

Mikroplastmasas piesārņojuma upēs un jūras piekrastes smiltīs monitoringa vadlīnijas

Atskaite Latvijas vides aizsardzības fonda projektam
Nr. 1-08/37/2022 “Mikroplastmasas piesārņojuma monitoringa
pilnveidošana upēs un jūras piekrastes smiltīs”



Autori:

Alise Bebrīte

Inta Dimante-Deimantoviča

Sanda Sviņsta

Maija Viška

Projekta finansētājs:

**Valsts reģionālās
attīstības aģentūra**

Reģ. Nr. 90001733697

Alberta iela 10

Rīga, LV-1010

Izpildītājs:

**Daugavpils universitātes aģentūra "Latvijas
Hidroekoloģijas institūts" (LHEI)**

Reģ. Nr. 90002129621

Voleru iela 4

Rīga, LV-1007

Kontaktpersona: Inta Dimante-Deimantoviča
inta.dimante-deimantovica@lhei.lv

Autori:

Alise Bebrīte, vides inženiere

Inta Dimante-Deimantoviča, vadošā pētniece

Sanda Svīpsta, zinātniskā asistente

Maija Viška, pētniece

Atsaucei: Bebrīte, A., Dimante-Deimantoviča, I., Svīpsta, S., Viška M. 2023.
Mikroplastmasas piesārņojuma monitoringa pilnveidošana upēs un jūras piekrastes smiltīs.
Vadlīnijas/atskaite Latvijas vides aizsardzības fonda projektam Nr. 1-08/37/2022. Latvijas
Hidroekoloģijas institūts, 44. lpp.

Titullapas foto: LHEI, 2023

Saturs

Kopsavilkums.....	4
1. Pētījuma vietas raksturojums	5
3. Paraugu sagatavošana un analīze	13
4. Kvalitātes nodrošināšana un kontrole	19
5. Rezultāti	21
6. Rekomendācijas turpmākam monitoringam un iespējamie robežlielumi	38
Izmantotās literatūras un avotu saraksts.....	42

Kopsavilkums

Vadlīnijās aprakstīti Latvijas vides aizsardzības fonda projekta Nr. 1-08/37/2022 “Mikroplastmasas piesārņojuma monitoringa pilnveidošana upēs un jūras piekrastes smiltīs” rezultāti un rekomendācijas turpmākam mikroplastmasas monitoringam upēs un jūras piekrastes smiltīs. Mikroplastmasas piesārņojums jūrā un ar to saistītajos biotopos mūsdienās ir aktuāls jautājums, tomēr šī piesārņotāja monitoringam trūkst vienotas un standartizētas vadlīnijas ne tikai Latvijā, bet arī Eiropas Savienības un globālā līmenī.

Projekta mērķis bija uz esošo zināšanu un iestrāžu bāzes pilnveidot mikroplastmasas piesārņojuma monitoringa metodes upēs un jūras piekrastes smiltīs, izveidojot vadlīnijas regulāram monitoringam, kas ļautu noteikt un raksturot ar mikroplastmasas piesārņojuma daudzuma izmaiņām saistītas tendences jūras vidē.

Lai projektu īstenotu, tika apkopota eksistējoša informācija par mikroplastmasas monitoringu upēs un piekrastes smiltīs pludmalēs citās Eiropas valstīs, tika pilnveidoti esošie paraugu ievākšanas un apstrādes protokoli, tika ievākti, apstrādāti un analizēti paraugi 5 lielākajās Latvijas upēs un 11 jūras pludmalēs četrās sezonās viena gada laikā.

Rezultātā tika konstatēts, ka augstākās mikroplastmasas piesārņojuma koncentrācijas pludmales smiltīs ir novērojamas rudens un ziemas sezonās, visvairāk daļiņu bija tādās pludmalēs kā Akmeņrags, Liepāja, Tūja, Vecāķi un Ventspils, bet vismazāk – Engure, Lilaste, Mērsrags, Roja un Jūrkalne. Visvairāk smiltīs dominē šķiedras un fragmenti, savukārt attiecībā uz daļiņu izmēra sadalījumu dominē frakcija 1–5 mm. Biežāk sastopamie polimēru veidi smiltīs bija polietilēns, polipropilēns un polistirols.

Mikroplastmasas koncentrāciju pludmales smiltīs ietekmē smilšu granulometriskais sastāvs, kā arī Baltijas jūras un Rīgas līča viļņu enerģijas režīms kopā ar straumju cirkulāciju un saldūdens ieplūdes bilanci.

Upēs augstākā mikroplastmasas daļiņu koncentrācija tika konstatēta Salacā, savukārt viszemākā – Lielupē. Visvairāk daļiņu tika novērots pavasara sezonas paraugos; dominēja fragmenti un šķiedras izmēru klasē no 300 līdz 1000 μm un biežāk sastopamie polimēru veidi bija polietilēns un polipropilēns.

Mikroplastmasas koncentrāciju upju ūdeņos ietekmē meteoroloģiskās izmaiņas (vēja virziens/stiprums, lietus) un ūdens caurplūdums. Paraugu ievākšanas atkārtojumu skaitam ir būtiska metodoloģiska nozīme esošā mikroplastmasas piesārņojuma līmeņa reprezentatīvam novērtējumam.

Turpmākam monitoringam tika ieteikts samazināt apsekoto upju un pludmaļu skaitu, nosakot paraugu ievākšanu ne biežāk kā divas reizes gadā. Robežlielumu noteikšanai jāizvēlas references jeb nulles stāvokļa, nepasliktināšanās, riska sliekšņu un piesārņojuma līmeņa attiecībā pret maz piesārņotām vietām pieejas.

1. Pētījuma vietas raksturojums

1.1. Jūras piekrastes smiltis

Baltijas jūras Latvijas piekrastes pludmales (1.1. attēls):

Liepājas centrālā pludmale – tajā esošā peldvieta ir sertificēta kā Zilā karoga pludmale, kas apliecina to, ka šajā peldvietā ir laba ūdens kvalitāte un apstākļi atbilst drošai atpūtai. Liepājas pilsēta piesaista apmeklētājus ar kūrortpilsētas statusu, dažādiem publiskajiem pasākumiem, ekskursiju un pastaigu piedāvājumiem (VARAM 2020).

Akmeņraga pludmale izceļas ar industriālo mantojumu – Akmeņraga bāku, kas piesaista tūristus piekrastes daļai, kas citādi ir maz apmeklēta. Kopumā Sakas pagastā nav ievērojamu vietu, kur varētu publiski tikt klāt jūras krastam, līdz ar to nav būtisku sadzīves atkritumu problēmu. Viena no Latvijas vismazāk apmeklētajām pludmalēm (VARAM 2020).

Jūrkalnes pludmale – vieta, kur var novērot stāvkraustu dabiskos procesus, kas kavē ilgtermiņa infrastruktūras izveidošanu. Gar piekrasti, kā arī netālu no paraugu ņemšanas vietas ir vairāki kempingi, taču būtiska apmeklētības intensitāte nav novērojama (VARAM 2020).

Ventspils pilsētas pludmale – pilsēta ir otrs populārākais tūrisma galamērķis Kurzemē (pirmajā vietā ierindojas Liepājas pilsēta). Ventspils pludmale ir bijusi pirmā Baltijā, kas ieguvusi Zilā karoga sertifikātu 1999. gadā. Daļa no jūras piesārņojošajiem atkritumiem rodas no ostas darbības, kas nav pašvaldības tiešā kontrolē. Iespējams, ka tagad šo situāciju ietekmēs tas, ka 2020. gada sākumā bija novērojams straujš kravas kuģu samazinājums. Līdz šim esošie pludmales apsaimniekošanas pasākumi tiek vērtēti kā efektīvi, jo atkritumu situācija ir stabila, neskatoties uz to, ka arvien pieaug piekrastes noslodze (VARAM 2020).

Rīgas līča piekrastes pludmales (1.1. attēls):

Rojas pludmali pārsvarā apmeklē vasaras sezonā. Roja tiek definēta kā vasaras galvaspilsēta. Pastiprinātu piesaisti pludmalei rosina Rojas brīvdabas estrādes izveide, kur norisinās vairāki gan kultūras, gan mākslas pasākumi (VARAM 2020).

Mērsraga pludmali apmeklētāji bieži izmanto kā īslaicīgu pieturas vietu pateicoties Mērsraga bācai un Mērsragam. Siltajā sezonā un nedēļas nogalēs vairāk pludmali apmeklē vietējie iedzīvotāji, līdz ar to pludmalē nav liela antropogēnā slodze (VARAM 2020).

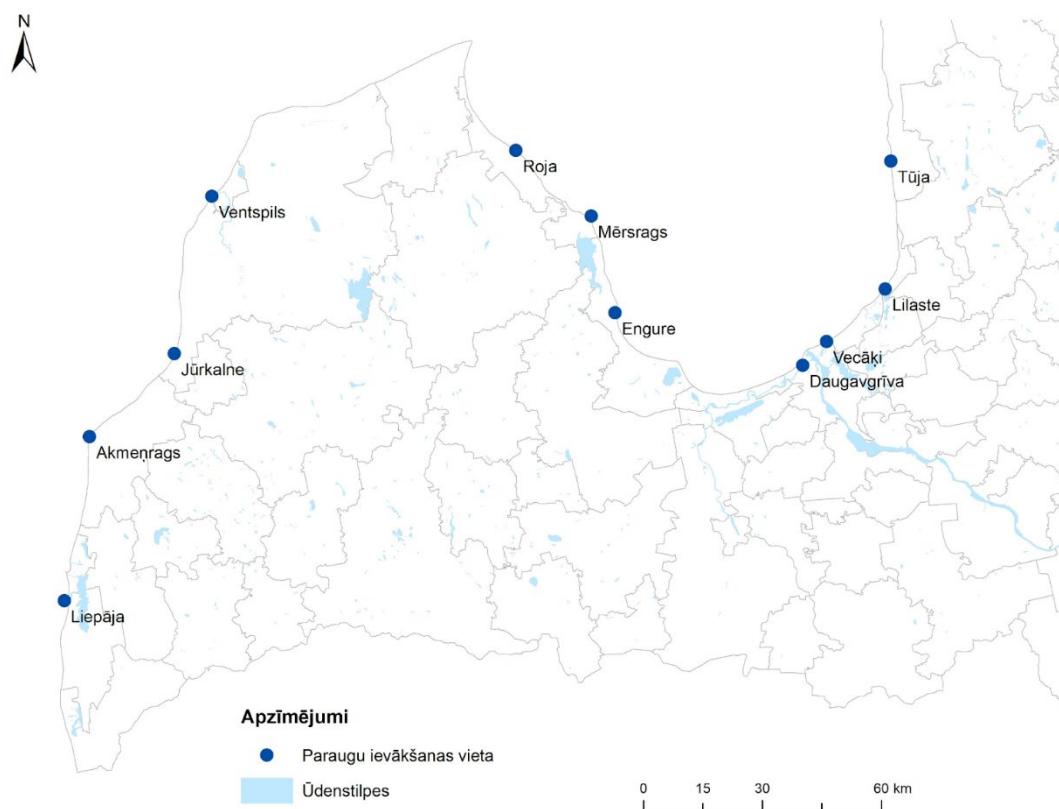
Engures pludmale piesaista apmeklētājus ar to, ka tajā var aplūkot pelēko kāpu, kas kopumā Latvijā ir sastopamas tikai nedaudz, jo notiek šo kāpu aizaugšana. Kā arī populāri tūrisma un vietējo iedzīvotāju apskates objekti ir Engures osta un mols (VARAM 2020).

Rīgas pludmalēs publiskās infrastruktūras ziņā ir novērojams progress, lai arī vēl joprojām Rīgas pilsētas pludmalēs ir sliktākā situācija valstī atkritumu ziņā. **Vecāķu pludmale** ir ieguvusi Zilā karoga sertifikātu. **Daugavgrīvas pludmalē** situāciju var pasliktināt krasta

noslodze un problēmas ar kanalizācijas sistēmu izplūdēm, avārijām vai neatbilstošu infrastruktūru (VARAM 2020).

Lilastes pludmale atrodas Carnikavas novadā, kur līdz šim neviena no pludmalēm nav izveidota kā oficiāla peldvieta, taču Lilaste var tikt prioritāti attīstīta, lai šo statusu iegūtu. Pludmale atrodas dabas parkā "Piejūra" (VARAM 2020).

Pie **Tūjas pludmales** galvenās piekļuves vietas šai pludmalei, ir novērojama liela apmeklētība. Šī ir viena no populārākajām pludmalēm, uz kuru dodas apmeklētāji no Vidzemes – Valmieras, Cēsu, Smiltenes u.c. novadiem. Tūjas ciems varētu tikt virzīts uz mērķi, lai iegūtu kūrorta statusu. Līdz ar to nepieciešams attīstīt pakalpojumu nozari, kā arī vides pieejamību gan pludmalē, gan ciema centrā. Ar laiku pludmalē plānots ieviest atbilstošus kritērijus, lai Tūjas pludmale varētu iegūt Zilā karoga statusu (VARAM 2020).



1. 1. attēls. Mikroplastmasas paraugu ievākšanas vietas Latvijas pludmalēs (izstrādājusi A. Bebrīte, izmantojot SIA “Envirotech” datus)

1.2. Upes (1.2. attēls)

Daugavas upes raksturojums

Daugava ir lielākā Latvijas upe. Daugavas baseins atrodas trīs valstu – Baltkrievijas, Krievijas un Latvijas teritorijā. Tā kopējā platība ir 87, 900 km², bet Latvijas teritorijā 27 057 km² jeb 42% no valsts kopējās teritorijas (Daugavas upju baseinu.. 2021). Upes vidējā gada notecē ir 20,5 km³, bet caurplūdums pie ietekas jūrā – 678 m³/s, kas nodrošina to, ka ik gadu jūrā tiek ienests ~21 km³ Daugavas ūdens, kā arī 4 milj. tonnas sanešu (suspendētā, šķīdinātā un slīdošā veidā). Daugavai ir raksturīga jaukta ūdens pieplūde – no sniega kušanas, pazemes ūdeņiem un lietus. Baseinam ir raksturīgi divi plūdu periodi, vienus izraisa pavasara pali, otru – rudens lietus uzplūdi (Apsīte, Latkovksa 2018).

Pēc zemes lietojuma veida baseina lielāko daļu aizņem meža teritorija (52%), lauksaimniecībā izmantojamās zemes (LIZ) (20%) un purvainie apgabali (14%), kamēr urbanizētas teritorijas tikai 0,4%. Galvenie piesārņojuma avoti ir sadzīves un rūpnieciskie notekūdeņi, notekūdeņu attīrīšanas iekārtās radušās dūņas, kas izvietotas dūņu laukos, kā arī teritorijas, kas ir klasificētas kā piesārņotās vietas. Pēc 2020. gada LVĢMC statistikas datiem, ūdens novadīšanas (izplūdes) vietu skaits Daugavas upju baseina apgabalā (UBA) bija 641, kas kopā veidoja 117941,62 tūkst. m³ novadīto notekūdeņu, no tiem Daugavas upes baseinā – 91273,40 tūkst. m³ (Valsts statistikas pārskata.. 2021; Daugavas upju baseinu.. 2021).

Lielupes upes raksturojums

Lielupe ir otrā lielākā Latvijas upe (tās garums 119 km), baseina apgabalā aizņemot 8875 km² jeb 13,7% no Latvijas teritorijas. Salīdzinot ar lielākajām Latvijas upēm, Lielupei ir mazs kritums – 10,8 m jeb 0,09 m/km. Lielupe katru gadu Rīgas līcī ienes 3,6 km³ ūdens un vairāk nekā vienu milj. tonnu. minerālvielu un sanešu. Upei raksturīga iziešana no krastiem un plašu teritoriju aplūšana, ko pavasaros izraisa ledus sastrēgumi (Lielupes UBA apsaimniekošanas.. 2021; Apsīte, Latkovksa 2018).

Periodā, kad Lielupē ir maz ūdens, upes notecē ir stipri palēnināta mazā krituma un straumes ātruma dēļ. Noteci apgrūtina arī Rīgas līča vējuzplūdi, kuru ietekmē jūras ūdens upes augšteces virzienā izplatās līdz pat 90 km attālumam no grīvas, bet sāļie jūras ūdeņi ieplūst līdz 40 km tālu (Apsīte, Latkovksa 2018).

Vislielākās platības Lielupes UBA aizņem LIZ (50%), meži un citas dabiskās teritorijas (43%), savukārt ūdeņi klāj tikai 1% teritorijas, bet purvi 2%. Tā kā Lielupes UBA daļa atrodas Lietuvā, Latvijā nonāk arī pārrobežā radītais piesārņojums, palielinot piekrastes un pārejas ūdeņos nonākušo piesārņojošo vielu apjomu (Lielupes UBA apsaimniekošanas.. 2015).

Pēc 2020. gada LVĢMC pieejamajiem datiem, ūdens izplūdes vietu skaits Lielupes upju baseina apgabalā bija 246 jeb kopā tika novadīti 15180,51 tūkst. m³ notekūdeņu, konkrēti

Lielupes upes baseinā 15170,29 tūkst. m³ (Lielupes UBA apsaimniekošanas.. 2021; Valsts statistikas pārskata.. 2021).

Gaujas upes raksturojums

Gauja ir garākā upe (452 km) Latvijas teritorijā, tās kopējā baseina platība Latvijas teritorijā – 13 000 km², kas ir 20,1%, no valsts kopējās teritorijas (Gaujas UBA plāns 2021). Gaujas upju baseinu apgabals atrodas Latvijas ziemeļaustrumu daļā. Tā klimatisko apstākļus lielā mērā ietekmē reljefs un attālums no jūras. Tā kā nokrišņu sadalījums ir nevienmērīgs, arī notecei raksturīga samērā liela dažādība. Gaujas upju baseinam raksturīgs ievērojams nokrišņu daudzums, kā rezultātā apgabala notece (gada notece 2,2 km³) ir lielāka nekā citiem lielākajiem upju baseinu apgabaliem. Diennakts vidējais caurplūdums mazūdēns periodā ir ~ 6m³/s, bet straumes ātrums no 0,2–0,4 m/s, savukārt ziemā, palu laikā, caurplūdums sasniedz 800 m³/s, un straumes ātrums var sasniegt 2–3 m/s. Gaujas upes vidējais kritums ir 0,52 m/km (Gaujas UBA apsaimniekošanas.. 2015; Apsīte, Latkovksa 2018).

Kopumā Gaujas gultne ir līkumaina, kā rezultātā rodas bieža straumes virziena maiņa. Upe daudzviet maina savu gultni, sadzenot smilšu sēres un izraujot dziļus atvarus, kas ir arī par iemeslu ūdens lielajai duļķainībai. Sanešu notece Gaujas vidusdaļā un lejtecē ir vairākkārt lielāka nekā pārējās Latvijas upēs (560 tūkst. t dažādu sanešu gadā) (Apsīte, Latkovksa 2018).

Pēc zemes lietojuma veida, lielāko teritoriju Gaujas upju baseinā apgabalā aizņem meža zemes (60%) un LIZ (35%). Ūdeņi klāj 1%, bet purvi – 2% teritorijas (Gaujas UBA apsaimniekošanas..2015).

Pēc 2020. gada LVĢMC statistikas datiem ūdens izplūdes vietu skaits Gaujas upju baseina apgabalā bija 257, kopā novadot 12040,75 tūkst. m³ notekūdeņus, no tā skaita Gaujas upes baseinā – 9077,27 tūkst. m³ (Valsts statistikas pārskata.. 2020).

Ventas upes raksturojums

Ventas upes garums Latvijas teritorijā ir 178 km (kopējais 346 km), tās kopējā baseina platība teritorijā ir 11 800 km², Latvijas teritorijā – 6600 km². Gada notece upē ir 2,9 km³, bet kritums 40 m (0,22m/km). Upes hidroloģiskais režīms raksturojas ar augstiem pavasara paliem, rudens un ziemas uzplūdiem, kā arī vasaras mazūdēns periodu. Diennakts caurplūdums Ventai mazūdēns periodā ir no 7 m³/s līdz 1800 m³ palu laikā, ka rezultātā upe ik gadu Baltijas jūrā iepludina arī ~ 900 tūkst. t. sanešu (Apsīte, Latkovska 2018).

Par zemes lietojuma (54%) Ventas UBA aizņem meža zemes, LIZ (37%), kamēr purvi un ūdeņi tikai 2% no Ventas upju baseinu apgabala teritorijas (Ventas UBA ..2015).

Kopumā notekūdeņu novadītais daudzums Ventas UBA, pēc notekūdeņu izplūžu analīzes, 20 gadu laikā ir samazinājies par 46%. Ventas UBA 2018. gadā tika novadīti 27,284

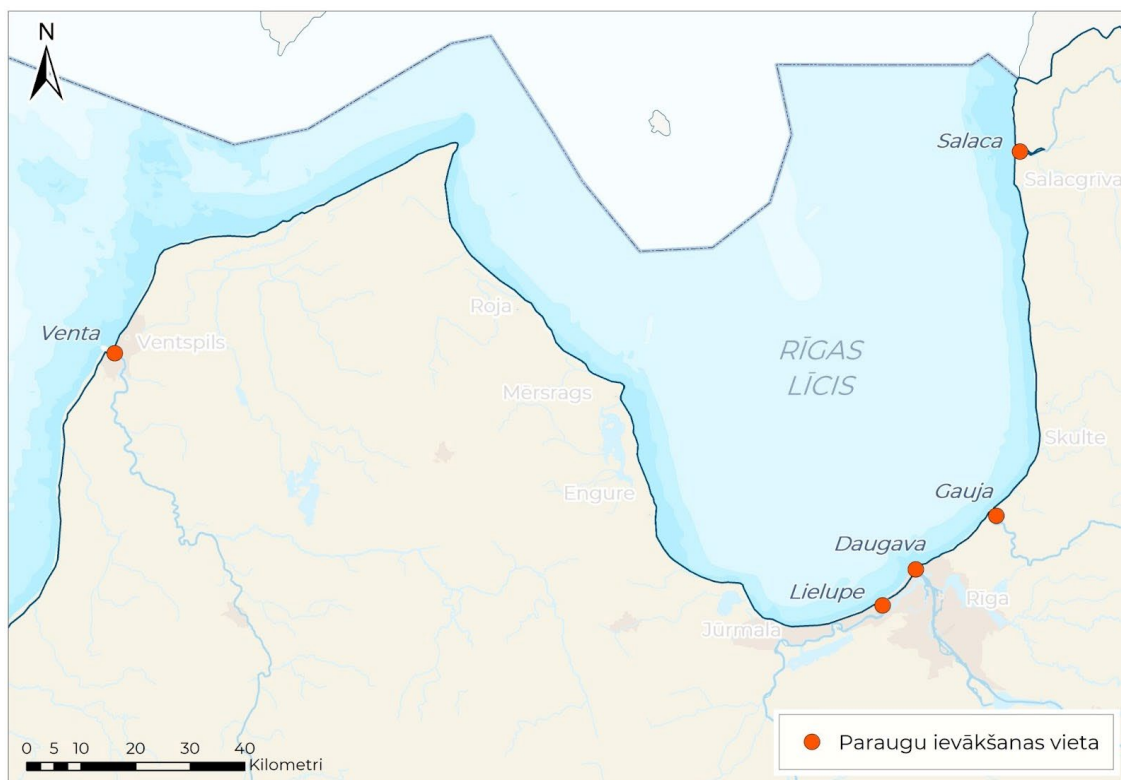
milj. m³ notekūdeņu, no kuriem lielāko daļu (51,5%) novadījuši ražošanas uzņēmumi (Ventas UBA.. 2021).

Salacas upes raksturojums

Salaca ir upe Ziemeļvidzemē, kas iztek no Burtnieku ezera un ietek Rīgas līcī Salacgrīvas teritorijā. Salacas upes baseins atrodas Gaujas upju baseinu apgabalā. Salacas upes garums ir 96 km, bet baseina kopējā platība ir 3421 km², no tiem 3184 km² (93%) ir Latvijas teritorijā, bet pārējā Igaunijas teritorijā (Salacas upes baseina.. 2006; Apsīte, Latkovksa 2018).

Aptuveni 60% no baseina platības aizņem Burtnieku ezers ar savām pietekām, kas, galvenokārt, ietekmē Salacas noteces režīmu – rudens un pavasara maksimumi ir izlīdzinātāki nekā tas ir citās upēs, gada vidējā notece ir 1,06 km³. Ilggadīgais vidējais caurplūdums Salacas upes grīvā ir 33 m³/s, bet upes vidējais kritums ir 0,44 m/km. Kopumā upē dominē rāms plūdums un posmi bez straumēm, bet upes lejtecē tā kļūst straujāka, parādās akmeņainas krācītes (Apsīte, Latkovksa 2018).

Salacas upes baseina teritorijas lielāko daļu aizņem meži (59%) un LIZ (34%), pārējo teritoriju nosedz purvi (4%), ūdeņi (2%), un apdzīvotas vietas (1%) (Kokorīte, Koļcova 2021). Kopā Salacas upju baseina teritorijā 2021. gadā pēc LVĢMC statistikas datiem bija 57 notekūdeņu novadīšanas vietas, kas kopā veidoja ~1630,55 tūkst. m³ novadīto notekūdeņu (Valsts statistikas pārskata.. 2021).



1.2. attēls. Mikroplastmasas paraugu ievākšanas vietas piecās lielākajās Latvijas upēs – Ventā, Lielupē, Daugavā, Gaujā un Salacā (Latvijas Hidroekoloģijas institūts, 2023)

2. Paraugu ievākšana

2.1. Jūras piekrastes smiltis

Kā galvenie kritēriji mikroplastmasas paraugu ievākšanai pludmalēs bija pludmales smilšu granulometriskais sastāvs un pludmales pieejamība, lai paraugu ievākšana noritētu efektīvi. Kopā tika ievākti paraugi no 11 pludmalēm četrās sezonās (rudens, ziema, pavasaris, vasara laika posmā no 2022. gada 10. oktobra līdz 2023. gada 26. jūnijam), lai varētu novērtēt mikroplastmasas piesārņojuma izmaiņas.

Paraugus ievāc no trīs kvadrantiem, kas pēc nejaušības principa izvietoti uz 100 metru garas transektes. Ievāktās smiltis sijā caur divu izmēru sietiem (acs izmērs 1 un 5 mm), izmantojot filtrētu (caur 90 µm neilona tīklu) jūras ūdeni (2.1. attēls). Pēc tam paraugu saglabā iepriekš sagatavotā, nomarkētā stikla burkā (2.2. attēls).



2.1.attēls. Mikroplastmasas paraugu ievākšanas smiltīs inventāra komplekts (Foto: A.Bebrīte)



2.2.attēls. Mikroplastmasas paraugu ievākšana pludmales smiltīs (Foto: A. Bebrīte)

Paraugu ievākšana turpinās izmērot pludmales platumu no ūdens līnijas līdz vietai, kur sākas veģetācija, lai varētu ievākt paraugu arī pludmales vidū un pie veģetācijas, veidojot trīs transektes (2.3. attēls). Katrā pludmalē no visām trim transektēm tika ievākts smilšu paraugs, lai varētu noteikt katras transektes smilšu granulometrisko sastāvu.



2.3. attēls. Mikroplastmasas paraugu smiltīs ievākšanas transekšu attēlojums (A. Bebrītes vizualizācija, izmantojot "Liepāja travel" S.a. attēlu)

2.2. Upes

Mikroplastmasas paraugu ievākšanas vietas tika izvēlētas, lai apzinātu to piesārņojumu daudzumu, kas Rīgas līcī un Baltijas jūras Austrumgotlandē ienāk no lielākajām Latvijas upēm – Daugavas, Lielupes, Gaujas, Ventas un Salacas. Mikroplastmasas piesārņojuma sezonālītātes (pavasara, vasaras, rudens, ziemas) izmaiņu novērtēšanai paraugu ievākšana tika veikta vienu reizi katrā sezonā laika posmā no 2023. gada oktobra līdz 2023. gadam jūlijam.

Paraugu ievākšanai tika izmantots mikroplastmasas ievākšanas tīkls “Manta” (HYDRO-BIOS, acs izmērs 100 μm), ar kuru paraugi ievākti braucot upes augšteces virzienā pret straumi 30 minūtes ar vidējo ātrumu 7 km/h (2.4. attēls).

Katrā paraugu ievākšanas vietā kopā tika ievākti trīs paraugu atkārtējumi. Visi paraugi tika sakoncentrēti, ieskaloti marķētās stikla burkā un nogādāti laboratorijā, lai veiktu to tālāku apstrādi un analīzi.

Detalizētāks smilšu un upju paraugu ievākšanas apraksts pieejams iesniegtajā paraugu ievākšanas protokolā (Paraugu ievākšanas protokols, LVAF 2022).

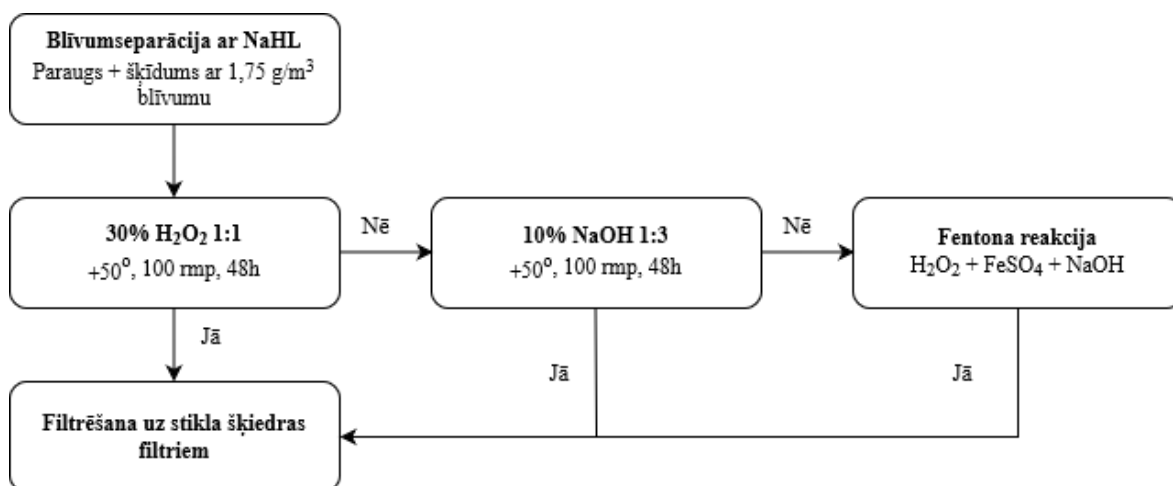


2.4. attēls. Mikroplastmasas paraugu ievākšana upes ūdens virsējā slānī. A – Parauga ievākšana ar “Manta” tīklu; B – Paraugu ievākšanai izmantotā gumijas laiva (Foto: S. Svipta)

3. Paraugu sagatavošana un analīze

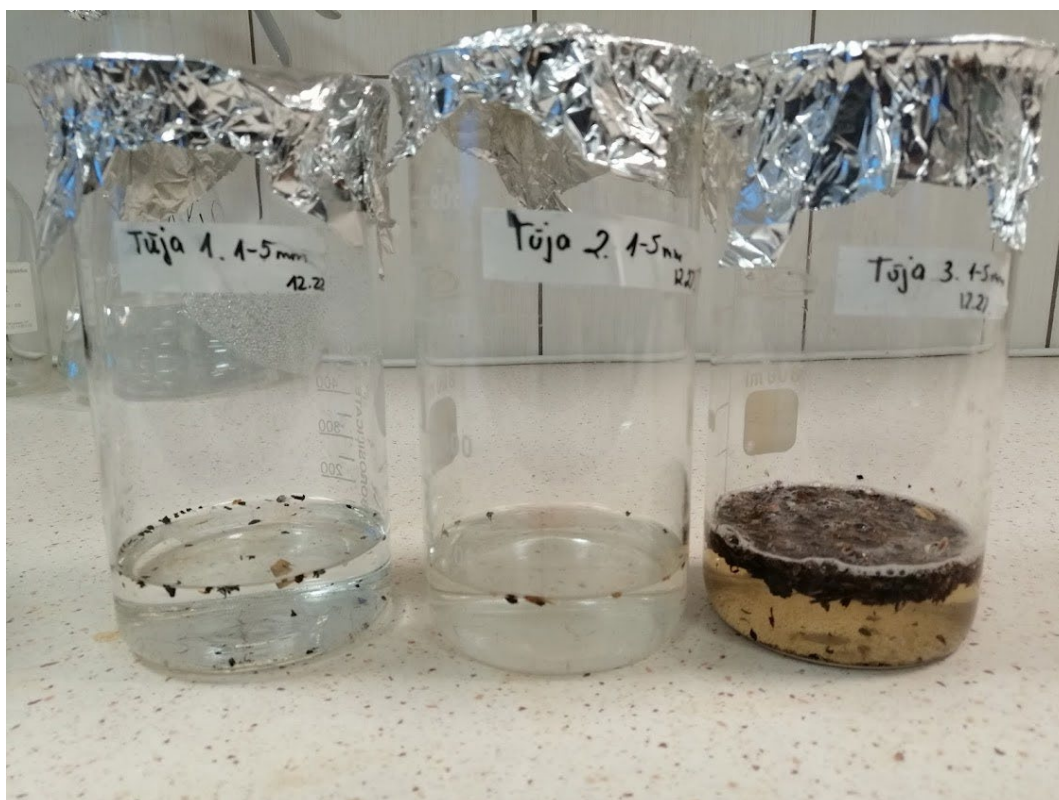
3.1. Jūras piekrastes smilšu paraugu apstrāde

Katrs ievāktais paraugs atšķīrās pēc tajā esošajiem piemaisījumiem. Dažos paraugos bija vairāk aļģes, citos smilts daļiņas, un no visiem piemaisījumiem bija nepieciešams atbrīvoties, lai varētu veikt precīzāku paraugu vizuālo analīzi. Tika izveidota paraugu attīrīšanas metožu shēma (3.1. attēls), kas tika modificēta atkarībā no katra parauga īpatnībām, pēc iespējas izvēloties īsāku apstrādes procesu.



3.1. attēls. Paraugu apstrādes shēma. Ar +50°C, 100 rmp apzīmēta parauga ievietošana siltā ūdens vannā kratīšanas režīmā (Izstrādāja: A. Bebrīte)

Sākotnējā apstrāde (blīvumseparācija) notiek ar paaugstināta blīvuma šķīdumu NaHL, kam seko apstrāde ar ūdeņraža peroksīdu (H₂O₂) (3.2. attēls). Pēc pirmajiem diviem apstrādes soļiem tika izvērtēts, vai paraugs ir attīrīts pietiekošā līmenī. Ja nebija, tad apstrāde tiek turpināta piemērojot nākamo apstrādes soli, kas ir apstrāde ar nātrija hidroksīdu (NaOH). Ja paraugs bija attīrīts pietiekami, tad veica parauga filtrēšanu uz stikla šķiedras filtriem un novirzīja tālākai analīzei.



3.2. attēls. Paraugi, kuriem pievienots ūdeņraža peroksīds (H_2O_2) (Foto: A. Bebrīte)

Granulometrijas sastāva analīze deva iespēju noskaidrot, kā pludmales savā starpā atšķiras atkarībā no smilts, grants daļiņu sadalījuma. Nosakot smilšu daļiņu sadalījumu ar sietu metodi (sietu komplekts – *Prüfsieb test sieve*), tika izmantots sijātājs Retsch GmbH AS 200. Pirms paraugu sijāšanas tie tika izžāvēti žāvskapī 200 ml trauciņos. Tika izmantoti astoņi sieti ar acs izmēru no 0,063 mm līdz 2 mm.

No iegūtajiem rezultātiem tika veidots procentuālais sadalījums, kur smilts daļiņas tika grupētas piecās grupās – ļoti smalka, smalka, vidēja, rupja un ļoti rupja smilts, izmantojot klasifikāciju pēc Wentworth (1922).



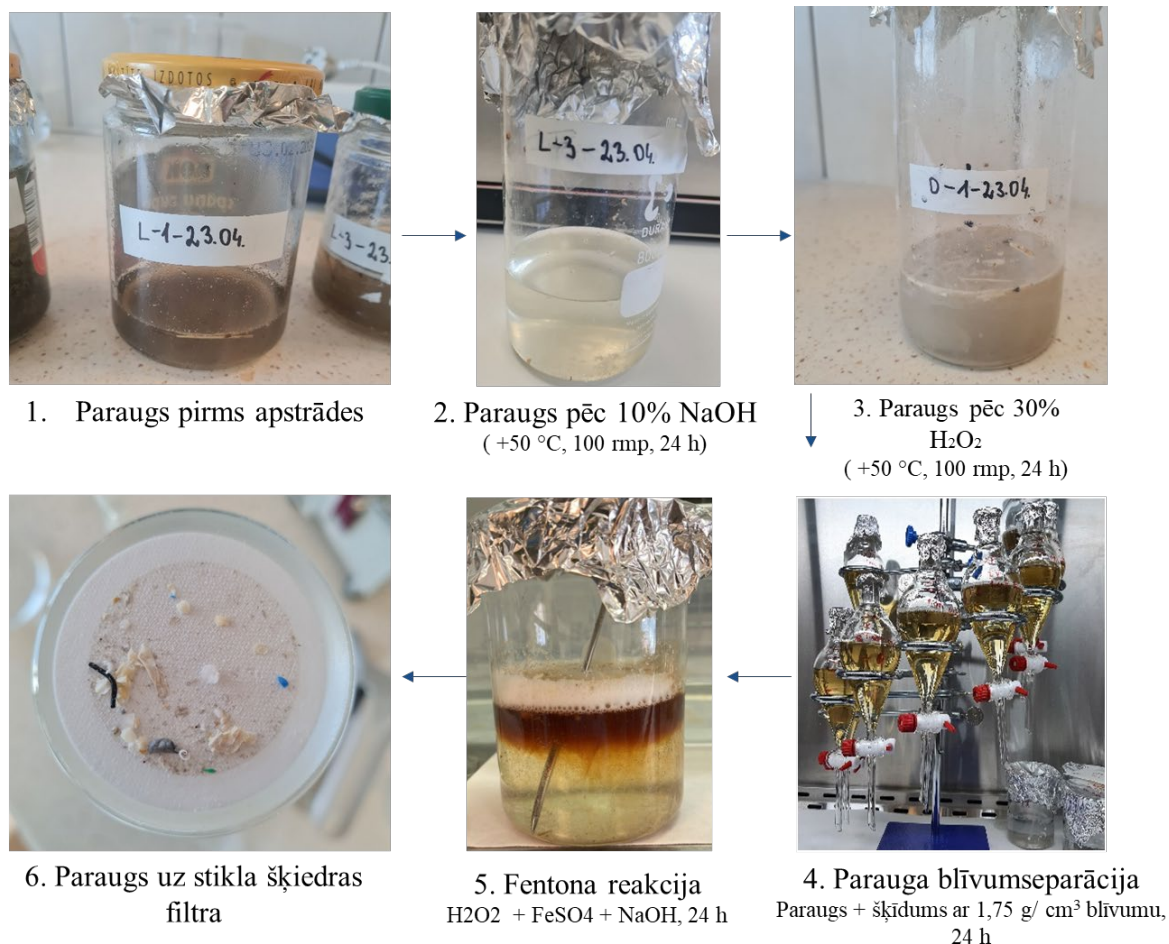
3.3. attēls. Sijātājs Retsch GmbH AS 200 smilšu granulometriskā sastāva noteikšanai (Foto: A. Bebrīte)

3.2. Upju paraugu apstrāde

Sākumā, lai paraugu attīrītu no organiskajiem piemaisījumiem (augu un dzīvnieku atliekas), tika izmantota organiskā materiāla nograušanas ar NaOH un H₂O₂. Tā kā organiskā materiāla sastāvs un daudzums paraugos ir atšķirīgs, pirmo divu apstrādes posmu secība var būt arī reversa.

Papildu attīrīšanas soļu pielietošana tika piemērota, izvērtējot to nepieciešamību. Blīvumseparācija tika veikta tikai paraugiem, kuros bija nepieciešama paraugu attīrīšana no neorganiskiem materiāla (smilšu daļiņām), savukārt paraugos, kuros pietiekošā līmenī netika degradēts organiskais materiāls pēc pirmajiem diviem apstrādes soļiem ar NaOH un H₂O₂, tika pielietota Fentona reakcija. Pēc paraugu apstrādes tie tika nofiltrēti uz stikla šķiedras filtriem to tālākai vizuālai analīzei (3.4. attēls).

Detalizētāks smilšu un upju paraugu apstrādes apraksts pieejams iesniegtajā paraugu apstrādes protokolā (Paraugu apstrādes protokols, LVAF 2022).

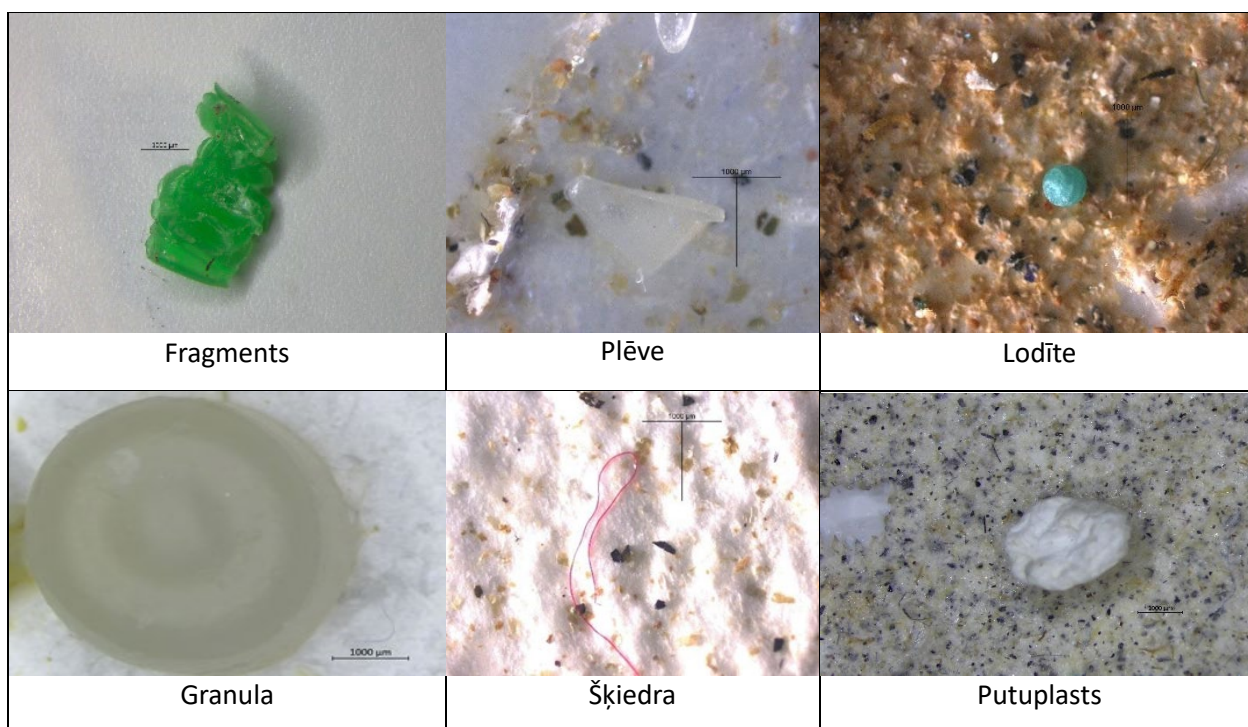


3.4. attēls. Upju mikroplastmasas paraugu garākās apstrādes soļu vizuāls piemērs. Ar +50°C, 100 rmp apzīmēta parauga ievietošana siltā ūdens vannā kratīšanas režīmā (Foto: S. Svipta)

3.3. Smilšu un upju paraugu vizuālā analīze

Pēc apstrādes, paraugi tika analizēti izmantojot binokulāro mikroskopu (modelis ZEISS *SteREO Discovery. V8* ar *Axiocam 208 color* kameru un datorprogrammu – *Labscope v3.4*). Vizuāli tika noteikta katras daļiņas krāsa, piederība kādai no sešām izdalītajām veidu kategorijām smilšu paraugiem (plēve, lodīte, šķiedra, fragments, granula un putuplasts), savukārt upēm, granulu daļiņu neesamības dēļ šis iedalījums bija piecās kategorijās (3.5. attēls). Kā arī tika nomērīts katras daļiņas izmērs divās dimensijās – garākā ass un tai perpendikulāri garākā dimensija.

Smilšu paraugiem daļiņas pēc to izmēra tika iedalītas divās izmēra grupās: 1 – 5 mm un > 5 mm, savukārt upēm, izmēru dažādības dēļ, piecās – 100–199 μm, 200–299 μm, 300–999 μm, 1000–4999 μm un daļiņas, lielākas par 5000 μm. Visu novēroto daļiņu krāsa, izmērs un veids tika reģistrēts datu izklājlappā.



3.5. attēls. Identificēto plastmasas daļiņu veidu piemēri smilšu un upju paraugos (Foto: Latvijas Hidroekoloģijas institūts, 2023)

3.4. Smilšu un upju paraugu ķīmiskā sastāva analīze

Vizuālās analīzes laikā daļiņām, kuras mazā izmēra dēļ nebija piemērotas ķīmiskā sastāva analīzēm, tika pielietota “karstās adatas” metode. Tā nesniedz informāciju par polimēru veidu, bet ir iespējams noteikt vai daļiņa ir dabiskas izcelsmes (karstuma ietekmē sadeg) vai sintētiskas (karstuma ietekmē sakūst).

Daļiņas ar piemērotu izmēru manuālai pārvietošanai, tika izņemtas no filtra un ar pinceti pārvietotas uz 96 šūnu mikroplatēm, lai noteiktu to veidojošo polimēru.

Smilšu un upju paraugu mikroplastmasas daļiņu ķīmiskā sastāva analīzei tika izmantots *Thermo Fisher Scientific Nicolet iS20* spektrometrs ar dimanta pamatni kombinācijā ar *Thermo Fisher Scientific OMNIC 9* programmatūru. Novietojot daļiņu uz iekārtas dimanta pamatnes, tika identificēts tā infrasarkanais spektrs, kas pēc tam tika salīdzināts ar datu bāzes bibliotēkās esošiem references spektriem, piemeklējot augstāko atbilstību un nosakot mikroplastmasas daļiņu polimēru veidu. Analizēto daļiņu spektru sakritība tiek atzīta par ticamu, ja to atbilstība datu bāzē esošajiem references spektriem ir augtāka par 70%.

Smilšu paraugiem polimēru grupā “Cits” iekļauti dažādi polimēru veidi, kuri sastopami mazā procentuālā daudzumā, piemēram, neilons, poliētera uretāns, polivinilhlorīds, celofāns, PET (polietilēntereftalāts), poliesters u.c. “Neindificēts” apzīmē polimēru grupu, kuri ķīmiskās

analīzes laikā ir uzrādījušies kā polimēru veidi, taču to spektru sakritība ir bijusi mazāka par 70%.

Upju paraugiem daļiņu veidojošais polimērs, kura īpatsvars ir zem 3%, robežas katrā paraugu ievākšanas reizē tika apzīmētas kā citas daļiņas.

4. Kvalitātes nodrošināšana un kontrole

Apstrādājot un analizējot mikroplastmasas paraugus ir svarīgi izvairīties gan no to piesārņošanas, gan nejauša daļiņu zuduma. Paraugu kvalitātes nodrošināšanai tika piemēroti vairāki drošības pasākumi:

- izmantoti metāla un stikla trauki, kas pirms lietošanas trīs reizes noskaloti ar filtrētu ultratīru ūdeni, pēc iespējas izvairoties no plastmasas priekšmetu izmantošanas;
- pēc iespējas jāizvairās no sintētiska apģērba nesēšanas, īpaši tāda, no kura viegli atdalās šķiedras, laboratorijā tiek nēsāts kokvilnas halāts;
- visi priekšmeti, kas nonākuši saskarē ar paraugu, ir jānoskalo ar filtrētu ūdeni atpakaļ paraugā, lai samazinātu iespējamo daļiņu zudumu;
- paraugu apstrāde jāveic velkmes vai laminārās plūsmas skapī, bet laikā, kad ar tiem netiek veiktas darbības, paraugi jānosedz ar folija loksni.

4.1. Smiltis

Katrā paraugu ņemšanas vietā pirmajā transektē pie pirmā kvadranta tika novietota tukša burka (“tukšais” jeb *blank* paraugs), kura pēc paraugu ievākšanas tika aizvērta un vesta uz laboratoriju, lai pēc tam izskalotu burciņu un tās saturu izfiltrētu uz stikla šķiedras filtriem. Šādā veidā iespējams konstatēt netīšo paraugu piesārņojumu to ievākšanas laikā.

Laboratorijas fona piesārņojuma novērtēšanai papildus paraugiem tika apstrādāti seši

“tukšie” paraugi jeb *lab blank sample* katrai sezonai. Šie paraugi tika apstrādāti tāpat kā smilšu paraugi, izvēloties garāko apstrādes soli kāds ir bijis attiecīgajā sezonā. Pēc tam paraugi nofiltrēti uz stikla šķiedras filtriem.

Papildus šiem paraugiem, tika veikta apstrāde trīs kontroles paraugiem, kur tika izmantotas 2,5 mm PS (polistirola) granulas katrā kontrolē, kuras nav standartizētas, taču to vienvērtīgā forma un izmērs, kas atbilst vides paraugu vidējam izmēram, ir piemērots, lai noskaidrotu, vai paraugu apstrādes laikā tiek zaudētas daļiņas.

4.2. Upēm

Ievāktu upes paraugu apkārtējās vides piesārņojuma konstatēšanai, kas rodas paraugu ievākšanas laikā, katrā paraugu ievākšanas vietā paralēli tika ievākts viens “tukšais” paraugs (no angļu valodas – *air blank sample*) un, lai novērtētu mikroplastmasas piesārņojuma daudzumu, kas paliek tīklā starp paraugu atkārtojumu ievākšanas reizēm, pēc otrās parauga tralēšanas tika ievākts arī “tukšais” tīkla paraugs (no angļu valodas – *Net blank sample*), kuri pēc tam tika nofiltrēti uz stikla šķiedras filtriem.

Savukārt laboratorijas vides piesārņojuma novērtēšanai papildus paraugiem tika apstrādāti arī trīs “tukšie” paraugi katrai upei (*Lab blank sample*), kopā 15 paraugi, kuros, atšķirībā no īstajiem paraugiem, nekas netiek ievietots. “Tukšie” paraugi tika apstrādāti, tāpat kā upes paraugi. Pēc apstrādes “tukšie” paraugi tika nofiltrēti uz stikla šķiedras filtriem, saskaitot un reģistrējot daļiņas, kas radušās fona piesārņojuma rezultātā.

Upju ūdens virskārtas paraugu apstrādes soļu skaits un apstrādes secība bija atšķirīgs, tāpēc, lai savstarpēji varētu salīdzināt iegūtos rezultātus starp upēm un to ievākšanas reizēm, bija nepieciešams veikt mikroplastmasas daļiņu zuduma novērtēšanu.

Kopumā tika izveidoti 12 kontroles paraugu (K1–K12), katru no tiem veidoja 100 standartizētas polistirola lodītes (Ražotājs – Sigma-Aldrich) ar diametru 100 μm. Kontroles paraugiem tika veikti tādi paši apstrādes soļi kā ūdens virskārtas paraugiem. Pēc katras apstrādes darbības (kopā četras; 3.4. attēls) trīs paraugi tika nofiltrēti uz stikla šķiedras filtriem, un saskaitītas kontroles paraugos palikušās polistirola lodītes. Iegūtie rezultāti reprezentē katrā apstrādes solī zaudēto lodīšu (kas pielīdzināmas īsto paraugu mikroplastmasas daļiņām) skaitu (4.1. tabula).

4.1. tabula. Kvalitātes kontroles (K) paraugu rezultāti upju mikroplastmasas paraugiem.

Visos K paraugos sākotnējais lodīšu skaits pirms apstrādes bija 100

Paraugs:	Apstrādes veids:	Lodīšu skaits pēc apstrādes:
K1	Pēc NaOH	93
K2		88
K3		92
K4	Pēc H ₂ O ₂	86
K5		88
K6		89
K7	Pēc blīvumseparācijas	89
K8		89
K9		84
K10	Pēc fentona reakcijas	94
K11		89
K12		93

5. Rezultāti

5.1. Mikroplastmasas piesārņojums jūras piekrastes smiltīs

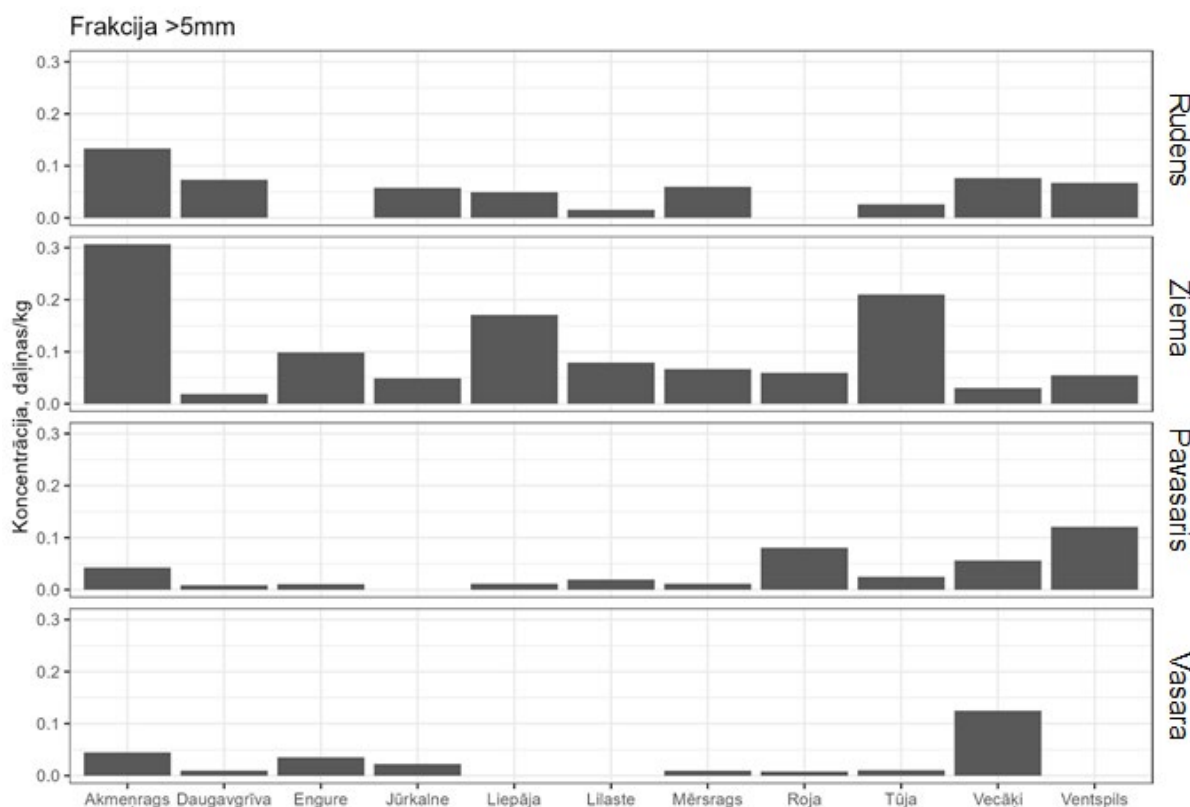
Tukšajos fona paraugos vidēji tika reģistrēta viena daļiņa (šķiedra), kas pārsniedza 1 mm garumu, no kā var secināt, ka piesārņojums nav būtisks nevienai frakcijai. Savukārt kontroles paraugos saskaitot daļiņas pēc visiem apstrādes posmiem tika secināts, ka ir novērojama 100 % daļiņu atgūstamība. Tas nozīmē, ka iegūtie rezultāti var tikt uzskatīti par ticamiem.

Mikroplastmasas koncentrācija

Frakcijā > 5 mm vizuāli redzams, ka augstākas plastmasas daļiņu koncentrācijas novērojamas rudens un ziemas sezonā.

Rudens sezonā visaugstākās koncentrācijas ir Akmeņraga (0,13 daļiņas/kg), Vecāķu (0,08 daļiņas/kg), Daugavgrīvas (0,07 daļiņas/kg) un Ventspils (0,07 daļiņas/kg) pludmalēs. Savukārt ziemas sezonā augstākās koncentrācijas konstatētas Akmeņraga (0,31 daļiņas/kg), Tūjas (0,21 daļiņas/kg), Liepājas (0,17 daļiņas/kg) un Engures (0,10 daļiņas/kg) pludmalēs.

Pavasara sezonā augstākā koncentrācija konstatēta Ventspils (0,12 daļiņas/kg) pludmalē, taču vasaras sezonā Vecāķu (0,13 daļiņas/kg) pludmalē (5.1. attēls).



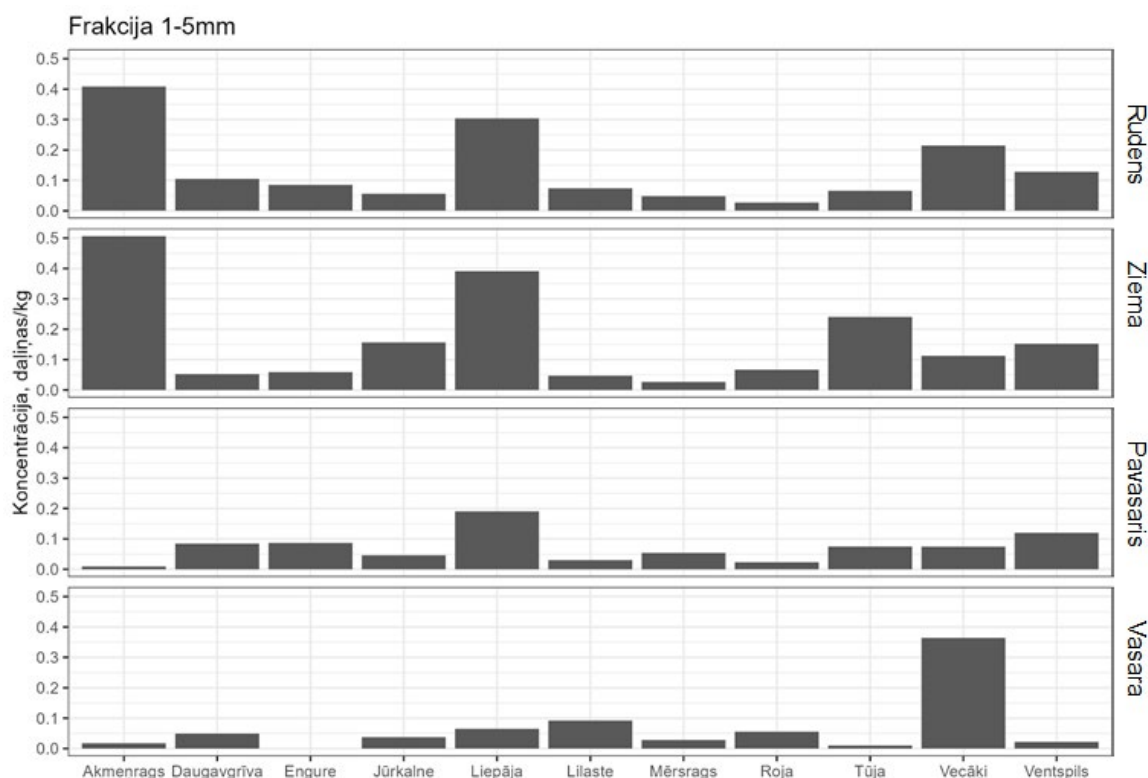
5.1. attēls. Mezoplastmasas koncentrācija 2023. gada rudeni, ziemā, pavasarī un vasarā frakcijā > 5 mm

Frakcijā 1 – 5 mm tāpat kā frakcijā > 5 mm augstākas koncentrācijas novērojamas rudens un ziemas sezonās.

Rudenī visaugstākās koncentrācijas ir Akmeņraga (0,41 daļiņas/kg), Liepājas (0,30 daļiņas/kg), Vecāķu (0,21 daļiņas/kg) un Ventspils (0,13 daļiņas/kg) pludmalēs. Savukārt

ziemas sezonā augstākās koncentrācijas konstatētas Akmeņraga (0,51 daļiņas/kg), Liepājas (0,39 daļiņas/kg), Tūjas (0,24 daļiņas/kg) un Jūrkalnes (0,16 daļiņas/kg) pludmalēs.

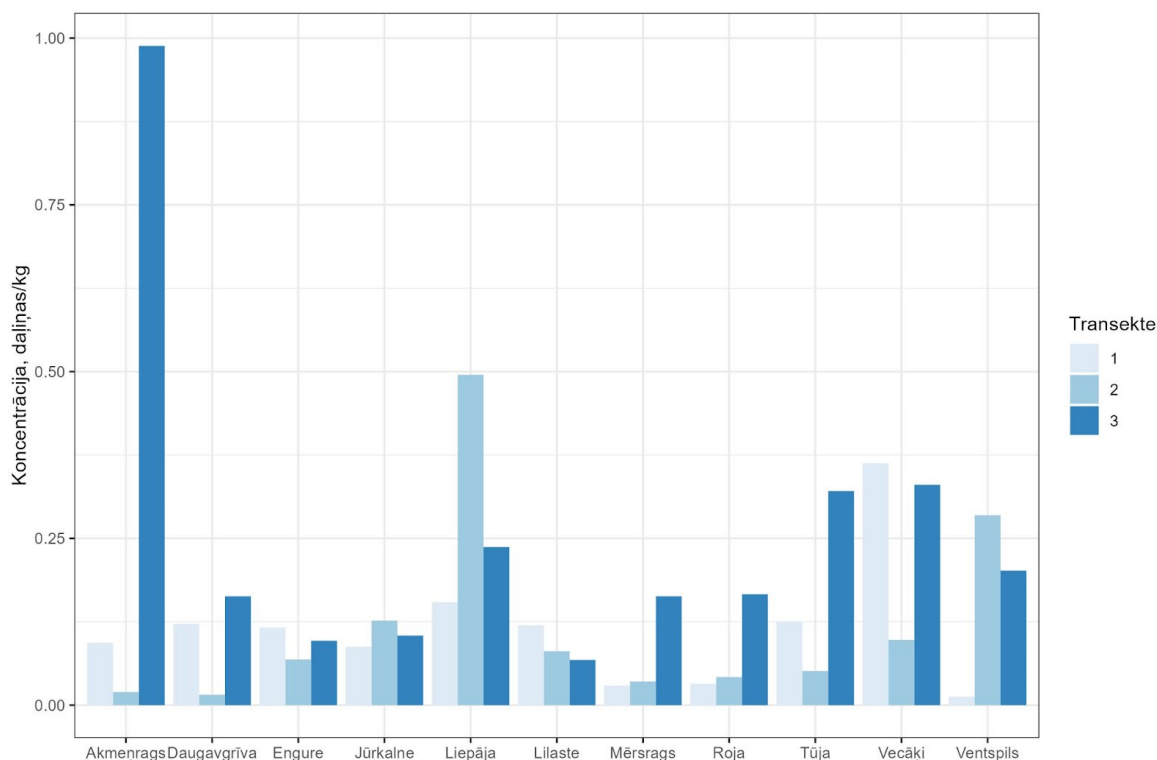
Pavasara sezonā augstākā koncentrācija konstatēta Liepājas (0,19 daļiņas/kg) un Ventspils (0,12 daļiņas/kg) pludmalēs, taču vasaras sezonā Vecāķu (0,36 daļiņas/kg) pludmalē (5.2. attēls).



5.2. attēls. Mikroplastmasas koncentrācija 2023. gada rudenī, ziemā, pavasarī un vasarā frakcijā 1 – 5 mm

Salīdzinot datus par koncentrācijām trīs transektēs katrā pludmalē var secināt, ka trešajā transektē (vistuvāk veģetācijai) piecās pludmalēs ir visaugstākās koncentrācijas – Akmeņrags (0,99 daļiņas/kg), Tūja (0,32 daļiņas/kg), Roja (0,17 daļiņas/kg), Daugavgrīva (0,16 daļiņas/kg) un Mērsrags (0,16 daļiņas/kg).

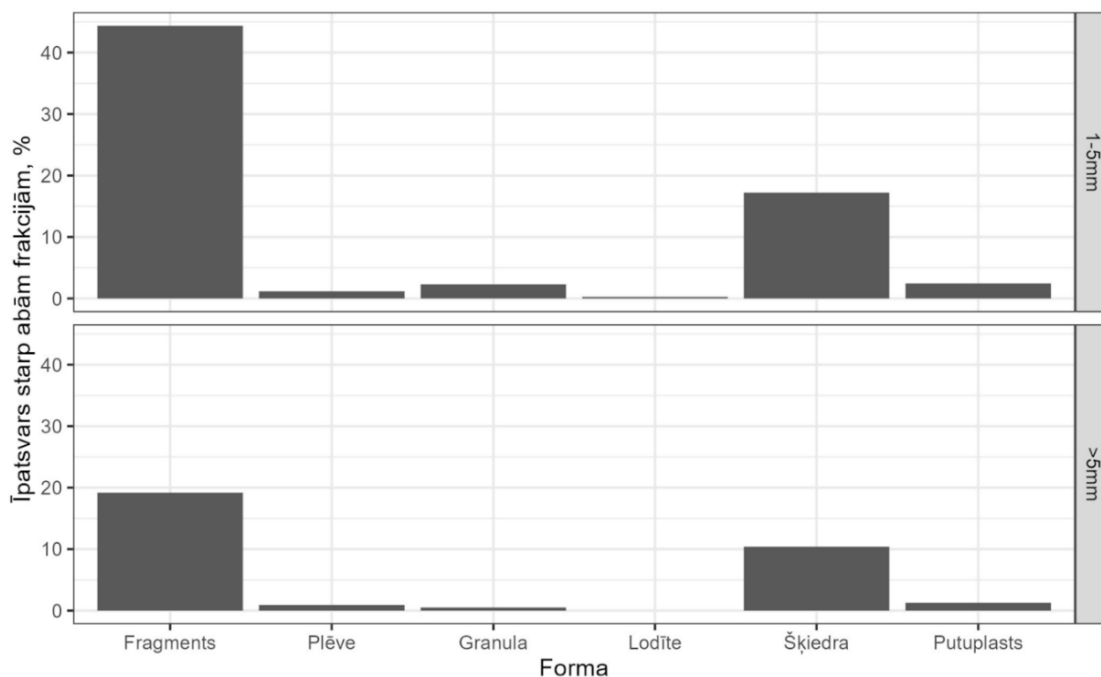
Otrajā transektē, kas atrodas pludmales vidū, visaugstākā koncentrācija ir Liepājas (0,50 daļiņas/kg), Ventspils (0,28 daļiņas/kg) un Jūrkalnes (0,13 daļiņas/kg) pludmalēs. Savukārt pirmajā transektē, kas atrodas vistuvāk ūdenim augstas koncentrācijas tika konstatētas Vecāķu (0,36 daļiņas/kg), Engures (0,12 daļiņas/kg) un Lilastes (0,12 daļiņas/kg) pludmalēs (5.3. attēls).



5.3. attēls. Mikroplastmasas vidējā koncentrācija trīs transektēs 2023. gada rudenī, ziemā, pavasarī un vasarā

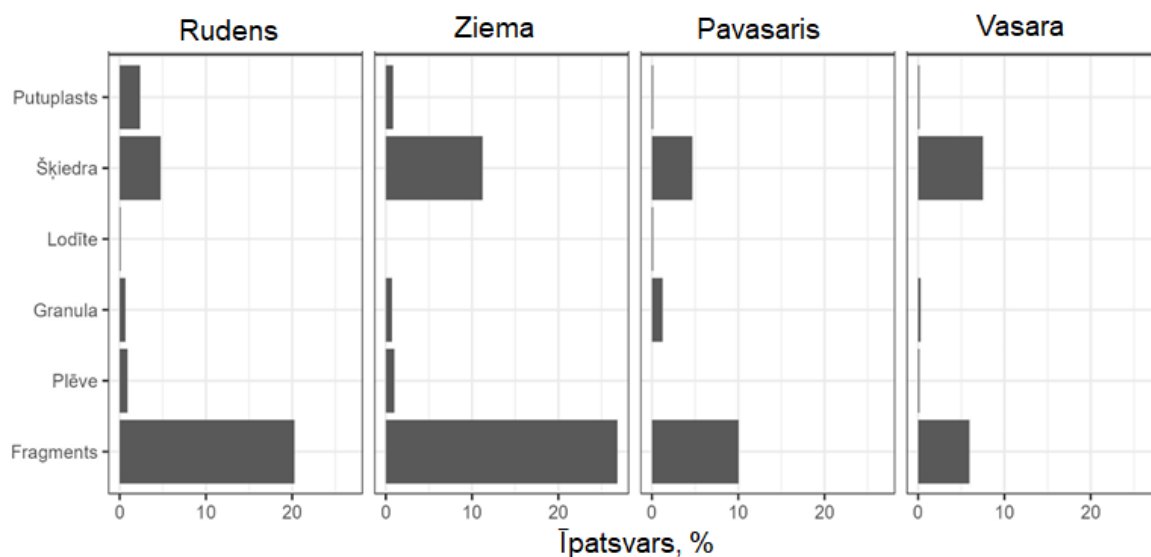
Mikroplastmasas forma

Salīdzinot daļiņu formas īpatsvaru starp abām frakcijām nav novērojama būtiska atšķirība. Abās frakcijās visvairāk dominē fragmenti: frakcijā > 5 mm – 19,18% un frakcijā 1 – 5 mm – 44,35%, un šķiedras: frakcijā > 5 mm – 10,39% un frakcijā 1 – 5 mm – 17,21%. Pārējie daļiņu veidi veido mazāk par 5%. Frakcijā > 5 mm netika atrasta neviena lodīte, taču frakcijā 1 – 5 mm šis daļiņas veida īpatsvars bija 0,26% (5.4. attēls).



5.4. attēls. Plastmasas daļiņu formas īpatsvars frakcijās 1 – 5 mm un > 5 mm

Salīdzinot daļiņu formas īpatsvaru pa sezonām var secināt, ka trīs sezonās dominē fragmenti – rudenī (20,26%), ziemā (26,85%) un pavasarī (10,05%), taču vasarā dominē šķiedras (7,51%) (5.5 attēls).

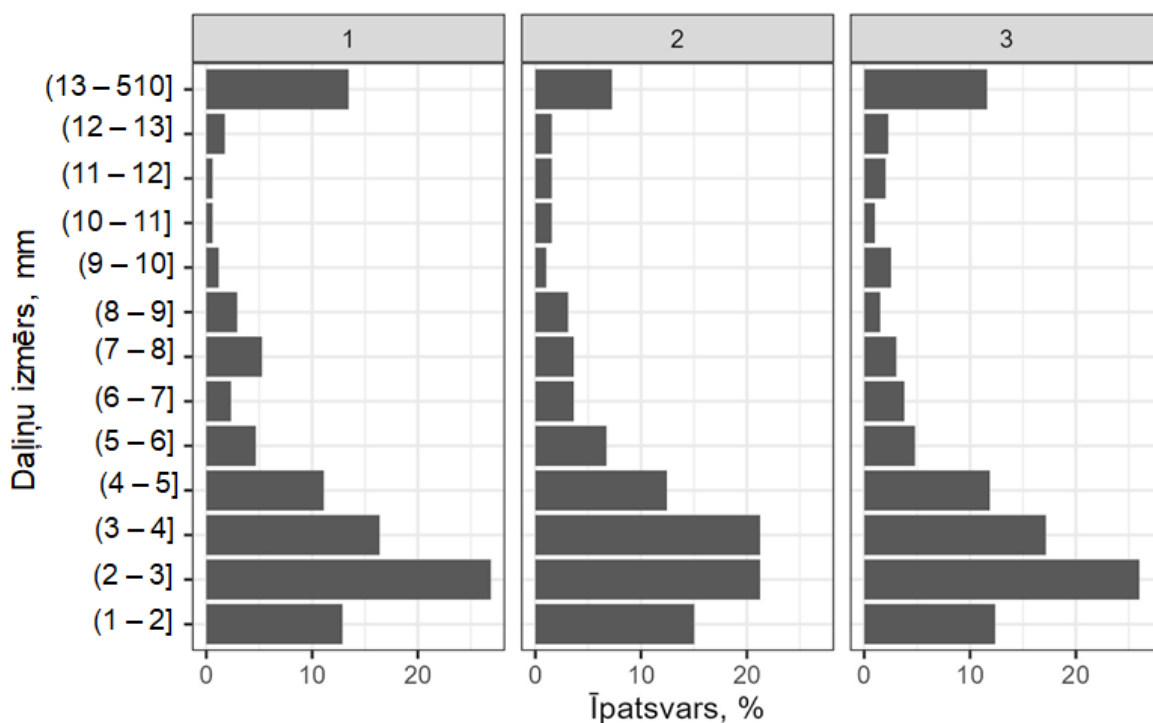


5.5. attēls. Plastmasas daļiņu formas īpatsvars frakcijās 1 – 5 mm un > 5 mm dažādās sezonās

Mikroplastmasas izmērs

Aplūkojot daļiņu izmēra sadalījumu pa transektēm var redzēt, ka visās transektēs dominē frakcija 1 – 5 mm jeb daļiņu izmēra grupas 1 – 2 mm, 2 – 3 mm un 3 – 4 mm.

Frakcijā > 5 mm lielu procentuālo skaitu veido daļiņas izmērā 13 – 510 mm, kā arī 5 – 6 mm, taču no 6 – 13 mm daļiņas identificētas mazākā skaitā (5.6. attēls).

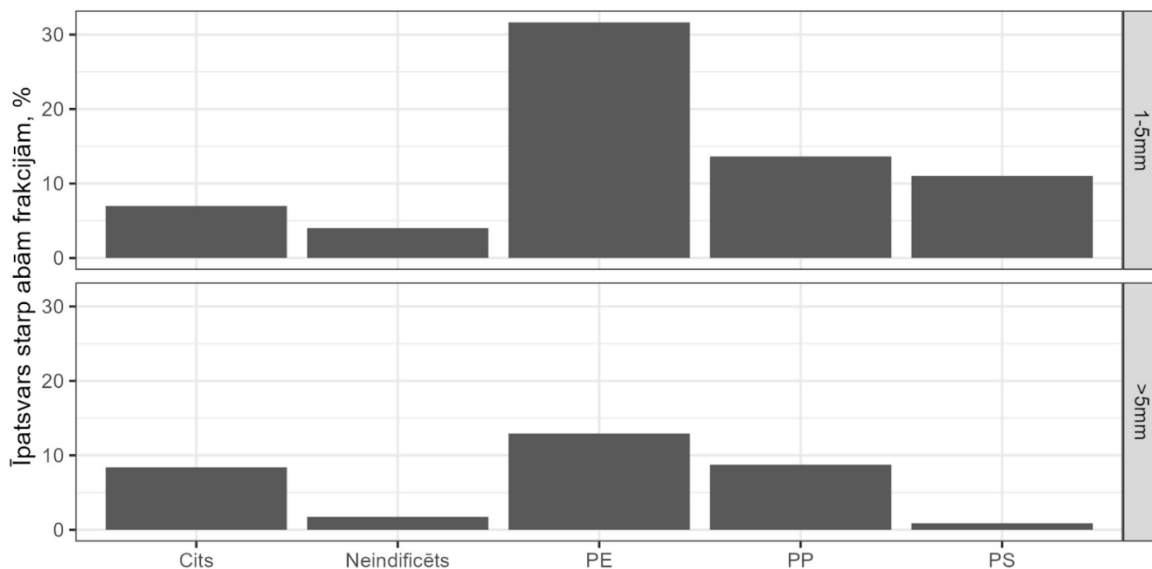


5. 6. attēls. Plastmasas daļiņu izmēra īpatsvars frakcijās 1 – 5 mm un > 5 mm paraugos, kas ievākti no transektēm 1, 2, 3 (transektšu apzīmējums 2.3. attēlā)

Mikroplastmasas polimēra veids

Dominējošie polimēru veidi frakcijā > 5 mm ir polietilēns (PE) –12,94% un polipropilēns (PP) – 8,74%. Cita veida plastmasas polimēri veidoja 8,39%, PS (polistirols) – 0,87% un neindificētie polimēri – 1,75%.

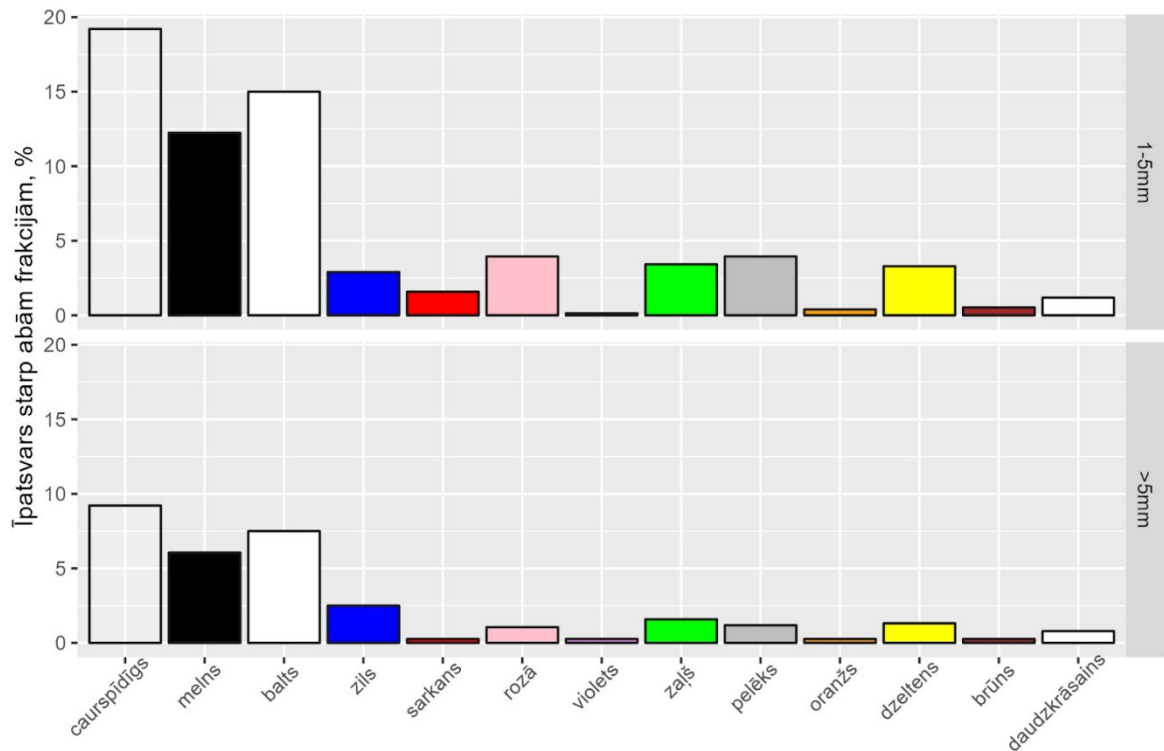
Frakcijā 1 – 5 mm dominē PE (31,64%), PP (13,64%) un PS (11,01%). Mazāk par 10% tika identificētas daļiņas kā cita veida polimēri (6,99%), bet neindificētas bija 4,02% (5.7. attēls).



5.7. attēls. Plastmasas daļiņu polimēra veida īpatsvars frakcijās 1 – 5 mm un > 5 mm

Mikroplastmasas krāsa

Abās frakcijās galvenokārt dominē trīs krāsas – caurspīdīga, balta un melna (5.8. attēls). Frakcijā 1 – 5 mm: caurspīdīga (19,21%), balta (15%) un melna (12,24%), frakcijā > 5 mm: caurspīdīga (9,21%), balta (7,50%) un melna (6,05%) (5.8. attēls).



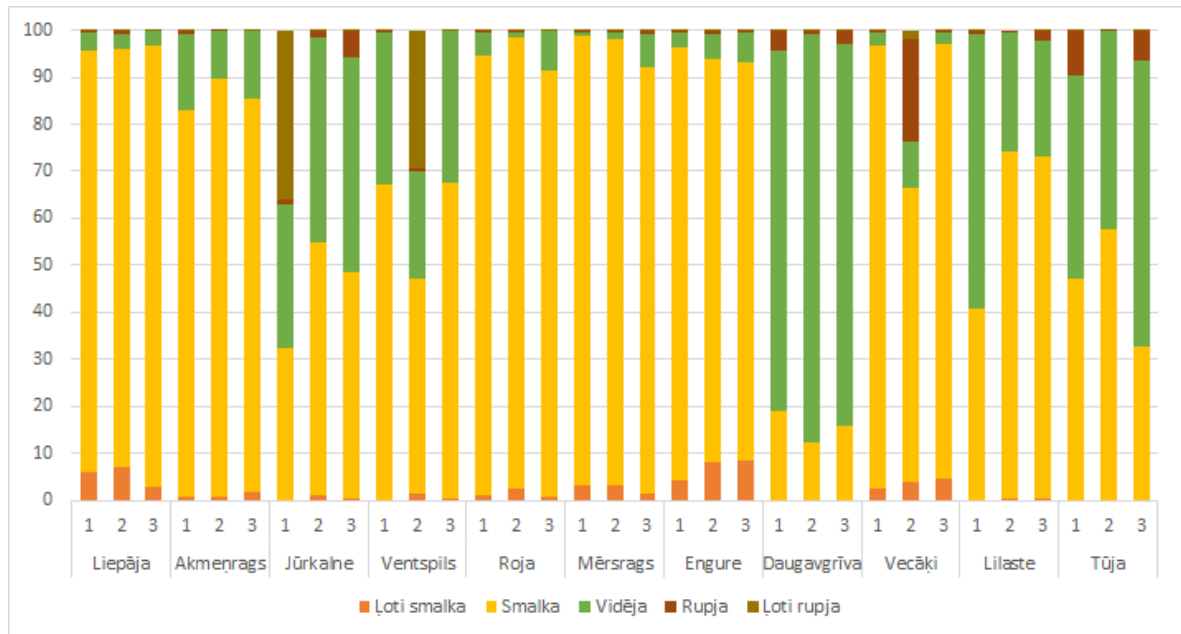
5.8. attēls. Plastmasas daļiņu krāsas īpatsvars frakcijās 1 – 5 mm un > 5 mm

Smilšu granulometrijas sastāvs

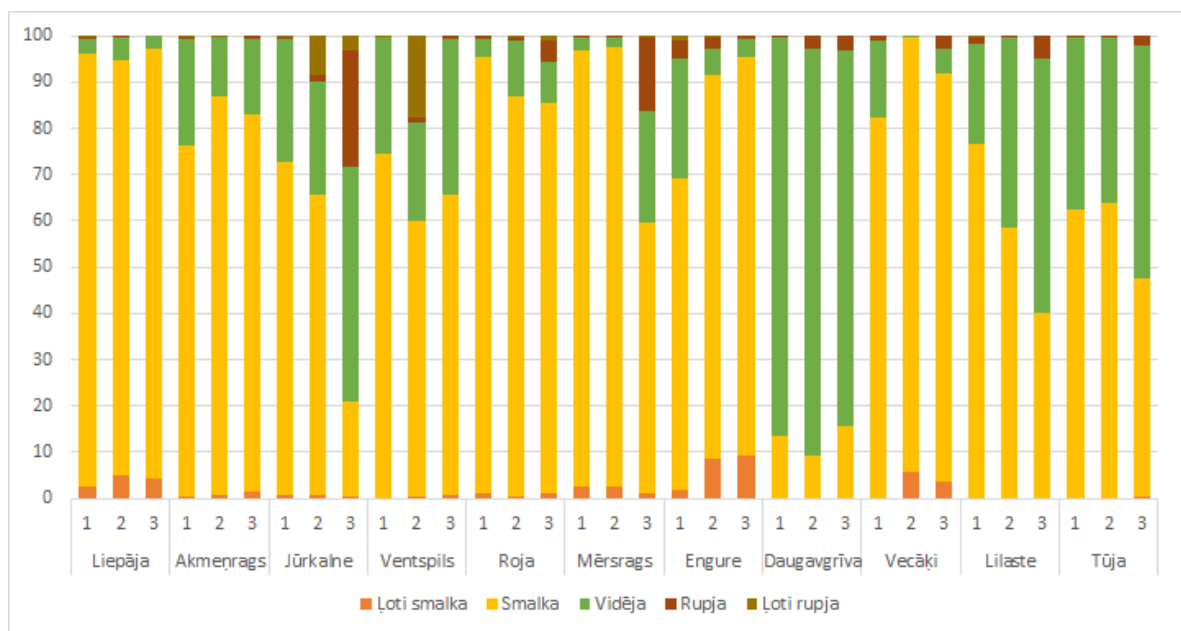
Granulometrijas sastāvs katrā pludmalē mainās ne tikai pa transektēm, bet arī starp sezonām. Lai gan izmaiņas var būt nelielas, taču tomēr tas var ietekmēt mikroplastmasas koncentrāciju pludmalēs (5.9 – 5.12. attēli).

Kā vienu no piemēriem var aplūkot Jūrkalnes pludmalī, kur pirmajā transektē rupjas smiltis konstatētas trīs sezonās – rudenī, pavasarī un vasarā. Otrajā un trešajā transektē ļoti rupjas smiltis konstatētas ziemā un vasarā.

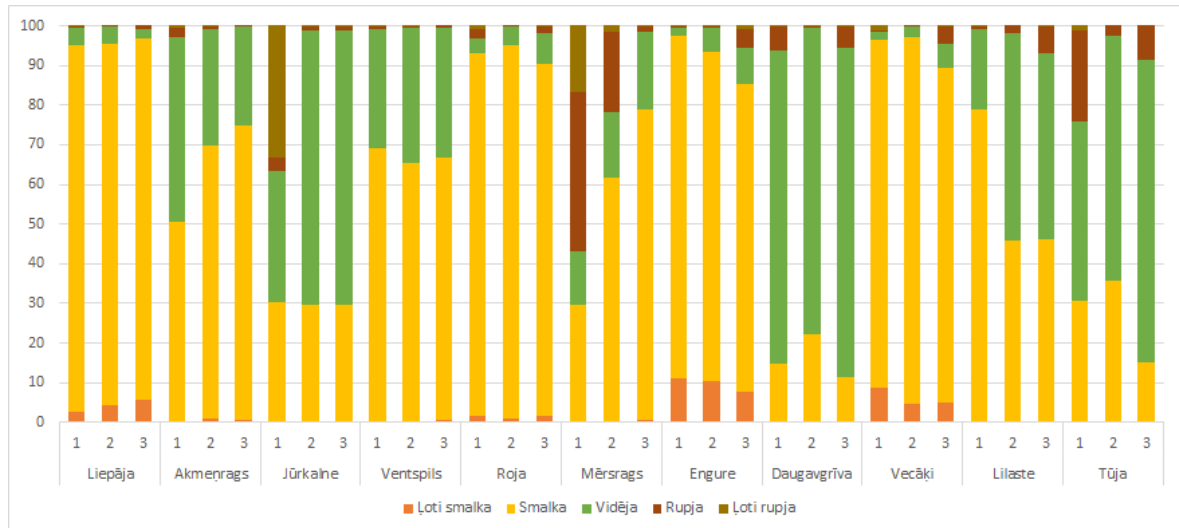
Mērsraga pludmalē pirmajā transektē rupjas un ļoti rupjas smiltis konstatēs ziemas sezonā, taču pārējās sezonās nav nemaz vai ir ļoti mazā procentuālā daudzumā.



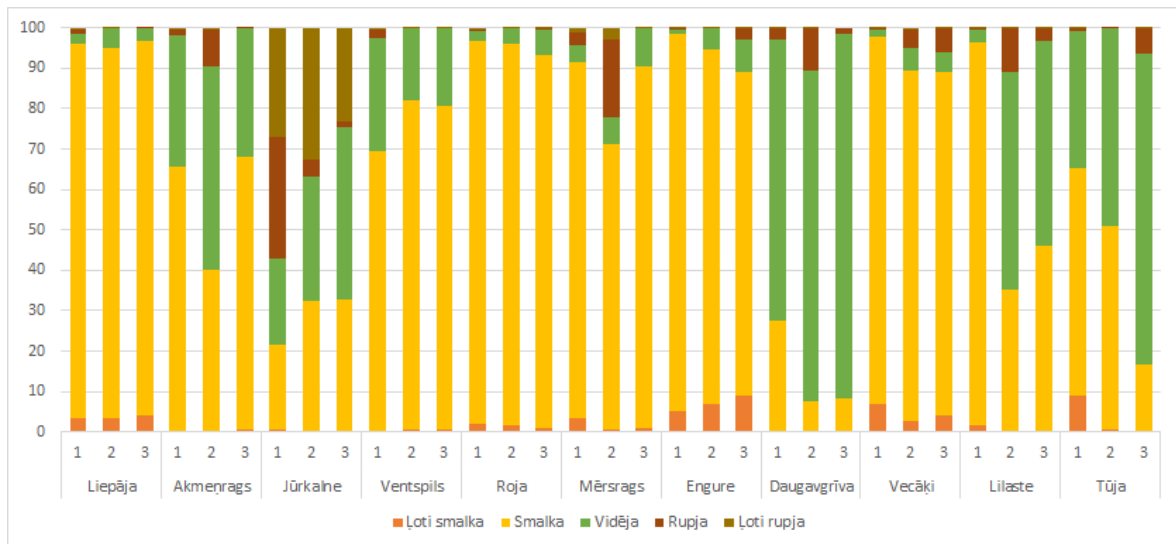
5.9. attēls. Granulometrijas sastāva procentuālais sadalījums pludmalēs rudenī transektēs 1, 2, 3 (transekšu apzīmējumi 2.3. attēlā)



5.10. attēls. Granulometrijas sastāva procentuālais sadalījums pludmalēs ziemā transektēs 1, 2, 3 (transekšu apzīmējumi 2.3. attēlā)



5.11. attēls. Granulometrijas sastāva procentuālais sadalījums pludmalēs pavasarī transektēs 1, 2, 3 (transektu apzīmējumi 2.3. attēlā)



5.12. attēls. Granulometrijas sastāva procentuālais sadalījums pludmalēs vasarā transektēs 1, 2, 3 (transektu apzīmējumi 2.3. attēlā)

Piesārņojuma dinamiku ietekmējošie faktori

Baltijas jūras un Rīgas līča unikālais viļņu enerģijas režīms kopā ar sarežģīto straumju cirkulāciju režīmu un saldūdens ieplūdes bilanci ietekmē garkrasta sanešu un mikroplastmasas sadalījumu šajā reģionā. Baltijas jūrā un it īpaši Rīgas līcī ir daudz zemāka viļņu enerģija, salīdzinot ar citiem Eiropas reģioniem, kas ietekmē garkrasta sanešu plūsmu un mikroplastmasas izplatību.

Baltijas jūras atklātajā daļā ir novērojama lielāka viļņu enerģija – augstāki un spēcīgāki viļņi nekā Rīgas līča daļā. Pludmali, kas pakļauta spēcīgāku viļņu iedarbībai, pārsvarā veido

rupjgraudaina un vidēji graudaina smiltis, bet pludmales, kas pakļautas zemāku viļņu iedarbībai, pārsvarā ir ar smalkgraudainu un jaukta izmēra smiltīm (Dean un Dalrymple, 2001; Ashton un Murray, 2006). Piekrastes zonās ar lielāku viļņu enerģiju, ūdens plūsma ir ātrāka un spēcīgāka, tā spēj pacelt un pārvietot smiltis, tādējādi smalkākas smilšu daļiņas tiek aiznestas tālāk, bet lielāka izmēra smilšu graudi nogulsņējas.

Zemu viļņu enerģijas reģionos parasti dominē smalkgraudaina smiltis, jo viļņi spēj pienest smiltis krastam, bet, virzoties atpakaļ jūrā, viļņu enerģija ir pārāk zema, lai aiznestu smiltis prom no pludmales. Lai gan arī zemas enerģijas krasta zonās, smalkgraudainas smiltis suspendētā veidā var tikt nestas lielus attālumus, pirms tās izgulsnējas. Mikroplastmasas daļiņām var būt līdzīga kustība kā smilšu plūsmām piekrastes zonā. Gan smilšu daļiņas, gan mikroplastmasu pārvieto ūdens straumes, viļņi un vējš. Spēcīgākas straumes un viļņi spēj pārvietot šīs daļiņas lielākos attālumos. Pludmalēs, kurās ir lielāka viļņu enerģija arī sagaidāms lielāks mikroplastmasas piesārņojums, jo notiek aktīvāka daļiņu kustība un fragmentēšana viļņu ietekmē.

Arī mikroplastmasas daļiņu nogulsņēšanās ir līdzīga kā smilšu graudiem – lielākās daļiņas izgulsnējas, mazākās paliek suspendētā veidā, bet šos procesus ietekmē daļiņu forma un blīvums. Šķiedrām turpretī var būt atšķirīga kustība nekā smilšu graudiņiem. Lai gan mikroplastmasu daļiņu kustība ir līdzīga sedimentu plūsmai, to joprojām ietekmē dažādi tieši mikroplastmasai piemītoši faktori – ķīmiskais sastāvs, peldspēja un mijiedarbība ar jūras organismiem. Šajā jomā joprojām nav pietiekami daudz pētījumi, lai līdz galam izprastu mikroplastmasas pārvietošanos piekrastes zonā.

Mikro- un mezoplastmasas izplatībā ir novērojamas atšķirības Rīgas līča daļā un atklātajā Baltijas jūras daļā. Baltijas jūras atklātajā daļā ir lielāks mikroplastmasu daļiņu daudzums nekā līča daļā, kas saskan ar atšķirīgo viļņu aktivitāti šajās zonās. Līdzības ir arī ar smilšu graudiņu izmēriem – atklātajā daļā ir vairāk rupjgraudainas smiltis, kas norāda uz aktīvākiem piekrastes procesiem, un augstāku mikroplastmasas daļiņu sastopamību. Smartbojas dati norāda, ka atklātajā Baltijas jūras daļā dominē uz ziemeļiem virzītas straumes, kas potenciāli virza mikroplastmasas piesārņojumu gar krastu uz ziemeļiem. Rīgas līča austrumu piekraste vairāk līdzinās Baltijas jūras atklātajai daļai ar augstāku kopējo mikroplastmasas daļiņu koncentrāciju un rupjgraudainu smilšu daudzumu. Mikroplastmasas koncentrāciju ietekmē arī upju ieplūde, piesenot papildus piesārņojumu.

5.2. Mikroplastmasas piesārņojums upēs

Rudens sezonā (oktobris), pavasara sezonā (marts, aprīlis) un vasaras (jūnijs, jūlijs) paraugi tika ievākti no visām piecām upēm (Daugavas, Lielupes, Gaujas, Ventas un Salacas),

savukārt ziemas sezonā (decembris) no Daugavas un Lielupes. Paraugi Gaujā, Ventā un Salacā ziemas sezonā netika ievākti neatbilstošu laikapstākļu dēļ.

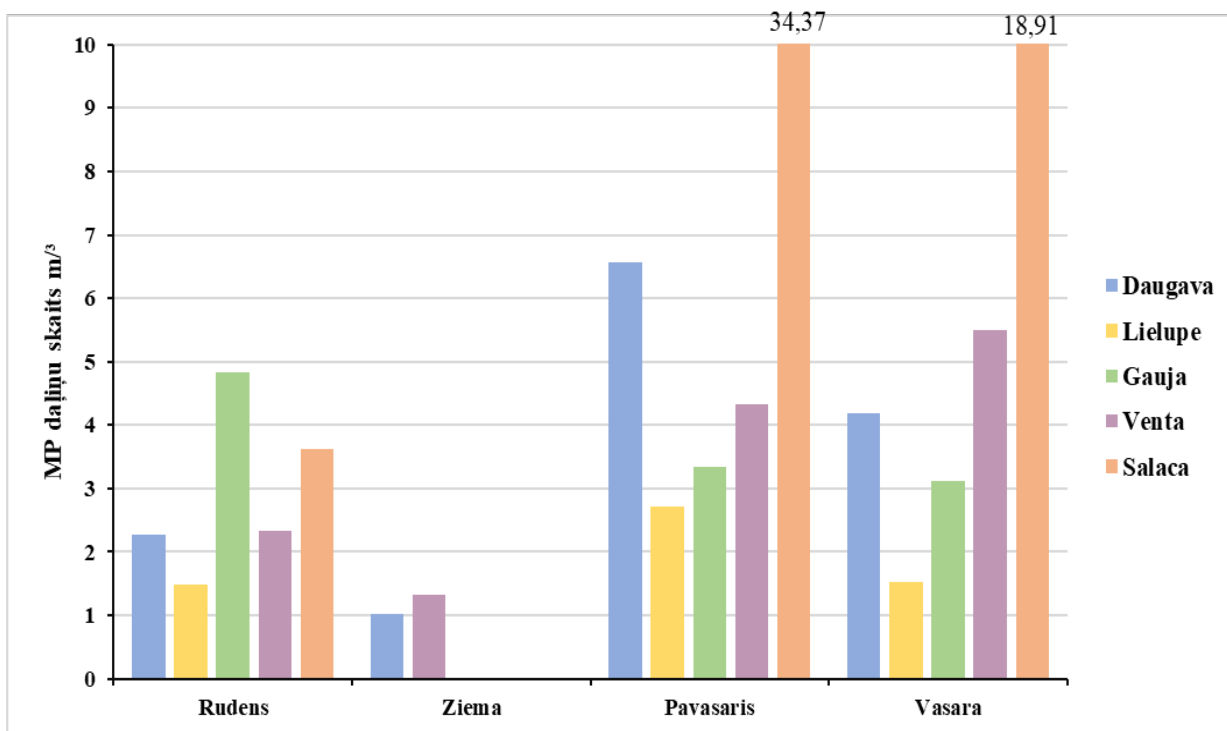
Paralēli upju ūdens virskārtas paraugiem tika analizēti arī “tukšie” paraugi, kas atspoguļo paraugu ievākšanas laikā potenciāli no gaisa radušos fona piesārņojumu. “Tukšajos” paraugos, kas tika ievākti kopā ar upju paraugiem katras paraugošanas laikā, netika konstatēts nozīmīgs fona piesārņojums, kas ietekmētu rezultātu kvalitāti – Daugavā $3,25 \pm 3,59$ daļiņas paraugā, Lielupē $1,50 \pm 1,29$ daļiņas paraugā, Gaujā $1,00 \pm 0,67$, Salacā $1,33 \pm 1,15$ daļiņas paraugā, bet Ventā netika konstatēts fona piesārņojums. Tika novērtēts arī laboratorijas fona piesārņojums, kas radies paraugu apstrādes laikā un veidoja vidēji $2,50 \pm 1,29$ daļiņas paraugā. Visos “tukšajos” paraugos daļiņu piesārņojumu veidoja tikai šķiedras (rezultātos atspoguļotas tikai sintētiskas izcelsmes šķiedras).

Kvalitātes kontroles lodīšu atgūstamības rezultāti ($92 \pm 2,65$) pēc garākā apstrādes soļu skaita liecina par mazsvarīgu daļiņu zuduma apmēru paraugu apstrādes laikā.

Mikroplastmasas daļiņu koncentrācija

Augstākā vidējā mikroplastmasas koncentrācija novērota Salacā ($16,73$ daļiņas/ m^3), Ventā ($4,05$ daļiņas/ m^3), Gaujā ($3,77$ daļiņas/ m^3), Daugavā ($3,47$ daļiņas/ m^3) un Lielupē ($1,76$ daļiņas/ m^3). Savukārt, augstākās mikroplastmasas koncentrācijas sezonāli novērojamas pavasara sezonā: mikroplastmasas daudzumam variējot no $2,71$ daļiņām/ m^3 Lielupē līdz $34,37/m^3$ Salacā. Izņēmums ir Ventas upē, kur augstākā mikroplastmasas daļiņa koncentrācija novērojama vasaras sezonā ($5,49$ daļiņas/ m^3) un Gaujai, kur augstākā koncentrācija novērota rudens sezonā ($4,48$ daļiņas/ m^3). Kopumā upēm novērojam tendence daļiņu koncentrācijām samazināties rudens un ziemas sezonā, bet pavasara palu sezonā palielināties, kas varētu veicināt mikroplastmasas daļiņu atrašanos ūdens virskārtā arī vasaras sezonā (5.13. attēls).

No pētītajām upēm izteiktākās sezonālās mikroplastmasas izmaiņas ir novērojamas Salacas paraugos, kur pavasara sezonā mikroplastmasas koncentrācija bija vairāk nekā 2 – 9 reizes augstāka ($34,37$ daļiņas/ m^3) nekā pārējās sezonās. Savukārt starp ievāktajiem paraugiem, vismazākās sezonālās izmaiņas novērotas Gaujas upē, daļiņu koncentrācijām mainoties robežās no $4,84$ daļiņām/ m^3 rudenī līdz $3,12$ daļiņām/ m^3 vasarā.



5.13. attēls. Mikroplastmasas (MP) daļiņu koncentrāciju (daļiņas/ m³) sezonālās izmaiņas upēs 2022.–2023. gadā

Mikroplastmasas daļiņu forma

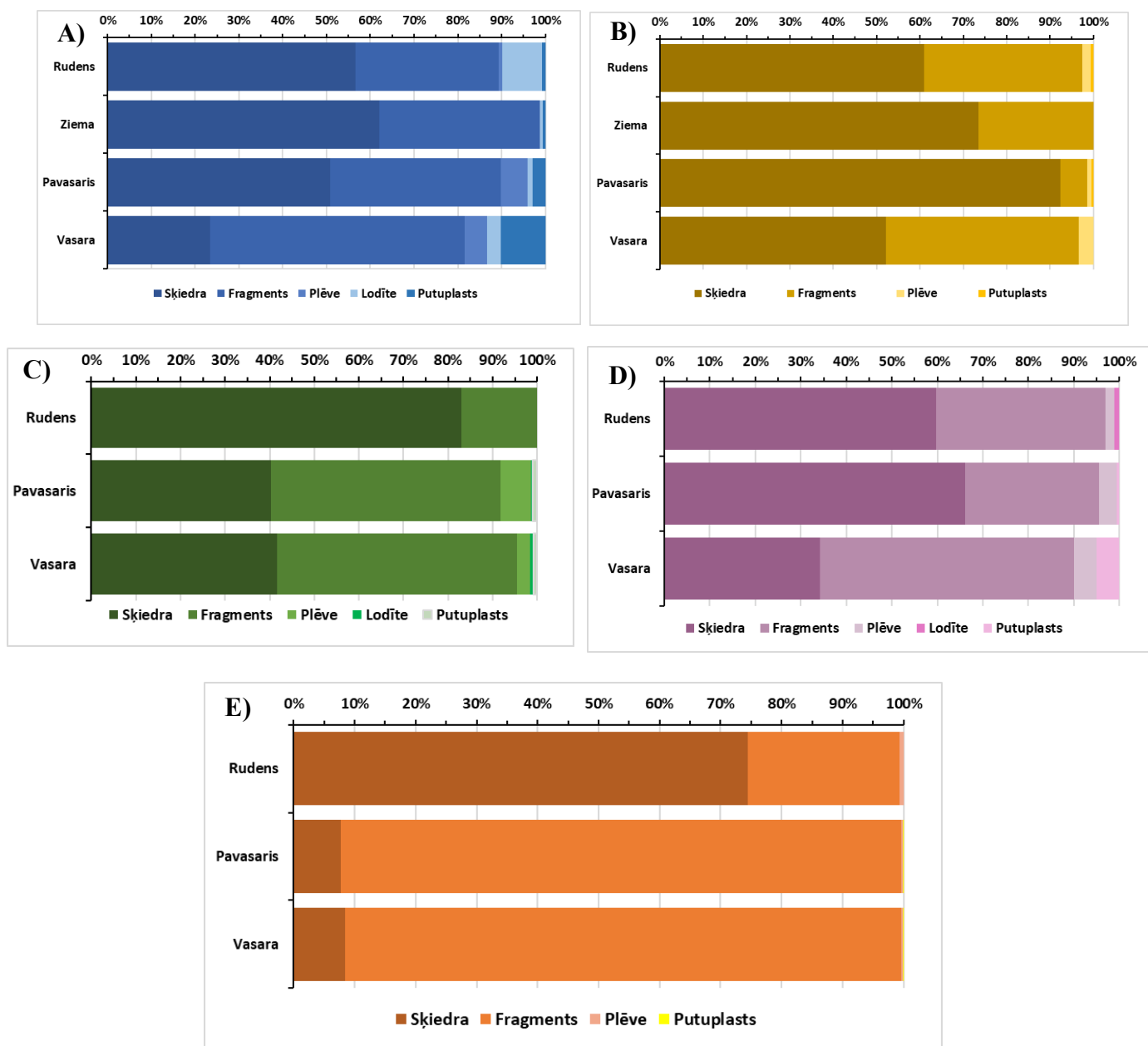
Daugavas paraugos visbiežāk sastopamie daļiņu veidi ir šķiedras (50,55%) un fragmenti (39,90%), pēdējie izteikti vairāk novērojami vasaras sezonā (58,16%). Lai gan kopumā paraugos daudz retāk ir sastopamas plēves (4,04%), lodītes (2,45%) un putuplasts (3,06%), vasaras sezonā plēves veidoja 5,10% un putuplasts 10,20% no kopējā daļiņu veida sadalījuma attiecīgajos mēnešos.

Lielupē biežāk identificētā daļiņu forma ir šķiedras (75,61%), kas dominēja pavasara sezonā (92,45%) un fragmenti (22,46%), kuru īpatsvars starp sezonām ir vienmērīgs ar izņēmumu pavasara mēnesī (6,04%). Tostarp paraugos reti sastopamas plēves (1,58%) un putuplasts (0,35%).

Gaujas upes paraugos šķiedras un fragmenti veido procentuāli līdzīgu īpatsvaru t.i. 48,64% un 45,44%, kas vienmērīgi sadalās arī starp sezonām, izņemot rudenī, kad paraugos izteikti lielāku īpatsvaru veido šķiedras (83,05%), tostarp neizceļas arī Ventas paraugi, kur šķiedru un fragmentu sadalījums mēnešu griezumā ir līdzīgs 50,00% un 43,22%.

Atšķirībā no pārējām upēm, Salacas upē fragmenti ir dominantā daļiņu forma – 87,55%, kas lielā daudzumā novērojama pavasara (91,94%) un vasaras (91,21%) sezonās, bet rudenī biežāk sastopamais daļiņu veids ir šķiedras (74,47%).

Visās upēs kopumā lielāko īpatsvaru paraugos veido fragmenti (61,81%) un šķiedras (34,69%), atlikušo daļu plēves, lodītes un putuplasta daļiņas – 3,14% (5.14. attēls).



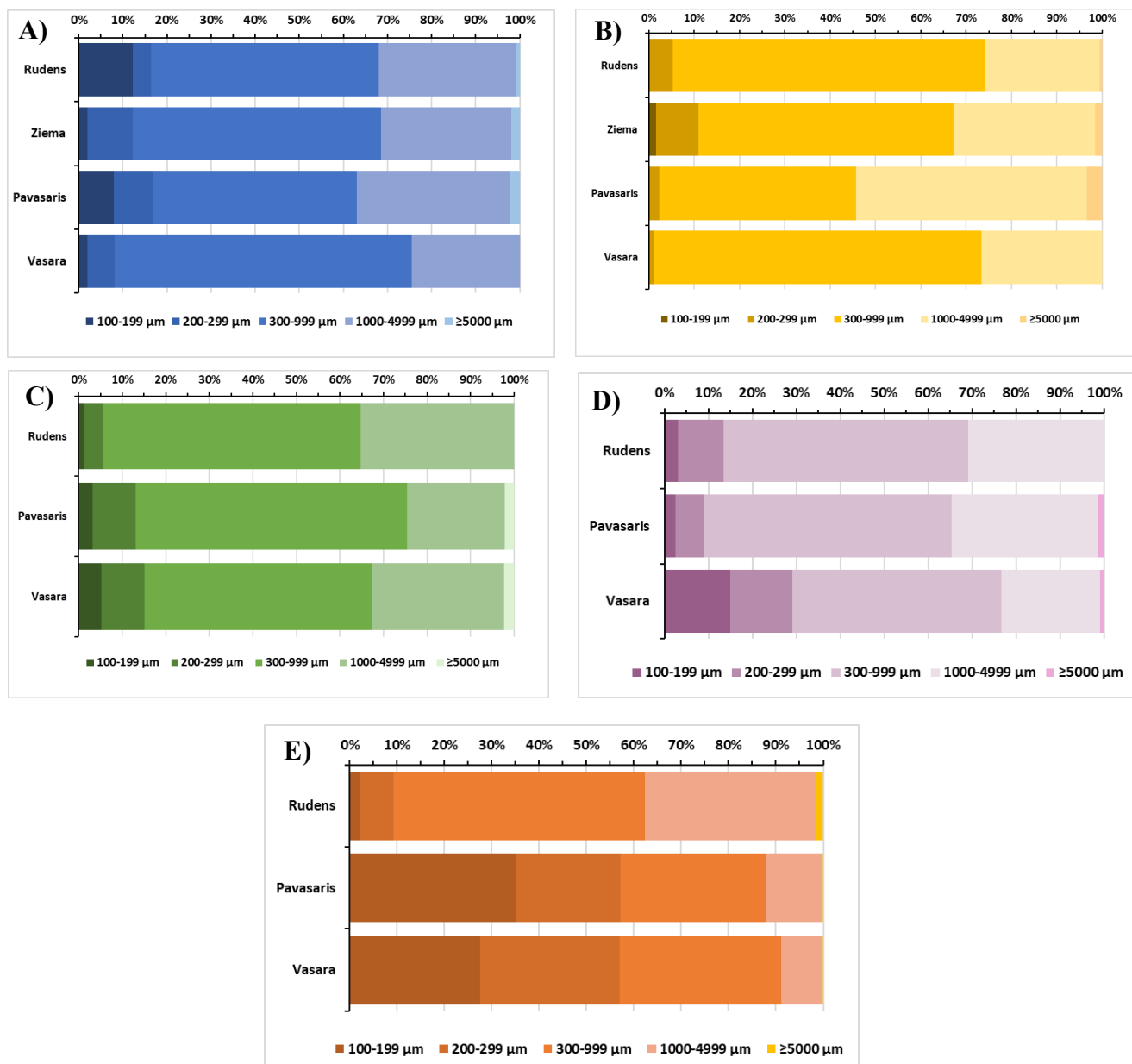
5.14. attēls. Mikroplastmasas daļiņu formas procentuālais sadalījums upēs (A – Daugavā, B – Lielupē, C – Gaujā, D – Ventā un E – Salacā) 2022.–2023. gadā

Mikroplastmasas daļiņu izmērs

No metodoloģijā iedalītajām izmēru klasēm visvairāk daļiņas upju paraugos ir identificētas izmēru klasē no 300 – 1000 μm (49,14%), pēc tam izmēru klasē no 1000 – 4999 μm (26,20%), bet līdzīgs procentuālais īpatsvars ir izmēru klasēm no 200–299 μm un 100–199 μm (12,02% un 11,40%), savukārt vismazāk daļiņu visos paraugos kopumā ir tām, kuras izmērā ir lielākas par 5 mm (1,25%). Daugavai rudenī novērojams lielāks daļiņu skaits izmēru klasē no 100 – 199 μm (12,30%), kas skaidrojams ar lodīšu daļiņu esamību rudens paraugos. Savukārt Ventā vasaras sezonā daļiņu īpatsvars mazākajā izmēru klasē veidoja

15,07%, no kurām 90,91% pārstāvēja melni fragmenti, bet Lielupē 100 – 199 μm izmēru klases daļiņas novērojamas ļoti reti.

Visām upēm daļiņu izmēru klases ir vienlīdzīgi sadalītas pa sezonām ar izņēmumu Salacā, kur melno EPDM gumijas daļiņu dēļ, izteikti vairāk 100 –199 μm izmēra klases daļiņu ir pavasara (35,09%) un vasaras (27,51%) sezonā (5.15. attēls).



5.15. attēls. Mikroplastmasas daļiņu izmēra procentuālais sadalījums upēs (A – Daugavā, B – Lielupē, C – Gaujā, D – Ventā un E – Salacā) 2022.–2023. gadā

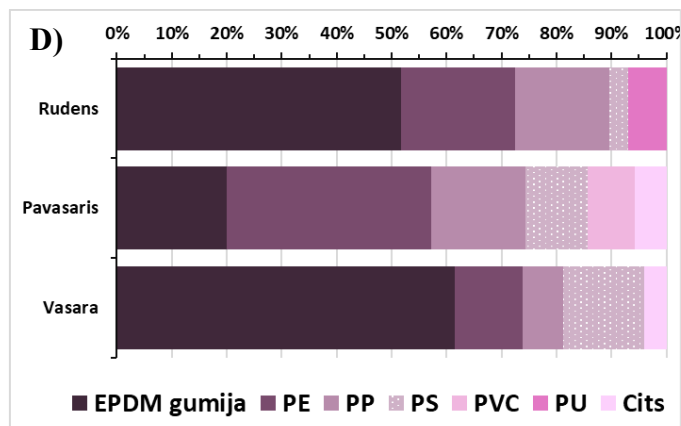
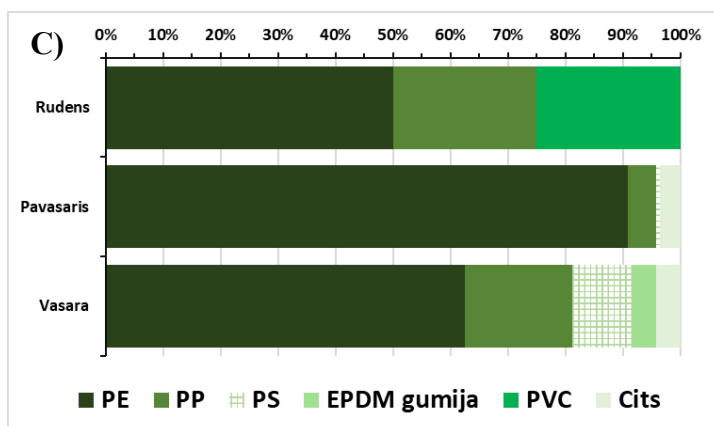
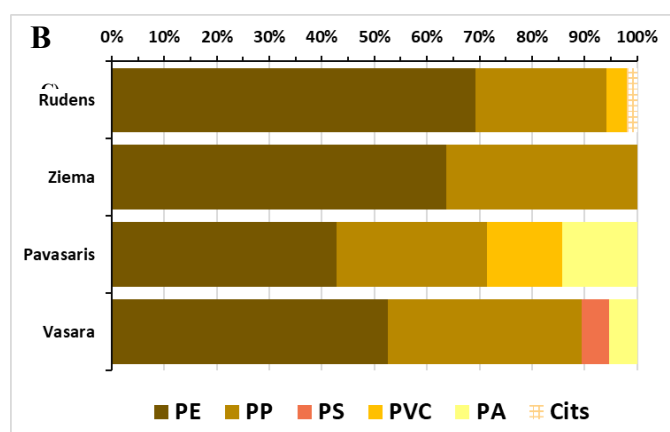
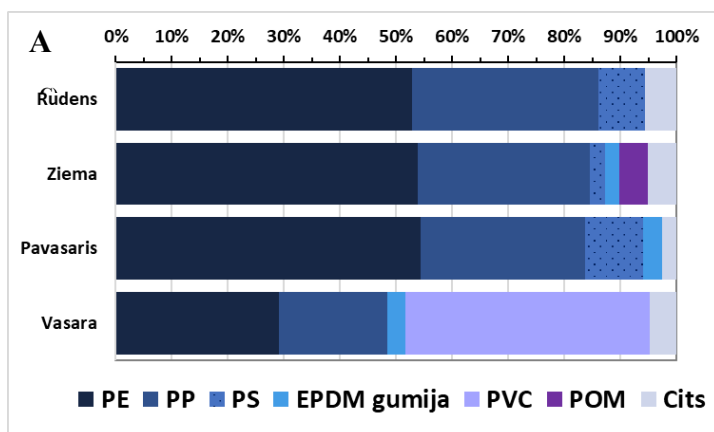
Mikroplastmasas polimēru veidi

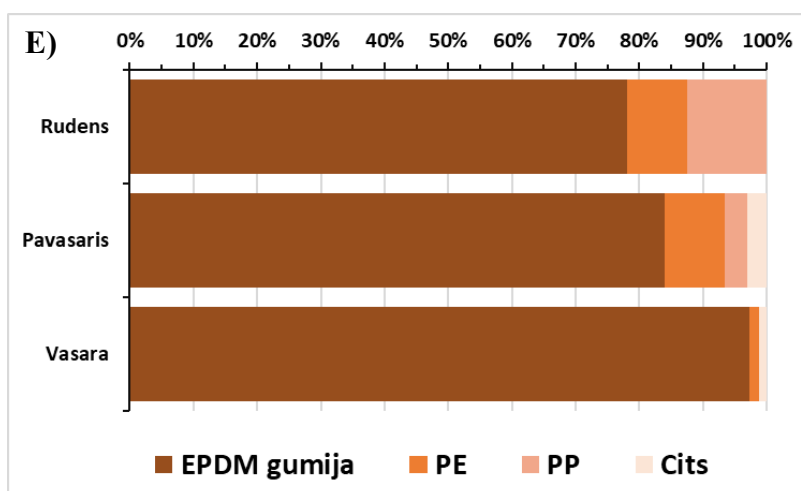
Daugavā dominantais polimēru veids visās sezonās ir PE, vidējais procentuālais sadalījums starp sezonām – 47,83%, ar izņēmumu vasarā, kad paraugos novērojams lielāks īpatsvars polivinilhlorīda (PVC) daļiņām (43,55%).

Nemainīgi starp sezonām dominantie polimēri Lielupē ir PE (61,11%) un PP (30,56%). Tostarp arī Gaujā, analogiski Daugavai un Lielupei, dominantais polimērs ir PE, kas veido 81,68% īpatsvaru, savukārt PP sastopams retāk – 9,41%, kā arī rudenī konstatētas PVC daļiņas (25,0%), kas netika identificētas nevienā citā Gaujas sezonas paraugā.

Salacā un Ventā dominantais polimērs starp sezonām ir EPDM gumija, kas veido attiecīgi 92,91% un 52,15% īpatsvaru. Salacā to daļiņu īpatsvars nav izteikti mainīgs starp sezonām, kā tas ir novērojams Ventā – rudenī un vasarā izteikti dominē EPDM gumija (51,72%; 61,48%), bet vasarā paraugos vairāk sastopamas PE (37,14%) veidojošā polimēra daļiņas.

Kopumā paraugos, ar atsevišķiem izņēmumiem, biežāk sastopamie polimēri sezonu ietvaros bija PE un PP, daudz mazāk paraugos ir sastopamas polistirola (PS), PVC un citu veidojošo polimēru daļiņas (5.16. attēls).





5.16. attēls. Mikroplastmasas daļiņu polimēra procentuālais sadalījums upēs (A – Daugavā, B – Lielupē, C – Gaujā, D – Ventā un E – Salacā) 2022.–2023. gadā

Mikroplastmasas krāsa

Daugavā un Lielupē kopā dominē septiņas krāsas – caurspīdīga, melna, zila, pelēka, rozā, sarkana un zaļa. Krāsas, kas veidoja mazāk nekā 3%, no kopējā krāsu procentuālā īpatsvara upēs, tika atzīmētas kā citas krāsas (dzeltens, daudzkrāsains, brūns, violets un oranžs).

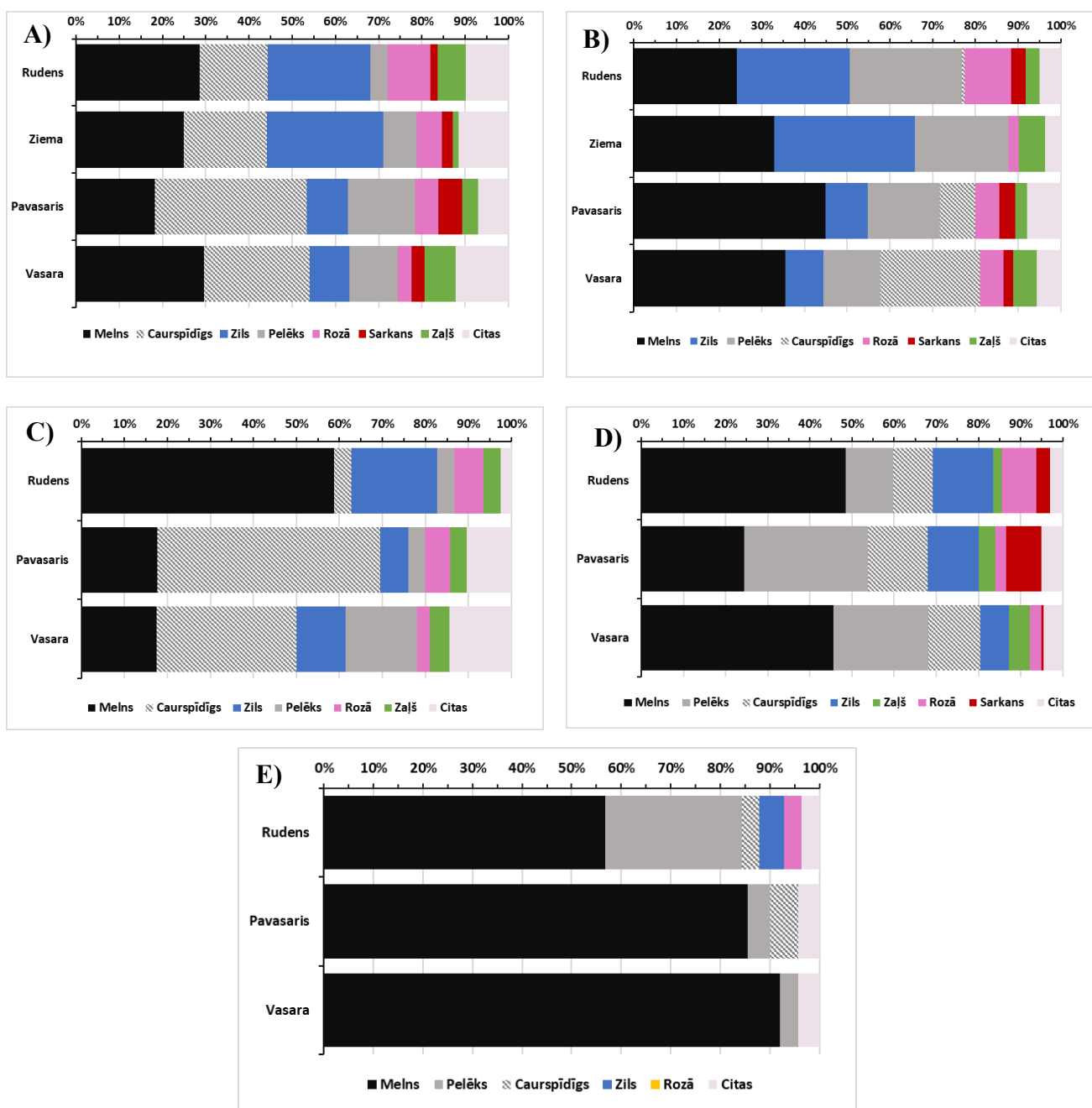
Krāsas procentuāli līdzīgā sadalījumā novērojams visās sezonās Daugavai un Lielupei, ar izņēmumiem Daugavā, kur rudens (23,77%) un ziemas (26,92%) sezonā ir vairāk zilo plastmasas daļiņu (no tām 70% šķiedras) nekā to ir pavasara un vasaras sezonā (9,57% un 9,18%). Savukārt Lielupē pavasara un vasaras sezonā novērojams augstāks procentuālais caurspīdīgo daļiņu skaits (8,30% un 23,33%), no kurām 77% veidoja šķiedras pavasara paraugos, bet vasaras – 50% šķiedras un 50% fragmenti. Ļoti reti vai nemaz caurspīdīgās daļiņas tika identificētas rudens un ziemas sezonā (0,62% un 0,00%) (5.17. attēls).

Gaujā dominantās plastmasas daļiņu krāsas, kas pārsniedza 3% no kopējā procentuālā īpatsvara sezonu ietvaros bija caurspīdīga (30,30%), melna (25,70%), zila (10,15%), pelēka (6,71%), rozā (5,40%) un zaļa (4,09%). Gaujas upes paraugos, tāpat kā Lielupei procentuāli vairāk caurspīdīgo daļiņu ir pavasara (51,96%) un vasaras (32,58%) sezonā, no kurām lielākā daļa bija fragmenti (68%), bet rudens sezonā tikai 4,13% veidoja caurspīdīgās daļiņas.

Ventas upē 3% robežu pārsniedz septiņas krāsas – melna (39,19%), pelēka (22,46%), caurspīdīga (12,29%), zila (10,17%), zaļa (4,03%), rozā (3,81%) un sarkana (3,60%), tostarp krāsu procentuālais īpatsvars lielākoties ir nemainīgs visu sezonu griezumā.

No visam reģistrētajām plastmasas daļiņām Salacas upē (1242 daļiņas) 90,33% ir melnā krāsā, galvenokārt EPDM gumijas daļiņu dēļ. Citas paraugos sastopamās krāsas ir caurspīdīga, pelēka, zila un rozā. Pārējās krāsas, kas veidoja mazāk nekā 3% no kopējā krāsu procentuālā īpatsvara Salacā katra mēneša griezumā tika atzīmētas kā citas krāsas (zaļa, sarkana, balta, violeta, dzeltena, brūna un daudzkrāsaina). Tostarp rudens paraugos ir novērojama lielāka krāsu

daudzveidība nekā pārējās sezonās, ievērojami vairāk ir pelēkās krāsas daļiņas (87% šķiedras), kas rudens paraugos veidoja 27,66% īpatsvaru.



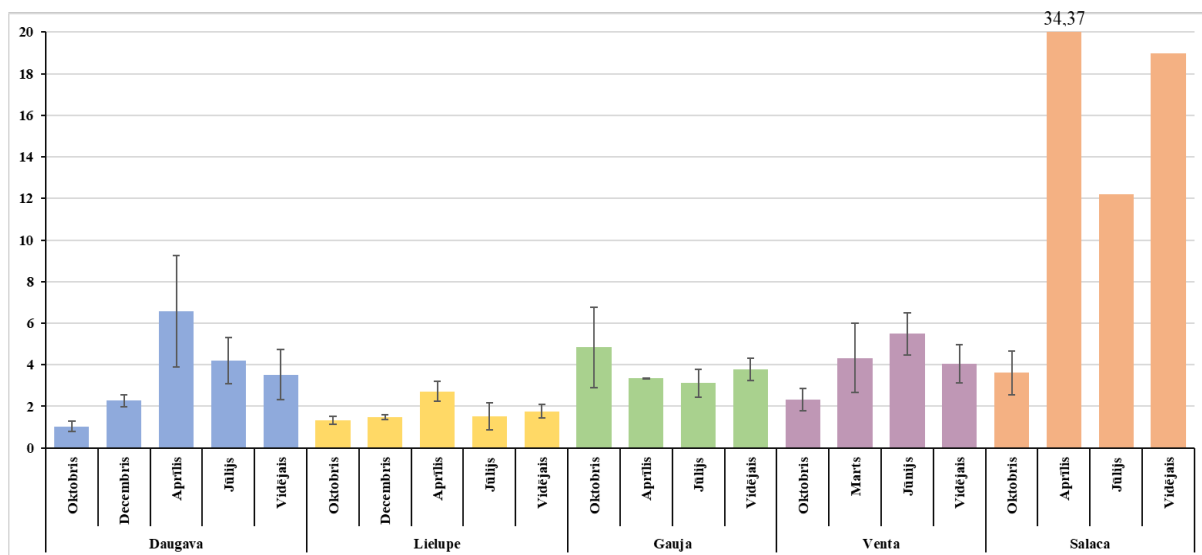
5.17. attēls. Mikroplastmasas daļiņu krāsas procentuālais sadalījums upēs (A – Daugavā, B – Lielupē, C – Gaujā, D – Ventā un E – Salacā) 2022.–2023. gadā

Paraugu atkārtojumu skaita nozīme

Deviņos paraugu ievākšanas mēnešos (Daugavai aprīlī, Lielupei aprīlī un jūlijā, Gaujai oktobrī un jūlijā, Ventai martā un jūnijā, bet Salacai aprīlī un jūlijā) tika noteiktas augstas mikroplastmasas daļiņu koncentrāciju izmaiņas starp paraugu ievākšanas atkārtojumiem, t.i., standartklūda viena mēneša ietvaros bija augstāka vai vienāda ar standartklūdu starp mēnešu vidējo koncentrāciju (5.14. attēls).

Lielākās mikroplastmasas daļiņu koncentrāciju izmaiņas starp mēnešiem un starp atkārtojumiem vienas upes ietvaros, tika konstatētas Salacas upei. Aprīļa mēnesī vidējā daļiņu koncentrācija bija $34,37 \pm SE 21,34$ daļiņas/ m^3 . Augstā datu variācija, skaidrojama ar daļiņu koncentrāciju izteiktu atšķirību starp paraugu atkārtojumiem. Pirmajā paraugu atkārtojumā vidējā daļiņu koncentrācija bija 30,12 daļiņas/ m^3 , otrajā 16,71 daļiņas/ m^3 , kamēr trešajā paraugu atkārtojumā – 86,36 daļiņas/ m^3 . Rezultātā grafikā (5.14. attēls) kā izlecošā vērtība parādās – vidējā daļiņu koncentrācija Salacā aprīlī.

Daugavā aprīļa mēnesī starp paraugu atkārtojumiem novērojama izteikta datu izkliede. Paraugos koncentrācijas mainījās diapazonā no 3,13 līdz 12,2 daļiņām/ m^3 . Tāpat paraugu atkārtojumu atšķirības novērojams arī pārējam upēm, kas iespējams radušās momentāna punktveida piesārņojuma dēļ, piemēram, piesārņojums no tuvējiem sauszemes avotiem (makšķerniekiem), vai tiešas izplūdes no kuģiem vai laivām, kā arī tehniskas problēmas ar darba paraugu ievākšanas inventāru (palielināts makroaļģu daudzums, makrofītu iesprūšana plūsmas mērītājā, ietekmējot mērījuma precizitāti, tostarp īslaicīgi mainīgiem apkārtējās vides faktoriem – bagarēšanas vai blakus braucoša ūdens transportlīdzekļa dēļ, kas var izraisīt ūdens viļņošanos, radot papildus mikroplastmasas sajaukšanos ūdens kolonnā (Claessens et al. 2011; Fischer et al. 2016; Eerkes-Medrano et al. 2015). Vēl pie ietekmējošiem faktoriem jāmin īslaicīgas meteoroloģiskās izmaiņas (lietus, vējš) (Horton et al. 2017; Lenz, Labrenz 2018).



5.14. attēls. Mikroplastmasas daļiņu vidējā koncentrācija un standartklūda upēs (Daugavā, Lielupē, Gaujā, Ventā un Salacā) 2022.–2023. gada paraugos

6. Rekomendācijas turpmākam monitoringam un iespējamie robežlielumi

Tā kā Eiropas Savienībā šobrīd vēl nav vienotu prasību, standartu un vadlīniju mikro (un mezo-) plastmasas monitoringam pludmales smiltīs un upēs, tad šīs rekomendācijas ir balstītas esošo projektu pieredzē ņemot vērā, ka monitoringam ir jābūt izmaksu un patērēta laika ziņā samērīgam. Tāpat arī pielāgojamam, salīdzināmam un saprotamam brīdī, kad tiks noteiktas vienotas vadlīnijas un metodes Eiropas Savienības valstīs.

Monitoringam pludmales smiltīs tiek rekomendēts noteikt 10 paraugu ņemšanas vietas, kas tiktu regulāri apsekotas katru gadu:

1. Liepāja (56.483502, 20.996875);
2. Akmeņrags (56.832004, 21.055649);
3. Jūrkalne (57.032817, 21.399155);
4. Ventspils (57.388743, 21.526111);
5. Roja (57.51115, 22.80031);
6. Engure (57.161052, 23.232795);
7. Daugavgrīva (57.041689, 24.002041);
8. Vecāķi (57.082838, 24.10841);
9. Lilaste (57.189403, 24.328364);
10. Tūja (57.492443, 24.381214).

Izvēlētās vietas ietver gan lielākās pilsētas, kur ir izteikta antropogēnā ietekme pludmalēs, gan iekļautas nomaļas, maz apmeklētas pludmales un tādas, kurām ir potenciāls attīstīt infrastruktūru, līdz ar to paaugstinot apmeklētāju skaitu laika gaitā.

Paraugus ieteikts ievākt katru gadu divās sezonās – vasarā un rudenī ievācot trīs atkārtojumus katrā transektē, izvēloties kā minimums divas transektes – ūdens apskalotajā daļā un pie veģetācijas. Pēc iespējas vēlams ievākt paraugus arī transektē, kas atrodas pludmales vidū, attiecīgi starp ūdens apskalotās daļas un veģetācijas transektēm. Ieteikumu pamato konstatētās mikroplastmasas daļiņu koncentrāciju atšķirības dažādās sezonās (rudenī un ziemā tika konstatēts vairāk daļiņu nekā pavasarī un vasarā), kā arī starp dažādām transektēm.

Ievācot paraugus ieteicams veikt parauga dalīšanu pēc izmēriem (frakcionējot grupās 1 – 5 mm un ≥ 5 mm), izmantojot attiecīga izmēra sijāšanai paredzētos sietus ar acs izmēru 1 un 5 mm. Kvadranta laukuma noteikšanai ieteicams izmantot 50x50 cm rāmi, kuru robežās tiek ievākts un izsijāts virsējais 3 cm smilšu slānis. Tādā veidā viena parauga apjoms ir aptuveni 7 l. Tā kā statistiskajā analizē tika konstatēta mikroplastmasas koncentrācijas izmaiņas atkarībā

no pludmalei raksturīgās smilts granulometriskajām īpašībām, ir būtiski noteikt granulometriju visās transektēs, kurās tiek vākti paraugi.

Paraugu apstrādei un analīzei ieteicams izmantot projektā izveidoto paraugu apstrādes un analīzes protokolu, nosakot konstatēto daļiņu koncentrāciju, formu, izmēru, krāsu un polimēra veidu. Piesārņojuma apjomu ieteicams izteikt kā daļiņu skaitu uz kilogramu sausu smilšu, tāpēc jānosaka arī ievākto paraugu sausā masa. Kvalitātes nodrošināšanai jāveic pozitīvās un negatīvās kontroles testi, kā arī izlases veidā jāveic karstās adatas pārbaude daļiņām, kurām citādi nav iespējas apstiprināt to sintētisko izcelsmi.

Ieteicams veikt turpmākus pētījumus, lai izstrādātu metodi maza izmēra mikroplastmasas daļiņu monitoringam jūras piekrastes smiltīs. Ieteicamais nosakāmo maza izmēra mikroplastmasas daļiņu izmērs ir $\geq 300 \mu\text{m}$, kas būtu saskaņots ar Helsinku Konvencijas vadlīnijām par mikroplastmasas monitoringu jūras ūdens kolonā (HELCOM 2022).

Monitoringam upēs ieteicams nodrošināt ikgadējo monitoringu četrās lielākajās Latvijas upēs, kas reprezentē upju baseinu apgabalus:

1. Ventā (57.390841, 21.585903);
2. Lielupē (57.00496, 23.93549);
3. Daugavā (57.05993, 24.03544);
4. Salacā (57.755784, 24.354365).

Paraugus ieteicams ievākt divas reizes gadā (pavasara un rudens sezonā), jo ziemā konstatēto mikroplastmasas daļiņu skaits ir mazs, un paraugu ievākšana ne vienmēr ir iespējama laikapstākļu dēļ. Savukārt vasarā paraugi var būt bagāti ar organisko materiālu, piemēram, mikroaļģēm un zooplanktonu, kas sarežģī to apstrādi.

Paraugu ievākšanu ieteicams veikt upju grīvās aptuveni 300 – 500 m metrus no ietekas līcī vai jūrā, izmantojot standartizētu 300 μm Manta tīklu. Pirms paraugu ievākšanas nepieciešams noskaidrot vēja virzienu, lai izvairītos no jūras ūdens ieplūšanas upē, kas būtu nereprezentatīvi un radītu maldīgu ieskatu par upes nesto mikroplastmasas piesārņojumu.

Tā kā katrai upei būtiskas koncentrāciju atšķirības starp atkārtojumiem tika konstatētas vismaz vienā paraugu ievākšanas mēnesī (viena mēneša standartklūda lielāka nekā standartklūda starp mēnešu vidējām vērtībām) tiek secināts, ka reprezentatīvu datu iegūšanai paraugu ievākšanā nepietiek ar vienu atkārtojuma veikšanu. Objektīvu un statistiski ticamu datu iegūšanai ieteicams veikt paraugu ievākšanu secīgi vismaz trīs reizes. Pirms katras paraugu atkārtojuma veikšanas nepieciešams reģistrēt vides parametru izmaiņas (vēja virzienu, ātrumu, dabas parādības, piemēram, nokrišņus). Katrs atkārtojums ilgst 30 minūtes un tiek ievākts upes augšteces virzienā (pret straumi). Obligāta prasība paraugu ievākšanai ir plūsmas mērītājs, kurš reģistrē paraugu vākšanas laikā izfiltrētā ūdens tilpumu vai no kura nodrošinātajiem datiem var

aprēķināt izfiltrētā ūdens tilpumu. Tā kā visvairāk daļiņu sastopamas izmēra klasē no 300 līdz 1000 μm un Helsinku Konvencijas vadlīnijas par mikroplastmasas monitoringu jūras ūdens kolonā (HELCOM 2022) iesaka izmantot mikroplastmasas tīklu ar acs izmēru 300 μm , upju mikroplastmasas monitoringam tiek ieteikts izmantot tīklu ar acs izmēru 300 μm projektā izmantotā 100 μm tīkla vietā. Tas nodrošinās dažādu ūdens biotopu mikroplastmasas daļiņu monitoringa vadlīniju saskaņotību, kā arī atvieglos paraugu sagatavošanu un analizēšanu.

Paraugu apstrādei un analīzei ieteicams izmantot projektā izveidoto paraugu apstrādes un analīzes protokolu, nosakot konstatēto daļiņu koncentrāciju, formu, izmēru, krāsu un polimēra veidu. Piesārņojuma apjomu ieteicams izteikt kā daļiņu skaitu uz vienu kubikmetru ūdens. Kvalitātes nodrošināšanai jāveic pozitīvās un negatīvās kontroles testi, kā arī izlases veidā jāveic karstās adatas pārbaude daļiņām, kurām citādi nav iespējas apstiprināt to sintētisko izcelsmi.

Jāuzsver, ka veiktais pētījums aptver viena gada četras sezonas (rudens, ziema, pavasaris, vasara) un ir ļāvis izdarīt zināmus secinājumus, tomēr pēc viena gada pētījuma rezultātiem nav iespējams secināt vai konstatētās likumsakarības ir pastāvīgas un atkārtosies katru gadu. Šī iemesla dēļ ieteicams atkārtot datu ievākšanu arī turpmāk, izmantojot nemainīgas vai salīdzināmas metodes.

Ar robežvērtībām attiecībā uz piesārņojumu tiek saprasti tādi lielumi, kurus pārsniedzot izpaužas kāda atbildes reakcija, notiek izmaiņas ekosistēmu kvalitātē, rodas nevēlams efekts; to pamatā ir daudz datu un pētījumu, kas tās pierāda. Jāņem vērā, ka robežvērtībām var būt ģeogrāfisks mērogs un tās var būt atkarīgas no dažādiem biotiskiem un abiotiskiem faktoriem. Tāpat būtisks ir laikā un telpā mainīgais jūras ekosistēmu dinamiskais raksturs, kas atspoguļojas arī projekta rezultātos. Nosakot robežvērtības jāņem vērā ekosistēmu atjaunošanās spēja – bieži dažādiem ģeogrāfiskiem reģioniem tiek noteiktas atšķirīgas piesārņojuma apjoma robežvērtības, kas var atspoguļot potenciālos riskus.

Šobrīd nav iespējams kā mikroplastmasas piesārņojuma robežvērtību noteikt neatgriešanās stāvokli (piesārņojuma līmenis, kuru pārsniedzot tiek izraisītas neatgriezeniskas izmaiņas) vai zemāko mikroplastmasas koncentrāciju, kas rada nelabvēlīgu ietekmi, jo abos gadījumos nepieciešami eksperimentos un testos balstīti dati. Līdz ar to kā mikroplastmasas piesārņojuma robežvērtības tiek rekomendētas:

- Esošais piesārņojuma stāvoklis konkrētās paraugu ievākšanas vietās, kāds tas ir no šī pētījuma datiem, kurš tiek pieņemts par **atskaites, references jeb nulles stāvokli**. Tas nozīmē, ka nākotnē iegūtie dati tiks salīdzināti pret nulles stāvokli, tādējādi novērtējot piesārņojuma apmēra izmaiņas. Salīdzinot datus jāņem vērā izmantoto metožu atšķirības;

- **Nepasliktināšanās pieeja** – tiek monitorēts turpmākais piesārņojuma līmenis un tā izmaiņas pret nulles stāvokli, lai novērtētu vai dažādas aktivitātes, piemēram, politiskie rīki, ir efektīvi mikroplastmasas piesārņojuma samazināšanai;
- Augstākie nulles stāvokļa rādītāji, kas izriet no šī projekta datiem, tiek izvērtēti kā potenciālie **piesardzīgās pieejas riska sliekšņi** pēc antropogēnās noslodzes līdzīgos biotopos. Tas ļauj ieviest lielas drošības rezerves, jo, lai arī piesārņojuma koncentrācijas/riska attiecība nav zināma, ir zināmi riska sliekšņi, kurus pārsniedzot ir jāizvērtē apstākļi, kas varētu būt izraisījuši piesārņojuma koncentrāciju, kā arī jāizvērtē iespējamās preventīvās darbības piesārņojuma mazināšanai. Piesardzīgās pieejas riska sliekšņi ir jāprecizē, kad ir pieejami vairāku gadu dati par mikroplastmasas piesārņojuma izmaiņām.
- **Piesārņojuma līmenis attiecībā pret maz piesārņotām vietām.** Šajā gadījumā tiek izvēlēta paraugu ievākšanas vieta ar mazāko mikroplastmasas piesārņojuma apmēru (upēm – piesārņojuma līmenis Lielupē, pludmalēm – Engurē, Jūrkalnē un Lilastē), kura tiek noteikta par references vērtību un salīdzināta pret pārējiem rezultātiem.

Izmantotās literatūras un avotu saraksts

- Apsīte, E., Latkovska, I. 2018. Latvijas lielo upju raksturojums. *Latvija zeme, daba, tauta, valsts*. Rīga, Latvijas Universitātes Akadēmiskais apgāds, 294–298.
- Ashton, A. D., and Murray, A. B. (2006). High-angle wave instability and emergent shoreline shapes: 1. Modeling of sand waves, flying spits, and capes. *J. Geophys. Res. Earth Surf.* 111. doi: 10.1029/2005JF000422.
- Claessens, M., Meester, S. D., Landuyt, L. V., Clerck, K. D., Janssen, C. R. 2011. Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Marine Pollution Bulletin*. 62 (10), 2199–2204.
- Daugavas upju baseinu apgabala apsaimniekošanas plāns un plūdu riska pārvaldības plāns 2022.–2027. gadam. 2021. LVĢMC. Skatīts 09.11.2023. Pieejams https://videscentrs.lvghmc.lv/files/Udens/UBA_2022_2027/Daugavas%20UBA%20plans%202022-2027%20final.pdf
- Dean, R. G., and Dalrymple, R. A. (2001). *Coastal Processes with Engineering Applications*. Cambridge: Cambridge University Press. doi: 10.1017/CBO9780511754500.
- Eerkes–Medrano, D., Thompson, R.C., Aldridge, D.C. 2015. Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. *Water Research*. 75, 63–82.
- Fischer, E. K., Paglialonga, L., Czech, E., Tamminga, M. 2016. Microplastic pollution in lakes and lake shoreline sediments – A case study on Lake Bolsena and Lake Chiusi (central Italy). *Environmental Pollution*. 213, 648–657.
- Gaujas upju baseinu apgabala apsaimniekošanas plāns 2016.–2021. gadam. 2015. LVĢMC. Skatīts 09.11.2023. Pieejams <http://gaujasfonds.lv/wp-content/uploads/2016/06/PI%C4%81ns-2016.pdf>
- Gaujas upju baseinu apgabala apsaimniekošanas plāns 2021.–2027. gadam. 2021. LVĢMC. Skatīts 09.11.2023. Pieejams https://videscentrs.lvghmc.lv/files/Udens/Udens_apsaimniekosana_plani_2021_2027/Gaujas_UBA/Gaujas%20UBA%20plana%20projekts%202022-2027.pdf
- HELCOM. 2022. HELCOM Guidelines on monitoring of microlitter in the water column in the Baltic Sea.
- Horton, A. A., Walton, A., Spurgeon, D. J., Lahive, E., Svendsen, C. 2017. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Science of the Total Environment*. 586, 127–141.

- Kokoriņe, I., Koļcova, P. 2021. Diennaktī maksimāli pieļaujamās piesārņojuma slodzes, lai samazinātu barības vielu slodzi uz Rīgas līci (DAML). Projekta teritorijas un datu vispārīgs raksturojums. Skatīts 10.11.2023. Pieejams <https://videscentrs.lvgmc.lv/iebuve/diennakti-maksimali-pielaujamās-piesārņojuma-slodzes-lai-samazinātu-barības-vielu-slodzi-uz-rīgas-līci>
- Lenz, R.; Labrenz, M. 2018. Small Microplastic Sampling in Water: Development of an Encapsulated Filtration Device. Water. 10, 1055.
- Lielupes upju baseinu apgabala apsaimniekošanas plāns 2016.–2021. gadam. 2015. LVĢMC. Skatīts 10.11.2023. Pieejams https://meteo.lv/fs/CKFinderJava/userfiles/files/Vide/Udens/Ud_apsaimn/UBA%20plani/PLU DU_RISKA_PARVALDIBAS_PLANS_LIELUPES_UBA_v1.pdf
- Lielupes upju baseinu apgabala apsaimniekošanas plāns un plūdu riska pārvaldības plāns 2022.–2027. gadam. 2021. LVĢMC. Skatīts 09.11.2023. Pieejams https://videscentrs.lvgmc.lv/files/Udens/Udens_apsaimniekosana_plani_2021_2027/Lielupes_UBA/Lielupes%20UBA%20plana%20projekts%202022-2027.pdf
- Liepaja travel. S. a. Pludmale. Pieejams <https://liepaja.travel/darit-un-redzet/pludmale>
- Salacas upes baseina apsaimniekošanas plāns. Plāna projekts. 2006. Skatīts 10.11.2023. Pieejams https://www.meteo.lv/fs/CKFinderJava/userfiles/files/Vide/Udens/Ud_apsaimn/Papildus%20materiali/Projekts_Salaca%20UBAP%20gala%20versija.pdf
- VARAM. 2020. Baltijas jūras piekrastes apmeklējuma, tā radītās slodzes uz vidi un infrastruktūras izvērtējums pašvaldību teritoriālo vienību griezumā. 2. ziņojums. Skatīts 08.11.2023. Pieejams http://petijumi.mk.gov.lv/sites/default/files/file/2_zi%C5%86ojums_Piekrastes_p%C4%93t%C4%ABjums2020.pdf
- Valsts statistikas pārskata “2–Ūdens” elektroniskā datu bāze. 2021. Skatīts 09.11.2023. Pieejams http://parissrv.lvgmc.lv/public_reports
- Ventas upju baseinu apgabala apsaimniekošanas plāns un plūdu riska pārvaldības plāns 2022.–2027. gadam. 2021. LVĢMC. Skatīts 10.11.2023. Pieejams https://videscentrs.lvgmc.lv/files/Udens/Udens_apsaimniekosana_plani_2021_2027/Ventas_UBA/Ventas%20UBA%20plana%20projekts%202022-2027.pdf
- Ventas upju baseinu apgabala apsaimniekošanas plāns un plūdu riska pārvaldības plāns 2016.–2021. gadam. 2015. LVĢMC. Skatīts 10.11.2023. Pieejams https://www.meteo.lv/fs/CKFinderJava/userfiles/files/Vide/Udens/Ud_apsaimn/UBA%20

plani/Ventas_upju_baseinu_apgabala_apsaimniekosanas_plans_2016_-
2021_g_final.pdf