

Kuršių nerijos paplūdimio apsauginio kopagūbrio dinamikos tendencijos

Darius Jarmalavičius, Donatas Pupienis, Gintautas Žilinskas, Zigmas Janukonis

Geologijos ir geografijos institutas

El. paštas: donatas@geologin.lt, darius@geologin.lt, gintas@geologin.lt, zigmas@geologin.lt

ĮVADAS

Apsauginis paplūdimio kopagūbris (APK) sistemingai ir plačiu mastu Kuršių nerijoje pradėtas formuoti XIX a. pradžioje ir baigtas tik 1904 m. Tuo metu pagrindinė apsauginio paplūdimio kopagūbrio funkcija buvo slenkančio smėlio sulaikymas, kad šis judėdamas neužpustytų ne tik palvės, miško, kelių, bet ir gyvenviečių. Šiuo metu, kai jūros išmetamo smėlio judėjimas žemyno link beveik sustabdytas, apsauginis paplūdimio kopagūbris su paplūdimiu saugo kranto užnugarį nuo bangų kaip natūralus „bangolaužis“, priverčiantis išibėgėjusias jūros bangas gožti ir nurimti. Per daugelį metų kopagūbryje susikaupęs smėlis labai reikalingas paplūdimiams, netenkantiems daug sąnašų per stiprias audras. Be to, apsauginis paplūdimio kopagūbris saulėtomis, bet vėjuotomis dienomis atlieka ir svarbią rekreacinę funkciją – teikia poilsiautojams puikią užuovėją.

Kadangi Kuršių nerijos užkopėje (palvėje) daugelyje vietų žemės paviršius pakilęs tik vieną ar kelis metrus virš jūros lygio, tai sunaikinus apsauginį paplūdimio kopagūbrį, stipresnių audrų metu pakilęs jūros vanduo plačiai išsilietų palvėje apsemdamas ne tik ten augantį mišką, bet atskirose vietose ir kelius. Todėl manome, kad šiuo metu vis tik svarbiausia krantosauginė APK funkcija.

Šio darbo tikslas – pateikti Kuršių nerijos apsauginio paplūdimio kopagūbrio bei jį sudarančių morfologinių elementų dabartinių dinamikos tendencijų analizės rezultatus.

METODIKA

Kadangi apsauginio paplūdimio kopagūbrio (APK) regeneracijos procesai daug lėtesni (trunka nuo kelių iki keliolikos metų) nei jo ardymas (kuris dažnai įvyksta per vieną ar kelias paras), todėl vizualiai dažniausiai nepastebimi. APK būklės dinamikos tendencijoms nustatyti būtini tikslūs daugiamečiai matavimai, apimantys bent kelis jo ardymo bei regeneracijos ciklus. Tuo tarpu epizodinių matavimų, atliktų po ekstremalių audrų neatsižvelgiant į APK regeneracijos (ramių orų) laikotarpį, duomenys neatspindi realių daugiamečių APK dinamikos tendencijų.

Todėl šiame darbe, nustatant dabartines APK dinamikos tendencijas, matavimai apėmė 1994–2002 metus. APK formavimui šiuo laikotarpiu įtakos turėjo du ekstremalūs štormai – 1993 m. sausio 13–25 d. (kurio padariniai buvo jaučiami pirminio matavimo metu – 1994 m.) ir 1999 m. gruodžio 4–5 d., taip pat du santykinai ramių orų (APK regeneracijos) laikotarpiai: 1994–1999 m. (iki „Anatolijaus“ uragano) ir 2000–2002 m. (po „Anatolijaus“ uragano). Toks stebėjimų laikotarpio pasirinkimas leidžia konstatuoti realias pastarojo laikotarpio APK dinamikos tendencijas, t. y. įvertinti, ar kranto ruože po ekstremalių nuoplovų APK spėja atstatyti buvusį pusiausvyros profilį ir išlikti stabilus erdvėje, ar ne. Tai nustačius kranto ruožai, kur po dviejų APK vystymosi (ardymas – regeneracija – ardymas – regeneracija) ciklų APK padėtis erdvėje išliko stabili, o jo skersinis profilis visiškai atsistatė, buvo priskirti sta-

biliems, o atkarpose, kur jo padėtis erdvėje ir skersinis profilis neatsitadė, – degraduojantiems kranto ruožams.

Tyrimai (pakartotinė niveliacija) buvo atliekami specialiai tam pasirinktuose ir stacionariai 1993 m. įrengtuose 46-iose Kuršių nerijos kranto postuose.

Pagrindiniu geoindikatoriumi, apibūdinant APK dinamikos tendencijas, buvo pasirinktas smėlio atsargų apsauginiame paplūdimio kopagūbryje pokytis (m^3/m), apskaičiuotas remiantis atliktų matavimų duomenimis. Buvo analizuojami ne tik visą APK, bet ir jo morfologinius elementus (viršūnę, rytinį bei vakarinį šlaitą) sudarančių sąnašų pokyčiai.

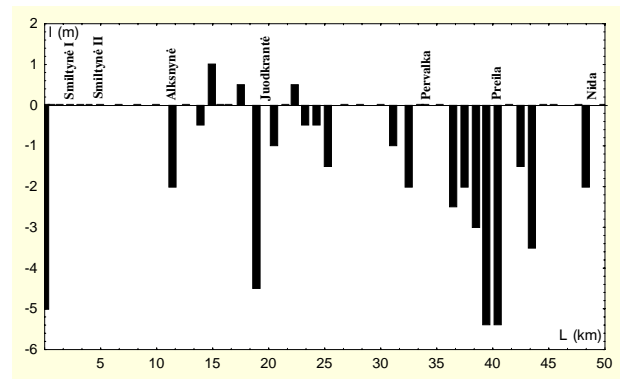
TYRIMŲ REZULTATAI

Išsamūs tyrimų rezultatai pateikiami 1–4 paveiksluose, todėl toliau apžvelgsime tik bendriausius Kuršių nerijos kranto apsauginio paplūdimio kopagūbrio bei jo morfologinių elementų atskiruose kranto ruožuose dinamikos ypatumus.

Apsauginio paplūdimio kopagūbrio viršūnės dinamika. Analizuojant APK viršūnės (ar viršutinės smėlio skardžio vakarinės (įjūrinės) briaunos) dinamikos ypatumus (1 pav.) nustatyta, kad per tiriamuosius 8-erius metus visame Kuršių nerijos krante kopagūbrio viršūnė vidutiniškai atsitraukė sausumos link apie 0,9 m (vidutiniškai 0,1 m/m.). Tai lėmė suaktyvėjęs kranto ardymas, kai po stipraus šturmo krantas nespėdavo visiškai atsistatyti. Labiausiai kopagūbrio viršūnė (briauna) atsitraukė Koptalyje ties uosto molu (5 m) ir Preilos (vidutiniškai 3 m) kranto ruožuose, mažiau – Juodkrantės (vidutiniškai vieną metrą) ir šiauriau Pervalkos (vidutiniškai 1,5 m) atkarpose. I ir II Smiltynės, tarp Juodkrantės Pervalkos bei šiauriau Nidos esančiuose kranto ruožuose APK viršūnė išliko stabili (1 pav.).

Kopagūbrio viršūnės pasistūmimas jūros link (akumuliacija) užfiksuotas tik labai trumpose kranto atkarpelėse tarp Alksnynės ir Juodkrantės (0,5–1 m) ir piečiau Juodkrantės (0,5 m). Tačiau šie pavieniai faktai nesumažina bendros APK viršūnės atsitraukimo tendencijos Kuršių nerijos krante.

Apsauginio paplūdimio kopagūbrio vakarinio šlaito pokyčiai. APK vakarinio šlaito (2 pav.), priešingai nei APK viršūnės (1 pav.), pokyčiuose neatsispindi vyraujančios ardymo tendencijos. Tai sąlygoja daugelyje Kuršių nerijos vietų ne visai atsistatęs kranto pusiausvyros profilis, pažeistas dar „Anatolijaus“ (1999 m.) uragano metu, kai buvo išplautas didelis kiekis smėlio iš APK vakarinio šlaito ir nuardyta viršūnė. Per vėlesnį ramų laikotarpį APK vakarinis šlaitas praktiškai atsistatė (ir net pasipildė smėlio atsargomis apatinėje APK dalyje), tačiau viršūnės regeneracijos procesai kol kas nepasiekė. Kita vertus, pusiausvyros profilis galėjo atsistatyti kiek pasislinkęs sausumos link. Prie

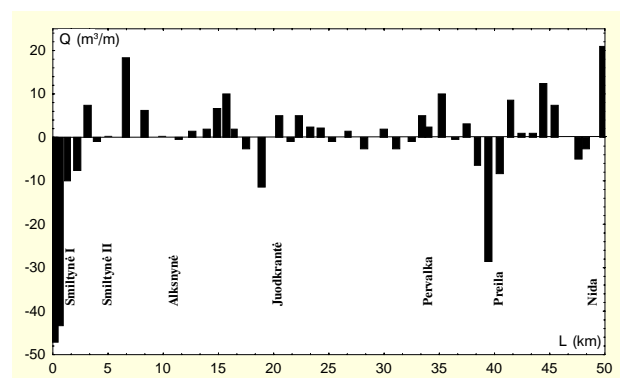


1 pav. Apsauginio paplūdimio kopagūbrio viršūnės pokyčiai (I, m) Kuršių nerijoje. Abscisių ašyje pateiktas atstumas nuo Klaipėdos uosto pietinio molo

Fig. 1. Dynamics (I, m) of the Curonian Spit dune ridge. On abscissa axis – distance from the southern jetty of Port of Klaipėda

neatsistačiusių vakarinių APK šlaitų priskirtini tik stipriai nukentėjusios nuo audrų ir praėjusią žiemą Koptalio–I Smiltynės (kur vakarinis šlaitas per pastaruosius 8-erius metus prarado vidutiniškai $30 m^3/m$ smėlio) ir Preilos (vidutiniškai $14 m^3/m$) kranto atkarpos. Pažymėtina, kad I Smiltynės APK vakarinio šlaito smėlio praradimai neatsispindi kopagūbrio viršūnės dinamikoje dėl didelio (didžiausio visame Lietuvos jūriniame krante) kopagūbrio, siekiančio iki 15 m aukščio. Didžiausia vakarinio šlaito akumuliacija per pastaruosius metus užfiksuota kranto atkarpose tarp II Smiltynės ir Alksnynės (vidutiniškai $11 m^3/m$), Alksnynės ir Juodkrantės (vidutiniškai $5 m^3/m$), Pervalkos ir Preilos (vidutiniškai $5 m^3/m$), Preilos ir Nidos (vidutiniškai $5 m^3/m$) bei prie Lietuvos–Rusijos sienos (iki $20 m^3/m$).

Apskritai Kuršių nerijos APK vakarinio šlaito smėlio atsargų balansas išlaikė teigiamas tendencijas. Į jį per 8-erius metus buvo supustyta $15918 m^3$ (viduti-



2 pav. Smėlio kiekio (Q) pokyčiai Kuršių nerijos apsauginio paplūdimio kopagūbrio vakariniame šlaite

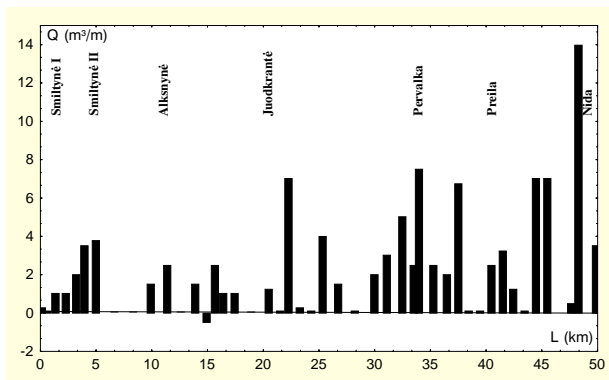
Fig. 2. Dynamics of sand supplies (Q) on the western slope of Curonian Spit dune ridge

niškai $0,32 \text{ m}^3$ viename Kuršių nerijos kranto APK ilgio metre) smėlio, t. y. vidutiniškai $0,04 \text{ m}^3/\text{m}$ per metus.

Apsauginio paplūdimio kopagūbrio rytinės dalies pokyčiai. APK rytinės dalies morfometrinius pokyčius sukelia eolinė veikla, kurią nulemia vėjo kryptis bei stiprumas, APK santykinis aukštis ir kiti morfometrinių ypatumai, taip pat smėlio atsargų kiekis ir jo rūpumas paplūdimyje. Apskritai visame Kuršių nerijos krante, rytinėje APK dalyje užfiksuotos akumuliacijos tendencijos. Čia per 8-erius metus buvo perpustyta 115716 m^3 (vidutiniškai $2,3 \text{ m}^3/\text{m}$ per 8 metus), arba maždaug $0,3 \text{ m}^3/\text{m}$ smėlio per metus. Daugiausia perpustyta Pervalkos (vidutiniškai $5 \text{ m}^3/\text{m}$) ir Nidos (vidutiniškai $7 \text{ m}^3/\text{m}$) kranto ruožuose (kur mažesni APK aukščiai), taip pat trumputėse atkarpėse ties Juodkrante (3 pav.). Pastarieji pikai atspindi vietinius kopagūbrio morfometrijos ypatumus, dažniausiai susijusius su defliacinėmis formomis (griovomis, pralaužomis), per kurias smėlis lengvai išnešamas į APK užnugarį.

Mažiausia smėlio pernaša per APK užfiksuota Smiltynės–Alksnynės kranto atkarpoje, kur dėl didelio santykinio kopagūbrio aukščio smėlio dalelės sunkiau patenka į APK užnugarį, bei didelėje dalyje kranto atkarpos (nepažeistos poilsiautojų) ties Juodkrante, kur dėl vyraujančio paplūdimyje stambiagrūdžio smėlio eoliniai procesai neįgauna didelio masto. Pažymėtina, kad smėlio kaupimosi tendencijos rytinėje APK dalyje nesietinos su jo bendros būklės gerėjimu, kadangi didžiausias smėlio kiekis pernešamas per kopagūbrį skaidančias pralaužas, griovas, takus ir t. t. Dėl to didėja APK sąskaida bei smėlio „nutraukimas“ iš vakarinės APK papėdės ir paplūdimio, o tai dažnai dar labiau skatina APK degradaciją.

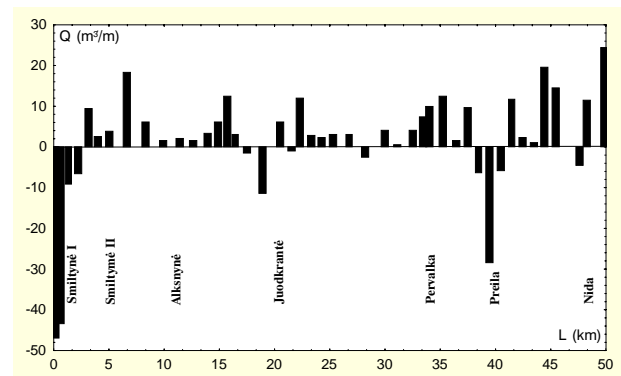
Apibendrinant bendras (viso Kuršių nerijos kranto APK) smėlio atsargų kiekio dinamikos tendenci-



3 pav. Smėlio kiekio (Q) pokyčiai Kuršių nerijos apsauginio paplūdimio kopagūbrio rytinėje dalyje
Fig. 3. Dynamics of sand supplies (Q) on the eastern slope of Curonian Spit dune ridge

jas (4 pav.) nustatytas teigiamas smėlio atsargų balansas visame Kuršių nerijos kranto apsauginiame paplūdimio kopagūbryje. Per 8-erius metus Kuršių nerijos kranto APK pasipildė 131634 m^3 (vidutiniškai $2,6 \text{ m}^3/\text{m}$) birių sąnašų, t. y. kasmet kopagūbris vidutiniškai sukaupia maždaug $0,3 \text{ m}^3/\text{m}$ smėlio. Pažymėtina, kad kopagūbrio pokyčiai per vienerius metus pateikiami veikiau vaizdumo dėlei ir neatspindi tikslios dinamikos, mat kopagūbris (kaip ir kiti kranto morfologiniai elementai) priklausomai nuo smarkiųjų audrų pasikartojimo kinta ne nuosekliai, o šuoliškai.

Iš 4 pav. pateikto APK sudarančio smėlio kiekio kaitos per pastaruosius 8-erius metus grafiko pastebima, kad smėlio kiekio APK balansas gana nuosekliai (išsiskiria teigiamo ar neigiamo balanso pikai, nuo kurių į abi puses minėtos reikšmės mažėja) svyruoja išilgai visos Kuršių nerijos. Toks fluktuacinis smėlio balansas būdingas daugumai „laisvai“ besivystančių smėlėtų krantų. Remiantis šia smėlio balanso kaita buvo išskirti atskiri kranto ruožai, pasižymintys panašiomis dinamikos tendencijomis.



4 pav. Smėlio kiekio (Q) pokyčiai visame Kuršių nerijos apsauginiame paplūdimio kopagūbryje
Fig. 4. Dynamics of sand supplies (Q) in the whole of Curonian Spit dune ridge

Iš lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad pastaraisiais metais didžiojoje Kuršių nerijos apsauginio paplūdimio kopagūbrio dalyje užfiksuotas teigiamas smėlio balansas. Didžiausia smėlio akumuliacija ir geriausios kopagūbrio regeneracijos sąlygos užfiksuotos Nidos gyvenvietės ($43,5\text{--}50,0 \text{ km}$) kranto atkarpoje. Taip pat geromis kopagūbrio regeneracijos sąlybėmis pasižymi II Smiltynės–Alksnynės ($2,2\text{--}8,3 \text{ km}$) ir ties Pervalka bei abipus jos ($31,0\text{--}37,5 \text{ km}$) esančios kranto atkarpos, kur kopagūbris kasmet pasipildo maždaug $0,8\text{--}1,0 \text{ m}^3$ smėlio viename kranto ilgio metre. Teigiamas APK smėlio balansas užfiksuotas ir $13,9\text{--}16,4$ bei $18,9\text{--}22,3 \text{ km}$ kranto atkarpoje. Tačiau šiame ruože jį lemia ne tiek geros kopagūbrio regeneracinės savybės, kiek prie jo vakari-

Lentelė. Kuršių nerijos APK sąnašų balansas (1994–2002 m.) Table. Sediment balance in the duneridge of Curonian Spit (1994–2002)		
Atstumas nuo Klaipėdos uosto molo km Distance from Klaipėda port jetties, km	Smėlio atsargų pokyčiai per 8-erius metus m ³ /m Changes of sand supplies in 8 years, m ³ /m	Smėlio atsargų pokyčiai per metus m ³ /m Annual changes of sand supplies, m ³ /m
0–2,2	-23,5	-2,9
2,2–8,3	7,9	1,0
8,3–13,9	2,5	0,3
13,9–16,4	7,1	0,9
16,4–18,9	-3,1	-0,4
18,9–22,3	5,2	0,7
22,3–31,0	1,8	0,2
31,0–37,5	6,6	0,8
37,5–40,5	-10,9	-1,4
40,5–43,5	3,9	0,5
43,5–50,0	10,7	1,3
0–50,0	2,6	0,3

nėje pusėje prisišliėjusio paplūdimio (aukšto, sudaryto iš stambiagrūdžio smėlio) atsparumas ekstremalioms audroms.

Neigiamas pastarųjų metų smėlio balansas apsauginiame paplūdimio kopagūbryje užfiksuotas trijuose kranto ruožuose: Koppalio–I Smiltynės (0–2,2 km), šiauriau Juodkrantės (16,4–18,9 km) ir Preilos (37,5–40,5 km). Pati problemiškiusia situacija šiuo metu yra Koppalio kranto ruože, kur net ir nepraūžus ekstremaliam štormui iš kopagūbrio išplaunama vidutiniškai 2,9 m³ smėlio iš vieno kranto ilgio metro per metus. Tokia situacija susidarė dėl uosto kanalo gilinimo, kada didelė iškasamo jūros grunto dalis, reikalinga APK regeneracijai, yra „nutraukiama“ nuo kranto (Žilinskas, 1998).

Juodkrantės rekreacinės zonos kopagūbris dėl krante vyraujančio stambiagrūdžio smėlio, sunkiau įtraukiamo į eolodinaminį procesus, nepasižymi geromis kopagūbrio regeneracinėmis savybėmis, todėl intensyvios rekreacinės apkrovos vietose didėja kopagūbrio sąskaida ir jo ardymas. Šis procesas iš dalies gali būti reguliuojamas gerai prižiūrint kopagūbrį bei tinkamai nukreipiant poilsiautojų srautus. Trečiasis problemiškas ruožas (žr. lentelę) yra ties Preilos gyvenvietėje (37,5–40,5 km). Šiame kranto ruože po 1999 m. gruodžio pradžioje praūžusio „Anatolijaus“ uragano apsauginis paplūdimio kopagūbris iki šiol nėra atstatęs savo pirminio profilio, o smėlio nuostoliai šioje kranto atkarpoje sudaro maždaug 1,4 m³ iš vieno kranto ilgio metro per metus.

Apibendrinant šių ir anksčiau atliktų tyrimų (Jarmalavičius, Žilinskas, 2002) rezultatus nustatyta, kad teigiamas smėlio balansas Kuršių nerijos apsauginiame paplūdimio kopagūbryje (131634 m³) nekompensuoja sąnašų nuostolių (-416 670 m³), patiriamų žemyno kranto APK bei moreniniame klife. Todėl visame Lietuvos jūriniame krante (Kuršių nerijoje ir žemyne) per

pastaruosius 8-erius metus (apimančius du APK ardymo ir regeneracijos ciklus) apsauginis paplūdimio kopagūbris prarado 285 036 m³ smėlio, arba vidutiniškai 0,4 m³ iš vieno kranto ilgio metro per metus.

IŠVADOS

Tiriamuoju laikotarpiu (1994–2002 m.) praėjo net du kranto ardymo – regeneracijos ciklai, todėl tyrimų metu nustatytas minėto laikotarpio APK smėlio balansas atspindi

dabartines Kuršių nerijos APK dinamikos tendencijas. Pagrindinis geoindikatorius, reprezentuojantis dabartinę apsauginio paplūdimio kopagūbrio būklę ir jo vystymosi tendencijas, yra smėlio balansas, nes kopagūbrio viršūnės padėties kaita ne visada atspindi kopagūbrio būklės pokyčius. Aukšto ir plataus APK viršūnė gali išlikti stabili ilgą laiką net ir degraduojant kopagūbriui, o žemesnis kopagūbris gali visiškai atstatyti savo pusiausvyros profilį net ir viršūnei atsitraukus sausumos link.

Esant palankioms sąlygoms (santykinai ramūs orai, pakankamai didelis tinkamos APK regeneracijai mechaninės sudėties smėlio kiekis paplūdimyje) apsauginis paplūdimio kopagūbris gali atstatyti savo pusiausvyros profilį per 2–3 m. priklausomai nuo kopagūbrio nuardymo laipsnio. Tuo tarpu apsauginis paplūdimio kopagūbris, kuriame yra daugiau stambiagrūdžio smėlio (Juodkrantė), nors ir būdamas žemas dėl į eolodinaminę veiklą sunkiau įtraukiamų stambių dalelių atsistato lėčiau. Kita vertus, jis atsparesnis audroms.

Šiais ir ankstesniais tyrimais nustatyta, kad teigiamas smėlio balansas Kuršių nerijos apsauginiame paplūdimio kopagūbryje (131634 m³) nekompensuoja sąnašų nuostolių (-416 670 m³), patiriamų žemyno kranto APK bei moreniniame klife. Todėl visame Lietuvos jūriniame krante (Kuršių nerijoje ir žemyne) per pastaruosius 8-erius metus (apimančius du APK ardymo ir regeneracijos ciklus) apsauginis paplūdimio kopagūbris prarado 285 036 m³ smėlio, arba vidutiniškai 0,4 m³ iš vieno kranto ilgio metro per metus. Taigi bendras viso Lietuvos jūros kranto APK esančių sąnašų balansas (1994–2002 m.) yra neigiamas.

Gauta 2002 11 12
Parengta 2003 01 15

Literatūra

- Jarmalavičius D., Žilinskas G. (2002). Dabartinės apsauginio paplūdimio kopagūbrio dinamikos tendencijos žemyno krante. *Geografijos metraštis*. 35(1–2): 59–66.
- Žilinskas G. (1998). Kranto linijos dinamikos ypatumai Klaipėdos uosto poveikio zonoje. *Geografijos metraštis*. 31: 99–109.

**Darius Jarmalavičius, Donatas Pupienis,
Gintautas Žilinskas, Zigmas Janukonis**

TRENDS OF FOREDUNE RIDGE DYNAMICS IN THE CURONIAN SPIT

S u m m a r y

The present article presents the results of analysis of recent dynamic trends observed on the Curonian Spit dune ridge and its morphological constituents. The field measurements (repeated leveling) were carried out at 46 coastal stations of the Curonian Spit.

The time frame of the study (1994–2002) included even two cycles of erosion–regeneration. Therefore, the determined sand balance in the dune ridge is representative of recent dynamic trends. Sand balance is the main index reflecting the present state of the dune ridge and its developing trends, because its top dynamics is not al-

ways representative in this respect. The top of a high and wide dune ridge may for a long time remain stable even when the ridge is degrading, whereas a lower ridge may fully restore its equilibrium profile even when its top has retreated toward the land.

A positive balance of sand supplies has been determined in the whole dune ridge of the Curonian Spit. The spit has gained 131634 m³ (2.6 m³/m) of loose sediments, *i.e.* the average annual sand accumulation makes 0.3 m³/m. However, a positive sand balance (131634 m³) in the dune ridge of the spit does not compensate for the losses of sediments (–416670 m³) in the continental dune ridge and morainic cliff. As a result, the whole Lithuanian sea coast (spit and continental) has lost 285036 m³ of sand from the dune ridge or 0.4 m³ per one length metre on the average. This implies that the total sand balance in the dune ridge of the Lithuanian coast is negative (1994–2002). Under favorable conditions (relatively calm weather, sufficiently great amounts of sand on the beach with the mechanical composition fit for dune ridge regeneration) the dune ridge is able to restore its equilibrium profile in 2–3 years, depending on the degree of erosion. However, a lower dune ridge in its greater portion composed of coarse-grained sand (Juodkrantė) regenerates more slowly, because coarser sand grains are not so easily involved into eolodynamic activity. On the other hand, a lower dune ridge is more resistant to storms.