

# Daugiamečiai Baltijos jūros Lietuvos paplūdimių morfodinaminiai ypatumai

**Darius Jarmalavičius,**

**Gintautas Žilinskas,**

**Donatas Pupienis**

*Gamtos tyrimų centro  
Geologijos ir geografijos institutas,  
T. Ševčenkos g. 13,  
LT-03223 Vilnius  
El. paštas: jarmalavicius@geo.lt;  
zilinskas@geo.lt;  
donatas.pupienis@gf.vu.lt*

Jarmalavičius D., Žilinskas G., Pupienis D. Daugiamečiai Baltijos jūros Lietuvos paplūdimių morfodinaminiai ypatumai. *Geografija*. 2011. T. 47(2). ISSN 1392-1096.

Paplūdimių morfodinamikos ir kranto linijos dinamikos tendencijos tyrimai Lietuvos jūros krante buvo atlikti 1993–2008 m. Morfometrinių paplūdimio rodikliai (paplūdimio plotis, aukštis ir nuolydis) buvo matuojami kasmet septyniasdešimtyje kranto profilių.

Nustatyta, kad žemyno kranto linija per 1993–2008 m. atsitraukė vidutiniškai 10,2 m, o Kuršių nerijoje pasistūmė jūros link vidutiniškai 8,3 m. Nors atskirų metų paplūdimio morfometrinių rodiklių gali gerokai skirtis, tačiau analizuojant daugiamečius duomenis vidutinis jų pokytis nėra didelis. Per tyrimų laikotarpį vidutinis paplūdimio plotis žemyno krante padidėjo tik 1,2 m, o Kuršių nerijos – tik 0,5 m. Vidutinis paplūdimio aukštis taip pat šiek tiek padidėjo: 0,5 m žemyno krante ir 0,1 m – Kuršių nerijoje. Vidutinis paplūdimio nuolydis padidėjo 0,012 žemyno krante ir 0,005 – Kuršių nerijoje. Tyrimai parodė, kad nors per trumpą laikotarpį paplūdimys yra kaičiausias kranto morfologinis elementas, tačiau per daugiametį laikotarpį jo morfometrinių rodiklių keičiasi nedaug.

**Raktažodžiai:** Baltijos jūra, Kuršių nerija, paplūdimys, paplūdimių morfometrinių rodikliai, kranto linija

## ĮVADAS

Jūrų bei vandenynų smėlio paplūdimiai – viena dinamiškiausių vietų Žemėje. Dažnai, audrų metu, paplūdimio morfometrinių rodiklių gali iš esmės pakisti per keliolika valandų ar net kelias valandas. Intensyvių paplūdimio pokyčius sąlygoja mechaninės bangavimo energijos, sklindančios iš atviros jūros į krantą, disipacija – būtent paplūdimiuose banginiai judesiai užgęsta. Be to, paplūdimius aktyviai veikia ir eoliniai procesai.

Žmogaus gyvenime bei ūkinėje veikloje paplūdimiai atlieka itin svarbias tiek krantosaugines, tiek rekreacines funkcijas, todėl jų tyrimams nuo seno skirta daug dėmesio. Šia problematika paskelbta daug straipsnių, kuriuose pateikiami paplūdimio dinamikos tyrimai įvairiais aspektais. Gausėjanti tyrimų medžiaga buvo apibendrinta monografijose, atspindinčiose to laikotarpio žinias (Johnson, 1919; Shore ..., 1944; King, 1959; Bascom, 1964; Zenkovich, 1967; Komar, 1976; Pethick, 1984; Carter, 1988; Clark, 1996; Short, 1999; Bird, 2000; Nordstrom, 2000; Woodroffe, 2002; Davis, Fitzgerald, 2003; Masselink, Hughes, 2003; Davidson-Arnott, 2010).

Paplūdimių dinamiką galima analizuoti įvairiais laiko (trumpalaikiai – vienos ar kelių audrų, sezoniniai ar dau-

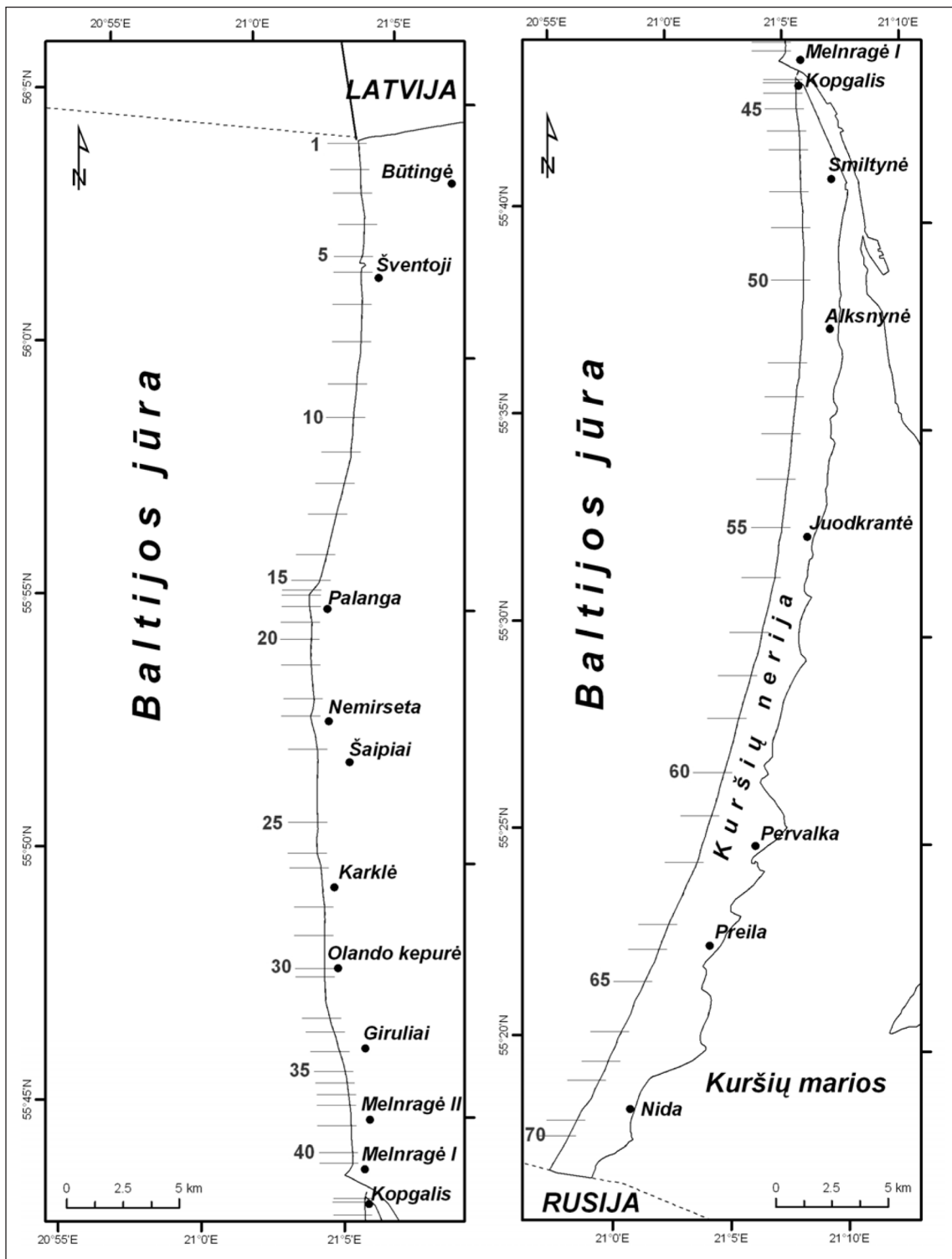
giamečiai pokyčiai) aspektais. Trumpalaikių bei sezoninių pokyčių tyrimai dažniausiai taikomi siekiant atskleisti lito-dinaminių procesų ypatumus, o daugiamečių – regionines paplūdimio dinamikos tendencijas. Lietuvoje paplūdimio morfometrijos kaita iki šiol dažniausiai buvo analizuojama trumpalaikiu ar sezoniniu pokyčių aspektais trumpose kranto atkarpose: Nidos stacionariųjų tyrimų poligone (Kirllys, 1967; Kirllys, Stauskaitė, 1981; Kirllys ir kt. 1981; Karaliūnas, 1987), Būtingėje (Žilinskas, 1994), Klaipėdos uosto poveikio rajone (Žilinskas, 1998; Žilinskas, Jarmalavičius, 2000), Palangoje (Žilinskas ir kt., 2010). Viso Lietuvos jūrinio kranto paplūdimių charakteristikos (išmatuotos kas 500 m) pateikiamos G. Žilinsko ir D. Jarmalavičiaus darbe (Žilinskas, Jarmalavičius, 1997), o jų trumpalaikė (po uraganinių audrų) bei daugiametė kaita kai kuriais aspektais analizuota daugelyje straipsnių (Žilinskas ir kt., 2000, 2005; Žilinskas, Jarmalavičius, 2003; Žilinskas, 2005). Tačiau daugiametę kranto linijos ir paplūdimio morfometrinių parametrų dinamiką visame Lietuvos jūriniame krante apibendrinantys tyrimų rezultatai dar nepaskelbti.

Šio straipsnio tikslas – nustatyti, kaip kinta daugiamečiai Lietuvos Baltijos jūros paplūdimių morfometrinių parametrai.

**METODIKA**

Vertinant paplūdimio kaitą laike buvo analizuojami paplūdimio morfometrinių parametrų pokyčiai per 15 metų. Tyrimų metu (1993, 2002 ir 2008 m.) skersinių kranto profilių niveliacija (elektroniniu tacheometru – TOPCON GTS 229)

buvo atliekama 70 postų, įrengtuose visame Lietuvos jūriniam krante 1993 m. (29 – Kuršių nerijoje ir 41 – žemyniniame krante) nuo valstybinės sienos su Latvija iki valstybinės sienos su Rusija (1 pav.). Pažymėtina, kad Lietuvai priklausančio Baltijos jūros kranto ilgis sudaro 90,6 km (51,03 km – Kuršių nerija, 38,49 km – žemyno krantas ir 1,14 km – Klaipėdos sąsiauris).



1 pav. Tyrimų rajonas. Brūkšneliais parodytos skersinių profilių matavimo vietos  
 Fig. 1. Location of the study area. Lines show profile location

Paplūdimio morfologijos pokyčių analizei buvo pasirinkti šie paplūdimio morfometriniai rodikliai: paplūdimio plotis (horizontalus atstumas nuo dinaminės kranto linijos iki kopagūbrio papėdės), paplūdimio aukštis (skirtumas tarp paplūdimio paviršiaus aukščio ties kopagūbrio papėde ir aukščio ties kranto linija, įvertinus vidutinį daugiametį Baltijos jūros vandens lygį) ir nuolydis (paplūdimio aukščio ir jo pločio santykis) (2 pav.). Remiantis natūrinių tyrimų duomenimis buvo įvertinta ir kranto linijos kaita 1993–2008 m. Statistiniai rodikliai buvo skaičiuojami remiantis STATISTICA kompiuterine programa.

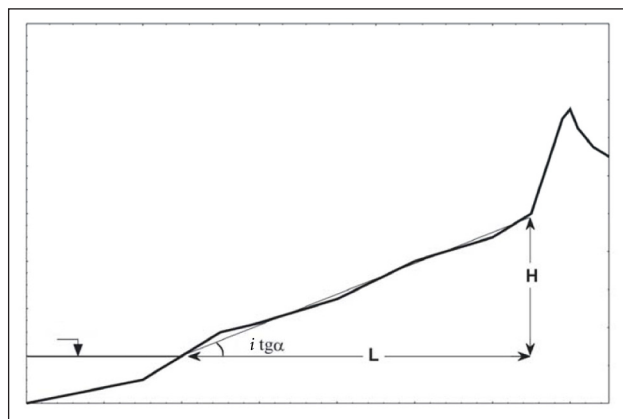
## TYRIMŲ REZULTATAI

**Paplūdimio pločio kaita.** Analizuojant, kaip kito paplūdimio pločio statistiniai rodikliai tiriamuoju laikotarpiu (1 lentelė) nustatyta, kad 1993 m. vidutinis paplūdimio plotis žemyno krante buvo 42,5 m, o Kuršių nerijoje 50,3 m. Mažiausiu plotiu (21 m) išsiskyrė Olando kepurės moreninio klifo paplūdimiai žemyno krante ir Juodkrantės paplūdimiai Kuršių nerijoje (33,0 m). Didžiausiu paplūdimių plotiu išsiskyrė Palangos ruožas žemyno krante ir Kopgalio ruožas Kuršių nerijoje (atitinkamai 76,0 m ir 71,0 m) (1 lentelė). Pažymėtina, kad po stipresnių audrų susiformavusiose įlankose paplūdimiai gali gerokai susiaurėti ir siekti vos keliolika metrų ar net kelis metrus, o iškyšulių vietoje praplatėti ir siekti net 100 m. Tačiau tokie ekstremalūs pokyčiai dažniausiai būna laikini, ir per kelis mėnesius paplūdimio plotis vėl tampa artimas buvusiam.

Pakartojus matavimus 2002 m. (1 lentelė) nustatyta, kad vidutinis paplūdimio plotis žemyno krante buvo 51,2 m, o Kuršių nerijoje – 49,0 m. Siauriausi paplūdimiai buvo ties Karkle žemyno krante – 16,0 m ir ties Pervalka Kuršių nerijoje – 38,0 m. Plačiausi paplūdimiai buvo ties Šventąja žemyno krante – 137,0 m ir ties Smiltynė Kuršių nerijoje – 69,0 m.

2008 m. vidutinis paplūdimio plotis žemyno krante buvo 43,7 m, Kuršių nerijoje 50,8 m. Siauriausiais paplūdimiais išsiskyrė Olando kepurės morenos klifo kranto ruožas žemyne (11,0 m) ir Juodkrantės paplūdimiai Kuršių nerijoje (26,0 m). Plačiausiais paplūdimiais išsiskyrė Šventosios ruožas žemyno krante (107,0 m) ir Kopgalio Kuršių nerijoje (85,0 m).

Nagrinėjant paplūdimio pločio kaitą 1993–2008 m. žemyno krante ženklėsnis paplūdimio praplatėjimas užfiksuo-



2 pav. Paplūdimio morfometriniai rodikliai: plotis (L), aukštis (H), nuolydis (i) (Jarmalavičius ir kt., 2011)

Fig. 2. Morphometric indicators of the beach: width (L), height (H), inclination (i) (Jarmalavičius et al., 2011)

tas ties Šventąja, šiauriau Palangos, piečiau Nemirsetos ir ties Melnrage II. Paplūdimiai susiaurėjo tarp Šventosios ir Ošupio, ties Palanga, tarp Šaiپیų ir Girulių. Kuršių nerijoje paplūdimiai praplatėjo ties Smiltynė II, Alksnyne, piečiau Pervalkos, ties Preila bei tarp Preilos ir Nidos. Paplūdimių pločio sumažėjimas užfiksuotas ties Smiltynė I, tarp Juodkrantės ir Pervalkos bei šiauriau Nidos.

**Paplūdimio aukščio kaita.** Analizuojant paplūdimio aukščio statistinių rodiklių kaitos ypatumus (2 lentelė) nustatyta, kad 1993 m. vidutinis paplūdimio aukštis žemyne buvo 2,6 m, Kuršių nerijoje – 3,6 m. Žemiausiais paplūdimiais pasižymėjo kranto atkarpa tarp Būtingės ir Šventosios žemyno krante (1,3 m) ir kranto atkarpa į šiaurę nuo Juodkrantės Kuršių nerijoje (2,5 m). Aukščiausiais paplūdimiais pasižymėjo Melnragės I atkarpa žemyne (3,8 m) ir Juodkrantės Kuršių nerijoje (4,5 m).

2002 m. vidutinis paplūdimio aukštis žemyne buvo 2,9 m, Kuršių nerijoje – 3,2 m. Žemiausi paplūdimiai buvo ties Palanga (1,4 m) žemyno krante ir ties Smiltynė (2,1 m) Kuršių nerijoje. Aukščiausi paplūdimiai išmatuoti ties Šventąja (žemyno krante, 6,0 m) ir ties Juodkrante (Kuršių nerijoje, 4,1 m).

2008 m. vidutinis paplūdimio aukštis žemyne sudarė 3,1 m, Kuršių nerijoje – 3,7 m (2 lentelė). Žemiausiais paplūdimiais pasižymėjo kranto atkarpa ties Olando kepurės morenos klifu žemyno krante (1,6 m) ir kranto atkarpa ties Preila

1 lentelė. Paplūdimio pločio statistiniai rodikliai 1993–2008 m.

Table 1. Statistical characteristics of beach width, 1993–2008

Krantas Coast	Metai Year	Plotis m / Width, m			
		Vidutinis Mean	Mažiausias Minimum	Didžiausias Maximum	Standartinis nuokrypis Standard deviation
Žemyno / Mainland	1993	42,5	21,0	76,0	12,0
	2002	51,2	16,0	137,0	21,9
	2008	43,7	11,0	107,0	17,6
Kuršių nerijos / Curonian Spit	1993	50,3	33,0	71,0	10,7
	2002	49,0	38,0	69,0	7,9
	2008	50,8	26,0	85,0	10,1

2 lentelė. Paplūdimio aukščio statistiniai rodikliai 1993–2008 m.

Table 2. Statistical characteristics of beach height, 1993–2008

Krantas Coast	Metai Year	Aukštis m / Height, m			
		Vidutinis Mean	Mažiausias Minimum	Didžiausias Maximum	Standartinis nuokrypis Standard deviation
Žemyno / Mainland	1993	2,6	1,3	3,8	0,7
	2002	2,9	1,4	6,0	0,9
	2008	3,1	1,6	5,3	1,0
Kuršių nerijos / Curonian Spit	1993	3,6	2,5	4,5	4,5
	2002	3,2	2,1	4,1	0,6
	2008	3,7	2,6	4,4	4,4

Kuršių nerijoje (2,6 m). Aukščiausiais paplūdimiais pasižymėjo Šventosios kranto atkarpa žemyno krante (5,3 m) ir piečiau Juodkrantės esantys paplūdimiai Kuršių nerijoje (4,4 m).

Analizuojant paplūdimio aukščio kaitos 1993–2008 m. ypatumus nustatyta, kad paplūdimio aukštis labiausiai padidėjo žemyno kranto atkarpoje tarp Būtingės ir šiaurinės Palangos. Ties Šventąja vietomis paplūdimio aukštis padidėjo dvigubai. Taip pat paplūdimio aukščio padidėjimas užfiksuotas ir ties Nemirseta bei Melnragėmis I ir II. Kuršių nerijoje paplūdimio aukštis kito nedaug. Čia paplūdimio aukštis padidėjo kranto atkarpose ties Alksnyne, piečiau Juodkrantės, ties Preila ir Nida. Paplūdimio aukščio mažėjimo tendencijos užfiksuotos žemyno krante ties Palanga, Šaičių–Karklės moreninio masyvo kranto ruože ir ties Giruliais. Kuršių nerijoje paplūdimio aukščio sumažėjimas užfiksuotas kranto atkarpose ties Kopgaliu, Smiltynėmis I ir II, ties Juodkrante ir Pervalkos–Preilos kranto ruože.

**Paplūdimio nuolydžio kaita.** Analizuojant paplūdimio nuolydžio statistinius rodiklius 1993 m. (3 lentelė) nustatyta, kad vidutinis žemyno kranto nuolydis buvo 0,065, Kuršių nerijos – 0,073. Mažiausio nuolydžio paplūdimiai užfiksuoti ties Palanga žemyno krante (0,022) ir ties Kopgaliu Kuršių nerijoje (0,047). Didžiausi nuolydžiai užfiksuoti Olando kepurės morenos masyvo paplūdimiuose žemyno krante (0,127) ir ties Juodkrante Kuršių nerijoje (0,114).

2002 m. vidutinis paplūdimio nuolydis žemyno krante buvo 0,063, o Kuršių nerijoje – 0,068. Mažiausias nuolydis – 0,034 – buvo išmatuotas ties Palanga (žemyno krantas) ir Kopgaliu (Kuršių nerija). Didžiausias nuolydis buvo

išmatuotas Karklės paplūdimiuose (žemyno krantas) (0,119) ir šiauriau Pervalkos Kuršių nerijoje (0,103).

2008 m. duomenimis, vidutinis žemyno kranto nuolydis buvo 0,077, Kuršių nerijos – 0,078. Mažiausio nuolydžio paplūdimiai užfiksuoti ties Palanga žemyno krante (0,043) ir ties Kopgaliu Kuršių nerijoje (0,035). Didžiausi nuolydžiai užfiksuoti Olando kepurės morenos masyvo paplūdimiuose žemyno krante (0,145) ir ties Juodkrante Kuršių nerijoje (0,154).

Analizuojant paplūdimio nuolydžio kaitos 1993–2008 m. ypatumus nustatyta, kad labiausiai paplūdimio nuolydis padidėjo žemyno kranto atkarpoje tarp Būtingės ir Palangos, ties Nemirseta ir tarp Girulių ir Melnragės I. Kuršių nerijoje paplūdimio nuolydis padidėjo ties Smiltyne I, tarp Juodkrantės ir Pervalkos bei ties Nida. Paplūdimio nuolydžio mažėjimo tendencijos užfiksuotos ties Karkle ir Melnrage II žemyno krante ir kranto atkarpose tarp Smiltynės II bei Alksnynės ir tarp Pervalkos ir Preilos Kuršių nerijoje.

Apibendrinant paplūdimio morfometrinių rodiklių paskirstymo ypatumus 1993–2008 m. (1–3 lentelės) galima konstatuoti, kad jie kito santykinai nedaug. Vidutinis paplūdimio plotis padidėjo 1,2 m žemyno krante ir 0,5 m Kuršių nerijoje. Vidutinis paplūdimio aukštis taip pat nedaug padidėjo: 0,5 m žemyno krante ir 0,1 m Kuršių nerijoje. Vidutinis paplūdimio nuolydis padidėjo nežymiai: 0,012 žemyno krante ir 0,005 Kuršių nerijoje.

Anksčiau pateikti duomenys rodo, kad visame Baltijos jūros Lietuvos krante vidutiniai paplūdimių morfometrinių rodikliai išliko beveik nepakitę. Ypač maži pokyčiai užfiksuoti Kuršių nerijos krante. Šiek tiek didesni

3 lentelė. Paplūdimio nuolydžio statistiniai rodikliai 1993–2008 m.

Table 3. Statistical characteristics of beach inclination, 1993–2008

Krantas Coast	Metai Year	Nuolydis / Inclination			
		Vidutinis Mean	Mažiausias Minimum	Didžiausias Maximum	Standartinis nuokrypis Standard deviation
Žemyno / Mainland	1993	0,065	0,022	0,127	0,02
	2002	0,063	0,034	0,119	0,022
	2008	0,077	0,043	0,145	0,02
Kuršių nerijos / Curonian Spit	1993	0,073	0,047	0,114	0,02
	2002	0,068	0,034	0,103	0,017
	2008	0,078	0,035	0,154	0,03

pokyčiai užfiksuoti žemyno kranto paplūdimuose, kur krantas įvairesnis tiek litologine sudėtimi, tiek antropogeninės įtakos mastais.

Tačiau analizuojant paplūdimio morfometrinių rodiklių kaitos ypatumus atskiruose kranto ruožuose nustatyti kur kas didesni jų pokyčiai. Daugumoje kranto ruožų nustatytas paplūdimio pločio, aukščio bei nuolydžio padidėjimas. Intensyviausiai akumuliacija vyko Šventosios kranto ruože žemyno krante, kur paplūdimiai ir paplatėjo, ir paaukštėjo. Tačiau paplūdimio nuolydis čia išliko beveik nepakitęs. Paplūdimio plotis bei aukštis padidėjo ir šiauriau Palangos. Tačiau šiame ruože ženkliau padidėjus paplūdimio aukščiui padidėjo ir nuolydis – paplūdimys tapo šiek tiek statesnis. Kranto ruože, esančiame piečiau Palangos tilto, paplūdimiai susiaurėjo ir pažemėjo, nuolydis išliko nepakitęs. Ruože tarp Palangos ir Girulių paplūdimio morfometrinių rodiklių pokyčiai buvo nedideli. Ties Giruliais užfiksuotas paplūdimių susiaurėjimas, o ties Melnrage II paplūdimio pločio, aukščio ir nuolydžio padidėjimas. Paplūdimio pločio ir aukščio sumažėjimas užfiksuotas šiauriau Klaipėdos uosto molų.

Tiriamuoju laikotarpiu paplūdimiai tapo žemesni ir lėkštesni ir šiaurinėje Kuršių nerijos dalyje – Koppalyje bei Smiltynėje I. Smiltynės II–Alksnynės kranto ruože kol kas paplūdimiai platėja ir aukštėja, tačiau tampa lėkštesni. Centrinėje Kuršių nerijos dalyje – ties Juodkrante paplūdimiai siaurėja ir žemėja, tačiau tampa statesni. Panašiai paplūdimiai kinta ir ties Pervalka. Į pietus nuo Pervalkos iki pat valstybinės sienos su Rusija paplūdimio morfometrinių rodiklių pasiskirstymo išilgai kranto dinamikoje ryškesnės tendencijos nenustatytos: trumpose kranto atkarpose morfometriniai rodikliai tai padidėja, tai sumažėja.

Galima teigti, kad nors atskiruose kranto ruožuose paplūdimio morfometriniai rodikliai tiriamuoju laikotarpiu (1993–2008 m.) pakito gana ženkliai, tačiau vidutinės viso Lietuvos jūrinio kranto morfometrinių rodiklių reikšmės, per minėtą laikotarpį, kito nežymiai.

## DISKUSIJA

Nagrinėjant paplūdimių morfometrinių rodiklių dinamiką reikia atsižvelgti ir į kranto linijos pokyčius per 1993–2008 m. Palyginus paplūdimio pločio ir kranto linijos pokyčių per 15 metų ypatumus (4 lentelė), matyti, kad žemyno krante nuo 1993 iki 2008 m. kranto linija atsitraukė vidutiniškai 10,2 m, tuo tarpu vidutinis paplūdimio plotis netgi šiek tiek padidėjo (+1,2 m). Kaip parodė ankstesni tyrimai (Jarmalavičius, Ži-

linskas, 2001; Jarmalavičius ir kt., 2003), kranto linijos regresija sąlygoja aktyvią kopagūbrio ardą, t. y. atsitraukus kranto linijai atsitraukia ir kopagūbris. Todėl paplūdimio plotis išlieka kvazistabilus. Pažymėtina, kad apie kvazistabilumą laike galima teigti tik analizuojant viso žemyno kranto paplūdimio vidutinio pločio pokyčius. Tuo tarpu atskiruose kranto ruožuose šie pokyčiai yra kur kas didesni ir įvairesni. Paplūdimio plotis skirtingose žemyno kranto vietose kito nuo –39 m iki +60 m, o kranto linija nuo –68 m iki +20 m (4 lentelė).

Kuršių nerijos krante nuo 1993 m. iki 2008 m. kranto linija vidutiniškai pasislinko jūros pusėn 8,3 m, tuo tarpu paplūdimys paplatėjo tik 0,5 m, t. y., kaip ir žemyno krante, vidutinis nerijos paplūdimio plotis beveik nepakitęs. Tačiau, kitaip nei žemyno krante, paplūdimio pločio stabilumą laike čia sąlygojo kopagūbrio vakarinio šlaito stūmimasis (akumuliuojantis sąnašom kopagūbrio papėdėje) jūros pusėn. Pažymėtina, kad atskiruose Kuršių nerijos kranto ruožuose paplūdimio plotis kito nuo –26 m iki +28 m, o kranto linija – nuo –18,5 m iki +49 m (4 lentelė). Taigi, vyraujant tiek kranto linijos regresijai žemyno krante, tiek transgresijai Kuršių nerijos krante, vidutinis jų paplūdimio plotis praktiškai nekito. Nors atskiruose kranto ruožuose kaitos įvairovė buvo gana didelė.

Lyginant paplūdimių morfometrinių rodiklių žemyno krante ir Kuršių nerijoje pokyčių mastus, pažymėtina, kad žemyno krante paplūdimių morfometriniai rodikliai kinta platesniuose intervaluose tiek laike, tiek erdvėje nei Kuršių nerijoje (1–3 lentelės). Didesnius paplūdimio morfometrijos pokyčius žemyno krante sąlygoja ne tik didesnė jo morfologijos ir litologijos įvairovė, bet ir didesnis antropogeninis poveikis.

Morfometriniai paplūdimio rodikliai žemyno krante mažai kinta kopagūbrio ardų sąskaita. Kranto linijai traukiantis, susidaro sąlygos bangoms lengviau pasiekti kopagūbrio papėdę. Dėl šios priežasties kopagūbris intensyviau ardomas traukiasi, o iš jo išplauto smėlio dalis akumuliuojama paplūdimyje. Tokiu būdu paplūdimys išlaiko savo profilį mažai pakitusį (3 pav.). Toks vystymosi pobūdis pasireiškia smėlio deficito sąlygomis. Šiuo atveju paplūdimys išlaiko savo profilį kopagūbrio sąnašų sąskaita (Sherman, Bauer, 1993). Kranto atkarpose, kur smėlio atsargų pakanka palaikyti kopagūbrio formą, tačiau vyrauja kranto regresijos sąlygos, kopagūbris išlaikydamas savo formą keliauja sausumos link. Dažniausiai kopagūbrio briaunos judėjimo greitis būna artimas kranto linijos traukimosi greičiui (Semeniuk, 1985; Short, 1988). Šiuo atveju paplūdimys taip pat išlaiko savo pusiausvyros profilį.

Kuršių nerijos krante, kur pastaraisiais metais vyrauja kranto transgresija, paplūdimys išlaiko savo kvazistabilų

4 lentelė. Paplūdimio pločio ir kranto linijos kaitos (1993–2008 m.) statistiniai rodikliai

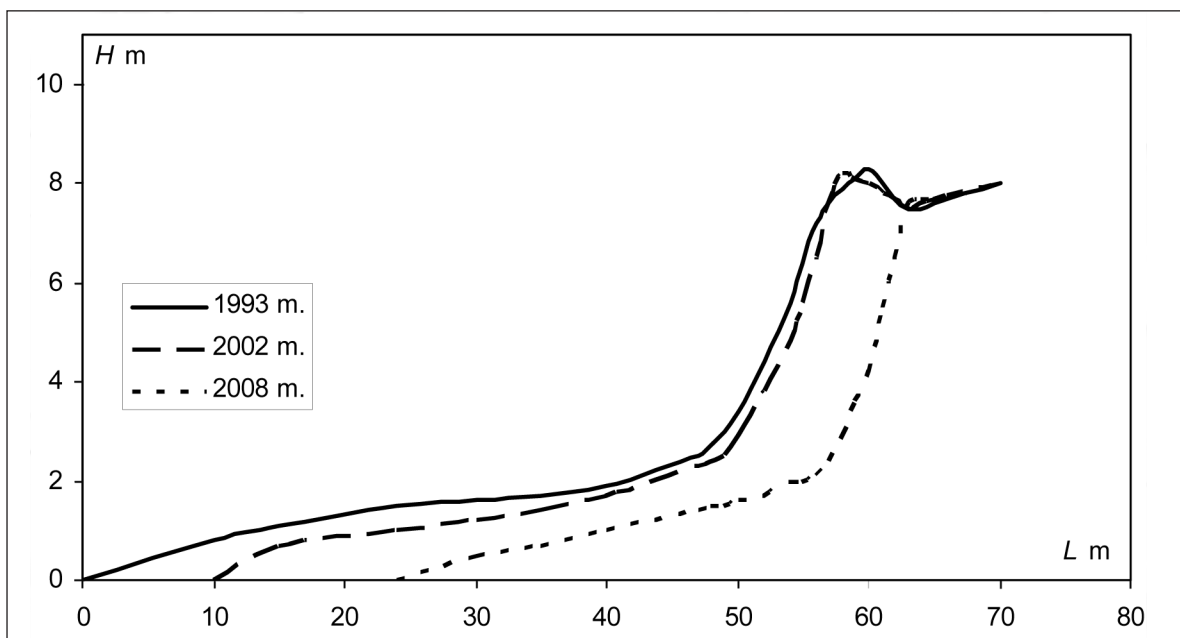
Table 4. Statistical characteristics of beach width and coastline dynamics, 1993–2008

Krantas / Coast	Paplūdimio pločio pokytis m / Variation of beach width, m			Krantų linijos pokytis m / Coastline dynamics, m		
	Vidutinis Mean	Mažiausias Minimum	Didžiausias Maximum	Vidutinis Mean	Mažiausias Minimum	Didžiausias Maximum
Žemyno / Mainland	+1,2	–39,0	+60,0	–10,2	–68,0	+20,0
Kuršių nerijos / Curonian Spit	+0,5	–26,0	+28,0	+8,3	–18,5	+49,0

profilį dėl kopagūbrio pasislinkimo jūros link. Platėjant paplūdimiui didėja kiekis jame esančių sąnašų, kurias vėjas perpusto į kopagūbrį. Palaipsniui kopagūbrio papėdėje ima formotis embrioninės kopos, kurios, esant palankioms sąlygoms, gali išsivystyti į naują prieškopę (Minkevičius, 1974). Taip palaipsniui susiformuoja naujas gūbrys, esantis arčiau jūros (4 pav.). Šiuo atveju transgresuojant tiek kranto linijai, tiek kopagūbrio papėdei paplūdimio morfometriniai rodik-

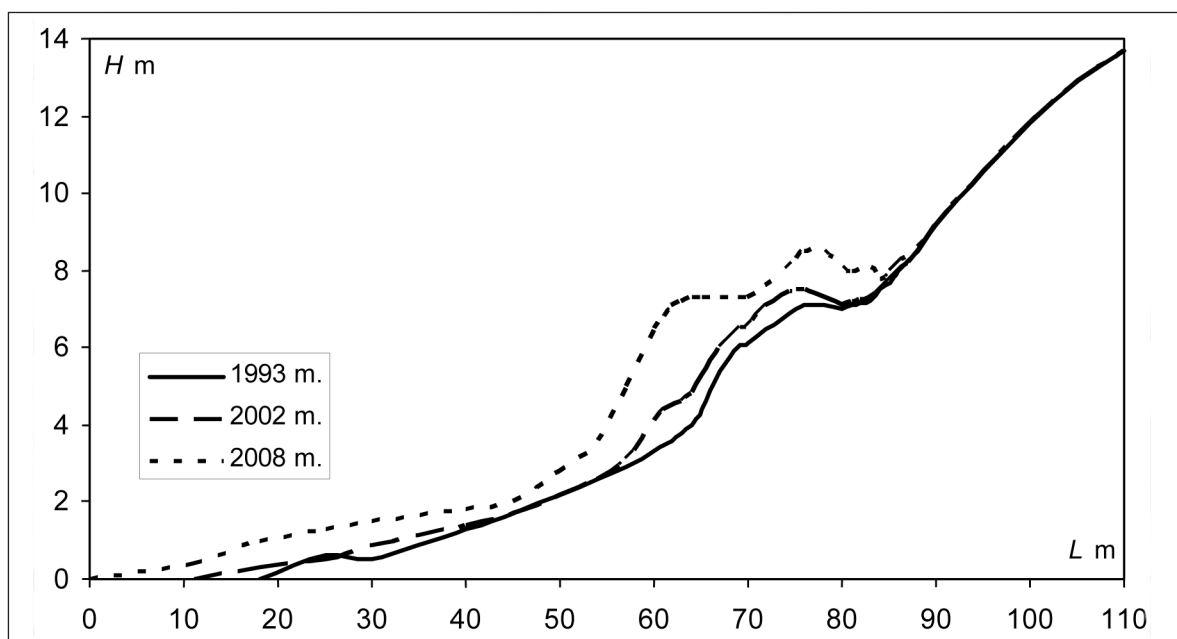
liai kinta santykinai mažai. Panašūs kopagūbrio ir kranto linijos vystymosi dėsningumai transgresiniuose krantuose, kai paplūdimio paplatėjimas sudaro sąlygas formuotis embrioninėms kopoms, yra nustatyti ir kituose smėlietuose krantuose (Psuty, 1988; Thom, Hall, 1991).

Panašios tendencijos išsilaiko ir krantuose, kur akumuliacinius procesus keičia eroziniai, ir atvirkščiai. Pavyzdžiui, ties Kopgaliu (5 pav.), kur dar visai neseniai vyravo kranto ardos



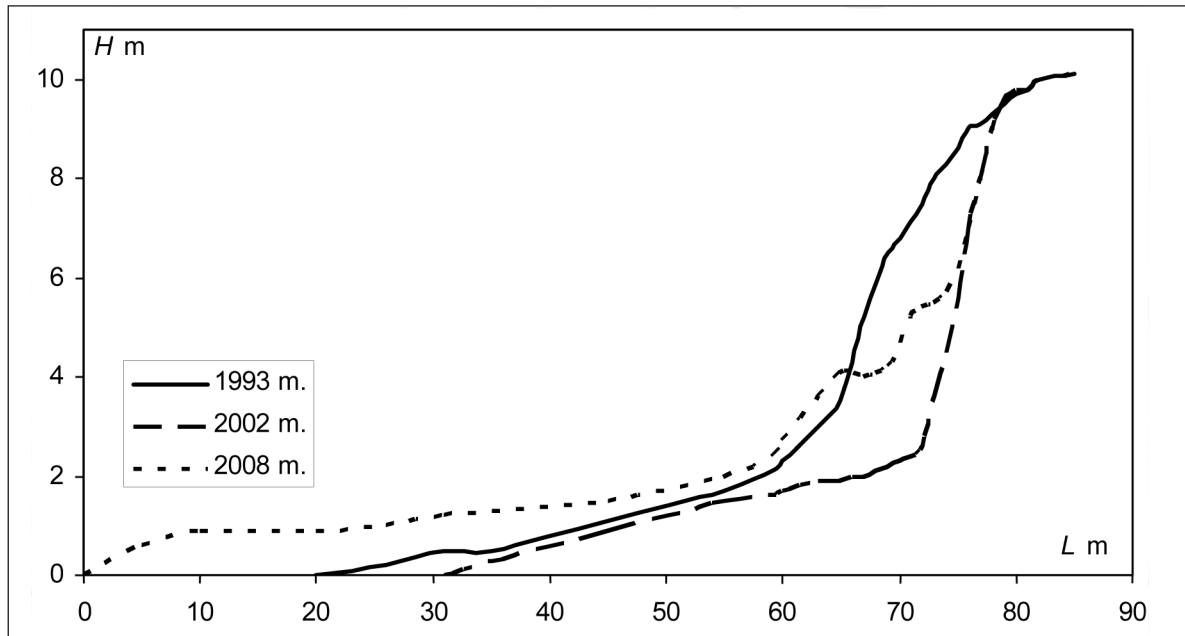
3 pav. Skersinio kranto profilio dinamika 1993–2008 m. ties Palanga (18 profilis)

Fig. 3. Dynamics of coastal cross-section in 1993–2008 near Palanga (profile No. 18)



4 pav. Skersinio kranto profilio dinamika 1993–2008 m. ties Smiltynė (47 profilis)

Fig. 4. Dynamics of coastal cross-section in 1993–2008 near Smiltynė (profile No. 47)



5 pav. Skersinio kranto profilio dinamika 1993–2008 m. ties Koppaliu (43 profilis)

Fig. 5. Dynamics of coastal cross-section in 1993–2008 near Koppalis (profile No. 43)

tendencijos, kranto linija traukėsi drauge su kopagūbriu. Maždaug nuo 2002 m. įsivyravus akumuliaciniams procesams ir kranto linijai pradėjus slinkti į jūrą, kopagūbrio papėdėje ėmė formuotis embrioninės kopos.

## APIBENDRINIMAS

Atlikta 1993–2008 m. lyginamoji paplūdimio morfometrinių rodiklių analizė parodė, kad tiek žemyno kranto, tiek Kuršių nerijos vidutiniai paplūdimių morfometriniai rodikliai per 15 metų praktiškai nepakito. Toks jų stabilumas laike paaiškinamas šitaip:

– žemyno krante, kur vyrauja kranto linijos regresija, paplūdimio morfometriniai rodikliai išlieka mažai pakitę ardomo kopagūbrio sąskaita, t. y., atsitraukus kranto linijai ir sumažėjus paplūdimio pločiui bei aukščiui, pradedamas stipriai ardyti kopagūbris. Jam traukiantis paplūdimys vėl praplatėja ir paaukštėja.

– Kuršių nerijos krante, kur vyrauja kranto linijos transgresija, paplūdimio morfometriniai rodikliai išlieka mažai pakitę dėl kopagūbrio priaugimo, t. y. kranto linijai stumiantis jūros pusėn didėja paplūdimio plotis ir aukštis, kartu vyksta aktyvi smėlio akumuliacija kopagūbrio vakarinėje papėdėje. Kopagūbrio šlaitui stumiantis jūros pusėn ar papėdėje formuojantis embrioninėms kopoms, paplūdimys vėl susiaurėja ir pažemėja.

Pažymėtina, kad paplūdimių kvazistabilumas laike išryškėja tik analizuojant suvidurkintus daugiamečius matavimų duomenis pakankamai ilgiems (Lietuvos atveju – žemyno krantas, Kuršių nerijos krantas) kranto ruožams.

Analizuojant daugiamečius paplūdimių morfometrinių rodiklių pokyčius trumpesniuose kranto ruožuose nustatyta, kad atskiruose ruožuose paplūdimio morfometriniai rodikliai gali labai kisti. Didžiausi paplūdimio morfometrijos pokyčiai užfiksuoti tuose kranto ruožuose, kuriuose yra didesnė kranto morfolitologinė įvairovė bei aktyvi antropogeninė veikla. Ypač tai ryšku žemyno jūriniame krante.

Gauta 2011 09 22

Priimta 2011 10 20

## Literatūra

1. Bascom W. H. 1964. *Waves and Beaches*. New York: Doubleday & Co.
2. Bird E. C. F. 2000. *Coastal Geomorphology: An Introduction*. New York: Wiley, Chichester.
3. Carter R. W. G. 1988. *Coastal Environments. An Introduction to the Physical, Ecological and Cultural Systems of Coastlines*. London / New York: Academic.
4. Clark J. R. 1996. *Coastal Zone Management Handbook*. CRC Press, Boca Raton.
5. Davidson-Arnott R. 2010. *Introduction to Coastal Processes and Geomorphology*. Cambridge: Cambridge University Press.
6. Davis R., Fitzgerald D. 2003. *Beaches and Coasts*. New York: Wiley.
7. Jarmalavičius D., Pupienis D., Žilinskas G., Janukonis Z. 2003. Kuršių nerijos apsauginio paplūdimio kopagūbrio dinamikos tendencijos. *Geografija*. 39(1): 5–9.
8. Jarmalavičius D., Satkūnas J., Žilinskas G., Pupienis D. 2011. Dynamics of beaches of Lithuanian coast (the Baltic Sea) for the period 1993–2008 based on morphometric indicators.

- Environmental Earth Sciences*. DOI: 10.1007/s12665-011-1152-3.
9. Jarmalavičius D., Žilinskas G. 2001. Ekstremalių audrų sukeltiamos nuoplovos priklausomybė nuo kranto morfolitologinių rodiklių. *Geografijos metraštis*. 34(1): 88–94.
  10. Johnson D. W. 1919. *Shore Processes and Shoreline Development*. New York: Wiley.
  11. Karaliūnas V. 1987. Morfolitodinamicheskiye protsessy na peschanom plyazhe yugo-vostochnogo sektora Baltijskogo morya v razlichnyye fazy shtorma. *Trudy Akademii Nauk Litovskoy SSR. Seriya B.* 3(160): 117–122.
  12. King C.A. M. 1959. *Beaches and Coasts*. London: Arnold.
  13. Kirlyš V., Močiekienė S., Janukonis Z. 1981. Intensivnost shtormovykh izmeneniy plyazha i zashchitnykh dyun v usloviyakh otmelogo peschanogo morskogo brega yugo-vostochnoy chasti Baltijskogo morya. *Trudy Akademii Nauk Litovskoy SSR. Seriya B.* 1(122): 101–108.
  14. Kirlyš V., Stauskaitė R. 1981. Tempy processa razmyva i akumulyacij nanosov na peschanom plyazhe yugo-vostochnogo sektora Baltijskogo morya v razlichnyye fazy volneniya. *Trudy Akademii nauk Litovskoy SSR. Seriya B.* 5(126): 127–138.
  15. Kirlyš V. 1967. K voprosu o kratkovremennykh izmeneniyakh poperechnogo profilya sklona morskogo plyazha i kontura beregovoy linii v usloviyakh otmelogo peschanogo brega (na primere peresypi Kuršių-Neriya). *Trudy Akademii nauk Litovskoy SSR. Seriya B.* 1(48): 233–243.
  16. Komar P. D. 1976. *Beach Processes and Sedimentation*. New York: Prentice Hall.
  17. Masselink G., Hughes M. G. 2003. *Introduction to Coastal Processes and Geomorphology*. London: Edward Arnold.
  18. Minkevičius V. 1974. Eolodinaminių procesų Kuršių nerijos paplūdimyje klausimu. *Geografijos metraštis*. 13: 185–193.
  19. Nordstrom K. F. 2000. *Beaches and Dunes of Developed Coasts*. Cambridge: Cambridge University Press.
  20. Pethick J.S. 1984. *An Introduction to Coastal Geomorphology*. London: Edward Arnold.
  21. Psuty N. P. 1988. Sediment budget and dune/beach interaction. *Journal of Coastal Research*. Spec Issue. 3: 1–4.
  22. Semeniuk V. 1985. The age structure of a Holocene barrier dune system and its implications for sea-level history reconstruction in southwestern Australia. *Marine Geology*. 67: 197–212.
  23. Sherman D. J., Bauer B. O. 1993. Dynamics of beach-dune systems. *Progress in Physical Geography*. 17(4): 413–447.
  24. *Shore Processes and Beach Characteristics*. 1944. U. S. Army Beach Erosion Board, Tech. Mem. 125 p.
  25. Short A. D. (ed.). 1999. *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. Wiley, Chichester.
  26. Short A. D. 1988. The south Australia coast and Holocene sea-level transgression. *Geographical Review*. 78: 119–136.
  27. Thom B. G., Hall W. 1991. Behavior of beach profiles during accretion and erosion dominated periods. *Earth Surface Processes and Landforms*. 16: 113–127.
  28. Woodroffe C. D. 2002. *Coast: Form, Process and Evolution*. Cambridge: Cambridge University Press.
  29. Zenkovich V. P. 1967. *Processes of Coastal Development*. London: Oliver & Boyd.
  30. Žilinskas G. 1994. Kranto būklė ir dinamika. *Naftos terminalas Būtingėje*. 121–137.
  31. Žilinskas G. 1998. Kranto linijos dinamikos ypatumai Klaipėdos uosto poveikio zonoje. *Geografijos metraštis*. 31: 99–109.
  32. Žilinskas G. 2005. Dinaminių procesų tendencijos Lietuvos Baltijos jūros krante. *Acta Zoologica Lituanica*. 15(2): 204–207.
  33. Žilinskas G., Jarmalavičius D. 1997. Lietuvos Baltijos jūros krantų morfometrinių charakteristikos. *Geografija*. 33: 64–71.
  34. Žilinskas G., Jarmalavičius D. 2000. Kranto būklė ir dinamika. *Klaipėdos uostas*. 55–67.
  35. Žilinskas G., Jarmalavičius D. 2003. Lietuvos jūrinio kranto dinamikos tendencijos. *Geografijos metraštis*. 36(1): 80–88.
  36. Žilinskas G., Jarmalavičius D., Kulvičienė G. 2000. Uragano „Anatolijus“ padariniai Lietuvos jūriniame krante. *Geografijos metraštis*. 33: 191–206.
  37. Žilinskas G., Jarmalavičius D., Pupienis D. 2005. Uragano „Ervinas“ padarinių Lietuvos jūriniame krante įvertinimas. *Geografijos metraštis*. 38(1): 47–63.
  38. Žilinskas G., Pupienis D., Jarmalavičius D. 2010. Possibilities of regeneration of Palanga coastal zone. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*. 18(2): 95–101.

Darius Jarmalavičius, Gintautas Žilinskas, Donatas Pupienis

#### MULTIANNUAL MORPHODYNAMIC PECULIARITIES OF THE BALTIC SEA LITHUANIAN BEACH

##### Summary

Investigations were carried out in order to evaluate changes of the beach profile during the period 1993–2008 and to elucidate the main trends of coastal dynamics. The morphometric indicators (beach width, height and inclination) were measured every year during the study period in 70 measuring stations located along the coastline.

It was determined that in 1993–2008 the dynamic shoreline of the mainland receded by 10.2 m and the dynamic shoreline of the Curonian Spit advanced into the sea by 8.3 m. Different morphometric beach indicators changed to varying extents over the period, but a comparison of their values for 1993 and 2008 showed that these changes were small. The average beach width increased by 1.2 m on the mainland coast and by 0.5 m on the Curonian Spit coast. The average beach height also increased negligibly: by 0.5 m on the mainland coast and 0.1 m on the Curonian Spit coast. The average beach slope inclination increased by 0.012 m (from 0.065 to 0.077) on the mainland coast and 0.005 m (from 0.073 to 0.078) on the Curonian Spit coast. The measurements show that, despite being the most dynamic elements in the coastal system, these beaches managed to retain their morphometric indicators almost unchanged during the period of observation.

In the coastal sectors with the prevailing accretion processes,



beach widening provides favourable conditions for wind transportation of larger sand masses (due to the increased sediment volume in a beach and wind fetch distance) and the formation of a dune ridge closer to the shoreline. Due to dune ridge transgression, the beach morphometric indicators remain only slightly changed.

In the coastal sectors with the prevailing erosion processes, the narrowing of beaches allows the waves to erode the dune ridge. Part of material from the regressing dune ridge is accumulated at the beach, resulting in the recovery of beach profile. In such a way, the beach profile retains quasi-stability both in a coast dominated by accretion processes and in a coast with the prevailing erosion processes. Actually, if the essential factors forming the beach – the wave energy and the composition of beach deposits – do not change, the beach profile tries to return into equilibrium with the forming factors.

The quasi-stability of beaches is revealed only by analysing the average long-term measuring data over long coastal sectors (in this case, the Lithuanian mainland coast and the coast of the Curonian Spit). Analysis of the long-term dynamics of the morphometric indicators of beaches in shorter coastal sectors or in an individual profile has shown that they may vary considerably due to rhythmic topography and rip cells. Changes of morphometric indicators were most significant in the coastal sectors that have a greater morpholithological diversity and anthropogenic loads. This is especially evident on the mainland coast. The measured morphometric indicators are of great value for planning the coastal infrastructure and adaptation to climatic variations.

**Key words:** the Baltic Sea, the Curonian Spit, beach, beach morphometrical indices, shoreline