

**“IESPĒJAMO RISINĀJUMU KOPUMA IZSTRĀDE JŪRAS KRASTA  
EROZIJAS MAZINĀŠANAI”**

*Iepirkuma identifikācijas numurs KEM 2023/1*

**STARPZIŅOJUMS**

**RISINĀJUMU KOPUMA IZSTRĀDE KRASTA EROZIJAS  
MAZINĀŠANAI**



Izstrādātājs:  
Biedrība “Baltijas krasti”

2024. gada janvāris

*“Pētījums tiek finansēts no Norvēģijas finanšu instrumenta finansētās programmas “Klimata pārmaiņu mazināšana, pielāgošanās tām un vide” projekta Nr.LV-CLIMATE-0001 “Klimata pārmaiņu politikas integrācija nozaru un reģionālajā politikā” līdzekļiem”.*

## IZMANTOTIE SAĪSINĀJUMI UN TERMINU SKAIDROJUMS

<b>DAP</b>	Dabas aizsardzības plāns
<b>EM</b>	Ekonomikas ministrija
<b>ES</b>	Eiropas Savienība
<b>HELCOM</b>	Baltijas jūras vides aizsardzības komisija (Helsinku komisija)
<b>IPCC</b>	Klimata pārmaiņu starpvaldību padome
<b>ĪA</b>	Īpaši aizsargājams
<b>ĪADT</b>	īpaši aizsargājamās dabas teritorijas
<b>KEM</b>	Klimata un enerģētikas ministrija
<b>Krasta kāpu aizsargjosla</b>	Baltijas jūras un Rīgas jūras līča krasta kāpu aizsargjosla
<b>LAS</b>	Latvijas normālo augstumu sistēma
<b>LIAS</b>	Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģija „Latvija 2030”
<b>LPS</b>	Latvijas Pašvaldību savienība
<b>LVĢMC</b>	Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs
<b>LU</b>	Latvijas Univeristāte
<b>LU ĢZZF</b>	Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte
<b>LU ĢZZF LJKĢPM</b>	LU ĢZZF Latvijas jūras krasta ģeoloģisko procesu laboratorija
<b>MK</b>	Ministru kabinets
<b>NAI</b>	notekūdeņu attīrīšanas iekārtas
<b>Natura 2000</b>	Eiropas nozīmes aizsargājamās dabas teritorijas
<b>pamatnostādnes</b>	Piekrastes telpiskās attīstības pamatnostādnes 2011.-2017.gadam
<b>Tematiskais plānojums</b>	Valsts ilgtermiņa tematiskais plānojums Baltijas jūras piekrastes publiskās infrastruktūras attīstībai, 2016. gads
<b>Rekomendācija</b>	Eiropas Parlamenta un Padomes Rekomendācija integrētai piekrastes zonas pārvaldībai
<b>SSP</b>	Klimata pārmaiņu scenāriji <i>Shared Socioeconomic Pathways</i>
<b>VARAM</b>	Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija
<b>VASAB</b>	Baltijas jūras reģiona valstu (Zviedrijas, Dānijas, Norvēģijas, Vācijas, Polijas, Lietuvas, Latvijas, Igaunijas, Baltkrievijas, Krievijas un Somijas) par telpisko plānošanu un attīstību atbildīgo ministru sadarbība (Vīzija un stratēģijas apkārt Baltijas jūrai)
<b>Vides pārskats</b>	Vides pārskata projekts, kas sagatavots stratēģiskā ietekmes uz vidi novērtējuma ietvaros
<b>VMD</b>	Valsts meža dienests
<b>VRAA</b>	Valsts reģionālās attīstības aģentūra
<b>UGD</b>	Valsts Ugunsdzēsības un glābšanas dienests

## Izmantoto ar jūras krastu eroziju saistīto terminu skaidrojums

- Baltijas ledus ezers – saldūdens baseins Baltijas jūras ieplakas dienvidu un centrālajā daļā pirms aptuveni 13000-10300 gadiem (Pleistocēna noslēgumā), kura pastāvēšanas laikā ūdenslīmenis bija ievērojami augstāks nekā mūsdienās
- deflācija – (izpūšana) vēja erozijas rezultātā notikusi kāpu fragmentācija, dažādu robu un “bedru” veidošanās kāpā
- devona nogulumieži – paleozoja ēras ceturtajā periodā veidojušies un uzkrājušies nogulumieži, kas lielākajā Latvijas daļā (arī Ventspilī) atrodas tieši zem kvartāra nogulumiem
- eolie procesi – vēja ģeoloģiskā darbība (galvenokārt smilšu pārpūšana, kāpu veidošanās, vēja erozija)
- erozijas kāple – vētras izraisītas viļņu erozijas epizodes laikā izveidojusies zema kāple (izskalojums) akumulatīvos krasta nogulumos (piemēram, priekškāpas frontālajā daļā)
- erozijas vai krasta atkāpšanās riska zona - krasta josla iekšzemes virzienā no mūsdienu pamatkrasta robežas, kurā noteiktā laika periodā var notikt krasta erozijas izraisīta reljefa pārveidošanās
- garkrasta sanešu plūsma – dominējošais smalkgraudaino sanešu (g.k. smilšu) pārvietošanās virziens krasta zonā garkrasta griezumā (to nodrošina kustīgas ūdens masas kinētiskā enerģija (viļņi un straumes))
- glaciģēnie nogulumi – ledāja ģeoloģiskās darbības rezultātā veidojušies un uzkrājušies nogulumi, parasti dažādu frakciju sajaukums – māls, aleirīts, smilts, grants un oļi dažādās proporcijās
- ģeomorfoloģija – zinātne, kurā tiek pētītas Zemes virsmas reljefa formas un tās veidojošie procesi
- grunts reperis – grunts zīme ar enkuru, kuras augšējais centrs atrodas virs zemes
- vai zemes virskārtas līmenī, vai arī zem zemes, un enkura pamatne atrodas zem grunts
- sasaluma dziļuma.
- holocēns – pēcdeduslaikmets, sākās pirms ~12000 gadiem un turpinās joprojām
- jūras krasta sistēma – dabas procesu un likumsakarību kopums, kuru mijiedarbības rezultātā veidojas krasta reljefs, notiek krasta līnijas migrācija, sanešu masu pārvietošanās
- jūras krasta erozija – vēja viļņu iedarbības rezultātā notiekoša grunts (smilšu, grants, māla u. c.) noskalošanās no krasta nogāzes augšējās daļas (g.k. sauszemes) un nonākšana zemūdens nogāzē
- krasta atkāpšanās – hroniskas un ilgstošas krasta erozijas rezultātā notiekoša krasta līnijas un pamatkrasta robežas pārvietošanās iekšzemes virzienā, jūras uzvirzīšanās sauszemei
- krasta nogāzes „atjaunošanās” – mērenas intensitātes viļņu un vēja darbības rezultātā notiekoša sanešu pārvietošanās pa krasta nogāzi uz augšu, atjaunojot pirms erozijas epizodes raksturīgo reljefu, parasti novērojama tikai akumulatīvos krasta posmos
- krasta nogāzes augšējā daļa – josla starp vidējā ūdenslīmeņa līniju un krasta zonas iekšzemes robežu, vietu līdz kurai iekšzemes virzienā mūsdienās sniedzas jūras reljefveidojošā darbība, parasti sastāv no pludmales un primārajām kāpām vai stāvkrasta nogāzes
- kvartāra nogulumi – jaunākā ģeoloģiskās laika skalas perioda laikā veidojušies un uzkrājušies nogulumi (Latvijā – smiltis, māls, grants, smilšmāls u.c.), kas veido ģeoloģiskā griezuma augšējo daļu gandrīz visā Latvijas teritorijā
- Litorīnas jūra – Baltijas jūras attīstības stadija – jūras baseins Baltijas jūras ieplakā pirms aptuveni 7500-4500 gadiem, kura pastāvēšanas laikā ūdenslīmenis Latvijas teritorijā bija par vairākiem metriem augstāks nekā mūsdienās
- m<sup>3</sup>/m – sanešu apjoms jūras krasta zonā, kas izteikts kubikmetros uz vienu metru platu (garkrasta griezumā) krasta iecirkni
- mākslīgs krasts – krasta posms, kurā dēļ preterozijas hidrotehniskām [DG1] būvēm ir būtiski izmainīti vai traucēti dabiskie jūras krasta ģeoloģiskie procesi
- ostas ārējās hidrotehniskās būves – ostas moli, preterozijas būves un kuģu ceļa padziļinājums

- pāržmauga (nērija) – garena, akumulācijas rezultātā izveidojusies sanešu josla jeb strēle, kas atdala lagūnu (jomu) no jūras pamatbaseina
- piebarošana – krasta sistēmas mākslīga papildināšana ar smalkgraudainiem sanešiem, tos uzberot vai uzskalojot no lielāka dziļuma vai sauszemes ieguves vietām
- pludmale – ļoti mainīga krasta zonas (joslas) virsūdens daļa, kas epizodiski pakļauta viļņu gāzumu iedarbībai, iekšzemes pusē tā robežojas ar stāvkrasta piekāji vai primāro kāpu joslu
- preterozijas būves / aizsargbūves / aizsargkonstrukcijas / invazīvās erozijas ierobežošanas metodes – agresīvas darbības krasta erozijas ierobežošanā, kas ietver tādas pasākumus un būves, kuras mazina pienākošo viļņu enerģiju, vai tādas, kas stiprina/nosedz krasta nogāzes augšējo daļu veidojošos iežus, būtiski izmainot apstākļus krasta sistēmā un var novest pie krasta mākslīgošanās, kā arī veicināt krasta izmaiņas citviet
- priekškāpa – primārā vējnesto pludmales smilšu uzkrāšanās vaļņveida reljefa forma
- sanešu apmaiņas bilance - attiecība starp krasta erozijas rezultātā aizskaloto un krasta akumulācijas rezultātā uzkrāto sanešu apjomu kādā konkrētā krasta vietā, iecirknī vai reljefa formā (noteiktā laika periodā)
- sanešu deficīts jūras krastā – apstākļi, kuros krasta iecirknim pieplūstošo sanešu apjoms ir mazāks par noskaloto apjomu
- sekundārā kāpa – senākas paaudzes priekškāpa, kuras reljefa izmaiņas vairs nenotiek, un kuru parasti sedz skraja veģetācija, var izveidoties pelēko kāpu biotops
- stāvkrasts (jūras) – galvenokārt jūras krasta ģeoloģisko procesu (hroniskas erozijas) rezultātā izveidojusies reljefa forma ar stāvu nogāzi un iežu atsegumu
- transgresija (jūras) - krasta līnijas pārvietošanās iekšzemes virzienā uz augstāku vietu, arī sauszemes applūšana
- varbūtība <5 %/gadā – notikums iespējams retāk kā vidēji vienu reizi 20 gados

## SATURA RĀDĪTĀJS

IZMANTOTIE SAĪSINĀJUMI UN TERMINU SKAIDROJUMS.....	2
SATURA RĀDĪTĀJS.....	5
IEVADS.....	6
1. Hidrometeoroloģisko apstākļu un klimata pārmaiņu ietekme uz jūras krastu eroziju .....	8
1.1. Temperatūras un nokrišņu režīms .....	9
1.2. Jūras ledus .....	13
1.3. Vidējais jūras ūdens līmenis .....	15
1.4. Vēja raksturlielumi.....	18
1.5. Viļņu augstums .....	22
1.6. Augstas ietekmes notikumi – vētras, vējuzplūdi un lieli viļņi .....	23
1.7. Pieaugošs piekrastes applūšanas risks .....	29
2. JŪRAS KRASTA EROZIJAS PĒTĪJUMU UN PIEEJAMO DATU LATVIJĀ ANALĪZE UN NOVĒRTĒJUMS.....	31
2.1. Valsts pētījumu programma “KALME” (Klimata maiņas ietekme uz Latvijas ūdeņu vidi) rezultātu izvērtējums .....	35
2.2. Metodiskā materiāla “Vadlīnijas jūras krasta erozijas seku mazināšanā” izstrādāto risinājumu izvērtējums.....	38
3. LABĀS PRAKSES PIEMĒRU EIROPĀ ANALĪZE – LIETUVA, POLIJA, IGAUNIJA 48	
3.1. LIETUVA .....	48
3.2. POLIJA .....	53
3.3. IGAUNIJA.....	58
3.4. Kopsavilkums .....	62
4. LATVIJAS PIEKRASTES ĪPATNĪBĀM PIEMĒROTĀKIE KRASTA EROZIJAS MAZINĀŠANAS RISINĀJUMI.....	64
4.1. Apdraudēto teritoriju un objektu identifikācija.....	64
4.2. Krasta erozijas mazināšanas iespējamo risinājumu izvērtējums .....	67
4.3. Rekomendācijas piekrastē esošo apdraudēto objektu aizsardzībai un pielāgošanās pasākumiem .....	78
4.4. Piemērotāko risinājumu izvēli ietekmējošie faktori .....	88
Izmantotā literatūra .....	95

## IEVADS

Starpziņojums – **Risinājumu kopuma izstrāde krasta erozijas mazināšanai** – ir izstrādāts Pētījuma “Iespējamo risinājumu kopuma izstrāde jūras krasta erozijas mazināšanai” ietvaros. Pētījuma mērķis ir izstrādāt iespējamo risinājumu kopumu jūras krasta erozijas mazināšanai, lai sniegtu atbalstu jūras piekrastes teritoriju attīstības plānošanā un apsaimniekošanā, kā arī lai ierobežotu jūras krasta eroziju un tās sekas klimata pārmaiņu ietekmē. Pētījumu īsteno Biedrība “Baltijas krasti” Latvijas Republikas Klimata un enerģētikas ministrijas uzdevumā, Pētījuma īstenošanas laiks ir no 2023. gada oktobra līdz 2024. gada martam.

Starpziņojuma ietvaros veikti šādi uzdevumi:

1. Veikta iepriekš veikto pētījumu un pieejamo datu Latvijā (t.sk. klimata pārmaiņu scenāriju, kā arī vadlīnijās jūras krasta erozijas seku mazināšanā) ietvertās informācijas attiecībā uz izstrādājamiem risinājumiem) analīze.
2. Veikta Lietuvas, Polijas un Igaunijas jeb trīs Eiropas valstu ar Latvijai līdzīgu jūras krasta ģeoloģisko uzbūvi un ar dažādām jūras krastu aizsardzības pieejām labās prakses piemēru analīze un sagatavots vispārīgs novērtējums par esošo pieredzi jūras krasta erozijas mazināšanā.
3. Definēti un aprakstīti Latvijas piekrastes īpatnībām piemērotākie krasta erozijas mazināšanas risinājumi un indikatīvās būvniecības/izveides un uzturēšanas izmaksas.
4. Izstrādāts metodoloģisks materiāls – “ceļa kartes” pašvaldībām, uzņēmumiem un iedzīvotājiem jūras krasta stiprināšanai un erozijas mazināšanai – trim pilotpašvaldībām (Dienvidkurzemes, Talsu un Limbažu novads), aprakstot katrai krasta erozijas riska klasei atbilstošos pasākumus jūras krasta stiprināšanai un erozijas mazināšanai.
5. Izstrādātas rekomendācijas piekrastē esošo apdraudēto objektu (īpaši kritisko) aizsardzībai un/vai pielāgošanās pasākumiem.
6. Izstrādāti ieteicamie risinājumi tūrisma infrastruktūras un peldvietu noturības uzturēšanai pret klimata pārmaiņu radītiem riskiem.

Ziņojuma 1. nodaļa ietver jūras krasta erozijas pētījumu un pieejamo datu analīzi un apkopojumu. Nodaļas pirmajā daļā apskatīta hidrometeoroloģisko apstākļu un klimata pārmaiņu ietekmi uz jūras krastu eroziju, t.sk. temperatūras un nokrišņu režīma, jūras ledus, vidējais jūras ūdens līmenis, vēja raksturlielumi, viļņu augstums, augstas ietekmes notikumi – vētras, vējuzplūdi un lieli viļņi, pieaugošs piekrastes applūšanas risks.

Ziņojuma 2. apkopota informācija par jūras krasta ģeoloģisko procesu pētījumiem un pieejamie dati par krasta eroziju, t. sk. Valsts pētījumu programmas “KALME” (Klimata maiņas ietekme uz Latvijas ūdeņu vidi) rezultātu un metodiskā materiāla “Vadlīnijas jūras krasta erozijas seku mazināšanā” izstrādāto risinājumu izvērtējums.

Ziņojuma 3. nodaļā sniegta izvērsta trīs Eiropas valstu ar Latvijai līdzīgu jūras krasta ģeoloģisko uzbūvi un ar dažādām pieejām (no stingras aizsardzības līdz noskalošanās atļaušanai) – Lietuvas, Polijas un Igaunijas – labās prakses piemēru analīze un sagatavots vispārīgs novērtējums par esošo pieredzi jūras krasta erozijas mazināšanā..

Ziņojuma 4. nodaļa ietver Latvijas piekrastes īpatnībām piemērotāko krasta erozijas mazināšanas risinājumu apkopojumu, ņemot vērā krasta eroziju izraisošo faktoru kopumu,

klīmata pārmaiņu scenārijus, jūras augstākās bangas pētījumu un citu Baltijas jūras reģiona valstu realizēto krasta erozijas risinājumu pieredzi, kā arī indikatīvās risinājumu būvniecības/izveides un uzturēšanas izmaksu aplēses.

## 1. Hidrometeoroloģisko apstākļu un klimata pārmaiņu ietekme uz jūras krastu eroziju

Līdztekus tādiem krasta eroziju ietekmējošiem morfoloģiskiem faktoriem kā piekrastes platums, augstums, slīpums, materiāla stabilitāte u. c., to ietekmē arī apstākļi, ko nosaka hidrometeoroloģisku procesu iedarbība. Jūras piekrastē kā galvenie krasta eroziju ietekmējošie hidrometeoroloģiskie faktori minami jūras ūdens līmeņa augstums un tā izmaiņas, kā arī viļņu iedarbība, un šo faktoru ietekme īpaši krasi izpaužas tieši spēcīgu vētru laikā, kad nereti piekrastē novērojami gan vējuzplūdi, gan arī liels viļņu augstums. Tomēr šie nav vienīgie hidrometeoroloģiskie faktori, kas veicina erozijas procesu attīstību piekrastes teritorijās un apdraud tur esošo infrastruktūru. Spēcīga vēja laikā piekrastes kāpu smiltis var tikt pārvietotas vēja ietekmē, savukārt intensīvs lietus un arī virszemes ūdens notece palu un plūdu laikā var veicināt lokālu izskalojumu veidošanos. Arī izmaiņas termālajā režīmā un ar to saistīta stabila grunts sasaluma un jūras ledus izplatības samazināšanās ziemas sezonā mazina krasta noturību pret rudens un ziemas sezonā raksturīgo vētru iedarbību. Tādējādi, vērtējot krasta erozijas procesu līdzšinējās izpausmes un to izmaiņas nākotnē, kā arī izvirzot krasta erozijas ierobežošanai mērķētus pielāgošanās pasākumus, ir svarīgi apzināt arī izmaiņas, kas saistītas ar krasta eroziju veicinošo hidrometeoroloģisko apstākļu ietekmi un to izmaiņām klimata pārmaiņu kontekstā (Lapinskis, 2018; Meier et al., 2022a; Weisse et al., 2021).

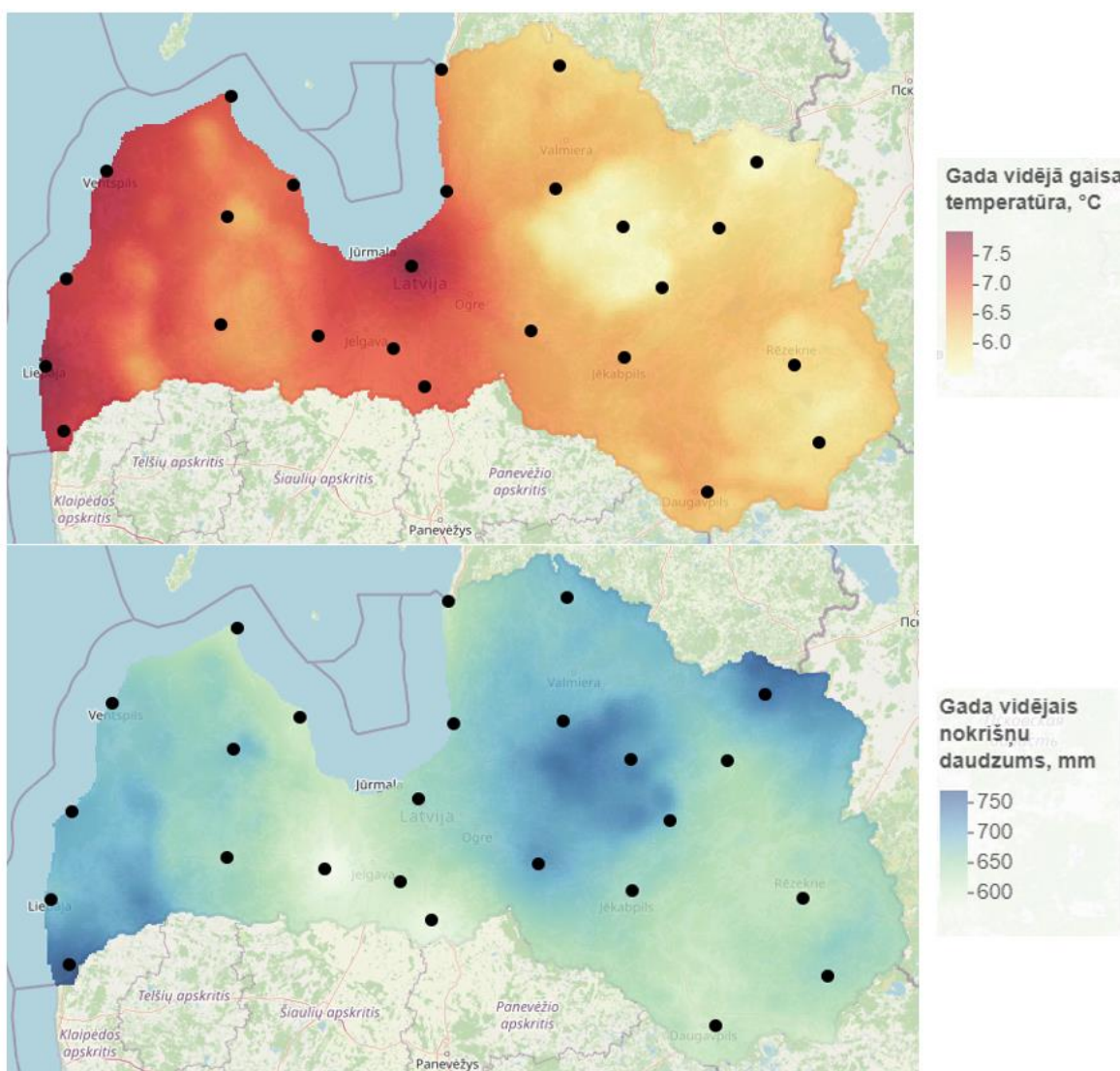
Šī ziņojuma izstrādes ietvaros veikts līdzšinējo pētījumu, kuru rezultāti raksturo jūras krasta eroziju ietekmējošos hidrometeoroloģiskos un klimatiskos apstākļus un to nākotnē prognozētās izmaiņas, apkopojums. Lai raksturotu Baltijas jūras Latvijas piekrastē noritošos hidrometeoroloģiskos procesus, uzmanība vērsta galvenokārt uz Baltijas jūras reģionā veiktiem pētījumiem, aptverot vietējā mērogā izstrādātas analīzes (piemēram, LVĢMC ziņojumi), vietēja un reģionāla mēroga zinātnisko pētījumu rezultātus, kā arī starptautisku iniciatīvu ietvaros veiktus datu apkopojumus, analīzes un projekcijas. Jūras krastu eroziju ietekmējošo rādītāju izmaiņas nākotnē izgūtas no pētījuma izstrādes gaitā pieejamās nākotnes klimata projekciju informācijas Baltijas jūras reģionam – vairumā gadījumu šīs projekcijas ir balstītas uz IPCC Piekta novērtējuma ziņojuma ietvaros izmantotajiem RCP klimata pārmaiņu scenārijiem, bet par atsevišķiem rādītājiem bijis iespējams iegūt informāciju arī uz IPCC Sestā novērtējuma ziņojuma ietvaros izmantotajiem SSP klimata pārmaiņu scenārijiem (konkrētos informācijas avotus, kas izmantoti katra hidrometeoroloģiskā rādītāja un tā nākotnes izmaiņu tendenču raksturojumam sk. turpmāk nodaļā).

Ierobežotā zinātniskās informācijas un analītikas pieejamība par vairāku krasta erozijas procesu attīstību ietekmējošiem hidrometeoroloģiskajiem apstākļiem norāda uz nepieciešamību attīstīt informācijas un zināšanu bāzi par Latvijas piekrastē noritošajiem procesiem. Lai gan šā ziņojuma izstrādes laikā LVĢMC strādā pie klimata pārmaiņu projekciju atjaunošanas nākotnes klimata pārmaiņu izaicinājumu raksturošanai, šī informācija izmantošanai šajā pētījumā nav pieejama un arī neaptver galvenos jūras krastu eroziju ietekmējošos hidrometeoroloģiskos faktorus (piemēram, vēja virziena, vējuzplūdu un viļņu raksturojumu, atmosfēras spiediena izmaiņas). Līdz ar to, lai pilnvērtīgi spriestu par krasta erozijas līdzšinējo norisi un attīstību nākotnē, nepieciešams veikt aptverošus pētījumus vētru biežuma un intensitātes, vējuzplūdu augstuma un tā izmaiņu, viļņu un piekrastes straumju raksturošanai Latvijas piekrastē. Līdz ar pieaugošu vidējo jūras līmeni piekrastes reģionu aizsardzība un apsaimniekošana Latvijā kļūs par aizvien lielāku izaicinājumu, tādēļ ir svarīgi nodrošināt efektīvu un pārdomātu lēmumu pieņemšanai nepieciešamo zināšanu un pierādījumu bāzi, tādējādi sekmējot valsts iespējas pārvarēt šos ar klimata pārmaiņām saistītos izaicinājumus.

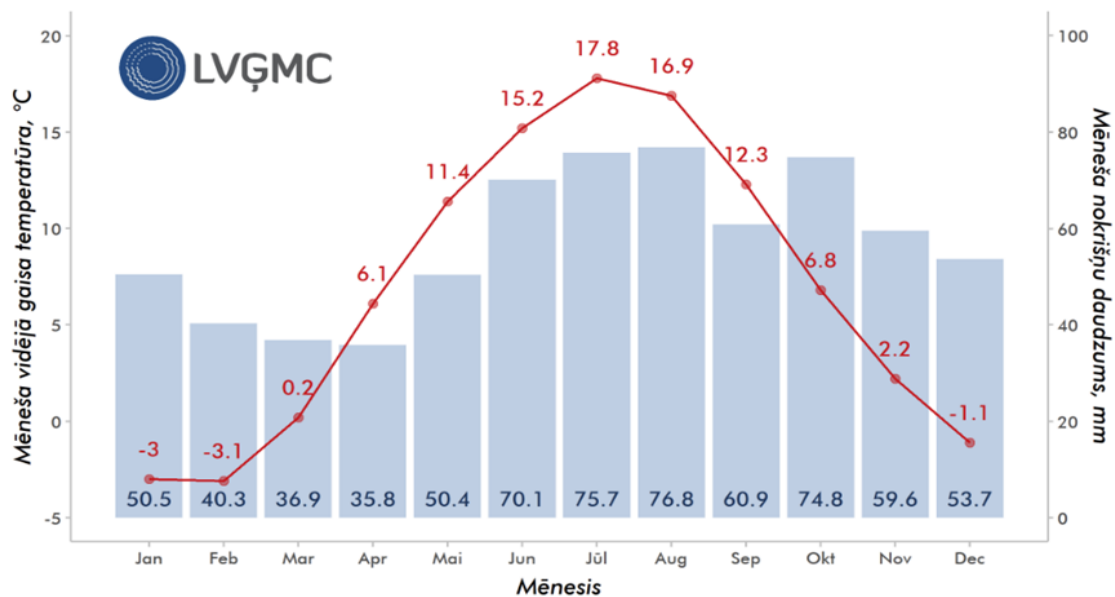


## 1.1. Temperatūras un nokrišņu režīms

Gada vidējā gaisa temperatūra aktuālajā klimatiskās normas periodā ir  $+6,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , un variē no  $+5,7\text{ }^{\circ}$  valsts austrumu daļas augstieņu apgabalos līdz pat  $+7,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  valsts dienvidaustrumu rajonos Baltijas jūras piekrastē un  $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$  Rīgā, kur pilsētas siltumsalas ietekmē gaisa temperatūra gada gaitā vidēji ir visaugstākā (1.1. attēls). Gaisa temperatūrai raksturīga izteikti sezonāla gaita (1.2. attēls), un tā no vidēji  $-3,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  februāra mēnesī pieaug līdz  $+17,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  jūlija mēnesī. Visaugstākā gaisa temperatūra Latvijā līdz šim reģistrēta 2014. gada 4. augustā, kad tā Ventspils novērojumu stacijā sasniedza  $+37,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , savukārt viszemākā gaisa temperatūra reģistrēta Daugavpils novērojumu stacijā 1956. gada 8. februārī, kad spēcīga sala laikā termometra stabiņš noslīdēja līdz  $-43,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  atzīmei (LVĢMC, 2020).

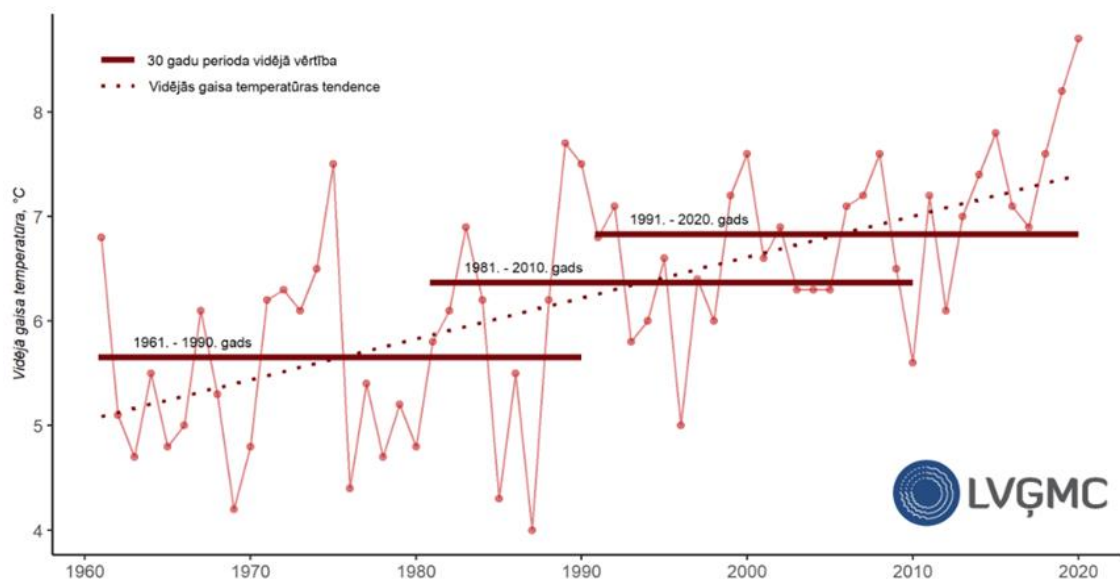


**1.1. attēls. Gada vidējā gaisa temperatūra ( $^{\circ}\text{C}$ ) un kopējais atmosfēras nokrišņu daudzums (mm) Latvijā laika periodā no 1991. līdz 2020. gadam (LVĢMC, 2020).**



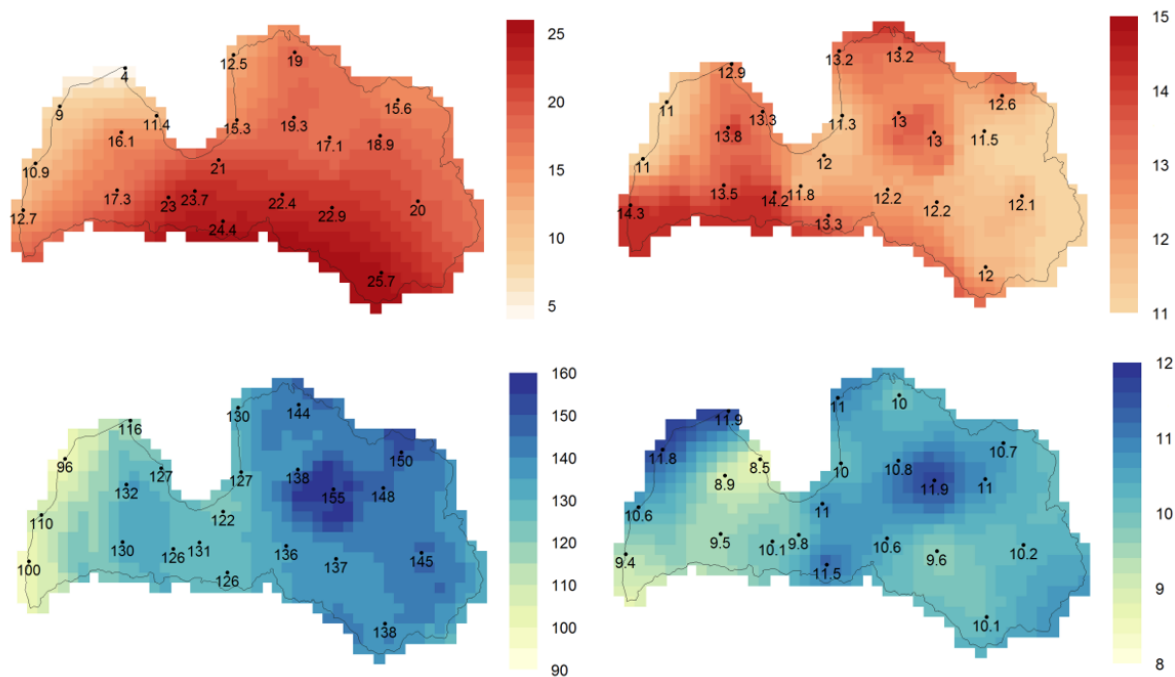
1.2. attēls. Mēneša vidējā gaisa temperatūra (°C) un kopējais atmosfēras nokrišņu daudzums (mm) Latvijā laika periodā no 1991. līdz 2020. gadam (LVĢMC, 2020).

Gada laikā Latvijā izkrīt vidēji 685,6 mm atmosfēras nokrišņu, un to teritoriālais sadalījums valstī ir izteikti saistīts ar lokālu reljefa, kā arī Baltijas jūras un Rīgas līča tuvuma ietekmi (1.1. attēls). Visvairāk nokrišņu gada laikā Latvijas teritorijā ir valsts augstieņu apgabalu rietumu daļās, kā arī Baltija jūras pretvēja piekrastes apgabalos. Savukārt mazākais nokrišņu daudzums Latvijas teritorijā gada griezumā novērojams Zemgales līdzenumā, Kurzemē līča piekrastē, kā arī valsts dienvidaustrumu rajonos. Nokrišņiem bagātākie mēneši ar kopējo nokrišņu daudzumu 75,7–76,8 mm ir augusts un jūlijs, savukārt vismazāk nokrišņu vidēji ir aprīlī, kad to kopējais daudzums nepārsniedz 35,8 mm (1.2. attēls) (Avotniece u. c., 2017; LVĢMC, 2020).



1.3. attēls. Gada vidējās gaisa temperatūras (°C) izmaiņas Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2020. gadam. Ar horizontālajām sarkanās krāsas līnijām norādītas klimatiskā referenču perioda (1961.–1990. gads) un divu secīgu klimatiskās normas periodu (1981.–2010. gads un 1991.–2020. gads) gada vidējās gaisa temperatūras vērtības (LVĢMC, 2020).

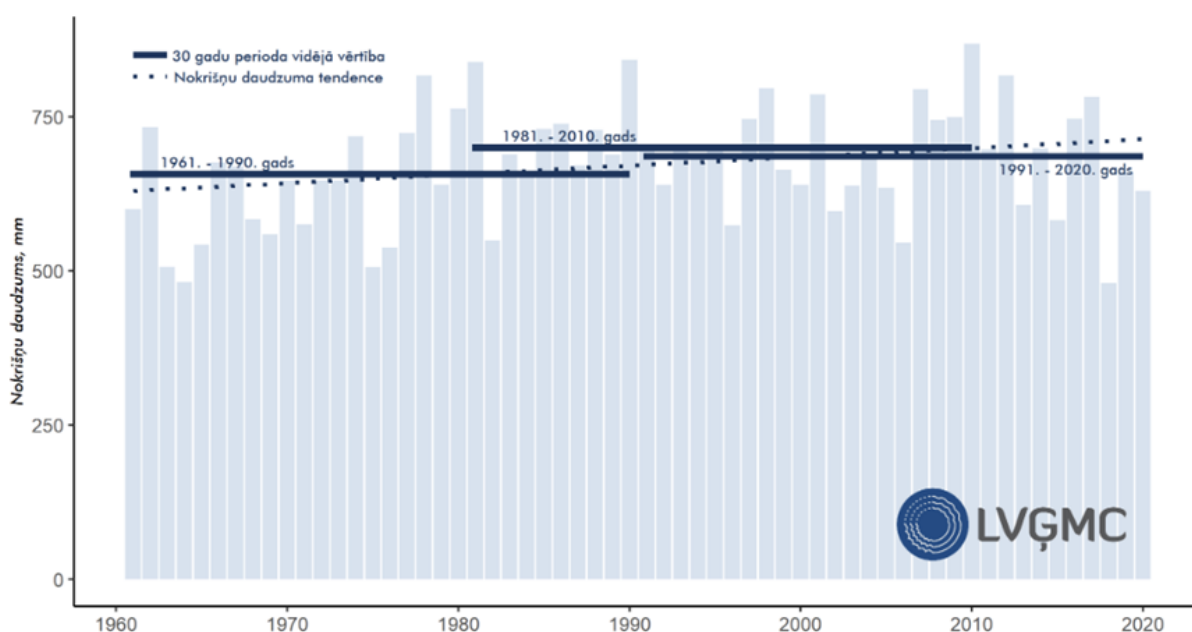
Laika periodā no 1961. līdz 2020. gadam Latvijā novērota vienmērīga gaisa temperatūras paaugstināšanās (1.3. attēls), kas bijusi izteikta gan gaisa temperatūras vidējās, gan arī minimālajās un maksimālajās vērtībās. Salīdzinot ar klimatiskās references laika periodu (1961.–1990. gads), mūsdienās (1991.–2020. gads) gada vidējā gaisa temperatūra Latvijā ir par 1,1 °C augstāka (LVĢMC, 2020). Vērtējot gaisa temperatūras izmaiņas mēnešu griezumā, laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam visbūtiskāk gaisa temperatūras vērtības pieaugušas jūlijā un augustā, bet vērā ņemams pieaugums konstatēts arī janvārī, martā un aprīlī. Savukārt sezonu griezumā tikai rudenī nav novērota statistiski būtiska gaisa temperatūras paaugstināšanās tendence. Līdz ar izmaiņām vidējās gaisa temperatūras rādītāju vērtībās ilggadīgajā laika periodā mainījies arī ekstremālo gaisa temperatūru novērojumu biežums (1.4. attēls). Valstī par vidēji 1–5 dienām pieaudzis vasaras dienu skaits un par 1–9 dienām pieaudzis karstuma viļņu ilgums. Savukārt ekstremāli aukstas dienas kļuvušas retākas, un līdz ar to par 4–15 dienām samazinājies sala dienu skaits un arī aukstuma viļņi caurmērā kļuvuši īsāki (Avotniece u. c., 2017). Paaugstinoties gaisa temperatūrai, pieaug arī Baltijas jūras ūdens temperatūra. Turklāt, laika periodā no 1990. līdz 2018. gadam pieaugot par 0,59 °C/dekādē, jūras virsējo slāņu ūdens temperatūras pieaugums Baltijas jūrā ir bijis lielāks nekā vidēji Pasaules okeānā. Skaitlisko klimata modeļu aprēķini liecina, ka līdz gadsimta beigām ūdens temperatūra Baltijas jūrā pieaugs no par 1,1 °C (RCP 2,6 scenārija apstākļos) līdz 3,2 °C (RCP 8,5 scenārija apstākļos), un sagaidāms risks piedzīvot ekstremāli augstas ūdens temperatūras vērtības (Ahola et al., 2021; WMO, 2023).



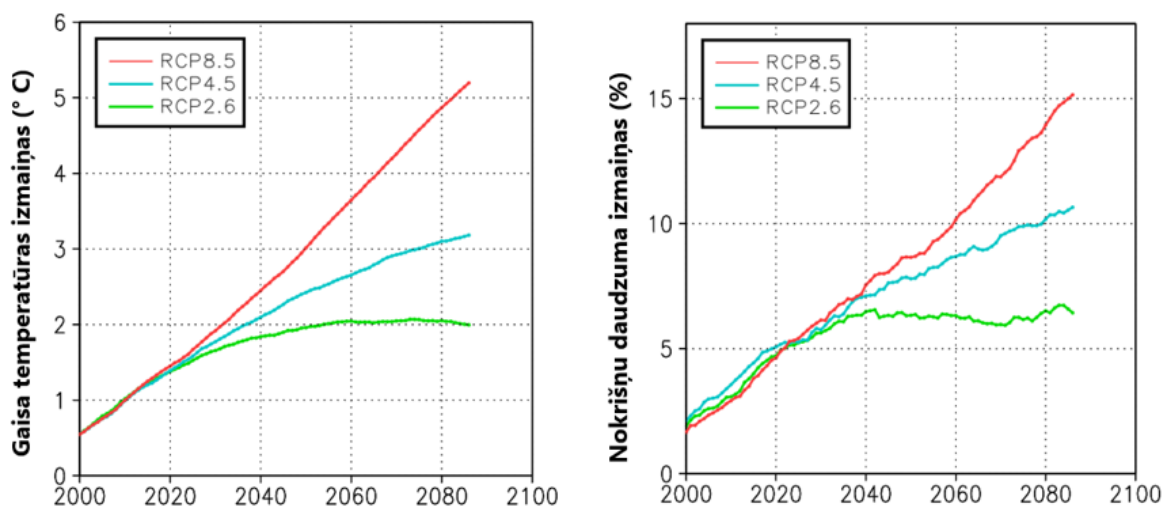
**1.4. attēls.** Ilggadīgais vidējais dienu skaits ar ekstremālām gaisa temperatūrām Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam. Augšējā rindā: vasaras dienu (maksimālā gaisa temperatūra > +25 °C) skaits un karstuma viļņu ilgums (vismaz 6 dienas pēc kārtas maksimālā gaisa temperatūra > 90. procentīli). Apakšējā rindā: sala dienu (minimālā gaisa temperatūra < 0 °C) skaits un aukstuma viļņu ilgums (vismaz 6 dienas pēc kārtas minimālā gaisa temperatūra < 10. procentīli) (Avotniece u. c., 2017).

Izmaiņas skārušas arī atmosfēras nokrišņu raksturlielumus. Laika periodā no 1961. līdz 2020. gadam Latvijā pieaudzis kopējais atmosfēras nokrišņu daudzums, tomēr šīs izmaiņas nav bijušas vienmērīgas un iezīmē arī vāji izteiktu cikliskumu atmosfēras nokrišņu režīmā (1.5.

attēls). Salīdzinot ar klimatiskās referenes laika periodu (1961.–1990. gads), mūsdienās (1991.–2020. gads) kopējais atmosfēras nokrišņu daudzums Latvijā ir par 18,9 mm lielāks. Laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam Latvijas piekrastes rajonos novērotas vidēji 13,5–18,5 dienas ar stipriem nokrišņiem un 2,5–3,4 dienas ar ļoti stipriem nokrišņiem, un šādas dienas kļūst aizvien biežākas. Lokāli pieaug arī stipru nokrišņu intensitāte. Mēnešu griezumā būtiskākais atmosfēras nokrišņu daudzuma pieaugums konstatēts janvāra, februāra, jūnija un oktobra mēnesī, bet sezonu griezumā – tikai ziemā. Vienlaikus līdz ar gaisa temperatūras paaugstināšanos ziemas sezonā samazinājies vidējais sniega segas biežums un to dienu skaits, kad zemi klāj sniegs. Tomēr attiecībā uz sniegotu ziemu un ziemas sezonai raksturīgo bīstamo atmosfēras parādību izmaiņām ilggadīgo novērojumu analīze uzrāda cikliskuma iezīmes – sniegiem bagātu ziemu periodiem mijoties ar ziemām, kad sniega ir maz. Šādas izmaiņas ilustrē gan bīstamo parādību lokālo izplatības raksturu, gan arī Latvijas ģeogrāfiskā novietojuma un raksturīgo atmosfēras cirkulācijas apstākļu noteikto mainību attiecībā uz ziemas sezonas laikapstākļiem (Avotniece u. c., 2017; LVĢMC, 2020; Zandersons un Aņiskeviča, 2018).



**1.5. attēls. Gada kopējā atmosfēras nokrišņu daudzuma (mm) izmaiņas Latvijā laika periodā no 1961. līdz 2020. gadam. Ar horizontālajām zilās krāsas līnijām norādītas klimatiskā referenes perioda (1961.–1990. gads) un divu secīgu klimatiskās normas periodu (1981.–2010. gads un 1991.–2020. gads) gada vidējās gaisa temperatūras vērtības (LVĢMC, 2020).**



**1.6. attēls. Gada vidējās gaisa temperatūras (pa kreisi) un nokrišņu daudzuma (pa labi) izmaiņas Latvijā attiecībā pret 1971.–2000. gada vidējām vērtībām dažādu RCP scenāriju apstākļos laika periodā līdz 2100. gadam (Ruosteenoja et al., 2016)**

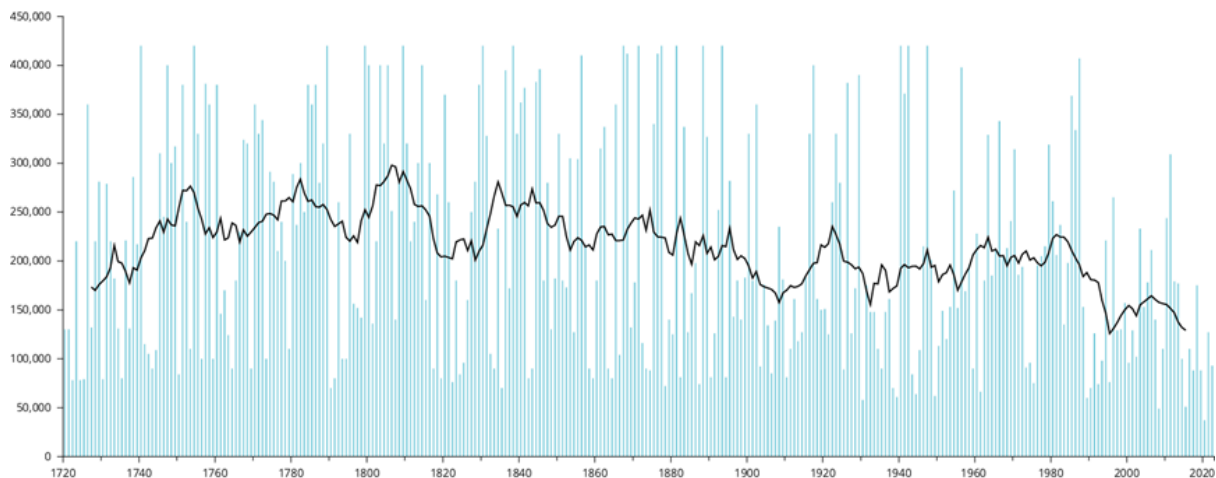
Atbilstoši skaitlisko klimata modeļu aprēķiniem nākotnē Latvijā jārēķinās ar turpmāku gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu daudzuma pieaugumu (1.6. attēls). Tomēr neapšaubāmi klimata pārmaiņu izpausmes būs ievērojami plašākas, un skars visas klimata sistēmas darbību, lielākā vai mazākā mērā ietekmējot visas norises, kas pakļautas hidrometeoroloģisko vai klimatisko apstākļu ietekmei. Attiecībā uz krasta erozijas procesiem gaisa temperatūras un atmosfēras nokrišņu režīma izmaiņu ietekme ir pastarpināta, tomēr tādi apstākļi kā, piemēram, zemes virskārtas sasaluums un sniega segas veidošanās ietekmē jūras krastu stabilitāti un noturību pret postošu ziemas sezonas vētru iedarbību. Ilggadīgajā laika periodā sala dienu jeb tādu dienu, kad vismaz nakts laikā gaisa temperatūra ir negatīva, skaits piekrastes novērojumu stacijās ir par 5–15 dienām samazinājies, un skaitlisko klimata modeļu aprēķini liecina, ka līdz gadsimta beigām šādu dienu skaits piekrastē samazināsies vēl par vidēji 54–86 dienām jeb gandrīz 2–3 mēnešiem. Savukārt dienu bez atkušņa jeb tādu dienu, kad visas diennakts garumā gaisa temperatūra ir negatīva, skaits Baltijas jūras piekrastē līdz gadsimta beigām varētu izzust pilnībā. Laika periodā no 1961. līdz 2010. gadam šādu dienu skaits Latvijas piekrastes rajonos bija vidēji 37,1–53,6 dienas, un jau līdz šim ir samazinājies par vidēji 8–10 dienām, bet līdz gadsimta beigām sagaidāma dienu bez atkušņa skaita samazināšanās vēl par 27–44 dienām. Līdz ar turpmāku gaisa temperatūras paaugstināšanos par 55–95 % samazināsies arī sniega segas biežums, kas jau tā Latvijas piekrastes rajonos ir salīdzinoši neliels un nepārsniedz vidēji 2,6–5 cm. Lai gan gaisa temperatūras vērtības nav tiešā veidā attiecināmas uz zemes virsmas sasaluuma veidošanos, šādas būtiskas izmaiņas ziemas sezonas temperatūras režīmā un pakāpeniska sniega segas izžušana neapšaubāmi mazinās arī grunts sasaluuma veidošanos piekrastē, tādējādi ietekmējot jūras krastu noturību (Avotniece u. c., 2017; Lapinskis, 2018; Zandersons un Aņiskeviča, 2018).

## 1.2. Jūras ledus

Jūras ledus izplatība ir nozīmīgs rādītājs, kas raksturo klimata mainību un klimata pārmaiņas Baltijas jūras reģionā. Tas, kāda ir jūras ledus izplatība, ir atkarīgs no ziemas sezonas rakstura un to ietekmējošiem liela mēroga atmosfēras cirkulācijas apstākļiem. Ekstremāli aukstās ziemās visi Baltijas jūras akvatorijas ūdeņi var būt vismaz daļēji klāti ar jūras ledu. Šādas ziemas kopš 1987. gada Baltijas jūrā vairs nav novērotas. Savukārt ekstremāli siltās ziemās



jūras ledus veidojas tikai Botnijas līcī (Rutgersson et al., 2022). Atbilstoši Latvijas piekrastes novērojumu staciju informācijas apkopojumam par laika periodu no 1949. līdz 2013. gadam, Baltijas jūras Latvijas piekrastē vidēji 71–76 dienas gadā novērots jūras ledus, un tā veidošanās sākums parasti bijis decembra beigās. Savukārt Rīgas līča piekrastē jūras ledus novērots vidēji 52–64 dienas gadā, ledus veidošanās procesam aizsākoties laikā no decembra vidus līdz janvāra sākumam. Ledus veidošanās Latvijas piekrastē aizsākas no Rīgas līča ziemeļaustrumu piekrastes. Intensīvākā jūras ledus veidošanās norit februārī, kad labvēlīgos apstākļos visa Rīgas līča akvatorija var būt klāta ar ledu. Šajā laikā, veidojot noturīgu torosētu (grēdotu) klājumu, sasilst arī Irbes šaurumā straumju sanestais dreifējošais ledus. Mērenās ziemās Rīgas līcis un Irbes šaurums tiek pārklāti ar jūras ledu līdz februāra beigām, bet ekstremāli aukstās ziemās tas var notikt jau janvāra vidū. Savukārt siltu ziemu apstākļos šīs akvatorijas var saglabāties arī pārsvarā brīvas no ledus. Līdz ar valdošajiem dienvidu, dienvidrietumu vējiem, pavasarī ledus uzlūšana un pakāpeniska izžušana aizsākas, sākot no līča rietumu piekrastes un pakāpeniski izplatās uz austrumiem. Tomēr līča austrumu, ziemeļaustrumu piekraste ir tās akvatorijas daļas, kurās ledus klājums saglabājas visilgāk un kopējais ledus sezonas ilgums var sasniegt gandrīz piecus mēnešus. Labvēlīgos apstākļos ledus veidošanās norit arī Baltijas jūras piekrastē, tomēr ledus apstākļi šajā piekrastes zonā gadu no gada ļoti atšķiras atkarībā no kopējā laika apstākļu rakstura ziemas sezonā. Šajā piekrastes daļā ledus caurmērā arī ir plāns un trausls, mēdz uzlūst un tikt aizpūsts dziļāk atklātajā jūrā (Kļaviņš et al., 2016). Tādējādi, raugoties uz jūras ledus apstākļiem kā faktoru, kas ziemas sezonā ietekmē krastu noturību pret viļņu iedarbību, secināms, ka Latvijas piekrastes zonā tam lielāka nozīme varētu būt Rīgas līča austrumu piekrastē, kur labvēlīgos apstākļos jūras ledus klājums ir ilgstošs un noturīgs.



**1.7. attēls. Jūras ledus maksimālā izplatība (km<sup>2</sup>) Baltijas jūrā laika periodā no 1719. līdz 2021. gadam. Ar zilajiem stabiņiem norādīts jūras ledus maksimālās izplatības apmērs, bet ar melno līniju – tā 15 gadu slīdošā vidējā vērtība (EEA, 2022)**

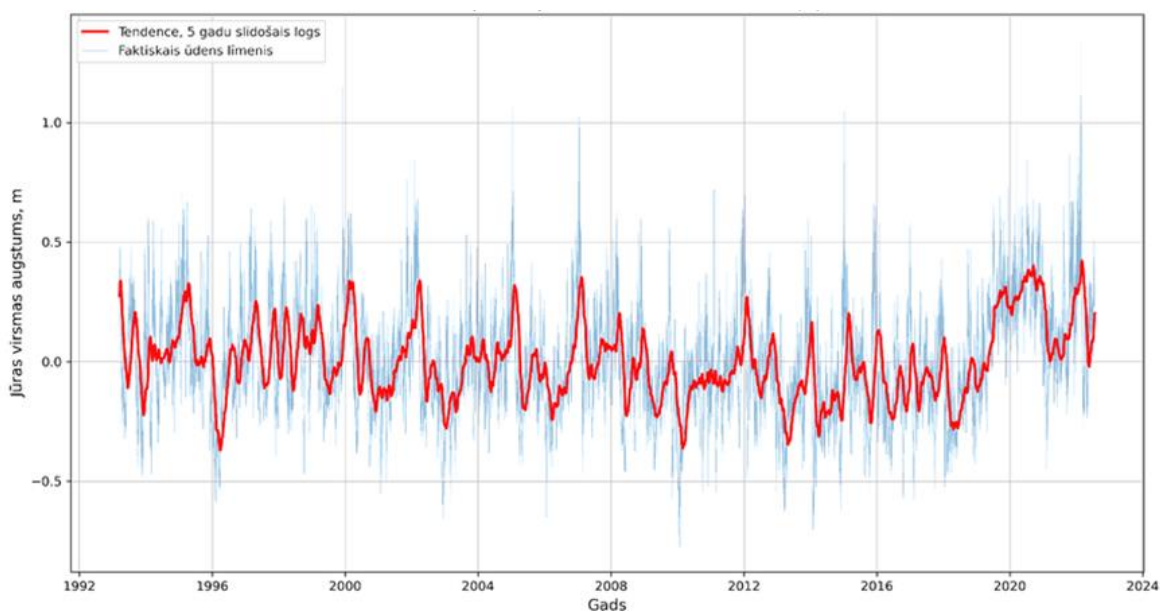
Somijas Meteoroloģijas institūta apkopotā informācija par jūras ledus izplatību Baltijas jūrā laika periodā no 1719. līdz 2021. gadam (1.7. attēls) norāda uz jūras ledus izplatības pakāpenisku samazināšanos no aptuveni 1800. gada. Šajā periodā vismazākā jūras ledus izplatība Baltijas jūrā reģistrēta 2019./2020. gada ziemā (EEA, 2022). Līdz ar gaisa temperatūras paaugstināšanos ziemas sezonā sarucis arī ledus sezonas ilgums Latvijas piekrastes ūdeņos (Kļaviņš et al., 2016). Turpinoties gaisa temperatūras paaugstināšanās tendencei, arī šī gadsimta gaitā Baltijas jūrā sagaidāma turpmāka jūras ledus izplatības un biezuma samazināšanās (Ahola et al., 2021; Christensen et al., 2022; Rutgersson et al., 2022). Prognozētais ledus izplatības sarukšanas temps ir ap 640 km<sup>2</sup>/10 gados RCP 4,5 scenārija un ap 1090 km<sup>2</sup>/10 gados RCP 8,5 scenārija apstākļos (Luomaranta et al., 2014).

### 1.3. Vidējais jūras ūdens līmenis

Līdzīgi kā citviet Baltijas jūras un Rīgas līča akvatorijā, jūras ūdens līmenis Latvijas piekrastēs teritorijās ir pakļauts periodiskām svārstībām (1.8. attēls), ko nosaka valdošo vēju un līdz ar to arī ūdens masu kustība akvatorijā. Galvenie procesi, kas ietekmē ūdens līmeņa augstumu Baltijas jūrā:

- ilglaicīgi (15 un vairāk dienas ilgi) procesi, kas maina kopējo ūdens daudzumu Baltijas jūras akvatorijā, piemēram, liela mēroga atmosfēras cirkulācijas procesu ietekme vai ūdens līmeņa izmaiņas Atlantijas okeāna ziemeļu daļā;
- īslaicīgi procesi, kas nosaka ūdens masu izkliedi Baltijas jūras akvatorijas ietvaros, piemēram, bārisko sistēmu pārvietošanās virs akvatorijas un vēja režīma izmaiņas.

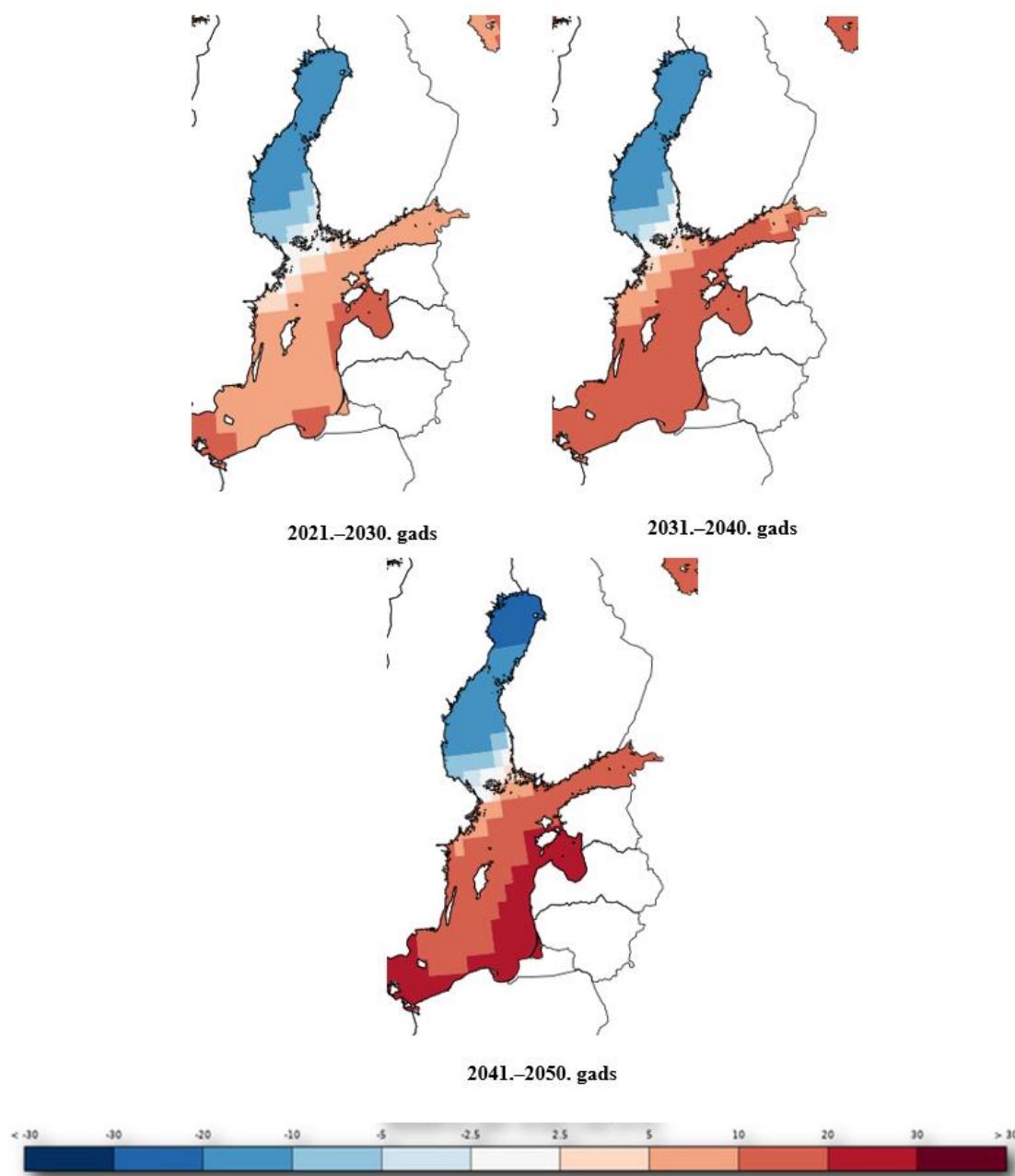
Papildu ietekme uz ūdens līmeņa svārstībām Baltijas jūrā ir arī saldūdens ieplūdes izmaiņām, ko nosaka atmosfēras nokrišņu daudzums, upju notecē un iztvaikošana, bet šo procesu rezultātā radītās fluktuācijas vidējā jūras līmeņa augstumā mērāmas centimetros – tātad, ir nelielas. Rīgas līcis ir tā Baltijas jūras akvatorijas daļa, kurā kopumā novērojamas vislielākās ūdens līmeņa svārstības (Weisse et al., 2021). Jūras ūdens līmenis nosaka krasta līnijas atrašanās vietu, un, ūdens līmenim paaugstinoties, pieaug erozijas intensitāte un krastu atkāpšanās procesi.



**1.8. attēls. Jūras ūdens līmeņa augstums (m attiecībā pret novērojumu stacijas nulles atzīmi) Liepājas novērojumu stacijā laika periodā no 1993. līdz 2022. gadam. Ar zilajiem stabīņiem norādīts novērotais ūdens līmeņa augstums, bet ar sarkano līniju – tā 5 gadu slidošā vidējā vērtība (Žeižis, 2022)**

Informācijas no piekrastes novērojumu stacijām liecina, ka Baltijas jūrā ūdens līmenis paaugstinās par vidēji 1–2 mm/gadā. Savukārt atbilstoši satelītu novērojumu sniegtajai informācijai laika periodā no 1993. līdz 2022. gadam vidējais ūdens līmenis Baltijas jūrā paaugstinājies par  $4,8 \pm 0,84$  mm/gadā. Šīs aplēses nav tieši savstarpēji salīdzināmas, jo atšķiras to telpiskā reprezentācija, datu homogenitāte un pārklājums laikā (Aholā et al., 2021; Copernicus Marine Service and Copernicus Climate Service, 2023; Weisse et al., 2021). Laika periodā no 1961. līdz 2018. gadam Latvijas piekrastē vidējais jūras līmenis visstraujāk

pieaudzis Salacgrīvā, kur tā paaugstināšanās temps sasniedz vidēji 1,18 mm/gadā. Tomēr Latvijā novērotā ūdens līmeņa paaugstināšanās līdz šim bijusi mazāk izteikta nekā kaimiņvalstīs un kopumā Baltijas jūras akvatorijā (Mannikus et al., 2020).

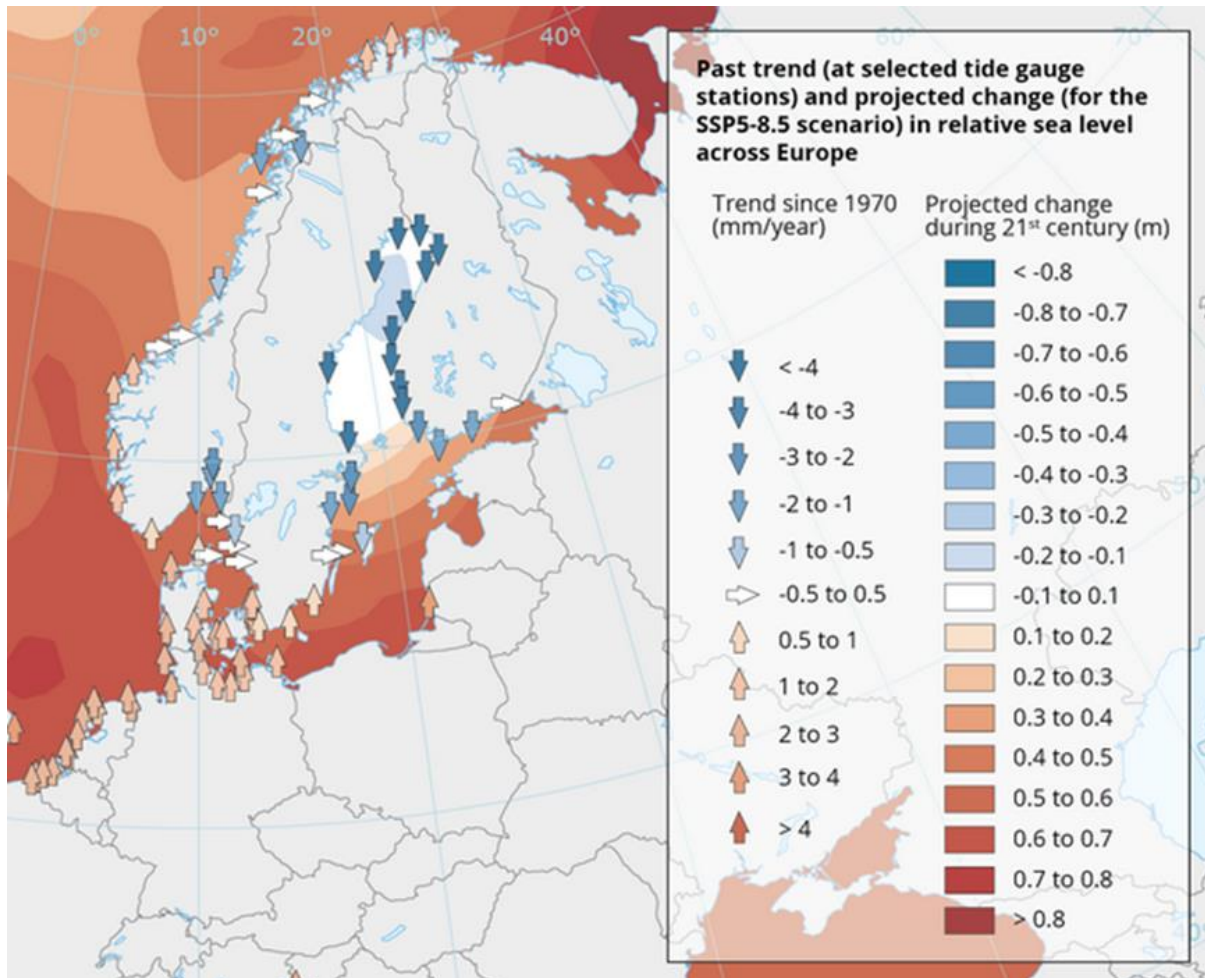


**1.9. attēls.** Baltijas jūras relatīvā jūras līmeņa (jūras līmeņa augstums attiecībā pret sauszemes virsmu) izmaiņu attiecībā pret 1986.–2005. gada līmeni projekcijas laika periodā no 2021. līdz 2050. gadam atbilstoši RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārijam (EC and EEA, n.d.)

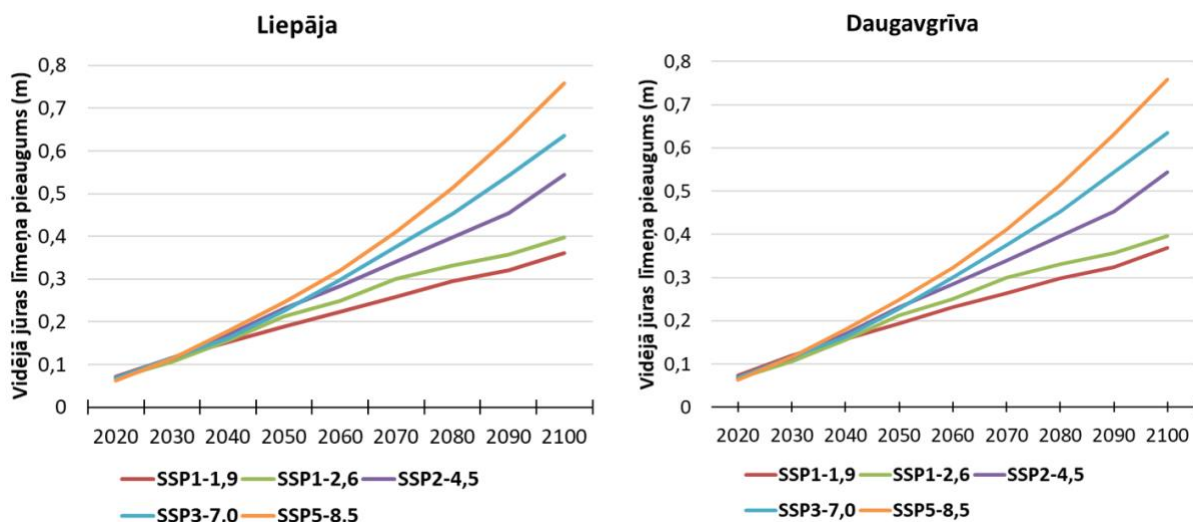
Arī šī gadsimta gaitā Baltijas jūrā turpināsies ūdens līmeņa paaugstināšanās tendence, kas būs saistīta galvenokārt ar izmaiņām Atlantijas okeāna ziemeļu daļā noritošajos procesos, tostarp termālās izplešanās, ūdens pieplūdes no kūstošajiem ledājiem, kā arī izmaiņām atmosfēras-okeāna cirkulācijas procesos. Turklāt prognozes liecina, ka jūras ūdens līmeņa paaugstināšanās temps kļūs straujāks (Ahola et al., 2021; Meier et al., 2022b; Weisse et al., 2021). Atbilstoši skaitlisko klimata modeļu aprēķiniem, kas balstīti uz RCP klimata pārmaiņu scenārijiem, līdz gadsimta beigām ūdens līmenis Baltijas jūrā pieaugs par 43 (RCP 2,6 scenārijs) līdz 84 cm



(RCP 8,5 scenārijs) (Ahola et al., 2021). Telpiski nozīmīgākais ūdens līmeņa pieaugums tiek prognozēts Latvijas piekrastē (1.9. attēls), kur tas atbilstoši RCP 8,5 klimata pārmaiņu scenārija aplēsēm līdz šī gadsimta vidum pieaugs par 20–30 cm, salīdzinot ar 1986–2005. gada līmeni (EC&EEA, n.d.).



**1.10. attēls. Relatīvā jūras līmeņa (jūras līmeņa augstums attiecībā pret sauszemes virsmu) izmaiņas laika periodā no 1970. līdz 2020. gadam (norādīts ar bultiņām) un prognozētās izmaiņas līdz 2100. gadam atbilstoši SSP5–8,5 klimata pārmaiņu scenārijam (norādīts ar iekrāsojuma palīdzību) (EEA, 2021)**



**1.11. attēls. Vidējā jūras līmeņa pieauguma (m) projekcijas Liepājā un Daugavgrīvā laika periodā līdz 2100. gadam attiecībā pret 1995.–2014. gada vidējo vērtību (IPCC and NASA, 2023)**

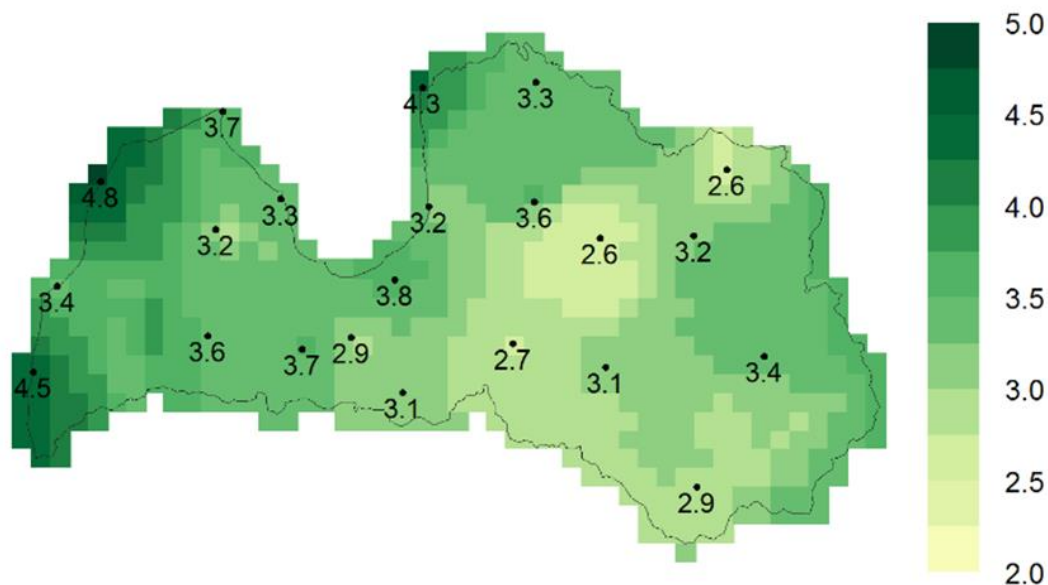
Šī ziņojuma izstrādes gaitā jau ir pieejamas aplēses par jūras līmeņa izmaiņām atbilstoši jaunāko pieejamo klimata pārmaiņu scenāriju projekcijām. Tās apstiprina līdzšinējās klimata pārmaiņu prognozes attiecībā uz jūras līmeņa izmaiņām, un līdz gadsimta beigām lielāko jūras līmeņa pieaugumu prognozē Baltijas jūras dienvidu daļā (1.10. attēls). Atbilstoši SSP5–8,5 scenārijam Latvijas piekrastē līdz gadsimta beigām jūras līmenis pieaugs par 0,4–0,7 m, un vismazākās izmaiņas gaidāmas valsts ziemeļrietumu piekrastē jeb Irbes šauruma akvatorijā. Savukārt detalizēta informācija par gaidāmo ūdens līmeņa paaugstināšanos dažādu SSP klimata pārmaiņu scenāriju apstākļos Liepājā un Daugavgrīvā (1.11. attēls) norāda, ka pat optimistiskāko klimata pārmaiņu scenāriju (SSP1–1,9 un SSP1–2,6) apstākļos līdz gadsimta beigām jāērēkinās ar vismaz 0,3–0,4 m lielu jūras ūdens līmeņa pieaugumu, bet visticamāk jūras līmeņa augstums Latvijas piekrastē pieaugs vismaz par pusmetru. Savukārt pesimistiskākās aplēses (SSP 5–8,5 scenārijs) norāda uz iespējamību, ka Liepājā un Daugavgrīvā jūras līmeņa pieaugums gadsimta beigās varētu sasniegt 76 cm (EEA, 2021; IPCC & NASA, 2023).

#### 1.4. Vēja raksturlielumi

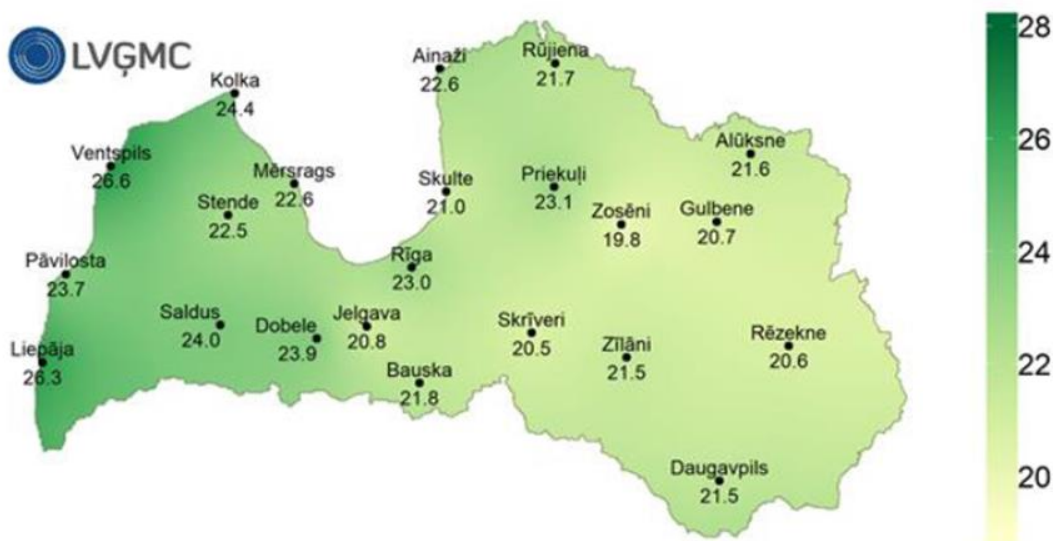
Aktuālajā klimatiskās normas periodā (no 1991. līdz 2020. gadam) vidējais vēja ātrums Latvijā ir 3,2 m/s, un vidēji visstiprākais vējš ir novērojams Baltijas jūras piekrastē un Ainažos, savukārt visrāmākais vējš ir novērojams valsts austrumu daļā (LVĢMC, 2020). Laika periodā no 1966. līdz 2010. gadam Latvijas piekrastes rajonos vidējais vēja ātrums bijis 3,2–4,8 m/s robežās (1.12. attēls). Latvijas piekrastē gada laikā novērojamas vidēji 23–81 bezvēja diena (vidējais vēja ātrums < 2 m/s) un līdz vidēji 7,9 vētrainām dienām (vidējais vēja ātrums ≥ 10,8 m/s). Vislielākā vidējā vēja ātruma variabilitāte novērojama gada aukstajā pusē jeb laikā no septembra līdz martam, kad vēja ātrumu būtiski ietekmē Baltijas jūras reģionu sasniedzošo ciklonu un vētru biežums un pārvietošanās trajektorijas (Avotniece u. c., 2017).

Laika periodā no 1966. līdz 2010. gadam vidējais vēja ātrums Latvijā ir samazinājies, un arī piekrastes stacijās šīs izmaiņas bijušas statistiski būtiskas (izņemot Kolkas un Ventspils novērojumu stacijas, kur konstatēta negatīva, tomēr statistiski nebūtiska, vidējā vēja ātruma samazināšanās tendence). Tomēr gada griezumā vismazāk nozīmīgās vēja ātruma izmaiņas konstatētas laikā no decembra līdz februārim, tādējādi norādot uz iespējamību, ka novērotā

vidējā vēja ātruma samazināšanās saistāma arī ar meteoroloģisko novērojumu staciju apstākļu izmaiņām pieaugošas apbūves un veģetācijas dinamikas ietekmē (Avotniece u. c., 2017).



1.12. attēls. Ilggadīgais gada vidējais vēja ātrums (m/s) Latvijā laika periodā no 1966. līdz 2010. gadam (Avotniece u. c., 2017).

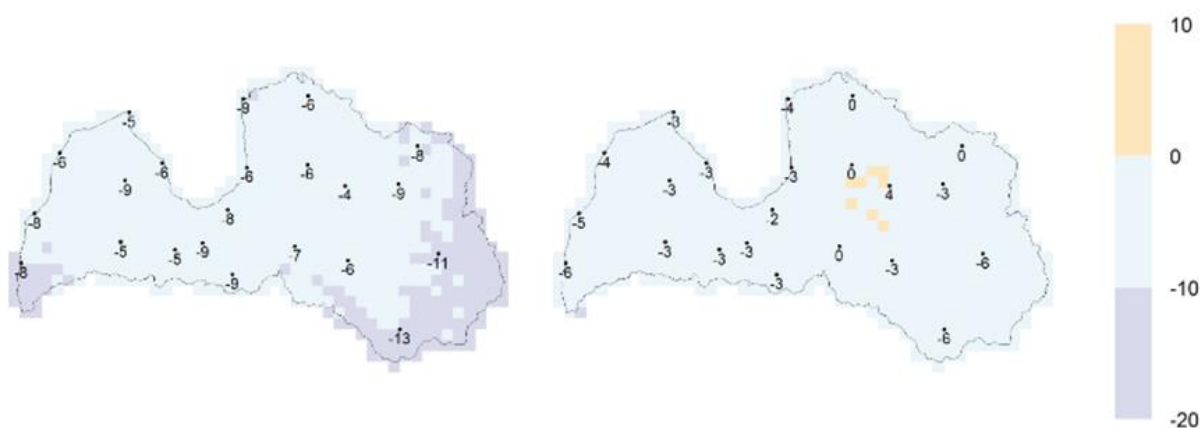


1.13. attēls. Ilggadīgais gada vidējais maksimālais vēja brāzmu ātrums (m/s) Latvijā laika periodā no 1966. līdz 2018. gadam (Gaile, 2020)

Laika periodā no 1966. līdz 2018. gadam maksimālo vēja brāzmu spēks piekrastē sasniedz vidēji 21–26,6 m/s (1.13. attēls) un gadā novērotas vidēji 15,8–70,6 dienas, kad maksimālo vēja brāzmu spēks pārsniedz 15 m/s. Attiecībā uz maksimālo vēja brāzmu stiprumu ilggadīgo izmaiņu tendenču analīze liecina par maksimālo vēja brāzmu spēka samazināšanos atsevišķos novērojumu punktos valsts dienvidu rajonos, kamēr lielākajā teritorijas daļā nav novērojamas būtiskas šī rādītāja izmaiņas. Tādējādi, vērtējot Latvijā novērotās vēja ātruma raksturlielumu izmaiņas kopskatā, nav izdarāmi viennozīmīgi secinājumi. Vēja raksturlielumi ir cieši saistīti ar rudens un ziemas perioda vētru aktivitāti, tādēļ vēsturiski novērota izteikta vēja ātruma

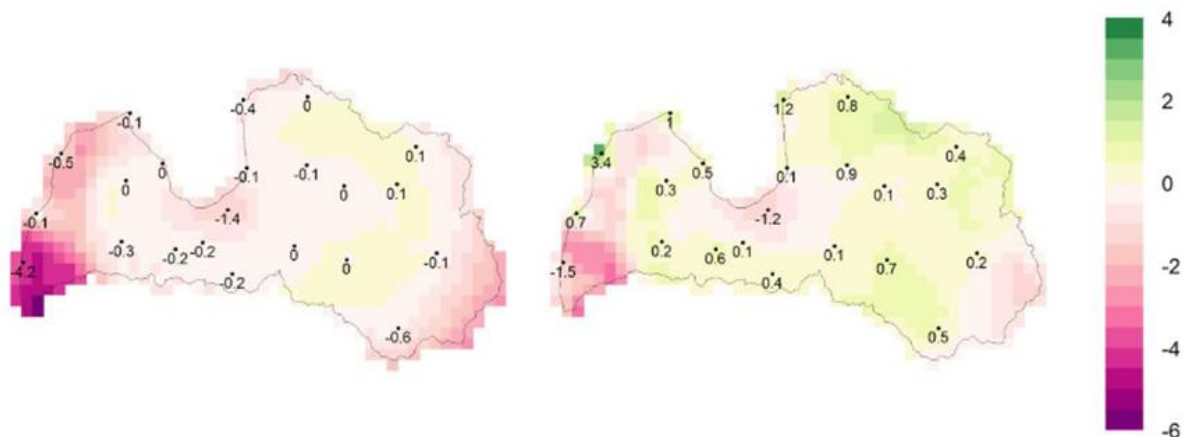
mainība gadu no gada, īpaši attiecībā uz tā maksimālajām vērtībām. Tādējādi, lai gan ilggadīgajā laika periodā vidējā vēja ātruma līkne valstī ir lejupejoša, maksimālās vidējā vēja ātruma vērtības iezīmē atsevišķus maksimumu periodus, kas saistīti ar palielinātu vētru biežumu un aktivitāti (Avotniece u. c., 2017; Gaile, 2020).

Nemot vērā līdzšinējās vēja ātruma izmaiņu tendences, kā arī to atkarība no liela mēroga atmosfēras cirkulācijas apstākļiem, arī nākotnē prognozētās vidējā vēja ātruma izmaiņas nav viennozīmīgas. Atbilstoši RCP 4,5 scenārijam līdz gadsimta beigām vidējais vēja ātrums Latvijā par 5 % samazināsies, savukārt RCP 8,5 scenārija apstākļos vidējais vēja ātrums valstī būtiski nemainīsies. Teritoriāli RCP 4,5 klimata pārmaiņu scenārijā vidējais vēja ātrums Latvijas piekrastes rajonos samazināsies par 5–9 %, bet RCP 8,5 scenārija apstākļos – par 3–6 % (1.14. attēls). RCP 4,5 scenārija apstākļos Latvijas piekrastes rajonos prognozēta vētrainu dienu skaita samazināšanās par 0–4,2 dienām gadā, kamēr RCP 8,5 scenārijs atsevišķos piekrastes rajonos prognozē vētrainu dienu skaita samazināšanos par 1,2–1,5 dienām, kamēr citos – palielināšanos par 0,1–3,4 dienām (1.15. attēls). Līdzīgas iezīmes klimata pārmaiņu projekciju informācijā vērojamas arī attiecībā uz maksimālo vēja brāzmu spēka izmaiņām. Interpretējot klimata projekciju rezultātus, jāņem vērā, ka vēja ātruma parametru aprēķinā globālo klimata modeļu ansablī iekļautajos klimata modeļos novērojama liela nenoteiktība, kas arī gada griezumā uzrāda ievērojamas atšķirības atsevišķu modeļu ansambļa locekļu aprēķinu starpā. Kompleksi izvērtējot skaitlisko klimata modeļu prognozes, secināms, ka, lai gan tās norāda uz vēja ātruma samazināšanās tendencēm Latvijā, ievērojamās aprēķinu rezultātu nenoteiktības dēļ ir sarežģīti izdarīt viennozīmīgus spriedumus par gaidāmo vēja ātruma izmaiņu apmēriem un to sezonālo un teritoriālo sadalījumu. Turklāt aprēķini liecina, ka līdz gadsimta beigām virs Latvijas par vidēji 0 līdz 1 hPa pazemināsies atmosfēras spiediens, kas varētu norādīt uz palielinātu ciklonu aktivitāti reģionā, iezīmējot vējainus, mākoņiem un nokrišņiem bagātus apstākļus. Izteiktākās atmosfēras spiediena izmaiņas gaidāmas laika periodā no decembra līdz martam un no maija līdz septembrim, un tādēļ var pieņemt, ka ziemas sezonā virs Latvijas iespējama ciklonu darbības aktivitātes palielināšanās, kas saistāma ar rietumu gaisa masu pārneses intensificēšanos un rezultējošu siltu, mitru un vējainu ziemas sezonu dominanci (Avotniece u. c., 2017; Gaile, 2020; Ruosteenoja et al., 2016).



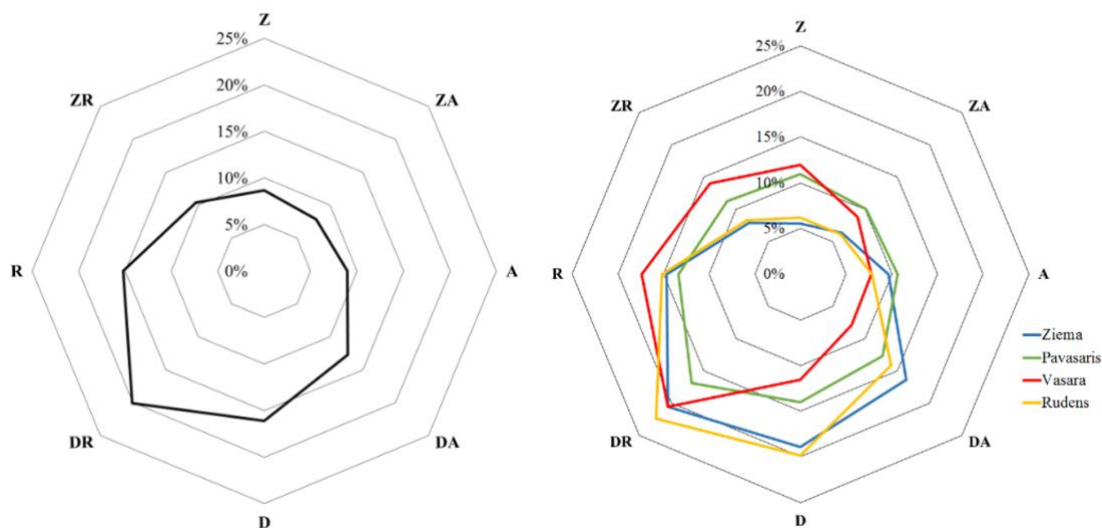
1.14. attēls. Vidējā vēja ātruma izmaiņu (izmaiņas %, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1966.-1995.g. vērtībām) projekcijas Latvijas teritorijai atbilstoši RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem (Avotniece u. c., 2017).



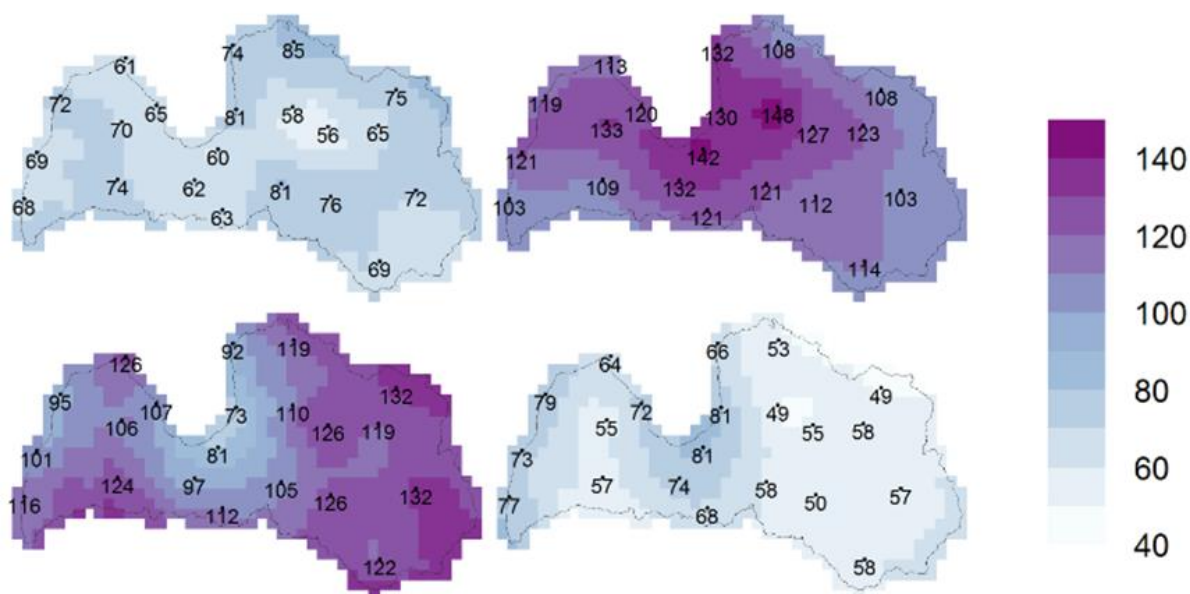


15. attēls. Globālo klimata modeļu ansambļa prognozētās vētrainu dienu skaita izmaiņas (izmaiņas dienu skaitā, 2071.-2100.g. attiecībā pret 1966.-1995.g. vērtībām) Latvijas teritorijā pēc RCP 4,5 (pa kreisi) un RCP 8,5 (pa labi) klimata pārmaiņu scenārijiem (Avotniece u. c., 2017).

Vēja virziens ir nozīmīgs faktors, kas ietekmē gan vēja ātrumu, gan arī tā ietekmi. Tā kā virs reģiona liela mēroga atmosfēras cirkulācijas laukā valda rietumu-austumu gaisa masu pārnese, Latvijā ilggadīgajā laika periodā dominē rietumu, dienvidrietumu un dienvidu puses vēji (1.16. attēls), pūšot kopumā aptuveni pusē no apskatīto gadījumu skaita. Rudens un ziemas sezonā vairāk nekā pusē gadījumu Latvijā tiek novērots dienvidrietumu, dienvidu un dienvidaustrumu puses vējš, savukārt pavasarī un vasarā valdošie vēji vairāk iegriežas no dienvidrietumiem, rietumiem. Ilggadīgajā laika periodā novērotas svārstības valdošajā vēja virzienā, kas īpaši izteiktas bijušās attiecībā uz zonālās vēja virzienu komponentes (R un A virzienu) vējiem. Teritoriālā griezumā (1.17. attēls) iezīmējas dominējošā vēja virziena atšķirības. Piekrastes rajonos pārliecinoši dominē dienvidu un rietumu puses vēji, bet salīdzinot, ar pārējo Latvijas teritoriju, piekrastes rajonos, īpaši Rīgas līča dienvidu piekrastē, ir palielināts dienu skaits ar dominējošu ziemeļu puses vēju (Avotniece u. c., 2017; LVĢMČ, 2020).



1.16. attēls. Gada (pa kreisi) un sezonu (pa labi) dominējošais vēja virziens (% no kopējā gadījumu skaita) Latvijā laika periodā no 1966. līdz 2010. gadam (Avotniece u. c., 2017).



1.17. attēls. Ilggadīgais vidējais dienu skaits ar dominējošu austrumu, dienvidu (augšējā rinda), rietumu un ziemeļu (apakšējā rinda) virziena vēju Latvijā laika periodā no 1966. līdz 2010. gadam (Avotniece u.c., 2017).

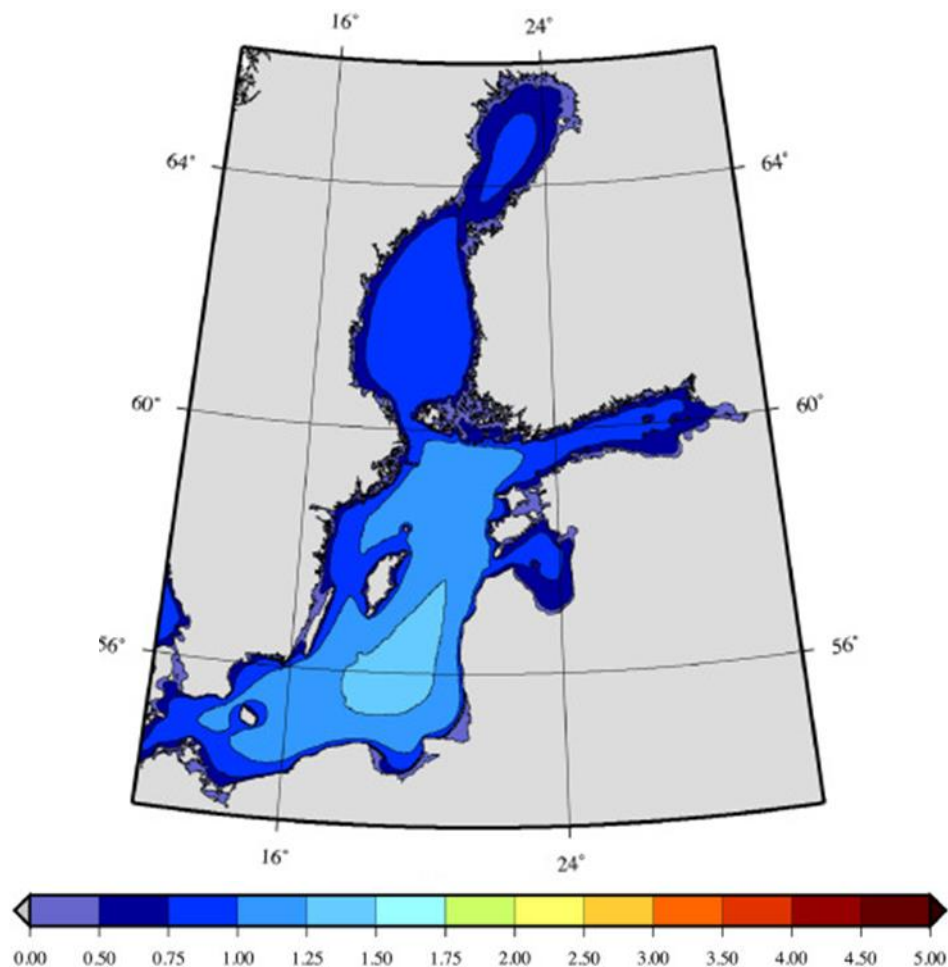
Ilggadīgajā laika periodā Latvijā nozīmīgi mainījies dominējošo vēja virzienu gadījumu skaita sadalījums, visplašāk skarot rietumu un ziemeļu vēja novērojumu biežumu. Tādējādi no piekrastes novērojumu stacijām Kolkā, Mērsragā un Pāvilostā statistiski būtiski palielinājies dienu skaits ar dominējošu rietumu puses vēju, savukārt Mērsragā, Pāvilostā un Ventspilī būtiski samazinājies dienu skaits ar dominējošu ziemeļu puses vēju. Izmaiņas skārušas arī to vēja virzienu, kas novērots pie diennakts maksimālā vēja ātruma. Piekrastes novērojumu stacijā šādu vēju sadalījumā Kolkā, Mērsragā un Rīgā samazinājies dienvidu puses vēju biežums, Pāvilostā samazinājies ziemeļu puses vēju biežums, savukārt Ventspilī – rietumu puses biežums. Vienlaikus Mērsragā un Skultē stiprākie vēji biežāk tiek novēroti pie austrumu virziena vējiem, Pāvilostā un Ventspilī – pie dienvidu puses vējiem, savukārt Kolkā, Pāvilostā un Rīgā – pie rietumu puses vējiem (Avotniece u. c., 2017).

Vēja virzienu raksturojums ir apstākļi, kas ietekmē jūras krastu pakļaušanu vēja, viļņu un vējuzplūdu darbībai. Baltijas jūras piekraste ir ļoti jutīga pret vēja virziena izmaiņām, un pētījumi liecina, ka pat nelielas izmaiņas valdošo vēju virzienā varētu Latvijas piekrastei raksturīgo sanešu plūsmas virzienu uz austrumiem mainīt pretējā virzienā (Meier et al., 2022a; Weisse et al., 2021).

## 1.5. Viļņu augstums

Viļņu darbība ir galvenais faktors, kas veido Baltijas jūras krastus. Baltijas jūras akvatorijā raksturīgi īsi viļņu periodi, radot apstākļus, kad viļņi relatīvi īsā piekrastes nogrieznī var sasniegt krastu atšķirīgos leņķos, un tādēļ vētru ietekme un sanešu plūsmas šī nogriežņa ietvaros var būtiski atšķirties atkarībā no vēja (un līdz ar to viļņu) rakstura (Reckermann et al., 2023; Soomere and Viška, 2014; Weisse et al., 2021). Baltijas jūras sarežģītā forma un valdošo vēju raksturs rada labvēlīgus apstākļus augstu viļņu attīstībai. Vienlaikus šie lokālie apstākļi ietekmē arī viļņu izplatību un līdz ar to in situ viļņu novērojumi reprezentē to izplatības raksturu tikai nelielā apgabalā. Savukārt satelītu veiktie viļņu novērojumi ir ierobežoti attiecībā uz novērojumu veikšanas laiku. Tādēļ, lai iegūtu iespējami pilnvērtīgu informāciju par viļņošanās

raksturu Baltijas jūrā, plaši tiek izmantoti skaitliskie prognožu modeļi, ar kuru palīdzību tiek izstrādātas vēsturiskās viļņu klimatoloģijas analīzes. Atbilstoši šāda veida analīzes sniegtajai informācijai (1.18. attēls), vidējais viļņu augstums Rīgas līcī nepārsniedz 0,75–1 m, bet tā piekrastes rajonos ir mazāks par 0,75 m, savukārt Latvijas Baltijas jūras piekrastē sasniedz 0,75–1,25 m (Soomere, 2023; Soomere and Viška, 2014).



1.18. attēls. Vidējā viļņu augstuma (m) analīze Baltijas jūras teritorijai laika periodā no 1998. līdz 2013. gadam (Soomere, 2023)

Lai gan atsevišķu pētījumu ietvaros dažos Baltijas jūras apgabalos konstatēta ievērojama vidējā viļņu augstuma mainība, kopumā Baltijas jūrā nav konstatētas būtiskas vidējā viļņu augstuma izmaiņas (Soomere and Viška, 2014; Weisse et al., 2021).

## 1.6. Augstas ietekmes notikumi – vētras, vējuzplūdi un lieli viļņi

Nozīmīgākās krasta erozijas epizodes saistāmas ar spēcīgu vētru un to laikā novēroto vējuzplūdu un viļņošānās ietekmi. Jūras krasts Latvijas piekrastē var atkāpties par 3–6 m katras vētras laikā, bet lokāli pat līdz 20–30 m (Meier et al., 2022a). Analizējot vēsturiskās vēja raksturlielumu laikerindas, Latvijā nav konstatētas būtiskas izmaiņas spēcīgu vēju brāzmu intensitātē (sk. nodaļu par vēja raksturlielumiem). Tomēr ik gadu Latvijā tiek novērotas vētras spēkam atbilstošas (20 m/s un vairāk) vēja brāzmas, un laika periodā no 1966. līdz 2018. gadam tikai 1985., 1996. un 2016. gadā nevienā novērojumu stacijā nav reģistrētas par 25 m/s stiprākas vēja brāzmas. 2016. gads kopumā bijis visrāmākais no apskatītā perioda gadiem, un

tā laikā maksimālais valstī novērotais brāzmu spēks sasniedza tikai 23 m/s. Vēsturiski spēcīgākās vētras Latvijā novērotas 1967. un 1969. gadā (1.1. tabula), tomēr arī piecas šī gadsimta laikā piedzīvotās vētras ierindojas starp spēcīgākajām vētrām, kas skāruši valsts teritoriju. Starp šīm piecām jāizceļ 2005. gada 8.–9. janvāra orkāns, kad vēja brāzmu spēks bija pielīdzināms pagājušā gadsimta sešdesmito gadu vētru spēkam. Lai gan pēdējā no spēcīgāko vētru sarakstā iekļuvušajām vētrām bijusi 2013. gadā, un pēdējo desmit gadu laikā tik spēcīgas vētras Latvijā vairs nav novērotas, vētru aktivitāte rudens un ziemas sezonā saglabājas izteikta un raksturīga Latvijas klimatisko apstākļu iezīme (Gaile, 2020; LVĢMC, 2023; LVĢMC, n.d.<sup>b</sup>).

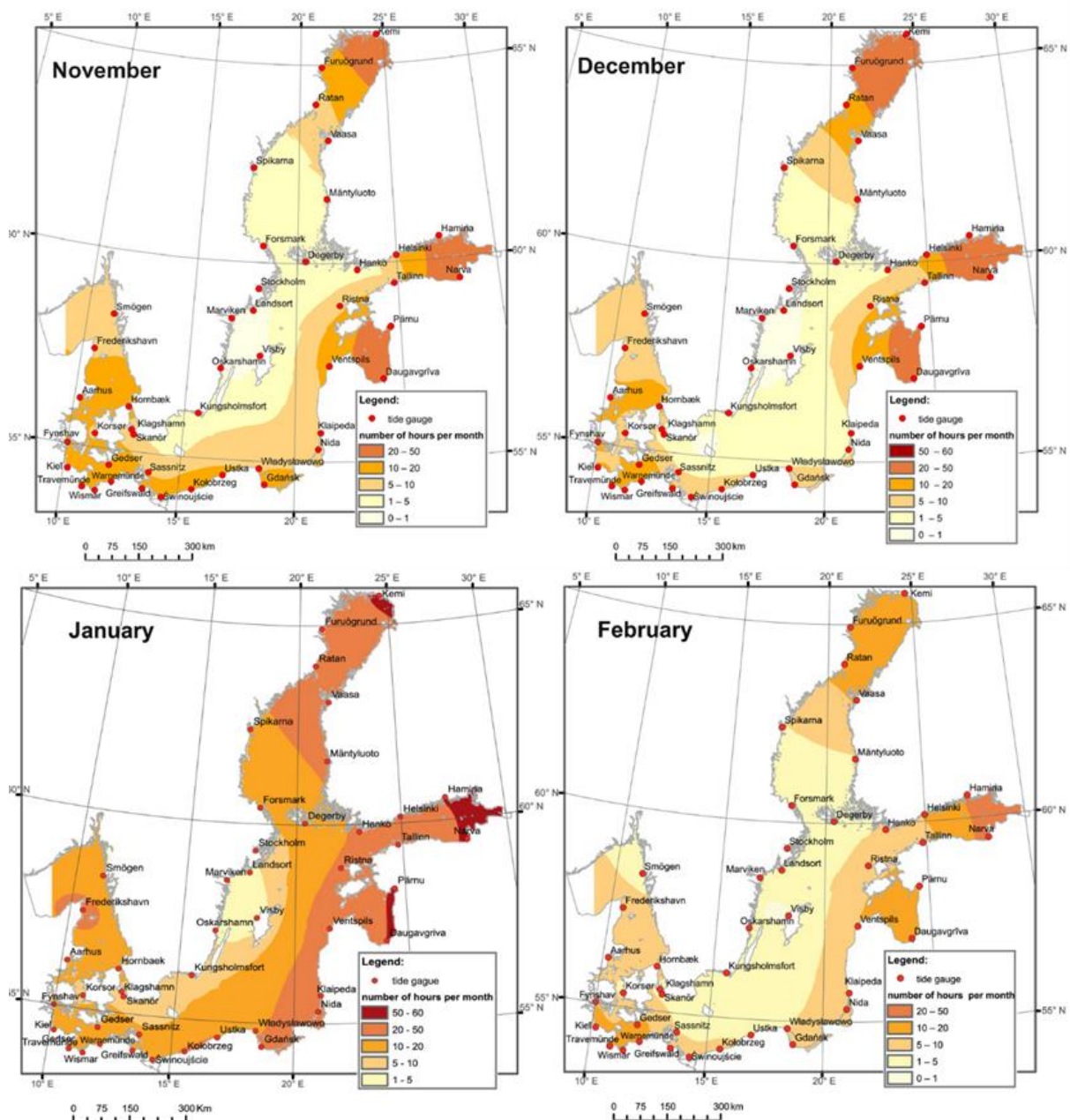
1.1. tabula

**Stiprākās Latvijā novērotās vētras pēc vidējā maksimālā valstī novērotā vēja brāzmu spēka (LVĢMC, n.d.<sup>b</sup>)**

	Datums	Vidējais maksimālais vēja brāzmu ātrums (m/s)	Maksimālais vēja brāzmu ātrums (m/s)
1.	1967. gada 17.–18. oktobris	29,25	48
2.	1969. gada 1.–4. novembris	29,13	44
3.	2005. gada 8.–9. janvāris	29,09	40
4.	1993. gada 14. janvāris	25,14	35
5.	1978. gada 23. novembris	25,13	32
6.	2001. gada 15.–16. novembris	24,50	35
7.	2008. gada 22.–23. februāris	23,80	31
8.	1969. gada 22.–23. septembris	23,30	34
9.	2001. gada 31. oktobris – 1. novembris	23,23	36
10.	1983. gada 30. decembris – 1984. gada 1. janvāris	23,21	29
11.	2013. gada 28.–29. oktobris	23,16	30
12.	1993. gada 22.–23. janvāris	22,90	30
13.	1988. gada 30.–31. decembris	22,55	28

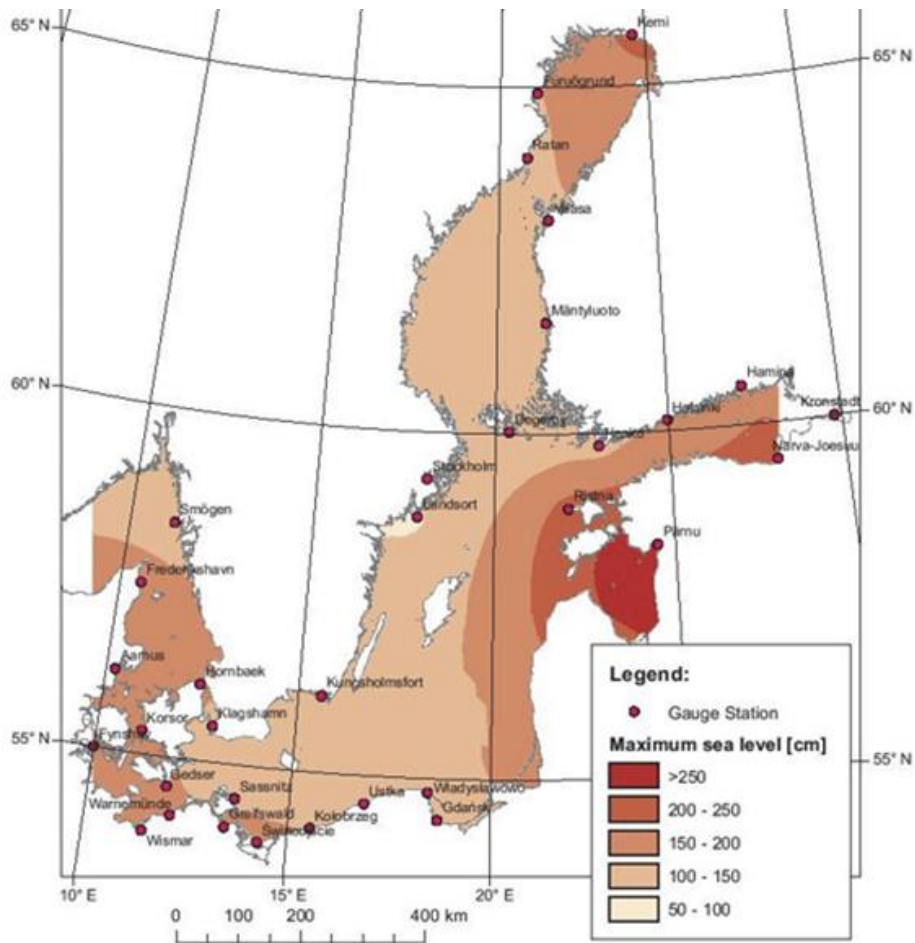
Baltijas jūras dienvidrietumu daļa, Somu līcis, Botnijas līcis un Rīgas līcis ir tās akvatorijas daļas, kurās labvēlīgos apstākļos vējuzplūdu laikā var tikt novērots ekstremāli augsts ūdens līmenis. Latvijas piekrastē vējuzplūdu augstums 1–1,5 m apmērā ir ierasta parādība, bet atsevišķos gadījumos, pārsvarā spēcīgu vētru ietekmē, īslaicīga ūdenslīmeņa paaugstināšanās var būt vēl izteiktāka. Biežākie un augstākie vējuzplūdi ir novērojami rudens un ziemas vētru sezonā, un, atkarībā no apstākļiem, tie var ilgt no dažām stundām līdz gandrīz dienai. Latvijas piekrastē laikā no novembra līdz februārim novērojamas vidēji 5–50, Rīgas līča austrumos līdz pat 60 stundas ar augstu jūras līmeni (1.19. attēls). Lai gan vējuzplūdi ir raksturīgi spēcīga vēja apstākļos, gadījumos, kad Baltijas jūrā ūdens līmenis ir augsts, tie var attīstīties arī pie relatīvi vājākiem vējiem. Savukārt stabila jūras ledus klājums vējuzplūdu apmērus mazina (Weisse et al., 2021; Wolski and Wisniewski, 2023).





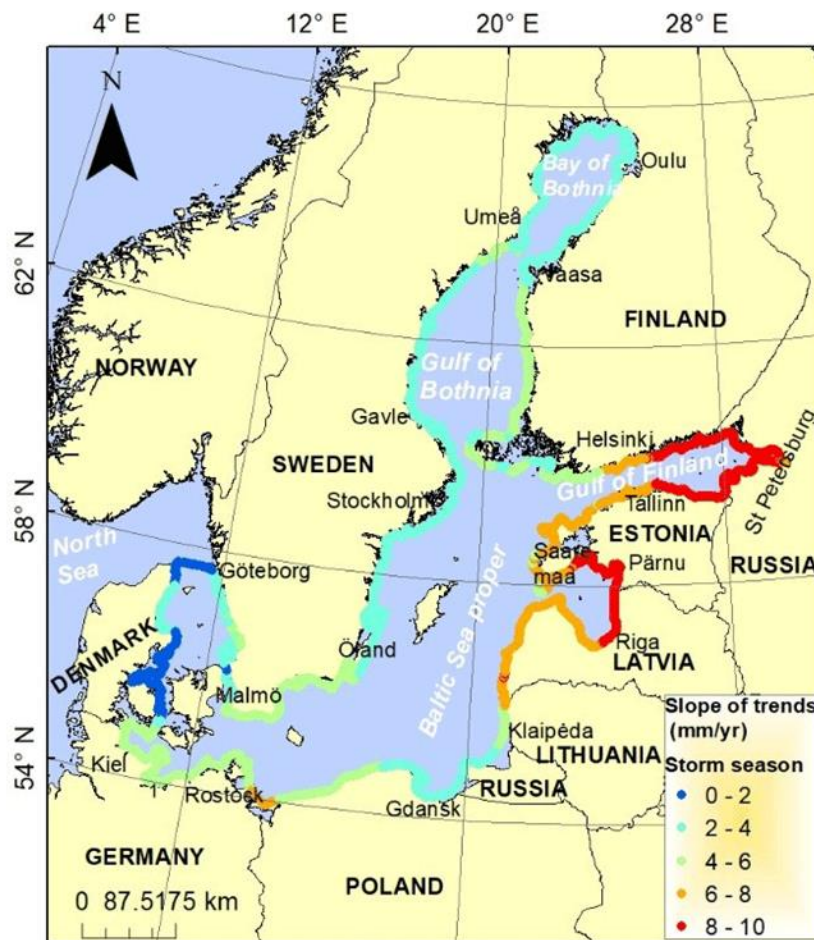
1.19 attēls. Vidējais stundu skaits mēnesī ar augstu ( $\geq 70$  cm) jūras ūdens līmeni Baltijas jūrā laika periodā no 1960. līdz 2020. gadam (Wolski and Wisniewski, 2023).

Augstākie vējuzplūdi kopš instrumentālo novērojumu sākuma novēroti 1969. gada novembra vētras laikā, kad ūdens līmeņa augstums sasniedza 1,83 m Mērsragā, 2,08 m Jūrmalā, 2,28 m Salacgrīvā, 2,29 m Andrejostā, un 2,47 m Skultē. Otrā vētra, kurās laikā tika reģistrēti ārkārtīgi augsti jūras līmeņi, bija 1967. gada vētra, kad ūdens līmenis bija rekordaugsts ne tikai Rīgas līča piekrastē (Kolkā un Rojā sasniedzot attiecīgi 1,34 m un 1,6 m augstumu), bet arī atklātās jūras piekrastē – Ventspilī ūdens līmeņa augstums sasniedza 1,48 m, Pāvilostā 1,69 m, bet Liepājā 1,74 m. Ekstremāli augsts ūdens līmenis tika reģistrēts arī 2005. gada vētras laikā, kad tā augstums Andrejostas novērojumu stacijā sasniedza 2,14 m, bet Ventspils novērojumu stacijā – 1,32 m (Kudure, 2009; LVĢMC, n.d.<sup>a</sup>). Kopumā augstākie vējuzplūdi Baltijas jūrā var tikt novēroti Rīgas līča dienvidu un austrumu daļā, kur to augstums var pārsniegt 2,5 m (1.20. attēls). Turklāt Rīgas līcis ir tā Baltijas jūras akvatorijas daļa, kurā kopumā novērojamas vislielākās ūdens līmeņa svārstības (Rutgersson et al., 2022).



1.20. attēls. Maksimālais jūras līmeņa augstums (cm) Baltijas jūrā laika periodā no 1960. līdz 2010. gadam (Rutgersson et al., 2022)

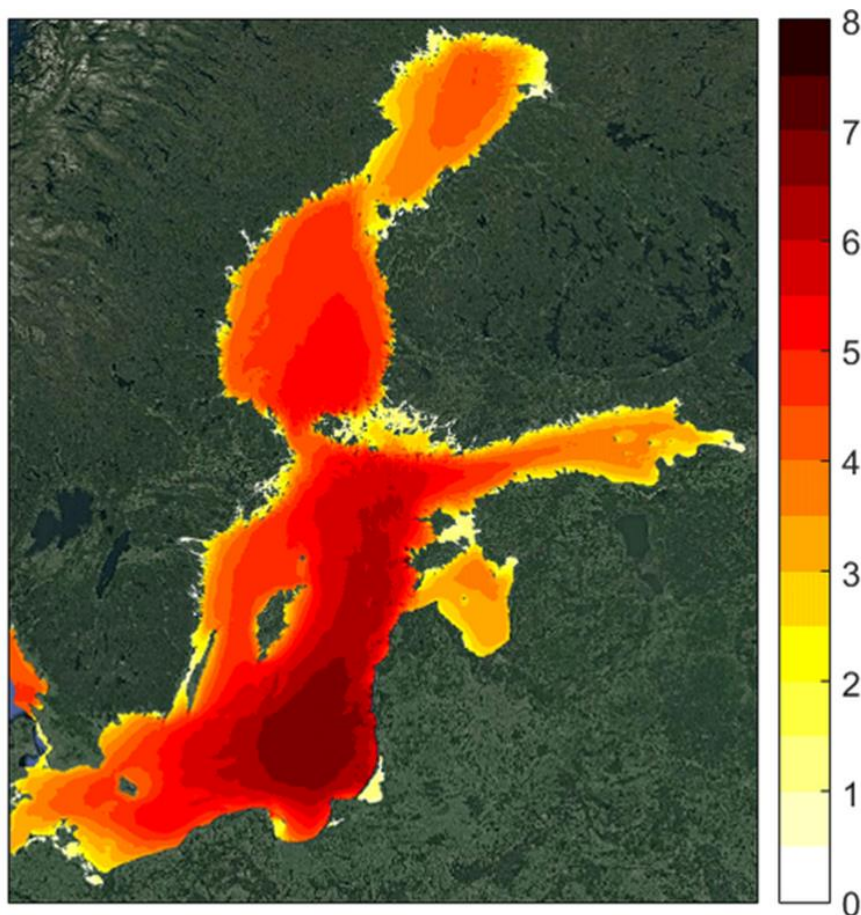
Līdz ar novēroto vidējā ūdens līmeņa paaugstināšanos pieaudzis arī maksimālo vējuzplūdu augstums (1.21. attēls). Atbilstoši skaitlisko modeļu analīzei, laika periodā no 1961. līdz 2005. gadam tas lielākajā Latvijas piekrastes daļā pieaudzis par 6–8 mm/gadā, Rīgas līča dienvidu un austrumu piekrastē sasniedzot 8–10 mm/ gadā (Weisse et al., 2021). Tomēr Latvijas piekrastes novērojumu staciju informācija laika periodā no 1961. līdz 2018. gadam neuzrāda statistiski būtiskas izmaiņas maksimālā ūdens līmeņa augstumā (Mannikus et al., 2020).



1.21. attēls. Maksimālo ūdens līmeņa augstuma izmaiņu (mm/gadā) analīze Baltijas jūrā par laika periodu no 1961. līdz 2005. gadam (Weisse et al., 2021).

Piekrastes rajoni ir pakļauti arī viļņu postošajai ietekmei, un vētru laikā augstākie viļņi Latvijas piekrastē sasniedz 2–4 m augstumu Rīgas līcī, 4–5 m Baltijas jūras piekrastē un pat līdz 6–7 m valsts dienvidrietumu rajonu piekrastēs (1.22. attēls). Lielākais viļņu augstums Baltijas jūrā reģistrēts tās ziemeļu daļas akvatorijā, kur vētras laikā 2004. gadā tika reģistrēts 8,2 m augsts vilnis. Savukārt 2005. gada orkāna laikā Baltijas jūras ziemeļu daļā tika reģistrēts 7,2 m liels viļņu augstums, bet Somu līcī viļņu augstums sasniedza 4,5 m. Tomēr skaitlisko prognožu modeļu simulācijas norāda uz iespējamību, ka šīs vētras laikā augstākie viļņi tika novēroti Latvijas ziemeļrietumu piekrastes tuvumā, un atsevišķu viļņu augstums varēja sasniegt pat 9,5 m (Rutgersson et al., 2022; Weisse et al., 2021).



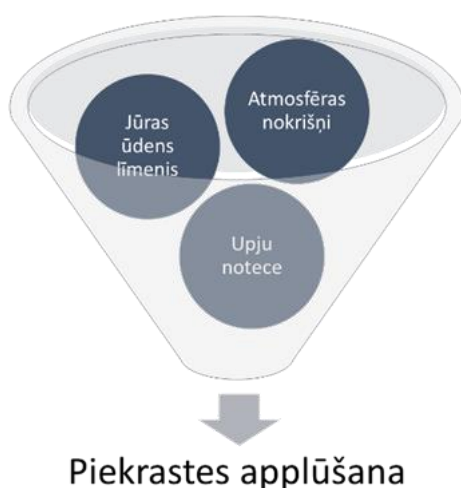


**1.22. attēls. Augstāko viļņu (99,9 procentile) augstuma (m) analīze Baltijas jūras teritorijai laika periodā no 1998. līdz 2013. gadam (Rutgersson et al., 2022)**

Globālā mērogā līdz ar vidējā ūdens līmeņa paaugstināšanos līdz gadsimta beigām tiek prognozēta arī nozīmīga vējuzplūdu augstuma un atgadīšanās biežuma palielināšanās un ar to saistīta piekrastes applūšana un krasta erozijas procesu pastiprināšanās (Masson-Delmotte and Zhai, 2022). Līdz ar ūdens līmeņa paaugstināšanos arī Baltijas jūrā ekstremāli augsta ūdens līmeņa gadījumi caurmērā kļūs biežāki (Ahola et al., 2021). Savukārt tādu augstas ietekmes notikumu kā spēcīgu vētru un to laikā novēroto vējuzplūdu un viļņošānās izpausmes Baltijas jūrā un tās piekrastes apgabalos gan joprojām ir neskaidras, jo to izmaiņas nākotnē lielā mērā būs atkarīgas no diviem faktoriem: vidējā jūras līmeņa izmaiņām un ar liela mēroga atmosfēras cirkulācijas apstākļiem saistītām izmaiņām vēja režīmā (Meier et al., 2022a; Weisse et al., 2021). Lai gan klimata pārmaiņu projekcijas uzrāda turpmāku vidējā jūras ūdens līmeņa paaugstināšanos, attiecībā uz liela mēroga atmosfēras cirkulācijas raksturu, kas nosaka atmosfēras spiediena sistēmu (cikloni un anticikloni) novietojumu un pārvietošanos virs reģiona un līdz ar to arī vētru notikumu raksturu un pārvietošanās trajektorijas, nākotnes klimata pārmaiņu projekcijas Baltijas jūras reģionam joprojām ietver lielu nenoteiktību. Vienlaikus jāuzsver, ka nākotnes klimata projekciju izstrādes kontekstā īpašas problēmas saistāmas ar ekstremālu notikumu prognozēšanu (Ahola et al., 2021; Bednar-Fiedl et al., 2022; Parmesan et al., 2022; Rutgersson et al., 2022; Weisse et al., 2021).

## 1.7. Pieaugošs piekrastes applūšanas risks

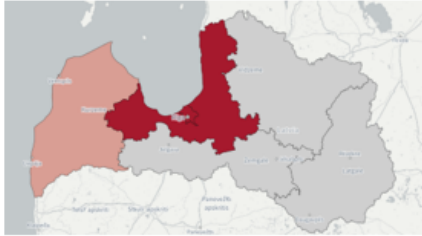



IPCC Sestā novērtējuma ziņojuma izstrādes ietvaros konstatēts, ka pastāv augsta ticamība, ka klimata pārmaiņu rezultātā pieaudzis saliktu saliktu bīstamu laikapstākļu gadījumu biežums un tā sauszemes platība, ko vienlaikus var skart vairāku bīstamu vai ekstremālu notikumu ietekme. Salikti notikumi tiek raksturoti kā: a) vienlaicīgi vai secīgi noritoši divi vai vairāki ekstremāli notikumi; b) ekstremāli notikumi, kas norit to ietekmi pastiprinošos apstākļos; c) tādu notikumu kombinācija, kuri, lai gan katrs atsevišķi nav uzskatāmi par ekstremāliem, savstarpēji mijiedarbojoties, var radīt ekstremālu notikumu vai īpaši postošas sekas. Vairākas bīstamās un ekstremālās parādības, piemēram, sausums, karstuma viļņi, mežu ugunsgrēki, piekrastes ekstremālās parādības un plūdi, pēc būtības ir salikti notikumi (Parmesan et al., 2022; Seneviratne et al., 2021). Turklāt tiek prognozēts, ka turpmāku klimata pārmaiņu ietekmē šādu saliktu gadījumu izpausmes vēl vairāk pastiprināsies. Sagaidāms, ka biežāki kļūs saliktu plūdu gadījumi piekrastē (1.23. attēls), tostarp Baltijas jūras reģionā, ko, līdz ar turpmāku Pasaules okeāna ūdens līmeņa paaugstināšanos un pieaugošu ekstremālu atmosfēras nokrišņu biežumu, radīs vienlaicīgi noritoši vējuzplūdu, palu vai stipru atmosfēras nokrišņu apstākļi. Šādos apstākļos gaidāma arī erozijas procesu pastiprināšanās (Ahola et al., 2021; Bevacqua et al., 2019; IPCC, 2021; Masson-Delmotte and Zhai, 2022; Meier et al., 2022a; Seneviratne et al., 2021).



1.23. attēls. Piekrastes applūšanu veicinošie apstākļi

OECD veiktā novērtējumā, kura ietvaros valstis ranžētas atkarībā no apbūvētās teritorijas platības, kas pakļauta piekrastes applūšanas riskam ar 100 gadu atkārtšanās periodu, Latvija starp 50 valstīm un kopumā ES ierindojas kā 13. piekrastes applūšanas riskam visvairāk pakļautā valsts (Maes et al., 2022). Atbilstoši EK Katastrofu riska pārvaldības zināšanu centra (DRMKC – *Disaster Risk Management Knowledge Centre*) izstrādātajam piekrastes applūšanas riska vērtējumam, kas balstīts skaitlisko klimata modeļu aprēķinos par piekrastes applūšanas apmēriem jūras līmeņa paaugstināšanās, vējuzplūdu un viļņošanās dēļ, 25 gadu laika periodā Latvijas piekrastes applūšanas risks vērtējams kā vidējs līdz augsts (1.2. tabula). Riska līmenis izteikts kā piekrastes applūšanas radītā kaitējuma iespējamība, kas izteikta skalā no 0 līdz 10 (EC DRMKC, 2022; EC DRMKC & JRC DRMU). Tomēr tā kā minētajā riska vērtējumā nav ņemts vērā arī pieaugošais atmosfēras nokrišņu daudzums, stipru nokrišņu biežums un intensitāte, kā arī Ziemeļeiropā un Baltijas jūras reģionā novērotā upju noteces palielināšanās rudens un ziemas sezonā (EC, 2021; Rutgersson et al., 2022, Seneviratne et al., 2021), piekrastes applūšanas risks Latvijā varētu būt vēl lielāks.

Latvijas piekrastes rajonu applūšanas risks un tam pakļautās vērtības 25 gadu laika periodā (EC DRMKC, n.d.)

Piekrastes applūšanai pakļautās vērtības	Piekrastes applūšanas riska teritoriālais sadalījums	Administratīvā teritorija	Riska līmenis (0–10)	Pakļaušana piekrastes applūšanas ietekmei (0–10)	Ievainojamība pret piekrastes applūšanu (0–10)
Iedzīvotāji		Vidēji	5,64	4,79	5,34
		Rīga	10	9,39	10
		Pierīga	6,91	5	5,79
		Kurzeme	0	0	0,23
Apbūve		Vidēji	5,53	4,71	5,34
		Rīga	9,87	7,41	10
		Pierīga	6,72	4,26	5,79
		Kurzeme	0	2,45	0,23
Vide		Vidēji	4,39	4,66	5,34
		Rīga	10	10	10
		Pierīga	3,16	0	5,79
		Kurzeme	0	3,97	0,23
Kritiskie pakalpojumi		Vidēji	4,35	5,43	5,34
		Rīga	10	10	10
		Pierīga	1,05	0	5,79
		Kurzeme	1,99	6,29	0,23

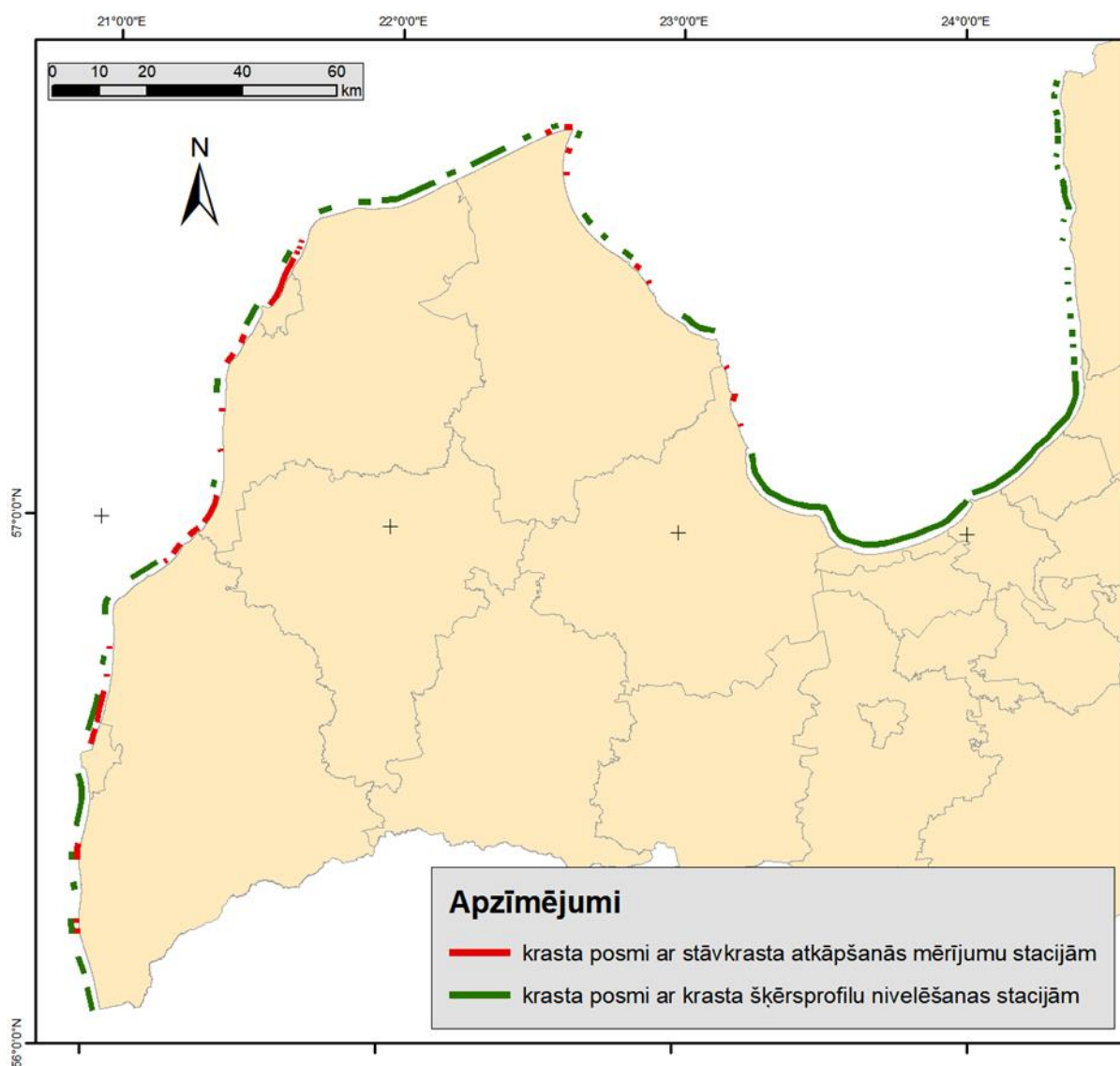
Projekcijas ar lielu pārliecību norāda uz smilšaino krastu erozijas palielināšanos līdz ar pieaugošu vidējo jūras līmeni, tomēr erozijas apmēru un ātruma kvantitatīvās aplēses nav viennozīmīgas. Zinātniskajā kopienā joprojām nav vienotas izpratnes par to, kā pludmales applūšana klimata pārmaiņu rezultātā pieaugoša jūras ūdens līmeņa ietekmē mainīs krasta erozijas procesus, kas ir atkarīgi ne tikai no hidrometeoroloģisko faktoru (piemēram, viļņu enerģijas, vējuzplūdu augstuma u. tml.) mehāniskās iedarbības veida, bet arī no konkrētā krasta morfoloģijas. Līdz ar plašo ietekmējošo hidrometeoroloģisko faktoru klāstu, piekrastes sanešu plūsmu un erozijas procesu projekcijas ietver augstu nenoteiktību un norāda uz nepieciešamību izstrādāt augstas veiktspējas, izšķirtspējas un precizitātes skaitliskos modeļus nākotnes krasta līniju izmaiņu aplēsēm. Jebkurām ilgtermiņa izmaiņām jūras ūdens līmeņa vidējās vai

ekstremālajās vērtībās kā arī erozijas procesu norisē būs tūlītēja ietekme uz sabiedrību. Turklāt bez savlaicīgu pielāgošanās pasākumu, piemēram, dabīgu vai mākslīgu šķēršļu veidošanas erozijas procesu mazināšanai vai krasta piebarošanas, īstenošanas pie globālās gaisa temperatūras pieauguma 4 °C apmērā smilšainās pludmales Eiropā varētu atkāpties vidēji pat par 100 m (Bednar-Friedl et al., 2022; EEA, 2020; Meier et al., 2022a; Weisse et al., 2021).

## 2. JŪRAS KRASTA EROZIJAS PĒTĪJUMU UN PIEEJAMO DATU LATVIJĀ ANALĪZE UN NOVĒRTĒJUMS

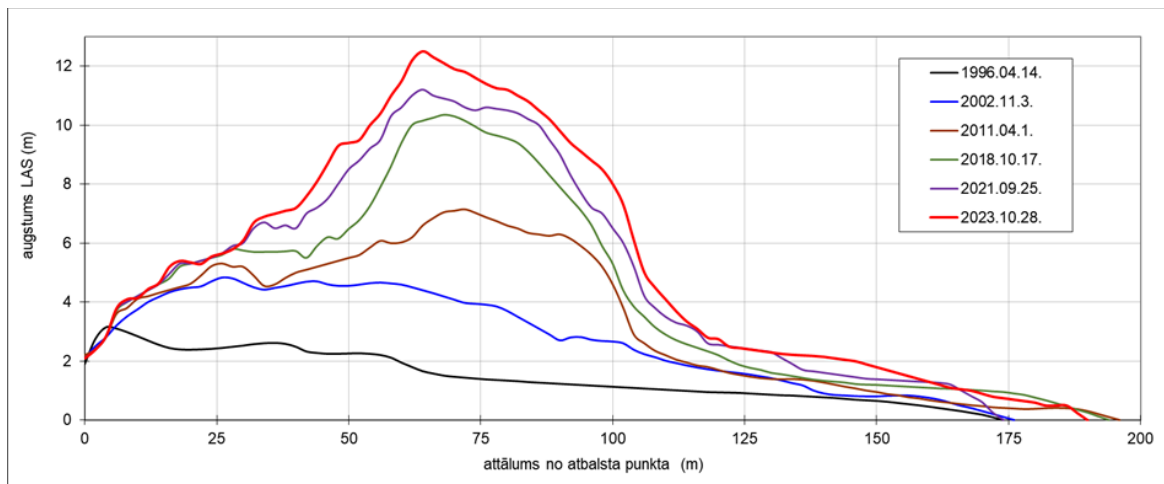
Pagājušā gadsimta astoņdesmitajos gados profesora Gunta Eberharda vadībā tika izstrādāta un uzsākta ļoti vērienīga un joprojām nepārvērtējami nozīmīga jūras krasta pētījumu tēma, kura turpmāko gadu laikā pārauga pilnvērtīgā krasta ģeoloģisko procesu monitoringa programmā. Jau 1987. gadā Rīgas līča piekrastē un 1992. gadā atklātas Baltijas jūras piekrastē tika ierīkoti aptuveni 150 mērījumu šķērsprofili, kuros, atbilstoši pārņemtai un pielāgotai pasaulē ļoti plaši

pielietotai dažādu ūdensobjektu krasta nogāžu pētniecības metodikai, tika veikti atkārtoti mērījumi krasta nogāzes augšējā daļā. Monitoringa īstenošanai laika posmā no 1992. līdz 1996. gadam tika izveidots visu Latvijas piekrasti aptverošs stacionāru posteņu tīkls, kas turpmākajos gados tika būtiski papildināts (2.1. attēls). Monitoringa sistēma ietver divu veidu stacionāru grupas, kurās datu ieguve notiek ar atšķirīgām metodēm (attēli: 2.2. attēls, 2.3 attēls, 2.4. attēls, 2.5. attēls). Dati ir pieejami LU ĢZZF LJKĢPM datu bāzē. Pēc 2009. gada, kad finansējums monitoringa sistēmas uzturēšanai un turpmāku mērījumu veikšanai vairs netika piešķirts, datu ieguves apjoms ir būtiski samazināts. Šie, pirms vairāk kā 30 gadiem uzsāktie mērījumi un izstrādātā monitoringa metodika joprojām tiek izmantota un ir uzskatāma par pamatu jūras krasta ilgtermiņa izmaiņu analīzei.



**2.1. attēls.** Jūras krasta ģeoloģisko procesu monitoringa vietu (stacionāru) izvietojums. Krasta iecirkņi attēloti ar ārupsmēroga apzīmējumiem – nav norādītas atsevišķu mērījumu punktu vietas, bet mērījumu punktu grupas.

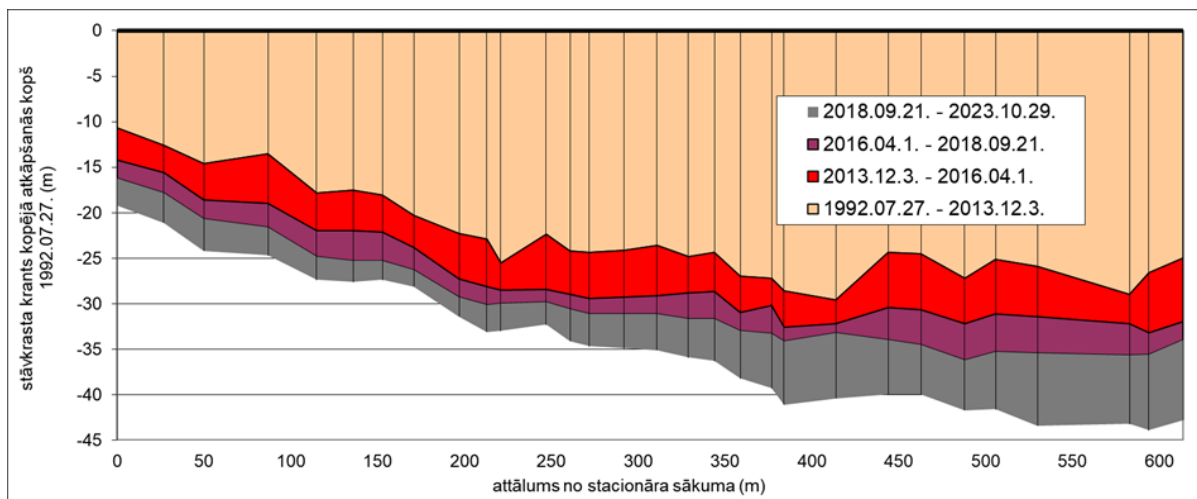




2.2. attēls. Jūras krasta monitoringa sistēmas nivelēšanas šķērsprofilā “Ventspils-9” iegūto krasta nogāzes izmaiņu vizualizācija par laika periodu no 1996. līdz 2023. gadam (nav parādīti visi šķērsprofilā veiktie mērījumi) (nepublicēti LU ĢZZF LJKĢPM dati, 2023).



2.3. attēls. Baltijas jūras krasta iecirknis Ventspils pilsētas dienvidu daļā, kur izvietots “Ventspils-9” stacionārais nivelēšanas šķērsprofils (foto - J.Lapinskis, 2020.05.)



**2.4. attēls.** Jūras krasta monitoringa sistēmas stāvkrastu atkāpšanās stacionārā “Ventspils-4” iegūto datu vizualizācija par pamatkrasta atkāpšanos laika periodā no 1992. līdz 2023. gadam (nav parādīti visi stacionārā veiktie mērījumi) (nepublicēti LU ĢZZF LJKĢPM dati, 2023).



**2.5. attēls.** Baltijas jūras krasta iecirknis Ventspils pilsētas ziemeļu daļā, kur izvietots “Ventspils-4” pamatkrasta atkāpšanās stacionārais (foto - J. Lapinskis, 2023.10.)

Monitoringa tīku veidošajās stacionāros datu ieguve notiek īpaši ierīkotās stacijās, kuras sastāv no mērījumu posteņu grupām. Mērījumu posteņos, kuri ir ierīkoti tādos krasta iecirkņos, kuros krasta nogāzē nav izveidojies augsts jūras stāvkrasts (parasti lēzenajos un akumulatīvajos krasta iecirkņos), dati tiek iegūti veicot tehnisko nivelēšanu vai mehāniski mērot attālumu starp raksturīgiem krasta reljefa elementiem. Katra mērījumu posteņu grupa ir izvietota atbilstoši kopējai krasta sistēmas specifikai tā, lai būtu iespējams iegūt informāciju par katru sanešu bilances ziņā būtiski atšķirīgu apakšsistēmu (iecirtni). Kopējais mērījumu posteņu skaits monitoringa sistēmā sasniedz aptuveni 400 nivelēšanas posteņu un aptuveni 2000 vienkāršoto mehānisko stāvkrasta atkāpšanās mērījumu posteņu. Par mērījumu posteņu atbalsta punktiem

ar zināmu absolūto augstumu tiek izmantoti gruntsreperi, māju pamati, kā arī īpaši ierīkoti pagaidu reperi – metāla stieņi, veci koki, laukakmeņi u. c. Atbalsta punkti ir ierīkoti tālāk (augstāk) par maksimālo vētrā iespējamo plūdūdeņu līmeni un ir iespēju robežās pasargāti no eolās apbēšanas un vandālisma. Profilu garums atkarībā no konkrētā krasta posma īpatnībām atrodas robežās no 50 līdz 200 m. Datu ieguve posteņos līdz 2009. gadam tika veikta vienu reizi gadā, parasti vasarā vai rudenī. Lai iegūtu pietiekami precīzu pludmales un eolā reljefa šķērsprofilu, latus nolasījumi nivelējot tiek veikti visos mikroreljefa liekuma punktos, vai arī ne retāk kā ik pēc 10 metriem. Mērījumi tiek veikti tikai līdz augstuma „0” atzīmei LAS. Krasta zemūdens nogāzē mērījumi netika veikti.

Tehnisko nivelēšanu uz stāvkrasta nogāzes daudzviet nav iespējams veikt, tāpēc bija nepieciešama atsevišķa stāvkrastu atkāpšanās pētīšanas metode. Stāvkrasta augšmalas atkāpšanās stacionārie pētījumi izveidoti, daļēji pamatojoties uz Lielbritānijas upju krastu erozijas pētījumos izmantoto metodiku. Metodes pamatā ir attāluma noteikšana starp kraujas augšmalu un kādu piemērotu dabā iezīmētu atbalsta punktu (reperi). Attālums tiek mērīts ar mērlenti, lāzertālmēru vai citu ierīci ar precizitāti dabā 0,1 m. Stāvkrasta atkāpšanās stacionāri ir izvietoti visos tajos Latvijas krasta iecirkņos, kuros izplatīti stāvkrasti. Salīdzinot kārtējo mērījumu rezultātus, tiek noteikts noskalotās pamatkrasta joslas platums, noskalotā materiāla apjoms un noskalošanas intensitātes garkrasta sadalījums. Bezvētru periodā tiek noteikta nogāžu procesu ietekme uz stāvkrasta noārdīšanos.

## 2.1. Valsts pētījumu programma “KALME” (Klimata maiņas ietekme uz Latvijas ūdeņu vidi) rezultātu izvērtējums

Laika posmā starp 2006. un 2009. gadu VPP KALME ietvaros, balstoties uz iepriekšēji, galvenokārt Latvijas jūras krasta ģeoloģisko procesu monitoringa sistēmā iegūtiem datiem (ekstrapolējot esošos krasta izmaiņu trendus) un vienkāršotiem modelēšanas paņēmieniem (Bruuna metode), tika sagatavota krasta erozijas prognoze 15 un 50 gadu periodam (2022. un 2058. gadam) (2.6. attēls: KALME prognoze). Faktiskās krasta izmaiņas, kuras notikušas laikā kopš 15 gadu prognozes sagatavošanas liecina, ka (nepublicēti LU ĢZGF LJKĢPM dati, 2023):

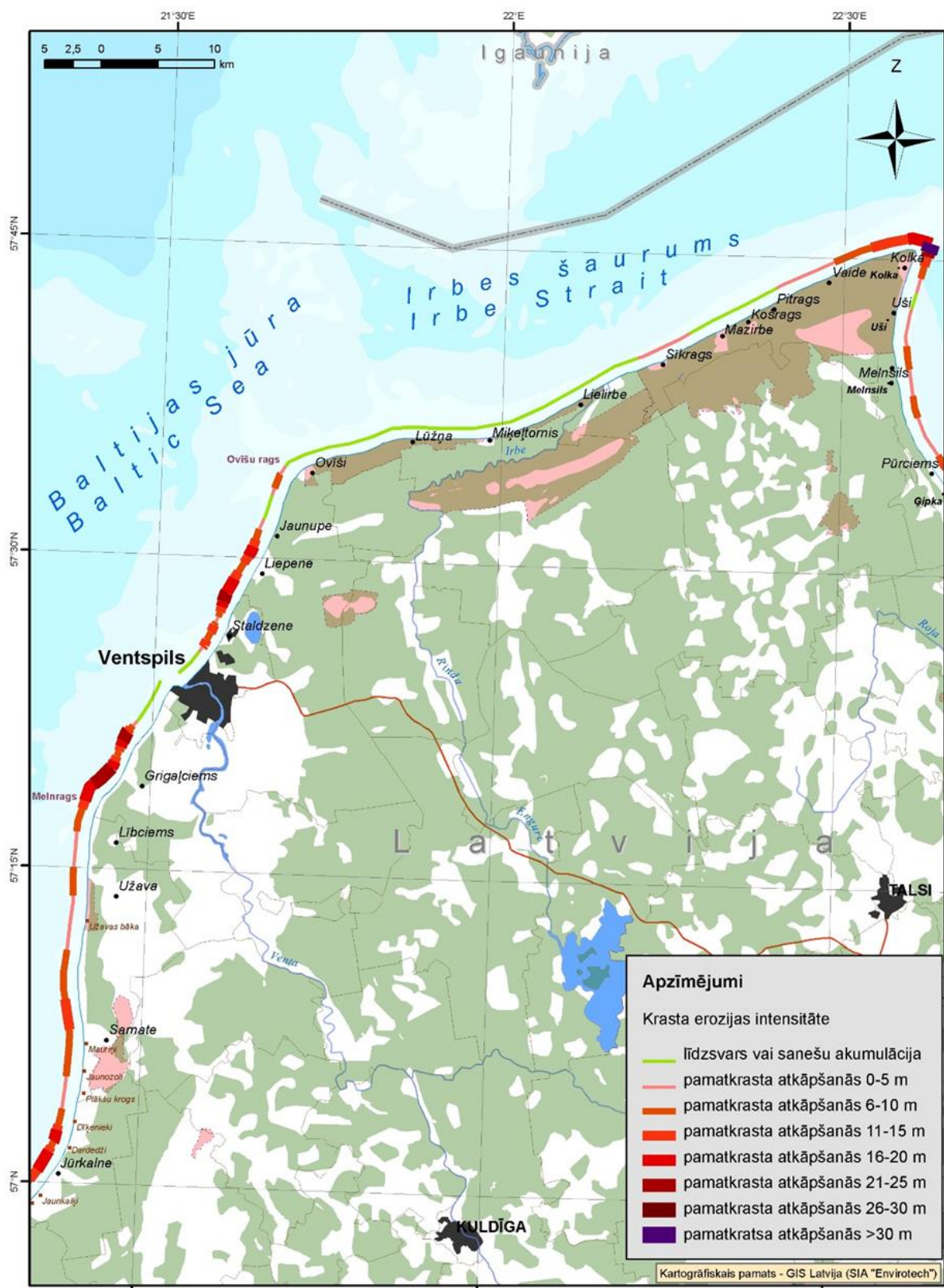
- aptuveni 70 % no Latvijas krasta kopgaruma prognoze par krasta atkāpšanos (vai krasta erozijas radītiem īslaicīgiem reljefa pārveidojumiem) ir īstenojusies (novirze no prognozes nepārsniedz 25 %), tostarp aptuveni 40 % no Latvijas krasta kopgaruma prognoze ir izrādījusies ļoti precīza (novirze nepārsniedz 10 %);
- aptuveni 30 % no Latvijas krasta kopgaruma prognoze par krasta atkāpšanos (vai krasta erozijas radītiem īslaicīgiem reljefa pārveidojumiem) ir izrādījusies neprecīza (novirze no prognozes pārsniedz 25 %), tostarp aptuveni 5 % no Latvijas krasta kopgaruma prognoze ir izrādījusies ļoti neprecīza (novirze pārsniedz 50 %);
- tipiskās neatbilstības starp prognozēto un faktisko krasta līnijas stāvokli 2022. gadā galvenokārt novērojamas kā faktiskās erozijas zemāka intensitāte, respektīvi, sagatavotā prognoze ir izrādījusies pesimistiska.

Prognozes samērā augstā precizitāte ļauj secināt, ka metodoloģiskā pieeja, kā arī izmantoto datu apjoms un tips kopumā ir bijis ļoti piemērots un atbilstošs izvirzītā uzdevuma izpildei. Var secināt arī, ka datu blīvums par vēsturiskajām krasta reljefa izmaiņām vairākos krasta iecirkņos ir bijis nepietiekams. Datu blīvuma (mērījumu vietu nepietiekamā skaita un reprezentativitātes) problēma ir daļēji risināta turpmākajos gados pēc VPP KALME rezultātu publicēšanas – krasta iecirkņos ar nepietiekamu mērījumu blīvumu ir ierīkoti jauni stacionāri.

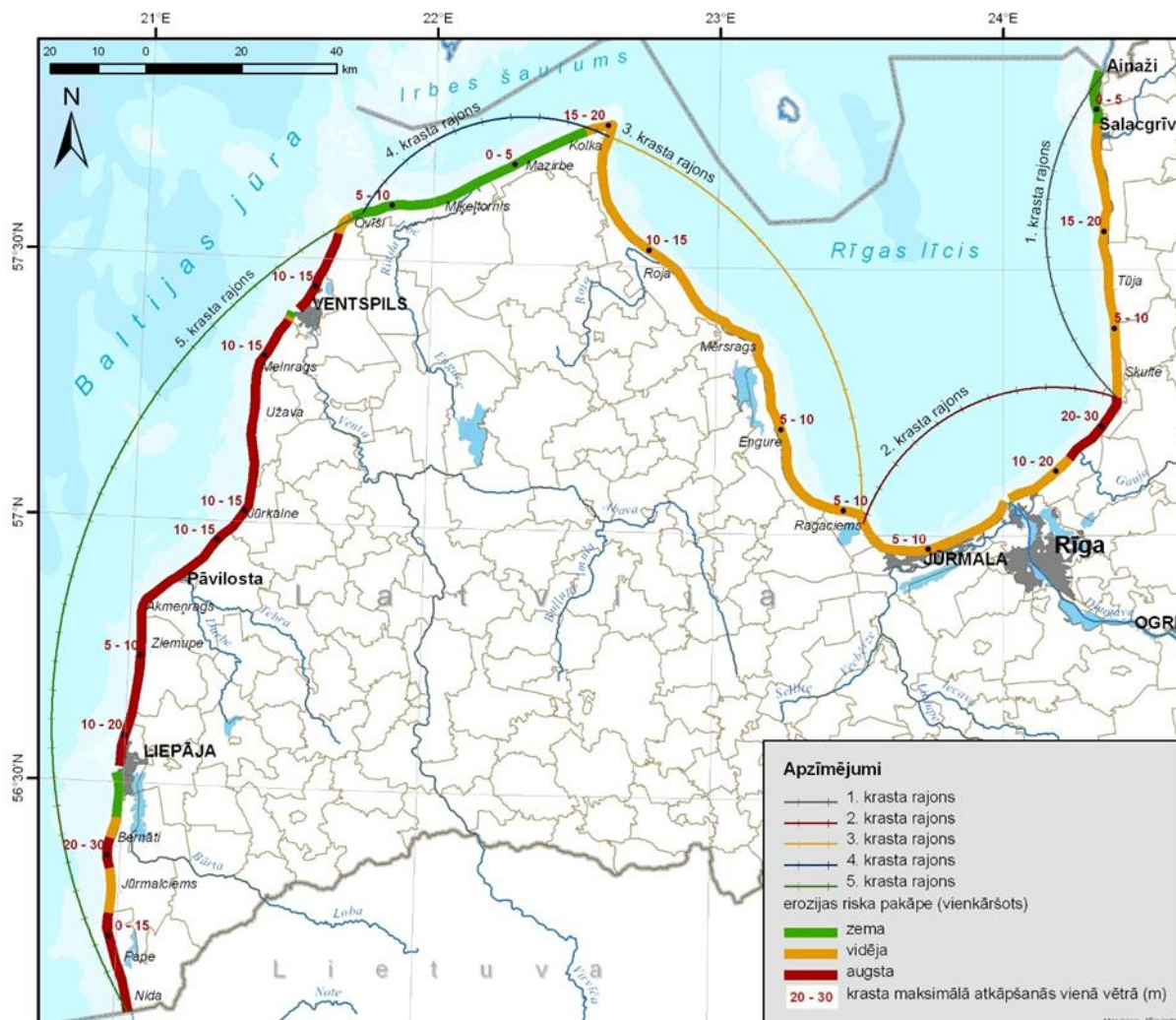
VPP ietvaros tika sagatavota arī vienkāršota rajonēšanas shēma par erozijas risku vietu sadalījumu, eroziju ietekmējošiem un veicinošiem faktoriem (2.7. attēls: KALME karte). Atbilstoši šai rajonēšanas shēmai, krasta erozijas risks ir izteikts kā funkcija no krasta vērsuma (orientācija pret reģionā tipiskajām rudens-ziemas vētrām) un krasta nogāzes ģeoloģiskās uzbūves, ņemot vērā arī smalkgraudaino sanešu rezerves krasta nogāzē. Neskatoties uz to, ka sagatavotā rajonēšanas shēma ir informatīva un ļauj labi novērtēt ievērojamās erozijas riska atšķirības, kuras pastāv starp dažādiem Latvijas piekrastes posmiem, ļoti augstais ģeneralizācijas līmenis apgrūtina tās izmantošanu praktisku/lokālu jautājumu un problēmsituāciju risināšanā.



Krasta erozijas prognoze Baltijas jūras Kurzemes ziemeļu piekrastē (2022. gads)



2.6. attēls. VPP KALME ietvaros sagatavotā Latvijas jūras krasta erozijas riska un atkāpšanās prognoze 2022. gadam (kartes fragments) (KALME, 2010).



2.7. attēls: VPP KALME ietvaros sagatavotā Latvijas jūras krasta erozijas riska rajonēšanas shēma (KALME, 2010).

Kopš 2009. gada jūras krasta ģeoloģisko procesu pētījumi Latvijā notiek samērā ierobežotā apjomā. LU Jūras krastu laboratorijā tiek veikti monitoringa tipa pētījumi par sanešu apjoma izmaiņām krasta nogāzes virsūdens daļā, eolā reljefa attīstības likumsakarībām un esošo krasta preterozijas risinājumu efektivitāti atsevišķiem krasta posmiem. Pētījumos izmantotie jūras krasta reljefa izmaiņu dati cita starpā tikuši iegūti arī augstāk aprakstītajā Jūras krasta monitoringa sistēmas stacionāru tīklā, tā nodrošinot sistēmas uzturēšanu, atjaunošanu un saglabājot monitoringa datu rindas nepārtrauktību.

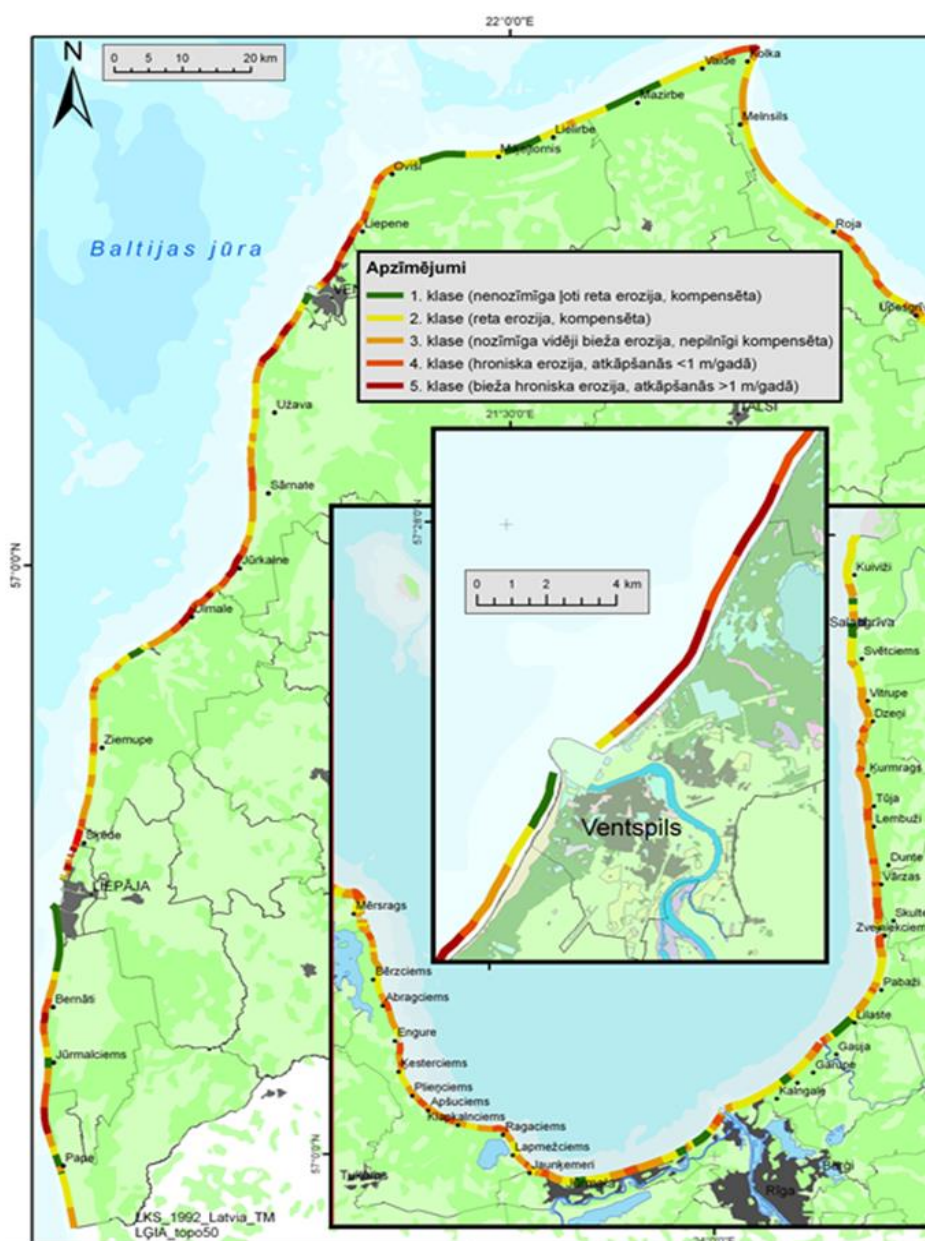
## 2.2. Metodiskā materiāla “Vadlīnijas jūras krasta erozijas seku mazināšanā” izstrādāto risinājumu izvērtējums

Igaunijas – Latvijas pārrobežu sadarbības programmas 2007.-2013. gadam līdzfinansēta projekta EU43084 “Piekrastes un jūras telpiskā plānošana Pērnavas līča teritorijā Igaunijā un Latvijas piekrastes pašvaldībās” ietvaros 2014. gadā LU ĢZZF tika sagatavots metodiskais materiāls „Vadlīnijas jūras krasta erozijas seku mazināšanai” (turpmāk – Vadlīnijas). Vadlīniju izstrādes ietvaros, aktualizējot un interpretējot esošos Latvijas jūras krasta ģeoloģisko procesu monitoringa datus, tika sagatavota detāla krasta iecirkņu erozijas riska iedalījuma shēma



atbilstoši esošajiem, un pētījuma periodam atbilstoši sagaidāmajiem, krasta erozijas parametriem: intensitātei, atkārtotamībai un kompensācijas pakāpei (2.8. attēls: Vadlīniju karte). Izdalītās erozijas riska klases īsumā raksturo:

- I klase (nenozīmīga epizodiska un kompensēta erozija);
- II klase (epizodiska kompensēta erozija);
- III klase (nozīmīga epizodiska erozija, kuras kompensācija nenotiek pilnā apmērā);
- IV klase (hroniska erozija, kas netiek kompensēta un rezultējās pamatkrasta recesijā ar ātrumu zem 1 m/gadā);
- V klase (hroniska erozija, kas netiek kompensēta un rezultējās intensīvā pamatkrasta recesijā ar ātrumu virs 1 m/gadā).



2.8. attēls. Metodiskā materiāla “Vadlīnijas jūras krasta erozijas seku mazināšanā” ietvaros izstrādātā jūras krasta erozijas riska rajonēšanas shēma (vienkāršots pārskata attēls).

Sagatavotās jūras krasta erozijas riska rajonēšanas shēmas izšķirtspēja atkarībā no konkrētas vietas aptuveni atbilst 50-100 m dabā. Vadlīnijās ietvertā krasta erozijas riska piecpakāpju rajonēšanas shēma tika sagatavota ņemot vērā tādus faktorus kā:

- krasta līnijas ekspozīcija pret tipiskajiem vēja virzieniem vētru laikā;
- krasta zemūdens nogāzes morfometriskie parametri;
- krasta nogāzes virsūdens daļas noturība pret vētras viļņu hidrodinamisko iedarbību;
- tipiskais vējuzplūdu augstums;
- esošā akumulācijas reljefa apjoms aktīvajā krasta zonā (priekškāpas un plašas pludmales klātbūtne);
- krasta (malas) ledus saglabāšanās ilgums;
- krasta nogāzes nepārtrauktību traucējoši apstākļi (ceļi, mazo upju grīvas, intensīva rekreācijas slodze, u. c.);
- krasta augstums;
- krasta preterozijas būvju klātbūtne;
- vēsturiskā sanešu akumulācijas intensitāte “bezvētru” periodos;
- rekreācijas slodze;
- veģetācijas klātbūtne aktīvajā krasta zonā.

Vadlīniju ietvaros tika izstrādātas krasta erozijas apsaimniekošanas rekomendācijas, kuru kopējais virsmērķis būtu gan esošās krasta erozijas radīto nevēlamo seku mazināšana, gan tādu apstākļu, kas var novest pie erozijas pastiprināšanās un kopējās krastu stabilitātes pazemināšanās, nepieļaušana. Rekomendācijas tika strukturētas atbilstoši erozijas riska pakāpei, tomēr to kopējā būtība bija ietekmes uz krasta zonai raksturīgajiem dabas procesiem mazināšana un krastu mākslīgošanas ierobežošana (samazinot preterozijas būvju segto krasta posmu kopgarumu, preterozijas konstrukciju būvapjomu, kā arī prioritizējot mazināšanas un dabas procesos balstītas krasta zonas apsaimniekošanas metodes):

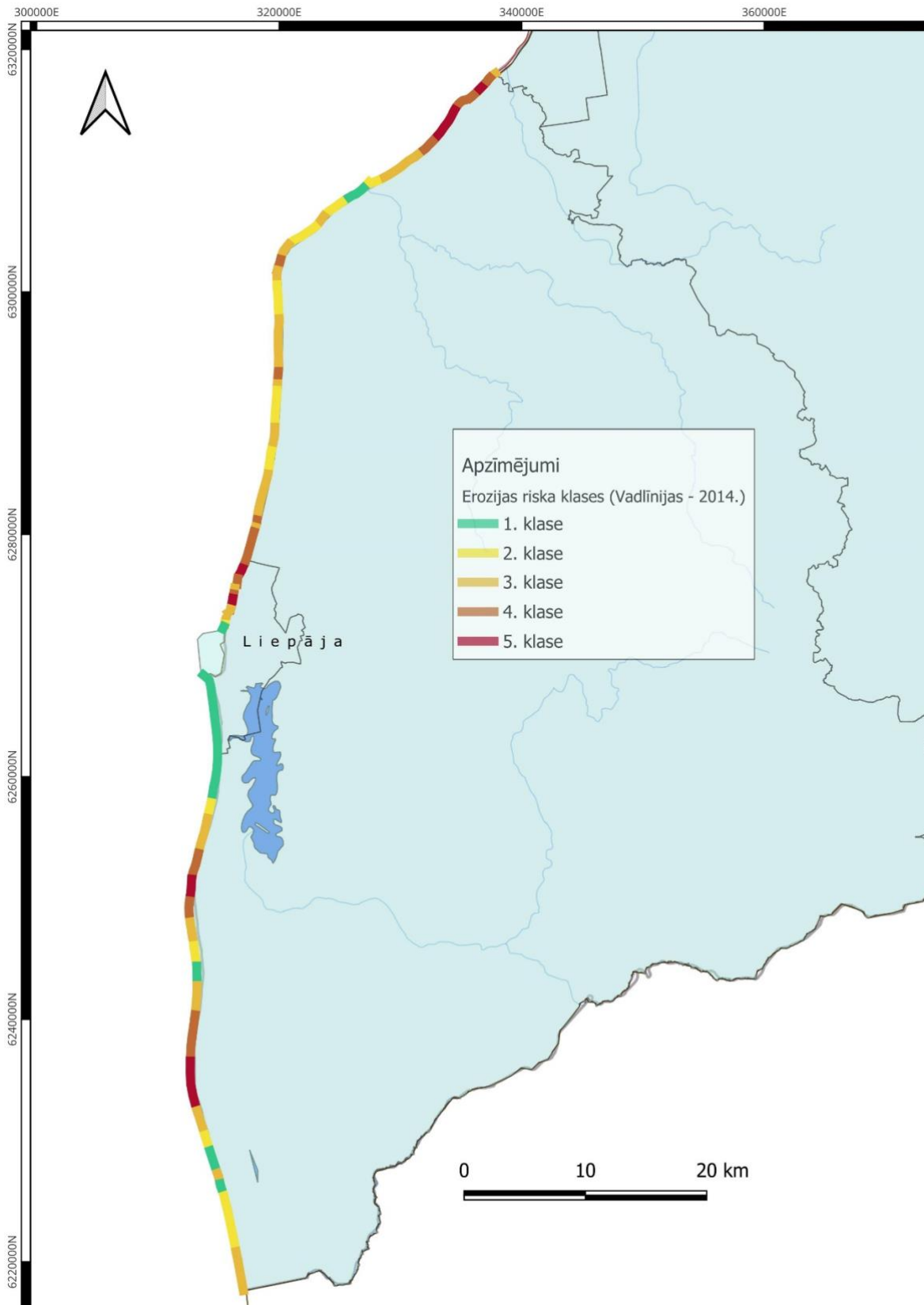
- I klase – jebkādas darbības, kas vērstas uz nākotnē iespējamās viļņu erozijas ierobežošanu, kā arī uz eolās akumulācijas papildu veicināšanu nav ieteicamas;
- II klase – jebkādas darbības, kas vērstas uz nākotnē iespējamās viļņu erozijas ierobežošanu, kā arī uz eolās akumulācijas papildu veicināšanu nav ieteicamas. Iecirkņos ar augstu rekreācijas slodzi ir ieteicama atpūtnieku ietekmē radīto krasta reljefa traucējumu novēršana un citi vienkārši ietekmi kompensējoši pasākumi;
- III klase – darbības, kas vērstas uz nākotnē iespējamās viļņu erozijas ierobežošanu, ir pieļaujamas tikai tajos krasta posmos, kur 10 gadu erozijas riska zonā vai tiešā tās tuvumā (<5 m) atrodas apbūve vai pastāvīgi infrastruktūras objekti. Ieteicamo erozijas apsaimniekošanas pasākumu tips – piebarošana (pludmales uzberšana) un “zaļie” pasākumi. Iecirkņos, kas tiek intensīvi izmantoti rekreācijā, jebkādu preterozijas būvju ierīkošana nav ieteicama;
- IV klase – darbības, kas vērstas uz nākotnē iespējamās viļņu erozijas ierobežošanu, ir pieļaujamas tikai tajos krasta posmos, kur 10 gadu erozijas riska zonā vai tiešā tās tuvumā (<5 m Rīgas līcī un <10 m Baltijas jūrā) atrodas apbūve vai pastāvīgi infrastruktūras objekti. Ieteicamo erozijas apsaimniekošanas pasākumu tips – intensīva piebarošana, “zaļie” pasākumi, izņēmuma gadījumos arī invazīvo (tradicionālo) preterozijas būvju ierīkošana;
- V klase – darbības, kas vērstas uz nākotnē iespējamās viļņu erozijas ierobežošanu, ir pieļaujamas tikai tajos krasta posmos, kur 10 gadu erozijas riska zonā vai tiešā tās tuvumā (<10 m) atrodas apbūve vai pastāvīgi infrastruktūras objekti. Pielietojamie



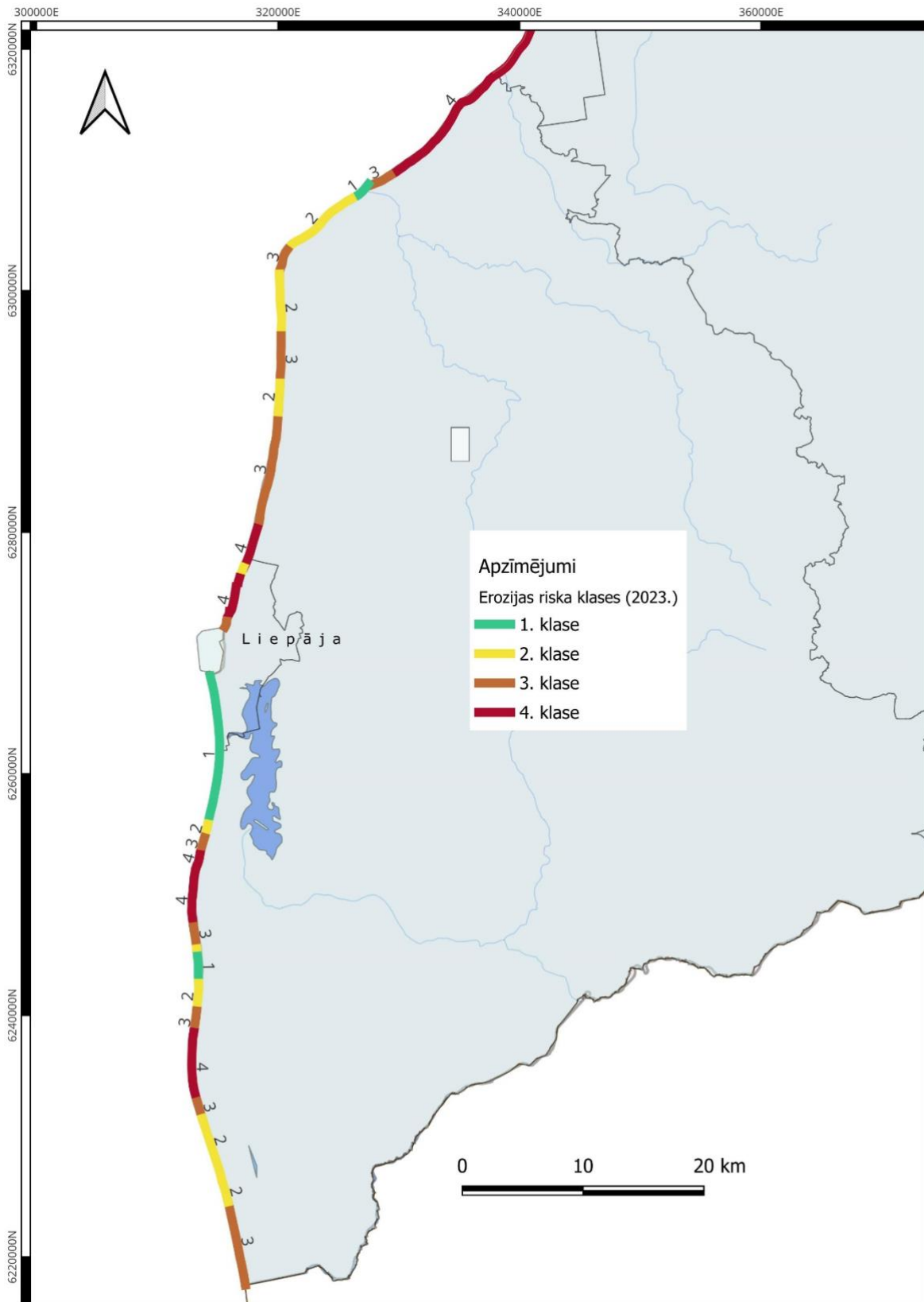
pasākumi prioritizējami sekojoši: piebarošana, vieglas un vienkāršas invazīvās preterozijas būves (daļēja krasta mākslīgošana).

Vadlīnijās ietvertais piecpakāpju krasta erozijas riska klašu dalījums salīdzinājumā ar četrpakāpju rajonēšanas shēmu, kura piedāvāta šajā projektā vizualizēts Dienvidkurzemes, Talsu un Limbažu novadu piemēros (2.9. attēls līdz 2.14. attēls).

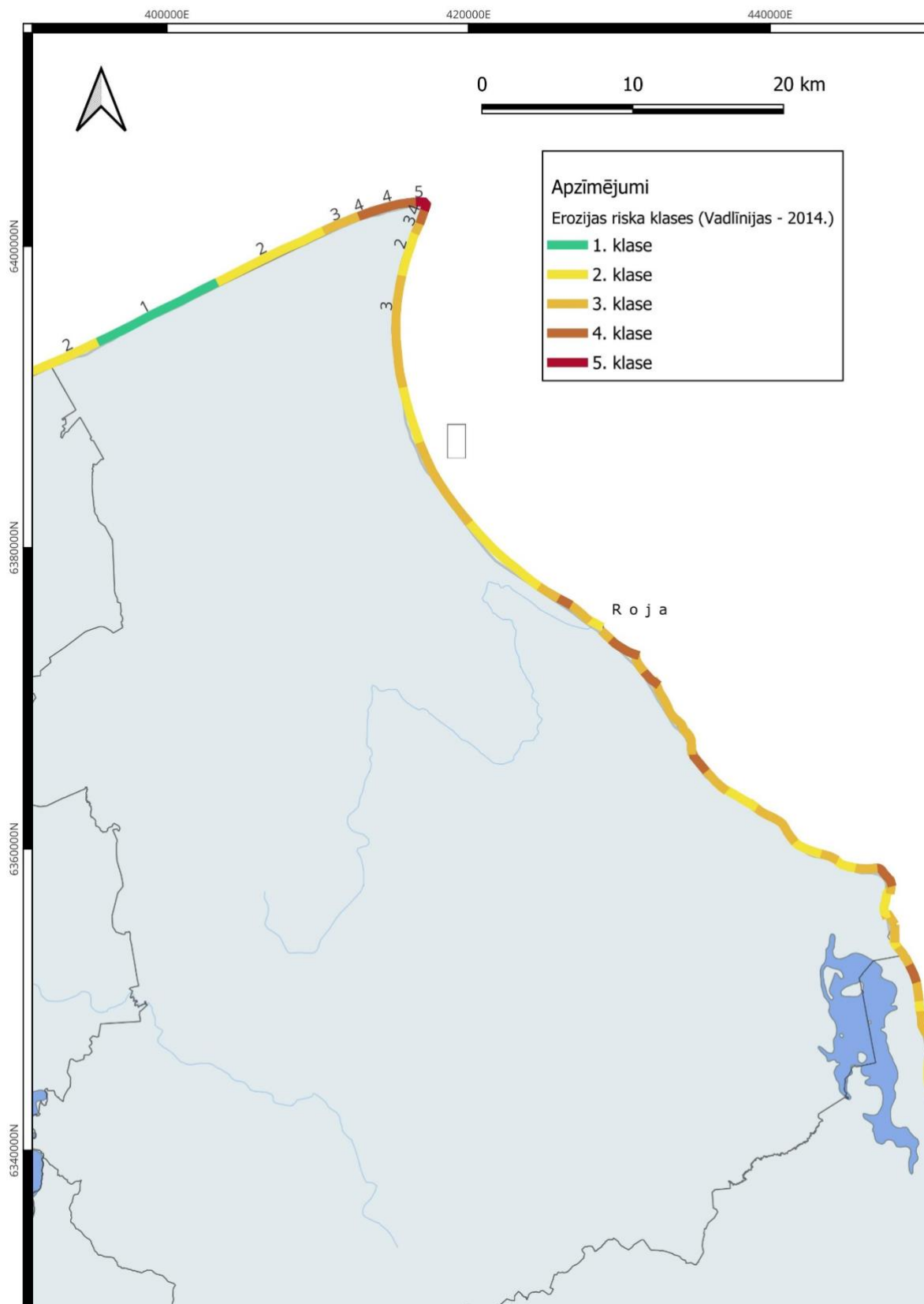
Laika periodā, kas pagājis kopš Vadlīniju izstrādes, būtiskas izmaiņas izpratnē par krasta erozijas apsaimniekošanas labo praksi nav notikušas. Dominējošā paradigma un ideju kopums joprojām saglabā pārliecinošu uzsvāru uz dabas aizsardzības nepieciešamību krasta apsaimniekošanā. Joprojām par aktuālu var uzskatīt Eiropas Komisijas 2004. gadā virzītā projekta "EUROSION" (Living with Coastal Erosion in Europe) galveno rezultātu – konceptuālās rekomendācijas krasta erozijas apsaimniekošanā, kuras raksturo uzsvārs uz dabas procesa nepārtrauktības nodrošināšanu (Salman, A., Lombardo, S., Doody, P.).



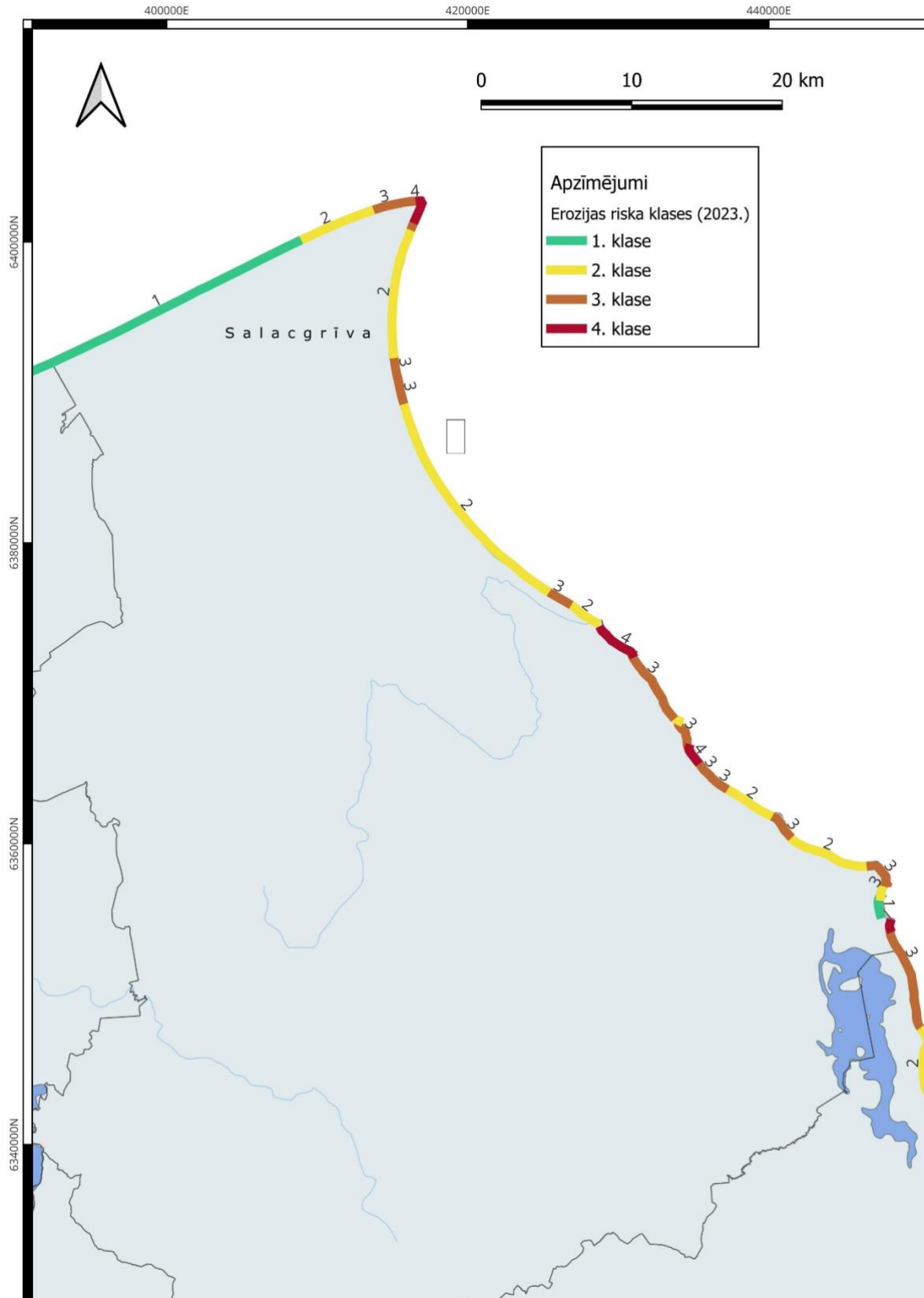
2.9. attēls. Krasta erozijas riska klases atbilstoši 2014. gadā izstrādātajām Vadlīnijām krasta erozijas seku mazināšanai (Dienvidkurzemes novads).



2.10. attēls. Krasta erozijas riska klases atbilstoši projektā piedāvātajam dalījumam (Dienvidkurzemes novads).

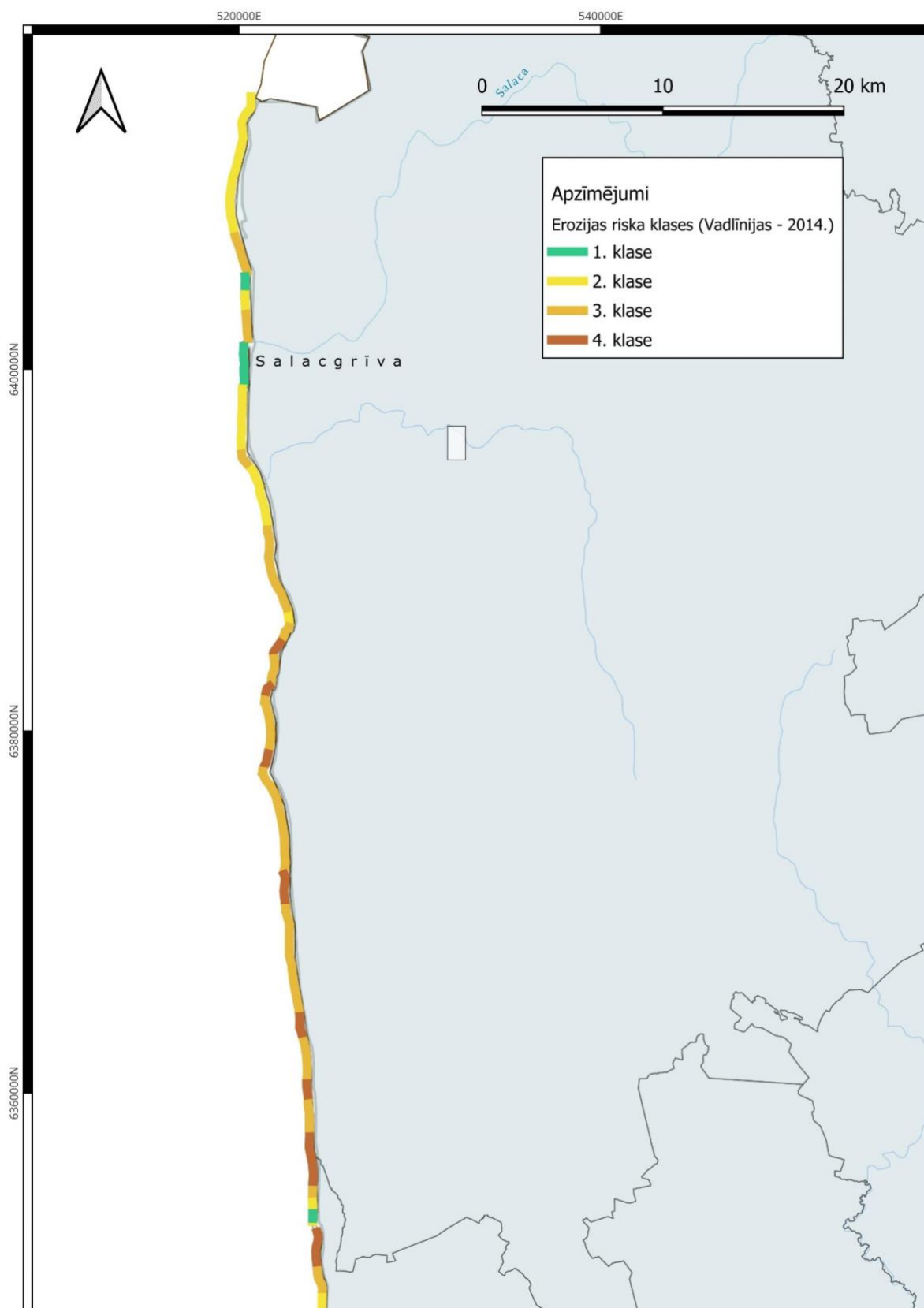


2.11.attēls. Krasta erozijas riska klases atbilstoši 2014. gadā izstrādātajām Vadlīnijām krasta erozijas seku mazināšanai (Talsu novads).

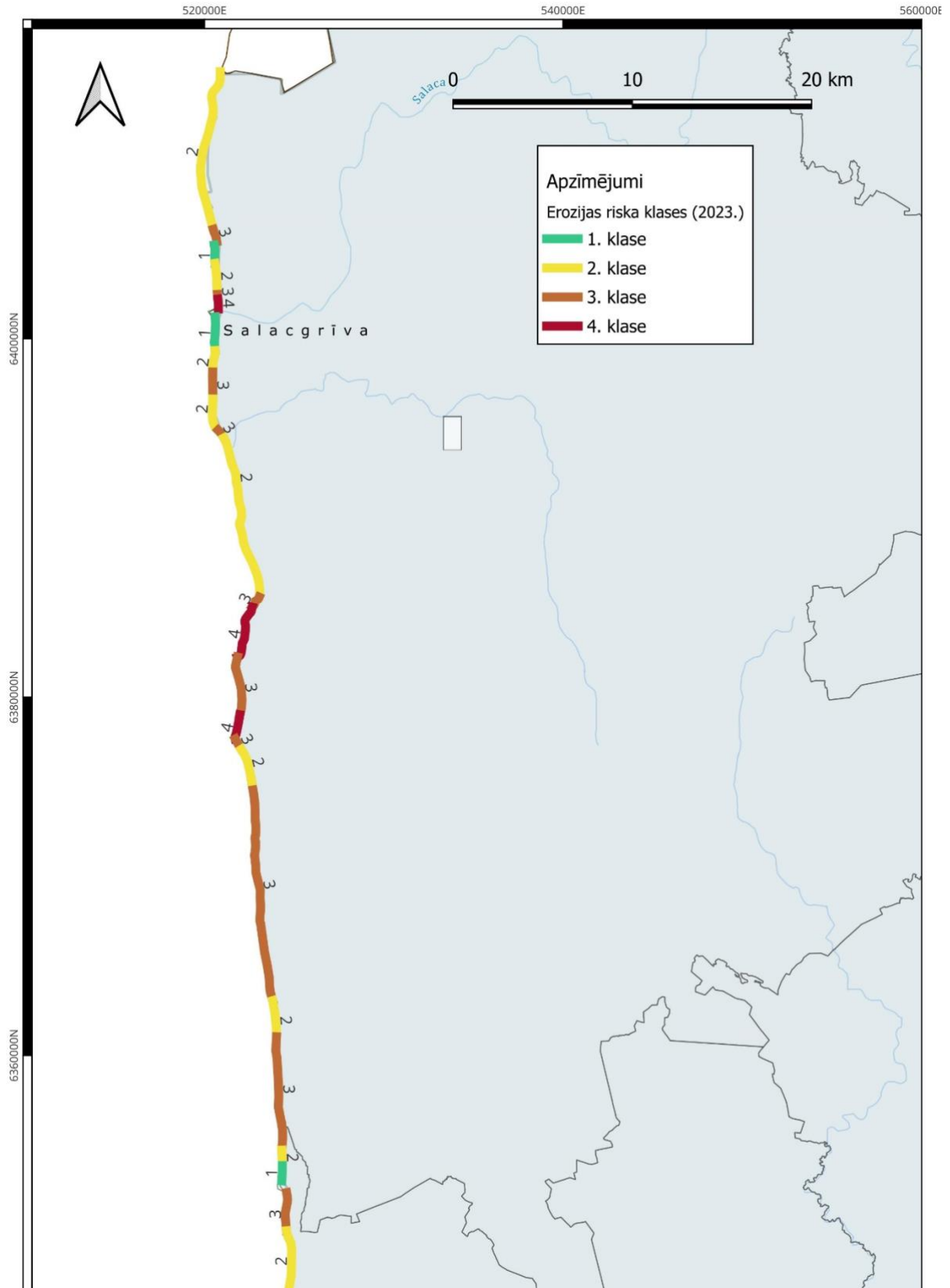


2.12. attēls. Krasta erozijas riska klases atbilstoši projektā piedāvātajam daļījumam (Talsu novads).





2.13. attēls. *Krasta erozijas riska klases atbilstoši 2014. gadā izstrādātajām Vadlīnijām krasta erozijas seku mazināšanai (Limbažu novads).*



2.14. attēls. Krasta erozijas riska klases atbilstoši projektā piedāvātajam dalījumam (Limbažu novads).

### 3. LABĀS PRAKSES PIEMĒRU EIROPĀ ANALĪZE – LIETUVA, POLIJA, IGAUNIJA

Lai identificētu, kas veicams Latvijā jūras krasta erozijas mazināšanas nolūkos, ir lietderīgi noskaidrot tuvējo valstu, kurās pastāv salīdzināmi ģeoloģiskie, hidrogrāfiskie, klimatiskie un hidrometeoroloģiskie apstākļi, piekrastes joslas izmantošanas un apsaimniekošanas prakses. Šajā nodaļā tiks apskatīta trīs valstu pieredze krasta erozijas apsaimniekošanā un krasta joslā pastāvošo izaicinājumu risināšanā, praksēm variējot no neiejaukšanās-pielāgošanās līdz stingrai aizsardzībai. Nodaļas izstrādes gaitā apkopota informācija no ziņojumiem un publikācijām, kurās atspoguļoti līdzšinējie pasākumi, kas veikti piekrastes zonu aizsardzībai.

No klintīm līdz liedagam - Baltijas jūras piekraste ir ģeomorfoloģiski daudzveidīga. Daudzviet turpina norisināties aktīvi ģeodinamiskie procesi, no zemes pacelšanās pēc ledāja atkāpšanās līdz eolajiem procesiem un vētru izraisītai erozijai. Krasta joslas reljefs daudzviet aktīvi pārveidojas, radot dažādus apsaimniekošanas sarežģījumus un grūti paredzamas izmaksas. Kā jau augstāk minēts, viens no būtiskākajiem faktoriem Baltijas jūras reģionā, kas nosaka aktualitāti un nepieciešamību pēc jūras krasta apsaimniekošanas pasākumu veikšanas, ir klimata pārmaiņu izraisīti izaicinājumi, tostarp biežāk novērots ledus segas trūkums ziemās, kā arī vidējā un maksimālā ūdens līmeņa paaugstināšanās. Baltijas jūras piekraste ir relatīvi blīvi apdzīvota, turklāt tā kalpo intensīvās kuģu satiksmes apkalpošanai ostās, kas rada nepieciešamību pēc pastāvošās infrastruktūras aizsardzības. Tas nozīmē, ka preterozijas pasākumu izvērē ir nepieciešama ekonomiskās, sociālās un vides dimensiju sabalansēšana, sekmējot ilgtspējīgu piekrastes joslas attīstību.

#### 3.1. LIETUVA

##### Pašreizējā situācija un aktuālie izaicinājumi

Žilinskas et al. (2021a) ziņojumā par 2014.-2020. gada piekrastes aizsardzības programmas ietvaros ieviesto pasākumu sekmēm norāda, ka Lietuvas krasta līnija ir aptuveni 90,66 km gara, ieskaitot Klaipēdas šauruma platumu. To veido piekrastes daļa, kas stiepjas no Latvijas robežas līdz Klaipēdai, un Kuršu kāpas daļa, kas stiepjas no Klaipēdas līdz Kaļiņingradas robežai. Par piekrastes zonu atbilstoši likumdošanai noteikta josla no 100-300 m no krasta iekšzemē, kā arī līdz 20 m izobātai jūrup. Īpaši aizsargājamās teritorijas aptver aptuveni 65,3 km jeb 72,3 % no piekrastes kopgaruma.

Ziņojumā norādīts, ka, atbilstoši 2014.-2021. gadā veiktā monitoringa datiem, Lietuvā dominē krasta līnijas atkāpšanās, taču arī akumulētais smilšu daudzums kopumā ir pieaudzis, uz ko norāda veiktie aprēķini, izmantojot piekrastes joslas šķērsprofilus. Viziteiktākā krasta erozijas intensitāte novērota pie robežas ar Latviju, uz ziemeļiem no Ošupes, uz ziemeļiem no Palangas un pie morēnas stāvkrastiem (starp Klaipēdu un Palangu). Savukārt akumulācija viziteiktāk norisinās uz dienvidiem no Sventājas un Giruļu pludmalē. Tiek norādīts, ka ūdens līnijas atrašanās vieta gadu no gada var krasi mainīties, pat par vairākiem metriem. Tādēļ erozijas un akumulācijas procesu bilanci korektāk ir noteikt, novērtējot nogulumu daudzuma izmaiņas, tostarp analizējot arī atšķirību starp smilšu daudzumu pludmalē un primārajās kāpās.

Monitoringa dati ziņojuma, autoruprāt, liecina par to, ka nepastāv tieša sakarība starp smilšu daudzumu pludmalē un primāro kāpu joslā. Kopējā pludmales smilšu daudzuma izmaiņas ir nebūtiskas, kopējam budžetam paliekot teju nemainīgam. Taču kopējā kāpu joslas smilšu

daudzuma izmaiņas uzrāda pozitīvu tendenci. Tādēļ tiek pieļauts, ka veiktie krasta aizsardzības pasākumi, iespējams, ir sekmīgi un samazina krasta erozijas intensitāti.

Arī Kuršu strēles krasta daļā novērota gan akumulācija gan erozija (2021a). Ziemeļu daļā no Smiltīnes līdz Alksnīnei un dienvidu daļā no Pervalkas līdz Nidai dominē sanešu akumulācija un piekrastes josla paplašinās, taču no Alksnīnes līdz Pervalkai dominē krasta līnijas atkāpšanās iekšzemes virzienā. Smilšu daudzuma izmaiņām pludmalē nav izteiktas tendences, nogulumu budžets palicis teju nemainīgs, vietām tam samazinoties, bet vietām pieaugot. Tīkmēr kāpu zonā vērojams smilšu daudzuma pieaugums. Tas, iespējams, liecina par īstenoto krasta joslas apsaimniekošanas pasākumu efektivitāti, atzīts ziņojumā.

Visievērojamākās krasta izmaiņas novērotas antropogēni ietekmētās vietās – abpus Klaipēdas un Sventājas ostu moliem, ap Palangas molu, kā arī Būtiņģē pie Būtiņģes naftas termināļa cauruļvada (2021a). Šie objekti aizkavē garkrasta sanešu plūsmu, radot sanešu deficītu un erozijas pastiprināšanos uz ziemeļiem no tiem.

Tāpat ziņojumā pausts, ka izteiktu slodzi rada arī rekreācija – tā kā Lietuvas piekrastes josla ir relatīvi īsa, bet atpūtnieku skaits, īpaši vasaras sezonā, ir liels, pludmale vietām tiek ļoti aktīvi izmantota. Lai nokļūtu pludmalē, apmeklētāji neizmanto tikai labiekārtotos celiņus un laipas, bet izstaigā arī taciņas kāpās. Nelabvēlīgu ietekmi izraisa arī velosipēdisti un kvadraciklisti, kas degradē kāpas un pludmali, pa to pārvietojoties ar braucamrīkiem. Paplašinās arī kūrortciemu apbūve. Nostaigāšana veicina kāpu joslas eroziju, kavējot veģetācijas attīstību un veicinot vēja erozijas attīstību.

### **Īstenotie un plānotie pasākumi**

Piekrastes josla Lietuvā tiek pārvaldīta atbilstoši attiecīgajā posmā noteiktajam prioritārajam lietojumam – tautsaimniecībai, apbūvei, rekreācijai vai dabai (LU ĢZZF, 2014). Tomēr dabas aizsardzība kā pastarpināta prioritāte paredzēta arī jebkura cita lietojuma ietvaros, līdz ar to Lietuvā visplašāk ieviesti “zaļie” pasākumi, hidrotehnisku preterozijas būvju ir maz. Žilinskas et al. (2021a) pauž, ka piekrastes pārvaldībā tiek uzsvērta kāpu biotopu un dabā balstītu risinājumu nozīme aizsardzībā pret applūšanu un vētru ietekmi.

2014.-2020. gada periodā Lietuvas jūras piekrastē īstenoti dažādi pasākumi kāpu erozijas ierobežošanai – izveidoti zaru pārklājumi, izvietotas kārklu pinumu sētiņas, uzbūvētas kāpnes un laipas vai ierīkoti grants/māla un grants celiņi. Kaut arī plānotais īstenoto pasākumu apmērs nav sasniegts, smilšu bilance liecina, ka arī īstenotie pasākumi sekmējuši piekrastes noturību. Visplašākie kāpu zaru pārklājumi Lietuvas piekrastes joslā izveidoti Kuršu kāpas nacionālajā parkā, bet visgarākais kārklu pinumu sētiņu tīkls ierīkots Klaipēdas pilsētas pludmalē.

Palangas pilsētā jau vairākas reizes ir veikta pludmales piebarošana ar smiltīm, pēdējās reizēs tās iegūstot Sventājas ostas ceļa padziļināšanas laikā 2018. gadā un atkrastē pie Jodkrantes ciema 2020. gadā. Dažādi infrastruktūras uzlabojumi un pludmales piebarošana ar smiltīm veikta arī dažviet Piejūras reģionālajā parkā un Būtiņģes ģeomorfoloģiskajā parkā.

Visvairāk finansējuma piekrastes apsaimniekošanas pasākumiem 2014.-2020. gadā iegūts no ES fondiem, kā arī Lietuvas Vides ministrijas un pašvaldībām. Krasta nostiprināšanai un rekreācijas infrastruktūras atjaunošanai piesaistīts ikgadējs finansējums, bet vienreizēji maksājumi piešķirti rekreācijas infrastruktūras izveidei, Palangas centrālo pludmaļu atjaunošanai, kā arī ārkārtas situācijās.

Piekrastes zonas apsaimniekošanas programmas 2014.-2020. gadam izpildes novērtējuma ietvaros izstrādāts Žilinskas et al. (2022) ziņojums “Krasta apsaimniekošanas pasākumu rekomendācijas 2021.-2030. gadam”. Tas balstīts uz programmas līdzšinējo pasākumu efektivitātes izvērtējuma rezultātiem, pasaules prakses analīzi, dabas procesu un antropogēnās darbības ietekmes uz krasta līniju pasākumu īstenošanas periodā izvērtējumu, kā arī Vides ministrijas sagatavoto programmas tehnisko specifikāciju 2021.-2030. gadam. Pasākumu rekomendācijas saskaņotas ar Kuršu kāpas nacionālā parka, Piejūras reģionālā parka un Palangas un Klaipēdas pilsētu pašvaldību administrāciju pārstāvjiem. Kopumā secināts, ka kopš 2004. gada veiktie pasākumi ir ierobežojuši smilšu pārvietošanos. Vienlaikus tiek norādīts, ka ne visur sanešu materiāla pārvietošanās ir jāierobežo, - vietām procesiem jāļauj noritēt, lai saglabātu bioloģisko daudzveidību. Krasta stabilizācijas pasākumi jāveic tikai vietās, kur erozija izraisa apdraudējumu.

Zemāk apkopoti Lietuvā 2014.-2020. gadā veiktie preterozijas pasākumi, kā arī 2021.-2030. gadā plānotie pasākumi.

**Posms: Sventāja, Palanga**

Posma garums, km: 20

Apsaimniekotājs: Palangas pilsētas pašvaldība

Prioritārais lietojums: rekreācija

Līdzšinējie pasākumi:

- būna uz ziemeļiem no Palangas mola-tilta (Palanga);
- pludmales piebarošana 2011., 2012. gadā (Palanga)

Ikgadējie pasākumi:

- zaru pārklājumi deflācijas gravās 50000 m<sup>2</sup>;
- kārklu pinumu sētiņas 6000 m;
- atjaunojamie celiņi 2500 m;
- atjaunojamās kāpnes 10 m;
- jauni celiņi 2350 m

Pašreizējie izaicinājumi:

- krasta erozija uz ziemeļiem no Sventājas ostas mola (Sventāja);
- smilšu pārpūšana ap skulptūru “Zvejnieka meitas”, veidojoties deflācijas ieplakai (Sventāja);
- krasta erozija starp Palangas molu-tiltu un Rāzes upes ieteku būnas un Palangas pludmales piebarošanas dēļ (Palanga);
- deflācijas ieplaku veidošanās smilšu pārpūšanas un rekreācijas slodzes dēļ (Palanga)

Rekomendētie pasākumi:

- veicot smilšu granulometriskā sastāva izpēti, par piemērotu atzīta Sventājas ostas ceļa padziļināšanas procesā iegūtu smilšu izmantošana Sventājas ziemeļu pludmales piebarošanai (Sventāja);
- veikt erodētā posma starp Palangas molu-tiltu un Rāzes upes ieteku piebarošanu, izmantojot smiltis, kas iegūtas, attīrot Rāzes upes grīvu (2-4 reizes gadā), un no pludmales posma abpus Palangas molam-tiltam, vienlaikus nodrošinot ūdens un sanešu plūsmu zem tā (Palanga)

Potenciālie pasākumi:

- iespēja pasākumus veikt vienlaikus ar Sventājas ostas rekonstrukciju, kura ir aizkavējusies (Sventāja);
- izmaksas tehniskajai realizācijai un finansējuma piesaiste abiem pasākumiem vai pasākumiem atsevišķi (Sventāja);
- krasta piebarošanas ilglaicīgu sekmju kritums ekstremālu vētru izraisītas pastiprinātas krasta noskalošanas ietekmē (Palanga)



**Posms: Būtiņģes ģeomorfoloģiskais rezervāts, Piejūras reģionālais parks**

Posma garums, km: 12,3 (Būtiņģes ģeomorfoloģiskais rezervāts), 1,93 (Piejūras reģionālais parks)

Apsaimniekotājs:

- Piejūras reģionālā parka administrācija (no 07.2022. Lietuvas Mazo aizsargājamo teritoriju administrācija);
- Klaipēdas rajona pašvaldība

Prioritārais lietojums: dabas aizsardzība

Ikgadējie pasākumi:

- zaru pārklājumi deflācijas gravās 2600 m<sup>2</sup> (Būtiņģes ģeomorfoloģiskais rezervāts);
- zaru pārklājumi deflācijas gravās 10200 m<sup>2</sup> (Piejūras reģionālais parks);
- kārklu pinumu sētiņas 1200 m (Piejūras reģionālais parks);
- atjaunojamie celiņi 550 m (Piejūras reģionālais parks);
- atjaunojamās kāpnes 70 m (Piejūras reģionālais parks)

Rekomendētie pasākumi:

- lai mazinātu rekreācijas slodzi, ierīkojami vismaz 2 celiņi aptuveni 300 m garumā (Būtiņģes ģeomorfoloģiskais rezervāts)

**Posms: Klaipēda**

Posma garums, km: 5,6

Apsaimniekotājs: Klaipēdas pilsētas pašvaldība

Prioritārais lietojums: rekreācija

Ikgadējie pasākumi:

- zaru pārklājumi deflācijas gravās 10200 m<sup>2</sup>;
- kārklu pinumu sētiņas 900 m;
- atjaunojamie celiņi 1500 m;
- atjaunojamās kāpnes 40 m;
- jauni celiņi 750 m

Pašreizējie izaicinājumi:

- krasta erozija uz ziemeļiem no Klaipēdas ostas ziemeļu mola līdz Melnraģes I pludmalei

Rekomendētie pasākumi:

- regulāri papildināma zemūdens uzbērums (mākslīgā sēkļa) ar platumu 110-130 m pie pamatnes un 50-60m augšdaļā un augšdaļas augstumu līdz 1 m zjl. izveide starp 2,0 un 3,5 m izobātām, smiltis iegūstot no Klaipēdas ostas ceļa padziļināšanas, uzbērums kalpojot kā viļņlauzīm un izskalojotajām smiltīm nogulsņējoties turpat pludmalē vai netālu uz ziemeļiem no tās (metode iepriekš sekmīgi pielietota Melnraģes-Giruļu krasta līnijas stabilizēšanai 2000.-2001. gadā);
- sekojoša kāpu joslas nostiprināšana un rekreācijas infrastruktūras, celiņu un kāpņu, izveide

**Posms: Kuršu kāpa**

Posma garums, km: 50,03

Apsaimniekotājs:

- Kuršu kāpas nacionālā parka administrācija;
- Klaipēdas pilsētas pašvaldība;
- Neringas pašvaldība

Prioritārais lietojums: dabas aizsardzība

Ikgadējie pasākumi:

- zaru pārklājumi deflācijas gravās 40200 m<sup>2</sup> (līdz 60000 m<sup>2</sup> "ekstremālos" gados);
- kārklu pinumu sētiņas 2000 m;
- atjaunojamie celiņi 2000 m;
- atjaunojamās kāpnes 700 m;
- jauni celiņi 220 m;
- jaunas kāpnes 160 m

Nemot vērā finanšu iespēju un saskaņošanas procedūru laiktelpīguma radītos ierobežojumus, Žilinskas et al. (2022) noteikuši jutīgākos prioritāri apsaimniekojamos Lietuvas piekrastes posmus. Izvērtēts krasta esošais stāvoklis un ģeodinamiskās tendences, izmantošanas raksturs

un intensitāte, iespējamo dabisko vai antropogēno izmaiņu ietekme uz piekrastes stāvokli, kā arī veikta iespējamo darbību izmaksu un ieguvumu analīze. Augstākminētie piekrastes posmi atzīti par prioritāriem. Identificēti turpmāk veicamie pasākumi.

### **Bezkonstrukciju pasākumi (manipulācijas ar sanešu materiālu)**

***Kāpu nostiprināšana un atjaunošana, pludmales un zemūdens nogāzes piebarošana***, - kā dabā balstīts risinājums, kas pasargā piekrasti no erozijas vētru laikā un noskalošanās jūras ūdens līmeņa celšanās rezultātā, tādējādi pielāgojoties arī klimata pārmaiņu ietekmei, uzsvērts gan Žilinskas et al. (2021a), gan Žilinskas et al. (2022) ziņojumos. Smilšu uzkrāšanās kāpās pats par sevi ir vērā ņemams krasta aizsardzības risinājums, tostarp pret klimata pārmaiņu ietekmi nākotnē, – vētru laikā kāpas pasargā piekrastes joslā esošās ēkas un infrastruktūras objektus no applūšanas, kā arī smiltis, kas uzkrājušās kāpās, var atjaunot erodēto pludmali.

Pludmales piebarošana aktīvi kopš 2006. gada norisinās Palangā. Kaut arī nereti tiek uzskatīts, ka piebarošana ir nelietderīga uzbūvētā materiāla neizbēgamās aizskalošanas dēļ, monitoringa dati liecina, ka no 2012. līdz 2020. gadam aizskaloti bija vien 30 % no šajā laika periodā Lietuvas piekrastē papildināto smilšu daudzuma, kas ir zems rādītājs, ņemot vērā, ka pa šo laiku norisinājušās 2 spēcīgas vētras. Turklāt noskalotais materiāls uzkrājas turpat krasta tālākā posmā.

Savukārt Klaipēdas apvidū starp Melnraģi un Giruļiem kopš 2001. gada ar smiltīm tikusi piebarota piekrastes zemūdens nogāze, norāda Žilinskas et al. (2021b). Smiltis iegūtas, padziļinot Klaipēdas ostas kanālu. 2001.-2002. gadā veikts eksperiments, kurā smiltis izbērtas starp 3,5-5 m izobātu un 4,5-6,5-7 m izobātām, un 7 mēnešu laikā 61,2 % no smiltīm sasnieguši piekrastes joslu no 3,5 m izobātas līdz krasta līnijai. Secināts, ka lietderīgāk smiltis izbērt ir aptuveni 4 m dziļumā vai seklāk, tādējādi efektivitāte ir visaugstākā. Tomēr tas ir relatīvi dārgi un laikietilpīgi.

### **“Zaļie” pasākumi - biotehniskie risinājumi**

***Kāpu virsotņu, nogāžu un starpkāpu ieplaku pārklāšana ar zariem*** - lai kavētu smilšu pārpūšanu, noslīdēšanu un izstaigāšanu. Žilinskas et al. (2022) ziņojumā uzsvērts, ka zaru pārklājums palīdz saglabāt arī augtenes mitrumu, sekmējot veģetācijas nostiprināšanos, turklāt, zariem pēc ilgāka laika sadaloties, augtene tiek bagātināta ar organiskajām vielām. Ja veģetācija nav izveidojusies, pārklāšana jāatkārto ik pēc 2-3 gadiem, taču, ja ir, smilšu pārvietošanās var tikt novērsta pat uz gadu desmitiem.

***Zaru pinumu sētiņu izvietošana*** - lai novērstu deflācijas ieplaku veidošanos, saglabātu kāpu joslu un palīdzētu iztaisnoties un atjaunoties piekrastes profilam (Žilinskas et al. 2022). Sētiņas tiek izvietotas kāpu virsotnēs un nogāzēs, kā arī ap gājēju celiņiem un laipām, lai pasargātu tās no sabrukšanas un appūšanas ar smiltīm. Ja to pielietošana paredzēta plašākā lēzenā platībā, tās tiek izvietotas režģveidīgi. Lapkoku zaru pinumu sētiņas jāatjauno ik pēc 2-4 gadiem, taču priežu saglabājas līdz pat 10 gadiem. Sētiņas vēlams uzstādīt pavasarī, lai vasarā, kad laikapstākļi ir labvēlīgi, tās varētu nostiprināties smiltīs.

***Nostiprināšana ar zaru stirpām*** - ja kāpas nogāze ir deformēta vai saraustīta vai ja kāpa ir zema, lai sekmētu smilšu uzkrāšanos un kāpas atjaunošanos, kā arī ierobežotu smilšu pārpūšanu iekšzemes virzienā (Žilinskas et al. 2022). Rekomendētais stirpas platums ir 1,5-1,8

m un augstums 0,5-0,8 m. Stirpu veidošana sekmīgi pielietota Nemirsetas raga dienvidu pusē un Kopgaļos.

**Rekreācijas infrastruktūras izveide** - lai mazinātu kāpu joslas degradāciju rekreācijas slodzes rezultātā. Daudzviet rekreācijas infrastruktūras, taku un kāpņu, pārklājums ir pietiekams, taču vietām tas neatbilst rekreācijas slodzei. Tādēļ ir būtiski rekreācijas infrastruktūras plānošanu un ierīkošanu veikt, sekojot līdzī piekrastes joslā esošo apdzīvoto vietu attīstības tendencēm un infrastruktūras objektu, piemēram, autostāvvietu, izbūvei. Celiņus un kāpnes ieteicams izvietot ik pēc 50-60 m gar krasta līniju vietās, kur rekreācijas slodze ir liela, bet ik pēc 100-150 m vietās, kur tā ir zemāka. Lai pacēlumam virs zemes jābūt 10-15 cm. Lai mazinātu kāpņu bojājumus vētru periodā, kur tas ir pieļaujams, to pamatus iespējams ieburt pludmalē, kā arī, ja nepieciešams, kāpas nogāzē vai virsotnē. Infrastruktūras demontāža uz šo periodu nav labākais risinājums, ņemot vērā demontāžas un rekonstrukcijas darbu nelabvēlīgo ietekmi uz vidi. Turklāt arvien biežāk jūrmala tiek apmeklēta arī rudenī, ziemā un pavasarī. Lai ierobežotu pārvietošanos pa nelabiekārtotajām takām, tās iespējams pārklāt ar zariem, kā arī uzstādot brīdinājuma zīmes, kas norāda uz tuvāko labiekārtoto taku, kā tas sekmīgi īstenots Nidas dienvidu daļā. Nelabvēlīgu ietekmi izraisa ne vien kāpu izstaigāšana, bet arī kāpu izbraukāšana ar velosipēdiem. Ņemot vērā, ka teju gar visu Lietuvas jūras piekrastes līniju ierīkots veloceliņš, kāpnes vēlams aprīkot ar reni, pa kuru pārvietot velosipēdus, kā tas sekmīgi īstenots Kuršu kāpā. Jāņem vērā arī infrastruktūras atjaunošanas biežums, tai nolietojoties vai tiekot tīši vai dabiski bojātai. Krasti, kuros norisinās sanešu akumulācija, ir biežāk pakļauti applūšanai, savukārt krasti, kur dominē erozija, - sabrukšanai. Ņemot vērā minētos apstākļus, vidēji gadā būtu jāparedz finansējums un jāatjauno 20-30 % celiņu un kāpņu. Finansējuma pārpalikuma gadījumā to var novirzīt jaunas infrastruktūras izveidei (Žilinskas et al. 2022).

## 3.2. POLIJA

### Pašreizējā situācija un aktuālie izaicinājumi

Polijas pieredzes jūras piekrastes aizsardzībā pārskats izveidots, balstoties uz Łabuz (2023) izstrādāto ziņojumu "Piekrastes aizsardzības metodes un to ietekme uz Polijas Baltijas jūras piekrastes dabisko vidi", kurā izvērtēti Polijas Jūras krasta aizsardzības programmas 2004.-2023. gadam rezultāti, apskatot plānotos un realizētos pasākumus.

Atklātas jūras krasta līnija Polijā ir aptuveni 500 km gara. Atkarībā no krasta tipa piekrastes joslas aizsardzības tehniskā josla ir 10-1000 m plata, papildus tiek nozīmētai arī 2500 m aizsargjoslai. Baltijas jūras piekrastes nogulumu sastāvs un krasta ģeomorfoloģija ir līdzīga apstākļiem Latvijā. Aptuveni 85 % piekrastes joslas veido smilšainas kāpas, bet ap 15 % – viegli izskalojamos iežos veidojušies stāvkrasti. Stāvkrasti sastopami daudzviet, 0,5-10,0 km garos posmos, pamīšus ar lēzeniem un akumulatīviem krastiem.

Garkrasta sanešu plūsma Polijas piekrastē valdošo rietumvēju ietekmē lielākoties virzās no rietumiem uz austrumiem, taču vietām hidrotehnisko būvju ietekmes rezultātā garkrasta sanešu pārvietošanās ir traucēta.

Stipras vētras var izraisīt vējuzplūdus, kas, palīdzot stiprām lietavām, ledus kušanas ūdeņu pieplūdumam un ledus sastrēgumiem, var izraisīt jūrā ieplūstošo upju grīvu applūšanu, kā arī erodēt kāpu joslu, jūras ūdenim nereti applūdinot plašas zemās teritorijas aiz kāpu "aizsargbarjeras". Ar to saskaras Svinas un Dzivnas upju un Svinoujsces un Dzivnovas pilsētu apvidū, Helas pussalā, kā arī strēlēs, kas atklāto jūru šķir no Jamno, Bukovas un citiem piekrastes ezeriem, Vislas lagūnas un citviet. Kāpām tiek noskalotām, krastmala kļūst

nenoturīgāka arī pret turpmāko vētru ietekmi. Turklāt degradētas tiek ne tikai kāpas, bet arī pludmales, tostarp nule atjaunotās un piebarotās.

Jūras līmeņa svārstību amplitūda aprakstīto ietekmju rezultātā pie Svinoujsces ir 3,2 m, pie Kolobžegas 3,4 m, bet Gdaņskā 2,6 m. Bet relatīvais jūras līmenis Svinoujscē pēdējos 200 gadus paaugstinās par 0,1 cm gadā. Pieaug to krasta posmu kopgarums, kuros norisinās hroniska krasta erozija un vēja deflācija. Polijā pēdējo 100 gadu laikā krasta līnija atkāpjas iekšzemes virzienā vidēji par 0,1 m gadā.

Piekrastes aizsardzības nolūkos izveidots daudz īpaši aizsargājamo teritoriju. 2013. gadā tie bija 2 nacionālie parki, 3 ainavu parki, 212 dabas rezervāti, Natura 2000 teritorijas, atsevišķu sugu vai dabas pieminekļu aizsardzības teritorijas - kopumā vairāk nekā 2571 dažādi aizsardzības objekti. Aizsargāta tiek ne tikai krasta josla, bet arī tuvējās lagūnas, līči un upju grīvas.

Piekrastes joslā, it īpaši upju grīvu tuvumā, vēsturiski attīstījies apdzīvojums un noritējuši aktīva saimnieciskā darbība, tostarp zvejniecība un jūrniecība. Ņemot vērā piekrastes dzīves vides pievilcīgumu un rekreācijas iespējas pludmalē, izveidojusies arī plaša tūrisma industrija.

Apbūvējot piekrasti, tostarp kāpu joslu, degradētas plašas piekrastes biotopu teritorijas un zaudēta dabiskā iekšzemi aizsargājošā krasta barjera. Šī problēma arvien aktuālāka kļūst Dzivnovā, Ņehožē, Sarbinovo, Mielno, Darlovo, Ustkā. Par problemātiskām ir uzskatāmas arī apdzīvotas vietas uz kāpu strēlēm, piemēram, Jurata, Jastarņa, Hela. Krasta atkāpšanās rada ilgtermiņa risku Revala-Ņehože, Gaski, Jastšembe Gura u. c.

Intensīvas rekreācijas zonās sezonāli notiekošās aktivitātes saistāmas ar tiešu jūrmalas, īpaši kāpu, degradāciju, tās izmīdot un šķeļot, sekmējot deflācijas ieplaku veidošanos, iznīcinot kāpas nostiprinošo veģetāciju, palīdzot ieviesties sinantropām, invazīvām un agresīvām augu sugām, kā arī piesārņojot vidi. Palielinoties apmeklētāju skaitam, palielinās arī nekontrolētu piekļuves vietu skaits. Bieži, ierīkojot rekreācijas infrastruktūru ar nolūku mazināt ietekmi uz piekrasti, netiek ņemti vērā ģeodinamiskie procesi, kas būtiski var samazināt īstenoto pasākumu efektivitāti.

Cits būtisks jūras krasta stabilitātes apdraudējums ir ostu un tai piederīgās infrastruktūras klātbūtne. Ostas ierīkotas pie upju grīvām Gdiņā, Gdaņskā, Svinoujscē, Dzivnovā, Mzezino, Dzvirzino, Kolobžegā, Darlovekā, Ustkā, Rovā, Ļebā. Konstatēts, ka pastāv ostu būvju ietekme uz sanešu apmaiņu vairāku simtu metru līdz vairāku km garos posmos abpus ostām.

Krasta iecirknī pie Vicko krasta erozijas ierobežošanai īstenoti tradicionālie (invazīvie) krasta nostiprināšanas pasākumi. Līdz tam erodētie saneši papildinājuši krastu pie apdzīvotām vietām uz austrumiem, taču šobrīd šī sanešu plūsma ir traucēta, kā rezultātā krasta līnijas atkāpšanās iekšzemes virzienā norisināsies citviet piekrastē (Turczyn 2014). Piekrastes zonā tuvākajā nākotnē plānots būvēt atomelektrostaciju, taču līdzšinējos plānos kā potenciālās atrašanās vietas minētas lokācijas, kurās norisinās krasta erozija, kas ilgākā laika periodā var radīt izaicinājumus. Pašlaik kā plānotā atrašanās vieta nosaukta Lubjatovo-Kopalino (Sawicki 2023).

## **Realizētie un plānotie pasākumi**

Baltijas jūras krastā Polijā preterozijas būvju skaits un segto krasta iecirkņu kopgarums ir visai ievērojams. Pasākumi erozijas novēršanai tiek veikti jau kopš 19. gadsimta. Galvenokārt tikušas izmantotas tradicionālās metodes (preterozijas hidrotehniskās būves). Pēdējo gadu desmitu laikā popularitāti ieguvusi pludmales piebarošana un biotehniskie pasākumi kā zaru sētiņas, zaru pārklājumi un stādījumi.

Pasīvās un aktīvās aizsardzības krasta līnijai paralēlas un perpendikulāras hidrotehniskās būves tiek izmantotas krasta posmos, kuros ir blīva apbūve, kā arī kur atrodas infrastruktūras objekti (3.1. tabula).

3.1. tabula

### Krasta erozijas apsaimniekošanas pasākumi Polijā (pēc Łabuz 2013)

Krasta tips	Risinājums	Funkcija	Lokācija
lēzens krasts, kāpas	zaru sētiņas, kāpu augu stādījumi	vēja erozijas novēršana	daudzviet piekrastē
lēzens krasts, kāpas	būnas	sanešu uzkrāšanās veicināšana mērķa teritorijā	Dzivnova, Mżezino, Kolobżega, Sarbinowo, Mielno, Ustka, Kuzņica
lēzens krasts, kāpas	banketes vai gabioni mākslīgas kāpas kodolā	krasta zonas barjerfunkcijas atjaunošana	Meņdzizdroje, Dzivnova, Karvija, Kuzņica
zemās piejūras teritorijas	dambji	aplūšanas novēršana vējuzplūdos	Karvjenskije Blota, Kopanna, gar Œcecinas un Vislas lagūnām
jūras stāvkrasts	rip-rap, banketes, gabioni, ģeotekstila pārklājumi, atbangošanas sienas (krasta mākslīgošana)	viļņu iedarbības uz krasta nogāzi mazināšana	Rozeve, Jastšembe Gora, Jaroslaveca, Ustrona, Morski Ņehoże, Revoża, Revezno

### Masīvas hidrotehniskās būves - inženiertehniskie risinājumi

**Būnas** tiek izmantotas krasta posmos ar pozitīvu sanešu bilanci. Tās visbiežāk ir veidotas no ūdens plūsmu necaurlaidīgas vai daļēji caurlaidīgas koka pāļu rindas, kas iestiepjas jūrā 100-200 m attālumā no pludmales (līdz pirmajam sēklim). Distancei starp būnām ir jābūt aptuveni vienādai ar to garumu. Būnas viļņu plūsmu novirza perpendikulāri krasta līnijai, kā rezultātā sanešu plūsma gar krastu tiek kavēta un tie akumulējas turpat pirms būnām.

Kaut arī tās efektīvi aiztur sanešus, piekrastes posmā aiz būnām pastiprināti norisinās erozija ierobežotās garkrasta sanešu plūsmas dēļ. Tas ticis novērots, piemēram, Helas pussalā, kur būnu uzbūve aizsāka jau pagājušā gadsimta vidū, - krasta posms, kurā tās izvietotas, periodiski ticis pagarināts, līdz nolemts veikt pludmales piebarošanu aiz būnām. 1967.-1968. gadā savukārt veikts eksperiments, instalējot T-veida būnas, kuru daļa, kas perpendikulāra krasta līnijai, darbojas kā viļņlauzis, apturot viļņu aizplūšanu no krasta un palīdzot nogulsnēt papildu sanešus. Eksperimenta rezultāti, kas pauž, ka aizturēto sanešu daudzums nepalielinājās, izvēlētajā piekrastes posma dēļ T-veida būnu paaugstināto efektivitāti neapstiprināja. Arī šajā gadsimtā atsevišķās vietās uzstādītas būnas, taču to efektivitāti vēl nepieciešams izvērtēt.

Viļņlauži tiek izvietoti piekrastes posmos, kuros atrodas nozīmīgi infrastruktūras objekti. **Virsūdens viļņlauži jeb moli** ir betona, betona prizmu/tetrapodu krāvumu vai laukakmeņu



krāvumu konstrukcijas, kas novietotas paralēli vai leņķī pret krasta līniju un iestiepjas jūrā 200-1400 m garumā. Tie slāpē viļņu enerģiju, palīdzot saglabāt krasta līniju. Risinājumi visbiežāk tiek pielietoti, lai pasargātu ostu vārtus, baseinus un piestātnes, kas nereti atrodas upju grīvās. Polijā moli ierīkoti Kolobžegā, Darlovekā, Ustkā, Vladislavovo, Ņehožē, Svinoujscē, pie Jamno ezera kanāla un citviet. Piekrastes posmos aiz tiem novērojama krasta erozija sanešu plūsmas ierobežošanas rezultātā, savukārt pirms moliem – sanešu akumulācija.

**Zemūdens viļņlauži** savukārt tiek veidoti, imitējot sēkļu funkcionalitāti. Arī to darbība saistāma ar viļņu spēka mazināšanu un viļņu izkliedi aiz tiem, ierobežojot sanešu aizplūdi un sekmējot to sedimentāciju, nosargājot pludmali. Taču līdzīgi kā molu gadījumā, piekrastes posmā aiz viļņlaužiem tiek novērots sanešu deficīts, kā arī tiek kavēta ūdens apmaiņa starp jūru un piekrasti. Netālu no Orlovas raga, lai aizsargātu klintis no erozijas un tuvējo zvejas ostu, 2005. gadā tikuši ierīkoti trīs secīgi zemūdens viļņlauži – ap 19 m plati un 70 m gari un ar 45 un 55 m attālumu starp tiem 0,3 m dziļumā zem ūdens virsmas. 2011. gadā publicētā preterozijas pasākumu izvērtējumā konstatēts, ka klintis uz DA no raga skārusi erozija, -spēcīgu vētru gadījumā ar šādiem risinājumiem nepietiek, lai apturētu krasta noskalošanos. Tikmēr 2012. gadā zemūdens viļņlauzis 3 km garumā ierīkots Kolobžegas piekrastē, papildus ierīkojot arī būnas un piebarojot un atjaunojot pludmali. Taču situācijas analīzē secināts, ka arī šis risinājums nelīdzēs spēcīgas vētras gadījumā, bilanci pieņemtajiem sanešiem tiekot aizskalošiem.

**Atbangošanas sienas, rip-rap un banketes** ir preterozijas būves, kuras paralēli krasta līnijai izbūvē sauszemē un kuru uzdevums ir stiprināt kāpu un klinšu nogāzes, aizsargājot infrastruktūras objektus iekšzemē. Tās visbiežāk tiek veidotas no betona, betona prizmu/tetrapodu krāvumiem, laukakmeņu krāvumiem, tērauda vai šo materiālu kombinācijām. Neskatoties uz to, ka šīs būves ļauj saglabāt ģeomorfoloģiskās formas aiz tām, pludmale to pakājē tiek erodēta un padziļinās, kā arī krasta iecirkņi abpus būvēm tiek pastiprināti noskaloti. Pagājušā gadsimta vidū šādas būves Polijā tika izbūvētas biežāk, daļai no tām saglabājoties līdz mūsdienām. Taču mūsdienās tās tiek konstruētas atsevišķos gadījumos pa posmiem. Pēdējā desmitgadē laukakmeņu krāvumu joslas izveidotas, piemēram, Rēvales krastos, Helas pussalā un Vesterplatē pie Gdaņskas.

**Gabioni** jeb ar akmeņiem pildīti tērauda stieple grozi funkcionē līdzīgi kā iepriekšminētās atbangošanas sienas, rip-rap un banketes. Pirmoreiz Polijā gabioni uzstādīti 2003. gadā pie klintīm Jastšembegurā, kur novērots, ka spēcīgās vētrās viļņu ietekmē grozi var plīst un akmeņi izbirt. Gabioni pēcāk izmantoti arī citviet, piemēram, Tžesačā, Dživižno, kur tie pielietoti kā daļa no risinājumu kompleksa aizsardzībai pret vētrām, Dzivnovā, kur tie pielietoti, lai rekonstruētu kāpu joslu, un Helas raga līča pusē. 2010. gadā gabioni ierīkoti arī piekrastes posmā starp Jastšembeguru un Karviju, kas līdz tam bijis neapbūvēts un ticis uzskatīts par dabisku.

**Kāpu joslu atjaunošana** paredz kāda materiāla, piemēram, šķembu vai gabionu, uzstādīšanu krastā un tā pārklāšanu ar smiltīm. Izveidojot mākslīgās kāpas, tās iespējams apstādīt arī ar atbilstošu veģetāciju. Balstoties uz Polijas pieredzi, pastāv iespēja, ka kāpu būs nepieciešams papildināt jau pēc pirmajām vētrām, aizpildot robus, kas radušies smilšu pārklājumā, vai pat atjaunot.

**Ģeosintētisko materiālu izmantošana** krastu aizsardzībai pasaulē kļūst aizvien aktuālāka to relatīvā viegluma, stipruma, pielāgojamības un zemo izmaksu dēļ, kā dēļ tie var relatīvi sekmīgi aizstāt ierastos preterozijas būvju materiālus. Piemēram, ģeosintētiskie materiāli var

tikt pielietoti moduļu izveidei, no kuriem veidojamas būnas, moli vai zemūdens vilņlauži. Ģeotekstilmateriālus var izmantot, ja nepieciešams veikt sanešu aizturēšanu, vienlaikus filtrējot ūdeni. Perspektīva ir arī ģeobiotekstilmateriālu – materiālu, kuros iestrādātas piekrastes augu sēklas, - izmantošanai, lai sekmētu veģetācijas attīstību uz kāpām. Kolobžegā šāds eksperiments veikts, taču dažādu apstākļu dēļ izrādījies neveiksmīgs, bet rezultāti no ārzemēm liecina, ka risinājums palīdz sekmīgi atjaunoties kāpu biotopiem.

Tikmēr ar smiltīm pildītas ģeocaurules sekmīgi tiek pielietotas Unieščē un Kolobžegā, lai mazinātu vilņu triecienus pa lokšņu pāļu atbangošanas sienām, padarot konstrukciju elastīgāku un ļaujot ūdens masai vispirms izplūst cauri ģeocaurulēm. Sākotnējie rezultāti liecina, ka tās funkcionē paredzētajam mērķim, taču to dzīvildzi nelabvēlīgi ietekmē atpūtnieku radīti bojājumi. Par spīti perspektīvām, jāņem vērā arī bažas, kas saistāmas ar ģeosintētisko materiālu izmantošanu - tie ir veidoti no plastmasas, līdz ar to ilgtermiņā var potenciāli izraisīt vides piesārņojumu pastāvīgas saskares ar grunti vai tekošu ūdeni rezultātā.

**Dambji** tiek ierīkoti, lai mazinātu teritoriju, kas atrodas zemū virs jūras vai citas ūdenstilpes līmeņa, applūšanas draudus. Tie veidoti no vaļņa, kas var tikt būvēts no dažādiem materiāliem un kura virspusi ierasti pārklāj smilts un veģetācija. Dambji izveidoti pie Ščecinas un Vislas lagūnām un Pučkas līča. Vecos dambjus ik pēc kāda laika ir atjauno, un tiek arī būvēti jauni, piemēram, pie Jamno ezera.

### **Bezkonstrukciju pasākumi (manipulācija ar sanešu materiālu)**

**Pludmales piebarošana** tiek veikta piekrastes posmos ar sanešu deficītu. Lai iegūtu nepieciešamo sanešu materiālu, iespējams veikt bagarēšanu tuvējā piekrastes teritorijā. Izmantojamo smilšu graudiņu diametram jābūt pēc iespējas līdzīgākam to smilšu parametriem, kas atrodas piebarojamajā pludmalē. Sekmīgi veicot krasta smilšu daudzuma papildināšanu, tiek paplašināta rekreācijas telpa, taču netiek nelabvēlīgi ietekmēta dabas vide. Ilgākā laika periodā tas paveikts Helas pussalā, Dzivnovā, Ustkā, Kolobžegā, Darlovekā, Rovā, Ļebā, Mžezino, Juratā un citviet.

Tomēr arī pludmales piebarošana negarantē erozijas seku novēršanu ilgtermiņā, visbiežāk process ik pēc pāris gadiem ir jāatkārto, ja nav ticis novērsts erozijas cēlonis, piebarošana nav sekmējusi nogulumu daudzuma palielināšanos un nogulumus aiztransportējuši vilņi vai vējš. Problēmas sagādā arī bagarēšana, kas var izraisīt nogulumu deficītu vietā, no kurienes smiltis tiek iegūtas, kā arī radīt nelabvēlīgu ietekmi uz gultnes biotu. Kā arī process, iekļaujot ieguvī, transportēšanu, uzglabāšanu, izbēršanu u. tml., ir dārgs. 1 km garas pludmales piebarošana 2013. gadā izmaksāja, sākot no aptuveni 231,700 EUR līdz pat 926,900 EUR.

### **“Zaļie” pasākumi - biotehniskie risinājumi**

**Stādījumi** ir piemēroti jūrmalās ar augstu rekreācijas slodzi. Arī Polijā, līdzīgi kā Latvijā, ir ilga kāpu “staigāšanas” ierobežošanas vēsture, piekrastē kopš 19. gadsimta tiekot stādītām priedēm, pēcāk krokainajai rozei un smaillapu vītola, un pieredzei ar to nekontrolētu izplatību. Pašlaik visatbilstīgākā metode ir vietējo zālaugu kā, piemēram, smiltāja kāpuniedres, stādīšana. Stādījumi palīdz aizturēt un uzkrāt sanešus, atbalstot kāpu atjaunošanos un veidošanos. Tomēr jāņem vērā, ka tie ietekmē dabiskās kāpu veģetācijas attīstības procesus un izplatību. Ar nolūku stiprināt priekškāpas, nevis ļaut sanešiem uzkrāties pludmalē vai embrionālajā kāpā, vietām Polijas piekrastē tiek arī ierobežota embrionālo kāpu veģetācija, to izplūdot.

Arī **zaru sētiņas un pārklājumi** Polijas piekrastē tiek izmantoti jau sen, īpaši rekreatīva rakstura pludmalēs. Ar to palīdzību iespējams ierobežot smilšu pārpūšanu un kāpu izstaigāšanu, kā arī sekmēt deflācijas ieplaku aizpildīšanos. Līdzīgi kā Lietuvā, arī Polijā zaru sētiņas un pārklājumi mēdz tikt izvietoti režģa rakstā pāri kāpu virsotnēm un nogāzēm. Tiem sadaloties, tiek bagātināta augsne, taču tas var arī nebūt labvēlīgi nabadzīgu, smilšainu augteņu augiem. Vietām pludmali no kāpām atdala ne vien zaru sētiņas, bet arī tērauda stieplu žogs.

### 3.3. IGAUNIJA

#### **Pašreizējā situācija un aktuālie izaicinājumi**

Baltijas jūras piekraste Igaunijā ir aptuveni 4000 km gara, tās garums ir iespaidīgs daudzo salu un pussalu dēļ. Ledāja, tā kušanas un atkāpšanās ietekmē piekraste ir izveidojusies ģeomorfoloģiski daudzveidīga.

Aptuveni trešdaļa Igaunijas krasta iecirkņu kopgaruma ir izteikti lēzeni un klāti ar veģetāciju,, kas iestiepjas arī jūrā (Tõnisson 2021). Apauguma dēļ teju nenotiek viļņu iedarbība uz krastu, taču, vētrās jūras līmenim paceļoties, piekraste plaši applūst. Vēl aptuveni trešdaļu no krastu kopgaruma veido dažādi pārskaloti glacigēnie nogulumi, kas sastāv no dažāda izmēra akmeņiem, oļiem, grants, smiltīm, māla. Krasta iecirkņi, kuros koncentrēti lieli laukakmeņi, mainās ļoti nebūtiski - tur parasti nav pludmales un primāro kāpu, bet erozijas problēma arī praktiski nepastāv. Aptuveni 5 % Igaunijas krastu ir klinšaini. Visos klinšaino krastu iecirkņos notiek erozija, tomēr tā ir ļoti lēna.

Aptuveni 16 % no krasta līnijas kopgaruma apstākļi ir salīdzināmi ar situāciju Latvijā, Rīgas līča piekrastē. Šajos posmos (galvenokārt Igaunijas dienvidrietumos un vietām ziemeļos, ziemeļaustrumos) ir izveidojušās šauras un lēzenas smilšu-grants pludmales un vietām attīstīties arī rudimentārs primāro kāpu reljefs (Tõnisson et al. 2023). Smilšainos krasta iecirkņus aktīvi izmanto rekreācijā, un šie arī ir tie posmi, kuros vērojamas visstraujākās izmaiņas citu antropogēno faktoru ietekmē.

Igaunijas teritorijā joprojām vēl norisinās glacioizostāzija, zemes garozai paceļoties pēc ledāja atkāpšanās, taču nu jau jūras līmeņa paaugstināšanās norisinās straujāk. Vētru laikā novērojamas izteiktas jūras ūdens līmeņa svārstības, vējuzplūdu laikā ūdens līmenim paaugstinoties pat vairāk kā par 2 metriem, bet ilgstošu austrumu virzienu vēju ietekmē atsevišķos gadījumos ūdens līmenis var pazemināties pat par metru zem vidējā. Tomēr aprakstītie gadījumi ir uzskatāmi par ekstremāliem, un vidēji jūras līmeņa izmaiņu amplitūda Igaunijas piekrastē variē 60 cm ietvaros, (Lotman et al. 2019). Krasta erozijas aktivizēšanās ir novērojama, piemēram, Valgerannā pie Pērnavas, Torvaninas pludmalē Hījumā un Narvā-Jēsū.

Viena no būtiskākajām klimata pārmaiņu veicināto meteoroloģisko un hidroloģisko procesu ietekmēm Igaunijā ir uz teritorijām, kuras tiek izmantotas rekreācijai, īpaši smilšu pludmalēm, kurām cita starpā Igaunijā piemīt arī kultūrvēsturiska vērtība. Arī Igaunijā atpūta pie jūras galvenokārt saistāma ar vasaras mēnešiem, visieciņākās ir pludmales Tallinā, Pērnavā, Narvā-Jēsū, Kuresārē un Hāpsalu (Lotman et al. 2019).

Pastāvīga apbūve jūras krasta tiešā tuvumā nav ļoti izplatīta, ņemot vērā vēsturiskos politiskos un tiesiskos apstākļus, - padomju periodā lielākā daļa piekrastes nebija rekreācijai pieejama, tā bija slēgta zona PSRS ārējās robežas aizsardzībai, izņemot atsevišķus kūrortus. Taču Igaunijai atgūstot neatkarību, tika pieņemts lēmums par ierobežojumu veikt apbūvi 200 m platā joslā no ūdens līnijas uz salām un Narvā-Jēsū un 100 m platā joslā no ūdens līnijas kontinentālajā daļā un citviet, izņemot vietās, kur līdz tam jau pastāvējusi apbūve. Pirms pāris gadiem šos noteikumus bija paredzēts pārskatīt, apsverot noteikt desmitreiz mazāku attālumu ierobežojumiem, taču lēmums nav pieņemts, ekspertiem paužot, ka nepieciešams ņemt vērā krasta erozijas riskus, kas nākotnē varētu skart būves, kuras izbūvētu tuvāk jūrmalai.

## **Realizētie un plānotie pasākumi**

Ņemot vērā plašas apbūves neesamību piekrastes joslā, ļoti intensīvas erozijas vietu trūkumu un daudzviet sastopamos pret eroziju ļoti noturīgos krastus, krasta preterozijas pasākumu īstenošana Igaunijā arī nav ļoti izplatīta. Tostarp netiek veikti pasākumi, lai novērstu krastā esošu būvju, kā, piemēram, molu, izraisīto nelabvēlīgo ietekmi uz sanešu plūsmu un bilanci (Lotman et al. 2019).

Zemes īpašniekiem un pārvaldniekiem, tostarp pašvaldībām, nepieciešamības gadījumā ir jāsaņem atļauja piekrastes aizsargbūvju būvniecībai (ūdens izmantošanas atļauja). Lai tas būtu iespējams, ir jāveic priekšizpēte un jāidentificē konkrētās eroziju mazinošās darbības, kuras paredzēts veikt. No 2011. līdz 2016. gadam, piemēram, tika izsniegtas 14 atļaujas šādu preterozijas objektu būvniecībai.

Tõnisson et al. (2023) veiktajā pētījumā izstrādāta metodoloģija centralizētu krasta aizsardzības pasākumu, it īpaši pludmales piebarošanas, veikšanai. Pētījuma pilotteritorija ir Valgeranna pie Pērnavas, kur pēdējo gadu desmitu laikā vairākkārt ir notikusi krasta atkāpšanās.

### **Valgeranna, Pērnavas apriņķis**

Pērnavas apriņķī atrodas vairāki Igaunijā populāri smilšaina jūras krasta iecirkņi. Valgerannā tuvu jūras krastam atrodas ēka, kurā ierīkota kafejnīca. Šī ēka tika smagi bojāta vētrā 2005. gada janvārī. Tā kā likums pieļauj, ka būvniecību piekrastē drīkst veikt vietās, kur iepriekš atradušās būves, drīz pēc tam ēka tika atjaunota. Piekrastes posmā uz austrumiem no ēkas tika uzbūvēta tradicionālā barjeras tipa preterozijas būve - atbangošanas siena, bet gar ēkas pamatiem tika ierīkota preterozijas bankete. Preterozijas būvju klātbūtne krasta sistēmā šajā vietā ir izraisījusi ļoti raksturīgās negatīvās sekas - pludmales sanešu pastiprinātu eroziju būvju piekāvē un pamatkrasta erozijas pastiprināšanos blakus nostiprinātajam posmam. Smilšu pludmales platums un apjoms pakāpeniski saruka (no 2019. gada līdz 2020. gadam ūdenslīnija atkāpās pat par 3-6 m). Pašlaik pludmale pie preterozijas būvēm ir pilnībā erodēta un sākusies būvju deformācija.

### **Bezkonstrukciju pasākumi (manipulācija ar sanešu materiālu)**

#### ***Pludmales piebarošana***

Lai atjaunotu Valgerannas rekreatīvi nozīmīgo pludmali, iecerēts to papildināt ("piebarot") ar smiltīm. Smiltis plānots iegūt, padziļinot Pērnavas ostas ūdensceļu, kuru regulāri attīra no piesērējušajām smiltīm. Smiltis līdz šim vai nu izbērtas atklātā jūrā, vai arī uzkrātas ostā, -

uzkrāto smilšu apjoms ir pietiekams, lai ilglaicīgi veiktu Pērnavas apriņķa pludmaļu piebarošanu un kāpu atjaunošanu. Līdzīga situācija ir arī vairākās citās Igaunijas ostās.

Ostas uzturēšanas darbos iegūto smilšu īpašības ir piemērotas pludmales papildināšanai. Par piemērotāko metodi tiek uzskatīta sākotnēja bagarēto smilšu pagaidu uzglabāšana, lai tās nosusinātu un izveidotu izmantojamu smilšu rezervi ārkārtas gadījumiem. Risinājumu paredzēts sākotnēji ieviest Valgerannā, un labu rezultātu gadījumā piedāvāts to ieviest arī citviet Igaunijas piekrastē, piemēram, Lehtmā, Nasvā, Andinemē un Narvā-Jēsū.

### **“Zalie” pasākumi - biotehniskie risinājumi**

#### ***Kāpu atjaunošana, zaru sētiņas, zaru krāvumi, stādījumu veidošana***

Lai nostiprinātu piebaroto krasta iecirkni un uzlabotu tam dabiski raksturīgo pretplūdu barjeras funkciju, apsverama arī “mākslīgu” kāpu joslas izveide no atvestajām smiltīm. Uzbērtajam mākslīgās kāpas valnim ir nepieciešama nostiprināšana pret vēja iedarbību, izmantojot zaru sētiņas, zaru krāvumus vai veidojot stādījumus.

### **Masīvas hidrotehniskās būves - inženiertehniskie risinājumi**

#### ***Būnas***

Tikusi izvērtēta arī krastam perpendikulāru būnu un paralēlu virsūdens viļņlaužu ierīkošana. Risinājumu ietekmes modelēšanas rezultātā konstatēts, ka viļņlaužiem, lai tie sniegtu vēlamo efektu, būtu jābūt izvietotiem relatīvi tuvu pludmalei ar nelieliem intervāliem starp tiem, kā arī tiem būtu jābūt relatīvi augstiem, tādēļ to ierīkošana nav piemērots risinājums augsto izmaksu, kā arī nelabvēlīgās ietekmes uz rekreācijas apstākļiem un pludmales ainavu dēļ. Taču krastam perpendikulāras būnas ir potenciāli ieviešams risinājums krasta erozijas mazināšanai, tomēr rūpīgi jāizvērtē to raksturlielumi – rekomendēts, ka būnas tiek izvietotas īsos piekrastes posmos, ne vairāk par pāris būnām vienuviet. Tādējādi tiks mazināta sanešu plūsmas aizturēšanas negatīvā ietekme uz piekrastes iecirkni aiz būnām.

Izpētes laikā tika izstrādātas arī rekomendācijas nepieciešamajām normatīvo aktu izmaiņām, kas atvieglotu risinājumu ieviešanu. Visefektīvākā būtu pašvaldības pilnvarošana tās teritorijā šādus pasākumus veikt vismaz līdz 2 m dziļumam, kā arī piekrastes joslā iegūto izrakteņu piederības pašvaldībai noteikšana, kas atvieglotu un paātrinātu pasākumu apstiprināšanas procesu. Vienlaikus Vides aģentūrai būtu jāatsakās no atļauju izsniegšanas nogulumu, kas iegūti attīrot ostas kanālus, izmešanai atklātajā jūrā, ja tos iespējams pielietot atkārtoti.

#### **Pirita, Tallina, Harju apriņķis**

Pie Tallinas ir sastopami gan klinšaini, gan akmeņaini, gan smilšaini, gan jauktu morēnas nogulumu krasti. Ģeoloģiskās uzbūves daudzveidības dēļ krasta līnija ir izteikti “robaina”, izveidojušies vairāki līči un pussalas. Piekrastē atrodas vairākas ostas, un jūrā iestiepjas daudz molu. Pie ostām krasta līniju vietām sedz atbangošanas sienas, banketes, kas veidotas no laukakmeņiem vai betona tetrapodiem. Kopumā Tallinas pilsētas krasti attīstītās ostu infrastruktūras dēļ lielākoties ir ļoti būtiskā apmērā mākslīgoti. Izņēmums ir vien Piritas smilšainais krasta iecirknis, kas ir populāra atpūtas vieta pilsētā. Apkārtnē pastāvošo krasta sistēmas dabisko funkciju traucējumu dēļ (mākslīgoti krasti), Piritas smilšainais krasta iecirknis piedzīvo sanešu deficītu un tajā pieaug erozijas risks. Ilgtspējīga piekrastes joslas pārvaldība Tallinā ir problemātiska. Kaut arī pie Tallinas nav izteiktas viļņošānās, piekraste

tiek nelabvēlīgi ietekmēta vētru laikā (Valdmann 2008). Pludmale gar Piritas ceļa atbangošanas sienu tiek erodēta, bet zemākās teritorijas vētrās mēdz applūst.

### **Bezkonstrukciju pasākumi (manipulācija ar sanešu materiālu)**

#### ***Pludmales piebarošana***

Piritas pludmales saglabāšanas nolūkā epizodiski tiek veikta tās piebarošana ar smiltīm. Tās tiek iegūtas no karjeriem citviet Igaunijā vai Piritas ostas padziļināšanas procesā. Smilšu izbēršana zemūdens nogāzē šajā gadījumā nebūtu lietderīga piekrastes sekluma un zemās viļņošanās intensitātes dēļ.

#### ***Kāpu veidošana***

Piritas pludmalē potenciāli izveidojama mākslīgā kāpa, to veidojot no tiem pašiem sanešiem, kas izmantoti pludmales piebarošanā. Aptuveni 1,5 m augsta uzbērta kāpa (smilšu valnis) pasargātu piekrastes mežus no applūšanas un erozijas, nedegradējot ainavu.

### **Masīvas hidrotehniskās būves - inženiertehniskie risinājumi**



### 3.4. Kopsavilkums

Jūras krasts Lietuvā, Polijā un Igaunijā ir veidojies līdzīgos dabas apstākļos un pakļauts līdzīgām ietekmēm. Izplatīti tādi krasta tipi, kuri raksturīgi arī Latvijai, arī vēsturiskā piekrastes teritoriju izmantošanas un apguves pieredze ir samērā līdzīga. Neskatoties uz to, šajās valstīs pastāv ne vien līdzīgas, bet arī atšķirīgas pieejas krastu apsaimniekošanā katrai valstij atbilstošo ekonomisko, sociālo un dabas vides apstākļu mijiedarbības iespaidā. Pieejas bieži atšķiras pat vienas valsts ietvaros atkarībā no konkrētajai vietai raksturīgā erozijas riska līmeņa, kā arī piekrastes teritoriju pārvaldības struktūras.

Pie krasta erozijas riska zonā esošiem objektiem, kuri tiek uzskatīti par nozīmīgiem, parasti tiek īstenoti “agresīvi” preterozijas pasākumi, kuri paredz dažādu hidrotehnisku būvju ierīkošanu un krasta mākslīgošanu. Neskatoties uz daudzviet novērojamiem nelabvēlīgiem krasta nostiprināšanas efektiem uz ainavas kvalitāti un notiekošo dabas sistēmu degradāciju, šādu risinājumu nepieciešamība tiek argumentēta ar ekonomisko apsvērumu prioritāti pār dabas aizsardzības interesēm. Tikmēr krasta piebarošana galvenokārt tiek pielietota vietās, kurās novērojams antropogēni izraisīts sanešu deficīts, bet krasta iecirknim ir augsta rekreatīvā vērtība. Savukārt “zaļie” risinājumi tiek pielietoti vietās, kur krasta erozijas intensitāte ir zema, taču ir nepieciešams saglabāt krasta kāpu joslu, - visbiežāk vietās, kas tiek izmantotas rekreācijā, kā arī ĪADT.

**Lietuvā** pamatā izmanto “zaļos” risinājumus, piemēram, zaru sētiņu, zaru stirpu un zaru pārklājumu izvietošanu. Tos visplašāk izmanto aizsargājamās teritorijās, kas aptver ap pusi no Lietuvas piekrastes joslas. Liels uzsvars likts arī uz tūrisma infrastruktūras – ceļu, laipu un kāpņu izbūvi. Rekreatīvi nozīmīgos krasta iecirkņos, kur novērojams sanešu deficīts, epizodiski tiek veikta piebarošana. Hidrotehniskās būves ierīkotas vien vietām, kur nepieciešams nodrošināt ostu infrastruktūras aizsardzību. Atbildība par krasta joslas apsaimniekošanu ir dalīta starp pašvaldībām un valsts pārvaldes dabas aizsardzības institūcijām.

**Polijas** piekraste ir visintensīvāk izmantota, līdz ar to krasta erozijas ierobežošana ir sākusies jau ļoti sen - atbilstoši attiecīgajam laikam raksturīgajai pieejai. Rezultātā krasta sistēmā ir relatīvi daudz tradicionālo preterozijas būvju radītu traucējumu un dziļi mākslīgotu krasta iecirkņu. Vienlaikus plaši novērota arī minēto būvju nelabvēlīgā ietekme uz garkrasta sanešu apmaiņu, kas izraisa erozijas skarto iecirkņu “pārvietošanos” un rekreācijas vērtības pazemināšanos. Pielietota ir arī piebarošana, smiltis iegūstot no ostu kanālu padziļināšanas. Piebarošana parasti tiek veikta kombinējot to ar “zaļajiem” risinājumiem. Par krasta erozijas pārvaldību atbildīgas ir attiecīgās vojevodistes jeb pašvaldības un ostu pārvaldes. Kopumā par joprojām izplatītāko pieeju krasta apsaimniekošanā var uzskatīt centienus nepieļaut krasta atkāpšanos.

**Igaunijā** joprojām nav izveidota centralizēta jūras krasta aizsardzības sistēma. To daļēji var izskaidrot ar relatīvi mazo krasta erozijas posmu izplatību un mazo erozijas apdraudēto objektu skaitu. Erozijas apdraudēto objektu īpašnieki un apsaimniekotāji, tostarp pašvaldības, var izbūvēt preterozijas būves, saņemot īpašu atļauju. Vietām ostu tuvumā krastā ir izveidojies sanešu deficīts un pastiprinājusies erozija, kuru novērst ir paredzēts izmantojot ostu uzturēšanā iegūtos sanešus.

Latvijā ieviešot pārdomātu krasta erozijas pārvaldības politiku un prioritizējot praktiskos risinājumus, ārvalstu pieredzes apkopojumā rodamas vairākas atziņas:

1. Plānojot konkrētu pasākumu īstenošanu, rūpīgi jāapsver visi saistītie ieguvumi un zaudējumi, turklāt ne tikai attiecināmajā krasta iecirknī, bet arī apkārtējos iecirkņos un krasta sistēmā kopumā. Jāizvērtē ietekme uz visām trīs ilgspējas dimensijām, lai rastu sabalansētāko risinājumu, kas atbilstu ne vien atsevišķām interešu grupām vēlamajam, bet arī plašākās sabiedrības interesēm un dabas daudzveidības saglabāšanai.
2. Jau sākotnēji jāparedz, ka jebkuram preterozijas pasākumam vai risinājumam būs arī negatīvas sekas. Jāņem vērā arī tas, ka jebkurš risinājums labākajā gadījumā uz laiku smazina erozijas risku, bet to nenovērš/neizslēdz. Risinājuma ilgmūžība (darbmūžs) un tā uzturēšanai nepieciešamie resursi arī ir jāiekļauj plānošanā. Jāparedz pasākumi un to īstenošanai nepieciešamie resursi preterozijas pasākumu radīto problēmu novēršanai (pludmales atjaunošana pie barjertipa preterozijas būvēm, uzbērto smilšu stabilizācijas pasākumi pēc piebarošanas darbu veikšanas utt.).
3. Kopējās izmaksas un resursietilpība izvēloties pielāgošanās un neiejaukšanās stratēģiju ilgtermiņā var izrādīties viszemākās.
4. Valsts ietvaros jāveic atbildības sadale par krasta apsaimniekošanas (tostarp krasta erozijas nelabvēlīgo seku mazināšanas) pienākumu veikšanu, nozīmējot atbildīgās institūcijas un sadarbības formātus, lai piekrastes pārvaldība noritētu integrēti, koherenti un iekļaujoši un risinājumi vienuviet nelabvēlīgi neietekmētu piekrastes posmus cituviet.
5. Jārod iespējas ostu uzturēšanā izņemto sanešu izmantošanā antropogēni traucēto krasta iecirkņu erozijas riska mazināšanā. Iespēju robežās ir jāizskata esošo mākslīgoto krasta iecirkņu dabiskošanas (renaturalizācijas) iespējas, aizstājot barjertipa preterozijas būves ar krasta piebarošanas risinājumu.
6. Jāmaina līdzšinēji valdošais diskurss no “cīņa ar jūras krasta eroziju” uz “krasta zonas dabiskās noturības un tai raksturīgās barjerfunkcijas kapacitātes saglabāšana un uzlabošana, tā mazinot klimata pārmaiņu iespējamās nelabvēlīgās ietekmes”.
7. Jāklieidē uzskati par spēju pilnībā kontrolēt un novērst jūras krasta mainību, un par labiekārtotu (“sakārtotu”) dabisko vidi kā dominējošu sabiedrības pieprasījumu. Jāveicina sabiedrības izglītošanās par dabas procesiem piekrastē un krasta erozijas fenomena daudzpusību.

## 4. LATVIJAS PIEKRASTES ĪPATNĪBĀM PIEMĒROTĀKIE KRASTA EROZIJAS MAZINĀŠANAS RISINĀJUMI

Šajā nodaļā sniegta informācija par apdraudētajām teritorijām un infrastruktūras objektiem Latvijas piekrastes pašvaldībās, kā arī līdz šim īstenotajiem pasākumiem krasta aizsardzībai un erozijas seku mazināšanai. Tāpat arī definēti un aprakstīti Latvijas piekrastes īpatnībām piemērotākie krasta erozijas mazināšanas risinājumi, ņemot vērā krasta eroziju izraisošo faktoru kopumu, klimata pārmaiņu ietekmi un ietverot vispārīgu informāciju par risinājumu izvēli ietekmējošiem faktoriem un indikatīvajām aizsardzības risinājumu būvniecības/izveides un uzturēšanas izmaksām, balstoties uz līdzšinējo pieredzi Latvijā un ārvalstīs.

### 4.1. Apdraudēto teritoriju un objektu identifikācija

#### Piekrastes zonā esošie objekti

Objektu, kuri uzskatāmi par apdraudētiem gan epizodiskas un kompensētas, gan hroniskas krasta erozijas izraisītas krasta atkāpšanās dēļ, identifikācija tiek veikta balstoties krasta atkāpšanās un kompensētas erozijas izplatības dziļuma iekšzemē prognozē 2043. gadam (turpmāk – 20 gadu riska zona). Atkarībā no krasta iecirknī pastāvošajiem dabas apstākļiem un citiem faktoriem, kas ietekmē krasta erozijas varbūtību un intensitāti, dažādās Latvijas piekrastes vietās, 20 gadu riska zonas platums (mērot no mūsdienu pamatkrasta robežas, kas parasti sakrīt ar primārās krasta kāpas kori vai jūras stāvkrasta nogāzes malu (kranti) ir robežās no dažiem metriem, līdz 110 m. Mazs platums 20 gadu erozijas riska zonai ir raksturīgs lēzenajos un akumulatīvajos Rīgas līča krasta posmos, kuros ļoti reti erozijas notikumi ir pilnībā kompensēti un krasta nogāze parasti sekmīgi atjaunojas. Pretēji tam, ļoti liels 20 gadu riska zonas platums ir raksturīgs atklātas Baltijas jūras krasta iecirkņiem, kuros ilgstoši valda sanešu deficīta apstākļi, un kur krasta nogāzes ģeoloģiskā uzbūve ir labvēlīga aktīvai erozijas norisei. Vidējais 20 gadu riska zonas platums Latvijā ir aptuveni 30 m.

Par kritiski apdraudētiem ir uzskatāmi visi objekti, kuri atrodas šajā riska zonā, vai kurus šķērso riska zonas robeža.

Pašlaik identificējamie objekti, izmantojot pieejamos atvērto datus, ir pievienoti digitālā veidā kā *Shape file un KMZ* formātu kartes. Detalizēti karšu slāņu apraksti skatāmi 1. pielikumā. Sagatavotās kartes ietver šādu informāciju un slāņus:

#### Prognozētās erozijas ietekmētā teritorija (PEIT)

- Erozijas\_prognose.kmz
- prognoze-2043-20231125.shp (Teritorijas starp pašreizējo administratīvo teritoriju jūras robežu un prognozēto erozijas robežu 2043. gadā)
- robezha\_pa\_klaseem\_un\_novadiem.shp (Prognozētā erozijas robežu 2043. gadā)

#### Juurtakas punkti EIT

*Atlasīti visi punktveida objekti, kuri atrodas prognozētās erozijas teritorijā.*

#### Kultūras mantojuma saraksts

*Atlasīti visi kultūras pieminekļi, kuri atrodas pilnībā vai daļēji PEIT, kā arī tie, kuru aizsardzības zonas skar PEIT*

- aizsardzības\_zonas\_EIT (Kultūras mantojuma vienumu aizsardzības zonas)
- pieminekli\_EIT (Kultūras mantojuma vienumi)

Zemāk 4.1 un 4.2. tabulās atainotas jūras krasta erozijas apdraudēto teritoriju platības un jūras krasta līnijas kopgarumi novadu un erozijas riska klašu dalījumā. Detalizētāka informācija iekļauta 4.1 un 4.2. pielikumos.

4.1. tabula

**Jūras krasta erozijas apdraudēto teritoriju platības novadu un erozijas riska klašu dalījumā**

Novads	Erozijas klases: Platība, m <sup>2</sup>				mākslīgoti e krasti
	1	2	3	4	
Rīga	549019	298597	272042	77192	27299
Jūrmala	383161	784829	822215		
Liepāja	621704	3195	25965	293093	50689
Ventspils	238420	2527	56891	590465	7018
Ādažu novads	837584	513083	135860	200036	
Limbažu novads	323681	3427773	1214005	222520	25
Saulkrastu novads	169452	654350	280259		
Tukuma novads		1096895	1128074	50035	9981
Talsu novads	1736095	1944955	921809	228540	125123
Ventspils novads	1588535	1403818	1764286	1810349	3121
Dienvidkurzemes novads	707899	1362454	1746034	2152261	38370

4.2. tabula

**Jūras krasta erozijas apdraudēto jūras krasta līniju kopgarumi novadu un erozijas riska klašu dalījumā**

Novads	Erozijas klases: Garums, m				mākslīgoti e krasti
	1	2	3	4	
Rīga	6120	3719	2726	1193	652
Jūrmala	1748	10918	11537		
Ventspils	2529	58	1112	7104	564
Liepāja	6321	151	525	3601	1665
Ādažu novads	8992	5637	1990	2033	
Limbažu novads	2911	26891	25287	4984	
Saulkrastu novads	2808	10482	4879		
Tukuma novads		22262	25886	1609	353
Talsu novads	19319	43755	22841	5456	2098
Ventspils novads	21842	15421	28856	25128	231
Dienvidkurzemes novads	10258	25214	31334	26469	592

**Apdraudēto objektu prioritizācija**

Veicot piemērotāko jūras krasta aizsardzības risinājumu izvēli, būtiski ir prioritāri izsvērt arī apdraudētās teritorijas vai objekta nozīmīgumu. Šī pētījuma kontekstā, ievērojot identificēto apdraudēto teritoriju un objektu specifiku, piedāvājam par prioritāri aizsargājamiem uzskatāmus objektus/teritorijas šādā kategorizācijā:

1. objekti, kas nodrošina pakalpojumus, kas tiek uzskatīti par īpaši svarīgiem ikdienas darbībā (piemēram, elektrības, dabasgāzes, šķidrā kurināmā piegādes, ūdensapgādes un kanalizācijas, notekūdeņu attīrīšanas, neatliekamās veselības aprūpes, glābšanas dienestu, elektronisko sakaru un datu pārraides, ceļu infrastruktūras un sabiedriskā transporta pakalpojumu nodrošināšana u. c.);
2. objekti, kuru iznīcināšana vai darbības traucējumi jūras krastu erozijas dēļ radītu būtisku vides piesārņojumu (piemēram, atkritumu poligoni, notekūdeņu attīrīšanas iekārtas, ražotnes ar atļaujām piesārņojošo darbību veikšanai, apbedījumu vietas u. c.);
3. sociāli nozīmīgi objekti, stacionāras ēkas un infrastruktūra (izglītības, ambulatorās veselības un sociālās aprūpes iestādes, pasta pakalpojumu nodrošināšanas objekti u. c.);
4. tautsaimniecībā nozīmīgi objekti, stacionāras ēkas un infrastruktūra (tirdzniecības, ražošanas, bankas, sadzīves pakalpojumu sniegšanas, atpūtas, rekreācijas, izklaides, ēdināšanas pakalpojumu sniegšanas objekti u. c.);
5. pašvaldību dzīvojamās ēkas un privāto mājsaimniecību stacionāras ēkas un infrastruktūra;
6. dabas pamatnes teritorijas, ĪADT un ĪA piekrastes biotopi;
7. pagaidu infrastruktūras objekti, rekreācijas teritorijas.

## **Tūrisma un peldvietu infrastruktūra**

Baltijas jūras un Rīgas līča Latvijas piekraste ir apgabals ar aizvien augošu apmeklētāju skaitu – 2019. gadā apmeklējumu skaits piekrastē sasniedzis 8 miljonus. Tomēr apmeklējums gada laikā piekrastes rajonos ir sadalīts telpiski izteikti nevienmērīgi, iezīmējot atsevišķas pakalpojumiem bagātas pludmales kā arī dabiskas un cilvēku maz apmeklētas pludmales. Lielāka tūristu plūsmas koncentrācija ir lielo pilsētu tuvumā esošajās piekrastes teritorijās, pie tūristu mobilitātes mezgļpunktiem, kā arī vietās ar populārām tūristu piesaistēm, savukārt ievērojami mazāk apmeklētas ir piekrastes zonas mazapdzīvotās vietās ar grūtāku piekļuvi vai jūras krasta daļā, kas nav piemērots tradicionālajam atpūtas veidam pludmalē (piemēram, akmeņainās pludmales vai Randu pļavas). Aptuveni puse Latvijas piekrastes teritoriju atrodas Natura 2000 vietās, kas paredz īpašu saimnieciskās darbības, tostarp tūrisma aktivitāšu, regulējumu un kur līdz ar to komercializētu tūrisma pakalpojumu klāsts ir mazāks. Kopumā aptuveni 6,4 % jeb 32,3 km pludmaļu ir ļoti apmeklētas vai intensīvi apmeklētas. Tāpat piekrastes apmeklējums ir arī ar izteikti sezonālu raksturu. Tomēr 2019. gadā veikta apsekojuma ietvaros (Klepers u. c., 2020a; Klepers u. c., 2020b; VARAM, 2020) visos pludmaļu veidos konstatēta nekontrolēta antropogēnā slodze un nepilnības publiskajā infrastruktūrā. Galvenās piekrastes publiskās infrastruktūras (noeju un nobrauktuvju, atpūtas vietu labiekārtojuma un auto stāvlaukumu) funkcijas ir veidot vietas konkurētspējīgo pievilcību, koncentrēt un vadīt apmeklētāju plūsmu, mazinot antropogēnās slodzes ietekmi, un nodrošināt tādu publiskās vides elementu kopumu, kas uzlabo vietējo kopienu dzīves kvalitāti. Vienlaikus pieeja jūrai nedrīkst tikt ierobežota ar žogiem, vai kā citādi traucējot brīvu kājāmgājēju pārvietošanos (izņemot ostu teritorijās), savukārt pašvaldībām ir jānodrošina iespēja kājāmgājējiem piekļūt pludmalei (attālums starp publiski pieejamām noejām līdz jūrai nedrīkst pārsniegt 1 km, izņemot teritoriju aizsardzības un izmantošanas noteikumos īpaši atrunātos gadījumos) un jāierīko vieta automašīnu stāvlaukumam. Savukārt attiecībā uz

faktoriem, kas nosaka apmeklētāju piesaisti konkrētam piekrastes apgabalam, 2019. gadā veiktās pludmales apmeklētāju aptaujas rezultāti liecina, ka atpūtas vietas piekrastē izvēli motivē tajā pieejamie pakalpojumi un izklaides vai apskates objekti, labiekārtojums vai personiski iemesli konkrētās pludmales apmeklējums. Viesiem, kas piekrastes zonā uzturas vairākas dienas (piemēram, dzīvojot kempingos), ir svarīgi papildus pludmales apmeklējumam izmantot arī cita veida aktivitāšu iespējas tuvākajā apkaimē. Kopumā brīvā laika pavadīšanas iespēju klāsts piekrastē ir palielinājies, tomēr tas veicina apmeklētāju koncentrēšanos un līdz ar to arī palielinātu antropogēno slodzi atsevišķos piekrastes nogabalos (Klepers u. c., 2020a; Klepers u. c., 2020b).

Minētā apsekojuma ietvaros konstatēts, ka lielākajā daļā Latvijas piekrastes teritoriju noeja līdz jūrai ir bez jebkādas infrastruktūras. Latvijas piekrastē šādu neformālu pieeju (takas, meža ceļi, ielu turpinājumi u. tt.) jūrai skaits pārsniedz 2500. Savukārt tajās vietās, kur noejai līdz jūrai izveidoti infrastruktūras risinājumi, 13 % gadījumu izveidotās noejas ir ar nepietiekamu kapacitāti, savukārt ap 70 % noeju ir sliktā stāvoklī vai būtu pilnveidojamas. Turklāt nereti tieši nepietiekami uzturēta infrastruktūra ir iemesls apmeklētāju radītās slodzes pieaugumam, jo bieži vien tās ir vietas ar lielu apmeklētāju plūsmu. Tomēr publiskās infrastruktūras kapacitāte ir nozīmīgs piekrastes ilgtspējīgas attīstības nodrošināšanas rādītājs. Saskaņā ar lietpratēju vērtējumu, ap 37 % Latvijas piekrastē esošās publiskās infrastruktūras (kopumā vērtēti 1444 publiskās infrastruktūras objekti) 2019. gadā bijusi labā stāvoklī jeb nodrošinājusi drošu un ērtu piekļuvi jūrai, labiekārtotas atpūtas vietas, auto stāvlaukumus un multimodālus transporta risinājumus. 42 % publiskās infrastruktūras novērtēta kā apmierinoša, bet pilnveidojama, savukārt 18,7 % publiskās infrastruktūras bijusi neapmierinošā stāvoklī. Vienlaikus 77,2 km garā piekrastes posmā jeb 14,6 % kopējā Latvijas piekrastes garuma vietās ar vidēji lielu, lielu vai intensīvu apmeklētību infrastruktūra vērtēta kā nepietiekama (Klepers u. c., 2020a; Klepers u. c., 2020b).

## 4.2. Krasta erozijas mazināšanas iespējamo risinājumu izvērtējums

Katra jūras krasta posma ģeoloģiskā vēsture atspoguļojas tā ģeoloģiskajā uzbūvē, reljefā un citās fizikālajās īpatnībās. Katra jūras krasta posma apsaimniekošanas vēsture arī atstāj pēdas un ietekmi uz tā izskatu, fizikālajām īpatnībām, šķietamo un monetāro vērtību, kā arī nosaka atšķirīgas prasības tā apsaimniekošanas pasākumu izvēlē.

Krasta mainība sākotnēji ir pilnībā dabisks fenomenu kopums, kas kopš aizvēstures cikliski notiek gan akumulācijas, gan erozijas virzienā, un kuras izpausmēm saskaroties ar cilvēka saimniekošanas interesēm ir ļoti iespējama cilvēka un dabas konfliktsituācijas un problēmu veidošanās. Īpašu nozīmi krasta mainība iegūst tad, ja kāda iemesla dēļ mainās ilgstoši pastāvējis līdzsvars (*status quo*) un krasta mainība aktivizējas. Līdzsvars dabas sistēmā var mainīties (jūras krasta gadījumā parasti notiekot novirzei uz aktīvāku eroziju), tad, ja ir notikušas izmaiņas kādā no līdzsvaru nodrošinošajiem faktoriem – piemēram, mainās klimats. Jūras krasta procesu līdzsvars var mainīties arī cilvēkfaktoru tiešā ietekmē – dažādu hidrotehnisko būvju ierīkošana jūras krasta zonā, smilšu vai citu materiālu ieguve, dzīvās dabas elementu mākslīga pārkārtošana u. c.

Krasta erozija ir vispārinošs vārdu salikums, kas ietver krastā vai krasta tuvumā esošu reljefa formu apjoma vai augstuma samazināšanos, ko izraisa kustīgā ūdens masā ietvertās potenciālās enerģijas tērēšana mobilizējot un pārvietojot šo reljefa formu daļas. Lai krasta erozija kļūtu par krasta atkāpšanos, ir ilgstoši jāpastāv negatīvai bilancei pieskaloto un aizskaloto krasta sanešu attiecībā.



Krasta erozijas mazināšana parasti kļūst par aktualitāti tieši tajos jūras krasta posmos, kur vēl relatīvi neseno pastāvējušais līdzsvars tāda vai cita iemesla dēļ ir traucēts. Par klasisku un tradicionālu erozijas radīto neērtību un apdraudējumu novēršanas metožu kopumu, kas ir pazīstams jau vairākus tūkstošus gadu, var uzskatīt dažāda veida mākslīgu šķēršļu un barjeru ierīkošanu starp “agresīvi uzbrūkošo”, mainīgo jūras krasta daļu un “vērtīgo”, īstermiņā šķietami nemainīgo krasta daļu. Vēsturiski, pieaugot krasta apsaimniekošanas pieredzes bagāžai un uzlabojoties izpratnei par krasta ģeoloģisko procesu kopsakarībām, ir attīstījusies un dažādojusies arī pieeja krasta erozijas radīto problēmsituāciju mazināšanai. Tomēr joprojām, neskatoties uz ļoti plašo specifisku risinājumu un metožu spektru, aksioma ir tāda, ka jebkura darbība krasta zonā ir jāuzskata par iejaukšanos dabiskajā krasta procesu norisē, jo tās mērķis ir mainīt ilgstoši pastāvējušu līdzsvaru vai ietekmēt krasta sistēmas pārkārtošanos un dabisko virzību uz jauna līdzsvara stāvokļa izveidošanos. Iejaukšanos krasta procesos, savukārt, ir iespējams grupēt pēc vienas ļoti vienkāršas pazīmes – invazitātes:

- Dažādas masīvas hidrotehniskas būves – inženiertehniskie risinājumi, kuri paredz iejaukšanos (invazīvas darbības) dabiskajā krasta procesu norisē, ierobežojot vai pilnībā apturot dabisko krasta reljefa pārkārtošanās ciklu. Būvju parametri to ekspluatācijas laikā ir jāuztur nosacīti nemainīgi, lai būve saglabātu savu funkcionalitāti. Parasti šiem risinājumiem ir raksturīga nelabvēlīga ietekme uz dažādiem piekrastes dabu raksturojošiem elementiem, kā arī uz krasta sistēmas ilgtspēju kopumā, jo īpaši gadījumos, kad šādu risinājumu pielietošana tiek veikta ievērojamā apjomā (krasta Nūdžersizācijas fenomēns<sup>1</sup>) (4.1. attēls).
- Bezkonstrukciju pasākumi – mazināšanas (parasti) darbības, kuras vērstas uz to, lai pārveidotu un “salabotu” dažādas krasta sistēmas dabiskās daļas, neierobežojot dabisko krasta reljefa pārkārtošanās ciklu. Šie pasākumi ietver dažādas manipulācijas ar sanešu (4.2. attēls) materiālu un krasta zonas veģetāciju. Parasti tiem ir raksturīgs “pārejošs” efekts un kopumā mazāka nelabvēlīgā ietekme arī uz citiem piekrastes dabu raksturojošiem parametriem.

---

<sup>1</sup> Jūras krasta Nūdžersizācija (“Newjersization”) ir neoficiāls krastu pētniecībā lietošanā pieņemts termins, ar ko tiek saprasta krasta sistēmas dziļa mākslīgošanās, kas notikusi dažādu invazīvu inženiertehnisko preterozijas pasākumu ilgstošas un vērienīgas īstenošanas rezultātā un ilgtermiņā ir novedusi pie krastam raksturīgo dabas elementu (pludmales) izzušanas un krasta erozijas risku pieauguma.



**4.1. attēls.** Pilnībā mākslīgots jūras krasta iecirknis pie Liepājas NAI. Šajā vietā vairāku gadu desmitu gaitā ir tikuši pielietoti dažādi tradicionālie preterozijas inženiertehniskie pasākumi, kuri pakāpeniski sabrukuši un zaudējuši funkcionalitāti. Mūsdienās krasta erozijas apturēšanai pretīm Liepājas NAI teritorijai ir izveidota un tiek uzturēta laukakmeņu un liелgabarīta būvgružu bankete. Kopš 2022. gada krasta sistēmas mākslīgošana ir papildināta ar garkrasta sanešu migrāciju ierobežojošu būnu, kura izbūvēta 400 metrus uz ziemeļiem no Liepājas NAI.



**4.2. attēls.** Smilšu uzbēršana pludmalē (pludmales “piebarošana”) Jūrmalā, Kaugurragā, 2015. gada janvārī.

### Neiejaukšanās un pielāgošanās

Protams, pastāv arī alternatīva invazīvām un krastu pārveidojošām darbībām. Tā ir neiejaukšanās un pielāgošanās. Neiejaukšanās pieeja ir balstīta atziņu sistēmā, ka netraucēta ģeoloģisko procesu (erozijas un akumulācijas periodu mijas, reljefa pārveidošanās u. c.) norise tajos krasta iecirkņos, kur antropogēno traucējumu loma nav būtiska, ļauj nodrošināt augstāko iespējamo krastu stabilitāti un ļauj visdrošāk prognozēt to nākotnes attīstību. Ņemot vērā to, ka Latvijā jūras krasta procesos iesaistītie saneši galvenokārt nonāk krasta sistēmā no erozijai pakļautajiem jūras stāvkrastiem, netraucēta erozijas norise visur, kur vien tas ir iespējams, ir izšķiroši svarīga kopējās sistēmas stabilitātes saglabāšanas vārdā. Praktiski neiejaukšanās ideja paredz maksimālu izvairīšanos no jebkādu pasākumu īstenošanas, kuri varētu ietekmēt dabisko krasta nogāzes pārveidošanos. Tas nozīmē, ka izvēloties šādu pieeju, iespējamo pasākumu kopums ietver tikai pielāgošanās potenciālu uzlabojošas darbības:

- Tādas, kuras vērstas uz maksimāli krasta renaturalizāciju (dabisko apstākļu atjaunošanu);
- Dabisko krasta sistēmas kapacitāti palielinošas darbības (saglabājot krastā esošo teritoriju dabisko spēju īslaicīgi uzņemt vētru izraisītu ūdens pieplūdumu);
- Pielāgojot ēkas un infrastruktūras objektus iespējamai abpusēji vērstai reljefa mainībai (erozijai vai akumulācijai);
- Paredzot tādus ierobežojumus teritoriju izmantošanā, kas minimizē dabiskās mainības rezultātā radušos iespējamus zaudējumus;
- Paredzot riska zonā pieļaujamajiem objektiem un infrastruktūrai tāds prasības un būvnormatīvus, kas minimizē iespējamus vides riskus un apdraudējumus šo objektu sagrūšanas vai deformācijas gadījumā.

Starp plaši atzītiem un lietotiem krasta apsaimniekošanas pamatprincipiem lielākajā daļā “globālo ziemeļu” valstu mūsdienās kā galvenos var nosaukt tos, kur balstīti ar krasta mākslīgošanu saistīto risku mazināšanā un integrētā problēmu risināšanas pieejā:

- Veicama regulāra situācijas kontrole izmantojot iespējami plašu pētniecības rīku un metožu klāstu (krasta reljefa un novietojuma izmaiņu monitorings). Balstoties krasta izmaiņu datus, jānosaka krasta erozijas iemesli, tendences un tips (kompensēta vai nekompensēta erozija), kas savukārt, ļautu noteikt krasta erozijas un applūšanas riska teritoriju robežas.
- Ierobežojama jebkādu būvdarbu/zemes darbu veikšana aktīvā krasta zonā.
- Pieeja krasta erozijas apsaimniekošanā un iespējamo problēmu risināšanā ir organizējama vienoti, saskaņot risinājumu izvēli ar visām iespējamajām skartajām pusēm, maksimāli izvairoties no fragmentācijas. Tas nozīmē, ka valsts un reģiona līmeņa plānošanas dokumentos ir jāintegrē krasta erozijas un applūšanas risku mazināšanas stratēģija un vadlīnijas.
- Krasta zonā un saistītajās iekšzemes teritorijās ir nepieciešama attīstības ierobežojumu noteikšana (buferzonas, aizsargzonas, īpašs statuss, dabas aizsardzības komponentes prioritizācija, piešķirot īpašu aizsardzības statusu piekrastes biotopiem).
- Izvēloties konkrētus preterozijas pasākumus, iepriekš jāveic padziļināta un iespējami vispusīga zaudējumu un ieguvumu analīze, ietverot arī tādas pozīcijas kā ietekme uz rekreācijas resursu vērtību un pieejamību, ietekme uz ainavas kvalitāti, ietekme uz jūras un piekrastes biotu (ihtiofaunu, avifaunu uc.). Analīzē jāietver arī 0 scenārija izvērtējums, kā arī tādu pieeju izvērtējums, kuras nav saistītas ar preterozijas pasākumu īstenošanu, bet paredz “atkāpšanās”/neiejaukšanās scenāriju. Jāparedz
- Izvēloties konkrētus preterozijas pasākumus, ir jācenšas sekot iejaukšanās apmēra minimizēšanas principam - “jo mazāk, jo labāk”.

- Klimata mainības konteksts krasta erozijas un zemo teritoriju applūšanas riskus padara aktuālus arī līdzšinēji “drošās” teritorijās. Tas nozīmē, ka preterozijas pasākumu īstenošanā ir jāņem vērā iespējamo pasākumu pretplūdu potenciāls un otrādi – jāvērtē pretplūdu pasākumu īstenošanas iespējamā ietekme uz krasta erozijas risku.

### **Krasta erozijas apsaimniekošanā Latvijā izmantojamie invazīvie un mazinvasīvie risinājumi un pieejas**

#### ***Mazinvasīvie “zaļie” pasākumi***

Mazinvasīvo “zaļo” pasākumu grupā ietilpst tāda vienkāršas un relatīvi resurstaupīgas rīcības, kas paredz pludmales un kāpu veģetācijas stādījumu ierīkošanu, rekreācijas radītās antropogēnās slodzes mazināšanu, kā arī papildu darbības esošās dzīvās dabas komponentu un procesu saglabāšanai krasta joslā un saistītajās iekšzemes teritorijās. Visus šajā grupā ietilpstošās krasta erozijas apsaimniekošanas metodes vieno to darbības princips: dabiski krasta sistēmai raksturīgo norišu nebūtiska pārveidošana un izmantošana, lai panāktu smilšu un citu sanešu akumulāciju kādā mērķa teritorijā vai mērķtiecīgi veicina eroziju kādā tam īpaši atvēlēta krasta iecirknī/zonā. Šādi ir iespējams veicināt un “vadīt” dabiski noritošos krasta procesus un sekundāri samazināt nevēlamas erozijas radīto apdraudējumu. Par būtiskākajiem šīs pasākumu grupas trūkumiem ir jāuzskata to salīdzinoši zemā efektivitāte, ievērojamais un grūti paredzamais vēlāmā rezultāta sasniegšanai nepieciešamais laika periods un ļoti ierobežotā pielietojamā piemērotu krasta iecirkņu izplatība.

Par izplatītāko “zaļo” pasākumu paveidu ir uzskatāma “kāpu stādīšana” – pasākumi, kas paredz dažādu viegļu pagaidu šķēršļu vai veģetācijas stādījumu ierīkošanu vietās, kur izplatīti nesaistīti smilšainie krasta sistēmas nogulumi un kur ir vēlama to mērķtiecīga uzkrāšanās (4.3. attēls, 4.4. attēls).



4.3. attēls. Kāpu graudzāļu stādījumi krasta zonā Vācijā, Mēklenburgā-Priekšpomerānijā.





4.4. attēls. Vēja nestu smilšu akumulāciju un dabiskās kāpu veģetācijas nostiprināšanos veicinoši vieglas konstrukcijas pagaidu žogi Rīgā, Mangaļsalā.

Par ļoti izplatītu “zaļo” pasākumu grupai piederīgu risinājumu ir jāuzskata arī dažādu pagaidu infrastruktūras objektu (laipu, soliņu, zīmju, atpūtnieku pārvietošanas ierobežojošu žogu uc.) ierīkošana krasta teritorijās ar sevišķi augstu noslodzi. Pasākumu mērķis ir mazināt nelabvēlīgo ietekmi un iespēju robežās kompensēt traucējumus krasta sistēmas dabiskajā spējā atjaunoties (4.3. tabula). To var panākt nodrošinot dabisko krastam raksturīgo reljefa formu klātbūtni un dzīvās dabas komponentu klātbūtni.

4.3. tabula

**“Zaļo” pasākumu raksturīgākās īpašības krasta apsaimniekošanas problemātikas kontekstā.**

Būtiskākie trūkumi un saistītās problēmas	Priekšrocības un stiprās puses
Pielietojams tikai ļoti specifiskos vides apstākļos. Vietās, kur pastāv izteikts sanešu deficīts nav efektīvs.	Sākotnējā ietekme uz ainavas kvalitāti ir nebūtiska.
Pastāv risks krasta iecirknim neraksturīgu augu izplatībai, eutrofikācijas risks.	Ļoti zemas izmaksas un resursprasība.

Efektivitātes ierobežojumi, kas saistīti ar īstas un masīvas eroziju nepieļaujošas barjeras trūkumu. Efektivitāte ir iespējama tikai tādā apmērā, kā to spēj nodrošināt dabisko attiecīgajā krasta iecirknī pastāvošie apstākļi.

Iztrūkst tipiskie traucējumi, kurus rada klasiskās un invazīvās krasta erozijas ierobežošanas metodes – atsevišķu krasta sistēmas elementu mākslīgošanās un dabisko pašregulācijas mehānismu degradācija.

Pasākums nenovērš krasta erozijas cēloni, bet tikai nodrošina erozijas “buferi”.

Ilgtermiņā var ļoti būtiski izmainīt krasta iecirknim raksturīgo vēsturisko ainavu.

Katastrofālu vētras izraisītu postījumu rezultātā neveidojas problemātiski atkritumi, nav vides piesārņojuma riska.

### ***Bezkonstrukciju pasākumi (mazinvazīvie krasta sanešu mehāniskās manipulācijas pasākumi)***

Pie šīs grupas krasta erozijas apsaimniekošanas risinājumiem pieder pasākumu kopa, kura paredz smilšu, grants vai cita vietējai krasta sistēmai raksturīga sanešu materiāla papildināšanu mērķa teritorijā (deficīta zonās, vai krasta iecirkņos ar paaugstinātu krasta erozijas risku). Šos pasākumus parasti iedala pēc krasta nogāzes joslas, kurā tie tiek veikti – attiecīgi zemūdens nogāzē, pludmalē, vai kāpu zonā. Lielāks sanešu apjoms krasta zonā (parasti pludmalē) ļauj slāpēt un tērēt vētras viļņu enerģiju un tā samazināt iespējamo vētras un vējuzplūdu izsauktas applūšanas radīto apdraudējumu objektiem pamatkrastā (4.4. tabula). Šajā grupā piederīgi ir arī tādi specifiski pasākumi, kuri vietām pasaulē tiek pielietoti dažādu mākslīgi radītu sanešu apmaiņas šķēršļu ietekmes kompensēšanai – sanešu “apnešana” (*sand bypassing*).

4.4. tabula

### **Bezkonstrukciju pasākumu raksturīgākās īpašības krasta apsaimniekošanas problemātikas kontekstā.**

Būtiskākie trūkumi un saistītās problēmas	Priekšrocības un stiprās puses
Ir iespējama nelabvēlīga ietekme uz piekrastes ekosistēmām, biodaudzveidības apdraudējums.	Ietekme uz ainavas kvalitāti ir nebūtiska. Var izveidoties apstākļi iepriekš vietai neraksturīgu piekrastes biotopu attīstībai.
Ierobežotas iespējas plānot izmaksas, kas būs saistītas ar pasākumu efekta uzturēšanu vidējā un ilgā termiņā. Augstas izmaksas.	Sanešu bilance tiek uzlabota plašākā krasta iecirknī par sākotnējo mērķa teritoriju, kas vidējā vai ilgā termiņā var samazināt erozijas risku arī citos krasta iecirkņos.



<p>Efektivitātes ierobežojumi, kas saistīti ar īstas un masīvas eroziju nepieļaujošas barjeras trūkumu.</p> <p>Pasākums nenovērš krasta erozijas cēloni, bet tikai nodrošina erozijas “buferi”.</p>	<p>Iztrūkst tipiskie traucējumi, kurus rada klasiskās un invazīvās krasta erozijas ierobežošanas metodes – atsevišķu krasta sistēmas elementu mākslīgošanās un dabisko pašregulācijas mehānismu degradācija.</p>
<p>Nepieciešamība pēc specifiskas tehnikas un citiem resursiem, kas saistīti ar uzberamā materiāla ieguvī, pārvadāšanu un novietošanu mērķa teritorijā.</p>	<p>Krasta iecirkņa pievilcības un ar to saistīto rekreācijas funkciju uzlabošanās. Īpašumu vērtības pieaugums.</p>

***Invazīvie inženiertehniskie risinājumi, kas saistīti ar masīvu hidrotehnisko preterozijas būvju ierīkošanu***

Preterozijas būves parasti iedala divās grupās: pasīvas būves (mazina vai novērš eroziju, nepieļaujot viļņu iedarbību uz pamatkrastu vai kādu citu krasta sistēmas dabisko elementu – pastiprina vai rada barjeras efektu) un aktīvas būves (veicina sanešu uzkrāšanos mērķa teritorijā un mazina viļņošanās ietekmi uz pamatkrastu) (4.5. tabula).

Pie pasīvo risinājumu grupas pieder dažāda slīpuma atbangošanas sienas, gultnes pārklājumi, gabioni (pildītu stieplu grozu krāvumi), banketes un uzbērumi. Pasīvās preterozijas būves parasti tiek ierīkotas krasta nogāzes augšējā daļā, krasta līnijai subparalēli un ļoti dažādi pēc būvapjoma, tehniskās sarežģītības un izmaksām (4.5. attēls, 4.6. attēls). Pie aktīvo risinājumu grupas pieder dažādu formu un novietojuma viļņlauži, būnas un citi masīvi šķēršļi, kuri mērķtiecīgi tiek novietoti krasta nogāzes zemūdens daļā, viļņu aktīvas darbības zonā (4.8. un 4.9. attēls). Aktīvo krasta preterozijas būvju būtiskākā iezīme ir saistīta ar to darbības rezultātā izveidotām pastiprinātām akumulācijām un pastiprinātām erozijas zonām, kuru novietojums un citi parametri ir cieši atkarīgi no būnas (būnu) būvapjoma, savstarpējā attāluma, garuma un citiem parametriem (4.7. attēls). Raksturīgi, ka aktīvo būvju radītā ietekme uz krasta reljefu ir divējāda – tās rada sanešu akumulācijas zonas vai ķermeņus, kuri arī sekundāri ietekmē un maina viļņu iedarbību uz krasta reljefu, kā arī pašu būvju klātbūtne krasta zonā ietekmē un maina viļņu hidrodinamiskos parametrus.



**4.5. attēls: Pasīvās tradicionālas preterozijas būves – gabioni un laukakmeņu bankete Pāvilostā.**



**4.6. attēls: Pasīvās tradicionālas preterozijas būves – gabioni, laukakmeņu bankete un atbangošanas-atbalsta siena Abruģciemā.**





4.7. attēls: Shematiska aktīvo preterozijas būvju (būnu) radītās ietekmes uz krasta eroziju un akumulāciju vizualizācija.



4.8. attēls. Aktīvā tradicionālā preterozijas būve – masīva būna Liepājas ziemeļos pie NAI.



4.9. attēls. Aktīvas vienkāršas preterozijas būves – koka pāļu būnas Vācijā, Mēklenburgā-Priekšpomerānijā.

4.5. tabula

**Tradicionālo invazīvo preterozijas pasākumu (masīvu būvju) raksturīgākās īpašības krasta apsaimniekošanas problemātikas kontekstā.**

Būtiskākie trūkumi un saistītās problēmas	Priekšrocības un stiprās pusēs
Ir augstticama un nozīmīga nelabvēlīga ietekme uz piekrastes ekosistēmām un ainavu, biodaudzveidības apdraudējums.	Augsta un paredzama sākotnējā efektivitāte mērķteritorijā.
Augstas izmaksas. Pieaugošas uzturēšanas izmaksas.	Ilgs ekspluatācijas periods (ja tiek izbūvēts atbilstoši krasta dinamikas apstākļiem).
Nelabvēlīga ietekme uz krasta stabilitāti blakus iecirkņos, kā arī nelabvēlīga kumulatīva ietekme uz krasta stabilitāti arī tiešajā mērķteritorijā (krasta mākslīgošanas un dabisko pašregulācijas pasākumu izzušana).	Iespējas multifunkcionālam pielietojumam.
Iespējama nelabvēlīga ietekme uz krasta iecirkņa rekreācijas resursu.	

### 4.3. Rekomendācijas piekrastē esošo apdraudēto objektu aizsardzībai un pielāgošanās pasākumiem

Šajā apakšnodaļā sniegtas rekomendācijas piekrastē esošo apdraudēto objektu aizsardzībai un/vai pielāgošanās pasākumiem, balstoties uz vairākiem faktoriem - krasta ģeomorfoloģiskais tips un nozīmīgākās fizikālās īpašības, erozijas riska klases, eroziju veicinošie faktori, erozijas riskam pakļauto objektu kategorija/krasta teritorijas tips. Risinājumi apkopoti 4.6. tabulā zemāk.

#### 4.6. tabula

### Pasākumi un risinājumi jūras krasta stiprināšanai un erozijas mazināšanai. Risinājumu izvērtējums.

Faktori, kas nosaka pasākumu tipa piemērotību	Krasta ģeomorfoloģiskais tips un nozīmīgas fizikālās īpašības	Krasta erozijas iemesls/veicinošie faktori	Erozijas riska klase	Erozijas riskam pakļauto objektu kategorija / krasta teritorijas tips	Piezīmes
<b>Krasta apsaimniekošanas (erozijas ietekmes un applūšanas mazināšanas) pasākumu tips</b>					
<b>1. Neiejaukšanās un pielāgošanās</b>	Jebkurš tips neatkarīgi no krasta elementu parametriem.	Jebkurš iemesls, īpaši piemērots krastiem, kur erozija nav cilvēkfaktoru izraisīta.	1. – 4., kā arī mākslīgoto krastu palīgklase.	Nav nozīmīgu tautsaimniecības objektu. Dabas pamatnes teritorijas, rekreācijas objekti.	Labākais iespējamais risinājums no dabas un vides aizsardzības viedokļa.
<b>1.1. Iepriekš daļēji mākslīgota krasta renaturalizācija</b>	Jebkurš tips neatkarīgi no krasta elementu parametriem.	Cilvēkfaktoru izraisīta krasta erozijas pastiprināšanās blakus iecirkņos.	1. – 4., kā arī mākslīgoto krastu palīgklase.	Nav nozīmīgu objektu. Dabas pamatnes teritorijas, rekreācijas objekti.	
<b>1.2. Dabisko krasta pielāgošanās spēju veicināšana</b>	Jebkurš krasta tips, īpaši piemērots lēzeniem, smilšainiem un zemiem krasta posmiem ar akumulācijas pārsvaru un labi attīstītu krasta primāro kāpu reljefu.	Rekreācijas slodzes radīti traucējumi.	1.-4.	Dabas pamatnes teritorijas, rekreācijas objekti.	
<b>1.3. Ēku un infrastruktūras pārveidošana, pielāgojot krasta mainības apstākļiem</b>	Jebkurš krasta tips, labāk piemērots zemiem un lēzeniem krastiem, jūras vējuzplūdu apdraudētām teritorijām.	Jebkurš iemesls.	1.-4.	Zema apbūves blīvuma teritorijas, pagaidu infrastruktūras objekti.	Stacionāru objektu un būvju pielāgošanas lietderība ir diskutabla dēļ ļoti augstas pasākuma resursietilpības.
<b>1.4. "Atkāpšanās" – ēku un infrastruktūras</b>	Jebkurš krasta tips, labāk piemērots jūras stāvkrasta posmiem,	Jebkurš iemesls	2.-4.	Tautsaimniecībā nozīmīgi objekti,	Pasākums ir uzskatāms par galveno alternatīvu invazīviem krasta erozijas

objektu pārvietošana iekšzemes virzienā	iecirkņiem ar sanešu deficīta un tranzīta apstākļiem.			stacionāras ēkas un infrastruktūra.	ierobežošanas pasākumiem (preterozijas būvēm) vietās, kur nav iespējama “zaļo” pasākumu izmantošana.
2. Mazinvasīvie (“zaļie”) pasākumi	Krasta posmi ar lielu smilšaino sanešu īpatsvaru krasta sistēmā, plašas pludmales un labi attīstīts primāro kāpu reljefs, pēc izcelsmes akumulatīvi krasti, ar akumulācijas pārsvaru vai dinamisko līdzsvaru.	Augsta rekreācijas slodze, klimata pārmaiņu rezultātā notikusi vēja erozijas pastiprināšanās un krasta applūšanas (vējuzplūdi) riska pieaugums.	1., 2.	Dabas pamatnes teritorijas, pagaidu infrastruktūras objekti, rekreācijas teritorijas, ĪADT un ĪA piekrastes biotopi	Nekur nav izmantojams kā vienīgais pamatpasākums erozijas nelabvēlīgās ietekmes mazināšanai. Ārpus 1. un 2. erozijas riska klases krasta iecirkņiem pasākums labi darbojas sinerģijā ar 3. grupas pasākumiem.
2.1. Krasta joslas raksturīgo augu pioniersugu stādījumu ierīkošana mērķtiecīgai vēja akumulācijas veicināšanai (“kāpu stādīšana”)	Akumulatīvi krasti, smilšaini.	Augsta rekreācijas slodze.	1., 2.	Īpaši piemērots rekreācijas teritorijās.	
2.2. Jūras krasta rekreācijas zonu labiekārtošana orientējoties uz samazinātu slodzi uz piekrastes biotopiem (arī traucējumus kompensējoši pasākumi)	Akumulatīvi un/vai dinamiskā līdzsvara krasti, smilšaini vai ar jauktu pludmales sastāvu.	Augsta rekreācijas slodze.	1., 2. (atsevišķos gadījumos 3.)	Īpaši piemērots rekreācijas teritorijās.	
3. Mazinvasīvie krasta sanešu mehāniskās manipulācijas pasākumi	Jebkurš krasta tips, labāk piemērots jūras stāvkrasta posmiem, iecirkņiem ar sanešu deficīta un tranzīta apstākļiem.	Cilvēkfaktoru vai kombinēti izraisīta krasta erozijas pastiprināšanās.	3., 4.	Visi objekti un teritorijas.	Pasākumu grupa ir uzskatāma par galveno un no dabas un vides aizsardzības viedokļa vēlāmāko alternatīvu masīvu preterozijas būvju ierīkošanai.
3.1. Sanešu papildināšana (“piebarošana”) pludmalē no ārpussistēmas avotiem (iekšzemes, upju bagarēšanas, dziļūdens atkrastes)	Jebkurš krasta tips, izmantoto sanešu veidam un granulometriskajām īpašībām jāatbilst mērķa teritorijā raksturīgajiem dabas apstākļiem.	Cilvēkfaktoru vai kombinēti izraisīta krasta erozijas pastiprināšanās.	3., 4.	Visi objekti un teritorijas.	Piebarošana var nodrošināt krasta erozijas riska būtisku samazināšanos kā apsaimniekošanas pamatpasākums tikai tad, ja tā tiek īstenota apjomā, kas ir aptuveni vienāds ar mērķa teritorijas sanešu bilances vidējo iztrūkumu.
3.1.1. Mazā apjomā (<50000 m <sup>3</sup> gadā vai	Krasta posmi ar nenozīmīgu erozijas pārsvaru un relatīvi	Cilvēkfaktoru vai kombinēti izraisīta krasta	3.	Visi objekti un teritorijas.	



lokalizēti specifiskās mērķteritorijās vai epizodiski/vienreizēji)	zemu vidējo viļņošanās intensitāti.	erozijas pastiprināšanās.			
3.1.2. Lielā apjomā (>50000 m <sup>3</sup> gadā vai garos krasta iecirkņos (>1 km) vai ilgstoši/regulāri)	Krasta posmi ar nozīmīgu erozijas pārsvaru un dziļu sanešu deficītu. Augstāka efektivitāte krasta iecirkņos ar dabiski sastopamiem smilšu nogulumiem.	Cilvēkfaktoru vai kombinēti izraisīta krasta erozijas pastiprināšanās.	3., 4.	Visi objekti un teritorijas.	
3.2. Sanešu garkrasta plūsmas protežēšana/atjaunošana (sanešu apnešana garām maksīgam šķērslim, izmantojot krasta sistēmas sanešus no pirmsšķēršļa akumulācijas zonas)	Krasta posmi, kurus tiešā veidā ietekmē ostu ārējās hidrotehniskās būves.	Cilvēkfaktoru izraisīta krasta erozija.	3., 4.	Visi objekti un teritorijas.	Pasākums ir uzskatāms par krasta sistēmu ilgtspējas nodrošināšanai vispiemērotāko, tomēr tam raksturīga ļoti augsta resursietilpība.
3.3. Krasta sanešu pārvietošana viena krasta iecirkņa ietvaros erozijas radītu reljefa pārveidojumu aizpildīšanai vai krasta kāpu vaļņa fragmentācijas novēršanai, izmantojot materiālu no krasta zemūdens nogāzes vai pludmales	Akumulatīvi vai dinamiskā līdzsvara krasta posmi, kuros ir izveidojies primāro kāpu reljefs.	Augsta rekreācijas slodze, klimata pārmaiņu rezultātā notikusi vēja erozijas pastiprināšanās un krasta applūšanas (vējuzplūdi) riska pieaugums.	1.-3.	Dabas pamatnes teritorijas, pagaidu infrastruktūras objekti, rekreācijas teritorijas, ĪADT un ĪA piekrastes biotopi.	Ļoti maza apjoma pasākums, kas paredzēts specifisku un ļoti lokālu situāciju risināšanai. Pasākumu vēlams īstenot kombinējot ar "zaļo" pasākumu grupas elementiem.
4. Invazīvie inženiertehniskie risinājumi (preterozijas būves)	Krasta posmi ar jebkādu ģeoloģisko uzbūvi, kuros pastāv sanešu deficīta apstākļi, ir izveidojies jūras stāvkrasts vai erozijas kāple.	Cilvēkfaktoru vai kombinēti izraisīta krasta erozijas pastiprināšanās.	3., 4.	Tautsaimniecībā nozīmīgi objekti, stacionāras ēkas un infrastruktūra.	Pasākumu grupa ir uzskatāma par mazāk vēlamu no dabas un vides aizsardzības viedokļa un to ietekme uz krasta sistēmu stabilitāti kopumā ir vērtējama negatīvi. Tas nozīmē, ka šo pasākumu īstenošana ir pieļaujama tikai atsevišķos izņēmuma gadījumos, samazinot segtās krasta posma

					garumu līdz minimumam un paredzot pasākumus nelabvēlīgās ietekmes mazināšanai.
<b>4.1. Pasīvo preterozijas būvju grupa (barjerobjekti)</b>	Krasta posmi ar jebkādu ģeoloģisko uzbūvi, kuros pastāv sanešu deficīta apstākļi, ir izveidojies jūras stāvkrasts vai erozijas kāple.	Cilvēkfaktoru vai kombinēti izraisīta krasta erozijas pastiprināšanās.	3., 4.	Tautsaimniecībā nozīmīgi objekti, stacionāras ēkas un infrastruktūra.	Pasīvo preterozijas būvju ietekme uz krasta sistēmas stabilitāti blakus esošajos iecirkņos parasti ir mazāka nekā aktīvā tipa preterozijas būvēm.
<b>4.1.1. Atbangošanas sienas, vertikālas vai stāvas (&gt;45°)</b>	Krasta posmi ar jebkādu ģeoloģisko uzbūvi, kuros pastāv sanešu deficīta apstākļi, ir izveidojies jūras stāvkrasts vai erozijas kāple.	Cilvēkfaktoru vai kombinēti izraisīta krasta erozijas pastiprināšanās.	4.	Kritiski nozīmīgi infrastruktūras objekti.	Atbangošanas sienu ietekme uz krasta sistēmas stabilitāti ir ar visaugstāko negatīvo potenciālu barjerobjektu (pasīvo būvju) grupā.
<b>4.1.2. Uzskalošanās sienas, lēzenas (&lt;45°)</b>	Krasta posmi ar jebkādu ģeoloģisko uzbūvi, kuros pastāv sanešu deficīta apstākļi, ir izveidojies jūras stāvkrasts vai erozijas kāple.	Cilvēkfaktoru vai kombinēti izraisīta krasta erozijas pastiprināšanās.	3., 4.	Kritiski nozīmīgi infrastruktūras objekti.	Uzskalošanās sienu ietekme uz krasta sistēmas stabilitāti ir nozīmīgi negatīva, atpaliekot tikai no atbangošanas sienu tipa.
<b>4.1.3. Gabionu sistēmas, dinamiskas (ūdenscaurlaidīgas)</b>	Krasta posmi ar jebkādu ģeoloģisko uzbūvi, kuros pastāv sanešu deficīta apstākļi, ir izveidojies jūras stāvkrasts vai erozijas kāple.	Cilvēkfaktoru vai kombinēti izraisīta krasta erozijas pastiprināšanās.	3., 4.	Kritiski nozīmīgi infrastruktūras objekti.	Gabionu sistēmu negatīvo ietekmi uz krasta sistēmas stabilitāti mazina to spēja daļēji slāpēt vētras viļņu enerģiju, pretstatā nedinamiskajām barjeru sistēmām, kuras viļņu enerģiju atstaro un veicina krasta eroziju.
<b>4.1.4. Pludmales un seklūdens joslas armējums/pārklājums</b>	Krasta posmi ar ļoti izteiktu smalkgraudaino sanešu deficītu, epizodiskiem bezpludmales apstākļiem un intensīvu krasta zemūdens nogāzes dziļumeroziju.	Cilvēkfaktoru vai kombinēti izraisīta krasta erozijas pastiprināšanās.	4.	Kritiski nozīmīgi infrastruktūras objekti.	Pasākums pasaulē ticis pielietots relatīvi nelielā skaitā situāciju, kur krasta erozijas intensitāte un risks ir ļoti augsts. Parasti pielieto kombinācijā ar citiem preterozijas būvju tipiem.
<b>4.1.5. Ģeotekstila barjerobjekti (ar sanešiem pildīti, ūdenscaurlaidīgi)</b>	Krasta posmi ar jebkādu ģeoloģisko uzbūvi, kuros pastāv sanešu deficīta apstākļi, ir izveidojies jūras stāvkrasts vai erozijas kāple.	Cilvēkfaktoru vai kombinēti izraisīta krasta erozijas pastiprināšanās.	3., 4.	Kritiski nozīmīgi infrastruktūras objekti.	Ģeotekstila barjerobjekti ir uzskatāmi par vienkāršotu un atvieglotu pasākumu salīdzinot ar citiem preterozijas būvju tipiem. Risinājuma negatīvo ietekmi uz krasta sistēmas stabilitāti var samazināt to iedziļinot pludmalē vai virspludmales reljefā un

					šādi saglabājot daļēju sanešu pārvietošanās iespēju pa karsta nogāzi.
<b>4.1.6. Banketes un uzbērumi (vietējie rupjatlūzu materiāli, ceļu grants, prasībām atbilstoši būvgruži, betona bloki uc.)</b>	Krasta posmi ar jebkādu ģeoloģisko uzbūvi, kuros pastāv sanešu deficīta apstākļi, ir izveidojies jūras stāvkrasts vai erozijas kāple.	Cilvēkfaktoru vai kombinēti izraisīta krasta erozijas pastiprināšanās.	3., 4.	Kritiski nozīmīgi infrastruktūras objekti.	Funkcionāls gabionu sistēmu analogs, jo nodrošina vētras viļņu enerģijas daļēju slāpēšanu. Parasti relatīvi veiksmīgi iekļaujas ainavā un daļēji saglabā funkcionalitāti arī pēc sabrukšanas. Banketes var uzskatīt par preterozijas būvju "klasiku", kas ir pazīstami jau vairākus tūkstošus gadu.
<b>4.1.7. Pretplūdūdeņu barjeras (mobīlas vai stacionāras, multifunkcionālas vai vienkāršas)</b>	Zemi un ļoti zemi jūras krasta posmi ar jebkādu ģeoloģisko uzbūvi, kuros krasta erozijai kombinējoties ar vētras izraisītiem vējuzplūdiem var notikt plašu teritoriju applūšana.	Augsta rekreācijas slodze, klimata pārmaiņu rezultātā notikusi vēja erozijas pastiprināšanās un krasta applūšanas (vējuzplūdi) riska pieaugums.	-	Tautsaimniecībā nozīmīgi objekti, stacionāras ēkas un infrastruktūra.	
<b>4.2. Aktīvo preterozijas būvju grupa</b>	Krasta posmi ar jebkādu ģeoloģisko uzbūvi, kuros pastāv sanešu deficīta vai tranzīta apstākļi un raksturīga intensīva garkrasta sanešu kustība. Labāk piemēroti krasta posmiem ar jauktu vai rupjgraudainu sanešu materiālu.	Cilvēkfaktoru vai kombinēti izraisīta krasta erozijas pastiprināšanās.	3., 4.	Tautsaimniecībā nozīmīgi objekti, stacionāras ēkas un infrastruktūra.	Aktīvo preterozijas būvju ietekme uz krasta sistēmu sniedzas arī ārpus to mērķa teritorijas un parasti rezultējas erozijas intensitātes pieaugumā blakus iecirkņos. Tipiski aktīvo preterozijas būvju efektivitāte (kā metrikas izmantojot tiešo erozijas intensitātes/riska samazinājumu mērķa teritorijā) ir zemāka nekā līdzīga būvapjoma un resursietilpības pasīvajām preterozijas būvēm. Aktīvo preterozijas būvju ierīkošana ir tehniski sarežģītāka un to kalpošanas laiks parasti ir īsāks.
<b>4.2.1. Būnas, masīvas (tehniski komplicētas, ar lielu būvapjomu un ilgu paredzamo kalpošanas laiku)</b>	Krasta posmi ar jebkādu ģeoloģisko uzbūvi, kuros pastāv sanešu deficīta vai tranzīta apstākļi un raksturīga intensīva garkrasta sanešu kustība. Labāk piemēroti krasta posmiem ar	Cilvēkfaktoru vai kombinēti izraisīta krasta erozijas pastiprināšanās.	4. (atsevišķos gadījumos 3.)	Kritiski nozīmīgi infrastruktūras objekti.	Ļoti nozīmīga negatīva un kumulatīva ietekme uz krasta sistēmas kopējo stabilitāti. Pieļaujams tikai izņēmuma gadījumos, rēķinoties ar erozijas pastiprināšanos blakus krasta iecirkņos.

	jauktu vai rupjgraudainu sanešu materiālu.				
4.2.2. Būnas, vienkāršas, īsas (koka pāļi, laukakmeņu krāvumi bez pamatnes, caurules uc.)	Krasta posmi ar jebkādu ģeoloģisko uzbūvi, kuros pastāv sanešu deficīta vai tranzīta apstākļi un raksturīga intensīva garkrasta sanešu kustība. Labāk piemēroti krasta posmiem ar jauktu vai rupjgraudainu sanešu materiālu.	Cilvēkfaktoru vai kombinēti izraisīta krasta erozijas pastiprināšanās.	3. (atsevišķos gadījumos 4.)	Kritiski nozīmīgi infrastruktūras objekti.	Par pasaules praksē bieži pielietotu var uzskatīt vienkāršu un relatīvi resursmazietilpīgu būnu kombinēšanu ar mehānisku sanešu manipulāciju (3. pasākumu grupa)
4.2.3. Masīvi viļņlauži	Krasta posmi ar jebkādu ģeoloģisko uzbūvi, kuros pastāv sanešu deficīta vai tranzīta apstākļi un raksturīga intensīva garkrasta sanešu kustība. Labāk piemēroti krasta posmiem ar jauktu vai smalkgraudainu sanešu materiālu.	Cilvēkfaktoru vai kombinēti izraisīta krasta erozijas pastiprināšanās.	3., 4.	Kritiski nozīmīgi infrastruktūras objekti.	Parasti izvietoti zemūdens nogāzē, pilnībā zem ūdens. Efekts un ietekme ir ļoti līdzīga citiem aktīvajiem krasta preterozijas risinājumiem, bet raksturīgas sevišķi augstas celtniecības un uzturēšanas izmaksas. Neietekmē vietas ainavas kvalitāti. Labvēlīgos apstākļos var izveidoties "rifu" ekosistēmas. Var radīt krasta zonas izmantošanas ierobežojumus un samazināt vietas rekreācijas resursa vērtību.
4.2.4. Mākslīgie rīfi, dinamiski un stacionāri (nostiprināti)	Krasta posmi ar jebkādu ģeoloģisko uzbūvi, kuros pastāv sanešu deficīta vai tranzīta apstākļi un raksturīga intensīva garkrasta sanešu kustība. Labāk piemēroti krasta posmiem ar jauktu vai smalkgraudainu sanešu materiālu.	Cilvēkfaktoru vai kombinēti izraisīta krasta erozijas pastiprināšanās.	3. (atsevišķos gadījumos 4.)	Kritiski nozīmīgi infrastruktūras objekti.	Mākslīgo rīfu konstrukcijas ir iespējams izgatavot no ļoti dažādiem materiāliem. Darbības principa pamatā ir krastā pienākošo viļņu enerģijas slāpēšana un garkrasta sanešu akumulācijas veicināšana mērķa teritorijā. Ir vienkāršots un atvieglots zemūdens viļņlaužu funkcionāls analogs. Parasti ierobežots (īss) darbības laiks. Var radīt krasta zonas izmantošanas ierobežojumus un samazināt vietas rekreācijas resursa vērtību.

**Vispārīgās rekomendācijas jūras krasta erozijas apsaimniekošanai un erozijas radītās nelabvēlīgās ietekmes mazināšanai atbilstoši konkrētajā krasta iecirknī pastāvošajam erozijas riska līmenim (klasei)**

Neatkarīgi no katra konkrēta krasta iecirkņa piederības kādai no erozijas riska klasēm, uz tiem kopīgi ir attiecināmas šādas rekomendācijas:

- Labākā iespējamā rīcība ir neiejaukšanās jūras krasta ģeoloģisko procesu norisē un pielāgošanās pasākumu īstenošana (gan atjaunojot krasta sistēmai raksturīgo dabisko “elastību” (barjerfunkcijas ekopakalpojumu kvalitāte u. c.), gan iespējamajam riskam pakļauto objektu un infrastruktūras pārveidošana, plānošanā un apsaimniekošanā iekļaujot ar krasta erozijas risku saistītos faktoros).
- Mazinvasīvi preterozijas pasākumi (“zaļie” pasākumi, krasta teritoriju uzbēršana (piebarošana)) parasti rada mazāku negatīvo seku risku un mazāku negatīvo ietekmju magnitūdu uz krasta sistēmu ilgtspēju, kā arī uz citu dabas un vides aizsardzības kontekstā nozīmīgu sistēmu ilgtspēju, nekā invazīvi un agresīvi preterozijas pasākumi (būves un krasta mākslīgošana).
- Pieņemot lēmumu par invazīvu un agresīvu preterozijas pasākumu īstenošanu, iespēju robežās ir jāminimizē segtā/skartā krasta iecirkņa garums.
- Pieņemot lēmumu par invazīvu un agresīvu pasākumu īstenošanu, jāparedz risinājuma ietekmes uz krasta ģeoloģiskajiem procesiem lokālais monitorings. Monitorings nepieciešams arī jau esošo preterozijas būvju ietekmes un efektivitātes novērtēšanai. Monitoringa ietvaros nosakāmas sanešu apjoma izmaiņas tiešā būves tuvumā, pretnostatot fona situācijai.

**I erozijas riska klase** (Krasta iecirkņi, kuros dominē akumulācija un pamatkrasta erozijas varbūtība ir zemāka par 1 % gadā. Krasta erozijas radīti nozīmīgi postījumi šeit ir uzskatāmi par ļoti mazvarbūtīgiem. Šajos krasta iecirkņos vēsturiski un ilgstoši pārsvarā ir bijusi smalkgraudaino sanešu uzkrāšanās – akumulācija.)

- Nav pamatojama un nav nepieciešama tādu pasākumu īstenošana, kas saistīta ar krasta ģeoloģisko procesu dabiskas norises ierobežošanu jebkādā veidā. Šīs klases iecirkņos, kur saimnieciskās darbības vai augstas rekreācijas slodzes dēļ attīstās vēja erozija (deflācija), dēļ tās notiek primāro kāpu fragmentācija un vējnesto smilšu pārpūšana iekšzemē, ļoti ierobežotā apjomā ir pieļaujama un atsevišķos gadījumos – vēlama, dažādu mazinvasīvu (“zaļo”) krasta zonas apsaimniekošanas pasākumu pielietošana. “Zaļo” pasākumu izmantošana krasta kāpu un/vai primāro kāpu stabilizācijai un vēja nesto smilšu akumulācijas veicināšanai nav izmantojama tajos krasta iecirkņos, kuri atrodas piekrastes ĪADT robežās (deflācijas apturēšana un mērķētas smilšu akumulācijas veicināšana var būt pretrunā ar šo ĪADT DAP).

**II erozijas riska klase** (Krasta iecirkņi, kuri kopumā uzskatāmi par stabiliem un mazmainīgiem. Iespējamās erozijas epizodes ir retas (1-5 % gadā) un erozijas epizožu radītie krasta reljefa pārveidojumi pakāpeniski atjaunojas (kompensēta erozija). Nozīmīgi postījumi pamatkrastā ir relatīvi mazvarbūtīgi. Šajos krasta iecirkņos ilgstoši nenozīmīgā pārsvarā ir bijusi sanešu akumulācija vai valda līdzsvarotas sanešu bilances apstākļi.)

- Kopumā nav ieteicama tādu pasākumu īstenošana, kas saistīta ar krasta ģeoloģisko procesu dabiskas norises ierobežošanu, jo īpaši tas attiecināms uz eroziju ierobežojošu aizsargbūvju ierīkošanu. Pasākumi, kas saistīti ar vēja nesto smilšu akumulācijas veicināšanu (“zaļie” pasākumi) ir uzskatāmi par standartpraksi un labāko iespējamo izvēli tajos krasta iecirkņos, kur to pieļauj dabas apstākļi (jūras rumbu vējam atvērti smilšaini krasti). Vietās ar augstu rekreācijas slodzi ir ieteicama atpūtnieku plūsmas regulēšana (kontrolē, ierobežošana un virzīšana) primāro kāpu zonā, izmantojot dažādus slodzi mazinošus risinājumus. Jāīsteno rekreācijas slodzes radītās ietekmes monitorings un jāpiemēro kompensējoši pasākumi (primāro kāpu veģetācijas atjaunošana uc.).

- Vietās, kur dabas apstākļi nav piemēroti “zaļo” pasākumu īstenošanai, ir ieteicami dažādi pielāgošanās pasākumi, bet izņēmuma gadījumos ir pieļaujami arī mazināzīvī un invāzīvī pasākumi (krasta piebarošana, maza būvapjoma preterozijas būves). Par izņēmuma gadījumiem ir uzskatāmi tādi apstākļi, kur krasta erozijas vai applūšanas apdraudētu objektu pārvietošana vai pārveidošana nav lietderīga/iespējama. Pieļaujamo mazināzīvī un invāzīvī pasākumu spektrā ir prioritizējama krasta nogāzes augšējās daļas piebarošana ar piemērotu smalkgraudainu materiālu (mākslīgas pludmales veidošana un papildināšana). Par pieļaujamo, bet nevēlamu risinājumu ir uzskatāma vienkāršu un maza būvapjoma pasīvā tipa preterozijas būvju ierīkošana.

**III erozijas riska klase** (Krasta iecirkņi, kur pastāv nozīmīgs pamatkrasta erozijas risks un postījumu rašanās varbūtība pārsniedz 5 % gadā, bet vidējais pamatkrasta atkāpšanās ātrums vērtējams kā mazs. Šajos krasta iecirkņos vēsturiski un ilgstoši pārsvarā ir bijusi krasta erozija, tomēr tā notikusi relatīvi reti un vidējais pamatkrasta atkāpšanās ātrums pēdējo 30 gadu laikā nesasniedz 0,5 m/gadā. Atjaunošanās pēc erozijas epizodēm šādos krasta iecirkņos parasti notiek ļoti lēni vai nenotiek vispār.)

Kopumā nav ieteicama tādu pasākumu īstenošana, kas saistīta ar garkrasta un šķērskrasta sanešu apmaiņas traucējumu radīšanu visur, kur tas nav uzskatāms par kategorisku nepieciešamību. Piemērotāko preterozijas būvju izvēlē ir jāprioritizē nelabvēlīgās ietekmes mazināšana uz blakus iecirkņiem un citām piekrastes dabas un vides vērtībām un sistēmām.

- “Zaļo” krasta erozijas apsaimniekošanas pasākumu īstenošana III riska klases iecirkņos kopumā nav ieteicama, jo tās efektivitāte var būt nepietiekama iespējamo erozijas apjomu kompensēšanai. Atsevišķos gadījumos (jūras rumbu vējiem atvērtos smilšainu krastu posmos) “zaļo” pasākumu intensīva un vērienīga pielietošana var būtiski mazināt pamatkrasta erozijas risku un samazināt vidējo krasta atkāpšanās ātrumu.
- Krasta erozijas riska nozīmīga samazināšana vai krasta atkāpšanās pilnīga apturēšana ir iespējama tikai pielietojot invāzīvus preterozijas pasākumus.
- Situācijas, kur krasta erozijas apdraudētu objektu pārvietošana vai pārveidošana nav lietderīga/iespējama, ir ieteicama un prioritizējama krasta nogāzes augšējās daļas piebarošana ar intensitāti, kas aptuveni atbilst sanešu bilances iztrūkumam attiecīgajā iecirknī, kas nosakāms plānotās darbības IVN ietvaros (veicot krasta procesu matemātisko modelēšanu vai balstoties krasta procesu monitoringā iegūto vēsturisko datu analīzē).
- Vietās, kur krasta erozija ir pastiprinājusies saistībā ar ostu ārējo hidrotehnisko būvju radītajiem traucējumiem, par piemērotāko ir uzskatāma ostas un kuģu ceļa uzturēšanas darbos iegūtās nepiesārņotās grunts izmantošana piebarošanā.
- Invāzīvu un agresīvu preterozijas pasākumu īstenošana (krasta aizsargbūvju ierīkošana) ir pieļaujama tikai tajos krasta iecirkņos, kuri atrodas ārpus ĪADT un ārpus intensīvas rekreācijas zonām. Par pieļaujamo, bet nevēlamu risinājumu ir uzskatāma vienkāršu un maza būvapjoma aktīvā tipa preterozijas būvju (būnu, zemūdens viļņlaužu) ierīkošana. Ar preterozijas būvēm segto krasta iecirkņu kopgarums ir jāminimizē – pieļaujama maksimālā mākslīgojamo krastu kopgarums ir nosakāms plānotās darbības IVN ietvaros (veicot krasta procesu matemātisko modelēšanu, kurā tiek ņemta vērā arī citu krasta sistēmā esošu dabisko procesu traucējumu iespējamā ietekme uz krasta stabilitāti).

**IV erozijas riska klase** (Krasta iecirkņi, kur notiek nekompensēta pamatkrasta atkāpšanās un erozijas epizožu varbūtība pārsniedz 10 % gadā. Šajos iecirkņos jau līdz šim ir notikusi krasta atkāpšanās ļoti ievērojamā apjomā un krasta atjaunošanās fenomens nav novērojams gandrīz nemaz. Klimata pārmaiņu konteksts radīs erozijas riska/ātruma būtisku pieaugumu.)



- Kopumā nav ieteicama tādu pasākumu īstenošana, kas saistīta ar garkrasta un šķērskrasta sanešu apmaiņas traucējumu radīšanu visur, kur tas nav uzskatāms par kategorisku nepieciešamību. Piemērotāko preterozijas būvju izvēlē ir jāprioritizē nelabvēlīgās ietekmes mazināšana uz blakus iecirkņiem un citām piekrastes dabas un vides vērtībām un sistēmām.
- “Zaļo” krasta erozijas apsaimniekošanas pasākumu īstenošana IV klases iecirkņos nav ieteicama, jo tās efektivitāte noteikti nevar būt pietiekama iespējamo erozijas apjomu kompensēšanai.
- Krasta erozijas riska nozīmīga samazināšana vai krasta atkāpšanās pilnīga apturēšana ir iespējama tikai pielietojot invazīvus preterozijas pasākumus – ļoti intensīvu krasta piebarošanu vai masīvas ievērojama būvapjoma preterozijas būves.
- Vietās, kur krasta erozija ir pastiprinājusies saistībā ar ostu ārējo hidrotehnisko būvju radītajiem traucējumiem, par piemērotāko ir uzskatāma ostas un kuģu ceļa uzturēšanas darbos iegūtās nepiesārņotās grunts izmantošana piebarošanā.
- Situācijas, kur krasta erozijas apdraudētu objektu pārvietošana vai pārveidošana (pielāgošanās pasākumi) nav lietderīga/iespējama, ir ieteicama un prioritizējama krasta nogāzes augšējās daļas piebarošana ar intensitāti, kas aptuveni atbilst sanešu bilances iztrūkumam attiecīgajā iecirknī, kas nosakāms plānotās darbības IVN ietvaros (veicot krasta procesu matemātisko modelēšanu vai balstoties krasta procesu monitoringā iegūto vēsturisko datu analīzē), kombinējot to ar vidēja vai maza būvapjoma aktīvo krasta preterozijas būvju ierīkošanu.
- Invazīvu un agresīvu preterozijas pasākumu īstenošana (krasta aizsargbūvju ierīkošana) ir pieļaujama tikai tajos krasta iecirkņos, kuri atrodas ārpus ĪADT un ārpus intensīvas rekreācijas zonām.
- Pasīvā tipa preterozijas būvju ierīkošana IV klases iecirkņos ir uzskatāma par kategoriski nevēlamu to nenovēršamās negatīvās ietekmes dēļ uz krasta sistēmas stabilitāti kopumā.

**Mākslīgo krastu palīgklase** (Krasta iecirkņi, kuros hidrotehnisku būvju ierīkošanas rezultātā ir būtiski traucēts dabiskais krasta reljefa pārveidošanas kvazicikls.)

- Par ieteicamo konceptuālo risinājumu ir uzskatāma šo krasta posmu dabiskošana (renaturalizācija), paralēli īstenojot dažādus pielāgošanās kapacitāti paaugstinošus pasākumus un meklējot risinājumus, kuri nav saistīti ar krasta līnijas fiksēta stāvokļa saglabāšanu “par katru cenu”. Ja tas nav iespējams, ir vēlams šo krasta iecirkņu erozijas riska mazināšanas metožu maiņa, veicot pakāpenisku pāreju no esošajiem agresīvajiem un invazīvajiem risinājumiem uz mazāk invazīviem. Piemēram, aizstājot pasīvā tipa preterozijas būves ar krasta nogāzes augšējās daļas regulāru piebarošanu un/vai ar maza būvapjoma aktīvajām preterozijas būvēm.

### **Tūrisma un peldvietu infrastruktūra**

Iepriekš minētās rekomendācijas kopumā attiecas arī uz jūras piekrastē esošo tūrisma un peldvietu infrastruktūras aizsardzību. Tomēr, apsaimniekojot un aizsargājot šā veida infrastruktūru, papildus jāņem vērā arī tādi būtiski to raksturojoši apsvērumi kā izteiktā šo infrastruktūras objektu noslodzes sezonālitate un ar pludmales apmeklētāju attieksmi, uzvedību un apzinību saistīti izaicinājumi.

Peldvietu apmeklētāju intereses ne vienmēr saskan ar antropogēnās slodzes mazināšanas centieniem piekrastē – daļa aptaujāto atpūtnieku kā pludmales labiekārtošanas risinājumu iesaka attīrīt pludmales un kāpu zonu no tur augošajiem kokiem un augiem. Tomēr veģetācija un labs tās stāvoklis ir dabisks kavēklis jūras krasta erozijai. Kopumā visās pašvaldībās ir vietas

jūras piekrastē, kur infrastruktūras trūkums degradē veģetāciju. Tomēr arī nepārdomāti krasta preterozijas pasākumi, piemēram, kārkļu stādījumu nepamatota ierīkošana var traucēt smilšu pieplūdi zemākajām krasta nogāzes joslām vētru laikā tādējādi pastiprinot eroziju. Tāpēc papildus mērķis publiskās infrastruktūras izveidei ir arī mazināt antropogēno slodzi uz veģetāciju un iespējami saglabāt jūras krasta dabisko attīstību. Antropogēnās slodzes mazināšanas nolūkā populārākās gājēju takas būtu labiekārtojamas ar koka laipām, vairākus īsākos piekļuves ceļus apvienojot vienā visērtākajā. Ņemot vērā apmeklētāju paradumus, kā arī klimatisko apstākļu mainību, tiek rekomendēts atsevišķu pludmales infrastruktūras vienību (laipu, tualesu, atkritumu konteineru) uzstādīšanu veikt savlaicīgāk par oficiālās peldsezonas sākumu 15. maijā. Pludmales apmeklētāju uzskaites rezultāti liecina, ka jau līdz brīvdienām maija sākumā tiek reģistrētas lielas apmeklētāju plūsmas piekrastē. Savukārt pārmērīga pludmales izbraukāšana rada tās sablīvēšanos. Tādēļ nepieciešams nodrošināt labāku piekrastes kāpu zonas uzraudzību, nepieļaujot kāpu izbraukāšanu. Sistemātisku šādu pārkāpumu novēršanai būtu pastiprināma dabas un vides kontrolējošo dienestu sadarbība ar pašvaldības policiju, informatīvu pasākumu īstenošana, brīvprātīgo dabas inspektoru tīkla attīstība un operatīvas pārkāpumu ziņošanas sistēmas nodrošināšana ("Lauku ceļotājs", 2011; Klepers u. c., 2020b).

Lai nodrošinātu ilgtspējīgu un vienlaikus arī apmeklētāju vajadzībām atbilstošu peldvietu izmantošanu, pludmalēm, kas atrodas apdzīvotās vietās un ir populāras apmeklētāju ziņā, būtu jābūt atzītām par oficiālajām peldvietām un jātiecas uz atbilstību Zilā karoga standartiem. Atbilstoši Ministru kabineta noteikumiem Nr. 692 "Peldvietas izveidošanas, uzturēšanas un ūdens kvalitātes pārvaldības kārtība" noteiktas prasības peldvietu izvietojumam, kā arī noteikti peldvietas apsaimniekotāja uzdevumi, kas veicami pirms peldsezonas sākuma un peldsezonas laikā. Uzdevumos, kas veicami pirms peldsezonas sākuma, ietilpst gājēju ceļu izvietojums, lai nodrošinātu piekļuvi peldvietai, piebraucamā ceļa operatīvajam transportam un transportlīdzekļiem peldvietas apsaimniekošanas, uzraudzības un kontroles funkciju īstenošanai nodrošināšana, peldvietas norobežošana ar bojām vai citiem negrimstošiem materiāliem, ērtas pieejas peldvietas ūdenim, droša ūdensobjekta pamata reljefa un aizsardzības pret bīstamiem ģeoloģiskiem procesiem (piemēram, krasta nogruvumiem) nodrošināšana, atkarībā no peldvietas noslogojuma izvērtēta glābšanas dienesta darbības nodrošināšanas nepieciešamība, un pēc iespējas – vides pieejamības personām ar funkcionāliem traucējumiem un piekļuves ar bērnu ratiņiem nodrošināšana, atsevišķas peldvietas ierīkošana bērniem līdz 10 gadu vecumam. Peldvietā var tikt izveidoti funkcionāli sektori, piemēram, sauļošanās zona, sporta zona, bērnu sektors ar rotaļu laukumu, nūdistu zona. Savukārt uzdevumi, kas peldvietas apsaimniekotājam jāveic peldsezonas laikā ir stacionāro (paredzot kanalizācijas sistēmu ar notekūdeņu novadīšanu centralizētajā kanalizācijas tīklā vai vietējās attīrīšanas iekārtās) vai pārvietojamo tualesu ierīkošana, ģērbtuvju ierīkošana, atkritumu konteineru izvietojums un regulāras un savlaicīgas atkritumu savākšanas un izvešanas nodrošināšana, kā arī peldvietas sauszemes daļas smilšu virskārtas iridēšana un sijāšana, kur tas ir atļauts. Apsaimniekotājs nodrošina, lai peldvietā netiktu veiktas to piesārņojošas darbības. Augstākus peldvietu kvalitātes standartus nosaka Zilā karoga sertifikācijas sistēma, kas aizsākta 1987. gadā, un sertificē apmeklētājiem drošas un vides standartiem atbilstošas pludmales. Sertifikācijas kritērijos (kopumā tādi ir 33) ietilpst prasības vides izglītības nodrošināšanai, rūpes par vides un ūdens kvalitāti, ilgtspējīgas pludmales pārvaldības nodrošināšana, atbilstoša atkritumu apsaimniekošana, noteikti standarti publisko tualesu nodrošināšanai, pludmales infrastruktūras uzturēšana, apmeklētāju drošības nodrošināšana, piekļuve tīram dzeramajam ūdenim u. c. prasības. Atbilstoši šiem standartiem kā vēlama tiek minēta arī tāda peldvietu infrastruktūra kā dušas (pludmalē vai tās tuvumā esošajās ēkās), ģērbtuvē, vietas mazuļu aprūpei, kā arī infrastruktūra visu apmeklētāju

pieejamības nodrošināšanai. Lietpratēju vērtējumā pastāv šāda kopsakarība: pludmales, kurās tiek ieviestas rīcības atbilstoši minētajiem nacionālajiem vai starptautiskajiem standartiem kļūst apmeklētāju labāk novērtētas un apmeklētākas, un vienlaikus tiek veicināta to ilgtspējīga apsaimniekošana. Līdz ar to tiek rekomendēts vietās, kur ir vidēja, liela vai intensīva apmeklētāju slodze rekreācijas pludmalē nolūkā par obligātu nosacījumu, lai piesaistītu publisko finansējumu infrastruktūras veidošanai vai uzlabošanai, noteikt prasību reģistrēt peldvietu un to apsaimniekot atbilstoši prasībām, kas MK noteikumos izvirzītas oficiālajām peldvietām. Šīs rekomendācijas praktiskas īstenošanas nolūkā būtu nepieciešams veikt arī pastāvīgu pludmales apmeklētāju automātiskās uzskaites monitoringu. Savukārt pašvaldībām, kuru ilgtermiņa attīstības stratēģijās ietilpst plāni veidot plašu pludmales atpūtas piedāvājumu vietās ar jau šobrīd lielu apmeklētāju plūsmu peldsezonas laikā, izvirzīt par mērķi nodrošināt peldvietas atbilstību starptautiskajiem Zilā karoga sertifikācijas standartiem (Blue Flag International, 2021; Klepers u. c., 2020a).

#### 4.4. Piemērotāko risinājumu izvēli ietekmējošie faktori

Lai Latvijas piekrastes teritorijas konteksta daudzveidības apstākļos izvēlētos piemērotākos risinājumus no piekrastes aizsardzības risinājumu klāsta (4.6. tabula), nepieciešams izvērtēt šo risinājumu efektivitāti un sniegumu konkrētā krasta nogabala fizikāli ģeogrāfiskajos, sociāli ekonomiskajos, kā arī teritorijas izmantošanas un apsaimniekošanas apstākļos. Turklāt izvēlēto risinājumu efektivitāte un devums jūras krasta erozijas mazināšanā ir lielā mērā atkarīgs arī no lokālā konteksta specifikas, pielāgošanās plānošanas un īstenošanas veida, pielāgošanās rezultātu novērtētāja un laika perioda, kādā pēc risinājuma ieviešanas plānots izvērtēt tā efektivitāti. Lēmumu pieņemšanu par piemērotākajiem un efektīvākajiem risinājumiem apgrūtina arī ar nākotnē prognozētajām klimata pārmaiņām saistītā nenoteiktība attiecībā gan uz to izpausmēm, gan arī ietekmi uz jūras krasta eroziju. Izvēloties konkrētās vietas apstākļiem piemērotākos jūras krasta aizsardzības pasākumus, jāpievērš uzmanība, lai tie ir vērsti uz ievainojamības pret jūras krasta eroziju mazināšanu, ietver inovatīvus risinājumus, nodrošina dažādu pieeju (piemēram, tehnisku un netehnisku risinājumu) kombināciju, ilgtermiņa mērķus izvirza augstāk par īstermiņa politiskajām interesēm, kā arī veicina turpmākas diskusijas un saziņu ar iesaistītajām pusēm. Tāpat arī nepieciešams izvērtēt katra iespējamā risinājuma devumu jūras krasta erozijas riska mazināšanā un tā īstenošanas ietekmi uz sociālajiem un vides apstākļiem arī plašākā kontekstā. Izvērtējuma ietvaros uzmanība jāpievērš šādiem aspektiem:

- ieviešanas nepieciešamība (steidzamība);
- konkrētā risinājuma sniegums attiecībā pret vispārējiem mērķiem, un izvairīšanās no nepietiekamas pielāgošanās reakcijas (angļu val. – *maladaptation*);
- īstenojamība jeb iespējas konkrēto pasākumu īstenot noteiktā laika un resursu ietvaros;
- risinājuma īstenošanas pārvaldības un normatīvais ietvars;
- sociālie apsvērumi – vai risinājums īsteno vienlīdzīgu pieeju attiecībā uz aizsardzību pret jūras krasta erozijas ietekmi, piemēram, neradot nesamērīgas papildu izmaksas mājāsaimniecībām ar zemu ienākumu līmeni;
- risinājuma īstenošanai pieejamais finansējums un tā avoti;
- risinājuma īstenošanas izmaksas un ieguvumi, vēlams, analizēti pilnīgas izmaksu un ieguvumu analīzes (angļu val.– *cost-benefit analysis*), izmaksu efektivitātes analīzes (angļu val. – *cost-effectiveness analysis*) vai daudzkritēriju analīzes (angļu val. – *multi-criteria analysis*) veidā, vai arī, izmantojot risinājumu ekonomiskās efektivitātes izvērtēšanas modeļus;
- risinājuma ietekme uz vidi (EC and EEA, 2023a; EC and EEA, 2023b).

Tā kā jūras krasta erozijas risks un tā pārvarēšana skar dažādus pārvaldības līmeņus un tautsaimniecības sektorus, arī šo risku mazināšanas iespēju vērtēšanā būtu jānodrošina plaša iesaistīto pušu dalība. Vērtējot piekrastes aizsardzības risinājumu alternatīvas, pierādījumos balstītu lēmumu pieņemšanai būtiska ir kvalitatīvas informācijas nodrošināšana par visiem izvērtēšanā ietvertajiem aspektiem. Līdz ar to liela nozīme ir gan vides un sociāli ekonomiskos apstākļus raksturojošu datu, gan arī atbilstošas ekspertīzes pieejamība vērtēšanas procesā.

Tādējādi katrai piekrastes teritorijai vai objektam krasta stiprināšanas un aizsardzības pret eroziju risinājumu izvēli ietekmē daudzi un katrai vietai atšķirīgi gan sociālie, gan vides, gan ekonomiskie faktori. Šo faktoru dažādības un atšķirības dēļ būtiski ir uzsvērt, ka nav iespējams piedāvāt standartizētu multikritēriju matricu piemērotāko jūras krasta aizsardzības risinājumu izvēlei, un katrā lokācijā un gadījumā izveles iespējas jāvērtē individuāli un specifiski. Zemāk 4.7. tabulā sniegts vispārīgs būtisko ietekmējošo faktoru apkopojums.

4.7. tabula

**Piemērotāko risinājumu izvēli ietekmējošie sociālie, vides un ekonomiskie faktori**  
(Buffalo beach coastal erosion management strategy: Part I Strategy. Environment Waikato  
Technical Report 2006/19.)

<b>Sociālās ietekmes</b>	<b>Politikas atbilstība</b>	Pakāpe, kādā risinājuma izveles un īstenošanas pārvaldības iespējas atbilst esošajai nacionālā, reģionālā un lokālā līmeņa politikai, normatīvajam regulējumam vai vadlīnijām.
	<b>Pludmales labiekārtojums</b>	Attiecas uz kultūras ekosistēmu pakalpojumiem – vietas izjūtu, iespējas vizuālo estētiku, publisko piekļuvi un atpūtas iespējām, piemēram, braukšanu ar velosipēdu, skriešanu, sērfošanu, ūdenssporta iespējām u.tt.
	<b>Publiskā piekļuve</b>	Par publisku piekļuvi uzskata gan piekļuvi piekrastei, gan pārvietošanās iespējas gar piekrasti.
	<b>Būvniecības izraisīti traucējumi</b>	Attiecas uz traucējumiem, apgrūtinājumiem un trokšņu līmeni, kas ietekmē iedzīvotājus, vietējo sabiedrību un apmeklētājus jebkādu būvdarbiem/izveides vai uzturēšanas darbu dēļ.
	<b>Sabiedriskā drošība</b>	Ietekmes līmenis uz sabiedrisko drošību, piemēram, kuģošanas drošība, negadījums, ko izraisījušas būvniecības darbības, un ievainojumu/dzīvības apdraudējuma risks privātīpašniekiem.
	<b>Ietekme uz pārvaldes struktūrām</b>	Apmērs, kādā izvēlētais risinājums ietekmē pašvaldību institūciju pienākumu veikt piekrastes aizsardzības darbus, vienlaikus aizsargājot privātīpašumu.
	<b>Nenoteiktība</b>	Nenoteiktības līmenis, ko konkrētais risinājums rada nekustamo īpašumu īpašniekiem attiecībā uz to, cik iedarbīga ir aizsardzība pret turpmākiem erozijas notikumiem, t. i., īpašuma bojājumu vai iznīcināšanu.
	<b>Sabiedrības pretestība</b>	Attiecas uz paredzamajiem pretestības līmeņiem, sabiedrības uztveri un nesaskaņām kopienā ierosinātās darbības rezultātā.
	<b>Kultūras un vēsturiskais vērtības</b>	Attiecas uz dabas un fiziskajiem resursiem, kas palīdz izprast un novērtēt vietas vēsturi un kultūru, ietver apsvērumus par ietekmi uz vērtībām, kas svarīgas konkrētās vietas kopienai (kultūras ekosistēmu pakalpojumi).
	<b>Objektivitāte</b>	Iegūstamo ieguvumu līdzsvara novērtējums starp plašāku sabiedrību un privāto pludmales īpašumu īpašniekiem u. tt.

<b>Vides ietekmes</b>	<b>Bioloģiskā daudzveidība un ietekme uz vidi</b>	Attiecas uz risinājuma ietekmi uz dabiskajām reljefa formām un dabas procesiem, vietējām sugām un biotopiem, tostarp apdraudētām un apdraudētām sugām piekrastes vidē, piekrastes biotopu ekosistēmām un to pakalpojumu nodrošināšanu.
	<b>Krastu procesi</b>	Ietekme uz dabiskajiem krastu procesiem, piemēram, viļņu darbību, straumēm un nogulumu pārvietošanos.
	<b>Krastu applūšana</b>	Attiecas uz risinājuma ietekmi uz piekrastes plūdu risku. Tas ietver viļņu pastiprināšanos, vējuzplūdus u. tt.
	<b>Klimata pārmaiņas</b>	Kā ieviestos pasākumus ietekmēs nākotnē sagaidāmās klimata pārmaiņas, ar to saistīto jūras līmeņa paaugstināšanos un ietekmi uz krasta eroziju.
	<b>Risinājuma atgriezeniskums</b>	Attiecas uz to, cik viegli ir iespējams mainīt īstenotos pasākumus risinājuma ieviešanas skartajās zonās un atjaunot to sākotnējā stāvoklī pirms to ieviešanas.
<b>Ekonomiskās ietekmes</b>	<b>Būvniecības/izveides un uzturēšanas izmaksas</b>	Sākotnējās kapitāla izmaksas, kas saistītas ar inženiertehnisko konstrukciju būvniecību, “zaļo” vai mazinavāzīvo risinājumu izveidi, kā arī uzturēšanas izmaksām.
	<b>Kapitāla izmaksas</b>	Attiecas uz infrastruktūras un īpašumu pārvietošanas vai iegādes izmaksām, kas saistītas ar risinājumu ieviešanu.
	<b>Vietējā ekonomika</b>	Attiecas uz ieguldījumu un papildu ietekmi uz vietējo ekonomiku, t. i., iespēja palielināt vietējo nodarbinātību, izdevumus un citas saimnieciskās darbības vietējā kopienā.
	<b>Darījumu izmaksas</b>	Attiecas uz centieniem un līdz ar to izmaksām, kas saistītas ar organizēšanu, sarunu vešanu, līgumu slēgšanu attiecībā uz konkrētā risinājuma ieviešanu un īstenošanu (piemēram, resursu piešķiršanu u. c.).
	<b>Tūrisms</b>	Iespējamais ieguldījums vietējā tūrismā (apmeklētāju skaita, tūrisma sektora nozares apgrozījuma pieaugums u. c.).
	<b>Privātais kapitāls</b>	Cik lielā mērā šī risinājuma ieviešana ietekmē gan privātā kapitāla, gan pašu kapitāla pieaugumu, piemēram, īpašuma vērtības pieaugums vai samazināšanās, gan attiecībā uz blakus esošajiem pludmales īpašumiem, gan plašāku sabiedrību. Ietver izmaksas par īpašuma pārvietošanu vai iegādi, ja to pieprasa konkrētā risinājuma ieviešana.
	<b>Publiskās infrastruktūras aizsardzība</b>	Attiecas uz to, cik lielā mērā konkrētā risinājuma ieviešana nodrošinās tādu infrastruktūras objektu aizsardzību, kas nodrošina pakalpojumus, kas tiek uzskatīti par īpaši svarīgiem ikdienas darbībā (piemēram, elektrības, dabasgāzes, šķidrā kurināmā piegādes, ūdensapgādes un kanalizācijas, notekūdeņu attīrīšanas, neatliekamās veselības aprūpes, glābšanas dienestu, elektronisko sakaru un datu pārraides, ceļu infrastruktūras un sabiedriskā transporta pakalpojumu nodrošināšana u. c.), kā arī saistīto ietekmi uz pašvaldību institūcijām saistībā ar izmaksām par šīs infrastruktūras un pakalpojumu pārvietošanu vai atjaunošanu.

Nozīmīgs risinājuma piemērotības izvērtēšanas faktors ir arī apdraudētā objekta veids (sk. 4.1. nodaļu).

### **Krasta erozijas risinājumu indikatīvās būvniecības/izveides un uzturēšanas izmaksas**

Būtisks faktors piemērotāko jūras krasta erozijas aizsardzības risinājumu izvēlei ir to būvniecības/izveides un uzturēšanas izmaksas. Visiem iepriekš aprakstītajiem jūras krasta erozijas aizsardzības risinājumiem būvniecības/izveides un uzturēšanas izmaksas katram objektam vai teritorijai ir specifiski atkarīgas no dažādiem faktoriem – jūras krasta ģeoloģiskajiem un hidrometeoroloģiskajiem procesiem konkrētajā vietā, nepieciešamā materiāla veida, apjoma un pieejamības, transportēšanas veida un attāluma, nepieciešamās konstrukcijas izmēriem, būvniecības vai izveides darbus apgrūtinājošiem faktoriem, darbaspēka pieejamības, kompetences un atalgojuma, paredzamā konstrukcijas noturības ilguma un nepieciešamajiem ieguldījumiem tās turpmākai atjaunošanai un pastāvīgai uzturēšanai. Tādēļ vispārīgas indikatīvo izmaksu aplēses var būt maldinošas un, lai iegūtu detalizētas un reālistiskas projektu izmaksu tāmes, šis izmaksu kopums būtu jānosaka individuāli katram aizsargājamajam objektam un katram aizsardzības pasākumu kopumam atbilstoši konkrēto apstākļu izmaksu situācijai. Ievērojot iepriekš minēto, šī pētījuma ietvaros nevar tikt sniegta standartizēta kalkulācijas metodika izmaksu aprēķiniem, bet piedāvāts dažādu aizsardzības risinājumu izmaksu apkopojums, balstoties uz praktiskiem piemēriem un pētījumiem gan Latvijā, gan ārvalstīs.

2.1. apakšnodaļā aprakstītā 2014. gadā izstrādātā metodiskā materiāla "Vadlīnijas jūras krasta erozijas seku mazināšanai" 2. pielikumā tika sniegtas preterozijas pasākumu aptuvenās orientējošās izmaksas, kas apkopotas zemāk 4.8. tabulā. Pētījuma ietvaros datu aprēķins veikts par 2014. gadu. Pārrēķins šī Ziņojuma ietvaros veikts saskaņā ar CSP inflācijas kalkulatoru ([https://tools.csb.gov.lv/cpi\\_calculator/lv/2016M12-2023M11/0/100](https://tools.csb.gov.lv/cpi_calculator/lv/2016M12-2023M11/0/100)) 2023. gadam.

4.8. tabula

#### Preterozijas pasākumu aptuvenās orientējošās izmaksas

Krasta erozijas apsaimniekošanā izmantojamie risinājumi	Pasākuma veids	Indikatīvās būvniecības/izveides izmaksas
<i>Mazinvasīvie "zaļie" pasākumi</i>	"kāpu stādīšana"	<ul style="list-style-type: none"> <li>kārķu stādījumu ierīkošana – 7-30 EUR par m</li> </ul>
	dažādu pagaidu infrastruktūras objektu (laipu, soliņu, zīmju, atpūtnieku pārvietošanos ierobežojošu žogu u.c.) ierīkošana	<ul style="list-style-type: none"> <li>pilna kompleksa „zaļo” metožu pielietošana, kombinējot kārķu stādījumus ar kāpu graudzāles stādījumiem un nodrošinot tos ar žogiem/laipām – 15-145 EUR par m</li> </ul>
<i>Bezkonstrukciju pasākumi (mazinvasīvie krasta sanešu mehāniskās manipulācijas pasākumi)</i>	smilšu, grants vai cita vietējai krasta sistēmai raksturīga sanešu materiāla papildināšanu mērķa teritorijā (deficīta zonās, vai krasta iecirkņos ar paaugstinātu krasta erozijas risku)	<ul style="list-style-type: none"> <li>smilšu uzskalošana pludmalē izmantojot specializētu kuģi vai zemessmēlēju – 2 - 15 EUR par 1 m<sup>3</sup> (atkarīgs no apjoma, transportēšanas tāluma, kuģa tipa u.c.);</li> <li>smilšu pārvietošana no akumulācijas zonas uz deficīta zonu (garām ostai) ar sauszemes transportu – 3-30 EUR par 1 m<sup>3</sup></li> </ul>
<i>Invazīvie inženiertehniskie risinājumi, kas saistīti ar masīvu hidrotehnisko preterozijas būvju ierīkošanu</i>	Pasīvas būves – dažāda slīpuma atbangošanas sienas, gultnes pārklājumi, gabioni (pildītu stieplu grozu krāvumi), banketes un uzbērumi	<ul style="list-style-type: none"> <li>vidēji masīvi gabioni bez pamatnes sagatavošanas – 720 - 1450 EUR par segtā krasta posma m;</li> <li>slīpu gabionu uzskalošanas siena ar apjomīgu pamatnes sagatavošanu –</li> </ul>



		2150- 4300 EUR par segtā krasta posma m; <ul style="list-style-type: none"> <li>vienkāršs rip-rap uzbērums no laukakmeņiem 145-1450 EUR par segtā krasta posma m</li> </ul>
	Aktīvas būves – dažādu formu un novietojuma viļņlauži, būnas un citi masīvi šķēršļi, kuri mērķtiecīgi tiek novietoti krasta nogāzes zemūdens daļā, viļņu aktīvas darbības zonā	<ul style="list-style-type: none"> <li>zemūdens nogāzē izvietotu atklātas Baltijas jūras apstākļiem atbilstošu aktīvo krasta aizsargbūvju būvniecība – 5750 - 21600 EUR par segtā krasta posma m (Rīgas līcī – 4300-14500 EUR);</li> <li>masīva atbangošanas/ uzskalošanas siena ar drenāžu un pamatnes enkurošanu – 3000-11500 EUR par segtā krasta posma m</li> </ul>

*Piemērs: Pludmales piebarošanas izmaksas Jūrmalā*

No 2015. gada līdz 2019. gadam Jūrmalā tika veikta pludmales „piebarošanas” metodes izmantošana jūras krasta erozijas ierobežošanai Kauguru pludmalē un Jūrmalas centrālajās pludmalēs (Dubulti, Majori). Jūrmala ir pirmā piekrastes pašvaldība, kas pēc savas iniciatīvas sāka pludmales krasta kāpu aizsardzības un stabilizēšanas pasākumus ar pludmales “piebarošanas” metodi.

Kāpu stabilizācijas pasākumi erozijas mazināšanai tiek veikti saskaņā ar vides eksperta, ģeoloģijas zinātnu doktora Jāņa Lapinska veiktajiem krasta kāpu līnijas matemātiskās modelēšanas rezultātiem un izstrādāto metodiku. Stabilizācijas pasākumi tiek veikti atbilstoši vides eksperta rekomendācijām, nebojājot dabīgo vidi, kārkļus un biotopus un ievērojot vides aizsardzības normatīvos aktus. Dr. geol. J. Lapinskis skaidro, ka smilšu piebēršana ir viens no efektīvākajiem veidiem, un šādu metodi izmanto arī citas Eiropas valstis. Kā priekšrocību zinātnieks min arī to, ka piebērtās smiltis organiski iekļaujas ainavā, līdz ar to uzlabojas teritorijas rekreācijas kvalitāte. Smiltis, kuras tiek piebērtas Kauguru pludmalē, iegūtas Jūrmalā, tīrot Lielupes grīvu Jūrmalas ostas teritorijā. 4.9. tabulā sniegts izmaksu apkopojums.

*4.9. tabula*

**Pludmales “piebarošanas” metodes izmantošanas izmaksas Jūrmalā**

<b>Gads \ Vieta</b>	<b>Kauguru pludmale</b>	<b>Majoru pludmale</b>	<b>Izmaksas (EUR) kopā ar PVN</b>
<b>2016.gads</b>	<b>3380 m<sup>3</sup></b>	<b>863 m<sup>3</sup></b>	<b>24 007.13 (Kauguri) 3 995.69 (Majori)</b>
<b>2017.gads</b>		<b>5692 m<sup>3</sup></b>	<b>23 967.87</b>
<b>2018.gads</b>		<b>3686 m<sup>3</sup></b>	<b>26 180.55</b>
<b>2019.gads</b>	<b>2919 m<sup>3</sup></b>		<b>25 430.33</b>

*Piemērs: ASV pieeja krasta aizsardzības risinājumu ieviešanas izmaksu aproksimācijai*

Pieaugot izpratnei par jūras krasta erozijas potenciālo negatīvo ietekmi, zaļās un uz dabiskiem risinājumiem balstītās aizsardzības pieejas ir kļuvušas populārākas. Lielākā daļa pētījumu, kas saistīti ar krasta līniju aizsardzību, ir vērsti uz vides un ekoloģiskās ietekmes izpratni. Tomēr jo īpaši attiecībā uz hibrīdām, uz dabiskiem risinājumiem balstītām pieejām ir pieejama ierobežota informācija, lai salīdzinātu to monetārās izmaksas. 2023. gada Pētījumā *The Cost of Shoreline Protection: A Comparison of Approaches in Coastal New England and the Mid-Atlantic, Coastal Management* (Krasta aizsardzības izmaksas: Jaunanglijas piekrastes un Vidusatlantijas piekrastes pārvaldības pieejas salīdzinājums) tika analizēta informācija no publiskajiem krasta aizsardzības projektiem Jaunanglijas un Vidusatlantijas apgabalos, lai novērtētu šo pasākumu izmaksas, pamatojoties uz izmantotajiem materiāliem, piemēram, veģetāciju, smiltīm un / vai akmeni. Šī pieeja ļauj detalizētāk novērtēt potenciālos projekta ieguldījumus un sniedz nepieciešamo informāciju par izmaksām par materiālu veidiem, ko vietējās pašvaldības un citas ieinteresētās puses var izmantot savās krasta aizsardzības stratēģijās.

Rezultāti liecina, ka pieejas, kurās izmanto dabiskus materiālus, parasti izmaksā mazāk nekā tās, kurās tiek izmantoti tradicionālāki, inženiertehniskie materiāli, un dabā balstītas pieejas mēdz maksāt kaut kur pa vidu. Konkrēti, projektus var iedalīt četrās apakšgrupās, pamatojoties uz to vidējām izmaksām par vienu vienību (parādītas vidējās svērtās krasta metra izmaksas un standartnovirze):

- atbangošanas aizsargsienas (vidēji: 5122 EUR, sn: 619 EUR) vai akmeņu banketes atklātās (būtiski apdraudētās) vietās (vidēji: 4498 EUR, sn: 660 EUR);
- smiltis pludmales piebarošanai (vidēji: 2815 EUR, sn: 362 EUR);
- akmens bloku bankete vietās ar vidēju apdraudējumu (2743 EUR, sn: 345 EUR);
- akmens bloku vai betona prizmu bankete un veģetācijas stādījumi vietās ar zemu apdraudējumu (vidēji: 1480 EUR, sn: 198 EUR);
- grunts uzbērumi vietās ar zemu apdraudējumu (vidēji: 1284 EUR, sn: 157 EUR);
- kāpu veģetācijas stādījumi un smiltis maza apjoma piebarošanai (vidēji: 1169 EUR, sn: 157 EUR).

Visbeidzot, bieži vien netiek ņemtas vērā uzraudzības un uzturēšanas izmaksas, kas var negatīvi ietekmēt krasta aizsardzības pasākumu panākumus ilgtermiņā. Kopā ar informāciju par šo dažādo pieeju ietekmi uz vidi un ekoloģisko ietekmi šī informācija ļaus pieņemt apzinātākus lēmumus par to, kā piekrastes un iekšzemes kopienas var vislabāk pielāgoties piekrastes riskiem.

### **Nākotnē prognozēto klimata pārmaiņu radītie izaicinājumi piemērotāko krasta aizsardzības risinājumu izvēlē**

Līdz gadsimta beigām prognozēto klimata pārmaiņu ietekmē Latvijas piekrastes teritorijā sagaidāms piekrastes applūšanas riska pieaugums (sk. 1.1.7. nodaļu). Lai apzinātu applūšanas riskam pakļauto teritoriju izplatību Latvijas piekrastē, to raksturu attiecībā uz šo teritoriju izmantošanas veidu un uz tām esošo infrastruktūru, kā arī lai savlaicīgi identificētu un plānotu rīcības iespējas, pieaugot applūšanas draudiem, sākotnēji būtu nepieciešams modelēt applūstošo teritoriju izplatību pie dažādiem vidējā jūras ūdens līmeņa paaugstināšanās lielumiem. Šāda veida aprēķinos būtu jāņem vērā gan prognozētās vidējā jūras ūdens līmeņa paaugstināšanās tendences, gan arī tā ekstremālo vērtību izmaiņas atbilstoši nākotnes klimata

pārmaiņu scenārijiem. Jāpiemin, ka pašreiz LVGMC uzturētajā Plūdu riska informācijas sistēmā pieejamie modelētie vējuzplūdu augstumi nav aprēķināti, ņemot vērā nākotnē prognozēto vidējā jūras ūdens līmeņa augstuma pieaugumu, bet gan tikai atkarībā no sagaidāmajām upju noteces izmaiņām lielāko upju grīvu apkārtnē. Tomēr, tā kā vienlaicīgi pieaugot gan vidējam jūras ūdens līmenim, gan stipru nokrišņu un upju noteces apmēram Latvijā tiek prognozēts visu šo pārmaiņu kumulatīvi veicināts piekrastes applūšanas risks, būtu nepieciešams arī kompleksi vērtēt un apzināt applūstošo teritoriju izplatību un identificēt applūšanas riskam īpaši pakļautos objektus.

Savukārt, lai nodrošinātu pielāgošanos sagaidāmajam jūras ūdens līmeņa pieaugumam, var tikt pielietotas trīs galvenās rīcības kategorijas: aizsardzība jeb jaunu vai uzlabotu piekrastes aizsardzības infrastruktūras sistēmu izveide, pielāgošana jeb brīdinājumu sistēmu uzlabošana vai infrastruktūras augstuma palielināšana un atkāpšanās no applūšanas riskam pakļautajām teritorijām (Costa et al., 2021; Lebbe et al., 2021). Atkāpšanās no apdraudētajām teritorijām var būt priekšlaicīga jeb plānota un savlaicīgi realizēta sistemātiska būvju un iedzīvotāju pārvietošana vēl pirms tos skar piekrastes applūšanas vai krasta erozijas negatīvā ietekme. Atkāpšanās var tikt īstenota arī tieši laikā (*just-in-time*) – novilcinot atkāpšanos no apdraudētajām teritorijām iespējami ilgu laiku (piemēram, līdz vidējā jūras līmeņa augstums sasniedz noteiktu robežvērtību), tomēr īstenojot to vēl pirms nelabvēlīgās ietekmes iestāšanās. Un visbeidzot atkāpšanās no apdraudētajām teritorijām var būt arī reaktīva un tikt īstenota pēc postoša applūšanas gadījuma. Daudzās piekrastes teritorijās tas ir tikai laika jautājums, līdz tiks izsmeltas visas citas aizsardzības infrastruktūras un citu pielāgošanās risinājumu iespējas noturēties un pārciest jūras ūdens līmeņa paaugstināšanos. Tāpat arī, ņemot vērā nākotnes klimata projekcijas, jāvērtē vai atkāpšanās no apdraudētajām teritorijām pēc būtības nav pamatotāka, jēgpilnāka, iedarbīgāka un ilgtermiņa izmaksu ziņā efektīvāka nekā ieguldījumi infrastruktūras izbūvē, uzturēšanā un citu pielāgošanās pasākumu īstenošanā. Izvēle par labu kādam no rīcības virzieniem neapšaubāmi būs kompleksa, ietverot plašu iespējamo rīcību klāstu, kā arī lokāla jeb atbilstoša konkrētās teritorijas apstākļiem (Griggs and Reguero, 2021).

## Izmantotā literatūra

Ahola, M., Bergström, L., Blomqvist, M., Boedeker, D., Börgel, F., Carlén, I., Carlund, T., Carstensen, J., Christensen, J.P.A., Futter, M., Gaget, E., Glibko, O., Gröger, M., Dierschke, V., Dieterich, C., Frederiksen, M., Galatius, A., Gustafsson, B., Frauen, C., Halkka, A., Halling, C., Holfort, J., Huss, M., Hyytiäinen, K., Jürgens, K., Jüssi, M., Kallasvu, M., Kankainen, M., Karlsson, A.M.L., Karlsson, M., Kiessling, A., Kjellström, E., Kontautas, A., Krause-Jensen, D., Kuliński, K., Kuningas, S., Käyhkö, J., Laht, J., Laine, A., Lange, G., Lappalainen, A., Laurila, T., Lehtiniemi, M., Lerche, K.-O., Lips, U., Martin, G., McCrackin, M., Meier, H.E.M., Mustamäki, N., Müller-Karulis, B., Naddafi, R., Niskanen, L., Nyström Sandman, A., Olsson, J., Pavón-Jordán, D., Pålsson, J., Rantanen, M., Razinkovas-Baziukas, A., Rehder, G., Reißmann, J.H., Reutgård, M., Ross, S., Rutgersson, A., Saarinen, J., Saks, L., Savchuk, O., Sofiev, M., Spich, K., Särkkä, J., Viitasalo, M., Vielma, J., Virtasalo, J., Wallin, I., Weisse, R., Wikner, J., Zhang, W., Zorita, E., Östman, Ö., 2021. Climate Change in the Baltic Sea. 2021 Fact Sheet. Baltic Sea Environment Proceedings n°180. HELCOM/Baltic Earth 2021. Pieejams: <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2021/09/Baltic-Sea-Climate-Change-Fact-Sheet-2021.pdf>

Avotniece, Z., Aņiskeviča, S., Maļinovskis, E., 2017. Klimata pārmaiņu scenāriji Latvijai. Pieejams: <https://www4.meteo.lv/klimatariks/files/zinojums.pdf>

Bednar-Friedl, B., Biesbroek, R., Schmidt, D.N., Alexander, P., Børsheim, K.Y., Carnicer, J., Georgopoulou, E., Haasnoot, M., Le Cozannet, G., Lionello, P., Lipka, O., Möllmann, C., Muccione, V., Mustonen, T., Piepenburg, D., Whitmarsh, L., 2022. Europe. In: Pörtner, H.-O., Roberts, D.C., Tignor, M., Poloczanska, E.S., Mintenbeck, K., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S., Lösschke, S., Möller, V., Okem, A., Rama, B. (eds.). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Pieejams: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_Chapter13.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Chapter13.pdf)

Bevacqua, E., Maraun, D., Vousdoukas, M.I., Voukouvalas, E., Vrac, M., Mentaschi, L., Widmann, M., 2019. Higher probability of compound flooding from precipitation and storm surge in Europe under anthropogenic climate change. *Science Advances*, 5(9). Pieejams: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aaw5531>

Blue Flag International, 2021. Blue Flag's Criteria. Pieejams: <https://www.blueflag.global/criteria>

Boris F. Prah, Markus Boettle, Luís Costa, Jürgen P. Kropp, Diego Rybski. Damage and protection cost curves for coastal floods within the 600 largest European cities. *Sci Data* 5, 180034 (2018). <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.34>

Bosboom, J. Stive, (2021). Coastal Dynamics. Delft, Netherlands: TU Delft. pp. 393–408.

Brand, E., Ramaekers, G. and Lodder, Q. (2022) Dutch experience with sand nourishments for dynamic coastline conservation – An operational overview. *Ocean and Coastal Management* 217

Buffalo beach coastal erosion management strategy: Part I Strategy. Environment Waikato Technical Report 2006/19. Author: Beca Carter Hollings & Ferner Ltd., in association with Economos Ltd. and Covoc. <https://www.waikatoregion.govt.nz/assets/WRC/WRC-2019/tr06-19.pdf>

Bush, D., Pilkey Jr., O. H., & Neal, W. (1996). Living by the rules of the sea. Durham, NC and London: Duke University Press.

Christences, O.B., Kjellstrom, E., Dieterich, C., Groger, M., Meier, H.E.M., 2022. Atmospheric regional climate projections for the Baltic Sea region until 2100. Pieejams: <https://esd.copernicus.org/articles/13/133/2022/>

Copernicus Marine Service and Copernicus Climate Service, 2023. Baltic Sea Mean Sea Level time series and trend from Observations Reprocessing. Pieejams: <https://marine.copernicus.eu/access-data/ocean-monitoring-indicators/baltic-sea-mean-sea-level-time-series-and-trend>

Costa, L., Arikas, D., Siegel, P., Widderich, F., 2021. Coastal conflicts, climate impacts and adaptation. Case Study Fehmarn, Germany. Pieejams: [https://land-sea.eu/wp-content/uploads/2022/01/LSA\\_Case\\_Study\\_Germany.pdf](https://land-sea.eu/wp-content/uploads/2022/01/LSA_Case_Study_Germany.pdf)

CSP inflācījas kalkulators [https://tools.csb.gov.lv/cpi\\_calculator/lv/2016M12-2023M11/0/100](https://tools.csb.gov.lv/cpi_calculator/lv/2016M12-2023M11/0/100)

Eberhards G., Grīne I., Lapinskis J., Purgalis I., Saltupe B., Torklere A., 2009. Changes in Latvia's Baltic seacoast (1935-2007). Baltica, 22 (1): 11-22.

European Commission Disaster Risk Management Knowledge Centre (EC DRMKC), 2022. Risk Data Hub. Methodology. Pieejams: <https://drmkc.jrc.ec.europa.eu/risk-data-hub/#/methodologies>

European Commission Disaster Risk Management Knowledge Centre (EC DRMKC) and Joint Research Centre Disaster Risk Management Unit (JRC DRMU), 2022. Risk Data Hub, JRC Disaster Risk Management Unit – methodological insight. Risk Data Hub Workshop, 15.06.2022. Pieejams: [https://drmkc.jrc.ec.europa.eu/portals/0/Knowledge/DRMKC\\_Featured\\_Events/rdhWorkshop2022/Presentations/02\\_DRMKC\\_RDH\\_workshop\\_RiskMethodology\\_TAntofie.pdf](https://drmkc.jrc.ec.europa.eu/portals/0/Knowledge/DRMKC_Featured_Events/rdhWorkshop2022/Presentations/02_DRMKC_RDH_workshop_RiskMethodology_TAntofie.pdf)

European Commission Disaster Risk Management Knowledge Centre (EC DRMKC), n.d. Dashboard – Risk. Pieejams: <https://drmkc.jrc.ec.europa.eu/risk-data-hub#/dashboardrisk>

European Commission (EC), 2021. Overview of natural and man-made disaster risks the European Union may face. Commission staff working document. 2020 edition. Pieejams: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/89fc0fc-edb9-11eb-a71c-01aa75ed71a1>

European Commission and European Environment Agency (EC&EEA), n.d. Relative Sea Level Rise. Pieejams: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/indicators/relative-sea-level-rise>

European Environment Agency (EEA), 2020. Urban adaptation in Europe: how cities and towns respond to climate change. EEA Report No 12/2020. Pieejams: <https://www.eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-in-europe>

European Environment Agency (EEA), 2021. Coastal – relative sea level. Pieejams: <https://www.eea.europa.eu/publications/europes-changing-climate-hazards-1/coastal/coastal-relative-sea-level>

European Environment Agency (EEA), 2022. Arctic and Baltic Sea Ice. Pieejams: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/arctic-and-baltic-sea-ice?activeAccordion=309c5ef9-de09-4759-bc02-802370dfa366#footnote-C4NQNMJ>

Forzieri, G., Bianchi, A., Batista e Silva, F., Marin Herrera, M.A., Leblois, A., Leblois, A., et al. (2018) Escalating Impacts of Climate Extremes on Critical Infrastructures in Europe. Global Environmental Change, 48, 97-107. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.11.007>

French, P.W., 2001. Coastal Defences: processes, problems and solutions. Routledge, London, 325 p.

Gaile, D., 2020. Vēja brāzmu pārmaiņu scenāriji Latvijai. Pieejams: [https://www4.meteo.lv/klimatariks/files/Veja\\_brazmas\\_zinojums.pdf](https://www4.meteo.lv/klimatariks/files/Veja_brazmas_zinojums.pdf)

Griggs, G. and Reguero, B.G., 2021. Coastal Adaptation to Climate Change and Sea-Level Rise. *Water*, 13(16), 2151. Pieejams: <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/16/2151>

Gulbinskas, S., Mileriene, R., Žaromskis, R., 2009. Coastal management measures in Lithuanian Baltic coast. In: *Coastal Engineering 2008, Proceedings of the 31st International Conference*, Vol. 5, Singapore, pp. 4042-4052.

Kaufman, W., Pilkey Jr., O. H. (1995). *The beaches are moving*. (6th ed.). Durham, North Carolina: Duke University Press.

Kelpšaitė-Rimkienė, L., Parnell, K., Žaromskis, R., Kondrat, V. (2021) Cross-Shore Profile Evolution after an Extreme Erosion Event—Palanga, Lithuania. In: *Journal of Marine Science and Engineering* 9(1):38, pp. 2-15.

Klepers, A., Mārdega, I., Kilups, M., Immurs, D., Puriņš, A., Ulme, J., 2020a. Baltijas jūras piekrastes apmeklētības, tās radītās slodzes uz vidi un infrastruktūras izvērtējums. Kopsavilkums 2020a. Pieejams: <https://drive.google.com/file/d/1fHyerW5K9HDVJkOLjJzJv2SQAkWDhG1K/view>

Klepers, A., Mārdega, I., Kilups, M., Immurs, D., Puriņš, A., Ulme, J., 2020b. Baltijas jūras piekrastes apmeklētība, tās radītās slodzes uz vidi un infrastruktūras vispārīgs izvērtējums. 1. Ziņojums. Pieejams: <https://drive.google.com/file/d/1R0WNIpu8jvShAxy2IXgbUJqZxGohVcl5/view>

Klepers, A., Mārdega, I., Kilups, M., Immurs, D., Puriņš, A., Ulme, J., 2020b. Baltijas jūras piekrastes apmeklētība, tās radītās slodzes uz vidi un infrastruktūras vispārīgs izvērtējums. 1. Ziņojums. Pieejams: <https://drive.google.com/file/d/1R0WNIpu8jvShAxy2IXgbUJqZxGohVcl5/view>

Kļaviņš, M., Avotniece, Z., Rodinovs, V., 2016. Dynamics and impacting factors of ice regimes in Latvia inland and coastal waters. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B: Natural, Exact and Applied Sciences*, 70(6), pp. 400–408. Pieejams: <https://intapi.sciendo.com/pdf/10.1515/prolas-2016-0059>

Kudure, A., 2009. Typical synoptic situations causing extremely high water levels along the Latvian coast of the Baltic Sea and in the Gulf of Riga. Pieejams: [https://www.meteo.lv/fs/files/CMSP\\_Static\\_Page\\_Attach/00/00/00/02/06/level.pdf](https://www.meteo.lv/fs/files/CMSP_Static_Page_Attach/00/00/00/02/06/level.pdf)

Łabuz, T. 2013. *Sposoby ochrony brzegów morskich i ich wpływ na środowisko przyrodnicze polskiego wybrzeża Bałtyku*. Fundacja WWF Polska. Pieejams: <https://www.wwf.pl/sites/default/files/2017-07/Sposoby%20ochrony%20brzeg%C3%B3w%20morskich%20i%20ich%20wp%C5%82yw%20na%20C5%9Brodowisko%20przyrodnicze%20polskiego%20wybrze%C5%BCa.pdf>

Lapinskis J. 2013. Coastal erosion and protection in Latvia. In: Williams A. T., Pranzini E. (eds.) *Coastal erosion and protection in Europe*. Routledge, London and New York, 457 p. ISBN: 978-1-84971-339-9

Lapinskis J. 2021. Geomorphing effect of sand fences in primary dunes of Gulf of Riga. *Landscape Architecture and Art*, Volume 18, Number 18, p.88-93

Lapinskis J. 2023. Coastal erosion and retreat in the Baltic Sea sediment-deficient coastal section Ventspils-Liepene during the period of 1996-2022. *Folia Geographica Journal* (pieņemts publicēšanai)

Lapinskis J., 2009. Zoning of the Latvian Sea coast according to litomorphodynamic characteristics. *RTU Zinātniskie raksti*. 19 (1): 168-174.

Lapinskis J., 2017. Coastal sediment balance in the eastern part of the Gulf of Riga (2005-2016). *Baltica*, 30 (2):87-95.



Lapisnkis, J., 2018. Baltijas jūras mūsdienu krasta procesi. Grām.: Nikodemus, O., Kļaviņš, M., Krišjāne, Z., Zelčs, V. (red.). Latvija. Zeme, daba, tauta, valsts. Latvijas Universitātes Akadēmiskais apgāds, Rīga. lpp. 136–142.

Latvijas Lauku tūrisma asociācija “Lauku ceļotājs”, 2011. Piekrastes apbūves vadlīnijas. Jūras piekrastes raksturīgās apbūves principi. Apbūves reģionālās īpatnības. Vadlīnijas jaunas apbūves veidošanai. Pieejams: [https://www.varam.gov.lv/sites/varam/files/content/files/piekrastbuves\\_vadl\\_1.pdf](https://www.varam.gov.lv/sites/varam/files/content/files/piekrastbuves_vadl_1.pdf)

Lebbe, T.B., Rey-Valette, H., Chaumillon, E., Camus, G., Almar, R., Cazenave, A., Claudet, J., Rocle, N., Meur-Ferec, C., Viard, F., Mercier, D., Dupuy, C., Menard, F., Rossel, B.A., Mullineaux, L., Sicre, M.-A., Zivian, A., Gaill, F., Euzen, A., 2021. Designing Coastal Adaptation Strategies to Tackle Sea Level Rise. *Frontiers in Marine Science*, 8, 740602. Pieejams: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2021.740602/full>

Lips, U. 2023. *Eesti merestrategie meetmekava ajakohastamine. Uute meetmete kirjeldused, nende teostatavuse ja piisavuse analüüs. Hidrograafilised muutused*. TTÜ Meresüsteemide instituut TÜ Eesti mereinstituut. Pieejams: <https://kliimaministeerium.ee/media/9223/download>

Lotman, A. et al. (eds.) 2019. *Eesti Mereaala Keskkonnaseisund 2018*. Keskkonnaministeerium. Pieejams: <https://kliimaministeerium.ee/media/274/download>

Luomaranta, A., Ruosteenoja, K., Jylha, K., Gregow, H., Haapala, J., Laaksonen, A., 2014. Multimodel estimates of the changes in the Baltic Sea ice cover during the present century. *Tellus*, 66, 22617. Pieejams: [https://www.researchgate.net/publication/261376508\\_Multimodel\\_estimates\\_of\\_the\\_changes\\_in\\_the\\_Baltic\\_Sea\\_ice\\_cover\\_during\\_the\\_present\\_century](https://www.researchgate.net/publication/261376508_Multimodel_estimates_of_the_changes_in_the_Baltic_Sea_ice_cover_during_the_present_century)

LVĢMC, 2020. Latvijas klimats. Pieejams: [https://klimats.meteo.lv/klimats/latvijas\\_klimats/](https://klimats.meteo.lv/klimats/latvijas_klimats/)

LVĢMC, 2023. Brīdinājumi par bīstamiem hidrometeoroloģiskajiem apstākļiem. Pieejams: [https://bridinajumi.meteo.lv/doc/Apraksts\\_par\\_bridinajumu\\_sistemu\\_LV-LV\\_2023-06.pdf](https://bridinajumi.meteo.lv/doc/Apraksts_par_bridinajumu_sistemu_LV-LV_2023-06.pdf)

LVĢMC, n.d. Plūdu riska informācijas sistēma. Pieejams: [https://videscentrs.lvģmc.lv/iebuve/vs/pludu\\_riska\\_informacijas\\_sistema](https://videscentrs.lvģmc.lv/iebuve/vs/pludu_riska_informacijas_sistema)

LVĢMC, n.d.<sup>a</sup> Pirms pusgadsimta Latvijā plosījās 2. spēcīgākā vētra un Rīgā tika novēroti augstākie vējuzplūdi hidrometeoroloģisko novērojumu vēsturē. Pieejams: <https://videscentrs.lvģmc.lv/lapas/pirms-pusgadsimta-latvija-plosijas-2-specigaka-vetra-un-riga-tika-noveroti-augstakie-vejuzpludi-hidrometeorologisko-noverojumu-vesture>

LVĢMC, n.d.<sup>b</sup> Visstiprākie vēji Latvijā. Pieejams: <https://videscentrs.lvģmc.lv/lapas/visstiprakie-veji-latvija>

Maes, M.J.A., Gonzales-Hishinuma, A., Haščič, I., Hoffmann, C., Banquet, A., Veneri, P., Bizeul, A., Martin, A.R., Quadrelli, R., 2022. Monitoring exposure to climate-related hazards: Indicator methodology and key results. OECD Environment Working Papers No. 201. Pieejams: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/da074cb6-en.pdf?expires=1702624383&id=id&accname=guest&checksum=67E126C9D0B4AF8CABEB5E9B0B476FBD>

Mannikus, R., Soomere, T., Viška, M., 2020. Variations in the mean, seasonal and extreme water level on the Latvian coast, the eastern Baltic Sea, during 1961–2018. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 245, 106827, <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.106827>

Masson-Delmotte, V. and Zhai, P., 2022. Regional trends in extreme events in the IPCC 2021 report. WMO Bulletin, 71(1). Pieejams: <https://public-old.wmo.int/en/resources/bulletin/regional-trends-extreme-events-ipcc-2021-report>

Meier, H.E.M., Dieterich, C., Groger, M., Dutheil, C., Borgel, F., Safonova, K., Christensen, O.B., Kjellstrom, E., 2022b. Oceanographic regional climate projections for the Baltic Sea until 2100. Pieejams: <https://esd.copernicus.org/articles/13/159/2022/>

Meier, H.E.M., Kniebusch, M., Dieterich, C., Gröger, M., Zorita, E., Elmgren, R., Myrberg, K., Ahola, M.P., Bartosova, A., Bonsdorff, E., Börgel, F., Capell, R., Carlén, I., Carlund, T., Carstensen, J., Christensen, O.B., Dierschke, V., Frauen, C., Frederiksen, M., Gaget, E., Galatius, A., Haapala, J.J., Halkka, A., Hugelius, G., Hünicke, B., Jaagus, J., Jüssi, M., Käyhkö, J., Kirchner, N., Kjellström, E., Kulinski, K., Lehmann, A., Lindström, G., May, W., Miller, P.A., Mohrholz, V., Müller-Karulis, B., Pavón-Jordán, D., Quante, M., Reckermann, M., Rutgersson, A., Savchuk, O.P., Stendel, M., Tuomi, L., Viitasalo, M., Weisse, R., Zhang, W., 2022a. Climate change in the Baltic Sea region: a summary. Pieejams: <https://esd.copernicus.org/articles/13/457/2022/>

Ministru kabineta noteikumi Nr. 692 "Peldvietas izveidošanas, uzturēšanas un ūdens kvalitātes pārvaldības kārtība". Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/295404-peldvietas-izveidosanas-uzturesanas-un-udens-kvalitates-parvaldibas-kartiba>

Parmesan, C., Morecroft, M.D., Trisurat, Y., Adrian, R., Anshari, G.Z., Arneth, A., Gao, Q., Gonzalez, P., Harris, R., Price, J., Stevens, N., Talukdarr, G.H., 2022. Terrestrial and Freshwater Ecosystems and Their Services. In: Pörtner, H.-O., Roberts, D.C., Tignor, M., Poloczanska, E.S., Mintenbeck, K., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S., Löschke, S., Möller, V., Okem, A., Rama, B. (eds.). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Pieejams: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_Chapter02.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Chapter02.pdf)

Pilarczyk, K. Zeidler, R. (1996). "Dutch case studies". Offshore breakwaters and shore evolution control. London: Taylor and Francis. p. 505.

Pilkey, O. H., Dixon, K. L. (1996). The corps and the shore. Washington D.C.: Island Press.

Pilkey, Orrin H.; Cooper, J. Andrew G. (2012). ""Alternative" Shoreline Erosion Control Devices: A Review". Pitfalls of Shoreline Stabilization. Coastal Research Library. Vol. 3. Dordrecht: Springer Verlag. pp. 187–214.

Prahl, B., Boettle, M., Costa, L. *et al.* Damage and protection cost curves for coastal floods within the 600 largest European cities. *Sci Data* **5**, 180034 (2018). <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.34>

Pranzini, E.; Williams, A., (Ed.) 2013. Coastal erosion and protection in Europe. Routledge: London, New York, 457 pp.

Reckermann, M., Harff, J., Meier, H.E.M., Kuliński, K., von Storch, H., 2023. Earth system changes in marginal seas. *Oceanologia*, 65(1). Pieejams: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0078323423000015?via%3Dihub>

Ruosteenoja, K., Kämäräinen, M., Aniskeviča, S., Pirinen, P., Mäkelä, A., 2016. Development of climate change scenarios for Latvia for the period until the year 2100. Pieejams: <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/8218532a-3227-4422-af9e-7c82d937ecea/content>

Rutgersson, A., Kjellström, E., Haapala, J., Stendel, M., Danilovich, I., Drews, M., Jylhä, K., Kujala, P., Larsén, X.G., Halsnæs, K., Lehtonen, I., Luomaranta, A., Nilsson, E., Olsson, T., Särkkä, J., Tuomi, L., Wasmund, N., 2022. Natural hazards and extreme events in the Baltic Sea region. *Earth System Dynamics*, 13, pp. 251–301. Pieejams: <https://esd.copernicus.org/articles/13/251/2022/>

Salman, A., Lombardo, S., Doody, P. Project "Living with coastal erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability" Report PART I - Major findings and Policy Recommendation of the EUROSION project <http://www.euroasion.org/reports-online/part1.pdf>

Sarah Ball Gonyo, Ben Zito & Heidi Burkart (2023) The Cost of Shoreline Protection: A Comparison of Approaches in Coastal New England and the Mid-Atlantic, *Coastal Management*, 51:2, 145-157, <https://doi.org/10.1080/08920753.2023.2186091>

Sawicki, B. 2023. *Elektrownia atomowa w Polsce. Jest decyzja lokalizacyjna*. "Rzeczpospolita". Pieejams: <https://energia.rp.pl/atom/art39328471-elektrownia-atomowa-w-polsce-jest-decyzja-lokalizacyjna>

Seneviratne, S.I., Zhang, X., Adnan, M., Badi, W., Dereczynski, C., Di Luca, A., Ghosh, S., Iskandar, I., Kossin, J., Lewis, S., Otto, F., Pinto, I., Satoh, M., Vicente-Serrano, S.M., Wehner, M., Zhou, B., 2021. Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate. In: Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S.L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M.I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J.B.R., Maycock, T.K., Waterfield, T., Yelekçi, O., Yu, R., Zhou, B. (eds.). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Pieejams: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_Chapter11.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter11.pdf)

Soomere, T. and Viška, M., 2014. Simulated wave-driven sediment transport along the eastern coast of the Baltic Sea. *Journal of Marine Systems*, 129, pp. 96–105. Pieejams: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924796313000250?via%3Dihub>

Soomere, T., 2023. Numerical simulations of wave climate in the Baltic Sea: a review. *Oceanologia*, 65(1), pp. 117–140. Pieejams: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S007832342200015X>

Soomre T., Viška M., Lapinskis J., Räämet, A. 2011. Linking wave loads with the intensity of coastal processes along the eastern Baltic Sea coasts. *Estonian Journal of Engineering*, 17 (4): 359-374.

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and The National Aeronautics and Space Administration (NASA), 2023. Sea Level Projection Tool. Pieejams: <https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool>

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2021. Summary for Policymakers. In: Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S.L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M.I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J.B.R., Maycock, T.K., Waterfield, T., Yelekçi, O., Yu, R., Zhou, B. (eds.). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Pieejams: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_SummaryVolume.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SummaryVolume.pdf)

Timothy W., Kaczkowski, H., Haiqing L. (2019) "Myrtle Beach: A history of shore protection and beach restoration". *Shore & Beach*. 87 (3).

Tõnisson, H. 2021. *Hannes Tõnisson: Randadesse ehitamise võlud ja valud*. Tallinna Ülikool. Pieejams: <https://www.tlu.ee/lti/meediavarav/blogid/hannes-tonisson-randadesse-ehitamise-volud-ja-valud>

Tõnisson, H. 2023. *Metoodika väljatöötamine laevateedele kuhjuvate rannasetete mahu ja kvaliteedi määramiseks ning kasutamiseks randade taastamisel Pärnu sadama ja seda ümbritsevate randade näitel*. Tallinna Ülikool Ökoloogia keskus. Pieejams: <https://kliimaministerium.ee/media/9570/download>

Turczyn, T. 2014. *Wicko Morskie: Finisz ochrony brzegów morskich na poligonie*. “Sławno Naszemiasto”. Pieejams: <https://slawno.naszemiasto.pl/wicko-morskie-finisz-ochrony-brzegow-morskich-na-poligonie/ar/c4-2675078>

Vadlīnijas jūras krasta erozijas seku mazināšanai. 2014. Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte. Pieejams: [https://www.varam.gov.lv/sites/varam/files/content/files/vadlinijas\\_juras\\_krasta\\_erozijas\\_seku\\_mazinasanai.pdf](https://www.varam.gov.lv/sites/varam/files/content/files/vadlinijas_juras_krasta_erozijas_seku_mazinasanai.pdf)

Valdmann, A. 2008. *On the Coastal Zone Management of the City of Tallinn under Natural and Anthropogenic Pressure*. Dissertation. Tallinn University Of Technology. Pieejams: <https://digikogu.taltech.ee/et/Download/ce30b594-18fc-4c5e-82dc-33f7db3d06a9/OntheCoastalZoneManagementoftheCityofTall.pdf>

VARAM, 2020. Piekraustes novērtējuma 2019 dati. Interaktīvā karte. Pieejams: <https://varam.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=0a7bab7ca0e549eda75786ea06ce4867>

VPP KALME ietvaros sagatavotā Latvijas jūras krasta erozijas riska un atkāpšanās prognoze 2022. gadam (kartes fragments) (KALME, 2010)

Weisse, Dailidienē, I., Hünicke, B., Kahma, K., Madsen, K., Omstedt, A., Parnell, K., Schöne, T., Soomere, T., Zhang, W., Zorita, E., 2021. Sea level dynamics and coastal erosion in the Baltic Sea region. Pieejams: <https://esd.copernicus.org/articles/12/871/2021/>

Wolsky, T. and Wisniewski, B., 2023. Characteristics of seasonal changes of the Baltic Sea extreme sea levels. *Oceanologia*, 65(1), pp. 151–170. Pieejams: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0078323422000239>

World Meteorological Organization (WMO), 2023. State of the Climate in Europe 2022. Pieejams: [https://library.wmo.int/viewer/66206/download?file=1320\\_State\\_of\\_the\\_Climate\\_in\\_Europe\\_2022\\_en.pdf&type=pdf&navigator=1](https://library.wmo.int/viewer/66206/download?file=1320_State_of_the_Climate_in_Europe_2022_en.pdf&type=pdf&navigator=1)

Zandersons, V. un Aņiskeviča, S., 2018. Sniega segas biežuma pārmaiņu scenāriji Latvijai. Pieejams: [https://www4.meteo.lv/klimatariks/files/Sniegs\\_2018.pdf](https://www4.meteo.lv/klimatariks/files/Sniegs_2018.pdf)

Žeižis, V., 2022. Latvijas jūras krasta erozijas novērtējums: krasta līnijas noteikšana un monitorings izmantojot tālizpētes datus. Pieejams: [https://docs.google.com/presentation/d/e/2PACX-1vRnKyqRHtFY5UEeaUiL3iUDxSu\\_QhSnPNFQ4qKIRQRiYPaJaP2yNLgmbgEdnxy0RKRK8-rPqKKGXACU/pub?start=false&loop=false&delayms=60000#slide=id.p1](https://docs.google.com/presentation/d/e/2PACX-1vRnKyqRHtFY5UEeaUiL3iUDxSu_QhSnPNFQ4qKIRQRiYPaJaP2yNLgmbgEdnxy0RKRK8-rPqKKGXACU/pub?start=false&loop=false&delayms=60000#slide=id.p1)

Žilinskas, G., Jarmalavičius, D., Pupienis, D. 2021a. Pajūrio juostos tvarkymo programos 2014–2020 m. Įgyvendinimo rezultatų įvertinimas. Gamtos paveldo fondas.

Žilinskas, G., Jarmalavičius, D., Pupienis, D. 2021b. Užsienio šalių, įskaitant artimiausias kaimynines šalis, patirties krantų tvarkyme ir krantotvarkos priemonių strateginių alternatyvų lietuvis pakrantei vertinimas. Gamtos paveldo fondas. Pieejams: [https://am.lrv.lt/uploads/am/documents/files/Uzsienio%20saliu%20krantotvarkos%20patirtis%20ir%20strategines%20alternatyvos%20\(1\).pdf](https://am.lrv.lt/uploads/am/documents/files/Uzsienio%20saliu%20krantotvarkos%20patirtis%20ir%20strategines%20alternatyvos%20(1).pdf)

Žilinskas, G., Jarmalavičius, D., Pupienis, D. 2022. Rekomenduojamos kranto tvarkymo priemonės 2021–2030 metų laikotarpiu. Gamtos paveldo fondas.