



LATVIJAS
HIDROEKOLOĢIJAS
INSTITŪTS

PĀRSKATS PAR PLUDMALES SMILŠU MIKRO UN MEZO PLASTMASAS PIESĀRŅOJUMA MONITORĒŠANĀ IZMANTOTO PARAUGU APSTRĀDES UN ANALĪZES METODĒM

Izpildītājs: Latvijas Hidroekoloģijas institūts

Finansējuma avots: **“Eiropas Savienības Eiropas
Jūrlietu un zivsaimniecības fonds”**

Projekts (Nr. 24-00-U1010801-000001)

**“Pētījumi zināšanu uzlabošanai par jūras vides
stāvokli integrētās jūrlietu politikas ieviešanai”,
iepirkuma identifikācijas numurs VARAM 2023/9**

Līguma Nr. IL/58/2024 (12.06.2024)

Rīga, 2024

Ievads.....	2
1. Paraugu ievākšanas vietas izvēle	3
2. Paraugu ievākšanas sezonālie aspekti	3
3. Paraugu ievākšanas metodes	5
4. Paraugu sagatavošanas un analīžu metožu apraksts	8
4.1. Paraugu priekšapstrāde.....	8
4.2. Smilšu granulometrijas sastāva noteikšana	9
4.3. Paraugu vizuālā analīze	11
4.4. Polimēra veida noteikšana.....	12
5. Kvalitātes nodrošināšana un kontrole	13
Izmantotās literatūras un avotu saraksts	15

IEVADS

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.

Jūras stratēģijas pamatdirektīvā (2008/56/EK), ko izstrādājusi Eiropas Savienība (ES), uzsvērts, ka jūras vides aizsardzība un, iespēju robežās, tās atjaunošana ir būtiska, lai sasniegtu galveno mērķi - saglabātu bioloģisko daudzveidību un nodrošinātu tīru un veselīgu jūras vidi, kas ir vērtīgs mantojums nākamajām paaudzēm. Šajā direktīvā viens no kvalitatīvajiem kritērijiem, kas raksturo vides stāvokli, paredz, ka jūras piesārņojums ar atkritumiem, to īpašībām un daudzumu nedrīkst kaitēt piekrastes un jūras ekosistēmām. Lai sekotu līdzi atkrituma piesārņojuma trendiem, nepieciešama efektīva uzraudzības un monitoringa sistēmu izveide ([Direktīva 2008/56/EK 2008](#)).

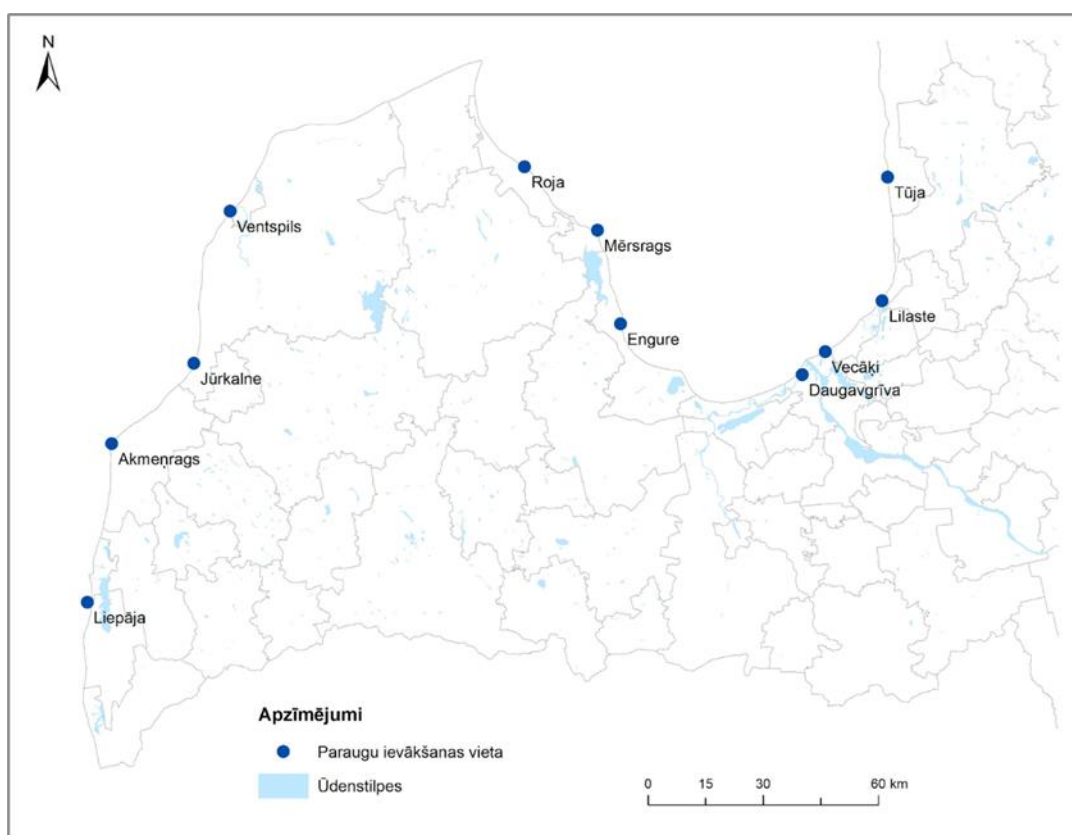
Smilšu paraugu ievākšana mezo- un mikropiedrazojuma piesārņojuma monitorēšanai ir sarežģīts process. Mikropiedrazojuma piesārņojuma pētījumi norāda, ka koncentrāciju pludmales smiltīs ietekmē antropogēnās aktivitātes, smilšu granulometriskais sastāvs, kā arī hidrodinamiskie apstākļi - viļņu enerģijas režīms kopā ar straumju cirkulāciju un saldūdens ieplūdes bilanci.

Šo faktoru dažādība nosaka nepieciešamību pēc elastīgas pieejas, izvēloties paraugu ņemšanas rīkus un analīzes metodes, pielāgojot tos konkrētajam pētījuma mērķim. Monitoringa veikšana ir būtiska, lai izprastu mikroplastmasas piesārņojuma apjoma un veida izmaiņas, nodrošinātu datu salīdzināmību un atbalstītu jūras vides aizsardzību atbilstoši ES Jūras stratēģijas pamatdirektīvā (2008/56/EK) noteiktajiem standartiem.

Turpmākajās sadaļās ir aprakstītas gan paraugu ievākšanas, gan apstrādes metodes, izmantojot iepriekš veiktu pētījumu rezultātus.

1. PARAUGU IEVĀKŠANAS VIETAS IZVĒLE

Lai nodrošinātu efektīvu paraugu ievākšanas procesu, kā galvenie kritēriji mikro-un mezoplastmasas piesārņojuma paraugu ievākšanai pludmalēs tiek noteikts pludmales smilšu granulometriskais sastāvs un pludmaļu pieejamība. Iepriekš veiktajā pētījumā kopā apsekojumi tika veikti 11 dažādās Latvijas piekrastes pludmalēs (1.1. Attēls). Izvēlētās vietas ir pamatotas arī ar to, ka aptver gan lielākās pilsētas, kur ir izteikta antropogēnā ietekme pludmalēs, gan arī iekļautas nomaļas, maz apmeklētas pludmales un tādas, kurām ir potenciāls attīstīt infrastruktūru un līdz ar to arī paaugstināt apmeklētāju skaitu laika gaitā. Tādējādi iegūtā informācija reprezentē gan pludmales, kuras apmeklē liels atpūtnieku skaits, gan mazāk apmeklētas pludmales.

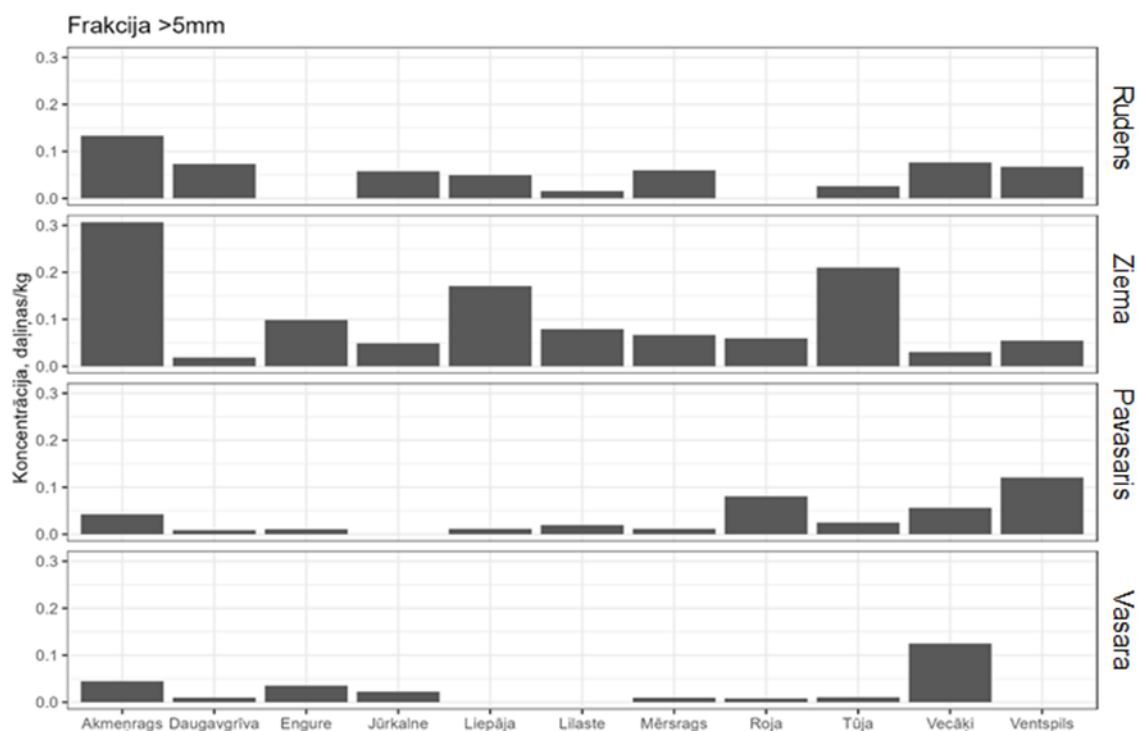


1.1. Attēls. *Mikroplastmasas paraugu ievākšanas vietas Latvijas pludmalēs* (Latvijas Hidroekoloģijas institūts, 2023)

2. PARAUGU IEVĀKŠANAS SEZONĀLIE ASPEKTI

Šobrīd ir relatīvi maz informācijas par to, cik daudz un kā sezonāli mainīgie dabīgie apstākļi (vējš, viļņi) un antropogēnās aktivitātes (atpūtnieki, pludmaļu sakopšanas darbi) ietekmē mikro- un mezopiedrazojuma apjomu un sastāvu pludmalēs. Mikro – un mezoplastmasas

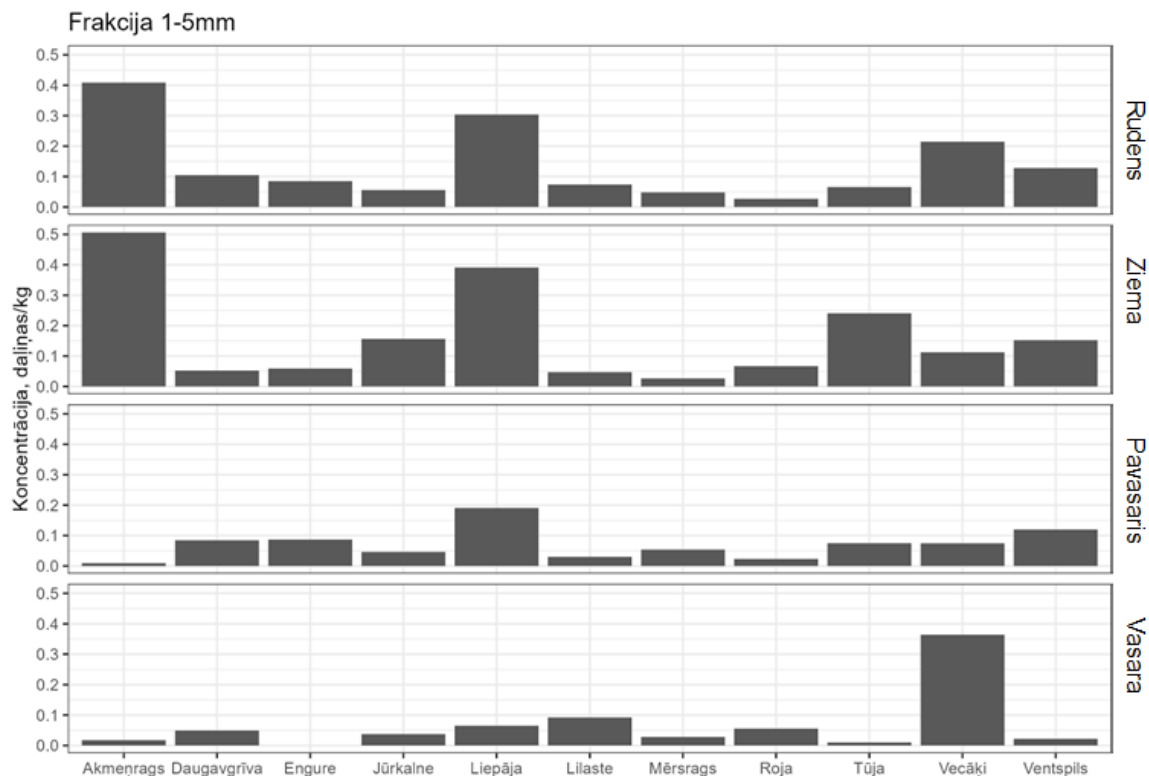
piesārņojuma sezonālo izmaiņu novērtēšanai Latvijas pludmaļu piekrastēs tika veikts pētījums laika posmā no 2022. gada 10. oktobra līdz 2023. gada 26. jūnijam ievācot paraugus četras reizes. Frakcijā > 5 mm vizuāli redzams, ka augstākas plastmasas daļiņu koncentrācijas novērojamas rudens un ziemas sezonā (2.1. Attēls). Visvairāk daļiņu reģistrētas tādās pludmalēs kā Akmeņrags, Liepāja, Tūja, vismazāk - Mērsragā, Rojā un Jūrkalnē.



2.1. Attēls. *Mezoplastmasas koncentrācija četrās sezonās 2023. gadā rudenī, ziemā, pavasarī un vasarā frakcijā > 5 mm*

Frakcijā 1 – 5 mm, tāpat kā frakcijā > 5 mm, augstākas plastmasas koncentrācijas novērojamas rudens un ziemas sezonās (2.2. Attēls).

Ņemot vērā mikropiedrozuma piesārņojuma sarežģītību un dinamisko raksturu, lai noteiktu piesārņojuma tendences, uzkrāršanās mehānismus, nav pietiekami balstīties tikai uz datiem, kas ievākti viena gada griezumā. Lai iegūtu statistiski ticamus datus un pamatotu ieskatu mikro- un mezoplastmasas piesārņojuma sezonālo izmaiņu dinamikā, rekomendējoši būtu veikt atkārtotus novērojumus.



2.2. Attēls. Mikroplastmasas koncentrācija četrās sezonās frakcijā 1 - 5 mm

3. PARAUGU IEVĀKŠANAS METODES

Tā kā Eiropas Savienībā šobrīd vēl nav vienotu prasību, standartu un vadlīniju mikro- un mezoplastmasas monitoringam pludmales smiltīs, tad arī paraugu ievākšanas un apstrādes metodes ir atšķirīgas. Visbiežāk Eiropā paraugi tiek ievākti kā 5 cm virsējais slānis, jo visvairāk mikroplastmasas ir konstatēts tieši augšējos smilts slāņos, taču var tikt ievākti arī līdz 10 cm dziļumam (Shroder et al. 2021; Gao et al. 2022).

Paraugu ievākšanai biežāk izmanto rāmja metodi un atkārtojumus ievāc izmantojot kvadrantus, literatūrā minēti dažādi izmēri – 25x25 cm, 50x50 cm, 100x100 cm (Gyrate et al. 2022). Alternatīvi paraugi ir ievākti ar smilts grābekli (*sand rake*) vai metāla riņķi (Heseler et al. 2020, Graca et al. 2017). Saskaņā ar Eiropas Jūras stratēģijas direktīvas laba vides stāvokļa darba grupas (WG-GES) izstrādātajām vadlīnijām par jūras atkritumu monitoringu, ir ieteicams ievākt paraugus divās izmēru grupās: 1–5 mm un 20 μm–1 mm (JRC Scientific and Policy Reports, 2013). Latvijā veiktajā pētījumā paraugi tika ievākti izmēru frakcijā sākot no 1 mm, kas ir piemērotākais variants Latvijas piekrastes pludmalēm, kurās dominē rupja vai ļoti rupja smilts, kas ievērojami sarežģī gan paraugu savākšanas procesu, gan to turpmāko apstrādi.

Paraugu ievākšanai visbiežāk izmantotā metode ir paraugu ievākšana 100 m garās transektēs, kas novietotas paralēli krasta līnijai (Besley et al. 2017). Lai nodrošinātu paraugu reprezentativitāti, Latvijas pētījumā paraugi tika iegūti no trim transektēm, kas izvietotas no



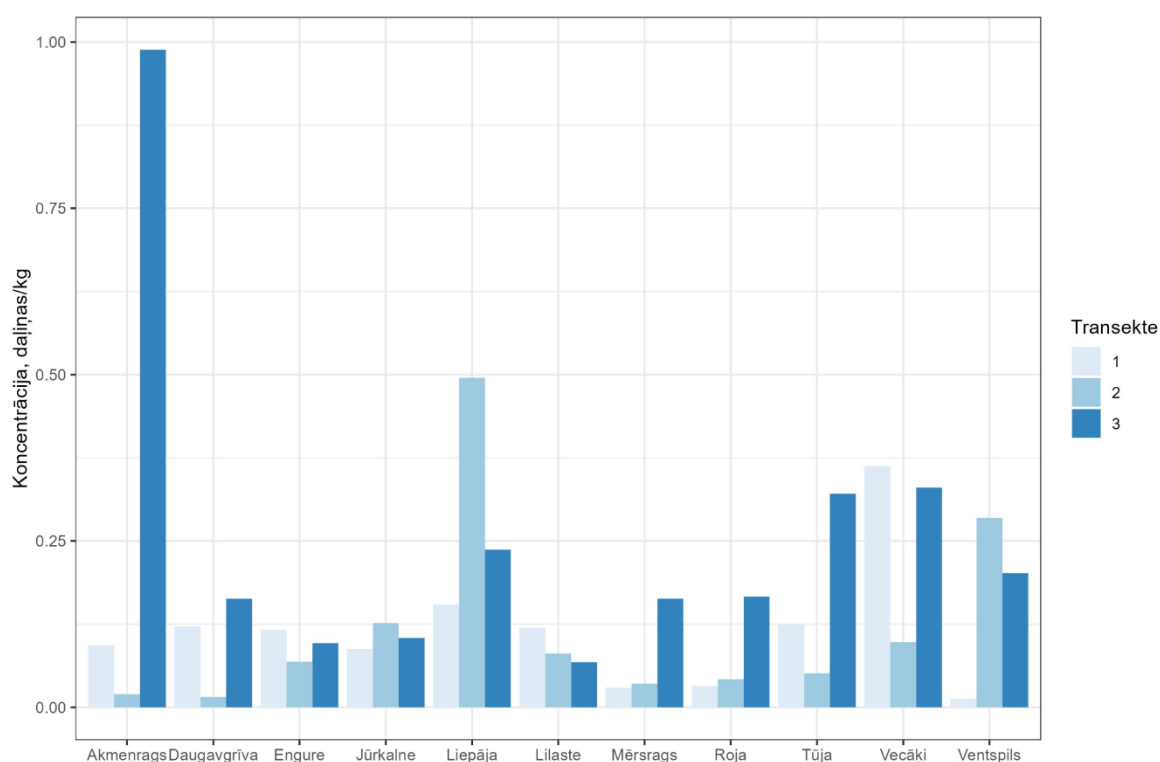
Papildus katrā pludmalē tiek ievākti arī smilšu paraugi no visām trim transektām, lai noteiktu

Ievēlētās smiltis tiek izsijātas cauri divu izmāru sietiem (ar izmārs 1 un 5 mm), izmantojot



Mikroplastmasas izkliede pludmales smiltīs ir nevienmērīga (**3.3. Attēls**), un to būtiski ietekmē

var pārvietot mikroplastmasu gar krasta līniju un dažādās pludmales zonās. Pludmalēs, kurās ir lielāka viļņu enerģija arī sagaidāms lielāks mikroplastmasas piesārņojums, jo notiek aktīvāka daļiņu kustība un fragmentēšana viļņu ietekmē. Turklāt vēja darbība var veicināt mikroplastmasas pārnēsāšanu no ūdens uz sauszemes, izkļiedējot daļiņas dažādās pludmales zonās. Svarīgs faktors ir arī pludmales morfoloģija, kas nosaka, cik viegli smiltis un tajās esošās daļiņas tiek pārvietotas, tostarp veģetācija pludmalē var darboties kā barjera, kur mikroplastmasas daļiņas uzkrājas un tiek aizturētas, tādējādi samazinot to pārvietošanos tālāk iekšzemē. Baltijas jūras atklātajā daļā ir lielāks mikroplastmasu daļiņu daudzums nekā līča daļā, kas saskan ar atšķirīgo viļņu aktivitāti šajās zonās (Dimante-Deimantovica et al. 2023) Salīdzinot mikroplastmasas koncentrācijas trīs transektēs katrā pludmalē, var secināt, ka trešajā transektē (vistuvāk veģetācijai) vairumā pludmaļu ir augstākās koncentrācijas, kas īpaši izceļas Akmeņragā ar 0,99 daļiņu/kg. Otrajā transektē, kas atrodas pludmales vidū, augstākās koncentrācijas tika novērotas Liepājā ar 0,50 daļiņām/kg. Savukārt pirmajā transektē, kas ir vistuvāk ūdenim, visaugstākā koncentrācija ir Vecāķos - 0,36 daļiņas/kg (3.3. Attēls).



3.3. Attēls. **Mikroplastmasas koncentrācija trīs transektēs vidēji četrās sezonās (transekšu apzīmējumi attēlā 3.1. Attēlā)**

Ņemot vērā lielo izkliedi starp transektēm un paraugošanas vietām, ieteicams saglabāt trīs transekšu pieeju arī turpmākos novērojumos.

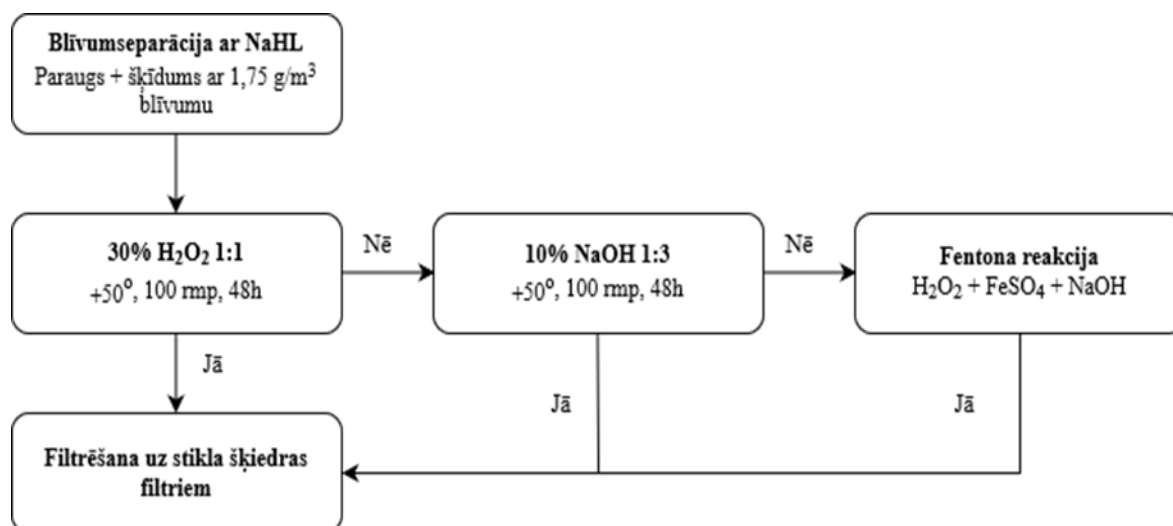
4. PARAUGU SAGATAVOŠANAS UN ANALĪŽU METOŽU APRAKSTS

4.1. PARAUGU PRIEKŠAPSTRĀDE

Lai attīrītu paraugus no organiskā materiāla, tiek izmantota secīga paraugu apstrādes shēma (4.1. Attēls), tai skaitā oksidatīvas un bāziskas reakcijas, pēc iespējas izvēloties īsāku apstrādes procesu. Sākotnējais apstrādes solis ir blīvumseparācija. Vispirms paraugs tiek ielikts 200 μm sietā, lai maksimāli atbrīvotos no liekā ūdens paraugā. Tad paraugs, kuram pievieno paaugstināta blīvuma šķīdumu NaHL (1.7-1.8 g/ml blīvumā), tiek pārnests uz vārglāzi. Paraugs tiek vienmērīgi maisīts ar karoti 30 sekundes, kam seko strauja virskārtas pārliešana citā vārglāzē. Darbība tiek atkārtota divas reizes.

Nākamajā posmā paraugiem pievieno 30% ūdeņraža peroksīdu (H_2O_2) attiecībā 1:1 un ievieto tos ūdens vannā $+50^\circ\text{C}$ temperatūrā uz 24 stundām, maisot ar 100 apgriezieniem minūtē. Pēc 24 h paraugi tiek filtrēti caur 200 μm metāla sietu un, lai pilnībā atbrīvotos no reaģenta, noskaloti ar filtrētu ultratīru ūdeni.

Pēc pirmajiem diviem apstrādes soļiem tiek vizuāli izvērtēts, vai paraugs ir attīrīts pietiekošā līmenī. Ja nepieciešama, tiek piemēroti papildus apstrādes soļi, no kuriem pirmais ir apstrāde ar nātrija hidroksīdu (NaOH). Ja paraugs ir attīrīts pietiekami, tas pēdējā apstrādes solī tiek izlaists cauri 500 μm sietam un nfiltrēts uz stikla šķiedras filtriem tālākai analīzei. Savukārt fentona reakcija tiek izmantota paraugiem, kuros pēc NaOH un H_2O_2 oksidatīvo metožu pielietošanas ir saglabājušās vizuāli nosakāmas organiskas izcelsmes daļiņas.



4.1. Attēls. Mikroplastmasas paraugu garākās apstrādes soļu shematiskais attēlojums

4.2. SMILŠU GRANULOMETRIJAS SASTĀVA NOTEIKŠANA

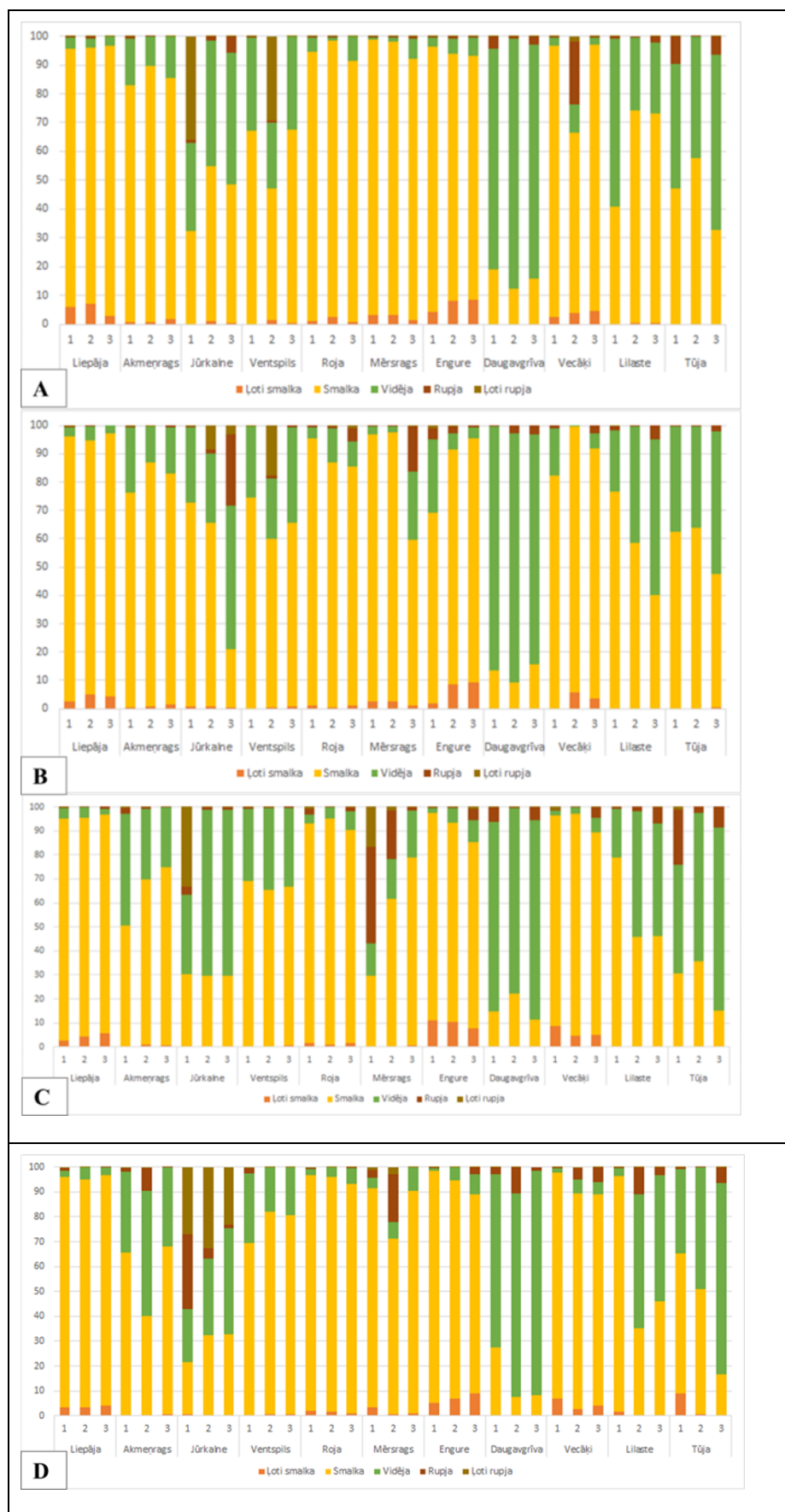
Granulometrijas sastāva analīze sniedz iespēju identificēt atšķirības starp pludmalēm, balstoties uz smilts un grants daļiņu izmēra sadalījumu. Iegūtā informācija par smilšu granulometrisko sastāvu ir noderīga mikropiedrazojuma analīžu interpretācijas laikā.

Smilšu daļiņu frakcijas tiek noteiktas izmantojot sauso sijāšanas metodi, piemēram, izmantojot sijātāju Retsch GmbH AS 200 (4.2. Attēls). Pirms sijāšanas paraugi tiek rūpīgi izžāvēti 200 ml trauciņos žāvskapī vai liofilizatorā. Analīzē tiek izmantoti astoņi sieti ar acs izmēriem no 0,063 mm līdz 2 mm. Iegūto datu apstrādē smilts daļiņas tika iedalītas piecās klasēs – ļoti smalka, smalka, vidēja, rupja un ļoti rupja smilts, balstoties uz Wentvorta (1922) klasifikāciju, kas ļauj noteikt šo frakciju procentuālo sadalījumu. Alternatīvi var izmantot arī slapjās sijāšanas metodi.



4.2. Attēls. Sijātājs Retsch GmbH AS 200 smilšu granulometriskā sastāva noteikšanai (Foto: LHEI)

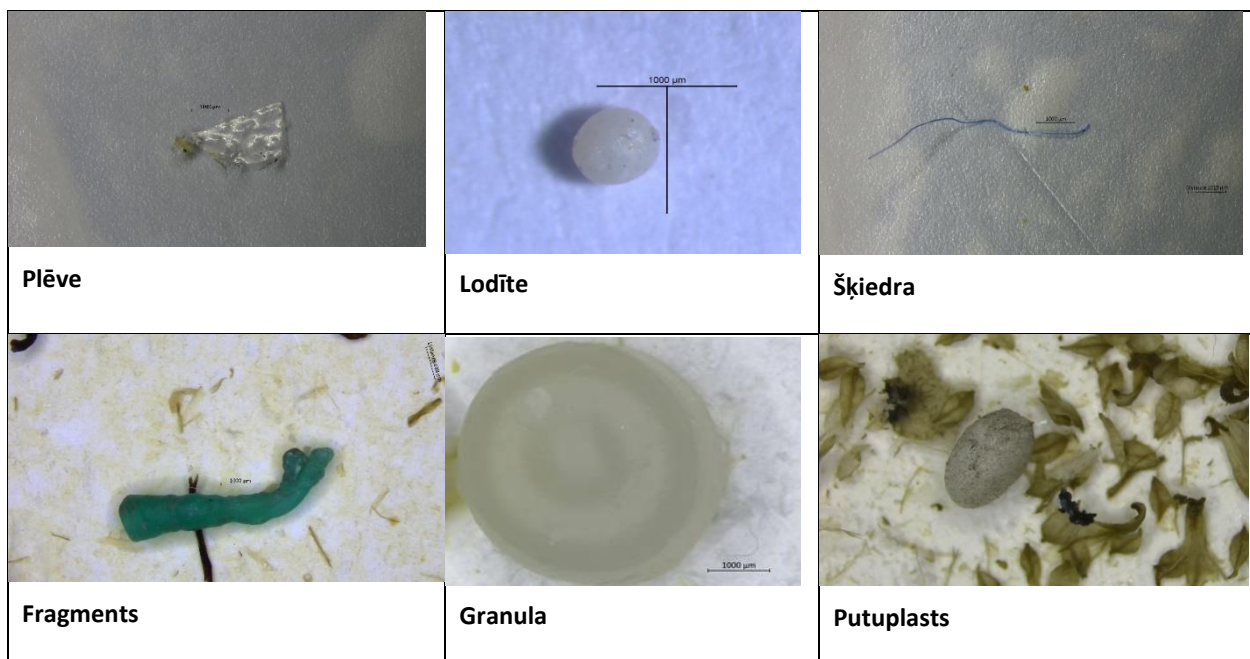
Veicot granulometrijas sastāva analīzi, var secināt, ka tas katrā pludmalē ir atšķirīgs un mainās ne tikai pa transektēm, bet arī starp sezonām (4.3. Attēls). Lai gan izmaiņas var būt nelielas, tās var ietekmēt mikroplastmasas koncentrāciju pludmalēs. Viens no piemēriem ir Jūrkalnes pludmale. Pirmajā 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 konstatētas ziemas sezonā, savukārt citās sezonās tās vai nu nebija sastopamas, vai arī to daudzums bija ļoti neliels.



4.3. Attēls. *Granulometrijas sastāva procentuālais sadalījums pludmalēs (A-rudenī, B-ziemā, C-pavasārī un D-vasarā) transektēs 1, 2, 3 (transektu apzīmējumi 2.2. Attēlā)*

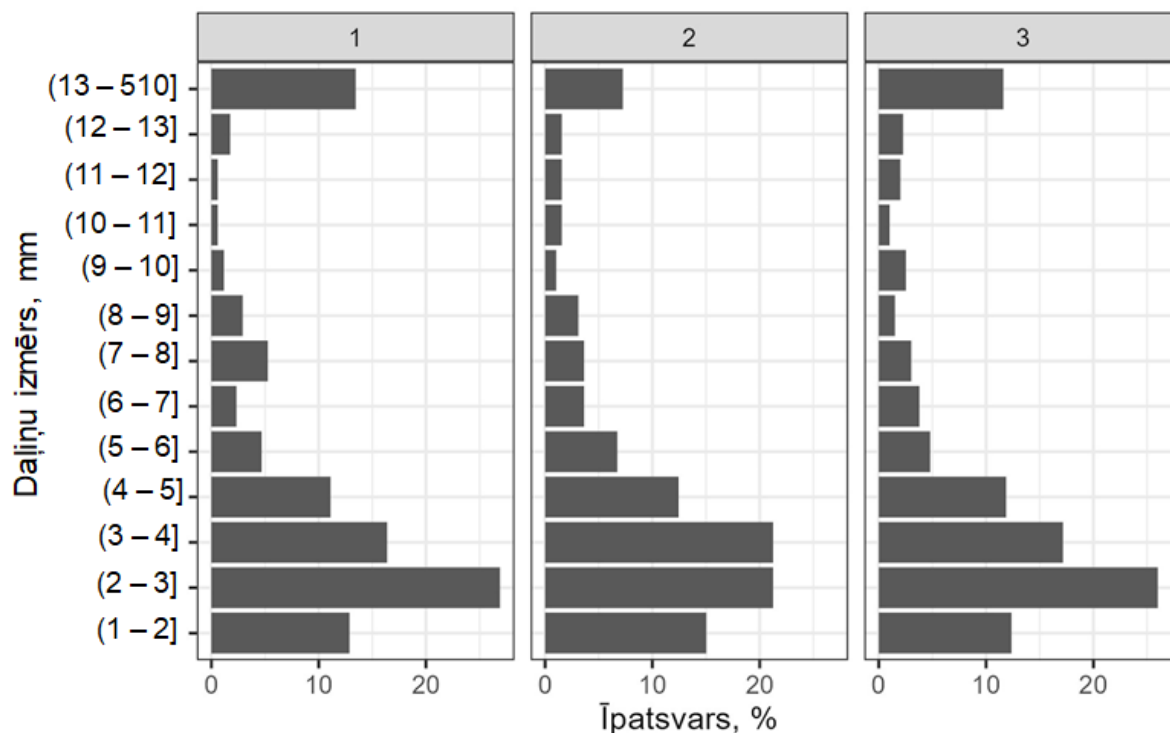
4.3. PARAUGU VIZUĀLĀ ANALĪZE

Pēc apstrādes paraugos tiek veikta daļiņu vizuālā analīze izmantojot mikroskopu (piemēram, ar ZEISS *SteREO Discovery. V8* aprīkots ar *Axiocam 208* krāsu kameru un programmatūru *Labscope v3.4*). Vizuāli tiek noteikta katras daļiņas krāsa un tās klasifikācija vienā no sešām kategorijām, kas izdalītas smilšu paraugiem (plēve, lodīte, šķiedra, fragments, granula un putuplasts) (4.4. Attēls).



4.4. Attēls. *Identificēto plastmasas daļiņu veidu piemēri smilšu paraugos (Foto: LHEI)*

Vizuālās apstrādes laikā tiek nomērītas arī katras daļiņas izmēri divās dimensijās – garākā ass un tai perpendikulāri garākā dimensija, tālāk iedalot daļiņas pēc to izmēra divās izmēra grupās: 1 – 5 mm un > 5 mm (4.5. Attēls). Visu novēroto daļiņu krāsa, izmērs un veids tiek reģistrēts datu izklājlapā.



4.5. Attēls. *Plastmasas daļiņu izmēra īpatsvars frakcijās 1 - 5 mm un > 5 mm paraugos, kas ievākti no transektēm 1, 2, 3 (transekšu apzīmējumi 2.2. Attēlā)*

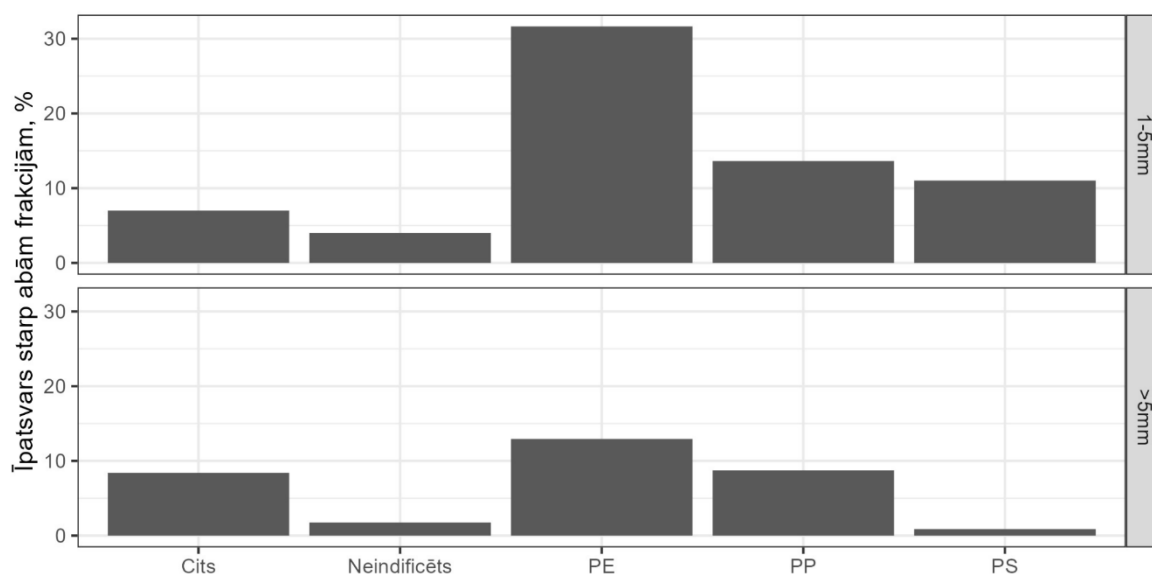
Iepriekšējā pētījuma rezultāti uzrādīja, ka visās transektēs dominē daļiņas frakcijā 1-5 mm. Izteikti vairāk šajā frakcijā tika konstatētas daļiņas izmēra grupā 2-3mm. Frakcijā >5 mm, daļiņas sastopamas daudz retāk, izņemot lielu procentuālo īpatsvaru veido daļiņas izmērā no 13-510 mm (4.5. Attēls). Pēc pārējām vizuāli nosakāmajām pazīmēm – krāsas un veida, paraugos abās izmēra frakcijās visvairāk sastopamas caurspīdīgas, melnas un baltas fragmentu un šķiedru daļiņas.

4.4. POLIMĒRA VEIDA NOTEIKŠANA

Vizuālās analīzes laikā šķiedrām, kuras nav piemērotas ķīmiskā sastāva noteikšanai, var tikt izmantota “karstās adatas” metode. Lai gan šī metode nenodrošina informāciju par polimēru tipu, tā ļauj noteikt, vai daļiņa ir dabiskas izcelsmes (sadeg karstuma ietekmē) vai sintētiska (sakūst karstuma ietekmē). Daļiņām, kuras ir piemērotas polimēra veida noteikšanai, tomēr būtu jāveic analīze izmantojot kādu no pieejamām metodēm. Mikroplastmasas daļiņu ķīmiskā sastāva analīzei tiek izmantotas vairākas metodes, no kurām visbiežāk pielietotā ir “Fourier transformācijas infrasarkanā spektroskopija” (FTIR). Alternatīvi polimēru identifikācijai laboratorijās izmanto arī Ramana spektroskopiju (Raman spectroscopy). Lai gan primāri šīs abas metodes ir izstrādātas citu veidu analīzēm, tās ir pielāgotas arī mikroplastmasas daļiņu izpētei. Mazāku daļiņu (parasti < 300 μm) analīzei tiek izmantota mikro-FTIR iekārta vai

nesenāk pieejamā LDIR ķīmiskās attēlveidošanas spektroskopija (LDIR Chemical Imaging Spectroscopy).

Latvijā veiktajā pētījumā tika pielietots Thermo Fisher Scientific Nicolet iS20 (FTIR) spektrometrs ar dimanta pamatni un Thermo Fisher Scientific OMNIC 9 programmatūru. Šajā pētījumā polimēra sastāvs tika noteikts tikai tām daļiņām, kuru izmērs pārsniedza 1 mm (4.6. Attēls). Lai identificētu polimēru sastāvu, daļiņa tika novietota uz instrumenta dimanta pamatnes un infrasarkanais spektrs tiek salīdzināts ar references spektriem, kas pieejami datu bāzēs, nosakot atbilstību un identificējot mikroplastmasas polimēra veidu. Spektru sakritība tiek uzskatīta par ticamu, ja tā pārsniedz 70% robežvērtību.



4.6. Attēls. *Plastmasas daļiņu polimēra veida īpatsvars frakcijās > 5 mm un 1 – 5 mm*

Dominējošie polimēru veidi frakcijā 1 – 5 mm ir polietilēns (PE) -31,64%, polipropilēns (PP) - 13,64% un polistirols (PS) -11,01%. Mazāk par 10% tika identificētas daļiņas kā cita veida polimēri (6,99%), bet neidentificētas bija 4,02%. Daļiņām izmēru frakcijā > 5 mm, tāpat kā mazākajā frakcijā, dominē PE (12,94%) un PP – (8,74%). Cita veida plastmasas polimēri veido 8,39%, PS tikai – 0,87% un neindificētie polimēri – 1,75%.

5. KVALITĀTES NODROŠINĀŠANA UN KONTROLE

Apstrādājot un analizējot mikroplastmasas paraugus ir būtiski izvairīties gan no to piesārņošanas, gan nejauša daļiņu zuduma. Lai nodrošinātu paraugu kvalitāti, ir nepieciešams veikt vairākus drošības pasākumus:

- pēc iespējas jāizvairās no sintētiska apģērba nēsāšanas, īpaši tāda, no kura viegli atdalās šķiedras, laboratorijā tiek rekomendēts nēsāt kokvilnas halātus;

- izmantoti metāla un stikla trauki, kas pirms lietošanas trīs reizes noskaloti ar filtrētu ultratīru ūdeni, pēc iespējas izvairoties no plastmasas priekšmetu lietošanas;
- visi priekšmeti, kas nonākuši saskarē ar paraugu, ir jānoskalo ar filtrētu ultratīru ūdeni atpakaļ paraugā, lai samazinātu iespējamo daļiņu zudumu;
- paraugu apstrāde būtu jāveic laminārās plūsmas skapī (kas izmanto filtrētu gaisu virsspiediena radīšanai), un laikā, kad paraugi netiek apstrādāti, tie jānosedz ar folijas loksni.

Lai noteiktu piesārņojumu, kas var rasties paraugu ievākšanas laikā, katrā paraugu ņemšanas vietā (transektē pie pirmā kvadranta parauga ievākšanas vietas) tiek ievākts arī “tukšais” paraugs (angļu valodā — *air blank sample*). Novietotā tukšā burka pēc paraugu ievākšanas tiek aizvērta un nogādāta laboratorijā, kur tā tiek izskalota un saturs nofiltrēts uz stikla šķiedras filtriem.

Laboratorijas fona piesārņojuma novērtēšanai papildus paraugiem tika apstrādāti seši “tukšie” paraugi jeb *lab blank sample* katrai sezonai. Paraugi tika apstrādāti tāpat kā smilšu paraugi, izvēloties garāko apstrādes soli kāds ir bijis attiecīgajā sezonā. Pēc apstrādes paraugi tika nofiltrēti uz stikla šķiedras filtriem.

Papildus šiem paraugiem tika novērtēts arī iespējamais daļiņu zudums, kas rodas paraugu apstrādes laikā. Tika izveidoti trīs kontroles paraugi, katrs no tiem veidoja 100 PS (polistirola) granulas ar diametru 2,5 mm. Granulas nav standartizētas, taču to vienveidīgā forma un izmērs, kas atbilst vides paraugu vidējam izmēram, ir piemērots, lai noskaidrotu, vai paraugu apstrādes laikā tiek zaudētas daļiņas. Kontroles paraugiem tika veikti tādi paši apstrādes soļi kā pludmales smilšu paraugiem.

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 granulas daļiņas pēc visiem apstrādes posmiem, to atgūstamība bija 100%.

Besley, A., Vijver, M. G., Behrens, P., & Bosker, T. (2017). A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. *Marine Pollution Bulletin*, 114(1), 77–83. doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2016.08.055

Dimante-Deimantovica, I., Bebrite, A., Skudra, M., Retike, I., Viška, M., Bikše, J., Barone, M., Prokopovica, A., Svipsta, S., & Aigars, J. (2023). The baseline for micro- and mesoplastic pollution in open Baltic Sea and Gulf of Riga beach. *Frontiers in Marine Science*, 10.

<https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1251068>

Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2008/56/EK (2008. gada 17. jūnijs), ar ko izveido sistēmu Kopienas rīcībai jūras vides politikas jomā (Jūras stratēģijas pamatdirektīva) (Dokuments attiecas uz EEZ).

Gao, Z., Wontor, K., Cizdziel, J. V., Lu, H. 2022. Distribution and characteristics of microplastics in beach sand near the outlet of major reservoir in north Mississippi, USA. *Microplastics and Nanoplastics*. 2:10. doi.org/10.1186/s43591-022-00029-z

Gyraite, G., Haseler, M., Balčiūnas, A., Sabaliauskaitė, V., Martin, G., Reialu, G., & Schernewski, G. (2022). A New Monitoring Strategy of Large Micro-, Meso- and Macro-Litter: A Case Study on Sandy Beaches of Baltic Lagoons and Estuaries. *Environmental Management*, 1–14. doi.org/10.1007/S00267-022-01755-Z/TABLES/4

Graca, B., Szewc, K., Zakrzewska, D., Dołęga, A., & Szczerbowska-Boruchowska, M. (2017). Sources and fate of microplastics in marine and beach sediments of the Southern Baltic Sea—a preliminary study. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(8), 7650–7661. doi.org/10.1007/S11356-017-8419-5/TABLES/3

Haseler, M., Balciunas, A., Hauk, R., Sabaliauskaite, V., Chubarenko, I., Ershova, A., & Schernewski, G. (2020). Marine Litter Pollution in Baltic Sea Beaches – Application of the Sand Rake Method. *Frontiers in Environmental Science*, 8, 238. doi.org/10.3389/FENVS.2020.599978/BIBTEX

JRC Scientific and policy reports (2013). Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas. A guidance document within the Common Implementation Strategy for the Marine Strategy Framework Directive. MSFD Technical Subgroup on Marine Litter. European Commission, Joint Research Centre, Luxembourg, 128 pp. doi:10.2788/99475

Liepaja travel. S. a. Pludmale. Pieejams <https://liepaja.travel/darit-un-redzet/pludmale>

Schroder, K., Kossel, E., Lenz, M. 2021. Microplastic abundance in beach sediments of the Kiel Fjord, Western Baltic Sea. *Environmental Science and Pollution Research*. 28, doi.org/26515-26528. doi.org/10.1007/s11356-020-12220-x

Wentworth (1922) grain size classification. Pieejams: <https://www.planetary.org/space-images/wentworth-1922-grain-size>