

PAPLŪDIMIO SĄNAŠŲ PAPILDYMO PALANGOS REKREACINĖJE ZONOJE POVEIKIS KRANTO BŪKLEI

Gintautas Žilinskas, Darius Jarmalavičius, Donatas Pupienis

Geologijos ir geografijos institutas, T. Ševčenkos g. 13, LT-03223, Vilnius
El. paštas: zilinskas@geo.lt; jarmalavičius@geo.lt; pupienis@geo.lt

Žilinskas G., Jarmalavičius D., Pupienis D. THE IMPACT OF REPLENISHMENT OF BEACH SEDIMENTS IN THE PALANGA RECREATIONAL ZONE ON THE STATE OF COAST. *Annales Geographicae* 41(1-2), 2008.

Abstract. Based on the data of field investigations (carried out in 2005–2008), the impact of replenishment of beach sediments in the Palanga recreational zone (in the sector between the Palanga pier and Birutė mount) on the state of coast is analysed. The morphometric and lithological changes before, immediately after, and a year and two years after beach nourishment are evaluated. Based on the obtained data, the factors that affected the environmental efficiency of beach regeneration are discussed.

References 21. Figs. 11. Tables 2. In Lithuanian, summary in English.

Keywords: beach nourishment, sediment dynamics, Baltic sea coast, recreation zone of Palanga

Received: 10 August 2008, accepted: 12 September 2008

Įvadas

Kranto zonos formų (apsauginio paplūdimio kopagūbrio, paplūdimių ir sėklių) regeneracija bei kranto linijos konfigūracijos optimizavimas, grindžiamas sąnašų kiekybiniu reguliavimu priekrantėje ir krante, laikomas moderniausia, efektyviausia ir ekologiškiausia priemone, gerai užsirekomendavusia krantų apsaugoje visame pasaulyje. Vien JAV „dirbtinių“ paplūdimių ilgis jau siekia beveik 1000 km, kasmet ten išpilama virš 30 mln. m³ grunto. Garsiausių JAV, Brazilijos, Meksikos, Ispanijos, Italijos ir kitų šalių kurortų paplūdimiuose sąnašų kiekis papildomas reguliariai. Ši krantų tvarkymo priemonė kaip prioritetinga jau seniai įvardinta ir ES (Hanson et al., 2002). Pažymėtina, kad nuo „kietų“ įvairaus tipo (bangolaužiai, būnų laukai, bangų atbloškėties sienos ir kt.) krantotvarkos priemonių taikymo smėlėtuose krantuose Vokietijoje (bene daugiausia pasaulyje įdiegusioje kietųjų priemonių) pereita prie kranto sąnašų papildymo jau 1951 m. Kranto zonos rekultivacija Vokietijoje per 1951–1999 m. laikotarpį taikyta 60 kranto ruožų, viso išpilta virš 50 mln. m³ grunto. Italijoje pereita prie kranto sąnašų papildymo 1969 m., išpilta virš 16 mln. m³, Olandijoje – 1970 m., taikyta 30 kranto ruožų, viso išpilta virš 110 mln. m³, Prancūzijoje – 1962 m., taikyta 26 kranto ruožuose, išpilta 12 mln. m³, Ispanijoje – 1983 m. taikyta 400 kranto ruožuose, viso išpilta virš 110 mln. m³, Anglijoje – 1950 m., išpilta apie 18 mln. m³ ir iki 2015 m. numatoma išpilti dar 433 mln. m³, Danijoje – 1982 m. – 31 mln. m³ ir t.t. (Hanson et al., 2002).

Lietuvos jūros krantų tvarkyme, dėl dalies „mokslininkų“ ir valdininkų konservatyvaus požiūrio bei neišmanymo (plačiai paplitęs posakis „...pinigų pylimas į jūrą...“), kranto zonos sąnašų papildymo priemonės taikymo praktika krantotvarkoje kol kas labai nedidelė.

Pirmieji paplūdimio sąnašų papildymo darbai Lietuvoje buvo atlikti 1989 m. šiauriau Palangos, ties Kunigiškėmis. Šioje vietoje, 1 km ilgio ruože, buvo išpilta apie 30 000 m³ smėlio.

Paplūdimio rekultivacijai buvo panaudotas iš Šventosios uosto pietinio molo vidinės pusės iškastas smėlis. Kadangi po smėlio išpylimo buvo atlikta tik viena niveliacija, apie šio ruožo rekultivacijos poveikį kranto būklei žinoma palyginus nedaug. Atlikus pakartotiną niveliaciją nustatyta, jog „net po keleto ilgai trukusių štorminių bangavimų sausuminėje kranto zonos dalyje pasiliko apie 70 % užpildo smėlio...“ (Kirllys, 1993). Be to, rekultivacijos metu užpiltos paplūdimyje atsidengusios (po ekstremalių 1983 m. žiemos audrų) holoceno durpių išeigos vėl atsidengė tik po 1993 m. sausio mėn. uragano (Žilinskas, Janukonis, Lazauskas, 1994). Taigi galima teigti, kad (nepaisant nedidelio išpildo smėlio kiekio – 8 m³/m) rekultivacijos dėka 4 metus (1989–1993 m. laikotarpiu) kranto arda šiame ruože buvo sustabdyta, nors šis laikotarpis pasižymėjo audringumu (ypač stiprios audros siautė 1990 m. vasario – kovo mėn.).

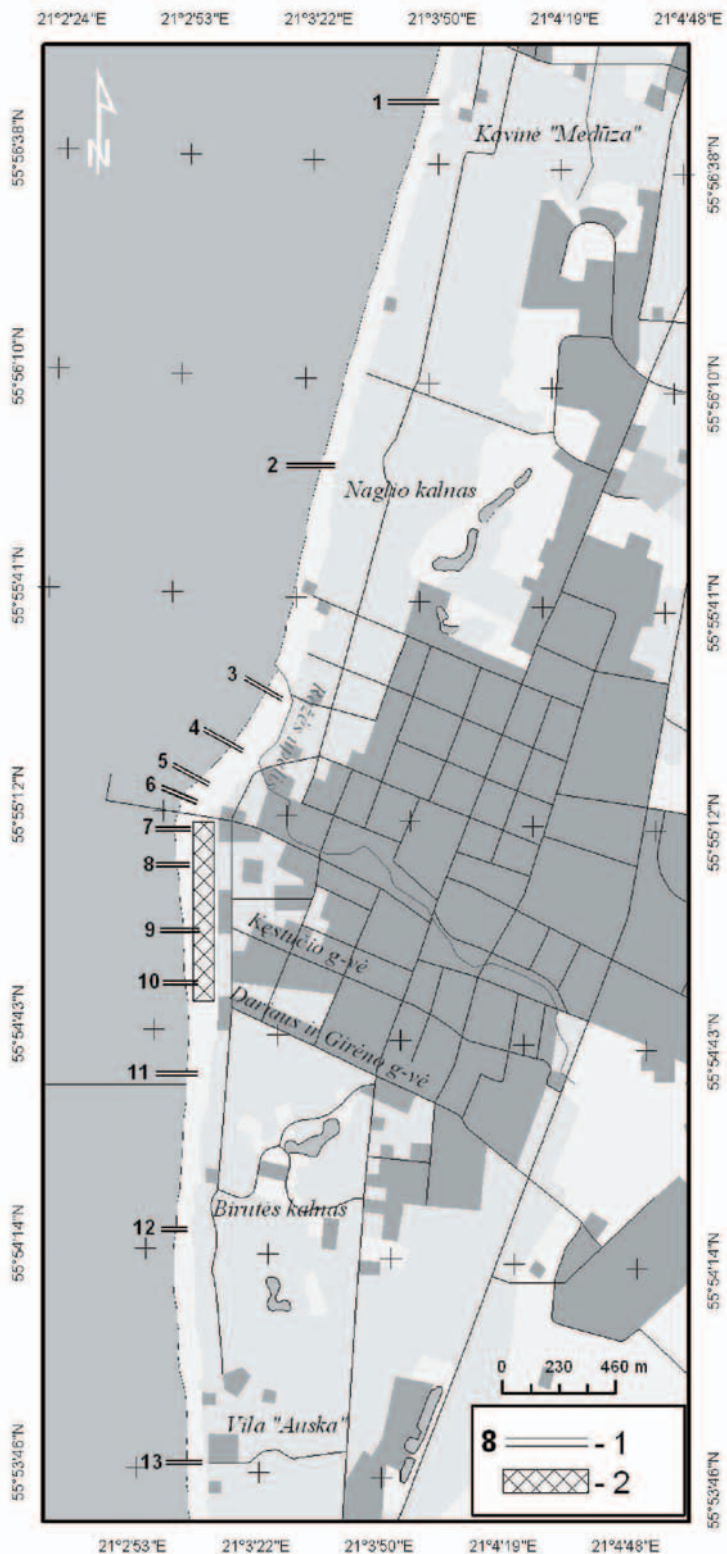
Pirmieji priekrantės rekultivacijos darbai (buvo panaudotas iš Klaipėdos uosto įplaukos kanalo gilinimo metu iškastas smėlis), Lietuvoje atlikti 2001 m. II Melnragės – Girulių ruože, davė gerą krantosauginį efektą (Žilinskas, Jarmalavičius, Pupienis, 2003). Tada (2001 m. vasario – gegužės bei spalio mėn.) 2 km priekrantės ruože buvo išpilta 537 282 m³ smėlio. Dar apie 100 000 m³ buvo išpilta Girulių priekrantėje (ties žmonių su negalia paplūdimiu) 2005 m. sausio mėn. Minėti krantosaugos darbai ne tik apsaugojo II Melnragės – Girulių kranto ruožą nuo stiprių ir ilgai trukusių 2001 – 2002 m. žiemos audrų, bet ir atlaikė 2005 m. praūžusio uragano „Ervinas“ bei 2006–2007 m. žiemos stiprių audrų poveikį. Be to, priekrantės rekultivacijos dėka šiame kranto ruože ilgą laiką vyravusi kranto arda buvo sustabdyta, o nuo 2003 m. čia jau stebimas ir smėlio kaupimasis (kai kuriose atkarpose iki 1,5 m³/m per metus).

Igyvendinant Lietuvos Baltijos jūros žemyninio kranto krantotvarkos programoje (Lietuvos..., 2003) numatytas krantotvarkos priemonės 2006 m. paplūdimio sąnašos buvo papildytos atvežtu iš Kunigiškių karjero smėliu Palangos tilto – Dariaus ir Girėno gatvės kranto ruože. Pažymėtina, kad kranto zonos rekultivacijai pasaulinėje praktikoje dažniausiai naudojamas jūroje iškastas smėlis. Todėl paplūdimio rekultivacijos iš karjero atvežtu smėliu poveikio kranto būklės raidai tyrimai svarbūs tiek praktine, tiek ir moksline prasme. Skirtingomis (nuo paplūdimių sudarančio smėlio) savybėmis (granulimetrinė sudėtis, spalva, dalelių apzulinimo laipsnis) pasižymintis karjero smėlis – geras geodinaminis indikatorius tiriant kranto zonos litodinaminį procesus.

1. Tyrimų metodika

Paplūdimio rekultivacija atvežtiniu smėliu 2006 m. vasario–kovo mėnesiais buvo atliekama 800 m ilgio kranto ruože, kurio pradžia buvo 30 m piečiau nuo Palangos tilto, o pabaiga 50 m šiauriau Dariaus ir Girėno gatvės. Tačiau, siekiant įvertinti galimą atvežto smėlio judėjimą hidro-litodinaminių procesų poveikyje, tyrimai apėmė 6 km ilgio Palangos rekreacinės zonos kranto ruožą (nuo kavinės „Medūza“ šiaurėje iki „Auskos“ vilos pietuose). Paplūdimio rekultivavimo poveikis kranto būklei tiriamajame ruože stebėtas 13-oje atraminių kranto profilių: 4 profiliuose kranto rekultivuojamame ruože (vidutiniškai kas 200 m) ir 9 – už šios zonos ribų (1 pav.). Pažymėtina, kad 9 profiliuose (1–4, 6, 7, 11–13) kasmetiniai kranto būklės stebėjimai vykdomi jau nuo 1993 m., likusiuose (5, 8, 9) nuo 1999 m. (1 pav.). Tokia pakankamai ilga stebėjimo duomenų seka leido tiksliai įvertinti ne tik morfometrinius pokyčius, įvykusius po paplūdimio rekultivacijos, bet ir jų poveikį daugiametėms kranto dinamikos tendencijoms. Skersinių kranto profilių niveliacija buvo atliekama elektroniniu tacheometru. Kameralinių darbų metu buvo apskaičiuoti paplūdimio sąnašų tūrių (iki vidutinio daugiamečio jūros lygio) pokyčiai (m³/m).

Kranto sąnašų sudėties analizei buvo imami (prieš išpylimą, po išpylimo bei praėjus 1 ir 2 metams po išpylimo) paviršiniai smėlio pavyzdžiai 9 skersiniuose kranto profiliuose (1, 2, 4, 8–10, 11–13) gerai reprezentuojančiuose gretimus kranto ruožus (1 pav.). Viename profilyje buvo imami 3 pavyzdžiai: kopagūbrio papėdėje, paplūdimio viduryje



1 pav. Tyrimų rajono schema. 1 – matavimų profiliai, 2 – smėlio išpylimo vieta
Fig. 1. Scheme of studied area: 1 – measuring profiles, 2 – sand dumping site

ir prie dinaminės kranto linijos. Pavyzdžiai buvo mechaniškai sijojami kratytuvu. Naudotas 11-os sietų komplektas, išskiriantis šias frakcijas: >1,6; 1,6–1,0; 1,0–0,63; 0,63–0,4; 0,4–315; 0,315–0,2; 0,2–0,16; 0,16–0,1; 0,1–0,063; 0,063–0,05; <0,05 mm. Tačiau, kaip rodo pasaulinė panašių tyrimų praktika, nepakanka remtis vien atskirų smėlio frakcijų ir granulimetrinės sudėties bei koeficientų (vidurkis, mediana, rūšiuotumas) tarpusavio palyginimu (kas iki šiol buvo atliekama Lietuvoje), kadangi praktiškai niekada atvežtinio smėlio sudėtis idealiai nesutampa su esamu pylimo vietoje smėlio granulimetrine sudėtimi. Todėl buvo panaudoti ir kiti rodikliai, vadinami *James* kriterijais (R_A ir R_f), leidžiantys tiksliau įvertinti atvežtinio smėlio tinkamumą kranto regeneracijai (*James*, 1975). Šiame darbe *James* kriterijai R_A ir R_f buvo apskaičiuoti remiantis „Krantų apsaugos instrukcijose“ (*Shore...*, 1984) pateikiama R. G. Dean modifikacija. Pažymėtina, kad pastaruoju metu pagrindiniu faktoriumi dažniau yra laikomas R_A . Remiantis pasauline praktika (plačiai taikoma nuo 9-o dešimtmečio pradžios) patvirtintomis rekomendacijomis (*Shore...*, 1984 ir kt.) smėlis yra tinkamas naudoti kranto rekultivacijos darbams, jei „atvežtinio“ ir „vietinio“ (paplūdimio) smėlio R_A yra tarp 1,00 ir 1,05, o R_f – apie 0,2.

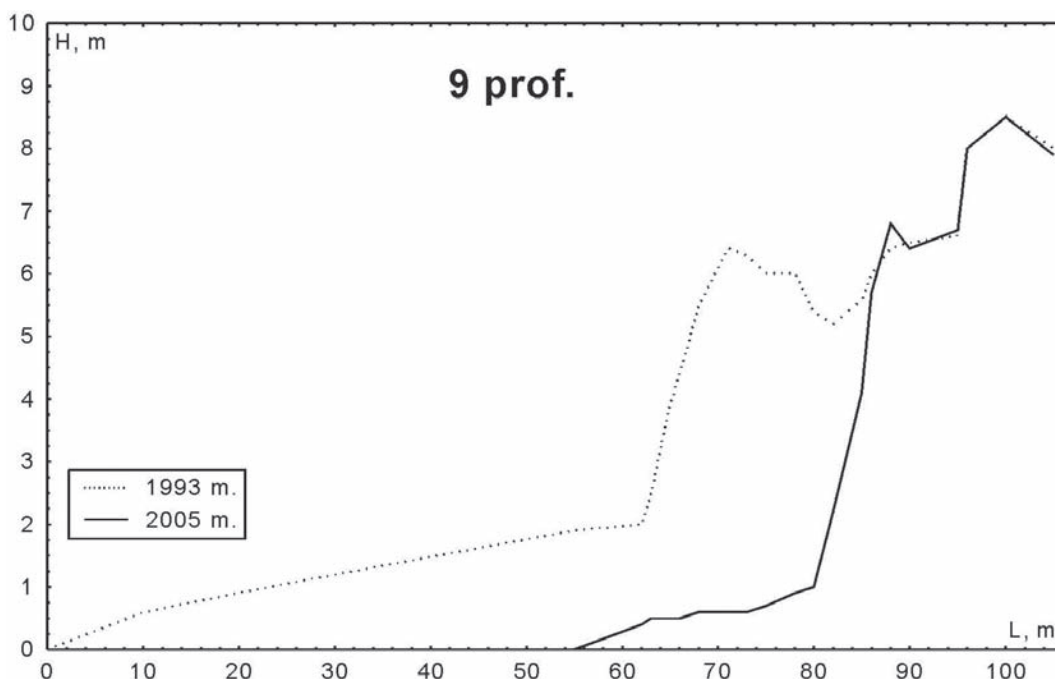
Kaip parodė anksčiau atlikti detalūs Lietuvos jūrinio kranto paviršinių sąnašų tyrimai (*Jarmalavičius, Žilinskas* 1996), atskiras sąnašų pavyzdys visada būna santykinai atsitiktinis (t.y., labai priklauso nuo lokalinių profilio vietos krante sąlygų). Todėl, atlikus atskiruose profiliuose paimtų paviršinių sąnašų granulimetrinę analizę, gauti duomenys buvo apibendrinti (suvidurkinti). Tokiu būdu tyrimų rajone buvo išskirti trys litologiniai kranto ruožai: šiaurinis (apėmė 1, 2, 4 prof. duomenis), centrinis (rekultivuojamo ruožo, apėmė 8-10 prof. duomenis) ir pietinis (apėmė 11-13 prof. duomenis).

2. Tyrimų rezultatai

Krantų būklė iki paplūdimio rekultivacijos darbų. Palangos rekreacinės zonos kranto būklė ir jos dinaminės tendencijos, vyravusios iki paplūdimio rekultivacijos, įvairiais aspektais aprašytos eilėje darbų (*Žilinskas, Janukonis, Lazauskas*, 1994; *Žilinskas, Jarmalavičius*, 1997, 2003; *Jarmalavičius, Žilinskas*, 1996, 2002; *Žilinskas, Jarmalavičius, Kulvičienė*, 2000; *Žilinskas, Jarmalavičius, Minkevičius*, 2001; *Žilinskas*, 2005; *Žilinskas, Jarmalavičius, Pupienis* 2005; *Dubra*, 2006; ir kt.). Todėl čia tik trumpai pateiksime kranto atkarpos, kurioje buvo vykdomi rekultivacijos darbai (Palangos tiltas – Dariaus ir Girėno gatvė) būklės vertinimą.

Šis ruožas palei krantą tęsiasi apie 880 m. Iki rekultivacijos darbų kranto ardų intensyvumas (1993–2005 m. laikotarpiu) pietinėje tilto pusėje siekė 8 m³/m per metus, ties Kęstučio gatve – 12,3 m³/m (2 pav.). Didžiausi kranto ardų tempai visoje Palangos rekreacinėje zonoje užfiksuoti ties Dariaus ir Girėno gatve, čia krantas prarasdavo vidutiniškai net 13,5 m³/m smėlio per metus. Nagrinėjamo ruožo paplūdimys iki rekultivacijos darbų buvo siauras (audrų sezono metu jo plotis siekė tik 8–20 m, vasarą 20–35 m) ir žemas (kai kur nesiekiantis net 1 m aukščio). Paplūdimio smėlio atsargos iki rekultivacijos darbų buvo mažos: nuo 24,8 iki 35,1 m³/m (vid. apie 32,5 m³/m). Todėl net vidutinio bangavimo metu paplūdimį užliedavo jūros vanduo ir bangų goža bei plūsmo srautas aktyviai ardė apsauginį paplūdimio kopagūbrį. Vakarinis 4–6 metrų aukščio kopagūbrio šlaitas stipriai nuardytas bangų bei plūsmo srauto. Viršūnė suskaidyta mikrogriovų, bei gausybės įvairių defliacinių formų.

Krantų morfologijos pokyčiai po paplūdimio rekultivacijos darbų. Iš Kunigiškių karjero atvežus 40 000 m³ smėlio, rekultivuojamame kranto ruože į vieną paplūdimio ilgį metrą jo buvo išpilta nuo 30 iki 70 m³. Pilamo smėlio kiekiai mažėjo pietų kryptimi: jei tilto prieigose buvo išpilta apie 70 m³, tai pietinėje regeneruojamo paplūdimio dalyje – tik apie 30 m³ (1 lentelė). Išpylus smėlį paplūdimiai praplatėjo 10–20 m ir pasiekė 40–65 m plotį. Paplūdimio aukštis padidėjo 1,0–1,5 m, pasiekdamas vidutiniškai 2,5 m aukštį.



2 pav. Kranto skersinio profilio ties Kęstučio gatve (9 prof.) dinamika iki rekultivacijos darbų (1993–2005 m. laikotarpyje)

Fig. 2. Dynamics of coastal cross-section profile near the Kęstučio Str. before regeneration works (in 1993–2005)

1 lentelė. Smėlio atsargų (Q) kaita rekultivuotame paplūdimio ruože

Table 1. Dynamics of sand supplies (Q) in the regenerated beach sector

Profilio Nr.*	Q, m ³ /m				Pastabos
	2006 01	2006 04	2007 04	2008 04	
Profile No*					Notes
7	35,1	103,6	47,8	58,0	pilta dumped
8	24,8	84,8	50,5	49,4	pilta dumped
9	30,5	75,3	46,3	36,0	pilta dumped
10	28,2	54,2	40,0	34,0	pilta dumped
11	42,0	42,3	33,0	32,0	nepilta not dumped

* Profilio vietos parodytos 1 pav.

* Profile sites are shown in Fig. 1

Po išpylimo sekusi vasara, kaip įprasta šiam sezonui, pasižymėjo ramiais orais, todėl rekultivacijos metu suformuoto paplūdimio morfometriniai parametrai išliko beveik nepakitę. Tik apatinėje paplūdimio dalyje, kritus jūros lygiui, vietomis paplūdimio sąnašų kiekis padidėjo 2–5 m³/m smėlio. Prasidėjus rudeniiui padažnėjo ir audrų, kurių metu bangos ir plūsmo srautas jau pradėjo performuoti paplūdimio sąnašų storumę. 2006–2007 m. rudens–žiemos laikotarpis buvo audringas, tai lėmė sąnašų išplovimą iš daugelio tiriamo ruožo kranto atkarpų. Atlikti matavimai parodė, kad kranto geodinaminių tendencijų pobūdis (vyravęs iki rekultivacijos darbų) visame tyrimų ruože išliko beveik nepakitęs

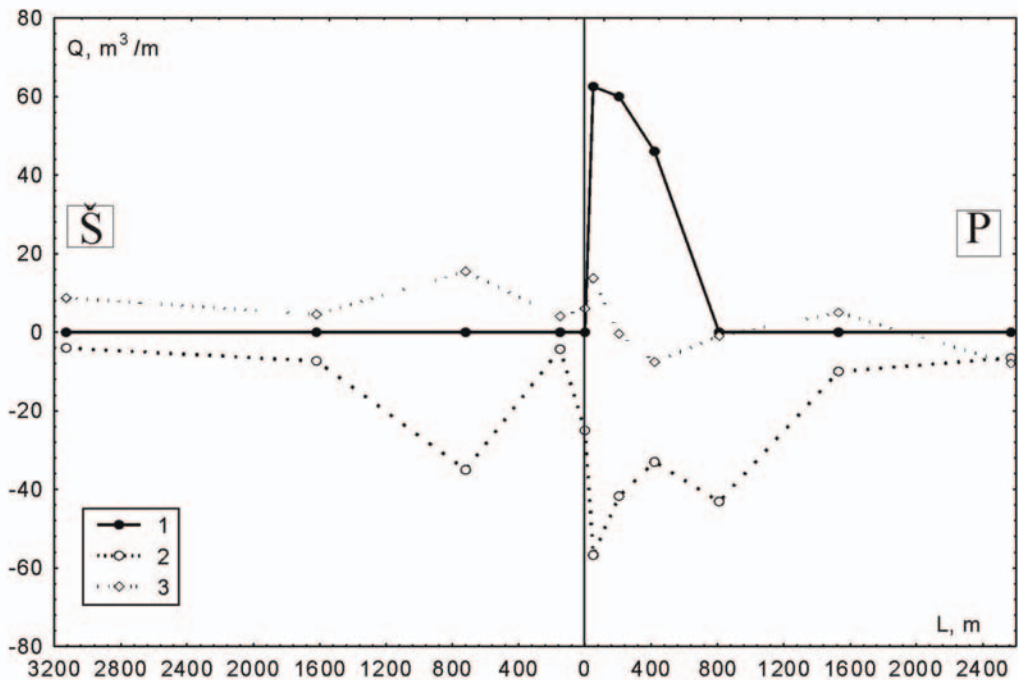
ir po rekultivacijos. Didžiausia kranto arda (kaip ir iki rekultivacijos) buvo užfiksuota kranto atkarpoje tarp Palangos tilto ir Birutės kalno (3 pav.). Šioje atkarpoje 2006–2007 m. žiemą iš vieno ilginio paplūdimio metro buvo išplauta nuo 33 iki 57 m³ smėlio. Mažiausia arda užfiksuota šiauriausioje (ties „Medūzos“ kavine) ir piečiausioje (ties „Auskos“ vila) tiriamojo ruožo dalyse – čia iš vieno kranto ilginio metro buvo išplauta 4,0–6,5 m³ smėlio. Taigi galima teigti, kad smėlio papildymas iš esmės tiriamojo ruožo daugiamečių kranto dinamikos tendencijų nepakeitė. Kiti metai (2007 m. pavasaris – 2008 m. pavasaris) pasižymėjo ramesniais orais, todėl daugelyje Lietuvos jūrinio kranto ruožų buvo stebima akumuliacija. Tyrimų ruožo šiaurinėje dalyje taip pat buvo užfiksuota smėlio akumuliacija – joje krantas pasipildė vidutiniškai 8,7 m³/m smėlio. Pagausėjo smėlio ir pietinėje Palangos tilto pusėje, kur maždaug 100 m atkarpoje nuo tilto buvo užfiksuota vidutiniškai 13,7 m³/m smėlio akumuliacija. Šiauriau vyravo 0,5–8,0 m³/m ardų tendencijos (3 pav.). Analizuojant 2006–2008 m. dinamines tendencijas (4 pav.) galima pastebėti padidėjusią smėlio akumuliaciją ir šiauriau Palangos tilto. Tikėtina, kad dalis sąnašų, nuplautų 2006–2007 m. žiemą iš rekultivuoto paplūdimio, buvo pernešta į šiauriau esančios (Palangos tiltas–Rąžės upelis) kranto atkarpos priekrantę ir 2007–2008 m. ramesnių orų laikotarpyje šiek tiek papildė šios atkarpos paplūdimio sąnašų atsargas.



3 pav. Paplūdimio rekultivacijos darbai (2006 03 17 nuotrauka)

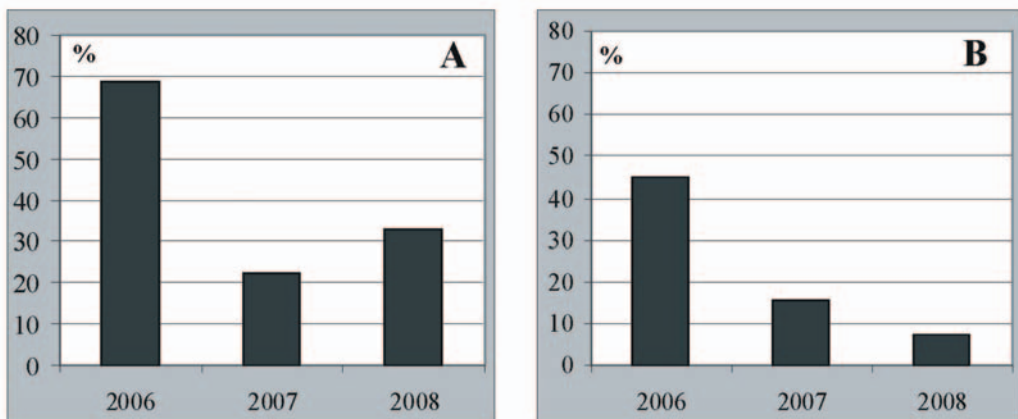
Fig. 3. Beach regeneration works (photo made in 17 03 2006)

Vertinant išpildo smėlio dinamiką regeneruojamoje atkarpoje galima konstatuoti, kad po audringos 2006–2007 m. žiemos išpylimo vietoje jo liko nuo 11,0 (ties Dariaus ir Girėno gatvė) iki 22,5 m³/m (ties tiltu), t.y. atitinkamai nuo 30 iki 45%. Vėliau, ramiu vasaros laikotarpiu į šią kranto atkarpą buvo gražinta dar 2,5–8,0 m³/m smėlio. Taigi per metus regeneruojama kranto atkarpa neteko nuo 55 iki 70 % išpildo smėlio (5 pav.). Dar po metų (2007–2008 m. laikotarpiu) smėlio kiekio kaita rekultivuotoje atkarpoje tapo įvairesnė. Piečiau Palangos tilto smėlio kiekis paplūdimyje padidėjo (dėl vyravusios



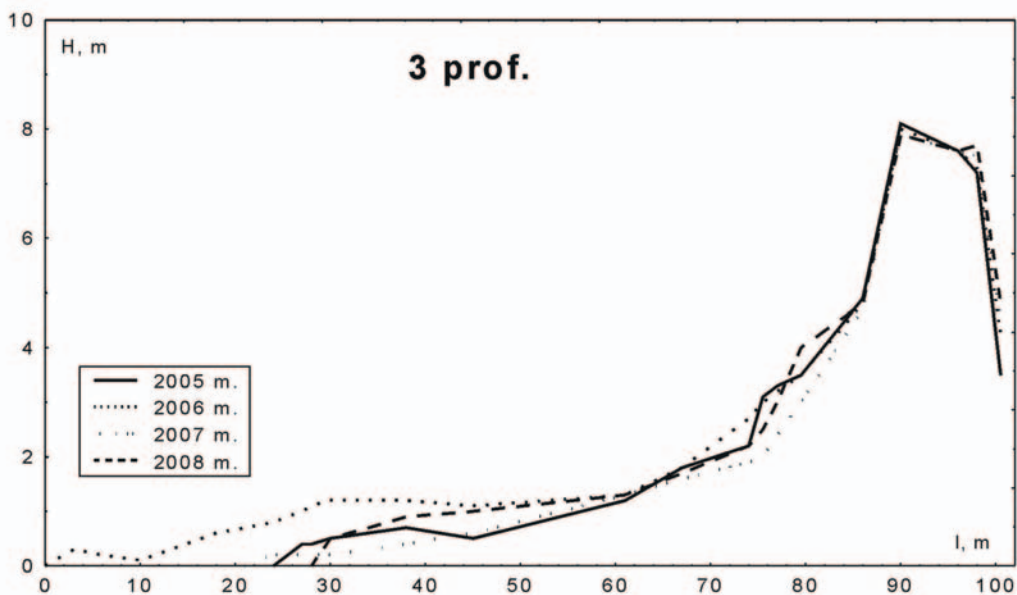
4 pav. Tiriamojo kranto ruožo (tarp kavinės „Medūza“ ir vilos „Auska“) sąnašų ($Q, m^3/m$) pokyčiai po smėlio išpylimo 2006 m. (1), 2006–2007 m. (2) ir 2007–2008 m. (3). Abscisių ašies „0“ – tilto vieta
Fig. 4. Changes of the amount of sand sediments ($Q, m^3/m$) in the studied coastal sector (between „Medūza“ cafe and „Auska“ villa) after sand dumping in 2006: 1) in 2006–2007, 2) 2007–2008, 3) „0“ of abscissa axis – at the pier

šiaurinės krypties pernašos) maždaug $3 m^3/m$, tuo tarpu pietinėje regeneruotos atkarpos dalyje daugiamečių dinamikos tendencijų pobūdis išliko nepakitęs. Čia krantas prarado maždaug $8 m^3/m$ smėlio. Taigi po dviejų metų regeneruotos atkarpos paplūdimyje liko nuo 10% (ties Dariaus ir Girėno gatve) iki 50 % (ties tiltu) išpilto smėlio. Pažymėtina, kad „likusių“ sąnašų kiekį sudarė ne tik atvežtinis smėlis, bet ir iš piečiau esančios kranto atkarpos atneštas smėlis.

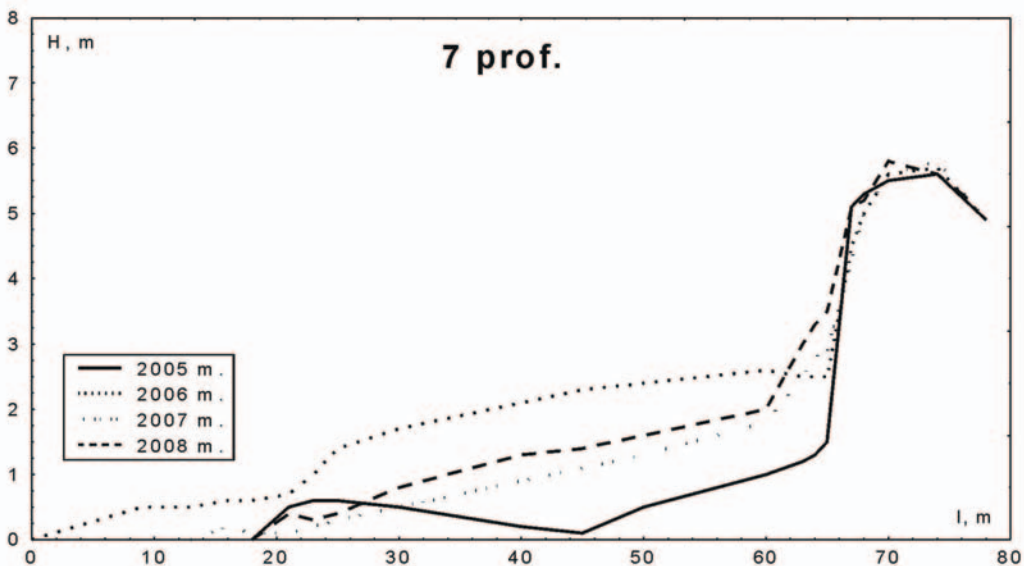


5 pav. Išpiltų sąnašų kiekio kaita 2006–2008 m. laikotarpiu piečiau tilto (A) ir ties Kęstučio gatve (B)
Fig. 5. Dynamics of the amount of dumped sediments: A south of the pier and near the Kęstutis str. in 2006–2008

Stebint skersinio kranto profilio kaitą po išpylimo tiriamajame ruože (6–8 pav.) galima teigti, kad kranto profilis „stengėsi“ palaipsniui grįžti į pradinę (ardomo kranto) būseną. Šiauriau regeneruojamos atkarpos (ties Ražės upeliu) iš karto po išpylimo, vykstant smėlio pernašai į šiaurę iš regeneruotos kranto atkarpos, paplūdimyje buvo užfiksuota nedidelė smėlio akumuliacija. Tačiau praslinkus metams šioje vietoje atsistatė krantui būdingas skersinis profilis. Panašus procesas užfiksuotas ir regeneruotoje kranto atkarpoje (7 pav.).

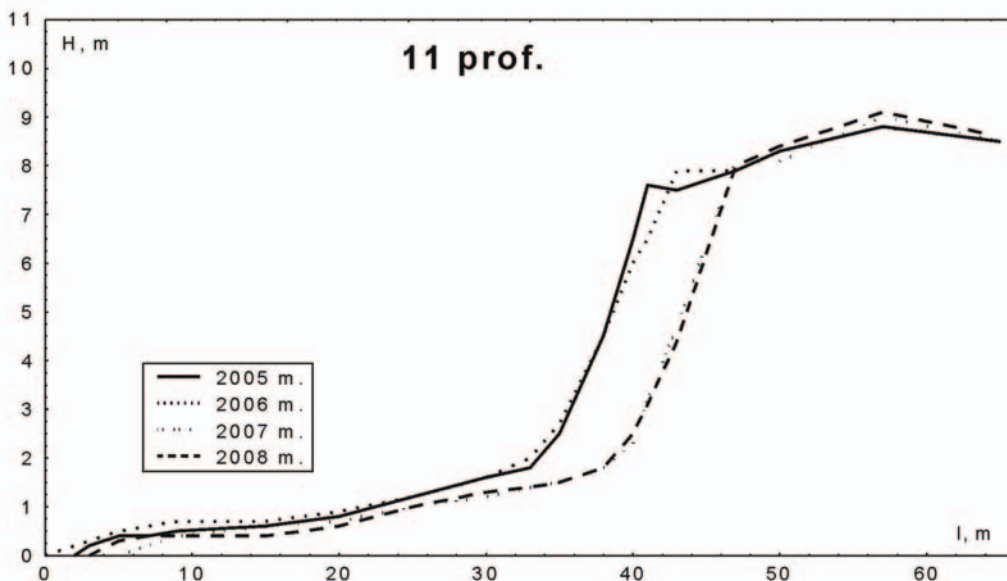


6 pav. Kranto skersinio profilio dinamika 2005–2008 m. ties Ražės upeliu
 Fig. 6. Dynamics of coastal cross profile in 2005–2008 at the Ražė Stream



7 pav. Kranto skersinio profilio dinamika 2005–2008 m. piečiau tilto
 Fig. 7. Dynamics of the coastal cross profile south of the pier in 2005–2008

Čia paplūdimiai jau po metų susiaurėjo iki prieš pylimą buvusio pločio. Tiesa, paplūdimių aukštis išliko pakankamai didelis. Piečiau regeneruotos kranto atkarpos dinaminės tendencijos išliko panašios, tačiau čia nesant pakankamam smėlio kiekiui paplūdimyje, jis buvo išplautas iš apsauginio paplūdimio kopagūbrio. Pastarasis neteko maždaug 40 m³/m smėlio, o kopagūbrio papėdė ir viršūnė atsitraukė maždaug 5 metrus. Tai rodo, kad smėlio išpylimas nors ir nepakeitė neigiamų daugiamečių geodinaminių tendencijų regeneruoto paplūdimio atkarpoje, tačiau du metus apsaugojo kopagūbrį nuo ardos.



8 pav. Kranto skersinio profilio dinamika 2005-2008 m. piečiau Darius ir Girėno gatvės
Fig. 8. Dynamics of the coastal cross profile south of the Darius and Girėnas Str. in 2005–2008

Kranto paviršinių sąnašų sudėties pokyčiai po paplūdimio rekvivacijos darbų. Iki rekvivacijos darbų visame tyrimų ruožo (kavinė „Medūza“ – vila „Auska“) paplūdimyje vyravo gerai rūšiuotas smulkiagrūdis smėlis (80%) su vidutینگrūdžio smėlio priemaišomis (20%), jo vidutinis diametras sudarė 0,21 mm, o rūšiuotumo koeficientas buvo 1,22. Pažymėtina, kad tiriamojo ruožo paplūdimio sąnašų sudėtis (iki rekvivacijos) nesikeitė nuo 1993 m. (Jarmalavičius, Žilinskas 1996).

Po rekvivacijos centrinės (rekvivotos) tyrimų ruožo dalies paplūdimio smėlių sudėtyje atsirado ne tik vidutینگrūdžio bei stambiagrūdžio smėlio, bet net žvirgždo bei gargždo. Taip pat padidėjo ir aleurito kiekis, kuris pirmąją vasarą po išpylimo „dulkėdamas“ piktino poilsiautojus. Smėlio spalva pakito iš šviesiai gelsvos į tamsiai gelsvą ar net rusvą. Šiuos paplūdimio smėlio mechaninės sudėties (1 lent.) bei kitus minėtus pokyčius sąlygojo atvežto smėlio savybės. Kaip matyti iš lentelėje pateiktų duomenų, Palangos krante vyravo smulkiagrūdis gerai rūšiuotas smėlis, o stambesnių nei 0,5 mm smėlio dalelių pasitaikydavo itin retai, ką jau kalbėti apie žvirgždą bei gargždą. Tuo tarpu atvežtiniame smėlyje nemažą dalį sudarė ir žvirgždas bei mažai apzulinatas gargždas.

Vertinant atvežto iš Kunigiškių karjero smėlio tinkamumą paplūdimio regeneracijai, buvo remtasi sąnašų tinkamumo vertinimo kriterijais (žr. metodiką). Palyginus tiriamojo ruožo paplūdimio smėlio ir atvežto iš karjero smėlio rodiklius nustatyta, kad R_A yra 1,05–1,08, o R_f – apie 0,15. Taigi remiantis James kriterijais galima teigti, kad karjero smėlis nelabai tiko šio ruožo rekvivacijai.

Vertinant smėlio granulimetrinės sudėties kitimą nuo 2005 m. (9, 10, 11 pav.) skirtinguose paplūdimio segmentuose regeneruojamoje kranto atkarpoje galima pastebėti, kad mažiausi smėlio granulimetrinės sudėties pokyčiai vyko apsauginio paplūdimio

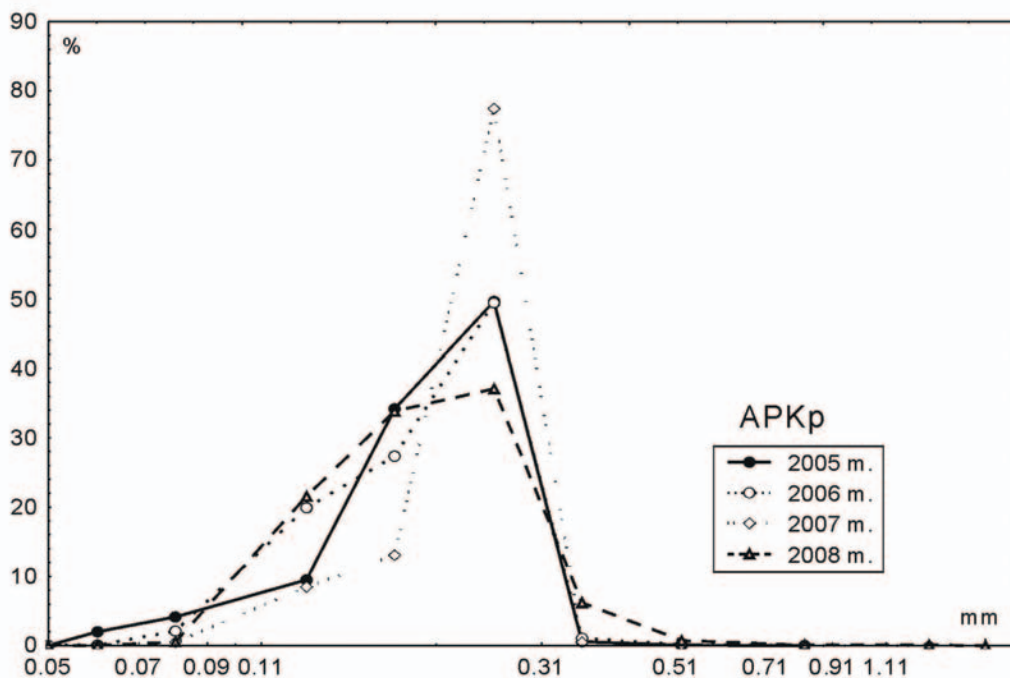
2 lentelė. Tiriamojo ruožo paplūdimio ir iš Kunigiškių karjero atvežto smėlio granulimetrinė sudėtis (%)
Table 2. *Granulometric composition of the sand from the study area and Kunigiškai quarry (%)*

	Frakcijos, mm / Fractions, mm											d, mm	So
	>1,6	1,6-1,0	1,0-0,63	0,63-0,4	0,4-0,315	0,315-0,2	0,2-0,16	0,16-0,1	0,1-0,063	0,063-0,05	<0,05		
Paplūdimio smėlis <i>Beach sand</i>	0	0,02	0,04	0,24	1,00	47,70	35,90	10,39	3,97	0,72	0,02	0,21	1,24
Karjero smėlis <i>Quarry sand</i>	13,5	2,75	3,22	6,92	10,5	38,96	16,05	7,00	0,73	0,12	0,25	0,49	1,47

d – vidutinis smėlio dalelių skersmuo / d – mean diameter of sand particles

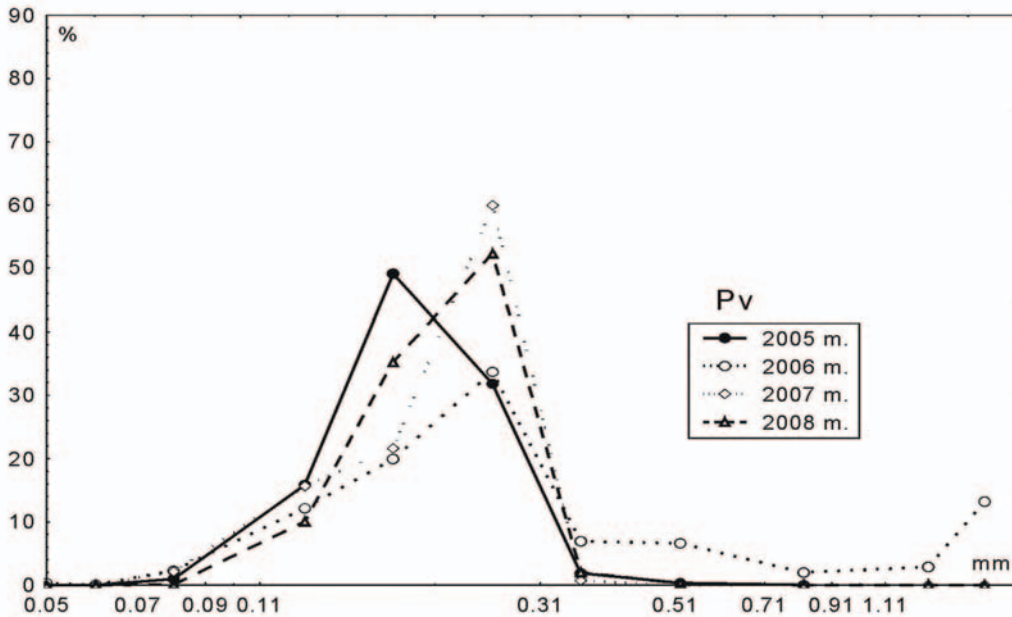
So – rūšiuotumo koeficientas / So – sorting coefficient

kopagūbrio papėdėje. Šioje vietoje, kur buvo atvežtinio smėlio pylimo pabaiga, stambesnių frakcijų nepadaugėjo, o vėjas iš atvežtinio smėlio į kopagūbrio papėdę pernešė kopagūbrį formuojantį 0,16–0,315 mm skersmens smėlį. Tiesa, 2007 m., po audringos 2006–2007 m. žiemos, buvo kiek sumažėję 0,16–0,2 mm smėlio dalelių, o 0,2–0,315 mm – padidėję, tačiau, vėliau akumuliuojantis smulkesnėms dalelėms smėlio dalelių dydžio pasiskirstymo kreivė priartėjo prie buvusių (9 pav.).



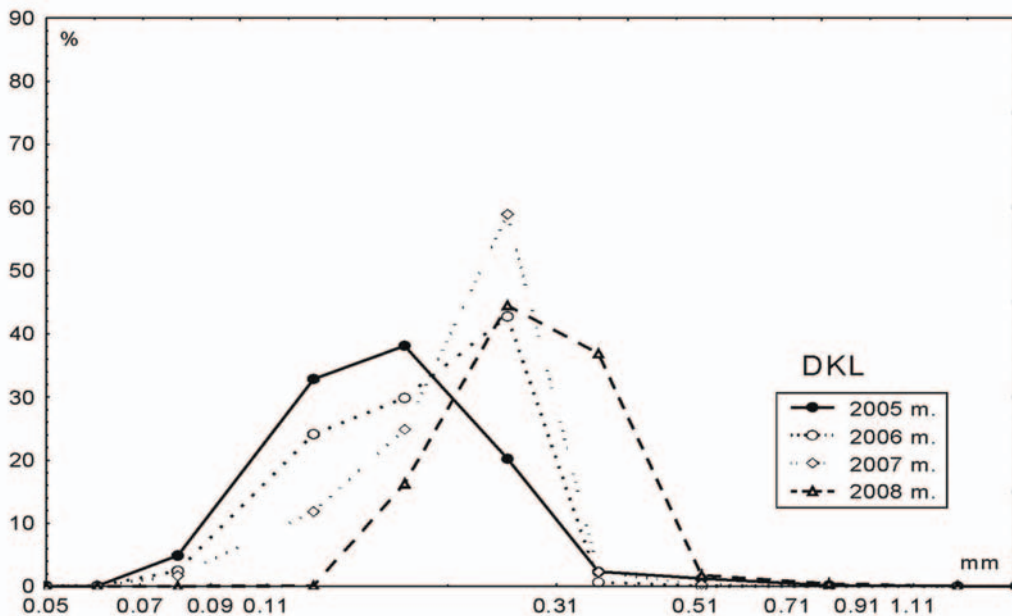
9 pav. Paviršinių sąnašų granulimetrinės sudėties kaita rekultivuotos kranto atkarpos kopagūbrio papėdėje
Fig. 9. *Dynamics of granulometric composition of surface sediments at the bottom of regenerated beach ridge*

Didesni pokyčiai užfiksuoti paplūdimio viduryje, kur po audringos 2006–2007 m. žiemos buvo išplautas stambesnis nei 0,4 mm smėlis, ir vėliau jis čia „nebegrižo“. Vietoj jo čia pradėjo kauptis smulkesnės (0,16–0,2 mm skersmens) smėlio dalelės. Taigi praslinkus dvejiems metams po smėlio išpylimo, paplūdimyje vėl vyraujantys tampa 0,16–0,315 mm frakcijos smėliai, sudarantys virš 80% nuo visų sąnašų kiekio (10 pav.).



10 pav. Paviršinių sąnašų granulometrinės sudėties kaita rekultivuotos atkarpos paplūdimio viduryje
 Fig. 10. Dynamics of granulometric composition of surface sediments in the middle of regenerated beach

Didžiausi pokyčiai įvyko ties dinamine kranto linija. Kadangi sąlyčio su jūra vietoje aplinka yra labai dinamiška, todėl čia kaupėsi iš paplūdimio išplautos stambiausios smėlio dalelės. Šioje vietoje po rekultivacijos buvo stebimos žvirgždo ir gargždo sankaupos bei pavieniai nedideli rieduliai. Po dviejų metų smėlio granulometrinės sudėties pasiskirstymo pobūdis prie dinaminės kranto linijos kol kas negrįžta į buvusią sudėtį (11 pav.). Ši situacija pasikeistų, jei čia prasidėtų akumuliaciniai procesai. Tuomet besikaupiantis smėlis palaidotų žvirgždo bei gargždo sankaupas.



11 pav. Paviršinių sąnašų granulometrinės sudėties kaita rekultivuojoje atkarpoje ties dinamine kranto linija.
 Fig. 11. Dynamics of granulometric composition of surface sediments at the dynamic shoreline of regenerated beach sector

Stebėti smėlio pernašą išilgai kranto remiantis smėlio dalelių granulimetrine sudėtimi yra žymiai kebliau, kadangi išpiltas santykinai mažas smėlio kiekis ištirpsta bendroje smėlio masėje. Todėl didesnių smėlio granulimetrinės sudėties pokyčių už rekultivacijos ruožo ribų išilgai kranto nebuvo užfiksuota. Šiuo atveju geresnis indikatorius yra žvirgždas bei gargždas, kurie šioje kranto atkarpoje atsirado tik po paplūdimio regeneracijos. Kaip jau minėta, didžiausi jo kiekiai audrų metu išplauti iš paplūdimio susikonzentravo ties dinamine kranto linija, formuodami Palangai iki rekultivacijos nebūdingas žvirgždo bei gargždo sankaupas. Šios sankaupos praslinkus metams po paplūdimio regeneravimo darbų buvo stebimos regeneruotame paplūdimio kranto ruože bei šiauriau jo iki Rąžės upelio. Kitas, apie 1 km ilgio žvirgždo gargždo sankaupų arealas užfiksuotas šiauriau Palangos gelbėjimo stoties. Įdomu tai, kad tarp Rąžės upelio ir gelbėjimo stoties gargždo nerasta. Tai rodo, kad išplaunamos iš rekultivuoto ruožo sąnašos į šiaurę juda dviem keliais: vienas – jūra, kai išplovos kanalu aplenkia būną ir „keliauja“ tolyn į šiaurę ir rimstant audrai išskalaujamas į krantą šiauriau gelbėjimo stoties, ir antras – paplūdimiu, kai pakilus jūros lygiui ir užliejus būną nešmenys plūsmo srauto pernešami Rąžės upelio link. Pažymėtina, kad po audringos 2007 m. žiemos gargždo kiekis šiauriau gelbėjimo stoties beveik dešimteriopai viršijo gargždo kiekį, susikaupusį tarp Palangos tilto ir Rąžės upelio. Tai rodo, kad Palangos tilto – Birutės kalno litodinaminiam segmente išplautų sąnašų vyraujanti pernaša yra „jūrinė“.

Praėjus dar metams (2008 m.) gargždo sankaupos šiauriau tilto buvo palaidotos po čia akumuliuoto smėlio sluoksniu. Rekultivuotame ruože gargždo sankaupos buvo užpiltos 2008 m. balandžio–gegužės mėnesiais iš jūros Juodkrantės–Preilos poligone iškastu smėliu. Taigi praėjus dvejim metams po paplūdimio regeneracijos darbų didžiausios gargždo ir net smulkių riedulių sankaupos buvo užfiksuotos (kol jų neužpylė) didžiausios ardos vietoje, tarp Palangos tilto ir Dariaus ir Girėno gatvės, t.y., praktiškai toje vietoje, kur buvo vykdomi paplūdimio regeneracijos darbai.

Piečiau rekultivacijos vietos (11–13 prof.) paplūdimio sąnašų sudėtis tyrimų laikotarpiu išliko nepakitusi. Tiesa, pavienio neapzulinto gargždo po audringos 2007 m. žiemos buvo aptikta ir ties Birutės kalnu.

3. Apibendrinimas ir diskusija

Atlikta tyrimų duomenų analizė parodė, kad vykdyti paplūdimio rekultivacijos darbai Palangos tilto – Dariaus ir Girėno gatvės kranto atkarpoje nors ir nepakeitė čia vyravusių kranto ardos dinaminę tendencijų, bet apsaugojo kopagūbrį nuo išplovimų audringos 2006–2007 m. žiemos metu. Be to, praplatėjęs paplūdimiui ir padidėjęs jo aukščiui pagerėjo šio ypač populiaraus tarp poilsiautojų kranto ruožo technologinio tinkamumo rekreacijai charakteristikos: padidėjo rekreacinė erdvė ir pagerėjo gulėjimo sąlygos (paaukštėjęs paplūdimiui sumažėjo jo uždrėkimas).

Išpylus 40 000 m³ smėlio 800 m paplūdimio atkarpoje, po metų (2007 m.) šioje vietoje jo buvo likę apie 15 000 m³, arba 37,5% viso išpulto smėlio kiekio. Praėjus dvejim metams po sąnašų papildymo, rekultivuotame ruože atvežtinės sąnašos sudarė apie 8 000 m³ arba 20%.

Remiantis aukščiau atlikta analize galima teigti, kad aktyviai ardomame krante (Palangos atvejis) esant vidutinio intensyvumo hidrometeorologiniam režimui (kas antra žiema audringa), išpylus vidutiniškai 50 m³ smėlio į vieną ilginį paplūdimio metrą, kranto būklė rekultivuotoje atkarpoje buvo stabilizuota 2–3 metams. Kranto sąnašų papildymo praktika daugelyje šalių (Hanson et al., 2002; Siermans, Nieuwenhuis, 2003 ir kt.) rodo, kad išpilant vidutiniškai 50 m³/m sąnašų rekultivuotame paplūdimio ruože šių darbų krantosauginis efektas išlieka bent jau 4–7 metus. Manome, kad Palangos atveju santykinai mažą rekultivacijos krantosauginį efektyvumą nulėmė visa eilė tiek objektyvių, tiek ir subjektyvių priežasčių, kurias bent jau trumpai apžvelgsime žemiau.

Pirma – kaip jau minėjome, atlikta lyginamoji atvežtinio ir natūralaus paplūdimio smėlių *James* kriterijų analizė parodė, kad atvežtinis smėlis nelabai tinka tiriamojo ruožo rekultivacijai.

Antra – Palangos tilto – Birutės kalno atkarpos priekrantėje yra didelis nešmenų deficitas (Smėlio..., 2006). Todėl kitaip nei kituose Lietuvos pajūrio ruožuose, po stiprių audrų šiame kranto ruože nuplautas smėlis iš priekrantės į krantą beveik negražinamas. Dėl šios priežasties, siekiant didesnio paplūdimio rekultivacijos efekto, Krantotvarkos programoje buvo rekomenduota prieš paplūdimio rekultivaciją atlikti priekrantės sąnašų papildymą (Pajūrio juostos..., 2005). Deja tai ligi šiol neatlikta.

Trečia – išpiltas per mažas (40 000 m³) smėlio kiekis, kai tuo tarpu Krantotvarkos programoje (Pajūrio juostos..., 2005) buvo numatyta 100 000 m³.

Ketvirta – rekultivacijos darbų krantotvarkinės priežiūros vykdytojai nesuvokė, kad susiformavusi tarp Palangos tilto ir Birutės kalno mezo įlanka – tai vieningas hidrolitodinaminis segmentas. Dėl to (nors prieš pylimą buvo ne kartą perspėta) smėlis buvo išpiltas ne įlankoje (tai būtų išlyginę kranto liniją, dėl to rekultivacijos krantosauginis efektas būtų žymiai geresnis), o jos šiaurinėje (kyšulio) dalyje, taip dar labiau padidinant kranto linijos vingiuotumą, o tuo pačiu ir ruožo „neatsparumą“ audroms. Be to, priešingai nei buvo nurodyta Krantotvarkos programoje (Pajūrio juostos..., 2005) didžiausi smėlio kiekiai (70 m³/m) buvo išpilti ne rekultivuojamo ruožo pietinėje dalyje (prie Dariaus ir Girėno gatvės), o šiaurinėje dalyje (prie tilto). Tuo tarpu pietinėje pusėje išpilta tik 25–30 m³/m smėlio. Tai irgi turėjo neigiamos įtakos krantosauginiam efektui.

Penkta – atmetinai (neįvertinta tilto „kaimynystė“, reljefo ypatumai ir kt.) sumodeliuota (Atstatomos...2004), o vėliau ir nepakankamai kokybiškai (sudėti per maži akmenys, per žema ir kt.) rekonstruota būna neatlieka savo paskirties (stabilizuoti kranto sąnašas piečiau Palangos tilto). Kaip parodė stebėjimai, stipresnių audrų metu pietinėje jos pusėje stebimi dideli smėlio išplovimai.

Šešta – nieko nepadaryta siekiant neutralizuoti „nešmenų nutraukimą“ nuo kranto į priekrantę „išplovos“ kanalu, susidarantiu po Palangos tiltu audrų metu. Apie šių procesų formavimąsi rekonstravus būną buvo įspėti valdininkai ir mokslininkai dar prieš pirmąją (1999 m.) būnos rekonstrukciją. Detalesnė šios problemos analizė buvo pateikta Krantotvarkos programoje 2003 m. (Lietuvos Baltijos..., 2003) prieš antrąją būnos rekonstrukciją.

Tiesa, „nešmenų nutraukimą“ audrų metu sąlygojantys hidro-litodinaminiai procesai itin specifiniai ir sudėtingi. Norint juos įvertinti reikia gerai pažinti hidrodinaminį procesą priekrantėje, o ypač bangų transformacijos sąveikos su cilindrinėmis struktūromis (konkrečiu atveju – naujojo tilto poliais) ypatumus. Kadangi iki naujojo tilto statybų panašaus precedento Lietuvos jūriniame krante nebuvo, tai kai kurie Lietuvos krantotyrininkai šią problemą kvestionuoja. Pavyzdžiui, prof. R. Žaromskis 1999–2001 m. atlikęs morfometrinius tyrimus priekrantėje ties Palangos tiltu teigė: „*Matavimų duomenys kol kas neleidžia patvirtinti G. Žilinsko ne kartą išreikštos nuomonės apie nuolat išilgai būnos egzistavusį išplovos kanalą.*“ (Žaromskis, 2005). Nesileisdami į detalesnę šių procesų analizę (tai numatoma atlikti atskirame darbe) čia pateiksime tik keletą pastebėjimų.

R. Žaromskiui savo tyrimuose nepavyko lokalizuoti išplovos kanalo dėl šiam tikslui pasirinktos netinkamos tyrimų metodikos – pasirinktas per siauras tyrimų rajonas: gylių matavimai buvo atliekami tik viename profilyje „...išilgai Palangos promenadinio tilto šiaurinės pusės ir pastatytos būnos pietinės pusės...“ (Žaromskis, 2005), t.y., gyliai buvo matuojami išilgai išplovos kanalo. Siekiant lokalizuoti išplovimo kanalą bei išmatuoti jo parametrus reikėjo atlikti matavimus priekrantėje ne tik statmenai, bet ir išilgai kranto. Mūsų atlikti gylių matavimai parodė, kad žymus gylių padidėjimas išilgai kranto prasideda apie 5 m piečiau Palangos tilto (pvz.: maždaug 80 m nuo kranto linijos, 15 m piečiau būnos gylis siekė tik 0,5 m, o prie būnos jau 1,4 m ir pan.). Pagaliau, įsitikinti „kanalo“ egzistavimu gali kiekvienas to panorėjęs, pakanka tik pabraityti išilgai priekrantės po tiltu. Pažymėtina, kad įkrantinė kanalo pradžia stipriai kinta laike ir erdvėje priklausomai nuo paskutinės audros stiprumo ir bangų sklidimo kampo krypties bei ramių orų po audros trukmės.

Atskirų matavimų metu ji buvo fiksuojama nuo 10 iki 50 m atstumu nuo kranto linijos. O po stiprių 2006 m. gruodžio mėn. audrų kanalo pradžia net buvo „išlipusi“ į krantą, t.y. ji prasidėjo apsauginio paplūdimio kopagūbrio papėdėje (12 pav.). Šis staigus dugno reljefo pagilėjimas, sudarantis tarsi mini kanjoną ir yra „išplovos kanalas“, kuris, kaip ir atviroje priekrantėje (Žilinskas, 1993), sąlygoja pulsuojančių protrūkio srovių formavimąsi. Šiame kanale mūsų išmatuoti (2002 m. kovo mėn.) nuo kranto jūros link nukreiptos paviršinės srovės greičiai vidutinio bangavimo metu (vėjo greitis gūsiuose – 14 m/s) po tiltu siekė 0,5–0,6 m/s.



12 pav. Nekvestionuojamai išplovimo kanalo egzistavimą Palangos patiltėje atspindi pateikiama nuotrauka (2006 12 17).

Fig. 12. *The photograph undeniably demonstrates the existence of wash-out channel under the Palanga pier*

Būtent „nešmenų nutraukimą“ šio darbo autoriai laiko vienasvarbiausią itin intensyvios Palangos tilto – Birutės kalno atkarpos ardos astarą dešimtmetį bei atliktos paplūdimio rekultivacijos krantosauginio efekto trumpalaikiškumo priežastį. Pažymėtina, kad šios problemos ignoravimas atsilieps ir 2008 m. vykdytos paplūdimio rekultivacijos Palangos tilto ir Birutės kalno ruože krantosauginiam efektyvumui.

Rekomendacija. Siekiant ilgesniam laikui stabilizuoti kranto būklę ir racionaliai bei efektyviai panaudoti kranto atkarpos tarp Palangos tilto ir Birutės kalno stabilizavimui skiriamas dideles finansines lėšas (vien šio ruožo paplūdimio sąnašų papildymui išleista virš 8 mln. litų) siūlome neatidėliotinai atlikti mokslinius minėtų procesų tyrimus, kurių pagrindu būtų pasiūlytos rekomendacijos „nešmenų nutraukimo“ procesų neutralizacijai arba bent jau jų intensyvumo sumažinimui. Tai sąlygotų žymiai geresnį paplūdimio sąnašų papildymo darbų krantosauginį efektyvumą.

Išvados

1. Atlikta paplūdimio rekultivacija Palangos tilto – Dariaus ir Girėno gatvės kranto atkarpoje nors ir nepakeitė čia vyravusių kranto ardos tendencijų, bet apsaugojo kopagūbrį nuo išplovimų 2006–2008 m. laikotarpiu. Be to, praplatėjus ir paaukštėjus paplūdimiui

pagerėjo šio kranto ruožo technologinio tinkamumo rekreacijai charakteristikos: padidėjo rekreacinė erdvė ir pagerėjo gulėjimo sąlygos.

2. Išpylus 40 000 m³ smėlio 800 m paplūdimio atkarpoje, po metų (2007 m.) šioje atkarpoje jo buvo likę apie 15 000 m³, arba 37,5% viso išpildo smėlio kiekio. Praėjus dviems metams po sąnašų papildymo, rekultivuotame ruože atvežtinės sąnašos sudarė apie 8 000 m³ arba 20%.

3. Nustatyta, kad atvežtinio smėlio grūdelių vidutinis skersmuo (0,49 mm) daugiau nei du kartus didesnis nei Palangos paplūdimį formuojančio smėlio (0,21 mm). Veikiant bangoms ir vėjui tiriamuoju laikotarpiu vyko aktyvi išpildo smėlio granulimetrinės sudėties diferenciacija: paplūdimio viduryje smėlio dalelių dydis tapo artimas prieš rekultivaciją buvusio smėlio dalelių dydžiui, išplautas žvirgždas ir gargždas susikaupė ties dinamine kranto linija, o aleuritas išpustytas ar nuplautas į jūrą negrįžtamai.

4. Santykinai mažą rekultivacijos krantosauginį efektyvumą (po dviejų metų rekultivuotame ruože liko tik 20% išpildo smėlio) nulėmė visa eilė tiek objektyvių, tiek ir subjektyvių priežasčių: atvežtinis smėlis savo sudėtimi nelabai tiko tiriamojo ruožo rekultivacijai; rekultivuojamo ruožo priekrantėje didelis sąnašų deficitas, todėl po stiprių audrų nuplautas smėlis beveik negražinamas į krantą; laiku neatliktas rekomenduotas priekrantės sąnašų papildymas; išpiltas per mažai (40 000 m³) smėlio, kai tuo tarpu reikėjo bent jau 100 000 m³; neprofesionali rekultivacijos darbų krantotvarkinė priežiūra (smėlis išpiltas ne įlankos viduryje); atmestina (neįvertinta tilto „kaimynystė“, reljefo ypatumai ir kt.) sumodeliuota, o vėliau ir nepakankamai kokybiškai (per maži akmenys sudėti, per žema ir kt.) rekonstruota būna neatlieka savo paskirties (stabilizuoti kranto sąnašas piečiau Palangos tilto); neatsižvelgta į „nešmenų nutraukimo“ fenomeną, pasireiškiantį tarp Palangos tilto ir būnos audrų metu.

Literatūra

Atstatomos Palangos būnos poveikio matematinis modeliavimas 2004. *Ataskaita* (BPATPI), Klaipėda.

Dubra V. 2006. Influence of hydrotechnical constructions on the dynamics of the sandy shore: the case of Palanga on the Baltic coast. *Baltica* 19(1), p. 3–9.

Hanson H., Brampton A., Capobianco M., Dette H. H., Hamm L., Laustrup C., Lechuga A., Spanhoff R. 2002. Beach nourishment projects, practices, and objectives—a European overview. *Coastal Engineering* 47(2), p. 81–111.

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.*

Jarmalavičius D., Žilinskas G. 1996. Paviršinių sąnašų granulimetrinės sudėties pasiskirstymo ypatumai Baltijos jūros Lietuvos krante, *Geografija* 32, p. 77–83.

Jarmalavičius D., Žilinskas G. 2002. Dabartinės žemyno krante esančio apsauginio paplūdimio kopagūbrio dinamikos tendencijos. *Geografijos metraštis* 35(1–2), p. 61–67.

Kirlys V. 1993. Seklios jūros priekrantės paplūdimių stabilizacijos metodai ir priemonės gamtinių analogų pavyzdžiu. *Baltijos jūros krantų dinamikos ir paleogeografijos klausimai* 2, p. 7–14.

Lietuvos Baltijos jūros žemyno kranto krantotvarkos tikslinė programa (2003). *Ataskaita* (GGI), Vilnius.

Pajūrio juostos modifikuota krantotvarkos programa 2005. *Ataskaita* (GGI).

Shore Protection Manual. 1984. *Coastal Engineering Research Center U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg.*

Sisternans P., Nieuwenhuis O. 2003. Isle of Sylt. *EUROSION Case Study*. Netherlands, 21 p.

- Smėlio** panaudojimo galimybių ir hidrotechninių įrenginių taikymo tikslingumo krantotvarkoje įvertinimas 2006. PAV (BPATPI), Klaipėda.
- Žaromskis R.** 2005. Skirtingų hidrometeorologinių sąlygų poveikis Palangos kranto zonos reljefui. *Geografija* 41, p. 17–24.
- Žilinskas G.** 1993. Banginė patvanka gožos zonoje. *Daktarinė disertacija*. Vilnius, GI.
- Žilinskas G.** 2005. Trends in dynamic processes along the Lithuanian Baltic coast. *Acta Zoologica Lituonica* 15(2), p. 204–207.
- Žilinskas G., Jarmalavičius D.** 1997. Lietuvos Baltijos jūros krantų morfometrinių charakteristikos, *Geografija* 33, p. 64–71.
- Žilinskas G., Jarmalavičius D.** 2003. Dabartinės Lietuvos jūrinio kranto dinamikos tendencijos. *Geografijos metraštis* 36(1), p. 80–88.
- Žilinskas G., Jarmalavičius D., Kulvičienė G.** 2000. Uragano „Anatolijus“ padariniai Lietuvos jūriniame krante. *Geografijos metraštis* 33, p. 191–206.
- Žilinskas G., Jarmalavičius D., Minkevičius V.** 2001. *Eoliniai procesai jūros krante*. Vilnius. 283 p.
- Žilinskas G., Jarmalavičius D., Pupienis D.** 2005. Uragano „Ervinas“ padariniai Lietuvos jūriniame krante. *Geografijos metraštis* 38(1), p. 49–65.
- Žilinskas G., Janukonis Z., Lazauskas A.** 1994. Ekstremalaus 1993 m. štormo padarinių Palangos rekreacinėje kranto zonoje įvertinimas, *Geografija* 30, p. 40–44.
- Žilinskas G., Jarmalavičius D., Pupienis D.** 2003. Jūros priekrantės sąnašų papildymo poveikis kranto būklei. *Geografijos metraštis* 36(1), p. 89–100.

The impact of replenishment of beach sediments in the Palanga recreational zone on the state of coast

Summary

In 2006, within the implementation of coastal management measures provided for in the Program of Lithuanian Mainland Coast Management (Lietuvos..., 2003), the coastal sector between the Palanga pier and Darius and Girėnas Street was nourished with the sand from the Kunigiškiai quarry. This kind of work was carried out in Lithuania for the first time.

Beach nourishment with the sand brought from the Kunigiškiai quarry was carried out in the February–March of 2006 in a 800 m long coastal sector beginning 30 m south of the Palanga pier and ending 50 m north of the Darius and Girėnas Street. For evaluation of the possible dynamics of the dumped sand under the impact of hydrolithodynamic processes, the study area included a 6 km long coastal sector of Palanga recreation zone (between the café “Medūza” in the north and “Auska” villa in the south). The impact of regeneration on the state of coast in the studied sector was observed in 13 key profiles (Fig. 1). The levelling of the coastal cross profile was carried out before, immediately after, and one and two years after coast nourishment with sand. Surface sand samples for compositional analysis were collected from 9 coastal cross profiles (1, 2, 4, 8–10, and 11–13)(Fig. 1).

The 40 000 m³ of sand brought from the Kunigiškiai quarry was dumped in the regenerated coastal sector: from 30 to 70 m³. The amount of dumped sand reduced in the southern direction: about 70 m³ in the approaches to the Palanga pier and only about 30 m³ in the southern part of the regenerated beach (Table 1). As a result of nourishment with sand, the beaches widened by 10–20 m and reached 40–65 in width. The height of the beach increased by 1.0–1.5 m and reached 2.5 m.

Analysis of replenished sand dynamics showed that after the stormy winter of 2006–2007 there remained from 11.0 (near the Darius and Girėnas Street) to 22.5 m³/m (near the pier) of supplemented sand: from 30 to 45 % respectively. Thus, the loss of replenished sand by the regenerated coastal sector per year accounted from 50 to 70 % of the dumped sand (Fig. 4). After one more year (2007–2008), the dynamics of the amount of sand was even more variable. The amount of sand in the beach south of the pier increased by about 3 m³/m (as a result of the dominant northern sediment transport) whereas in the southern part of regenerated sector, the long-term dynamic pattern did not change. This part of the coast had lost about 8 m³/m of sand. Thus, in two years after coast regeneration, the amount of remaining sand varied from 10 % (at the Darius and Girėnas Street) to 50 % (at the pier) of the total amount of sand used for nourishment of the coast. Two years after regeneration, the replenished sand amounted only to 8 000 m³ or 20 % of the total dumped sand.

Analysis of the obtained data showed that the beach regeneration works carried out in the coastal sector between the Palanga pier and Darius and Girėnas Street did not change the dominant trend of coast abrasion yet it mitigated the consequences of dune ridge erosion process in the stormy winter of 2006–2007. Moreover, beach widening and heightening improved the technological recreational characteristics of this popular coastal sector: increased the recreational space and improved the lying conditions (dried the beach).

The average grain diameter of dumped sand (0.49 mm) exceeded the grain diameter of original sand of Palanga beach (0.21 mm) by more than two times. Wave and wind action actively differentiated the granulometric composition of dumped sand: in the middle of the beach, the grain size of sand approached the grain size of the original sand. The washed out gravel and pebbles accumulated at the dynamic shore-line whereas aleurite was blown out into the sea irreversibly.

The relatively low environmental efficiency of regeneration (after two years, only 20 % of replenished sand remained) was predetermined by a number of objective and subjective factors: the composition of dumped sand was not very suitable for regeneration of the studied sector; a great sand deficiency in the nearshore of the regenerated sector what predetermined that the sand washed out during the storm did not return to the beach; untimely replenishment of near-shore sediments; too small amount of dumped sand (40 000 m³)(should have been not less than 10 000 m³/m); incompetent supervision of regeneration works (the sand was not dumped in the middle of the bay, etc.).