didesnes neapibrėžtis.

Atskirai taikomi biofiziniai (dirvožemio organinės anglies kiekis, dirvožemio struktūros savybės, dirvožemio erozija ir kt.) ar agroekologiniai (biologinė įvairovė, pasėlių struktūra, žemės naudojimo intensyvumas ir kt.) rodikliai neleidžia visapusiškai įvertinti agroekosistemų kaip kraštovaizdžio sistemų, ypač kai vertinamas ilgalaikis vystymo tvarumas. Literatūros analizė parodė, kad daugelyje nagrinėtų tyrimų geoekologiniai aspektai (kraštovaizdžio struktūra, ekologinis jautrumas ir kt.) į rodiklių sistemas integruojami fragmentiškai. Tai leidžia teigti, kad esami agroekosistemų vystymo tvarumo vertinimo rodikliai nepakankamai atspindi jų teritorinį aspektą – teritorijos geoekologinį potencialą. Gamtinio karkaso koncepcija gali būti laikoma viena iš geoekologinį tvarumo vertinimo kontekstą atspindinčių sistemų.

Išvados

Atlikta kokybinė literatūros analizė parodė, kad agroekosistemų vystymo tvarumo vertinimo praktikoje dominuoja biofizinių ir agroekologinių rodiklių grupės, o geoekologinis teritorinis kontekstas integruojamas fragmentiškai. Rodiklių universalumas ne visada suderinamas su teritorijos specifiškumu, todėl geoekologiniu požiūriu integruota rodiklių sistema laikytina svarbia kryptimi tolimesniems tvarumo vertinimo tyrimams.

Literatūra

- Altieri, M. A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1), 19–31. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00028-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00028-6)
- Binder, C. R., Feola, G., & Steinberger, J. K. (2010). Considering the normative, systemic and procedural dimensions in indicator-based sustainability assessments in agriculture. *Environmental Impact Assessment Review*, 30(2), 71–81. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2009.06.002>
- Gliessman, S. R. (2006). *Agroecology: The ecology of sustainable food systems* (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b17881>
- Krishna, K. R. (2013). *Agroecosystems: Soils, Climate, Crops, Nutrient Dynamics and Productivity*. Apple Academic Press. <https://doi.org/10.1201/b16300>
- Lal, R. (1998). Soil Erosion Impact on Agronomic Productivity and Environment Quality. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 17(4), 319–464. <https://doi.org/10.1080/07352689891304249>
- European Commission. (n.d.). *The European Green Deal*. Retrieved February 6, 2026, from https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- United Nations. (n.d.). *Sustainable development agenda*. Retrieved February 6, 2026, from <https://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda-retired/>
- Van Cauwenbergh, N., Biala, K., Bielders, C., Brouckaert, V., Franchois, L., Ciudad, V., Hermy, M., Mathijs, E., Muys, B., Reijnders, J., Sauvenier, X., Valckx, J., Vanclooster, M., Veken, B., Wauters, E., & Peeters, A. (2007). SAFE—A hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 120, 229–242. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.09.006>

Baseino reljefo įtaka nuotėkio reguliavimui skirtingo hidrologinio tipo upėse

Giedrius Motiejūnas¹

¹Valstybinis mokslinių tyrimų institutas Gamtos tyrimų centras (giedrius.motiejunas@gamtc.lt)

Įvadas

Upių nuotėkio formavimasis ir jo sezoninis bei daugiametis pasiskirstymas priklauso nuo klimato sąlygų, baseino fizinių geografinių savybių ir žemėnaudos. Vienas iš santykinai pastoviausių baseino bruožų yra reljefas, kuris apibūdina paviršiaus aukščių pasiskirstymą, nuolydžių struktūrą ir baseino morfometrines savybes. Reljefo rodikliai laikomi vienu iš veiksnių, galinčių turėti reikšmės vandens kaupimosi, paviršinio ir požeminio nuotėkio santykiui bei debito svyravimams (Elmstrom ir kt., 2024; Eslami ir kt., 2025; Jin ir kt., 2018; Teutschbein ir kt., 2018).

Ankstesniuose tyrimuose (Coopersmith ir kt., 2012; Faye & Ndiaye, 2021; Floriatic ir kt., 2022) nustatyta, kad baseino morfometrinės savybės siejamos su hidrologinio režimo ypatumais ir gali paaiškinti dalį regioninių upių nuotėkio skirtumų. Tačiau reljefo poveikis dažnai nagrinėjamas kartu su kitais veiksniais – klimatu, žemėnauda ar žmogaus veiklos poveikiu – todėl jo vaidmuo nuotėkio reguliavime išlieka kompleksinis ir ne visada atskirai įvertinamas.

Šiame darbe taikomas lyginamasis metodas, analizuojant tris Lietuvos teritorijoje esančius skirtingomis fizinėmis ir žemėnaudos sąlygomis pasižyminčius upių baseinus: Skroblaus, Yslykio ir Vilnios. Tyrimas apėmė baseinų dalis, esančias aukščiau vandens matavimo stočių: Skroblaus-Dubininko, Yslykio-Kyburių ir Vilnios-Vilniaus. Baseinai parinkti atsižvelgiant į jų žemėnaudos struktūrą, antropogeninio poveikio lygį ir ilgalaikių hidrologinių stebėjimų duomenų prieinamumą. Skroblaus hidrologinis režimas yra natūralus, upėje nėra užtvankų ar kito reikšmingo hidrotechninio reguliavimo. Tuo tarpu Yslykio ir Vilnios baseinuose yra įrengti melioracijos tinklai bei užtvankos, todėl šių upių hidrologinis režimas gali būti paveiktas antropogeninių veiksnių.

Darbo tikslas – įvertinti, kaip skirtingomis morfometrinėmis ir žemėnaudos sąlygomis pasižyminčiuose baseinuose kinta natūralaus nuotėkio reguliavimo koeficientas ϕ ir kaip šie skirtumai siejasi su reljefo rodikliais. Šis tyrimas yra platesnio disertacinio darbo dalis, kurioje tolesniuose etapuose numatoma išsamiau nagrinėti ir kitų baseino veiksnių reikšmę nuotėkio reguliavimui ir vandens sulaikymui.

Duomenys ir darbo metodika

Tyrimas atliktas trijuose Lietuvos teritorijoje esančiuose skirtingo žemėnaudos ir antropogeninio poveikio lygio upių baseinuose – Skroblaus, Yslykio ir Vilnios.

Hidrologinei analizei naudoti Lietuvos hidromet eorologijos tarnybos teikiami kasdieniniai debitų duomenys (m^3/s), apimantys 1991–2024 m. laikotarpį. Analizuotos visų kalendorinių metų (365/366 dienų) hidrogramos. Duomenų eilės be pertrūkių, Yslykio baseine užfiksuotos nulinės debitų reikšmės laikytos faktiniu tėkmės nebuvimu ir į skaičiavimus įtrauktos be korekcijų.

Reljefo analizei naudotas skaitmeninis reljefo modelis, sudarytas iš lazerinio skenavimo (LIDAR) duomenų. Baseinų ribos paimtos iš oficialios Upių baseinų rajonų duomenų bazės ir patikslintos pagal reljefo modelį. Prieš analizę atliktas reljefo depresijų panaikinimas (ArcGIS aplinkoje „Fill“ procedūra).

Kiekvienam baseinui apskaičiuoti pagrindiniai morfometriniai rodikliai: vidutinis paviršiaus nuolydis (%) ir aukščių amplitudė (maksimalios ir minimalios altitudės skirtumas baseine).

Nuotėkio pobūdis vertintas taikant natūralaus nuotėkio reguliavimo koeficientą ϕ , apibrėžiamą kaip metinės hidrogramos ploto dalį iki metų vidutinio debito linijos: $\phi = A_{\text{žemiau}} / A_{\text{viso}}$, kur $A_{\text{žemiau}}$ – hidrogramos ploto dalis iki metų vidutinio debito linijos, A_{viso} – visas metinės hidrogramos plotas. ϕ apskaičiuotas kiekvieniems metams atskirai, o rezultatų analizei naudotos metinės ir daugiametės vidutinės reikšmės.

Rezultatai

Natūralaus nuotėkio reguliavimo koeficiento ϕ reikšmės atskleidė ryškius skirtumus tarp tirtų upių. Daugiametės ϕ reikšmės apskaičiuotos pagal turimus stebėjimų laikotarpius, kurie tarp upių šiek tiek skiriasi. Skroblaus baseine ϕ daugiametė vidutinė reikšmė 1991–2024 m. laikotarpiu siekė apie 0,96, o standartinis nuokrypis buvo labai mažas (apie 0,008–0,010), rodantis itin nedidelę kasmetinę sklaidą. Tai rodo tolygų nuotėkio pasiskirstymą laike ir labai gerą natūralų nuotėkio suregulavimą.

Yslykio upės (1991–2021 m., analizuoti metai su turimais duomenimis) φ daugiametė vidutinė reikšmė siekė apie 0,43, o standartinis nuokrypis – apie 0,10–0,12. Tai rodo didesnę kasmetinę sklaidą ir netolygesnį ilgalaikį nuotėkio pasiskirstymą.

Vilnios upės (1993–2024 m.) daugiametė φ vidutinė reikšmė sudarė apie 0,84, standartinis nuokrypis – apie 0,05. Lyginant su Skroblumi, kasmetinė φ sklaida buvo didesnė, tačiau jo reikšmės gana aukštos, rodančios gerą natūralų nuotėkio sureguliovimą.

Reljefo analizė parodė, kad Skroblaus baseino aukščių intervalas yra 67,93–180,40 m, aukščių amplitudė – 112,47 m, vidutinis baseino paviršiaus nuolydis – 7,9 %. Yslykio baseine aukščių intervalas sudaro 28,25–77,92 m, aukščių amplitudė – 49,67 m, vidutinis paviršiaus nuolydis – 4,8 %. Vilnios baseine aukščių intervalas yra 87,01–293,96 m, aukščių amplitudė – 206,95 m, vidutinis paviršiaus nuolydis – 5,6 %.

Skirtingų upių φ reikšmių ir jų baseinų reljefo rodiklių palyginimas leidžia pastebėti, kad morfometriniais rodikliais besiskiriantys baseinai išsiskiria ir natūralaus nuotėkio reguliavimo koeficiento dydžiu bei metinių reikšmių kintamumu: prasčiausias natūralus nuotėkio sureguliojimas yra lyguminiame Yslykio baseine, o kalvotuose Skroblaus ir Vilnios baseinuose nuotėkis pasiskirsto tolygiau tiek metų eigoje, tiek ir daugiamečiu laikotarpiu. Taigi, baseino reljefo rodikliai turi pastebimą įtaką upių nuotėkio pobūdžiui ir gali būti svarbus kriterijus vertinant baseinų vandens sulaikymo potencialą.

Išvados

Natūralaus nuotėkio reguliavimo koeficiento φ reikšmės parodė, kad tirti baseinai reikšmingai skiriasi pagal nuotėkio pasiskirstymo tolygumą laike. Skroblaus upėje, pasižyminčioje natūraliu hidrologiniu režimui, nustatytos aukštos ir mažai kintančios φ reikšmės. Vilnios upėje φ reikšmės taip pat aukštos, tačiau pasižymėjo didesniu kasmetiniu kintamumu. Yslykio upėje nustatytos žemos ir labiau svyruojančios φ reikšmės, rodančios žymiai mažesnį nuotėkio natūralų sureguliovimą.

Baseinų morfometrinių rodiklių analizė parodė reikšmingus skirtumus tarp tiriamų teritorijų: aukščių amplitudė ir vidutinis paviršiaus nuolydis tarp baseinų skyrėsi daugiau nei du kartus. Palyginimas leidžia pastebėti, kad skirtingomis reljefo savybėmis pasižyminčių baseinų upės išsiskiria ir natūralaus nuotėkio reguliavimo rodiklio reikšmėmis.

Gauti rezultatai rodo, kad φ gali būti taikomas kaip integralinis rodiklis lyginamajai baseinų analizei ir yra tinkamas naudoti tolesniems kompleksiniams baseino savybių vertinimams.

Literatūra

- Coopersmith, E., Yaeger, M. A., Ye, S., Cheng, L., & Sivapalan, M. (2012). Exploring the physical controls of regional patterns of flow duration curves – Part 3: A catchment classification system based on regime curve indicators. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16(11), 4467–4482. <https://doi.org/10.5194/hess-16-4467-2012>
- Elmstrom, E. J., Holtgrieve, G. W., Scheuerell, M. D., Schauer, A. J., & Leazer, K. (2024). Climate and landform interact to control the source and transport of nitrate in Pacific Northwest rivers. *Communications Earth & Environment*, 5(1), 90. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01235-8>
- Eslami, Z., Seybold, H., & Kirchner, J. W. (2025). Climatic, topographic, and groundwater controls on runoff response to precipitation: Evidence from a large-sample data set. *Hydrology and Earth System Sciences*, 29(19), 5121–5130. <https://doi.org/10.5194/hess-29-5121-2025>
- Faye, C., & Ndiaye, M. (2021). Use of Geospatial Tools in Morphometric Analysis and Prioritisation of Sub-catchments of the Soungrougrou (Casamance Basin). *Quaestiones Geographicae*, 40(3), 65–84. <https://doi.org/10.2478/quageo-2021-0024>
- Floriancic, M. G., Spies, D., Van Meerveld, I. H. J., & Molnar, P. (2022). A multi-scale study of the dominant catchment characteristics impacting low-flow metrics. *Hydrological Processes*, 36(1), e14462. <https://doi.org/10.1002/hyp.14462>
- Jin, Y., Liu, J., Lin, L., Wang, A., & Chen, X. (2018). Exploring hydrologically similar catchments in terms of the physical characteristics of upstream regions. *Hydrology Research*, 49(5), 1467–1483. <https://doi.org/10.2166/nh.2017.191>
- Teutschbein, C., Grabs, T., Laudon, H., Karlsen, R. H., & Bishop, K. (2018). Simulating streamflow in ungauged basins under a changing climate: The importance of landscape characteristics. *Journal of Hydrology*, 561, 160–178. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.03.060>

Žmogaus bioklimatinių sąlygų vertinimas Vilniaus mieste 1993-2024 m. laikotarpiu

Silvija Pipiraitė-Januškienė¹

¹Vilniaus Universitetas, Chemijos ir Geomokslų fakultetas (silvija.pipiraite@gf.vu.lt)

Išvadas

Per pastaruosius 20 metų Vilniaus mieste stebima universalus šiluminio klimato indekso (UTCI) verčių didėjimo tendencija. Klimatas kinta ir tai turi nemenką poveikį žmogaus šiluminiam komfortui. Vilniuje šaltojo sezono metu mažėja šalčio streso atvejų, o šiltojo sezono metu daugėja aukštesnių UTCI reikšmių atvejų kiekis, ypač priskiriamų vidutinio karščio streso kategorijai. Sąlygos anksčiau laikytos komfortiškomis, šiltuoju sezonu vis dažniau pereina į šiluminio diskomforto zoną. Kaita gali būti siejama su kylančia oro temperatūra ir urbanizuotos aplinkos poveikiu. Šis tyrimas yra reikšmingas vertinant Vilniaus gyventojų terminio komfortabilumo sąlygas bei miesto prisitaikymo prie klimato kaitos poreikius.

Duomenys ir darbo metodika

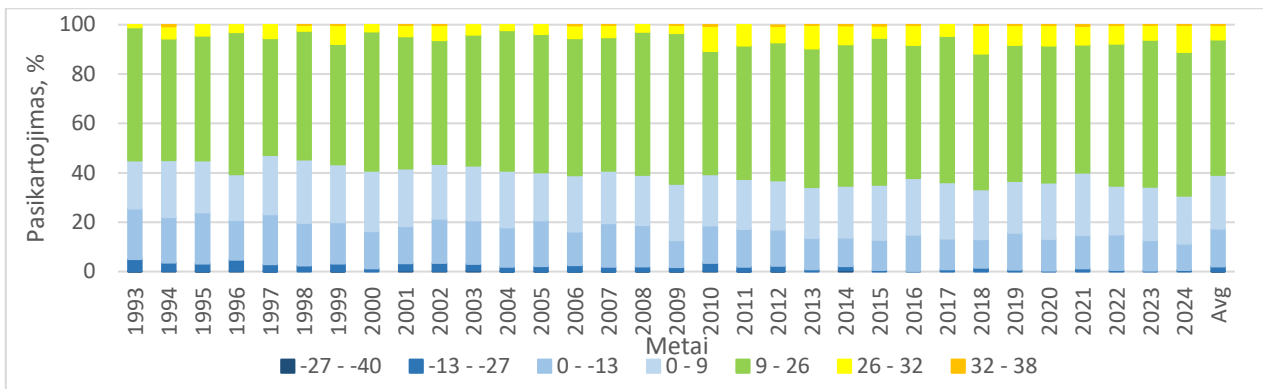
Tyrimo metu buvo naudoti Vilniaus meteorologinės stoties duomenys. Stotis yra Vilniaus pietvakarinėje dalyje, nuo Vilniaus centro nutolusi apie 16 km. Tyrimui atlikti buvo naudojami šie duomenys: vidutinė oro temperatūra (°C), oro drėgnumas (%), vėjo greitis (m/s) ir debesuotumas (oktai). Tyrimas vykdytas naudojant 1993-2024 metų duomenis, išmatuotus kas tris valandas.

Universalus šiluminio klimato indeksas (UTCI) apskaičiuojamas naudojant detalizuotą fiziologinį modelį, kuris simuliuoja kaip žmogaus kūnas reaguoja į oro sąlygas (Blazejczyk, 2012). UTCI apjungia daug aplinkos faktorių: oro temperatūrą, vėjo greitį, drėgnį ir Saulės spinduliuotę ir kitus. Šie dedamieji apdorojami panaudojant dinaminį žmogaus kūno modelį, įvertinant ką žmogus yra apsirengęs ir kokią fizine veikla užsiima (stovi, sėdi, eina, sportuoja ir t.t.). Gauti rezultatai pateikiami kaip temperatūra nurodanti žmogaus terminį komfortą (Blazejczyk, 2012). Šiame tyrime UTCI buvo skaičiuotas vidutiniam 35 metų žmogui: 1,75 m ūgio, sveriančiam apie 80 kg, kurio aktyvumas lygus 80 W ir rūbų kiekis lygus 0,9 clo (vidutiniškai šiltai apsirengęs, tipinė buvimo patalpose apranga). UTCI vertės buvo skaičiuojamos naudojantis RayMan Pro programa. Po įvykdytų skaičiavimų UTCI vertės buvo suskirstytos į 10 kategorijų (Blazejczyk et al., 2013). Gavus sumodeliuotus duomenis buvo apskaičiuoti UTCI pokyčiai laiko eigoje. Apskaičiuotos kiekvienos dienos vidutinės, minimalios ir maksimalios UTCI vertės, tam kad įvertinti kaip šis indeksas kito tyrimo laikotarpiu. Tuomet skaičiuojamas UTCI kategorijos pasikartojimo dažnis. Analizuojami kiekvienų metų apskaičiuotų UTCI verčių vidurkiai, minimumai ir maksimumai, jų skirtumai. Norint įvertinti statistinį tendų patikimumą panaudotas Mann-Kendall testas. Trendas laikomas statistiškai reikšmingu, kai $p < 0,05$.

Rezultatai

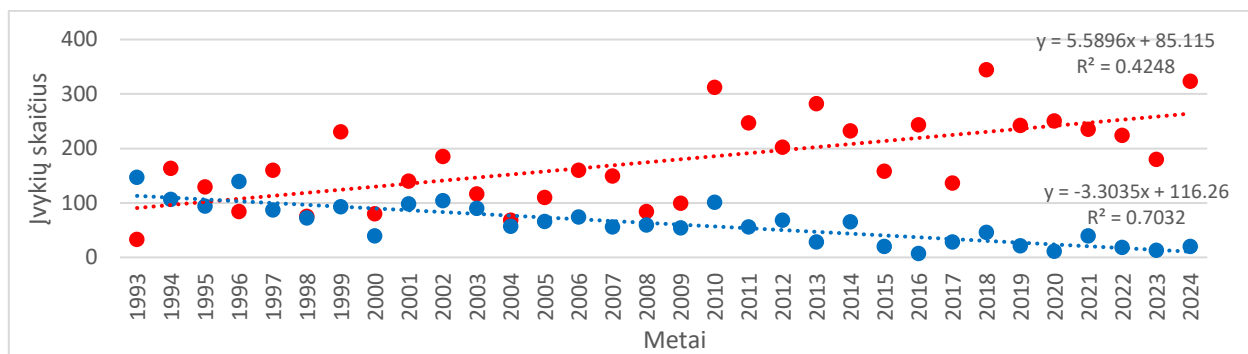
Tyrimo pradžioje buvo analizuojamas UTCI kategorijų pasikartojimas. 1 paveiksle (atvaizduojamos 7 kategorijos iš 10, nes ekstremalaus terminio diskomforto sąlygos Vilniaus stoties duomenimis nebuvo fiksuotos) matoma, kad labai stipraus šalčio kategorija (-27 iki -40°C) nebuvo fiksuojama 2014-2024 metų periode. Bet vidutinio karščio streso kategorijos (+26 iki +32°C) dažnumas augo, o nuo 2010 metų jis išaugo dvigubai, nuo 4 % iki 8 %. Statistiškai reikšmingi teigiamo trendo pokyčiai fiksuoti šiose kategorijose: nėra terminio šiluminio streso (9–26°C); vidutinis karščio stresas (26–32°C); stiprus karščio stresas (32–38°C). Taip pat fiksuoti statistiškai reikšmingi neigiamo trendo pokyčiai – vidutinis šalčio stresas (0 iki -13°C), stiprus šalčio stresas (-13 iki -27°C) ir labai stiprus šalčio stresas (-27 iki -40°C) ($p < 0,05$).

Analizuojant vidutinio ir aukštesnės kategorijos karščio streso bei stipraus ir žemesnės kategorijos šalčio streso komforto įvykius per tyrimo laikotarpį, apskaičiuota (2 pav.), kad iki 2010 metų vidutiniškai buvo fiksuojama apie 121 terminio karščio diskomforto atvejų, o nuo 2010 metų įvykių kiekis beveik padvigubėjo, vidutiniškai fiksuojama apie 235 terminio streso atvejus per metus. Stipraus ir žemesnio šalčio streso įvykių kiekis iki 2010 metų vidutiniškai siekė apie 84 kartus per metus, tačiau po 2010 metų šių atvejų kiekis sumažėjo daugiau nei dvigubai (iki maždaug 31 karto). Pirmoje tyrimo laikotarpio pusėje buvo stebima tendencija, kad tiek karščio, tiek šalčio terminio diskomforto atvejų kiekis yra panašus. Vis tik, nuo 2010 metų šios dvi kreivės pradėjo gana greitai tolti viena nuo kitos. Su tokia neigiamo trendo išraiška, yra tikėtina, kad ateityje stiprus terminio šalčio diskomfortas bus fiksuojamas vis rečiau. Abu užfiksuoti trendai yra statistiškai reikšmingi ($p < 0,05$).



1 pav. UTCI kategorijų pasikartojimas (%) Vilniaus MS, 1993-2024 m.

Vertinant kiekvienos dienos vidutinę UTCI vertę, galima apskaičiuoti, kaip šis indeksas kinta metų eigoje. Pastebima tendencija, kad tam tikros kategorijos dažniausiai kartojasi panašiu metų laiku. Komfortabiliausios sąlygos Vilniaus gyventojams fiksuojamos nuo balandžio vidurio iki birželio ir nuo rugsėjo iki spalio. Pagal atliktus skaičiavimus pažymima, kad gyventojai dažniau patiria šilumos terminį diskomfortą nei šalčio terminį diskomfortą. Matavimų tendencijos taip pat rodo, jog šilumos diskomforto atvejų skaičius tikėtina, laikui bėgant, didės (ypač vasaros mėnesiais).



2 pav. Vidutinės ir aukštesnės kategorijos karščio streso (raudona) bei stipraus ir žemesnio šalčio streso (mėlyna) atvejų skaičius apskaičiuotas Vilniaus MS, 1993-2024 m.

Išvados

Tyrimo rezultatai rodo aiškią terminio komforto sąlygų kaitą Vilniuje. 2014–2024 m. visų šalčio streso kategorijų dažnumas statistiškai reikšmingai mažėjo. Tuo tarpu karščio streso kategorijos dažnėjo: nuo 2010 m. vidutinio karščio streso atvejų dalis padvigubėjo (nuo 4 % iki 8 %). Priešingai, stipraus ir žemesnio šalčio streso atvejų skaičius po 2010 m. sumažėjo daugiau nei du kartus. Vilniuje gyventojai vis dažniau patiria šilumos, o ne šalčio terminį diskomfortą, ir esamos tendencijos leidžia prognozuoti tolesnį šilumos diskomforto atvejų didėjimą, ypač vasaros laikotarpiu.

Literatūra

- Blazejczyk, K., Epstein, Y., Jendritzky, G., Staiger, H, Tinz, B. (2012). Comparison of UTCI to selected thermal indices. *International Journal of Biometeorology* 56(3), 515–535. <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0453-2>
- Blazejczyk, K., Jendritzky G., Bröde P., Fiala D., Havenith G., Epstein Y. et al. (2013). An introduction to the Universal Thermal Climate Index (UTCI). *Geographia Polonica* 86 (1), 5-10. <https://doi.org/10.7163/GPol.2013.1>

Long-term vegetation succession and geomorphological stabilization of a sandy spit based on multi-index satellite analysis (1979–2025)

Yuliia Shevchuk¹, Oleksiy Davydov¹

¹State Scientific Research Institute Nature Research Centre (julija.shevchuk@gamtc.lt)

Introduction

Sandy spits are among the most dynamic forms of coastal relief, the evolution of which is determined by the interaction of various factors (Jarmalavičius et al., 2016). Vegetation cover of sandy spits is an important factor in their evolution, regulating the intensity of aeolian and contributing to the stabilization of the accumulative surface (Durán & Moore, 2013; Vykhovanets, 2003).

Sukha Spit is a young accumulative coastal landform located in the northwestern part of the Black Sea (Kinburn Peninsula, Ukraine), formed in the late 1970s. Initially morphodynamically active and lacking stable vegetation, it has prograde southeastward since the late 1980s, accompanied by gradual stabilization and vegetation development (Davydov et al., 2021; Kryvulchenko, 2016).

The aim of this study is to analyze the long-term dynamics of vegetation cover of Sukha Spit and to assess its spatial relationship with progradation and shoreline variability based on multi-decadal satellite time series (1979–2025).

Methods and data

The study is based on a time series of Landsat MSS, TM, ETM+, and OLI Level-2 satellite imagery (surface reflectance) covering the period from 1979 to 2025. For the analysis, spring and autumn images with cloud cover of less than 30% were used, reprojected to UTM Zone 36N and resampled to a uniform spatial resolution of 30 m to ensure interannual comparability. Cloud and shadow masking was performed using QA bands of Landsat Level-2 products. To characterize vegetation cover and substrate conditions, the following spectral indices were calculated: Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), used to quantify vegetation density and greenness; Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) with a soil correction factor of $L = 0.5$, applied to minimize the influence of exposed sandy substrate; Bare Soil Index (BSI), characterizing the degree of surface exposure and dryness; Normalized Difference Moisture Index (NDMI), reflecting the moisture content of vegetation and soil cover; as well as the water indices Normalized Difference Water Index (NDWI and Modified NDWI), which were used to delineate water surfaces. The analysis of vegetation succession included the assessment of areal dynamics of vegetation cover, pixel-based analysis of the timing of stable vegetation appearance, and the calculation of temporal trends using the Theil–Sen slope estimator and the non-parametric Mann–Kendall test. To identify key stages in the development of Sukha Spit, breakpoint analysis (change-point detection) was applied to the vegetation index time series. Shoreline position was determined based on a water mask derived from NDWI/MNDWI indices, and shoreline displacement parameters—Net Shoreline Movement (NSM) and End Point Rate (EPR)—were calculated using a transect-based method. Precipitation data were obtained from the NASA POWER database and aggregated seasonally to match Landsat acquisition periods. These data were used for exploratory correlation analysis with vegetation indices.

Results

The analysis of satellite time series data for the period 1979–2025 revealed a persistent positive trend of vegetation indices across the entire territory of Sukha Spit. The most intensive increase was recorded for the SAVI (Theil–Sen slope of 0.01 per year in autumn and in spring; $p < 0.05$), indicating progressive biological consolidation of the sandy substrate even under conditions of a pronounced soil background. NDVI trends were also positive, though less pronounced.

At the same time, an increase in BSI values was observed, which, in the context of Sukha Spit development, is interpreted not as vegetation degradation but as an indicator of changes in surface microtopography and aggradation. Correlation analysis of seasonal precipitation totals did not reveal statistically significant relationships with MEAN_NDVI, MEAN_NDMI, or MEAN_BSI in either spring or autumn ($|r| \leq 0.27$; $p > 0.19$). Breakpoint analysis identified the year 2013 as a structural change in vegetation index dynamics (Fig. 1d). Segmented Mann–Kendall analysis revealed a statistically significant increase in spatial variability of vegetation indices during 1979–2012, followed by a significant decrease after 2013, confirming

a regime shift toward greater surface uniformity. This interpretation is supported by field-based morphodynamic monitoring of the Kinburnska–Pokrovska–Dovgy coastal barrier system, which documented a tendency toward stabilization phases alternating with destructive stages, as well as reduced shoreline displacement under accumulative conditions (Davydov et al., 2021). Transect-based analysis of the coastal landform surface showed reduced horizontal shoreline displacement (EPR values) in areas with higher vegetation density, suggesting spatial association between vegetation establishment and lower morphodynamic variability (Fig. 1a–b).

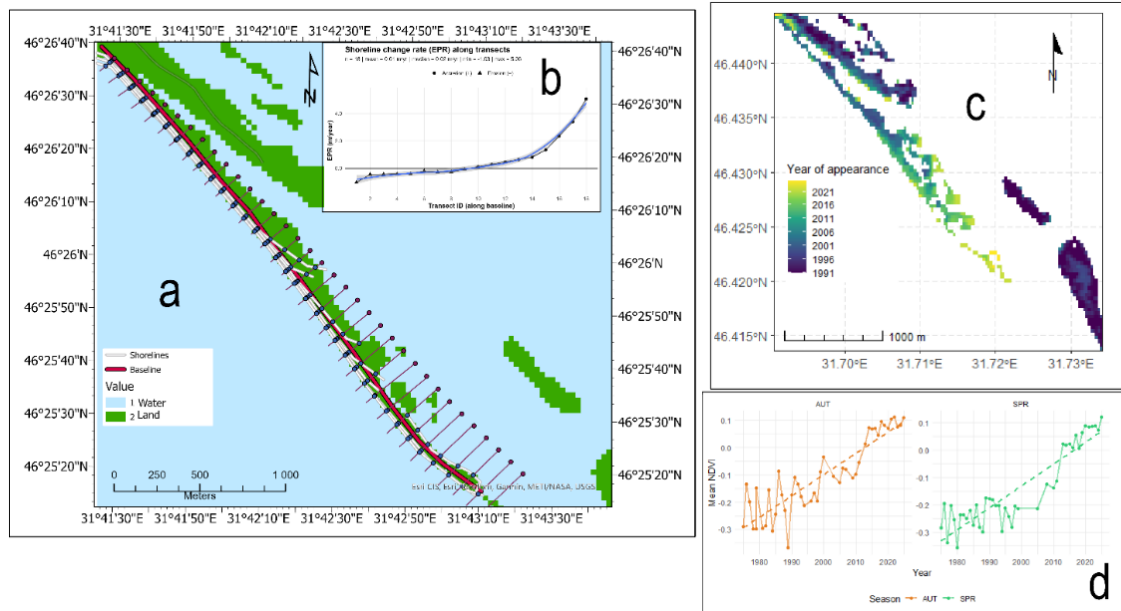


Fig. 1. Transect-based analysis of vegetation succession and shoreline change at the Sukha Spit derived from Landsat data (1979–2025): (a) spatial distribution of transects and shoreline position, (b) shoreline change rates (EPR), (c) year of vegetation establishment (NDVI > 0.15), and (d) seasonal NDVI trends (SPR and AUT) with Theil–Sen linear trends

Conclusions

The analysis revealed a close relationship between progressive vegetation succession and the stabilization of the spit surface. The increases in SAVI and NDVI reflect biological fixation of sands, while BSI dynamics indicate microtopographic and accumulative changes. Analysis of NASA POWER data showed pronounced interannual variability in precipitation but no consistent long-term trend or synchronicity with the identified breakpoint in vegetation dynamics. This suggests that vegetation succession was not directly controlled by precipitation but was driven by exogenous geological processes governing spit morphogenesis. The breakpoint identified in 2013 marks the attainment of a threshold of relative stability. The applied multi-index Landsat-based approach proved effective for assessing the long-term evolution of dynamic sandy coasts.

References

- Davydov, O. V., Chaus, V. B., Onoiko, Y. Y., Roskos, O. M., & Simchenko, S. V. (2021). Monitoring of morphodynamics of the coastal barrier “Winged Foreland” Kinburnska–Pokrovska–Dovgy (2019–2021). Kherson State University Herald. *Geographical Sciences*, 15, 39–50. <https://doi.org/10.32999/ksu2413-7391/2021-15-4>
- Durán, O., & Moore, L. J. (2013). Vegetation controls on the maximum size of coastal dunes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(43), 17217–17222. <https://doi.org/10.1073/pnas.1307580110>
- Jarmalavičius, D., Šmatas, V., Stankūnavičius, G., Pupienis, D., Žilinskas, G. (2016). Factors Controlling Coastal Erosion During Storm Events. *Journal of Coastal Research*, 75, 1112–1116. <http://dx.doi.org/10.2112/SI75-223.1>
- Kryvulchenko, A. I. (2016). *Kinburn: Landscapes, current state and significance*. Central Ukrainian Publishing House, 416 p. (In Ukrainian)
- Vykhovanets, G. V. (2003). *Aeolian Processes on the Sea Coast*. Odesa: Astroprint, 368 p. (in. Russian)

Satellite-Based Shoreline Change Analysis of Dzharylhach Spit, Black Sea (1984-2025) Coupled with Hydrodynamic Conditions

Oksana Shvets¹

¹ State Scientific Research Institute Nature Research Centre (oksana.shvets@gamtc.lt)

Introduction

The Dzharylhach Spit is one of the largest accumulative landforms within the northwestern part of the Black Sea. Extending from northwest to southeast for approximately 43.5 km, it forms part of the Tendra-Dzharylgach barrier system. Four morphological elements are distinguished within it: the root part, the narrow part, the wide part, and the distal part (Davydov et al., 2022). The elevation above sea level ranges from 0.1 m in the root part to 2.3 m within the wide part. The morphological diversity of the spit's constituent parts reflects spatially variable dynamic processes. This study aims to (1) quantify long-term shoreline change rates along the spit, (2) identify spatial patterns of erosion and accretion, and (3) assess the relationship between hydrodynamic conditions and observed changes.

Methods and data

The position of the shoreline for the period from 1984 to 2025 was obtained from satellite imagery of the Landsat mission (5TM, 8, 9). For each year, imagery was selected during the period of lowest wave activity (August-September). Shoreline extraction was performed in QGIS. To separate land from water, Normalized Difference Water Index (McFeeters, 1996) was used, calculated in QGIS, applying a dynamic threshold to create binary images. For this purpose, satellite imagery in the green and near-infrared bands was used with a spatial resolution of 30 meters. Shoreline change rate calculations were conducted in the Digital Shoreline Analysis System — DSAS version 6. A total of 1,370 transects were constructed, spaced 50 meters apart. The linear regression rate (LRR) was used in this study as it utilizes all shoreline positions, unlike the end point rate (EPR), which only considers the oldest and youngest positions. For the interpretation of the LRR calculation results, a classification was applied in which values ranging from -0.5 to $+0.5$ m yr^{-1} were defined as indicating a stable shoreline segment (Luijendijk et al., 2018). Since the Black Sea is non-tidal sea, the main hydrodynamic factors controlling the development of the Dzharylhach Spit are wind-induced waves, meteorological sea-level fluctuations, and nearshore currents. To determine the relationship between the wave regime and shoreline changes, the wave climate was analyzed at 10 points along the coast for the period from 1980 to 2025 (Staneva et al., 2022). This study has been conducted using E.U. Copernicus Marine Service Information (<https://doi.org/10.48670/mds-00357>). The analysis was performed using the *Python* programming language, utilizing code from repository (Aloverere, 2025) with certain adaptations. To assess the wave climate, the following were used: spectral significant wave height, wave period at the spectral peak, and mean wave direction. To characterise extreme wave conditions, the 90th, 95th and 99th percentiles of the significant wave height (Hs) were calculated from reanalysis data for each location.

Results

Shoreline change rates along the Dzharylhach Spit exhibit pronounced spatial variability. Three erosional sections, with rates ranging from -0.5 to -4.22 m yr^{-1} , were identified along the root and narrow parts of the spit. The highest erosion rate (-4.22 m yr^{-1}) was recorded along transect No. 741 in the section adjacent to the wide part. Long-term erosion trends led to the formation of a breach at this site in 2023 (Davydov et al., 2024). The two other breaches, Lazurnenska and East Lazurnenska, were located in the root part and the adjacent narrow part of the spit, respectively. Two segments of the narrow part separating the erosional sections exhibit stable dynamics or accretion, with rates of up to $+1.5$ m yr^{-1} . The wide part of the spit (Dzharylhach Island) is characterized by predominantly positive shoreline dynamics. A stable western segment and an accretionary eastern segment, with rates reaching up to $+9.56$ m yr^{-1} , can be distinguished. These segments are separated by an erosional section approximately 890 m long, where shoreline change rates range from -0.5 to -1.5 m yr^{-1} . Within the wide part, an additional erosional section approximately 986 m long is observed at the transition to the distal end, with shoreline retreat rates of up to -2.5 m yr^{-1} . The distal end itself is characterized by accretion. Assessing the accuracy of LRR values using r-squared statistics (LR2) shows that the best-fit line successfully explains the variation in the data for areas with high accretion or erosion trends, where the LR2 value is between 0.5 and 0.9. The lowest LR2 values correspond to areas

with LRR rates ranging from -0.5 to $+0.5$. This study defines these areas as stable, showing no long-term trends towards shoreline advance or retreat. Wave conditions along the Dzharlygach Spit are predominantly controlled by south-westerly wave directions (WSW–SSW sector), with waves from the eastern sector contributing up to 15% of occurrences. All extreme storm events identified using the 99th percentile is also associated with south-westerly wave directions. Wave heights are generally slightly higher in erosional sections compared to stable or accretionary segments. The mean significant wave height ranges from 0.50 to 0.52 m in areas with positive shoreline change rates and from 0.54 to 0.59 m in areas experiencing shoreline retreat. The 99th percentile of significant wave height greater than 1.92 m for erosional sections and between 1.58 and 1.88 m for accretionary and stable sections. The highest values correspond to sections with the highest erosion rates, while the lowest values correspond to sections exhibiting accretion.

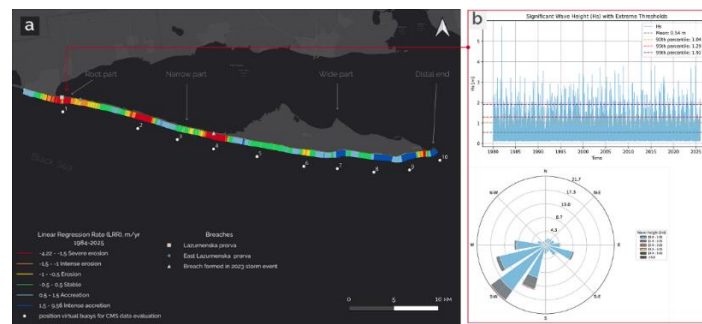


Fig. 1. Spatial distribution of long-term shoreline changes rates along the spit showing erosional (red-orange-yellow), stable (green), and accretionary (blue) segments (a); significant wave height (H_s) time series for the root part, showing extreme threshold percentiles and a wave rose graph (b)

Conclusions

The Dzharlygach Spit exhibits strong spatial variability in shoreline dynamics, with erosion concentrated in the root and narrow parts and predominantly accretionary behavior in the wide and distal sections. Erosional hotspots coincide with observed breach locations. The analysis of the wave climate along the Dzharlygach Spit indicates a clear dominance of south-westerly wave conditions, including all extreme storm events identified by the 99th percentile of significant wave height. This directional persistence suggests that south-westerly storms play a key role in controlling the spatial variability of shoreline dynamics along the spit. Although differences in mean wave height between erosional and accretionary sections are relatively small, erosional segments are consistently exposed to slightly higher wave energy, particularly during extreme events. Higher 99th percentile wave heights in erosional sections further emphasize the importance of storm-driven processes in shoreline retreat and breach formation. To gain a more comprehensive understanding of the relationship between hydrodynamic conditions and the pattern of accretionary and erosional areas within the Dzharlygach Spit, the alongshore sediment transport must be calculated.

References

- Alovero. (2025). *CoastalHydrodynamics: wave_data_downloader* [Source code]. GitHub. https://github.com/Alovero/CoastalHydrodynamics/tree/main/wave_data_downloader
- Davydov, O. V., Buynevich, I. V., & Shvets, O. M. (2024). New storm breaches in the context of non-tidal inlet dynamics: Storm Bettina (2023), Black Sea coast, Ukraine. *Journal of Coastal Research*, 113(sp1), 1031–1035. <https://doi.org/10.2112/JCR-SI113-202.1>
- Davydov, O. V., Kotovsky, I. M., Onoyko, Y. Y., & Simchenko, S. V. (2022). Surface morphology and shoreline dynamics of the distal Dzharlygach Spit. *ONU Bulletin. Series: Geographical and Geological Sciences*, 27(2(41)), 11–27. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2022.2\(41\).268697](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2022.2(41).268697)
- Luijendijk, A., Hagenaars, G., Ranasinghe, R., Baart, F., Donchyts, G., & Aarninkhof, S. (2018). The state of the world's beaches. *Scientific Reports*, 8, Article 6641. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24630-6>
- McFeeters, S. K. (1996). The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425–1432. <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>

Staneva, J., Ricker, M., & Behrens, A. (2022). *Black Sea waves reanalysis (CMEMS BS-Waves, EAS4 system)* (Version 1) [Data set]. Copernicus Marine Environment Monitoring Service. <https://doi.org/10.48670/mds-00357>

Analysis of Conditions of High Atmospheric Instability in Lithuania (1996–2025)

Juras Šukys¹, Gintautas Stankūnavičius²

¹ Vilnius University (juras.sukys@chgf.stud.vu.lt)

² Vilniaus University

Introduction

Extreme convective meteorological phenomena are relatively rare in the Baltic region, but they can have a significant local impact, such as strong winds, heavy precipitation, and lightning. Therefore, it is essential to understand the long-term variability of atmospheric instability in order to assess changes in the convective environment.

This study provides a climatic analysis of several important indicators of thermodynamic instability in Lithuania for the period 1996–2025. Using reanalysis data, we investigated the temporal and seasonal variability of convective available potential energy (CAPE), the K-Index (KI), and the Total Totals Index (TTI), which are often used to assess storm potential.

The main goal is to evaluate the long-term changes, statistical correlations, and seasonal distribution of these indicators in the Lithuanian climate. The study aims to provide an overview of the instability conditions and their variability in Northeast Europe by analyzing the changes over a thirty-year period. Due to instability being affected by both local and advective factors, it was necessary to analyze this problem through two aspects.

Methods and data

The reanalysis data for this study were obtained from the ERA5 hourly data on single levels available in the Climate Data Store, covering the period from 1940 to present, and provided in a GRIB file format. The data that were used in this analysis included Convective Available Potential Energy (CAPE), the K-Index (KI) and the Total Totals Index (TTI). The hourly data were obtained for the period from January 1, 1996, to December 31, 2025. The data were divided into three periods of 10 years. The analyzed area ranged from 53.85°N to 56.60°N latitude and 20.90°E to 26.90°E longitude for Lithuania and 50.00°N to 60.00°N latitude and 10.00°E to 35.00°E longitude for Northeast Europe. Once the initial data had been obtained, the GRIB file format was converted into a NetCDF (Network Common Data Form) file using Python code. Afterwards, the converted file was used in MATLAB.

Results

The obtained results show that the maximum CAPE values follow an expected seasonal pattern, reaching peak values in the summer months. The five highest values of CAPE over the analyzed period in Lithuania were recorded in 2010, 2007, 2023, 1998 and 2021 (Fig 1. a.), while in Northeastern Europe it was 2022, 2025, 2007, 2021 and 1998 (Fig. 1. b.). Accordingly, the highest CAPE values, for each of the five years, in Lithuania were between 4159.25 and 4547.70 J/kg, while in Northeastern Europe, it was between 5229.50 and 7268.75 J/kg. The results do not allow us to conclude that there is a clear trend in the maximum daily CAPE values over the analyzed 30-year period in either analyzed domain. Daily maximum Total Totals Index (TTI) values were regressed with respect to CAPE. The showed that only 0.6% of the observed variance in the Total Totals Index (TTI) can be explained by a logarithmic relationship with CAPE meaning that, essentially, the two parameters showed no relation to one another. Even though in other papers it was found that CAPE and the Total Totals Index (TTI) shared a moderate link, our study does not show this. The daily maximum K-Index (KI) values were also regressed with respect to CAPE. It was noted, that 44.7% of the observed variance in the K-Index could be elucidated by the logarithmic relation with CAPE, indicating that the two parameters share a moderate relation (Fig. 2).

Fernando et al. (2021) noted, that the K-Index, coupled with the Total Totals Index (TTI) were effective indicators of thunderstorm activity, in the tropical environment of Sri Lanka. However, they noted that the CAPE index showed only a weak correlation with observed lightning strikes. Rosińska and Siedlecki (2024) had determined, that instability indices, such as the K-Index (KI), CAPE and Total Totals Index (TTI) were useful in helping predict storms in Łódź. In most of the cases they had analyzed, the indices reached high values, which would indicate a risk for severe weather events. For the Summer season, the K-Index (KI) median value was between 30 and 32, while Total Totals Index (TTI) was between 45 and 48. Voormansik et al. (2021) had

stated, that radar analyses showed that high CAPE levels are associated with stronger convective storms, confirming that CAPE is an important indicator of the potential for intense convection. We have thus found that, in Lithuania, CAPE and the K-Index (KI) can be utilized as a composite indicator for severe weather events, while CAPE and the Total Totals Index (TTI) do not appear to show a meaningful relationship.

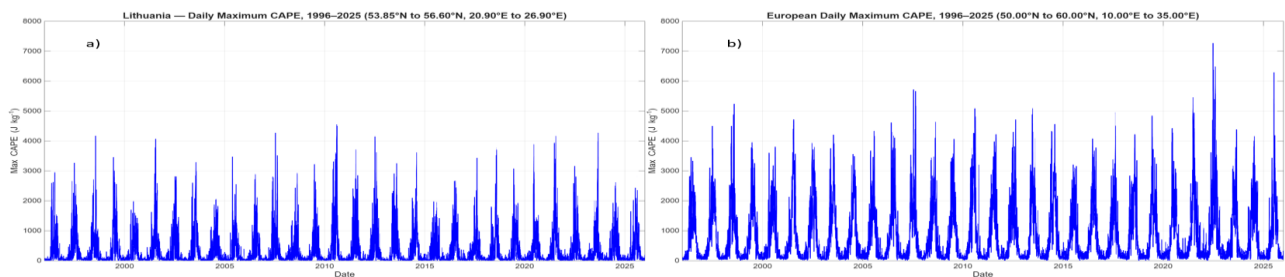


Fig. 1. The daily maximum CAPE values during 1996–2025, in: a) Lithuania; b) Northeastern Europe

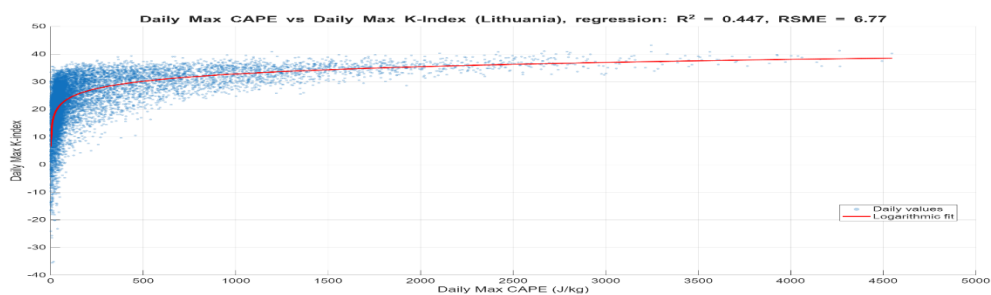


Fig. 2. The daily maximum CAPE value relation with the daily maximum K-index (KI), during 1996–2025, in Lithuania

Conclusions

The highest CAPE values in Lithuania occurred in the years 2010, 2007, 2023, 1998 and 2021, in Northeast Europe, they occurred in 2022, 2025, 2007, 2021 and 1998. Regression analysis between daily maximum CAPE and the daily maximum K-Index (KI) regression showed that 44.7% of the observed variance in the K-Index can be explained by the logarithmic relation with CAPE, indicating a moderate relationship. In our study, we were not able to identify a relation between CAPE and the Total Totals Index (TTI), despite other papers indicating at least a moderate relation between these parameters.

References

- Fernando, M., Millangoda, M., & Premalal, S. (2021). Analyze and comparison of the atmospheric instability using K-index, lifted index, total totals index, convective available potential energy (CAPE) and convective inhibition (CIN) in development of thunderstorms in Sri Lanka during second inter-monsoon. In D. Amaratunga, R. Haigh, & N. Dias (Eds.), *Multi-hazard early warning and disaster risks* (pp. 603–614). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-73003-1_41
- Rosińska, N., & Siedlecki, M. (2024). The characteristics of meteorological conditions and atmospheric instability conditions on selected thunderstorm days in Łódź in 2019–2023. *Acta Geographica Lodziana*, 117, 97–108. <https://doi.org/10.26485/AGL/2024/117/7>
- Voormansik, T., Mürsepp, T., & Post, P. (2021). Climatology of convective storms in Estonia from radar data and severe convective environments. *Remote Sensing*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/rs13112178>

Rytų Lietuvos pilkapių aukščio verčių pasiskirstymo statistinė analizė tikimybiniam pilkapių aptikimui

Ignas Vasilevičius¹, Lauras Balakauskas¹

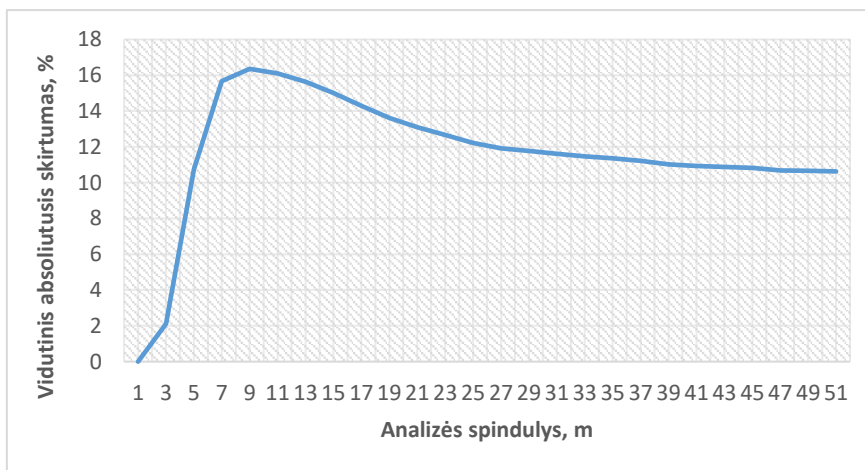
¹Vilniaus Universitetas, Chemijos ir Geomokslų fakultetas (ignas.vasilevicius@chgf.stud.vu.lt)

Įvadas

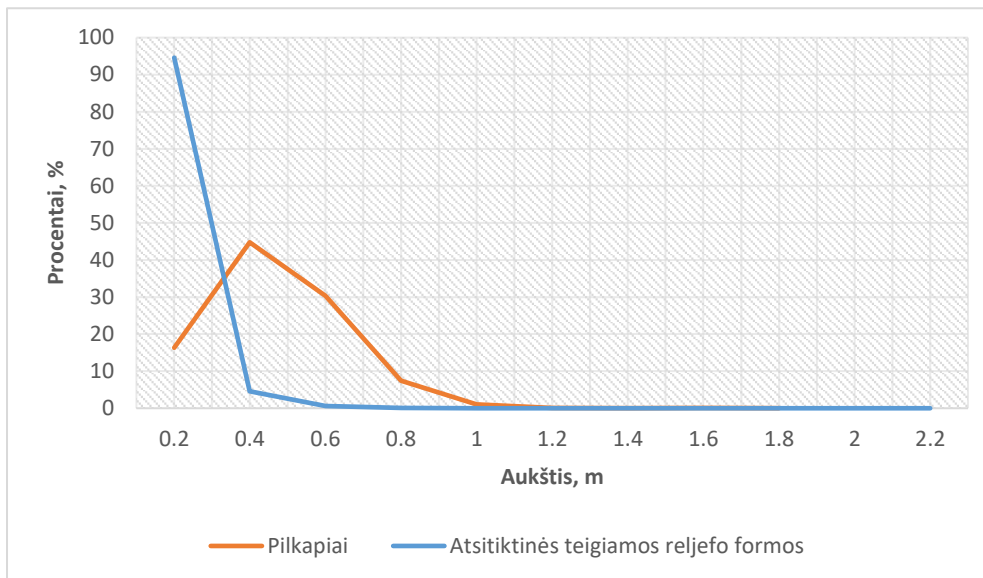
Lietuvos miškingose teritorijose kasmet aptinkama naujų pilkapių. Dažniausiai, pilkapių aptikimas buvo vykdomas rankiniu būdu, jų ieškant topografiniuose žemėlapiuose. Sparčiai tobulėjant šiuolaikinėms lazerinio skenavimo technologijoms (LiDAR), jų pagrindu sudaromi detalūs skaitmeninio reljefo modeliai (SRM), kuriuose galime išskirti antropogenines reljefo formas net ir miškingose teritorijose. Skaitmeniniai reljefo modeliai suteikia ypač geros rezoliucijos žemės paviršiaus vaizdą, tačiau pilkapių aptikimas vis tiek išlieka itin lėtas, nes pilkapių ieškoma skenuojant SRM ypač dideliu masteliu ir vizualiai aptinkant pilkapius primenančias reljefo formas. Tačiau pilkapiai pasižymi tik jiems būdingais apvalumo, aukščio ploto, polinkio kampo parametrais, kurie juos atskiria nuo natūralių reljefo formų. Tai leidžia pilkapius aptikti automatiniais metodais (Vasilevičius, Balakauskas, 2025). Pilkapių tikimybiniam aptikimui vienas svarbiausių morfometrinių parametrų yra pilkapių aukštis. Šiame tyrime vertinome aukščio verčių pasiskirstymą jau žinomuose pilkapynuose Rytų Lietuvoje bei foninėse atsitiktinėse reljefo formose.

Duomenys ir darbo metodika

Skaitmeninio reljefo modelio sudarymui naudojome Geoportal.lt erdvinių duomenų komplektą SEŽP_0.5LT (Nacionalinė žemės..., 2009). Iš lazerinio skenavimo taškų duomenų buvo pagamintas 2x2 metrų rezoliucijos skaitmeninis reljefo modelis. Naudojantis Kultūros vertybių registro (Kultūros paveldo..., 2015) pilkapynų duomenimis, Ignalinos, Molėtų, Šalčininkų, Širvintų, Švenčionių, Trakų, Utenos, Vilniaus ir Zarasų rajonų savivaldybių teritorijose buvo vizualiai identifikuoti registre esantys pilkapiai, jų buvimo vietos pažymėtos taškais. Aukštis buvo skaičiuojamas tiek pilkapiams, tiek foninėms reljefo formoms, naudojant skirtingus analizės spindulius (nuo 1 iki 51 m). Toks platus analizės spindulių intervalas leido efektyviau įvertinti įvairaus dydžio pilkapius. Foninių reljefo formų aukščio vertės buvo atsitiktinai sugeneruotos visame tyrimo plote. Pilkapių ir foninių reljefo formų aukščio statistikų apskaičiavimui buvo sukurtas geoduomenų apdorojimo modelis, kuris kiekvienam spinduliui sugeneravo pilkapių ir foninių reljefo formų aukščio verčių procentinio pasiskirstymo histogramas. Siekiant kokybiškai ištirti pilkapių ir foninių reljefo formų aukščio skirtumus, buvo sudarytas pilkapių ir foninių reljefo formų absoliutaus vidutinio skirtumo grafikas (1 pav.). Absoliutusias vidutinis skirtumas skaičiuojamas iš aukščio procentinio pasiskirstymo histogramos. Kiekviename aukščio intervale suskaičiuojamas absoliutus skirtumas tarp pilkapių ir foninių reljefo formų procentinių reikšmių. Šios reikšmės sudedamos ir padalinamos iš aukščio intervalų kiekio, siekiant apskaičiuoti vidutinio skirtumo vertę kiekviename aukščio intervale. Šis grafikas padėjo išskirti analizės spindulius, kuriuose pilkapių aukštis labiausiai skiriasi nuo foninių reljefo formų aukščio.



1 pav. Pilkapių ir atsitiktinių teigiamų reljefo formų aukščio vidutinio absoliutaus skirtumo grafikas



2 pav. Pilkapių aukščio ir foninių reljefo formų aukščio procentinio pasiskirstymo histograma ties 9 metrų analizės spinduliu

Rezultatai

Pilkapių ir atsitiktinių teigiamų reljefo formų absoliutaus vidutinio skirtumo grafikas parodė, kad pilkapių aukštis labiausiai išsiskyrė ties 9 metrų analizės spinduliu (1 pav.). Ties šiuo spinduliu pilkapių ir foninių reljefo formų vidutinis absoliutusias skirtumas siekė 16%. Didžiausia vidutinio absoliučiojo skirtumo reikšmė indikuoja, kad šio analizės spindulio histogramoje pilkapių kreivė labiausiai skiriasi nuo foninių reljefo formų kreivės. Šio spindulio pilkapių ir foninių reljefo formų procentinio pasiskirstymo histogramoje (2 pav.), pilkapių aukštis dažniausiai siekė 0,4–0,6 metro.

Išvados

Šiame tyrime įvertinome pilkapių ir atsitiktinių foninių reljefo formų aukščio statistinį pasiskirstymą Rytų Lietuvos miškingose teritorijose. Buvo sudarytas skaitmeninis reljefo modelis bei sukurtas geoduomenų apdorojimo modelis pilkapių ir foninių reljefo formų aukščio apskaičiavimui. Nustatyta, kad pilkapiai labiausiai išsiskiria ties 9 metrų analizės spinduliu, kur jų dažniausias aukštis yra 0,4–0,6 metro. Šios pilkapių aukščio reikšmės galės būti naudojamos kaip tikimybinio pilkapių aptikimo įvestys ateities tyrimuose.

Literatūra

- Kultūros paveldo departamentas prie Kultūros ministerijos (2015). [žiūrėta 2025-09-05]. *Kultūros vertybių registras*. <https://kvr.kpd.lt/#/static-heritage-search>
- Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, VŠĮ Statybų sektoriaus vystymo agentūra (2009). [žiūrėta 2025-05-10]. *LR teritorijos skaitmeniniai erdviniai žemės paviršiaus lazerinio skenavimo taškų duomenys*. <https://www.ssva.lt/cms/atviri-duomenys>
- Vasilevičius, I., & Balakauskas, L. (2025). Pilotinis tyrimas: geoduomenų apdorojimo modelių panaudojimas Švenčionių rajono pilkapių morfometrinių parametrų apskaičiavimui. *IX-oji nacionalinė jaunųjų geografo konferencija „Geographia Juventa“*. https://www.hkk.gf.vu.lt/wordpress/wp-content/uploads/2025/04/GJ_IX_leidinys_2025.pdf

Danės upės sudėtinių potvynių rizikos zonų socioekonominis vertinimas Klaipėdos mieste

Erika Vasiliauskienė¹, Inga Dailidienė¹

¹Klaipėdos Universitetas, Jūros tyrimų institutas (erika.vasiliauskiene@ku.lt)

Įvadas

Keičiantis klimatui dažnėja ekstremalūs reiškiniai (Dangendorf et al., 2025; Kudryavtseva et al., 2021; Zalewska et al., 2025), kurie kelia vis didesnį pavojų jautrioms jūros pakrančių zonoms. Daugėja lietaus sukeltų poplūdžių upių žemupiuose, o jų trukmė ilgėja dėl jūrinės patvankos, vyraujančių patvankinių vėjų ir klimato kaitos lemiamo jūros lygio kilimo. Todėl pakrančių gyvenvietės, jų ekonominė ir urbanistinė plėtra, taip pat uostamiesčių bei uostų infrastruktūra turi būti planuojama ir atnaujinama atsižvelgiant į minėtas didėjančias grėsmes.

Klaipėda – pajūrio miestas, kuriame Danės upės žemupyje potvyniai formuojasi kaip sudėtiniai reiškiniai, kai vienu metu veikia upės debitas, Kuršių marių / Baltijos jūros vandens lygio patvankos ir klimato kaitos sąlygoti ilgalaikiai vandens lygio pokyčiai. Tokios sąlygos didina urbanizuotų teritorijų užliejimo tikimybę ir potencialius socioekonominis nuostolius. Dėl to tampa itin svarbu iš anksto įvertinti galimas ekstremalias situacijas, siekiant sumažinti potvynių riziką ir prisitaikyti prie didėjančio jų dažnumo bei masto. Tokie vertinimai yra būtini upių pakrančių teritorijoms, siekiant apsaugoti gyventojus ir jų turtą bei esamą infrastruktūrą nuo galimų vandens patvankų.

Tyrimė vertinama socioekonominė rizika gyvenamiesiems rajonams, esantiems palei Danės upę Klaipėdos mieste. Kompleksinis socioekonominės rizikos vertinimo metodas taikytas ekstremalaus potvynio scenarijui, darant prielaidą, kad Pietryčių Baltijos jūros vandens lygis iki šimtmečio pabaigos gali pakilti 1 metru. Gauti rezultatai aktualūs ilgalaikiai miesto plėtrai, siekiant prisitaikyti prie klimato kaitos poveikio ir jį sušvelninti, mažinant galimus socioekonominis nuostolius. Atlikus vertinimą, identifikuoti gyvenamieji rajonai, kurie didėjant ekstremalių hidrometeorologinių sąlygų tikimybei klimato kaitos kontekste ir esant antropogeninei apkrovai, patirs didžiausią riziką, jei laiku nebus imtasi atitinkamų prisitaikymo priemonių.

Duomenys ir darbo metodika

Sudėtinio potvynio rizika Klaipėdoje vertinta Danės pakrantės gyvenamuosiuose rajonuose, taikant kompleksinį indeksą. Remiantis ankstesnių tyrimų rezultatais (Čepienė et al., 2022), vertinimas atliktas ekstremalaus potvynio scenarijui, kai vandens lygis Klaipėdos sąsiauryje pakyla iki 3 m ribos. Rizika analizuota trijose srityse: pastatams, keliams ir gyventojams, gyvenantiems potvynio zonoje. Objektų, patenkančių į ekstremalaus potvynio zoną, skaičius ir kelių užliejamas ilgis nustatyti ArcGIS Pro, taikant erdvinę persidengimo analizę tarp objektų sluoksnių ir potvynio zonos poligono.

Rizika gyvenamiesiems rajonams vertinta santykinu užliejamų objektų metodu, kai kiekvienas kvartalas įvertintas pagal pastatų skaičių, kelių ilgį (km) ir gyventojų skaičių, patenkančius į potvynio zoną ekstremaliu atveju. Kvartalai suskirstyti į keturias rizikos kategorijas pagal santykinę paveiktų objektų dalį: maža (0–25 %), vidutinė (26–50 %), didelė (51–75 %) ir ekstremali (76–100 %).

Kompleksinė potvynių rizika kiekvienam rajonui nustatyta integruojant trijų dedamųjų rizikos lygius ir taikant „aukščiausio lygio“ principą: jei bent vienai dedamajai priskirtas ekstremalus lygis, visas rajonas vertintas kaip pasižymintis ekstremalia kompleksine rizika. Jei ekstremalaus lygio nėra, tačiau bent viena dedamoji yra didelės rizikos (kitoms ne mažesnėms kaip vidutinėms), rajonas priskirtas didelės kompleksinės rizikos kategorijai. Vidutinė kompleksinė rizika nustatyta tada, kai bent viena dedamoji yra vidutinės rizikos, tačiau nėra didelės ar ekstremalios rizikos lygių, o maža kompleksinė rizika priskirta rajonams, kuriuose visos dedamosios pasižymi maža rizika arba rizika nenustatyta.

Pastatų skaičius ir užliejamų kelių ilgis apskaičiuoti naudojant 2021 m. kadastro erdvinių duomenų rinkinį. Gyventojų skaičius naudotas iš Gyventojų ir būstų surašymo (2021 m.) 500 m × 500 m gardelių duomenų (Valstybės duomenų agentūra, 2025). Gyventojų skaičius potvynio rizikos zonoje patikslintas apskaičiuojant vidutinį namų ūkio dydį gardelėse ir priskiriant gyventojus užliejamiems pastatams pagal pastatų ir gyventojų santykį kiekvienoje 500 m × 500 m gardelėje. Taip pat tyrimė pateikiamas prognozuojamas gyventojų skaičius Klaipėdos miesto kvartaluose 2030 m. bei bendrojo plano (2021) numatomos naujos gyvenamosios teritorijos esančios greta ar patenkančios į potvynių rizikos zoną.

Rezultatai

Gyvenamieji rajonai palei Danę yra nevienodai urbanizuoti, todėl skiriasi pastatų tankis, kelių tinklo pažeidžiamumas ir gyventojų skaičius potvynio zonoje. Šie skirtumai lemia nevienodą teritorijų jautrumą klimato kaitos sąlygotai potvynių rizikai ir skirtingus poveikio mažinimo sprendinius.

Mažos kompleksinės rizikos teritorijoms priskirti Paupių pievų, Daugulių ir Luizės ąžuolo I rajonai, kuriuose tiek užliejamų pastatų, tiek gyventojų ir kelių dalis yra nedidelė arba visai nenustatyta. Paupių pievose prognozuojamas vienas didžiausių gyventojų skaičių, tačiau dauguma pastatų išsidėstę reljefiškai palankesnėse vietose, o infrastruktūros pažeidžiamumas išlieka nedidelis, todėl bendras rizikos lygis vertinamas kaip mažas. Daugulių ir Luizės ąžuolo I rajonuose potvynių rizika gyventojams ir pastatams praktiškai nepasireiškia – į užliejamas teritorijas patenka tik menka infrastruktūros dalis arba ji išvis neužliejama. Vidutinė kompleksinė rizika nustatyta Luizės ąžuolo II ir Miestiečių laukų I rajonams, kuriuose potvynio metu užliejama dalis pastatų ir kelių, o paveiktų gyventojų skaičius išlieka mažas–vidutinis, lyginant su aukščiausios rizikos rajonais. Didelė kompleksinė rizika būdinga Miestiečių laukų III rajonui, kuriame potvynių rizikos zonoje susitelkę pastatai, gyventojai ir infrastruktūra. Didžiausia ekstremali rizika nustatyta Miestiečių laukų II rajone – čia užliejama didžiausia pastatų ir kelių dalis, o į potvynių rizikos zoną patenka daugiausia gyventojų, todėl galima tikėtis didžiausių fizinių, socialinių ir ekonominių nuostolių.

Išvados

Remiantis kompleksinės rizikos indeksu, identifikuoti prioritetiniai rajonai, pasižymintys ekstremaliu potvynių pavojaus lygiu: Miestiečių laukų II ir III zonos privalo tapti prioritetinės rengiant prisitaikymo prie klimato kaitos ir potvynių valdymo planus. Mažos rizikos zonose, pavyzdžiui, Paupių pievose, pavojaus vertinimas turi būti integruotas į ilgalaikes urbanistinės plėtros strategijas, derinant jas su prognozuojama demografinė kaita. Ypatingas dėmesys turėtų būti skiriamas žemiausiose reljefo vietose prie Danės upės esančiai infrastruktūrai (Neringos 1-osios g., Baltijos 7-osios g. ties Dobilų 1-ąja g. ir Veterinarijos g. segmentams). Tolesniuose tyrimuose rekomenduojama atlikti detalų potvynių valdymo priemonių modeliavimą, prioritetą teikiant kompleksiniams sprendiniams: nuotekų tinklų pralaidumo didinimui, laikinoms kaupimo talpoms bei ekosisteminiams priemonėms, tokioms kaip žalieji grioviai ar pylimų rekonstrukcija.

Literatūra

- Čepienė, E., Dailidytė, L., Stonevičius, E., & Dailidienė, I. (2022). Sea Level Rise Impact on Compound Coastal River Flood Risk in Klaipėda City (Baltic Coast, Lithuania). *Water*, 14(3), 414. <https://doi.org/10.3390/w14030414>
- Dangendorf, S., Sun, Q., Gamage, P. M. M., Wahl, T., Marcos, M., Marzeion, B., ... & Mitrovica, J. (2025). Human-driven sea-level rise has tripled the frequency of coastal sea-level extremes since 1900. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-7491013/v1>
- Klaipėdos Miesto Savivaldybės Bendrasis Planas. Sprendiniai. Aiškinamasis Raštas. Klaipėdos Miesto Savivaldybės Administracija 2021. [žiūrėta 2025-05-05]. Prieiga internete: <https://www.klaipeda.lt/data/public/uploads/2021/03/klaipedos-bp-aiskinamasis-rastas-2021-03-09.pdf>
- Kudryavtseva, N., Soomere, T., & Männikus, R. (2021). Non-stationary analysis of water level extremes in Latvian waters, Baltic Sea, during 1961–2018. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21(4), 1279–1296. <https://doi.org/10.5194/nhess-21-1279-2021>
- Zalewska, T., Kowalska, B., Krzysztofik, K., & Sapięga, P. (2025). Changes in Sea Level, Storm and Wave Conditions, and Ice Cover—Over 70 Years of Observation in the Southern Baltic Sea. *Water* (20734441), 17(5), 680. <https://doi.org/10.3390/w17050680>
- Valstybės duomenų agentūra (2025). [žiūrėta 2025-06-13]. Prieiga internete: <https://atviriduomenys.stat.gov.lt/datasets/b8e1ecf7d7a5403d9c136ebb49d9abb0/explore?location=55.710939%2C21.488421%2C11.52>
- Klaipėdos Miesto Savivaldybės Bendrasis Planas. Sprendiniai. Aiškinamasis Raštas. Klaipėdos Miesto Savivaldybės Administracija 2021. [žiūrėta 2025-05-05]. Prieiga internete: <https://www.klaipeda.lt/data/public/uploads/2021/03/klaipedos-bp-aiskinamasis-rastas-2021-03-09.pdf>

Terminių anomalijų Pietryčių Baltijos regione sąsajos su atmosferos cirkuliacija

Vaiga Vyšniauskienė¹, Gintautas Stankūnavičius²

¹Valstybinis mokslinių tyrimų institutas Gamtos tyrimų centras (vaiga.vysniauskiene@gamtc.lt)

²Vilniaus Universitetas, Chemijos ir Geomokslų fakultetas

Įvadas

Tyrimė yra analizuojamos 1951-2020 m. vidutinės paros oro temperatūros anomalijos žiemos ir vasaros sezonais Pietryčių Baltijos regione. Atmosferos cirkuliacijos įtakai vertinti buvo panaudota Heso–Brezovskio (H-B) atmosferos cirkuliacijos (*Grossweterlagen*) klasifikacija. Ši klasifikacija yra pritaikyta Vidurio Europos teritorijai ir apima ilgą duomenų archyvą (nuo 19 a. pab.). Taip pat, ji yra labiau tinkama oro temperatūros negu kritulių režimams apibūdinti, o bendras sinoptinis-klimatologinis pritaikomumas geresnis šaltuoju metų laiku nei šiltuoju (Sýkorová & Huth, 2020). H-B klasifikacija yra plačiai taikoma visoje Europoje bei Šiaurės Atlanto sektoriuje. Tyrimo metu buvo nustatyti dažniausiai pasitaikę H–B cirkuliacijos tipai, kuomet Pietryčių Baltijos regione vyraudavo anomaliai šilti ir anomaliai šalti orai žiemos ir vasaros sezonais.

Duomenys ir darbo metodika

Terminių anomalijų tyrimo regionas išskirtas koordinatėmis: 53,75° - 56,5° š. pl. ir 21° - 26,75° r. ilg. Žiemos ir vasaros sezonų terminių anomalijų tyrimui buvo naudojami pakartotinės analizės ERA5 1951-2020 m. laikotarpio kasvalandiniai atmosferos parametrų duomenys (Hersbach et al., 2020). 1951-2009 m. laikotarpio H–B klasifikacijos kasdieniai duomenys buvo gauti iš Potsdamo klimato poveikio tyrimų instituto atnaujintos ataskaitos Nr. 119 (Werner & Gerstengarbe, 2010), o 2010-2020 m. laikotarpiui iš Vokietijos orų tarnybos specializuoto portalo ("Deutscher Wetterdienst," n.d.). Svarbu paminėti, kad tyrimo duomenų sekų sudarymui, buvo skaičiuojamos tokių atmosferos parametrų Pietryčių Baltijos regiono vidutinės paros reikšmės: 1. atmosferos slauksnio storis (tarp 1000 hPa ir 500 hPa) bei nulinės izotermos aukštis; 2. 500 hPa atskirų mėnesių geopotencialaus aukščio nuokrypiai nuo daugiamečių vidurkių (1951-2020 m.); 3. specifinis drėgnis 950 hPa lygyje; 4. vidutinė paros oro temperatūra 2 metrų aukštyje. Didelio masto atmosferos cirkuliacijos tipai H-B buvo siejami su regiono paros oro temperatūros anomalijomis 2 metrų aukštyje. Klimato kaitos daromos įtakos vertinimui 70 metų trukmės tyrimo laikotarpis buvo padalintas į du klimatinis periodus: 1951-1985 m. ir 1986-2020 m. Toliau, anomalijų išskyrimui abiem klimatiniais periodams atskirai buvo skaičiuojamos kiekvieno mėnesio vidutinės paros temperatūros 10-os ir 90-os procentilės. Temperatūros reikšmės didesnės už 90 procentilę buvo laikomos teigiama anomalija, o mažesnės už 10 procentilę – neigiama anomalija (1 lentelė).

1 lentelė. Žiemos ir vasaros mėnesių terminių anomalijų ribinės vertės regione: 1951-1985 m. ir 1986-2020 m. 10-ta procentilė rodo neigiamų anomalijų ribines vertes, o 90-ta – teigiamų. Skirtumas rodo terminių anomalijų ribinių verčių pasikeitimą antruoju periodu, lyginant su pirmuoju.

	Žiema						Vasara					
	Gruodis		Sausis		Vasaris		Birželis		Liepa		Rugpjūtis	
Procentilė	10%	90%	10%	90%	10%	90%	10%	90%	10%	90%	10%	90%
1951-1985, °C	-9,1	2,9	-13,4	1,3	-12,5	1,0	11,4	19,8	13,7	20,9	13,2	20,1
1986-2020, °C	-8,0	3,9	-11,5	3,1	-10,7	3,4	12,2	20,1	14,5	21,9	13,8	21,2
Skirtumas	1,1	1,0	1,9	1,8	1,8	2,4	0,8	0,3	0,9	1,0	0,6	1,1

Rezultatai

Atmosferos cirkuliacijos tipų (CT) dažnio analizė parodė vyraujančius cirkuliacijos tipus, kurie duotajame regione pirmo klimatinio periodo metu lėmė ne mažiau kaip 70% anomaliai šiltų arba šaltų atvejų tiriamais vasaros ir žiemos sezonais. Tokių CT vasaros anomaliai šiltomis dienomis nustatyta 12, o anomaliai vėsiomis dienomis – 11. Žiemos anomaliai šiltomis dienomis vyraudavo 6 CT, o šaltomis – 13. Dažniausiai vasarą anomaliai šiltas dienas lėmė BM (Vidurio Europos balnagūbris) ir TRW (Vakarų Europos slėnis) tipai, anomaliai vėsiomis dienomis dažniau vyraudavo WZ (Vakarinis cikloninis) ir NWZ (Šiaurės vakarų cikloninis) tipai. Žiemą anomaliai šiltas dienas dažniausiai lėmė WZ tipas, o anomaliai šaltas - HFA (Fenoskandijos anticikloninis) ir BM tipai.

2 lentelė. Vidutinių atmosferos parametrų pokyčiai terminių anomalijų metu: 1986-2020 m. klimato laikotarpis minus 1951-1985 m laikotarpis. TVA ir NVA reiškia atitinkamai teigiamas ir neigiamas vasaros anomalijas, o TŽA ir NŽA atitinkamai - teigiamas ir neigiamas žiemos anomalijas. Nustatyti vidutinių reikšmių pokyčiai atitinka $p < 0,05$ statistinį reikšmingumo lygį, išskyrus pažymėtus žvaigždute (*).

Atmosferos parametrai:	Vasara		Žiema	
	TVA	NVA	TŽA	NŽA
1. Priežemio oro temperatūra (°C)	+1,1	+0,7	+2	+1,6
2. Sluoksnio storis tarp 500 ir 1000 hPa (m)	+20	+16	+29	+13*
3. nulinės izotermos aukštis (m)	+151	+145	+294	+12*
4. 500 hPa geopotencialaus aukščio nuokrypis (gpm)	+13	+9*	+32	+45
5. Specifinis drėgnis 950 hPa lygyje (g/kg)	+0,5	+0,4	+0,4	+0,1

Vasarą anomaliai šiltomis dienomis tiriamame regione buvo nustatytas visų tiriamų atmosferos parametrų vidutinių reikšmių padidėjimas lyginant atrajį klimatinį periodą su pirmuoju (2 lentelė). Antrajame periode vidutinė oro temperatūra šių anomalijų metu buvo 1,1 °C aukštesnė nei pirmame. BM ir TRW tipų lemtų anomaliai šiltų dienų vidutinė temperatūra padidėjo atitinkamai 1,3 °C ir 1,4 °C, taip pat padidėjo vidutinis teigiamas geopotencialaus aukščio nuokrypis 12 % bei išaugo atmosferos sluoksnio storis (20 m) ir nulinės izotermos aukštis (4 %); 5 % padidėjo vidutinis specifinis drėgnis. Anomaliai vėsiomis dienomis vasarą antrajame periode vidutinė temperatūra buvo 0,7 °C aukštesnė nei pirmame. Padidėjo ir kitų atmosferos parametrų vidutinės vertės: atmosferos sluoksnio storis (20 m), nulinės izotermos aukštis (7 %) ir specifinis drėgnis (6 %). Neigiamo geopotencialaus aukščio nuokrypio pokytis nesiekė $p < 0,05$ statistinio patikimumo. Žiemos anomaliai šiltomis dienomis buvo fiksuotas didžiausias atmosferos parametrų teigiamas pokytis lyginant du klimatinis periodus. Vidutinė anomaliai šiltų dienų temperatūra išaugo 2 °C. SWZ (Pietvakarių cikloninis) ir WZ cirkuliacijos tipai, pasirodė, turėję didžiausią įtaką anomaliai šiltų dienų susidarymui. Jų lemtų anomalijų vidutinė oro temperatūra padidėjo atitinkamai 2,6°C ir 2°C. Antrajame periode taip pat padidėjo ir kitų atmosferos parametrų vidutinės reikšmės: atmosferos sluoksnio storis (29 m), nulinės izotermos aukštis (29 %), teigiamas geopotencialaus aukščio nuokrypis padidėjo beveik 2,5 karto (nuo 22 m iki 54 m), o specifinis drėgnis 10 %. Žiemą anomaliai šaltomis dienomis vidutinė oro temperatūra antrajame periode buvo 1,6°C aukštesnė nei pirmajame. HFA cirkuliacijos tipo lemiamų anomaliai šaltų dienų vidutinė temperatūra padidėjo net 2,7 °C. Vidutinis neigiamas geopotencialaus aukščio nuokrypis šių anomalijų metu sumažėjo 62 % (nuo -73 gpm iki -28 gpm), o vidutinis specifinis drėgnis padidėjo 7 % (2 lentelė).

Išvados

Antrajame periode (1986-2020 m.) oro temperatūros anomalijos regione buvo susiję su analizuotų meteorologinių parametrų padidėjimu lyginant su ankstesniu klimatinio periodu (1951-1985 m.): oro temperatūra 2 m aukštyje, geopotencialaus aukščio (H500), atmosferos sluoksnio storiu, nulinės izotermos aukščiu, bei vidutiniu specifiniu drėgniu. Šių parametrų pokytis nustatytas didesnis žiemos sezonais negu vasaros.

Literatūra

- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Abdalla, S., Abellan, X., Balsamo, G., Bechtold, P., Biavati, G., Bidlot, J., Bonavita, M., . . . Thépaut, J. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146(730), 1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>
- Sýkorová, P., & Huth, R. (2020). The applicability of the Hess–Brezowsky synoptic classification to the description of climate elements in Europe. *Theoretical and Applied Climatology*, 142(3–4), 1295–1309. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03375-1>
- Werner P. C., Gerstengarbe F-W. (2010) Katalog der Grosswetterlagen Europas (1881-2009) Nach Paul Hess und Helmut Brezowsky 7., verbesserte und ergänzte auflage. Potsdam institute for climate impact research (PIK). *PIK report No. 119*.
- Deutscher Wetterdienst. (n. d.). *The objective weather type classification*. <https://www.dwd.de>

Ilgujų bangų sukulto vandens masių judėjimo Smiltynės jachtklubo uostelyje modeliavimas taikant glotnintų dalelių hidrodinamikos metodą

Marius Žalys¹, Laura Nesteckytė¹, Loreta Kelpšaitė-Rimkienė¹

¹Klaipėdos universitetas Jūros tyrimų institutas (maris.zalys@ku.lt)

Įvadas

Mažųjų uostelių hidrodinamika dažnai pasižymi sudėtingais netiesiniais reiškiniais, kurių svarba dažnai yra didesnė nei atviroje priekrantėje, kur dominuoja trumpo periodo bangos. Smiltynės jachtklubo uostelio hidrodinaminiai procesai yra veikiami ne tik Baltijos jūros vėjinio bangavimo, bet ir skirtingos prigimties ilgujų bangų (pvz. siūba, seišos ir k.t.). Ilgosios bangos gali sukelti lėtus, tačiau reikšmingus vandens masės judėjimus uostelio akvatorijoje, kurie tiesiogiai veikia sedimentų pernašą, švartavimosi sąlygas ir hidrotechninių statinių apkrovas (Barreiro et al., 2015).

Tradiciniai dvimačiai bangų sklidimo ir spektriniai modeliai, pavyzdžiui SWAN (angl. Simulating WAves Nearshore) nepakankamai tiksliai aprašo ilgujų bangų sukeltą vandens masių judėjimą uostelių vidinėse akvatorijose. Tai ypač būdinga tais atvejais, kai vandens masių judėjimą lemia netiesiniai procesai, susiję su bangų transformacija dėl gylio kaitos ir akvatorijos formos, bangų atspindžiais nuo krantinių bei daliniu bangų energijos sulaikymu akvatorijoje, galinčiu sukelti bangų rezonansą (Lukas et al., 2024). Šie modeliai dažnai nepajėgia detalai atkurti erdvinės srovių struktūros ir laisvojo paviršiaus dinamikos sekiose akvatorijose su sudėtingomis ribinėmis sąlygomis. Dėl to išlieka poreikis taikyti skaitinius metodus, leidžiančius tiesiogiai spręsti netiesines Navjė–Stokso lygtis ir aiškiai reprezentuoti bangų bei uosto konstrukcijų sąveiką trimačiame lauke (Falkner & Steeb, 2017).

Glotnintų dalelių hidrodinamikos (angl. Smoothed Particle Hydrodynamics, SPH) metodas leidžia atlikti tokią analizę, nes vanduo jame aproksimuojamas kaip atskiros dalelės – Lagranžo skysčio tūrio elementai, pernešantys masę ir impulsą. Dėl to galima modeliuoti dideles laisvojo paviršiaus deformacijas, bangų lūžimą ir sudėtingas srautų struktūras be fiksuoto skaičiavimo tinklelio (Lowe et al., 2023). Šio darbo tikslas – parinkti ir Smiltynės jachtklubo uostelio akvatorijai pritaikyti skaitinį modelį, paremtą glotnintų dalelių hidrodinamikos (SPH) metodu, siekiant įvertinti bangavimo sukeltą vandens masių judėjimą.

Duomenys ir darbo metodika

Tarp skirtingų skaitinių modelių, taikančių glotnintų dalelių hidrodinamikos (SPH) metodą (pvz., SPHysics, PySPH, GPUSPH ir kt.), šiame darbe pasirinktas atvirojo kodo modelis DualSPHysics. Šis modelis yra vienas plačiausiai jūros priekrantės ir jūrų inžinerijos tyrimuose taikomų SPH sprendimų, skirtų laisvojo vandens paviršiaus srautų ir bangų sąveikos su hidrotechninėmis konstrukcijomis modeliavimui (Domínguez et al., 2022). Be to, modelis yra aktyviai vystomas ir turi plačią mokslinę bendruomenę bei validacijos pavyzdžių bazę, todėl jo taikymas sudaro patikimą metodinį pagrindą Smiltynės jachtklubo uostelio akvatorijos hidrodinaminių procesų analizei.

Skaitmeniniam eksperimentui naudoti uosto gylio duomenys ir supaprastinta uostelio konfigūracija, išlaikant pagrindinius hidrodinaminių požūriū svarbius elementus: įplaukos kanalą, krantines ir bangolaužius. Bangavimo sąlygos apibrėžiamos remiantis charakteringais Baltijos jūros ilgujų bangų parametrais, orientuojantis į 12 – 30 min periodų intervalą, kuriame gali pasireikšti rezonansinio pobūdžio vandens paviršiaus svyravimai uostelio akvatorijoje (Nesteckytė et al., 2024). Tokia sąlygų parinktis leidžia tiesiogiai analizuoti ilgujų bangų sukeltą vandens masių judėjimą.

Rezultatai

Pirmasis šio darbo rezultatas yra Smiltynės jachtklubo uostelio akvatorijos hidrodinaminių procesų analizės skaitinio modelio parinkimas. Įvertinus skirtingus glotnintų dalelių hidrodinamikos (SPH) metodu paremtus skaitinius modelius, tokius kaip SPHysics, PySPH, GPUSPH, pasirinkta atvirojo kodo modeliavimo sistema DualSPHysics. Šis modelis pasirinktas dėl gero skaičiavimo efektyvumo, galimybės naudoti grafinius procesorius (GPU), išvystytų bangų generavimo ir ribinių sąlygų aprašymo metodų bei plataus pritaikymo jūros priekrantės ir uostų hidrodinamikos tyrimuose.

Atlikta analizė parodė, kad DualSPHysics modelis yra tinkamas modeliuoti laisvojo vandens paviršiaus dinamiką, bangų sklidimą ir jų sąveiką su hidrotechninėmis konstrukcijomis, todėl gali būti taikomas ir Smiltynės jachtklubo uostelio akvatorijos hidrodinaminių procesų analizei. Modelio struktūra leidžia

atvaizduoti sudėtingą uostelio geometriją bei analizuoti ilgųjų bangų sukeltus vandens paviršiaus svyravimus ir su jais susijusius vandens masių judėjimo procesus.

Remiantis parinktu modeliu, sudaryta preliminari skaitmeninio eksperimento konfigūracija, apimanti supaprastintą uostelio geometriją, pagrindinius hidrodinamiškai reikšmingus elementus (įplaukos kanalą, krantines ir bangolaužius) bei charakteringas Baltijos jūros ilgųjų bangų sąlygas. Tokia modelio konfigūracija sudaro prielaidas tolimesniems detalesniems hidrodinaminių procesų tyrimams ir modelio taikymui vertinant vandens masių judėjimą Smiltynės jachtklubo uostelio akvatorijoje.

Išvados

Remiantis atlikto tyrimo rezultatais, Smiltynės jachtklubo uostelio akvatorijos vandens masių judėjimo analizei, buvo parinktas DualSPHysics skaitinis modelis, paremtas glotnintų dalelių hidrodinamikos (SPH) metodu. Tolimesniuose tyrimuose planuojama detalizuoti uostelio krantinių atvaizdavimą, atlikti modelio parametrų kalibravimą naudojant turimus vandens lygių stebėjimų duomenis. Taip pat numatoma vykdyti papildomus skaičiavimus, norint įvertinti ilgųjų bangų sukeltą vandens masių judėjimą ir galimas rezonansines sąlygas Smiltynės jachtklubo uostelio akvatorijoje.

Literatūra

- Barreiro, A., Domínguez, J. M., Crespo, A. J. C., García-Feal, O., & Gesteira, M. G. (2015). Smoothed Particle Hydrodynamics for Free-Surface Flows. *Environmental Science and Engineering*, 119–136. https://doi.org/10.1007/978-3-319-11487-3_6
- Domínguez, J. M., Fourtakas, G., Altomare, C., Canelas, R. B., Tafuni, A., García-Feal, O., Martínez-Estévez, I., Mocos, A., Vacondio, R., Crespo, A. J. C., Rogers, B. D., Stansby, P. K., & Gómez-Gesteira, M. (2021). DualSPHysics: from fluid dynamics to multiphysics problems. *Computational Particle Mechanics*. <https://doi.org/10.1007/s40571-021-00404-2>
- Falkner, N., & Steeb, H. (2017). On the numerical modelling of initiation of sediment transport using Smoothed Particle Hydrodynamics. *PAMM*, 17(1), 507–508. <https://doi.org/10.1002/pamm.201710223>
- Lowe, R. J., Corrado Altomare, Mark Buckley, Renan da Silva, Jeff Hansen, & Dirk Rijnsdorp, Jose Dominguez, Alejandro Crespo. (2023). NONHYDROSTATIC AND MESH-FREE COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS MODEL COMPARISONS OF SURF ZONE HYDRODYNAMICS BY PLUNGING IRREGULAR WAVES. *Coastal Engineering Proceedings*, 37, 11. <https://doi.org/10.9753/icce.v37.currents.11>
- Lucas, H., Aslami, M. H., Farrell, & Ferryanto. (2024). Modelling of flow characteristics in the access channel of Bali tourism port using DualSPHysics. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1324(1), 012047. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1324/1/012047>
- Nesteckytė, L., Stankūnavičius, G., Kelpšaitė-Rimkienė, L., & Jadranka Šepić. (2024). 2023 November Storm in The Port of Klaipėda; Why was The Port Closed? *Pure and Applied Geophysics*. <https://doi.org/10.1007/s00024-024-03596-9>
- Verbrugghe, T., Domínguez, J. M., Altomare, C., Tafuni, A., Vacondio, R., Troch, P., & Kortenhaus, A. (2019). Non-linear wave generation and absorption using open boundaries within DualSPHysics. *Computer Physics Communications*, 240, 46–59. <https://doi.org/10.1016/j.cpc.2019.02.003>

