

KOMPLEKSIŠKUMAS KURŠIŲ NERIJOS LIETUVOS DALIES KRANTO SISTEMOJE

Darius Jarmalavičius

*Gamtos tyrimų centras, Geologijos ir geografijos institutas, T. Ševčenkos g. 13, LT-03223 Vilnius
El. paštas: jarmalavicius@geo.lt*

Jarmalavičius D. COMPLEXITY IN COASTAL SYSTEM. CURONIAN SPIT, LITHUANIA. *Geografijos metraštis* 45, 2012.

Abstract. Based on morphodynamic indices of Curonian Spit shore and near-shore, their interdependence, or, in other words, the pattern of related changes of interdependent indices, was determined. Expansion of the near-shore contributes to the expansion of the beaches, the granular composition of beach-composing sediments becomes finer and the foredunes grow in height. The contraction of the near-shore entails the opposite processes: sediments grow coarser and the foredunes lower. The increasing depth of the bar zone is related with its widening. The bars become better defined and the portion of medium-grained sand in their composition increases. Analysis of the links between the shore sectors of different morpholithological composition and patterns of coastal dynamics showed that accumulative shore sectors are predominated by wide beaches verging with large foredunes and composed of fine-grained sand. Eroded sectors have narrow beaches with small foredunes. The sediments of such beaches have a large portion of coarse-grained sand.

References 20. In Lithuanian, summary in English.

Keywords: coastal zone, complexity, Curonian Spit, Lithuania.

Received:

Įvadas

Kompleksinė gamtinė sistema suprantama kaip vientisas darinys, kurio sudedamosios dalys susietos tarpusavyje funkciniais nelinijiniais grįžtamaisiais ryšiais.

Kranto kaip vientisos kompleksinės sistemos tyrimai atliekami jau seniai (Davies, 1964). Tačiau pirmieji bandymai daugiau siejosi su krantų klasifikavimu remiantis geomorfologiniais požymiais ir dinamine aplinka. Pirmieji darbai bandant susieti atskirus kranto morfolitodinaminčius rodiklius buvo atlikti analizuojant sąnašų dalelių dydžio ir kranto nuolydžio tarpusavio priklausomybę (Bascom, 1951; McLean, Kirk, 1969; Dubois, 1972; Swart, 1991). Kranto morfolitologinius elementus į vientisą sistemą sujungė australų mokslininkai Shortas ir Hespas (1982), išskyrę skirtingus krantų tipus, remiantis bangų energijos intensyvumu. Ši klasifikacija vėliau buvo tobulinama (Hesp, 1988; Short, 1988; Masselink, Short, 1993), tačiau pagrindinis indikatorius išliko: bangų energija – pagrindinis veiksnys, nulemiantis kranto morfolitologinius bruožus. Didesnės energijos (disipatyvūs) krantai pasižymi plačia sėklių zona, gausiomis smulkiagrūdžio smėlio atsargomis, lėkštu ir plačiu paplūdimiu, prie kurio šliejasi dinamiškai aktyvios aukštos prieškopės. Mažos energijos (reflektyvūs) krantai pasižymi menkai išreikšta sėklių zona su mažomis smėlio atsargomis, siauru ir stačiu paplūdimiu, kuriame vyrauja stambesnės frakcijos smėliai, bei žemomis ir dinamiškai neaktyviomis prieškopėmis.

Kitokį kranto kaip vientisos geodinaminės sistemos modelį pasiūlė Psuty (1988). Pagrindiniu krantodariniu veiksniu jis pasirinko sąnašų kiekį. Vėliau ši klasifikacija buvo dalinai papildyta (Sherman, Bauer, 1993) ir skyrė atskirus krantų tipus priklausomai ar juos formuojantis sąnašų

biudžetas yra teigiamas ar neigiamas. Jų kombinacija skirtingos geodinaminės aplinkos (transgresinis ar regresinis) krantuose ir sudarė klasifikavimo pagrindą. Vėlesni tyrimai sisteminiu pagrindu iš esmės rėmėsi anksčiau nustatytais dėsningumais, tačiau didesnis dėmesys buvo skiriamas kranto dinamikos ir ją atspindinčių kranto morfometrinių rodiklių analizei (Saye, van der Wal et al., 2005).

Lietuvoje didesnis dėmesys buvo skirtas atskirų kranto morfolitologinių rodiklių tarpusavio priklausomybių (Jarmalavičius, Žilinskas, 1997; Jarmalavičius, 2000), taip pat atskirų kranto ruožų morfometrinių rodiklių ypatumų, priklausomai nuo nešmenų pernašos sėklių zonoje, (Žaromskis, Gulbinskas, 2010) tyrimams. Šio straipsnio tikslas – remiantis morfolitodinaminiais Kuršių nerijos jūros kranto ir priekrantės rodikliais įvertinti tarp jų esančią priklausomybę, nustatyti, kaip keičiantis vienam rodikliui, keičiasi visi tarpusavyje susiję sistemoje esantys elementai, taip pat įvertinti skirtingų morfolitologinių tipų kranto ruožų sąsają su kranto dinamikos ypatumais.

1. Metodika

Tyrimams buvo pasirinkta Lietuvai priklausanti Kuršių nerijos jūros kranto atkarpa. Šioje atkarpoje buvo išskirti 29 skersiniai kranto profiliai, kurie apėmė atkarpą tarp prieškopės krante ir 15 m gylio izobatos priekrantėje (1 pav.). Sausuminės dalies morfolitologiniai rodikliai buvo skaičiuojami remiantis kasmetiniais kranto dinamikos monitoringo, vykdomo Gamtos tyrimų centro, Geologijos ir geografijos instituto, Krantotyros ir krantotvarkos sektoriaus, duomenimis, o povandeninės dalies morfolitologiniai rodikliai buvo skaičiuojami remiantis Baltijos jūros Lietuvos krantų atlaso (Baltijos jūros..., 2004) duomenimis. Atrenkant reprezentatyvius rodiklius, buvo sudaryta koreliacinė matrica, apimanti prieškopės absoliutų ir santykinį aukštį ir vakarinio šlaito nuolydį, paplūdimio aukštį, plotį ir nuolydį, sėklių zonos plotį, gylį, įjūriausio sėklio viršūnės gylį ir sėklių zonos nuolydį, priekrantės iki 15 m plotį ir nuolydį. Taip pat buvo nagrinėti prieškopinių šlaito, papėdės, paplūdimio vidurio, 1, 7 ir 10 m gylio sąnašų dalelių vidutinis skersmuo bei smulkiagrūdžio, vidutingrūdžio ir stambiagrūdžio smėlio dalies kiekis mėginiuose. Be morfolitologinių rodiklių buvo naudojami ir kranto geodinamiką atspindintys rodikliai – kranto linijos ir sąnašų kiekio krante pokytis. Pažymėtina, kad kai kurie rodikliai, pavyzdžiui, paplūdimio plotis, yra gana kaitūs laike, todėl buvo imama vidutinė jų reikšmė per 2001–2011 m. laikotarpį. Tas pats laikotarpis buvo pasirinktas ir skaičiuojant kranto geodinamines tendencijas.

Analizės patogumui duomenų eilės buvo standartizuotos:

$$z = \frac{x_i - \bar{x}}{S},$$

kur x – kintamasis, S – standartinis nuokrypis.

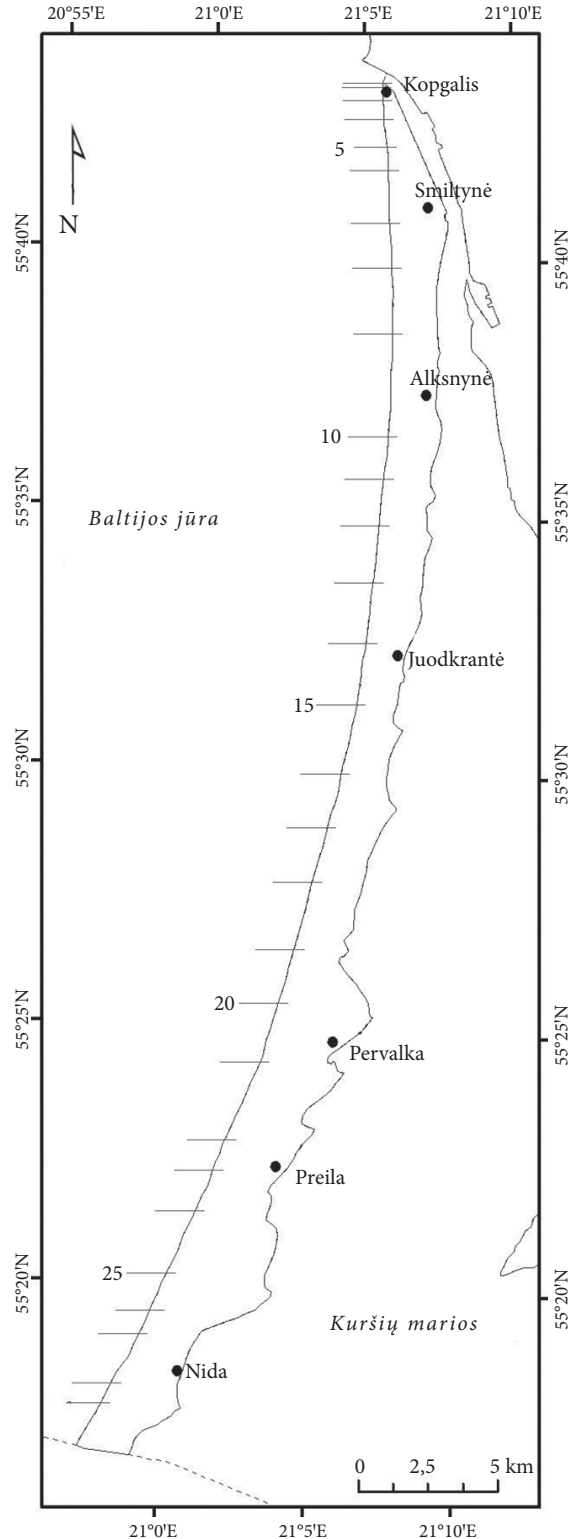
Jei z savo absoliučiu didumu viršydavo 3, toks duomuo traktuojamas kaip išskirtis ir analizei nebuvo naudotas. Pažymėtina, kad į išskirčių zoną pateko trumpa (maždaug 100–200 m) kranto atkarpa ties Klaipėdos uosto molu.

Be koreliacijos koeficientų skaičiavimo buvo atliekama klasterinė (taikant ir vienietinės jungties ir Vordo metodą) ir faktorinė analizės. Pirminė visos gausos rodiklių analizė parodė, kad daug rodiklių yra artimi ir praktiškai dubliuoja vieni kitus, pavyzdžiui, plotis ir nuolydis. Dėl šių priežasčių dalies rodiklių buvo atsisakyta. Pirmiausia pirmenybė buvo teikiama pirminiams, tiesiogiai išmatuojamiems rodikliams (aukštis, plotis) atsisakant išvestinių (nuolydis), taip pat buvo atsisakyta smėlio granulimetrinės sudėties rodiklių iš 10 m gylio. Vertinant kopagūbrio santykinį ir absoliutų aukštį pirmenybė buvo teikiama pastarajam, kadangi santykinis aukštis daug priklauso nuo papėdės padėties, tarkime, po audros sumažėjus paplūdimio aukščiui, santykinis

kopagūbrio aukštis gali žymiai padidėti, o absoliutus aukštis išliks nepakitęs. Po pirminės duomenų atrankos tolimesnei analizei buvo panaudoti šie rodikliai: priekrantės iki 15 m, sėklių zonos ir paplūdimio plotiai, sėklių zonos pradžios gylis, prieškopės absoliutus aukštis ir smėlio granulimetrinės sudėties rodikliai iš paplūdimio vidurio bei 1 ir 7 m gylio. Iš kranto geodinaminių rodiklių buvo pasirinkta kranto linijos kaitos tendencija. Su atrinktu mažesniu rodiklių kiekiu vėl pakartotinai buvo atlikta klasterinė ir faktorinė analizės. Pažymėtina, kad naudojamų metodų interpretacija yra subjektyvus dalykas ir nemaža dalimi priklauso nuo pasirinktų rodiklių, todėl nuosekli naudojamų rodiklių atranka leido sumažinti galimus netikslumus duomenų interpretacijoje.

2. Rezultatai

Analizuoti kranto morfolitodinaminis ypatumus galima dviem būdais: 1) suskirstyti krantą į ruožus su skirtingomis morfolitodinaminėmis savybėmis ir 2) analizuoti krantą kaip vientisą nedalomą sistemą. Naudojant turimus rodiklius buvo atliekama klasterinė analizė, kuria remiantis galima išskirti kranto ruožus su panašius bruožus turinčių rodiklių kompleksu. Kaitaliojant rodiklių kombinacijas buvo gauti gana skirtingi ruožai. 2 pav. pavaizduota dendrograma sudaryta panaudojus septynis rodiklius: priekrantės iki 15 m, sėklių zonos ir paplūdimio plotį, kopagūbrio absoliutų aukštį, sėklių zonos gylį ir smėlio dalelių vidutinį skersmenį paplūdimio viduryje ir 1 m gylyje. Pagal atstumų artumą galima išskirti klasterius, kurie (su retomis išimtimis) grupuotųsi į šiuos ruožus: 1–2 prof. – Kopgalis, atkarpa susijusi su Klaipėdos uosto molu ir veikia traktuotina kaip išskirtis, nepriklausanti likusiai santykinai laisvai besivystančiai kranto atkarpai. 4–8 prof. – Smiltynės kranto ruožas, 9–13 prof. – Alksnynės kranto ruožas, 14–15

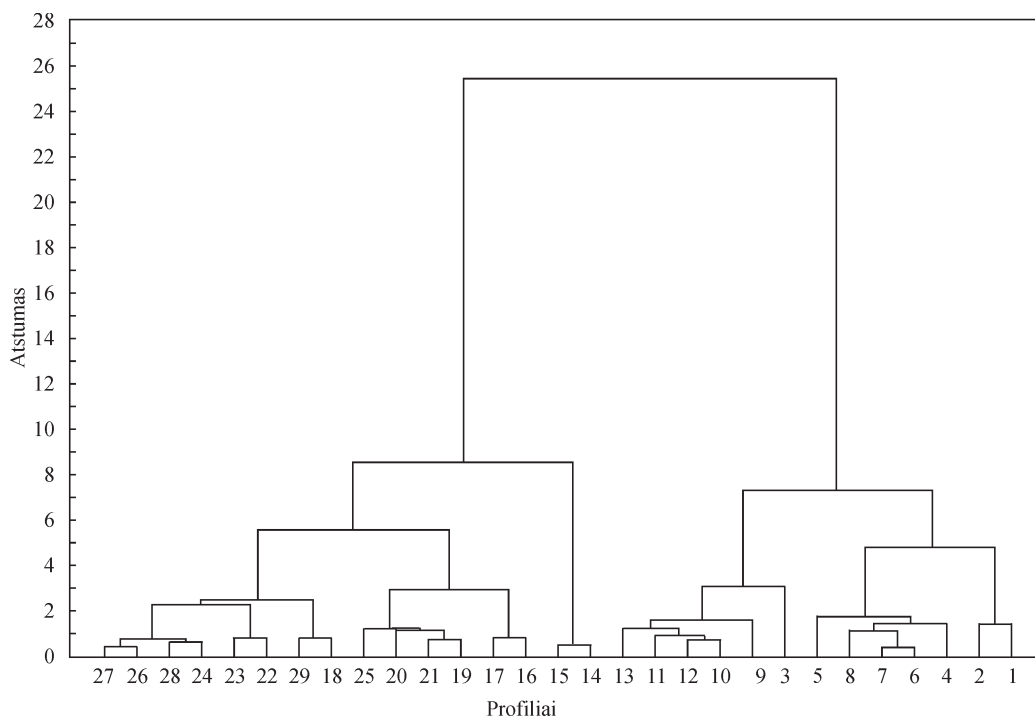


1 pav. Tyrimų rajonas. Brūkšneliais pažymėti matavimų profiliai

Fig. 1. Location map. Lines indicate coastal profiles

prof. – Juodkrantės kranto ruožas, 16–21 prof. – Juodkrantės-Pervalkos ruožas ir 22–29 prof. – Pervalkos-Nidos ruožas. Pažymėtina, kad keičiant rodiklius išskirti ruožai gali kisti. Tą patvirtina ir kituose darbuose išskirtų ruožų ribų nesutapimas (Žilinskas, Jarmalavičius, Minkevičius, 2001; Žaromskis, Gulbinskas, 2010). Taigi nuo pasirinktų rodiklių komplekso priklausys ir išskiriamų kranto ruožų ribos.

Kita problema, su kuria susiduriama skirstant krantą į išskirtinėmis savybėmis pasižyminčius ruožus, yra ta, kad daug morfolitologinių rodiklių (pavyzdžiui, sėklių plotis ir gylis) Kuršių nerijos krante kinta nuosekliai išilgai kranto, todėl nėra aiškios ribos, skiriančios du šalia esančius ruožus. Gali atsitikti taip, kad tame pačiame ruože esantys du kranto segmentai, nutolę toliausiai vienas nuo kito, turės didesnius tarpusavio skirtumus, nei su gretimu kitam ruožui priklausančiu kranto segmentu.



2 pav. Vordo metodu sudaryta dendrograma. Abscisių ašyje – profilių numeriai
 Fig. 2. Dendrogram using Ward's method. On abscissa axis – numbers of profiles

Dėl aukščiau išvardytų priežasčių tikslinga nagrinėti kranto morfolitologinius rodiklius ne skaidant krantą atskirais ruožais, o nagrinėjant krantą kaip vientisą ir nedalomą. Tokiu būdu tikslinga atrinkti atskirus kranto segmentus (kopagūbris, paplūdimys, sėklių zona, priekrantė) reprezentuojančius rodiklius. Tuo tikslu buvo sudaryta koreliacinė matrica siekiant nustatyti rodiklių junginius, turinčius geriausią tarpusavio priklausomybę. Po detalios atrankos buvo pasirinkti šie morfologiniai rodikliai: paplūdimio plotis, prieškopės absoliutus aukštis, priekrantės iki 15 m gylio plotis, sėklių zonos plotis, sėklių zonos gylis. Iš litologinių rodiklių, geriausiai reprezentuojančiais kranto savybes, išsiskyrė paplūdimio smėlio dalelių vidutinis skersmuo ir vidutingrūdžio smėlio dalis (%) 1 m gylyje. Pažymėtina, kad koreliacija tarp litologinių rodiklių yra menka dėl jų diferenciacijos skersiniame kranto profilyje. Yra nustatyta (Jarmalavičius, Žilinskas, 2006), kad smėlio frakcijos, vyraujančios paplūdimyje ir prieškopėse, už sėklių zonos (5–7 m gylyje) praktiškai neaptinkamos, todėl negalima teigti, kad krantą sudarantis smėlio

dalelių dydis yra nulemtas priekrantėje vyraujančios smėlio sudėties. Todėl minėti rodikliai – paplūdimio smėlio dalelių vidutinis skersmuo ir vidutingrūdžio smėlio dalis 1 m – gylyje pasirinkti, kaip atspindintys krantą ir sėklių zoną. Giliau sėklių zonos smėlio granulimetrinė sudėtis kinta mažai ir jos kaita nesisieja su išilgai kranto stebima smėlio dalelių granulimetrinės sudėties kaita. Aukščiau išvardytų rodiklių koreliacinė matrica pateikta 1 lentelėje. Analizuojant koreliacijos koeficientus galima pastebėti, kad tarpusavio ryšys glaudžiausias tarp 1–4 ir 5–7 rodiklių grupių. Kaip matyti, pirmajai grupei atstovauja rodikliai, apibūdinantys kranto ir priekrantės giliau sėklių zonos segmentus, o antrajai grupei atstovauja rodikliai, apibūdinantys sėklių zoną. Pastebėtina, kad ryšiai tarp šių dviejų grupių nėra tokie ryškūs.

1 lentelė. Morfolitologinių rodiklių koreliacinė matrica

Table 1. Correlation matrix of morphological parameters

	1	2	3	4	5	6	7
1		0,61	-0,67	0,61	-0,16	-0,27	-0,25
2	0,61		-0,71	0,76	-0,48	-0,59	-0,45
3	-0,67	-0,71		-0,72	0,27	0,48	0,40
4	0,61	0,76	-0,72		-0,51	-0,58	-0,51
5	-0,16	-0,48	0,27	-0,51		0,91	0,74
6	-0,27	-0,59	0,48	-0,58	0,91		0,79
7	-0,25	-0,45	0,40	-0,51	0,74	0,79	

1 – paplūdimio plotis (m), 2 – prieškopės absoliutus aukštis (m), 3 – smėlio dalelių vidutinis skersmuo (mm), 4 – priekrantės iki 15 m gylio plotis (m), 5 – sėklių zonos plotis, 6 – sėklių zonos gylis (m), 7 – vidutingrūdžio smėlio dalis (%) 1 m gylyje.

1 – beach width (m), 2 – absolute height of foredune (m), 3 – mean sand diameter (mm), 4 – offshore (to 15 m depth) width, 5 – surf zone width, 6 – surf zone depth, 7 – amount of medium grained sand (%) in 1 m depth.

2 lentelė. Faktorių svoriai po ortogonalios sukimo VARIMAX

Table 2. Component analysis with VARIMAX rotation

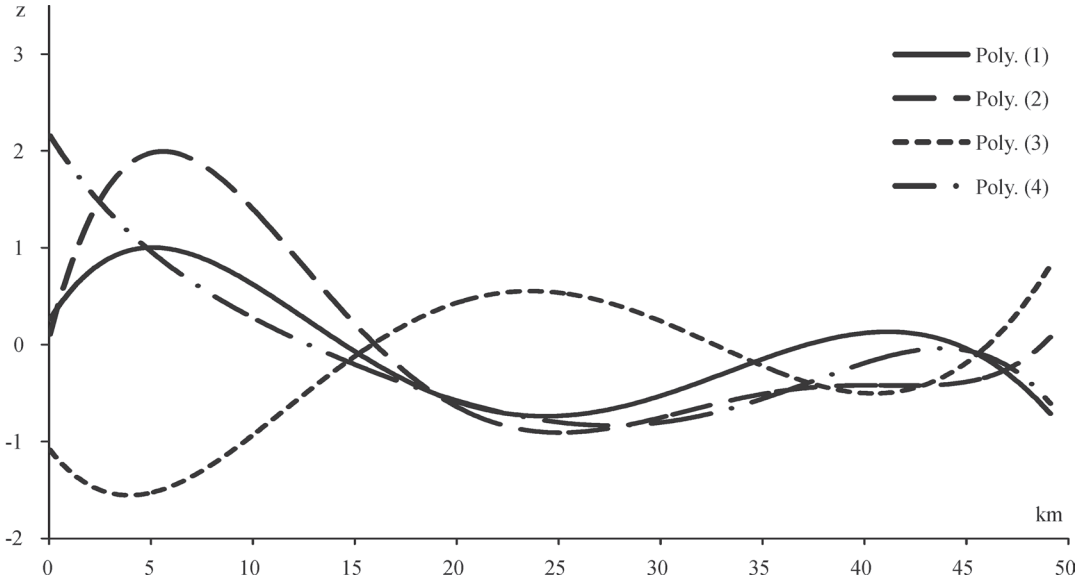
	1 faktorius Factor 1	2 faktorius Factor 2
1	-0,88	-0,01
2	-0,79	-0,40
3	0,87	0,22
4	-0,78	-0,44
5	0,12	0,95
6	0,29	0,92
7	0,22	0,86

1 – paplūdimio plotis (m), 2 – prieškopės absoliutus aukštis (m), 3 – smėlio dalelių vidutinis skersmuo (mm), 4 – priekrantės iki 15 m gylio plotis (m), 5 – sėklių zonos plotis, 6 – sėklių zonos gylis (m), 7 – vidutingrūdžio smėlio dalis (%) 1 m gylyje.

1 – beach width (m), 2 – absolute height of foredune (m), 3 – mean sand diameter (mm), 4 – offshore (to 15 m depth) width, 5 – surf zone width, 6 – surf zone depth, 7 – amount of medium grained sand (%) in 1 m depth.

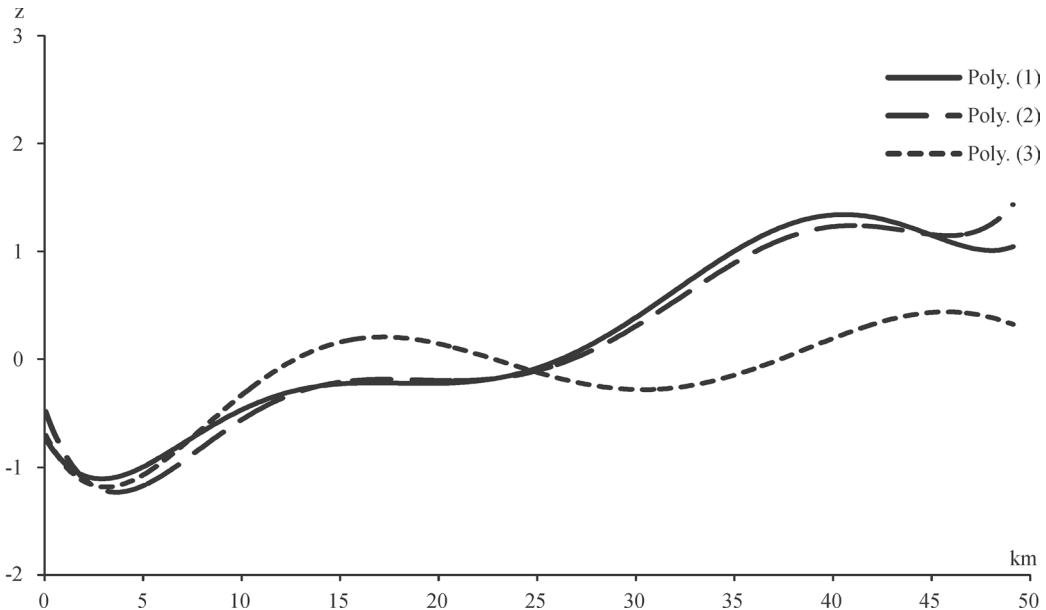
Minėtos rodiklių grupės taip pat išsiskyrė atlikus faktorių analizę (2 lent.). Kadangi lentelėje pateikti faktorių svoriai atspindi koreliacijos dydį, matome, kad pirmasis faktorius geriausiai koreliuoja su 1–4 rodikliais, o antrasis – su 5–7. Pirmojo faktoriaus pagrindinės komponentės (paplūdimio plotis, prieškopės absoliutus aukštis, paplūdimio smėlio dalelių vidutinis skersmuo ir priekrantės iki 15 m gylio plotis) aprašo nuo 78 iki 88 % bendros dispersijos. O sėklių zoną reprezentuojantys rodikliai pirmajame faktoriuje nėra reikšmingi. Priešingai, antrojo faktoriaus

pagrindinės komponentės yra sėklių zonos plotis, gylis ir vidutingrūdžio smėlio dalis (%) 1 m gylyje (aprašo 86–95 % bendros dispersijos). Kaip matome, pirmąjį faktorių geriausiai aprašo paplūdimio plotis, o antrąjį – sėklių zonos plotis. Patogumo dėlei (siekiant išvengti trumpalaikių fluktuacijų) paplūdimio plotį galima pakeisti priekrantės iki 15 m gylio pločiu, kadangi pastarojo



3 pav. Paplūdimio pločio (1), prieškopės absoliutaus aukščio (2), smėlio dalelių vidutinio skersmens (3) ir priekrantės iki 15 m gylio pločio (4) kaitos polinominis trendas išilgai Kuršių nerijos. Abscisių ašies „0“ – Klaipėdos uosto molas

Fig. 3. Beach width (1), absolute height of foredune (2), mean sand diameter at the beach (3), offshore (to 15 m depth) width (4) fluctuations along Curonian Spit coast. „0“ on abscissa axis – Klaipėda port jetty



4 pav. Sėklių zonos pločio (1), sėklių zonos gylio (2) ir vidutingrūdžio smėlio dalies 1 m gylyje (3) kaitos polinominis trendas išilgai Kuršių nerijos. „0“ – Klaipėdos uosto molas

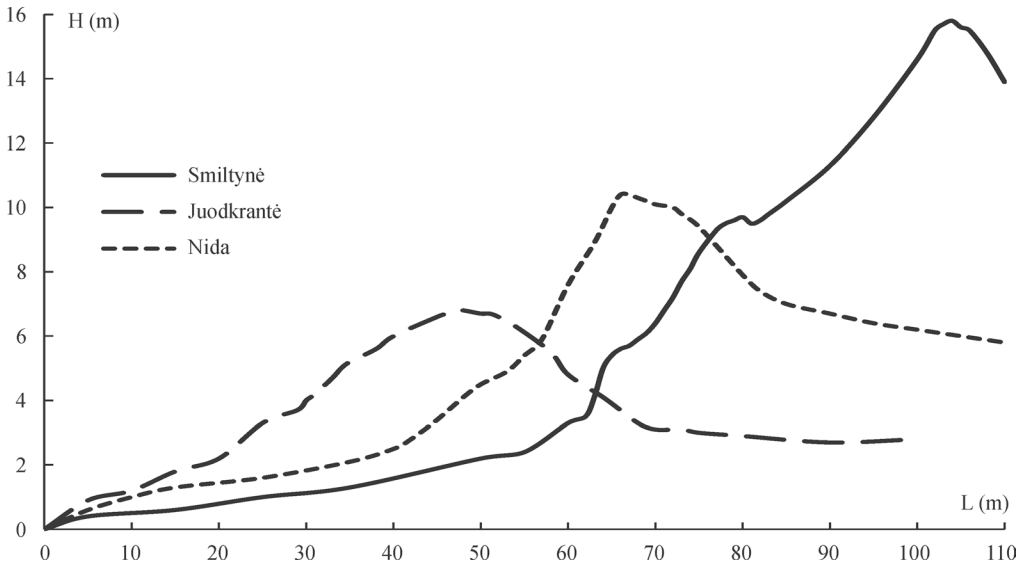
Fig. 4. Surf zone width (1), surf zone depth (2), amount of medium grained sand (%) in 1 m depth (3) fluctuations along Curonian Spit coast. „0“ on abscissa axis – Klaipėda port jetty

tįsa yra pakankamai didelė (1400–1800 m), todėl nedidelė kranto linijos fluktuacija (keliolika metrų) iš esmės priekrantės pločiui įtakos neturės, o paplūdimio pločio kaita gali būti reikšminga. Dėl šių priežasčių galima teigti, kad kranto sistemoje išsiskyrė du faktoriai, kurių pirmąjį geriausiai apibūdina priekrantės iki 15 m plotis, o antrąjį – sėklių zonos plotis. Pirmąjį faktorių galima įvardyti kaip kranto ir priekrantės morfolitologinę savybę, o antrąjį – kaip sėklių zonos morfolitologinę savybę. Pažymėtina, kad ryšiai tarp minėtų kranto segmentų nėra tokie glaudūs (praktiškai jų nėra, žr. 1 lent.), kaip tarp atskirų rodiklių segmentų viduje.

Aukščiau išskirtų faktorių aprašančių rodiklių skirtumus iliustruoja ir 3, 4 pav. pateiktos skirtingų rodiklių kaitos išilgai Kuršių nerija polinominių trendų kaitos grafikai. Akivaizdūs skirtumai tarp pirmajam (3 pav.) ir antrajam (4 pav.) faktoriui priklausančių rodiklių kaitos išilgai kranto tik patvirtina esant du atskirus kranto segmentus, savo morfolitologinėmis savybėmis menkai besisiejantįs vienas su kitu.

3. Diskusija

Didžiausia problema išskiriant faktorius yra ta, kad negalima tiksliai nusakyti kokie veiksniai juos suformuoja. Nežinia, ar du skirtingus faktorius formuoja du skirtingi veiksniai ar kelių kombinacija. Visa tai galima interpretuoti turima sukaupta patirtimi šioje srityje. Bet koku atveju naudoti analizės metodai leidžia išskirti pagrindinius rodiklius, kuriais remiantis, galima nusakyti kranto morfolitologijos kaitos ypatumus. Remiantis Shorto ir Hespo (1982) nustatyta kranto morfometrinių rodiklių tarpusavio priklausomybe, priklausomai nuo bangų energijos, galima interpretuoti kranto ypatumus Kuršių nerijoje. Didelės bangų energijos disipatyvūs krantai pasižymi plačia ir sekia sėklių zona su sudėtinga sėklių topografija, dideliais šlaito nuolydžiais į jūriau sėklių zonos, plačiu ir lėkštu paplūdimiu suformuotu smulkiagrūdžiu smėliu ir aukštomis prieškopėmis. Mažos bangų energijos reflektyvūs krantai pasižymi mažu šlaito nuolydžiu į jūriau sėklių zonos, siaura, stačia sėklių zona su mažai išreikštais sėkliais, siauru, stačiu paplūdimiu, formuojamu stambesnių frakcijų smėlio ir žemomis prieškopėmis. Nors ties Kuršių nerijos krantais nėra atliktų tiesioginių tyrimų bangų energijos skaičiavimams atlikti, tačiau galima palyginti tipinius kranto profilius. Iš 5 pav. pateiktų kranto skersinių profilių ties Smiltyne, Juodkrante ir Nida, matyti, kad aukščiau nusakyta priklausomybė tarp prieškopių dydžio, paplūdimio pločio ir nuolydžio iš principo egzistuoja. Paminėtina, kad taip pat gerai atitinka ir smėlio dalelių dydžio pasiskirstymas. Jei Smiltynės paplūdimiuose vyrauja smulkiagrūdis smėlis, Nidos – vidutingerūdis, tai Juodkrantės paplūdimius formuoja stambiagrūdžiai smėliai. Pastarieji ryšiai jau buvo nustatyti anksčiau, ir tinka ne tik Kuršių nerijos, bet ir žemyno krantui (Jarmalavičius, Žilinskas, 1997). Šioje schemoje dera ir priekrantės iki 15 m gylio pločio kaita (6 pav.). Ties Smiltyne priekrantė plačiausia (apie 1800 m), o ties Juodkrante ji susiaurėja iki 1400 m. Remiantis šiais dėsningumais galima Kuršių nerijos krantą interpretuoti Shorto ir Hespo terminais kaip labiau disipatyvų ties Smiltyne ir labiau reflektyvų ties Juodkrante, ties Nida liekiant tarpiniam variantui. Tačiau sunku būtų remiantis šia schema teigti, kad ties Smiltyne vyrauja didesnės energijos bangos, o ties Juodkrante – mažesnės. Juo labiau, turėdami omeny, kad sėklių zoną formuoja bangos, išeitų, kad bangų energija turėtų didėti pietų kryptimi. Kaip buvo apskaičiuota remiantis sėklių zonos gyliu, vidutinis bangos aukštis formuojantis sėklus turėtų nuosekliai didėti nuo 3–3,5 m ties Smiltyne iki 5–5,5 m ties Nida (Žilinskas, Jarmalavičius, 2007). Bet tokiu atveju aukščiau pateikta schema turėtų apsiversti: ties Smiltyne turėtų būti labiau reflektyvūs krantai, o ties Juodkrante – disipatyvūs. Pagrindinis prieštaravimas kyla dėl to, kad kranto ir priekrantės morfolitologinių rodiklių kompleksas mažai siejasi su sėklių zonos rodiklių kompleksu. Net priešingai, nors pagal klasikinę schemą sėklių zona turėtų siaurėti pietų kryptimi, ji plėtėja.



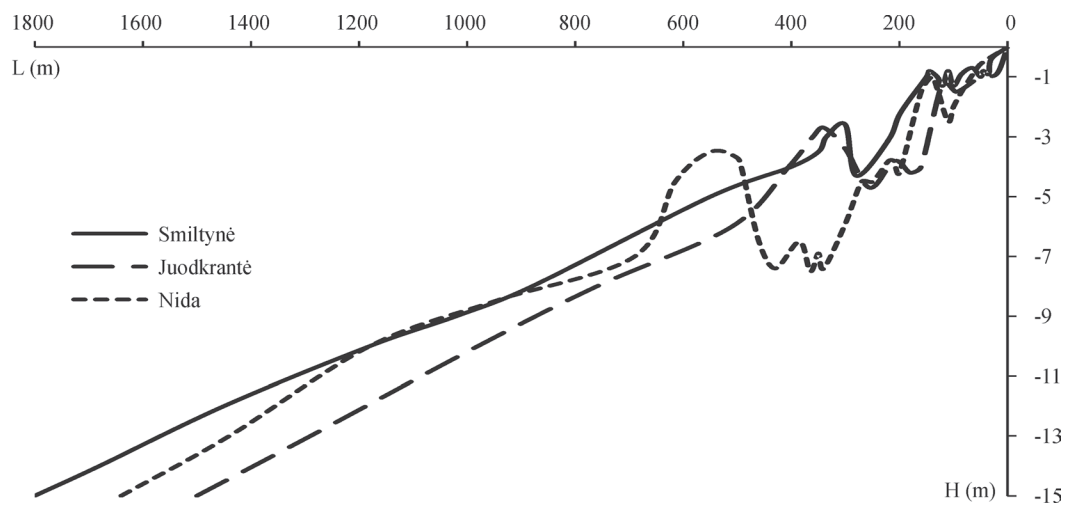
5 pav. Tipiniai Kuršių nerijos kranto profiliai

Fig. 5. Typical cross-profiles of Curonian Spit coast

Matyt, neatitikimas klasikinei schemai atsiranda dėl to, kad be bangų energijos svarbiu Kuršių nerijos krantus formuojančiu veiksniu yra išilginė nešmenų pernašos atstojamoji, nukreipta šiaurės kryptimi. Be šių dviejų veiksnių, dar yra nešmenų kiekio netolygus paskirstymas išilgai kranto tiek dėl Klaipėdos uosto molų, perkertančių nešmenų srautą, tiek dėl kranto linijos ekspozicijos vyraujančių vėjų atžvilgiu. Kadangi nėra tiesioginių hidrodinaminio režimo stebėjimų priekrantėje, nusakyti veiksnių, lemiančių tokią kranto morfolitologinių bruožų kaitą negalima, tačiau ankstesniame skyrelyje išskirti du kranto zonos segmentai, priskiriami pirmajam ir antrajam faktoriams, leidžia interpretuoti, kad nors kranto zoną formuojantys veiksniai veikia susietai ir negalima jų traktuoti, kaip nepriklausomų veiksnių, vis tik galima spėti, kad kranto ir priekrantės įjūriau sėklių zonos morfolitologinius bruožus daugiau lemia skersai kranto nukreipti dinaminiai veiksniai (bangos, vėjas), o sėklių zonos morfolitologinius bruožus – daugiau išilgai kranto (srovės, nešmenų pernaša). Šių abiejų veiksnių indėlis skirtingose kranto atkarpose nėra vienodas, kadangi keičiasi tiek sąnašų biudžetas, tiek kranto linijos ekspozicija, todėl vienareikšmiškai jų traktuoti negalima. Vis dėlto bendra morfolitologinių rodiklių tarpusavio priklausomybė išlieka, t. y., plėtėjant priekrantei (šiuo atveju iki 15 m gylio), plėtėja ir paplūdimiai, juos formuojančio smėlio dalelės tampa smulkesnės, o prieškopės didesnės (Smiltynės-Alksnynės tipas). Siaurėjant priekrantei paplūdimiai tampa siauresni ir statesni, juos sudarančio smėlio dalelės stambesnės, o prieškopės žemos (Juodkrantės tipas). Sėklių zonai plėtėjant ji pasiekia didesnius gylius, sėkliai tampa išraiškingesni ir padidėja vidutiningrūdžio smėlio dalis (Nidos tipas). Siaurėjant sėklių zonai, jos gylis mažėja ir padidėja smulkiagrūdžio smėlio dalis (Smiltynės tipas). Pažymėtina, kad aprašyta kaitos schema pasirinkta sąlyginė, t. y. pirminiu faktoriumi pasirinktas priekrantės ar sėklių zonos plotis, tačiau iš tikrųjų ne jo kaita lemia kitų rodiklių kaitą, o visas kompleksas kinta drauge priklausomai nuo juos formuojančių dinaminėlių veiksnių.

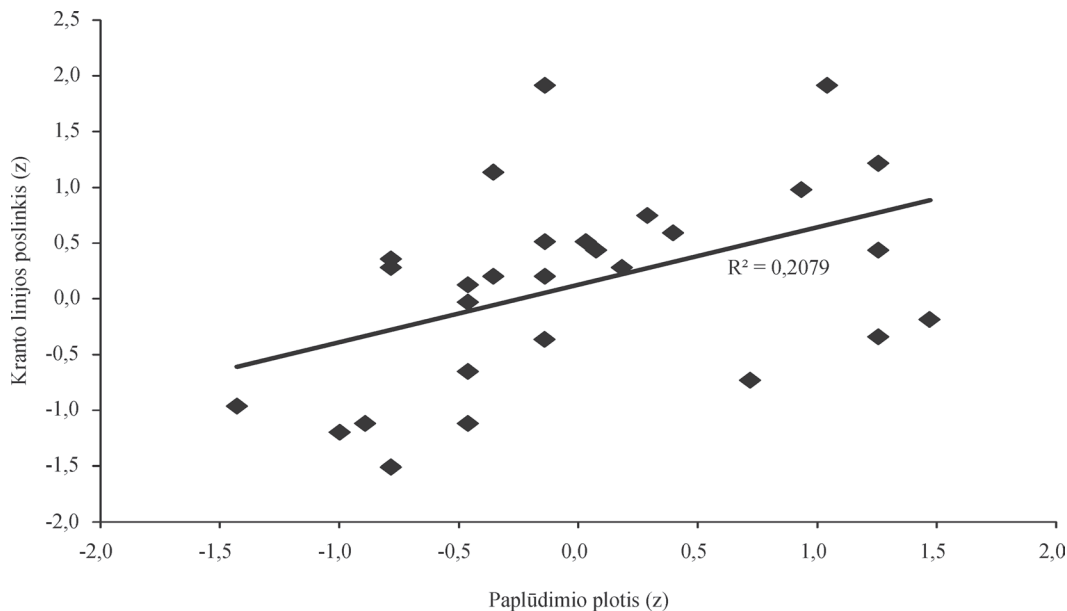
Saye ir kt. (2005), nagrinėdami kranto morfolitologinių rodiklių tarpusavio priklausomybę, nustatė, kad iš principo platesni paplūdimiai, didesnės smulkiagrūdžio smėlio atsargos, aukštesnės prieškopės (Short, Hesp (1982) terminologija – disipatyvūs krantai) atspindi akumuliacinę aplinką, o siauri paplūdimiai, formuojami stambiagrūdžio smėlio su žemomis prieškopėmis

(reflektyvūs krantai), atspindi vyraujančius ardos procesus krante. Remiantis Kuršių nerijos kranto linijos dinamika per pastarąjį dešimtmetį nustatyta, kad kranto linijos pokyčiai siejasi su paplūdimio pločiu. Kaip matyti iš 7, 8 pav. daug geresnis ryšys buvo nustatytas tarp kranto linijos metinių pokyčių ir paplūdimio pločio ($r = +0,46$). O tarp kranto linijos metinių pokyčių ir sėklių zonos pločio ryšio nerasta ($r = +0,03$). Taigi, apie dinaminę kranto būklę tam tikru mastu galima spręsti iš kranto morfometrinių rodiklių: platus paplūdimiai, aukštos prieškopės, besivystančios embrioninės kopos gali būti akumuliacinio kranto požymiai. O siauri paplūdimiai su žemomis, menkai išsivysčiusiomis prieškopėmis gali būti regresinio arba stabilaus kranto požymiai. Sėklių zonos morfologiniai rodikliai šiuo atveju dinaminės kranto būklės neatspindi (8 pav.).



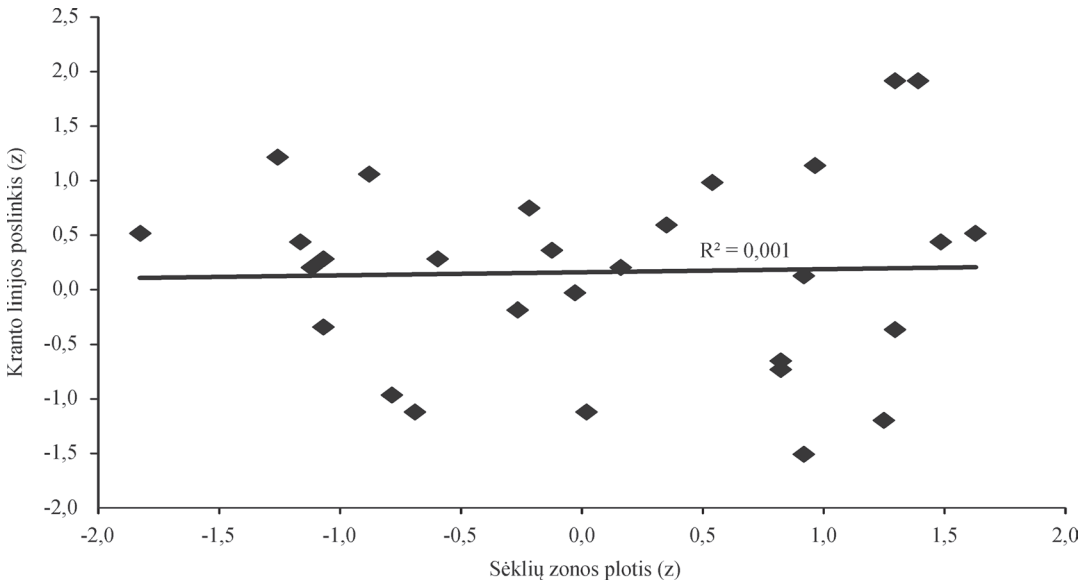
6 pav. Tipiniai priekrantės profiliai

Fig. 6. Typical cross-profiles of Curonian Spit submarine shore slope



7 pav. Ryšys tarp kranto linijos pokyčio per metus ir paplūdimio pločio standartizuotų eilių

Fig. 7. Relation between coastline change and beach width



8 pav. Ryšys tarp kranto linijos pokyčio per metus ir sėklių zonos pločio standartizuotų eilių
 Fig. 8. Relation between coastline change and surf zone width

Apibendrinimas

Bangos, srovės, vėjas, smėlio sudėtis ir biudžetas, kranto konfiguracija, augalija ir žmogaus veikla tarpusavyje sąveikaudami sukuria kranto fenomeną, stebimą Kuršių nerijoje. Jis nėra nei savarankiškas, nei savaime esantis reiškinys ir neegzistuoja be jį formuojančių veiksnių tarpusavio sąveikavimo ir priklausomybės. Atsekti kiekvieno veiksnio įtaką yra sunkus uždavinys, kadangi kiekvienas veiksnys taip pat nėra savarankiškas, o dinamiškai susietas su kitais veiksniais. Tačiau analizuojant krantą apibūdinančių morfolitologinių rodiklių tarpusavio priklausomybę galima apibūdinti kranto morfolitologinių rodiklių kaitą keičiantis krantą formuojančių veiksnių pobūdžiui ar intensyvumui.

Analizuojant kranto ir priekrantės morfolitologinių rodiklių tarpusavio priklausomybę, buvo išskirti du kranto zonos segmentai, kurių morfolitologiniai rodikliai gerai koreliuojasi segmento viduje, tačiau neturi ryšio su kito segmento rodikliais. Pirmas segmentas apima krantą (prieškopė ir paplūdimys) ir priekrantę giliau sėklių zonos (iki 15 m gylio). Platėjant priekrantei, plėtėja paplūdimiai, krantą formuojančių sąnašų dalelės tampa smulkesnės, o prieškopės aukštesnės (Smiltynės-Alksnynės tipas). Siaurėjant priekrantei paplūdimiai siaurėja, sąnašos tampa stambesnės, o kopagūbris žemesnis (Juodkrantės tipas). Antras segmentas apima sėklių zoną. Sėklių zonai plėtėjant ji pasiekia didesnius gylius, sėkliai tampa išraiškingesni ir padidėja vidutingerūdžio smėlio dalis (Nidos tipas). Siaurėjant sėklių zonai, jos gylis mažėja ir padidėja smulkiagrūdžio smėlio dalis (Smiltynės tipas).

Šių skirtingų segmentų išsidiferencijavimą ir egzistuojančias tarpusavio priklausomybes lemia skirtingi veiksniai. Nors jie nėra nepriklausomi ir drauge formuoja kranto ir priekrantės morfolitologinius bruožus, tačiau galima spėti, kad priekrantės giliau sėklių zonos ir kranto morfolitologinius bruožus labiau lemia skersai kranto nukreipti veiksniai (bangos, vėjas) ir atspindi makrodinaminį procesus, o sėklių zonos – išilgai (srovės, sąnašų pernaša) ir atspindi mezodinaminį procesus. Kadangi dėl kranto ekspozicijos, pernešamų nešmenų biudžeto, Klaipėdos

uosto molo šie veiksniai kinta išilgai kranto, galima teigti, kad ties Nida didesnę poveikį gali turėti išilgai kranto nukreipti dinaminiai veiksniai, o ties Smiltynė – skersai.

Remiantis kranto morfologiniais bruožais, tam tikru laipsniu galima spręsti ir apie kranto geodinaminę būklę. Akumuliaciniuose krantuose vyrauja platūs, iš smulkiagrūdžio smėlio sudaryti paplūdimiai, prie kurių šliejasi didelės prieškopės, kurių papėdėje vystosi embrioninės kopos. Eroziniuose krantuose vyrauja siauri, su didele stambiagrūdžio smėlio priemaiša paplūdimiai su mažomis prieškopėmis.

Literatūra

- Baltijos jūros Lietuvos krantų geologinis atlasas**, 2004. Vilnius: Lietuvos geologijos tarnyba.
- Bascom, W. H.**, 1951. The relationship between sand size and beach face slope. *Transactions – American Geophysical Union* 32, p. 866–874.
- Davies, J. L.**, 1964. A morphogenetic approach to world shorelines. *Zeitschrift für Geomorphologie* 8, p. 127–142.
- Dubois, R. N.**, 1972. Inverse relation between foreshore slope and mean grain size as a function of the heavy mineral content. *Geological Society of America Bulletin* 83, p. 871–876.
- Hesp, P.**, 1988. Surfzone, beach, and foredune interactions on the Australian south east coast. *Journal of coastal research*. Spec. Issue 3, p. 15–25.
- Jarmalavičius, D., Žilinskas, G.**, 1997. Ryšiai tarp jūros kranto morfolitologinių parametru. *Geografijos metraštis* 30, p. 79–91.
- Jarmalavičius, D., Žilinskas, G.**, 2006. Peculiarities of sand sorting on the Lithuanian coast of the Baltic Sea. *Geologija* 56, p. 36–42.
- Jarmalavičius, D.**, 2000. Paplūdimio ir kopagūbrio sąnašų granulimetrinės sudėties ypatumai jūros krante. *Geografija* 36 (1), p. 10–15.
- Masselink, G., Short, A. D.**, 1993. The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model. *Journal of coastal research* 9 (3), p. 785–800.
- McLean, R. F., Kirk, R. M.**, 1969. Relationship between size, size sorting and foreshore slope on mixed sand-schingle beaches. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics* 12, p. 138–155.
- Puty, N. P.**, 1988. Sediment budget and dune/beach interaction. *Journal of coastal research*. Spec. Issue 3, p. 1–4.
- Saye, S. E., van der Wal, D., Pye, K., Blott, S. J.**, 2005. Beach-dune morphological relationships and erosion/accretion: An investigation at five sites in England and Wales using LIDAR data. *Geomorphology* 72, p. 128–155.
- Sherman, D. J., Bauer, B. O.**, 1993. Dynamics of beach-dune systems. *Progress in Physical Geography* 17 (4), p. 413–447.
- Short, A. D.**, 1988. Wave, beach, foredune, and mobile dune interactions in southeast Australia. *Journal of coastal research*. Spec. Issue 3, p. 5–9.
- Short, A. D., Hesp, P. A.**, 1982. Wave, beach and dune interactions in southeastern Australia. *Marine geology* 48, p. 259–284.
- Swart, D. H.**, 1991. Beach nourishment and particle size effects. *Coastal engineering* 16 (1), p. 61–81.
- Žaromskis, R., Gulbinskas, S.**, 2010. Main patterns of coastal zone development of the Curonian Spit, Lithuania. *Baltica* 23 (2), p. 149–156.
- Žilinskas, G., Jarmalavičius, D.**, 2007. Interrelation of morphometric parameters of the submarine shore slope of the Curonian Spit, Lithuania. *Baltica* 20 (1–2), p. 46–52.
- Žilinskas, G., Jarmalavičius, D., Minkevičius, V.**, 2001. *Eoliniai procesai jūros krante*. Vilnius: Geografijos institutas.

COMPLEXITY IN THE COASTAL SYSTEM OF CURONIAN SPIT, LITHUANIA

Darius Jarmalavičius

Nature Research Centre, Institute of Geology and Geography

E-mail: jarmalavicius@geo.lt

Summary

The interaction between the land and the sea or, in a narrow sense, waves, currents, wind, sand budget and composition, shape of the shoreline, vegetation and human activity interact creating the shore phenomenon which can be observed in the Curonian Spit. In other words, the shore is not an independent and per se existing phenomenon and it cannot exist without the interaction and interdependence of forming factors. Tracing the influence of individual factors is not an easy task as each of them is also dependent on and dynamically related with other factors. However analysis of interdependence of morpholithological indices of the shore provides a basis for definition of the pattern of morpholithological indices changing together with the changing character and intensity of forming factors.

Analysing the interdependence of morpholithological indices of the shore and the nearshore, two segments of the shore zone were distinguished whose morpholithological indices were in good correlation within the segments but were not related with the indices of the other segment. The first segment includes the shore and the offshore behind the surf zone (up to a depth of 15 m). Expansion of the offshore contributes to the expansion of the beaches, the granular composition of beach-composing sediments becomes finer and the foredunes grow in height (Smiltynė-Alksnynė type). Contraction of the offshore entails the opposite processes: sediments grow coarser and the foredunes lower (Juodkrantė type). The second segment includes the nearshore (surf zone). Increasing depth of the nearshore is related with its widening. The bars become better defined and the portion of medium-grained sand in its composition increases (Nida type). The smaller depth of the bar zone is related with its reduction in width and the portion of fine-grained sand in its composition increases (Smiltynė type).

The differentiation and existing interdependences of these different segments are predetermined by different factors. Though they are not independent of each other and are collectively responsible for the morphological character of the shore and the nearshore, the morphological features of the offshore and shore (beach and foredune) supposedly are stronger influenced by the transverse factors (waves and wind) and reflect the macro-dynamic processes. The morphological features of the nearshore are predetermined by longitudinal factors (currents and sediment transport) and they reflect the meso-dynamic processes. As due to the shore exposition, budget of sediment transport and presence of the Klaipėda jetty these factors vary along the shore, we can assume that long-shore dynamic factors are more important at Nida and transverse dynamic factors at Smiltynė.

To a certain extent, the geodynamic state of the shore can be determined judging from its morphological features. The accumulative shore sectors are predominated by wide beaches composed of fine-grained sand and verging with large foredunes and embryo dunes developing at their bottom. The eroded sectors have narrow beaches with small foredunes. The sediments of such beaches have a large portion of coarse-grained sand.