

GEOGRAPHIA JUVENTA

IX-osios nacionalinės jaunųjų geografo konferencijos medžiaga

Leidinyje pateikiama IX-osios nacionalinės jaunųjų geografo konferencijos „GEOGRAPHIA JUVENTA“, vykusios 2025 metų balandžio 1 diena Vilniuje, medžiaga.



VILNIAUS UNIVERSITETAS GAMTOS TYRIMŲ CENTRAS KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS

KONFERENCIJOS ORGANIZACINIS MOKSLINIS KOMITETAS

prof. Donatas Pupienis, Vilniaus universitetas / Gamtos tyrimų centras

prof. Egidijus Rimkus, Vilniaus universitetas

prof. Inga Dailidienė, Klaipėdos universitetas

doc. Gintaras Valiuškevičius, Vilniaus universitetas

dr. Darius Jarmalavičius, Gamtos tyrimų centras

dr. Dovilė Karlonienė, 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, 2025

© Gamtos tyrimų centras, 2025

© Klaipėdos universitetas, 2025

TURINYS

PRATARMĖ	5
Andriulė A., Vasiliauskienė E. Air Pollution in the Port City of Lithuania and Resort Areas: Spatial and Seasonal Distribution of Nitrogen Dioxide and Particulate Matter	6
Gedvilas D., Baltranaitė E., Inacio M., Pinto L., Pereira P. Applications of Google Earth Engine in Environmental Management	8
Vasiliauskienė E., Pociūtė G., Bučienė A., Dailidienė I. Ekstremalaus vandens lygio Klaipėdos sąsiauryje poveikis Danės upės sudėtiniam potvyniams	10
Motiejūnas G. Kartografinių metodų naudojimas upių vandens baseinų tyrimuose	12
Vasilevičius I., Balakauskas L. Pilotinis tyrimas: geoduomenų apdorojimo modelių panaudojimas Švenčionių rajono pilkapių morfometrinių parametų apskaičiavimui	14
Ali J., Stonevicius E. Assessing the Influence of Climate Change Impacts and LULC on Runoff Patterns using SWAT and CMIP6 in the Ravi River Basin	16
Gintauskas J., Bučas M., Medelytė M., Vaičiūtė D., Tiškus E. Sentinel-1 SAR panaudojimas potvynių-atoslūgių zonos ir jos buveinių nustatymui Svalbarde	18
Mačiulaitis J., Volungevičius J. Agroekosistemų ekologinis jautrumas agrogeninės digresijos atžvilgiu Šakių rajono savivaldybėje	20
Skruzdis J., Balakauskas L. Geoduomenų apdorojimo modelių panaudojimas vėlyvojo ledynmečio ir holoceno paleotemperatūrų atkūrimui	22
Gružas K. Kaimas, miestelis, miestas? Kaip Lietuvos gyvenamųjų vietovių diferencijavimas keičia statistinius rodiklius	24
Imbrasas K. Methods and challenges of sea ice modeling: a brief review	26
Jarmalavičienė K. Sintetinės apertūros radaro panaudojimas aukštapelkės hidrologinio režimo stebėjimui	28
Klimavičius L. Vėlyvų pavasario šalnų prognozės rytinėje Baltijos jūros regiono dalyje	30
Mackevičius L. Lietuvos upių maksimalaus nuotėkio pasiskirstymo per metus kaitos tendencijos	32
Nesteckytė L., Kelpšaitė-Rimkienė L., Titov V., Šepič J. Meteocunamių modeliavimas naudojant meteorologinių radarų duomenis	34
Shvets O. Formation and development of the New Eastern non-tidal inlet within the Baymouth of Lake Ustrychne, Black Sea	36
Brazdžiūnas P., Pupienis D. Mašininio mokymosi taikymas kranto profilio vystymosi prognozei	38
Tamašauskas R., Grendaitė D. Dovinės upės baseino ežerų būklės tyrimas naudojant palydovinius duomenis	40
Pipiraitė-Januškienė S. Kasmetinio žiedadulkių pasiskirstymo svyravimo ir meteorologinių sąlygų ryšys	42
Gardauskė V., Inacio M., Baltranaitė E., Povilanskas R., Pereira P. Identifying Recreational Cultural Ecosystem Services in Vilnius and Lithuanian Coast: a PPGIS approach	44
Vyšniauskienė V., Stankūnavičius G. Terminų anomalijų Rytinėje Baltijos regiono dalyje sąsajos su atmosferos cirkuliacija	46
Levachou Y. Analysis of macrophyte dynamics in lakes of the Nemunas River basin	48
Shevchuk Y., Davydov O. Assessment of vegetation recovery after wildfires based on NDVI analysis for the Kinburn Peninsula and Curonian Spit	50
Jurkienė A., Povilanskas R. Pakrančių tvarumo ciklai ir smaragdinio bendradarbiavimo perspektyvos tarpvalstybiniuose tarpiniuose vandenyse	52

PRATARMĖ

Leidinyje pateikiama IX-osios nacionalinės jaunųjų geografų konferencijos „GEOGRAPHIA JUVENTA“, vykusios 2025 m. balandžio 1 d. Vilniuje, pranešimų medžiaga. Konferencijos dalyviai – jaunosios kartos tyrėjai: doktorantai, magistrantai ir bakalauro studentai, besigilinantys į įvairius geomokslų aspektus. Pranešimai apima platų teminį spektrą – nuo naujausių technologinių sprendimų taikymo geografijoje iki hidrometeorologinių ir geomorfologinių procesų modeliavimo, kraštovaizdžio pokyčių analizės bei socialinių ir aplinkosaugos aspektų vertinimo. Konferencija ne tik suteikia galimybę pristatyti atliktus tyrimus, bet ir ugdo jaunuosius mokslininkus – skatina diskusijas, kritinį mąstymą, akademinę argumentaciją bei mokslinės komunikacijos įgūdžius. Pranešimų gynimo procesas padeda dalyviams lavinti gebėjimą struktūruotai ir aiškiai perteikti idėjas, atsakyti į auditorijos klausimus bei pasiruošti tolimesnei akademinėi ar profesinei veiklai. Dauguma konferencijoje pristatomų darbų tampa tvirtu pagrindu tolimesniems tyrimams – jie bus plėtojami ir giliau analizuojami, prisidedant prie geografijos mokslo vystymo. Tikimės, kad šis leidinys bus vertingas ne tik jo autoriams, bet ir visiems, besidomintiems aktualiais geomokslų klausimais.

Sudarytojai

Air Pollution in the Port City of Lithuania and Resort Areas: Spatial and Seasonal Distribution of Nitrogen Dioxide and Particulate Matter

Aistė Andriulė¹, Erika Vasiliauskienė¹

¹ Klaipėdos universitetas (aiste.andriule@ku.lt)

Introduction

Klaipėda, located on the Baltic Sea coast, is Lithuania's principal seaport and a hub for industrial, transportation, and residential activities, all of which contribute to air pollution. Major sources of pollution, including shipping, vehicular traffic, and industrial emissions, create significant environmental challenges. This study analyzes the spatial and temporal distribution of air pollution in Klaipėda, focusing on nitrogen dioxide (NO₂) and particulate matter (PM). Additionally, it compares air quality in Klaipėda with that of Lithuanian resort towns to highlight disparities between urbanized and recreational areas

Methods and data

The study was conducted from 2023 to 2024 using passive monitoring techniques to assess air pollution levels in Klaipėda. Nitrogen dioxide (NO₂) concentrations were measured using passive diffusion tubes, while particulate matter (PM) concentrations were monitored using dust collectors. NO₂ measurements were conducted in two-week intervals, whereas PM was assessed in eight weeks period.

Air quality data were collected at 19 monitoring stations located in different functional zones (Fig. 1), including port areas, transport hubs, residential districts, and green spaces. To analyze pollution exposure and spatial distribution, population density and distance from major roads were integrated into the analysis. Following the completion of the 2023–2024 seasonal monitoring campaign in Klaipėda, a comparative study was conducted in the summer of 2024 (2024.08.18 – 2024.08.28) to assess differences between urban and non-urban environments. For this purpose, three sites in Klaipėda were selected: one functional zone, one port area, and the least polluted residential district, which was identified based on the lowest recorded NO₂ concentrations from the 2023–2024 monitoring period. These locations were compared with air quality measurements from Lithuanian resort towns (Palanga, Druskininkai, Birštonas, Abromiškės) during the same period. The NO₂ monitoring in resort towns was successfully conducted, allowing for a direct comparison with Klaipėda's pollution levels. However, PM concentrations in resort towns were too low for reliable analysis, as passive samplers failed to detect sufficient quantities.

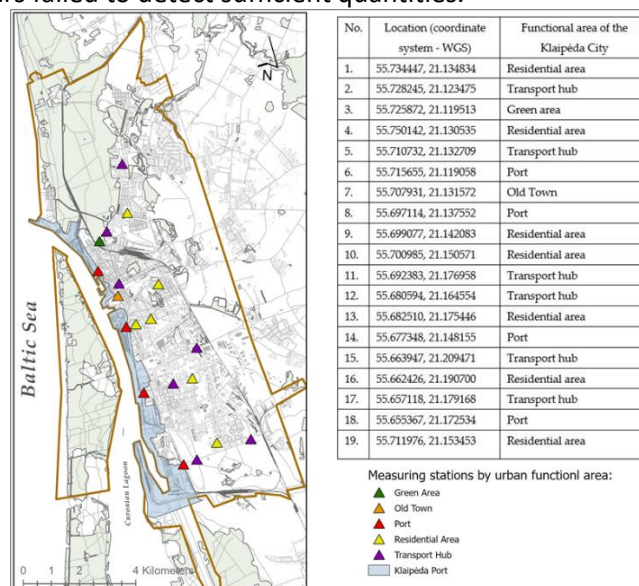


Figure 1. Locations of air pollution monitors by coordinates 2023-2024

Results

The findings indicate significant spatial variations in NO₂ and PM concentrations across Klaipėda. The highest NO₂ levels were recorded in port areas and transport hubs, reaching up to 42.94 μg/m³, exceeding the EU annual limit (40 μg/m³) in certain locations. The spatial distribution of NO₂ highlights the dominant influence of traffic and industrial activities in increasing air pollution levels, while areas with more vegetation tend to exhibit lower concentrations.

To compare Klaipėda's urban pollution levels with less industrialized areas, air quality measurements were also conducted in Lithuanian resort towns. The Dragūnai residential district in Klaipėda exhibited the lowest NO₂ levels among urban locations, measuring 12.55 µg/m³ during the summer of 2024. However, even this area showed significantly higher pollution than Palanga (6.44 µg/m³) and Druskininkai (5.92 µg/m³), reinforcing the impact of urbanization on air quality. The difference in pollution levels between Klaipėda and resort towns can be attributed to lower traffic density, absence of industrial activities, and higher levels of green spaces (Chen et al., 2019).

While NO₂ levels were successfully measured in both Klaipėda and resort towns, PM measurements were not feasible in resort areas due to low pollutant concentrations. The low PM levels made it difficult to obtain reliable data using passive samplers, as the collected quantities were below the detection limit for analytical assessment. This limitation underscores the difference in pollution sources, where PM emissions in Klaipėda are significantly influenced by traffic and industrial activities, which are largely absent in resort towns.

Spearman's correlation analysis revealed significant relationships between air pollution levels (NO₂ and PM) and urban factors such as population density and road proximity. A strong positive correlation was found between population size and PM levels (Spearman's correlation coefficient $\rho = 0.921$), indicating that areas with higher population densities tend to have higher PM concentrations. A moderate positive correlation was observed between population size and NO₂ levels ($\rho = 0.517$), suggesting that while population density influences NO₂ pollution, other factors such as traffic emissions play a more dominant role. A moderate correlation was detected between NO₂ and PM levels ($\rho = 0.542$), reinforcing that these pollutants share common sources, primarily vehicular and industrial emissions.

Additionally, NO₂ concentrations consistently decreased with increasing distance from major roads, confirming that traffic emissions are the dominant source of nitrogen dioxide pollution in Klaipėda. While PM levels also declined with distance from roads, their distribution was more variable, indicating additional contributors such as construction activities, industrial emissions, and resuspended road dust (Amato et al., 2011).

Conclusions

This study highlights that air pollution in Klaipėda is primarily driven by industrial and transport-related emissions, with significant spatial disparities across different functional areas. The findings underscore the need for stricter transport emission controls, expansion of green spaces, and improvements in pollution monitoring systems to mitigate the effects of urban air pollution.

Transport and industrial emissions were found to be the dominant sources of NO₂ and PM pollution in Klaipėda, with the highest concentrations recorded in transport hubs and port areas, while green zones exhibited the lowest levels. The comparison between Klaipėda and Lithuanian resort towns revealed that NO₂ pollution levels in Klaipėda are significantly higher, even in its least polluted district, Dragūnai, where concentrations were nearly double those in Palanga and Druskininkai. These results illustrate the continued impact of urbanization and traffic emissions on air quality.

References

- Amato, F., Pandolfi, M., Escrig, A., Querol, X., Alastuey, A., Pey, J., Perez, N., & Hopke, P. K. (2009). Quantifying road dust resuspension in urban environments by using the Multilinear Engine: A comparison with PMF₂. *Atmospheric Environment*, 43(17), 277–289.
- Chen, R., Peng, R. D., Meng, X., Zhou, Z., Chen, B., & Kan, H. (2013). Seasonal variation in the acute effect of particulate air pollution on mortality in the China Air Pollution and Health Effects Study (CAPES). *Science of The Total Environment*, 450-451, 259–265.

Applications of Google Earth Engine in Environmental Management

Deividas Gedvilas¹, Eglė Baltranaitė², Miguel Inacio², Luis Pinto², Paulo Pereira²

¹ Klaipėda University (deividas.gedvilas@edu.ku.lt)

² Mykolas Romeris University

Introduction

Global environmental change is among the biggest challenges facing attempts to achieve sustainable development and environmental management. Significant technological advances are urgently needed to solve international environmental problems (Yu et al., 2012). As a result, it is becoming common to use Google Earth (GE) and Google Earth Engine (GEE) to analyze environmental issues at a global scale. GEE is a cloud-based computing platform introduced by Google in 2010 (Amani et al., 2020). GEE uses Google's infrastructure to analyze and visualize large-scale geospatial data. GEE is available for free for research and educational purposes. It is frequently used to process data related to global changes, such as urbanization, forests, disasters, land use and land change, climate change, agriculture, water, wetlands, and others. To investigate environmental changes, GEE allows the calculate of several indexes, such as the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), which monitors vegetation health and biomass and is used in agricultural monitoring and deforestation studies (Rouse et al., 1974); Enhanced Vegetation Index (EVI), which monitors vegetation health and biomass, but has improvement of reduced atmospheric effects and more sensitive to high biomass and is used on detecting seasonal vegetation changes; Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) (Huete, 1988), which monitors vegetation health and biomass, but has the improvement of reduced soil brightness effects in areas with sparse vegetation and is used on monitoring vegetation in semi-arid and arid regions. This work will show an example of using GEE in environmental management.

Materials and methodology

The code for calculating several environmental indexes was developed using the Google Earth Engine (GEE) platform, integrating Sentinel-2 data from Lithuania. This study demonstrates the application of GEE for investigating environmental changes, using NDVI as one of the examples.

The study was based on Lithuania's territory. The initial phase involved outlining the boundaries of Lithuania and the research area. To ensure the study focused only on Lithuania's territory, data from the Food and Agriculture Organization (FAO) was utilized. The second step involved masking clouds in "Sentinel-2" images. Clouds are the primary obstacle to land surface analysis. The "maskS2clouds" function checks if images have clouds and prevent their use if they do. Next, datasets from "Sentinel-2" were obtained from 2015 to 2023 to get clean and suitable data for analysis and visualization, reflecting changes in vegetation. The analysis was conducted based on selected years (2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 and 2023), the geographical area of Lithuania (within Lithuania's territory), and cloud percentages of less than 20% to achieve high image quality.

Spectral bands (red and NIR (Near Infrared)) wavelength data were used because they were required for the NDVI formula. The NDVI formula was applied: $(\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$, where NIR and RED wavelength data were used to assess vegetation condition. NDVI changes over the 8 years (2023 - 2015) were calculated.

As an example - to analyze vegetational changes, median NDVI values were calculated specifically for the years 2015 and 2023. A difference map was created by subtracting the NDVI of 2015 from that of 2023 (Figure 1). NDVI values range from -1 to +1, with higher values indicating healthy and fine vegetation and lower values indicating low vegetation or dry areas).

Results

The results on the map are red, showing negative NDVI changes (decreasing vegetation or vegetation health) in the year gap from 2015 to 2023. This could mean deforestation or other vegetation ecosystem degradation, drought, and urbanization increase. The white colour in the map shows little or no change in NDVI values. This means that the vegetation has not changed. The green colour shows positive NDVI changes (larger vegetation, better plant health, forestry, or agricultural development). On the map, we can see how various territories of Lithuania have experienced vegetation changes - growth in some places and loss in others. The codes used are shown in Fig. 1.


```

var ndvi2015 = median2015.expression(
  '(NIR - RED) / (NIR + RED)', {
    'NIR': median2015.select('NIR'),
    'RED': median2015.select('red')
  }).rename('NDVI_2015');

var ndvi2023 = median2023.expression(
  '(NIR - RED) / (NIR + RED)', {
    'NIR': median2023.select('NIR'),
    'RED': median2023.select('red')
  }).rename('NDVI_2023');

```

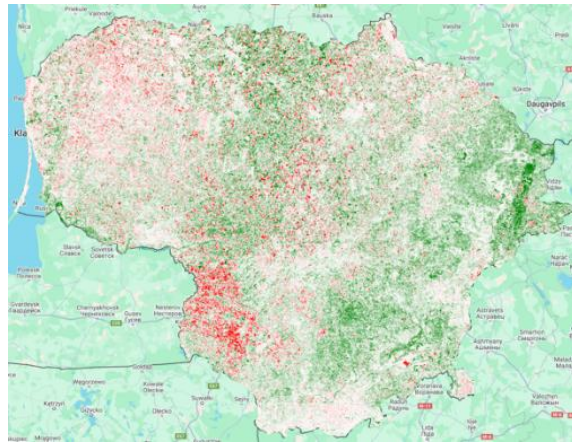


Fig. 1. NDVI code and index in Lithuania (median 2015-2023).

Conclusions

It is becoming common to use GEE to analyze environmental issues on an international scale. GEE is free and available for research and educational purposes. It processes data related to international changes, such as urbanization, forests, disasters, land use and land change, climate change, agriculture, water, wetlands, and others. The data might be used in research and public management as well. This case study illustrates how GEE can be used for environmental monitoring.

References

- Amani, M., Ghorbanian, A., Ahmadi, S. A., Kakooei, M., Moghimi, A., Mirmazloumi, S. M., Moghaddam, S. H. A., Mahdavi, S., Ghahremanloo, M., Parsian, S., et al. (2020). Google Earth Engine cloud computing platform for remote sensing big data applications: A comprehensive review. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, *13*, 5326–5350.
- Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, *25*(3), 295–309. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(88\)90106-X](https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90106-X)
- Rouse, J. W., Haas, R. H., & Schell, J. A. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA Technical Reports*, 19740022614. <https://ntrs.nasa.gov/citations/19740022614>
- Yu, L., & Gong, P. (2012). Google Earth as a virtual globe tool for Earth science applications at the global scale: Progress and perspectives. *International Journal of Remote Sensing*, *33*, 3966–3986.

Ekstremalaus vandens lygio Klaipėdos sąsiauryje poveikis Danės upės sudėtiniam potvyniams

Erika Vasiliauskienė¹, Gertrūda Pociūtė², Angelija Bučienė³, Inga Dailidienė¹

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

² Vilniaus Universitetas, Fizikos fakultetas

³ Klaipėdos universitetas, Socialinių ir humanitarinių mokslų fakultetas, Socialinės geografijos ir regionistikos studijų centras

Įvadas

Pakrančių miestams grėsmę kelia ne tik kylantis vandens lygis, bet ir ekstremalių hidrometeorologinių reiškinių dažnėjimas (Bermúdez et al., 2021; Couasnon et al., 2020; Hsiao et al., 2021; Khanam et al., 2021). Numatoma, kad dėl klimato kaitos daugelyje Europos upių baseinų 21 amžiuje didės ekstremalūs potvyniai ir poplūdžiai, keliantys grėsmę potvynių užliejamoms teritorijoms. Siekiant prisitaikyti prie hidrometeorologinių sąlygų kaitos ir sušvelninti potvynių–poplūdžių riziką Klaipėdos mieste ypač svarbu įvertinti galimus ekstremalius reiškinius.

Klaipėdos sąsiaurio, jungiančio Baltijos jūrą ir Kuršių marias, vandens lygio kilimas yra itin aktualus Danės upės žemupio ir žiočių vandens lygio pokyčiams. Vyraujant cikloninei cirkuliacijai ir stipresniems vakarų krypčių vėjams neretai susidaro bangų patvankos nuo Kuršių marių pusės (Dailidienė et al., 2006) ir vandens lygis upės žemupyje gali dar labiau pakilti bei pasiekti ekstremalias vertes. Danės upės žiotys yra pačiame miesto senamiestyje. Miesto teritorijoje yra reljefo pažemėjimų, kurie ne visoje teritorijoje yra apsaugoti upės krantinių, todėl gali būti lengvai užtvindyti pakilus jūros vandens lygiui ir padidėjus upės vandeningumui dėl stipresnių liūčių.

Danės upei būdingi sudėtiniai potvyniai, kurie kelia riziką miestui, o jų poveikis gali būti didesnis nei pavienių potvynių (Čepienė et al., 2022). Sudėtiniai potvyniai įvyksta, kai vienu metu arba vienas po kito įvyksta ekstremalūs hidrometeorologiniai reiškiniai, kurie sustiprina bendrą poveikį (Couasnon et al., 2020; Zscheischler, 2020). Svarbu tokių potvynių faktorius analizuoti atskirai ir po to šias analizes apjungti į kompleksinį tyrimą. Todėl tyrimo tikslas – nustatyti ekstremalių hidrometeorologinių reiškinių kaitą 1961–2022 m., įvertinti ekstremalių vandens lygio atvejų poveikį potvynių susidarymui Danės upėje Klaipėdos miesto teritorijoje 2008–2022 m. laikotarpiu. Tyrimo rezultatai bus naudojami tolimesniuose sudėtinų potvynių komponentų tyrimuose, siekiant tikslingiau modeliuoti sudėtinius potvynius ateityje, klimato kaitos fone. Taip pat tyrimo rezultatai gali būti aktualūs ir naudingi vykdant miesto plėtrą ir siekiant išvengti galimų socioekonominių nuostolių dėl klimato kaitos.

Duomenys ir darbo metodika

Vandens lygio svyravimų, ekstremalių jūros lygio reiškinių ir jų poveikio Danės upės poplūdžiams analizė atlikta naudojant Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos prie Aplinkos ministerijos hidrologinius ir meteorologinius duomenis. Tyrime naudojami Klaipėdos sąsiaurio hidrologinės stoties duomenys nuo 1961 m. Ilgalaikėms vandens lygio tendencijoms nustatyti taikyta trendų analizė. Tendencijoms vertinti taikyta tiesinė regresija, o ryšiams tarp vėjo greičio, atmosferos slėgio ir vandens lygio pokyčių Klaipėdos sąsiauryje buvo skaičiuojamas Pirsono koreliacijos koeficientas. Informacija apie regresijos kokybę buvo vertinama pagal r^2 – determinacijos koeficientą. Taikant tą patį koreliacijos koeficientą buvo koreliuojami Danės upės vandens lygio duomenys miesto centre (iš hidrologinės stoties nutolusios 1,3 km nuo Kuršių marių) ir Klaipėdos sąsiauryje 2020–2022 m. Siekiant įvertinti ekstremalaus vandens lygio poveikį užliejamoms Danės upės teritorijoms, naudojant ArcGIS Pro, buvo sudarytas užliejamų teritorijų žemėlapis, kai vandens lygis Klaipėdos sąsiauryje pasiekia 200 cm. Šis vandens lygis yra gana artimas praeityje buvusiam ekstremaliam vandens lygiui, atitinka 1 proc. potvynio tikimybę ir gali pasikartoti kartą per 100 metų (LR Vyriausybės Aplinkos ministro įsakymas, 2012). Vizualizacijoje išskirti keliai ir pastatai (šaltinis: Georeferencinio pagrindo kadastro erdvinių duomenų rinkinys), kuriems kyla tiesioginė grėsmė bei teritorijos, kuriose, remiantis Klaipėdos miesto bendruoju planu, bus vystomas užstatymas.

Rezultatai

Rezultatai rodo, kad vidutinis metinis, vidutinis metinis maksimalus ir vidutinis metinis minimalus vandens lygis Klaipėdos sąsiauryje 1961–2022 m. kilo. Taip didėjo įvykių, kai vandens lygis Klaipėdos sąsiauryje buvo

≥ 100 cm Baltijos aukščių sistemoje, skaičius. 20 a. pradžioje labai aukštas vandens lygis buvo stebimas 1–2 kartus per 50 metų, o pastaraisiais dešimtmečiais kas 5–7 metus. Dėl dažnėjančių ekstremalių vandens lygio reiškinų Klaipėdos sąsiauryje didėja Danės upės sudėtinių potvynių rizika miestų teritorijoms. Iš istorinių archyvų buvo atrinkti atvejai, kai Klaipėdos sąsiauryje susidarė patvankos, vandens lygiui esant ≥100 cm (Baltijos sistemoje, toliau - BS), ir vandens lygiui pasiekus stichinę reikšmę - ≥150 cm BS. Detaliau analizuoti šeši maksimalaus fiksuoto vandens lygio atvejai, įvykę 2000–2022 m.: a) keturi atvejai, kai vandens lygis siekė ir viršijo 130 cm (BS), ir b) du atvejai, kai vandens lygis siekė ir viršijo stichinį 150 cm (BS) lygį.

Tyrimo rezultatai parodė, kad vandens lygio kilimas Klaipėdos sąsiauryje tiesiogiai veikia vandens lygio kilimą Danės upės žemupyje. Tyrime neanalizuotas Danės upės debitas ir kritulių poveikis jam. Tačiau svarbu pažymėti, kad 2017 m. lapkričio mėnesį Danės vandens lygis pasiekė beveik 2,5 m, ką galima paaiškinti gausiais krituliais. Didelę įtaką tam turėjo miesto paviršinio vandens surinkimo sistemų techninės specifikacijos, todėl ateityje svarbu atlikti integruotą visų potvynių lemiančių veiksnių analizę. Toks požiūris galėtų padėti prisitaikyti prie galimo neigiamo ekstremalių hidrometeorologinių reiškinų poveikio ateityje, įvertinti galimus socialinius ir ekonominius nuostolius, sušvelninti poveikį ir sumažinti socialinę ir ekonominę žalą arba jos išvengti (Sinay & Carter, 2020).

Išvados

Vandens lygis Baltijos jūroje ties Lietuvos krantais 1961–2022 metais vidutiniškai kilo 3,9 mm per metus. Taip pat nustatyta, kad tiriamuoju laikotarpiu Klaipėdos sąsiauryje kilo maksimalus vandens lygis ir dažnėjo ekstremalių vandens lygių pasikartojimo atvejų skaičius. 1961–2022 metais buvo užfiksuoti 48 atvejai, kai vandens lygis Klaipėdos sąsiauryje buvo ≥100 cm (BS). Ekstremalių vandens lygio pakilimų daugiausia fiksuota 2000–2022 m. Iš visų ekstremalių vandens lygio pakilimų apie 71 % (34 atvejai) įvyko 2000–2022 m. Nuo 21 a. pradžios ekstremalių vandens lygių skaičius išaugo. Vandens lygio kilimas Klaipėdos sąsiauryje tiesiogiai veikia vandens lygio kilimą Danės upės žemupyje ir prisideda prie sudėtinių potvynių formavimosi.

Literatūra

- Bermúdez, M., Farfán, J. F., Willems, P., & Cea, L. (2021). Assessing the effects of climate change on compound flooding in coastal river areas. *Water Resources Research*, 57(10), e2020WR029321.
- Couasnon, A., Eilander, D., Muis, S., Veldkamp, T. I., Haigh, I. D., Wahl, T., ... & Ward, P. J. (2020). Measuring compound flood potential from river discharge and storm surge extremes at the global scale. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 20(2), 489–504.
- 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.
- Dailidienė, I., Davulienė, L., Tilickis, B., Stankevičius, A., & Myrberg, K. (2006). Sea level variability at the Lithuanian coast of the Baltic Sea. *Boreal environment research*, 11(2).
- Hsiao, S. C., Chiang, W. S., Jang, J. H., Wu, H. L., Lu, W. S., Chen, W. B., & Wu, Y. T. (2021). Flood risk influenced by the compound effect of storm surge and rainfall under climate change for low-lying coastal areas. *Science of the total environment*, 764, 144439.
- Khanam, M., Sofia, G., Koukoulou, M., Lazin, R., Nikolopoulos, E. I., Shen, X., & Anagnostou, E. N. (2021). Impact of compound flood event on coastal critical infrastructures considering current and future climate. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21(2), 587–605.
- Lietuvos Respublikos Aplinkos Ministro Įsakymas dėl Preliminaraus Potvynių Rizikos Vertinimo Ataskaitos Patvirtinimo 2012m. Sausio 11 d. Nr. D1-23. Prieiga internetu: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.417035?jfwid=q86m1vvfu> (žiūrėta 2025-03-06).
- Sinay, L., & Carter, R. W. (2020). Climate change adaptation options for coastal communities and local governments. *Climate*, 8(1), 7.
- Zscheischler, J., Martius, O., Westra, S., Bevacqua, E., Raymond, C., Horton, R. M., ... & Vignotto, E. (2020). A typology of compound weather and climate events. *Nature reviews earth & environment*, 1(7), 333–347.

Kartografinių metodų naudojimas upių vandens baseinų tyrimuose

Giedrius Motiejūnas¹

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

Ivadas

Vandens išteklių valdymas yra svarbus tvaraus vystymosi užtikrinimo aspektas. Kartografiniai metodai atlieka svarbų vaidmenį analizuojant, modeliuojant ir valdant vandens išteklius (Nguyen et al., 2019). Šioje apžvalgoje aptariami pagrindiniai kartografiniai metodai, naudojami upių vandens baseinų tyrimuose. Šie metodai tai: geografinių informacinių sistemų taikymas, nuotolinių tyrimų taikymas, hidrologinis modeliavimas, erdvinis modeliavimas su daugiakriterine analize. Apžvelgiami pagrindiniai tyrimai, nagrinėjantys šių metodų taikymą ir efektyvumą upių baseinų tyrimuose, identifikuojami pagrindiniai kartografinių metodų privalumai ir trūkumai.

Duomenys ir darbo metodika

Šiame darbe remiamasi įvairiais moksliniais straipsniais ir tyrimais, susijusiais su upių baseinų vandens tyrimais naudojant kartografinius metodus. Analizuojami skirtingų autorių darbai, kuriuose nagrinėjami GIS, nuotolinių tyrimų, hidrologinio modeliavimo, erdvinio modeliavimo su daugiakriterine analize taikymo atvejai upių baseinų tyrimuose. Darbe siekiama identifiкуoti pagrindinius kartografinių metodų privalumus ir trūkumus, jų taikymo galimybes ir ribotumą upių baseinų tyrimuose.

Rezultatai

Atlikus mokslinės literatūros analizę, galima išskirti pagrindinius upių baseinų tyrimuose taikomus kartografinius metodus, tai: **Geografinių Informacinių Sistemų taikymas:** GIS suteikia platformą įvairių tipų erdvinį duomenų integravimui, analizei ir vizualizavimui. Tai leidžia efektyviai valdyti informaciją apie vandens telkinius, reljefą, dirvožemį, žemės dangą ir kitus svarbius veiksnius, susijusius su upių baseinų vandens ištekliais ir tyrimais (Ahmad et al., 2015; Hadadin et al., 2012; Zardari et al., 2019). **Nuotolinių tyrimų taikymas:** Nuotolinių tyrimų duomenys, gauti iš palydovų ar dronų (kitų orlaivių), suteikia vertingos informacijos duomenų apie tiriamo baseino paviršiaus savybes – temperatūrą, evapotranspiraciją, dirvožemio drėgmę, sniego dangą ir kitus hidrologinius parametrus. Šie duomenys gali būti integruoti į GIS sistemas, siekiant gauti išsamesnį vaizdą apie upės baseino išteklių būklę (Johnson, 2014; Li, 2004). Reikėtų pabrėžti, kad būtent Nuotolinių tyrimų metodas dažniausiai yra taikomas kartu su Geografinių informacinių sistemų metodu. Į GIS dažniausiai yra integruojami nuotolinių tyrimų duomenys, tai: palydovų nuotraukos, Ortofotografinės nuotraukos, LiDAR duomenys, Skaitmeniniai aukščio modeliai (DEM) (Wałęga et al., 2020). **Hidrologinis modeliavimas:** Hidrologiniai modeliai leidžia imituoti vandens ciklo procesus, tokius kaip krituliai, infiltracija, nuotėkis ir evapotranspiracija. Šie modeliai padeda suprasti, kaip skirtingi veiksniai veikia vandens balansą, ir prognozuoti galimus pokyčius dėl klimato kaitos ar žmogaus veiklos. Pavyzdžiui, Wałęga ir kt. (2020) atliktame tyrime hidrologinis modeliavimas, naudojant kraštovaizdžio hidrinio potencialo metodą, buvo panaudotas medianiniams metiniams pikiniams debitams kalnuotuose baseinuose vertinti. Tyrimo išvados rodo, kad šis metodas gali būti efektyvus vertinant vandens srautus mažesniuose, nematuojamuose baseinuose (Wałęga et al., 2020). Kibet ir kt. (2018) tyrė SWAT modelio tinkamumą vandens srautams modeliuoti. Šiame tyrime, atliktame Yasu upės baseine, Japonijoje, buvo siekiama įvertinti SWAT modelio gebėjimą atkurti vandens srauto dinamiką intensyviai valdomame žemės ūkio baseine (Kibet et al., 2018). **Erdvinis modeliavimas ir daugiakriterinė analizė:** Šie metodai plačiai naudojami upių baseinų tyrimuose (Barilari et al., 2021). Jie leidžia integruoti įvairius geografinius duomenų sluoksnius (pvz., reljefas, dirvožemis, žemės danga, hidrologija, socioekonominiai duomenys) ir įvertinti skirtingus vandens valdymo scenarijus. Upių baseinų kontekste, daugiakriterinė analizė padeda nustatyti prioritėtines zonas vandens išteklių tvarkymui, atsižvelgiant į ekonominius, socialinius ir aplinkosaugos aspektus (Martin et al., 2017; Paul et al., 2020; Singh et al., 2017).

Išvados

Literatūros apžvalga parodė, kad upių baseinų tyrimuose dažniausiai taikomi šie metodai: geografinių informacinių sistemų taikymas, nuotolinių tyrimų taikymas, hidrologinis modeliavimas ir erdvinis modeliavimas su daugiakriterine analize. GIS yra fundamentali platforma, leidžianti integruoti, analizuoti ir

vizualizuoti erdvinius duomenis apie vandens telkinius, reljefą, dirvožemį, žemės dangą ir kitus svarbius veiksnius. Nuotolinių tyrimų duomenys, tokie kaip palydovų nuotraukos, ortofotografinės nuotraukos, LiDAR duomenys ir skaitmeniniai aukščio modeliai, suteikia vertingos informacijos apie baseino paviršiaus savybes ir yra dažniausiai integruojami į GIS. Hidrologiniai modeliai, tokie kaip SWAT, naudojami vandens ciklo procesams modeliuoti, o erdvinis modeliavimas su daugiakriterine analize leidžia įvertinti įvairius vandens valdymo scenarijus, atsižvelgiant į ekonominius, socialinius ir aplinkosaugos aspektus. Atliekant literatūros apžvalgą pastebėta, kad dažniausiai kartu yra naudojami ir derinami tarpusavyje yra geografinių informacinių sistemų ir nuotolinių tyrimų metodai, nes GIS suteikia platformą nuotolinių tyrimų duomenų integravimui ir analizei. Kiti metodai, tokie kaip hidrologinis modeliavimas ir erdvinis modeliavimas, taip pat dažnai naudojami kartu su GIS, siekiant išsamiau išanalizuoti ir įvertinti upių baseinų būklę ir valdymo galimybes. Pagrindiniai kartografinių metodų privalumai yra jų gebėjimas integruoti ir analizuoti didelius duomenų kiekius, vizualizuoti rezultatus ir padėti priimti informacija pagrįstus sprendimus. Tačiau, svarbu atkreipti dėmesį į galimus šių metodų trūkumus, kurie dažniausiai išryškėja nagrinėjant duomenų tikslumą ir prieinamumą. Apibendrinant, kartografiniai metodai yra nepakeičiami įrankiai upių baseinų tyrimuose, leidžiantys kompleksiskai analizuoti, modeliuoti ir valdyti vandens išteklius.

Literatūra

- Ahmad, B. A., Shahabi, H., & Ahmad, B. Bin. (2015). Application of GIS based multi-criteria analysis in site selection of water reservoirs (case study: Batu Pahat, Malaysia). *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 9(11), 995–1005. <https://doi.org/10.19026/RJASET.9.2593>
- Barilari, A., Lima, M. L., & Massone, H. E. (2021). Spatial dependencies during multi-criteria analysis for groundwater resource management at a local scale. *Groundwater for Sustainable Development*, 14, 100621. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2021.100621>
- Hadadin, N., Shawash, S., Tarawneh, Z., Banihani, Q., & Hamdi, M. R. (2012). Spatial hydrological analysis for water harvesting potential using ArcGIS model: The case of the north-eastern desert, Jordan. *Water Policy*, 14(3), 524–538. <https://doi.org/10.2166/WP.2011.058>
- Johnson, L. E. (2014). GIS and remote sensing applications in modern water resources engineering. In *Modern Water Resources Engineering*, 373-410. https://doi.org/10.1007/978-1-62703-595-8_7
- Kibet, K. B., Takeuchi, J., & Fujihara, M. (2018). Applicability of SWAT Model for Streamflow Simulation in a Highly Managed Agricultural Watershed. *Journal of Rainwater Catchment Systems*, 23(2), 19–27. https://doi.org/10.7132/jrcsa.23_2_19
- Li, J. (2004). Application of remote sensing to water resources management in arid regions of China. *Proceedings of the 2004 World Water and Environmental Resources Congress: Critical Transitions in Water and Environmental Resources Management*. [https://doi.org/10.1061/40737\(2004\)119](https://doi.org/10.1061/40737(2004)119)
- Martin, D. M., Powell, S. J., Webb, J. A., Nichols, S. J., & Poff, N. L. (2017). An Objective Method to Prioritize Socio-Environmental Water Management Tradeoffs Using Multi-Criteria Decision Analysis. *River Research and Applications*, 33(4), 586-596. <https://doi.org/10.1002/rra.3103>
- Nguyen, T. T., Ngo, H. H., Guo, W., Wang, X. C., Ren, N., Li, G., Ding, J., & Liang, H. (2019). Implementation of a specific urban water management - Sponge City. In *Science of the Total Environment*, 652, 147–162. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.168>
- Paul, M., Negahban-Azar, M., Shirmohammadi, A., & Montas, H. (2020). Assessment of agricultural land suitability for irrigation with reclaimed water using geospatial multi-criteria decision analysis. *Agricultural Water Management*, 231, 105987. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105987>
- Singh, L. K., Jha, M. K., & Chowdary, V. M. (2017). Multi-criteria analysis and GIS modeling for identifying prospective water harvesting and artificial recharge sites for sustainable water supply. *Journal of Cleaner Production*, 142, 1436–1456. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.163>
- Wałęga, A., Młyński, D., Wojtkowski, J., Radecki-Pawlik, A., & Lepeška, T. (2020). New empirical model using landscape hydric potential method to estimate median peak discharges in mountain ungauged catchments. *Water (Switzerland)*, 12(4), 983. <https://doi.org/10.3390/W12040983>
- Zardari, N. H., Naubi, I. B., Abbasi, S. A., Jamali, K. A., & Miano, T. F. (2019). An improved method for watershed management - A case study of arcgis application to the Skudai Watershed, Malaysia. *International Journal of GEOMATE*, 17(64), 145–151. <https://doi.org/10.21660/2019.64.190725>

Pilotinis tyrimas: geoduomenų apdorojimo modelių panaudojimas Švenčionių rajono pilkapių morfometrinių parametru apskaičiavimui

Ignas Vasilevičius¹, Lauras Balakauskas¹

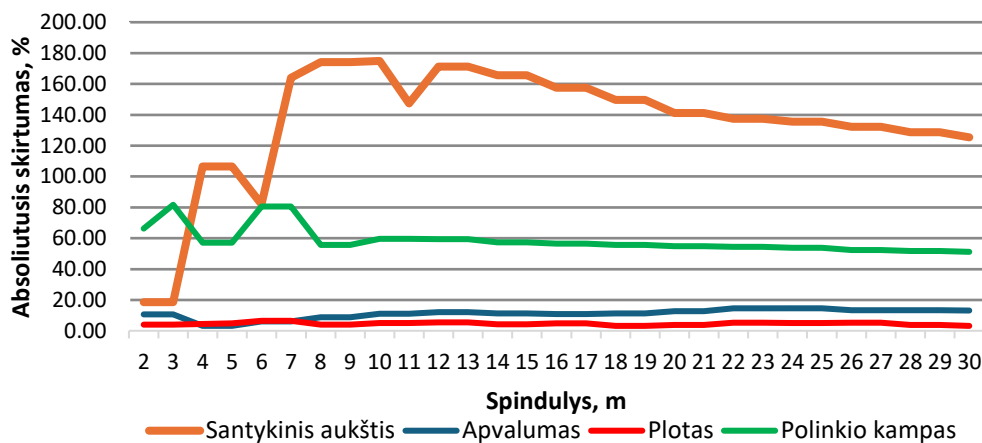
¹Vilniaus Universitetas (ignas.vasilevicius@gmail.com)

Ivadas

Šiuolaikinės geografinės informacinės sistemos leidžia efektyviai automatizuoti geoduomenų apdorojimą. Geoduomenų modeliai kuriami jungiant įrankius į grandines, kuriose vieno įrankio rezultatas yra naudojamas kaip sekančio įrankio įvestis. Geoduomenų modeliai pagreitina masinį duomenų apdorojimą, leidžia optimaliai keisti įrankių parametrus. Šio pilotinio tyrimo tikslas – ištestuoti geoduomenų apdorojimo modelių panaudojimo galimybes, tiriant pilkapių morfometrinius parametrus. Geoduomenų modeliai leido išplėsti tyrimo teritoriją nuo vieno pilkapyno iki viso Švenčionių rajono ploto, išsamiau vertinti bei vizualizuoti pilkapių ir atsitiktinai atrinktų (foninių) reljefo formų morfometrinių parametru statistinį pasiskirstymą.

Duomenys ir darbo metodika

Šiame tyrime buvo skaičiuojamos pilkapių bei atsitiktinių teigiamų reljefo formų aukščio, polinkio kampo, ploto bei apvalumo statistikos. Apvalumui vertinti buvo naudojamas apvalumo indeksas. Šis indeksas vertina formos panašumą į tobulą apskritimą skalėje nuo 0 iki 1, kur 1 yra tobulas apskritimas. Kiekvienam morfometriniui parametru sukūrėme po atskirą geoduomenų apdorojimo modelį. Modeliuose buvo naudojamas skaitmeninis aukščių modelis iš Geoportal.lt (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2009). Skaitmeninis aukščių modelis leido apskaičiuoti morfometrinių parametru reikšmių statistinį pasiskirstymą. Kultūros vertybių registro pilkapynų žemėlapi (Kultūros paveldo departamentas prie Kultūros ministerijos, 2015) naudojome pilkapių taškinių duomenų rinkimui. Foninių reljefo formų parametru skaičiavimai buvo atlikti atsitiktinai parinktoje 5 km² teritorijoje. Kiekvienos iteracijos metu didinome spindulio parametru kas 1 metrą, nuo 2 m iki 30 m. Tai buvo daroma siekiant surasti optimaliausius spindulius, su kuriais pilkapiai ryškiausiai išsiskiria iš foninio reljefo. Norėdami aiškiau vizualizuoti pilkapių išskirtinumą, skaičiavome ir pilkapių bei atsitiktinių teigiamų reljefo formų absoliutųjį skirtumą (1 pav.).



1 pav. Pilkapių ir atsitiktinių teigiamų reljefo formų morfometrinių parametru suminių absoliučiuju skirtumų grafikas

Šie grafikai gaunami pilkapių kreivės procentines reikšmes kiekviename reikšmės intervale atėmus iš atsitiktinių teigiamų reljefo formų procentinių reikšmių kiekviename intervale. Sudėjus visų intervalų procentinių reikšmių absoliučiuosius skirtumus, gavome grafiko suminį absoliutųjį skirtumą. Siekėme surasti grafikus su didžiausiu suminiu absoliučiuoju skirtumu, nes juose pilkapiai labiausiai išsiskiria iš atsitiktinių foninių reljefo formų.

Rezultatai

Pilkapių ir atsitiktinių teigiamų reljefo formų absoliučiojo skirtumo grafikai parodė, kad ryškiausiai pilkapiai išsiskiria pilkapių santykinio aukščio statistikoje (1 pav.). Didžiausias pilkapių absoliutusias suminis skirtumas buvo 171–175 %, naudojant 7–10 metrų ir 12–13 metrų spindulius. Jų aukštis su šiais spinduliais siekė 0,4–0,8 metro. Pilkapių ir atsitiktinių teigiamų reljefo formų polinkio kampas labiausiai skyrėsi naudojant 3, 6 bei 7 metrų spindulius, ties kuriais absoliutusias suminis skirtumas siekė 80–81 %. Pilkapių polinkio kampas su šiais spinduliais siekė nuo 1,5° iki 3°. Iš absoliučiojo suminio skirtumo grafiko matome, kad pilkapiai mažiausiai išsiskyrė apvalumo ir ploto grafikuose. Ploto statistikoje didžiausias suminis absoliutusias skirtumas siekė vos 6 %, naudojant 6, 7 metrų spindulius. Su šiais spinduliais, dažniausias pilkapių plotas siekė 5 m². Apvalumo statistikoje didžiausias suminis absoliutusias skirtumas buvo 14,5 %, naudojant 22–25 metrų spindulius. Su šiais spinduliais pilkapių apvalumas siekė 0,7 apvalumo indekso.

Išvados

Mūsų atliktas pilotinis tyrimas parodė, kad geoduomenų apdorojimo modeliai paspartina masinį duomenų apdorojimą ir leidžia efektyviau vertinti pilkapių ir atsitiktinių reljefo formų morfometrinius parametrus. Šiame tyrime išsiaiškinome, kad pilkapiai ryškiausiai išsiskiria santykinio aukščio statistikoje, naudojant 7–10 metrų ir 12–13 metrų spindulius. Tikėtinausias santykinis pilkapių aukštis yra 0,4–0,8 metro. Pilkapiai taip pat išsiskiria polinkio kampo statistikoje. Tikėtinausias pilkapių polinkio kampas yra nuo 1,5° iki 3°, naudojant 3, 6 bei 7 metrų spindulius. Pilkapiai mažiausiai išsiskyrė apvalumo bei ploto morfometrinių parametruose. Šių parametru duomenys gali būti naudojami kaip pagalbiniai, nes turi mažiausias suminio absoliučiojo skirtumo reikšmes. Šiame tyrime surinkti duomenys gali būti panaudoti naujų pilkapių paieškai Lietuvoje, tačiau tam reikėtų atskiro pilotinio tyrimo.

Literatūra

Kultūros paveldo departamentas prie Kultūros ministerijos (2015). *Kultūros vertybių registras*. <https://kvr.kpd.lt/#/static-heritage-search>

Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, VŠĮ Statybų sektoriaus vystymo agentūra (2009). *LR teritorijos skaitmeniniai erdviniai žemės paviršiaus lazerinio skenavimo taškų duomenys*. <https://www.ssva.lt/cms/atviri-duomenys>

Assessing the Influence of Climate Change Impacts and LULC on Runoff Patterns using SWAT and CMIP6 in the Ravi River Basin

Junaid Ali¹, Edvinas Stonevičius¹

¹Institute of Geosciences, Vilnius University (junaid.ali@chgf.stud.vu.lt)

Abstract

Climate change and land use/land cover (LULC) alterations significantly impact hydrological processes, influencing runoff patterns, sediment transport, and water resource availability. This study applies the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) and Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) climate projections to assess these changes in the Ravi River Basin. The study integrates high-resolution datasets such as ASTER Digital Elevation Model (DEM), ESA World Cover LULC, ERA5 temperature, CHIRPS precipitation, and FAO soil data to improve model accuracy. Results indicate an increasing trend in surface runoff and variations in evapotranspiration rates due to climate change. The high rate of sediment deposition (99.88%) suggests that stream channels in the basin act as major sediment sinks, impacting water quality and reservoir sustainability. These findings emphasize the need for adaptive water management strategies to mitigate climate change-induced hydrological disruptions.

Introduction

Hydrological cycles in river basins are heavily influenced by climatic variations and anthropogenic activities, particularly in regions experiencing rapid urbanization (Ullah et al., 2024). The Ravi River Basin, a critical water resource in South Asia, is subject to increased hydrological variability due to changing climate and LULC transformations (Haider et al., 2023). Understanding the synergy between these factors is essential for sustainable water resource management (Adhami et al., 2019). This study employs SWAT coupled with CMIP6 scenarios to evaluate long-term hydrological changes, addressing the gap in comprehensive watershed modeling for the Ravi River Basin.

Methodology

The study focuses on setting up and simulating the SWAT model for the Ravi River Basin using ArcSWAT, incorporating various datasets such as ASTER DEM for elevation, ESA WorldCover for land use, ERA5 for temperature, CHIRPS for precipitation, and FAO soil data. The methodology covers data preparation, watershed delineation, HRU analysis, climate data input, model calibration, validation, and scenario analysis to assess hydrological and water quality dynamics. Results indicate high sediment deposition (99.88%) within streams, significant nitrogen (25.62%) and phosphorus (17.02%) modification in-stream, and dominant evaporation losses (10.67%). Agricultural lands exhibit high runoff and sediment yield, with warnings about excessive soil erosion and nutrient loss. The nutrient analysis shows considerable nitrate leaching, while phosphorus remains relatively stable. The hydrological analysis highlights high-surface runoff (132.47 mm) and limited groundwater recharge, raising concerns about long-term water availability. The findings emphasize the role of stream channels in sediment retention and nutrient cycling, guiding land and water management strategies for the basin (Fig. 1).

Results

Model outputs reveal substantial variations in runoff patterns and water balance components due to climate change and LULC modifications. Key findings include:

- **Runoff Variability:** Increased precipitation variability leads to enhanced surface runoff, affecting groundwater recharge.
- **Sediment Budget:** The sediment deposition rate of 99.88% suggests limited sediment transport downstream, influencing river morphology.
- **Nutrient Transport:** In-stream processes modify nitrogen (25.62%) and phosphorus (17.02%) levels, affecting water quality.
- **Evapotranspiration Trends:** Higher temperatures elevate evapotranspiration rates, intensifying water loss from the basin.

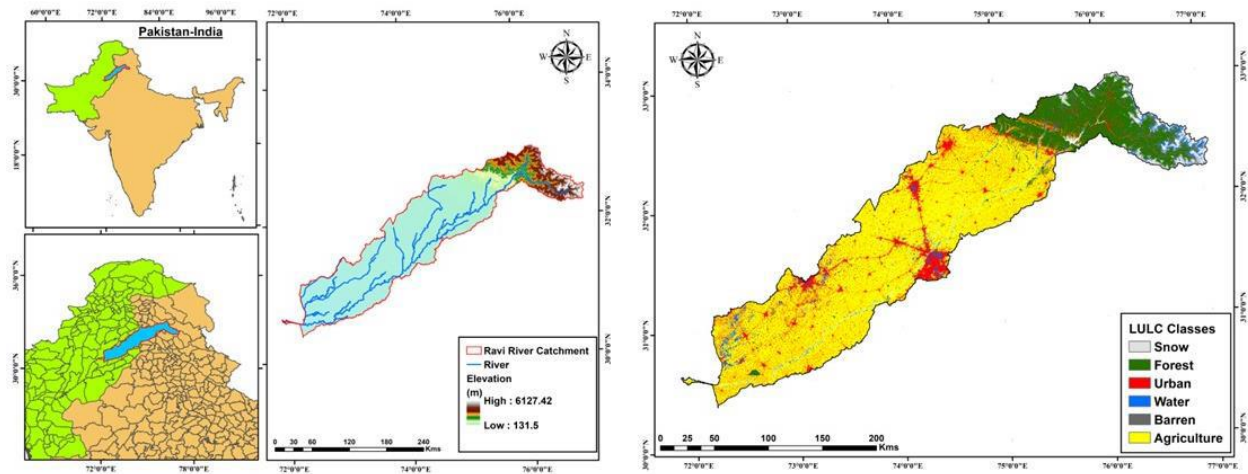


Fig 1. Study area map and LULC 2020 map of Ravi River basin

Conclusion

The study highlights the significant impact of climate change and LULC dynamics on hydrological processes in the Ravi River Basin. The findings provide valuable insights for policymakers and water resource managers to develop adaptive strategies for sustainable basin management. Future research should focus on integrating socio-economic factors into hydrological models for a more comprehensive assessment of water resource sustainability.

References

- Ullah, S., Ali, U., Rashid, M., Haider, S., Kisi, O., Vishwakarma, D.K., Raza, A., Alataway, A., Dewidar, A.Z. and Mattar, M.A., 2024. Evaluating land use and climate change impacts on Ravi River flows using GIS and hydrological modeling approach. *Scientific Reports*, 14(1), 22080.
- Haider, S., Masood, M.U., Rashid, M., Alshehri, F., Pande, C.B., Katipoğlu, O.M. and Costache, R., 2023. Simulation of the potential impacts of projected climate and land use change on runoff under CMIP6 scenarios. *Water*, 15(19), 3421.
- Adhami, M., Sadeghi, S. H., Duttman, R., & Sheikhmohammady, M. (2019). Changes in watershed hydrological behavior due to land use comanagement scenarios. *Journal of Hydrology*, 577, 124001.

Sentinel-1 SAR panaudojimas potvynių-atoslūgių zonos ir jos buveinių nustatymui Svalbarde

Jonas Gintauskas¹, Martynas Bučas¹, Saulė Medelytė¹, Diana Vaičiūtė¹, Edvinas Tiškus¹

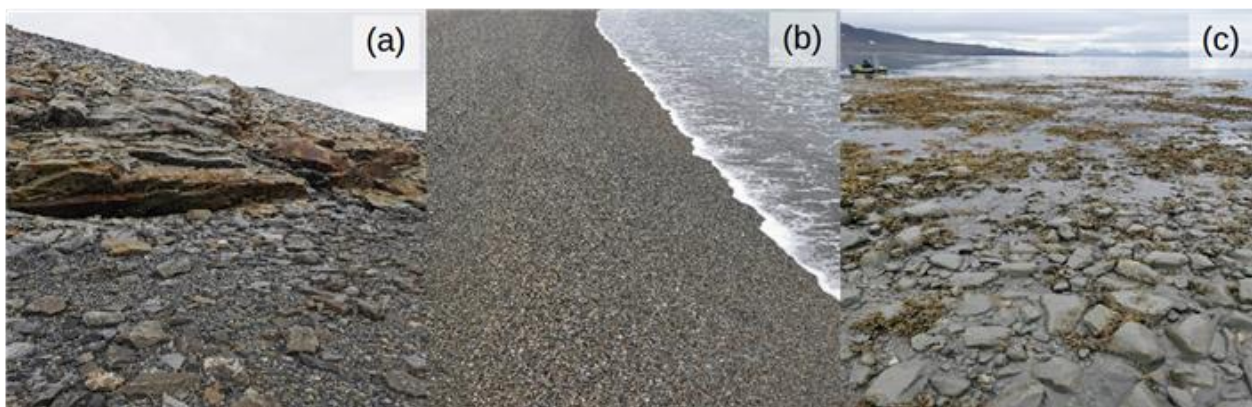
¹ Klaipėdos universitetas (jonas.gintauskas@ku.lt)

Įvadas

Potvynių-atoslūgių zona Arkties regione yra jau keletą dešimtmečių stipriai veikiama besikeičiančio klimato. Nauji vandens plotai yra atlaisvinami tirpstančių ledynų, kurie tampa buveinėmis bentoso augalijai. Bentoso augalija yra didžiausia bioįvairovė pasižyminti potvynių-atoslūgių zonos buveinė, kuri yra svarbi kaip maisto šaltinis, apsauga bei nerštavietė vandenyje gyvenantiems makroorganizmams (Weslawski et al., 1993). Arkyje esančios teritorijos yra vienos sunkiausiai pasiekiamų ir labiausiai nuo civilizacijos nutolusių vietovių pasaulyje. Tyrimai šioje teritorijoje yra ne tik brangūs, bet ir sudėtingi dėl tinkamos infrastruktūros ir logistikos trūkumų, todėl tenka pasikliauti nuotoliniais tyrimais, kurie ženkliai sumažina duomenų surinkimo greitį ir išlaidas. Nuotolinių tyrimų metodai, tokie kaip dronai ir sintetinės apertūros radarai (SAR), leidžia aptikti buveines esant atoslūgiui, kada šios buveinės išnyra iš vandens. Šis tyrimas buvo atliktas naudojantis Sentinel-1 SAR vaizdais Svalbarde regione. Sentinel-1 buvo pasirinktas kaip alternatyva optiniams palydovams dėl Svalbarde vyraujančios debesų dangos, kuri vasaros laikotarpiu trunka nuo 60 iki 80 % laiko. Dėl dažno debesuotumo ženkliai sumažėja tinkamų optinių vaizdų skaičius atlikti duomenų analizei. Tuo metu SAR prasiskverbia pro debesų dangą, kas leidžia gauti gerokai didesnį palydovinių duomenų kiekį. Šio darbo tikslas yra pritaikyti metodikas naudojamas didelių teritorijų kartografavimui (Haarpaintner & Davids, 2021; Omari et al., 2020), gana siauros potvynių-atoslūgių zonos (apie 20 m pločio) išskyrimui ir joje esančių buveinių klasifikacijai.

Duomenys ir darbo metodika

Buveinių kartografavimui naudoti SAR duomenys, gauti iš Europos kosmoso agentūros (ESA). SAR klasifikavimo rezultatų validacijai buvo naudoti dronu surinkti duomenys per 2 ekspedicijas Svalbarde 2019 liepos mėn. ir 2021 m. liepos-rugpjūčio mėn. metu.

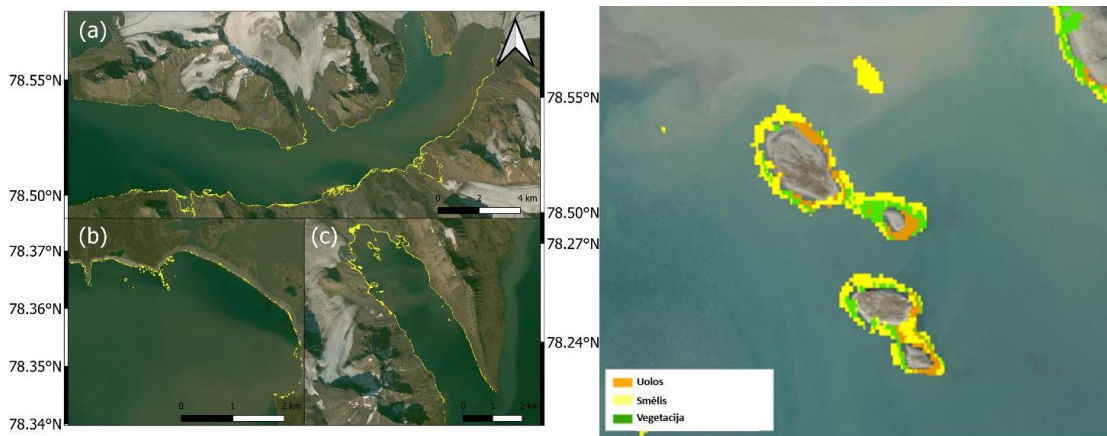


1 pav. Potvynių-atoslūgių zonos buveinių tipai, naudoti SAR klasifikacijos apmokymui: (a) uolos, (b) smėlis, (c) vegetacija (Gintauskas et al., 2024).

Pirmas žingsnis buvo išskirti potvynių-atoslūgių zoną, kurios nustatymui buvo panaudoti 2 palydoviniai vaizdai užfiksuoti atoslūgio ir potvynio metu. Šie vaizdai suklasifikuoti į sausumą ir vandenį naudojant k-vidurkių klasterizavimo metodą. Atlikus klasterizavimą vaizdai buvo palyginti ir išskirta potvynių-atoslūgių zona. Antram žingsniui, potvynių-atoslūgių zonoje buveinių klasifikacijai naudotas SAR vaizdas užfiksuotas, kai buvo žemiausias vandens lygis ir atsidengė didžiausia teritorija. Buveinės klasifikuotos taikant atsitiktinio miško (angl. *Random Forest*) metodą, o potvynių-atoslūgių zona suklasifikuota į: uolas, smėlį, vegetaciją (1 pav.). Buveinių klasifikacijos tikslumui nustatyti buvo atlikta validacija su duomenimis, kurie nebuvo naudoti klasifikacijai. Validacijos rezultatų apibendrinimui buvo panaudoti 3 statistiniai rodikliai: plotas po kreive (AUC), F1 koeficientas ir kappa koeficientas.

Rezultatai

Iš viso buvo suklasifikuota 2,65 km² potvynių-atoslūgių zonos. Vidutinis šių zonų plotis siekė 22 m, St. Jonsfjorden siekė 24 m, Trygghamnoje – 23 m, Eidembuktoje – 9 m. Didžiausi potvynių-atoslūgių zonos pločiai buvo nustatyti upių delse ir tarp salų (2 pav.).



2 pav. Potvynių-atoslūgių zonos atskyrimas (geltonai): (a) St. Jonsfjorden, (b) Eidembukta (c) Trygghamna (kairėje), Buveinių klasifikacijos pavyzdys (oranžinė – uolos, geltona – smėlis, žalia – vegetacija) (dešinėje) (Gintauskas et al., 2024).

Potvynių-atoslūgių zonos išskyrimo rezultatų patikrinimas atskleidė, kad 85 % šios zonos buvo teisingai suklasifikuota. Validacijos metu 52 % pažymėtų taškų pateko į potvynių-atoslūgių zoną, o 33 % taškų atsidūrė 10 metrų buferinėje zonoje, kuri atitinka Sentinel-1 palydovinių duomenų erdvinę skiriamąją gebą. Buveinių klasifikacijos tikslumas buvo patikimas (AUC=0,69, F1=0,56, kappa=0,45). Atskirų buveinių klasifikavimo tikslumas buvo taip pat patikimas: 71 % uolų, 64 % smėlio ir 78 % vegetacijos.

Išvados

Potvynių-atoslūgių zonos išskyrimo metodika buvo pakankamai tiksli, kad patikimai atskirti sausumą nuo vandens. Didžiausi potvynių-atoslūgių zonos plotai buvo aptikti delse (iki 500 m pločio) ir aplink salas. Potvynių-atoslūgių zonoje esančios buveinės buvo patikimai suklasifikuotos (AUC=0,69, F1=0,56, kappa=0,45).

Šiame darbe panaudota metodika gali pasitarnauti dėl ledynų tirpsmo naujai atsiveriančioms buveinėms ir jų apaugimui stebėti. Šis nuotoliniais tyrimais grįstas metodas ypač svarbus tokioms vietoms kaip Arktis, kur teritorijos yra nuošalios, bet sparčiai kintančios ir turinčios didelę ekologinę reikšmę.

Padėka

Šis darbas buvo remiamas projekto „Naujos pakrantės lagūnos ekosistemos susidarymas po ledynų atsitraukimo Eidembuktoje, Svalbarde, Arkyje“ (EIDEMBUKTA), kuris finansuojamas Lietuvos mokslo tarybos, pagal sutartį # S-MIP-22-48.

Literatūra

- Weslawski, J. M., Wiktor, J., Zajaczkowski, M., & Swerpel, S. (1993). Intertidal zone of svalbard. *Polar Biology*, 13(2), 73–79. <https://doi.org/10.1007/BF00238538>
- Haarpaintner, J., & Davids, C. (2021). Mapping Atmospheric Exposure of the Intertidal Zone with Sentinel-1 CSAR in Northern Norway. *Remote Sensing*, 13(17), 3354.
- Omari, K., Chenier, R., Touzi, R., & Sagram, M. (2020). Investigation of C-Band SAR Polarimetry for Mapping a High-Tidal Coastal Environment in Northern Canada. *Remote Sensing*, 12(12), 1941. <https://doi.org/10.3390/rs12121941>
- Gintauskas, J., Bučas, M., Vaičiūtė, D., Medelytė, S., Tiškus, E., & Olenin, S. (2024). Utilizing sentinel-1 SAR for delineation of narrow intertidal zones and habitat types in Svalbard. *International Journal of Remote Sensing*, 45(22), 8181–8201.

Agroekosistemų ekologinis jautrumas agrogeninės digresijos atžvilgiu Šakių rajono savivaldybėje

Julius Mačiulaitis¹, Jonas Volungevičius¹

¹ Vilniaus universitetas (julius.maciulaitis@chgf.stud.vu.lt)

Įvadas

Natūralios ekosistemos ir jose vykstantys procesai (medžiagų ir apykaitos mainai) be žmogaus ūkinės veiklos įsikišimo, dabartiniu metu, aplinkos pokyčių kontekste yra suprantami kaip stabilūs arba beveik stabilūs (Tang et al., 2024). Visgi, didelė dalis ekosistemų, kuriose žmogus vykdo ūkinę veiklą, siekdamas didesnio derliaus, yra gana stipriai modifikuotos ir suprantamos kaip žmogaus valdomos žemės ūkio ekologinės sistemos – agroekosistemos (Krishna, 2013). Nuo natūralių ekosistemų agroekosistema skiriasi trimis pagrindiniais aspektais: energija, kuri dirbtinai yra įnešama iš kitų ekosistemų, mažesne biologine įvairove bei jos kontrolės mechanizmais (Bučienė, 2003). Agroekosistemos pasižymi skirtingu jautrumu aplinkos ir klimato pokyčiams. Keičiantis klimatui, stiprėjant urbanizacijos laipsniui, intensyvėjant žemės naudojimui ir žemės ūkio veiklai, neišvengiamai vyksta ir aplinkos pokyčiai, kurie išbalansuoja natūralių ir žmogaus kontroliuojamų ekosistemų procesus. Tvaria agroekosistema suprantama tokia, kuri pasižymi savireguliaciniu mechanizmu ir geba išlaikyti produktyvumą esant dideliems stresams ir aplinkos savybių perturbacijoms (Bučienė, 2003).

Agroekosistemų ekologinio jautrumo vertinimas yra svarbus siekiant suprasti jos atsparumą įvairiems kintantiems išorės ir vidaus veiksniams, kurie sukelia prieš tai minėtus stresus ir perturbacijas – agrogeninę digresiją. Tyrime analizuojamas agroekosistemų ekologinis jautrumas Šakių rajono savivaldybės teritorijoje, kuri yra Nemuno žemupio mažai miškingoje agrarinėje lygumoje. Ekologinis jautrumas vertinamas pagal žemės ūkio naudmenų ir pasėlių plotų erdvinę padėtį ekologinio kompensavimo tinklo (gamtinio karkaso) metafunkcinių dalių, reljefo, dirvožemio erozijos, miškų ir hidrografinių objektų bei užstatytų teritorijų atžvilgiu. Darbo tikslas – atskleisti agroekosistemų ekologinio jautrumo erdvinius ypatumus Nemuno žemupio mažai miškingoje agrarinėje lygumoje, Šakių rajono savivaldybės teritorijoje. Darbe yra analizuojami agroekosistemų ekologinį jautrumą lemiantys veiksniai, ir jų priežastiniai ryšiai.

Duomenys ir darbo metodika

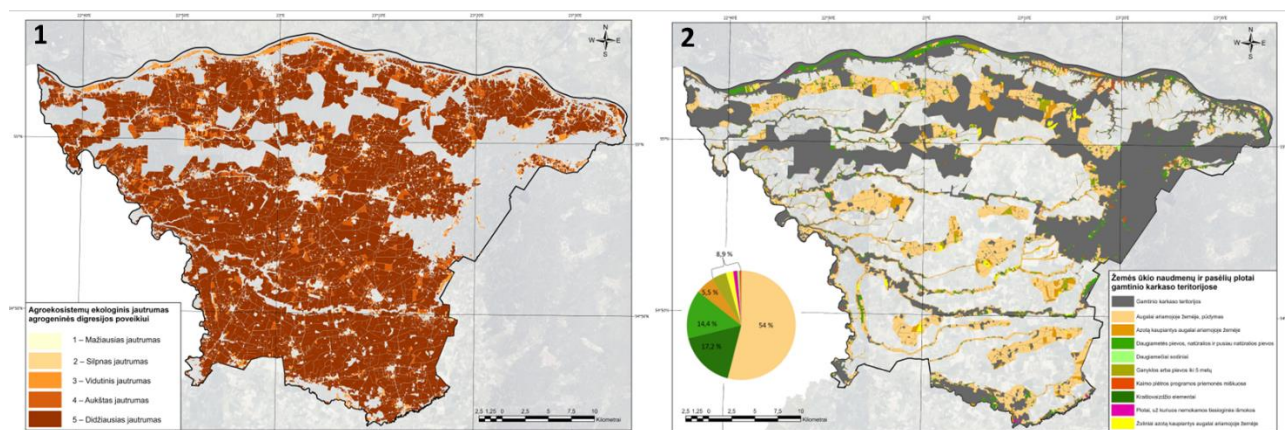
Agroekosistemų ekologinio jautrumo erdviniams ypatumams įvertinti buvo atliekama kartografinė analizė, naudojant ArcGIS Pro 3.4 programinę įrangą. Tyrime naudojami erdviniai kartografiniai duomenys, kurie viešai prieinami geoportal.lt duomenų bazėje. Agroekosistemų ekologinio jautrumo vertinimui darbe naudotas LR teritorijos žemės ūkio naudmenų ir pasėlių plotų, auginamų kultūrų duomenų rinkinys (2024 m.). Žemės ūkio naudmenos ir pasėliai skirstomi į 9 grupes: augalai ariamojoje žemėje ir pūdymas, azotą kaupiantys augalai ariamojoje žemėje, daugiametės pievos, natūralios ir pusiau natūralios pievos, daugiamečiai sodiniai, ganyklos arba pievos iki 5 metų, kaimo plėtros programos priemonės miškuose, kraštovaizdžio elementai, plotai, už kuriuos nemokamos tiesioginės išmokos bei žoliniai azotą kaupiantys augalai ariamojoje žemėje. Šie duomenys panaudoti, nes žemės ūkio naudmenų ir pasėlių plotai yra vienos svarbiausių agroekosistemų dalių, ypač, agrogeninės digresijos atžvilgiu. Kiti tyrime panaudoti erdviniai duomenys: gamtinio karkaso duomenys (pagal galiojančio Šakių r. sav. bendrojo plano duomenis, 2017 m.), georeferencinio pagrindo kadastro erdvių duomenų rinkinys (2024 m.), saugomų teritorijų valstybės kadastro duomenų rinkinys (2024 m.), miškų kadastro duomenys (2024 m.), dirvožemio erozijos duomenų sluoksnis ir kt.

Kartografinės analizės metu 9 žemės ūkio naudmenų ir pasėlių grupės, atsižvelgiant į jų struktūrinės ir funkcines savybes, buvo perklasifikuotos į 5 lygmenis nuo 1 (mažiausiu) iki 5 (didžiausiu) jautrumu agrogeninei digresijai pasižyminčias teritorijas. Įvertinta žemės ūkio naudmenų ir pasėlių plotų, kaip svarbiausių agroekosistemų dalių, padėtis gamtinio karkaso teritorijų, dirvožemio erozijos potencialo, miškų ir hidrografinio tinklo atžvilgiu bei sudarytos kartoschemos.

Rezultatai

Atlikus kartografinę analizę, pastebėta, kad Šakių rajono savivaldybės teritorijoje, esančioje Nemuno žemupio mažai miškingoje agrarinėje lygumoje, dėl žemės ūkio naudmenų ir pasėlių struktūros bei jų padėties gamtinio karkaso teritorijų, dirvožemio erozijos potencialo, kitų veiksnių atžvilgiu, agroekosistemos pasižymi dideliu ekologiniu jautrumu.

Analizuojamoje Šakių rajono savivaldybės teritorijoje žemės ūkio naudmenų ir pasėlių plotai užima apie 92,2 tūkst. ha plotą. Pagal atliktą minėtų plotų kartografinę analizę (1 pav. (1)) matyti, kad didžiausią dalį nuo viso ploto sudaro didžiausiu ekologiniu jautrumu agrogeninei digresijai pasižyminčios agroekosistemų teritorijos (apie 88 %), aukštu – apie 6,3 %, vidutiniu – apie 4,61 %, o mažiausiu ir žemu jautrumu pasižyminčios tik apie 0,55 % ir 0,37 % nuo visų žemės ūkio naudmenų ir pasėlių ploto. Didžiausiu ekologiniu jautrumu pasižyminčios teritorijos siejamos su intensyviausio žemės ūkio monokultūrinių pasėlių naudmenomis. Mažiausiu ir žemu ekologiniu jautrumu pasižyminčios agroekosistemų teritorijos siejamos su kraštovaizdžio elementais, daugiamečiais sodiniais bei kaimo plėtros programos priemonių miškuose pasėliais, kurie pasižymi artimesnėmis natūraliai žemėnaudai savybėmis. Vidutiniu ir aukštu ekologiniu jautrumu pasižyminčios teritorijos sudaro apie 11 % nuo visų agroekosistemų teritorijų. Trečdalis (apie 29,6 %) analizuotų naudmenų ir pasėlių plotų patenka į gamtinio karkaso teritorijas (1 pav. (2)) tačiau jose taip pat vyrauja monokultūriniai pasėliai, ribojantys ekologinio kompensavimo funkcijas.



1 pav. 1 - Agroekosistemų ekologinis jautrumas agrogeninės digresijos atžvilgiu Šakių rajono savivaldybėje; 2 - Žemės ūkio naudmenų ir pasėlių plotai gamtinio karkaso teritorijose (sudaryta autoriaus).

Išvados

Ekologinis jautrumas analizuojamoje teritorijoje yra nevienodai pasiskirstęs. Labiausiai ekologiškai jautrios agroekosistemos (apie 94,3 %) dominuoja didžiojoje dalyje savivaldybės teritorijos, o mažiausiai ekologiškai jautrios teritorijos yra labai fragmentiškos (mažiau nei 1 %), susijusios su gamtiniu požiūriu svarbiomis teritorijomis – agroekosistemose esančiais kraštovaizdžio elementais, šlapynėmis. Bendra tendencija dideliame ekologiniame jautrumui siejama su intensyviu žemės ūkio gamybinių ūkių vystymu savivaldybėje, dominuojančiais monokultūriniais pasėliais, kurie sukelia agrogeninę digresiją. Agroekosistemų teritorijos, esančios gamtinio karkaso teritorijose (apie 29,6 %) pasižymi monokultūrinių pasėlių plotais, todėl tai gali riboti ekologinio kompensavimo funkcijas. Agroekosistemų ekologinio jautrumo įvertinimas agrogeninės digresijos atžvilgiu yra svarbus siekiant identifikuoti ekologinių problemų arealus agroekosistemose ir prognozuojant aplinkosauginius bei tvarios žemės ūkio politikos veiksmus tokių problemų sprendimui. Atliktas ekologinio jautrumo vertinimas nusako tik bendrą situaciją savivaldybės teritorijoje, todėl siekiant atlikti detalesnę jautrumo analizę, reikia tobulinti metodiką, įtraukiant ne tik žemės ūkio naudmenų ir pasėlių plotus, bet ir kokybines agroekosistemų teritorijų charakteristikas.

Literatūra

- Bučienė, A. (2003). Žemdirbystės sistemų ekologiniai ryšiai. Klaipėda.
- Krishna, K.R. (2013). Agroecosystems: Soils, Climate, Crops, Nutrient Dynamics and Productivity (1st ed.). Apple Academic Press. <https://doi.org/10.1201/b16300>
- Tang, Y., Shu, M., Wu, Y., & Xuan, Y. (2024). Ecological sensitivity evaluation and spatial pattern analysis of Minjiang Estuary National Wetland Park based on GIS. *Journal of Resources and Ecology*, 15(1), 33–43. <https://doi.org/10.5814/j.issn.1674-764x.2024.01.003>

Geoduomenų apdorojimo modelių panaudojimas vėlyvojo ledynmečio ir holoceno paleotemperatūrų atkūrimui

Jonas Skruzdis¹, Lauras Balakauskas¹

¹Vilniaus universitetas (jonas.skruzdis@chgf.stud.vu.lt)

Ivadas

Vėlyvojo ledynmečio ir holoceno paleotemperatūrų atkūrimas yra esminis siekiant suprasti mus supančius dabarties ir praeities klimato pokyčius. Fosilinių žiedadulkių analizė suteikia vertingas įžvalgas į vyravusį paleoklimatą, leidžia tiksliai įvertinti gamtinius pokyčius ir nustatyti jų intensyvumą bei tempą, stebint augalijos rūšių dinamiką ir jų kiekio kitimą laike (Sadori et al., 2016). Vienas iš metodų, leidžiančių rekonstruoti paleotemperatūras, yra šiuolaikinių analogų metodas, kuris remiasi fosilinių žiedadulkių kiekių palyginimu su dabartiniais jų analogais. Ankstesniuose tyrimuose (Skruzdis & Balakauskas, 2024), lyginant fosilinių žiedadulkių duomenis su šiuolaikine Eurazijos žiedadulkių duomenų bazės 2 versija (angl. *Eurasian modern pollen database version 2 – EMPD2*) (Davis et al., 2020), išryškėjo poreikis taikyti specialiai Lietuvos teritorijai pritaikytus geoduomenų apdorojimo modelius, atsižvelgiančius į specifinius regioninius ypatumus ir jų erdvinį išsidėstymą. Todėl siekiant užpildyti šią spragą, buvo sukurti papildomi geoduomenų apdorojimo modeliai, kurių pagalba būtų galima nustatyti geriausias šiuolaikinius analogus, atlikti duomenų filtravimą ir erdvinės analizės aspektus būtų galima atlikti vienoje – ArcGIS Pro aplinkoje.

Duomenys ir darbo metodika

Geoduomenų modelių kūrimas ir pritaikymas buvo atliktas naudojant turimus ir vektorizuotus fosilinių žiedadulkių duomenis iš šešių detalai datuotų gręžinių (Skruzdis & Balakauskas, 2024a). Siekiant užtikrinti vienodą chronologiją šių gręžinių datavimai buvo perkalibruoti pagal *Intcal20* (Reimer et al., 2020) kalibracijos kreivę, *R studio* aplinkoje, naudojant *clam* paketo funkcijas (Blaauw, 2022). Temperatūrų rekonstrukcijai pagal šiuos duomenis buvo pritaikytas šiuolaikinių analogų žiedadulkių rinkinys EMPD 2.0 (Davis et al., 2020). Fosiliniai mėginiai buvo lyginami su šiuolaikiniais jų atitikmenimis, remiantis kvadratinio akordo atstumu (angl. *squared chord distance*), kiekvienam fosiliniam mėginiui buvo nustatyti penki geriausi analogai. Geriausių analogų klimato duomenys buvo naudojami rekonstruojant temperatūrą bei apskaičiuojant penkių analogų temperatūrų vidurkį.

Naudojant ArcGIS Pro programinę įrangą, *Model builder* aplinkoje, pasitelkiant ArcGIS Pro įrankius ir Python programavimo kalbos ArcPy python paketą (Esri, 2024), programuojant ir apjungiant skirtingas ArcGIS Pro funkcijas, buvo kuriami skirtingi geoduomenų apdorojimo modeliai, kurie gali būti pritaikomi šiuolaikinių analogų metodo erdvinei duomenų interpretacijai ir skaičiavimų optimizavimui. Šie modeliai atlieka skirtingas funkcijas, tokias kaip duomenų nuskaitymas, papildymas ir skaičiavimai, įskaitant geriausių analogų nustatymą pagal kvadratinį akordo atstumą, lyginant fosilinius ir šiuolaikinius žiedadulkių duomenis ArcGIS Pro aplinkoje.

Rezultatai

Sukurti ArcGIS Pro geoduomenų apdorojimo modeliai padėjo nuosekliau apdoroti fosilinių ir šiuolaikinių žiedadulkių duomenis, užtikrinant viso proceso automatizavimą ir sumažinant vartotojo sukiamų klaidų tikimybę. Duomenų vizualizavimas erdvėje leido aiškiau pastebėti galimus neatitikimus tiek pradiniuose duomenų rinkiniuose, tiek galutiniuose skaičiavimų rezultatuose. Tai ypač pasireiškė vertinant duomenų kiekybinius parametrus, kur remiantis modeliais buvo lengviau identifikuoti neatitinkančius įrašus ir greičiau, efektyviau standartizuoti ar pašalinti netinkamus duomenis pasinaudojant ArcGIS Pro aplinka.

Atvaizduoti erdviniai duomenys parodė, kad paleotemperatūrų rekonstrukcijos analogų rezultatai iš esmės atitinka temperatūrų pasiskirstymą, tačiau tam tikrais atvejais, kai ieškant šiuolaikinių analogų atitikmenų pastebėti reikšmingi analogų temperatūrų skirtumai, kurie gali turėti poveikį galutiniams vidutinių temperatūrų skaičiavimams.

Išvados

Rezultatai atskleidė, jog erdvinis požiūris ir geoduomenų apdorojimo modeliai leidžia efektyviau įvertinti šiuolaikinių analogų metodo temperatūrų kaitos dinamiką ir jų ryšį su skirtingomis skaičiavimų

dedamosiomis: rastų analogų skaičiumi, jų vieta ir pasiskirstymu erdvėje. Modeliai taip pat padeda išvengti galimų analogų persidengimo klaidų ir padeda nuosekliai standartizuoti skaičiavimus.

Sukurti geoduomenų modeliai pagreitino duomenų apdorojimo procesą. Erdvinis duomenų atvaizdavimas suteikia galimybę greitai spręsti išskylančias problemas, identifikuoti nuokrypius, eksperimentuoti su duomenų rinkiniais, apskaičiuoti statistinius rodiklius ir aiškiau suprasti erdvinį duomenų poveikį kiekybiniais rezultatais.

Literatūra

- Blaauw, M. (2022). clam: Classical Age-Depth Modelling of Cores from Deposits (Version 2.5.0). R package. <https://CRAN.R-project.org/package=clam>
- Davis, B. A., Chevalier, M., Sommer, P., Carter, V. A., Finsinger, W., Mauri, A., ... & Zimny, M. (2020). The Eurasian Modern Pollen Database (EMPD), version 2. *Earth System Science Data*, 12, 2423–2465. <https://doi.org/10.5194/essd-12-2423-2020>
- Esri. (2024). What is ArcPy? ArcGIS Pro. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/arcpy/get-started/what-is-arcpy-.htm>
- Reimer, P. J., Austin, W. E., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P. G., Ramsey, C. B., ... & Talamo, S. (2020). The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon*, 62(4), 725–757. <https://doi.org/10.1017/rdc.2020.41>
- Sadori, L., Koutsodendris, A., Panagiotopoulos, K., Masi, A., Bertini, A., Combourieu-Nebout, N., ... & Donders, T. H. (2016). Pollen-based paleoenvironmental and paleoclimatic change at Lake Ohrid (south-eastern Europe) during the past 500 ka. *Biogeosciences*, 13, 1423–1437. <https://doi.org/10.5194/bg-13-1423-2016>
- Skruzdis, J., & Balakauskas, L. (2024). Paleotemperatūrų atkūrimas Lietuvos teritorijoje pagal fosilinių žiedadulkių duomenis panaudojant šiuolaikinių analogų metodą. VIII-oji nacionalinė jaunųjų geografo konferencija „Geographia Juventa“. VU.

Kaimas, miestelis, miestas? Kaip Lietuvos gyvenamųjų vietovių diferencijavimas keičia statistinius rodiklius

Kostas Gružas¹

¹ Vilniaus universitetas (kostas.gruzas@chgf.stud.vu.lt)

Ivadas

Kaimas, miestelis ir miestas – sąvokos, kurias visi žino ir taiko, bet dažnai supranta skirtingai. Siekiant objektyvaus vertinimo, kuriami įvairūs kriterijai, taisyklės, kaip galima atskirti šias skirtingas gyvenamąsias vietas. Lietuvoje pagrindinis teisės aktas, kuriuo vadovujamasi, yra Lietuvos Respublikos teritorijos administracinių vienetų ir jų ribų įstatymas. Pagal jį gyvenamosios vietovės skirstomos į miesto ir kaimo vietas. Miesto vietovėms priskiriami miestai, o kaimo vietovėms – miesteliai, kaimai ir viensėdžiai. Šis skirstymas grindžiamas formaliais kriterijais, tokiais kaip gyventojų skaičius, užimtumas pramonėje, verslo, gamybinės ir socialinės infrastruktūros srityse bei istorinė patirtis (Lietuvos Respublikos Seimas, 2022). Šis teisinis reglamentavimas yra formalus, retai atnaujinamas, todėl gali nepakankamai atspindėti šiuolaikinius gyvenviečių pokyčius ar jų aktualijas.

Gyvenamųjų vietovių diferenciacija Lietuvoje yra svarbi teritoriniam planavimui, efektyvesniam valdymui ir administravimui, geresniam išteklių paskirstymui ar duomenimis grįstų sprendimų priėmimui. Šiuo metu duomenys apie gyvenamąsias vietas saugomi Adresų registre, kuris yra viešai prieinamas ir atnaujinamas bent kartą per metus. Vilniaus universitete vykdomo tyrimo metu siekiama atlikti eksperimentą ir patikrinti, kaip pasikeistų pagrindiniai 2021 m. gyventojų surašymo rezultatai kaime, miestelyje ir mieste, jei būtų visiškai pritaikytas diferencijavimas pagal gyventojų skaičių, neatsižvelgiant į istorinį statusą.

Duomenys ir darbo metodika

Tyrimui panaudoti 2021 m. visuotinio gyventojų ir būstų surašymo duomenys ir tų pačių 2021 m. Adresų registro duomenys. Analizuotas gyventojų pasiskirstymas pagal lytį, amžių, išsilavinimą, dirbančiųjų statusą ir sritį.

Tyrimas vykdytas dviem etapais:

1. Iš Adresų registro išrinkti kaimai, miesteliai ir miestai. Jiems priskirti duomenys iš gyventojų surašymo bei apskaičiuoti pagrindiniai statistiniai rodikliai.
2. Iš Adresų registro išrinkti kaimai, miesteliai ir miestai perskirstyti, remiantis Lietuvos Respublikos teritorijos administracinių vienetų ir jų ribų įstatyme numatytais gyventojų skaičiaus rėžiais. Kaimas – iki 500 gyventojų; miestelis – nuo 500 iki 3 000 gyventojų; miestas – daugiau nei 3 000 gyventojų. Pagal naująjį skirstymą, apskaičiuoti statistiniai rodikliai skirtingoms gyvenamosioms vietovėms.

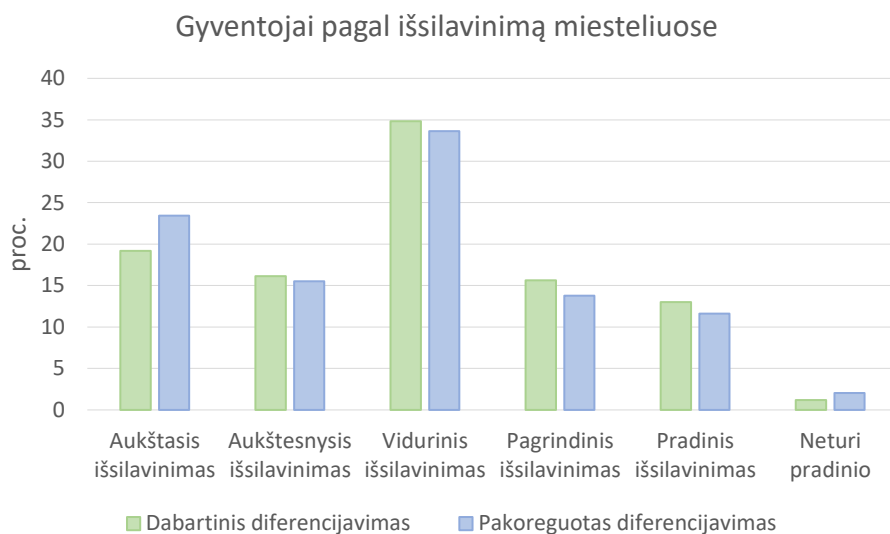
Kaimai, miesteliai ir miestai buvo identifikuojami pagal Adresų registre esančius žymėjimus (m.; mstl.; k.). Būtina paminėti, kad egzistuoja dar dviejų tipų gyvenamosios vietovės (vs. ir glž. st.), kuriuose gyventojų skaičius nedidelis ir jos nebuvo įtrauktos į tolimesnę analizę.

Apskaičiuotus statistinius rodiklius, atlikta lyginamoji analizė, siekiant įvertinti, kokie esminiai pokyčiai pastebimi, diferencijavus Lietuvos teritoriją. Stebėta apibendrinta statistinė informacija visos Lietuvos lygmeniu. Svarbu atkreipti dėmesį, jog lyginami to paties laikotarpio duomenys, siekiant įvertinti galimą įtaką statistiniams rodikliams, skirtingai diferencijuojant Lietuvos teritoriją.

Rezultatai

Diferencijavus Lietuvos teritoriją pagal įstatyme nustatytus gyvenviečių gyventojų skaičiaus rėžius, miestuose gyventojų skaičius sumažėjo apie 1,2% (nuo 1 916 749 iki 1 892 979) miesteliuose padidėjo beveik 130 % (nuo 136 002 iki 310 398), o kaimuose sumažėjo apie 20 % (nuo 751 475 iki 600 849). Nors miesteliuose gyventojų skaičius išaugo daugiau nei dvigubai, beveik 3 % sumažėjo vyresnių nei 65 metų amžiaus asmenų dalis. Aukštąjį išsilavinimą turinčių asmenų dalis kaimuose sumažėjo maždaug 3%, o miesteliuose išaugo kiek daugiau nei 4 % (gyventojų pagal išsilavinimą pasiskirstymas miesteliuose, taikant skirtingus teritorijų diferencijavimus, pateiktas 1 pav.). Taip pat, daugiau nei 5 % sumažėjo kvalifikuotų žemės, miškų ir žuvininkystės ūkio darbuotojų dalis miesteliuose. Atitinkamai, tokių darbuotojų dalis išaugo 2,2 % kaimuose. Miestų statistiniai rodikliai nėra aptariami, nes pagal visus apskaičiuotus socialinius-demografinius rodiklius, skirtumai nėra statistiškai reikšmingi. Bendras gyventojų skaičiaus pokytis tik 1,2 %, todėl ir atskiriems

rodikliams įtaka nėra didelė. Tikėtina, kad didesnę įtaką miestams turėtų ne egzistuojančių gyvenamųjų vietovių perskirstymas, bet tam tikrų tarpinių formų priskyrimas ar atskyrimas, pavyzdžiui, priemiesčių.



1 pav. Gyventojai pagal išsilavinimą miesteliuose (skirtingų Lietuvos diferencijavimų palyginimas)

Išvados

Tyrimo metu pastebėta, kad pritaikius Lietuvos Respublikos teritorijos administracinių vienetų ir jų ribų įstatyme numatytus gyventojų skaičiaus rėžius reikšmingai pasikeičia tiek bendras gyventojų skaičius, tiek socialiniai-demografiniai rodikliai kaimuose ir miesteliuose. Miesteliai pagal savo struktūrą tampa labiau panašūs į miestus, o kaimų atskirtis nuo miestų dar labiau padidėja. Pačiuose miestuose reikšmingų pokyčių nepastebėta dėl didelio bendro gyventojų skaičiaus ir nedidelio jų pokyčio po korekcijų.

Literatūra

Lietuvos Respublikos teritorijos administracinių vienetų ir jų ribų įstatymas. 1994 m. liepos 19 d. Nr. I-558 (aktuali redakcija 2022-01-28). E-TAR: <https://e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.0120FD7BCFFC>
 2021 m. gyventojų ir būstų surašymo duomenys (Valstybės duomenų agentūra, 2021; pritaikyta analizei autoriaus). <https://atviri-duomenys.stat.gov.lt/search?collection=Dataset&tags=census2021>
 2021 m. Adresų registro duomenys (Registru centras, 2021). <https://www.registrucentras.lt/p/1187>

Methods and challenges of sea ice modeling: a brief review

Karolis Imbrasas¹

¹ Klaipėdos universitetas, Jūrų tyrimų institutas (karolis.imbrasas2@edu.ku.lt)

Introduction

Sea ice plays a major role in the Earth's climate system via albedo effect, regulating heat exchange between the ocean and atmosphere, and also its effects on global thermohaline circulation. Modeling of sea ice aims to predict short and long-term changes of these factors (Caldeira & Cvijanović, 2014). In addition to that, accurate predictions of sea ice extent are of crucial importance for marine navigation in the Arctic, as current long-term predictions of sea ice loss in the region indicate increase in traversability in the region (Smith & Stephenson, 2013).

Models of sea ice can be foundationally split into 2 categories depending on the processes they are meant to analyze – thermodynamic and dynamic. Thermodynamic models calculate the energy balance of the sea ice system, which includes incoming solar radiation, outgoing longwave radiation, and heat fluxes from the ocean and atmosphere which predict ice form. These models also account for the phase changes of water, primarily freezing and melting, which are influenced by temperature and salinity (Poulsen & Jacob, 2004). Dynamic models simulate the motion of sea ice using equations that account for transfer of momentum and stress within the ice (Anheuser et al, 2022). One of the ways this is done is by utilizing elastic-viscous-plastic (EVP) rheology framework, which treats ice as non-Newtonian liquid, allowing both plastic and elastic deformations (Hutter et al, 2018).

Data and Methods

This work aims to review literature in terms of sea ice modeling. Therefore, the papers from database of ScienceDirect with the keywords such as “sea ice modeling”, “arctic sea ice”, “sea ice remote sensing”, “foundational sea ice processes”, “sea ice modeling challenges” were identified and used to overview the challenges and modeling methods used for sea ice studies. In addition, Scite AI tool, at the time of writing being trialed by Klaipėda University, has been evaluated for the process of helping with reviewing literature.

Results

Challenges. Lecomte et al, (2016), having evaluated output of sea ice concentration budget of several models, highlights the difficulty of assessing accuracy of models by the results they provide. Using one given result, such as wind or ice drift, reveals biases, which may vary regionally as well, inherent in the model itself. As such, no single model is systemically better than any other, independent of which parameters it investigates or values it outputs, and validation of results gained from these models must be done with that in mind.

According to Rampal et al., (2016) the response of dynamics of sea ice to external forcing is not linear, the relationship between the response of sea ice itself and the factors of external forcing are not proportional. The authors of the paper have introduced a new model meant to utilize finite element analysis method and have shown the validity of this approach for time scales within a year, but more development is needed.

Inherent biases exist in models utilizing prescribed parameters determining how certain sea ice processes operate. Tandon et al., (2018), having undergone analysis of 22 sea ice models, states that there is a considerable scatter in climatological sea ice drift speed between different models, and that differences in prescribed parameters (e.g., the ice-ocean drag coefficient and sea ice surface roughness length) explain much of it.

New approaches. Deep, or machine, learning tools are increasingly utilized across a wide array of fields of research. In sea ice modelling, these tools are used as additions or substitutions of certain elements of conventional models. Bracco et al, (2024) states that, because of lack of observational data for training of these tools necessitates two main approaches – one where regular computational processes are complemented by machine learning components, and another where these regular computational processes are at least partially simulated by the machine learning tool itself. These approaches still utilize the conventional physics-based modelling, substituting wherever possible the more computationally intensive parts with machine learning.

However, according to Wulf et al, (2024) these systems are still vulnerable to biases introduced by simplifications and approximations of physics driving the real sea ice, as well as the lack of reliability when it comes to some of the boundary conditions used as data anchor points. For example, determinations of sea ice extent of these new models are man-made – a researcher has done a visual inspection of the satellite data and then drew the boundaries, and at present this is the best available option.

Conclusions

Sea ice modeling is an important venue of research as part of larger effort to understand our planet's climate. It is not a new field, models that are currently used for this purpose either individually or coupled with other systems have been in use for a long time. However, even with increased availability of remote sensing data to couple them with, the conventional physics-driven models have been shown to be prone to biases that reduce their usefulness. The growing field of machine learning promises to alleviate these issues, although methods and tools with which to achieve this are still being debated and developed.

Literature

- Anheuser, J., Liu, Y., & Key, J. R. (2022). A climatology of thermodynamic vs. dynamic arctic wintertime sea ice thickness effects during the cryosat-2 era. <https://doi.org/10.5194/tc-17-2871-2023>
- Bracco, A., Brajard, J., Dijkstra, H. A., Hassanzadeh, P., Lessig, C., & Monteleoni, C. (2024). Machine learning for the physics of climate. *Nature Reviews Physics*, 1–15.
- Caldeira, K. and Cvijanović, I. (2014). Estimating the contribution of sea ice response to climate sensitivity in a climate model. *Journal of Climate*, 27(22), 8597–8607.
- Castro-Morales, K., Kauker, F., Lösch, M., Hendricks, S., Riemann-Campe, K., & Gerdes, R. (2014). Sensitivity of simulated arctic sea ice to realistic ice thickness distributions and snow parameterizations. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 119(1), 559–571.
- Hutter, N., Lösch, M., & Menemenlis, D. (2018). Scaling properties of arctic sea ice deformation in a high-resolution viscous-plastic sea ice model and in satellite observations. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 123(1), 672–687.
- Lecomte, O., Goosse, H., Fichet, T., Holland, P. R., Uotila, P., Zunz, V., Kimura, N. (2016). Impact of surface wind biases on the antarctic sea ice concentration budget in climate models. *Ocean Modelling*, 105, 60–70.
- Poulsen, C. J. and Jacob, R. (2004). Factors that inhibit snowball earth simulation. *Paleoceanography*, 19(4).
- Rampal, P., Bouillon, S., Olason, E., & Morlighem, M. (2016). Nextsim: a new lagrangian sea ice model. *The Cryosphere*, 10(3), 1055–1073.
- Smith, L. C. and Stephenson, S. R. (2013). New trans-arctic shipping routes navigable by midcentury. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(13), 1191–1195.
- Tandon, N. F., Kushner, P. J., Docquier, D., Wettstein, J. J., & Li, C. (2018). Reassessing sea ice drift and its relationship to long-term Arctic sea ice loss in coupled climate models. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 123, 4338–4359.
- Wulf, T., Buus-Hinkler, J., Singha, S., Hvid Ribergaard, M., Soya Rasmussen, T., & Brandt Kreiner, M. (2024, April). Retrieving Sea Ice Information in the Pan-Arctic Region from Synthetic Aperture Radar. In *EGU General Assembly Conference Abstracts* (p. 18063)

Sintetinės apertūros radaro panaudojimas aukštapelkės hidrologinio režimo stebėjimui

Kristina Jarmalavičienė¹

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

Ivadas

Nors pelkės pasaulyje užima vos 3% paviršiaus ploto, Lietuvoje – 10%, jos reikšmingai įtakoja žmogaus bei kitų ekosistemų gerovę. Nepažeistos pelkės prisideda prie svarbių ekosistemos funkcijų reguliuojant vandenį, teikiant mitybinę bazę bei prieglobstį bioįvairovei (Bonn et al., 2016). Pelkės taip pat atlieka klimato reguliavimo vaidmenį kaupdamos anglies išteklius: paskaičiuota, kad pelkėse sukaupta net 30% pasaulinių anglies išteklių (Joosten et al., 2012).

Tyrimai rodo, kad aukštapelkių tvarumas ir jų išlikimas priklauso nuo itin jautriais gamtiniais ryšiais tarpusavyje susijusių vandens lygio ir augalijos (Joosten et al., 2002). Pagrindinė šių ekosistemų varomoji jėga – hidrologinis režimas, kuris išlieka aukštapelkės augmenijos sudėtyje ir būklėje (Xu et al., 2015).

Įprastai pelkių ekosistemų tyrimai vykdomi *in-situ*, tačiau tokius tyrimus apriboja pelkės dydis, sudėtinga topografija, hidrologinės savybės bei augmenija (Czapiewski et al., 2022). Dėl šių priežasčių nuotolinių tyrimų metodai tapo svarbiu įrankiu pelkių tyrimuose. Vienas iš metodų – sintetinės apertūros radaras (SAR), kuris skleidžia C juostos mikrobangų signalus, galinčius prasiskverbti pro debesis, o matavimai gali būti atliekami nepriklausomai nuo paros laiko.

Šiame darbe siekama įvertinti galimybę naudoti SAR duomenis aukštapelkių hidrologinio režimo stebėjimui.

Duomenys ir darbo metodika

Tyrimai atliekami Raudonosios balos pelkėje (Vilniaus r. savivaldybė), kurios 2/3 teritorijos užima Aktyviosios aukštapelkės (7110) ir 1/3 teritorijos – Pelkiniai miškai (91D0).

Siekiant įvertinti SAR duomenų panaudojamumą hidrologinio režimo stebėjimui, pelkėje 2024 m. gegužės–birželio mėn. buvo įdiegta 10 vandens lygio matavimo šulinėlių pelkės vandens lygio referencinių duomenų rinkimui. 9 šulinėliai įrengti 7110 buveinėje, 1 – 91D0 buveinėje. 2024 metų vegetacijos laikotarpiu (gegužės – rugsėjo mėn.) buvo atlikti 140 vandens lygio matavimų (matavimų dažnis – 7 dienos).

Nuotolinių vaizdų analizei buvo panaudotas *Google Earth* Engine platformoje esantis *Sentinel-1 SAR GRD* duomenų rinkinys, kuris talpina reljefo korekciją, radiometrinių kalibravimą, šiluminio triukšmo šalinimą ir ortokoregavimą turinčius vaizdus. *Python API* pagalba buvo atsisiųsti 2024 m. gegužės – rugsėjo mėn. VV ir VH poliarizacijos SAR vaizdai, apimantys nagrinėjamos pelkės teritoriją. Siekiant gauti SAR vertes įdiegtų šulinėlių vietose, vaizdai (rastrai) GIS priemonėmis buvo konvertuoti į poligonus ir vėliau GIS priemonėmis perdengti su šulinėlių GIS taškais. Atlikta statistinė analizė, taikant Pirsono ir Spirmano koreliacijos metodikas, siekiant nustatyti SAR signalų sąsajas su vandens lygio matavimais.

Rezultatai

SAR VV poliarizacijos vaizdų koreliacijos su *in-situ* duomenimis analizė parodė, kad ryšio stiprumas skirtinguose šuliniuose yra nevienodas. Šulinėliuose Nr.4 ir Nr.5 nustatyta vidutinio stiprumo teigiama koreliacija (0.573, 0.489), šulinėlyje Nr.9 – vidutinio stiprumo neigiama koreliacija (-0.452), o likusiuose šulinėliuose (Nr.1, 2, 3, 6, 7, 10) koreliacijos reikšmės buvo silpnos arba nereikšmingos (tarp -0.224 ir 0.321). Spirmano koreliacijos analizė šulinėlyje Nr. 4 parodė stiprų monotoninį ryšį (0.802), nors linijinis ryšys išliko vidutinis.

SAR VH poliarizacijos vaizdų koreliacijos su *in-situ* duomenimis analizė parodė, kad ryšio stiprumas skirtinguose šulinėliuose kinta – kai kuriuose taškuose jis yra stipresnis nei VV poliarizacijos atveju. Šulinėliuose Nr.5 ir Nr.7, kurie įdiegti mažiau medžiais apaugusiose vietose, nustatyta vidutinio stiprumo koreliacija (-0.602, 0.499), tačiau likusiuose šuliniuose (Nr.1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10) koreliacija išliko silpna arba nereikšminga (tarp -0.244 ir 0.376), o tai gali reikšti, kad VH signalų atspindys priklauso nuo konkrečių vietovės savybių, tokių kaip augmenijos tankumas. Spirmano koreliacijos rezultatai parodė, kad kai šulinėliuose Nr.5 ir Nr.7 monotoniškas ryšys yra stipresnis nei linijinis (-0.697, 0.564), todėl VH poliarizacija gali būti naudinga nustatant bendras tendencijas net ir tada, kai ryšys nėra aiškiai tiesinis.

Išvados

VV ir VH poliarizacijos vaizdų koreliacija su *in-situ* duomenimis rodo skirtingą ryšio stiprumą, tačiau bendra tendencija išlieka – koreliacijos reikšmės nėra itin stiprios ir svyruoja tarp -0.244 ir 0.376. VH poliarizacija parodė stipresnį ryšį nei VV, ypač ten, kur paviršius yra atviresnis ir mažiau veikiamas medžių dangos. Kadangi tiriama pelkė yra miškinga, medžių buvimas gali stipriai paveikti SAR signalų sklidimą ir atspindį, o tai gali paaiškinti stebimas silpnas arba vidutinio stiprumo koreliacijas.

Norint tiksliau nustatyti hidrologinį režimą miškingoje pelkėje, gali prireikti papildomo duomenų apdorojimo ir analizės. SAR signalų sąveika su augmenija gali iškreipti atspindžio reikšmes, todėl reikėtų taikyti duomenų filtravimo ir korekcijos metodus, pvz., pašalinti triukšmą, sumažinti medžių įtaką. Taip pat svarbu analizuoti erdvinius ryšius tarp skirtingų šulinėlių ir aplinkos parametrų, siekiant suprasti, kaip vandens lygio pokyčiai pasiskirsto visoje teritorijoje.

Apibendrinant, VV ir VH poliarizacijos SAR duomenys gali būti naudingi hidrologinio režimo stebėsenai, tačiau jų taikymas miškingose pelkėse yra ribotas dėl signalų iškreipimų, kuriuos sukelia augmenija.

Literatūra

Czapiewski S, Szumińska D. (2022). An Overview of Remote Sensing Data Applications in Peatland Research Based on Works from the Period 2010–2021. *Land*, 11(1), 24.

Joosten H., Clarke D. (2002). Wise use of mires and peatlands. Background and principles including a framework for decision-making.

Joosten H., Tapio-Bistrom M.L., Tol S. (2012). Peatlands – guidance for climate change mitigation through conservation, rehabilitation and sustainable use. 2nd edition. Greifswald.

Xu, X., Zhang, Q., Tan, Z., Li, Y., Wang, X. (2015). Effects of water-table depth and soil moisture on plant biomass, diversity, and distribution at a seasonally flooded wetland of Poyang Lake, China. *Chinese Geographical Science*. 25, 739–756.

Vėlyvų pavasario šalnų prognozės rytinėje Baltijos jūros regiono dalyje

Laurynas Klimavičius¹

¹ Vilniaus universitetas (laurynas.klimavicius@chgf.vu.lt)

Ivadas

Dėl klimato kaitos kylanti žiemos ir ankstyvo pavasario mėnesių oro temperatūra skatina ankstyvesnę vegetacijos sezono pradžią. Tačiau neretai šiltesnių orų laikotarpį seka šalto, dažniausiai arktinio oro masių įsiveržimas. Tuomet susidaro kompleksinis klimato įvykis, vadinamas vėlyva pavasario šalna (Chamberlain et al., 2019; Zscheischler et al., 2020). Tokie įvykiai gali neigiamai paveikti ūkinių augalų derlių bei sukelti neigiamas ekologines ir ekonomines pasekmes (Chamberlain et al., 2019; Ma et al., 2019). Šio darbo tikslas – naudojant skirtingus klimato modelius rytinėje Baltijos jūros regiono dalyje įvertinti vėlyvų pavasario šalnų pasikartojimo pokyčius iki XXI a. pabaigos.

Duomenys ir darbo metodika

Darbe tirta rytinė Baltijos jūros regiono dalis, apimanti teritoriją nuo 53,5° iki 59,5° š. pl. ir nuo 20° iki 28,5° r. ilg. Siekiant įvertinti vėlyvų šalnų pasikartojimo pokyčius XXI a. scenarijuose pasitelkti penkių skirtingų CMIP6 (angl. *Coupled Model Intercomparison Project*) klimato modelių (CanESM5, ACCESS CM2, GFDL CM4, MPI-ESM1-2-LR ir NorESM2-MM) duomenys. Tyrimo metu remtasi dviejų SSP (angl. *Shared Socioeconomic Pathways*) scenarijų, SSP2-4.5 ir SSP5-8.5, projekcijomis. Duomenys gauti iš NASA Earth Exchange Global Daily Downscaled Projections (NEX-GDDP-CMIP6) duomenų bazės. Duomenų gardelės dydis – 0.25° × 0.25°. Duomenų istorinis laikotarpis apima 1950–2014 metus, o prognozės sudarytos 2015–2100 metų laikotarpiui.

Siekiant išskirti vėlyvas pavasario šalnas pirmiausiai kiekvienoje tyrimo teritorijos gardelėje kiekvienais tyrimo laikotarpio metais nustatytos vegetacijos sezono pradžios (VSP) bei paskutinės pavasario šalnos (PPŠ) datos. VSP data laikoma pirma šešių iš eilės einančių dienų laikotarpio diena, kai visas šešias dienas vidutinė paros oro temperatūra buvo aukštesnė arba lygi 5 °C. VSP datos skaičiavimas pradedamas nuo tos atitinkamų metų dienos, kai pasiekama minimali dešimties parų vidutinės oro temperatūros reikšmė. PPŠ data laikoma paskutinė atitinkamų metų diena, kai sausio–birželio mėnesį minimali paros oro temperatūra, nukrinta žemiau 0 °C. Vėlyvos pavasario šalnos išskirtos kai gardelėje PPŠ data fiksuota vėliau nei VSP data. Nustačius PPŠ ir VSP datas bei identifikavus vėlyvas pavasario šalnas buvo įvertinti šių datų bei kompleksinių įvykių pasikartojimo pokyčiai. Pokyčių vertinimas atliktas palyginant 1995–2014 ir 2081–2100 metų laikotarpius, statistinis reikšmingumas įvertintas naudojant Studento t-testą (pokyčiai laikomi statistiškai reikšmingas kai $p < 0,05$).

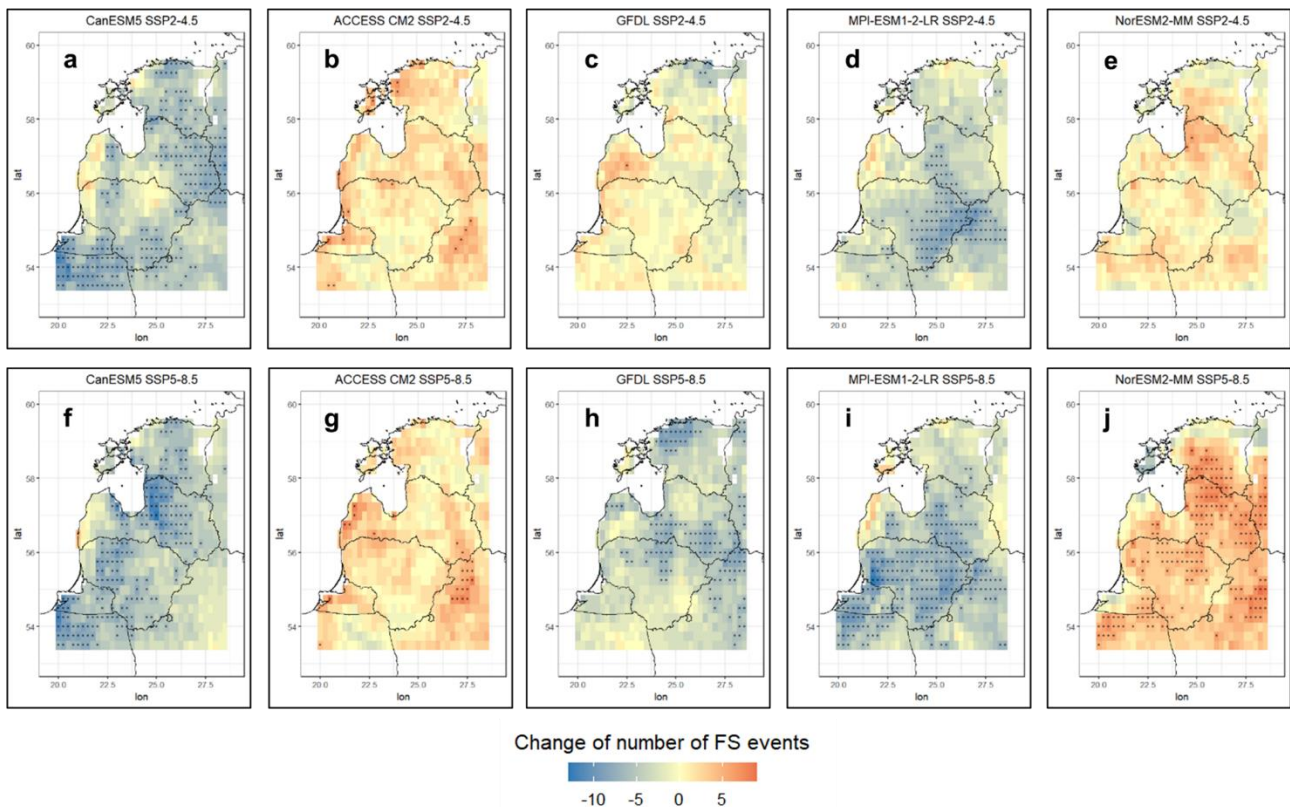
Rezultatai

Lyginant 1985–2014 ir 2081–2100 metų laikotarpius pagal SSP2-4.5 scenarijų VSP data turėtų tapti ankstesnė 10–27 dienomis. Pagal SSP5-8.5 scenarijų priklausomai nuo klimato modelio numatomas VSP ankstėjimas, siekiantis vidutiniškai 20–44 dienas. Nepriklausomai nuo taikomo scenarijaus bei klimato modelio, VSP data turėtų tapti ankstesnė visuose tyrimo teritorijos taškuose. Pagal SSP2-4.5 scenarijų šis pokytis visų modelių atveju statistiškai reikšmingas (kai $p < 0,05$) daugiau nei pusėje gardelių, o pagal SSP5-8.5 – visoje tyrimo teritorijoje.

PPŠ data, prognozuojama, XXI a. taip pat taps ankstesnė. Visgi numatomų pokyčių amplitudė didesnė nei VSP atveju. Pagal SSP2-4.5 scenarijų PPŠ data taps ankstesnė vidutiniškai 6,8–37,7 dienomis, o pagal SSP5-8.5 scenarijų šis pokytis sieks 11,6–52,9 dienas. Tiek PPŠ, tiek VSP datų didžiausias ankstėjimas numatomas naudojant didžiausiu jautrumu pasižyminčio CanESM5 klimato modelio duomenis. Daugelio darbe naudojamų modelių duomenimis PPŠ data turėtų tapti ankstesnė visose gardelėse, o šie pokyčiai bus reikšmingi (kai $p < 0,05$) daugiau nei 90% tyrimo teritorijos. Mažesni pokyčiai numatomi tik naudojant ACCESS CM2 SSP2-4.5 scenarijaus bei NorESM2-MM modelio duomenis. Visgi net ir šiuo atveju PPŠ data turėtų paankstėti daugiau nei 85% tyrimo teritorijos.

Vėlyvų pavasario šalnų pasikartojimo pokyčių tendencijos ateityje taikant skirtingų klimato modelių duomenis išsiskiria. Pagal trijų darbe naudojamų modelių (CanESM5, GFDL ir MPI-ESM1-2-LR) duomenis šių kompleksinių įvykių skaičius XXI a. pabaigoje turėtų sumažėti beveik visoje tyrimo teritorijoje. Tuo tarpu pagal ACCESS CM2 ir NorESM2-MM modelių duomenis vėlyvų šalnų skaičius išaugs daugiau nei 60% gardelių (1 pav.). Visgi nepriklausomai nuo klimato modelio, didesni pokyčiai gauti taikant SSP5-8.5 scenarijų (1 pav., f,

j). Daugiausiai gardelių (38,5%) statistiškai reikšmingas (kai $p < 0,05$) vėlyvų pavasario šalnų atvejų mažėjimas gautas naudojant MPI-ESM1-2-LR modelio duomenis (1 pav. i), Vertinant vėlyvų pavasario šalnų pokyčių erdvinį pasiskirstymą bendros tendencijos tarp skirtingų modelių taip pat neišryškėja (1 pav.).



1 pav. Vėlyvų pavasario šalnų pokyčiai lyginant 1995–2014 ir 2081–2100 metų laikotarpius, gauti naudojant skirtingų CMIP6 klimato modelių SSP2-4.5 ir SSP5-8.5 scenarijų duomenis. Taškais pažymėtose gardelėse gauti pokyčiai statistiškai reikšmingi ($p < 0,05$).

Išvados

Naudojant penkių skirtingų CMIP6 klimato modelių duomenis nustatyta, kad XXI a. pabaigoje lyginant su 1995–2014 metų laikotarpiu rytinėje Baltijos jūros regiono dalyje tiek vegetacijos sezono pradžios data, tiek paskutinė pavasario šalnos data taps ankstesnė. Numatomi pokyčiai daugeliu atvejų statistiškai reikšmingi (kai $p < 0,05$) visose tyrimo teritorijos gardelėse. Labiau neapibrėžtos yra vėlyvų pavasario šalnų prognozės. Pagal trijų klimato modelių duomenis numatomas šių kompleksinių klimato įvykių skaičiaus augimas, pagal likusių dviejų – mažėjimas. Didesni pokyčiai numatomi pagal didelės emisijos SSP5-8.5 visuotinio atšilimo scenarijų.

Literatūra

- Chamberlain, C. J., Cook, B. I., García de Cortázar-Atauri, I., & Wolkovich, E. M. (2019). Rethinking false spring risk. *Global Change Biology*, 25(7), 2209–2220. <https://doi.org/10.1111/gcb.14642>
- Ma, Q., Huang, J. G., Hänninen, H., & Berninger, F. (2019). Divergent trends in the risk of spring frost damage to trees in Europe with recent warming. *Global Change Biology*, 25(1), 351–360. <https://doi.org/10.1111/gcb.14479>
- 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 and Environment*, 1(7), 333–347. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0060-z>

Lietuvos upių maksimalaus nuotėkio pasiskirstymo per metus kaitos tendencijos

Laurynas Mackevičius¹

¹ Vilniaus universitetas (laurynas.mackevicius@chgf.stud.vu.lt)

Įvadas

Per pastaruosius keliasdešimt metų klimato kaita bei jos poveikis hidrologiniam ciklui ir upių nuotėkiui tampa vis svarbesne mokslinių tyrimų sritimi. Pavasario potvyniai Lietuvoje prasideda vis anksčiau, ryškūs nuotėkio pasiskirstymo per metus pokyčiai taip pat stebimi ir kitais sezonais. Pastebimos reikšmingos neigiamos didžiausių pavasario potvynių debitų kaitos tendencijos, patvirtinančios pavasario potvynių mažėjimą Lietuvoje (Meilutytė-Lukauskienė et al., 2017). Todėl potvynių datų kaita tampa vis ryškesnė, o tai lemia upių nuotėkio kaitos tendencijas bei veiksnius, nuo kurių priklauso standartinė nuotėkio pasiskirstymo schema bei hidrologinis sezoniškumas šalyje.

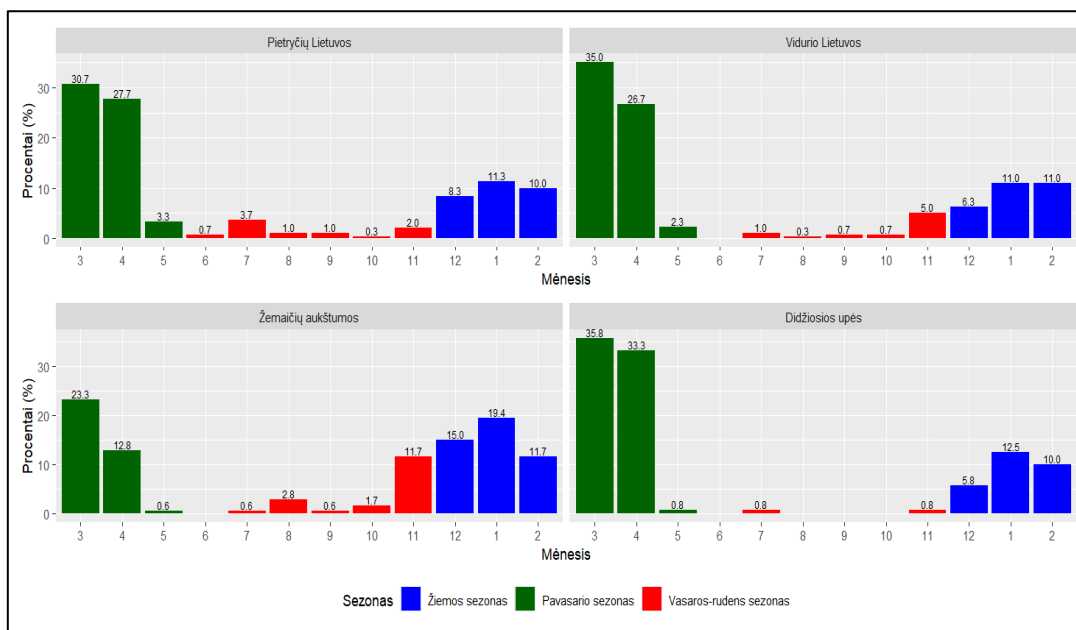
Pasitelkus naujus hidrologinius bei nuotėkio duomenis šiame darbe bus siekiama išsiaiškinti, kaip kinta maksimalus daugiametis upių nuotėkis bei įvertinti jo pokyčių tendencijas skirtingais laikotarpiais. Darbo tikslas yra nustatyti bei įvertinti maksimalaus nuotėkio (potvynio piko) datų kaitos tendencijas šalies upėse per pastaruosius keliasdešimt metų.

Duomenys ir darbo metodika

Tyrimo buvo naudojami Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos duomenys, reprezentuojantys penkiolika Lietuvos upių laikotarpiu nuo 1961 iki 2020 metų bei apimantys kasdienius kiekvienos upės debitus minėtu laikotarpiu. Nagrinėjant duomenis buvo siekiama įvertinti maksimalaus debito arba potvynių pikų datų kaitą bei jų tendencijas nagrinėjamos upėse. Kiekvienai upei kasmet būdinga skirtinga potvynio piko data, tačiau visos upės buvo lyginamos tarpusavyje atskirose hidrologinėse srityse. Todėl siekiant išanalizuoti maksimalių debitų kaitos regioninius ypatumus, nagrinėjamos Lietuvos upės buvo suskirstytos pagal hidrologines sritis (Janukėnienė, 1981). Į Žemaičių aukštumos hidrologinę sritį iš tiriamų baseinų pateko Jūros, Minijos ir Bartuvos upės, į Vidurio Lietuvos lygumos – Šušvė, Mituva, Nevėžis, Venta ir Nemunėlis, o į Pietryčių Lietuvos hidrologinę sritį – Strėva, Ūla, Verknė, Žeimena ir Merkys. Neris ir Nemunas buvo priskirtos didžiųjų (tranzitinių) upių grupei, nes surenka vandenį ne tik iš įvairių Lietuvos hidrologinių sričių, bet ir nemenką jo dalį atplukdo iš Baltarusijoje esančių savo aukštupių baseinų. Potvynių pikų datos ir maksimalūs debitai buvo išskiriami kalendorinių metų laikotarpiu kiekvieniems metams, duomenis suskirstant į 60-ties (1961–2020) bei 30-ties (1961–1990 bei 1991–2020) metų laikotarpius. Išrinkus potvynių pikų datas, buvo analizuojamos pagrindinės jų kaitos tendencijos atskirose upėse bei hidrologinėse srityse. Tuo tikslu buvo nustatytas ir išnagrinėtas bendras nuotėkio maksimumų atvejų skaičius atskirais mėnesiais visose analizuotose upėse 60-ties metų laikotarpiu bei skirtingais trisdešimtmečiais.

Rezultatai

Atlikus 1961–2020 metų laikotarpio maksimalaus debito atvejų pasiskirstymo analizę galima pastebėti, jog visose nagrinėjamos srityse išsiskiria kovo bei balandžio mėnesiai (1 pav.). Todėl pavasario sezonu Pietryčių (61,7 %), ir Vidurio (64,0 %) Lietuvos hidrologinių sričių upėse bei didžiosiose šalies upėse (69,9 %) nustatyta daugiausia maksimalaus debito reikšmių. Vienintelėje Žemaičių aukštumos hidrologinėje srityje daugiausia maksimalaus debito atvejų buvo nustatyta žiemos sezonu – 46,1 %. Žvelgiant į didžiąsias šalies upes, daugiausia debito maksimumo reikšmių nustatyta pavasario ir žiemos metu, todėl susidaro nedaug pavienių išskirčių kitais sezonais ir mėnesiais (1 pav.). Šias pavienes išskirtis lemia maksimalūs debitai, nustatyti Neries upėje, tai atskleidžia, kad Neris, būdama mažesnė už Nemuną, dažniau sureaguoja į liūtinio pobūdžio kritulius, tuo tarpu Nemune panašiais atvejais (vasaros-rudens sezonais) didesni poplūdžiai kyla itin retai. Atskirų 30-ties metų laikotarpių analizės metu pavyko nustatyti, kad 1961–1990 metų laikotarpiu daugiausia debito maksimumų susidaro pavasario sezono metu, o likusiais sezonais nustatytos tik pavienės išskirtys. Tuo tarpu nors 1991–2020 metų laikotarpiu nagrinėjamo hidrologinio rodiklio reikšmės Pietryčių bei Vidurio Lietuvos hidrologinėse srityse ir didžiosiose Lietuvos upėse taip pat dažniausiai nustatomos pavasarį, tačiau nemažai debito maksimumų susidaro ir žiemą.



1 pav. Metų maksimalių debitų atvejų pasiskirstymas atskirais mėnesiais įvairiose Lietuvos hidrologinėse srityse ir didžiosiose šalies upėse 1961–2020 m. laikotarpiu

Iš Vidurio Lietuvos hidrologinės srities upių atskirai galima išskirti Mituvą, kurioje daugiausia maksimalaus debito atvejų antruoju trisdešimtmečiu nustatyta sausio mėnesį – 30,0 %. Verta paminėti, jog pirmuoju 30-ties metų laikotarpiu sausio mėnesį šioje upėje buvo užfiksuota tik 3,0 % debito maksimumo atvejų. Iš to galima spręsti, kad maksimalių debitų sezoninio pasiskirstymo pokyčiai ryškiausiai matomi pietvakarinėje Vidurio Lietuvos hidrologinės srities dalyje. Tuo tarpu Žemaičių aukštumos upėse 1991–2020 metų laikotarpiu maksimalūs debitai dažniausiai fiksuojami žiemos sezono metu, o 1961–1990 metų laikotarpiu – pavasario metu. Pastebėtina, jog keičiantis trisdešimtmečiams pavasarį stebimų debito maksimumų atvejų skaičius mažėja, o žiemą didėja.

Išvados

Viso 1961–2020 m. laikotarpio metu tirtose hidrologinėse srityse maksimalūs debito atvejai dažniausiai fiksuojami kovo bei balandžio mėnesiais. Pavasario sezonu Pietryčių, Vidurio Lietuvos hidrologinėse srityse bei didžiosiose šalies upėse nustatyta daugiausia maksimalaus debito reikšmių. Tik Žemaičių aukštumos upėse daugiausia maksimalaus debito atvejų per visą 60-ties metų laikotarpį buvo nustatyta žiemos sezonu. Nustatyta, jog tiriant 30-ties metų laikotarpius, stebima aiški tendencija, kad lyginant antrojo ir pirmojo trisdešimtmečio duomenis, mažėja maksimalaus debito atvejų skaičius pavasarį, bet didėja žiemą.

Literatūra

- Janukėnienė, R. (1981). Hidrologinis rajonavimas. Lietuvos atlasas. Maskva: Vyriausioji geodezijos ir kartografijos valdyba prie TSRS Ministrų Tarybos.
- Meilutytė-Lukauskienė, D., Akstinas, V., Kriaučiūnienė, J., Šarauskienė, D., & Jurgelėnaitė, A. (2017). Insight into variability of spring and flash flood events in Lithuania. *Acta Geophysica*, 65(1), 89–102.

Meteocunamių modeliavimas naudojant meteorologinių radarų duomenis

Laura Nesteckytė^{1,2}, Loreta Kelpšaitė-Rimkienė¹, Vasily Titov², Jadranka Šepić³

¹ Klaipėdos Universitetas, Jūrinių tyrimų institutas (laura.nesteckyte@ku.lt)

² NOAA/Ramiojo vandenyno jūrų aplinkos laboratorija, Sietlas, JAV

³ Gamtos mokslų fakultetas, Splito universitetas, Kroatija

Įvadas

Vis dažniau diskutuojama ne tik apie seisminių cunamių keliamą pavojų, bet ir apie meteorologinių cunamių (meteocunamių) keliamą riziką (Monserrat et al., 2006; Nesteckytė et al., 2024; Pattiaratchi & Wijeratne, 2015; Pellikka et al., 2020; Titov & Moore, 2021; Wijeratne & Pattiaratchi, 2024). Šie reiškiniai kelia ypatingą grėsmę gyventojams, turistams tiek sekliose pakrantėse ar siaurose įlankose, tiek uostuose esančiai infrastruktūrai.

Seisminių cunamių prognozavimas gerokai pasistūmėjo į priekį, įsteigus perspėjimo centrus, tokius kaip Nacionalinis cunamių perspėjimo centras (angl. National Tsunami Warning Center, NOAA), ir sukūrus modeliavimo platformas, tokias kaip ComMIT (Pattiaratchi & Wijeratne, 2015; Titov et al., 2011), leidžiančias atlikti savalaikes, tikslias seisminių cunamių prognozes. Visgi, meteocunamių prognozavimas tebėra iššūkis dėl juos sukeliančių atmosferos slėgio trumpalaikių svyravimų duomenų trūkumo. Tačiau Titov ir Moore (2021) iškėlė hipotezę, kad meteorologinių radarų atspindžio duomenys (angl. reflectivity data) gali būti panaudoti kaip tiesioginiai, nuo laiko priklausantys įvesties duomenys meteocunamių susidarymo ir plitimo modeliavimui – kaip apytikslis atmosferos slėgio atitiktuo.

Manoma, kad didesnis radaro atspindžio intensyvumas atitinka didesnius atmosferos slėgio pokyčius nagrinėjamoje teritorijoje. Nors atmosferos slėgio tiesiogiai iš radaro duomenų nustatyti negalima, galima apskaičiuoti jo pokyčio dydį. Slėgio perskaičiavimas gali būti atliekamas naudojant pradinę atmosferos slėgio reikšmę, gautą iš artimiausios meteorologijos stoties matavimų (Titov & Moore, 2021). Šio darbo tikslas – spręsti atmosferos slėgio duomenų trūkumo problemą, meteocunamių prognozavimui panaudojant meteorologinių radarų duomenis. Siekiama įvertinti šių duomenų tinkamumą meteocunamių įvykiams Pietryčių Baltijos jūroje, Klaipėdos sąsiauryje, atkartoti.

Duomenys ir darbo metodika

Šiame darbe buvo modeliuojami meteocunamiai 2020 metų birželio 20 d. ir jų sukelti vandens lygio svyravimai Klaipėdos uoste. Meteocunamio sklidimo modeliavimui naudotas skaitmeninis modelis, kurio pagrindas yra „Method of Splitting Tsunamis“ (MOST) modelis (Titov et al., 2011; 2016). MOST plačiai taikomas seisminių cunamių modeliavimui, validuotas atliekant laboratorinius eksperimentus ir istorinių cunamių modeliavimą (Horrillo et al., 2015; Titov & Gonzalez, 1997). Nuo 2012 m. naudojamas Nacionalinės vandenynų ir atmosferos tyrimų administracijos (NOAA) (Titov et al., 2016). Reikia paminėti, kad MOST yra pritaikomas ir nuošliaužų sukeltiems cunamiams prognozuoti (Titov & González, 2000; Titov & Moore, 2021).

MOST modelis buvo naudojamas pasitelkiant ComMIT (<https://nctr.pmel.noaa.gov/ComMIT/>) vaizdinę sąsają. MOST modelyje atmosferos slėgio pokytis ir poveikis vandens paviršiui aprašomas kaip:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial h}{\partial x} &= g \frac{\partial d}{\partial x} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial h}{\partial y} &= g \frac{\partial d}{\partial y} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} \\ \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} &= 0, \end{aligned}$$

kur h yra vandens lygio svyravimų amplitudė, $d(x, y)$ gylis gardelėje, $u = u(x, y, t)$ ir $v = v(x, y, t)$ yra orų sistemos judėjimo greitis x ir y kryptimis, P – atmosferos slėgio pokytis, ρ – vandens tankis, g – laisvojo kritimo pagreitis. Kaip alternatyva atmosferos slėgiui buvo naudotos meteorologinių radarų nuotraukų atspindžio reikšmės, gautos iš Lietuvos Hidrometeorologijos tarnybos (LHMT).

Meteocunamio bangos sklidimas buvo modeliuotas pietinėje ir centrinėje Baltijos jūros dalyje, piečiau 59° šiaurės platumos lygiagrečių. Bangos sklaidos modeliavimui naudota gardelė, kurios dydis buvo 400 metrų, o modeliuojant bangos aukštį Klaipėdos uoste – 10 metrų gardelė.

Rezultatai

Siekiant pritaikyti V. Titov (2021) meteocunamių prognozavimo MOST modelį Pietryčių Baltijos jūrai ir Klaipėdos uostui, buvo pasirinktas vasaros metu susidaręs meteocunamis. 2020 m. birželį Klaipėdą pasiekusi vasaros audra su perkūnija, kurios judėjimo greitis buvo 6–17 m/s (artimas ilgų bangų judėjimo greičiui Kuršių mariose ir Klaipėdos uoste), sukėlė meteocunamį uoste. Šis staigus vandens lygio svyravimas dėl išskirtinės Klaipėdos uosto formos, geografinės padėties ir akvatorijos batimetrijos buvo sustiprintas Proudmano rezonanso. Dėl to energija buvo perduodama efektyviau, o vandens lygio svyravimų amplitudė išaugo. Modelio rezultatai parodė, kad perkūnijos metu uosto akvatorijoje staiga susiformavo vandens lygio svyravimas, kurio amplitudė siekė 0,25 m – tai atitiko realiai užfiksuotus vandens lygio svyravimus.

Išvados

Darbo rezultatai parodė, kad meteorologinių radarų atspindžio vaizdai gali būti naudojami kaip alternatyva sprendžiant atmosferos slėgio duomenų trūkumą meteocunamių modeliavime. Be to, atlikus meteocunamių modeliavimą Klaipėdos uosto akvatorijai, gauti rezultatai įrodo, kad MOST modelis ir meteorologinių radarų duomenų panaudojimas yra universalus metodas, pritaikytinas visame pasaulyje.

Pagrindiniai meteorologinių radarų duomenų naudojimo privalumai yra jų prieinamumas realiu laiku, vaizdų seka leidžia lengvai nustatyti slėgio anomalijos judėjimo greitį, kryptį ir galimą plotą, o erdvinė bei laiko skiriamoji geba yra pakankama, kad juos būtų galima tiesiogiai naudoti meteocunamių susidarymo ir plitimo modeliuose. Dėl to nereikia sudėtingos interpoliacijos, o tai supaprastina ir pagreitina modeliavimą.

Literatūra

- Horrillo J., Grilli S.T., Nicolsky D., et al. (2015). Performance Benchmarking Tsunami Models for NTHMP's Inundation Mapping Activities. *Pure and Applied Geophysics*, 172, 869–884. <https://doi.org/10.1007/s00024-014-0891-y>
- Montserrat S., Vilibić I., Rabinovich A.B. (2006). Meteotsunamis: atmospherically induced destructive ocean waves in the tsunami frequency band. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 6, 1035–1051. <https://doi.org/10.5194/nhess-6-1035-2006>
- Nestecykė L., Stankūnavičius G., Kelpšaitė-Rimkienė L., Šepić J. (2024). 2023 November Storm in The Port of Klaipėda; Why was The Port Closed? *Pure Appl Geophys*. <https://doi.org/10.1007/s00024-024-03596-9>
- Pattiaratchi C.B., Wijeratne E.M.S. (2015). Are meteotsunamis an underrated hazard? *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 373, 20140377. <https://doi.org/10.1098/rsta.2014.0377>
- Pellikka H., Laurila T.K., Boman H., et al. (2020). Meteotsunami occurrence in the Gulf of Finland over the past century. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 20, 2535–2546. <https://doi.org/10.5194/nhess-20-2535-2020>
- Titov V., Kânoğlu U., Synolakis C. (2016). Development of MOST for Real-Time Tsunami Forecasting. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 142, 03116004. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WW.1943-5460.0000357](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WW.1943-5460.0000357)
- Titov V., Moore C. (2021). Meteotsunami model forecast: can coastal hazard be quantified in real time? *Natural Hazards*, 106, 1545–1561. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04450-6>
- Titov V.V., Gonzalez F.I. (1997). NOAA Technical Memorandum ERL PMEL-112
- Titov V.V., Moore C.W., Greenslade D.J.M., et al. (2011). A New Tool for Inundation Modeling: Community Modeling Interface for Tsunamis (ComMIT). *Pure and Applied Geophysics*, 168, 2121–2131. <https://doi.org/10.1007/s00024-011-0292-4>
- Wijeratne E.M.S., Pattiaratchi C.B. (2024). Meteotsunamis Generated by Thunderstorms. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 129, e2023JC020662. <https://doi.org/10.1029/2023JC020662>

Formation and development of the New Eastern non-tidal inlet within the Baymouth of Lake Ustrychne, Black Sea

Oksana Shvets¹

¹ Nature Research Centre (e-mail: oksana.shvets@gamtc.lt)

Introduction

One of the characteristics of the coastal barriers in the northwestern parts of the Black Sea is the occurrence of non-tidal inlets (prorvas) that develop under wave-dominated conditions. These formations are often ephemeral and have different mechanisms of formation and development. However, the primary drivers for the formation of non-tidal inlets and their subsequent evolution are common, including meteorologically induced short-term water level fluctuations, wave climate and sediment transport processes (Bertin et al., 2015; Davydov et al., 2022; Masselink & Heteren, 2014).

The baymouth of Lake Ustrychne is located within the mainland section of the Tendra-Dzharylhach barrier system. The region is subject to cyclones during the autumn and spring seasons, with strong winds or storms accompanied by extreme sea level fluctuations. These events lead to increased erosion, overtopping, and the formation or reactivation of non-tidal inlets within the barriers of the respective system. The baymouth of Lake Ustrychne remained stable for an extended period (approximately 70 years), preventing the backbarrier water body from exchanging water with the sea until the storm of November 2023, during which an inlet was formed.

The aim of this study is to analyze the evolutionary trends of the newly formed non-tidal inlet within the Ustrychne baymouth and the key factors influencing its development.

Methods and data

To assess the morphodynamic trends of the inlet situated within the baymouth of Lake Ustrychne, satellite imagery (Sentinel-2) and meteorological data from the Poseidon System monitoring and forecasting system were employed. Near-infrared (NIR) satellite imagery (B08 band) was used to accurately identify the surface portion of the barrier and thus confirm the complete closure of the inlet. The evaluation of morphological changes was carried out through satellite image mapping using the QGIS software.

Results

The length of the baymouth of Lake Ustrychne is approximately 3.7 km, with an average surface elevation of about 1.5 m (Davydov et al., 2024). The barrier is composed of medium-grained sand with a mixture of shell fragments and detritus. The inlet formed during Storm Bettina (November 2023) was named New East. Genetically, it belongs to the storm-surge generated type (Davydov et al., 2022). As Lake Ustrychne lacked direct water exchange with the sea, its water level was significantly lower than that of the sea. Under such conditions, the formation of the inlet not only led to the destruction of the barrier body but also to the leveling of water levels between adjacent water bodies and the flooding of the landward margin of the baymouth, thereby reducing its overall area (Fig.1, b). The formation of the inlet occurred during the passage of two successive cyclones through the Black Sea basin from 26 to 30 November 2023. During the passage of the first low-pressure area over the study region, winds were westerly and southwesterly. The highest wind speeds were recorded on November 27, exceeding 20 m/s, with wave heights varying from 2.2 to 3.7 meters. The second cyclone brought winds from the south and southwest, leading to wave heights fluctuating between 2.3 and 3.2 meters. Both cyclones moved from the southwest to the northeast, but the track of the second cyclone was situated further north than the first, directly over the northwestern coastal zone of the Black Sea. This caused different wind directions and, consequently, varying wave activity in the study area. The pressure at the centre of the cyclones was 978 and 993 hPa respectively. The conditions described led to the formation of Storm Bettina, which was characterized by a complex cycle (Davydov et al., 2024). The New East inlet consisted of two channels separated by a small remnant of the baymouth body. Since January 2024, there has been a trend towards the closure of the inlet, due to active alongshore sediment transport. In February, the eastern channel of the inlet was completely filled with sediments, and on August 26, satellite imagery showed its complete closure primarily due to the extension of the western end of the barrier (Fig.1, c). The reactivation of the inlet occurred on 20-23 November 2024, when two successive cyclones moved from west to east across the Ukrainian mainland (Fig.1, d). It should be noted that the centers of the cyclones were located over the mainland, while the coastal zone was on the periphery of the low-pressure area.

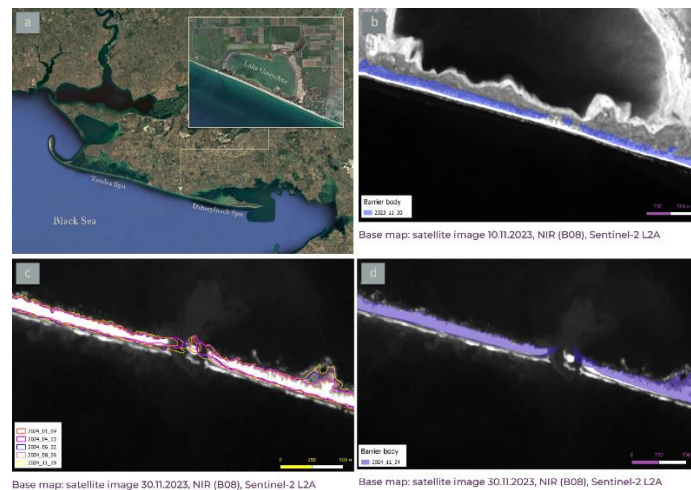


Fig. 1. Spatial location of the baymouth of Lake Ustrychne (a) ; comparison of the barrier body before and after Storm Bettina (b); evolution of the New East inlet, 2024 (c); location of the New East inlet in 2023 and 2024 (d).

The atmospheric pressure at the centers of the cyclones was 992-994 hPa in the first and reached 1000 hPa in the second. Accordingly, this had a direct impact on wind speed and direction. In the northwestern part of the Black Sea, the wind originated from the southeast, south, southwest, and west directions. Wind speeds in the study area ranged from 7 to 14 m/s. During this period, in the baymouth area, wave heights ranged from 1.3 to 2.9 meters during the passage of the first cyclone (November 20-21) and from 1.2 to 1.7 meters during the passage of the second cyclone (November 22-23). The maximum wave activity was observed from the southern direction. This event caused the re-opening of the New East inlet. In February 2024, a trend towards its closure was observed once again.

Conclusions

Since Lake Ustrychne, which separates the baymouth, is small in area and shallow, wave activity from the lake side is insufficient to maintain the functioning of the New East inlet. The primary factors influencing the evolution of the inlet are alongshore sediment transport and the hydrodynamic conditions during the passage of autumn cyclones over the area. Upon examining the two events described above, it can be concluded that a prolonged and strong wave activity (4-5 days) from the southern direction is necessary for the opening or reactivation of inlets within this baymouth. Since the angle of wave approach is an important factor and the baymouth of Lake Ustrychne has remained relatively stable for an extended period, it is necessary to conduct a retrospective analysis of its development since its last opening in 1956.

References

- Bertin, X., Fortunato, A. B., & Dodet, G. (2015). Processes controlling the seasonal cycle of wave-dominated inlets. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 15(1), 9–19. <https://doi.org/10.5894/rgci524>
- Davydov, O., & Karaliūnas, V. (2022). Genetic diversity of inlet systems along non-tidal coasts: examples from the Black Sea and Sea of Azov (Ukraine). *Baltica*, 35(2), 125–139. <https://doi.org/10.5200/baltica.2022.2.3>
- Davydov, O. V., Simchenko, S.V., & Kotovsky, I.M. (2024). Results of a Comprehensive Study of Dynamic Trends in the Development of the Indigenous Abrasion Coast within the Tendra–Dzharylgach. System (Black Sea, Ukraine). *Scientific Bulletin of Kherson State University*, 21, 22–35. <https://doi.org/10.32999/ksu2413-7391/2024-21-3>
- 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>
- Masselink, G., & Heteren, S. (2014). Response of wave-dominated and mixed-energy barriers to storms. *Marine Geology*, 352, 321–347. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2013.11.004>

Mašininio mokymosi taikymas kranto profilio vystymosi prognozei

Pranciškus Brazdžiūnas¹, Donatas Pupienis^{1,2}

¹ Vilniaus universitetas, geomokslų institutas (pranciskus.brazdziunas@chgf.stud.vu.lt)

² Gamtos tyrimų centras, geoaplinkos tyrimų laboratorija

Ivadas

Pietryčių Baltijos jūros smėlėti krantai yra dinamiškos geomorfologinės sistemos su savita ekosistema. Jų vystymąsi lemia tiek aplinkos sąlygos, tiek žmogaus veikla. Paskutiniu metu jūrų krantai vis dažniau patiria eroziją, kurią lemia jūros lygio kaita ir intensyvėjančios audros (Labuz et al., 2018). Šiandieniniame klimato kaitos kontekste svarbu suprasti kaip krantas gali reaguoti į hidro-meteorologinių veiksnių pokyčius. Kintantis jūros lygis, vėjas ir bangos lemia krantų vystymąsi. Tačiau, iki šiol yra sunku įvertinti kompleksinį veiksnių sąveikos poveikį krantams, o dar sudėtingiau yra krantų vystymąsi prognozuoti (Brazdžiūnas et al., 2024). Norint prognozuoti kranto vystymąsi reikia įvertinti veiksnių poveikį atskiriems kranto morfometriniams parametrams bei jų tarpusavio ryšius, tačiau tai įgyvendinti yra problematiška dėl veiksnių dinamikos. Problemos sprendimui galima pasitelkti mašininio mokymosi metodus, kurie leidžia analizuoti dinامينius ryšius tarp skirtingų įvesties parametrų ir jų kaitos laike (Smagulova & James, 2019). Išanalizavus kranto vystymąsi praeityje ir nustatčius jų ryšius su hidro-meteorologiniais veiksniais galima prognozuoti kranto morfometrinius parametrus ir sukurti modelį, kuris leistų numatyti galimus kranto pokyčius ateityje. Darbo tikslas – įvertinti mašininio mokymosi modelio galimybes ir taikymą prognozuojant kranto vystymąsi.

Duomenys ir darbo metodika

Tyrimui naudojami Baltijos jūros kranto ties Nida skersinės niveliacijos duomenys surinkti Gamtos tyrimų centro mokslininkų 1995–2018 metų laikotarpiu. Iš šių duomenų išrinkti kasmetiniai apsauginio kopagūbrio aukščio (h), papėdės aukščio (hp), ir paplūdimio pločio (L) duomenys ir apskaičiuoti tarpmetiniai pokyčiai. Dviejų sluoksnių neuroninių tinklų LSTM (*Long Short-Term Memory*) ir GRU (*Gated Recurrent Unit*) algoritmų modeliai apmokyti su kasmetiniais vėjo greičio, bangų aukščio (vidurkis, maksimumas, minimumas, mediana) ir jūros lygio (vidurkis, maksimumas, minimumas, amplitudė) duomenimis, kurie buvo paimti iš Klaipėdos MS ir Klaipėdos jūrų uosto VMS.

Vertinimui atlikti eksperimentai su skirtingais morfometriniiais parametrais. Modeliai apmokyti naudojant 90 % turimų duomenų, likusius 10 % naudojant validavimui. Vizualizuojant modelio progresą apmokymo eigoje įvertintas modelio patikimumas, palyginti skirtingų algoritmų modeliai ir nustatytos geriausių rezultatų vidutinės absoliučios paklaidos (MAE).

Rezultatai

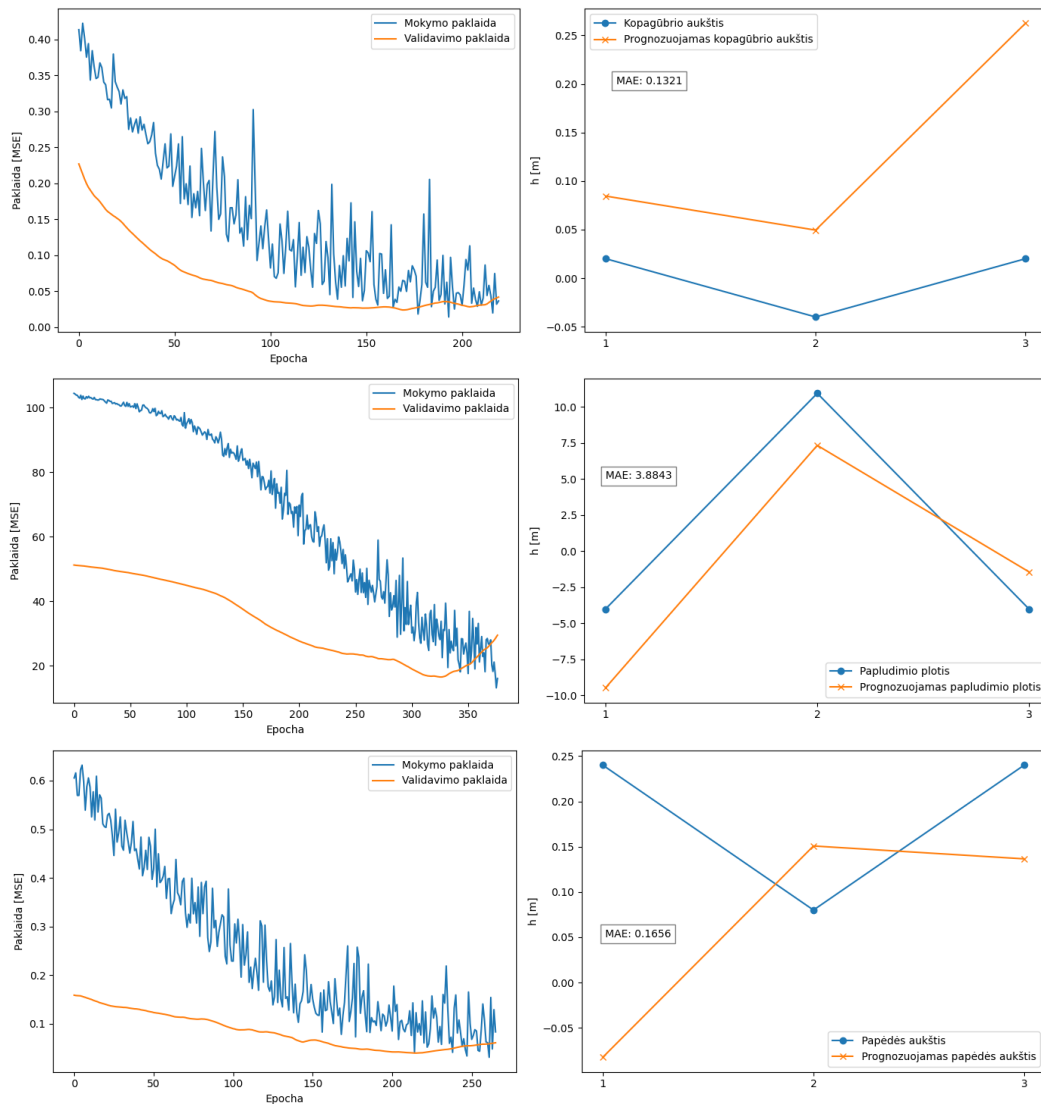
Palyginus skirtingų algoritmų modelių rezultatus nustatyta, kad jie nepasižymi reikšmingais skirtumais. Modelių mokymosi ir validavimo eiga rodo, kad patikimesnius rezultatus pateikia LSTM modelis. Šis algoritmas duomenis generalizuoja šiek tiek geriau, tačiau dalyje abiejų modelių paleisčių validavimo klaida paskutinėse epochose kyla ir mokymosi pabaigoje viršija mokymosi paklaidą. Tokia mokymosi eiga rodo, kad bendrai abu modeliai stengiasi pateikti rezultatus pagal žinomas vertes (*overfitting*), o ne nustatytus ryšius, kas verčia abejoti rezultatų patikimumu.

Patikimiausi rezultatai gaunami prognozuojant kopagūbrio aukštį. LSTM modelio kopagūbrio aukščio prognozės rezultatas siekė 0,13 MAE (1 pav.). Palyginus su kopagūbrio aukščio standartiniu nuokrypiu ($\sigma = 0,57$), toks rezultatas rodo, kad kopagūbrio aukštį prognozuoti galima pakankamai tiksliai. GRU modelio rezultatai parodė 0,24 MAE . Abu modeliai teisingai interpretuoja hidro-meteorologinių parametrų poveikį, todėl atitinkamai prognozuoja akumuliaciją ir eroziją, tačiau prognozės validavimo rezultatai rodo, kad modelis linkęs pervertinti kopagūbrio aukštį. Papėdės aukštį ($\sigma = 0,72$) abu modeliai prognozuoja vienodai (0,17 MAE). Nors paklaida sąlyginai nedidelė modelis priešingai interpretuoja pokyčius. Šiek tiek mažesnę paplūdimio pločio ($\sigma = 10,06$) prognozės paklaidą (3,56 MAE) parodė GRU algoritmas, tačiau rezultatas nuo LSTM modelio (3,88 MAE) ženkliai nesiskiria.

Išvados

Eksperimentai parodė, kad mašininio mokymosi metodai potencialiai gali būti taikomi kranto morfometrinių parametrų prognozei. Nors atlikti eksperimentai ir nepateikė patikimų rezultatų labiausiai tai susiję su

duomenų trūkumu, o tai kelia naujus iššūkius tiek su modelio apmokymu, tiek testavimu, tiek ir prognozės validavimu. Siekiant tikslesnių rezultatų reikalingi patobulinimai. Patikimesnį kranto morfometrinių parametų prognozės modelį padėtų sukurti ilgesnė duomenų eilė, kuri leistų įvertinti didesnius ir įvairesnius parametų svyravimus bei geriau suprasti jų tarpusavio ryšius.



1 pav. LSTM modelio mokymosi (kopagūbrio, paplūdimio pločio ir papėdės) vidutinės kvadratinės paklaidos kaita (kairėje) ir trejų metų modelio prognozės validavimo rezultatai (dešinėje)

Rezultatus reikšmingai įtakoja modelio architektūra t.y. neuronų, sluoksnių skaičius bei kiti parametrai. Dabartinis modelio variantas prastai generalizuoja duomenis (*overfitting*). Tobulinant modelį reikėtų ieškoti optimalaus algoritmo, kuris gebėtų įvertinti ryšius iš turimų duomenų kiekio, todėl ateityje numatoma išbandyti ir kitus giliuosius arba rekurentinius neuroninių tinklų modelius.

Literatūra

Brazdžiūnas, P., Pupienis, D., Jarmalavičius, D., & Žilinskas, G. (2025). Space–Time Tendencies of Coastal Dynamics based on Morphometric and Hydro–Meteorological Data (Curonian Spit, Lithuania). *Journal of Coastal Research*, 113(SI), 300–304.

Łabuz, T. A., Grunewald, R., Bobykina, V., Chubarenko, B., Česnulevičius, A., Baurėnas, A., ... & Tõnisson, H. (2018). Coastal dunes of the Baltic Sea shores: A review. *Quaestiones Geographicae*, 37(1), 47–71.

Smagulova, K., & James, A. P. (2019). A survey on LSTM memristive neural network architectures and applications. *The European Physical Journal Special Topics*, 228(10), 2313–2324.

Dovinės upės baseino ežerų būklės tyrimas naudojant palydovinius duomenis

Rokas Tamašauskas¹, Dalia Grendaitė^{1,2}

¹ Geomokslų institutas, Vilniaus universitetas (rokas.tamasauskas@chgf.stud.vu.lt)

² Klimato ir vandens tyrimų laboratorija, Gamtos tyrimų centras

Ivadas

Vandens kokybės parametų stebėseną upėse, ežeruose ir kituose vandens telkiniuose dėl didelių finansinių sąnaudų ir riboto objektų prieinamumo yra sudėtingas procesas. Todėl ekonomiškai efektyvūs nuotoliniai stebėjimo metodai tampa vis aktualesni vandens kokybės stebėsenai ir prognozavimui tiek mažose, tiek didelėse bei sunkiai pasiekiamose teritorijose (Kilpys et al., 2021). Net 64 % Lietuvos ežerų neatitinka geros ekologinės būklės kriterijų, tarp jų ir Dovinės upės baseino ežerai (Nacionalinis vandenų srities 2022–2027 m. planas). Chlorofilas α (*chl*a) dažnai naudojamas kaip reprezentatyvus rodiklis ežero produktyvumui ir vandens kokybei vertinti (Filazzola et al., 2020). *Chl*a koncentracija natūraliai kinta dėl sezoninių svyravimų bei klimato pokyčių, tačiau ji taip pat yra jautri antropogeniniam poveikiui. Didžiausią įtaką tam daro iš žemės ūkio veiklos kilęs azoto ir fosforo perteklius, patekęs į ežerus su trąšų nuotėkiu (Tesfaye, 2024).

Šio darbo tikslas – naudojant palydovinius duomenis įvertinti ilgalaikę Dovinės baseino ežerų vandens būklės kaitą ir nustatyti sąsajas su žemėnaudos ir antropogeninio poveikio pokyčiais.

Duomenys ir darbo metodika

Dovinės upės baseine (plotas 588,7 km²), esančiame pietinėje Lietuvos dalyje, telkšo trečias pagal dydį Lietuvoje Dusios ežeras (Metelių regioninis parkas) bei Žuvinto ežeras, kuris įtrauktas į saugomą valstybinį biosferos rezervatą, taip pat Simno, Gilučio, Amalvo ir Babrų ežerai. Visi ežerai yra ledyninės kilmės, tačiau kiekvienas iš jų pasižymi skirtingomis morfometrinėmis, hidrologinėmis ir ekologinėmis savybėmis.

Siekiant įvertinti ežerų aplinkos veiksnių poveikį jų būklei ir ekologiškai dinamikai, buvo analizuojami du pagrindiniai aspektai: (1) žemėnaudos pasiskirstymas ir kaita ežerų baseinuose bei (2) *chl*a koncentracijos pokyčiai.

1. Žemėnaudos pasiskirstymas ir kaita. Esamai žemėnaudos būklei ir kaitai įvertinti buvo pasitelkti trijų šaltinių duomenys: Europos aplinkos agentūros *CORINE* programos (2000; 2006; 2012 ir 2018 m.), Lietuvos respublikos teritorijos georeferencinio pagrindo kadastro (*GRPK*, 2013–2025 m.) ir Europos Kosmoso Agentūros *Copernicus* programos *Sentinel-2 Land Cover (S2 Land Cover)* duomenys (2017–2023 m.). Remiantis šiais duomenimis buvo įvertintas žemėnaudos pasiskirstymas Dovinės upės baseine ir tiriamų ežerų baseinuose, taip pat 0–250 m spinduliu aplink tiriamus ežerus. 250 m buferio zona aplink ežerą pasirinkta, nes šis atstumas leidžia įvertinti tiesioginę ežero sąveiką su žemėnauda, kuri gali turėti reikšmingą poveikį vandens telkinio būklei.

2. Chlorofilas α . Šiame etape buvo panaudoti *Copernicus* programos optinio *Sentinel-2* palydovo jutiklio 2017–2024 m. laikotarpio duomenys ir Aplinkos Apsaugos Agentūros monitoringo *chl*a duomenys. Palydovinių duomenų pagrindu *chl*a koncentracijai nustatyti buvo taikomas modelis, paremtas mašininio mokymosi metodais (Grendaitė, 2023). Gauti duomenys buvo naudojami vandens telkinių ekologiškai būklei įvertinti pagal Aplinkos Ministerijos paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodiką (Grendaitė, 2023; Lietuvos Respublikos Vyriausybės, 2007).

Rezultatai

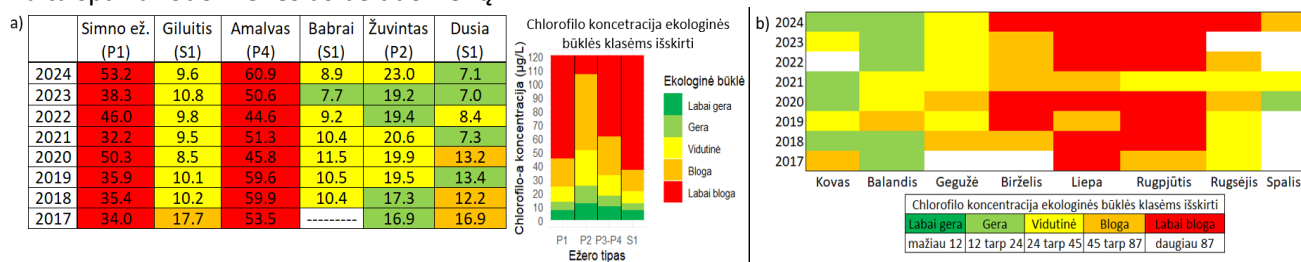
Pagal naujausius duomenis (*GRPK* 2025 m., *CORINE* 2018 m. ir *S2 Land Cover* 2023 m.), nustatyta, kad Dovinės upės baseine vyrauja agrarinis kraštovaizdis, kuris užima 63,07 % ploto, o natūralūs biotopai (34,32 %) sudaro mažesnę dalį, likusią dalį (2,60 %) užima urbanizuotas kraštovaizdis. Nors visi duomenys mažai kinta tyrimo laikotarpiu, tačiau dėl skirtingos duomenų skiriamosios gebos (*GRPK* iki 1 m, *CORINE* 100 m, *S2 Land Cover* 10 m) kartais nustatomi nedideli skirtumai. Nepaisant to galima pastebėti pasikartojančius kraštovaizdžio dėsningumus.

Per 2017–2024 m. laikotarpį vienam ežerui gauta nuo 163 iki 176 palydovinių stebėjimų (vidutiniškai 170). Vidutinis stebėjimų skaičius per metus buvo 22, mažiau debesuotais metais (2018–2021, 2023 m.) – 27 stebėjimai, o itin debesuotais (2022, 2024 m.) – 17. Didžiausios metinės *Chl*a koncentracijos ir didžiausi svyravimai pastebimi Amalvo ir Simno ežeruose, o mažiausios koncentracijos užfiksuotos Dusios ir Gilučio ežeruose. Bendros tendencijos rodo, kad kai kuriuose ežeruose *chl*a koncentracija kinta netolygiai –

skirtinguose ežeruose stebimos skirtingos tendencijos, kas gali būti siejama su hidrologiniais (upių intakų poveikis), klimatologiniais (kritulių kiekis, temperatūros pokyčiai) ar antropogeniniais (žemės ūkio veikla, urbanizacija, tarša, eutrofikacija) veiksniais. Per tiriamą laikotarpį Dusios ir Žuvinto ežeruose vyraujanti ekologinė klasė nustatyta gera, Gilučio ir Babrų ežeruose vidutinė, o Amalvo ir Simno ež. nustatytos prasčiausios vandens klasės. Tokia Amalvo ir Simno ežerų vandens būklę lėmė pasikartojantys intensyvūs vandens „žydėjimai“ (1a lentelė). Simno ež. per tiriamą laikotarpį kaip vyraujanti klasė nustatyta labai bloga (52,2 % visų palydovinių stebėjimų), tačiau neužfiksuota nei vienos datos su labai gera ekologine klase. Tokiai ežero ekologinei būklei įtakos turi šalia esantis Simno miestas ir žuvininkystės tvenkiniai. Visame ežero baseine, tiek buferinėje zonoje agrarinis kraštovaizdis sudaro apie 60 % žemėnaudos pasiskirstymo, kas turi didelės įtakos pablogėjusiai ekologinei būklei vasaros laikotarpiu (1b lentelė).

1 lentelė (a) Tiriamų ežerų vidutinės metinės chlorofilo α koncentracijos ir suskirstymas į ekologines klases, skliausteliuose pateiktas ežero tipas. (b) Ekologinės būklės klasių kaita Simno ež 2017–2024 m. Ekologinės klasės nustatytos pagal paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodiką (suskirstymas – a pagal *chl a* vid. indekso vertes, b pagal *chl a* max rodiklio indekso vertes) (Lietuvos Respublikos Vyriausybės, 2007).

Balta spalva rodo mėnesius be duomenų.



Išvados

Visame Dovinės upės baseine pagal visus duomenų šaltinius didžiąją dalį žemėnaudos užima nenatūralūs, agrariniai ir urbanizuoti kraštovaizdžiai, kurie potencialiai gali didinti taršą. Babrų, Dusios, Gilučio ir Žuvinto ežerai didžiąją stebėjimų dalį pasižymi gera ekologine būkle, tačiau fiksuojami ir stebėjimai, kai būklė yra vidutinė. Tuo tarpu Amalvo ežero ekologinė būklė išlieka nuolat prasta, o Simno ežero būklė kinta – nuo geros iki labai prastos visais stebėjimų metais.

Literatūra

- Chebud, Y., Naja, G. M., Rivero, R. G., & Melesse, A. M. (2012). Water quality monitoring using remote sensing and an artificial neural network. *Water, Air, and Soil Pollution*, 223(8), 4875–4887. <https://doi.org/10.1007/s11270-012-1243-0>
- Filazzola, A., Mahdiyan, O., Shuvo, A., Ewins, C., Moslenko, L., Sadid, T., Blgrave, K., Imrit, M. A., Gray, D. K., Quinlan, R., O'Reilly, C. M., & Sharma, S. (2020). A database of chlorophyll and water chemistry in freshwater lakes. *Scientific Data*, 7(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-00648-2>
- Grendaitė, D. (2023). *Chlorofilo α koncentracijos ežeruose nustatymas, remiantis Sentinel-2 palydovų duomenimis* (Daktaro disertacija, Vilniaus universitetas). <https://doi.org/doi.org/10.15388/vu.thesis.567>
- Kilpys, J., Jukna, L., Stonevičius, E., Šimanauskienė, R., & Bevainis, L. (2021). *Žemės stebėjimas iš kosmoso*. Vilnius University Press. <https://doi.org/10.15388/vup-book-0007>
- Lietuvos Respublikos Vyriausybė. (2007). *Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimas Nr. 4 „Dėl paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodikos“*. Teisės aktų registras. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.296626/asr>
- Lietuvos Respublikos Vyriausybė. (2022). *Dėl Nacionalinio vandenų srities 2022–2027 metų plano patvirtinimo* (Nutarimas Nr. 1292). Teisės aktų registras. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/394a366681fc11ebdbcebd68a7a0df7e>
- Tesfaye, A. (2024). Remote Sensing-Based Water Quality Parameters Retrieval Methods: A Review. *East African Journal of Environment and Natural Resources*, 7(1), 80–97. <https://doi.org/10.37284/eajenr.7.1.1753>

Kasmetinio žiedadulkių pasiskirstymo svyravimo ir meteorologinių sąlygų ryšys

Silvija Pipiraitė-Januškienė¹

¹ Vilniaus Universitetas, (silvija.pipiraite-januskiene@chgf.stud.vu.lt)

Ivadas

Žiedadulkės yra mažo dydžio ir aptakios formos medžių ir augalų išskiriamos dalelės, kurios gali produktyviai pasklisti didelėse teritorijose. Nemažai žmonių turi alergiją įvairių medžių žiedadulkėms (Asam et al., 2015), todėl informacija apie prasidėjusį augalų žydėjimą ir žydėjimo trukmės prognozės jiems yra aktualios. Kintant klimatui pastebima, kad žiedadulkių sezono pradžia ankstėja, trukmė kinta, pasitaiko ir atvejų, kai augalai bando pražsti jiems netipiniu metu. Šiame tyrime ieškoma sąsaja tarp įvairių žiedadulkių sezono rodiklių ir meteorologinių sąlygų.

Duomenys ir darbo metodika

Šiam tyrimui atlikti reikalingi duomenys gauti iš Vilniaus Universiteto Šiaulių Akademijos aerobiologų (kasdieniai beržo (*Betula*) ir alksnio (*Alnus*) žiedadulkių kiekiai kubiniame metre oro) bei Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos (vidutinė, minimali, maksimali oro temperatūra, kritulių kiekis). Tyrimo laikotarpis apima 2005–2023 metus. Skaičiavimai atlikti naudojant Vilniaus, Šiaulių ir Klaipėdos žiedadulkių monitoringo bei meteorologinių matavimų duomenis.

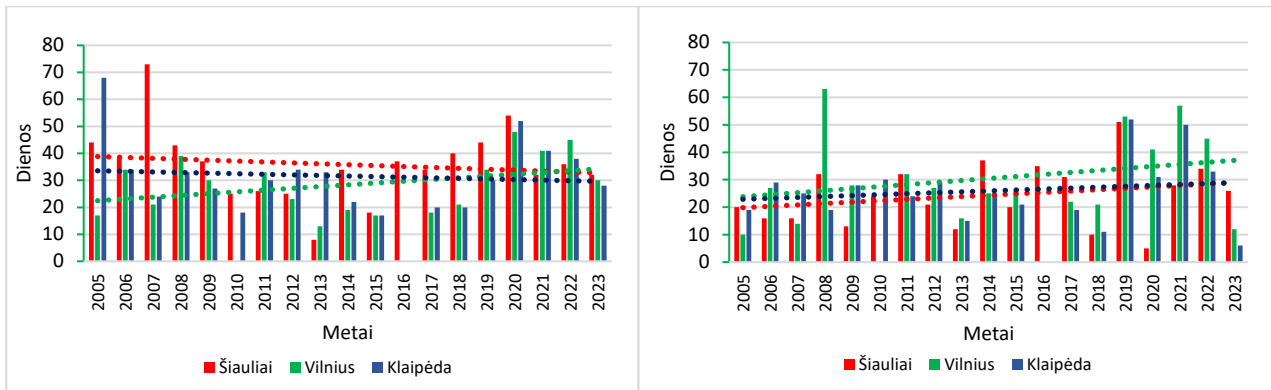
Tyrime analizuotos žiedadulkių sezono pradžios ir pabaigos datos, sezono trukmė, metinė dienos maksimali žiedadulkių koncentraciją (žiedadulkių dalelių kiekis/m³) ir jos data. Žiedadulkių sezonai, jų pradžios ir pabaigos datos, bei sezono trukmė vertinta dviem metodais. Pagal EAN (European Aeroallergen Network) žiedadulkių sezono pradžios data skaičiuojama, kai pasiekiamas 1% žiedadulkių skaičiaus kiekio per metus, ir baigiasi pasiekus 95 % žiedadulkių skaičiaus kiekį per kalendorinius metus. Pagal EAACI (European Academy of Allergy & Clinical Immunology) skaičiuojamas ne procentinis žiedadulkių kiekis, o žiedadulkių koncentracija ore per kelias iš eilės einančias dienas. Žiedadulkių sezonas prasideda pirmą dieną iš penkių iš eilės einančių dienų, kai kiekvieną dieną žiedadulkių kiekis yra ≥ 10 žiedadulkių/m³ ir šių 5 dienų suma ≥ 100 žiedadulkių/m³) ir baigiasi paskutinę dieną, kuri atitinka šiuos kriterijus (Pfaar et al., 2011). Koreliacinis ryšys tarp žiedadulkių sezono rodiklių ir meteorologinių sąlygų apskaičiuotas naudojant Spearman koreliacijos koeficientą. Ryšiai laikyti statistiškai reikšmingais kai $p < 0,05$. Naudotas Mann-Kendal testas siekiant nustatyti ar pokyčiai laiko eilutėse yra statistiškai reikšmingi.

Rezultatai

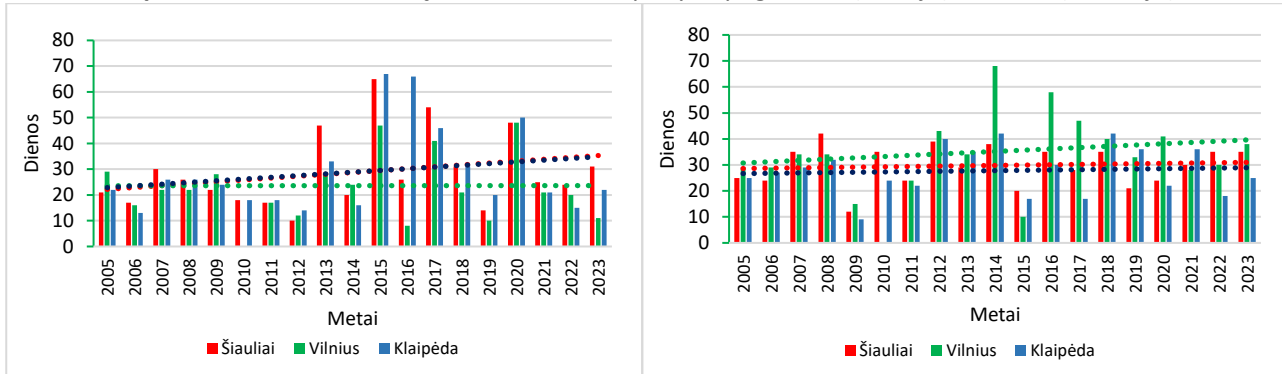
Vidutiniškai alksnio žiedadulkių sezonas prasideda kovo pirmoje pusėje ir baigiasi pirmoje balandžio pusėje. Pagal EAN pradžia fiksuojama šiek tiek anksčiau. Tyrimo laikotarpiu alksnio žiedadulkių sezono pradžios datos ankstėjo visoje Lietuvos teritorijoje. Pagal EAN didžiausias pokytis apskaičiuotas Vilniaus mieste – žiedadulkių sezono pradžia paankstėjo 34 dienomis. Pagal EAACI tiek Vilniuje, tiek Klaipėdoje žiedadulkių sezonas prasideda 27 dienomis anksčiau. Dėl ganėtinai trumpo tyrimų laikotarpio, net ir tokie dideli pasikeitimai daugeliu atveju nėra statistiškai reikšmingi. Tik Vilniuje abiem metodais apskaičiuotas sezono pradžios datos pokytis yra reikšmingas pagal Mann-Kendall testą. Klaipėdoje pagal EAACI Alksnio sezono pabaigos data taip pat ankstėja. Didžiausias pokytis pagal EAACI apskaičiuotas Klaipėdoje – 21 diena, o pagal EAN – Vilniuje (22 dienos).

Kadangi žiedadulkių sezono pradžios ir pabaigos datos ankstėja, sezono trukmės pokyčiai nėra vienareikšmiai. Pagal EAN metodiką apskaičiavus sezono trukmę, nustatyta, jog Vilniuje ji pailgėjo 12 dienų, o Šiauliuose ir Klaipėdoje nežymiai trumpėjo. Pagal EAACI metodą, visuose miestuose sezono trukmė ilgėja, o didžiausias pokytis Vilniuje – 14 dienų. Būtina paminėti, jog tiek analizuojant sezono pabaigos datas, tiek trukmę statistiškai reikšmingų pokyčių nenustatyta (1 pav.).

Beržo žiedadulkių sezonas prasideda balandžio viduryje ir baigiasi gegužės mėnesį (pirmoje pusėje pagal EAN ir antroje pusėje pagal EAACI). Beržo žiedadulkių sezono pokyčiai ženkliai mažesni ir visais atvejais statistiškai nereikšmingi. Pagal EAN metodą žiedadulkių sezono pradžios data ankstėjo (labiausiai Šiauliuose – 12 dienų). Kadangi sezono pabaigos datos beveik nepakito, Klaipėdoje bei Šiauliuose nežymiai išaugo sezono trukmė (13–14 dienų). Pagal EAACI pokytis dar mažesnis. Galima teigti, jog nepaisant vidutinės oro temperatūros augimo, beržo žiedadulkių sezono pokyčiai yra labai menki (2 pav.).



1 pav. Alksnio žiedadulkių sezono trukmės pokytis pagal EAN (kairėje) ir EAACI (dešinėje)



2 pav. Beržo žiedadulkių sezono trukmės pokytis dienomis pagal EAN (kairėje) ir EAACI (dešinėje)

Vertinant meteorologinių sąlygų įtaką alksnio žiedadulkių sezono rodikliams, nustatyta, jog tiek žiedadulkių sezono pradžia, tiek pabaiga didžiausią poveikį daro ankstyvo pavasario (vasario- kovo mėnesių) oro temperatūra. Vidutinės kovo mėnesio oro temperatūros ar vasario-kovo mėnesio temperatūros vidurkio koreliacijos su žiedadulkių sezono pradžios data koeficientai ($r < -0,7$) rodo jog augant oro temperatūrai, žiedadulkių sezonas ankstėja. Kiek mažiau svarbus yra kritulių kiekis. Dauguma koreliacijos koeficientų statistiškai nereikšmingi. Tik Šiauliuose reikšmingas ryšys sieja kovo mėnesio kritulių kiekį su žiedadulkių sezono pradžia ir pabaiga: augant kritulių kiekiui sezonas prasideda anksčiau.

Analizuojant beržo žiedadulkių sezono ryšius nustatyta, jog pastarieji yra silpnesni nei alksnio atveju. Statistiškai reikšmingi koreliacijos koeficientai siejantys sezono pradžia pagal EAN su vidutine kovo mėnesio temperatūra yra $-0,4$ – $-0,6$ °C, o pabaiga statistiškai reikšmingai siejasi su balandžio ir gegužės mėnesio temperatūra Šiauliuose bei Vilniuje. EAACI atveju dauguma koreliacijos koeficientų statistiškai nereikšmingi.

Išvados

Nustatyta, kad alksnio žiedadulkių sezono pradžia Lietuvoje 2005–2023 metais ankstėjo, o didžiausias ankstėjimo pokytis užfiksuotas Vilniuje – 34 dienos (pagal EAN). Sezono pabaigos datų ankstėjimas nėra toks didelis, todėl sezono trukmės tendencijos nėra vienareikšmės: kai kuriais atvejais trukmė statistiškai nereikšmingai didėjo, o kai kuriais mažėjo. Auganti ankstyvo pavasario oro temperatūra yra pagrindinis veiksnys, lemiantis žiedadulkių sezono pradžios ankstėjimą, o kritulių įtaka išlieka nedidelė ir daugeliu atvejų nereikšminga. Beržo žiedadulkių sezono pokyčiai mažesni ir visais atvejais nėra statistiškai reikšmingi, nepaisant bendro klimato šiltėjimo tendencijų.

Literatūra

- Asam, C., Hofer, H., Wolf, M., Aglas, L., & Wallner, M. (2015). Tree pollen allergens-an update from a molecular perspective. *Allergy*, 70(10), 1201–1211. <https://doi.org/10.1111/all.12696>
- Pfaar, O., Urry, Z., Robinson, D. S., Sager, A., Richards, D., Hawrylowicz, C. M., Bräutigam, M., & Klimek, L. (2011). A randomized placebo-controlled trial of rush preseasonal depigmented polymerized grass pollen immunotherapy. *Clinical & Experimental Allergy*, 41(12), 1686–1695.

Identifying Recreational Cultural Ecosystem Services in Vilnius and Lithuanian Coast: a PPGIS approach

Vita Gardauskė¹, Miguel Inácio², Eglė Baltranaitytė², Ramūnas Povilanskas¹, Paulo Pereira²

¹ Marine Research Institute, Klaipėda University (vita.gardauske@edu.ku.lt)

² Environmental Management Laboratory, Mykolas Romeris University

Introduction

Recreation, one of the most appreciated cultural ecosystem services (CES), refers to the natural environment's role in providing people with leisure, recreational opportunities, and experiences (Hermes, 2018). Recreational CES supply consist of two components: natural, linked to nature (e.g., forests, protected areas) and cultural, linked to heritage (e.g., museums, archaeological sites). However, mapping and assessing recreation and other CES remains challenging (Hermes, 2018; Hooftman, 2023). Technological advancements and data availability have driven CES research towards developing quantitative spatial-based methodological approaches in recent decades. Public Participation Geographic Information Systems (PPGIS) is an effective tool for assessing CES preferences and values (Palomo, 2013; Plieninger, 2013) and helps identify areas important for ecosystem services (ES) dynamics. This study aims to identify high-recreational CES areas via a PPGIS approach in Vilnius city municipality and the Lithuanian coastal region.

Methods and data

Study area: Vilnius is Lithuania's capital and biggest city (Fig. 1 A). It has an area of 401 km² (State Enterprise Centre of Registers, 2021) and a population of 601,952 in 2023 (OSP, 2024). The Lithuanian coastal region is located in the western part of the country and is divided into seven municipalities with a total population of 334,281 (OSP, 2024). The main seaside urban areas are Klaipėda (159 279 inhabitants), Palanga (18 059) and Neringa (4 263) (OSP, 2024).

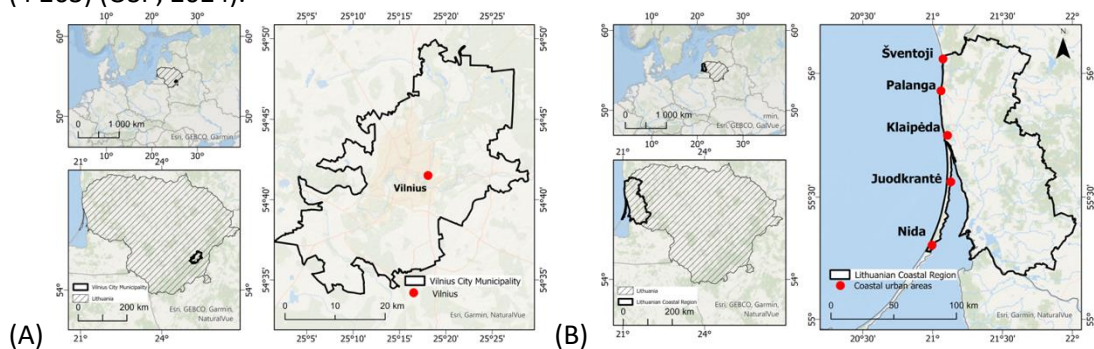


Fig. 1 Location of the study area: Vilnius municipality (A) and coastal region of Lithuania (B).

Methods: For this research, we analysed data from two online surveys in which respondents georeferenced the preferred locations for recreation. Data for Vilnius city municipality comprised 1032 valid responses and 5530 points, and the data for the Lithuanian coast region had 809 valid responses and 1240 points. The online surveys were developed using ESRI's Survey123 platform. Please see Kalinauskas et al. (2023) and Inácio et al. (2022) for detailed survey information. To identify high recreation CES areas, a point density analysis was conducted in ArcGIS Pro (ESRI, 2021) using the Kernel Density tool. Descriptive statistics were calculated using the ArcGIS Pro Zonal Statistics tool.

Results and Discussion

The results for Vilnius city municipality showed an average of 14 points per km² (Fig. 2A). Areas with a high recreation CES correspond to the historic old town with a high density of cultural attraction points, such as museums and restaurants. Areas with lower recreation CES are around Vilnius city, where recreational infrastructures, which supply natural and cultural recreational ecosystem services, are low. The results for the Lithuanian coastal region showed an average of 0.2 points per km² (Fig. 2B). Areas with high recreation CES correspond to the main urban coastal areas: Palanga, Klaipėda, Šventoji, Nida, and Juodkrantė. However, the highest density values are in Palanga and Šventoji, where amenities and attractions occur together with easy access to natural areas such as beaches and forests. Other coastal urban areas like Klaipėda and Nida

had a low density. The eastern and southern parts of the Lithuanian coastal region had very low to no density, likely due to being rural areas located further inland.

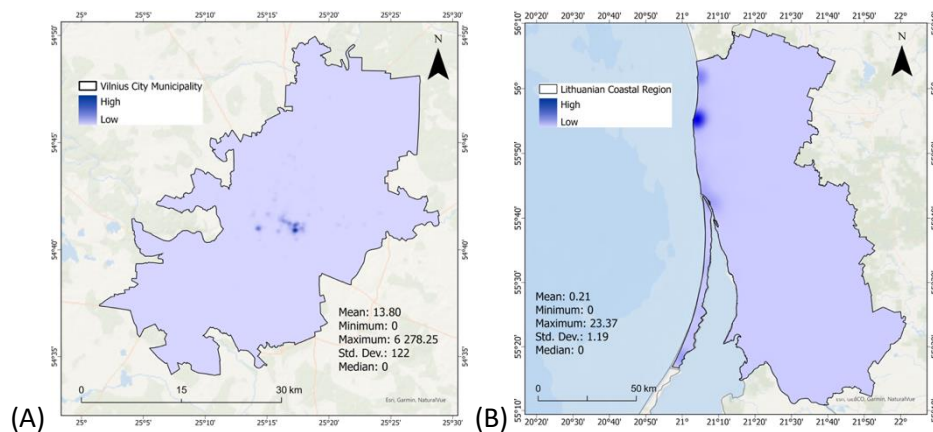


Fig. 2. Kernel density results for Vilnius municipality (A) and Lithuanian coastal region (B)

Conclusions

The results obtained in our study validate the value of the PPGIS approach to quantitatively map and assess CES, allowing us to understand people's spatial preferences for recreational areas. In Vilnius city municipality, respondents identified recreational CES areas mainly in the central part, corresponding to the old town. In the coastal region, respondents choose the northern coastal areas of the Lithuanian coastal region for recreation, particularly the city of Palanga. This information is essential in spatial planning and management efforts to safeguard nature's contribution to human well-being.

References

- ESRI, 2021. *Survey123 for ArcGIS*. Retrieved on October 10, 2021, from: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-survey123/resources>
- Haines-Young, R., & Potschin-Young, M. (2018). Revision of the Common International Classification for Ecosystem Services (CICES V5.1): A Policy Brief. *One Ecosystem*, 3, e27108. <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e27108>
- Hermes, J., Van Berkel, D., Burkhard, B., Plieninger, T., Fagerholm, N., Von Haaren, C., & Albert, C. (2018). Assessment and valuation of recreational ecosystem services of landscapes. *Ecosystem Services*, 31, 289–295. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.04.011>
- Hooftman, D. A. P., Ridding, L. E., Redhead, J. W., & Willcock, S. (2023). National scale mapping of supply and demand for recreational ecosystem services. *Ecological Indicators*, 154, 110779. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110779>
- Inácio, M., Gomes, E., Bogdzevič, K., Kalinauskas, M., Zhao, W., & Pereira, P. (2022). Mapping and assessing coastal recreation cultural ecosystem services supply, flow, and demand in Lithuania. *Journal of Environmental Management*, 323, 116175. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116175>
- Kalinauskas, M., Bogdzevič, K., Gomes, E., Inácio, M., Barcelo, D., Zhao, W., & Pereira, P. (2023). Mapping and assessment of recreational cultural ecosystem services supply and demand in Vilnius (Lithuania). *Science of The Total Environment*, 855, 158590. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158590>
- Palomo, I., Martín-López, B., Potschin, M., Haines-Young, R., & Montes, C. (2013). National Parks, buffer zones and surrounding lands: Mapping ecosystem service flows. *Ecosystem Services*, 4, 104–116. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.09.001>
- Plieninger, T., Dijks, S., Oteros-Rozas, E., & Bieling, C. (2013). Assessing, mapping, and quantifying cultural ecosystem services at community level. *Land Use Policy*, 33, 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.12.013>
- Official Statistics Portal. 2024. Nuolatinių gyventojų skaičius metų pradžioje. 2024 m. sausio 1 d. Retrieved January 20, 2025, from: <https://osp.stat.gov.lt>: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?hash=148a91b8-70df-401b-97da-61c44f3c33a8#/> (2020).

Terminių anomalijų Rytinėje Baltijos regiono dalyje sąsajos su atmosferos cirkuliacija

Vaiga Vyšniauskienė¹, Gintautas Stankūnavičius²

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

² Vilniaus Universitetas

Įvadas

Šiame tyrime buvo analizuojamos 1951–2020 m. vidutinės paros oro temperatūros anomalijos žiemos ir vasaros sezonais Rytinėje Baltijos regiono dalyje. Atmosferos cirkuliacijos įtakai vertinti buvo panaudota Heso–Brezovskio (H-B) atmosferos cirkuliacijos (*Grossweterlagen*) klasifikacija. Ši klasifikacija pritaikyta Vidurio Europos teritorijai labiau tinkama oro temperatūros negu kritulių režimams apibūdinti, o jos bendras sinoptinis-klimatologinis pritaikomumas yra geresnis šaltuoju metų laiku nei šiltuoju (Sýkorová & Huth, 2020). Taip pat, H-B klasifikacija yra plačiai taikoma visoje Europoje bei Šiaurės Atlanto sektoriuje. Šiame tyrime buvo nustatyti dažniausiai pasitaikę H–B cirkuliacijos tipai, kuomet Rytinėje Baltijos regiono dalyje 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 21.00° – 26.75° r. ilg. Žiemos ir vasaros sezonų vidutinės paros oro temperatūros anomalijų tyrimui buvo naudojami pakartotinės analizės ERA5 1951–2020 m. laikotarpio kasvalandiniai oro temperatūros 2 metrų aukštyje duomenys, gauti iš Copernicus klimato duomenų rinkinio (<https://cds.climate.copernicus.eu/>). 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 (DWD) specializuoto portalo – (<https://www.dwd.de>).

Didelio masto atmosferos cirkuliacijos tipai H-B buvo siejami su paros oro temperatūros anomalijomis regione. Klimato kaitos daromos įtakos vertinimui 70 metų trukmės tyrimo laikotarpis buvo padalintas į du klimatinius periodus: 1951–1985 m. ir 1986–2020 m. Toliau, anomalijų išskyrimui abiem klimatiniams 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 pav.).

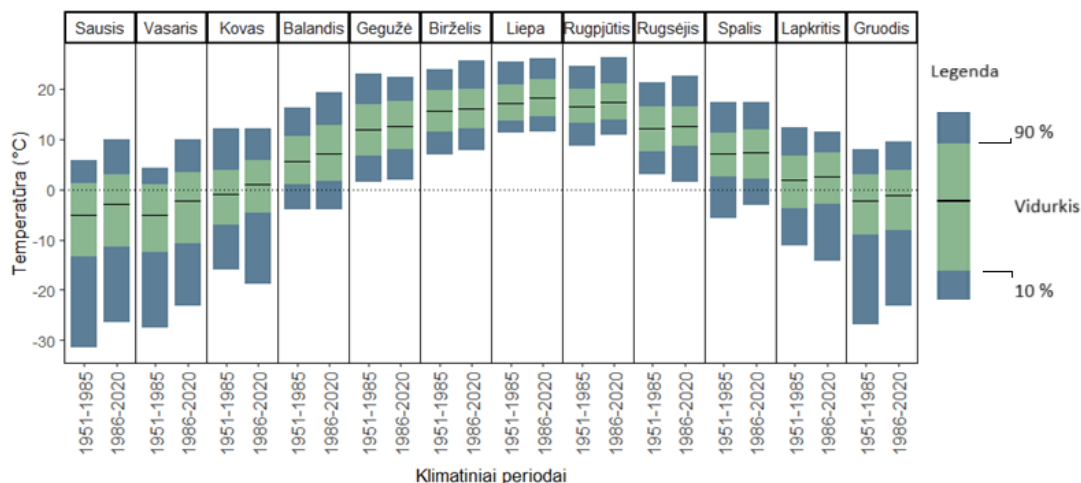
1 lentelė. Heso-Brezovskio atmosferos cirkuliacijos tipų pavadinimai ir tarptautinės tų tipų santrumpos (Frišmantas, 2021).

<i>Santrumpa (orig. k.)</i>	<i>Cirkuliacijos tipas (liet.)</i>	<i>Santrumpa (orig. k.)</i>	<i>Cirkuliacijos tipas (liet.)</i>
WZ	Vakarinis cikloninis	WA	Vakarinis anticikloninis
SWZ	Pietvakarių cikloninis	SWA	Pietvakarių anticikloninis
BM	Vidurio Europos balnagūbris	HM	Vidurio Europos anticikloninis
TRW	Vakarų Europos slėnis	TRM	Vidurio Europos slėnis
HFA	Fenoskandijos anticikloninis	HB	<i>Britų salų anticikloninis</i>
NWZ	Šiaurės vakarų cikloninis	NWA	Šiaurės vakarų anticikloninis

Rezultatai

Per tiriamąjį laikotarpį teigiamų anomalijų metu žiemą, padidėjo zoninės cirkuliacijos formos atvejų nuo 52 % ir 62 %. Labiausiai dominuojantys buvo Vakariniai cikloninis (WZ) ir anticikloninis (WA) tipai. Mišrios cirkuliacijos formos pirmuoju periodu buvo susiję su 38 % šilumos anomalijų atvejų žiemą, o antruoju – 8 % mažiau. Abiejuose perioduose teigiamų anomalijų metu iš mišrios formos daugiausia vyraudavo Pietvakarių anticikloninis (SWA) ir cikloninis (SWZ) tipai, Vidurio Europos balnagūbris (BM) bei Vidurio Europos anticikloninis (HM) tipai. Meridianinės cirkuliacijos formos tipai pirmame periode vyraudavo 10 % šilumos anomalijų metu žiemą, o antruoju – vos 9 %. Abiem laikotarpiais šią formą daugiausia sudarė Vakarų Europos slėnis (TRW) ir Britų salų anticikloninis (HB) tipas (1 lentelė).

Tiriamuoju laikotarpiu žiemą daugiausia neigiamų anomalijų susidarė esant meridianinei cirkuliacijai. Pirmuoju periodu, šios formos atvejų buvo šiek tiek daugiau nei antruoju, ir atitinkamai sudarė 67 % ir 64 %, o tuo metu dažniausiai pasitaikydavo Fenoskandijos anticikloninis (HFA) tipas. Mišrios cirkuliacijos forma pirmame periode vyraudavo 14 % visų žiemos neigiamų anomalijų metu, o antruoju – net 21 %. O tuo metu dažniausiai pasitaikydavęs šios formos tipas buvo Vidurio Europos balnagūbris (BM). Per tiriamąjį laikotarpį, vyraujant neigiamoms anomalijoms, šio tipo atvejų padaugėjo 8 %. Zoninės cirkuliacijos formos pasikartojimas neigiamų žiemos anomalijų metu sumažėjo 4 %.



1 pav. Vidutinės paros oro temperatūros kaita skirtingais klimatiniais laikotarpiais rytinėje Baltijos regiono dalyje: diapazono diagramose šviesiai žalia spalva – vidutinės paros temperatūros reikšmės, kurios sudaro 80 proc. sekos narių; tamsiai žalia spalva išskirtos 10-ta ir 90-ta procentilės; horizontalios juodos linijos žymi atitinkamo periodo vidutinę daugiametę mėnesio temperatūrą.

Vasaros sezono metu neigiamos ir teigiamos temperatūros anomalijos daugiausia yra meridianinės cirkuliacijos įtakoje. Tačiau per tiriamąjį laikotarpį sumažėjo meridianinės formos atvejų tiek teigiamų tiek neigiamų anomalijų metu, atitinkamai 8 % ir 9 %. Neigiamų anomalijų metu vasarą, meridianinės formos Britų salų anticikloninis (HB) tipas abiem periodais vyraudavo 25 % atvejų, tačiau antruoju periodu dažnesni buvo Vidurio Europos slėnio (TRM) atvejai (26 %). Vasarą sumažėjus meridianinės formos cirkuliacijos įtakai anomalijoms, padidėjo – mišrios. Taigi, per visą tiriamąjį laikotarpį mišrios formos sukeliamų neigiamų anomalijų vasarą padaugėjo 8 %, o teigiamų 13 %. Abiejuose perioduose daugiausia neigiamų anomalijų susidarė esant mišrios formos Šiaurės vakarų cikloninio ir anticikloninio (NWZ, NWA) tipų įtakai.

Apibendinimas

Rezultatai parodė, kad Rytinėje Baltijos regiono dalyje šilumos anomalijų metu žiemą per visą tiriamąjį laikotarpį vidutiniškai 10 % padaugėjo zoninės cirkuliacijos formos atvejų, 8 % mišrios, o meridianinės sumažėjo apie 1 %. Neigiamų temperatūros anomalijų metu žiemą dažniausiai vyrauja meridianinės formos cirkuliacija, tačiau jų per tą patį laikotarpį sumažėjo 3 %, zoninės – 4 %, o mišrios padaugėjo 7 %. Vasaros sezono metu neigiamos ir teigiamos temperatūros anomalijos daugiausia yra meridianinės cirkuliacijos formos įtakoje. Tačiau šios formos įtaka šiek tiek sumažėjo, o mišrios - padidėjo.

Literatūra

Frišmantas D. (2021) Gausių kritulių Lietuvoje kartografavimo metodika. Chemijos ir geomokslų fakultetas, Geomokslų institutas, Vilniaus universitetas. *Magistro baigiamasis darbas*.

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, 1295–1309. 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*.

Analysis of macrophyte dynamics in lakes of the Nemunas River basin

Yahor Levachou¹

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

Introduction

Macrophytes are visible aquatic plants. They include species that can be submerged, floating on the surface, or growing at the water-land interface (Chambers et al., 2008). Macrophytes affect the physical structure of the littoral zone, and their communities predictably change in composition, biomass, and life forms depending on depth (Vadeboncoeur, 2009). Being sensitive to environmental changes, macrophytes are an important component of water ecosystems and respond to fluctuations in energy inflow, nutrient cycles, and sedimentation processes (Bornette & Puijalon, 2009). The macrophyte index, used within the European Water Framework Directive, serves as a long-term indicator of the trophic status of water bodies and plays a key role in assessing their ecological condition (Kumar et al., 2023).

These aquatic plants create dense stands and occupy large areas in lakes, making them suitable for monitoring with satellite data (Villa et al., 2015). This is especially important for regions with a vast amount of water bodies. The Nemunas River Basin has 144 natural lakes with more than 1 km² surface, most of which are in the Baltic Uplands. These water bodies vary in size, depth, chemical composition and the level of anthropogenic impact, which determines the diversity of macrophyte communities and their spatiotemporal dynamics. The aim of this study is to analyze changes in macrophyte coverage area and assess the spatial extent of macrophyte distribution in natural lakes of the Nemunas River Basin. This research represents the first study to encompass the whole basin, providing a baseline for understanding macrophyte dynamics on a regional scale.

Methods and data

We developed a model to identify emergent, submerged, and floating macrophytes. The model was trained using remote sensing data from Lake Žuvintas in 2021, where machine learning techniques were applied to determine reflectance thresholds in the near-infrared bands for different macrophyte types and seasons. Notably, reflectance thresholds were set at 0.063 for emergent macrophytes in May and 0.066 for submerged and floating macrophytes in July. To derive annual macrophyte coverage data (i.e., the percentage of lake surface covered by macrophytes), the model requires two key inputs: reflectance values before the appearance of floating and some submerged vegetation and after its peak growth. This model was then applied to all lakes within the Nemunas River Basin to analyze spatial and temporal dynamics in macrophyte coverage. The analysis was based on Sentinel-2 MSI Harmonized imagery from 2017 to 2024, with a focus on cloud-free and snow-free scenes. This approach enabled us to systematically assess changes in macrophyte distribution across the entire basin over the study period, providing a broad understanding of macrophyte dynamics at a regional scale.

Results

The study reveals a tendency to increase macrophyte coverage in the lakes of the Nemunas River basin while the proportion of open water remained relatively stable, it gradually declined. Specifically, the average percentage of open water decreased from 90.27 % in 2017 to 87.51 % in 2024. Concurrently, emergent vegetation increased from 5.0% to 6.1%, and submerged and floating vegetation expanded from 4.6 % to 6.2 % over the same period.

The dynamics of emergent, submerged and floating macrophytes exhibited inconsistent movement, with increases in one type often corresponding to declines in another. This pattern was particularly pronounced in 2021 and 2023 (Figure 1) despite the overall stability of open water coverage. These fluctuations may be attributed to variations in environmental conditions, including water level changes, temperature shifts, nutrient availability, and ecological succession processes.

Notable differences in macrophyte and open water coverage were observed among lakes of varying sizes. Smaller lakes displayed greater variability in macrophyte coverage, particularly in emergent species, whereas larger lakes maintained more stable coverage patterns throughout the study period. Interestingly, the proportion of macrophyte coverage within a lake showed no significant correlation with the size of the water surface area, indicating that lake size does not directly influence the extent of macrophyte occupation.

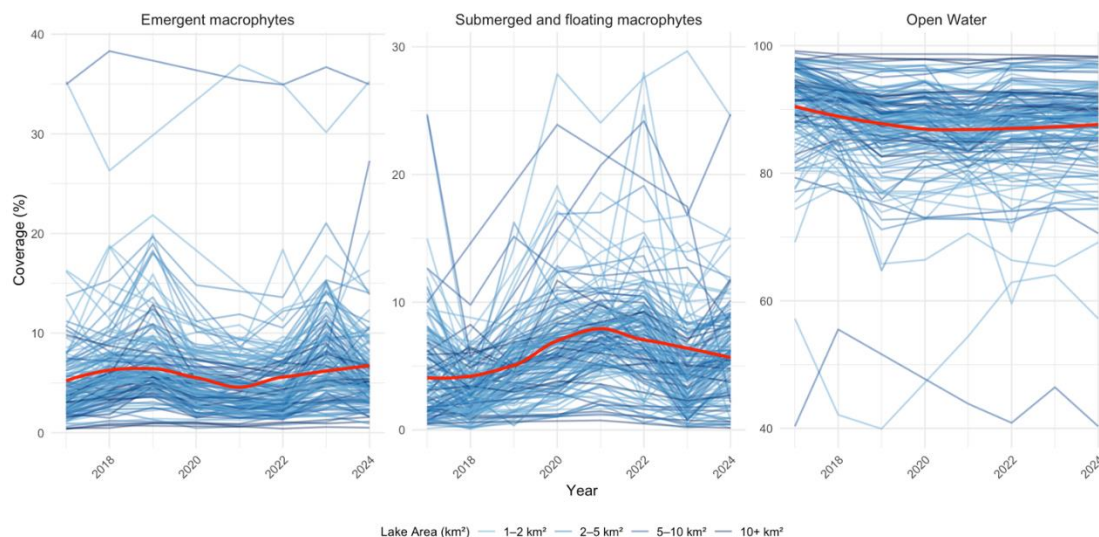


Fig 1. Macrophyte coverage and open water dynamic in Nemunas River Basin natural lakes in 2017–2024

Open water is the dominant category, with much higher values compared to macrophytes. However, some lakes exhibit much lower open-water percentages due to high macrophyte area. In 2024, emergent macrophytes range from 0.50 % to 35.28 %, with most values concentrated between 3.54 % and 7.20 %. Submerged and floating macrophytes vary from 0.14 % to 24.71 %, with the majority falling between 3.79 % and 8.17 %. Macrophytes show substantial variation and skewness, indicating that while many lakes have low coverage, a few contain dense vegetation. Extreme values, particularly in macrophyte coverage, suggest that some lakes have conditions favorable for excessive plant growth, which may be influenced by eutrophication, shallow depth, or reduced herbivory.

Conclusions

This study assesses macrophyte coverage dynamics across the Nemunas River Basin. It reveals a tendency toward increasing macrophyte expansion alongside a gradual decline in open-water areas. The findings highlight significant variability in macrophyte distribution among lakes of different sizes. By leveraging remote sensing and machine learning techniques, this research establishes a baseline for monitoring macrophyte dynamics.

References

- Bornette, G., & Puijalon, S. (2009). Macrophytes: Ecology of Aquatic Plants. *ELS*. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.A0020475>
- Chambers, P. A., Lacoul, P., Murphy, K. J., & Thomaz, S. M. (2008). Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. *Hydrobiologia*, 595(1), 9–26. <https://doi.org/10.1007/S10750-007-9154-6/FIGURES/3>
- Kumar, S., Singh, R., Kumar, D., Bauddh, K., Kumar, N., & Kumar, R. (2023). An Introduction to the Functions and Ecosystem Services Associated with Aquatic Macrophytes. *Aquatic Macrophytes: Ecology, Functions and Services*, 1–20. https://doi.org/10.1007/978-981-99-3822-3_1
- Vadeboncoeur, Y. (2009). Aquatic Plants and Attached Algae. *Encyclopedia of Inland Waters*, 52–59. <https://doi.org/10.1016/B978-012370626-3.00217-9>
- Villa, P., Bresciani, M., Bolpagni, R., Pinardi, M., & Giardino, C. (2015). A rule-based approach for mapping macrophyte communities using multi-temporal aquatic vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 171, 218–233. <https://doi.org/10.1016/J.RSE.2015.10.020>

Assessment of vegetation recovery after wildfires based on NDVI analysis for the Kinburn Peninsula and Curonian Spit

Yuliia Shevchuk¹, Oleksiy Davydov^{1,2}

¹ Nature Research Centre (e-mail: julija.shevchuk@gamtc.lt)

² National Park «Biloberezhzhia Svyatoslava»

Introduction

Fires are one of the key factors influencing the condition of vegetation cover in ecosystems exposed to both natural and anthropogenic impacts. In recent decades, the increasing frequency of fires has affected ever-larger areas of the Earth's surface. Particularly hazardous are fires occurring on coastal sandy accumulative landforms, such as the Curonian Spit (Lithuania) and the Kinburn Peninsula (Ukraine).

This study analyzes the features of vegetation recovery on sandy surfaces after wildfires based on NDVI calculations derived from satellite data. The main objective of the research is to quantitatively assess the rate of vegetation recovery after fires of varying intensity and frequency, as well as to conduct a comparative analysis of these processes between the Curonian Spit (CS) and the Kinburn Peninsula (KP). The obtained results may be useful for developing strategic measures aimed at restoring and preserving natural ecosystems vulnerable to wildfires (Bučas, 2007; Junevičienė, Raudonikis, 2007; Shevchuk, 2024).

Study area

The KP is located in the northwestern part of the Black Sea, in the estuarine area of the Dnipro and Pivdenny Bug rivers. The peninsula is characterized by forest and steppe landscapes spread over a sandy substrate. Due to the fragility of psammophyte ecosystems and limited water resources, these landscapes are prone to degradation, especially after wildfires. This study examines a major wildfire that occurred in 2001 and identifies trends in vegetation recovery over a 20-year period (Chronicle..., 2012–2023). The CS is a coastal sandy landform that separates the Curonian Lagoon from the Baltic Sea. It is dominated by natural and artificial aeolian complexes, with mixed forests growing on their surface. Wildfires in 1995, 2006, and 2014 led to the destruction of vegetation cover. Satellite data analysis has allowed us to determine the dynamics of vegetation recovery in the affected areas (Augustaitis, Kliučius, 2001). Despite certain differences in climatic and ecological conditions, both regions share sandy substrates, similar aeolian complexes, and specific forest landscapes. A comparative analysis of vegetation recovery dynamics makes it possible to identify key patterns of these processes across different areas, considering their anthropogenic transformation.

Methods and data

To assess NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) dynamics, time series of Landsat 1-5 MSS L1, Landsat 4-5 TM L2, and Sentinel -2 L2A satellite images were used. NDVI was calculated using the standard formula:

$$NDVI = \frac{NIR+RED}{NIR-RED},$$

where: NIR – reflectance in the near-infrared range, RED – reflectance in the red range. This index helps assess the state of vegetation by highlighting differences in how plants reflect light in these wavelengths. Since NDVI values differ between the two study regions due to natural environmental variations, the data was further standardized using a Z-score normalization approach. This process involved adjusting NDVI values based on the average NDVI recorded before the wildfire and the standard deviation of NDVI (Fundamentals of Remote Sensing, 2022). The rate of NDVI recovery was calculated using the formula:

$$Recovery\ Rate = \frac{NDVI_{2024} - NDVI_{fire}}{number\ of\ years\ since\ the\ fire}.$$

During the comparative analysis, the mean NDVI values before and after the wildfires were determined. NDVI recovery rates were calculated for each region, and a statistical analysis of differences between the regions was conducted.

Results

The study of the CS identified three major wildfires: April 1995 – affected area: 60 ha, May 2006 – affected area: 236 ha, April 2014 – affected area: 120 ha. For the KP, the analysis focused on a wildfire from

July 2001. The affected area was 1,600 ha. A comparison of NDVI values over different post-fire time intervals revealed that vegetation recovery on the KP is slower than on the CS, likely due to more intense anthropogenic pressure, including large-scale unauthorized logging and uncontrolled creation of new roads, as well as regional climatic conditions. The results indicate that vegetation recovery occurs after each analyzed wildfire, though recovery rates vary depending on fire intensity. (Figure 1).

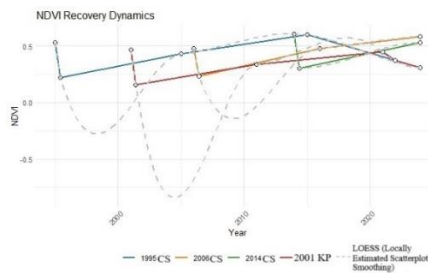


Fig 1. Comparative graph of NDVI recovery dynamics for the Curonian Spit (1995 CS, 2006 CS, 2014 CS) and the Kinburn Peninsula (2001 KP).

The results of the average annual NDVI recovery rate calculations for each study site revealed distinct trends: 1995 CS site: Before the fire, the NDVI value was 0.53, dropping to 0.22 immediately after the fire. By 2012 (18 years later), vegetation had fully recovered to its original NDVI levels. However, since 2015, reclamation activities—particularly *Pinus montana* logging as a fire prevention measure—caused a decline in NDVI, reaching 0.31 by 2024; 2006 CS site: Prior to the fire, the NDVI value was 0.48, which decreased to 0.23 post-fire. Within 10 years (by 2016), NDVI values had returned to pre-fire levels. Vegetation recovery at this site was accelerated by active reforestation efforts and natural regeneration, leading to an increase in NDVI to 0.58 by 2024; 2014 CS site: Before the fire, NDVI was 0.61, dropping to 0.30 post-fire. After 10 years (by 2024), the recovery process remains ongoing, with NDVI reaching 0.53. Full vegetation recovery is projected within the next decade; 2001 KP site: Pre-fire NDVI was 0.46, declining to 0.16 after the fire. By 2021 (20 years later), NDVI had recovered to 0.45, but complete restoration was not achieved. Since 2022, NDVI has shown a declining trend, likely due to recurring wildfires in the area.

Conclusions

The analysis of NDVI dynamics revealed that vegetation recovery after wildfires occurs faster on the Curonian Spit than on the Kinburn Peninsula. The difference is particularly noticeable in the first 10 years after a fire, during which the Curonian Spit shows a more pronounced increase in NDVI. The 1995 and 2014 wildfires on the Curonian Spit demonstrated different recovery rates: after the less intense 1995 fire, NDVI recovered more quickly than after the more destructive 2014 fire. The faster vegetation recovery on the Curonian Spit is partly due to higher precipitation levels—around 800 mm per year, whereas on the Kinburn Peninsula, this value is less than 400 mm. The first 10 years after a fire are the most critical for forest recovery, as moisture is essential during this period for root establishment and the stabilization of woody vegetation. The Kinburn Peninsula exhibits slower recovery rates, which can be attributed to higher anthropogenic pressure, distinct climatic conditions, and intensive recreational activities, all of which hinder vegetation regrowth.

References

- Chronicle of the Nature of the Sviatoslav Biloberezhzhia National Park (2012–2023). Vol. 1–12. Ochakiv: NNP Biloberezhzhya Svyatoslav. [in Ukrainian].
- Shevchuk Y. (2024). Examining fire hotspots within the Kinburn Peninsula: a satellite-based analysis of activity from 2022 to 2023. *Geographia Juventa*, 8, 30–31. Institute of Geosciences, Faculty of Chemistry and Geosciences, Vilnius, Lithuania.
- Augustaitis A., Kliučius A. (2001). Monitoring of pine forests in Curonian Spit National Park. Strengthening and afforestation of Lithuanian coastal sands. Lithuanian Forest Institute, 107–121 p. [in Lithuanian].
- Junevičienė I., Raudonikis L. et al. (2007). Curonian Spit Nature Management Plan. Vilnius (valid 2008–2017). [in Lithuanian].
- Bučas J. (2007). Landscape problem in the Curonian Spit. *Environmental Research, Engineering and Management*, 4(42), 70–80 p. [in Lithuanian].

Pakrančių tvarumo ciklai ir smaragdinio bendradarbiavimo perspektyvos tarpvalstybiniuose tarpiniuose vandenyse

Aistė Jurkienė¹, Ramūnas Povilanskas²

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

² Klaipėdos Universitetas, Socialinės geografijos ir turizmo katedra

Įvadas

Mūsų tyrimas sutelktas į tarpinius vandenis (TV), kurie atlieka gyvybiškai svarbų vaidmenį pakrančių zonų ekologinei sveikatai ir tvarumui (Facca, 2020). „Tarpinių vandenų“ sąvoka buvo nustatyta 2000 m. Europos Bendrijų Vandens pagrindų direktyvoje (WFD, 2000/60/EB). Pagal ES teisės aktus TV reiškia vandens telkinius, kurie dėl artumo jūrai yra iš dalies druskingi, bet kuriems įtakos turi gėlo vandens srautai (European Commission, 2000). Tipiški TV pavyzdžiai yra upių žiotys, lagūnos, fiordai, maršai ir pan. (Povilanskas, 2024). Tai įvairios ir labai produktyvios teritorijos, svarbios ekosistemų funkcionavimui, pvz., žuvų neršto buveinėms ar vandens paukščių migracijos koridoriai ir veisimosi vietos (Elliott et al, 2019). TV kartu yra ir pažeidžiami, ir atsparūs, ekologiškai unikalūs (Povilanskas, 2023). Tačiau dėl tam tikrų priežasčių TV patiria daugiau poveikių, dėl kurių ekologinė jų būklė blogėja (Povilanskas, 2023). TV ekonominis vaidmuo paskatino išplėtoti naują Smaragdinės ekonomikos koncepciją, skirtą TV ekosistemų funkcijoms ir ekologiniam vientisumui (Tagliapietra et al, 2020). Norėdami interpretuoti TV išsaugojimo ir valdymo tvarumą, D. Tagliapietra ir kt. (2020) pasiūlė Smaragdinio augimo (Emerald Growth) koncepciją (Povilanskas, 2021), kurią išplečiame iki Smaragdinės ekonomikos koncepcijos. Ši koncepcija apjungia žaliosios ir mėlynosios ekonomikos principus, kad būtų galima geriau apibrėžti ekosisteminiais pagrindais paremtą jūrų ir sausumos teritorijų tęstinį valdymą (Povilanskas, 2023).

Duomenys ir darbo metodika

Pasaulyje yra 115 tarpvalstybinių TV (TTV). TV apibrėžiame kaip tarpvalstybinius, kai dvi ar daugiau šalių (valstybių) turi bendrą estuariją, deltą, lagūną ar sąsiaurį, t.y. tarpinius vandenis, kurių akvatorija eina valstybinė siena (Povilanskas, 2024). Pagrindinis tyrimo klausimas, į kurį sutelkiame dėmesį, yra suprasti mechanizmus, valdančius tarpvalstybinę politiką, formuojančią smaragdinę ekonomiką TTV. Siekiame išnagrinėti rodiklius, rodančius šalių bendradarbiavimą TTV valdyme, derinant Pakrančių tvarumo ciklą (PTC) ir TTV tarpvalstybinės sanglaudos indekso (TTV TSI) vertinimo metodikas, analizuojant Smaragdinės ekonomikos ypatybes. Taigi, mūsų tyrimo tikslai yra tokie: 1. Išbandyti PTC ir TTV TSI vertinimo metodikų derinimą, analizuojant TTV atitikimą Smaragdinės ekonomikos principams, tam naudojant penkis TTV atvejų tyrimus Baltijos jūros ir Šiaurės jūros teritorijose; 2. Nustatyti pagrindines smaragdinės ekonomikos kliūtis tikslinėse TTV; 3. Aptarti Smaragdinės ekonomikos tyrimo su PTC ir TTV TSI vertinimo metodikomis ateities taikymo perspektyvas ES ir pasaulio TTV. TTV TSI susideda iš 30 rodiklių, kurie išskirti vadovaujantis Povilansko ir Razinkovo-Baziuko (Povilanskas & Razinkovas-Baziukas, 2023) rodiklių sistema, kurie tolygiai paskirstyti tarp šių šešių aspektų: 1. Socialinė sanglaudos; 2. Aplinkos darnos; 3. Tarpvalstybinio ryšio; 4. Tarpvalstybinio bendradarbiavimo; 5. Smaragdinės ekonomikos atotrūkio; 6. Konfrontacijos rizikos. Kiekvienas aspektas apima penkis nesvertinius rodiklius, kurių reikšmės paimtos iš atviros statistikos ir ataskaitų, gautų iš erdviųjų duomenų. Šią metodiką - TTV TSI (TTW CCI) sujungiame su PTC vertinimo metodika, kurią sukūrė de Alencar, Le Tissier, Paterson ir Newton (de Alencar et al, 2020). Prie pripažintų trijų tvarumo ramsčių (socialinio, ekonominio ir aplinkosaugos) PTC kūrėjai pridėjo valdymą ir politiką (Gallo-Vélez et al, 2023). Smaragdinės ekonomikos atotrūkio vertinimas kiekviename TTV buvo sutelktas į penkias sritis (ekonominę, gamtinę, socialinę, valdymą ir kultūrą), kurių kiekviena apibūdinta rodiklių rinkiniu (pradinėje metodikoje nuo trijų iki devynių).

Rezultatai

Daugialypio TTV PTC vertinimo procesas buvo atliktas keliais etapais: 1. Nuotolinis TTV inventorių Šiaurės ir Vakarų Europoje naudojant Google Earth; 2. TTV ir gretimų teritorijų Šiaurės ir Vakarų Europoje kartografinių duomenų (žemėlapių, diagramų, planų) analizė; 3. Socio-ekonominių duomenų apie TTV teritorijas analizė ir interpretavimas; 4. Penkios išsamios atvejo studijos. Nustatyti TTV ribas, kaip tarpvalstybinės sanglaudos teritorijų ribas, yra sudėtinga. Įprastai TTV apima vandens zoną, potvynių pelkių zonas ir galimą gėlo vandens srautą netoli kranto, išleidžiamą į jūrą iki 12 jūrmylių teritorinių vandenų ribos (Povilanskas, 2023).



1 pav. TTV teritorijos Vakarų ir šiaurės Europoje

Tačiau, atsižvelgiant į socialinius-ekologinius ir socialinius-ekonominius aspektus, platesnė TTV zona taip pat gali apimti sausumos teritoriją, esančią greta TTV. Pasirinkome penkis TTV kaip tikslines sritis: 1) Kuršių marios, kurias dalijasi Lietuva ir Rusijos Federacija; 2) Vyslos marios, kurias dalijasi Lenkija ir Rusijos Federacija; 3) Ščecino marios, kurias dalijasi Vokietija ir Lenkija; 4) Zundo sąsiauris, kurį dalijasi Danija ir Švedija; 5) Zvino (Zwin) įlanka, kurią dalijasi Belgija ir Nyderlandai. Šie TTV atstovauja sąlygų įvairovę, susijusių su politine santvarka, politine ir karine konfrontacija TTV, todėl jie yra idealus pagrindas patikrinti mūsų hipotezę, ar PTC derinimas su TTV BKI yra tinkamas instrumentas tiriant ir interpretuojant Smaragdinės ekonomikos ypatybes TTV.

Išvados

PTC ir TTV TSI vertinimo metodikų derinimas yra tinkamas instrumentas analizuojant TTV atitikimą Smaragdinės ekonomikos principus. Tai gali pagrįsti atliekami TTV atvejų tyrimai 5 Baltijos jūros ir Šiaurės jūros teritorijose. Šis tyrimų mechanizmas gali tinkamai identifikuoti pagrindinius smaragdinės ekonomikos atotrūkius visuose išskirtuose TTV aspektuose. Tyrimų rezultatai nurodo, kad Smaragdinės ekonomikos tyrimų srityje PTC ir TTV BKI vertinimo metodikom turi aiškias taikymo perspektyvas ES ir pasaulio TTV.

Literatūra

- de Alencar, N.M.P.; Le Tissier, M.; Paterson, S.K.; Newton, A. Circles of Coastal Sustainability: A Framework for Coastal Management. *Sustainability* 2020, 12, 4886.
- Elliott, M.; Day, J.W.; Ramachandran, R.; Wolanski, E. A synthesis: What is the future for coasts, estuaries, deltas, and other transitional habitats in 2050 and beyond? Elsevier: Amsterdam, The Netherlands – Oxford, UK – Cambridge, MA, USA, 2019; pp. 1–28.
- 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.
- Facca, C. Ecological status assessment of transitional waters. *Water* 2020, 12, 3159.
- Gallo-Vélez, D.; Restrepo, J. C.; Newton, A. Assessment of the Magdalena River delta socio-ecological system through the Circles of Coastal Sustainability framework. *Front. Earth Sci.* 2023, 11, 1058122.
- Povilanskas, R.; Jurkienė, A.; Dailidienė, I.; Ernšteins, R.; Newton, A.; Leyva Ollivier, M.E. Circles of Coastal Sustainability and Emerald Growth Perspectives for Transitional Waters under Human Stress. *Sustainability* 2024, 16, 2544.
- Povilanskas, R.; Razinkovas-Baziukas, A. Transboundary Transitional Waters: Arenas for Cross-Border Cooperation or Confrontation? *Sustainability* 2023, 15, 9922.
- Povilanskas, R.; Taminskas, J.; Tagliapietra, D. Chapter 5. Emerald Growth: Maritime Spatial Planning and Transitional Waters. In *SEAPLANSPACE General Knowledge Manual*; Pyć, D., Stoll, F., Eds.; University Publishers: Gdańsk, Poland, pp. 79–86
- Tagliapietra, D.; Povilanskas, R.; Razinkovas-Baziukas, A.; Taminskas, J. Emerald Growth: A New Framework Concept for Managing Ecological Quality and Ecosystem Services of Transitional Waters. *Water* 2020, 12, 894.

