

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE
VIDES ZINĀTNES NODAĻA

**JŪRAS KRASTA ATTĪSTĪBAS DABISKIE UN
ANTROPOĢĒNIE FAKTORI DAUGAVGRĪVAS SALĀ**

MAĢISTRA DARBS

Autors: **Laura Bērtiņa**

Stud. apl. lb07016

Darba vadītājs: Dr. geol.

Jānis Lapinskis

Rīga 2013

ANOTĀCIJA

Maģistra darbā „Jūras krasta attīstības dabiskie un antropogēnie faktori Daugavgrīvas salā” ir, pētīta un analizēta zinātniskā literatūra par jūras krasta attīstības procesiem. Darbā ir aprakstīta Daugavgrīvas jeb Buļļu salas izcelsme un to ietekmējošie faktori. Darbā tika izmantoti jūras krasta ģeoloģisko procesu monitoringa dati, analizēts vēsturiskais kartogrāfiskais materiāls, veikta pludmales sanešu materiāla granulometriskā analīze un datu interpolācija. Izpētes laikā tika noskaidrots, kuros posmos notiek sanešu akumulācija un kuros krasta erozija, cik lielā mērā antropogēnā darbība ietekmē sanešu sastāvu un krasta attīstības procesus.

Darbs sastāv no 3 nodaļām, tā apjoms ir 79 lappuses. Darbā ir ievietoti 35 attēli, 3 tabulas, izmantoti 65 literatūras avoti un 3 pielikumi.

Atslēgas vārdi: Daugavgrīvas sala, jūras krasta ģeoloģiskie procesi, priekškāpas, Rīgas līča piekraste.

ANNOTATION

In the Master theses “Natural and Anthropogenic Factors in the Sea Coast Development on Daugavgrīva island” literature about coastal processes is summarized, studied and analysed. It deals with the origin of Daugavgrīva island or Buļļu island and factors affecting it. Using data of monitoring geological processes of the sea coast, analysing the historical cartographical material and using granulometric analysis of the beach clastic material, it has been investigated in which zones accumulation is prevailing and where the coastal erosion is dominating.

The Paper consists of 3 chapters, the amount of pages is 79 pages. In the Paper there are 35 figures, 3 tables, 65 sources of literature and 3 appendices.

Key words: Daugavgrīva island, coastal geological processes, foredunes, Gulf of Riga.

SATURS

ANOTĀCIJA.....	2
ANNOTATION.....	3
IEVADS	6
1. LITERATŪRAS APSKATS	8
1.1. Baltijas jūras Latvijas piekraste.....	8
1.2. Jūras krastu uzbūve.....	11
1.2.1. Pludmale	13
1.2.2. Kāpas	16
1.3. Ģeoloģiskie procesi jūras krastā.....	18
1.3.1. Krastu veidojošie dabiskie faktori	19
1.3.2. Krastu veidojošie antropogēnie faktori.....	20
1.4. Pamatkrasta jutīgums pret eroziju	20
1.5. Krasta zonas sanešu granulometriskais sastāvs	21
1.6. Buļļu jeb Daugavgrīvas sala.....	22
1.6.1. Daugavas un Lielupes grīvu maiņa – Daugavgrīvas salas izveidošanās.....	23
1.6.2. Salas ģeoloģiskais raksturojums.....	23
1.6.3. Pludmales ģeoloģiskais raksturojums.....	24
1.6.4. Antropogēno faktoru ietekme Daugavgrīvas salā.....	25
1.6.5. Piejūras dabas parks.....	29
1.6.5.1. Daugavgrīvas dabas liegums	29
1.6.5.2. Vakarbuļļu dabas liegums	31
1.6.5.3. Krasta ģeoloģisko procesu ietekme uz Daugavgrīvas un Vakarbuļļu dabas liegumiem	32
2. IZMANTOTIE MATERIĀLI UN METODEDES	33
2.1. Kartogrāfiskā materiāla apstrādes analīze	33
2.2. Krasta šķērsprofilu izmaiņas	33
2.3. Pludmales sanešu granulometriskā analīze	34
2.4. Pludmales sanešu granulometrisko sastāvu raksturojošie parametri un interpolēšana..	36

3. REZULTĀTI UN DISKUSIJA	41
3.1. Kartogrāfiskā materiāla analīze	41
3.2. Nivelēšanas šķērsprofilu analīzes rezultāti	42
3.3. Pludmales sanešu paraugu granulometriskās analīzes rezultāti	51
3.4. Pludmales sanešu granulometriskā sastāva interpolāciju rezultāti	56
3.5. Diskusija	61
SECINĀJUMI	64
PATEICĪBAS	65
IZMANTOTĀ LITERATŪRA	66
PIELIKUMI.....	71

IEVADS

Maģistra darba pētījuma objekts ir Daugavgrīvas jeb Buļļu sala, kura ir novietota starp Daugavu, Lielupi, Rīgas līci un Buļļupi, un kuras garums ir apmēram astoņi km. Sala ietilpst *Natura 2000*, kā arī Piejūras dabas parka teritorijās. Tajā atrodas divas lieguma zonas - Daugavgrīvas un Vakarbuļļu.

Šī ir teritorija, kurā aktīvi norisinās jūras krasta erozijas un akumulācijas, kā arī aluviālie procesi. To raksturu un intensitāti, nosaka meteoroloģiskie, ģeoloģiskie, jūras hidrodinamiskie un citi dabiskie faktori, kā arī antropogēnā faktori: Rīgas ostas hidrotehniskās būves, kuģu ceļu kanāla regulāra padziļināšana un krasta aizsargbūves. Jāpiebilst, ka par nozīmīgu papildus antropogēno faktoru ir uzskatāma rekreācijas slodze – vasaras sezonās pēdējos gados uz Daugavgrīvas pludmali un kāpām tā ir ievērojami palielinājusies, pieaudzis atpūtnieku skaits, jo teritorija ir labiekārtota, kā arī Vakarbuļļu pludmale 2009. gadā ieguva Starptautiskā Vides Izglītības fonda godalgu – Zilo karogu (Veselības inspekcija, 2011).

Maģistra darbā tika izmantotas dažādas lauka un kamerālo pētījumu metodes. Darba autore 2009. gadā piedalījās Latvijas jūras krasta ģeoloģisko procesu monitoringa programmas nivelēšanas šķērsprofilu uzmērīšanā, bet 2010. gadā, kad monitoringa programma nenotika, autore kopā ar darba vadītāju Jāni Lapinski turpināja veikt mērījumus. Pludmales sanešu granulometriskos paraugus autore ievāca laika posmā no 2009. g. 12. decembra līdz 2012. gada 4. septembrim. Pavisam kopā tika ievākti un izsijāti 389 paraugi deviņās paraugu ievākšanas reizēs.

Ir svarīgi saprast kā salu ietekmē dabas un cilvēku izraisītās ietekmes - kuros posmos notiek krasta atkāpšanās un izskalošana, lai nepieciešamības gadījumā, vēlāk varētu rast risinājumus salas un aizsargājamās dabas teritorijas aizardzībai pret krasta eroziju.

Maģistra darba 1. nodaļā ir vispārīgi aprakstīta Baltijas jūras Latvijas krasta zona, krastu uzbūve, krastu veidojoši dabiskie un antropogēnie procesi. 2. nodaļā aprakstīti izmantotie materiāli un metodes, kas tika pielietotas darba izstrādes procesā. 3. nodaļā apkopotī pētījumu rezultāti un diskutēti par rezultātiem.

Maģistra darba **mērķis** ir noskaidrot kā dabiskie un antropogēnie procesi ietekmē Daugavgrīvas salas pludmales smilšu granulometrisko sastāvu.

Lai sasniegtu maģistra darbā izvirzīto mērķi, tika veikti šādi **uzdevumi**:

1. Apkopot pieejamo literatūru un pētījumus par izvēlēto tēmu, raksturot jūras krasta joslas procesus un faktorus, kas tos ietekmē;
2. Veikt patstāvīgu pētījumu:

- teritorijas apsekošana dabā;
- krasta nogāzes šķērsprofilu uzmērīšana, datu apstrāde un iegūto rezultātu analīze;
- pludmales smilšu paraugu ievākšana granulometriskajai analīzei;
- granulometriskās analīzes datu interpolācija un uzskatāmu karšu veidošana, kurā redzams frakciju sadalījums pludmales zonā;
- vēsturiskā kartogrāfiskā materiāla analīze;
- ilustratīvā materiāla sagatavošana.

Raksti.

Izstrādājot maģistra darbu, autore piedalījās LU 69. konferencē ar referāta tēzi, kas rakstīta balstoties uz maģistra darba pētījumu.

Darba autore kopā ar Māri Krievānu, Juri Burlakovu un Jāni Lapinski ir sagatavojusi rakstu “Impact of Natural and Anthropogenic Processes to Coastal Development of Daugavgrīva Island in the Head of Riga Gulf” iesniegšanai žurnālam “*Proceedings of Latvian Academy of Sciences*”.

Konferences tēze:

Bērtiņa, L., Lapinskis, J. 2011. Pludmales smilšu granulometriskais sastāvs un krasta procesi Daugavgrīvas salā. *Latvijas Universitāte 69. zinātniskā konference. Ģeogrāfija, ģeoloģija, vides zinātne*. Rīga, LU akadēmiskais apgāds, 276. – 278. lpp.

1. LITERATŪRAS APSKATS

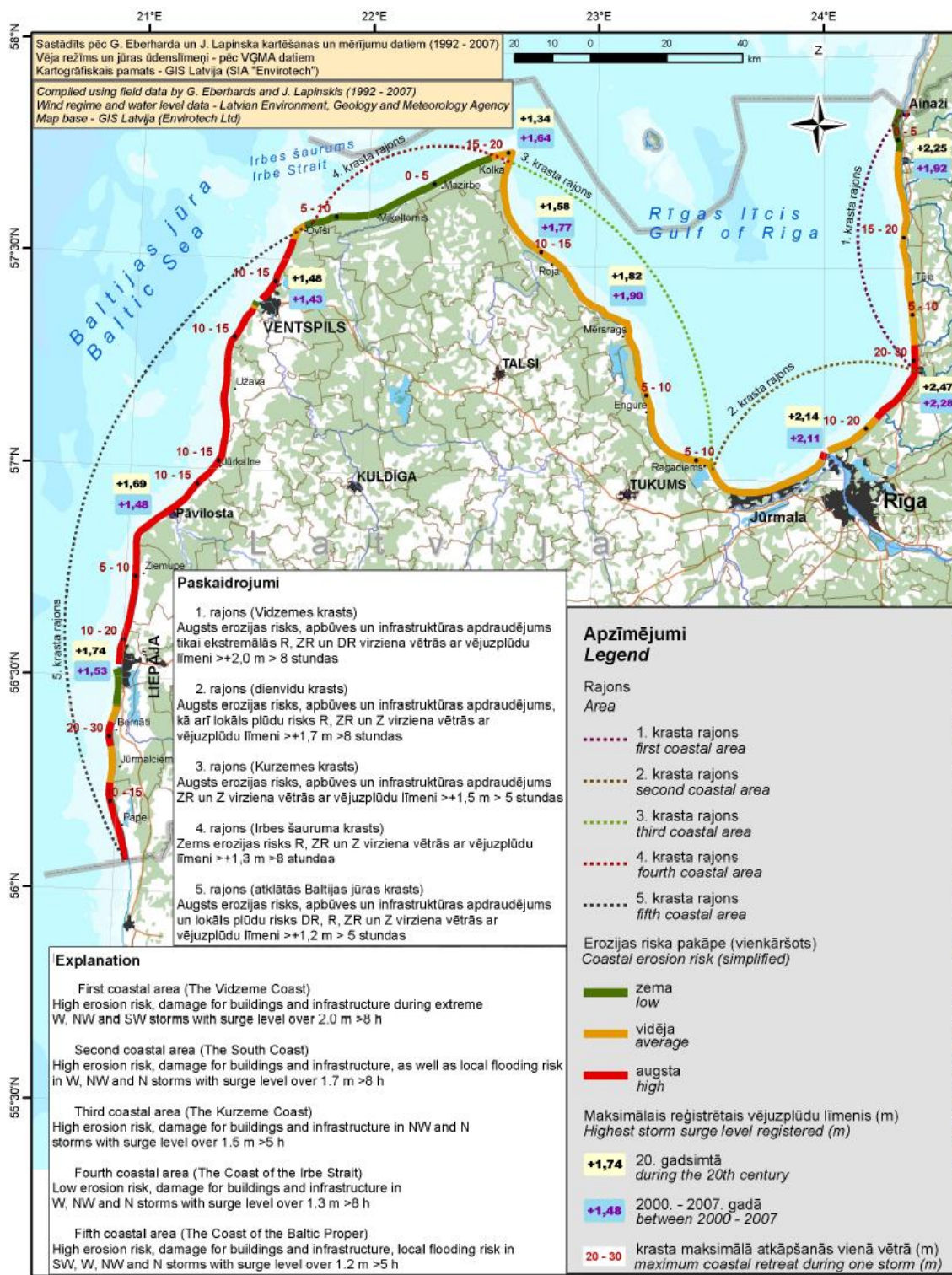
1.1. Baltijas jūras Latvijas piekraste

Jūra apskalo 497 kilometrus no Latvijas piekrastes (Eberhards, Lapinskis, 2008). Krasta noskalošanās process būtiski ietekmē Latvijas jūras krastus, sevišķi apdraudētie erozijas riska krasti aizņem ap 62% no Latvijas krasta līnijas kopgaruma (Eberhards, 2004). Pēc erozijas riska (augsts, zems) izdalīti 5 piekrastes rajoni (1.1. att.). Visjutīgākie un parastās spēcīgās vētrās erozijas vairāk apdraudēti ir vairāki rajoni: 5. rajons (atklātās Baltijas jūras krasts), 3. Rajons (Rīgas līča Kurzemes krasts) un 2. Rajons (Rīgas līča dienvidu krasts). Vidzemes krasts ir apdraudēts tikai ekstremālās vētrās (piem., 2005. gada vētrā), bet Irbes šauruma akumulatīvais krasts ar plašu pludmali un priekškāpu joslu ir ar zemu risku.

Latvijas krasta joslā ir izbūvētas 10 ostas ar moliem un atsevišķi nelieli moli bez ostām Papē, Kaltenē, Lapmežciemā un Tūjā. G. Eberhards un B. Saltupe norāda, ka tie 20. gs. 1. pusē visai būtiski ietekmējuši krasta procesu norises un jūras krasta joslas izmaiņas (Eberhards, Saltupe, 1995).

Gar Latvijas piekrasti ir izveidots monitoringa staciju tīkls, kas dod iespēju apzināt raksturīgākos krasta posmus un novērtēt radušās izmaiņas pa gadiem un pēc vētrām. Pēc atkārtotas krasta joslas apsekošanas, kartēšanas un mērījumu rezultātiem var noskaidrot konkrēto krasta posmu attīstības tendences un datus izmantot iespējamo attīstības scenāriju izstrādei turpmākajām desmitgadēm (Eberhards, Lapinskis, 2008).

Atšķirīgo erozijas un plūdu rika pakāpi nosaka krasta līnijas ekspozīcija pret spēcīgiem vējiem vētras laikā, krastā pienākošo viļņu augstums un virziens vētras laikā, krasta ģeoloģiskā uzbūve (krasta veidojošo iežu noturība pret viļņu eroziju vētras laikā), vējuzplūdu ūdenslīmeņa augstums un ilgums (Eberhards, Lapinskis, 2008).

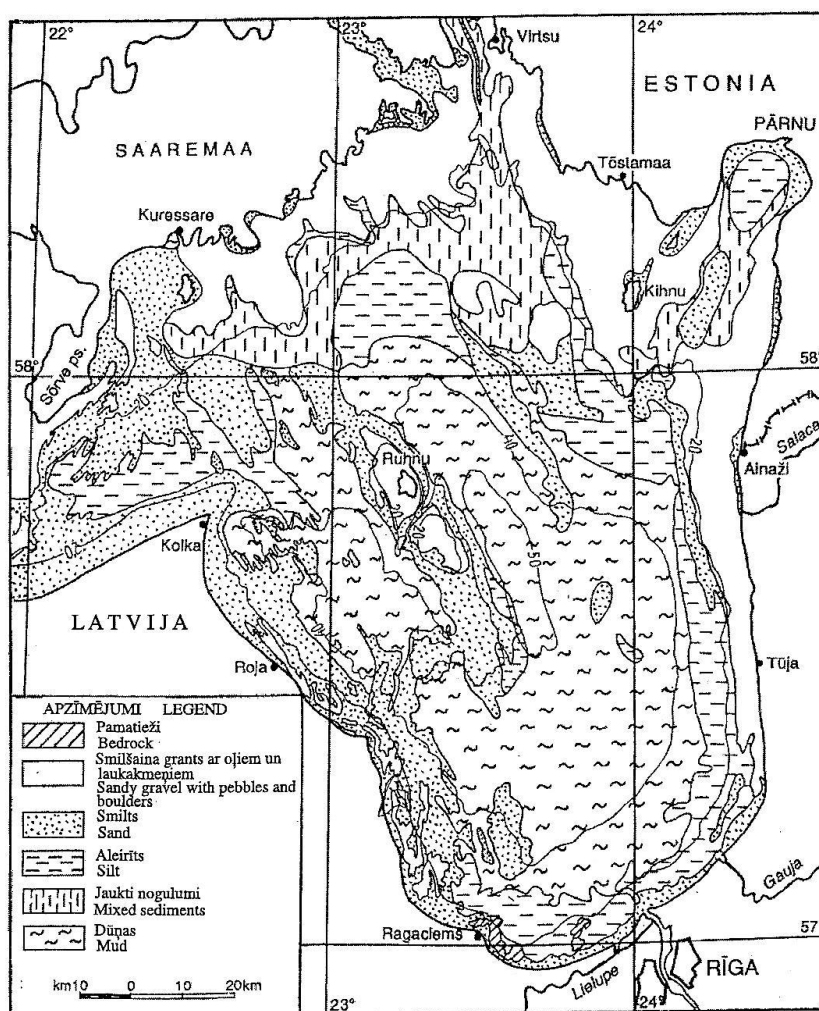


1.1. att. Latvijas jūras krasta erozijas risku noteicošie lokālie apstākļi

(Eberhards, Lapinskis, 2008)

Rīgas līča raksturojums: Rīgas līča platība ir 16330 km², maksimālais garums meridionālā virzienā 170 km, platums 100 km (pēc Kolkas platuma grāda), ūdens masas tilpums 424 km³. Upju gada vidējā notecē līcī sasniedz 31 km³, no kuriem 25 km³ veido

Daugava, Gauja un Lielupe. Ar Baltijas jūru Rīgas līci savieno Irbes un seklais Muhu šaurums, kas izvietoti līča ziemeļu daļā.



1.2. att. Rīgas līča gultnes nogulas (Ulsts, 1998)

Rīgas līča gultni klāj dažāda tipa nogulas (1.2. att.). Līča lielāko centrālo daļu klāj dūņas. Krasta zemūdens nogāzi klāj smilts, aleirīts, laukakmeņi, oļi un grants–smilts krāvumi, kuri izskaloti no morēnas nogulumiem galvenokārt Litorīnas jūras transgresijas laikā. Vietām izskalotas morēnas materiāls izsekojam ārpus krasta zemūdens nogāzes.

Rīgas līča piekrastē izsekojami seno krastu veidojumi (Baltijas ledus ezera un Litorīnas jūras). Mūsdienīgu krasts lielākoties ir izveidots Litorīnas jūras krasta formās vai Baltijas Ledus ezera bijušās krasta zemūdens nogāzes ārējā malā (Ulsts, 1998).

Rīgas līča pludmales un kāpu zonas raksturojums: Pludmalēm ir raksturīga ļoti izteikta sezonālā mainība: atkarībā no dominējošās viļņošanās intensitātes, gaisa temperatūras un vēja virziena notiek sanešu apmaiņa starp dažādām krasta nogāzes daļām, ietekmējot

pludmales sanešu sastāvu un daudzumu dažādās tās daļās. Paralēli notiek arī sanešu apmaiņa krastam paralēlā vērsumā (Lapinskis, 2005).

Priekškāpu skaits un/vai to augstums laika gaitā ir ievērojami samazinājies gandrīz visā Rīgas līča piekrastē. Vietās, kur kādreiz tika konstatēts daudz nepārtrauktu priekškāpu, tagad to skaits ir ļoti krasi mainījies. Priekškāpu noskalošanās tendence tika novērota arī 20. gs. Pašreiz no agrāk konstatētajām nepārtrauktajām priekškāpām ir saglabājušās tikai tās, kuras konstatētas gar Rīgas līča dienvidu krastu no Jūrmalas līdz Lilastei (Purgalis, 2009).

Baltijas jūras Kurzemes un Vidzemes reģionu piekrastēs tika veikts pētījums par smago minerālu graudu grupas atsevišķu minerālu graudu skaita un formas variācijām, kura mērķis bija iegūtos rezultātus izmantot kā diferencējošu pazīmi augsnes paraugu tiesu ekspertīzē. Mineraloģiskais sastāvs visā Latvijas piekrastes zonā kvalitatīvi ir vienāds – galvenie pludmales nogulumu smagie minerāli ir rūdu minerāli, amfiboli, granāti, cirkoni, piroksēni. Konkrētāk, visā atklātās Baltijas jūras krasta posmā līdz Kolkas ragam pludmales smiltīs noapaļoto ragmāņa graudu saturs svārstās 30 – 45 % robežās, bet Rīgas līča piekrastē tas nepārsniedz 20 %. Minētās atšķirības var tikt izmantotas kā diferencējoša pazīme pludmales nogulumu identificēšanai (www.tm.gov.lv).

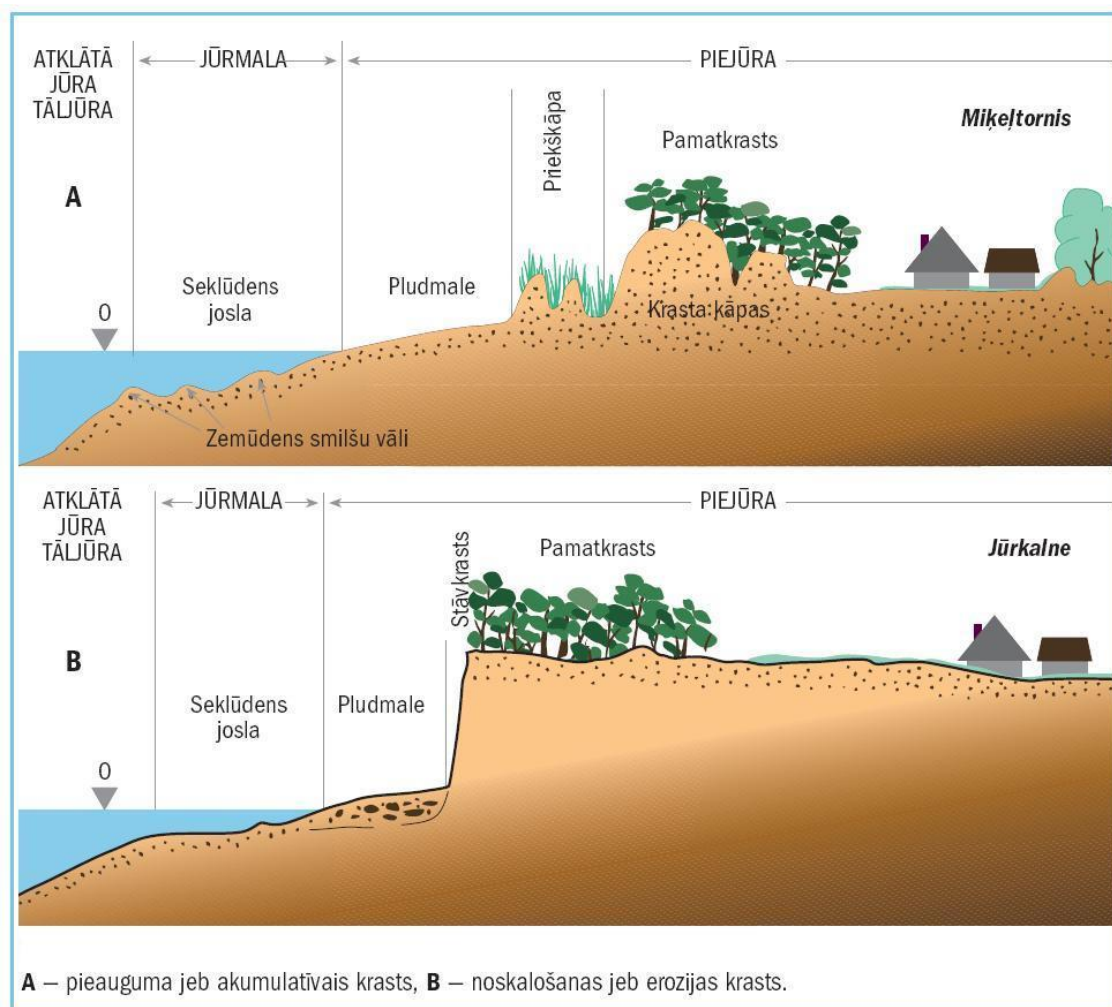
1.2. Jūras krastu uzbūve

Galvenie jūras krasta zonu raksturojošie termini.

Piekraste jeb jūras krasta josla (1.3. att.) – ietver tagadējās un senās jūras krasta un zemūdens reljefa veidojumus un nogulumus sauszemē un jūrā (Eberhards, 2004).

- **Piejūra** – piekrastes sauszemes daļa (skat. zemāk: Piejūra);
- **Jūrmala** – jūras malas daļa, kas piekļaujas un apskalo sauszemi (skat. zemāk: Jūrmala jeb seklūdens josla);
- **Atklātā jūra jeb tāljūra** – atrodas aiz piekrastes joslas.

Ūdenslīnija jeb krasta līnija – Jūras un sauszemes saskares josla, kas tagadējā jūras krastā visbiežāk un visstraujāk izmainās. Dažu stundu vai dienu laikā (spēcīgu vētru gadījumos) ūdenslīnija var pārvietoties iekšzemes virzienā uz noskalotās pludmales daļas rēķina par 10-30 m vai arī par vairākiem desmitiem metru pārvietoties jūras virzienā, kad krastā notiek strauja sanešu akumulācija (Eberhards, 2003).



1.3. att. Piekrastes iedalījums (Eberhards, 2004)

Piejūra ietver **pludmali** jeb liedagu (skat. 1.2.1. nodaļu), **priekškāpu joslu** jeb primārās kāpas (skat. 1.2.2. nodaļu) vai jūras **stāvkrastu** un **pamatkrastu** jeb sauszemes joslu, kas nav bijusi pakļauta tiešai viļņu un jūras vēju darbībai, bet vietām, jūras darbības rezultātā, ir nonākusi aktīvo krasta ģeoloģisko procesu iedarbības zonā (Eberhards, 2004). Piejūras josla Latvijā vietām var sasniegt vairākus desmitus kilometru. Turpretim **tagadējā jūras krasta joslā**, kur notiek aktīva jūras vēju, straumju un viļņu darbība, parasti ir tikai dažus simtus metrus plata (Eberhards, 2004).

Jūrmala jeb seklūdēns josla – ir jūras zemūdēns nogāzes (šelfa) daļa, kas aptver zemūdēns daļu starp jūras ilggadējo vidējo minimālo ūdens līmeni un vietu, kur beidzas zemūdēns smilšu vāli un notiek pāreja uz zemūdēns nogāzes dziļāko daļu, visbiežāk bez smilšu nogulumu segas. Jūrmala vidēji sniedzas līdz 6–10 metru dziļumam (Eberhards, 2003). Seklūdēns joslā atrodas **piekrastes sēkļi**, **zemūdēns smilšu vāli jeb piekrastes zemūdēns vaļņi** – tās ir seklūdēns vietas, izšķir smilts sēkļus, oļu sēkļus un akmeņu

sēkļus. Tie ir patsāvīgi klāti ar ūdeni un ne dziļāki par 20 metriem. To grunts ir bez veģetācijas, vai arī tā klāta ar ūdens augu vai aļģu audzēm. Piekrastes sēkļi ir svarīga zivju nārsta vieta un arī nozīmīga ūdensputnu ziemošanas vieta (Znotiņa, 2006).

1.2.1. Pludmale

Pludmale jeb liedags – ir pati dinamiskākā un mainīgākā piejūras josla. Tā pakļaujas regulārām sezonālām un cikliskām īslaicīgām un ilglaicīgām izmaiņām, arī tiešai vai netiešai antropogēnai darbībai (Eberhards, 2003).

Pludmales platuma un sanešu raupjuma izmaiņas ietekmē vētru un viļņojuma režīma izmaiņas. Latvijā labi izpaužas pludmales izmaiņas dažādos gadalaikos: rudenī un ziemas sākumā, palielinoties jūras vētrainībai, pludmale parasti sašaurinās, bet vasarā paplašinās (Ulsts, 1998).

Krasta joslai ir raksturīgas divu tipu pludmales: pludmales ar pilnu profilu (t.s. „divnogāžu” – ar izteiktu augstu valni gar ūdenslīniju) un pludmales ar nepilnu profilu („viennogāzes”). Latvijas jūras krastiem nav izteiktas paisuma un bēguma parādības, tādēļ raksturīgas nepilna profila pludmales.

Baltijas jūras Latvijas piekrastes pludmalēs, kuras sedz irdeno sedimentu slānis (galvenokārt smiltis), izšķir divas galvenās daļas – zemo un augsto pludmali (Eberhards, 2003). Robeža starp tām atrodas 0,5 – 1,0 m virs jūras līmeņa, kas atbilst vētras plūdūdeņu visbiežāk atkārtotajam stāvoklim. Grantaini oļainās pludmalēs šī robeža morfoloģiski izpaužas zemas izskalošanas kāplītes veidā, bet smilšainās pludmalēs parasti kā īsa nogāze ar stāvāku slīpumu vai arī kā vāji izteikts pludmales profila lūzums (Ulsts, 1998).

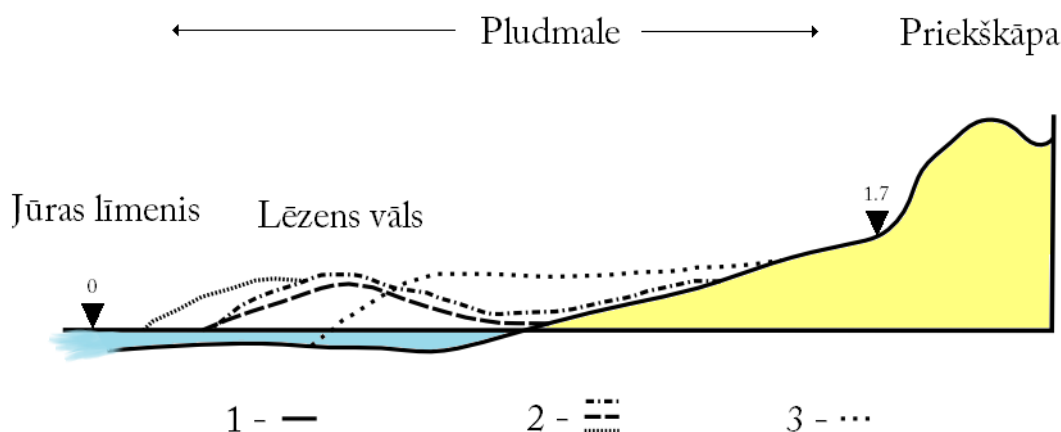
Akumulatīvos krastu tipos, kur izplatītas 50 – 60 m platas smalkas smilts pludmales, pēc pludmales augstuma, smilšu mitruma pakāpes un smilšu blīvuma var izšķirt trīs joslas (Eberhards, 2003):

- Pirmā - zemā, slapjā josla, kur smiltis ir vismitrākās un blīvākās, reizēm var veidoties plāna sausa smilšu virskārtiņa, kuru vējš pārpūš;
- Otrā josla, kas aizņem augstās (sausās) pludmales lielāko daļu ar sauso smilšu slāņa biezumu līdz 10 – 30 cm, tieši šī josla, galvenokārt, bagātina priekškāpas, no kuras spēcīgie rudens vai pavasara vēji sausās smiltis pārpūš uz priekškāpu;
- Trešā, reizēm līdz 10 – 20 m platā josla, kas tieši piekļaujas priekškāpas jūras puses nogāzei, ir vieta, kur notiek no pludmales uzpūstās smilts uzkrāšanās.

Galvenais pirmās eolās akumulācijas joslas veidošanās priekšnoteikums ir kāpu graudzāļu atsevišķu ceru, joslu vai laukumu parādīšanās. Kāpu graudzāles sekmē smilšu graudiņu „izkrišanu” no plūsmas un uzkrāšanos ap (aiz) zāļu ceriem. Veidojas no dažiem desmitiem centimetru līdz pat 1 – 1,5 m augstu smilšu kupsnu un uzkalniņu haotisks sakopojums (embrionālās kāpas).

Baltijas jūras dienvidu un austrumu pludmales sedz irdeno sedimentu slānis (galvenokārt smiltis). Šajās pludmalēs var izšķirt divas galvenās daļas: **zemo pludmali** (*beach face*), kas robežojas ar ūdens līniju un **augsto pludmali** (*back beach*), kas stiepjas līdz priekškāpai vai pamatkrasta kraujas piekājei, un ūdens šo teritoriju apskalo tikai vētru laikā. Robeža starp abām daļām smilšu pludmalēs ir ap 0,5 – 0,7 m virs vidējā jūras ūdens līmeņa. Grantaini oļainās pludmalēs šī robeža morfoloģiski izpaužas zemas kāplītes veidā, bet smilšainās pludmalēs - parasti kā īsa nogāze ar stāvāku slīpumu, vai kā vāji izteikts pludmales profila lūzums.

Pēc katras vētras pludmales platums var samazināties, palielināties vai palikt bez būtiskām izmaiņām. Izmainās arī pludmales profils, augstums, sanešu daudzums un, iespējams, mehāniskais sastāvs. Šī izmaiņas nosaka vētras stiprums, tās ilgums, krastā pienākošās viļņu frontes virziens un vētras attīstības atsevišķo fāzu ilgums. Pludmaļu izmaiņām ir izteikta sezonālitate gada laikā (1.4. att.): rudens – ziemas periodā, kad ir izteikta vētrainība, ir raksturīgi pludmales noskalošanas un sašaurināšanās procesi, savukārt, vasaras periodā notiek pludmales paplašināšanās un sanešu akumulācija pludmalē.



1.4. att. Smilšu pludmales dinamika pēc vētras (Autores izveidots att. izmantojot Eberhards, 2003)

Pludmales dabiskā atjaunošanās pēc vētrām. No pludmales un pamatkrasta (vai priekškāpas) noskalotā smilts parasti uzkrājas seklūdens joslā, veidojot krastam paralēlos zemūdens smilšu vālus. Bezvētru periodā vai zemas enerģijas viļņošanās laikā pludmale atkal pakāpeniski atjaunojas – paplašinās un pakāpeniski paaugstinās, jo smiltis no zemūdens nogāzes seklūdens joslas pakāpeniski pārvietojas krasta virzienā. Ja pludmale ir izveidojusies pietiekami plata un augsta, sākas smilšu pārpūšana uz priekškāpu, vai arī vētras laikā priekškāpas jūras pusē izskalošanās kraujas pakāpeniska aizlīdzināšana ar pārpūsto smilšu materiālu (Eberhards, 2003, Eņģele, 2006).

Pludmaļu tipi pēc granulometriskā sastāva: Atkarībā no krasta joslas attīstības virziena un intensitātes, pamatkrasta un zemūdens nogāzes ģeoloģiskās uzbūves, kā arī no cilvēka saimnieciskās darbības un lielo upju smilšaino sanešu daudzuma, veidojas pastāvīgi stabila vienāda granulometriskā sastāva vai periodiski mainīga sastāva nogulumiem klātas pludmales. Pludmaļu specifiku nosaka arī dabiskā apauguma veids un pakāpe.

Latvijas piekrastē var izdalīt sekojošus pludmaļu tipus (Eberhards, 2003):

- Pastāvīgi smilšainas pludmales:
 - a) platas, augstas, sausas pludmales;
 - b) šauras, galvenokārt zemas pludmales;
- Periodiski mainīgas smilšainas vai grantaini oļainas pludmales;
- Pastāvīgi grantaini oļainas pludmales;
- Mainīgas oļu laukakmeņu – smilšu pludmales;
- Laukakmeņu klājieni (bruģi);
- Apaugušas pludmales: pļavu un niedrāju pludmales;
- Erozijas pludmales.

Tā kā Daugavgrīvas salas robežās sastopamas tikai pastāvīgi smilšainas pludmales, tālāk tiks apskatītas tieši šī pludmaļu tips. Pastāvīgi smilšainās pludmales ir dominējošais pludmaļu tips Latvijas piekrastē, akumulatīvo jūras krastu izplatības posmos, tomēr tās ir nevienmērīgi izvietojušās gar Rīgas līča un atklātās Baltijas jūras krasta joslu.

Pastāvīgi smilšaino pludmaļu kopgarums Latvijas piekrastē sasniedz 240 km (ap 48 %) no krasta līnijas kopgaruma. Sevišķi augstvērtīgajām plašajām un sausajām pludmalēm kopgarums ir 120 km, Rīgas līča piekrastē tās atrodas gar Jūrmalas pilsētas krastu, gar Daugavgrīvas salas vidusdaļu, Vecāķu – Gaujas posmā no Gaujas ietekas līdz Pabažiem un Vitrupes apkārtnē (Eberhards, 2003).

Smilšaino krastu un pludmaļu dinamiku ietekmē vēju viļņu izraisītie ūdensmasu sadzinumi krasta joslā un šo ūdeņu atplūdi no krasta vētru atrimšanas fāzē. Uzplūdi un atplūdi samērā bieži pat vienas vētras laikā var pilnīgi pārveidot krastu, pilnīgi noskalot pludmali, sevišķi iecirkņos ar sanešu deficītu.

Plašas pastāvīgas smilšu pludmales parasti veido smalkas smilts frakcija ar graudu diametru 0,1 – 0,25 mm, kas sastāda 85 – 99 %. Vissmalkākās un labāk šķīrotās smiltis sedz Liepājas plašo pludmali. Rīgas līča dienvidu krastā pludmalei gar Jūrmalas pilsētu, gar Daugavgrīvas salu un no Daugavas līdz Gaujai nav raksturīgs tik viendabīgs smilšu sastāvs (Eberhards, 2003). Pludmales un kāpu nogulumu granulometriskās analīzes rezultāti parāda, ka kāpu nogulumi, salīdzinot ar tās pašas vietas pludmales nogulumiem, ir smalkgraudaināki (www.tm.gov.lv).

Iegūtie dati par jūras krasta zonas specifisko nogulumu – pludmales sanešu mehānisko sastāvu, šķīrotību, noapaļotību un mineraloģiski petrogrāfiskajām īpatnībām – tiek izmantoti litomorfodinamisko procesu un reljefa formu ģenēzes novērtēšanā, kā arī citu lietišķu jautājumu risināšanā. Lai gan lielākā daļa vispārīgo jautājumu jau ir atbildēta, trūkst kvalitatīvas un salīdzināmas informācijas par sanešu parametru izmaiņu tendencēm ilgtermiņā (Lapinskis, 2005).

1.2.2. Kāpas

Priekškāpas jeb primārās kāpas ir galvenās eolās akumulācijas formas, kas veidojas, jūras vējiem sausās pludmales smiltis pārpūšot iekšzemes virzienā, tās ir 1 – 6 m augstas vaļņveida formas smalku smilšu sakopojums, kuru klāj retināta kāpu graudzāļu sega (Eberhards, 2003). Kāpas veidojas vietās, kur ir pietiekams smilšu materiāls, zems gruntsūdens līmenis un pastāvīgi valdošie vēji.

Primārās kāpas – vistuvāk jūrai esošās kāpas, kuras parasti jūras pusē robežojas ar pludmali un kuru veidošanās ir tieši atkarīga no smilšu daudzuma pludmalē. Primāro kāpu kopgarums Latvijā ir ap 230 km. Primārajās kāpās izšķir embrionālās kāpas un priekškāpas:

- **Embrionālās kāpas** – ir pirmā stadija kāpu attīstībā. Tās ir nelieli, aptuveni 10 – 15 cm augsti smilšu pauguriņi ar skraju veģetāciju, kuru bieži veido ceros augoši augi;
- **Priekškāpas** – kāpas, kur notiek aktīva smilšu akumulācija un kuras ir ar skraju vai vienlaidus augāju, ko veido smiltis mīloši augi jeb psammofīti.

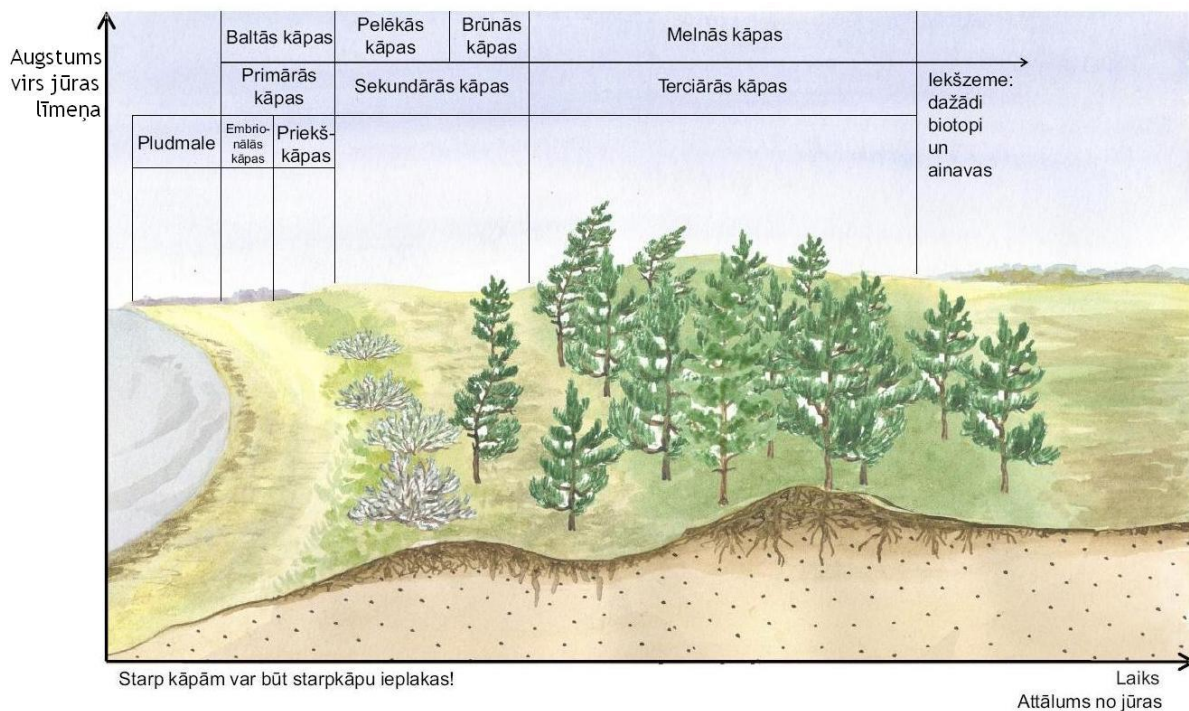
Priekškāpas bieži sauc par baltajām kāpām (skat. zemāk: Kāpu nosaukumi pēc augsnes vai veģetācijas krāsas). Priekškāpu vidējais augstums ir 1 – 3 m, platums ap 50 m.

Primāro kāpu augāju pārsvarā veido graudzāļu sabiedrības, kurās dominē smiltāja kāpuniedre (*Ammophila arenaria*) un smiltāja kāpukviesis (*Leymus arenarius*), kā arī sastopamas aizsargājamās augu sugas, piemēram, lēzeļa vīrcele (*Linaria loeselii*) un jūrmalas zilpodze (*Eryngium maritimum*) (Laime, 2000).

Sekundārās kāpas – daļēji ar augu saknēm un stublājiem nostiprinātas kāpas. Tās ir piemērotas apmešanās vietas pret vēju un kustīgajām smiltīm jutīgākajām augu sugām. Ja augu sega tiek izpostīta, var izveidoties klejojošā kāpa (Rove, 2009).

Terciārās kāpas – relatīvi labi nostiprinātas (piemēram, ar mežu) sekundārās kāpas (Rove, 2009).

Kāpu nosaukumi pēc augsnes vai veģetācijas krāsas (1.5. att.). Atkarībā no kāpu krāsas (galvenokārt krāsu veido augājs) tās mēdz dēvēt par baltajām, pelēkajām, brūnajām un melnajām kāpām. Virzienā no pludmales uz iekšzemi krāsa kļūst intensīvāka un augu sega blīvāka, kā arī mainās augu sugu sastāvs.



1.5. att. Kāpu ģeomorfoloģija un attīstības stadijas (Rove, 2009)

Baltajās kāpās augi aug izklaidus, starp tiem ir redzama smilts; nereti ļoti vecas baltās kāpas dēvē par zaļajām kāpām, jo tās ir gandrīz pilnībā klātas ar augāju un atklātas smilts laukumi redzami tikai atsevišķās vietās.

Pelēko kāpu augājs veidojas no vēja aizsargātās vietās, tā raksturīgā krāsa ir pelēcīgi zaļa. Pelēkās kāpas ir salīdzinoši stabilas, tajās ir daudz ķērpju, sūnu un graudzāļu sugu, kā arī reti koki un krūmi.

Sarkanbrūnās un *brūnās* kāpas veidojas, pelēkajās kāpās ieviešoties sīkkrūmiem – sila virsim un melnajai vistenei.

Melnās kāpas ir pilnīgi nostiprinātas, to augāju veido kāpu meži, galvenokārt sils un mētrājs (Rove, 2009).

1.3. Ģeoloģiskie procesi jūras krastā

Piekraste un tai blakus esošie rajoni ir blīvi apdzīvoti un tur bieži atrodas urbanizētas teritorijas. Piekrastes reljefa veidošanos ietekmē ļoti daudzu faktoru iedarbība. Mūsu izpratnē cilvēka darbība un fizikālo procesu ietekme virza krasta reljefa formu attīstību. Sakarā ar to, ka cilvēka darbības ietekme arvien palielinās, piekrastes vide izmainās (Nordstrom, 2000). Tiek izdalīti tiešie un netiešie jūras darbības izraisīti reljefa veidotājprocesi. Pie tiešajiem reljefa veidotājprocesiem pieskaita viļņu, jūras straumju, paisuma un bēguma, kā arī dzīvo organismu darbību. Pie netiešajiem faktoriem pieskaita vēju, jūrā ietekošo ūdens plūsmu, seismisko aktivitāti, epeirogēno un orogēno procesu ietekmi (Maldavs, 1981).

Jūras krasta ģeoloģisko procesu raksturu, intensitāti un slodzi uz krastu, tā stāvokli un izmaiņām nosaka dabiskie un cilvēka radītie (antropogēnie) faktori.

Dabiskie faktori, kas darbojas īslaicīgā un ilglaicīgā periodā (Eberhards, 2001):

- meteoroloģiskie (vēju režīms, nokrišņi, gaisa temperatūras);
- jūras hidrodinamiskie un litodinamiskie (viļņošānās, jūras ūdenslīmeņi, ledus apstākļi, garkrasta sanešu plūsmas);
- ģeoloģiskie un reljefa faktori (zemes garozas tektoniskās kustības, krasta ģeoloģiskā uzbūve un ieži, sanešu daudzums, krasta līnijas ekspozīcija un augstums).

Antropogēnie faktori (Eberhards, 2001):

- ostas ar to hidrotehniskajām būvēm;
- krasta aizsargbūves;
- apdzīvotības un apbūves blīvums krasta joslā;
- derīgo izrakteņu ieguve.

1.3.1. Krastu veidojošie dabiskie faktori

Laika posmā no 1960. – 1990. gadam visās jūras hidroloģisko novērojumu stacijās (Liepāja, Pāvilosta, Ventspils, Kolka, Roja, Daugavgrīva, Skulte, Salacgrīva) uzrādīja izteiktu gada vidējā ūdens līmeņa celšanās tendenci, visstraujāko - Rīgas līča galotnē (Daugavgrīvā, Skultē). No 1991. – 2000. gadam līmeņu celšanās turpinās, bet ir ievērojami lēnāka, kas izskaidrojama ar retāku spēcīgu vētru atkārtotāmību.

Vispostošākās krasta joslas izmaiņas (erozija - noskalošana) saistās ar vētrām, kad jūras vēju ātrums krasta joslā pārsniedz 20 – 25 m/s (>80 – 90 km/h) un jūras ūdenslīmenis vējuzplūdu rezultātā paceļas par >1 m virs vidējā (tiek appludināta pludmale).

Maksimālā jūras ūdens līmeņa sevišķi izteikts kāpums raksturīgs atklātās Baltijas jūras krasta joslā. Gadījumu skaits ar spēcīgām vētrām, kad vējuzplūdu līmeņi sasniedz 1 m un vairāk, parasti nepārsniedz 1 – 3 dienas gadā. Pēdējo gadu laikā atklātās Baltijas jūras piekrastē spēcīgākās vētras notika 1992., 1993., 1999., 2001/2002., 2005, un 2007. gadā, bet Rīgas līča piekrastē – 1992., 2001., 2005. un 2007. gadā.

Jo šaurāka un zemāka ir dabisko barjeru josla (pludmale un kāpas) un mazāks smilšu apjoms, jo pamatkrasts būs jutīgāks pret noskalošanu vētru laikā, jo augstāka būs arī pamatkrasta noskalošanas riska pakāpe (Eberhards, Saltupe, 2002).

Krasta ģeoloģisko procesu norisēs, to intensitātei būtiska nozīme ir vēja virzienam vētras laikā attiecībā pret krasta līniju. Dominējot dienvidrietumu, rietumu vējiem, viļņu darbībai tieši pakļauta bija tikai atklātās Baltijas jūras piekraste ap 180 km garumā (Nīda - Ovīšrags) un daļēji Rīgas līča Vidzemes krasts (Skulte – Ainaži). Vienīgi ziemeļrietumu vētrās viļņu darbībai pakļauta visa krasta līnija >490 km garumā.

Ledus parādības jūrā – pirmo ledu parādīšanās dienu skaits ar ledu jūrā un ledus pilnīga izzušana un to izmaiņu tendences pagājušā gadsimta laikā liecina par klimata pasiltināšanos un līdz ar to arī par krasta ledu ātrāku izzušanu un krasta ģeoloģisko procesu aktīvās izpausmes sezonas (perioda) pagarināšanos atklātās Baltijas jūras piekrastē, bet sevišķi krasi – Rīgas līča Vidzemes krastā Salacgrīvā (Eberhards, 2001).

1.3.2. Krastu veidojošie antropogēnie faktori

Antropogēno faktoru ietekme galvenokārt ir saistīta ar ostas ārējām būvēm un bagarēšanas darbiem. Līdz ar krasta izskalošanu mazo ostu molu aizvēja pusē, ostu moli aiztur ievērojamu smilts apjomu un samazina sanešu plūsmas „barošanu” (Ulsts, 1998).

Pēc krastu izmaiņas gaitu īpatnībām, Latvijas piekrastē, ir izdalāmi ostu tipi: Rīgas un Ventspils. Ventspils tipam (Ventspils, Pāvilosta, Liepāja, daļēji arī Skulte, Engure, Mērsrags, Ainaži) raksturīga laika gaitā nemainīga attīstības tendence – krasta pieaugums joslā pret molu, kas bloķē dominējošo garkrasta sanešu plūsmu, un pamatkrasta noskalošana aiz pretējā mola visā ostas pastāvēšana laikā. Rīgas tipam (Rīga, Salacgrīva, Kuiviži) raksturīgs intensīvs krasta joslas pieaugums abpus moliem sākotnējā periodā pēc molu izbūves un abpusēja pieaugošās daļēji jau apgūtās un apbūvētās krasta joslas noskalošana (Eberhards, Saltupe, 1995).

Pieaugošais tūrisms piekrastes teritorijā ievērojami ietekmē piekrastes ekosistēmas, samazina un iznīcina dabas un rekreācijas vērtības (Lemauviel, Rozé, 2003; Marion, Reid, 2007). Vairāki zinātnieki ir pētījuši sakarības starp cilvēku izraisīto veģetācijas nobradāšanu un cita veida veģetācijas izmaiņas inscenējošiem faktoriem, piemēram, Lemauviel un Rozé apgalvo, ka viena no visnozīmīgākajām ekoloģiskajām ietekmēm kāpu ekosistēmās ir cilvēku radītie izbradājumi. Lai gan lielā mērā veģetācijas izmaiņas ir atkarīgas no bradājumu intensitātes, negatīvais efekts ir arī atkarīgs no bradājuma ceļa un nogāzes slīpuma. Tiklīdz paaugstinās izbradāšanas intensitāte, samazinās sugu daudzveidība, veģetācijas blīvums, biomasa, samazinās augu augstums, vasas (auga virszemes daļa) un sakņu svars, izmainās arī sugu sastopamības proporcija (McDonnell, 1981; Ikeda, 2003).

1.4. Pamatkrasta jutīgums pret eroziju

Visi Latvijas jūras krasti pēc to „jutīguma” pret noskalošanu vētru laikā, tiek iedalīti četrās jutīguma klasēs (1.1. tab.). G. Eberharda un B. Saltupes veiktie aprēķini parāda, ka no visas krasta līnijas kopgaruma 62% aizņem pret noskalošanu vētru laikā „ļoti jutīgie” un „jutīgie” krasta posmi (>280 km), kur pie atbilstoša labvēlīga vēju virziena jau pirmajā spēcīgajā vētrā (vēja ātrums pārsniedz 30 m/s, bet vējuzplūdu ūdenslīmenis krasta joslā >1,5 – 1,7 m) tiks noskalota visa dabiskā aizsargbarjera (pludmale, priekškāpa) un sāksies pamatkrasta erozija. Izveidosies stāvkrasts. Savukārt „jutīgie” un „mazjutīgie” krasti un to

pārejas varianti aizņem ap 18% no krasta līnijas kopgaruma. „Mazjutīgie” un „drošie” krasti aizņem ap 20% (Eberhards, 2003).

1.1. tab.

Jūras pamatkrasta jutīgums pret eroziju. (Eberhards, 2003)

Jutīguma klase	Krasta raksturojums	Pludmales platums, m	Priekškāpas augstums, m	Smilšu budžets pludmalē un priekškāpā, m³/m
1	Ļoti jutīgie, apdraudētie krasti: pamatkrasta noskalošana var notikt pirmās spēcīgās vētras laikā, kad ūdenslīmenis krasta joslā paceļas par 1 – 1,5 m virs vidējā	15 – 35	0 – 2	< 60 (20 – 60)
2	Jutīgie, apdraudētie krasti: pamatkrasta noskalošana var sākties biežu vētru gadījumos, kad ūdenslīmenis krasta joslā paceļas > 1,5 – 1,7 m virs vidējā	20 – 40	1,5 – 2	60 – 140
3	Mazjutīgie krasti, maz apdraudētie: noskalošana var sākties tikai viesuļvētru laikā, (atkārtojamība 1 reizi 100 – 200 gados) vai pēc 30 – 50 gadiem	30 – 50	2,5 – 3	140 – 200
4	Drošie krasti: Maz ticama pamatkrasta erozija tuvāko 30 – 50 gadu laikā. Pamatkrasta erozija lokālos iecirkņos iespējama viesuļvētru laikā	50 – 80 (100)	3 – 5	> 200 (200 – 300)

1.5. Krasta zonas sanešu granulometriskais sastāvs

Nogulumu granulometriskā sastāva analīze ļauj iegūt informāciju par to izcelšanos, pārvietošanās un izgulsnēšanās procesiem. Graudu izmērs raksturo sanešu transporta procesu apjomus un sadalījumu. Nogulumu mehāniskā analīze sniedz kvantitatīvu informāciju par sanešu nogulsniēšanos un tāpēc tā parasti tiek lietota mūsdienu nogulumu

procesu transporta un veidošanās apstākļu analizēšanā un daudzuma noteikšanā (Friedman, Sanders, 1979; Nicholos, 1999).

Pēc galvenajiem krasta līniju veidojošajiem procesiem, viļņu biežuma, vēja un paisuma enerģijas, var noteikt gar krastu valdošo nogulumu gradāciju, kas uzkrājas pludmalē. Vietās, kur nav izteikta paisuma – bēguma enerģija, vidi raksturo dubļaini un aleirītiski nogulumi, turpretī augstas viļņu enerģijas apvidos dominē smiltis un grants. Īpaši augstas enerģijas apvidos nogulumi var pat vispār nebūt un krasta formas var veidot tikai klintis (French, 2001).

Viena no galvenajām krasta nogulumu raksturojošām īpašībām ir tā nogulumu sastāvs. Piekrastes sedimenti reti sastāv tikai no viena veida nogulumiem, tāpēc graudu izmērs var atšķirties sākot no oļu frakcijas līdz rupjai, smalkai smiltij, dūņām vai māla daļiņām (Koomans, de Meijer 2004). Pludmales nogulumi pamatā sastāv no smilts vai grants dažāda izmēra daļiņām. Graudu izmēra proporcionālās attiecības ir dažādas. Pludmales nogulumi parasti ir labi šķīroti. Daudzas no pasaules pludmalēm ir smilšainas, bieži tajās izkaisītā veidā ir sastopamas lielāku frakciju daļiņas (Bird, 2008).

Pamatā, lai aprakstītu nogulumu iežus, tiek izmantots granulometriskais izmērs. Iežu daļiņām ir daudzi parametri, pēc kuriem tās var aprakstīt, kā, piemēram, grauda diametrs, forma, tilpums un masa. Daļiņu diametrs ir viegli nosakāms, tomēr tām piemīt bezgalīgi daudz dažādu formu – sākot no apaļām un beidzot ar plata diska formu. Eroziņas rezultātā rodas ļoti maz pilnīgi apaļu lodīšu, visbiežāk tās ietekmē rodas aptuveni apaļas lodītes. (Davis, Fitzgerald, 2004)

1.6. Buļļu jeb Daugavgrīvas sala

Daugavgrīvas sala atrodas Rīgas pilsētas Pārdaugavas daļā, Kurzemes priekšpilsētā. Daugavgrīva atrodas salas ziemeļrietumos, tās ģeogrāfiskā novietojuma dēļ ir bijusi svarīga nozīme Rīgas pilsētas vēsturē, tur notikusi Daugavgrīvas cietokšņa vēsturiskā attīstība. Rītabuļļi, atrodas Daugavgrīvas salas centrālajā daļā, bet Vakarbuļļi, - minētās salas dienvidrietumos pie Lielupes ietekas jūrā (www.apkaimes.lv).

Salas garums ir 8 km, platums 1 – 2 km, platība 13 km², vidējais augstums 2 – 4 m vjl., lielākais augstums 14 m vjl. (Eberhards, 1994). Salu no Jūras atdala Daugava, Lielupe un Buļļupe, saukta arī par Buldurupi. Tā ir viena no lielākajām Latvijas salām. Pēdējo 300 gadu laikā pieaugušās sauszemes platums pret Bolderāju sasniedza 1 – 1,5 km, bet pret Rītabuļļiem – ap 300 m. Atsevišķas kāpas sasniedz 4 – 8 m relatīvo augstumu (<http://piekraste.daba.lv>).

1.6.1. Daugavas un Lielupes grīvu maiņa – Daugavgrīvas salas izveidošanās

Līdz 16. gadsimta beigām Daugavas ietece jūrā atradās Vecāķos. Iepriekšējā Daugavas grīva tagad ir Vecdaugavas atteka. 1567. gadā liela pavasara palu sastrēguma laikā Daugavas straume izrāva jaunu, taisnāku ceļu uz jūru, bet vecā gultne piesērēja, kļuva nekuģojama. Jaunā gultne bija sekla, zarojās ar daudziem sēkļiem, kas pastāvīgi mainīja savu vietu (Eberhards, 2003).

Līdz 17. gs. Lielupei nebija sava ieteka jūrā, tā ietecēja Daugavā caur Buļļupes caurteci. 1697. gada pavasara palos, Daugavas grīvā izveidojoties ledus sastrēgumam, Lielupes ūdeņi izrāva sev jaunu gultni uz jūru - pārrāva kāpu joslu tagadējās Buļļu jeb Daugavgrīvas salas vidū, izveidojot jaunu gultni, pa kuru ieplūst tieši Rīgas līcī. Minētā ieteka tika dēvēta par Ziemeļupi, sauktu arī par Jāņupi. Tomēr jaunā grīva laika gaitā aizsērēja ar jūras nogulumiem un tika aizbērtā (Eberhards, 1994). Grīva pastāvēja tikai nepilnus 100 gadus. Vēlāk, netālu no Daugavgrīvas piejūras kāpu joslas sauszemes pusē izveidojās tagadējais līcis – Ziemeļupe. Līcis mākslīgi padziļināts un tajā atrodas Rīgas pilsētas ūdens attīrīšanas stacija (www.apkaimes.lv).

Daugavgrīvas sala izveidojās 1755 – 1757. g., kad Lielupes palu ūdeņi pārrāva šauru sauszemes joslu Jūrmalas strēles turpinājumā tagadējās Lielupes grīvas vietā.

Laikā no 1765. līdz 1768. gadam bija mēģināts jauno Lielupes gultni aizsprostot, bet 1771. gadā tā atkārtoti izlauza sev ceļu tajā pašā vietā, izveidojot tā saukto Jaunupi. Vienlaikus radās arī tagadējā Daugavgrīvas sala (www.apkaimes.lv).

1.6.2. Salas ģeoloģiskais raksturojums

Daugavgrīvas sala atrodas Rīgavas līdzenumā, kura teritorijas lielākā daļa atrodas tikai dažus metrus virs jūras līmeņa. Slikto noteces apstākļu un augstā gruntsūdeņu līmeņa dēļ, šeit raksturīgi pārpurvošanās procesi (Juškevičs, 1999). Daugavgrīvas salā galvenokārt atrodas Litorīnas un Pēclitorīnas laika jūras, lagūnu un aluviālie smilšainie nogulumi, kuru virspusē ir vēja pārpūstas smiltis. Litorīnas jūras nogulumi pārsvarā sastāv no smalkgraudainas vai aleirītiskas smilts, kas bieži satur augu atliekām bagātas dūņu starpkārtiņas (Brangulis, 2000). Zem kvartāra nogulumu segas, kas Daugavgrīvas salā ir ļoti bieza (maksimāli 60 m), atrodas augšdevona Gaujas svītas sarkanbrūnie, retāk zaļganpelēkie kvarca smilšakmeņi ar 0,5 – 1 m bieziem aleirolītu un mālu starpslāņiem.

Salas rietumu daļa no inženierģeoloģiskā viedokļa kopumā uzskatāma par viendabīgu teritoriju. Lielākajā daļā tās teritorijas ir celtniecībai labvēlīgi apstākļi, kur zem augsnes līdz ~10 m dziļumam raksturīgas blīvas smilšainas gruntis (galvenokārt putekļaina smilts ar blīvām starpkārtām). Šajās teritorijās būvlaukuma sagatavošanai nav vajadzīgi speciāli inženiertehniskie priekšdarbi, lai gan uzmanīgi jāvērtē gruntsūdeņu līmenis, kas pārsvarā ir ļoti augsts (0 - 1,5 m) un tikai vietām (apkaimes DR un daļā ZA) tas dabiski ir būvniecībai pietiekamā dziļumā (1,5 - 3 m). Ģeotehniski būvniecībai nelabvēlīgākas teritorijas izvietotas gar Buļļupes krastu (ap Rītabuļļiem), un jo īpaši salas pašos DR (Vakarbuļļos). Tur celtniecības apstākļi ir apgrūtināti ne tikai no grunšu sastāva viedokļa, bet arī teritorijas applūstamības riska dēļ. Jāpiemin, ka Rītabuļļos tas nav vērtējams kā slogs attīstībai, jo šīs teritorijas atrodas dabas un apstādījumu teritorijā, kur jaunas apbūves attīstība ir strikti ierobežota (www.apkaimes.lv).

Salas austrumu daļa no inženierģeoloģiskā viedokļa ir ļoti kompleksa teritorija. Pārsvarā raksturīgas dažāda rupjuma smiltis ar nelielām (1 – 1,5 m) dūņu starpkārtām, kūdras slāņšiem un organikas ieslēgumiem. Apkaimes zemākajās vietās (ap Ziemeļupi, Ziemas ostu un Daugavgrīvas dabas liegumā) celtniecībai ir nelabvēlīgi apstākļi, jo šajās vietās ir ļoti augsts gruntsūdens līmenis (0 – 1,5 m), kā arī gruntis ir bagātas ar organiskas izcelsmes materiāliem (dūņas, kūdra). Teritorijā ap Daugavgrīvas cietoksni ir sarežģīti celtniecības apstākļi, bet pārējā apkaimes teritorijā būvniecības apstākļi vērtējami kā nosacīti labvēlīgi vai pat labvēlīgi (www.apkaimes.lv).

1.6.3. Pludmales ģeoloģiskais raksturojums

Pludmales apraksts. No Lielupes ietekas jūrā līdz Daugavgrīvas bācai raksturīga pastāvīgi smilšaina, mainīga platuma, rekreācijai piemērota smilšu pludmale. Iecirknī no Lielupes ietekas 1 km garumā uz austrumiem, priekškāpa ziemeļrietumu vētru laikā ir pakļauta sistemātiskai erozijai.

No a/s „Bolderāja” ūdens attīrīšanas iekārtu izvada uz Daugavgrīvas bākas pusi sākas vētru laikā pastāvīgā krasta noskalošanas josla. Pludmale krasi sašaurinās līdz 15 – 20 m, kļūst stāva, smiltis kļūst rupjākas. Apmēram 0,5 km pirms Daugavgrīvas rietumu mola (pirms ar betona paneļiem nostiprinātā krasta) jūras ūdenslīmenī reizēm parādās aprakta augsnes horizonta – niedrāja sakņu virsa. Tā liecina, ka pirms 50 – 60 gadiem, kad vēl nebija sākusies krasta erozija, te atradās pamatkrasts. Pludmale un priekškāpu josla bijusi vairākus desmitus metru tālāk, vietā, kur tagad ir 2 – 3 m dziļa jūra. Vētru laikā priekškāpa tika pakāpeniski

noskalota un palikusī priekškāpas daļa pakāpeniski tika pārpūsta iekšzemes virzienā, apberot niedrāju un seklo lagūnas ezeru, kas vēl labi redzams 1961. gada topogrāfiskajā kartē (<http://piekraste.daba.lv>).

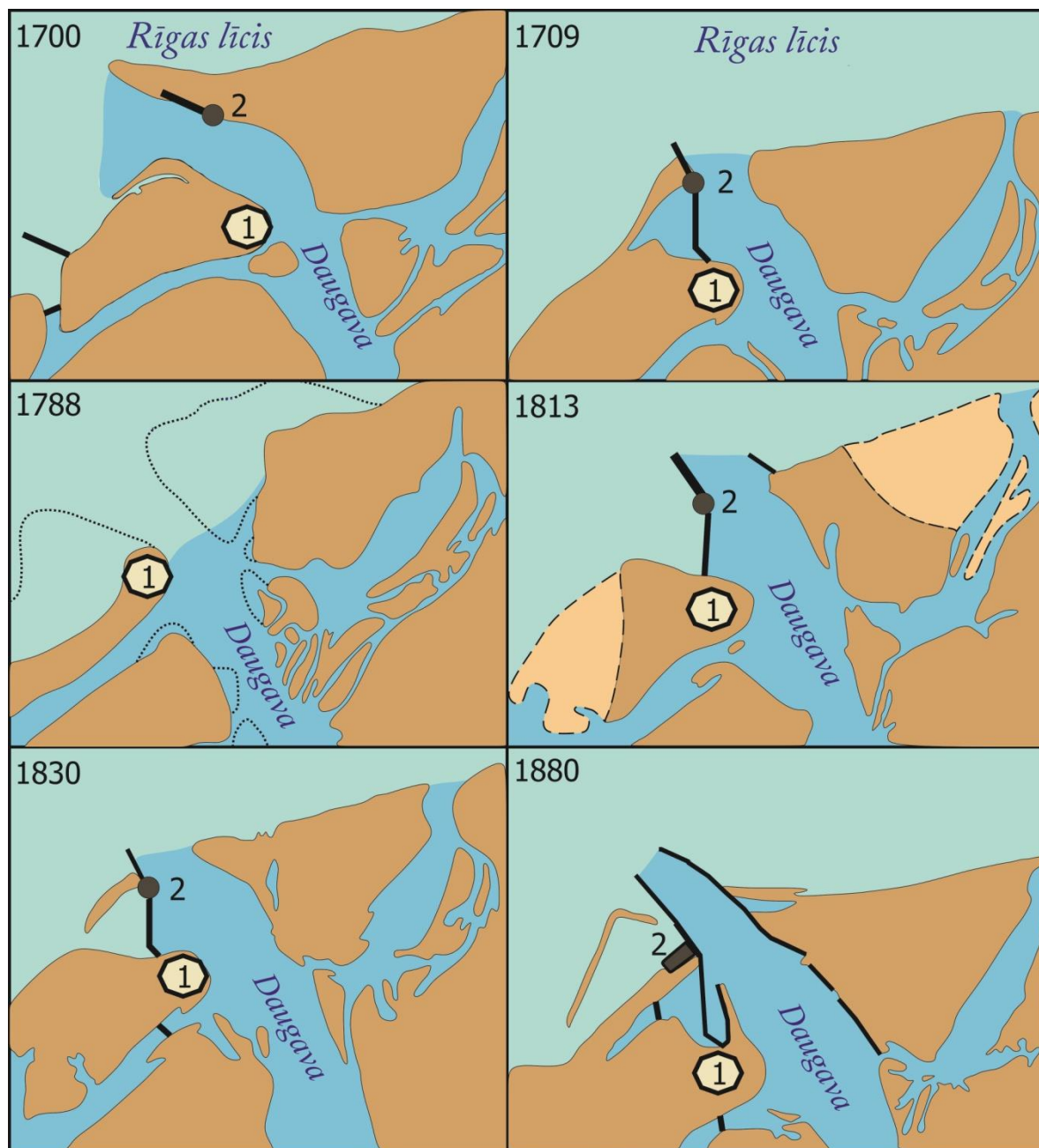
Pludmales akumulācijas un erozijas zonas. Salas rietumu daļā krastam ir krasi izteikts akumulatīvs raksturs: 35 – 50 m plato smilšaino pludmali pavada divas priekškāpas. Salas vidējā daļā ir viena lēni augoša priekškāpa. Krasta izskalošana novērojama apmēram 1,5 km garā iecirknī, kas piekļaujas rietumu molam Daugavas grīvā. Pēc J. Korobovas (Lenmorniiprojekt) pētījuma šajā iecirknī 33 gadu laikā (1943 – 1976. g.) krasts atkāpies 230 – 250 m attālumā:

- 1943 – 1964. g. līdz 8 – 12 m/gadā;
- 1965 – 1976. g. līdz 8,5 – 9,2 m/gadā, bet apmēram 1,8 km no rietumu mola – 2,1 m/gadā.

Raksturīgi, ka krasta izskalošana nebija saistīta ar jūras vētrainības izmaiņām. Laiku pa laikam krasta izskalošana aprima, un kāples pakājē izveidojās eolās smilts velce vai pagaidu rakstura zema priekškāpa. Pašlaik krasts pie bijušās kara kuģu remonta rūpnīcas ir nostiprināts ar betona nogāzi, un izskalojumi novērojami abpus nostiprinātajam iecirknim. Pēc G. Eberharda datiem, dienvidos no tā 1987. – 1991. g. vidējais krasta atkāpšanās ātrums bijis apmēram 5 m/gadā. I. Veinbergs, sīki izpētījis krasta un zemūdens nogāzes litodinamiku, pierādījis, ka pie Daugavgrīvas salas eksistē īsa sanešu plūsma, kas ir virzīta uz Lielupes grīvas pusi (Ulsts, 1998).

1.6.4. Antropogēno faktoru ietekme Daugavgrīvas salā

Kad 1567. g. izveidojās mūsdienu Daugavas ieteka jūrā, tā bija sekla, regulāri mainīja savu gultni, zarojās un tai bija daudz sēkļu. Daugavas grīvā 17. – 18. gs. tika celti militārie objekti, būvētas dambju sistēmas (1.6. att.). Sākot ar 18. – 19. gs., lai nodrošinātu kuģošanu tika veikti gultnes regulēšanas un rekonstrukcijas darbi. 1781. – 1783. gados tika uzbūvēts Komētas forta dambis (Eberhards, 2003). 19. gs. beigās izbūvēti arī abi tagadējie Daugavas moli, veikti regulāri gultnes padziļināšanas darbi, zemo, purvaino saliņu uzskalošana un



1. Daugavgrīvas cietoksnis
2. Komētas forts

1.6. att. Daugavas un Rīgas līča krasta līnijas izmaiņas 1700. – 1880. gads

(Eberhards, 2003 ar autores izmaiņām)

attekū aizbēršana apbūves un ostas piestātņū vajadzībām. Līdz ar iepriekš minēto objektu izbūvi, tika ievērojami izmainīta dabiskās garkrasta sanešu plūsmas pārvietošanās austrumu virzienā. Procesa ietekmē notika strauja sanešu uzkrāšanās seklūdens zonā un sauszemes platību pieaugums uz rietumiem no Daugavas grīvas.

Antropogēnās darbības rezultātā ir krietni izmainīts Daugavas sanešu budžets, tās cietās noteces samazinājums tika novērots pēc Ķeguma HES izbūves (1936. g.), kad upes gada vidējā cietā notece bija 320000 m³ tajā skaitā 250000 m³ mālaino daļiņu un 70000 m³ smilts. Pēc Pļaviņu (1965. g.) un Rīgas (1974. g.) HES izbūves upes lejtecē tās gultne pazaudēja savas dabiskās īpatnības un būtībā pārveidojās regulējamā kanālā un cietā notece samazinājās 2 – 3 reizes (Ulsts, 1998). Oostas vajadzībām 2011. g. jūlijā tika uzsākti Daugavas gultnes padziļināšanas darbi, kuru laikā upe tika padziļināta līdz 10 m. Plānots, ka laika posmā no 2012.-2014. gadam to padziļinās līdz 15 m dziļumam, savukārt posmā no 2014.-2018. g. no pieņemšanas bojas līdz Rīnūžiem padziļināšanu veiks līdz 17 m dziļumam (Rīgas Brīvostas pārvalde, 2011; Paredzētās darbības..., 2011). Arī Lielupes gultni ir krietni vien ietekmējušas antropogēnās aktivitātes. Laika posmā no 1955. - 1990. gadam regulārus Lielupes gultnes padziļināšanas darbus veica Latvijas upju kuģniecība. Ar tiem vienlaicīgi, Lielupes smilts tika iegūta kā derīgais izraktenis. Sākotnējie ieguves apjomi bija salīdzinoši nelieli 1955. g. 2000 m³, bet 1989. g. Apmēram 1000000 m³. Smilts iegulu izstrādes rezultātā mūsdienu Lielupes gultnei ir raksturīgs tehnogēnais reljefs. Tā Lielupē notikusi no Valteriem līdz pat ietekai jūrā. (Stiebrīšs, 1993). Šīs antropogēnās aktivitātes gan Daugavā, gan Lielupē ir ietekmējušas Daugavgrīvas salas pludmales attīstības procesus un sanešu budžetu tajā.

Lai mazinātu pavasara palu ietekmi Jelgavā, Kalnciemā un potenciālos draudus Jūrmalas pilsētai Lielupes grīvas rajonā, 2010. gada 26. martā (www.delfi.lv), tika veikta upes sēkļa spridzināšana. Darbus veica Nacionālo bruņoto spēku (NBS) spridzināšanas speciālisti pēc Jūrmalas pašvaldības lūguma. Pēc spridzināšanas pilnībā tika noskalota pludmale un lielākā daļa priekškāpas, kā rezultātā izveidojās 4 m augsts stāvkrasts, kā arī padziļinājās upes gultne. Par to liecina maģistra darba autores novērojumi, veicot teritorijas apsekošanu 2010. gada aprīlī.

Daugavgrīvas salas teritorija padomju laikā tika mākslīgi paplašināta. Gar tās austrumu krastu, kur atradās Bolderājas kuģu remontu rūpnīcas teritorija, tika sabērti būvgruži un uzbērtas smiltis, tika aizbērtā niedrāju josla ar sekļajiem ezeriņiem, kā rezultātā izveidojās sausieņu pļavas ar retām augu sugām, kas tagad pastiprināti aizaug ar krūmiem (<http://piekraste.daba.lv>).

Rīgas notekūdeņu attīrīšanas iekārtas Daugavgrīvas salā savu darbību uzsāka 1991. gadā. To izbūves vajadzībām salas vidusdaļā, 70 – 80 m platā joslā, tika pilnīgi norakta augsta, augoša priekškāpa un zemē ierakta Rīgas notekūdeņu attīrīšanas iekārtu dīķera izvadu trase (Eberhards, Saltupe, 1993).

Daugavgrīvas salā atrodas divas peldvietas – Daugavgrīvas un Vakarbuļļu. Tās ir nozīmīgas Rīgas iedzīvotāju atpūtas vietas. Vakarbuļļu peldvietas teritorija ir labiekārtota (ir pārgērbšanās kabīnes, tualetes, soliņi, iekārtota aktīvās atpūtas zona), tajā ir uzcelta glābšanas stacija, izvietotas zīmes ar nepieciešamo informāciju, veikta peldvietas izpēte, lai drošību neapdraudētu straumes, mīnas un citas pārbaudes. Autobraucēju ērtībām izveidots stāvlaukums. Vakarbuļļu peldvietai 2009. gadā tika piešķirta Starptautiskā Vides Izglītības fonda (FEE) godalga Zilais karogs, kas norāda uz pludmales tīrību, drošību un attīstītu infrastruktūru (Veselības inspekcija, 2011).

Daugavgrīvas peldvieta atrodas lieguma zonā un ir visieciņākā to iedzīvotāju vidū, kas dzīvo Daugavgrīvas un Bolderājas teritorijā, kā arī te atpūšas iedzīvotāji no visiem Rīgas rajoniem, kuri izmanto iespēju atbraukt ar sabiedrisko transportu. Ievērojami daudz pludmales labiekārtošanā ir izdarīts pēdējo gadu laikā – uz peldvietu ir uzbērts ceļš līdz kāpām, uzcelts putnu novērošanas tornis, pludmalē iekārtotas atpūtas zonas, izvietoti konteineri, pārgērbšanās kabīnes, izveidota koka laipa līdz peldvietai. Tiek īstenoti pasākumi, lai peldvieta varētu saņemt nacionālo peldvietu kvalitātes sertifikātu (Veselības inspekcija, 2011).

Lai nodrošinātu rekreācijas prasības, tiek veikti pludmales sakopšanas un uzturēšanas darbi, kas atbilst gan higiēnas, gan estētiskajām vajadzībām, kā arī pievilcīgas vides veidošanai. Uzkopšanas darbus visas pludmales garumā nodrošina SIA „Veolia”. Uzkopšanas darbos īpaši tiek izdalītas 2 rekreācijas zonas, kurām nepieciešama lielāka uzmanība noslogotības dēļ: Daugavgrīvas peldvieta (3.autobusa galapunktā intensīvā atpūtas zona – 700 m garumā gar jūras piekrasti) un Vakarbuļļu peldvieta (Ilmeņa ielas galā intensīvā atpūtas zona - 1000 m garumā gar jūras piekrasti). Gads pludmales sakopšanā tiek iedalīts 3 sezonās:

- Pludmales pirmssezonas sagatavošana un uzturēšana no 01.04.- 31.05.
- Pludmales sezonas uzturēšana 01.06.- 30.09.
- Pludmales starpsezonas uzturēšana 01.10. – 31.03.

Katra sezona iezīmējas ar atšķirīgu veicamo darbu kompleksu. Iepazīstoties ar šī pakalpojuma sniedzēja doto informāciju, noskaidroju, ka peldvietās (kopā 1700 m joslā gar jūras krastu) tiek veikta smilts virskārtas irdināšana un smilts virskārtas sijāšana ar specializēto tehniku 5-8 cm dziļumā (skat. 1. pielik.), atdalot no tās pludmales apmeklētājiem bīstamus priekšmetus (stikla lauskas un citus priekšmetus) un citus smiltīs paslēptus atkritumus. Pirmssezonas periodā to veicot vienu reizi (sausā, bez lietus periodā), bet pludmales sezonas laikā tā tiek veikta vismaz vienu reizi nedēļā (SIA „Veolia”, 2010).

1.6.5. Piejūras dabas parks

Dabas parks „Piejūra” dibināts 1962. gada un tā teritorija paplašināta 1999. gadā, kad iekļautas teritorijas no Vakarbuļļiem līdz Inčupei, veidojot 4315 ha kopplatību. Tas izveidots, lai saglabātu un aizsargātu jūras piekrastei raksturīgos un daudzveidīgos biotopus – pelēkās un baltās kāpas, smilšainās pludmales, pļavas, priežu un jaukto koku mežus, niedrājus. Piekraste ir patvērums daudzām augu un dzīvnieku retām un izzūdošajām sugām.

Dabas parkā „Piejūra” ietilpst divas dabas lieguma¹ zonas, kas atrodas Daugavgrīvas salā – „Daugavgrīva” un „Vakarbuļļi” (1.8. att.) (www.kurzemesrajons.lv).

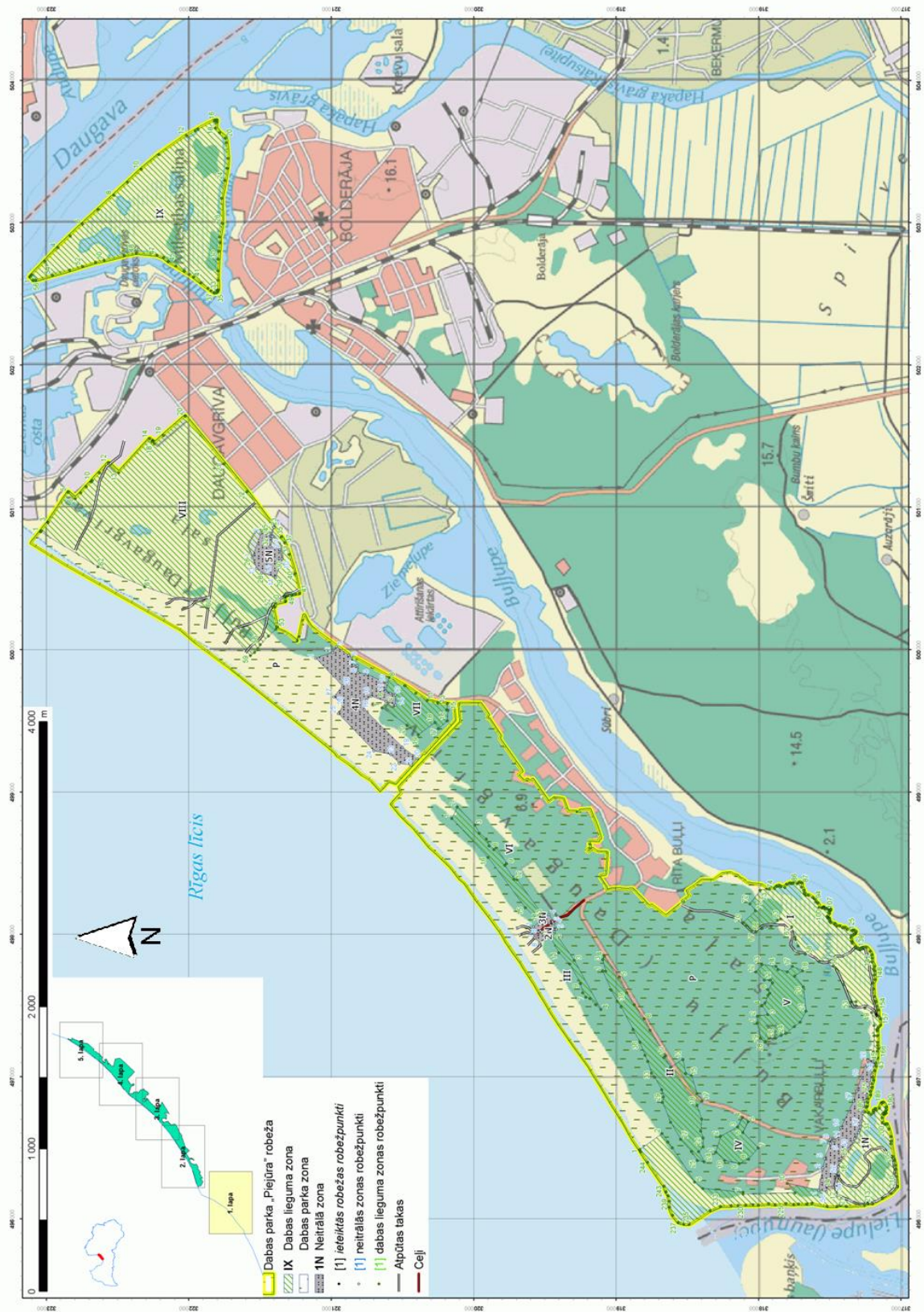
1.6.5.1. Daugavgrīvas dabas liegums

Daugavgrīvas dabas liegums sākotnēji dibināts 1988. gada 20. maijā 113 ha platībā. Pašreizējo dabas lieguma statusu nosaka Latvijas Republikas Ministru kabineta 1999. gada 15. jūnija „Noteikumi par dabas liegumiem”. Liegums atrodas Rīgas pilsētas Kurzemes rajonā Daugavgrīvas salas austrumu daļā.

Lieguma reljefs līdzens ar nelieliem pacēlumiem un ieplakām. Lielākajā lieguma daļā tas ir tikai 1 – 1,5 m virs jūras līmeņa, vienīgi priekškāpu joslā paceļas 6 m augstumā. Liegumā sastopami ļoti daudzveidīgi biotopi: tās ir gan sausas, gan pārpurvotas pļavas, krūmāji, daļēji aizauguši ezeriņi ar niedru, vilkvālīšu un meldru audzēm. Kāpās izklaidus aug kārkli un vītoli, kā arī psammofīti – smiltāju augi ar spēcīgu sakņu sistēmu. Liegumā sastopami arī halofīti – sāļaino augšņu augi.

Dabas liegums raksturojas ar lielu retu augu un putnu sugu daudzveidību. Te sastopami 29% no Latvijā atrasto orhideju sugu skaita. To starpā tādas aizsargājamās orhideju sugas kā Baltijas (*Dactylorhiza baltica*), stāvlapu (*Dactylorhiza incarnata*) un asinsarkanā (*Dactylorhiza cruenta*) dzegužpirkstīte, Lēzeļa lipare (*Liparis loeselii*), purvāju vienlape (*Malaxis monophyllos*), vienguma hermīnija (*Herminium monorchis*), smaržīgā naktsvijole (*Platanthera bifolia*). No tipiskiem jūrmalas halofītiem te aug aizsargājamais zemeņu āboliņš (*Trifolium fragiferum*), kā arī citas aizsargājamo augu sugas: rūgtā drudzenīte (*Gentianella amarella*), skaistais augstiņš (*Centaurium pulchellum*) un Žerāra donis (*Juncus gerardii*).

¹ **Dabas liegumi** – ir aizsargājamās dabas teritorijas, kuras izveidotas, lai saglabātu un aizsargātu dabas daudzveidību un izzūdošas savvaļas augu un dzīvnieku sugas, tipiskas ekosistēmas, Latvijas dabai raksturīgas ainavas (Rīgas Domes Vides aizsardzības pārvalde).



1.8. att. Piejūras dabas parka teritorija ar Daugavgrīvas un Vakarbuļļu dabas lieguma teritorijām (autorei papildināta karte no <http://priede.bf.lu.lv>)

Liegumā konstatētas vairāk nekā 60 putnu sugas. No aizsargājamajām putnu sugām liegumā sastopami lielais dumpis (*Botaurus stellaris*), mazais dumpis (*Ixobrychus minutus*), meža zoss (*Anser anser*), niedru lija (*Circus aeruginosus*), pļavu lija (*Circus pygargus*), dzērve (*Grus grus*), mazais ormanītis (*Porzana parva*), grieze (*Crex crex*), Šinca šņībītis (*Calidris alpina schinzii*), mazais zīriņš (*Sterna albifrons*), somzīlīte (*Remiz pendulinus*), bārdzīlīte (*Panurus biarmicus*). Liegumā sastopamas arī citas Latvijā retas putnu sugas.

Šeit sastopamas daudzas retas bezmugurkaulnieku sugas. (Rove, 2009). Lieguma ezeriņos atrasta reta gliemju suga *Musculinum lacustre* (Vimba, Kalvišķis, 2007).

1.6.5.2. Vakaruļļu dabas liegums

Dabas liegums „Vakaruļļu” dibināts kā vietējas nozīmes dabas liegums 1993. gadā 45,5 ha platībā. 1999. gadā ar 15.06.1999. LR Ministru kabineta noteikumiem Nr. 212 „Vakaruļļu” kļūst par valsts nozīmes dabas liegumu.

Atrodas Daugavgrīvas salas dienvidrietumos, tā platība 52 ha. Reljefs izveidojies vienvēdīgs un paceļas tikai 0,4 – 0,9 m virs jūras līmeņa. Ceļoties ūdens līmenim Rīgas līcī, applūst daļa dabas lieguma zonas teritorijas. Sastopamas applūstošas pļavas, kūdrāji, kāpas, nelielas bērzu un alkšņu audzes.

Dabas lieguma „Vakaruļļu” galvenās dabas vērtības ir palienes pļavas Buļļupes un Lielupes piekrastē un savdabīgie biotopi un retās augu sugas. Īpaši nozīmīgas ir jūrmalas armērijas (*Armeria maritima*) atradnes liegumā. Šī augu suga Latvijā sastopama tikai Rīgas līča dienvidu daļā, Rīgas pilsētā un vērojama viena no trīs purva mātsaknes (*Angelica archangelica*) atradnēm. Liegumā sastopamas arī tādas aizsargājamas sugas kā zemeņu āboliņš, Baltijas un stāvlapu dzegužpirkstītes, jumstiņu gladiola, purva pienene un rūgtā drudzenīte.

No 25 dabas liegumā atrodamajām retajām un aizsargājamām augu sugām 23 augu sugas iekļautas Latvijas Sarkanajā grāmatā, 19 augu sugas ir Latvijā īpaši aizsargājamas.

Nozīmīgākā no šeit novērotajām putnu sugām ir cekulcīrulis (*Galerida cristata*). Caurceļojot te novērota tāda īpaši aizsargājama putnu suga kā zivju dzenītis (*Alcedo atthis*). Vasarās Buļļupē un Lielupē regulāri uzturas upes zīriņi (*Sterna hirundo*) un lielie ķīri, bet ziemā te novērotas lielās gauras (*Mergus merganser*). Kopumā lieguma teritorijā droši konstatētas 24 putnu sugas, no kurām 13 šeit ligzdo (<http://vakarulli.lv>; www.kurzemesrajons.lv).

1.6.5.3. Krasta ģeoloģisko procesu ietekme uz Daugavgrīvas un Vakarbuļļu dabas liegumiem

Liegumu apdraud gan dabas, gan antropogēnie faktori. No dabas faktoriem jāmin iespējamā priekškāpas noskalošana un pārraušana vētru laikā 600 m garā krasta joslā, kas robežojas ar Rīgas brīvdabas teritoriju, kas sekmē jūras sāļo ūdeņu ieplūšanu niedrājos un ezeriņos. Šāda situācija bija izveidojusies pēc 2005. gada 8. – 9. janvāra vētras, kad tika pilnībā noskalota priekškāpu josla ap 0,5 km garā iecirknī apmēram 0-1 km attālumā no Daugavgrīvas bākas (Eberhards, 2006). Dabas liegumus arī apdraud gruntsūdens līmeņa celšanās un teritorijas pārpurvošanās un aizaugšana ar krūmiem (Vimba, Kalvišķis, 2007).

Lai atrastu labāko risinājumu šīs teritorijas aizsardzībai, nepieciešama vietas izpēte, priekškāpas noskalošanās un pārraušanas seku analīze, kā arī sagatavojami iespējamie tehniskie priekšlikumi.

Lai saglabātu vienotu priekškāpu un samazinātu smilšu pārpūšanu iekšzemes virzienā, caurrāvumu vietās (paralēli jūras ūdens līnijai) var veidot 2 – 3 savstarpēji paralēlas kārklu zaru - spraudņu rindas - žogus. Tiem ieaugot un veidojot jaunus dzinumus, no pludmales vēja pārpūstā smilts uzkrāsies izveidoto žogu joslā un aiz tās, pakāpeniski aizpildot pārrāvumus priekškāpā. Minētā aktivitāte nepasargās priekškāpas pārrāvumus atsevišķos tās posmos ļoti spēcīgu vētru laikā (<http://piekraste.daba.lv>).

Viens no nozīmīgākajiem dabiskos biotopus apdraudošajiem faktoriem dabas parkā „Piejūra” ir intensīvā atpūtnieku plūsma. Īpaši tiek apdraudēti kāpu meži un atklātās kāpas. Lai samazinātu šī faktora iedarbību, nepieciešams labiekārtot teritoriju, izveidojot rekreācijas vajadzībām piemērotu infrastruktūru (<http://piekraste.daba.lv>).

2. IZMANTOTIE MATERIĀLI UN METODES

2.1. Kartogrāfiskā materiāla apstrādes analīze

Maģistra darba laikā tika pa jaunam izveidota karte ar krasta līnijas izmaiņām laika posmā no 1938. – 2007. gadam. Bakalaura darba laikā izstrādātajam kartogrāfiskajam materiālam bija nepieciešami papildinājumi – Mangaļsalas un Lielupes teritoriju vēsturiskās krasta līnijas analīze. Kartes veidošanai tika izmantotas topogrāfiskās kartes TOPO 75 Latvijas laika, TOPO25k 42g PSRS, TOPO 25k 63g PSRS un ORTOFOTO3 aerofotogrāfija. Uz kartēm ar „ArcMap 10” programmatūru tikai atzīmēta piekrastes līnija un izveidota viena karte, kurā ir redzamas četru atsevišķu gadu piekrastes izmaiņas laika posmā no 1938. – 2007. gadam. Tā kā nebija pieejamas vienāda mēroga kartogrāfiskais materiāls tik ilgā laika periodā, tika izmantotas kartes dažādos mērogos: 1:75000, 1:30000 un 1:25000.

Darba ietvaros, tika konstatētas Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un zemes zinātņu fakultātes (LU ĢZZF) ieskenēto karšu uzmērīšanas gadu neprecizitātes. Informācijas sistēmā ir uzrādīts, ka kartes TOPO 25k 42g PSRS un TOPO 25k 63g PSRS abas ir uzmērītas 1961. gadā. Izveidojot jaunu karti „ArcMap 10” versijā, bija skaidri redzams, ka situācija pie Daugavas rietumu mola minētajās kartēs ir krasi atšķirīga. Tika meklēti karšu oriģināli gan fakultātes karšu bibliotēkā, gan Latvijas Nacionālās bibliotēkas karšu nodaļā, kā arī apgāda Jāņa sētas karšu veikalā Elizabetes ielā 83/85.

2.2. Krasta šķērsprofilu izmaiņas

Dati par Daugavgrīvas salas krasta nogāzes virsūdens daļas šķērsprofilu izmaiņām iegūti izmantojot Latvijas jūras krasta ģeoloģisko procesu monitoringa programmas (LJKĢMP) datu bāzi. Darba autore 2009. monitoringa programmas ietvaros un 2010. gadā piedalījās lauku darbos, veicot profilu mērījumus.

Jūras krastu ģeoloģisko procesu monitoringa tīkla veidošana 1987. – 1990. gadā uzsākta G. Eberharda un B. Saltupes vadībā un sākotnēji aptvēra tikai Rīgas līča krastus. Laikā no 1992. līdz 1996. gadam tika izveidots visu Latvijas piekrasti aptverošs stacionāru tīkls, kas turpmākajos gados tika papildināts, kā arī palielināts tā blīvums. Pirmie profili Daugavgrīvas salā izveidoti 1987. gada 20. novembrī, bet visjaunākais ir 2010. gada 3. oktobrī atjaunotais profils pie Lielupes ietekas jūrā, kas tika nopostīts pēc Lielupes sēkļa spridzināšanas 2010.

gada marta beigās. Vecais reperis vēl bija saglabājis savu atrašanās vietu jaunā stāvkrasta pašā malā un tuvākajā laikā varēja nobrukt. Jaunizveidotā repera profila līnija ir salīdzināma ar veco.

Nivelēšanas profilu stacionāri: Nivelēšana tiek izmantota tajos krasta posmos, kur izplatītas plašas pludmales un attīstījies eolais reljefs priekškāpas vai embrionālās kāpas formā. Nivelēšanas profili apvienoti grupās (stacionāros), kas, savukārt, izvietoti raksturīgos krasta iecirkņos. Katras profilu grupas atrašanās vieta izvēlēta atbilstoši kopējai krasta sistēmas specifikai tā, lai būtu iespējams iegūt informāciju par katru sanešu bilances ziņā būtiski atšķirīgu apakšsistēmu (iecirtni).

Profilu līnijas ir orientētas perpendikulāri ūdenslīnijai, šķērso visu pludmali un jaunāko eolo reljefu. Mērījumi tiek veikti ar optisko nivelieri SOKIA C3 un kopš 2007. gada ar lāzernivelieri Leica Sprinter 100M. Par atbalsta punktiem ar zināmu absolūto augstumu tiek izmantoti gruntsreperi, māju pamati, kā arī īpaši ierīkoti pagaidu reperi – metāla stieņi, veci koki, laukakmeņi u.c. Reperi atrodas tālāk (augstāk) par maksimālo vētrā iespējamo plūdūdeņu līmeni un ir iespēju robežās pasargāti no eolās apbēršanas, vandalisma un privātīpašnieku neizpratnes.

Nivelēšana tiek veikta vienu reizi gadā, parasti vasarā vai rudenī, pēc „vasaras miera perioda”. Lai iegūtu pietiekami precīzu pludmales un eolā reljefa šķērprofilu, latus nolasījumi tiek veikti visos mikroreljefa liekuma punktos, vai arī ne retāk kā ik pēc 10 metriem. Mērījumi tiek veikti tikai līdz augstuma „0” atzīmei Baltijas augstumu sistēmā. Krasta zemūdens nogāzē mērījumi netiek veikti (Eberhards, Saltupe, 1999).

Nivelēšanas šķērprofilu dati ir pieejami LU ĢZZF LJKĢPM datu bāzē.

Lai iegūtie dati būtu ilustrējoši, tika izmantoti arī iepriekšējo gadu monitoringa veiktie uzņēmējumi un programmatūrā „*Microsoft Excel*” („*MS Excel*”) tika izveidoti situāciju raksturojoši grafiki.

2.3. Pludmales sanešu granulometriskā analīze

Paraugi granulometriskajai analīzei tika ievākti no Daugavgrīvas salas pludmales zonas 2009. gada rudenī (11., 12. decembrī), 2010. gada pavasarī (22., 24. aprīlī), 2010. gada vasarā (7. septembrī) 2010. gada rudenī (11. decembrī) un 2011. gada pavasarī (29., 30. aprīlī), 2011. gada vasarā (21., 22. augusts), 2011. gada rudenī (29. novembrī, 12. decembrī), 2012. gada pavasarī (12., 20. maijs) un 2012. gada vasarā (31. augustā, 4. septembrī).

Viens vidējais paraugs tika izveidots no paraugiem, kas ievākti 2009. gada rudenī un 2010. gada pavasarī, proti, smiltis ievāktas no zemās, pārejas joslas² un augstās pludmales daļas. Katrā pludmales daļā tika izrakta 20 – 30 cm dziļa bedrīte un ievākts 300 g mitru smilšu, kas tika sabērta vienā kopīgā maisā un izveidots viens paraugs, kuram klāt tika pielikts parauga numurs. Pavisam tika ievākti 13 smilšu paraugi, ar GPS tika noteiktas to koordinātes.

Savukārt, no pārējiem paraugiem, kas ievākti laika posmā sākot no 2010. gada vasaras, netika veidots viens vidējais paraugs, šajos gadījumos tika katra pludmales daļa izdalīta atsevišķi, kas trīskāršoja kopējo paraugu skaitu (39 paraugi) katrā no sezonām.

Sākot ar 2011. gada aprīli, tika palielināts kopējais paraugu skaits otrpus gan Daugavai, gan Lielupei, lai labāk varētu novērtēt upju ietekmi sanešu granulometriskā sastāva veidošanā. Mangaļsalā tika izveidoti 3 jauni parauglaukumi garkrasta virzienā, kā arī 3 parauglaukumi iekšzemes virzienā (zemā, pārejas un augstā pludmale), kopā palielinot paraugu skaitu par 9 vienībām. Lielupes rietumu krastā tādā pašā veidā tika ievākti 9 jauni paraugi, kopā iegūstot 57 paraugus vienā sezonā.

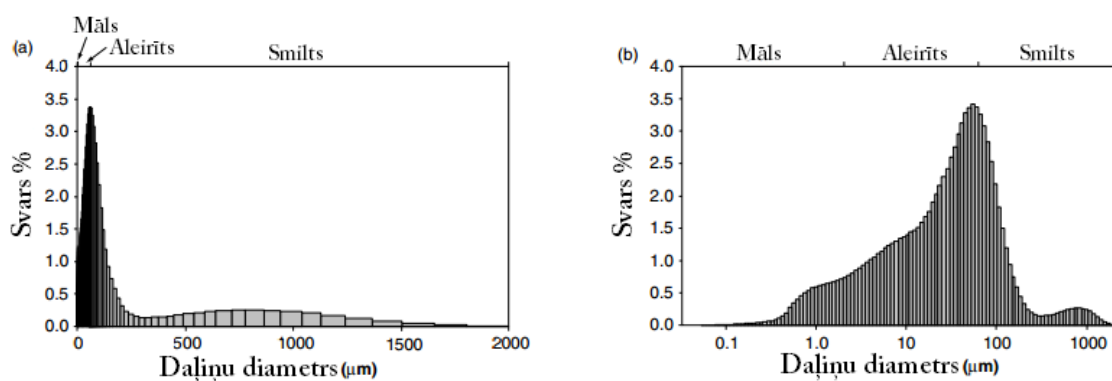
Daugavgrīvas salā pirmie četri paraugi tika ievākti vidēji 370 m attālumā viens no otra. Pirmā parauga ņemšanas vieta atrodas 327 m no Daugavas rietumu mola. Nākamos četrus paraugus ievācu ik pēc 940 m virzienā uz rietumiem, bet pēdējie pieci paraugi tika ievākti ik pēc 520 m. Daugavas austrumu mola pusē paraugi garkrasta virzienā atrodas 550 m attālumā, bet Lielupes rietumu krastā - 570 m.

Paraugi tika žāvēti 1 diennakti 80°C konstantā temperatūrā. Sausais paraugs tika vienmērīgi samaisīts un no tā nosvērts 97,00 – 98,99 g smilšu, ko iebēra sijāšanai *Retsch AS 200* sietu kratītājā, izmantojot standarta sietu komplektu (*Retsch Main series R'10 according to DIN 323*) ar šādiem izmēriem: 1 mm, 0,8 mm, 0,63 mm, 0,5 mm, 0,4 mm, 0,315 mm, 0,25 mm, 0,2 mm, 0,16 mm, 0,125 mm, 0,1 mm, 0,08 mm, 0,063 mm un 0,05 mm. Pēcāk tie tika uzlikti uz „kratītāja (statīva)” un 15 min. kratīti 60 Hz frekvencē LU ĢZZF ģeoloģijas nodaļas Iežu pētījumu laboratorijā. Katra iegūtā frakcija tika nosvērta līdz grama simtdaļas precizitātei, iegūtie dati ievadīti programmā „*MS Excel*”, aprēķināts to procentuālais daudzums. Tā kā no 2009. g. rudens un 2010. g. pavasara sezonas paraugiem nav iespējams veikt interpolāciju, no tiem tika izveidotas situāciju ilustrējošas diagrammas. Frakcijas, kuru daudzums ir nenozīmīgs (< 0,16 mm un > 0,63 mm) tika apvienotas.

² Pludmales daļa, kur vienlīdz aktīvi ir gan zemajā pludmalē notiekošie, gan augstajā pludmalē notiekošie procesi. Šī ir zona, kurā sāk palielināties eolo procesu loma.

2.4. Pludmales sanešu granulometrisko sastāvu raksturojošie parametri un interpolēšana

Ar programmu „rysgran 2.0”, izmantojot Folka–Varda logaritmisko grafiku metodi (*Folk and Ward (1957) logarithmic graphic method*), tika iegūtas paraugu raksturojošās vērtības: vidējais graudu izmērs, mediāna, šķirotība, simetrija un smailums. Šie parametri ir ļoti nozīmīgi procesus raksturojošajās analīzēs, īpaši grauda izmērs, kas ir pamatīpašība, kura raksturo nogulumu daļiņu pārvietošanos vai izgulsnēšanos (Blott, 2001). Lai aprakstītu šo daļiņu granulometriskos izmērus pamatā tiek lietotas divas klasifikācijas (2.1. tab.). Lielākā daļa ģeologu ir pieņēmuši Adena–Ventvorta (*Udden–Wentworth*) logaritmisko gradācijas sistēmu (2.1. att.), kur robežas starp graudu izmēra klasēm tiek novilkta ņemot vērā 2 mainīgos (Blott, 2001) Šī skala izstrādāta 1922. gadā, kas ir ģeometriskā (t.i. 1, 2, 4, 8, 16), tā izmanto mm kā mērvienību. Krumbjens (*W. C. Krumbien*) 1934. gadā ierosināja graudu izmēru aizstāt ar fī vienības aritmētisko skalu (t.i. 1, 2, 3, 4, 5), šī vērtība attēlo graudu kvantitatīvo daudzumu, kur fī vienība ir logaritmiski transformēta Adena–Ventvorta skala $\phi = -\log_2 d$, kur d = graudu izmērs mm. Tiek lietota arī psī (ψ) mērvienība, kura vienāda ar $\psi = -\phi$. (Lindholm, 1987; Tucker, 2001).



- a) Aritmētiska izmēra skala
- b) Ģeometriskā izmēra skala

2.1. att. Graudu izmēra frekvenču histogramma. (Blott, 2001 ar autores izmaiņām)

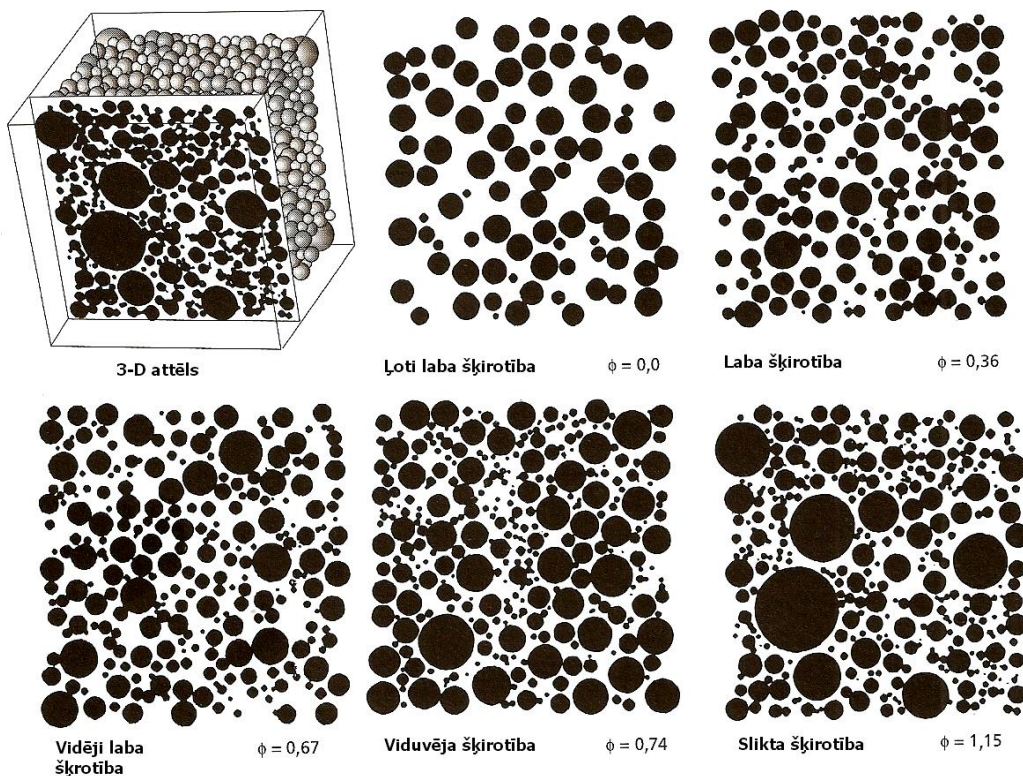
Adena-Ventvorta (*Udden-Wentworth*) klasifikācija
(modificējis T. Buls no Bird, 2008)

Frakcijas		Graudu diametrs, mm	Fī, φ
Laukakmeņi	Boulders	>256	zem -8φ
Akmeņi	Cobbles	64-256	-6φ līdz -8φ
Oļi	Pebbles	4-64	-2φ līdz -6φ
Grants	Granules	2-4	-1φ līdz -2φ
Ļoti rupjgraudaina smilts	Very coarse sand	1-2	0φ līdz -1φ
Rupjgraudaina smilts	Coarse sand	0,5-1,0	1φ līdz 0φ
Vidējgraudaina smilts	Medium sand	0,25-0,5	2φ līdz 1φ
Smalkgraudaina smilts	Fine sand	0,125-0,25	3φ līdz 2φ
Ļoti smalkgraudaina smilts	Very fine sand	0,0625-0,125	4φ līdz 3φ
Aleirīts	Silt	0,0625-0,0039	8φ līdz 4φ
Māls	Clay	<0,0039	virs 8φ

Vidējais graudu izmērs (*mean*) – vidējais graudu izmērs ir vidējo izmēru vislabākais parametrs, kas aprēķināts no daļiņu izmēra izplatības (McManus, 1988).

Mediāna (*median*) – ir vērtība, kas atspoguļo parauga viduslīniju. Tieši puse no graudu vērtībām ir rupjāka, bet otra puse smalkāka (McManus, 1988).

Šķirotība (*sorting*) – Šķirotība (2.2. att.) ir viens no vispielietojamākajiem parametriem, jo tā sniedz informāciju par dažādu klašu granulometriskā sastāva vidējo graudu izmēru (Tucker, 2001). Tā iedalās: <0,35 – ļoti laba šķirotība, 0,35-0,50 – laba šķirotība, 0,50-0,70 – vidēji laba šķirotība, 0,70-1,00 – viduvēja šķirotība, 1,00-2,00 – slikta šķirotība, 2,00-4,00 – ļoti slikta šķirotība, >4,00 – sevišķi slikta šķirotība (Buls, 2009).

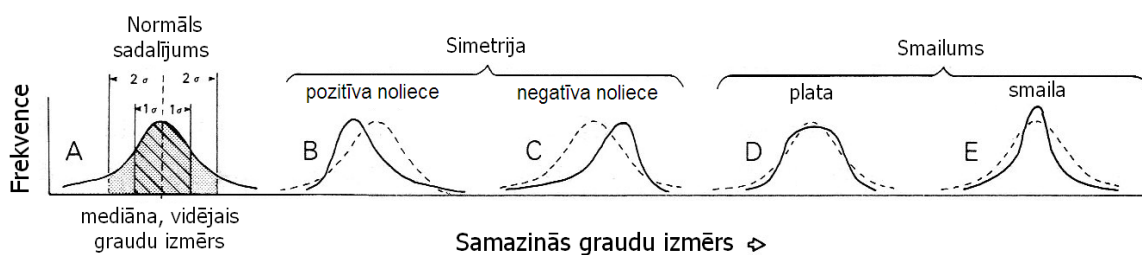


2.2. att. Dažādu šķirotības vērtību salīdzinājums. (Tucker, 2001 ar autores izmaiņām)

Simetrija (Skewness) - Ideālos apstākļos tai ir zvanveida forma, kur graudu vidējam izmēram, mediānai un modai ir vienādas vērtības. Simetrijas izcelsme ir nozīmīga īpašību raksturošanā, tāpēc, ka transportējošie procesi atšķiras pēc savas spējas pārvietot vai nogulsnēt rupjgraudaino vai smalkgraudaino materiālu. Tiek izdalītas divu veidu iztrūkstošās zonas (2.3. att.):

Negatīva simetrija– rupjo frakciju graudi ir daudz mazāk, tie ir mazāk šķiroti nekā smalkāko frakciju graudi, tas rada garu, daudz lēzenāku rupjo frakciju „asti”

Pozitīva simetrija– smalkās daļiņas ir daudz vājāk šķirotas nekā rupjo frakciju daļiņas, radot garu, daudz lēzenāku smalkāko frakciju „asti” (Prothero, Schwab, 1999).



2.3. att. Dažādu šķirotības vērtību salīdzinājums. (Lindholm, 1987 ar autores izmaiņām)

Simetrija ir vai nu pozitīvs vai negatīvs skaitlis, kam nav ne metriskās, ne ϕ (f_i) vērtības un tas variē no -1 līdz +1. Simetrijas līknes vērtības iedalās: +0,3 līdz +1,0 – ļoti pozitīva noliece, +0,1 līdz +0,3 – pozitīva noliece, +0,1 līdz -0,1 – simetriska, -0,1 līdz -0,3 – negatīva noliece, -0,3 līdz -1,0 – ļoti negatīva noliece (Buls, 2009).

Smailums (*kurtosis*) – līknes virsotnes smailumu raksturojošā vērtība (1.6. att.) atspoguļo gan, šķirotību, gan simetriju kopā. Ļoti platas līknes virsotnes liecina par sliktu šķirotību, tās raksturo maza vērtība, bet līknes ar ļoti izteiksmīgu asu virsotni, liecina par labu šķirotību un līknes centrālo daļu raksturo lielāka vērtība. Līknes virsotnes smailuma vērtības iedalās: <0,67 – ļoti plata, 0,67-0,90 – plata, 0,90-1,11 – viduvēja, 1,11-1,50 – smaila, 1,50-3,00 – ļoti smaila, >3,00 – sevišķi smaila (Buls, 2009).

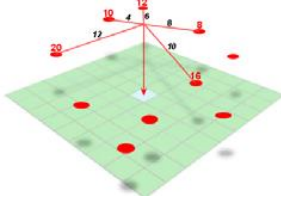
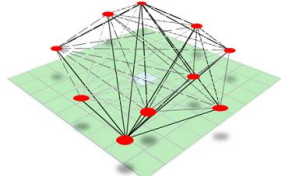
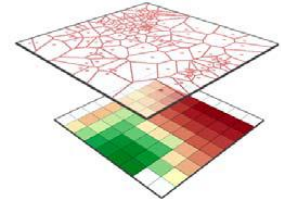
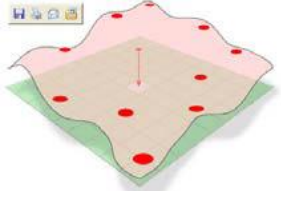
Vairāki zinātnieki ir pētījuši sakarības starp dažādiem granulometrisko sastāvu raksturojošiem parametriem. Piemēram, starp f_i vērtības nolieci (*Phi deviation*) un mediānas diametru (f_i), starp simetriju un mediānu, starp smailumu un simetriju u.c. Frīdmanis (Friedman) (1961, 1967) lai aplūkotu atšķirības starp upes, pludmales un kāpu smiltīm veica pētījumus, kur izmantoja izkliedes grafikus šķirotībai un simetrijai. Moiola un Veisers (Moiola & Weiser, 1968) atkārtoti veica šos pētījumus. Relatīvi sīkgraudainie milšu nogulumi no daudzām pasaules vietām atspoguļoja līdzīgus rezultātus – pludmales smiltis ir labi šķirotas un ar negatīvu nolieci, bet upes smiltis sliktāk sašķirotas un parasti ar pozitīvu nolieci. Kāpu smiltīm raksturīga pozitīva noliece un tās ir smalkākas nekā pludmales smiltis (McManus, 1988).

Izmantojot paraugu raksturojošās vērtības: vidējo graudu izmēru, mediānu, šķirotību, simetriju un smailumu, ar programmu *Surfer 8* tika veiktas interpolācijas 7 sezonām 3 gadu garumā. Aprēķinos tika izmantota kriginga metode, kopā iegūstot 35 attēlus pludmales sanešu sastāva analīzei.

Sākotnēji interpolācija tika veikta ar „*ArcMap 10*” programmu, lietojot ģeogrāfiskās koordinātes. Lai interpolācijas rezultāti būtu apskatāmi tikai pludmales daļā, „*ArcMap 10*” programmā tika izveidots pludmales poligons pēc 2007. gada ortofoto uzņēmuma, kas tika lietots kā maska (HydroEurope, 2010). Tika izmantoti pieci dažādi interpolatori (2.2. tab.), ko piedāvā šī programma. Tie ir: inversā distanču svarošana (*IDW*), naturālā kaimiņa (*Natural Neighbor*), splainu metodes (*Spline*), splaini ar barjeru (*Spline with barrier*), krigings (*Kriging*) un trendu virsmas (*trend surface*).

Mērķis, kādēļ tika veikta interpolācija, bija iegūt pēc iespējas detālāku rastra karti, lai pēc iespējas labāk varētu novērtēt granulometriskā sastāva atšķirīgo izkliedi Daugavgrīvas salā.

Interpolācijas Metodes (Berkowitz, 2005).

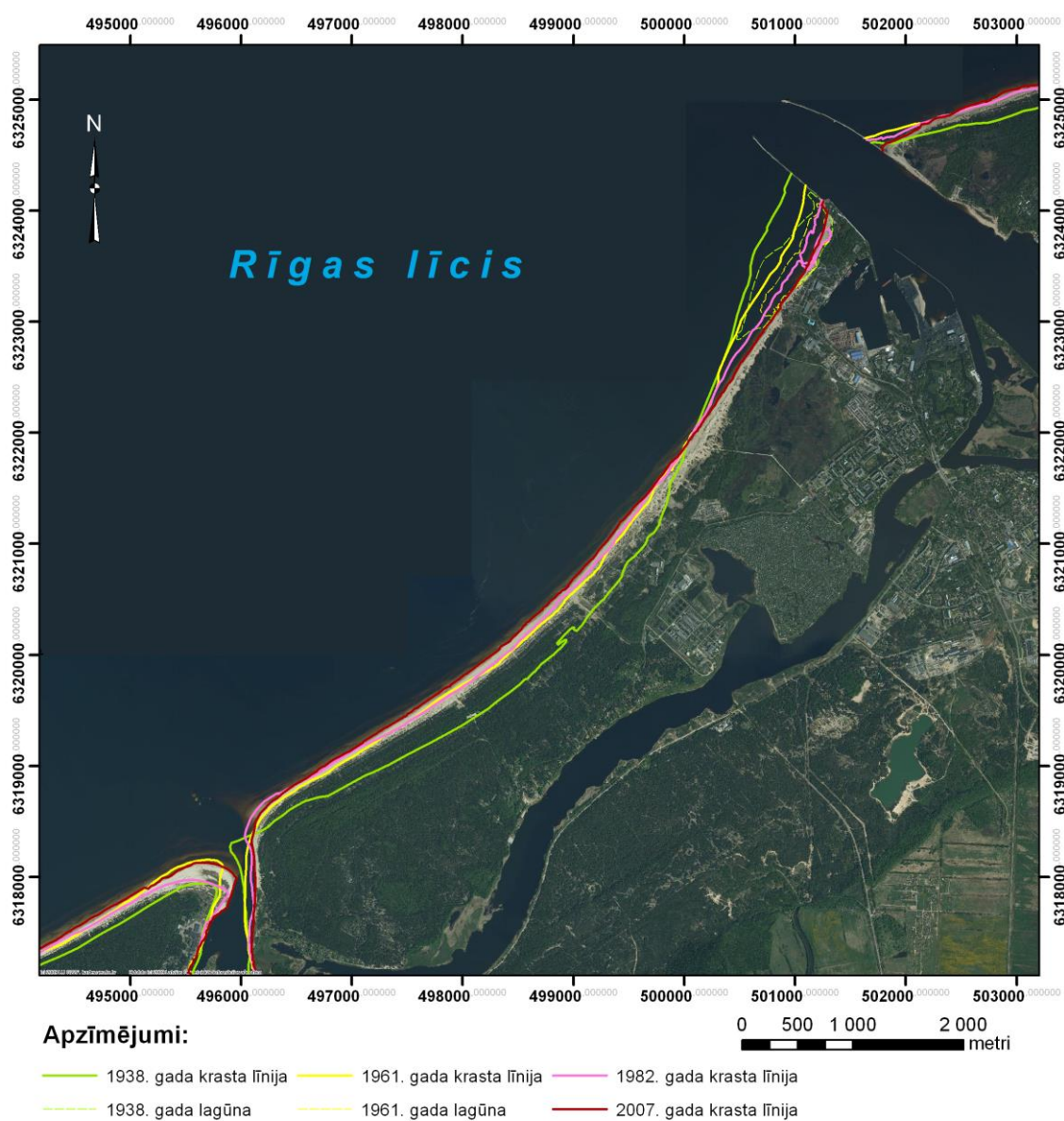
Metodes nosaukums	Vizualizācija	Apraksts
IDW		Svērta vidējā vērtība. Svars proporcionāls $1/d^{\text{exp}}$
Krigings		Svērta vidējā vērtība. Svars bāzēts uz telpiskām autokorelācijām.
Naturālais kaimiņš		Svērta vidējā vērtība. Svars bāzēts uz Voronoja laukumiem.
Splaini		Līknes pielāgošanas tehnika

Literatūrā kriginga metode tiek atpazīta kā labākais uz lineāriem aprēķiniem balstītais aprēķinātājs, kas samazina kļūdas iespējamību un nosaka vidējo vērtību vietās, kur nav ņemti paraugi (Dagdelen, Turner, 1996). Izmantojot kriginga interpolācijas metodi, dati tiek normalizēti – izlīdzināti, kas ļauj vieglāk saskatīt dominējošās tendences (Andersons, 2011). Par vislabāko manu datu specifikai tika atzīta Kriginga metode, ko izvērtēju, balstoties uz literatūrā aprakstīto metodiku, gan uz maniem izmēģinājumiem (skat. 2. pielik.). Tomēr veicot interpolāciju ar „ArcMap 10”, radās sarežģījumi ar rezultātu uztveramību un nolasīšanu. Uz kartes varēja redzēt tikai šauru iekrāsotu strēmeli bez jebkādas detalitātes, ko vēlējos iegūt. Problēmas datu uzskatāmībā radīja tas, ka salīdzinot teritorijas garumu ar platumu ir ievērojama starpība: garums garkrasta virzienā ir ap 1135 m, bet iekšzemes virzienā tikai 20 – 50 m. Tāpēc interpolācija tika veikta ar „Surfer 8”. Attālumi starp paraugiem garkrasta virzienā tika atstāti patiesajā attālumā, bet iekšzemes virzienā starp zemo, pārejas joslu un augsto pludmali, tie tika izlīdzināti, proti, katra pludmales daļa tika raksturota ar konkrētu vērtību, lai veidotos taisnstūris ar viegli nolasāmu un interpretējamu izolīniju tīklu.

3. REZULTĀTI UN DISKUSIJA

3.1. Kartogrāfiskā materiāla analīze

Pēdējo 70 gadu laikā Daugavgrīvas salas krasta līnija (3.1. att.) ir ievērojami izmainījies, vietām notikusi teritorijas paplašināšanās, vietām tās noskalošana. Mangaļsalā un Lielupē, galvenokārt, ir novērojama krasta zonas augšana.



3.1. att. Krasta līnijas izmaiņas, 1938. – 2007. gads (Autores izveidota karte, kartogrāfiskais pamats – 3. etapa ortofoto)

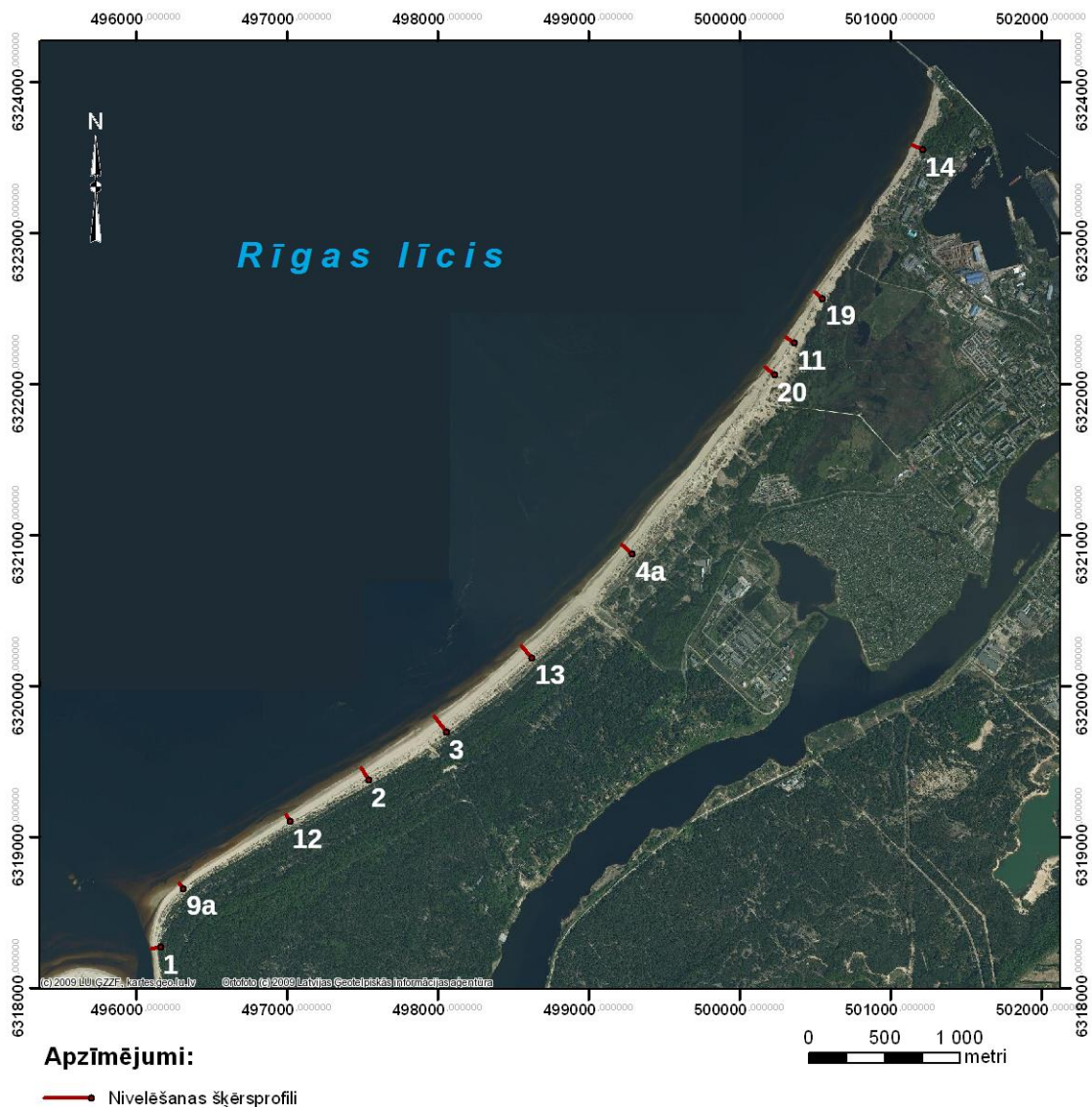
Laika posmā no 1938.-1961. gadam Lielupes rietumu krasta teritorijā ir notikusi ievērojama sanešu akumulācija un ir novērojama teritorijas pieaugšana par 150 m jūras virzienā. Lielupes austrumu krasts ir pavirzījies līdz 200 m uz austrumiem. Salas vidusdaļā ir notikusi intensīva krasta augšana, savukārt, pie Daugavas rietumu mola 2,5 km garais krasta posms ir atkāpies par 150 m, kā arī tur daļēji noskalota piekrastes lagūna. Tieši pie Daugavas austrumu mola nav novērojamas būtiskas krasta līnijas izmaiņas, bet pārējā Mangaļsalas teritorijā krasts pieaudzis vidēji par 150 m.

No 1961. – 1982. gadam Lielupes grīva rietumu pusē atkāpusies līdz 1938. gada krasta līnijai (noskaloti apmēram 150 m), bet pārējā Lielupes teritorijā pludmale saglabā 1961. gadā iegūtos izmērus. Lielupes austrumu krastā un salas vidusdaļā ir notikušas nelielas krasta izmaiņas, pamatā teritorija ir paplašinājusies, savukārt krasta iecirknī pie Daugavas rietumu mola erozija ir turpinājusi attīstīties, arī lagūnas izmēri ir krietni samazinājušies un tai ir izveidojies savienojums ar jūru. Mangaļsalā, pie paša Daugavas rietumu mola ir notikusi neliela sanešu akumulācija, pārējā teritorijā nav novērojamas īpašas izmaiņas.

No 1982. – 2007. g. Lielupes rietumu krasta pusē ir notikusi sanešu akumulācija. Upes grīva ir atvirzījies līdz 1961. gada robežai, Lielupes austrumu krasts nedaudz vairāk kā par 50 m ir atkāpies uz dienvidiem, salas vidusdaļā ir notikusi sanešu akumulācija. Krasta iecirknī pie Daugavas rietumu mola, krasta līnija ir turpinājusi atkāpties un tur esošā lagūna ir pilnībā noskalota. Mangaļsalā par 150 m atkāpusies krasta līnija tieši pie paša mola, pārējā teritorijā nav būtisku izmaiņu.

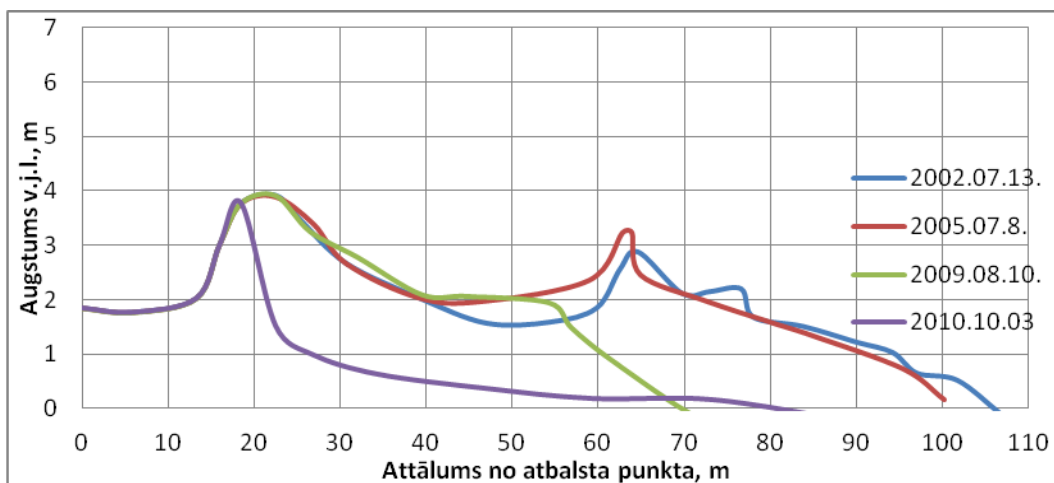
3.2. Nivelēšanas šķēršprofilu analīzes rezultāti

Analīzes veikšanai tika izvēlēti 11 šķēršprofili (3.2. att.). Krasta šķēršprofilu vizualizācijas veidotas izmantojot 2002., 2005. un 2009. gada vasaras sezonā veiktos uzmērījumus. Stacionārā BUS-12, kur iztrūka 2005. gada dati, izmantoti 2004. gada mērījumi.



3.2. att. Pētījuma teritorija un nivelēšanas šķērsprofilu atrašanās vietas (Autores izveidota karte, kartogrāfiskais pamats – 3. etapa ortofoto)

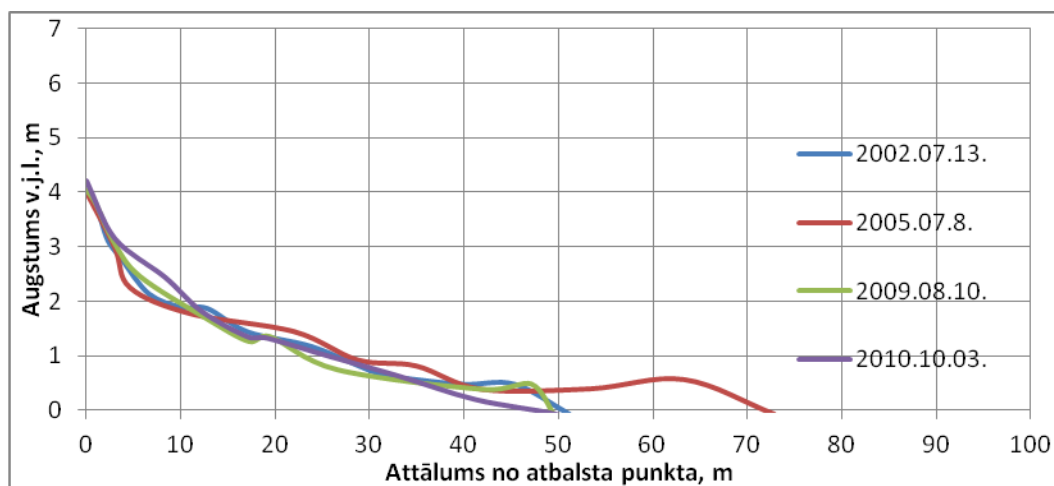
Stacionāru atrašanās vietas uz kartes tika atliktas LU ĢZŽF ģeomorfoloģijas un ģeomātikas katedras Ģeotelpiskās analīzes laboratorijā, kur tika izmantota ORTOFOTO 3 karte, kuras mērogs ir 1:30000 un programmatūras „ArcGIS” izmantotā „ArcMap 10” versija.



3.3. att. Krasta nogāzes šķēršprofila izmaiņas stacionārā BUS-1a

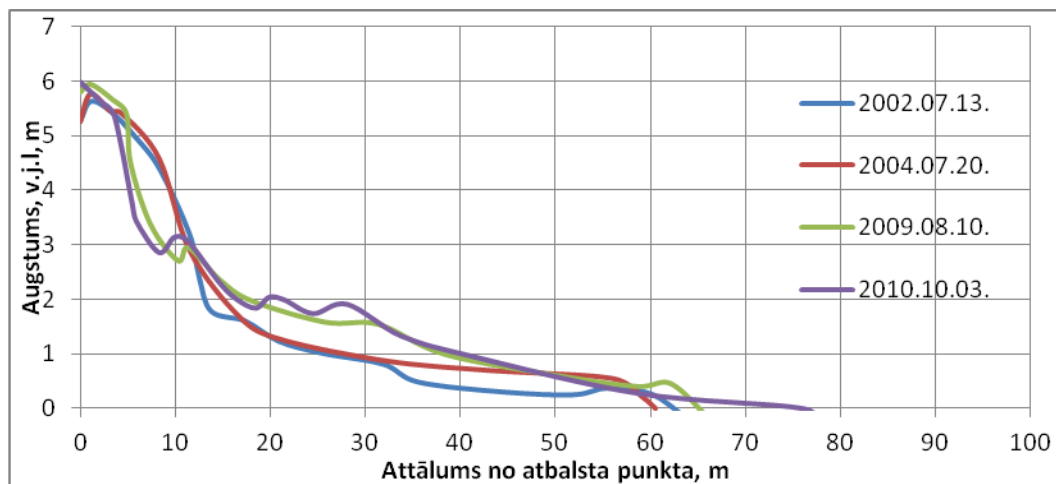
Nivelēšanas šķēršprofils BUS-1a (3.3. att.) atrodas Lielupes grīvas austrumu krastā, aptuveni 100 m no grīvas. Laika posmā starp 2002. un 2005. gadu krasta procesi ir salīdzinoši maz ietekmējuši pludmales parametrus, taču pēc 2007. gada 15. janvāra vētras krasts ir atkāpies par 30 m un 2009. gadā pludmales platums ir 25 m, pludmale šajā vietā ir 2 m augsta. 2002. gadā bija novērota jaunas priekškāpas veidošanās, taču tā 2005. gada vētrā tika gandrīz pilnībā noskalota, bet 2007. gada vētra to pilnībā nopostīja.

Pēc Lielupes sēkļa spridzināšanas tika noskalots 40 – 45 m no pludmales un priekškāpas teritorijas, rezultātā veidojot gandrīz 4 m augstu stāvkrastu. Šo situāciju novērtēju 2010. gada aprīlī, ievācot granulometriskos paraugus, līdz oktobrim pludmales zona bija ievērojami atjaunojusies sasniedzot 55 m platumu.



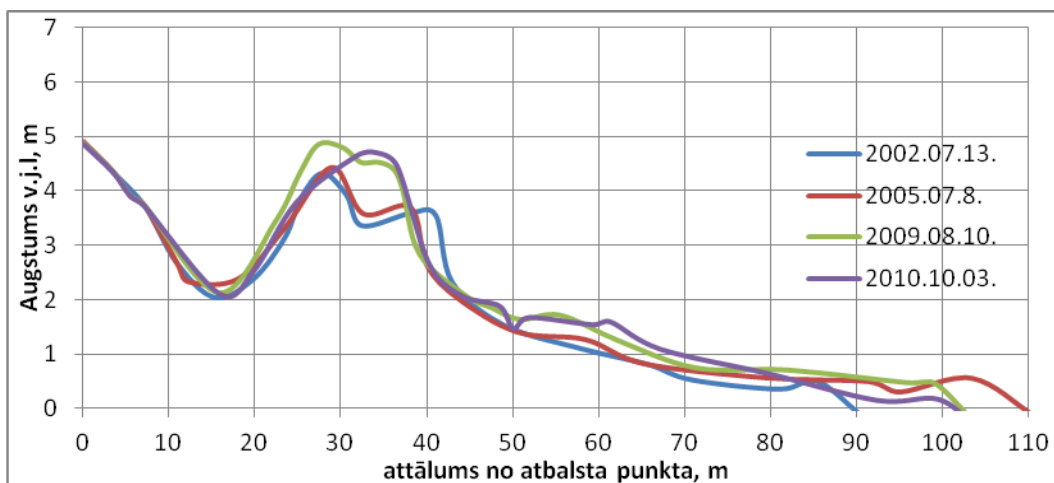
3.4. att. Krasta nogāzes šķēršprofila izmaiņas stacionārā BUS-9a

Nivelēšanas šķēršprofils BUS-9a (3.4. att.). No 2002. līdz 2005. gadam notika smilšu materiāla uzkrāšanās pludmales zemajā daļā. 2005. gada mērījumos ir labi novērojama eolā akumulācija pludmales augstajā daļā. Pēc 2007. gada 15. janvāra vētras, pludmales platums ir ievērojami sarucis (atkāpies par 20 m) un tas ir nedaudz mazāks par 2002. gadā uzņēmīto. 2009. gada vasarā pludmalē ir redzama embrionālā kāpa, 2010. gadā embrionālās kāpas vairs nav, kā arī pludmalēs augstums pie jūras krasta gandrīz par 0,5 m ir samazinājies. Kopumā novērojumu periodā sanešu materiāla apjoms šķēršprofilā nav būtiski mainījies.



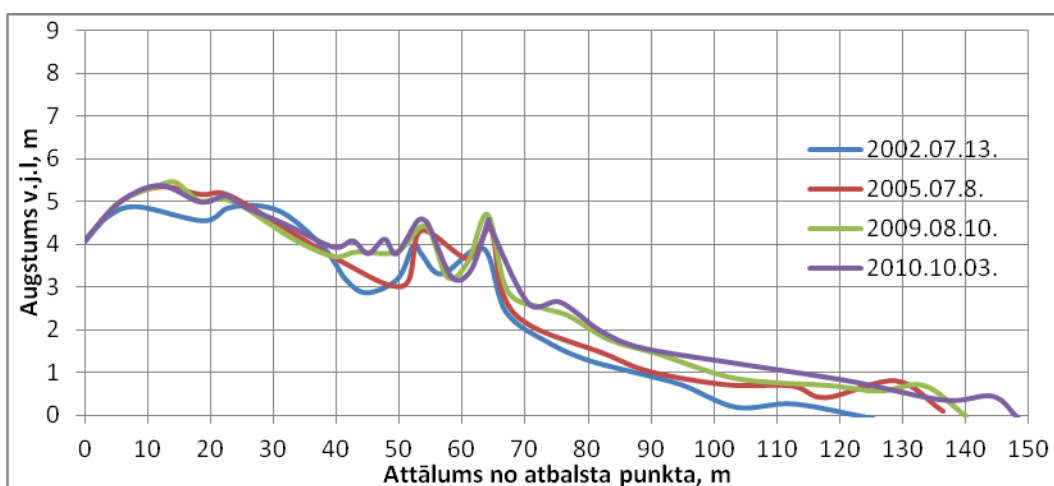
3.5. att. Krasta nogāzes šķēršprofila izmaiņas stacionārā BUS-12

Nivelēšanas šķēršprofils BUS-12 (3.5. att.). Pētījumā izmantotie nivelēšanas dati (kopš 2002. gada) liecina par sanešu akumulācijas relatīvi nelielu pārsvaru. Pludmales zemās daļas platums ir aptuveni 20 m, tās augstums ir līdz 0,5 m, augstās pludmales platums ir 20-30 m, augstums pārsniedz 1m. Virs pludmales reljefa izceļas priekškāpa ar ļoti stāvu frontālo nogāzi. No 2002. līdz 2004. gada izmaiņas ir niecīgas, ar tendenci palielināties pludmales zonai. 2009. gadā pludmale par apmēram 5 m ir paplašinājusies, sanešu akumulācija galvenokārt ir notikusi augstajā pludmalē, visticamāk, ka tas skaidrojams ar 2005. vai 2007. gada vētru, kad ir noskalota daļa kāpas, taču smiltis ir uzkrājušās turpat - augšējā pludmalē. Neliels pludmales pieaugums noticis 2010. gadā, zemā pludmale ir paplašinājusies jūras virzienā nedaudz vairāk par 10 m, augstās pludmales embrionālās kāpas turpina attīstīties, priekškāpa ļoti minimāli zaudējusi savu apjomu.



3.6. att. Krasta nogāzes šķērsgarša izmaiņas stacionārā BUS-2

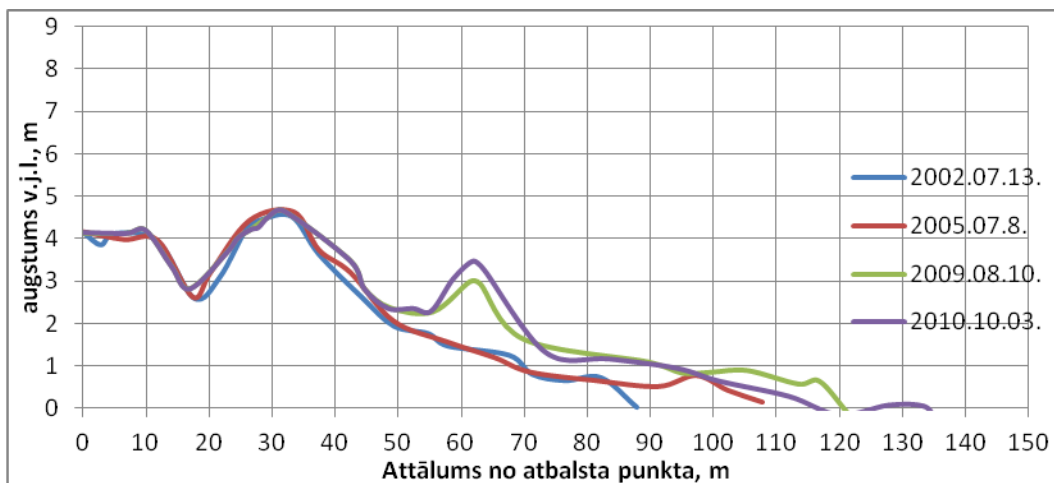
Nivelēšanas šķērsgarša BUS-2 (3.6. att.). Laika posmā no 2002. līdz 2005. gadam ir notikusi pludmales papildināšanās ar jaunu smilts materiālu. Sākot ar 2005. gadu augstajā pludmalē ir manāma embrionālās kāpas veidošanās, kas vēl joprojām turpina attīstīties, notiek priekškāpas pārpūšana uz iekšzemi. 2009. gadā, pludmales platumam samazinoties gandrīz par 10 m, embrionālā kāpa turpina attīstīties. Priekškāpas 2009. gadā ir kļuvušas gandrīz par 1 m augstākas. Pludmale 2010. gadā nav mainījusi savu platumu, nedaudz pārpūstas embrionālās kāpas, bet priekškāpa zaudējusi vienu no divām virsotnēm, to, kas atrodas iekšzemes pusē. Kopumā novērojumu periodā sanešu materiāla apjoms šķērsgaršā ir pieaudzis.



3.7. att. Krasta nogāzes šķērsgarša izmaiņas stacionārā BUS-3

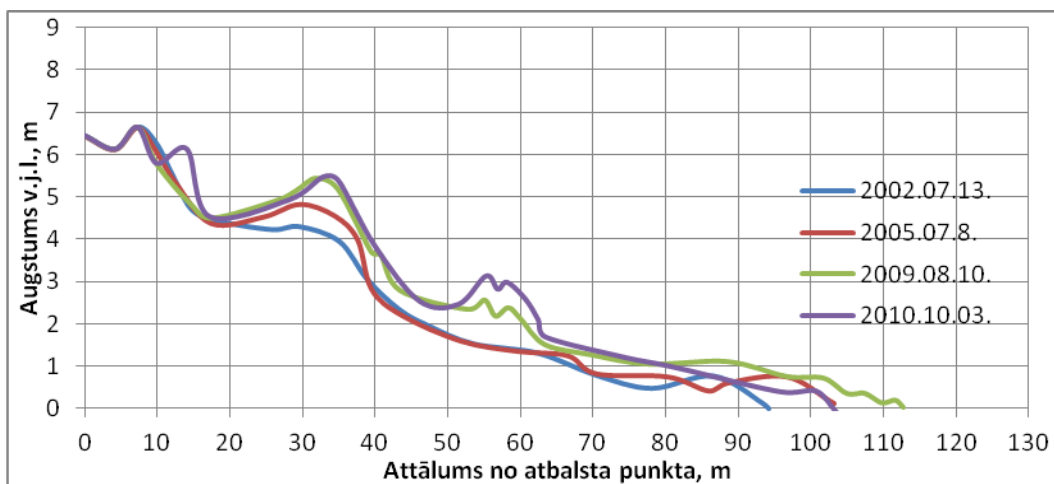
Nivelēšanas šķērsgarša BUS-3 (3.7. att.). Laika posmā no 2002. gada līdz 2010. gadam pludmale ir paplašinājusies par 25 m un kļuvusi augstāka par 1 m. Priekškāpas apmēram par 1

m ir paaugstinājušās, ieplaka aiz pirmajām divām priekškāpām ir samazinājusies. Pludmalē, 2010. gadā ir izveidojusies embrionālā kāpa, kā arī 2 jaunas embrionālās kāpas ir izveidojušās nu jau papildītājā ieplakā starp jaunajām un vecajām priekškāpām. Kopumā novērojumu periodā sanešu materiāla apjoms šķērsprofilā ir ievērojami pieaudzis.



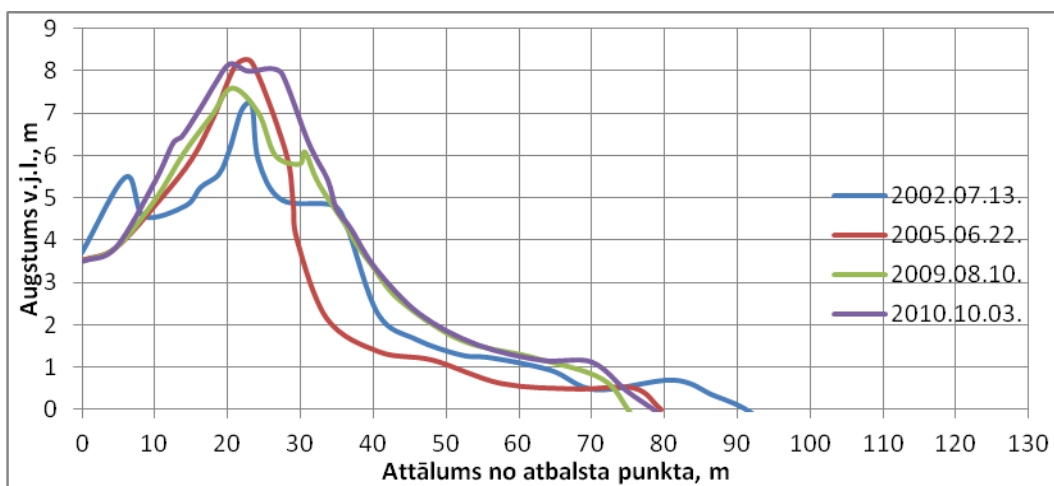
3.8. att. Krasta nogāzes šķērsprofilā izmaiņas stacionārā BUS-13

Nivelēšanas šķērsprofils BUS-13 (3.8. att.). Kopš 2002. gada ir notikusi ievērojama pludmales augšana, tās platums ir palielinājies par aptuveni 30 m, pludmale kļuvusi augstāka, to varētu skaidrot ar 2007. gada vētru, kad tika noskalotas smiltis pie Lielupes grīvas un tās akumulētas šajā krasta posmā. Laika posmā no 2005. gada līdz 2009. gadam ir izveidojusies jauna priekškāpa, kuras relatīvais augstums pārsniedz 1 m un 2010. gadā tā turpinājusi attīstīties. Kopumā novērojumu periodā sanešu materiāla apjoms šķērsprofilā ir ievērojami pieaudzis.



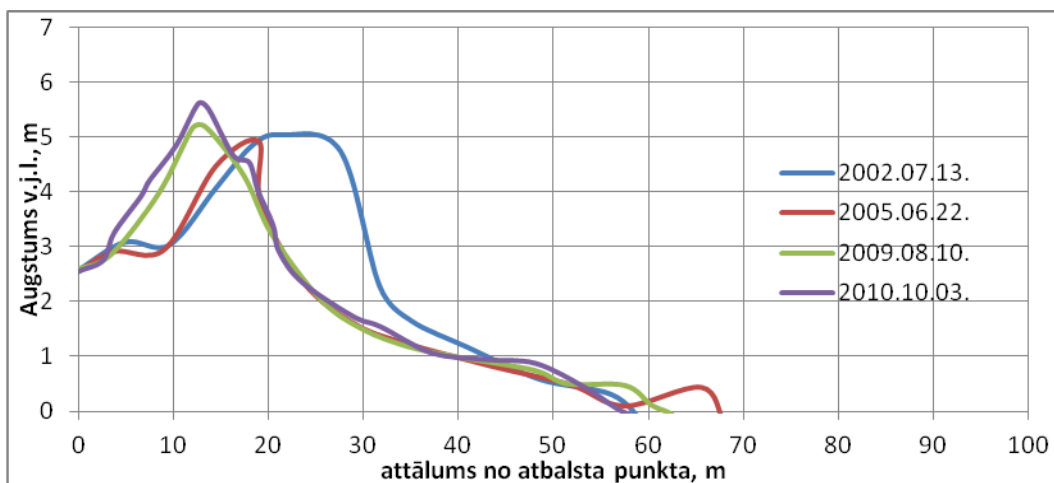
3.9. att. Krasta nogāzes šķērsprofilā izmaiņas stacionārā BUS-4a

Nivelēšanas šķērsprofils BUS-4a (3.9. att.). 2002. gada datus salīdzinot ar 2009. gadu, pludmale ir kļuvusi par 20 m platāka. Parādījušās 2 embrionālās kāpas un priekškāpa ir kļuvusi par 1,3 m augstāka. Sākusi veidoties jauna eolās akumulācijas zona pludmales augstajā daļā. Laika posmā starp 2009. un 2010. gadu embrionālās kāpas ir turpinājušas attīstību un ir sasniegušas 1 m augstumu, izveidojusies jauna embrionālā kāpa ielejā starp 2 vecajām priekškāpām. Kopumā novērojumu periodā sanešu materiāla apjoms šķērsprofilā ir ievērojami pieaudzis.



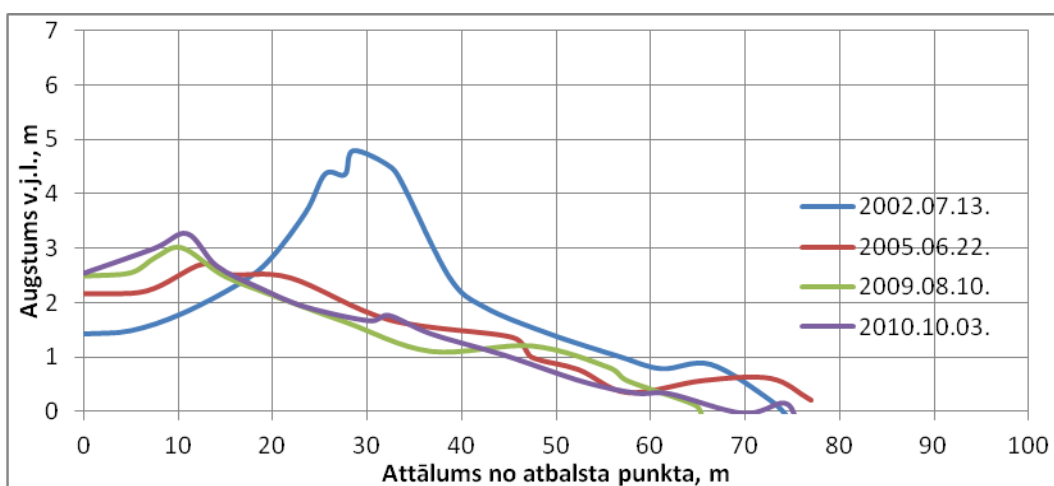
3.10. att. Krasta nogāzes šķērsprofila izmaiņas stacionārā BUS-20

Nivelēšanas šķērsprofils BUS-20 (3.10. att.). No 2002. gada secīgi triju gadu profilinijās ir notikusi pludmales atkāpšanās, savukārt 2010. gadā tā atguvusi 2005. gada robežu. Pludmale, kopš 2005. gada, kļuvusi apmēram par 1 m augstāka. Krasta posmam, kurā atrodas BUS-20 šķērsprofils ir raksturīga ļoti augsta priekškāpa, kuras kore vietām pakļauta deflācijai augstas antropogēnās slodzes dēļ (veģetācijas izbradāšana). Augstā priekškāpa 2005. gada janvāra vētrā tika ievērojami noskalota, zaudējot 5-8 m platu frontālās nogāzes daļu. Tomēr līdz 2009. gadam priekškāpa ir pilnībā atjaunojusies. Analizējot šķērsprofila izmaiņas var secināt, ka novērojumu periodā notikušas ļoti ievērojamas sanešu apjoma svārstības ar kopējo tendenci uz akumulācijas pārsvaru.



3.11. att. Krasta nogāzes šķēršprofila izmaiņas stacionārā BUS-11

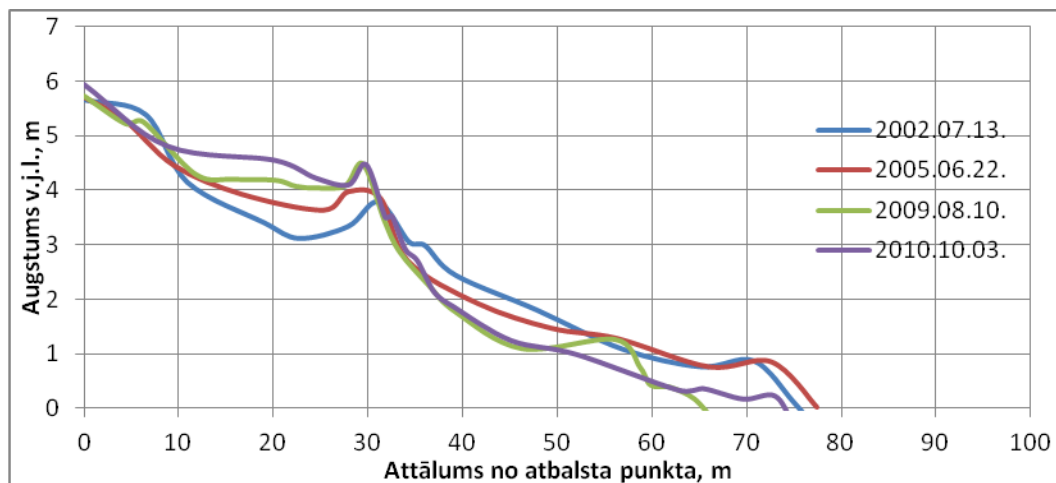
Nivelēšanas šķēršprofils BUS-11 (3.11. att.). 2005. gada vētrā ir noskalota lielākā daļa priekškāpas (>10 m platumā), daļēji noskalotais materiāls ir uzkrājies zemajā pludmalē. 2009. un 2010. gadā priekškāpas jūras puses kontūra tikpat kā nav izmainījusies, bet eolā akumulācija notikusi aiz tās kores. Krasta nogāzes atjaunošanās pēcvētras periodā nav notikusi un var secināt, ka šā nivelēšanas profila rajonā sākas Daugavgrīvas salas ziemeļaustrumu piekrastei raksturīgais sanešu deficīta iecirknis. Kopumā novērojumu periodā sanešu materiāla apjoms šķēršprofilā ir ievērojami samazinājies.



3.12. att. Krasta nogāzes šķēršprofila izmaiņas stacionārā BUS-19

Nivelēšanas šķēršprofils BUS-19 (3.12. att.). 2005. gada 8. un 9. janvāra vētras laikā pilnībā tika noskalota 19. stacionāram iepriekš raksturīgā augstā priekškāpa. Redzams, ka smiltis vētru laikā tikušas pārskalotas iekšzemes virzienā (25 metrus aiz noskalotās kāpas), kur sāk veidoties jauna priekškāpa. 2010. gadā notikusi neliela jaunās priekškāpas attīstība, kā

arī embrionālās kāpas izveide augstajā pludmales daļā. Krasta līnija no 2002. līdz 2009. gadam ir par 10 m atkāpusies, savukārt, 2010. gadā tā atguvusi zaudētos 10 m, bet pludmales augstums šajā zonā ir ļoti niecīgs. Kopumā novērojumu periodā sanešu materiāla apjoms šķērsprofilā ir ievērojami samazinājies.



3.13. att. Krasta nogāzes šķērsprofilu izmaiņas stacionārā BUS-14

Nivelēšanas šķērsprofils BUS-14 (3.13. att.). Salīdzinot 2002. un 2005. gadā mērītos šķērsprofilus, pludmales pieaugums ir daži metri, bet aiz vāji attīstītās priekškāpas notikusi eolā akumulācija. Pludmale 2009. gadā ir tikusi noskalota par 10 m, priekškāpa ir nedaudz paaugstinājusies, bet 2010. gadā pludmale atguvusi zaudētos 10 m, tomēr vidus pludmale zaudējusi savu augstumu. Kopumā novērojumu periodā sanešu materiāla apjoms šķērsprofilā ir samazinājies.

Krasta nogāzes šķērsprofilu analīzes kopsavilkums:

Visbūtiskāko krasta nogāzes virsūdens daļas sanešu apjoma samazināšanos Daugavgrīvas salas jūras krasta virsūdens daļā izraisīja 2005. gada janvāra vētra, jo īpaši Daugavai tuvāko šķērsprofilu rajonā: BUS-19, BUS-11 un BUS-20. Šajā vētrā dominējošie bija DR un R vēji. DR vējš bija visstiprākais, maksimālais vēja ātrums vētras fāzē bija līdz 30 m/s, arī vētras fāzes ilgums bija par trim stundām lielāks nekā R vējam (9 stundas).

Uz Daugavgrīvas salas vidusdaļu 2005. un 2007. gada vētru ietekme ilglaicīgā periodā neatspoguļojas. Šķērsprofilos BUS-4a, BUS-13 un BUS-3 ir novērojama pastāvīga smilšu akumulācija, pludmales paplašināšanās un paaugstināšanās.

Savukārt šķērsprofilos pie Lielupes grīvas BUS-9a, BUS-1 un ļoti iespējams arī BUS-12, visvairāk ietekmēja 2007. gada vētra, kad dominējošie bija ZR un R vēji. ZR vēja maksimumi bija nedaudz lielāki, tā maksimālais ātrums bija 28 m/s un fāzes ilgums 4 stundas.

Tā kā abās vētrās no dominējošajiem vējiem R vēju fāzes ilgums bija īsāks un maksimālais ātrums nedaudz mazāks, atšķirības krasta noskalošanās procesā galvenokārt noteica gan DR, gan ZR vēji.

Krasta zonu pie Daugavas ietekas jūrā spēcīgāk ietekmē DR vētras, bet ZR vēji ietekmē Lielupes grīvas krastus.

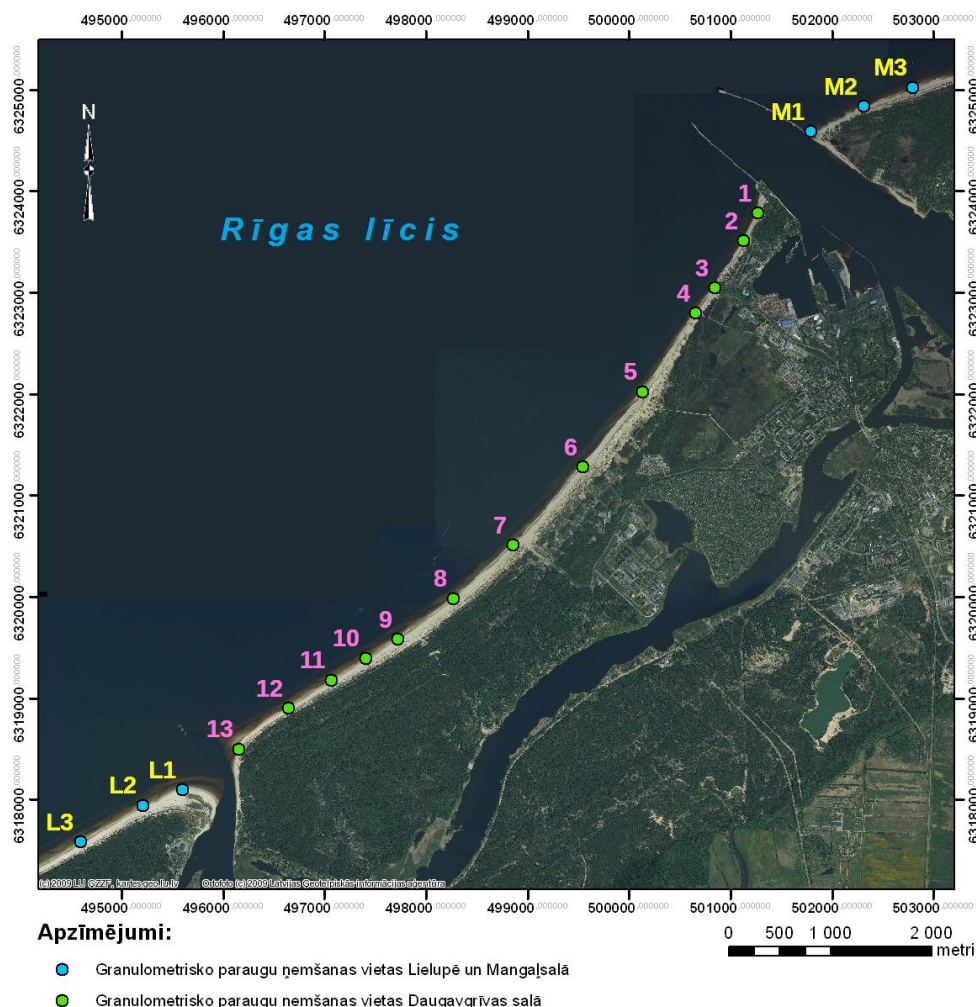
Pēc noskatotā smilšu apjoma ietekmīgākā bija 2005. gada vētra, jo gan vētras ilgums (abu dominējošo vēju fāzu summārie ilgumi 2005. g. bija 21 stunda, bet 2007. g. 7 stundas), gan vēja ātrums tajās bija lielāks. Arī maksimālo vējuzplūdu līmenis 2005. g. bija augstāks un ilgāks. (Eberhards, Lapinskis, 2008)

Nivelēšanas šķērsprofilos iegūto datu analīze ļauj secināt, ka:

- Sanešu daudzums pludmalē pie Lielupes grīvas no 2002. – 2005. gadam nav būtiski mainījies, lai gan ir novērojama neliela pludmales platuma palielināšanās tendence. No 2005. – 2009. gadam stacionārā BUS-1 krasta līnija ir ievērojami atkāpusies, bet pārējos iecirkņos krasta līnijas atkāpšanos var uzskatīt par nebūtisku, 2010. gadā Lielupes palu laikā, stacionārā BUS-1 ļoti lielos apmēros noskalota pludmale un priekškāpa;
- Salas vidusdaļā no 2002. – 2010. gadam ir novērojama intensīva sanešu akumulācija;
- Salas ZA daļā no 2002. – 2005. g. ir notikusi ievērojama priekškāpu noskalošana, krasta profils ir pārkārtojies iekšzemes virzienā. Pēc 2005. g. vētras līdz 2010. g. krasta nogāzes atjaunošanās nav notikusi.

3.3. Pludmales sanešu paraugu granulometriskās analīzes rezultāti

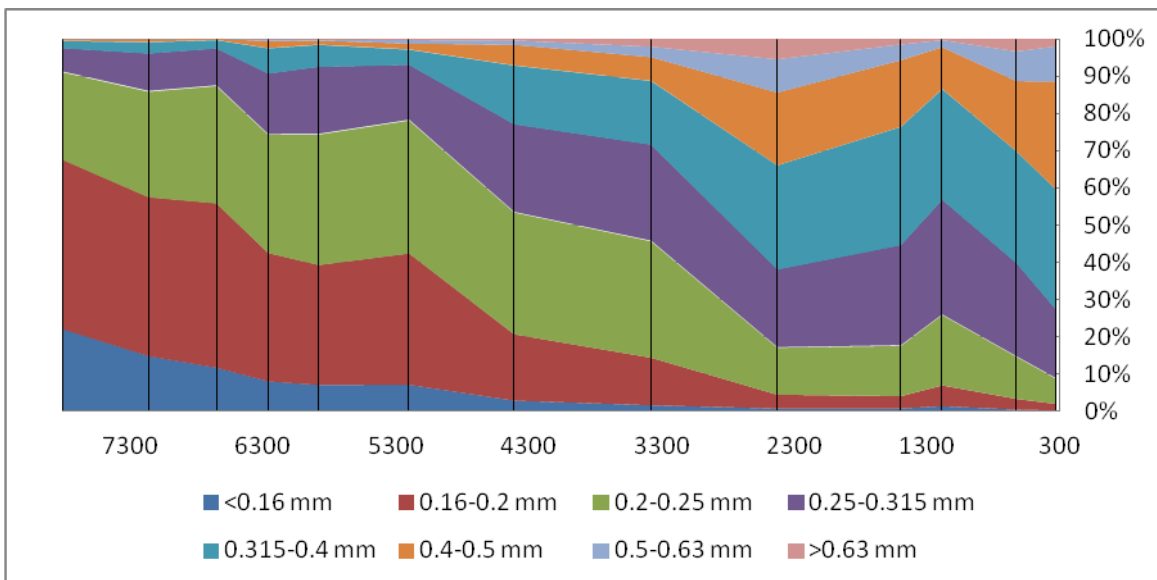
Ar „ArcMap 10” tika izveidota Daugavgrīvas salas karte ar pludmales sanešu paraugu ievākšanas vietām. Par pamatu tika izmantota ORTOFOTO 3 karte, kuras mērogs ir 1:30000. Ar šo programmu tika aprēķināts precīzs attālums starp paraugu ņemšanas vietām Mangaļsalā un Lielupē. Attālums starp paraugu ņemšanas vietām Daugavgrīvas salā tika noteikts izmantojot „ArcMap 9.2.” versiju bakalaura darba izstrādes laikā.



3.14. att. Granulometrisko paraugu ievākšanas jaunās un vecās vietas (Autores izveidota karte, kartogrāfiskais pamats – 3. etapa ortofoto)

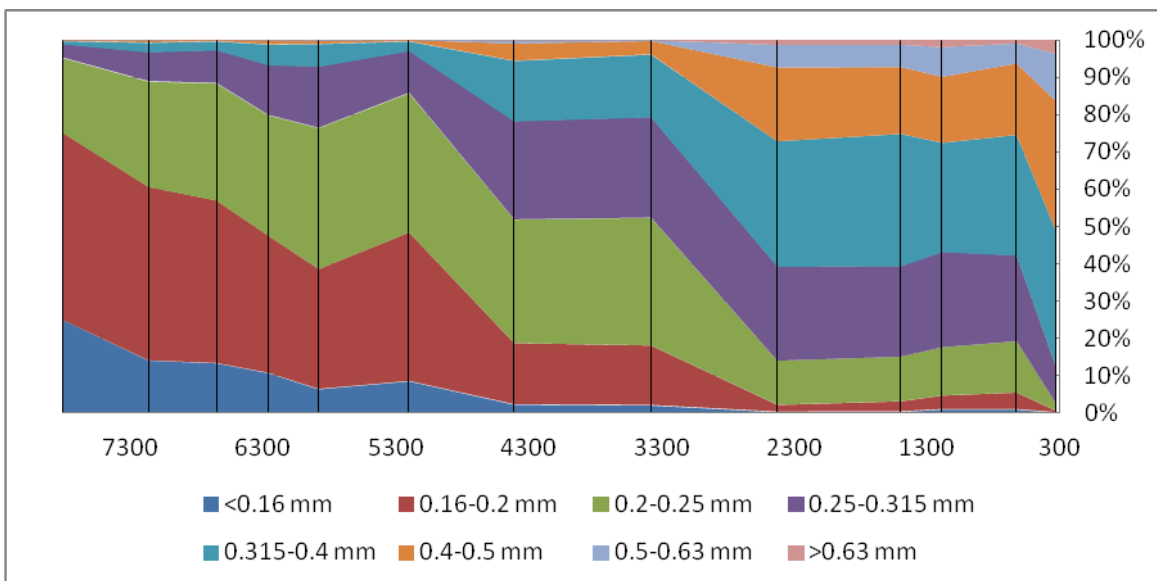
Lai izveidotu karti „ArcMap” programmā bija nepieciešamas taisnleņķa koordinātes un tāpēc, lai pārrēķinātu ar rokas *GPS MAGELLAN Triton™* iegūtās ģeogrāfiskās koordinātes uz taisnleņķa koordinātēm, tika izmantota „Franson CoordTrans v2.30” datorprogramma.

Laika posmā no 2009. g. decembra līdz 2012. g. septembrim pavisam tika ievākti 389 pludmales smilšu paraugi granulometriskajai analīzei (3.14. att.). Tā kā interpolāciju nevarēja veikt 2009. gada decembrī un 2010. gada aprīlī ievāktajiem paraugiem, jo, ievācot paraugus, uzreiz kopā tika sajaukti zemās, pārejas tipa un augstās pludmales saneši, tādēļ maģistra darbā turpināju salīdzināt paraugus pēc sava bakalaura darba principa. Programmā „MS Excel” izveidoju diagrammas, kas attēlo visu triju pludmaļu (zemās, pārejas posma un augstās) vidējo vērtību procentuālo sastāvu. Šajā nodaļā apskatīti un analizēti tikai šie vidējie paraugi.



3.15. att. Pludmales sanešu granulometriskais sastāvs % 2009. gada decembrī

(uz x ass attālums no Daugavas rietumu mola, y - smilšu granulometrisku frakciju īpatsvars %)



3.16. att. Pludmales sanešu granulometriskais sastāvs % 2010. gada aprīlī

(uz x ass attālums no Daugavas rietumu mola, y - smilšu granulometrisku frakciju īpatsvars %)

Pludmales smilšu granulometriskajā sastāvā (3.15., 3.16. att., skat. 3. pielik.) galvenokārt dominē smalkgraudaina 0,1 – 0,25 mm (52 %) un vidējgraudaina 0,25 – 0,5 mm (43%) smilts. Lielupes grīvas rajonā izteikti dominē frakcijas līdz 0,25 mm, kur to daudzums pārsniedz 90%. Salas vidusdaļā procentuālā attiecība starp smalkgraudainajām un vidējgraudainām ar rupjgraudainajām smilts frakcijām ir izlīdzinājusies, bet tālāk uz Daugavas pusi dominē smilšu frakcijas, kas ir lielākas par 0,25 mm un pie Daugavas rietumu mola to procentuālais daudzums pārsniedz 90%.

Vidējgraudaino un rupjgraudaino frakciju pārsvars pie Daugavas rietumu mola, norāda, ka šajā rajonā pastāv sanešu deficīta apstākļi (French, 2001) un notiek krasta nogāzes virsūdens daļas erozija. Smalkgraudaino smilšu relatīvi lielais īpatsvars pie Lielupes grīvas norāda uz pastiprinātu sanešu materiāla pieplūdi gan no Lielupes (upes cietā notece), gan no garkrasta sanešu plūsmas, kas pārvietojas gar krastu austrumu virzienā. Tā rezultātā Daugavgrīvas salas rietumu galā novērojams smilšu akumulācijas pārsvars, notiek pludmales un eolā reljefa augšana (Bērtiņa, Lapinskis, 2011).

Paraugā nr. 1 (3.15., 3.16. att., skat. 3. pielik.) tā atspoguļojas kā vidējgraudainās un rupjgraudainās frakcijas izteikta dominante. Pilnīgi visās sezonās Daugavgrīvas salā 1. paraugā ir visrupjākais smilts frakciju sastāvs. No Daugavas augšteces līdz tās grīvai pietiekamā daudzumā nenokļūst smalkgraudainās frakcijas, tās daļēji izgulsnējas triju Daugavas HESu ūdenskrātuvēs (Ulsts, 1998), kā arī upe tiek regulāri padziļināta Rīgas Brīvostas teritorijā (Rīgas Brīvostas pārvalde, 2011), kas ietekmē aluviālā materiāla apjoma pienesumu Rīgas līcī.

Teritorija starp 2. un 3. paraugu (3.15., 3.16. att., skat. 3. pielik.) Septiņās no deviņām sezonām starp 2. un 3. paraugu parādās tendence uzkrāties vairāk smalkgraudainajam materiālam nekā blakus esošajos paraugos. 2010. g. septembra 3. parauga granulometriskais sastāvs ir līdzvērtīgs tās pašas sezonas salas vidusdaļas 6. paraugam. Tas pats vērojams arī 2011. g. aprīļa paraugā, kur tā sastāvs ir līdzvērtīgs starp 6. un 7. paraugu. 2011. g. decembra 2. parauga vērtība tuvinās 6. parauga vērtībai, savukārt 3. parauga vērtība ir visrupjākā, ja to salīdzina ar visām 9 sezonām. Šai teritorijai raksturīgās akumulatīvās īpašības, izteikti erozīvajā apgabalā, ir skaidrojamas ar krasta aizsargbūvi, kas veicina sanešu akumulāciju pludmalē.

Savukārt, paraugi nr. 4, 5 un 9 (3.15., 3.16. att., skat. 3. pielik.) tika ievākti tuvu esošajiem gājēju ceļiem uz jūru. 2009. g. decembra, 2010. g. aprīļa, 2010. g. septembra un 2010. g. decembra 4., 5. un 9. paraugā ir novērojams lielāks rupjāko frakciju pārsvars nekā blakus esošajos paraugos. 2011. g. augustā šī tendence ir novērojama 4. un 5. paraugā, bet neparādās 9. paraugā. 2011. g. decembra 5. paraugā vērojams lielāks rupjo frakciju pārsvars nekā blakus esošajos paraugos, bet 4. paraugā ir diezgan liels smalkās frakcijas pārsvars, kāds parasti ir novērojams tikai tad, kad 3. paraugā ir liels smalko frakciju īpatsvars (2010. septembrī, 2010. decembrī, 2011. aprīlī), taču šajā (2011. g. decembrī) sezonā tā nav. Pamatā 4., 5. un 9. paraugā ir novērojams mazliet lielāks rupjo frakciju īpatsvars, salīdzinot ar tiem blakus esošajiem paraugiem. To varētu skaidrot ar veģetācijas izbradāšanu (tās rezultātā notiek pastiprināta smalko frakciju pārpūšana iekšzemē 0 ārā no krasta sistēmas) pludmales

augšējā daļā un eolajā reljefā. Smilšu pārpūšanu iekšzemē var labi redzēt 3. etapa ortofoto kartē, īpaši izteikti to var novērot Daugavgrīvas pludmales zonā pie 5. parauga, smilšu pārpūšanas tendenci, tikai vājāk izteiktu, var manīt arī pie 9. parauga. To veicina gan augāja izbradāšana, gan arī fakts, ka frakcijas, kas <0,1 mm visvieglāk pielīp un saglabājas uz priekšmetiem (apaviem un ap pludmales inventāru) to ekspluatācijas gaitā (www.tm.gov.lv).

Paraugš ar 7. numuru (3.15., 3.16. att., skat. 3. pielik.) tika ievākts netālu no Rīgas notekūdeņu attīrīšanas iekārtu dīķera izvadu trases. 2010. g. aprīļa, 2010. g. septembra un 2011. g. decembra 7. Parauga vērtības ir līdzīgas 6. parauga vērtībām. 2009. g. decembra un 2010. g. decembra parauga granulometriskais sastāvs ir diezgan līdzīgs 6. paraugam, bet tajā ir vairāk smalkgraudaino frakciju. 2011. g. aprīlī un 2011. g. augustā šīs atšķirības ir vēl izteiktākas. 2012. g. maijā un 2012. g. septembrī paraugā dominē krietni rupjāks frakciju sadalījums nekā iepriekšējās sezonās.

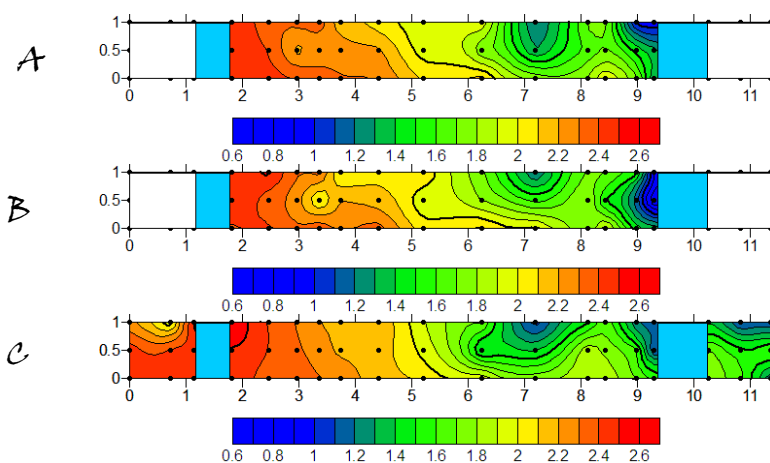
Pludmales sanešu granulometrisko datu analīze ļauj secināt, ka:

- Daugavas rietumu krastā ir visrupjākais pludmales smilšu graudu granulometriskais sastāvs, to ietekmē gan triju Daugavas HESu darbība, kuru baseinos izgulsnējas smalkākās frakcijas, gan arī regulārie upes padziļināšanas darbi (īpašība novērota visās parugošanas reizēs).
- Starp 2. un 3. paraugu, Daugavas grīvas erozijas dominētajā posmā, ir tendence izkrāties smalkākam materiālam nekā blakus esošajos iecirkņos, tas varētu būt skaidrojams ar krasta aizsargbūves ietekmi (īpašība novērota 7 no 9 sezonām).
- Teritorijās pie gājēju ceļiem uz jūru (4., 5. un 9. paraugs) novērojams palielināts rupjāko frakciju īpatsvars nekā blakus esošajos paraugos. Šī tendence visos paraugos vienlaicīgi izpaužas 4 no 9 sezonām, jāpiebilst, ka iezīme raksturīga arī pārējām 5 sezonām, bet ne visiem paraugiem vienlaicīgi. Tomēr nevar skaidri apgalvot, ka šī īpatnība ir radusies tieši pludmales rekreācijas ietekmē (kāpu izbradāšana, pludmales irdināšana), tai nav tik liela ietekme kā dabisko faktoru komplektam.
- 7. paraugā, pie Rīgas notekūdeņu attīrīšanas iekārtām raksturīga vidējgraudaino frakciju dominante. Tā ir pārejas zona starp izteikti rupjgraudainajām un smalkgraudainajām Daugavgrīvas salas teritorijām. Dažkārt sanešu sastāvā ir vairāk rupjgraudaino frakciju, citkārt smalkgraudaino.

3.4. Pludmales sanešu granulometriskā sastāva interpolāciju rezultāti

Balstoties uz paraugus raksturojošām īpašībām pētījumu teritorijā tika izdalītas 5 zonas: Lielupe jeb Lielupes rietumu krasts (L3. – L1. paraugs), Daugavgrīvas salas ritumu daļa jeb Lielupes austrumu krasts (13. – 9. paraugs), Daugavgrīvas salas vidusdaļa (8. – 6. paraugs), Daugavgrīvas salas austrumu daļa jeb Daugavas rietumu krasts (5. – 1. paraugs) un Mangaļsala jeb Daugavas austrumu krasts (M1. – M3. paraugs). Interpolācijas kartēm ir izteiktas gan sezonālās iezīmes, gan īpašības hronoloģiskā attīstībā. Jo īpaši tās iezīmējas graudu vidējā izmēra izolīniju kartēs.

Graudu vidējā izmēra raksturojums - Laika posmā no 2009. gada decembra līdz 2012. gada septembrim, Lielupē esošo sanešu vidējais graudu izmērs ir 1,73 – 2,54 φ, kas atbilst vidējgraudainai un smalkgraudainai smiltij, Daugavgrīvas salā 0,68 – 2,60 φ, kas atbilst rupjgraudainai, vidējgraudainai un smalkai smiltij. Mangaļsalā vidējais graudu izmērs ir no 0,61 – 2,09 φ (tāds pats graudu izmēru vārdiskais skaidrojums, kā Daugavgrīvas salā).

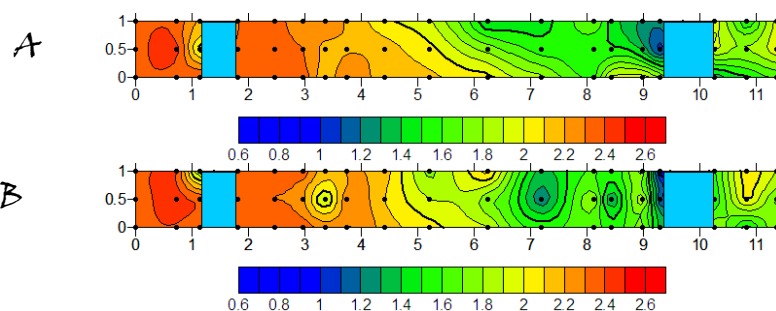


3.17. att. Vidējā graudu izmēra interpolācija Lielupes, Daugavgrīvas un Mangaļsalas pludmalēs

(Ar gaiši zilajiem taisnstūriem apzīmētas upes: 1. no kreisās – Lielupe; 2. – Daugava; ar treknāku līniju iezīmēta 1., 1,5., 2. un 2,5 izolīnija)

A – 2010. gada 7. septembrī; B – 2010. gada 11. decembrī; C - 2011. gada 29., 30. aprīlī.

Pirmajām 3 sezonām (3.17. att.), kurām tika veikta sanešu sastāva interpolācija, ir raksturīgas līdzīgas iezīmes: pie Daugavas rietumu mola ir izteikts rupjāko frakciju daudzums, kā arī pie 5. parauga novērojams izteiktāks rupjo frakciju daudzums.

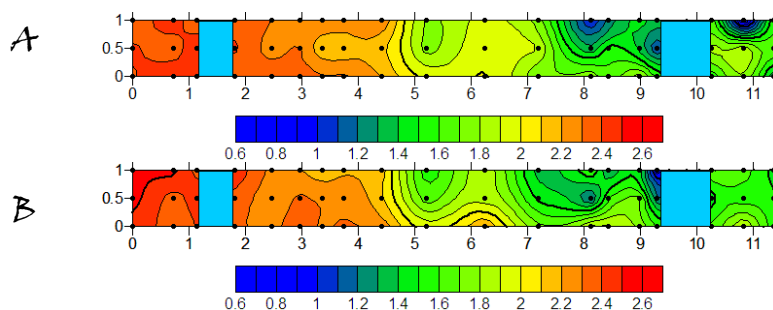


3.18. att. Vidējā graudu izmēra interpolācija Lielupes, Daugavgrīvas un Mangaļsalas pludmalēs

(Ar gaiši zilajiem taisnstūriem apzīmētas upes: 1. no kreisās – Lielupe; 2. – Daugava; ar treknāku līniju iezīmēta 1., 1,5., 2. un 2,5 izolīnija)

A – 2011. gada 21., 22. augustā; B – 2011. gada 29. novembrī un 12. decembrī.

2011. g. augusta un decembra paraugos (3.18. att.) Lielupes rietumu un austrumu krastā sanešu materiāls ir kļuvis nedaudz rupjāks. Posmā no 2. – 5. paraugam, pie Daugavas rietumu un austrumu krastā vērojams vidējgraudaino frakciju īpatsvara pieaugums.



3.19. att. Vidējā graudu izmēra interpolācija Lielupes, Daugavgrīvas un Mangaļsalas pludmalēs

(Ar gaiši zilajiem taisnstūriem apzīmētas upes: 1. no kreisās – Lielupe; 2. – Daugava; ar treknāku līniju iezīmēta 1., 1,5., 2. un 2,5 izolīnija)

A – 2012. gada 12., 20. maijā; B – 2012. gada 31. augustā un 4. septembrī.

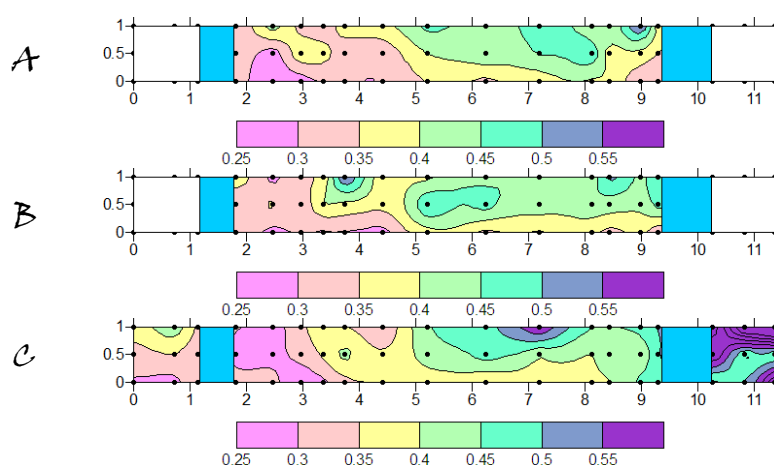
Salīdzinot 2012. gadā ievāktos paraugus (3.19. att.) ar iepriekšējām 2 sezonām, Lielupes rietumu krastā ir vairāk uzkrājusies smalkgraudainā smilts, salas vidusdaļā pie Rīgas Bioloģiskās notekūdeņu attīrīšanas stacijas izvadtrases, un teritorijā abpus Daugavas krastiem, smilts sastāvs ir palicis rupjāks.

Sezonālitate: Pavasara sezonā 2011. gada aprīlī un 2012. gada maijā (3.17. C un 3.19. A att.) abpus Daugavas krastiem ir vērojama tendence granulometriskajam sastāvam kļūt rupjākam, tas skaidrojams ar upes palu ūdeņu ietekmi.

Vasaras sezonā (3.18. A un 3.19. B att.) Daugavas austrumu krastā, granulometriskajā sastāvā parādās vairāk vidējgraudainā smilts, izlīdzinās vidējā graudu izmēra sadalījums.

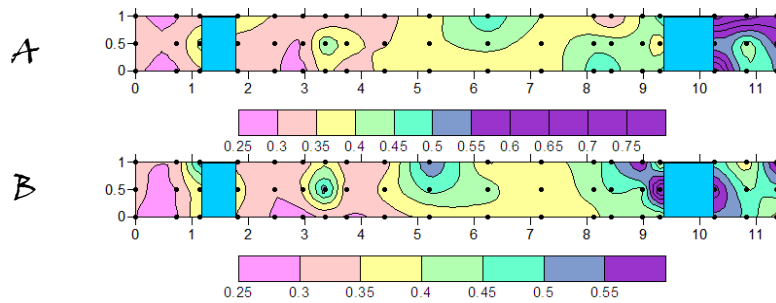
Rudens sezonā izceļas 10. paraugs, īpaši, tā daļa, kas atrodas pludmales pārejas joslā.

Šķirotība – 9 sezonu paraugiem tika noteiktas minimālās un maksimālās vērtības. Lielupes rietumu krastā ir 0,26 – 0,53, kas atbilst ļoti labai, labai un vidēji labai šķirotībai. Daugavgrīvas salas rietumu daļā šķirotības vērtības ir 0,26 – 0,57, salas vidusdaļā 0,28 – 0,55. Var teikt, ka šajos trijos iecirkņos šķirotības minimālās un maksimālās vērtības ir vienādas. Salas austrumu krastā vērtības ir 0,29 – 0,74, kur minimālā vērtība ir līdzīga pārējo rajonu minimālajām vērtībām, bet maksimālā pakāpeniski tuvojas Mangaļsalas maksimālajai šķirotības vērtībai. Mangaļsalā vērtības ir 0,35 – 0,93, kur minimālā vērtība ir lielāka nekā Daugavgrīvas salā. Tā kā šķirotības vērtības, kas ir lielākas par 0,55 teritorijā ir salīdzinoši maz un lai interpolācijas būtu vieglāk nolasāmas, tās tiek atzīmētas tikai ar izolīnijām, kuru intervāls ir 0,05 vienības.



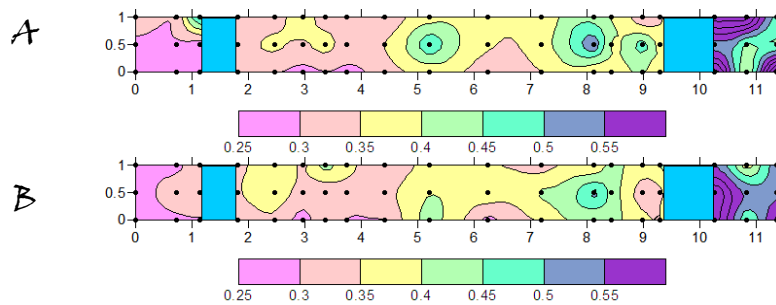
3.20. att. Sanešu šķirotības interpolācija Lielupes, Daugavgrīvas un Mangaļsalas pludmalēs (Ar gaiši zilajiem taisnstūriem apzīmētas upes: 1. no kreisās – Lielupe; 2. – Daugava)
A – 2010. gada 7. septembrī; B – 2010. gada 11. decembrī; C - 2011. gada 29., 30. aprīlī.

Šķirotības parametru interpolācijās (3.20. att.) īpaši izceļas zona no Daugavas rietumu krasta līdz 7. paraugam, kur zemajā pludmalē ir vājāk šķirotas smiltis, bet augstajā pludmalē pirms eolās akumulācijas zonas šķirotība kļūst labāka. Salas rietumu krastā pamatā vērojama ļoti laba sanešu šķirotība.



3.21. att. Sanešu šķirotības interpolācija Lielupes, Daugavgrīvas un Mangaļsalas pludmalēs (Ar gaiši zilajiem taisnstūriem apzīmētas upes: 1. no kreisās – Lielupe; 2. – Daugava)
A – 2011. gada 21., 22. augustā; B – 2011. gada 29. novembrī un 12. decembrī.

Pētījumu teritorija abpus Lielupei (3.21. att.) izceļas ar ļoti labi šķirotām smiltīm, taču paraugos pie upes krastiem (L1 un 13) ir vērojama laba šķirotība. Šajā teritorijā izceļas arī 9. paraugs, kur tieši pārejas joslas pludmales daļā iezīmējas vājāk šķirots materiāls. Salas vidusdaļā dominē labi šķirots materiāls, bet 6. vai 7. paraugā (atkarībā no sezonas), ir vājāk šķirots materiāls. Pie Daugavas rietumu mola ir pamatā labi šķirots materiāls, bet (3.21. B att.) sanešu materiāls ir vidēji labi šķirots.



3.22. att. Sanešu šķirotības interpolācija Lielupes, Daugavgrīvas un Mangaļsalas pludmalēs (Ar gaiši zilajiem taisnstūriem apzīmētas upes: 1. no kreisās – Lielupe; 2. – Daugava)
A – 2012. gada 12., 20. maijā; B – 2012. gada 31. augustā un 4. Septembrī.

Lielupes rietumu krasta teritorijā ir izteikti ļoti labi šķirots materiāls, atskaitot 3.22. A att. 1. paraugu zemajā pludmalē, kur ir laba šķirotība. Šī ir upes palu ūdeņu ietekme. Lielupes austrumu krastā raksturīga ļoti laba šķirotība, atskaitot 12., 11. un 10. paraugu, kur ir laba šķirotība. Salas vidusdaļā vērojama labi šķirotā smiltis, bet pie Rīgas notekūdeņu attīrīšanas iekārtām abās sezonās ir mazliet vājāk šķirots materiāls. 6. un 5. parauga augstajā pludmales daļā ir ļoti labi šķirotā smiltis. Pie Daugavas rietumu krasta sanešu materiāls ir labi šķirots, bet 4. paraugā un tam piegulošajos paraugos dominē vājāk šķirots materiāls. 1., 2. paraugā novērojama ļoti laba materiāla šķirotība 3.22. A att. šī zona atrodas zemajā pludmalē, bet

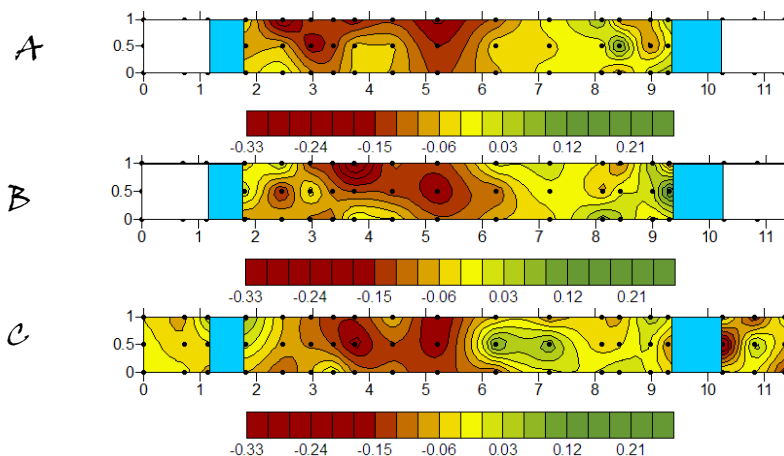
nākamajā sezonā labāk šķirotais materiāls ir pavirzījies iekšzemes virzienā. Daugavas austrumu krastā dominē vidēji laba šķirotība.

Sezonālitate: Tieši pavasara sezonā Mangaļsalā vērojamas vislielākās šķirotību aprakstošās vērtības, kas atbilst vidēji labai šķirotībai.

Vasaras sezonā pludmales sanešu šķirotība ir labāka nekā pārējās sezonās.

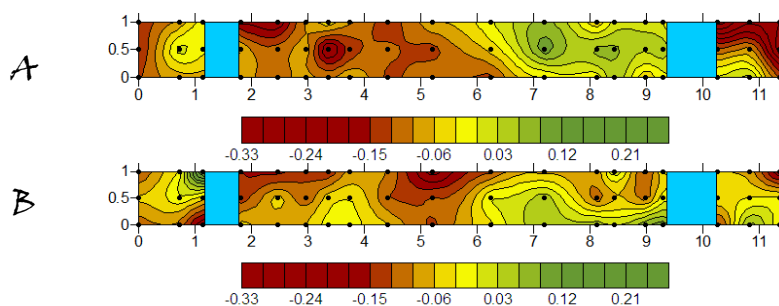
Rudens sezonā 10./9. paraugā parādās vājāk šķirota materiāla apgabals.

Simetrija – Visā pētījumu teritorijā simetrijas vērtības variē no -0,34 līdz +0,25



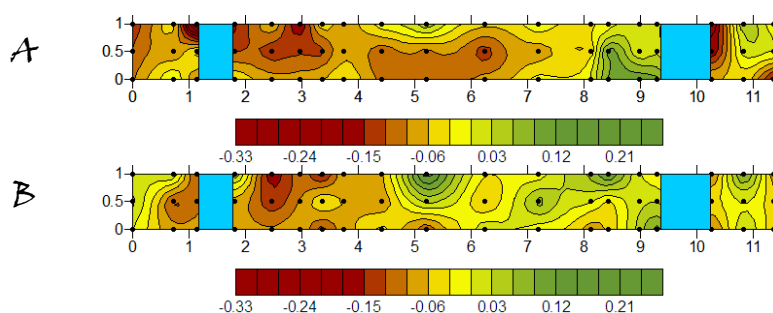
3.23. att. Sanešu simetrijas interpolācija Lielupes, Daugavgrīvas un Mangaļsalas pludmalēs (Ar gaiši zilajiem taisnstūriem apzīmētas upes: 1. no kreisās – Lielupe; 2. – Daugava)
A – 2010. gada 7. septembrī; B – 2010. gada 11. decembrī; C - 2011. gada 29., 30. aprīlī.

Simetrijas interpolāciju kartēs (3.23. att.) redzams, ka abpus Lielupei (L1., L2., L3. un 13. paraugs), un arī Daugavas rietumu krastā (6. – 1. paraugs) dominē simetriska simetrija. bet no 12. – 6. paraugam dominē negatīva simetrija.



3.24. att. Sanešu simetrijas interpolācija Lielupes, Daugavgrīvas un Mangaļsalas pludmalēs (Ar gaiši zilajiem taisnstūriem apzīmētas upes: 1. no kreisās – Lielupe; 2. – Daugava)
A – 2011. gada 21., 22. augustā; B – 2011. gada 29. novembrī un 12. decembrī.

Teritorijā abpus Lielupei (L3. – 7. paraugs, 3.24. att.) ir raksturīga negatīva simetrijas noliece, izņēmumus ir L2. un L1. paraugs, kur abās sezonās ir simetriska simetrija un pat pozitīva L1 zemās pludmales paraugā 2011. gada rudens sezonā. Simetriskas simetrijas vērojamas 11. – 8. paraugu augstajā un pārejas joslas pludmalē (3.24. B att.). Posmā no 6. – 1. paraugam dominē simetriska simetrija. Mangaļsalā 3.24. A att. ir izteikta negatīva simetrija, bet 2011. gada rudenī dominē simetriska simetrija.



3.25. att. Sanešu simetrijas interpolācija Lielupes, Daugavgrīvas un Mangaļsalas pludmalēs (Ar gaiši zilajiem taisnstūriem apzīmētas upes: 1. no kreisās – Lielupe; 2. – Daugava)
 A – 2012. gada 12., 20. septembrī; B – 2012. gada 31. augustā un 4. septembrī.

Visā pētījuma teritorijā pamatā dominē simetriski šķirotā smilts ar atsevišķiem pozitīvas vai negatīvas simetrijas nolieces centriem (3.25. att.). Viens no negatīvās nolieces centriem atrodas salas 12. – 11. paraugā. 7. paraugā jo īpaši izteikta 3.25. B att. ir pozitīva noliece. Arī 3. – 1. paraugā ir pozitīva simetrijas noliece.

Sezonalitāte: Simetrijas analīžu rezultātos nav novērojama sezonalitāte, vienīgais izņēmums ir rudens sezona, kurā vērojama simetriska simetrija 9., 8. paraugā augstajā pludmalē, bet negatīva 7. paraugā.

3.5. Diskusija

Balstoties uz pētījumu rezultātiem, teritorijā tika izdalītas 5 zonas: Lielupes rietumu krasts, Lielupes austrumu krasts, Daugavgrīvas salas vidusdaļa, Daugavas rietumu krasts un Mangaļsala. Katrā ir raksturīgas īpašas iezīmes, kas šo teritoriju veido atšķirīgu gan dabas procesu, gan cilvēka izraisīto faktoru ietekmē.

Lielupes rietumu krasts - Laika posmā no 1938. – 1961. gadam, Lielupē vērojama krasta atkāpšanās par 150 m, tas noticis tieši vētru un sanešu deficīta ietekmē, ko, galvenokārt, izraisīja smilšu ieguve no Lielupes gultnes. No 1982. – 2007. gadam, kad 1990.

gadā sanešu ieguve bija pārtraukta (Stiebrīšs, 1993), ir notikusi krasta augšana. Skatoties uz teritoriju kopumā var teikt, ka no 1938. – 2007. g. tajā notikusi teritorijas pieaugšana vidēji par 200 m, teritorijai ir raksturīga ļoti labi šķirotā, smalkgraudaina smilts ar simetrisku simetriju. 2011. gada pavasara, vasaras un rudens sezonā (3.20. C, 3.21., 3.23. C un 3.24. att.) Lielupes sanešu akumulācija ir vērojama tieši pie tās ietekas jūrā (McManus, 1998), kur ir vājāka šķirotība pludmales teritorijā un simetrijā ir vērojama pozitīva tendence.

Lielupes austrumu krasts - no 1938. – 2007. g. šajā iecirknī garkrasta virzienā notiek sanešu akumulācija un krata augšana, laika posmā no 1938. – 1961. gadam Lielupes grīva ir pavirzījies līdz 200 m uz austrumiem Daugavgrīvas salā pie pašas Lielupes grīvas BUS-1a nivelēšanas šķērsprofilā (3.3. att.) ir šaura pludmale, vētru laikā bieži tiek noskalotas jaunās priekškāpas. Pēc Lielupes sēkļa spridzināšanas, pilnībā tika noskalota pludmale un lielākā daļa priekškāpas. Pludmalē dominē smalkgraudaina, labi šķirotā smilts ar negatīvu simetrijas nolieci.

Daugavgrīvas salas vidusdaļā garkrasta virzienā no 1938. – 2007. gadam, notikusi ievērojama akumulācija. To uzrāda ne tikai kartogrāfiskā materiāla analīze, bet arī nivelēšanas šķērsprofilu rezultāti. Šajā krasta posmā krasts ir augošs, ar platu pludmales daļu, vērojama embrionālo kāpu augšana. Pludmalē dominē vidējgraudaino smilšu frakcijas, tās ir labi šķirotas, kā arī šķirotība uzlabojas iekšzemes virzienā. Pamatā vērojama negatīva vai simetriska simetrija. Interesanti, ka pie Rīgas notekudeņu attīrīšanas iekārtām, kur izvadtrases izbūvēšanas dēļ tika pilnībā 70 – 80 m platumā norakta priekškāpa (Eberherds, Saltupe, 1993), pludmales daļā bieži ir raksturīga vājāka šķirotība, kā arī negatīva noliece.

Daugavas rietumu krasts - Vēsturiski ir krietni mainījies, jo īpaši pie Daugavas ietekas jūrā, kura vienmēr bijusi nozīmīgs kuģošanas ceļš. Šeit būvētas gan dambju sistēmas, militārie objekti, ostas piestātnes, moli u.c. būves (Eberhards, 2003). Laika posmā no 1938. – 2007. gadam 2,5 km garš krasta iecirknis pie Daugavas rietumu mola ir atkāpies par 0,5 km. Pilnībā ir noskalota piekrastes lagūna, kura jau saistītā veidā ar jūru vēl bija 1980-tajos gados. Pēc nivelēšanas šķērsprofilu izpētes, var secināt, ka stiprās vētās šeit pilnībā tiek noskalota priekškāpa, kurai nav tendence atjaunoties, te iezīmējas sanešu deficīta iecirknis. Vidējais graudu izmērs atbilst smalkgraudainai un vidējgraudainai smiltij, kas norāda uz to, ka teritorijā ir augstāka viļņu enerģija (French, 2001) nekā pārējā salas daļā. Sanešu materiāls ir labi vai vidēji labi šķirotots, bet simetrijas noliec ir simetriska vai pozitīva.

Mangaļsala – laika posmā no 1938. – 2007. gadam krasts pieaudzis vidēji par 150 m. Pamatā šeit dominē rupjgraudaino un vidējgraudaino frakciju nogulumi, vidēji laba šķirotība un simetriska simetrija. 2011. gada vasaras sezona ir izņēmums, kad Mangaļsalā (3.21. A att.)

ir izteikti negatīva simetrija, arī šķirotība šajā sezonā ir krietni sliktāka nekā 2011. gada rudenī vai nākamā gada vasarā tā ir salīdzināma ar šī krasta iecirkņa šķirotību pavasara sezonā. Šīs izmaiņas ir skaidrojamas ar Daugavas padziļināšanas darbiem 2011. gada vasarā (Rīgas Brīvostas pārvalde, 2011), kad upes sanešu deficīts (secināts pēc Moiola un Veisera metodes 1968.) bija vērojams tieši Mangaļsalas iecirknī.

Pludmales izmantošana rekreācijas vajadzībām, nerada būtisku ietekmi uz pludmales sanešu granulometrisko sastāvu, pamatā to regulē dabiskie procesi. Vispēcīgāko pastāvīgo antropogēno ietekmi uz sanešu sastāvu rada abi Daugavas moli, kas ietekmē garkrasta sanešu plūsmu (Eberhards, 2003), arī vēlāk uzbūvētā krasta aizsargbūve, kuras piekājē uzkrājas mazliet smalkāks materiāls nekā pārējā erozīvajā teritorijā, kas liecina par vājākiem ūdens enerģijas apstākļiem (French, 2001) un ne tik strauju krasta atkāpšanos kā blakus esošajā teritorijā. Daugavas abu krastu granulometrisko sastāvu ietekmē uz upes esošo triju HESu darbība, kas veicina rupjāka materiāla nokļūšanu Rīgas līcī, jo smalkākās frakcijas izgulsnējas HESu baseinos. Savukārt, Daugavas padziļināšanas darbi īslaicīgi samazinājuši Daugavas sanešu izgulsnēšanos Mangaļsalā, bet jau 2011. gada rudens sezonā sanešu pieplūduma tendence pludmalē ir atjaunojusies (McManus, 1988). Vislielāko ietekmi uz pētāmo teritoriju atstāj tieši pavasara daudzūdens periods, kas palielina vidējgraudaino un rupjgraudaino frakciju daudzumu, kā arī pavājinās sanešu šķirotība pludmalē, jo īpaši Mangaļsalā.

Rekreācijas teritorijās novērojams palielināts rupjāko frakciju īpatsvars nekā blakus esošajos paraugos. Tas parādās nedaudz vairāk nekā pusē paraugu analizēto paraugu, arī sanešu šķirotība vasarā, šeit, salīdzinot ar pārējām sezonām, ir vājāka un jo īpaši augstās pludmales zonu salīdzinot ar blakus esošo teritoriju. Tomēr nevar skaidri apgalvot, ka šī īpatnība ir radusies tieši pludmales rekreācijas ietekmē (kāpu izbradāšana, pludmales irdināšana), tai nav tik liela ietekme kā dabisko faktoru komplektam, kas ietekmē krasta attīstību. Lai patiesi varētu pierādīt rekreācijas ietekmi uz sanešu materiāla izmaiņām ir nepieciešami ilgāki novērojumi, kā arī paraugņemšanas vietu izveide seklūdens joslā, rūpīga garkrasta sanešu plūsmas pienesuma izvērtēšana un materiāla pārvietošana pa pludmales daļām (zemo, pārejas joslas un augsto).

SECINĀJUMI

1. Abpus Lielupes krastiem raksturīga smalkgraudaina, ļoti labi šķirota smilts, kas norāda uz sanešu akumulācijas apstākļiem, salas vidusdaļā dominē vidējgraudaina, labi šķirota smilts, kas norāda uz procesu stabilitāti šajā krasta posmā. Abpus Daugavai raksturīga vidējgraudainās un rupjgraudainas smilts dominante, arī šķirofība ir vidēji laba, kas norāda uz augstākas intensitātes ūdens enerģijas apstākļiem, kas izraisa krasta eroziju. Analizējot nivelēšanas šķērsprofilus, teritorijas iedalījums atkarībā no dominējošajiem procesiem ir tāds pats.

2. Lielupes rietumu krastā laika posmā no 1938. – 1961. gadam vērojama krasta atkāpšanās par 150 m, kas skaidrojama ar vētru un sanešu deficīta ietekmi. Deficītu, galvenokārt, izraisīja smilšu ieguve no Lielupes gultnes.

3. Krasta zonu salas ziemeļaustrumu daļā spēcīgāk ietekmē DR vētras, bet ZR vēju nozīme lielāka ir salas dienvidrietumu daļā.

4. Pēc nivelēšanas šķērsprofilu izpētes, var secināt, ka pie Daugavas rietumu krasta stiprās vētās pilnībā tiek noskalota priekškāpa, kurai nav tendence atjaunoties, te iezīmējas sanešu deficīta iecirknis. Kāpu pilnīgas noskalošanas gadījumā notiek jūras sāļā ūdens ieplūšana aizsargājamās teritorijās un nokļūst līdz pat daudzstāvu apbūvei.

5. Daugavas padziļināšanas darbu dēļ 2011. gada vasarā, Mangaļsalas iecirknī bija vērojams upes sanešu deficīts, taču jau rudens sezonā sanešu pieplūduma tendence pludmalē bija atjaunojusies iepriekšējā līmenī.

6. Vislielāko ietekmi uz pētāmo teritoriju atstāj tieši pavasara daudzūdens periods, kas palielina vidējgraudaino un rupjgraudaino frakciju daudzumu, samazinās arī sanešu šķirofība pludmalē, jo īpaši Mangaļsalā.

PATEICĪBAS

Maģistra darba autore vēlas izteikt pateicību darba vadītājam Jānim Lapinskim par sadarbību darba izstādes laikā, studiju biedriem: Andim Rembergam, Līvai Matisonei un Ingai Millerei par paraugu ievākšanu 2011. gada rudens sezonā, laika posmā, kad atrados ERASMUS apmaiņas programmā un pati nevarēju ievākt paraugus. Paldies Mārim Nartišam par palīdzības sniegšanu programmas „*rysgran 2.0*” lietošanā, Jurim Burlakovam darba konsultēšanā, Mārim Krievānam par palīdzību attēla „Daugavas un Rīgas līča krasta līnijas izmaiņas 1700.-1880. gads” izveidē, Ingum Purgalim par padomiem un rokas *GPS MAGELLAN Triton™* aizdošanu, lai varētu veikt pētījumu atkārtoti 9 sezonu garumā, Ģirtam Stinkulim par konsultāciju specifiskos jautājumos granulometriskā sastāva analizēšanā. Paldies SIA „Veolia” par dalīšanos ar uzņēmuma iekšējiem dokumentiem, lai darba autore varētu izpētīt pludmales sakopšanas darbu ietekmi uz rekreācijas zonu Daugavgrīvas salā.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

Publicētā literatūra:

Bērtiņa, L., Lapinskis, J. 2011. Pludmales smilšu granulometriskais sastāvs un krasta procesi Daugavgrīvas salā. *Latvijas Universitātes 69. zinātniskā konference. Ģeogrāfija, ģeoloģija, vides zinātne*. Rīga, LU akadēmiskais apgāds, 276. – 278. Lpp.

Bird, E. 2008. *Coastal Geomorphology: An Introduction*. John Wiley & Sons, 411 p.

Blott, S., Pye, K. 2001. GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes Landforms*. 26(13), 1237–1248.

Brangulis, A. J., Juškevičs, V., Kondratjeva, S., Gavēna, I., Pomeranceva, R. 2000. *Latvijas ģeoloģiskā karte, mērogs 1:200000, 43. lapa – Rīga, 53. lapa – Ainaži, paskaidrojuma teksts un kartes*. Rīga, Valsts ģeoloģijas dienests, 68 lpp.

Dagdelen, K., Turner, K. 1996. Importance of Stationary of Geostatistical Assessment of Environmental. In: Rouhani, S., Srivastava, R.M., Desbarats, A.J., Cromer, M.V., Johnson, A.I. *Geostatistics for environmental and geotechnical applications*. American Society for Testing and materials, STP 1283, 117 – 133 p.

Davis, R. A., Fitzgerald, D. M. 2004. *Beaches and coasts*. Blackwell Publishing, 50-51 p.

Eberhards, G. 1994. Daugavgrīvas sala. Grām. G. Kavacs (red.). *Latvijas daba: enciklopēdija* 1. sējums. Rīga, Latvijas enciklopēdija, 222. lpp.

Eberhards, G. 2001. Jūras krasta ģeoloģiskie procesi. No *Latvijas vides indikatoru pārskats*. Rīga: Latvijas vides aģentūra, 124 lpp.

Eberhards, G. 2003. *Latvijas jūras krasti*. Rīga: LU, 292 lpp.

Eberhards, G. 2004. *Jūra uzbrūk! Ko darīt?* Rīga: LU, 23 lpp.

Eberhards, G., Lapinskis, J. 2008. *Baltijas jūras Latvijas krasta procesi*. Latvijas Universitāte. 64 lpp.

Eberhards, G., Saltupe, B. 1995. Ostas un to ietekme uz procesiem un krastu izmaiņām Latvijas piekrastē. *Latvijas Universitātes 54. zinātniskā konference. Ģeogrāfijas un zemes zinātņu sekcija*. Rīga, LU akadēmiskais apgāds, 21. – 22. lpp.

Eberhards, G., Saltupe, B. 1999. Pastāvīgais Latvijas jūras krasta procesu monitorings – eksperiments un prakse. *Folia Geographica VII*. Rīga : Latvijas Ģeogrāfijas biedrības izdevums, 1.–10. lpp.

Eberhards, G., Saltupe, B. 2002. Latvijas jūras krastu jutīgums pret noskalošanu vētrās un riska zonas. *Latvijas Universitātes 60. zinātniskā konference. Ģeogrāfija, ģeoloģija, vides zinātne*. Rīga, LU akadēmiskais apgāds, 147.– 148. lpp.

- Eberhards, G., Saltupe, B., u.c. 1993. Latvijas jūras krastu monitorings. No sērijas: *Vides monitorings Latvijā 3*. Rīga: LR Vides Aizsardzības komitejas pētījumu centrs, 49 lpp.
- Enģele, L. 2006. *Vidzemes piekraste*. Latvijas Universitāte, 17 lpp.
- 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.
- French, P.W. 2001. *Costal Defences Process, problems and solutions*. Routlege. 186- 187 p.
- Friedman, G.M., Sanders, J. E. 1979. *Principles of Sedimentology*. Wiley. New York, 152 p.
- Ikeda, H., 2003. Testing the intermediate disturbance hypothesis on species diversity in herbaceous plant communities along a human trampling gradient using a 4-year experiment in an old field. *Ecological Research* 18 (2), 185–97.
- Juškevičs V., Mūrnieks A., Misāns J. 1999. *Latvijas ģeoloģiskā karte M 1:200000 42. lapa – Jūrmala. Paskaidrojuma teksts un kartes*. Rīga, Valsts Ģeoloģijas dienests, 52 lpp.
- Koomans R.L., de Meijer R. J. 2004. Density Gradation in Cross-shore Sediment Transport. *Coastal Engineering* 51, pp. 1105–1115.
- Laime, B. 2000. *Pludmales un kāpu aizsardzība Latvijā*. Latvijas Dabas fonds.
- Lapinskis, J., Grava, M. 2005. Pludmales sanešu mehāniskā sastāva izmaiņas Latvijas jūras krasta posmā no Ventpils līdz Miķeļtornim. *Latvijas Universitātes 63. zinātniskā konference. Ģeogrāfija, ģeoloģija, vides zinātne*. Rīga, LU akadēmiskais apgāds, 126. – 128. lpp.
- Lemauiel, S., Rozé, F. 2003. Response of three plant communities to trampling in a sand dune system in Brittany (France). *Environmental Management* 31, 227–235.
- Lindholm, R. 1987. *A Practical Approach to sedimentology*. ALLEN & UNWIN, 276 p.
- Maldavs, Z., Melluma, A., Seile, A., 1981. Ģomorfoloģijas pamati. Rīga: Zvaigzne, 210 lpp.
- Marion, J.L., Reid, S. E., 2007. Minimising visitor impacts to protected areas: the efficacy of low impact education programs. *Journal of Sustainable Tourism* 15 (1), 5–27.
- McDonnell, M.J., 1981. Trampling effects on coastal dune vegetation in the Parker River National Wildlife Refuge, Massachusetts, USA. *Biological Conservation* 21, 289–301.
- McManus, J. (1988). Grain size determination and interpretation. In: Tucker M. E. *Techniques in Sedimentology*. Blackwell Science, 63–85.
- Nicholos, G. 1999. *Sedimentology and Stratigraphy*. Blackwell Publishing, Malden, 355 p.
- Nordstrom, K.F., 2000. *Beaches and Dunes of Developed Coasts*. Cambridge University Press, Cambridge, 338 p.

Par paredzētās darbības - pieejas kanāla kuģu ienākšanai Rīgas ostā rekonstrukcijas – akceptēšanu. Rīgas domes lēmums Nr.3387. Pieņemts 05.07.2011.
Atsauce tekstā (Paredzētās darbības..., 2011).

Prothero, D.R., Schwab, F. 1999. *Sedimentary Geology. An Introduction to Sedimentary Rocks and Stratigraphy*. W.Hfreeman and Company. New York, 575 p.

Purgalis, I. 2009. Rīgas līča piekrastes priekškāpas un to izmaiņas pēdējo 60 gadu laikā. *Latvijas Universitātes 67. zinātniskā konference. Ģeogrāfija, ģeoloģija, vides zinātne*. Rīga, LU akadēmiskais apgāds, 233. – 234. lpp.

Rīgas Domes Vides aizsardzības pārvalde. *Īpaši aizsargājamās dabas teritorijas Rīgas pilsētā*. „Jāņa Sēta”, Rīga, 14 lpp.

Tucker, M.E. 2001. *Sedimentary Petrology*. Blackwell Publishing, 262 p.

Ulsts, V. 1998. *Baltijas jūras Latvijas krasta zona*. Rīga: Valsts ģeoloģijas dienests, 96 lpp.

Elektroniskie izziņu materiāli:

Anonīms. [Bez dat.] *Dabas liegumi un dabas parki Rīgas Kurzemes rajonā*. Sk. 31.01.2010. [http://www.kurzemesrajons.lv/user.img/dabas_parks_un_liegums_max\(1\).pdf](http://www.kurzemesrajons.lv/user.img/dabas_parks_un_liegums_max(1).pdf)
Atsauce tekstā (www.kurzemesrajons.lv).

Anonīms. [Bez dat.] *Daugavgrīvas fiziogēogrāfiskais apraksts*. Rīgas domes Pilsētas attīstības departaments. Sk. 13.01.2010. <http://www.apkaimes.lv/sakums/daugavgriva/fizgeo/>
Atsauce tekstā (www.apkaimes.lv).

Anonīms. [Bez dat.] *Daugavgrīvas vēsture*. Rīgas domes Pilsētas attīstības departaments. Sk. 13.01.2010. <http://www.apkaimes.lv/sakums/daugavgriva/history/>
Atsauce tekstā (www.apkaimes.lv).

Anonīms. [Bez dat.] *Rītabuļļu fiziogēogrāfiskais apraksts*. Rīgas domes Pilsētas attīstības departaments. Sk. 14.01.2010. <http://www.apkaimes.lv/sakums/ritabulli/fizgeo/>
Atsauce tekstā (www.apkaimes.lv).

Anonīms. [Bez dat.] *Rītabuļļu vēsture*. Rīgas domes Pilsētas attīstības departaments. Sk. 14.01.2010. <http://www.apkaimes.lv/sakums/ritabulli/history/>
Atsauce tekstā (www.apkaimes.lv).

Anonīms. 2004. *Dabas parka „Piejūra” dabas aizsardzības plāns*. Piekrastes biotopu aizsardzība un apsaimniekošana Latvijā. Sk. 31.01.2010. <http://piekraste.daba.lv/LV/IADT/PjDP/20050530/merkis2.shtml>
Atsauce tekstā (<http://piekraste.daba.lv>).

Anonīms. 2004. *Dabas parka „Piejūra” dabas aizsardzības plāns*. Piekrastes biotopu aizsardzība un apsaimniekošana Latvijā. Sk. 31.01.2010. <http://piekraste.daba.lv/LV/IADT/PjDP/20050530/merkis3.shtml>
Atsauce tekstā (<http://piekraste.daba.lv>).

Anonīms. 2004. *Dabas parka „Piejūra” dabas aizsardzības plāns*. Sk. 13.01.2010. <http://piekraste.daba.lv/LV/IADT/PjDP/20050530/geografija.shtml>
Atsauce tekstā (<http://piekraste.daba.lv>).

Anonīms. 2010. *Dabas liegums „Vakarbuļļi”*. Sk. 14.04.2010. http://vakarbulli.lv/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=5&Itemid=16
Atsauce tekstā (<http://vakarbulli.lv>).

Anonīms. 2010. Ledus Lielupes grīvā veismīgi uzspridzināts. Sk. 04.05.2011. <http://www.delfi.lv/news/national/politics/ledus-lielupes-griva-veismigi-uzspridzinats.d?id=30874471>
Atsauce tekstā (www.delfi.lv).

Berkowitz, P. 2005. UH Hilo EPSCoR – Information Technology for Rnvironmental Research. Sk. 17.03.2011. http://www.uhh.hawaii.edu/~sdalhelp/stt/Berkowitz_26Oct05.pdf
Atsauce tekstā (Berkowitz, 2005).

Eberhards, G. 2006. *Jūras krasta riska zonu ģeoloģisko procesu monitorings*. LVĢMA. Sk. 10.05.2010. http://www.meteo.lv/upload_file/monitorings/Juras_krasta_monitorings_2006.pdf
Atsauce tekstā (Eberhards, 2006).

HydroEurope. 2010. *Interpolation – kriging method using ArcGIS*. HydroEurope, Aquaholix. Sk. 12.03.2011. http://www.hydroeurope.org/jahia/webdav/site/hydroeurope/users/scarceri/public/Kriging_rep_ortx.pdf
Atsauce tekstā (HydroEurpoe, 2010).

Rīgas Brīvostas pārvalde. 2011. *Rīgas dome atbalsta Daugavas padziļināšanu*. Sk. 23.05.2013. Pieejams <http://www.rop.lv/lv/jaunumi/1317-rigas-dome-atbalsta-daugavas-padzilinasanu.html>
Atsauce tekstā (Rīgas Brīvostas pārvalde, 2011).

Rove, I. 2009. *Pieci stāsti par dabu. Metodiskie materiāli*. Latvijas dabas fonds. Jaunmārupe. Sk. 10.01.2010. http://www.ldf.lv/upload_file/29422/metodiskie%20materiali%20piekraste.pdf
Atsauce tekstā (Rove, 2010).

Tieslietu ministrija. [Bez dat.] „*Smago minerālu grupas atsevišķu minerālu skaita un formas variāciju izpēte Baltijas jūras Kurzemes un Vidzemes dažādu reģionu piekrastēs, izmantojot to kā diferencējošu pazīmi augsnes paraugu tiesu ekspertīzē*”. Latvijas Republikas Tieslietu ministrija. Sk. 10.01.2010. www.tm.gov.lv/lv/documents/petijumi/478_Pet.rez.%20Nr.41.doc
Atsauce tekstā (www.tm.gov.lv).

Veselības inspekcija. 2011. *Rīgas jūras līča piekrastes peldvietu „Vakarbuļļi” un „Daugavgrīva” ūdens apraksts*. Sk. 22.05.2013. Pieejams http://www.vi.gov.lv/uploads/files/VAKARBULLU_Daugavgrivas.pdf
Atsauce tekstā (Veselības inspekcija, 2011).

Vimba, E., Kalvišķis K. 2007. *Liegumi. Daugavgrīvas dabas liegums*. (skatīts: 31.01.2010.)
<http://latvijas.daba.lv/aizsardziba/teritorijas/liegumi.shtml#v39>
Atsauce tekstā (Vimba, Kalvišķis, 2007).

Znotiņa, V. 2006. *Jūras biotopi*. Sk. 25.05.2011. <http://latvijas.daba.lv/biotopi/jura.shtml>
Atsauce tekstā (Znotiņa, 2006).

Kartogrāfiskais materiāls:

<http://priede.bf.lu.lv/scripts/atteli/albums.cgi?d=kartes&f=1&h=1&k=PjDP/20060314/>

ORTOFOTO3. *LĢIA Latvijas 3. etapa ortofoto karšu mozaīka*. M 1:30000. LU ĢZZF WMS.

TOPO 25K42g PSRS. *Bijušās PSRS armijas ģenerālštāba 42. gada sistēmas topogrāfisko karšu mozaīka* M 1:25000. LU ĢZZF WMS.

TOPO 25K63g PSRS. *Bijušās PSRS armijas ģenerālštāba 63. gada sistēmas topogrāfisko karšu mozaīka* M 1:25000. LU ĢZZF WMS.

TOPO 75K Latvijas laika. *Latvijas armijas galvenā štāba topogrāfisko karšu mozaīka* M 1:75000. LU ĢZZF WMS.

Nepublicētie materiāli:

Andersons, Ā. 2011. *Sanešu dinamika Kolkasraga sēklī*. Latvijas Universitāte. Maģistra darbs, 99 lpp.

Buls, T. 2009. *Baltijas ledus ezera akumulatīvie krasta veidojumi Vidzemes piekrastē*. Latvijas Universitāte. Maģistra darbs, 98 lpp.

Nepublicētie Latvijas jūras krastu ģeoloģisko procesu monitoringa dati (1987-2010). Dati ir pieejami Latvijas jūras krasta ģeoloģisko procesu monitoringa programmas datu bāzē, Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un zemes zinātņu fakultātes Jūras krastu laboratorijā.

SIA „Veolia” 2010. *Pielikums Nr. 1 Tehniskās specifikācijas Iepirkuma identifikācijas Nr. RD IP 2010 Vakarbuļļu peldvietas, Daugavgrīvas peldvietas un Buļļu salas pludmales sagatavošana peld sezonai un uzturēšana*. Rīgas Dome.

Stiebrīņš, O. 1993. *Informatīvs pārskats par smilts meklēšanas darbiem Lielupes lejtecē*. Valsts uzņēmums Latvijas ģeoloģija, 72 lpp.

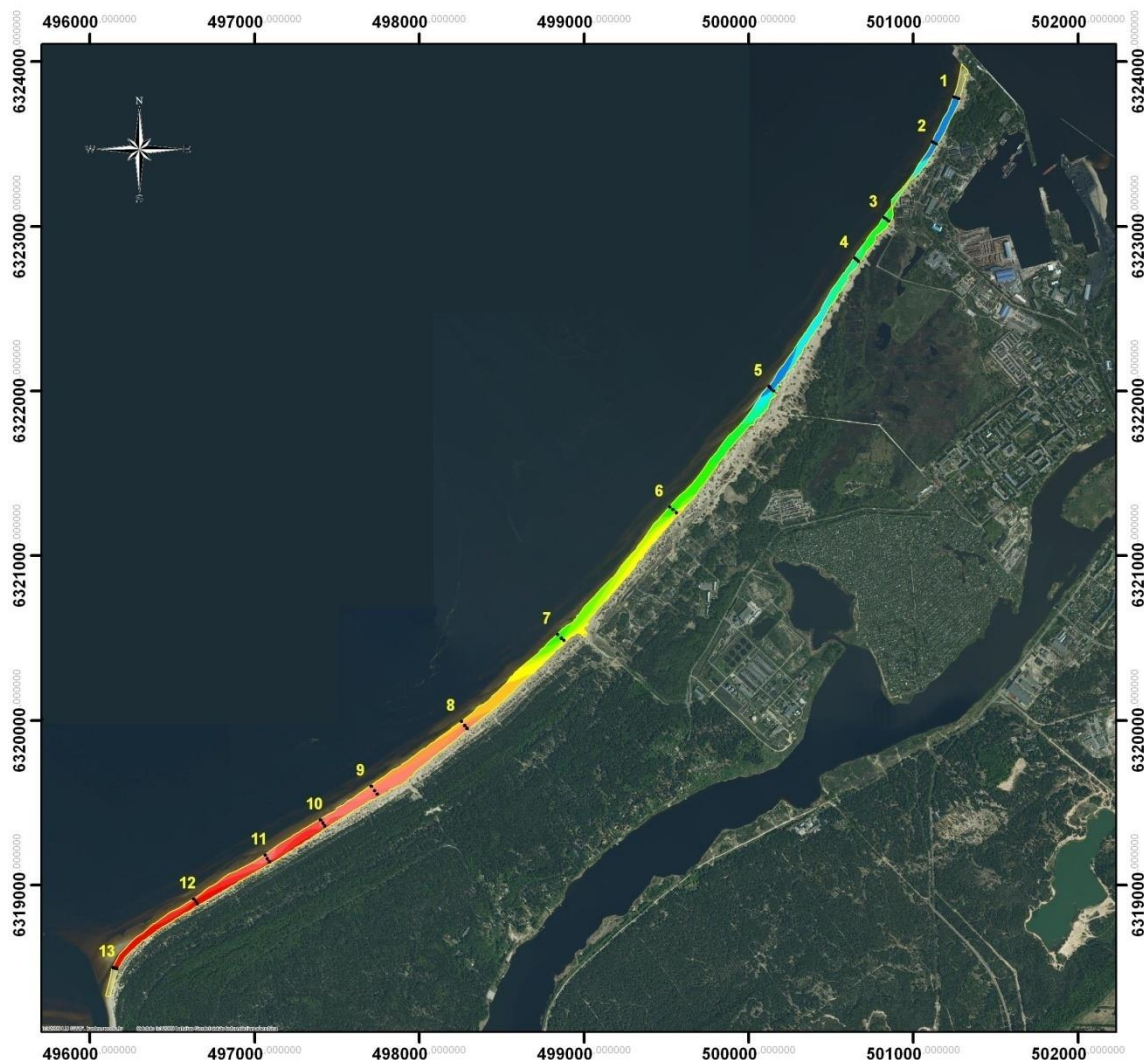
PIELIKUMI

Pielikumu saraksts

1. Vakarbuļļu pludmale pēc smilšu virskārtas irdināšanas
2. Pludmales sanešu smalkgraudainās frakcijas procentuālā sastāva interpolācija Daugavgrīvas salā
3. Pludmales sanešu granulometriskais sastāvs %
 1. 2010. gada 7. septembrī
 2. 2010. gada 11. decembrī
 3. 2011. gada 29., 30. aprīlī
 4. 2011. gada 21., 22. augustā
 5. 2011. gada 29. novembrī un 12. decembrī
 6. 2012. gada 12., 20. maijā
 7. 2012. gada 31. augustā un 4. septembrī



1.1. att. Vakarbuļļu pludmale pēc smilšu virskārtas irdināšanas (Autores foto 15.08.2011.)



Apzīmējumi

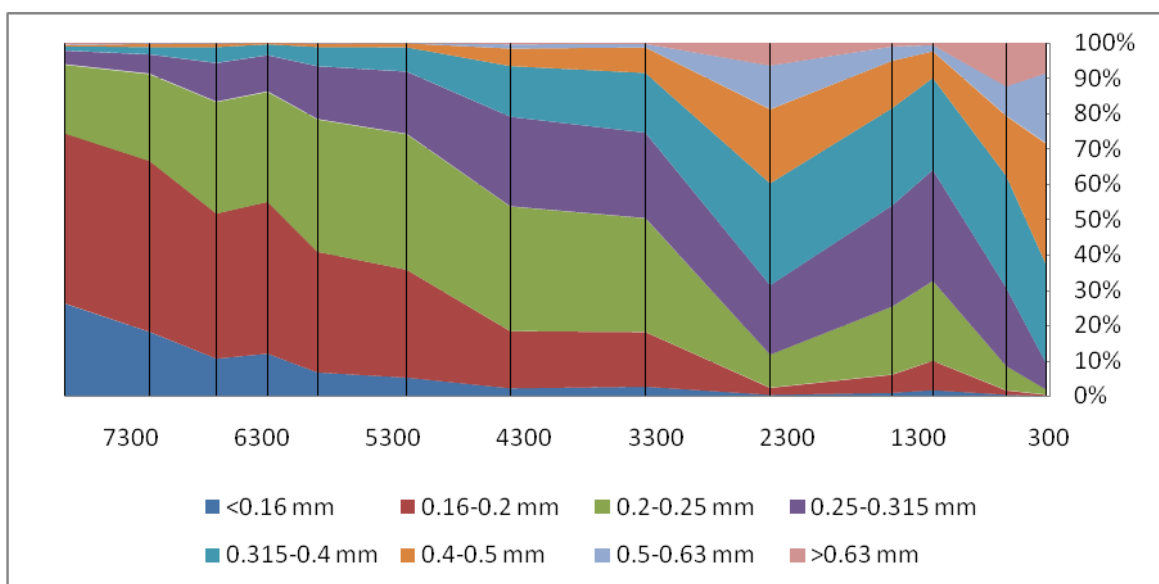
- Paraugošanas vietas
- Pludmales teritorija



Smalkgraudainās frakcijas %

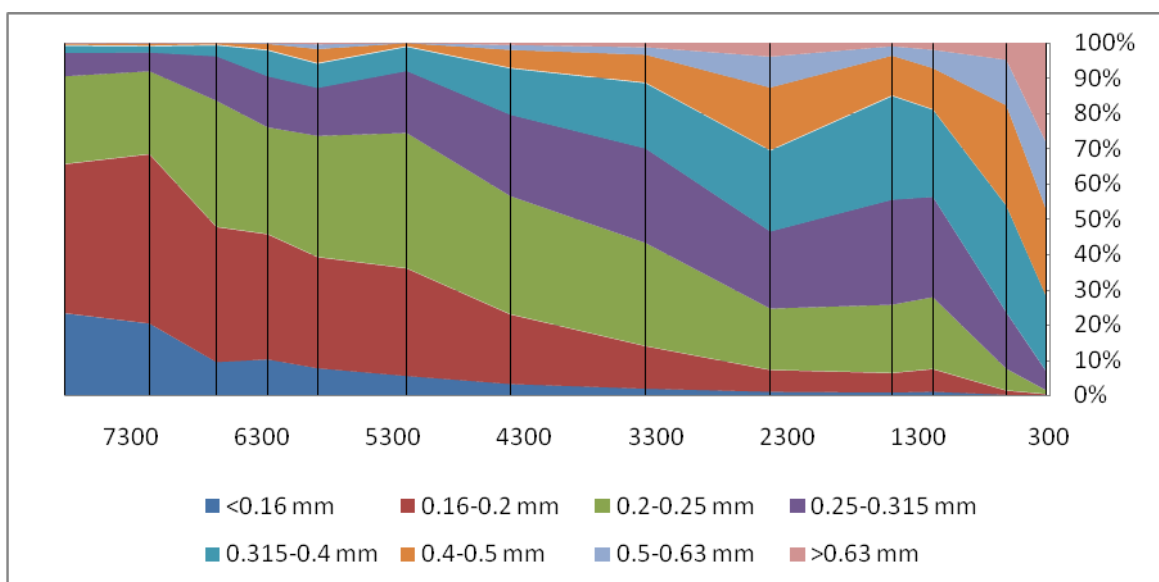
	< 15,4		28,1 - 42,0		57,7 - 59,1		71,8 - 75,5		86,2 - 88,8
	15,5 - 21,9		42,1 - 54,2		59,2 - 62,9		75,6 - 80,8		88,9 - 90,3
	22,0 - 28,0		54,3 - 57,6		63,0 - 71,7		80,9 - 86,1		> 90,4

2.1. att. Pludmales sanešu smalkgraudainās frakcijas procentuālā sastāva interpolācija Daugavgrīvas salā



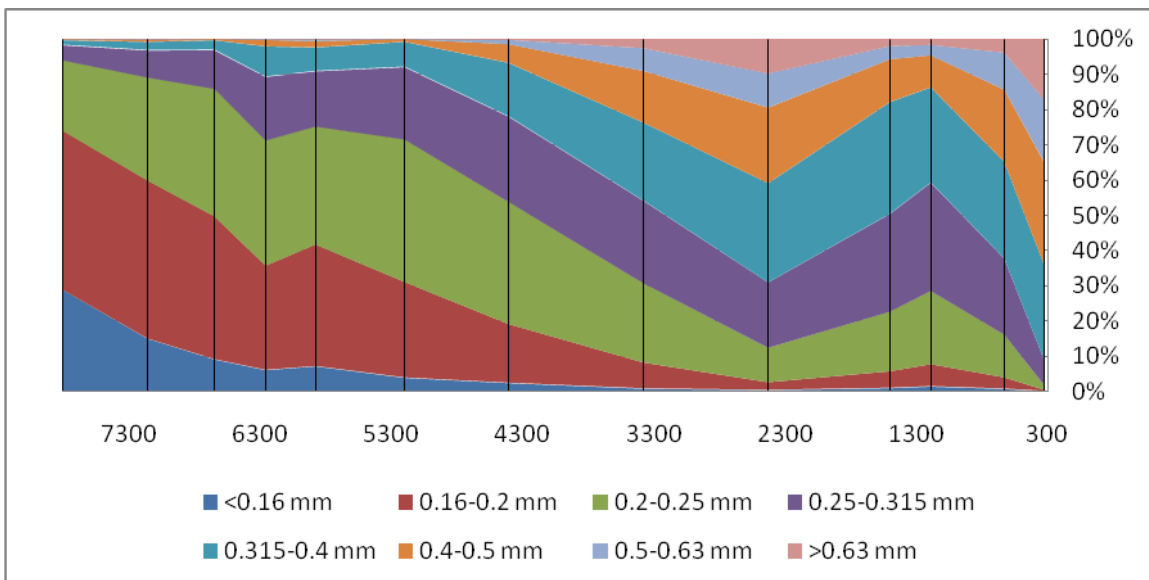
3.1. att. 2010. gada 7. septembrī

(uz x ass attālums no Daugavas rietumu mola, y - smilšu granulometrisko frakciju īpatsvars %)



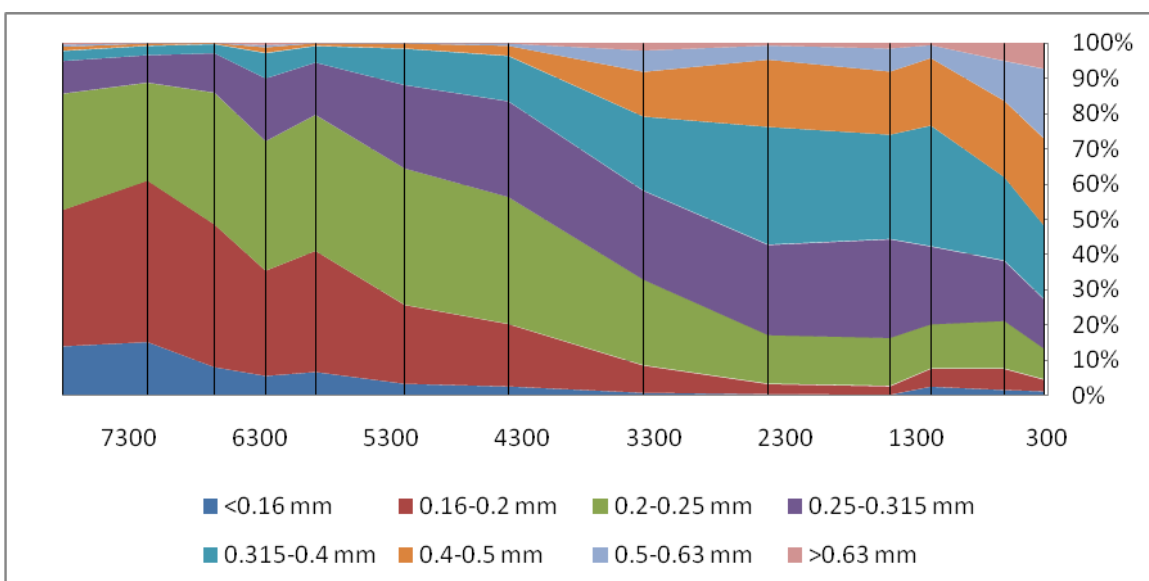
3.2. att. 2010. gada 11. decembrī

(uz x ass attālums no Daugavas rietumu mola, y - smilšu granulometrisko frakciju īpatsvars %)



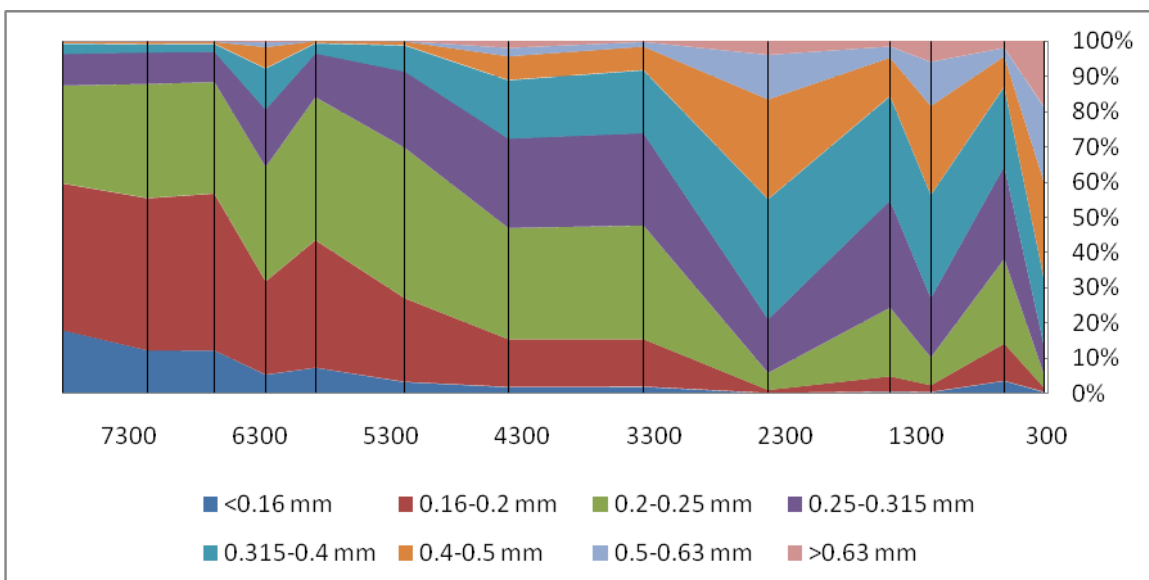
3.3. att. 2011. gada 29., 30. aprīlī

(uz x ass attālums no Daugavas rietumu mola, y - smilšu granulometrisko frakciju īpatsvars %)

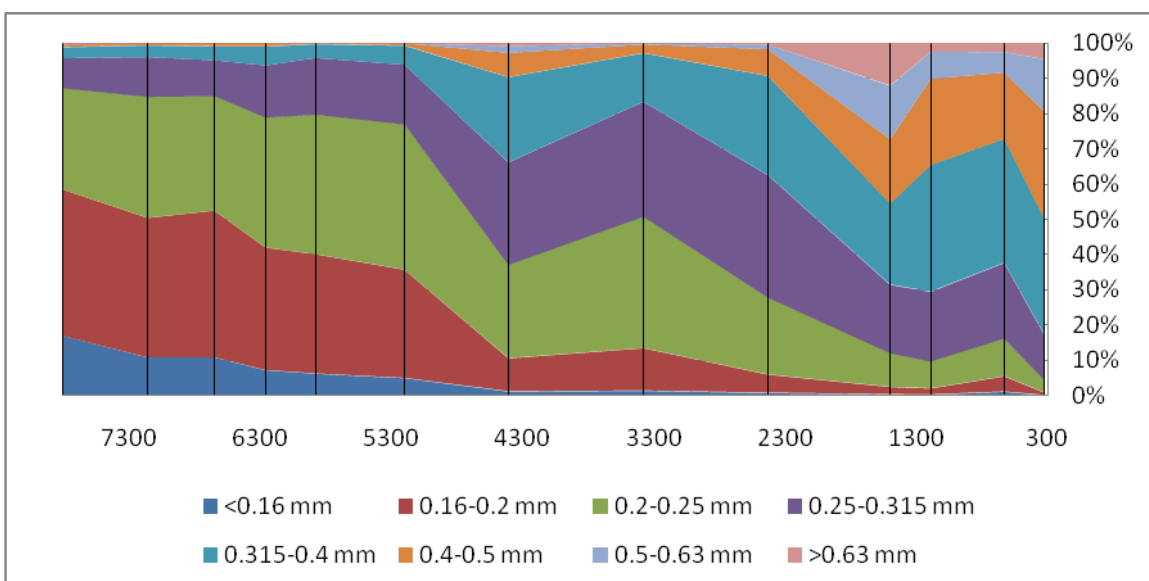


3.4. att. 2011. gada 21., 22. augustā

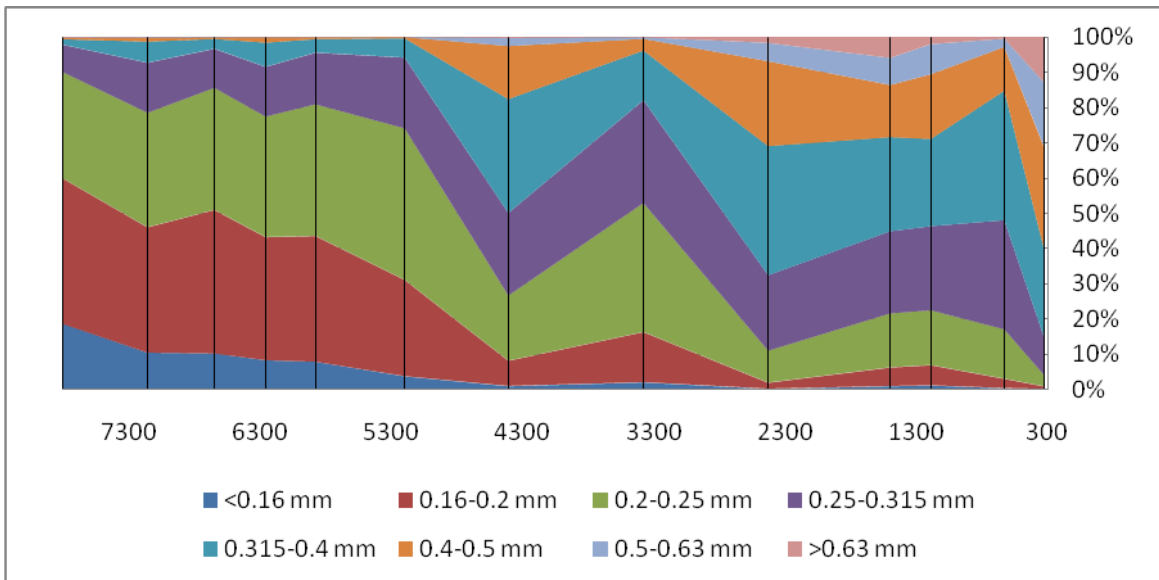
(uz x ass attālums no Daugavas rietumu mola, y - smilšu granulometrisko frakciju īpatsvars %)



3.5. att. 2011. gada 29. novembrī un 12. decembrī (uz x ass attālumš no Daugavas rietumu mola, y - smilšu granulometrisko frakciju īpatsvars %)



3.6. att. 2012. gada 12., 20. maijā
(uz x ass attālumš no Daugavas rietumu mola, y - smilšu granulometrisko frakciju īpatsvars %)



3.7. att. 2012. gada 31. augustā un 4. septembrī (uz x ass attālums no Daugavas rietumu mola, y - smilšu granulometrisko frakciju īpatsvars %)

Maģistra darbs „Jūras krasta attīstības dabiskie un antropogēnie faktori Daugavgrīvas salā”
izstrādāts LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie
informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors: Laura Bērtiņa

.....
paraksts

.....
datums

Rekomendēju darbu aizstāvēšanai

Zinātniskais vadītājs: Dr. geol. Jānis Lapinskis

.....
paraksts

.....
datums

Recenzents: Doc., Dr. geogr. Juris Aigars

Darbs iesniegts Vides zinātnes nodaļas lietvedībā

Nodaļas lietvede

.....
paraksts

.....
datums

Noslēguma darba aizstāvēšanas rezultāti:

Maģistra darbs aizstāvēts Dabas zinātņu maģistra vides zinātnē akadēmisko studiju gala
pārbaudījumu komisijas sēdē

..... protokola nr.
gads, datums, mēnesis

vērtējums

Sekretārs

.....
paraksts

.....
datums