

KRANTOTYROS IR KRANTOTVARKOS PRAKTIKOS DARBAI



VILNIAUS UNIVERSITETAS GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS



Mokomosios knygos parengimą parėmė
2007–2013 m. Žmogiškųjų išteklių plėtros veiksnių programos 2 prioriteto „Mokymasis visą gyvenimą“
VP1-2.2-ŠMM-09-V priemonė „Studijų programų plėtra nacionalinėse kompleksinėse programose“

Donatas Pupienis

KRANTOTYROS IR KRANTOTVARKOS PRAKTIKOS DARBAI Mokomoji knyga

Vilnius, 2011

Apsvarstyta bei rekomenduota leisti Vilniaus universiteto Gamtos mokslų fakulteto tarybos (2011 m. gegužės 25 d., protokolo Nr. 5)

Recenzavo

prof. habil. dr. K. Kilkus (Vilniaus Universitetas)

prof. habil. dr. R. Žaromskis (Baltijos pajūrio aplinkos tyrimų ir planavimo institutas)

Redagavo

Jolita Stankūnavičienė

ISBN 978-9955-634-84-3

© Donatas Pupienis, 2011

© Vilniaus universitetas, 2011

TURINYS

Įvadas.....	5
Kranto zonos sąnašų pasiskirstymo dėsningumai	6
Giliavandenės bangos transformacijos skaičiavimai.....	13
Pietryčių Baltijos jūros priekrantės morfometrinių rodiklių (sėklių reljefingumo) analizė.....	20
Priekrantės pusiausvyros skersinio profilio skaičiavimai.....	23
Išilginės srovės skaičiavimai (M. S. Longuet-Higginso metodas).....	26
Kranto zonos papildymas sąnašomis ir jų parinkimo metodika.....	30
Kranto morfometrinių rodiklių analizė.....	38
Vėjo greičio transformacijos skersiniame kranto profilyje analizė ir smėlio pernašos skaičiavimai.....	40
Augalinės dangos projekcinio padengimo Kuršių nerijos apsauginio paplūdimio kopagūbryje analizė.....	45
Kranto sąnašų biudžeto skaičiavimai.....	49
Baltijos jūros kranto linijos dinamikos analizė.....	52

ĮVADAS

Mokomoji knyga „**Krantotyros ir krantotvarkos praktikos darbai**“ yra skirta antrosios pakopos hidrometeorologijos studijų programos dalykui „Krantotyros ir krantotvarkos pagrindai“. Smėlėta kranto zona yra viena iš dinamiškiausių zonų, kuri jungia įjūrį su pajūriu. Šios knygos tikslas yra supažindinti studentus su Lietuvos Baltijos jūros kranto zonos sandara, reljefu ir pagrindiniais kranto zoną formuojančiais veiksniais (bangavimas, vandens srovės, vėjas).

Mokomąją knygą sudaro 11 tarpusavyje susietų praktikos darbų, kuriuose studentai nuosekliai supažindinami su Baltijos jūros kranto zonos sąnašomis, priekrantės ir pakrantės reljefo morfometriniais rodikliais. Taip pat studentai sprendžia uždavinius, susijusius su kranto zoną formuojančiais aktyviais veiksniais (giliavandenės bangos transformacija, išilgai kranto plūstančios srovės greitis, vėjo greičio transformacija), be to, vertina ir analizuoja pasyviuosius veiksnius (kranto zonos sąnašų granulimetrinę analizę, apsauginio paplūdimio kopagūbrio augalijos kaita ir t. t.).

Kiekvienas praktikos darbas prasideda įvadu, kuriame trumpai pateikiama nagrinėjamos problemos istorija ir faktinės žinios. Kiekvienam praktikos darbui suformuluojamas tikslas, aprašomi darbe taikomi metodai ir priemonės. Praktikos darbe studentui pateikiami moksliniai terminai, darbo uždaviniai ir jų sprendimo ar analizės darbo eiga. Praktikos darbo pabaigoje yra kontroliniai klausimai ir papildoma literatūra.

Mokomojoje knygoje pateikiami praktikos darbai turėtų padėti studentams lengviau įsisavinti teorines žinias, įgytas paskaitų metu. Savarankiškai sprenddami uždavinius, ieškodami ryšių tarp procesų, vykstančių kranto zonoje, studentai geriau suvoks teorijos teiginius ir dėsningumus bei jų taikymą praktiniame gyvenime.

Dėkoju Vilniaus universiteto Hidrologijos ir klimatologijos katedros darbuotojams, recenzentams bei redaktorei už pareikštas pastabas ir pasiūlymus.

1 praktikos darbas

Kranto zonos sąnašų pasiskirstymo dėsningumai

Terminai

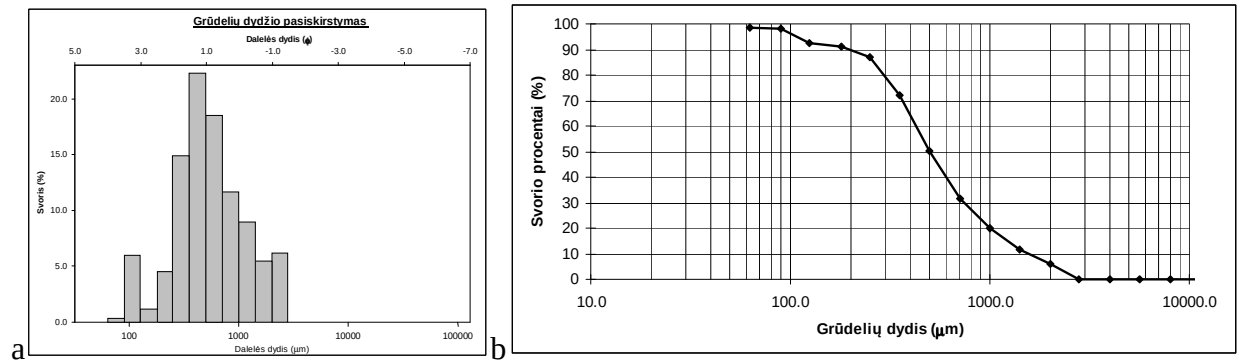
- **Kranto zona** (*coastal zone*) – jūros ir sausumos sąlyčio zona. Ją sudaro viršvandeninė dalis: paplūdimys, apsauginis paplūdimio kopagūbris, kranto kopos arba klifas, gretimos teritorijos sausumoje, ir povandeninio šlaito dalis iki 20 m gylio izobatos. Ją formuoja krantiniai procesai – banginiai ir nebanginiai.
- **Nešmenys** (*sediments*) – jūros srovių ar bangų, vėjo ir tekančio vandens transportuojama medžiaga.
- **Nešmenų diferenciacija** (*sediment differentiation*) – nešmenų rūšiavimas pagal jų formą, dydį ir mineralinę sudėtį.
- **Nuosėdos** (*deposits*) – vandens terpėje (ant dugno) nusėdusi mineralinė ir organinė medžiaga, nepatyrusi diagenozės procesų poveikio.
- **Sąnašos** (*deposits, sediments*) – nešmenų sankaupos vienoje ar kitoje jūros, ežero arba upės dalyje (Gudelis, 1993).

Įvadas

Pagrindiniai jūros kranto zoną formuojantys dinaminiai veiksniai yra bangos, vandens srovės ir vėjas, kurie perneša nešmenis ir keičia virš vandens ir po vandeniu esantį reljefą. Kranto zonos tipinėmis sąnašomis galima laikyti smėlį ir iš dalies molį, todėl sprendžiant įvairius krantotyros klausimus, priimant svarbius inžinerinius ar krantotvarkos sprendimus labai svarbu yra žinoti kranto zonos sąnašų granulimetrinę sudėtį ir jų morfologinius ypatumus, nuo kurių priklauso grūdelių būvis: pradinis judėjimas, transportavimas, erozija ir akumuliacija (Trimonis, 2005).

Grūdelių dydis – vienas iš plačiausiai naudojamų nuosėdinės medžiagos parametru, kuris leidžia nustatyti nuosėdinės medžiagos kilmės vietą, transportavimo istoriją ir nusėdimo sąlygas. Bet kokios nuosėdinės medžiagos ar nuosėdų dalelių dydžiui įvertinti yra atliekama granulimetrinė analizė, kurios metu nuosėdas ar uolienas sudarantis įvairaus dydžio dalelių rinkinys yra padalijamas į tam tikrą skaičių frakcijų, kiekvienos iš kurių ribos griežtai apibrėžtos linijiniu dalelių skersmenų dydžiu. Tokiu būdu yra išaiškinamas grūdelių dydžių pasiskirstymas. Granulimetrinės analizės rezultatai dažniausiai yra pateikiami grafiškai. Labiausiai paplitę vaizdavimo būdai yra histogramos arba suminės kreivės (1.1 pav.).

Suminė kreivė leidžia lengvai nustatyti, kiek procentų skirtingo dydžio grūdelių sudaro mėginį. Sudarant suminę kreivę ant ordinatės pažymimi svorio procentai, ant abscisės – grūdelių dydis.



1.1 pav. Granulimetrinės analizės vaizdavimo būdai: a) histograma, b) suminė kreivė

Grūdelių dydžio pasiskirstymo rodikliai. Granulimetrinės analizės duomenys leidžia žinoti pagrindinius nuosėdas apibūdinančius statistinius rodiklius: vidutinį grūdelių dydį (skersmenį), modą, rūšiuotumą, ekscesą, asimetriją ir kt., kurie naudojami kaip vienų ar kitų gamtinių veiksnių išraiškos kriterijai (Trimonis, 2005).

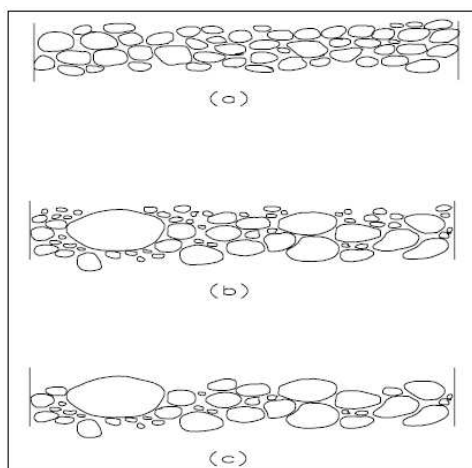
Moda reiškia daugiausia aptinkamų grūdelių dydį. Tai paties aukščiausio taško reikšmė grūdelių dydžio pasiskirstymo dažnio kreivėje (histogramos didžiausios frakcijos vidurkis) arba stačiausia suminės kreivės vieta. Priklausomai nuo mėginio sąnašų sudėties, gali būti 1 moda, 2 modos ir daugiau. Šis dydis praktikoje naudojamas retai, populiariesnis yra *vidutinis grūdelių dydis*.

Vidutinis grūdelių dydis, arba *aritmetinis vidurkis* (M), nustatomas kaip dydžių suma, padalyta iš jų skaičiaus. Tai labiausiai paplitęs dydis, taikomas įvairiuose praktiniuose skaičiavimuose bei vertinant sąnašų diferenciaciją.

Mediana (M_d) suminę kreivę dalija į dvi dalis: lygiai pusė dalelių yra didesnio skersmens už M_d ir pusė – mažesnio. M_d suminėje kreivėje surandama nustačius tą abscisės tašką, į kurį nuleistas statmuo iš suminės kreivės taško, atitinkančio ordinatės 50 %. M_d pasikeičia, jei pakinta bet kurios frakcijos kiekis. Tačiau M_d gali būti vienoda ir tada, kai granulimetrinė nuosėdų sudėtis labai skiriasi, pavyzdžiui: 1) ryškiai vyrauja 1–2 frakcijos, 2) yra daug frakcijų, kurių kiekviena sudaro nedidelį procentą. Tokiu atveju nuosėdas apibūdina skirtingas jų rūšiuotumo laipsnis (Trimonis, 2005).

Rūšiuotumas, arba *standartinis nuokrypis* (S_o), – tai grūdelių tendencija vykstant jų diferenciacijai telktis vienoje frakcijoje. Rūšiuotumas rodo mėginio vienalytiškumą, kurį lemia stabilios grūdelių transportavimo ir akumuliacijos sąlygos (1.2 pav.). Esant idealiam išrūšiuvimui, koeficiento reikšmė yra artima vienetui, paprastai smėlingų paplūdimių smėlio išrūšiuavimo koeficientas yra artimas 1,25. Simetrinėje grūdelių dydžio pasiskirstymo dažnio

kreivėje modos, aritmetinio vidurkio (M) ir medianos (M_d) reikšmės vienodos. Tačiau realiomis sąlygomis jos paprastai skiriasi, nes grūdelių dydžio dažnio kreivė dažniausiai nesimetriška.



1.2 pav. Sąnašų išrūšiavimo pavyzdžiai: labai geras rūšiuotumas (a), geras rūšiuotumas (b), blogas rūšiuotumas (c) (Shore protection manual (SPM), 1984)

Nevienodą grūdelių dydžių išsidėstymą aritmetinio vidurkio ir medianos atžvilgiu apibūdina asimetrija, arba kreivumo laipsnis (S_k). Asimetrijos ir rūšiuotumo rodikliai dažnai padeda apibūdinti nuosėdų akumuliacijos sąlygas. Grūdelių dydžio pasiskirstymo kreivę apibūdina ekscesas, arba kreivės „aštrumo“ laipsnis (K_G), parodantis, kreivė yra lėkšta ar stati (1.1 lentelė).

1.1 lentelė. Granulimetrinės analizės statistinių rodiklių reikšmės

Rūšiuotumas, S_o		Asimetrija, (S_k)		Ekscesas (K_G)	
Labai geras	< 1,27	Labai teigiama	+0,3 – +1,0	Labai plokščia kreivė	< 0,67
Geras	1,27–1,41	Teigiama	+0,1 – +0,3	Plokščia kreivė	0,67–0,90
Vidutiniškai geras	1,41–1,62	Simetrija	+0,1 – -0,1	Normali kreivė	0,90–1,11
Vidutinis	1,62–2,00	Neigiama	-0,1 – -0,3	Aštriaviršūnė kreivė	1,11–1,50
Blogas	2,00–4,00	Labai neigiama	-0,3 – -1,0	Labai aštriaviršūnė kreivė	1,50–3,00
Labai blogas	4,00–16,00			Itin aštriaviršūnė kreivė	> 3,00
Itin blogas	> 16,00				

Pavyzdžiui, mažos S_o ir S_k reikšmės, artimos 1, parodo, kad sąnašos yra gerai išrūšiuotos, o pasiskirstymo kreivės pikas yra artimas vidutiniam grūdelių dydžiui. Tokie nešmenys dažnai aptinkami, kur vyraujantis veiksnys yra bangavimas. Apibūdintos statistinės charakteristikos bus tik tada, jeigu mėginys buvo paimtas bangavimo metu (Зенкович, 1962). Jeigu S_o reikšmės didelės, S_k – mažos, o pasiskirstymo kreivės pikas yra artimas vidutiniam grūdelių dydžiui, tai rodo, kad mėginys sudarytas iš daugelio frakcijų. Taip pat mėginys bus sudarytas iš skirtingų frakcijų, jeigu S_k reikšmės bus didelės, o S_o – mažos, bet čia bus gerai išreikštas pasiskirstymo kreivės pikas, kuris parodys nedidelį mėginio dalies nuokrypį nuo vidutinio grūdelių dydžio. Tai parodo, kad sąnašos formuojasi vyraujant vienam dominuojančiam faktoriui, bet vienu laiku

veikia ir kiti veiksniai. Kai abiejų parametų S_k ir S_o reikšmės yra didelės, tai rodo, kad sąnašos neatspindi toje vietoje vyraujančių veiksnių (Зенкович, 1962).

Šie nuosėdų ir uolienu granuliometrinę sudėtį apibūdinantys rodikliai gaunami dviem būdais: 1) grafiniu būdu, kai tam tikros reikšmės nustatomos tiesiogiai iš suminės kreivės ir įvedamos į formules ir 2) pagal formules naudojant momentų metodą.

Naudodamasis grafiniu metodu, P. D. Traskas (1930) pasiūlė tokias svarbiausių rodiklių skaičiavimo formules:

$M_d = P_{50}$, čia P – procentilis, rodantis, kokį grūdelių dydį (mm) atitinka suminės kreivės taškas, atstovaujantis 50 % padalai ordinatėje;

$$\text{vidurkis: } M = (P_{25} + P_{75})/2, \quad (1.1)$$

$$\text{rūšiuotumas: } S_o = \sqrt{P_{75}/P_{25}}, \quad (1.2)$$

$$\text{asimetrija: } S_k = (P_{25} \times P_{75}) \times M_d^2, \quad (1.3)$$

$$\text{ekscesas: } K = (P_{75} - P_{25})/2(P_{90} - P_{10}). \quad (1.4)$$

Pagal R. L. Folką ir W. C. Wardą (1957), statistiniai rodikliai ϕ sistemoje turi būti skaičiuojami tokiomis formulėmis:

$$\text{mediana: } M_d = \phi_{50}, \quad (1.5)$$

$$\text{vidurkis: } M = (\phi_{16} + \phi_{95} + \phi_{84})/3; \quad (1.6)$$

$$\text{rūšiuotumas: } S_o = (\phi_{84} - \phi_{16})/4 + (\phi_{95} - \phi_5)/6,6; \quad (1.7)$$

$$\text{asimetrija: } S_k = (\phi_{16} + \phi_{84} - \phi_{50})/2 (\phi_{84} - \phi_{16}) + (\phi_5 + \phi_{95} - 2 \phi_{50})/2 (\phi_{95} - \phi_5); \quad (1.8)$$

$$\text{ekscesas: } K_G = (\phi_{95} - \phi_5)/2,44 (\phi_{75} - \phi_{25}). \quad (1.9)$$

Naudojant momentų metodą, rodikliai yra skaičiuojami pagal formules:

$$\text{vidurkis: } (M)\bar{x}_\phi = \frac{\sum f m_\phi}{100}, \quad (1.10)$$

čia: f – dažnis procentais, m – granuliometrinės klasės vidurio ϕ reikšmė;

$$\text{rūšiuotumas: } S_{o\phi} = \sqrt{\frac{\sum f (m_\phi - \bar{x}_\phi)^2}{100}}, \quad (1.11)$$

$$\text{asimetrija: } S_{k\phi} = \frac{\sum f (m_\phi - \bar{x}_\phi)^3}{100\sigma_\phi^3}, \quad (1.12)$$

$$\text{ekscesas: } K_{G\phi} = \frac{\sum f (m_\phi - \bar{x}_\phi)^4}{100\sigma_\phi^4}. \quad (1.13)$$

Granuliometrinės analizės metu gauta nuosėdų mėginio sudėtis, remiantis granuliometrinėmis klasifikacijų sistemomis, yra apibūdinama pagal granuliometrinį tipą.

Dabartiniu metu labiausiai paplitusios yra dvi granuliometrinių klasifikacijų sistemos: granuliometrinė klasifikacinė sistema, kuri remiasi dešimtaine grūdelių dydžio skirstymo skale

(Безруков, Лисицын, 1960) (1.2 lentelė), ir φ (fi), kuri remiasi geometrine skale (Wentworth, 1922) (1.3 lentelė).

1.2 lentelė. Dešimtainė grūdelių dydžio skirstymo skalė (Безруков, Лисицын, 1960)

Frakcija	Dydis, mm	Frakcija	Dydis, mm
Rieduliai	> 100	Stambus smėlis	0,50–1,0
Stambus gargždas	100–50	Vidutinis smėlis	0,25–0,50
Vidutinis gargždas	50–20	Smulkus smėlis	0,1–0,25
Smulkus gargždas	10–20	Stambus aleuritas	0,05–0,1
Stambus žvirgždas	5,0–10	Smulkus aleuritas	0,01–0,05
Vidutinis žvirgždas	2,5–5,0	Pelitinis aleuritas	0,007–0,01
Smulkus žvirgždas	1,0–2,5	Molis	< 0,007

1.3 lentelė. Granulimetrinė klastinių nuogulų klasifikacija φ (fi) ir metrinėje sistemoje (mm) ($\varphi = -\log_2 d$, čia d – grūdelio skersmuo (mm) (Wentworth, 1922)

Grūdelių dydis		Klasės	
φ	mm/ μ m		
	Milimetrai	Labai didelis	Rieduliai
-10	1024	Didelis	
-9	512	Vidutinis	
-8	256	Mažas	
-7	128	Labai mažas	
-6	64	Labai stambus	
-5	32	Stambus	Gargždas
-4	16	Vidutinis	
-3	8	Smulkus	
-2	4	Labai smulkus	
-1	2	Labai stambus	Smėlis
0	1	Stambus	
1	500	Vidutinis	
2	250	Smulkus	
3	125	Labai smulkus	
4	63	Labai stambus	Aleuritas
5	31	Stambus	
6	16	Vidutinis	
7	8	Smulkus	
8	4	Labai smulkus	
9	2		Molis

Kadangi sąnašų grūdelių pasiskirstymo spektras labai varijuoja nuo metrų iki mikronų, tai bendras mastelis su vienodo dydžio padalomis būtų labai platus stambiai frakcijai ir labai siauras smulkiadispersinei, tai apsunkintų grafinį duomenų atvaizdavimą (Trimonis, 2005). Todėl jau nuo seno (Wentworth, 1922) yra siūloma naudoti geometrinę skalę, kurioje granulimetrinės analizės duomenys pateikiami ϕ (fi) sistemoje:

$$\phi = -\log_2 d, \quad (1.14)$$

čia d – grūdelio skersmuo (mm).

Darbo tikslas. Nustatyti nuosėdinės medžiagos **pasiskirstymo dėsningumus** kranto zonoje, remiantis granulimetrinės sudėties svarbiausiais rodikliais.

Priemonės. „Baltijos jūros Lietuvos krantų geologinis atlasas“, kompiuterių programa „GRADISTAT v.4.0“, programinė įranga „ArcGIS“.

Skaičiavimų rezultatus pateikti lentelėse ir atvaizduoti grafiškai.

Uždaviniai

1. Apskaičiavus pagrindinius rodiklius (M_d , M , S_o , S_k), sudaryti sumines kreives.
2. Nustatyti nuosėdinės medžiagos (M_d) pasiskirstymo dėsningumus (skersai ir išilgai kranto zonos). Nubraižyti grafikus.
3. Remiantis S_o ir S_k parametrais, nustatyti, kur išsidėsto geriausiai ir blogiausiai išrūšiuotas smėlis.
4. Remiantis pateiktomis geografinėmis koordinatėmis (koordinčių sistema LKS-94), nustatyti, koku atstumu nuo kranto linijos yra nutolę mėginių paėmimo taškai; jeigu įmanoma, įvardinti, kuriose vietose jie yra: priekrantės povandeniniame šlaite, sėkliaus viršūnėje, tarpsėkliuje, dinaminėje kranto linijoje, applūdimyje, apsauginio applūdimio kopagūbrio papėdėje, šlaite, viršūnėje.

Darbo eiga. Iš „Baltijos jūros Lietuvos krantų geologinio atlaso“ išrinkti priekrantės iki 8 m gylio ir applūdimio bei apsauginio applūdimio kopagūbrio paviršinių mėginių granulimetrinės analizės duomenis. Kompiuterių programa „GRADISTAT v.4.0“ apskaičiuoti pagrindinius statistinius rodiklius.

Klausimai

1. Kurioje kranto zonos vietoje vyrauja stambiausios arba smulkiausios sąnašos?
2. Kokiai nuogulų klasei (1.3 pav.) galima būtų priskirti sąnašas, aptinkamas kranto zonoje?

3. Kokie veiksniai galėjo lemti geresnį sąnašų išrūšiavimą? Kurioje kranto zonos vietoje aptinkamos tokios sąnašos?
4. Kokie dėsningumai būdingi kranto zonos sąnašų pasiskirstymui išilgai ir skersai kranto?
5. Kodėl tiriant sąnašas naudojama granulimetrinės sudėties statistinių rodiklių analizė?

Atsakymus į klausimus pateikti raštu.

Literatūra

- Baltijos jūros Lietuvos krantų geologinis atlasas*. 2004. Vilnius: Lietuvos geologijos tarnyba.
- Blott S. J., Pye K. 2001. GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms* 26 (1), 1237–1248.
- Folk R. L., Ward W. C. 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27, 3–26.
- Gudelis V. 1993. *Jūros krantotyros žodynas*. Vilnius.
- Shore protection manual (SPM)*. 1984. US Army Coastal Engineering Research Center. Washington.
- Trask P. D. 1932. *Origin and Environment of Source Sediments of Petroleum*. Gulf Publishing Company: Houston.
- Trimonis E. 2005. *Sedimentologija*. Vilnius. 41–46.
- Wentworth C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology* 30, 377–392.
- Безруков П. Л., Лисицын А. П. 1960. *Классификация осадков современных морских водоемов. Геологические исследования в Дальневосточных морях*. Тр. Ин-та океанологии. Т. XXXII. М.: АН СССР. 3–14.
- Зенкович В. 1962. *Основы учения о развитии морских берегов*. Москва.

2 praktikos darbas

Giliavandenės bangos transformacijos skaičiavimai

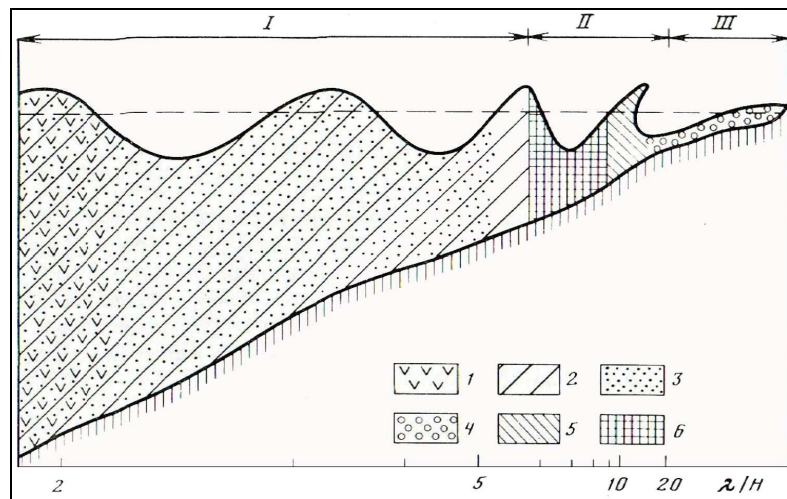
Terminai

- **Atviros jūros bangos** (giliavandenės (*deep water wave*) – bangos, kurių neveikia dugnas arba kranto konfigūracija.
- **Bangos deformacija** (*wave deformation*) – bangų parametrų pokyčiai, kurie prasideda gilumoje, prilygstančioje maždaug pusei bangos ilgio ir didėja kranto link (dėl trinties į dugną). Tuo pat metu prasideda ir bangų transformacija.
- **Bangų difrakcija** (*wave diffraction*) – bangų fronto išsilenkimas, aplenkiant joms kliuvinius, esančius akvatorijoje.
- **Bangų energijos sklaida** (disipacija (*dissipation of wave energy*) – bangų energijos išsisklaidymas joms sąveikaujant su dugnu.
- **Bangų goža** (*wave breaking, surf*) – bangų lūžimas seklioje priekrantėje.
- **Bangų mūša** – bangų sugožimas, joms atsitrekiant į kranto skardį – klifą, esant giliai priekrantei.
- **Bangų refrakcija** (*wave refraction*) – bangų transformacija, kai bangų gūbriai kerta izobatas įžambiai.
- **Bangos transformacija** (*wave transformation*) – bangos parametrų kitimas, sklindant jai virš nuožulnaus seklėjančio dugno kranto link. Prasideda ties bangų deformacijos įjūrine riba.
- **Sekliavandenės bangos** (*shallow water wave*) – seklėjančios jūros sukelti bangų orbitalinio judėjimo sutrikimai – deformacijos (Gudelis, 1993).

Įvadas

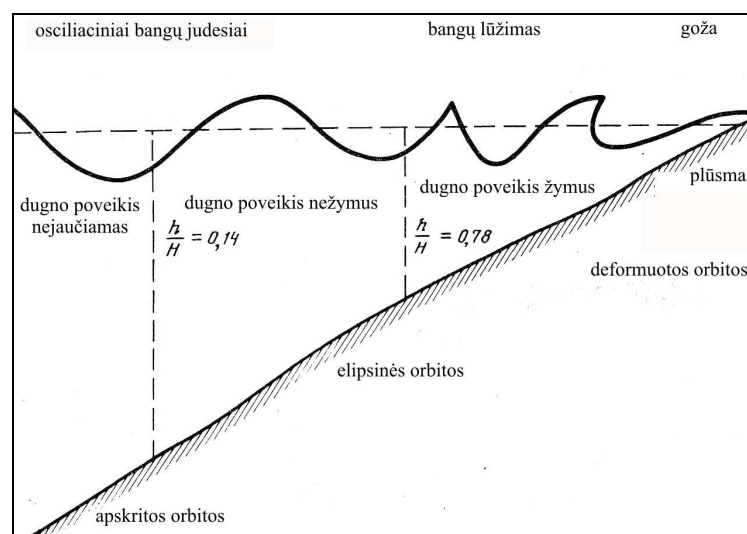
Priekrantėje vykstantys hidrodinaminiai procesai, išskyrus dreifines sroves ir vėjo sukeltas vandens patvankas, yra bangų energijos transformacijos rezultatas. Vandens masių dinamika lemia nuosėdų diferenciaciją ir pernašą, taip pat priekrantės reljefo ir jūros dugno raidos dėsningumus.

Pirmieji jūros bangų moksliniai tyrimai siejami su L. da Vinčio, I. Niutono, P. S. Laplaso, L. Lagranžo darbais, nors mokslinės bangų teorijos jie ir nesukūrė. Bangų teorijos autoriais pripažįstami K. J. Gerstneris, G. G. Stoksas, V. Relėjus, G. B. Airy ir kt. (Зенкович, 1962). Šiuo metu nėra universalios bangų teorijos, kuri tiktų visai kranto zonai. Yra sukurtos atskiros teorijos (trochoidinė, Stokso, linijinė, „vienišuolės“ bangos, knoidalinė), tačiau hidrodinaminės bangų teorijos elementai nėra pakankamai susieti tarpusavyje (2.1 pav.) (Анцыферов, Косьян, 1986).



2.1 pav. Skirtingų bangų teorijų taikymas bangai artėjant prie kranto. I – osciliaciniai bangų judesiai, II – bangų lūžimas, III – goža. 1 – trochoidinės bangų teorijos taikymo zona, 2 – Stokso teorijos taikymo zona, 3 – linijinės (Airy) bangų teorijos taikymo zona, 4 – „vienišiuolės“ bangos teorijos taikymo zona, 5 – knoidalinės bangų teorijos taikymo zona, 6 – nei viena iš teorijų nepritaikoma (Анцыферов, Косьян, 1986)

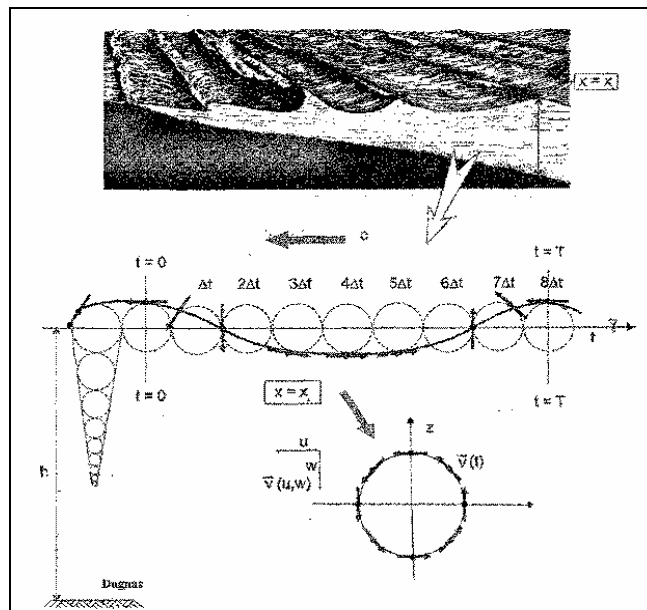
Bangos, sklindančios iš atviros jūros link kranto zonos, yra pagrindinis šaltinis mechaninės energijos, kurios transformacija lemia visus dinامينius kranto zonos procesus. Bangos, pasiekusios kranto zoną, dėl mažėjančių jūros gylių patiria pokyčių: keičiasi jų išorinė forma, vidinė kinetinė ir energetinė struktūra. Paprastai bangos deformacijos lygį galima apibrėžti kaip bangos aukščio (H) ir ramios jūros gylio (h) duotame taške santykį. Pagal V. Kirlį (Кирлис, 1977), bangos deformacija prasideda, kai šis santykis yra lygus $H/h \geq 0,14$. Bangos transformaciją galima apibrėžti taip pat bangos aukščio ir jūros gylio santykiu, kuris pagal J. Mc Coweno (1894) kriterijų yra lygus $H/h \geq 0,78$ (2.2 pav.).



2.2 pav. Bangos, artėjančios prie kranto, transformacijos schema (Анцыферов, Косьян, 1986)

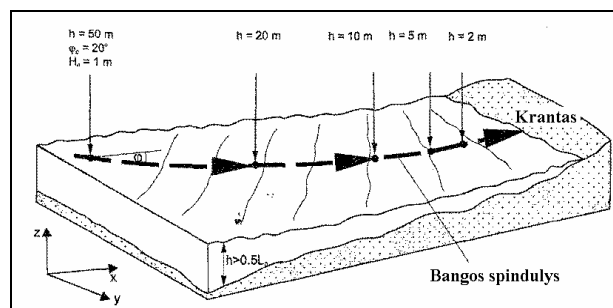
Užduotis. Remiantis linijine bangų teorija (2.3 pav.), apskaičiuoti bangos judėjimo parametrus išilgai bangos sklaidimo spindulio:

- bangos ilgį L ,
- bangos priėjimo prie kranto kampą φ ,
- bangos fazinį greitį c bei grupinį bangos greitį c_g ,
- bangos aukštį H ,
- orbitinį dalelės judėjimo dedamosios u maksimalų greitį bei elementų dalelės judėjimo osciliacinių svyravimų išsilenkimo amplitudę d_0 , susidarančią prie dugno, kai gylis $z = -h$ bei $\cos(kx - \omega t) = 1$,
- aukštį R_u , kuriame banga pasieks kranto šlaitą.



2.3 pav. Vandens dalelių orbitinis judėjimas bangavimo metu (Pruszak, 2003)

Duomenys: atviroje jūroje (gylis $h_0 = 50$ m) bangos aukštis $H_0 = 1$ m, periodas $T = 5$ s, o jos sklidimo spindulys yra nukreiptas $\varphi_0 = 20^\circ$ santykinai statmenos kranto linijos. Dugnas yra nuožulnus ir izobatos yra išsidėsčiusios lygiagrečiai kranto linijos. Priekrantės dugno profilio nuolydis yra lygus 1:50 (2.4 pav.).



2.4 pav. Giliavandenės bangos transformacija (Pruszak, 2003)

Sprendimas

1. Remdamiesi pradiniais duomenimis apskaičiuojame, iki kokio gylio link kranto sklindanti banga yra giliavandenė, tarpinė ar sekliavandenė, kuri nustatoma apskaičiavus santykį tarp jūros gylio (h) ir bangos ilgio (L). Jūros gylio ir bangos ilgio santykis apskaičiuojamas pagal (2.1) lygtį:

$$h/L \quad (2.1)$$

Remiantis apskaičiuotu jūros gylio ir bangos ilgio santykiu, priekrantinę bangų transformaciją galima suskirstyti taip:

giliavandenis bangavimas: $h/L > 0,5$;

apibrėžto gylio bangavimas (tarpinis): $0,1 (0,05) < h/L < 0,5$;

sekliavandenis bangavimas: $h/L < 0,1 (0,05)$.

Nustatę bangavimo (giliavandenį, tarpinį ar sekliavandenį) tipą, apskaičiuojame bangos ilgį. Jeigu bangavimas yra giliavandenis, bangos ilgis (L) yra skaičiuojamas pagal (2.2) lygtį. Kai bangos ilgis yra tarpinis (L_t) ar sekliavandenis (L_s), tada atitinkamai skaičiuojame pagal (2.3) ir (2.4) lygtis:

$$L = \frac{g}{2\pi} T^2 = 1.56 T^2, \quad (2.2)$$

čia $g = 9.8 \text{ m/s}$;

$$L_t \approx \frac{gT^2}{2\pi} \sqrt{\tanh\left(\frac{4\pi^2 h}{T^2 g}\right)} = L \sqrt{\tanh \frac{2\pi h}{L}}, \quad (2.3)$$

$$L_s = T \sqrt{gh}. \quad (2.4)$$

2. Apskaičiuojame fazinį bangos greitį (c) bei bangų grupės greitį (c_g). Fazinis bangos greitis ir bangų grupės greitis yra apskaičiuojamas atitinkamai pagal (2.5) ir (2.6) lygtis:

$$c = L/T = 1.56 T, \quad (2.5)$$

$$c_g = nc = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right] c. \quad (2.6)$$

Hiperbolinės funkcijos reikšmės pateiktos 2.1 lentelėje.

3. Apskaičiuojame orbitinį dalelės judėjimo dedamosios u maksimalų greitį bei elementų dalelės judėjimo osciliacinių svyravimų išsilenkimo amplitudę d_o .

$$u = \frac{\pi H_0}{T} \exp\left(\frac{2\pi z}{L}\right) \cos(kx - \omega t), \quad (2.7)$$

čia: $\omega = 2\pi/T$ yra kampinis greitis, $k = 2\pi/L$ yra bangos eilės numeris, $t = T$, x – atstumas.

2.1 lentelė. Hiperbolinė funkcija

h/L_0	h/L	$\tanh(kh)$	$\sinh(kh)$	$2kh/\sinh 2kh$	$\cosh(kh)$
0,000	0,0000	0,000	0,000	1,000	1,00
0,006	0,0311	0,193	0,197	0,975	1,02
0,010	0,0403	0,248	0,256	0,958	1,03
0,020	0,0576	0,347	0,370	0,918	1,07
0,030	0,0713	0,420	0,463	0,878	1,10
0,040	0,0833	0,480	0,548	0,838	1,14
0,050	0,0942	0,531	0,627	0,800	1,18
0,060	0,1040	0,575	0,703	0,762	1,22
0,070	0,1140	0,614	0,779	0,725	1,27
0,080	0,1230	0,649	0,854	0,690	1,31
0,090	0,1320	0,681	0,929	0,655	1,37
0,100	0,1410	0,709	1,010	0,620	1,42
0,110	0,1500	0,735	1,080	0,587	1,48
0,120	0,1580	0,759	1,170	0,555	1,54
0,130	0,1670	0,780	1,250	0,524	1,60
0,140	0,1750	0,800	1,330	0,494	1,67
0,150	0,1830	0,818	1,420	0,465	1,74
0,160	0,1920	0,835	1,520	0,437	1,82
0,170	0,2000	0,850	1,610	0,410	1,90
0,180	0,2080	0,864	1,720	0,384	1,99
0,190	0,2170	0,877	1,820	0,359	2,08
0,200	0,2250	0,888	1,940	0,335	2,18
0,210	0,2340	0,899	2,050	0,313	2,28
0,220	0,2420	0,909	2,180	0,291	2,40
0,230	0,2510	0,918	2,310	0,271	2,52
0,240	0,2590	0,926	2,450	0,251	2,65
0,250	0,2680	0,933	2,600	0,233	2,78
0,260	0,2770	0,940	2,750	0,215	2,93
0,270	0,2850	0,946	2,920	0,199	3,09
0,280	0,2940	0,952	3,100	0,183	3,25
0,290	0,3030	0,957	3,280	0,169	3,43
0,300	0,3120	0,961	3,480	0,155	3,62
0,310	0,3210	0,965	3,690	0,143	3,83
0,320	0,3300	0,969	3,920	0,131	4,05
0,330	0,3390	0,972	4,160	0,120	4,28
0,340	0,3490	0,975	4,410	0,110	4,53
0,350	0,3580	0,978	4,680	0,100	4,79
0,360	0,3670	0,980	4,970	0,091	5,07
0,370	0,3770	0,983	5,280	0,083	5,37
0,380	0,3860	0,984	5,610	0,076	5,70
0,390	0,3950	0,986	5,960	0,069	6,04
0,400	0,4050	0,988	6,330	0,063	6,41
0,410	0,4150	0,989	6,720	0,057	6,80
0,420	0,4240	0,990	7,150	0,052	7,22
0,430	0,4340	0,991	7,600	0,047	7,66
0,440	0,4430	0,992	8,070	0,042	8,14
0,450	0,4530	0,993	8,590	0,038	8,64
0,470	0,4720	0,995	9,710	0,031	9,76
0,480	0,4820	0,995	10,30	0,028	10,40
0,490	0,4920	0,996	11,00	0,026	11,00
0,500	0,5020	0,996	11,70	0,023	11,70
∞	∞	1,000	∞	0,000	∞

Kai banga sekliavandenė, orbitinis dalelės judėjimo dedamosios u maksimalus greitis apskaičiuojamas:

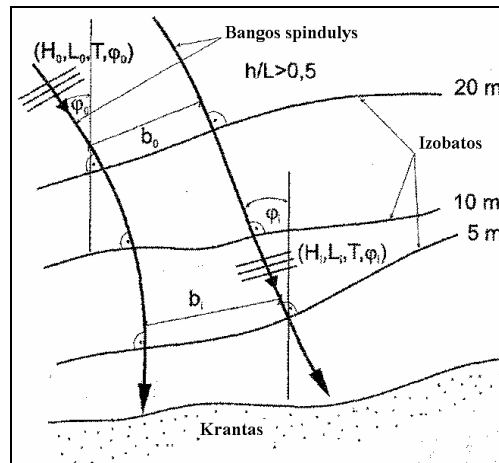
$$u = \frac{H_t}{2} \sqrt{\frac{g}{h}} \cos(kx - \omega t), \quad (2.8)$$

šiuo atveju orbitinis dalelės judėjimo dedamosios ω greitis yra lygus 0.

$$d_o = u \frac{T}{2\pi} = \frac{H_t}{2} \frac{\cosh k(h+z)}{\sinh kh}. \quad (2.9)$$

4. Apskaičiuojame giliavandenės (φ) ir sekliavandenės (φ_0) bangos priartėjimo prie kranto kampą. Bangos priartėjimo prie kranto kampas – tai kampas tarp kranto linijos (statmuo) ir bangos sklidimo spindulio (2.5 pav.).

$$\frac{c}{c_0} = \frac{\sin \phi}{\sin \phi_0} = \tanh kh. \quad (2.10)$$



2.5 pav. Bangos transformacijos schema (Pruszak, 2003)

5. Apskaičiuojame bangos aukštį H_t transformacijos metu, kai jūros gylis yra 10, 5, 2 m (2.5 pav.):

$$H_t = HK_s K_r, \quad (2.11)$$

čia $H = 1$ m.

Bangos refrakcijos koeficientas:

$$K_r = \left(\frac{\cos \varphi_0}{\cos \varphi} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (2.12)$$

čia: $\cos \varphi_0$ – giliavandenės bangos artėjimo prie kranto kampo kosinusas, o $\cos \varphi$ – apskaičiuotas artėjimo prie kranto bangos kampas 10, 5 ir 2 m gylyje.

Akvatorijos sklėjimo koeficientas:

$$K_s = \left(\frac{c_{g0}}{c_{gi}} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (2.13)$$

čia: c_{g0} – giliavandenės bangos grupinis greitis 20 m gylyje, c_{gi} – grupinis bangos greitis 10, 5 ir 2 m gylyje.

6. Apskaičiuojame aukštį R_u , kuriame banga pasieks kranto šlaitą, naudodami Hunto lygtį (Hunt, 1959):

$$\frac{R_u}{H_0} = \frac{\tan \beta}{\sqrt{H_0/L_0}} = \xi_0, \quad (2.14)$$

$$R_u = H_0 \frac{\tan \beta}{\sqrt{H_0/L_0}}, \quad (2.15)$$

čia $\tan \beta$ yra dugno nuolydis.

Skaičiavimų rezultatus pateikti 2.2 lentelėje.

2.2 lentelė. Bangos transformacijos apskaičiuoti rodikliai

h , m	m	h/L	c , m/s	c_a , m/s	u , m/s	d_0 , m	$\angle \varphi$, °	K_s/K_r	H_t , m
50									
20									
10									
5									
2									

Kontroliniai klausimai

1. Kokie yra bangų gožos tipai kranto zonoje?
2. Kokia seka vyksta bangų transformacija kranto zonoje?
3. Kuo skiriasi bangų goža nuo bangų mūšos?
4. Nuo ko priklauso bangų gožos tipas?
5. Kuo skiriasi giliavandenė banga nuo sekliavandenės?

Galutiniai skaičiavimo rezultatai ir atsakymai į klausimus pateikiami raštu.

Literatūra

Pruszek Z. 2003. *Akweny morskie. Zarys procesow fizycznych i inzynierii srodowiska*. Gdansk. IBW PAN.

- Анцыферов С. М, Косьян Р. Д. 1986. *Взвешание наносы в верхней части шелфа*. Москва. Наука.
- Кирлис В. И. 1977. *Особенности деформации волн в береговой зоне юго-восточной части Балтийского моря*. Тр. АН ЛитССР. Сер. Б. Т. 3 (100), 137–142.
- Mc Cowen J. 1894. *On the highest wave of Permanent type*. Philos. Mag. 5, 351–357.

3 praktikos darbas

Pietryčių Baltijos jūros priekrantės morfometrinių rodiklių (sėklių reljefingumo) analizė

Terminai

- **Aktyvus gylis** (h_b) (*depth of closure*) – jūrinė riba, kur baigiasi aktyvus skersinio profilio persiformavimas ir nešmenų judėjimas, t. y. baigiasi bangų poveikis dugnui.
- **Gožos tvinksniai** (*surf beats*) – ilgo periodo bangos, kurios atsiranda gožos zonoje dėl jūros bangų grupinės struktūros.
- **Įjūrinis sėklius** (*offshore bar*) – toliausiai jūroje esantis sėklius.
- **Įkrantė** (*inshore*) – jūros priekrantės dalis, apimanti visą gožų ir bėgbangių ruožą.
- **Įkrantinis sėklius** (*inshore bar*) – pirmasis nuo kranto sėklius.
- **Nuokrantė** – jūros priekrantės ruožas giliau gožos (sėklių) zonos.
- **Pakraštinės bangos** (*edge waves*) – periodinės bangos, sklindančios lygiagrečiai kranto linijai ir įgyjančios didesnę aukštį tik prie pat kranto.
- **Priekrantė** (*nearshore*) – jūros dalis nuo kranto linijos iki gilumos, kur bangos pradeda pernešti nuosėdas ir veikti dugną.
- **Sėkliai** (*bars*) – sekloje priekrantėje povandeniniai smėliagūbriai, atsiradę dėl bangų ir srovių akumuliacinės, erozinės bei transportinės veiklos.
- **Sėkliaus plotis** (*bar width*) – nuotolis tarp įkrantinio ir įjūrinio sėkliaus šlaitų.
- **Sėklius** (*submarine bar*) – sekloje jūros priekrantėje, dugne, išilgai kranto nutįsę smėlio, žvyro arba gargždo gūbriai.
- **Sėklių zona** – sekloje priekrantėje susidariusių smėlio arba stambesnių nešmenų išilginių gūbrių ruožas. Sėklių zona ne visada sutampa su gožos zona.
- **Tarpsėklis** (*runnel*) – sėklius skiriantis duburys – pažemėjimas (Gudelis, 1993).

Įvadas

Baltijos jūros smėlingos priekrantės povandeninio šlaito viršutinėje dalyje aptinkami povandeniniai sėkliai – akumuliacinės formos. Iki šiol dar nėra sukurtos *bangų suformuotų povandeninių sėklių universalios* klasifikacijos (Greenwood, 2005). Šiuo metu sėklių susidarymo teorijas galima būtų sugrupuoti į tris pagrindines grupes. Pirmajai galima priskirti mokslininkų teorijas, kuriose sėklių susidarymo genezė sietina su bangų gožos zonoje kylančiais konvergenciniais srautais ir nešmenų pernaša nukreipta nuo kranto link jūros. Kita mokslininkų grupė sėklių susidarymą sieja su įvairaus tipo ilgo periodo pakraštinėmis bangomis (*edge wave*),

gožos tvinksniais (*surf beats*) ir infragravitacinėmis bangomis (*infragravity waves*). Trečioji mokslininkų grupė povandeninių sėklių atsiradimą sieja su kvazicikliškais netiesiniais energiniais vandens srautais, kurie susidaro tarp pirmosios ir antrosios bangų gožos. Galima pažymėti, kad visas išvardintas teorijas jungia vienas faktas: povandeniniai sėkliai vystosi bangų gožos zonoje.

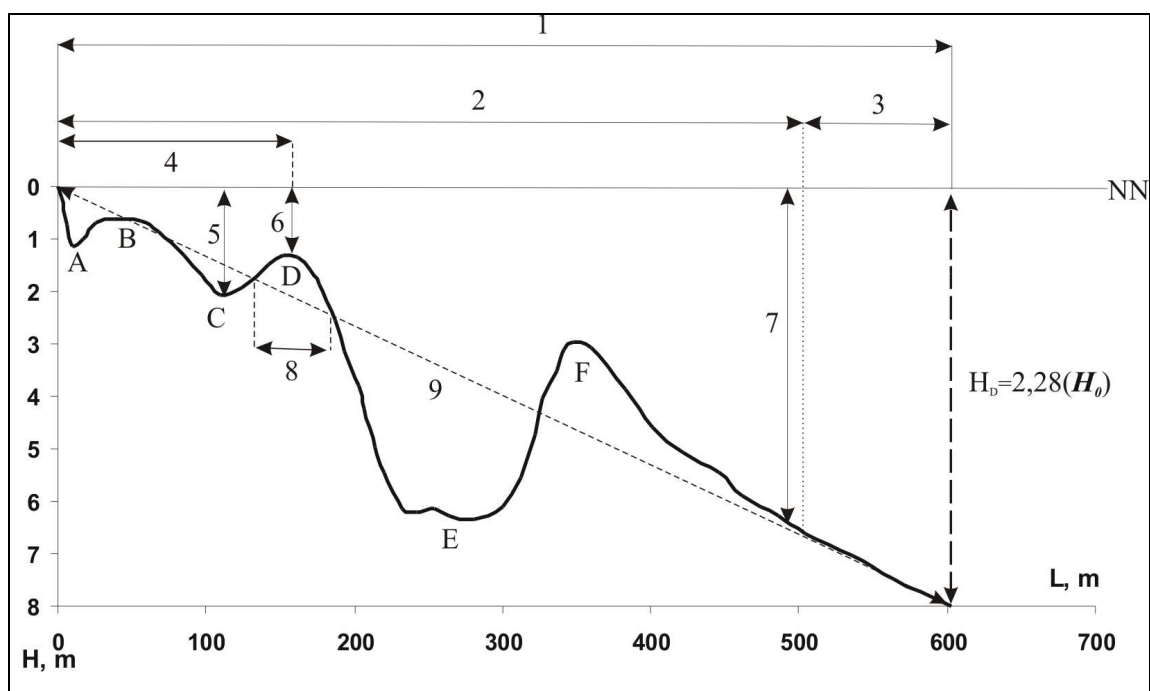
Šiuo metu yra nustatyta, kad atskirose Baltijos jūros smėlingos priekrantės atkarpose ties Lietuvos krantais susidaro nevienodas sėklių skaičius, o jų morfometriniai rodikliai taip pat skiriasi.

Darbo tikslas. Nustatyti Pietryčių Baltijos jūros priekrantės morfometrinius rodiklius, povandeninių sėklių reljefingumą bei jų tarpusavio ryšius ir pasiskirstymo dėsningumus.

Darbo priemonės. „Baltijos jūros Lietuvos krantų geologinis atlasas“, programinė įranga „ArcGIS“.

Uždaviniai

1. Apskaičiuoti kranto povandeninį šlaito nuolydį: $\tan \beta = H/l$, čia: H – jūros gylis 8 m, l – profilio ilgis nuo kranto iki 8 m gylio izobatos (3.1 pav.).



3.1 pav. Kranto povandeninio šlaito schema. 1 – kranto povandeninis šlaitas (priekrantė), 2 – įkrantė (sėklių zona), 3 – nuokrantė, 4 – atstumas iki sėklio, 5 – tarpsėklio gylis, 6 – sėklio aukštis, 7 – priekrantės gylis, 8 – sėklio plotis, 9 – priekrantės nuolydis. A,C,E – tarpsėkliai, B,D,F – sėkliai (B – priekrantinis, F – įjūrinis) (Žilinskas, Jarmalavičius, 2007); h_b – baigtinis gylis (H_0 – giluminės bangos aukštis, kurios pasikartojimas siekia 0,137 % (SPM, 1984)

2. Išmatuoti sėklių zonos plotį B , t. y. atstumas, matuojamas nuo įkrantinio sėklaus iki paskutinio įjūrinio sėklaus.
3. Nustatyti sėklių skaičių profilyje S_n ir apskaičiuoti atstumą nuo kranto iki kiekvieno sėklaus.
4. Nustatyti atstumą nuo kranto linijos iki kiekvieno sėklaus (X_s) ir tarpsėklaus (X_t).
5. Nustatyti kiekvieno sėklaus visuose profiliuose santykinį aukštį (H_s) ir tapsėklaus gylį (H_t), kuris skaičiuojamas nuo jūros lygio.
6. Nustatyti kiekvieno sėklaus (B_s) ir tarpsėklaus (B_t) plotį.
7. Apskaičiuoti sėklių zonos reljefingumą F , t. y. plotu, esančiu tarp sėklaus paviršiaus kreivės ir tiesės, jungiančios giliausias tarpsėklių vietas (Žaromskis, 1974).
8. Sudaryti koreliacinę matricą ir nustatyti koreliacinius ryšius tarp anksčiau išvardintų parametrų.

Skaičiavimų rezultatus pateikti lentelėse ir atvaizduoti grafiškai.

Klausimai

1. Kurie morfometriniai rodikliai geriausiai koreliuoja tarpusavyje?
2. Kaip galima paaiškinti koreliacinius ryšius tarp atskirų morfometrinių rodiklių?
3. Kodėl Pietryčių Baltijos priekrantėje ne visur susiformuoja sėkliai?
4. Kurioje Pietryčių Baltijos priekrantės vietoje yra daugiausiai povandeninių sėklių? Kas tai lemia?

Atsakymus į klausimus pateikti raštu.

Literatūra

- Greenwood B. 2005. *Wave formed bars*. In *Encyclopaedia of Coastal Science*, ed. M. Schwartz. Kluwer Academic Publishers.
- Žilinskas G., Jarmalavičius D. 2007. Interrelation of morphometric parameters of the submarine shore slope of the Curonian spit, Lithuania. *Baltica* 20 (1–2), 46–52.
- Žaromskis R. 1974. Povandeninių sėklių reljefingumo klausimu (Kuršių nerijos jūros priekrantės pavyzdžiu). *Geografijos metraštis* XIII, 229–235.

Praktikos darbas Nr. 4

Priekrantės skersinio pusiausvyros profilio skaičiavimai

Terminai

- **Kranto povandeninis šlaitas** (*underwater shore slope*) apima dugno ruožą nuo kranto linijos iki gilumos, kur jaučiama štorminio bangavimo įtaka dugnui.
- **Priekrantė** (*nearshore*) – jūros dalis nuo kranto linijos iki gilumos, kur bangos pradeda pernešti nuosėdas ir veikti dugną.
- **Pusiausvyros profilis** (*equilibrium profile*) – jūros, vandenyno ar ežero šlaito nuolydis, susidarantis, kai yra nuosėdų ir dinaminių jėgų pusiausvyra (Gudelis, 1993).

Įvadas

Meteorologinių sąlygų ir su jomis susijusių hidrodinaminių procesų kaita jūroje atitinkamai veikia krantą ir dugną. Priekrantės skersinio profilio dinamika parodo jūros kranto aktyvumą ir kranto linijos kaitą (Pruszak, 1998). Jeigu tarp bangų ir srovių dinamikos ir jūros dugno atsiranda nestabilumas, prasideda priedugninių nešmenų persiskirstymas ir priekrantės profilio persiformavimas, kuris vyksta tol, kol nusistovi pusiausvyra. Kai skersinis profilis pasiekia pusiausvyrą, toliau vystytis jis nebeturėtų, tačiau priekrantės skersinis profilis yra labai jautrus ir dinamiškas, todėl jis retai kada būna pusiausvyros būsenos.

Pirmieji darbai, skirti priekrantės skersinio profilio tipams ir kriterijams nustatyti, pasirodė ketvirtajame ir penktajame XX a. dešimtmetyje (Savilie, 1957). Šiuose darbuose priekrantės skersinio profilio tipas buvo nusakomas, remiantis giliaiavandenės bangos statumu H_0/L_0 (H_0 – bangos aukštis, L_0 – bangos ilgis). Pavyzdžiui, jeigu santykis $H_0/L_0 < 0,025$, tai priekrantės skersinis profilis yra akumuliacinis, o jeigu $H_0/L_0 > 0,025$, tai – erozinis. Per daugelį metų šie kriterijai buvo daug kartų modifikuoti (Wang, Yang, 1980).

Pusiausvyros profilui modeliuoti vandenynų priekrantėse skirta nemaža darbų, tačiau jie labiau tinka Atlanto, Ramiojo vandenyno smėlingoms priekrantėms, kur susidaro standartinės situacijos: žiemą (priekrantės skersinis profilis su povandeniniu sėkliumi) ir vasarą (priekrantės skersinis profilis be povandeninio sėkliaus). Tačiau kai skersinis profilis yra sudėtingas (Baltijos jūros smėlėta priekrantė), t. y. jame egzistuoja vienas ir daugiau sėklių, pusiausvyros profilio formą tikslinga skaičiuoti pagal A. Deano pasiūlytas matematines lygtis (Dean, 1976).

Darbo tikslas. Apskaičiuoti skersinio profilio formos parametą (A) ir nubraižyti kiekvieno duoto priekrantinio skersinio profilio pusiausvyros profilį pagal A. Deaną.

Duomenys. Šiame darbe naudojami priekrantės skersiniai pjūviai, paimti iš „Baltijos jūros Lietuvos krantų geologinio atlaso“.

Uždaviniai

1. Apskaičiuoti skersinio profilio formos parametą (A).
2. Gautus naujus gylius surašyti į lentelę (4.1 lentelė).
3. Remiantis naujais duomenimis nubraižyti skersinį pusiausvyros profilį, kaip pateikta 4.1 paveiksle.

4.1 lentelė. Skersinio ir jo pusiausvyros profilio duomenys (pavyzdys)

Nr.	1	2	3	4	5		89	90	91	92	93
x (m)	10	20	30	40	50		890	900	910	920	930
h (m)	0,5	0,9	1,4	1,7	2,2		7,7	7,28	7,8	7,9	8,0
z (m)											

Darbo eiga. Darbo pradžioje iš „Baltijos jūros Lietuvos krantų geologinio atlaso“ kiekvienam studentui yra pateikiami priekrantės dugno echolotavimo duomenys (atstumas nuo kranto ir gylis). Remdamiesi pradiniais priekrantės skersinių profilių duomenimis, apskaičiuojame skersinio profilio formos parametą (A) pagal A. Deano lygtį (4.1):

$$z = (h) = Ax^b, \quad (4.1)$$

čia: $z = (h)$ – gylis, x – atstumas, o b – koeficientas, kuris lygus $2/3$. Skersinio profilio formos parametras (A) parodo, kuriame taške yra grūdelių ir bangų energijos pusiausvyra, taigi grūdeliai judės tol, kol bus suformuotas naujas profilis, t. y. lokalios pusiausvyros sąlygos.

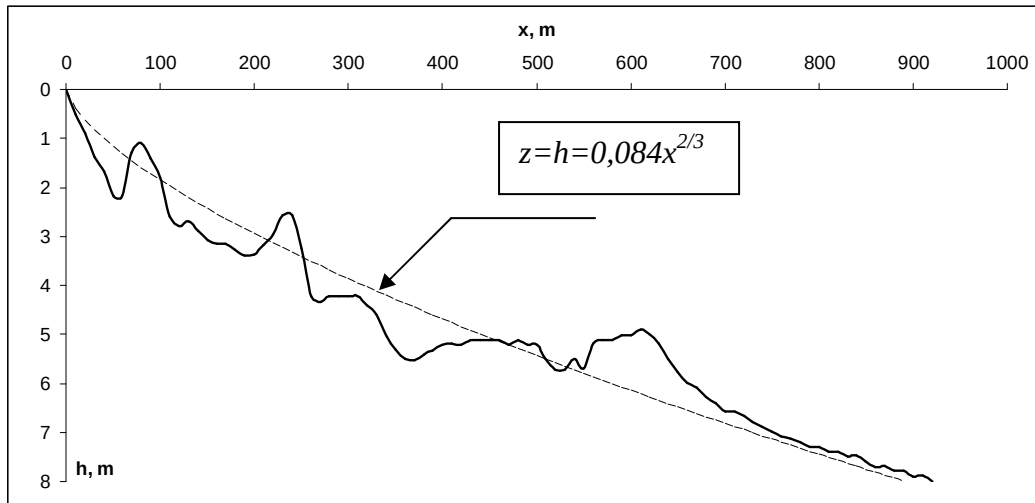
Pirmiausia naudojami kiekvieno profilio duomenys: atstumas x ir gylis $z(h)$. Apskaičiuodami laipsninės funkcijos ($z = Ax^b = Ax^{2/3}$) parametrus A arba b , naudojame mažiausių kvadratų metodą, t. y. taikome lygtį:

$$n \ln A + b \sum \ln x_i = \sum \ln |h_i|. \quad (4.2)$$

Kadangi vienas parametras jau yra žinomas ($b = 2/3$), tai ieškome tik vieno parametro A . Lygtyje n žymimas narių skaičius, aproksimuojantis skersinį priekrantės profilį.

Apskaičiavus skersinio profilio formos parametą (A) kiekviename taške, reikia sudaryti skersinio priekrantės profilio naują pusiausvyros profilį (4.1 pav.).

Pusiausvyros profilis sudaromas nuo 0,5 m iki 8,0 m gylio, nes ties $x = 0$ m turime, kad $z \rightarrow \infty$. Fiziškai tai yra neįmanoma, jeigu krantas toje vietoje nėra statmena siena, daugeliu atveju jis yra nedidelio nuolydžio šlaitas.



4.1 pav. Priekrantės skersinis profilis (ištiesinė linija) ir apskaičiuotas pusiausvyros profilis (punktyrinė linija)

Skaičiavimų rezultatus pateikti lentelėse ir atvaizduoti grafiškai.

Klausimai

1. Kodėl smėlėtose priekrantėse retai susiformuoja skersinis pusiausvyros profilis?
2. Ką parodo priekrantės pusiausvyros profilis?
3. Kur praktikoje galima pritaikyti priekrantės skersinio pusiausvyros profilio skaičiavimus?

Atsakymus į klausimus pateikti raštu.

Literatūra

- Dean A. 1976. Beach erosion: causes, processes and remedial measures. *Critical Review in Environmental Control* 6 (3), 259–296.
- Saville T. 1957. *Scale effects in two-dimensional beach studies*. Trans. 7th Meeting Int. Assoc. Hydr. Res., Lisbon.
- Wang H. R., Yang W. C. 1980. *A similarity model in the surf zone*. Proceedings of the 17th Coastal Engineering Conference. Sydney. Proceedings of the 15th Coastal engineering Conference. Hawaii.

5 praktikos darbas

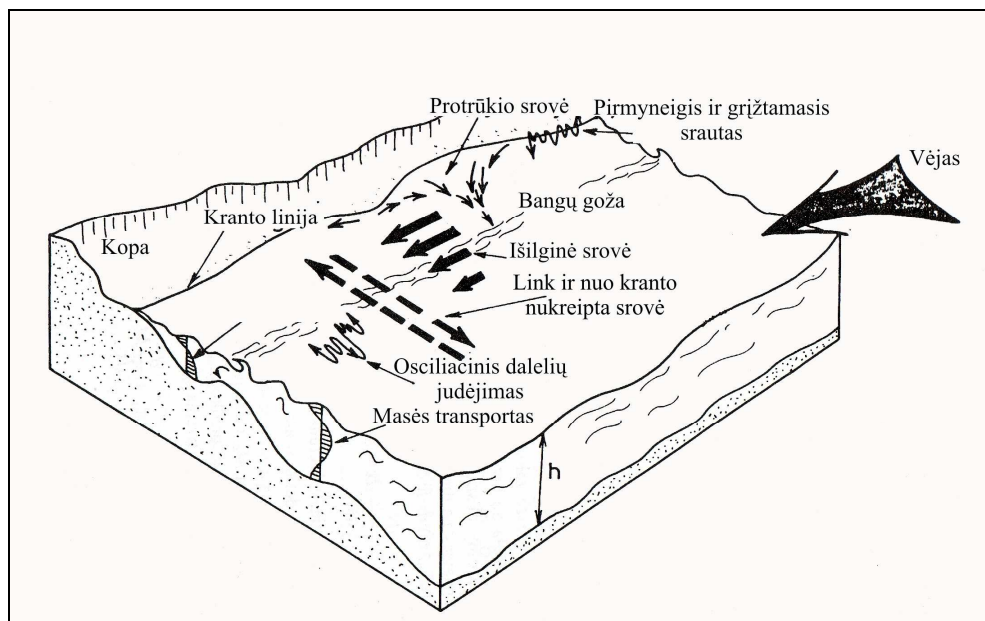
Išilginės srovės skaičiavimai (M. S. Longuet–Higginso metodas)

Terminai

- **Banginė srovė** (wave stream) – srovė, atsirandanti transformuojantis bangų energijai priekrantės zonoje.
- **Bangų pernaša** (mass transport) – vandens masės pernešimas bangų sklaidimo kryptimi.
- **Išilginė srovė** (longshore current) – išilgai kranto plūstanti srovė.
- **Kompensacinė srovė** (backstream) – priešingos krypties srovė, siekianti išlyginti nevienodą vandens masių pasiskirstymą priekrantės zonoje.
- **Plūsmas** (runup) – vandens srautas, periodiškai užliejantis paplūdimį (krantą) ir atslūgstantis. Susidaro bangai sugožus ties kranto linija.
- **Protrūkio** (atplaišinė) srovė (rip-current) – smarkaus bangavimo metu kartkarčiais nuo kranto į jūrą nukrypstanti srovė (Gudelis, 1993).

Išvadas

Mokslinėje literatūroje yra pateikiamos įvairios vandenynų ir jūrų srovių klasifikacijos. Pagal erdvinį dydį ir kilmę vandenynų ir jūrų srovės galima suskirstyti į: okeanines (vėjinės, geostrofinės, gradientinės, kompensacinės potvynių bei atoslūgių, kontūrinės), šelfinių jūrų (vėjinės, termohalinės, kompensacinės) ir priekrantės zonos srovės (išilginės, banginės, kompensacinės, plūsmo (pirmyneigis ir grįžtamasis) srautas, protrūkio, nuotėkio, masės transportas) (5.1 pav.).



5.1 pav. Pagrindinės kranto zonos srovės (Pruszak, 1998)

Pagrindinis veiksnys, sukeliantis priekrantės srovės, yra vėjinis bangavimas, todėl jos susidaro tik apibrėžtoje priekrantėje, kurioje vykstantys procesai gali būti matematiškai apibrėžti: kaip $h < L/2$, čia: h – jūros gylis, L – bangos ilgis. Priekrantės srovės yra kur kas mažesnės ir silpnesnės (nuo kelių metrų iki kilometrų), palyginti su atviro vandenyno ar šelfinių jūrų srovėmis, tačiau jos vaidina svarbų vaidmenį priekrantėje.

Darbo tikslas. Remiantis M. S. Longuet-Higginso (1970) modeliu, apskaičiuoti išilginės srovės skersiniame Pietrytinės Baltijos jūros priekrantės profilyje.

Pradinės bangų gožos zonos hidrodinaminės sąlygos: bangos aukštis $H_z = 1,8$ m, bangos periodas $T = 4$ s, o bangos priėjimo prie kranto kampas $\varphi_z = 10^\circ$.

Sprendimas

1. Taikant Longuet-Higginso modelio (5.1), (5.2) arba (5.3) lygtis, apskaičiuoti išilginės srovės greitį (V_0) bangos lūžimo vietoje.

$$V_0 = \frac{5\pi}{8} \frac{\gamma_z}{f_p} \sqrt{g(h + \zeta)_z} \tan \beta \sin \varphi_z, \quad (5.1)$$

čia: f_p – trinties koeficientas, esant srovei yra lygus $\approx 0,01$, h – jūros gylis, $\tan \beta$ – dugno nuolydis, ζ – banguotos jūros paviršiaus lygis, φ_z – bangos priėjimo prie kranto kampas lūžimo vietoje, γ_z – bangos lūžimo indeksas (kinta nuo 0,5 iki 1,0), kuris yra apskaičiuojamas pagal (5.2) lygtį:

$$\gamma_z = \frac{H_z}{(h + \zeta)_z}. \quad (5.2)$$

Išilginės srovės greitis (V) gožos zonoje ir (V_1) už gožos zonos skaičiuojamas pagal (5.3) ir (5.4) lygtis:

$$V = V_0 B_1 X^{P_1} + AX, \quad (5.3)$$

kai $0 < X < 1$, srovės greitis skaičiuojamas gožos zonoje,

$$V_1 = V_0 B_2 X^{P_2}, \quad (5.4)$$

kai $X > 1$, srovės greitis skaičiuojamas už gožos zonos,

čia $X = x/x_z$ – kranto linijos statmens koordinatė, nukreipta jūros kryptimi, kai x_z – gožos zonos plotis, x – atstumas nuo kranto, kuriame skaičiuojamas srovės greitis. B_1 , B_2 , P_1 , P_2 ir A nariai priklauso nuo parametro P , kuris išreiškiamas kaip:

$$P = \frac{\pi}{2} \frac{\tan \beta G}{\kappa f_p}, \quad (5.5)$$

čia κ – von Karmano konstanta, lygi 0,4.

2. Išilginės srovės skaičiavimams reikalingi koeficientai:

- turbulencijos koeficientas $G = 0,02$,
- trinties koeficientas $f_p \approx 0,01$,
- bangos sulūžimo indeksas $\gamma_z = 0,6$,
- pusiausvyros profilio koeficientas $A^* = 0,084$.

3. Išilginės srovės greitis bangos gožos vietoje (neatsižvelgiant į nuostolius, kurie susiję su greičio kaita) apskaičiuojamas pagal (5.1) lygtį, kai $x_z = 250$ m. Atstumas x_z nustatomas remiantis (4.1 pav.), prieš tai apskaičiavus bangos lūžimo indeksą pagal (5.2) lygtį ir apskaičiavus h_z . Atsižvelgiant į tai, kad $\gamma_z = H_z/h_z$, tai $h_z = H_z/\gamma_z$. Atidėję h_z reikšmę pusiausvyros profilyje, nustatome, kad jūros gylis h_z nuo kranto yra nutolęs atstumu $x_z = 250$ m. Pusiausvyros profilis yra apskaičiuojamas pagal (4.1) lygtį:

$$y = A^* x^{2/3} = 0,084 x^{2/3}.$$

Pusiausvyros profilio išskaičiavimai atliekami, remiantis **4 praktikos darbo aprašymu**.

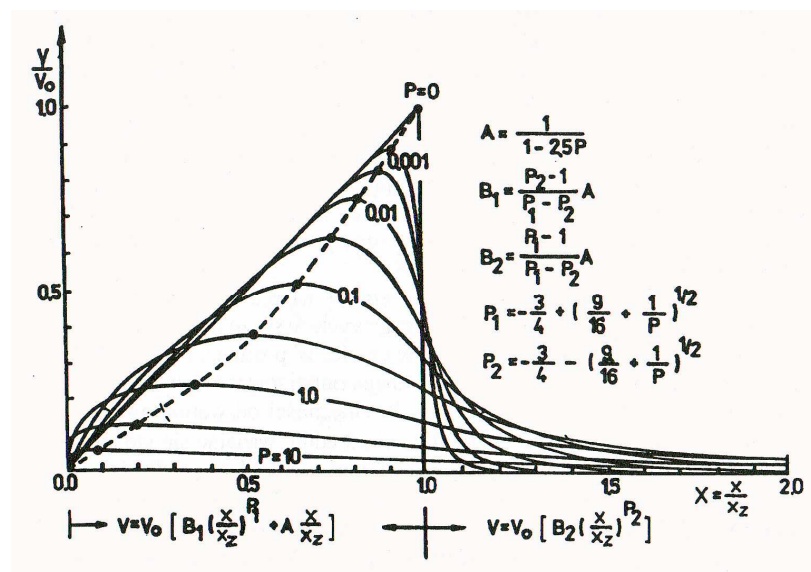
4. Vidutinis jūros dugno nuolydis gožos zonoje, t. y. nuo kranto linijos iki pirmos bangos sulūžimo vietos x_z , apskaičiuojamas pagal lygtį:

$$\tan \beta \approx h_z / x_z, \quad (5.6)$$

tada pagal (5.1) lygtį apskaičiuojamas V_0 .

5. Taikant (5.3) lygtį ir atsižvelgiant į išilginės srovės turbulenciją, apskaičiuojamas (P) parametras.

6. Taikant (5.2) lygtį, apskaičiuojamas išilginės srovės greitis skersiniame priekrantės profilyje.



5.2 pav. Išilginės srovės greitis remiantis radialinių įtampų koncepcija pagal Longuet-Higginsą (1970)

6.1. Apskaičiuojami B_1 , B_2 , P_1 , P_2 ir A (Longuet-Higginso parametrai 5.2 pav.) parametrai, kai:

$$A = \frac{1}{1 - 2,5P}, \quad (5.7)$$

$$B_1 = \frac{P_2 - 1}{P_1 - P_2} A, \quad (5.8)$$

$$B_2 = \frac{P_1 - 1}{P_1 - P_2} A, \quad (5.9)$$

$$P_1 = -\frac{3}{4} + \left(\frac{9}{16} + \frac{1}{P} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (5.10)$$

$$P_2 = -\frac{3}{4} - \left(\frac{9}{16} + \frac{1}{P} \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (5.11)$$

6.2. Naudojant anksčiau apskaičiuotus parametrus ir taikant (5.2) lygtį, esant apibrėžtomis hidrodinaminėms sąlygoms, išilginės srovės greitis apskaičiuojamas pagal dvi sąlygas gožos zonoje ir už gožos zonos.

Klausimai

1. Kokie dar yra išilginių srovių skaičiavimo metodai?
2. Kokį vaidmenį vaidina priekrantės srovės kranto zonoje?
3. Kokia kryptimi teka išilginės srovės Baltijos jūros priekrantėje palei Kuršių neriją, kai pučia pietvakarių krypties vėjas?
4. Kokios srovės priekrantėje pasiekia didžiausią greitį?
5. Kodėl išilginių srovių greitis atskirai skaičiuojamas gožos zonoje ir už gožos zonos?

Atsakymus į klausimus pateikti raštu.

Literatūra

Pruszek Z. 1998. *Dynamika brzegu i dna morskiego*. Gdansk. IBWPAN.

Longuet-Higgins M. S. 1970. Longshore currents generated by obliquely incident sea waves. Part 1 and 2. *Journal Geophysical Research* 75.

6 praktikos darbas

Kranto zonos papildymas sąnašomis ir jų parinkimo metodika

Terminai

- **Paplūdimys** (*beach*) – kranto dalis, formuojama ir veikiama plūsmo srauto bei eolinių procesų (Gudelis, 1993).
- **Paplūdimio rekultivacija** (*reconstruction*) – grąžinimas sunykusiems paplūdimiams jų ankstesnę būklę.
- **Paplūdimio pamaitinimas** (*beach nourishment, beach replenishment*) – procesas, kurio metu dėl erozijos prarastos sąnašos (dažniausiai smėlis) pakeičiamos kitomis sąnašomis iš kitų vietų (karjerų, jūros priekrantės ir t. t.).

Įvadas

Paplūdimių smėlio išplovimo procesą sąlygoja šios pagrindinės priežastys: 1) pernelyg didelis birios frakcijos (smėlio) smulkėjimas (iki aleurito, pelito) ir jos išnešimas iš paplūdimio į jūros gilumą; 2) sąnašų maitinimo šaltinių sumažėjimas priekrantės povandeniniame šlaite; 3) vandens lygio kilimas Pasauliniame vandenyne; 4) intensyvi antropogeninė invazija.

Kranto zonos rekultivacija, grindžiama sąnašų kiekybiniu reguliavimu priekrantėje ir krante, laikoma moderniausia, efektyviausia ir ekologiškiausia priemone, kuri šiuo metu plačiai taikoma krantams apsaugoti visame pasaulyje (Žilinskas ir kt., 2008). Pirmieji paplūdimio sąnašų papildymo darbai Lietuvoje buvo atlikti 1991 m. šiauriau nuo Palangos, ties Kunigiškiais, o priekrantės rekultivacijos darbai buvo atlikti praėjus 10 metų II Melnragės–Girulių ruože (Žilinskas ir kt., 2003; 2010). Pažymėtina, kad kranto zonos rekultivacijai pasaulinėje praktikoje dažniausiai naudojamas jūroje iškastas smėlis. Prieš papildant kranto zonos sąnašas reikia atsižvelgti į kranto zonoje esamų (vietinių) sąnašų granulimetrines charakteristikas (dalelių vidurkis, mediana, rūšiutumas). Tačiau, kaip rodo pasaulinė praktika, vien tik šių rodiklių nepakanka (Žilinskas ir kt., 2008), kadangi retai kada atvežtinio smėlio sudėtis idealiai sutampa su esamo pylimo vietoje smėlio granulimetrine sudėtimi.

Pagal amerikiečių mokslininkų parengtas rekomendacijas (SPM, 1984), prieš atliekant kranto zonos rekultivaciją, būtina įvertinti atvežtinio smėlio tinkamumą. Remiantis J. R. Jameso kriterijais (R_A ir R_J), galima tiksliau įvertinti atvežtinio smėlio tinkamumą ir ekonomišką panaudojimą (James, 1975).

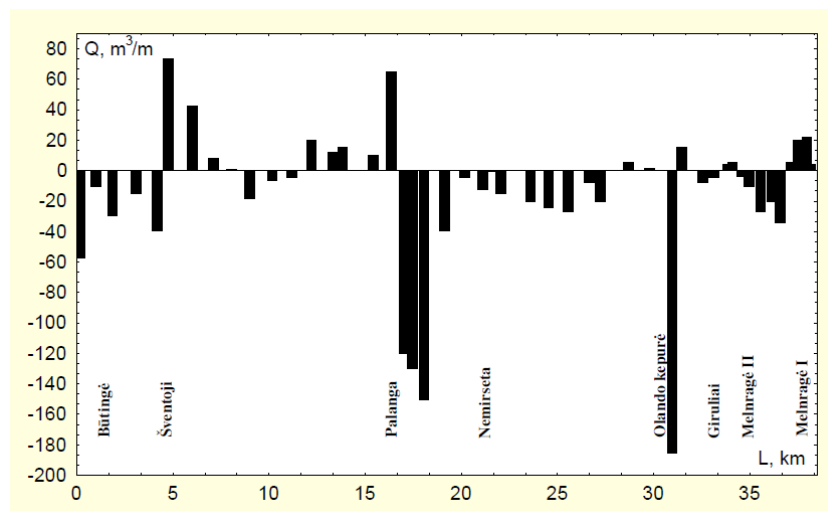
- R_A – papildymo kriterijus, parodantis pildomos medžiagos kiekį (m^3), reikalingą sukurti $1 m^3$ paplūdimio, kai medžiaga turės granulimetrines charakteristikas, artimas vietinės medžiagos granulimetrinėms charakteristikoms (6.3 pav.).

- R_J – kriterijus, parodantis pakartotinį sąnašų papildymą (6.4 pav.).

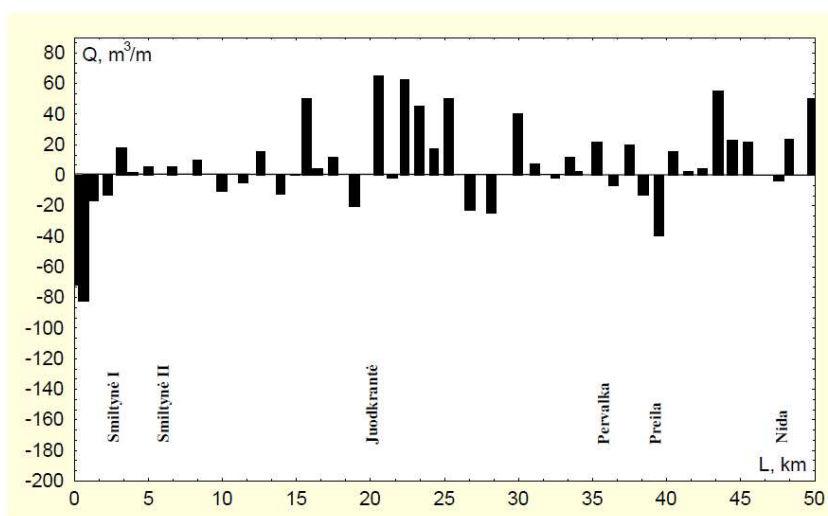
Pažymėtina, kad pastaruoju metu pagrindiniu faktoriumi dažniau yra laikomas R_A . Remiantis pasauline praktika (plačiai taikoma nuo 9-ojo dešimtmečio pradžios) patvirtintomis rekomendacijomis (SPM, 1984), smėlis yra tinkamas naudoti kranto rekultivacijos darbams, jei atvežtinio ir vietinio smėlio R_A yra 1,00–1,05, o R_J – apie 0,2.

Darbo tikslas. Atsižvelgiant į Baltijos jūros Lietuvos kranto zonos sąnašų biudžeto pasiskirstymą (6.1 ir 6.2 pav.), nustatyti kranto zonos papildymo vietas ir nustatyti tinkamumą smėlio, iškasto iš Klaipėdos uosto išorinio įplaukos kanalo (6.1 lentelė), Baltijos jūros dugno ties Juodkrante (6.2 lentelė) ir Kunigiškių karjero (6.3 lentelė).

Duomenys. „Baltijos jūros Lietuvos krantų geologinis atlasas“, kompiuterių programa „GRADISTAT v.4.0“.



6.1 pav. Sąnašų kiekio (Q , m^3/m) kaita kranto atkarpoje tarp valstybės sienos su Latvija ir Klaipėdos 1993–2003 m. (Baltijos..., 2004)



6.2 pav. Smėlio kiekio (Q , m^3/m) kaita Kuršių nerijos krante 1993–2003 m. (Baltijos..., 2004)

Uždaviniai

1. Remiantis Baltijos jūros kranto zonos sąnašų biudžeto kreivėmis, nustatyti kranto zonos papildymo vietas.
2. Nustatytyse vietose iš „Baltijos jūros Lietuvos krantų geologinio atlaso“ išsirinkti priekrantės ir paplūdimio paviršiaus granulimetrinės analizės duomenis.
3. Naudojant kompiuterių programą „GRADISTAT v.4.0“ apskaičiuoti vietinio ir atvežtinio smėlio M_ϕ (medianinis smėlio dalelių skersmuo ϕ skalėje) ir σ_ϕ (rūšiutumo koeficientas ϕ skalėje).
4. Apskaičiuoti R_A ir R_J kriterijus.

6.1 lentelė. Klaipėdos uosto išorinio įplaukos kanalo dugno nuosėdų granulimetrinė sudėtis (%) (Žilinskas ir kt., 2010)

Pavyzdžio Nr.	Frakcijos, mm					
	> 1,000	1,000–0,500	0,500–0,250	0,250–0,100	0,100–0,063	< 0,063
1	0,61	2,90	10,61	77,14	7,92	0,82
2	1,37	1,96	6,57	82,62	6,66	0,82
3	0,47	0,76	5,82	87,84	4,42	0,69
4	0,30	4,77	35,12	57,64	1,58	0,59
5	0,20	0,36	14,98	81,12	2,42	0,92
6	0,28	0,57	10,53	81,70	4,73	2,19
7	-	0,30	9,30	18,85	29,40	42,15
8	0,10	2,40	15,84	31,71	20,30	29,65
9	-	0,20	8,40	11,67	31,50	48,23

6.2 lentelė. Kunigiškių karjero smėlio granulimetrinė sudėtis (%) (Žilinskas ir kt., 2008)

Pavyzdžio Nr.	Frakcijos, mm									
	> 1,600	1,600–1,000	1,000–0,630	0,630–0,400	0,400–0,315	0,315–0,200	0,200–0,160	0,160–0,100	0,100–0,063	0,063–0,050
1	13,5	2,75	3,22	6,92	10,5	38,96	16,05	7,00	0,73	0,12

6.3 lentelė. Baltijos jūros ties Juodkrante dugno nuosėdų granulimetrinė sudėtis (%)

Pavyzdžio Nr.	Frakcijos, mm										
	> 1,600	1,600–1,000	1,000–0,630	0,630–0,400	0,400–0,315	0,315–0,200	0,200–0,160	0,160–0,100	0,100–0,063	0,063–0,050	< 0,050
1	0,14	2,61	14,60	18,70	19,51	32,97	8,87	2,45	0,14	0,01	0,00
2	0,08	2,06	14,39	17,91	20,98	33,71	8,53	2,13	0,14	0,04	0,03
3	0,09	2,18	12,25	17,57	18,40	35,25	10,49	3,54	0,20	0,01	0,02

Darbo eiga

1. Nustatyti Baltijos jūros kranto zonos papildymo vietas (6.1 ir 6.2 pav.).

2. Apskaičiuoti vietinio ir atvežtinio smėlio M_ϕ – medianą, kuri yra skaičiuojama pagal Folko ir Wardo (1957) lygtį:

$$M_\phi = (\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84})/3. \quad (6.1)$$

Apskaičiuoti σ_ϕ – rūšiutumo koeficientą – pagal D. L. Inmano (1952) lygtį:

$$\sigma_\phi = (\phi_{84} - \phi_{16})/2, \quad (6.2)$$

čia: ϕ_{16} – 16 procentilis ϕ skalėje, ϕ_{50} – 50 procentilis ϕ skalėje, ϕ_{84} – 84 procentilis ϕ skalėje.

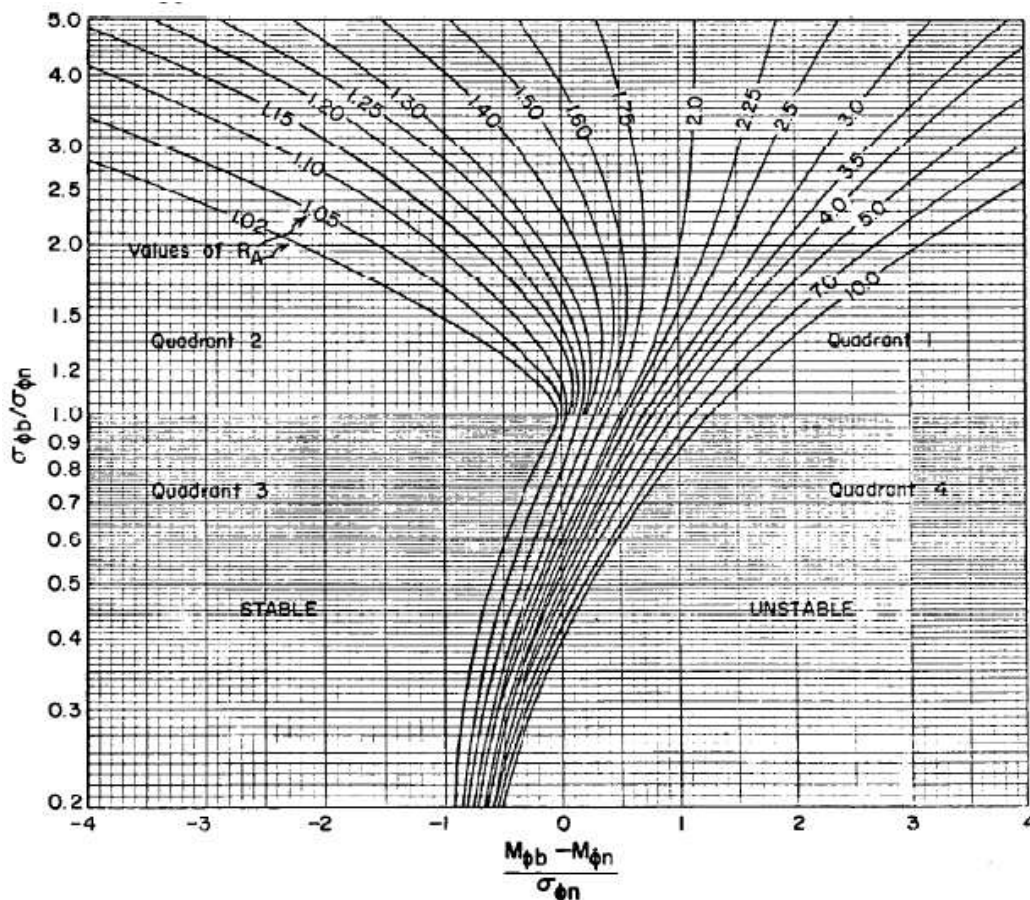
3. Nustatyti kriterijus R_A ir R_J , kurie surandami remiantis grafikais (6.3 ir 6.4 pav.). Norint nustatyti R_A ir R_J kriterijus, reikia apskaičiuoti santykį tarp:

$$\frac{\sigma_\phi b}{\sigma_\phi n} \quad \text{ir} \quad (6.3)$$

$$\frac{M_\phi b - M_\phi n}{\sigma_\phi n}, \quad (6.4)$$

čia: b indeksas žymi atvežtinį smėlį, n – vietinį smėlį.

4. Gautas reikšmes pažymėti grafike (6.3 ir 6.4 pav.), kur susikirtimo taškas parodys R_A ir R_J kriterijus.

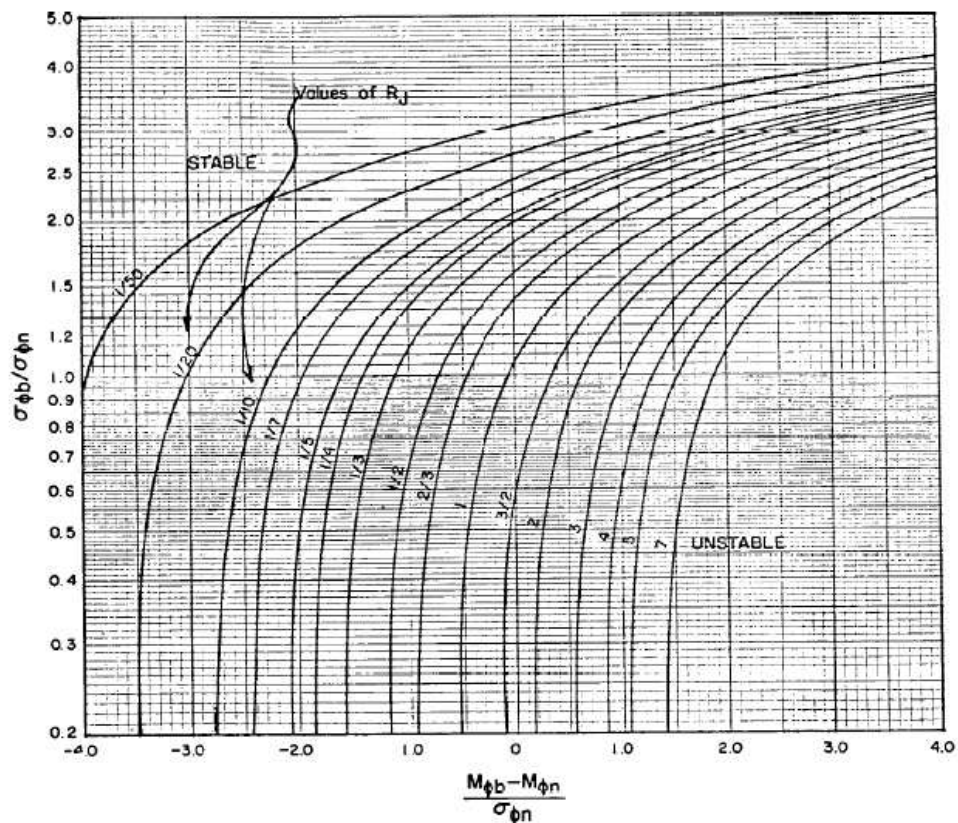


6.3 pav. R_A – kriterijaus verčių izolinijos (SPM, 1984)

5. Siekiant nustatyti erozijos tempus bei kiek kartų ir kaip dažnai reikės kartoti išpylimą, reikia įvertinti smėlio grūdelių dydžio įtaką erozijos tempams. Todėl reikia apskaičiuoti R_J kriterijų pagal (6.5) lygtį:

$$R_J = e^{\left[\Delta \left(\frac{M_{\phi b} - M_{\phi n}}{\sigma_{\phi n}} \right) - \frac{\Delta^2}{2} \left(\frac{\sigma_{\phi b}^2}{\sigma_{\phi n}^2} - 1 \right) \right]}, \quad (6.5)$$

čia Δ – filtracijos koeficientas. J. R. Jameso praktiniais tikslais filtracijos koeficientą siūlo prilyginti 1.



6.4 pav. R_J – kriterijaus verčių izolinijos (SPM, 1984)

6. Remiantis gautais tyrimų rezultatais ir naudojantis 6.4 lentele, paaiškinti gautus duomenis.

6.4 lentelė. Ryšiai tarp vietinio ir atvežtinio smėlio medianos ir rūšiuotumo (ϕ skalėje) (SPM, 1984)

Kategorija		Ryšys tarp medianos	Ryšys tarp rūšiuotumo koeficiento
Pavyzdys	Kvadrato numeris 6.1 pav.		
I	1	$M_{\phi b} > M_{\phi n}$, atvežtinis smėlis yra smulkesnis nei vietinis smėlis	$\sigma_{\phi b} > \sigma_{\phi n}$, atvežtinis smėlis yra blogiau rūšiuotas nei vietinis smėlis
II	2	$M_{\phi b} < M_{\phi n}$, atvežtinis smėlis yra stambesnis nei vietinis smėlis	
III	3	$M_{\phi b} < M_{\phi n}$, atvežtinis smėlis yra stambesnis nei vietinis smėlis	$\sigma_{\phi b} < \sigma_{\phi n}$, atvežtinis smėlis yra geriau rūšiuotas nei vietinis smėlis
IV	4	$M_{\phi b} > M_{\phi n}$, atvežtinis smėlis yra smulkesnis nei vietinis smėlis	

Klausimai

1. Kuris iš pateiktų atvežtinio smėlio pavyzdžių yra tinkamiausias kranto zonai pamaitinti?
2. Kodėl parenkant smėlį kranto zonos rekultivacijai nepakanka vien tik standartinių smėlio granulimetrinių charakteristikų?
3. Kokį smėlį yra geriau naudoti išpylimui – stambesnį ar smulkesnį? Kodėl?
4. Kodėl paplūdimių rekultivacija atvežtiniu smėliu yra geresnis sprendimas negu bangolaužių ar būnų lauko įrengimas?
5. Kokie yra kranto zonos papildymo sąnašomis būdai?

Atsakymus į klausimus pateikti raštu.

Literatūra

- Inman D. L. 1952. Measures for Describing the Size Distribution of Sediments. *Journal of Sedimentary Petrology* 22 (3), 125–145.
- James J. R. 1975. *Techniques in evaluating suitability of borrow material for beach nourishment*. Technical memorandum No. 60, Coastal Engineering Research Center, U.S. Vicksburg.
- Žilinskas G., Jarmalavičius D., Pupienis D. 2008. Paplūdimio sąnašų papildymo Palangos rekreacinėje zonoje poveikis kranto būklei. *Annales Geographicae* 41(1–2), 50–66.
- Žilinskas G., Jarmalavičius D., Pupienis D. 2003. Jūros priekrantės sąnašų papildymo poveikis kranto būklei. *Geografijos metraštis* 36 (1), 89–100.
- Žilinskas G., Pupienis D., Jarmalavičius D. 2010. Possibilities of regeneration of palanga coastal zone. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 18 (2), 92–101.

7 praktikos darbas

Kranto morfometrinių rodiklių analizė

Terminai

- **Apsauginis paplūdimio kopagūbris** (*foredune*) – išilgai jūros kranto, už paplūdimio dirbtinai suformuotas kopagūbris. Natūraliai susidarę kopagūbrio ruožai vadinami paplūdimio arba kranto kopagūbriais.
- **Berma** (*berm*) – lygi įjūrinė paplūdimio paviršiaus dalis, pasibaigianti pakopa arba šlaitu. Paplūdimio terasa.
- **Įkrantė** (*inshore*) – jūros priekrantės dalis, apimanti visą gožų ir bėgbangių ruožą.
- **Jūros krantas** (*sea shore, coast*) – su jūra kontaktuojanti sausumos dalis: paplūdimys arba abrazinė platforma.
- **Jūros pakrantė** (*coastal zone*) – pajūrio ruožas nuo poledynmetės globalinės transgresijos maksimalaus išplitimo ribos iki dabartinės kranto zonos.
- **Jūros priekrantė** (*nearshore*) – įjūrio ruožas nuo kranto linijos iki ribos, kur bangos ir srovės dar veikia jūros dugną.
- **Klifas** (*cliff*) – status jūros krantas.
- **Kopagūbris** (*dune ridge*) – didelis ir ištiesęs supustyto smėlio gūbrys.
- **Kranto zona** (*coastal zone*) – jūros ir sausumos sąlyčio zona. Ją sudaro viršvandeninė dalis, t. y. paplūdimys (su kopomis arba be jų) arba klifas, ir povandeninė dalis – kranto povandeninis šlaitas. Ją formuoja krantiniai procesai – banginiai ir nebanginiai (Gudelis, 1993).

Įvadas

Kranto morfometriniai rodikliai yra tarpusavyje susiję ir sudaro vieningą sistemą, todėl pakitus bent vienam iš jų (paplūdimio plotis, aukštis) kinta ir likusieji (apsauginio paplūdimio kopagūbrio (APK) aukštis ir plotis). Kranto morfometrinių rodiklių analizė leidžia stebėti ir prognozuoti kranto būklę, taip pat sudaro prielaidas spręsti apie hidrodinامينius, litodinامينius ir eolinius procesus.

Kranto (paplūdimio, apsauginio paplūdimio kopagūbrio, kopos (KP) ir klifo (K) morfometriniai rodikliai (paplūdimio plotis, paplūdimio bei kopagūbrio aukštis ir jų nuolydis, taip pat paplūdimio gaubtumas) leidžia apibūdinti kranto morfometrijos ypatumus (Žilinskas ir kt., 2001).

Apsauginis paplūdimio kopagūbris su paplūdimiu atlieka krantosauginę funkciją, t. y. saugo nuo bangų puolimo. Apsauginiame paplūdimio kopagūbryje susikaupęs smėlis labai

reikalingas, kad atsistatytų paplūdimiai, netenkantys sąnašų per stiprias audras (Jarmalavičius ir kt., 2003).

Šiame darbe analizuojami kranto zonos morfometriniai rodikliai, taikant naujausius distancinius tyrimų 2010 m. kranto zonos LIDAR (*Light Detection And Ranging, LADAR*) duomenis ir geografinės informacinės sistemas.

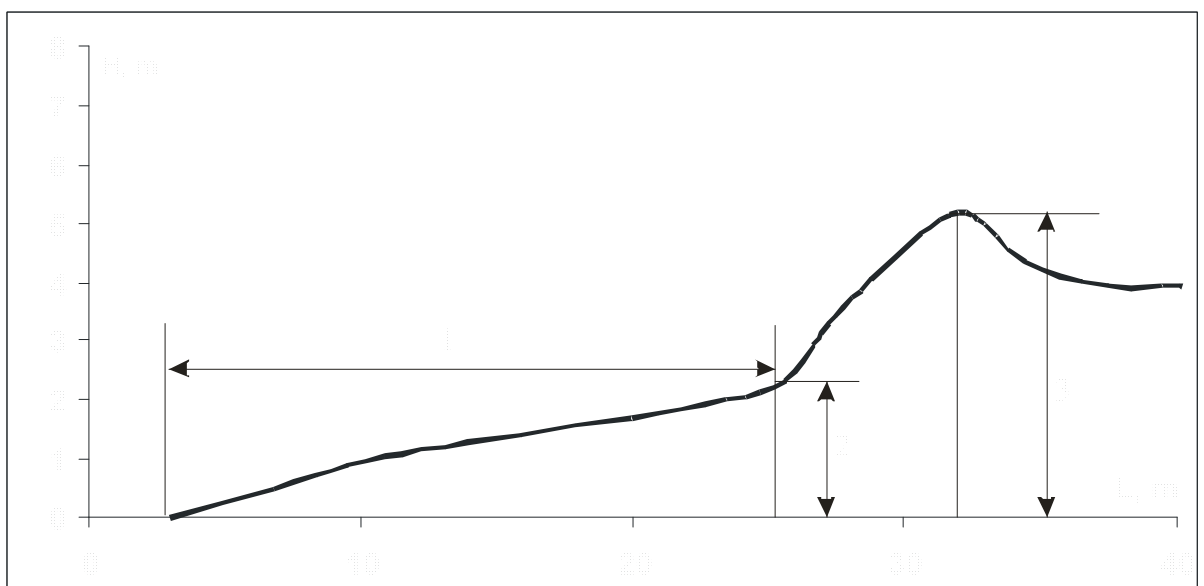
Darbo tikslas. Išanalizuoti kranto zonos morfometrinių rodiklių kaitą ir jų tarpusavio ryšius.

Duomenys. Nacionalinės žemės tarnybos georeferencinių duomenų bazė *sezp_05*.

Darbo eiga. Kiekvienam studentui skiriamas kranto zonos ruožas. Iš georeferencinių duomenų bazės, kuri yra pateikiama tekstiniu (*.txt) formatu, studentas įsikėlęs duomenis į „ArcMap“ programą ir naudodamas „3D Analyst“ plėtinį, susikuria skaitmeninį reljefo modelį (DEM – *digital elevation model*) LKS-94 koordinatų sistemoje. Skaitmeninis reljefo modeliui sukurti naudojame „Spline“ interpoliavimo metodą. Susikūrus DEM konkrečiose vietose, kurias nurodo dėstytojas, yra išbraižomi skersiniai kranto zonos profiliai. Remiantis skersiniais kranto zonos profiliais yra nustatomi ir apskaičiuojami šie morfometriniai rodikliai.

Uždaviniai

1. Nustatyti paplūdimio plotį (L), kuris matuojamas nuo dinaminės kranto linijos iki APK papėdės.
2. Nustatyti paplūdimio aukštį (H) tarp vidutinio jūros vandens lygio horizonto ir paplūdimio paviršiaus ties APK papėde.



7. 1 pav. Kranto skersinis profilis: 1 – paplūdimio plotis, 2 – paplūdimio aukštis, 3 – APK, KK, K santykinis aukštis

3. Apskaičiuoti paplūdimio formą (gaubtumą). Šis rodiklis skaičiuojamas kaip santykis tarp skersinio paplūdimio realaus ploto (S_r) ir apskaičiuoto (remiantis paplūdimio ilgiu ir aukščiu)

trikampio ploto (S_a): $I = S_r / S_a$. Kai $I \approx 1$, priekrantės profilis artimas tiesiam, kai $I > 1$ – išgaubtas, kai $I < 1$ – įgaubtas.

4. Apskaičiuoti paplūdimio nuolydį $\tan \beta = H/L$, čia: H – paplūdimio aukštis, L – paplūdimio plotis. Taip pat reikia apskaičiuoti apsauginio paplūdimio kopagūbrio, kranto kopų ir klifo vakarinio šlaito nuolydžius.

5. Apsauginio paplūdimio kopagūbrio (APK), kranto kopų (KK) ir klifo (K) santykinis aukštis H_s (matuojamas nuo vidutinio jūros vandens lygio horizonto iki aukščiausio profilio taško).

6. Sudaryti koreliacinę matricą ir nubraižyti ryšio grafikus. Rezultatus surašyti į 7.1 lentelę.

7.1 lentelė. Kranto zonos morfometriniai rodikliai

Profilio Nr.	Paplūdimio plotis, (L, m)	Paplūdimio aukštis, (h, m)	Paplūdimio nuolydis, $\tan \beta$	Paplūdimio profilio forma, I	APK, KK, K santykinis aukštis, (H_s, m)	APK vakarinio šlaito nuolydis
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

Rezultatus pateikti lentelėse ir atvaizduoti grafiškai.

Klausimai

1. Kas lemia kranto zonos morfometrinių rodiklių įvairovę?
2. Nuo ko priklauso apsauginio paplūdimio kopagūbrio aukštis?
3. Kurie iš išmatuotų ir apskaičiuotų rodiklių turi geriausius tarpusavio ryšius?
4. Kurioje Lietuvos pajūrio vietoje yra plačiausi ir siauriausi paplūdimiai?
5. Kokias krantosaugines funkcijas kranto zonoje atlieka paplūdimys ir apsauginis paplūdimio kopagūbris?

Atsakymus į klausimus pateikti raštu.

Literatūra

Žilinskas G., Jarmalavičius D., Minkevičius V. 2001. *Eoliniai procesai jūros krante*. Vilnius. 283.
Jarmalavičius D., Pupienis D., Žilinskas G., Janukonis. Z. 2003. Kuršių nerijos paplūdimio apsauginio kopagūbrio dinamikos tendencijos. *Geografija* 39 (1), 5–9.

8 praktikos darbas

Vėjo greičio transformacijos skersiniame kranto profilyje analizė ir smėlio pernašos skaičiavimai

Terminai

- **Defliacija** (*blowout, deflation, wind erosion*) – vėjo išpustomasis, nupostomasis ir perpustomasis darbas.
- **Defliacinės formos** (*blowout forms*) – eolinės formos, susidariusios dėl išpustymo.
- **Eolodinamika** (*eolian processes*) – visuma procesų, susijusių su vėjo ir paklotinio paviršiaus sąveika, t. y. vėjo defliacine-korazine, transportine bei akumuliacine veikla (Gudelis, 1993).

Įvadas

Vėjas atlieka svarbų vaidmenį, nuo kurio priklauso kranto reljefo formų (apsauginio paplūdimio kopagūbrio, kranto kopų) atsiradimas, vystymasis ar sunykimas (Bagnold, 1941; Shou, 1952; Jennings, 1957; Žilinskas ir kt., 2001). Vėjas vaidina ne tik kūrėjo, bet ir naikintojo vaidmenį krante. Apsauginio paplūdimio kopagūbrio ar kranto kopų nykimas vyksta, kai vėjas išpusto iš griovų, duburių, lomų, daubų ir kitų defliacinių formų nemažai smėlio, kuris yra pernešamas į palvę. Taip apsauginis paplūdimio kopagūbris yra ardomas ir suskaidomas (Žilinskas ir kt., 2001).

R. P. Bourmanas nustatė, kad vėjas perneša smėlio daleles, kai jo greitis viršija 5 m/s 1 m aukštyje nuo žemės paviršiaus (Bourman, 1986), taigi 10 m aukštyje (standartinis matavimo aukštis meteorologinėse aikštelėse) vėjo greitis turėtų siekti 6,5 m/s. Šiuo metu yra nustatyta, kad kai vėjas pučia 6–13 m/s greičiu, apsauginiame paplūdimio kopagūbryje vyksta akumuliacija, o kai pučia stipresni vėjai 14 ir daugiau m/s greičiu, prasideda defliacija (Žilinskas ir kt., 2001).

Atsižvelgiant į anksčiau mokslininkų nustatytus dėsningumus, šiame darbe analizuojama vėjo greičio transformacija skirtinguose skersiniuose kranto profiliuose (8.1 pav.), remiantis D. Jarmalavičiaus Baltijos pajūryje atliktais natūriniais matavimais.

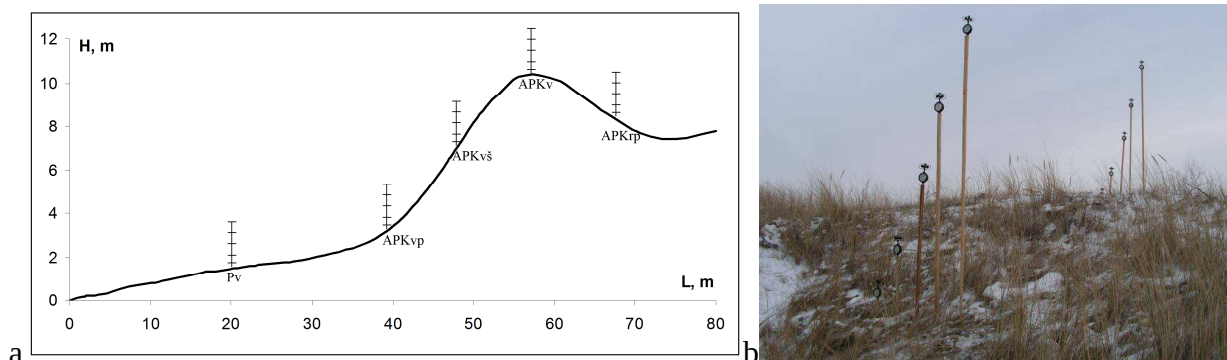
Darbo tikslas. Išanalizuoti vėjo greičio transformaciją skersiniuose kranto profiliuose ir apskaičiuoti smėlio pernašą skirtingose profilio vietose.

Uždaviniai

1. Nusibraižyti skersinius kranto profilius.
2. Matavimo taškuose sudaryti vėjo greičio pasiskirstymo vertikalėje grafikus (epiūras).
3. Įvertinti vėjo greičio dinamiką skersai kranto.
4. Apskaičiuoti dinaminį vėjo greitį (U_*).

5. Apskaičiuoti pernešamo smėlio kiekį (Q_a).

Duomenys ir priemonės. Vėjo greičio transformacijos tyrimai jūros krante buvo vykdomi 25 rankiniais anemometrais MC-13, stacionariai pritvirtintais prie stovų ir išdėstytais penkiose vietose (11.1 pav.). Pasirinktose vietose vėjo greitis buvo sinchroniškai matuojamas 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; ir 2,0 m aukštyje (Žilinskas ir kt., 2001).



8. 1 pav. Vėjo greičio matavimo vietų schema (a) ir prietaisų išdėstymas (b): paplūdimio vidurys (P_v), apsauginio paplūdimio kopagūbrio vakarinė papėdė (APK_{vp}), apsauginio paplūdimio kopagūbrio vakarinis šlaitas ($APK_{vš}$), apsauginio paplūdimio kopagūbrio viršūnė (APK_v) ir apsauginio paplūdimio kopagūbrio rytinė papėdė (APK_{rp})

Darbo eiga

1. Pirmiausia nubraižomi skersiniai kranto profiliai (8.1 lentelė). Rezultatus pateikti grafiškai.

8.1 lentelė. Skersinių kranto profilių duomenys

Profilis								
	Nemirseta		Melnragė		Smiltynė		Nida	
Nr.	L, m	H, m	L, m	H, m	L, m	H, m	L, m	H, m
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00
2	5,14	0,54	1,20	0,14	2,86	0,01	1,54	0,15
3	9,51	0,99	3,01	0,31	4,37	0,08	2,64	0,21
4	15,78	1,13	5,09	0,54	5,64	0,10	4,54	0,34
5	18,42	1,18	7,33	0,78	7,71	0,17	6,32	0,53
6	21,52	1,22	8,17	0,87	9,85	0,21	8,30	0,67
7	25,34	1,31	8,89	0,95	11,48	0,28	10,10	0,78
8	28,44	1,36	9,58	0,98	15,60	0,36	11,12	0,87
9	31,74	1,36	10,65	1,04	17,21	0,35	16,21	1,26
10	34,89	1,40	11,67	1,13	19,42	0,39	18,00	1,33
11	36,30	1,40	12,84	1,23	22,05	0,39	19,73	1,45
12	38,21	1,31	13,93	1,29	24,31	0,41	22,21	1,58
13	40,72	1,27	15,23	1,38	26,65	0,46	27,71	1,83
14	42,81	1,22	16,62	1,46	29,05	0,51	30,68	2,03
15	45,64	1,18	17,80	1,55	31,13	0,62	33,30	2,26
16	48,03	1,13	19,98	1,68	33,35	0,79	36,92	2,67
17	49,48	1,31	21,70	1,76	35,46	1,02	40,25	3,45
18	52,22	1,49	23,43	1,84	37,43	1,29	41,81	4,01
19	55,27	1,95	25,07	1,89	40,16	1,80	43,57	4,72
20	57,91	2,59	26,25	1,95	42,59	2,37	46,49	6,22

8.1 lentelės tęsinys								
21	60,87	3,41	29,04	2,00	44,49	2,91	47,41	6,71
22	64,06	4,50	30,60	1,98	46,56	3,55	50,00	8,15
23	66,87	5,26	31,89	2,01	47,88	4,00	51,50	8,90
24	68,80	5,50	32,90	2,02	49,85	4,64	54,80	10,11
25	71,30	5,32	34,38	2,01	51,74	5,30	56,23	10,35
26	73,81	5,05	36,67	2,10	52,69	5,63	58,37	10,36
27	76,22	4,59	38,31	2,18	55,45	6,49	60,72	10,07
28	78,73	4,18	39,87	2,39	57,58	7,10	63,55	9,36
29	80,32	4,05	41,34	2,64	60,36	7,71	66,53	8,56
30	84,15	4,00	42,53	2,86	62,19	8,00	68,85	8,03
31	86,97	4,18	43,61	3,11	65,27	8,26	70,60	7,67
32			44,26	3,27	68,11	8,20	73,46	7,42
33			45,42	3,59	71,06	8,01	76,39	7,45
34			46,92	3,96	73,76	7,93	79,97	7,77
35			48,51	4,41	76,16	8,02		
36			50,02	4,74	78,60	8,37		
37			51,54	5,07	79,89	8,61		
38			51,96	5,12	83,09	9,37		
39			52,72	5,24	85,14	9,95		
40			54,35	5,37	88,07	10,70		
41			55,93	5,42	89,90	11,18		
42			57,45	5,43	91,60	11,57		
43			59,14	5,35	95,23	12,28		
44			60,64	5,23	97,54	12,69		
45			62,83	5,02	102,74	13,38		
46			64,94	4,79	104,85	13,60		
47			66,74	4,55	107,38	13,68		
48			68,01	4,43	109,99	13,69		
49			69,14	4,30	113,71	13,26		
50			71,88	4,07	114,90	13,08		
51			74,09	3,91	115,83	12,91		
52			75,56	3,85	117,84	12,54		
53			76,88	3,78	120,20	12,15		
54			78,24	3,73	121,36	11,97		
55			79,39	3,71	122,65	11,78		
56			79,98	3,68	124,32	11,59		
57					126,59	11,35		
58					128,41	11,16		
59					129,99	10,96		

2. Sudaromos vėjo greičio pasiskirstymo epiūros (8.2 lentelė). Siekiant nustatyti vėjo greitį nuliniame aukštyje (z_0), epiūras reikia sudaryti logaritminėje aukščių skalėje, greitį pratęsiant iki nulio. Mokslinėje literatūroje aukštis (z_0) paprastai yra įvardinamas kaip šiurkštumo rodiklis. Rezultatus pateikti grafiškai.

3. Nubraižyti vėjo greičio transformaciją skersiniame kranto profilyje. Analizės patogumui siūloma braižyti kiekvieno skersinio kranto profilio priežemio vėjo izotachas. Vėjo izotachos braižomos naudojantis ne absoliučiomis vėjo greičio reikšmėmis, bet apskaičiuojant jų procentinę išraišką. 100 % izotacha atitinka vėjo greitį paplūdimio viduryje 2 m aukštyje (8.1 pav.). Rezultatus pateikti grafiškai.

4. Duotuose skersinio profilio taškuose apskaičiuoti dinaminį vėjo greitį (U_*), remiantis J. N. Svaseko ir J. H. J. Terwindto (1974) (8.1) lygtimi:

$$U_* = \frac{\Delta U}{5,75}. \quad (8.1)$$

8.2 lentelė. Vėjo greičio duomenys skersiniame profilyje

Nemirseta		Matavimo aukštis (m)				
Taškas	Atstumas, m	0,2	0,5	1,0	1,5	2,0
P_v	8	4,38	4,82	4,91	4,98	5,43
APK_{vp}	33	3,76	4,08	4,42	4,68	4,06
$APK_{vš}$	53	0,72	1,34	2,45	3,19	3,67
APK_v	58	2,08	3,67	4,35	4,63	4,80
APK_{rp}	83	0,96	1,70	1,80	1,66	1,93
Melnragė		Matavimo aukštis (m)				
Taškas	Atstumas, m	0,2	0,5	1,0	1,5	2,0
P_v	8	2,10	2,66	2,64	2,47	2,29
APK_{vp}	28	3,39	5,38	8,40	9,95	9,91
$APK_{vš}$	44	2,25	5,15	6,89	7,67	8,16
APK_v	53	4,88	5,70	6,41	6,59	6,91
APK_{rp}	75	5,41	6,69	7,02	7,31	7,66
Smiltynė		Matavimo aukštis (m)				
Taškas	Atstumas, m	0,2	0,5	1,0	1,5	2,0
P_v	14	6,98	8,34	9,91	9,68	10,59
APK_{vp}	30	2,69	9,87	12,90	12,90	13,12
$APK_{vš}$	74	1,26	2,95	5,46	8,31	10,85
APK_v	106	6,90	11,94	15,11	14,94	15,28
APK_{rp}	120	0,72	1,24	1,79	2,52	3,21
Nida		Matavimo aukštis (m)				
Taškas	Atstumas, m	0,2	0,5	1,0	1,5	2,0
P_v	30	6,99	7,79	8,11	8,20	9,01
APK_{vp}	62	4,74	6,21	6,81	7,46	8,63
$APK_{vš}$	72	1,70	3,60	6,70	7,90	8,30
APK_v	85	1,20	3,87	8,43	8,73	9,23
APK_{rp}	92	4,31	7,15	7,54	6,46	6,78

5. Apskaičiuoti pernešamo smėlio kiekį (Q_a) duotuose skersinio profilio taškuose pagal A. W. Zinggo (1952) (8.2) lygtį:

$$Q_a = z \frac{\rho_a}{g} \left(\frac{d}{D} \right)^{0,75} U_*^3, \quad (8.2)$$

čia: z – 0,83, ρ_a – oro tankis ($1,2 \times 10^{-6}$), g – sunkis (9,8), d – smėlio dalelės dydis, D – standartinis smėlio dalelės dydis (0,25 mm).

Gautus skaičiavimo rezultatus pateikti lentelėje.

Kontroliniai klausimai

1. Kokie yra vėjo greičio pasiskirstymo dėsningumai skersiniame kranto profilyje ?
2. Kokie veiksniai lemia vėjo greičio transformaciją?
3. Koks yra vidutinis vėjo greitis pajūryje atskirais sezonais?
4. Kuriose vietose kranto skersiniame profilyje galima smėlio defliacija ar smėlio akumuliacija?
5. Kokią reikšmę turi vėjo greičio transformacijos tyrimai krantotyroje?

Atsakymus į klausimus pateikti raštu.

Literatūra

- Bourman R. P. 1986. Aeolian sand transport along beaches. *Australian Geographer* 17, 30–34.
- Bagnold R. A. 1941. *The physics of blown sand and desert dunes*. Chapman and Hall, London.
- Schou A. 1952. Direction determining influence of the wind on shoreline simplification and coastal dunes. *Seventeenth International Geographical Congress, International Geographical Union*. Washington DC. 370–373.
- Jenings J. N. 1957. On the orientation of parabolic or U-dunes. *Geographical Journal* 123, 474–480.

9 praktikos darbas

Augalinės dangos projekcinio padengimo Kuršių nerijos apsauginiame paplūdimio kopagūbryje analizė

Terminai

- **Augalinės dangos projekcinis padengimas** (*vegetation cover*) – augalų dengiama tam tikro ploto paviršiaus dalis.

Įvadas

Žoliniai ir sumedėję augalai apsauginiame paplūdimio kopagūbryje (APK) atlieka svarbią priešerozinę funkciją (Bandžiulienė ir kt., 1983; Žilinskas ir kt., 2001). Augalijos danga sutvirtina apsauginį paplūdimio kopagūbrį ir apsaugo nuo intensyvesnių defliacinių procesų ir žmogaus ardomosios veiklos. Augalijos danga apsauginiame paplūdimio kopagūbryje dažniausiai pažeidžiama ar visiškai sunaikinama dėl didėjančios rekreacinės ir urbanistinės apkrovos.

Augalų projekcinės dangos kaita dažniausiai tiriama maršrutiniu vizualiniu metodu, įvertinant augalų projekcinę dangą procentais tam tikruose poligonuose (Nordstrom et al., 2007). Tačiau augalų projekcinės dangos kaitą galima tirti ir taikant GIS metodus (Andrews et al., 2002).

Darbo tikslas. Nustatyti augalinės dangos projekcinio padengimo kaitą Kuršių nerijos APK 1997–2010 m.

Darbe naudojama kranto skersinės niveliacijos profiliai (Baltijos..., 2004), ortofotografiniai žemėlapis (ORT–10) (1997, 2005, 2010 m.), „ArcGIS“ programinė įranga.

Uždaviniai

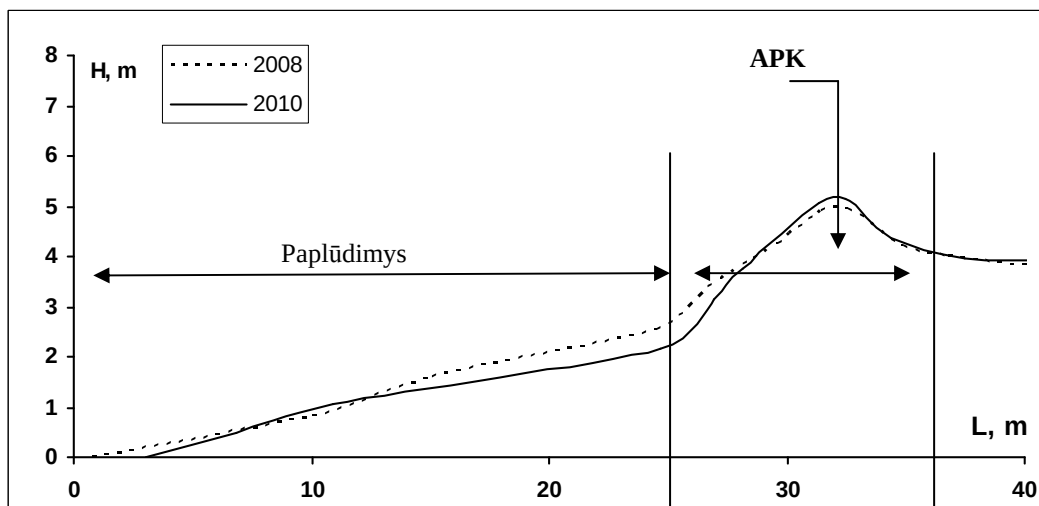
1. Nustatyti augalinės dangos kaitą 1997–2005 m.
2. Nustatyti augalinės dangos kaitą 2005–2010 m.
3. Sudaryti augalinės dangos kaitos grafikus 1997–2005 ir 2005–2010 m.

Darbo eiga. Bendras augalinės dangos projekcinis padengimas tyrimų rajone nustatomas atlikus ortofotonuotraukų dešifravimą (9.1 lentelė).

9.1 lentelė. Kartografinė medžiaga, naudota smėlio projekcinio padengimo ploto kaitos tyrimams 1997–2010 m.

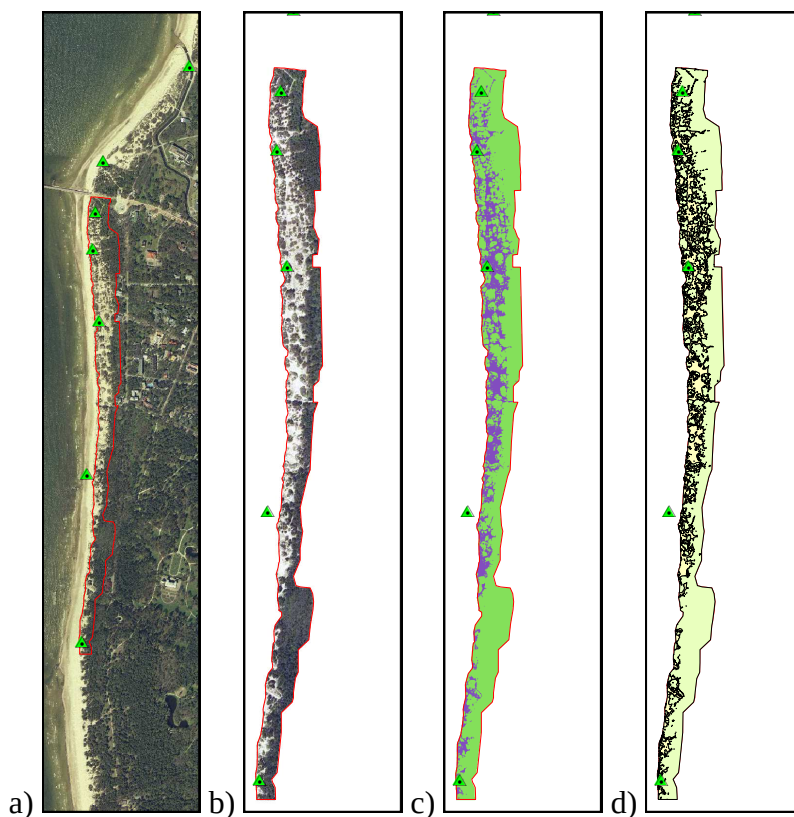
Kartografinė medžiaga	Data	Skiriamoji geba, m	Autoriaus teisės
Ortofotografinis žemėlapis	1997 05 17	0,50	Nacionalinė žemės tarnyba
Ortofotografinis žemėlapis	2005 05 10	0,25	Nacionalinė žemės tarnyba
Ortofotografinis žemėlapis	2010 05 22	0,25	Nacionalinė žemės tarnyba

Ortofotografinių žemėlapių dešifravimas atliekamas „ArcGIS“ programa. Pirmiausia paskirtame kranto ruože nusistatomos tiriamojo ruožo APK vakarinė ir rytinė ribos. Vakarinės ir rytinės APK ribos nustatomos remiantis kranto skersinės niveliacijos profiliais (*.xls, failas) ir jų koordinatėmis (*JN_KOOR_MONIT.shp*, failas) (9.1 pav). Nusistatę APK ribas, sukuriame poligoną (9.2a pav).



9.1 pav. Skersinės niveliacijos profilis išmatuotas 2008–2010 m.

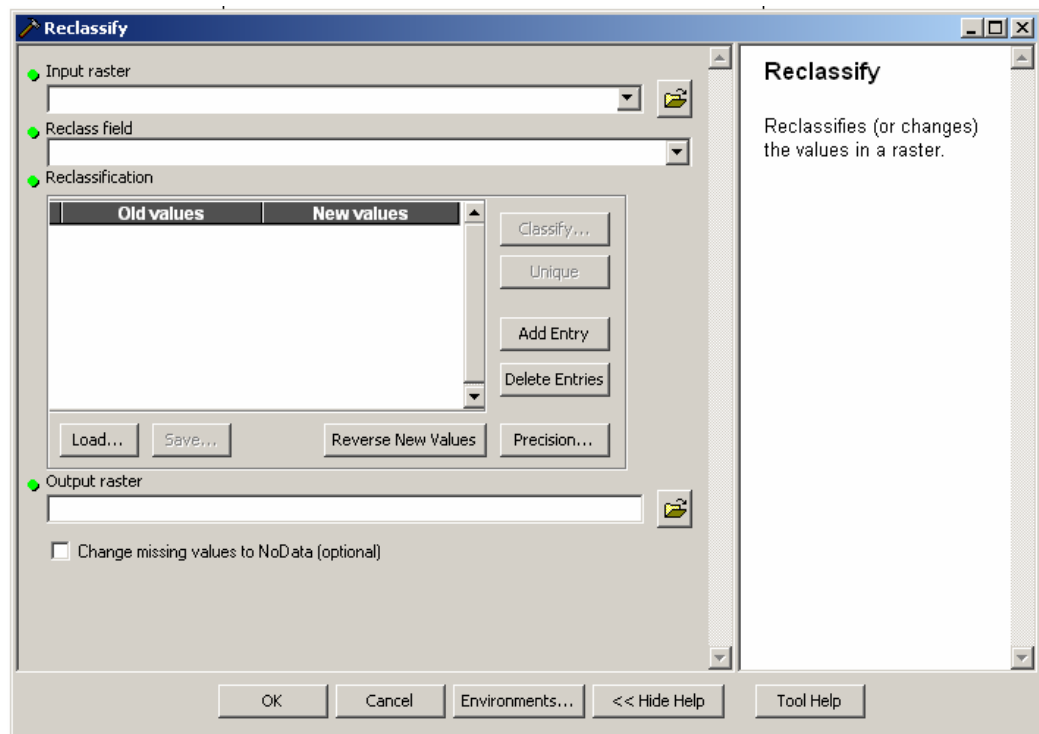
Siekiant nustatyti augalinės dangos projekcinį padengimą duotame APK poligone, ortofotografiniai žemėlapiai yra apkerpami pagal susikurtą poligoną.



9.2 pav. Rastro konvertavimo į poligoną eiga

Pasirenkite „ArcMap“ programos priedą „ArcToolbox“. Pasirinkite: funkciją (→) „Spatial Analyst Tools“ → „Extraction“ → „Extract by Mask“. Tokiu būdu gaunamas APK apkirptas poligonas, kurį sudaro 256 spalvų rastras (9.2b pav.).

Siekiant atskirti smėlio ir augalinės dangos padengimą, rastras pergrupuojamas, kai augalijai priskiriamos nuo 0 iki 178, o smėlio dangai – nuo 179 iki 255 rastro reikšmės. Sugrupavę gauname rastrą, kuris yra dviejų spalvų (9.2c pav.).



9.3 pav. Rastro grupavimas „ArcMap“ programa

Pasirenkite „ArcMap“ programos priedą „ArcToolbox“. Pasirinkite: funkciją (→) „Spatial Analyst Tools“ → „Reclass“ → „Reclassify“. Nurodome apkirptą rastrą, „New values“ paliekame dvi reikšmes, o „Old values“ pirmoje eilutėje paliekame nuo 0 iki 178, o antroje įrašome nuo 179 iki 255. Į stulpelį „New values“ įrašome 0 (augalai) ir 1 (smėlis) (9.3 pav.), tokiu būdu gauname naują dviejų spalvų rastrą (9.2c pav.).

Siekiant apskaičiuoti augalų projekcinį padengimą APK, gautą dviejų spalvų rastrą verčiame į poligonus. Pasirenkame „ArcMap“ programos priedą „ArcToolbox“. Pasirinkite: funkciją (→) „Conversion Tools“ → „From Raster“ → „Raster to polygon“ (9.2d pav.).

Gautą poligoną suskaidome į lygius 100 m ilgio poligonus (naudokite *Transect.shp* failą) ir apskaičiuojame augalijos užimamą plotą procentais kiekviename poligone.

Gautus rezultatus surašyti į lentelę ir pateikti grafiškai (x ašyje atidedame atstumą, y ašyje – augalinės dangos projekcinio padengimo plotą) 9.2 lentelėje.

9.2 lentelė. Apsauginio kopagūbrio ir augalų projekcinio padengimo plotas (m²)

	1997 m.		2005 m.		2010 m.	
Atstumas, m	APK plotas	Augalų projekcinio padengimo plotas, m ²	APK plotas	Augalų projekcinio padengimo plotas	APK plotas	Augalų projekcinio padengimo plotas, %

Klausimai

1. Kaip pakito APK augalų projekcinis padengimas nuo 1997 iki 2010 m.?
2. Kokios priežastys galėjo lemti augalų projekcinio padengimo didėjimą ar sumažėjimą APK?
3. Kodėl svarbu žinoti augalų projekcinio padengimo kaitą APK?
4. Kaip galima padidinti APK augalų projekcinio padengimo plotus?
5. Ar smėlio dangos didėjimas APK augalų dangos atžvilgiu yra neigiamas dalykas?

Atsakymus į klausimus pateikti raštu.

Literatūra

- Andrews B., Gares P. A., Colby J. D.. 2002. Techniques for GIS modeling of coastal dunes. *Geomorphology* 28 (1), 289–308.
- Bandžiulienė R., Kazlauskas R., Minkevičius V. 1983. *Kuršių nerija*. Vilnius.
- Nordstroma K. F., Hartmanb J. M., Freestonec A. L., Wongb M., Jackson N. L. 2007. Changes in topography and vegetation near gaps in a protective foredune. *Ocean & Coastal Management* 50 (11,12), 945–959.

10 praktikos darbas

Kranto sąnašų biudžeto skaičiavimai

Terminai

- **Abracija** (*abrasion*) – bangų ardomasis arba erozinis darbas.
- **Akumuliacija** (*accumulation, acceration*) – nešmenų (sąnašų) telkimas, kaupimasis (Gudelis, 1993).

Įvadas

Šiame darbe analizuojami dviejų metų kranto kartotinės skersinės niveliacijos profiliai, kurie leidžia įvertinti kranto sąnašų biudžetą. Kranto sąnašų biudžetas leidžia nustatyti geodinamines tendencijas, tai pat lyginant sąnašų nuoplovą iš vieno tiesinio kranto metro (m^3/m) galima įvertinti uraganų padarinius (Шуйский, 1969). Šiuo metu kranto daugiameses geodinamines tendencijas geriausiai atspindintis indikatorius yra paviršinių kranto sąnašų biudžetas (m^3/m), kuris parodo išplautos ar išpustytos bei akumuliuotos krantą sudarančios medžiagos, apskaičiuotos iki vidutinio daugiamečio jūros lygio, pokyčio laike ir erdvėje sumą (Jarmalavičius, Žilinskas, 2002; Žilinskas, Jarmalavičius, 2003). Pažymėtina, kad panašūs krantų dinamikos tyrimų metodai yra rekomenduojami ir taikomi visame pasaulyje (Bird, 1985; Pruszek, 2003).

Lietuvos jūrinio kranto (tiek žemyno, tiek Kuršių nerijos) paviršinių sąnašų biudžetas yra nustatomas, remiantis Gamtos tyrimų centro, Krantotyros ir krantotvarkos sektoriaus atliekamo Lietuvos jūrinio kranto dinamikos monitoringo duomenimis. Pagrindiniai matavimai yra atliekami 98 stacionariuose kranto postuose, kurie buvo įrengti 1993 m. Kartotinės skersinės niveliacijos matavimai atliekami tuo pačiu metu (pavasari), be to, kiekvienas postas reprezentuoja 0,8 km ilgio kranto atkarpą (Žilinskas, Jarmalavičius, 2003).

Darbo tikslas. Apskaičiuoti kranto zonos paviršinių sąnašų biudžetą.

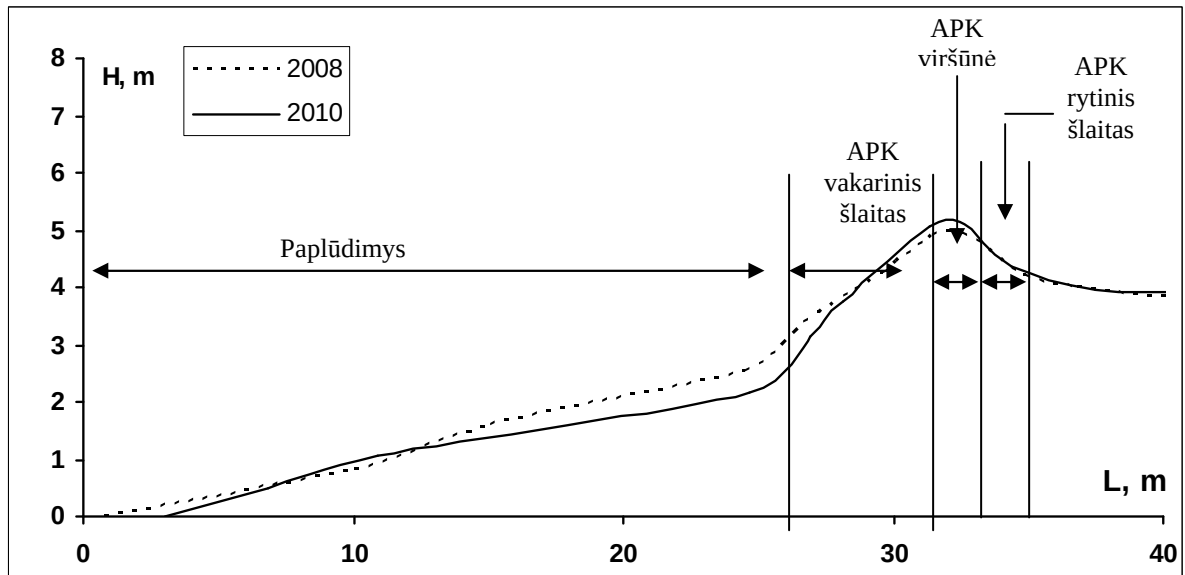
Uždaviniai

1. Apskaičiuoti atskirų kranto zonos dalių sąnašų biudžetą nustatytame ruože.
2. Apskaičiuoti bendrą kranto zonos sąnašų biudžetą.
3. Nubraižyti kranto zonos bendro sąnašų biudžeto kaitos grafiką.

Darbo eiga. Kiekvienam studentui paskiriamas kranto ruožas, kuriame yra dviejų metų kartotinės skersinės niveliacijos profilių matavimai (*.xls formatu).

1. Įsikelti duomenis į „ArcMap“ programą ir iš duotų duomenų susikurti naują taškinį sluoksnį (*Display XY Data*). Iš gautų taškų sukurti „polygon“ sluoksnį kiekvienam naujam profiliui (naudojame LKS-94 koordinates).

2. Nusibraižius to paties profilio 2 metų profilius reikia apskaičiuoti nešmenų kiekio pokyčius paplūdimyje, apsauginiame paplūdimio kopagūbryje (APK): APK viršūnėje, vakariniame APK šlaite, rytiniame APK šlaite ir visame kopagūbryje (10.1 pav.).



10.1 pav. Skersinės niveliacijos profilis išmatuotas 2008–2010 m.

Taip pat reikia apskaičiuoti kranto sąnašų biudžetą: eroziją (-) ir akumuliaciją (+), gautus rezultatus surašyti į 10.1 lentelę.

3. Skaičiuodami plotų pokyčius (sąnašų kiekio pokytį ΔQ) naudokite „ArcMap“ programos priedą „ArcToolbox“. Prieš tai atskirkite paplūdimį, APK viršūnę, APK vakarinį ir rytinį šlaitus. Pasirinkite: funkciją (→) „Analysis tools“ → „Overlay“ → „Union“. Sujungę gaunate naują sluoksnį. Atributinėje lentelėje pridėkite stulpelį: „Open attribute table“ renkames langą → „Options“, pridėdame naują stulpelį „Add field“, → nurodome „Name“ – plotą, pasirenkame „Type“ → „Double“ → „precision-18, scale-2“. Skaičiuodami plotą naudokite funkciją „Calculate Geometry“. Apskaičiuodami akumuliaciją ir eroziją, atkreipkite dėmesį, kurie metai, jungiant sluoksnius, nurodomi kaip atskaitiniai. Gautus rezultatus surašome į 10.1 lentelę ir pateikiame grafiškai (x ašyje atidedant atstumą (tarp profilių), o y ašyje atidėti sąnašų kiekį m^3/m).

4. Apskaičiuoti bendrą sąnašų kiekį krante:

$$Q = \frac{S_1 + S_2}{2} * L, \quad (10.1)$$

čia: S_1 ir S_2 – sąnašų kiekio pokytis atitinkamai 2008 ir 2010 m., L – atstumas tarp profilių.

10.1 lentelė. Sąnašų kiekio (Q , m^3/m) kaita kranto zonoje

Metai	Profilis	Atstumas tarp profilių	Sąnašų ΔQ paplūdimyje, m^3/m	Sąnašų ΔQ APK vakariniame šlaite, m^3/m	Sąnašų kiekis ΔQ APK viršūnėje, m^3/m	Sąnašų kiekis ΔQ APK rytiniame šlaite, m^3/m	Bendras sąnašų Q krante, m^3/m
2008	1						
2010							
2008	2						
2010							

Kontroliniai klausimai

1. Kaip pasikeitė sąnašų biudžetas per lyginamąjį laikotarpį?
2. Kokios priežastys galėjo nulemti sąnašų biudžeto kaitą kranto zonoje?
3. Kurioje kranto zonos vietoje nustatyti didžiausi pokyčiai?
4. Kodėl yra naudinga žinoti kranto zonos sąnašų biudžetą?
5. Kokie yra pagrindiniai klastinės medžiagos patekimo į kranto zoną šaltiniai?

Atsakymus į klausimus pateikti raštu.

Literatūra

Bird E. 1985. *Coastline changes*. Wiley Interscience. Chichester.

Jarmalavičius D., Žilinskas G. 2002. Dabartinės žemyno krante esančio apsauginio paplūdimio kopagūbrio dinamikos tendencijos. *Geografijos metraštis* 35, 61–67.

Žilinskas G., Jarmalavičius D. 2003. Lietuvos jūrinio kranto dinamikos tendencijos. *Geografijos metraštis* 36 (1), 80–88.

Шуйский Ю. Д. 1969. О воздействии сильных штормов на песчаные берега восточной Балтики. *Океанология* 9 (3), 475–478.

11 praktikos darbas

Baltijos jūros kranto linijos dinamikos analizė

Terminai

- **Kranto linija** (*shoreline, coastline*) – riba, skirianti ramią jūrą nuo sausumos (paplūdimio). Ji kinta priklausomai nuo jūros įsibangavimo ir jūros lygio.
- **Dinaminė kranto linija** (*dynamical shoreline*) – svyruojanti kranto linijos padėtis konkretaus bangavimo atveju.
- **Kranto linijos vingiuotumas** (*shoreline curvness*) – dydis, nusakantis ilgio santykį tarp tiesės ir konkretaus linijos ilgio tam tikrame ruože (Gudelis, 1993).

Įvadas

Vienas iš svarbiausių kranto būklės kitimą apibūdinančių parametrų yra kranto linijos dinamikos tendencijų pokyčiai laike ir erdvėje. Baltijos jūros Lietuvos kranto linijos ilgis yra 90 660 m: tarp jų Kuršių nerijos – 51,03 km ir žemyno kranto – 38,49 km, o atstumas tarp Klaipėdos sąsiaurio krantų – 1,14 km (Žilinskas, 1997). Kranto linija – riba, skirianti vandenį nuo sausumos – paskutiniu metu patiria vis stipresnį hidrometeorologinių ir antropogeninių veiksnių poveikį.

Pietryčių Baltijos seklūs smėlėti krantai yra viena iš dinamiškiausių sferų, kuri nuolat keičiasi tiek dėl gamtinių procesų (audrų ir uraganų suintensyvėjimo, vandens lygio kilimo), tiek dėl žmogaus veiklos: hidrotechninių įrenginių ir uostų statybos, uosto įplaukos kanalo gilinimo, grunto skandinimo. Krantas patiria neigiamą poveikį, kadangi nešmenys iš kranto zonos perkeliama į atvirą jūrą.

Darbo tikslas. Išanalizuoti kranto linijos dinamiką per paskutinius 100 metų.

Uždaviniai

1. Apskaičiuoti kranto linijos dinamikos statistinius rodiklius: NSM – atstumą tarp seniausios ir naujausios kranto linijos (m), SCE – didžiausią atstumą tarp visų kranto linijų (m), EPR – atstumą tarp seniausios ir labiausiai nutolusios kranto linijos (m), LRR – kranto linijos kaitos tempą (m/m), apskaičiuotą remiantis tiesine regresija.
2. Apskaičiuoti kranto linijos ilgio kaitą.
3. Nubraižyti kranto linijos kaitos grafiką.
4. Nustatyti ir įvertinti akumuliacinių ir abrazinių kranto ruožų kaitą.
5. Apskaičiuoti akumuliacinių ir abrazinių kranto ruožų kaitą atskirais metais. Rezultatus pateikti grafiškai.

Duomenys ir priemonės. Įvairių laikotarpių kartografinė medžiaga (11.1 lentelė), „ArcGIS“ programinė įranga, „DSAS v4.2“ priedas.

Žemėlapis, skirtas gamtinių sistemų dinamikai tirti, yra laikomas informatyviu, jeigu geometrinių klaidų lygis yra mažesnis nei tiriamojo objekto kaita (Kazakevičius, 1989–1990). Siekiant išvengti kranto linijos pozicijos nustatymo didelių paklaidų, šiame darbe naudojami tik iki 1:25 000 mastelio kartografiniai žemėlapiai. Toks mastelis pasirinktas neatsitiktinai, kadangi analizuojant smulkesnio mastelio žemėlapius atsiranda ganėtinai didelių netikslumų, kurie neleidžia teisingai įvertinti kranto linijos dinamikos (Kazakevičius, 1989–1990).

11.1 lentelė. Kartografinė medžiaga naudojama kranto linijos dinamikai įvertinti

Žemėlapis	Mastelis	Išleidimo metai	Tikslumas, m
Vokiečių karo kartografijos centro žemėlapis	1:25 000	1910	12,5
TSRS Generalinio štabo žemėlapiai	1: 25 000	1946–1947	12,5
TSRS Generalinio štabo žemėlapiai	1:25 000	1958	12,5
TSRS Generalinio štabo žemėlapiai	1:25 000	1976–1977	12,5
TSRS Generalinio štabo žemėlapiai	1:10 000	1984	5
Lietuvos topografinis žemėlapis KS–1942 m.	1:10 000	1991	5
Ortofotografinis ORT–10	1: 10 000	1997–1999	0,5
Ortofotografinis ORT–10	1: 10 000	2005–2006	0,5
Ortofotografinis ORT–0	1: 10 000	2010	0,5

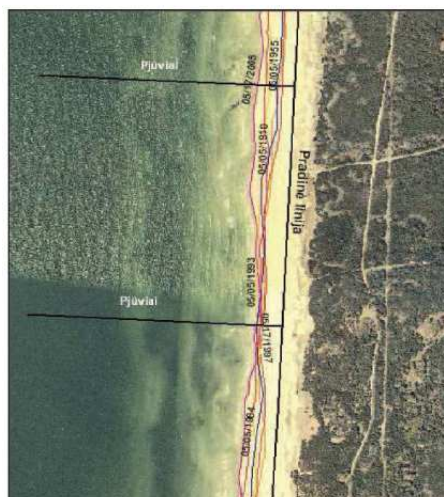
Darbo eiga. Kiekvienam studentui dėstytojas pateikia vektorines kranto linijas skaitmenine (*.shp formatas) forma.

1. Pirmiausia į „ArcGis“ programą yra įsikeliamos visos skaitmeninės kranto linijos. Atkreipkite dėmesį, kad visos kranto linijos būtų toje pačioje LKS-94 koordinatų sistemoje.

2. Susikurkite naują duomenų bazę (*Geodatabase.mdb*). Duomenų bazei susikurti pirmiausia atsidarykite „ArcCatalog“ → „File“ → „New“ → „Personal Geodatabase“ ir nurodykite, kur norite išsaugoti. Sukelkite visas kranto linijas į duomenų bazę.

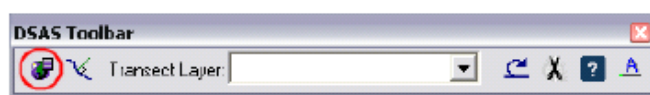
3. Susikurkite naują vektorinį sluoksnį (*Baseline*) liniją ir įkelkite į „Personal Geodatabase“.

4. Kadangi statistinė analizė šiame darbe atliekama „DSAS v4.2“ kompiuterių programine įranga, kuri gali statistiškai įvertinti pokyčių tempus iš daugybės istorinių kranto linijų (Thieler et al., 2008), tai reikia sukurti papildomą skaitmeninį vektorinį skerspjūvių sluoksnį. Skerspjūvių sluoksnį įvardinkite (*Transect*) ir „DSASv4.2“ programoje nurodykite, kad žingsnis tarp skerspjūvių bus 500 m, o skerspjūvio ilgis – 400 m (11.1 pav.). Išsaugokite „Personal Geodatabase“.

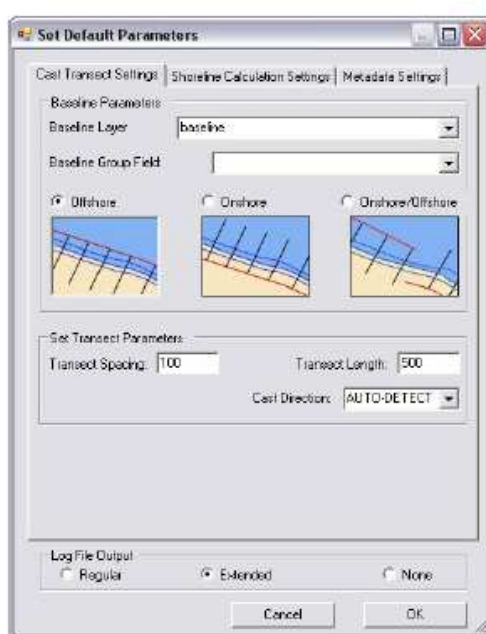


11.1 pav. Kranto linijų dinamikos analizei reikalingi pradiniai duomenys

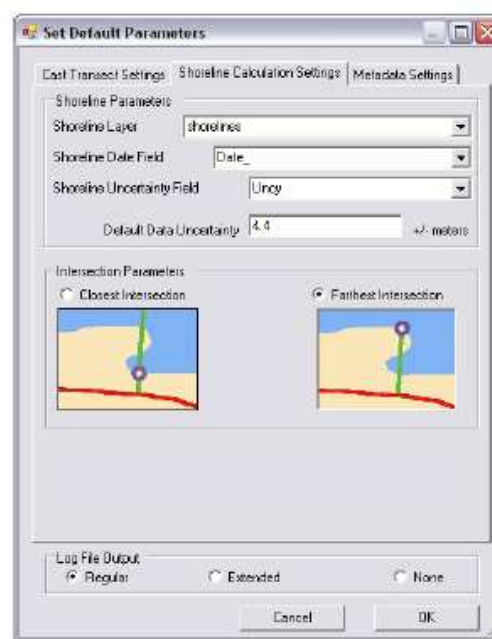
5. Pradėkite analizę, nustatydami pradinčius parametrus „DSAS v4.2“ programoje (11.2a pav.).



a



b



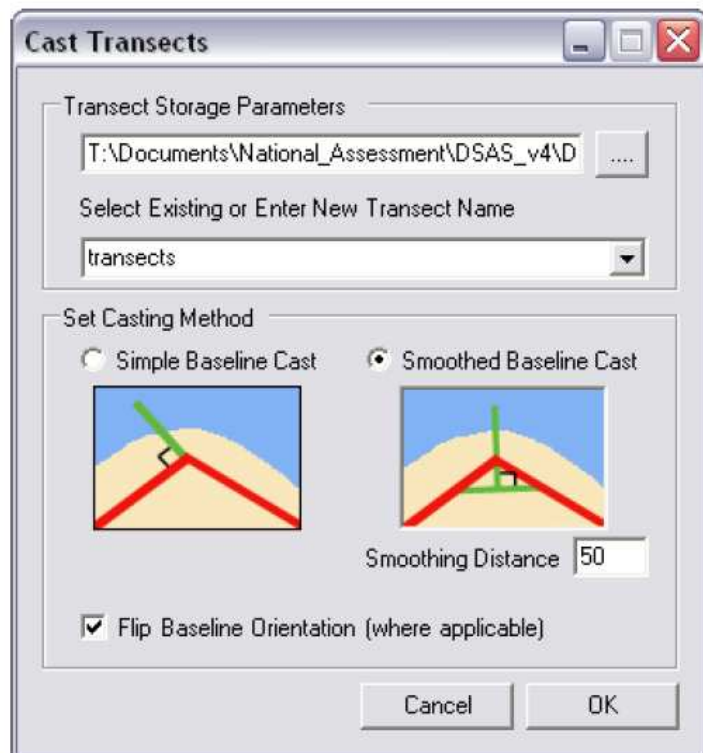
c

11.2 pav. Pradinių parametrų nustatymas ir įvedimas (Thieler et al., 2008)

„Based Layer“ nurodome vektorinį sluoksnį (*Baseline*) liniją, „Based Group Field“ nurodome parametrus iš „Baseline“ sluoksnio atributinės lentelės. Pažymime tašku „Onshore“ arba „Offshore“, priklausomai nuo to, kur eina pagrindinė „Baseline“ linija – krante ar jūroje.

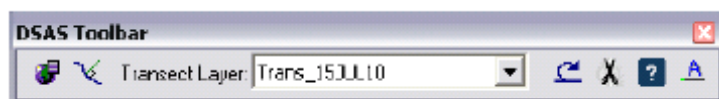
„Transect spacing“ įrašome 500 m, o „Transect length“ – 400 m. „Cast Direction“ paliekame „Auto-detect“ (11.2b pav.).

Toliau renkamės „Shoreline Calculation Settings“. „Shoreline layer“ nurodome kranto linijų sluoksnį (11.2c pav.). „Shoreline Data Field“ nurodome „Date“. Lauke „Shoreline Uncertainty Field“ nurodome „Uncy“ iš atributinės lentelės. „Default Data Uncertainty“ nurodome 10 m. „Intersection parameters“ pasirenkame „Closest intersection“. „Log File Output“ pasirenkame „None“. „Metadata settings“ nurodome visą reikalaujamą informaciją. Ir spaudžiame „OK“.



11.3 pav. DSAS programos duomenų įvesties langas (Thieler et al., 2008)

Kaip parodyta 11.3 paveiksle, „Transect Storage Parameters“ nurodome, kur bus išsaugomi skaičiavimo rezultatai, pasirenkame savo susikurtą duomenų bazę „Geodatabase.mdb“. Laukelyje „Select Existing or Enter New Transect Name“ nurodome skerspjūvių sluoksniu pavadinimą ir spaudžiame „OK“. Nurodome „transect“ sluoksnį DSAS programos darbalaukyje (11. 4 pav.)



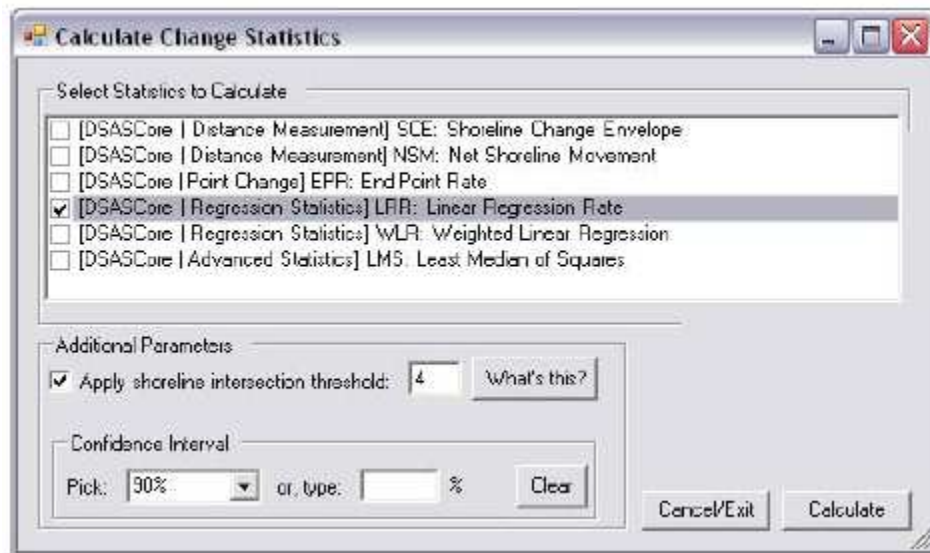
11.4 pav. DSAS programos darbalaukis (Thieler et al., 2008)

Pasirenkame statistinių rodiklių skaičiavimo piktogramą (11.5 pav.).



11.5 pav. Statistinių rodiklių skaičiavimo piktogramos pasirinkimas DSAS programos darbalaukyje (Thieler et al., 2008)

Nurodome, kokius norime skaičiuoti parametrus, pasirenkame patikimumo lygmenį 95 % ir spaudžiame „Calculate“ (11.6 pav.).



11.6 pav. Statistinių rodiklių pasirinkimas DSAS programos darbalaukyje (Thieler et al., 2008)

Atliktų skaičiavimų rezultatai gaunami lentelėje. Remdamiesi gautais rezultatais, nubraižykite 4 grafikus, kai x ašyje žymimas atstumas nuo Latvijos iki Rusijos sienos, o y ašyje atidedame apskaičiuotus parametrus: NSM – atstumą tarp seniausios ir naujausios kranto linijos (m), SCE – didžiausią atstumą tarp visų kranto linijų (m), EPR – atstumą tarp seniausios ir labiausiai nutolusios kranto linijos (m), LRR – kranto linijos kaitos tempą, apskaičiuotą remiantis tiesine regresija (m/m).

Klausimai

1. Nuo ko priklauso kranto linijos ilgis?
2. Kaip keičiasi akumuliaciniai ir abraziniai ruožai?
3. Kodėl vienu laikotarpiu vyrauja akumuliaciniai, o kitu – abraziniai procesai?
4. Kuriose vietose krantas sparčiausiai traukiasi?
5. Kurie iš veiksnių gamtiniai ar antropogeniniai vaidina lemiamą vaidmenį?

Atsakymus į klausimus pateikti raštu.

Literatūra

- Kazakevičius S. 1989–1990. Kuršių nerijos krantų vystymosi dinamika (kartometrinė analizė). *Geografijos metraštis* 25–26, 46–56.
- Thieler, E. R., Himmelstoss, E. A., Zichichi, J. L., Ergul A. 2009. *Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0—An ArcGIS extension for calculating shoreline change*. U.S. Geological Survey Open-File Report 2008–1278. <http://pubs.usgs.gov/of/2008/1278/>
- Žilinskas G. 1997. Baltijos jūros Lietuvos kranto ilgis bei jo nustatymo problemos. *Geografijos metraštis* 30.

Mokomoji knyga „Krantotyros ir krantotvarkos praktikos darbai“ yra skirta antrosios pakopos hidrometeorologijos studijų programos dalykui „Krantotyros ir krantotvarkos pagrindai“. Mokomąją knygą sudaro 11 praktikos darbų, kuriuose studentai nuosekliai supažindinami su Baltijos jūros kranto zonos sąnašomis, priekrantės ir pakrantės reljefo morfometriniais rodikliais, hidrodinaminiais ir eoliniais procesais bei kranto linijos kaita.

Donatas Pupienis
KRANTOTYROS IR KRANTOTVARKOS PRAKTIKOS DARBAI
Mokomoji knyga

Lietuvių kalbos redaktorė Jolita Stankūnavičienė

3,50 sp. l. 12,50 aut. l.

Išleido Vilniaus universitetas
Universiteto g. 3, LT-01513 Vilnius