Darius Jarmalavičius, Gintautas Žilinskas, Donatas Pupienis, Gamtos tyrimų centras

KRANTŲ DINAMIKOS STEBĖSENAI 30 METŲ

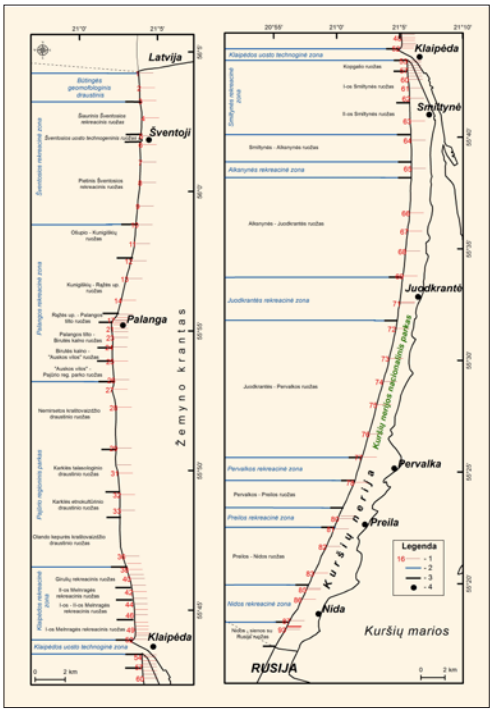
Skiriama Vytauto Gudelio 100-mečiui

1956 m. tuometiniame Zoologijos ir parazitologijos instituto Geografijos skyriuje akademiko Vytauto Gudelio iniciatyva buvo suburta Jūros ir krantų tyrimo grupė, kuri pradėjo Baltijos jūros Lietuvos dalies šiuolaikinio kranto tyrimus. Atsargi pirmoji pažintis su juo – nustatant savybes, būsenas, litologinę sudėtį, vėliau – dėmesys kaitos procesams, daugiausia remiantis netiesioginiais požymiais – paplūdimio, kopagūbrio ir užuomazginių kopų morfometriniais ypatumais atskiruose kranto ruožuose. Bėgant laikui keitėsi šios tyrimų grupės pavadinimas ir sudėtis, bet bendra ideologija ir darbų tęstinumas išliko.

Lietuvos geologijos tarnybos 1993 m. užsakymu valstybinio jūrinio geologinio kartografavimo (M 1:50 000) darbuose dalyvavę Geografijos instituto Krantotyros ir krantotvarkos sektoriaus (KKS) darbuotojai visame Lietuvai priklausančiame jūros krante atliko skersinių kranto profilių (iš viso 176) niveliaciją kas 500 metrų. Šie matavimai tapo pagrindu suformuoti kranto stebėsenos tinklą, o būdingą įvairovę atspindinčiuose kranto ruožuose įdiegti stacionarius reperius. Tiesa, tyrimai buvo atliekami ne visuose 1993 m. matavimo profiliuose, o tik tuose, kurie geriausiai atspindėjo aplink esančio kranto ruožo ypatumus. Dalyvaujant KKS darbuotojams 1995 m. sukurtas Klaipėdos uosto poveikio zonos krantų dinamikos monitoringas, apimantis maždaug 10 km atkarpą į šiaurę nuo uosto molo ir apie 13 km į pietus nuo jo. Bendras žemyninio kranto monitoringo tinklas išsiplėtė iki 28 profilių. Kuršių nerijoje stebėsenos tinklą sudarė tik 18 stacionariai įrengtų reperių. Tinklas santykinai retas, nes tuo metu kranto skersinių profilių niveliacija buvo atliekama naudojantis nivelyru, o tai reikalavo daug laiko, darbo sąnaudų ir finansinių lėšų. Beje, valstybės jis niekada nebuvo finansuojamas ir vykdomas tik KKS inciatyva.

Valstybinio jūrinio geologinio kartografavimo (M 1:50 000) darbai atnaujinti 2001 m. Pakartoti ir kranto skersinių profilių matavimai visuose 1993 m. matavimų profiliuose. Apibendrinti visų tyrimų rezultatai pateikti Baltijos jūros Lietuvos krantų geologiniame atlase (Baltijos jūros..., 2004; Bitinas et al., 2005). Atsižvelgus į nustatytus 1993–2001 m. kranto pokyčius, taip pat tobulėjant matavimo technikai (nivelyrą pakeitė elektroninis tacheometras, o pastarąjį – globalinės padėties nustatymo sistemos (GPNS)), atsirado galimybė padidinti darbų našumą, kartu ir jų mastą. Todėl 2001 m. monitoringo tinklas sutankintas, papildant jį 17 naujų profilių (12 žemyniniame ir 5 Kuršių nerijos krante). 2005 m. kranto stebėsenos tinklas papildytas, įdiegiant dar 18 naujų profilių (8 žemyniniame ir 10 Kuršių nerijos krante). Be to, siekiant įvertinti paplūdimio „pamaitinimo“ atvežtinėmis sąnašomis poveikį, įrengti papildomi profiliai Palangos rekreacinėje zonoje ir Kuršių nerijoje, ties naujais žvejų slipais Juodkrantėje ir Nidoje bei stacionarių tyrimų poligone pietinėje Nidos dalyje. Iš viso nuo 2005-ųjų krantų dinamikos monitoringo tinklas apima 93 stacionarius reperius: 52 žemyniniame ir 41 Kuršių nerijos krante (1 pav.), išdėstytus nuo Latvijos iki Rusijos sienos (2 pav.). Stebėjimai vykdyti kiekvieną pavasarį, nusistovėjus ramiems orams, o kranto ruožuose, kuriuose įdiegtos specifinės krantosaugos priemonės (pvz., Palangos paplūdimio, Melnragės ir Girulių priekrantės sąnašų papildymai), siekiant nustatyti jų efektyvumą, tyrimai (atsižvelgiant į hidrometeorologinę situaciją) kartoti du tris kartus per metus. Siekiant įvertinti praslinkusių ekstremalių audrų („Anatolijus“ – 1999 m., „Ervinas“ – 2005 m., „Feliksas“ – 2015 m.,

„Laura“ – 2020 m. ir „Malikas“, „Dudlas“, „Junisė“, „Franklinas“ – 2023 m.) padarytus nuostolius, atlikti papildomi matavimai

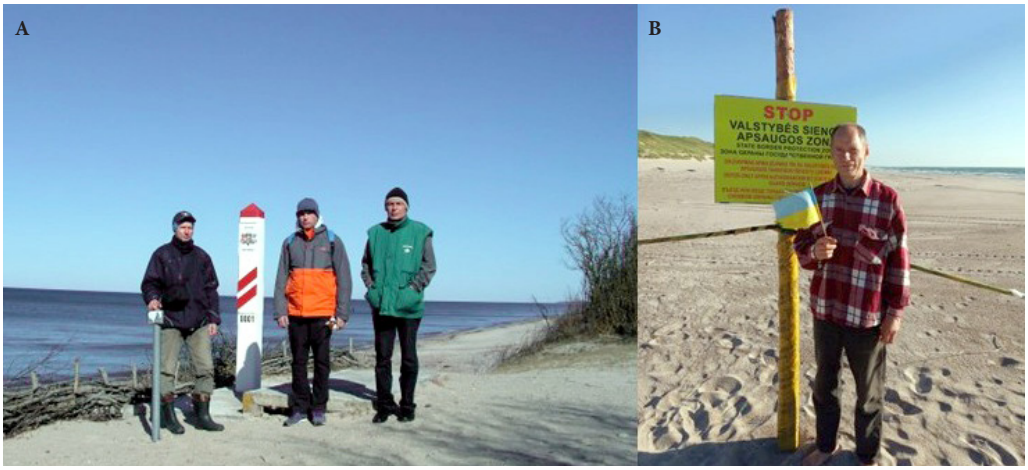


1 pav. Tyrimų rajonas. 1 – kranto profilių vietos; 2 – kranto zonų ribos; 3 – kranto ruožų ribos; 4 – gyvenvietės
Fig. 1. Location map. 1 – locations of cross-shore profiles; 2 – boundaries of coastal zones; 3 – boundaries of coastal sections; 4 – settlements

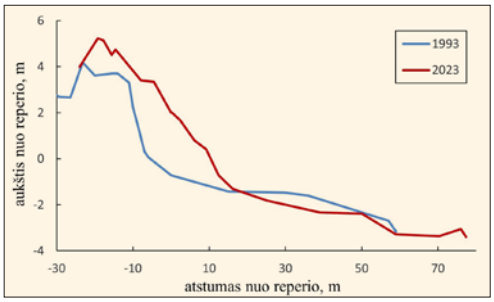
(Žilinskas ir kt., 2000; Žilinskas ir kt., 2005; Jarmalavičius ir kt., 2015; Jarmalavičius, Žilinskas, 2022; Jarmalavičius ir kt., 2023). Taigi, apibendrintai apie Lietuvos jūros kranto dinamiką galime spręsti jau nuo 1993-iųjų, o detalesni pokyčiai fiksuoti nuo 2002 m.

Skersinė kranto profilio niveliacija apėmė kranto atkarpą nuo vidutinio jūros lygio iki rytinės kopagūbrio dalies, o kur kopagūbris nėra aiškiai išreikštas ar jo iš viso nėra (morenos klifų ruožas), buvo matuojama iki taško, kur daugiamečiai pokyčiai neišryškėja. Pagal išmatuotų profilių duomenis nustatyti kranto morfometriniai rodikliai: paplūdimio plotis, jo aukštis ties kopagūbrio papėde, paplūdimio nuolydis, kopagūbrio aukštis ir vakarinio šlaito nuolydis. Gretinant įvairių metų kranto profilius nustatytos jo dinaminės tendencijos. Pagrindiniai kranto geodinaminę būklę atspindintys rodikliai – kranto linijos padėties ir birių sąnašų kiekio krante pokyčiai (Jarmalavičius ir kt., 2012 a), kurie apskaičiuojami tiek atskiriems kranto profiliams, tiek ir bendrai visam žemyniniam ir Kuršių nerijos krantui. Taip pat nustatyti ne tik skirtingų metų ar atskiros audros metu vykę pokyčiai, bet ir daugiametės kranto dinamikos tendencijos.

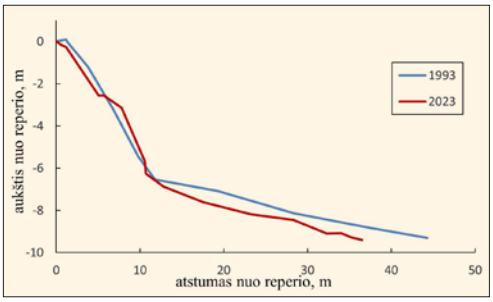
Nuo pirmųjų matavimų praėjo 30 metų. Per šį laikotarpį nustatyta, kad žemyninio ir



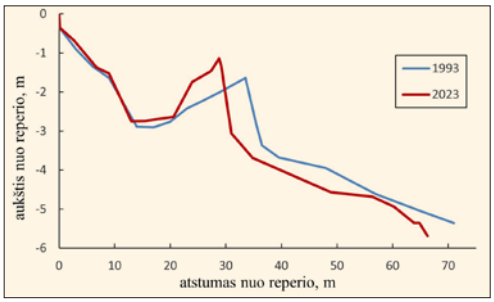
2 pav. Tyrimai atliekami nuo sienos su Latvija iki sienos su Rusija. A – Dovilės Karlonienės nuotr.; B – Gintauto Žilinsko nuotr.
Fig. 2. Investigations are carried out from the border with Latvia to the border with Russia. Photos: A – by D. Karlonienė; B – by G. Žilinskas



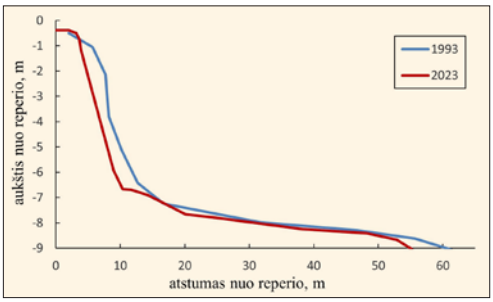
3 pav. Kranto skersinio profilio kaita 1993–2023 m. ties Vanagupe (šiaurinė Palanga)
Fig. 3. Change of the cross-shore profile in 1993–2023 at Vanagupė (northern Palanga)



4 pav. Kranto skersinio profilio kaita 1993–2023 m. ties Karklės kapinaitėmis
Fig. 4. Change of the cross-shore profile in 1993–2023 near the Karklė Cemetery



5 pav. Kranto skersinio profilio kaita 1993–2023 m. Būtingėje, piečiau Mažeikių naftos perdirbimo gamyklos vamzdyno trasos
Fig. 5. Change of the cross-shore profile in 1993–2023 in Būtingė, to the South of the Mažeikiai Oil Terminal pipeline route



6 pav. Kranto skersinio profilio kaita 1993–2023 m. piečiau Birutės kalno (ties „Auskos“ vila)
Fig. 6. Change of the cross-shore profile in 1993–2023 to the South of Birutė Hill (near the “Auska“ Villa)

Kuršių nerijos kranto vienakryptė kaita nevyko. Pvz., ruože ties Būtinge krantas traukėsi, o šiaurinėje Palangos dalyje ties Vanagupe vyko akumuliacija (3 pav.). Ties Karklės kapinaitėmis, sukėlusiomis daug nerimo įvairiose medijose, morenos klifas beveik nepajudėjo, tik šlaite susiformavo nedidelė nuošliauža (4 pav.). Ši įvairovė atsiskleidė ne tik kranto ardos ar akumuliacijos kontekste, bet ir analizuojant paties kranto skersinio profilio kaitos ypatumus. Pvz., ties Būtinge sausumos link besitraukianti kranto linija ir kopagūbris daugmaž išlaikė savo formą, o jo aukštis net didėjo (5 pav.). Piečiau Birutės kalno, ties „Auskos“ vila, dėl didesnio kopagūbrio santykinio aukščio pastarasis traukiasi neišlaikydamas savo formos ir palaipsniui praranda sukauptas smėlio atsargas (6 pav.).

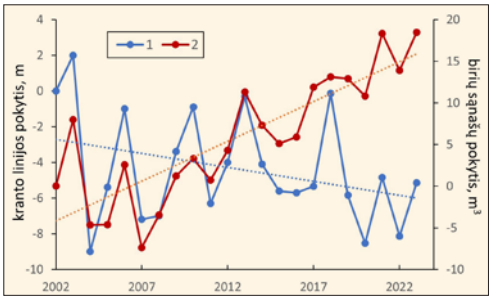
Detaliau apie daugiametę kranto dinamiką galima spręsti nuo 1995-ųjų. Ypač detalūs matavimai apėmė kranto ruožą, esantį Klaipėdos uosto molų poveikio zonoje (Jarmalavičius et al., 2012 b; Pupienis et al., 2013 b; Žilinskas et al., 2020). Apžvelgsime apibendrintus kranto morfometrinių rodiklių pokyčius per monitoringo laikotarpį. 1995 m. žemyniniame krante vidutinis paplūdimio plotis buvo 40 m: plačiausias piečiau Šventosios – 83 m, siauriausias ties Šaipių morenos klifu – 13 m. Jame sukaupta apie 2,4 mln. kubinių metrų smėlio. 2023 m. vidutinis paplūdimio plotis siekė 40,5 m: piečiau Šventosios – 94 m, ties Šaipių morenos klifu – 13 m, o sąnašų kiekis paplūdimyje – apie 2 mln. m^3. Kuršių nerijos vidutinis paplūdimio plotis siekė 35 m, jame susikaupę per 3,6 mln. m^3 smėlio. Vidutinis paplūdimio plotis 2023 m. padidėjo iki 42 m, o smėlio kiekis – vidutiniškai iki 4,3 mln. m^3. Tiesa, pagal šiuos skirtumus dar negalima spręsti apie minėtų morfometrinių elementų

kaitos daugiametes tendencijas, kadangi jie atskirais metais kinta plačiame intervale ir gali būti labiau atsitiktiniai nei dėsningi. Kita vertus, atskirų kranto elementų ribos ne visuomet neabejotinai akivaizdžios. Kartais nėra taip paprasta, kaip gali pasirodyti iš pirmo žvilgsnio, net tiksliai nustatyti, kur baigiasi paplūdimys ir prasideda kopagūbris. Kai nėra ryškaus lūžio tarp šių elementų, gali atsirasti nedidelė paklaida. Dar sudėtingiau nustatyti smėlio kiekį kopagūbryje, kadangi neretai neaiški rytinės kopagūbrio papėdės riba, kai pastarasis švelniai pereina į kupstynę. Šiuo atveju buvo įvertintas tas smėlio kiekis, kurį praradęs kopagūbris nustotų egzistavęs kaip forma, t. y. smėlio kiekis, apribotas tarp santykinai išskirtų vakarinės ir rytinės kopagūbrio papėdžių ir horizontalios linijos, einančios nuo vakarinio šlaito papėdės. Šiuo atveju 1995 m. žemyniniame kopagūbryje (neskaičiuojant morenos klifų) sukaupta apie 3,7 mln. m^3 smėlio, o 2023-iaisiais jo kiekis padidėjo iki 4,7 mln. m^3. Ypač reikšmingas smėlio kiekio padidėjimas kopagūbryje fiksuotas Kuršių nerijoje: 1995 m. jo buvo apie 12,8 mln. m^3, o 2023-iaisiais – jau apie 19,8 mln. m^3, t. y. kopagūbryje sukauptos smėlio atsargos padidėjo net 7 mln. m^3, arba 35,4 %. Tam didelės įtakos turėjo nuolatinė ir kvalifikuota kopagūbrio apsauga bei tvirtinimas.

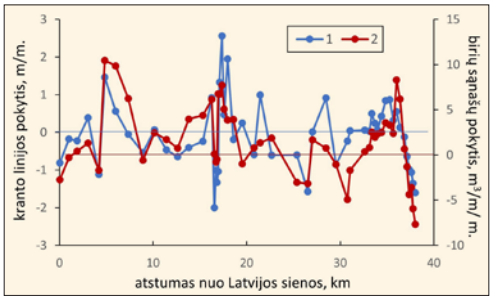
Tiksliausiai žinome apie nuo 2002-ųjų vykusias kranto geodinamines tendencijas, kai matavimo profilių tinklas pasiekė optimalų skaičių. Pabrėžtina, kad turint nemažai periodinių (šiuo atveju kasmetinių) matavimų daugiametėms tendencijoms nustatyti galima taikyti tiesinės regresijos metodą, o tai gerokai objektyviau nei skaičiuojant skirtumą tarp pradinio ir galutinio taškų, kai dėl didelės kranto elementų metinės kaitos apskaičiuoti rodikliai gali smarkiai skirtis priklausomai nuo pasirinktų metų. Dėl patogumo atskirai vertintos žemyninio ir Kuršių nerijos kranto geodinaminės tendencijos.

Žemyninis krantas. Vertinant vidutinę viso žemyninio kranto linijos padėties ir birių sąnašų kaitą (7 pav.) matyti, kad šių rodiklių tendencijos skyrėsi: krantas traukėsi vidutiniškai 0,16 m per metus greičiu, o birių sąnašų kiekis krante didėjo vidutiniškai 0,95 m^3/m. Šį neatitikimą galima paaiškinti tuo, kad didžiausia birių sąnašų dalis kaupiasi kopagūbryje. Kita vertus, dėl didelių metinių kranto linijos padėties svyravimų ši tendencija nėra patikima ($p > 0,05$), o apie didėjantį smėlio kiekį krante galima kalbėti patikimai ($p < 0,05$).

Kreivės (7 pav.) rodo vidutines viso žemyninio kranto tendencijas, tačiau atskiruose kranto ruožuose jos labai skiriasi. Kranto linijos padėties ir birių sąnašų kiekio kaitos tendencijos išilgai žemyninio kranto (8 pav.) atskleidžia, kad 2002–2023 m. laikotarpiu pažeidžiamiausi kranto ruožai ten, kur kranto linija traukėsi, o birių sąnašų kiekis mažėjo: ties I Melnrage (9 pav.), morenos klifų ruože ir ties valstybine siena su Latvija (10 pav.).



7 pav. Kranto linijos padėties (1) ir birių sąnašų (2) žemyniniame krante pokytis 2002–2023 m. laikotarpiu
Fig. 7. Change in shoreline position (1) and sediment volume (2) on the mainland coast in 2002–2023



8 pav. Kranto linijos padėties (1) ir birių sąnašų krante (2) tendencijų kaita išilgai žemyninio kranto
Fig. 8. Variation in shoreline position (1) and sediment volume (2) trends along the mainland coast

9 pav. Kranto kaita I Melnragėje 2007 ir 2020 m. D. Jarmalavičiaus nuotr.
Fig. 9. Coastal change at Melnrage I in 2007 and 2020. Photos by D. Jarmalavičius

Kranto linijos stūmimusi į jūrą ir birių sąnašų kiekio didėjimu pasižymėjo kranto ruožai piečiau Šventosios uosto molų ir Girulių – II Melnragės (dėl nuo 2001 m. vykdomos priekrantės rekultivacijos) rekreacinėje kranto zonoje. Pažymėtina, kad šie didžiausi kranto dinamikos kontrastai didele dalimi buvo nulemti hidrotechninių statinių (Šventosios ir Klaipėdos uosto molų). Kitas svarbus veiksnys – smėlio deficitas, kuris itin opus morenos klifų ruože. Klifas Šaipių gyvenvietės rajone traukiasi vidutiniškai 0,3 m/m. (11 pav.), o ties Olando Kepure – 0,5 m/m. greičiu. Atskirai reikėtų paminėti Palangos rekreacinės zonos kranto geodinamines tendencijas, kurias didele dalimi nulėmė dirbtinis sąnašų papildymas 2008–2013 m. (12 pav.). Dėl šios priežasties krante taip pat vyrauja teigiamos tendencijos.

Kuršių nerijos krantas. Priešingai nei žemyniniame krante, Kuršių nerijoje tiek

10 pav. Kranto kaita 2005, 2020 ir 2023 m. ties siena su Latvija. D. Jarmalavičiaus nuotr.
Fig. 10. Coastal change in 2005, 2020 and 2023 at the border with Latvia. Photos by D. Jarmalavičius

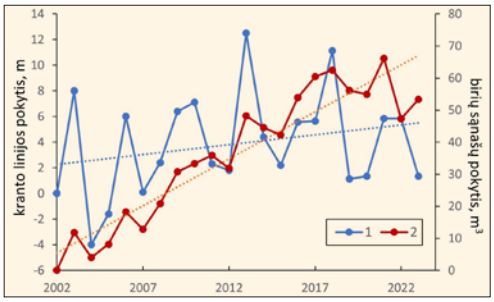
kranto linijos padėties, tiek birių sąnašų kiekio tendencijos yra teigiamos (13 pav.), tačiau, kaip ir žemyniniame krante, dėl didelių metinių kranto linijos padėties svyravimų daugiametė tendencija (+0,06 m/m.)

11 pav. Šaipių morenos klifas 1996, 2010 ir 2023 m. D. Jarmalavičiaus nuotr.
Fig. 11. The moraine cliff of Šaipiai in 1996, 2010 and 2023. Photos by D. Jarmalavičius

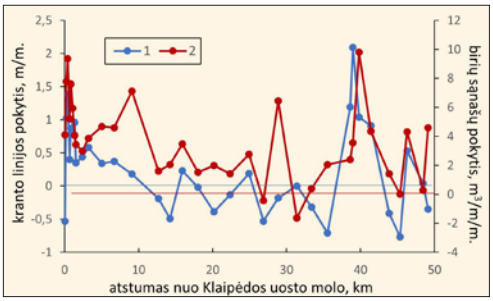
12 pav. Kranto kaita piečiau Palangos tilto 2002, 2008 ir 2023 m. Šulinys (žr. rodyklę) pamaitinus paplūdimį atsidūrė po smėliu. D. Jarmalavičiaus nuotr.
Fig. 12. Coastal change to the South of the Palanga Pier in 2002, 2008 and 2023. The well (shown by the arrow) was buried under the sand after the beach nourisment. Photos by D. Jarmalavičius

nėra patikima ($p > 0{,}05$). Birių sąnašų kiekio pokytis turi aiškiai išreikštą (+2,94 m^3/m.) ir patikimą ($p < 0{,}05$) didėjimo tendenciją. Vėlgi kaip ir žemyniniame krante smėlio kiekio didėjimo tendencija daugiausia susijusi su jo kaupimusi kopagūbryje, paplūdimyje smėlio kiekis kinta plačiame intervale be kryptingos tendencijos.

Žvelgdami, kaip kinta nagrinėjami rodikliai išilgai Kuršių nerijos kranto (14 pav.), matome, kad didžiausi teigiami kranto linijos padėties pokyčiai fiksuojami Smiltynės, o smėlio kiekio – ir Alksnynės kranto ruože (15 pav.). Piečiau Alksnynės ženklesnių išskirtinumų neužfiksuota. Išimtis – nedidelė kranto atkarpa tarp Preilos ir Nidos, kur



13 pav. Kranto linijos padėties (1) ir birių sąnašų Kuršių nerijos krante (2) pokytis 2002–2023 m. laikotarpiu
Fig. 13. Change in shoreline position (1) and sediment volume (2) on the Curonian Spit coast in 2002–2023



14 pav. Kranto linijos padėties (1) ir birių sąnašų krante (2) tendencijų kaita išilgai Kuršių nerijos kranto
Fig. 14. Variation in shoreline position (1) and sediment volume (2) trends along the Curonian Spit coast

pastaruosius 20 metų fiksuojamos didesnės nei vidutinės kranto linijos padėties bei smėlio kiekio teigiamos kaitos tendencijos.

Apžvelgus 2002 m. vykusias kranto geodinamines tendencijas nustatyta, kad bendri kranto kaitos tendencijų dėsningumai išliko panašūs nuo pat 1993-iųjų. Todėl galima kalbėti apie paskutinio trisdešimtmečio kranto raidą. Apibendrinant Baltijos jūros Lietuvai priklausančio kranto geodinamines tendencijas per pastarąjį trisdešimtmetį, galima konstatuoti, kad, nepaisant dažnai viešojoje erdvėje pasirodančių apokalipsinių scenarijų, bendra Lietuvos jūrinio kranto būsena nėra tokia jau ir tragiška: matoma smėlio kiekio krante augimo tendencija, o kranto linijos padėtis kinta be ženklesnės tendencijos. Tiesa, yra ir išimčių. Hidrotechninių statinių (Klaipėdos, Šventosios uosto molai, Palangos tiltas-promenada) šiaurinės pusės ir morenos klifų ruožai – tai „karštieji“ taškai, kurie dažniausiai ir pritraukia žiniasklaidos dėmesį. Kitur, net ir po didesnių audrų nuplovus didelius smėlio kiekius (1 lentelė), krantas geba sėkmingai atkurti buvusią savo padėtį. Ir jei kurioje nors trumpoje kranto atkarpoje dėl tam tikrų priežasčių krantą pradėjo ardyti ir jo linija ėmė trauktis sausumos link, tai dar nereiškia, kad taip ji ir trauksis nesustodama. Dažniausiai po kurio laiko toje vietoje ardos procesai sustoja ir smėlis vėl grįžta. Taip ir vinguriuoja krantas persiskirstant smėliui išilgai jo – iš vienų vietų paimant, kitoms kuriam laikui paskolinant.

Pažymėtina, kad krantų dinamikos monitoringo duomenys yra būtini ne tik vertinant kranto būklę ir jos dinamikos tendencijas, bet ir sprendžiant kitas mokslines bei praktines problemas. Be šių duomenų neįmanoma

15 pav. Kranto kaita Smiltynėje 1998 ir 2023 m. D. Jarmalavičiaus nuotr.
Fig. 15. Coastal change at Smiltynė in 1998 and 2023. Photos by D. Jarmalavičius

1 lentelė. Pastarųjų 25 metų didžiausių audrų padariniai Lietuvos Baltijos jūros krante
1 Table. The effects of the extreme storms of the last 25 years on the coast of the Baltic Sea in Lithuania

Audra	Žemyninis krantas	Kuršių nerijos krantas
1999 m. „Anatolijus“	–2,34 mln. m^3 (–61,8 m^3/m.)	–1,54 mln. m^3 (–30,4 m^3/m.)
2005 m. „Ervinas“	–418,7 tūkst. m^3 (–1,1 m^3/m.)	+166,7 tūkst. m^3 (+3,3 m^3/m.)
2015 m. „Feliksas“	–366,0 tūkst. m^3 (–9,7 m^3/m.)	–391,9 tūkst. m^3 (–7,7 m^3/m.)
2020 m. „Laura“	–76,0 tūkst. m^3 (–2,0 m^3/m.)	–100,9 tūkst. m^3 (–2,0 m^3/m.)
2022 m. „Malikas“, „Dudlis“, „Junisė“, „Franklinas“	–418,9 tūkst. m^3 (–1,1 m^3/m.)	–1,33 mln. m^3 (–26,1 m^3/m.)

įvertinti hidrotechninių įrenginių ir jų rekonstrukcijų poveikio Lietuvos kranto aplinkai, pvz., Šventosios (Žilinskas, Eidikonienė, 2011; Kriaučiūnienė ir kt., 2013) ir Klaipėdos uostų (Jarmalavičius ir kt., 2012 b; Pupienis ir kt., 2013 b; Žilinskas ir kt., 2020), Palangos tilto (Žilinskas ir kt., 2008; Pupienis ir kt., 2014), krantotvarkos priemonių įdiegimo efektyvumą (Žilinskas ir kt., 2003; Žilinskas ir kt., 2010; Karaliūnas ir kt., 2020), klimato kaitos poveikį (Jarmalavičius ir kt., 2013; Jarmalavičius ir kt., 2014; Jarmalavičius ir kt., 2017), sąnašų apykaitos tarp jūros ir kranto bei paplūdimio ir kopagūbrio (Jarmalavičius ir kt., 2019; Janušaitė ir kt., 2020; Jarmalavičius ir kt., 2020 a, b), kranto sąnašų litologijos ir mineralinės sudėties bei sunkiųjų mineralų koncentracijos pasiskirstymo skersai ir išilgai kranto ypatumų (Pupienis ir kt., 2013 a, 2017; Karlonienė ir kt., 2021 a, b) ir daugelio kitų krantodaros procesų.

Monitoringo duomenys panaudoti ir sprendžiant aktualias praktines Lietuvos pajūrio problemas: rengiant krantotvarkos programas, Klaipėdos uosto gilinimo ir jo molų rekonstrukcijos strateginį pasekmių aplinkai bei poveikio aplinkai vertinimą, Šventosios uosto atstatymo poveikio aplinkai vertinimą, nagrinėjant giluminio uosto vietos parinkimo klausimus ir kt.

Literatūra

Baltijos jūros Lietuvos krantų geologinis atlasas. Vilnius: *Lietuvos geologijos tarnyba*, 2004.

Bitinas, A., Žaromskis, R., Gulbinskas, S., Damušytė, A., Žilinskas, G., Jarmalavičius, D. The results of integrated investigations of the Lithuanian coast of the Baltic Sea: geology, geomorphology, dynamics and human impact. *Geological Quarterly*, 2005, 49/4, p. 355–362.

Janušaitė, R., Jarmalavičius, D., Pupienis, D., Žilinskas, G., Karaliūnas, V. Sandbar switching as a factor controlling coastal erosion during storm events, Curonian Spit, Lithuania. *3rd Baltic Earth Conference Earth system changes and Baltic Sea coasts. Conference proceedings*, 2020, p. 99–100.

Jarmalavičius, D., Pupienis, D., Žilinskas, G. Sea level fluctuation and shoreline evolution on decadal time scale, Lithuanian Baltic Sea coast. *Journal of Coastal Research*, 2014, 70, p. 164–169.

Jarmalavičius, D., Pupienis, D., Žilinskas, G., Janušaitė, R., Karaliūnas, V. Beach-foredune sediment budget response to sea level fluctuation. Curonian Spit, Lithuania. *Water*, 2020 a, 12, 583. Prieiga internete: https://doi.org/10.3390/w12020583.

Jarmalavičius, D., Pupienis, D., Žilinskas, G., Karaliūnas, V., Jukna, L. The development and stability of beach-dune system on the wave-dominated coast: a case study of the Curonian Spit, Lithuania. *Aeolian Research*, 2019, 41, 100542. Prieiga internete: https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2019.100542.

Jarmalavičius, D., Satkūnas, J., Žilinskas, G., Pupienis, D. Dynamics of beaches of the Lithuanian coast (the Baltic Sea) for period 1993–2008 based on morphometric indicators. *Environmental Earth Sciences*, 2012 a, 65/6, p. 1 727–1 736.

Jarmalavičius, D., Žilinskas, G. Audros Lietuvos Baltijos jūros krante, 2022. Prieiga internete: www.delfi.lt/news/daily/lithuania/lietuvoje-tokios-ziemos-nebuvo-150-metu-pajuris-vietomis-tapo-neatpazistamas.d?id=89838803.

Jarmalavičius, D., Žilinskas, G., Pupienis, D. Impact of Klaipėda Port jetties reconstruction on adjacent sea coast dynamics. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 2012 b, 20/3, p. 240–247.

Jarmalavičius, D., Žilinskas, G., Pupienis, D. Observation on the interplay of sea level rise and the coastal dynamics of the Curonian Spit, Lithuania. *Geologija*, 2013, 28/2, p. 50–61.

Jarmalavičius, D., Žilinskas, G., Pupienis, D. Stipraus štormo „Feliksas" padariniai Lietuvos jūriniame krante. *Geologija. Geografija*, 2015, 1/1, p. 11–21. Prieiga internete: 10.6001/geol-geogr.v1i1.3068.

Jarmalavičius, D., Žilinskas, G., Pupienis, D., Janušaitė, R., Karaliūnas, V. 2022 m. pradžios audrų padariniai Baltijos jūros krante Lietuvoje. *Jūros ir krantų tyrimai – 2023*. Konferencijos medžiaga. Klaipėda: Klaipėdos universitetas, 2023, p. 70–72.

Jarmalavičius, D., Žilinskas, G., Pupienis, D., Karaliūnas, V., Janušaitė, R. Gamtinių veiksnių ir žmogaus veiklos įtaka jūros kranto dinamikai. Baltijos jūra, Lietuva. *Geografijos metraštis*, 2020 b, 53, p. 3–12.

Jarmalavičius, D., Žilinskas, G., Pupienis, D., Kriaučiūnienė, J. Subaerial beach volume change on a decadal time scale: the Lithuanian Baltic Sea coast. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 2017, 61/2, p. 149–158.

Karaliūnas, V., Jarmalavičius, D., Pupienis, D., Janušaitė, R., Žilinskas, G., Karlonienė, D. Shore nourishment impact on coastal landscape transformation: an example of the Lithuanian Baltic Sea coast. In *Global Coastal Issues of 2020* (Eds. G. Malvárez, F. Navas). *Journal of Coastal Research*, 2020, 95, p. 840–844.

Karlonienė, D., Pupienis, D., Jarmalavičius, D., Dubikaltienė, A., Žilinskas, G. Lithological and geochemical analyses of sandy beach sediments of different geological frameworks: the South-eastern Baltic Sea (Lithuania). *Arabian Journal of Geosciences*, 2021 a, 14/4, p. 279–286.

Karlonienė, D., Pupienis, D., Jarmalavičius, D., Dubikaltienė, A., Žilinskas, G. Lithogolical and geochemical analysis of mainland and spit sandy beach sediments: SE Baltic Sea (Lithuania). In *Recent Research on Geomorphology, Sedimentology, Marine Geosciences and Geochemistry* (Eds. A. Çiner et al.). CAJG, 2019. *Advances in Science, Technology and Innovation* (IEREK Interdisciplinary Series for Sustainable Development), 2021 b. Springer, Cham. Prieiga internete: https://doi.org/10.1007/978-3-030-72547-1_19.

Kriaučiūnienė, J., Žilinskas, G., Pupienis, D., Jarmalavičius, D., Gailiušis, B. Impact of Šventoji Port jetties on coastal dynamics of the Baltic Sea. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 2013, 21/2, p. 114–122.

Pupienis, D., Buynevich, I. V., Jarmalavičius, D., Žilinskas, G., Fedorovič, J. Regional distribution of heavy-mineral concentrations along the Curonian Spit coast of Lithuania. *Journal of Coastal Research*, 2013 a, 65, p. 1 844–1 849.

Pupienis, D., Buynevich, I. V., Ryabchuk, D., Jarmalavičius, D., Žilinskas, G., Fedorovič, J., Kovalevac, O., Sergeev, A., Pupienis, A. C. Spatial patterns in heavy-mineral concentrations along the Curonian Spit coast, South-eastern Baltic Sea. *Estuarine, Coast and Shelf Scientes*, 2017, 195, p. 41–50. Prieiga internete: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272771416302621.

Pupienis, D., Jarmalavičius, D., Žilinskas, G., Fedorovič, J. Beach nourishment experiment in Palanga, Lithuania. *Journal of Coastal Research*, 2014, 70, p. 490–495.

Pupienis, D., Jonuškaitė, S., Jarmalavičius, D., Žilinskas, G. Klaipėda Port jetties impact on the Baltic Sea shoreline dynamics, Lithuania. *Journal of Coastal Research*, 2013 b, 65, p. 2 167–2 172.

Žilinskas, G., Eidikonienė, J. Uosto atstatymo įtaka poilsiautojų sklaidai Šventosios rekreacinėje zonoje. *Jūros ir krantų tyrimai – 2011*. Konferencijos medžiaga. Klaipėda: Klaipėdos universitetas, 2011, p. 277–281.

Žilinskas, G., Janušaitė, R., Jarmalavičius, D., Pupienis, D. The impact of Klaipėda Port entrance channel dredging on the dynamics of coastal zone, Lithuania. *Oceanologia*, 2020, 62/4, p. 489–500.

Žilinskas, G., Jarmalavičius, D., Kulvičienė, G. Uragano „Anatolijus" padariniai Lietuvos jūriniame krante. *Geografijos metraštis*, 2000, 33, p. 191–206.

Žilinskas, G., Jarmalavičius, D., Pupienis, D. Jūros priekrantės sąnašų papildymo poveikis kranto būklei. *Geografijos metraštis*, 2003, 36 (1), p. 89–100.

Žilinskas, G., Jarmalavičius, D., Pupienis, D. Uragano „Ervinas" padarinių Lietuvos jūriniame krante įvertinimas. *Geografijos metraštis*, 2005, 38/1, p. 47–63.

Žilinskas, G., Jarmalavičius, D., Pupienis, D. Paplūdimio sąnašų papildymo Palangos rekreacinėje zonoje poveikis kranto būklei. *Annales Geographicae*, 2008, 41/1–2, p. 50–66.

Žilinskas, G., Pupienis, D. Jarmalavičius, D. Possibilities of regeneration of Palanga coastal zone. *Journal of Environmental and Landscape Management*, 2010, 18/2, p. 95–101.