

Mikroplastmasas piesārņojuma izpēte notekūdeņos, to dūņās un ar dūņām mēsnotās augsnēs



Gala nodevums

saskaņā ar iepirkuma līguma nr. IL/35/2023

Decembris, 2023

Materiāls tapis ar Latvijas vides aizsardzības fonda atbalstu



LATVIJAS
HIDROEKOLOĢIJAS
INSTITŪTS



Latvijas
vides
aizsardzības
fonds

Pasūtītājs:

Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija

Reģ.Nr. 90000028508

Peldu iela 25

Rīga, LV-1494

Kontaktpersona: Laura Jukāme-Ķerus

laura.jukame-kerus@varam.gov.lv

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

Anda Prokopoviča, zinātniskā asistente

Atsaucei: Bebrīte, A., Dimante-Deimantoviča, I., Prokopoviča, A. 2023. Mikroplastmasas piesārņojuma izpēte notekūdeņos, to dūņās un ar dūņām mēsloātās augsnēs. Gala nodevums. Latvijas Hidroekoloģijas institūts, 38. lpp.

Saturs

Kopsavilkums.....	4
Summary	5
1. Pētījuma metodikas un darbu plāna izstrāde.....	6
1.1. Metodika pēc kādas izvēlētas paraugu ievākšanas vietas un laiki	6
1.2. Paraugu ievākšanas metodika.....	6
1.3. Paraugu apstrādes metodika	9
1.4. Paraugu analizēšanas metodika.....	12
1.5. Datu analīzes metodika	13
2. Paraugu ievākšanas apraksts.....	13
3. Ievāktu paraugu apstrāde un analīze.....	16
4. Rezultāti	16
Secinājumi.....	37
Izmantotās literatūras un avotu saraksts	38

Kopsavilkums

Pētījuma mērķis bija gūt priekšstatu par mikroplastmasas piesārņojumu notekūdeņos un notekūdeņu attīrīšanas iekārtu (NAI) pienesumu mikroplastmasas piesārņojumam dūņās un vidē kopumā. Pētījumam tika izvēlētas divas NAI (NAI 1 un NAI 2) pēc to reprezentētā cilvēku ekvivalenta – NAI 1, kas reprezentē cilvēku ekvivalentu virs 100 000 un NAI 2, kas reprezentē cilvēku ekvivalentu no 2000 līdz 10000. Paraugi tika ievākti 2023. gadā gan vasaras sezonā, kad novērojams karsts un sauss laiks (30. jūnijā NAI 1 un 13. jūlijā NAI 2), kā arī rudenī, kad raksturīgas lietusgāzes (3. oktobrī NAI 1 un 27. septembrī NAI 2). Paraugu reprezentativitātes izvērtēšanai tika ievākti notekūdeņu reālā laika paraugi un integrētie diennakts paraugi, kā arī tika ievākti dažādu dūņu paraugi – apstrādātas, neapstrādātas un slapjās dūņas.

Pētījuma laikā tika arī ievākti paraugi no lauksaimniecības zemēm, kur jau iepriekš ir izmantotas dūņas mēslojumam (pirms viena, trim vai pieciem gadiem), bet kā references paraugi tika izvēlētas ar dūņām neapstrādātas lauksaimniecības zemes, mežs, piemājas sakņu dārzs.

Kopā pētījumā laikā tika ievākti, apstrādāti un analizēti 61 notekūdeņu un aktīvo dūņu, 44 tukšie jeb laboratorijas fona, 19 lauka fona paraugi, kā arī 4 kontroles paraugi. No apstrādātam un neapstrādātām lauksaimniecības zemēm tika ievākti, apstrādāti un analizēti 54 augsnes, 6 laboratorijas fona, 6 lauka fona un 2 kontroles paraugi.

Pētījumā tika konstatēts, ka ir ievērojams mikroplastmasas daudzuma samazinājums starp ienākošajiem un izejošajiem notekūdeņiem, tas var sasniegt pat vairāk kā 90%. Mikroplastmasas daļiņas attīrīšanas procesā visdrīzāk uzkrājas dūņās, jo tur konstatēto daļiņu skaits sausajā masā vienā kilogramā sasniedza pat 203178,2 MP/kg. Vasarā konstatēts lielāks mikroplastmasas daļiņu skaits nekā rudenī, kad ir izteikts nokrišņu daudzums. Vidē nonākošo mikroplastmasas daļiņu skaits no dūņām ir diskutējams, jo arī ar dūņām nemēslotu augsņu piesārņojums ar mikroplastmasu var būt liels, to nosaka dažādu ietekmējošo faktoru kopums un vajadzīgi papildus pētījumi, lai izvērtētu ietekmi.

Summary

The aim of the study was to get an insight into microplastic pollution in wastewater and the contribution of wastewater treatment plants (WWTP) to microplastic pollution in sludge and the environment. Two WWTPs (WWTP 1 and WWTP 2) were chosen for the study according to the human equivalent represented by them - the WWTP 1, which represents a human equivalent of over 100,000 and the WWTP 2, which represents a human equivalent between 2,000 and 10,000. The samples were collected in 2023, both in the summer season when hot and dry weather can be observed (June 30 in the WWTP 1 and July 13 in the WWTP 2), as well as in autumn, when it rains (September 27 in the WWTP 2 and October 3 in the WWTP 1). Real-time samples and integrated 24h samples of wastewater were collected for the evaluation of the representativeness of samples, as well as samples of various sludge were collected, i.e. treated, untreated and wet sludge.

During the study, samples were also collected from farmland where sludge as fertiliser has been used (one, three or five years ago), as reference samples agricultural land untreated with sludge, forest soil and kitchen garden soil were selected.

A total of 61 wastewater and activated sludge, 44 blank or laboratory background, 19 field background samples and 4 control samples were collected, processed and analysed during the study. Same as 54 soil, 6 laboratory background, 6 field background and 2 control samples were collected, processed and analysed from treated and untreated land.

There was a noticeable reduction in the amount of microplastics between inlet and outlet of wastewater treatment plants, the reduction could reach as much as 90%. Microplastic particles are most likely accumulating in sludge during the treatment process, as the number of particles found there in the dry mass per kilogram reached as high as 203178.2 MP/kg. In summer more microplastic particles were found compared to autumn, when rainfall is present. The number of microplastic particles from sludge entering the environment is debatable as microplastics concentration may also be high in soils not fertilized with sludge. A combination of different factors must be considered and more studies are needed to assess the impact of sludge used for soil fertilization.

1. Pētījuma metodikas un darbu plāna izstrāde

1.1. Metodika pēc kādas izvēlētas paraugu ievākšanas vietas un laiki

Lai gūtu vispārēju priekšstatu par notekūdeņu attīrīšanas iekārtu (NAI) pienesumu mikroplastmasas piesārņojumam dūņās un vidē kopumā, tika izvēlētas divas NAI no kurām viena bija izteikti liela pēc caurplūstošo notekūdeņu un slapjo notekūdeņu dūņu daudzuma un reprezentē cilvēku ekvivalentu virs 100000 (NAI 1), bet otra uzskatāma par izteikti mazu pēc šiem parametriem un cilvēku ekvivalenta (no 2000 līdz 10000) (NAI 2).

Lai konstatētu stipra, ilgstoša lietus ietekmi uz mikroplastmasa piesārņojuma koncentrāciju un citiem raksturojošiem parametriem (polimēra veids, izmērs, forma), tika nolemts paraugus ievākt karstajā, sausajā laikā - vasarā, kā arī rudenī, kad raksturīgas lietusgāzes.

Lai izvērtētu paraugu reprezentativitāti, tie tika ievākti gan kā reālā laika paraugi, gan kā integrēti diennakti reprezentējoši paraugi.

Izvēlētas paraugu ievākšanas vietas – ar dūņām apstrādātas lauksaimniecības teritorijas

Paraugi tika ievākti lauksaimniecības zemēs ar atšķirīgos laika posmos uzliktām dūņām no attīrīšanas iekārtām. Pētījumu veicot, tā sākotnējā izstrādes stadijā sarunās ar NAI tika konstatēts, ka lauksaimniecībā dūņu izmantošana nenotiek gana aktīvi un tam ir finansiāla rakstura iemesli (nepieciešams liels apjoms dūņu, lai iegūtu mēslojumam nepieciešamo 1 kg slāpekli, tāpēc nereti priekšroka tiek dota mākslīgajam mēslojumam). Ar dūņām apstrādātu lauksaimniecības augšņu paraugi tika ievākti Ventspils novada, Tārgales pagastā no zemēm, kas ar dūņām apstrādātas pirms viena, trim un pieciem gadiem.

Izvēlētas paraugu ievākšanas vietas – ar dūņām neapstrādātas teritorijas

Kā references paraugu atrašanās vieta tika izvēlēta saimniecība Vidzemē, Lizumā, kur paraugi tika ievākti divos biotopos – piemājas sakņu dārzā un mežā, kas nav apstrādāti ar dūņām. Savukārt paraugi no lauksaimniecības zemēm, kuras nav apstrādātas ar dūņām, tika ievākti Limbažu novadā, Staiceļē. LHEI kā projekta izstrādātājs vienojās par paraugu ievākšanu ar saimniecības īpašniekiem.

1.2. Paraugu ievākšanas metodika

Tā kā šobrīd Starptautiskā Standartizācijas organizācija (*International Organization for Standardization – ISO*) vēl nav izstrādājusi standartus attiecībā uz mikroplastmasas piesārņojuma notekūdeņos un dūņās paraugu ievākšanu, apstrādi un analīzi, tad metodika izveidota, balstoties uz eksistējošajām zinātniskajām publikācijām un esošajām zināšanām (piemēram, Uoginte et al., 2022; Edo et al., 2020; Gatidou et al., 2018).

Ievācamo paraugu plāns ietver paraugus no NAI ienākošajiem un izejošajiem notekūdeņiem, dūņām vasaras un rudens sezonās, kā arī paraugus no lauksaimniecības zemēm, kas ir apstrādātas ar dūņām un references vides matricām, kas nav apstrādātas ar dūņām. Paraugu ievākšanas plāns paredzēja arī atkārtojumu un tukšo fona piesārņojuma paraugu ievākšanu, lai nodrošinātu kvalitātes kontroli. Visus paraugus ievācot tika ievēroti sekojoši principi - paraugu ievākšana pēc iespējas notiek ar metāla, stikla vai teflona instrumentiem. Notekūdeņu un dūņu paraugi tika ievietoti iepriekš sagatavotās (muflējot 500°C) stikla burkās, augsnes paraugs tiek saglabāts metāla spainos. Pēc parauga ievākšanas paraugi tika nosegti. Visi izmantotie instrumenti, pirms un starp paraugu ievākšanas tika skaloti ar filtrētu ūdeni. Ievācot paraugus NAI, tika ievērotas higiēnas un drošības prasības (lietojot sejas aizsargmaskas, cimdus, halātus), kā arī LHEI darbinieki sekoja NAI darbinieku norādījumiem.

Paraugu ievākšana NAI (notekūdeņi un dūņas)

Paraugu ievākšanas aprīkojuma komplekts uz NAI:

- Stikla burkas (nosegtas ar foliju un metāla vāku);
- Liela un maza metāla karote, pincete;
- Teflona strūklene;
- Filtrēts MiliQ ūdens stikla pudelēs;
- 200 μm nerūsējošā tērauda siets;
- Metāla piltuve;
- 2l stikla vārglāzes;
- Metāla spainis;
- Papīra salvetes.

Dūņas:

- Ar metāla karoti ievāc neapstrādātas dūņas stikla burkā (aptuveni 150 - 200 ml) no NAI darbinieka norādītās vietas. Parauga ievākšanas laikā tiek atvērta tukša fona piesārņojuma parauga stikla burka;
- Tādas pašas darbības atkārto ar apstrādātām (metāntenkos - mezofīla anaeroba notekūdeņu dūņu pārstrāde) dūņām.

Notekūdeņi:

- Ievāc paraugus no vietas, kur notekūdeņi ienāk NAI. Pirms uzsāk paraugu ievākšanu, tiek atvērta tukša stikla burka fona piesārņojuma noteikšanai. Ar metāla trauku tiek

iesmelti notekūdeņi. Pēc tam ūdens, ar piltuves palīdzību, tiek filtrēts caur 200 µm sietu. Darbību atkārto, lai kopā vienam paraugam tiktu izfiltrēti 15l;

- Augstākminētās darbības veic vēl divas reizes, lai kopā no ienākošajiem ūdeņiem iegūtu trīs atkārtojuma paraugus;
- Pēc tāda paša principa ievāc izejošos NAI notekūdeņus.

Diennakts notekūdeņi:

- Diennakts ienākošos un izejošos paraugus ievāc NAI darbinieki, ko pēc tam ieļej iepriekš sagatavotās 3l alumīnija pudelēs, lai nodotu LHEI darbiniekiem. Paraugi reprezentē 24h ienākošos un izejošos notekūdeņus.

Visus paraugus nogādā uz LHEI laboratoriju, lai varētu uzsākt to apstrādi.

Ar dūņām neapstrādātu un apstrādātu augšņu paraugu ievākšana

Paraugu ievākšanas aprīkojuma komplekts:

- Stikla burkas (nosegtas ar foliju un metāla vāku);
- Liela un maza metāla karote, pincete;
- Teflona strūklene;
- Filtrēts MiliQ ūdens stikla pudelēs vai 100 µm tīkls ūdens filtrēšanai uz vietas;
- Dažāda izmēra nerūsējošā tērauda sieti (5 mm, 1 mm, 200 µm);
- Lāpsta un nelielas metāla lāpstiņas;
- Metāla spainis;
- Metāla rāmji 50x50 cm.

Paraugus ievāc veicot 3 atkārtojumus 3 dažādos dziļumos. Augsnes parauga ievākšanas dziļums ar dūņām apstrādātā teritorijā atkarīgs no lauksaimniecības zemju apstrādes veida. Pirmais augšņu paraugs ir 5 cm augšņu virskārtas. Otrais sakrīt ar augšņu apstrādes dziļumu (ja tas ir zināms, konstatējams), trešais ir 5 cm zem augšņu apstrādes dziļuma. Ievācamais augšņu parauga tilpums ir 10 – 12l, kuru pēc ievākšanas izber no spaiņa un sajauc. Tālākai apstrādei laboratorijā tiek paņemts mazāks paraugs, ko ievieto 0,5l iepriekš sagatavotā burkā. Ievākšana no 50 cm² liela parauglaukuma. Paralēli tiek ievākti 3 tukšie fona piesārņojuma paraugi. Pēc tāda paša principa ievāc arī paraugus no vides matricām, kas nav apstrādātas ar dūņām.

1.3. Paraugu apstrādes metodika

Dūņu paraugu apstrāde

Pirms uzsāk dūņu paraugu apstrādi, no katra parauga 100 ml vārglāzē ieliek aptuveni 2 tējkarotes dūņu, kuras tiek ievietotas žāvskapī žāvēties, lai pēc tam varētu noteikt dūņu sauso masu.

Visiem paraugiem pirmais apstrādes solis ir obligāti nepieciešams (ne tikai, lai attīrītu paraugu, bet arī, lai padarītu nekaitīgu iespējamo patogēnu klātbūtni), pārējos izvēlas atbilstoši attiecīgajam paraugam.

1. 30 % ūdeņraža peroksīds, attiecībā 1:1;
2. Liofilizēšana;
3. Apstrāde ar 10% NaOH attiecībā 1:3;
4. Blīvumseparācija (paraugiem, kuriem nepieciešama attīrīšana no neorganiskām un dabiskas izcelsmes daļiņām (piemēram, smiltīm);
5. Enzimātiskās reakcijas;
6. Fentona reakcija.

Paraugu apstrādes gaita: no stikla burkas paraugs tiek ievietots iepriekš sagatavotā 800ml augstajā vārglāzē, vārglāzi nomarkē. Paraugam pievieno 30% peroksīdu attiecībā 1:1. Sākumā peroksīdu pievieno mazā daudzumā, jo pastāv iespēja, ka paraugs var ātri reaģēt un sākt putot. Pēc tam pievieno visu atlikušo daudzumu. Paraugus liek ūdens vannā 48h 50°C 100 rpm. Pēc tam paraugu nofiltrē caur 200 μm sietu un noskalo ar filtrētu destilētu ūdeni, saglabā nomarkētā vārglāzē. Paraugi tiek sasaldēti, liofilizēti un homogenizēti.

Paraugam pievieno 10% NaOH attiecībā 1:3. Paraugus liek ūdens vannā 48h 50°C 100 rpm. Pēc tam paraugu nofiltrē caur 200 μm sietu un noskalo ar filtrētu destilētu ūdeni un saglabā nomarkētā vārglāzē.

Paraugu no vārglāzes pārnes uz 100 ml vai lielāka tilpuma dalāmo piltuvi, izmantojot nātrija politungstāta šķīdumu ($\text{Na}_6[\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}]$), blīvums 1,75 g/cm³) un piepildot dalāmo piltuvi līdz ~75 ml (vai lielākai) atzīmei. Pēc tam piecas minūtes veic manuālu aerāciju. Procesam beidzoties, noņem piltuves aizbāzni (korķi) un, izmantojot šļirci, noskalo daļiņas, kas palikušas uz piltuves aizbāžņa un maliņām. Dalāmo piltuvi nosedz ar foliju un atstāj nostāties ne mazāk kā uz 12h. Pēc tam veic parauga ekstrahēšanu, parauga apakšējo slāni atdala (citā vārglāzē), bet augšējo slāni nofiltrē caur 200 μm metāla sietu un ar filtrētu miliQ ūdeni kārtīgi izskalo dalāmo piltuvi. Atkārto šo darbību ar nodalīto apakšējo parauga daļu vēl vienu reizi.

Enzimātiskās reakcijas: paraugam pievieno 300 ml TRIS bufera (ar pH vērtību 8,2), 1 ml alkalāzi, 0,5 ml proteāzi. Paraugu ievieto ūdens vannā 48h 50°C 100 rpm. Pēc tam paraugu nofiltrē caur 200 µm sietu un saglabā vārglāzē.

Paraugam pievieno 300 ml acetāta buferšķīdumu (ar pH vērtību 4,8), 0,5 ml celulāzes enzīmu un 0,5 ml viskozīmu. Paraugu ievieto ūdens vannā 48h 50°C 100 rpm. Pēc tam paraugu nofiltrē caur 200 µm sietu un filtrē uz stikla šķiedras (GF) filtru, ja tas ir gatavs analīzei.

Paraugam var tikt izmantoti arī citi enzīmi līdzās augstāk norādītajiem. Enzīmus izvēlas vadoties pēc parauga izskata un iespējamā sastāva, piemēram, izteikti taukainu paraugu gadījumā ieteicams izmantot lipāzi.

Fentona reakcijai tiek izmantots 50% H₂O₂, 0,1M NaOH un 0,1 M dzelzs (II) sulfātu (FeSO₄). Paraugiem pievieno milli Q ūdeni līdz 200 ml atzīmei un atdzesē līdz to šķīduma temperatūra ir intervālā no +15°C līdz +20°C, kontrolei izmanto termometru. Pēc nepieciešamās temperatūras sasniegšanas paraugus ievieto velkmes skapī, tiem pievieno 145 ml 50 % H₂O₂, 65 ml 0,1 M NaOH un pakāpeniski pievieno 62 ml FeSO₄. Lai kontrolētu reaģenta temperatūru un saglabātu to intervālā no +20°C līdz +30°C, tie pēc nepieciešamības tiek ievietoti vai izņemti no ledus ūdens vannas. Kad temperatūra stabilizējusies, reakcijas norises turpināšanai paraugus atstāj istabas temperatūrā uz diennakti. Pēc paraugu apstrādes paraugu nofiltrē caur 200 µm sietu uz GF filtriem tālākai paraugu analīzei.

Paraugu apstrādes laikā paralēli apstrādā arī laboratorijas fona piesārņojuma paraugus, kuri tiek secīgi apstrādāti tāpat kā dūņu paraugi (piemērojot garāko apstrādes soļu skaitu). Savukārt paraugu ievāšanas lauku fona paraugi tiek bez apstrādes filtrēti uz GF filtriem, lai konstatētu paraugu ievākšanas brīdī esošo apkārtējās vides piesārņojumu.

Ūdens paraugu apstrāde

Visiem paraugiem pirmais apstrādes solis ir obligāti nepieciešams, pārējos izvēlas atbilstoši attiecīgajam paraugam.

1. 30 % ūdeņraža peroksīds, attiecībā 1:1;
2. Apstrāde ar 10% NaOH attiecībā 1:3;
3. Blīvumseparācija (paraugiem, kuriem nepieciešama attīrīšana no neorganiskām un dabiskas izcelsmes daļiņām (piemēram, smiltīm));
4. Enzimātiskās reakcijas;
5. Fentona reakcija.

Ūdens paraugu apstrādes soļu aprakstu skatīt sadaļā par dūņu paraugu apstrādi.

Augsnes paraugu apstrāde

MP daļiņu noteikšanai augsnēs (gan apstrādātā, gan neapstrādātā) tika izmantoti 100 ml slapjas augsnes. Pirms apstrādes augsne ievietota siltuma kamerā un izžāvēta, pēc tam nosvērta atkārtoti, lai noteiktu augsnes sauso masu. Augsnes paraugu apstrādei tiek izmantoti tādi darba soļi, kā notekūdeņu un dūņu apstrādē, taču, lai atvieglotu paraugu apstrādi, tie tiek veikti jauktā secībā un papildināti ar parauga frakcionēšanu.

Lai atdalītu augsnes paraugus no liela izmēra akmeņiem un augu daļiņām, kas traucē blīvuma atdalīšanas veikšanai, paraugs tika frakcionēts, izberžot to caur 300 µm sietu. Parauga daļa, kas palika uz sieta, tika ieskalota (ar filtrētu miliQ ūdeni) jaunā vārglāzē un aplieta ar 30% H₂O₂ attiecībā 1:1. Peroksīdu pievieno pa daļām, jo paraugs var strauji reaģēt un sākt putot. Kad paraugs beidzis putot to ievieto ūdens vannā 48h 50°C 100 rpm. Parauga daļu, kas izgājusi caur sietu, homogenizē un saglabā līdz pabeigta peroksīda apstrāde lielākajai parauga frakcijai. Parauga daļu, kurai tika pievienots peroksīds, noskalo caur 200 µm sietu. Izmantojot nātrija politungstāta šķīdumu (Na₆[H₂W₁₂O₄₀), blīvums 1,75 g/cm³) ar stikla šļirci paraugu ieskalo viena litra dalāmajā piltuvē un pēc tam pievieno arī parauga mazāko homogenizēto daļu. Piepilda dalāmo piltuvi līdz ~75%. Pēc tam piecas minūtes veic manuālu aerāciju. Procesam beidzoties, noņem piltuves aizbāzni (korķi) un, izmantojot šļirci, noskalo daļiņas, kas palikušas uz piltuves aizbāžņa un maliņām. Dalāmo piltuvi nosedz ar foliju un atstāj nostāties vizsmaz uz 12h. Pēc tam veic parauga ekstrahēšanu – apakšējo slāni atdala (citā vārglāzē), bet augšējo slāni nofiltrē caur 200 µm metāla sietu un ar filtrētu miliQ ūdeni kārtīgi izskalo dalāmo piltuvi. No sieta ar miliQ ūdeni paraugu ieskalo vārglāzē un saglabā. Atkārti šo darbību ar nodalīto apakšējo parauga daļu vēl vienu reizi.

Kad veiktas divas atdalīšanas pēc blīvuma, paraugam atkārtoti pievieno 30% H₂O₂ attiecībā 1:1 un ievieto ūdens vannā uz 48h 50°C 100 rpm. Pēc tam caur 200 µm sietu noskalo peroksīda šķīdumu un izvērtē parauga tīrību. Ja paraugs pietiekami attīrīts no organiskajām daļiņām to filtrē GF filtriem. Ja paraugā daudz organisko daļiņu, to no sieta ar miliQ ieskalo atpakaļ vārglāzē un pievieno 10% NaOH šķīdumu, liek ūdens vannā uz 48h 50°C 100 rpm. Pēc 48h paraugu noskalo no reakcijas šķīduma caur 200 µm sietu un izvērtē tā tīrību. Ja nepieciešams, turpina parauga apstrādi ar fentona reakciju (skatīt augstāk sadaļā - dūņu paraugu apstrāde). Pēc fentona reakcijas, caur 200 µm sietu noskalo reakcijas šķīdumu, paraugu ar miliQ ieskalo atpakaļ vārglāzē un tad filtrē uz GF filtra.

Augsnes paraugu virskārtas apstrāde

Ievācot augsnes paraugus tika konstatēts, ka uz paraugu ievākšanas kvadrantiem ir augu daļas un cita organiskā materiāla slānis. Tas pirms augsnes parauga ievākšanas tika novākts un saglabāts stikla traukos un nogādāts apstrādei.

Augsnes parauga virskārtas daļa tika aplieta ar 30% H₂O₂ un noturētas 1h, lai atdalītu salīpušas augsnes un cita veida daļiņas. Pēc tam paraugs filtrēts caur 5 mm, 2 mm un 200 μm sietiem. Augu daļas, kas palikušas uz 5 mm un 2 mm izmēra sietiem tiek kārtīgi skalotas ar miliQ, lai atbrīvotu tās no augsnes un citām daļiņām. Parauga daļa, kas palikusi uz 200 μm sieta tiek rūpīgi noskalota no peroksīda šķīduma un ar nātrija politungstāta šķīdumu šķīdumu ieskalota dalāmajā piluvē (500 ml) un veiktas divas blīvuma atdalīšanas, kā aprakstīts augsnes paraugu apstrādes sadaļā. Pēc tam veikta atkārtota apstrāde ar 30% H₂O₂ un pēc nepieciešamības ar 10% NaOH, lai attīrītu no organiskajām daļiņām. Kad paraugs pietiekami attīrīts, tas tiek filtrēts uz GF filtriem.

1.4. Paraugu analizēšanas metodika

Daļiņu vizuālā identifikācija tiek veikta izmantojot ZEISS Stereo Discovery V8 binokulāru, kas aprīkots ar Axiocam 208 color kameru un Labscope 3.4 programmatūru vai Leica DM400 B LED mikroskopu, kas aprīkots ar kameru DFC 295 un programmatūru Leica Application Suite V4.1.

Visas potenciālās plastmasas daļiņas uz GF filtriem tiek saskaitītas, noteikta to krāsa, daļiņas veids, izmērs. Daļiņu izmērs tiek noteikts, izmērot katras daļiņas garumu (garāko izmēru) un platumu (garāko perpendikulāro garuma izmēru). Plastmasas daļiņas pēc tam tiek grupētas izmēru klasēs (1. tab.). Attiecībā uz daļiņu krāsu, tās tiek klasificētas kā caurspīdīgas, melnas, baltas, zilas, sarkanas, rozā, violetas, zaļas, pelēkas, oranžas, dzeltenas, brūnas vai daudzkrāsainas. Visas potenciālās plastmasas daļiņas, kuru izmērs ir gana liels manuālai izlasīšanai, tiek noņemtas no GF filtriem un ievietotas viālu platēs, lai veiktu ķīmiskās analīzes ar mērķi noteikt polimēra veidu.

1.Tabula
Mikroplastmasas daļiņu izmēra klases.

Izmēru klase	Izmērs
Mazā mikroplastmasa	≥ 0.3 līdz ≤ 1 mm
Lielā mikroplastmasa	> 1 līdz ≤ 5 mm
Mazā mezoplastmasa	>5 līdz ≤ 10 mm
Lielā mezoplastmasa	>10 līdz ≤ 20 mm
Makroplastmasa	>20 mm

Plastmasas daļiņu ķīmiskā analīze tiek veikta ar novājinātās kopējās refleksijas Furjē transformācijas infrasarkanā (ATR-FTIR) spektroskopijas metodi, izmantojot Thermo Fisher Scientific Nicolet iS20 spektrometru un OMNIC programmatūru. Daļiņas no GF filtriem manuāli, pa vienai tiek novietotas uz dimanta kristāla un skenētas ar izšķirtspēju 4 cm^{-1} un IR diapazonu $4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$. Iegūtie spektri tiek automātiski salīdzināti ar atsauces spektriem no 30 spektru bibliotēkām. Spektru bibliotēkas satur vairāk nekā 15 000 spektru no sintētiskiem un dabīgiem materiāliem un savienojumiem. Ja spektru saderība ir lielāka par 70% atbilstība tiek uzskatīts par ticamu, taču visām spektru saderībām jābūt operatora izvērtētām un apstiprinātām. Ja sakritība ir mazāka par 80%, bet augstāka par 60% manuāli jāizvērtē spektra definatīvo pīķu sakritība ar spektru bibliotēku augstāko piedāvāto sakritību. Ja sakritība ir mazāka par 60%, tiek uzskatīts ka sakritības nav.

Dabas materiāli nereti vizuāli līdzinās plastmasas daļiņām īpaši šķiedrām. Tā kā šķiedru ķīmisko sastāvu lielākajā daļā gadījumu noteikt ir neiespējami, to mazā izmēra (platuma) dēļ, tiek izmantota karstās adatas metode (Ruggero *et al.* 2020). Katrā parauga GF filtrā, pēc daļiņu uzskaites un morfoloģisko pazīmju noteikšanas, randomizēti tiek izvēlētas 20 šķiedras, kurām pieskaras ar sakarsētu adatu un novēro izmaiņas. Ja šķiedra sakūst, tad tā tiek uzskatīta par plastmasas materiālu, ja tā sadeg (veidojas pelni), tā tiek uzskatīta par dabīgu materiālu. Pēc visu parauga filtru vizuālās analīzes, tiek aprēķināti procenti cik šķiedru ir no dabīgajiem materiāliem. Pēc tam šos procentus atņem no kopēja parauga šķiedru skaita.

1.5. Datu analīzes metodika

Ievācot datus ievērots princips - vismaz trīs atkārtojumu skaits katrā atsevišķā datu kopā, lai nodrošinātu ticamu datu kvalitāti. Analizējot rezultātus tiks izmantotas vidējās vērtības un analizēta iegūto rezultātu izkliede attiecībā pret vidējo aritmētisko vērtību.

2. Paraugu ievākšanas apraksts

Paraugu ievākšana no notekūdeņu attīrīšanas iekārtu (NAI) notekūdeņu ieplūdes, izplūdes un dūņām

Vasarā NAI 2 ievākti trīs neattīrītu un seši attīrītu (pirms un pēc biodīķiem) notekūdeņu reālā laika paraugi, trīs nenostādinātu un trīs nostādinātu notekūdeņu aktīvo dūņu paraugi (2. tabula.). NAI 2 šķidrās aktīvo dūņu pārpalikums (nenostādinātas dūņas) tiek iesūknēts nostādināšanas dīķos, kur tās tiek uzglabātas līdz trim gadiem, lai atūdeņotu. Ievākti arī pa vienam integrētā diennakts paraugam neattīrītajiem un abu veidu attīrītajiem notekūdeņiem.

Vasarā NAI 1 ievākti trīs neattīrītu un trīs attīrītu notekūdeņu paraugi, trīs neapstrādātu dūņu un trīs apstrādātu dūņu paraugi. Neapstrādātas dūņas ir atūdeņots aktīvo dūņu pārpalikums pēc otreizējā nostādinātāja, savukārt apstrādātās dūņas ir dūņu masa pēc mezofilās anaerobās apstrādes metāntankos. Ievākti arī viens integrētais diennakts neattīrīto un viens attīrīto notekūdeņu paraugs.

Abos NAI diennakts integrēto paraugu ievākšanu veica NAI darbinieki, NAI 2 paraugs tika uzkrāts metāla rezervuārā, savukārt NAI 1 izmantots plastmasas materiāla rezervuārs. LHEI darbinieki veica šo rezervuāra materiāla noteikšanas analīzi, lai spētu izslēgt no notekūdeņu paraugu rezultātiem daļiņas, kas potenciāli nākušas no tiem.

Rudenī ievākti visi tie paši paraugu veidi, kas vasaras laikā (2. tabula). Izņēmums ir 3. oktobrī NAI 2 neapstrādātas dūņas. Tām atkārtots paraugs netika ievāktas, jo dūņas nostādināšanas dīķī atrodas vairākus gadus un nav nosakāms dūņu parauga nostādināšanas ilgums.

2. tabula
Ievāktie paraugi. Apzīmējumi: LB - paraugu ievākšanas vietas tukšais fona piesārņojuma paraugs, LabB - laboratorijas tukšais fona piesārņojuma paraugs

NOTEKŪDEŅI									
	VASARA				RUDENS				
	IENĀKOŠIE NOTEKŪDEŅI		IZEJOŠIE NOTEKŪDEŅI		IENĀKOŠIE NOTEKŪDEŅI		IZEJOŠIE NOTEKŪDEŅI		
	Reālā laika	Diennakts	Reālā laika	Diennakts	Reālā laika	Diennakts	Reālā laika	Diennakts	
NAI 1	3+1LB+2LabB	1+1LB+1LabB	3+1LB+2LabB	1+1LB+1LabB	3+1LB+2LabB	1+1LB+1LabB	3+1LB+2LabB	1+1LB+1LabB	
NAI 2	3+1LB+2LabB	1+1LB+1LabB	3+1LB+2LabB	1+1LB+1LabB	3+1LB+2LabB	1+1LB+1LabB	3+1LB+2LabB	1+1LB+1LabB	

	DŪŅAS			
	VASARA		RUDENS	
	Apstrādātas	Neapstrādātas	Apstrādātas	Neapstrādātas
NAI 1	3+1LB+2LabB	3+1LB+2LabB	3+1LB+2LabB	3+1LB+2LabB
NAI 2	3+1LB+2LabB	3+1LB+2LabB	-	3+1LB+2LabB

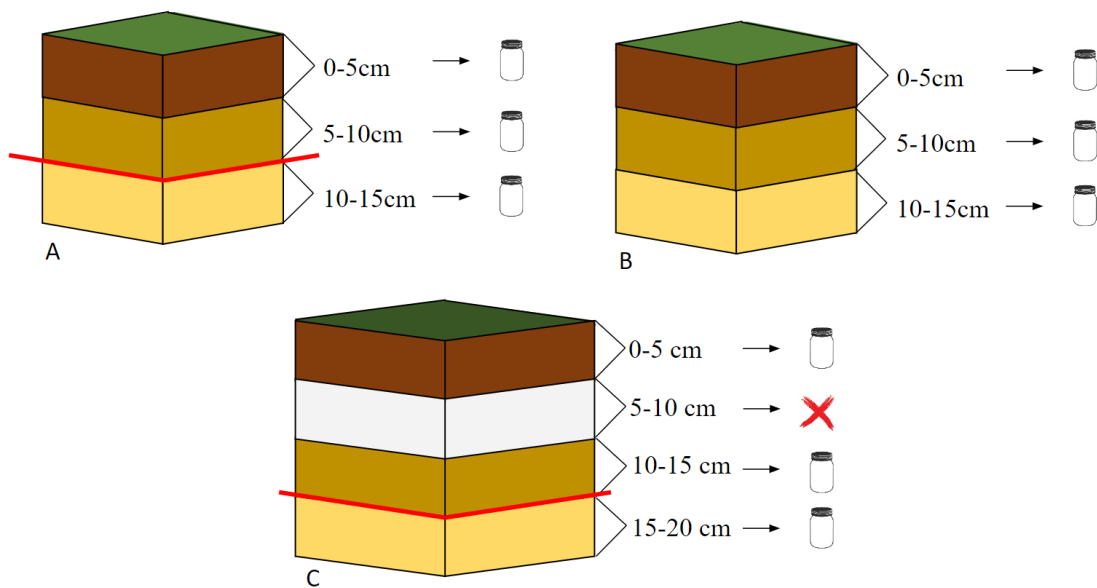
	REFERENCES PARAUGI					
	AR DŪŅĀM APSTRĀDĀTAS LAUKSAIMNIECĪBAS ZEMES			AR DŪŅĀM NEAPSTRĀDĀTAS ZEMES		
	1 GADS	3 GADI	5 GADI	Mežs	Lauksaimniecības zeme	Sakņu dārzs
Dziļums 1	3	3	3	3	3	3
Dziļums 2	3	3	3	3	3	3
Dziļums 3	3	3	3	3	3	3
	+1LB+1LabB		+1LB+1LabB		+1LB+1LabB	

Paraugu ievākšana lauksaimniecības zemēs ar atšķirīgos laika posmos uzliktām dūņām

LHEI veica deviņu Latvijas valstspilsētu NAI apzināšanu un tika secināts, ka daļa NAI dūņas nenodot lauksaimniecības zemju bagātināšanai, bet gan biogāzes ražošanai vai citiem nolūkiem (piemēram, augsnes ielabošanai apzaļumošanas darbos). Rezultātā tika iegūta kontaktinformācija vienai zemnieku saimniecībai, kas kopš 2018. gada apstrādā lauksaimniecības zemes ar dūņām. Augsnes paraugi ievākti no zemēm, kas ar dūņām apstrādātas pirms viena, trim un pieciem gadiem. Apstrādātās augsnēs dūņu iestrāde un augsnes apstrāde notikusi dziļumā līdz 15 cm, tādēļ paraugi ievākti 0-5 cm, 10-15 cm, 15-20 cm dziļuma slāņos (1. att.). Paraugu ievākšana norisinājās 2023. gada 19. septembrī. Kopā ievākti 27 augsnes paraugi un 3 lauka fona paraugi.

References paraugu ievākšana

Ievākti references augsnes paraugi no trim dažādām augsnes matricām: piemājas sakņu dārzs, meža augsnes, ar dūņām neapstrādātas lauksaimniecības augsnes. Paraugu ievākšana norisinājusies no 12. jūlija līdz 26. jūlijam. Augsnes paraugi tika ievākti no 50cm² lieliem parauglaukumiem. Izvēlēti trīs parauglaukumi katrā augsnes matricā. Katrā parauglaukumā tiek ievākta augsne no trīs dziļuma slāņiem. Pirmais augsnes paraugs ir 5 cm augsnes virskārtas. Otrais sakrīt ar augsnes apstrādes dziļumu (ja tas ir zināms, konstatējams), trešais ir 5 cm zem augsnes apstrādes dziļuma (2. att.). Katra slāņa parauga tilpums bija 10-12L. Pēc attiecīgā parauga tilpuma ievākšanas, tas tiek samaisīts un homogenizēts sadrupinot lielākos augsnes fragmentus. Pēc tam no homogenizētās masas tiek paņemts 0,5l liels apakš paraugs, kas tika nogādāts LHEI laboratorijā tālākai apstrādei. Paraugi ievākti no trīs augsnes matricām: piemājas sakņu dārza, meža augsnes un ar dūņām neapstrādātas lauksaimniecības zemes. Kopā ievākti 27 augsnes paraugi un trīs lauka fona paraugi.



1. attēls. Augsnes slāņu paraugu shēma: A - sakņu dārzs, B - meža augsnes, C – lauksaimniecības zemes (gan apstrādātas, gan neapstrādātas), ar sarkanu līniju atzīmēts augsnes apstrādes dziļums.

Sakņu dārzā paraugu ievākšana veikta līdz 15cm dziļumam (1. att.), jo dārza vagas uzbēruma augstums ir ~ 10cm un tas tiek uzskatīts par maksimālo augsnes apstrādes dziļumu šajā matricā. Meža (Vēris) augsnes matricā paraugu ievākšanas dziļums ir tāds pats kā sakņu dārzam (līdz 15 cm), lai nodrošinātu minimālo paraugu skaitu un tilpumu.

Ar notekūdeņu aktīvajām dūņām neapstrādātās lauksaimniecības zemes divas reizes gadā tiek apstrādātas ar traktortehniku un izmantotas graudaugu audzēšanai. Maksimālais augsnes apstrādes dziļums bijis līdz 15 cm. Paraugi ievākti trīs dziļuma slāņos: 0-5 cm; 10-15 cm; 15-20 cm (1.att.).

3. Ievākto paraugu apstrāde un analīze

Paraugu attīrīšana veikta pamatā pēc augstāk aprakstītajām darba metodēm, nepieciešamības gadījumā ieviešot korekcijas, kas balstītas uz konkrētā parauga īpašībām. Ienākošajiem notekūdeņu (gan reālā laika, gan integrētajiem diennakts) un dūņu paraugiem ieviests papildus apstrādes solis - apstrāde ar 5% SDS (nātrija dodecilsulfāts). Apstrādi ar 5% SDS veic, lai attaukotu paraugus. Atkarībā no piemērotajiem paraugu apstrādes soļiem tika veikta tukšo un kontroles paraugu apstrāde.

Grafikos paraugi "Ienākošie" apzīmē neattīrītus reālā laika notekūdeņus, bet paraugi "Ienākošie 24h" apzīmē neattīrītus diennakts integrētos notekūdeņus. Paraugi "Izejošie" apzīmē attīrītus reālā laika notekūdeņus, savukārt "Izejošie 24h" apzīmē attīrītus diennakts integrētos notekūdeņus. NAI 1 gadījumā ievākti divu veidu aktīvo dūņu paraugi: neapstrādātas dūņas - atūdeņotas notekūdeņu aktīvās dūņas, kas nav papildus apstrādātas; apstrādātas dūņas - atūdeņotas notekūdeņu aktīvās dūņas pēc apstrādes metāntenkos. NAI 2 gadījumā neapstrādātas dūņas apzīmē šķidrās notekūdeņu aktīvās dūņas ("Slapjas dūņas") uzreiz pēc to nodalīšanas no notekūdeņiem, savukārt apstrādātas dūņas ir nostādināšanas dīķos atūdeņotas notekūdeņu aktīvās dūņas ("Nostādinātas dūņas").

4. Rezultāti

NAI 2

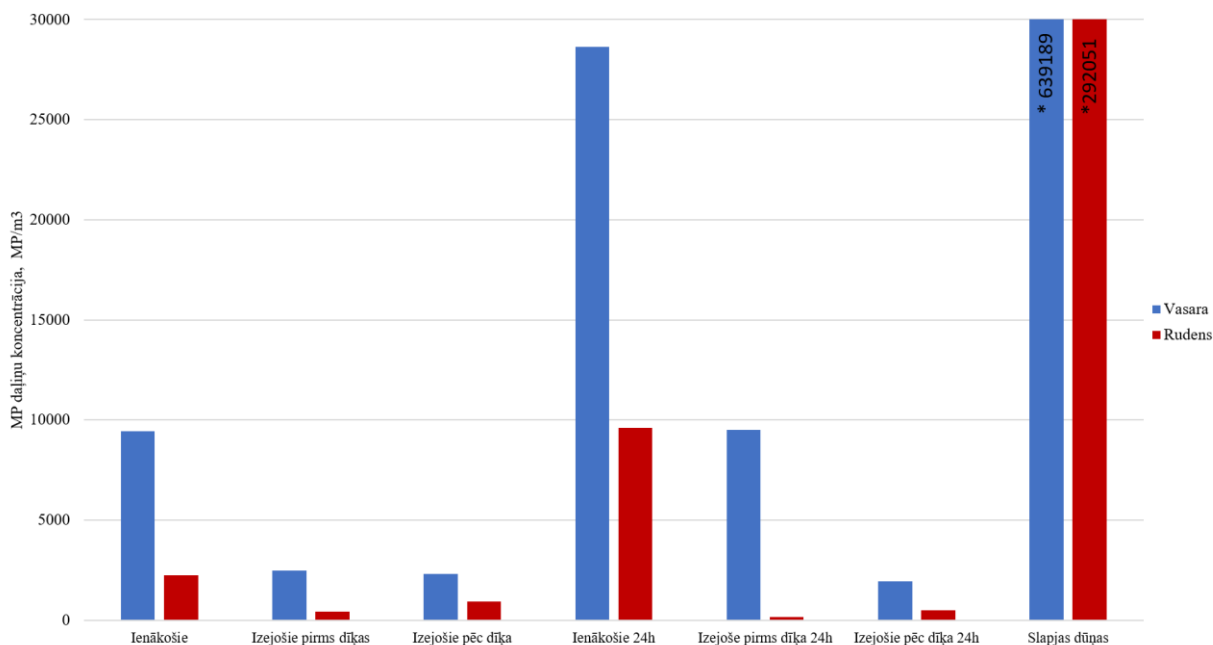
Vasarā NAI 2 visaugstākā mikroplastmasas (MP) daļiņu koncentrācija konstatēta dūņās. Slapjās dūņās konstatētas 639189,5 MP/m³, savukārt Nostādinātās dūņas 30724,5 MP/m³. Notekūdeņu paraugos visaugstākā MP daļiņu koncentrācija konstatēta Ienākošie 24h paraugā - 28640 MP/m³. Tam seko Izejošie pirms dīķa 24h paraugs (9500 MP/m³) un Ienākošie reālā laika paraugs (9422,2 MP/m³). Viszemākā MP daļiņu koncentrācija konstatēta Izejošie pēc dīķa 24h (1920 MP/m³), Izejošie pēc dīķa reālā laika paraugs (2311,1 MP/m³), Izejošie pirms dīķa reālā laika paraugs (2466,7 MP/m³). Konstatēts liels MP daļiņu samazinājums starp ienākošo un izejošo notekūdeņu paraugiem. Starp integrētajiem 24h paraugiem konstatēts 93,3% (ienākošie 24 pret izejošie pēc dīķa 24h) un 66,8% (Ienākošie 24h pret Izejošie pirms dīķa 24h) samazinājums. Starp reālā laika paraugiem konstatēts 74,5% (Ienākošie pret Izejošie pirms dīķa) un 75,7% (Ienākošie pret Izejošie pēc dīķa) samazinājums. Savukārt starp Slapjām dūņām un Nostādinātām dūņām konstatēts 95,2 % samazinājums.

Visaugstākā MP daļiņu koncentrācija NAI 2 rudens sezonas paraugos konstatēta Slapjās dūņās (2. att.). Tajās konstatētas 292051,3 MP/m³, tam seko Ienākošie 24h (9596,9 MP/m³), Ienākošie

(2222,2 MP/m³), Izejošie pēc dīķa (911,1 MP/m³). Viszemākā MP daļiņu koncentrācija tika konstatēta Izejošie pirms dīķa 24h paraugos - 166,7 MP/m³.

Tāpat kā vasaras sezonā vērojams izteikts MP daļiņu samazinājums starp ienākošajiem un izejošajiem notekūdeņiem. Vislielākais samazinājums konstatēts starp Ienākošie 24h un Izejošajiem pirms dīķa 24h paraugiem - 98,3% samazinājums. Starp Ienākošajiem 24h un Izejošajiem pēc dīķa 24h paraugiem konstatēts 95% samazinājums. Savukārt starp Ienākošajiem reālā laika un Izejošajiem reālā laika pirms un pēc dīķa konstatēts attiecīgi 81% un 59% samazinājums.

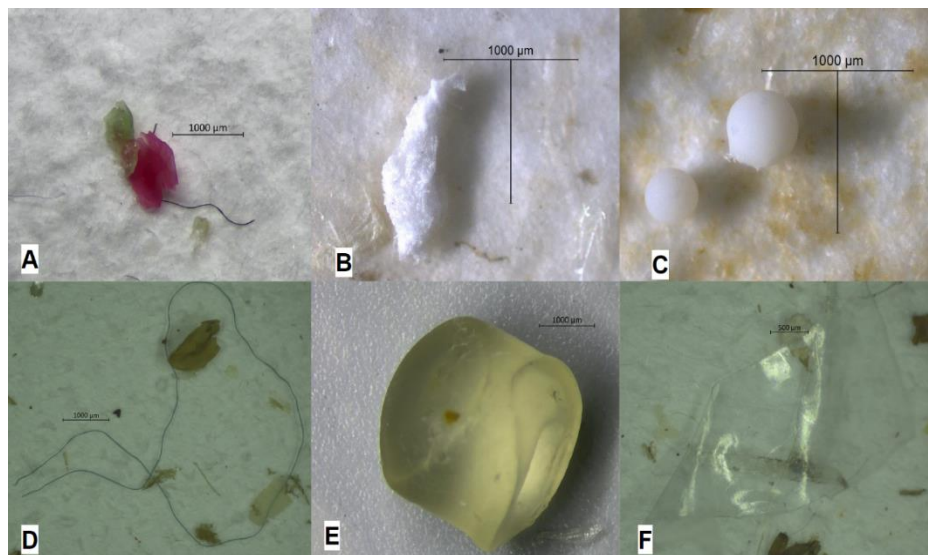
Salīdzinot NAI 2 vasaras un rudens paraugus redzams, ka pilnīgi visos paraugu variantos rudenī ir MP daļiņu koncentrācijas samazinājums. Visizteiktākais samazinājums ir paraugos Izejošie pirms dīķa 24h, vasaras sezonā tajos konstatētas vidēji 9500 MP/m³, savukārt rudenī 166,7 MP/m³ (samazinājums par 98,25%). Tam seko Izejošie pirms dīķa (82,88%) un Ienākošie (76,42%). Vismazākais MP daļiņu koncentrācijas samazinājums starp sezonām konstatēts Slapjās dūņās, vasaras sezonā tajās konstatētas 639189,5 MP/m³, kas atbilsts 54,31% samazinājumam rudenī. Rudens sezonā atkārtots nostādināto dūņu paraugs netika ievākts (vasaras sezonā konstatētas 30724,5 MP/kg).



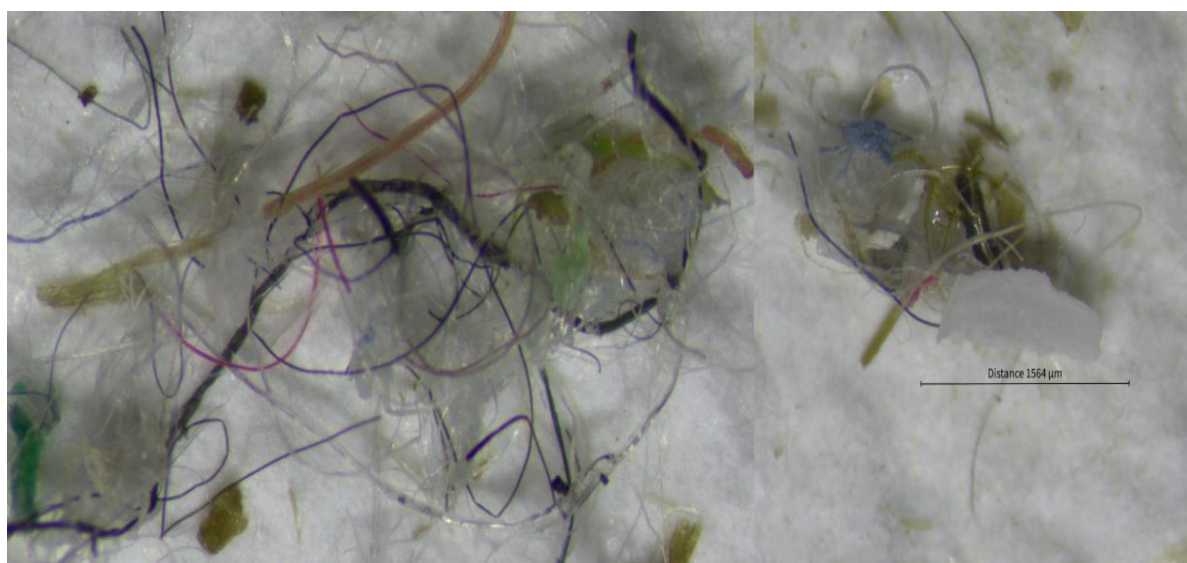
2. attēls. Mikroplastmasas daļiņu koncentrācija (MP/m³) NAI 2 vasaras un rudens sezonas paraugos

Analizējot paraugus tika noteikts daļiņu veids jeb forma, krāsa un izmērs. Tika izdalīti vairāki daļiņu veidi - fragments, šķiedra, plēve, lodīte, granula, putuplasts (3. att.), kā arī atsevišķi fragmentu

un/vai šķiedru sakopojumi (4. att.). Tika konstatēti 13 krāsu veidi (caurspīdīgs, melns, balts, zils, sarkans, rozā, violets, zaļš, pelēks, oranžs, dzeltens, brūns, daudzkrāsains) un tika izdalītas četras izmēra grupas (0,3-1 mm, 1-5 mm, 5-20 mm, >20 mm).



3. attēls. Mikroplastmasas daļiņu veidi: A-fragments, B-putuplasts, C-lodīte, D-šķiedra (NAI 1 ienākošie notekūdeņi ievākti 2023. gada rudenī); E-granula, F-plēve (NAI1 apstrādātas dūņas, ievāktas 2023. gada rudenī).

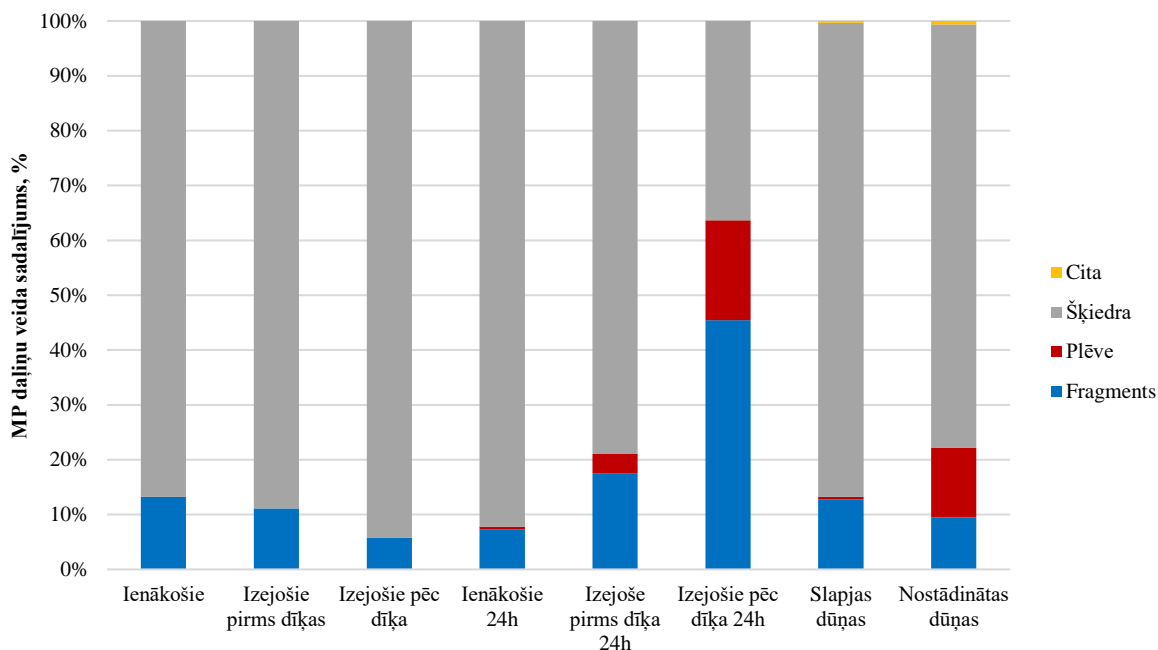


4. attēls. Mikroplastmasas šķiedru sakopojums ar plēves un fragmentu daļiņām no NAI 2 ievāktajos 2023. gada vasaras sezonas slapjo dūņu paraugos.

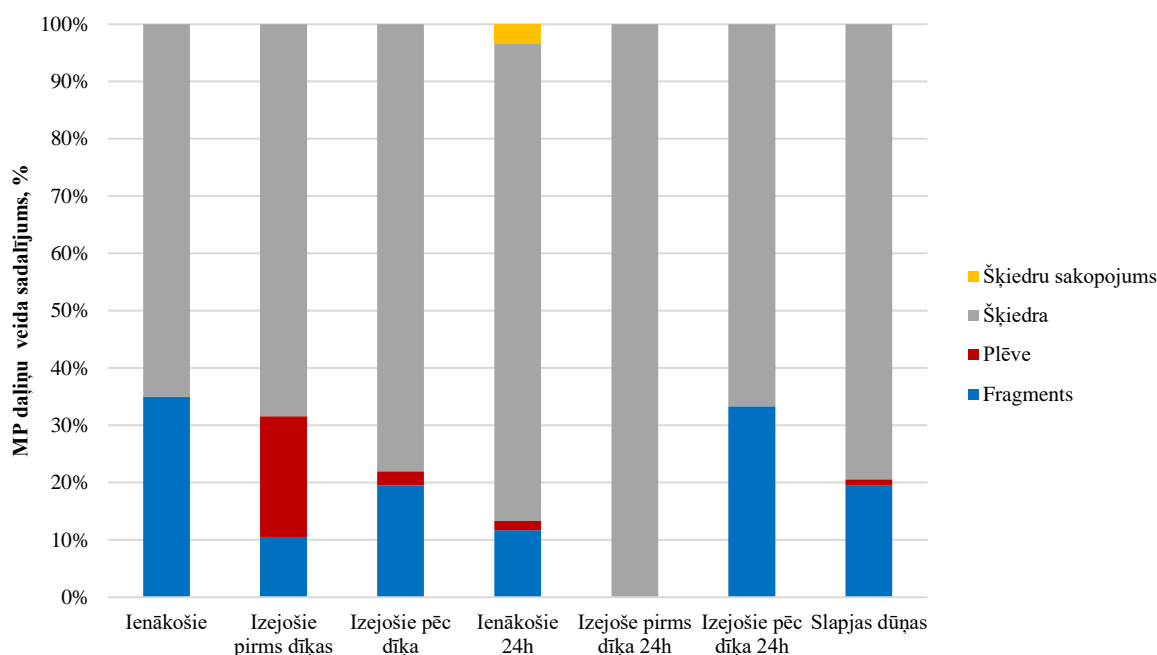
Gan vasaras gan rudens sezonas paraugos (5. un 6. att.) dominējošais daļiņu veids ir šķiedra un fragments. Vasaras sezonā šķiedras veidoja no 36,4% (Izejošie pēc dīķa 24h) līdz 94,2 % (Izejošie pēc dīķa) no kopējā daļiņu skaita, savukārt fragmenti no 5,8% (Izejošie pēc dīķa) līdz 45,5% (Izejošie pēc dīķa 24h). Plēves vasaras sezonā veidoja no 0,5% (Slapjas dūņas un Izejošie pēc dīķa) līdz 16,7% (Izejošie pēc dīķa 24h). Granulas (konstatētas tikai Izejošie pēc dīķa), putuplasts (tikai Nostādinātās

dūņas) un šķiedru sakopojumi (Nostādinātas dūņas un Slapjas dūņas) veidoja mazāk par 1% no kopējā daļiņu skaita paraugos un grafikā attēloti sadaļā cita. Savukārt lodītes NAI 2 vasaras sezonas paraugos netika konstatētas.

Savukārt rudenī šķiedras veidoja no 65% (Ienākošie) līdz 100% (Izejošie pirms dīķa 24h) konstatēto daļiņu. Savukārt fragmenti veidoja līdz 35% (Ienākošie). Rudenī plēves, kas veidoja 0 - 21 % daļiņu, netika konstatētas Ienākošajos, Izejošajos pirms dīķa 24h un Izejošajos pēc dīķa 24h paraugos. Savukārt šķiedru sakopojumi (3,3%) tika konstatēti tikai Ienākošajos 24h paraugos. Lodītes, granulas un putuplasts NAI 2 rudens sezonas paraugos netika konstatēti.

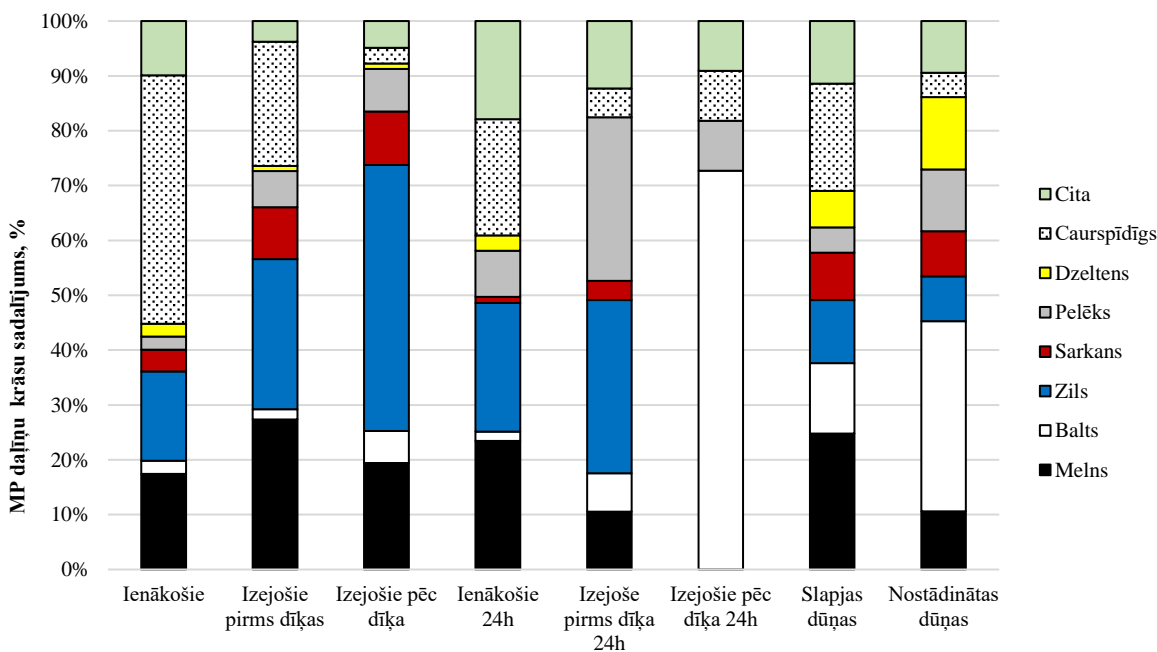


5.attēls. Mikroplastmasas daļiņu veida sadalījums (MP %) NAI 2 2023. gada vasaras sezonas paraugos.

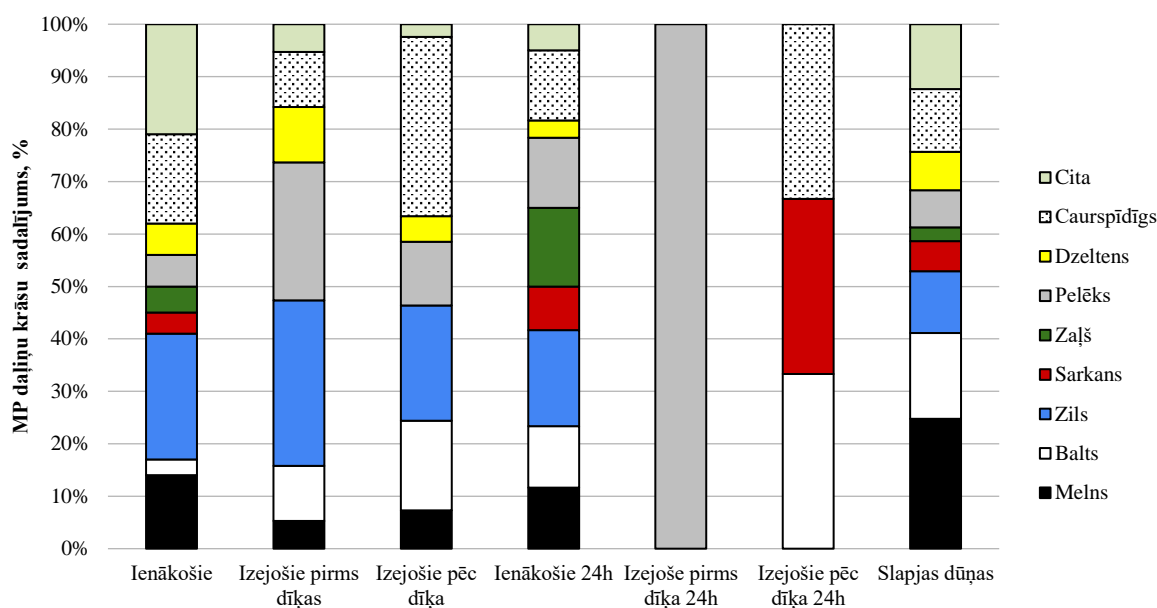


6. attēls. Mikroplastmasas daļiņu veida sadalījums (MP %) NAI 2 2023. gada rudens sezonas paraugos.

Dominējošās krāsas ir melna, zila un caurspīdīga. Krāsas, kas veidoja mazāk par 5% no kopējā skaita, tika apvienotas un grafikos attēlotas sadaļā "Cita". Krāsu sadalījumā nav vērojamas izteiktas atšķirības starp sezonu paraugiem (7. un 8. att.).

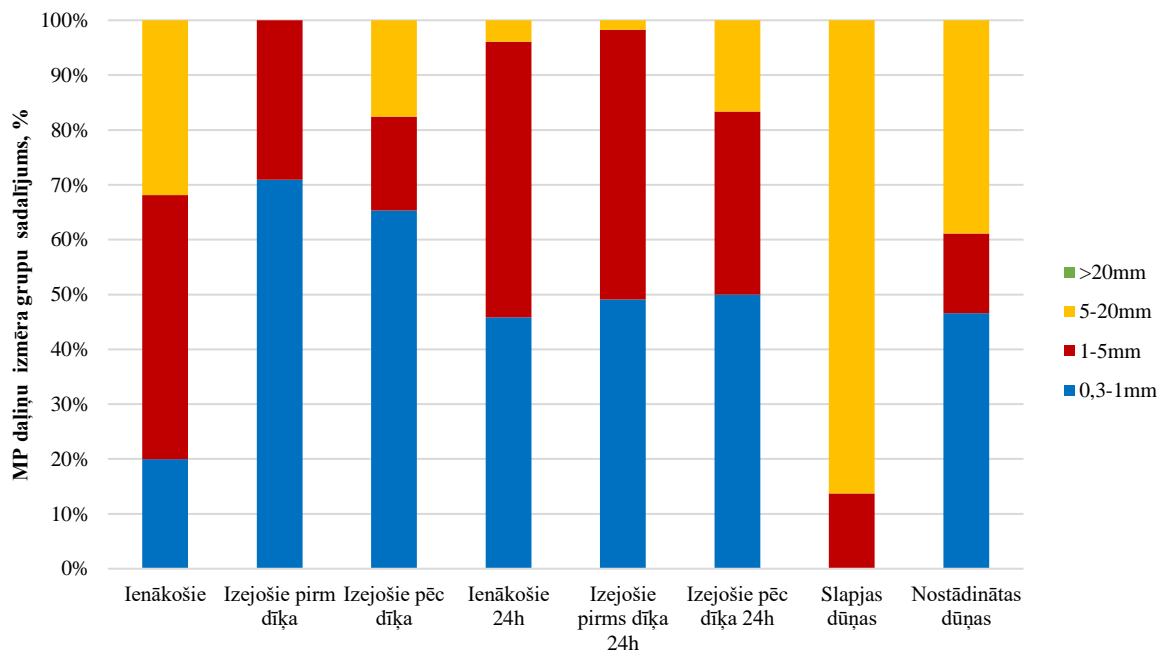


7. attēls. Mikroplastmasas daļiņu krāsu sadalījums (MP %) NAI 2 2023. gada vasaras sezonas paraugos.

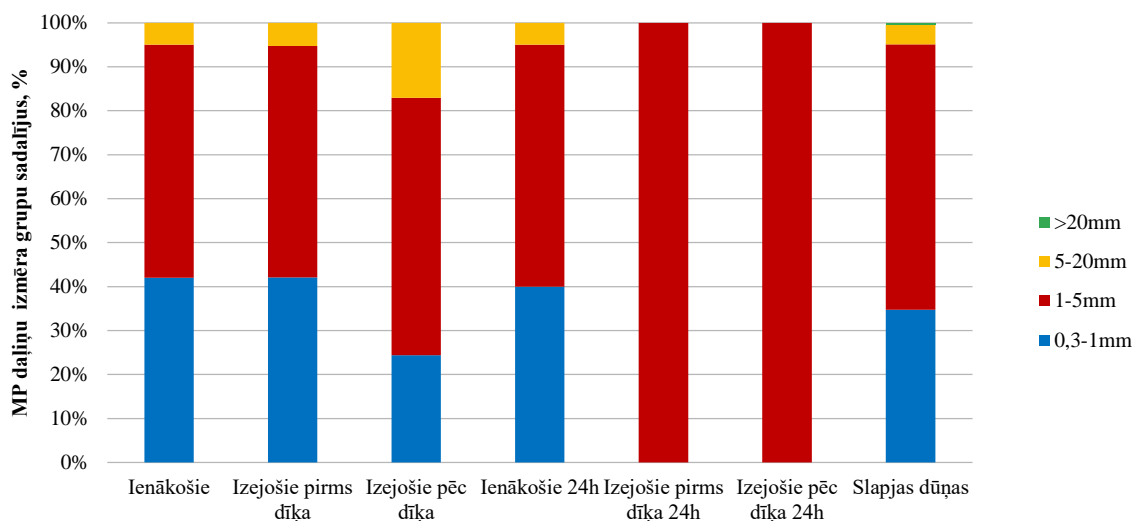


8. attēls. Mikroplastmasas daļiņu krāsu sadalījums (MP %) NAI 2 2023. gada rudens sezonas paraugos.

Izmaiņas nav vērojamas arī izmēru grupu sadalījumā (9. un 10. att.). Abās sezonās dominē izmēra grupa 1-5mm, kas abās sezonās veido ~58% no visām daļiņām. Tai seko 0,3-1 mm grupa, kas abās sezonās veido 36%. Vismazāk izplatītā izmēru grupa ir >20 mm, kas abās sezonās veidoja mazāk par 1%.



9. attēls. Mikroplastmasas izmēra grupu sadalījums (MP %) NAI 2 2023. gada vasaras sezonas paraugos.



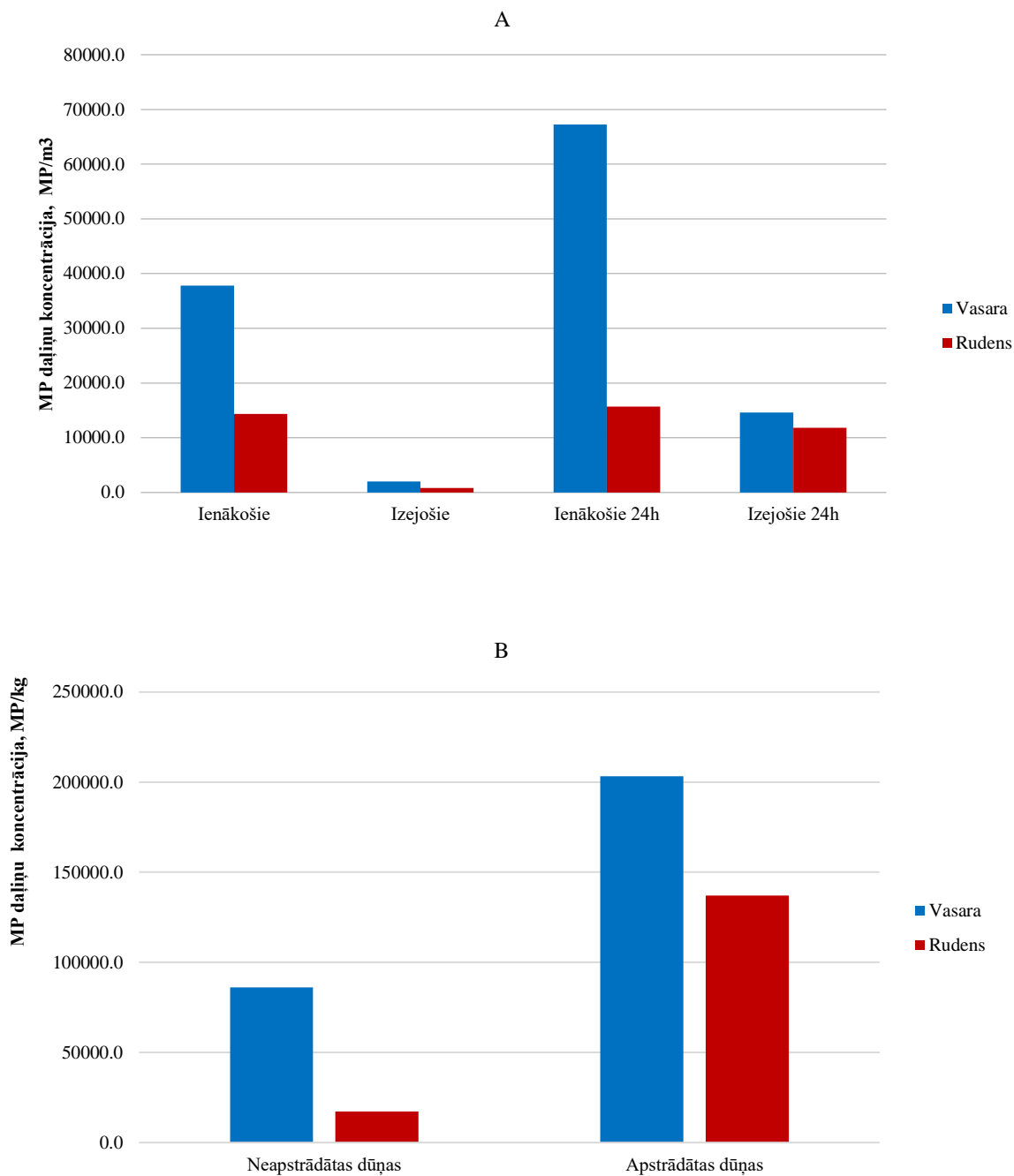
10. attēls. Mikroplastmasas izmēra grupu sadalījums (MP %) NAI 2 2023. gada rudens sezonas paraugos.

NAI 1

Vasaras sezonā augstākā MP koncentrācija vasaras sezonas paraugos konstatēta dūņu paraugos. Apstrādātās dūņās konstatētas 203178,2 MP/kg, savukārt Neapstrādāto dūņu paraugos - 86002,5 MP/kg. Notekūdeņu paraugos augstākā koncentrācija konstatēta Ienākošie 24h paraugā ($67222,2 \text{ MP/m}^3$) un Ienākošajā reālā laika paraugā ($37822,2 \text{ MP/m}^3$). Viszemākā koncentrācija konstatēta Izejošajā reālā laika paraugā ($2022,2 \text{ MP/m}^3$), toties Izejošie 24h paraugā konstatēts $14603,2 \text{ MP/m}^3$. Vērojams izteikt MP daļiņu koncentrācijas samazinājums starp ienākošajiem un izejošajiem paraugiem. Starp Ienākošie reālā laika un Izejošie reālā laika paraugiem konstatēts 94,7 % samazinājums, savukārt starp Ienākošie 24h un Izejošie 24h konstatēts 78,3% samazinājums. Kā arī Neapstrādātās dūņās konstatēts 57,7% MP daļiņu samazinājums attiecībā pret Apstrādātām dūņām. Tas skaidrojams ar to, ka metāntenkos apstrādātās dūņas tiek sablīvētas un atūdeņotas, kā rezultātā tiek sakoncentrētas arī MP daļiņas.

Visaugstākā MP daļiņu koncentrācija NAI 1 notekūdeņu rudens sezonas paraugos, tika konstatēta Ienākošajos 24h paraugā (11. att. A). Tajā konstatētas $15674,8 \text{ MP/m}^3$, tam seko Ienākošie ar $14355,6 \text{ MP/m}^3$ un Izejošie 24h $11820,3 \text{ MP/m}^3$. Izejošajos tika konstatēts 800 MP/m^3 . Augstākā MP daļiņu koncentrācija aktīvajās dūņās rudenī konstatēta Apstrādātās dūņās (11 .att. B). Tajās konstatētas $137010,4 \text{ MP/kg}$, savukārt Neapstrādātās dūņās konstatētas $17140,2 \text{ MP/kg}$. Tā pat kā vasaras sezonā novērojama liela MP koncentrāciju atšķirība starp Ienākošajiem un Izejošajiem notekūdeņiem. Reālā laika paraugos konstatēta 94,4% samazinājums, savukārt integrētajos diennakts

paraugos novērojams 24,6% samazinājums. Dūņās savukārt konstatēts 87,5 % samazinājums neapstrādātās dūņas.



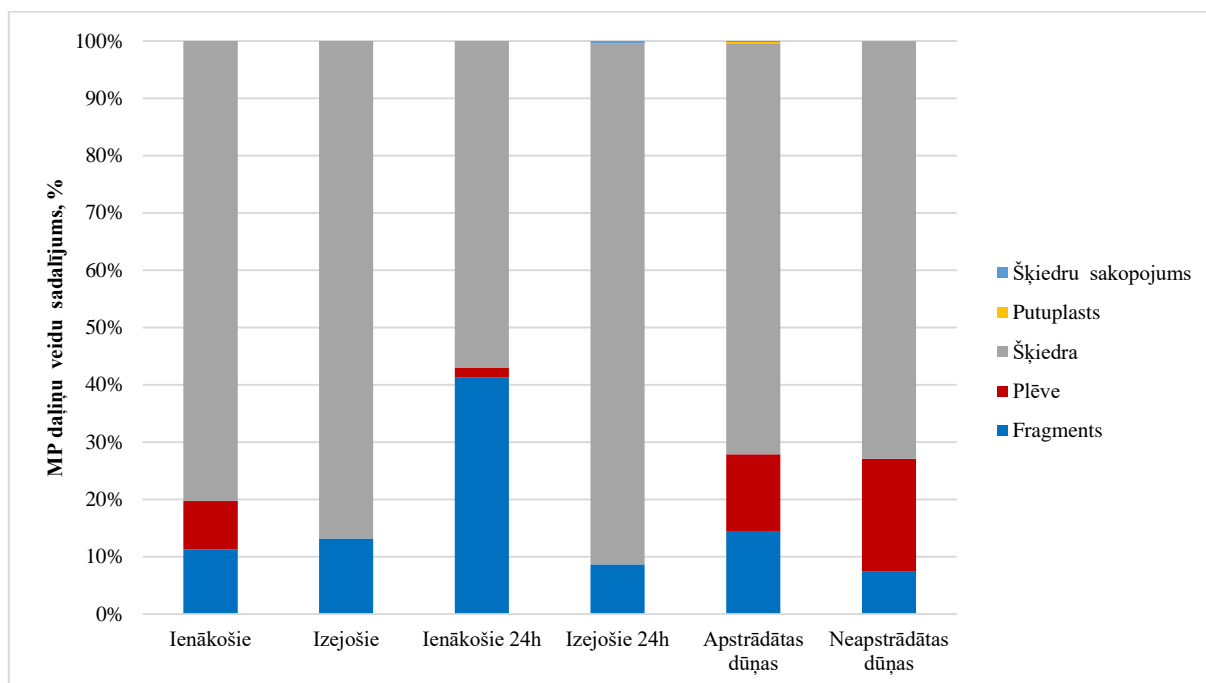
11. attēls. Mikroplastmasas daļiņu koncentrācija NAI 1 2023. gada rudens un vasaras sezonas A - notekūdeņu paraugos (MP/m³); B - notekūdeņu aktīvo dūņu paraugos (MP/kg).

Salīdzinot ar vasaras sezonas paraugiem visos NAI 1 rudens paraugos vērojams MP daļiņu koncentrācijas samazinājums. Vislielākais samazinājums ir Neapstrādātu dūņu paraugos, kuros

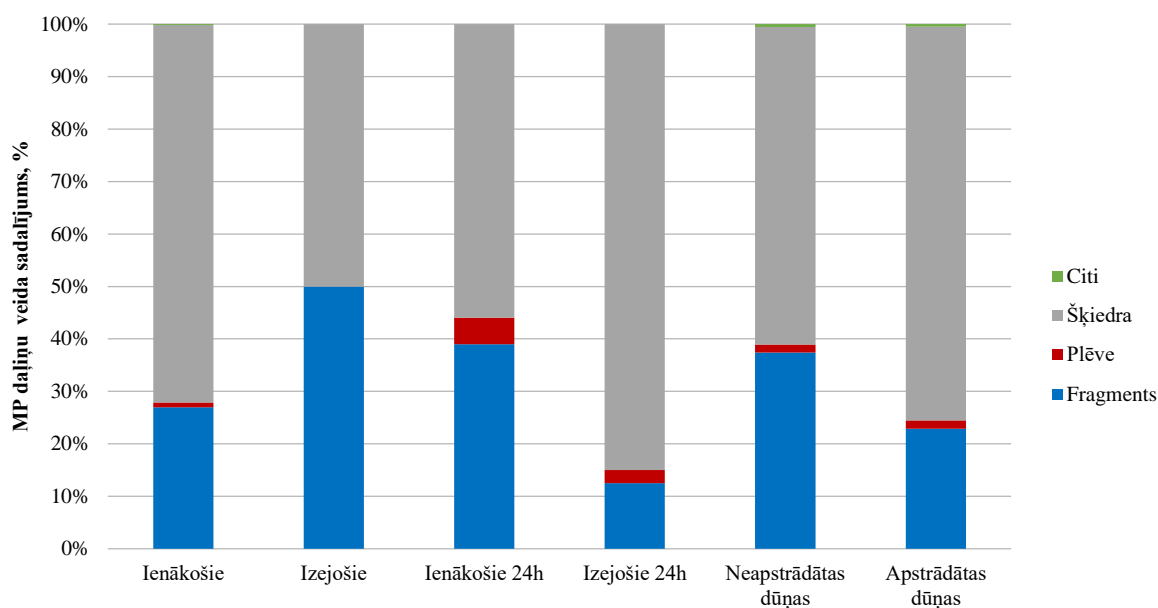
rudens sezonā ir par 80,1% mazāk MP daļiņu kā vasarā. Tam seko Ienākošajos 24h paraugs, kur samazinājums par 76%, Ienākošie ar 62%, Izejošie ar 58% un Apstrādātas dūņas - 48,8%.

Dominējošā MP daļiņu grupa gan vasaras (12. att.), gan rudens (13. att.) paraugos ir šķiedras un fragmenti. Vasarā šķiedras sastāda no 57,0% (Ienākošie 24h) līdz 90,9% (Izejošie 24h), savukārt fragmenti no 7,4% (Neapstrādātas dūņas) līdz 41,3% (Ienākošie 24h). Granulas vasaras sezonā netika konstatētas. Lodīte (konstatēta Ienākošie, Apstrādātas dūņas un Neapstrādātas dūņas paraugos) putuplasts (tikai Apstrādātās un Neapstrādātās dūņas) un šķiedru sakopojums (tikai Izejošie 24h, Apstrādātās dūņas un Neapstrādātās dūņas paraugos) katrs veidoja mazāk par 1% no kopējā daļiņu skaita.

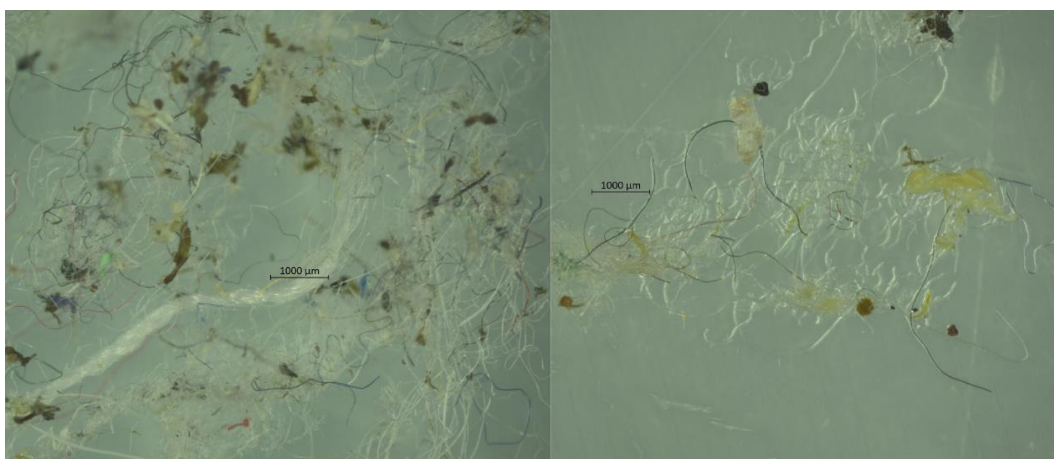
Savukārt rudens sezonā šķiedras veido no 50% (Izejošie) līdz 75% (Apstrādātas dūņas), fragmenti no 12,5% (Izejošie 24h) līdz 50% (Izejošie). Plēve veido no 0% (Izejošie) līdz 5,1% (Ienākošie 24h). Lodītes un granulas tika konstatētas tikai vienā rudens parauga veidā (Apstrādātas dūņās). Putuplasts tika konstatēts Neapstrādātās un Apstrādātās dūņās, savukārt šķiedru sakopojums tika konstatēts Ienākošajos un Apstrādātās dūņas (14. att.). Šie četri daļiņu veidi katrs veidoja mazāk par 1% no kopējā daļiņu skaita. Šķiedru sakopojumos nav iespējams noteikt precīzu MP daļiņu skaitu, tādēļ paraugos, kuros tie tika konstatēti, reālais MP daļiņu skaits ir augstāks. Salīdzinot vasaras un rudens sezonas, nav vērojama dominējošo daļiņu veida izmaiņas (12. un 13. att.).



12. attēls. Mikroplastmasas daļiņu veida sadalījums (MP %) NAI 1 2023. gada vasaras paraugos.

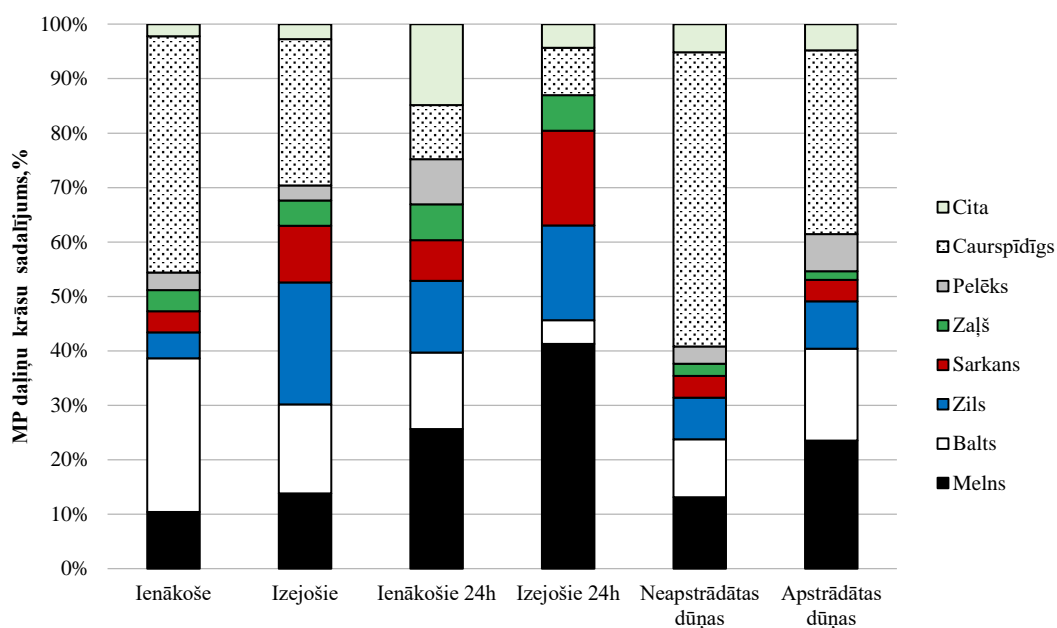


13. attēls. Mikroplastmasas daļiņu veida sadalījums (MP %) NAI 1 2023. gada rudens paraugos.

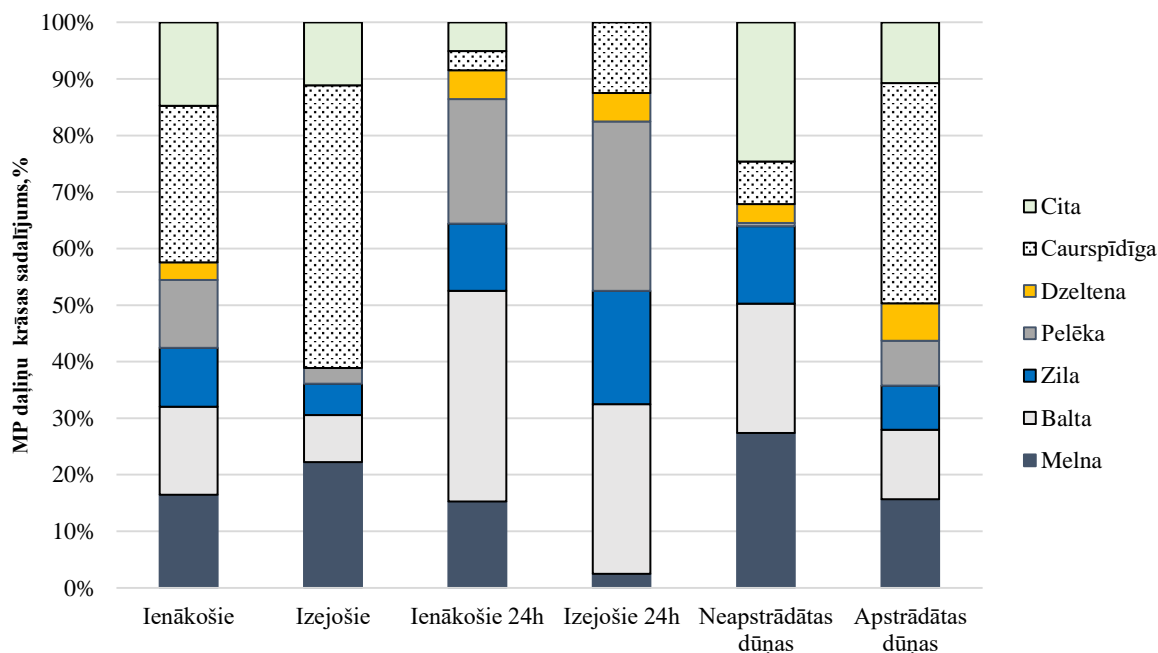


14. attēls. Šķiedru sakopojumi NAI 1 apstrādātu dūņu 2023. gada rudens paraugos.

Dominējošās krāsas NAI 1 vasaras paraugos ir balta, melna un caurspīdīga (15.att.). Tās attiecīgi veido 14,2%, 20,1% un 27,9%. Rudens paraugos dominējošās krāsas ir caurspīdīga (29,5%), melna (21,3%) un Balta (15,1%) (16. att.). Gan vasaras, gan rudens sezonās krāsas, kas veidoja mazāk par 5% no kopējā skaita, tika apvienotas un grafikos attēlotas sadaļā “Cita”. Krāsu sadalījumā nav vērojamas izteiktas atšķirības starp sezonu paraugiem (15. un 16. att.).



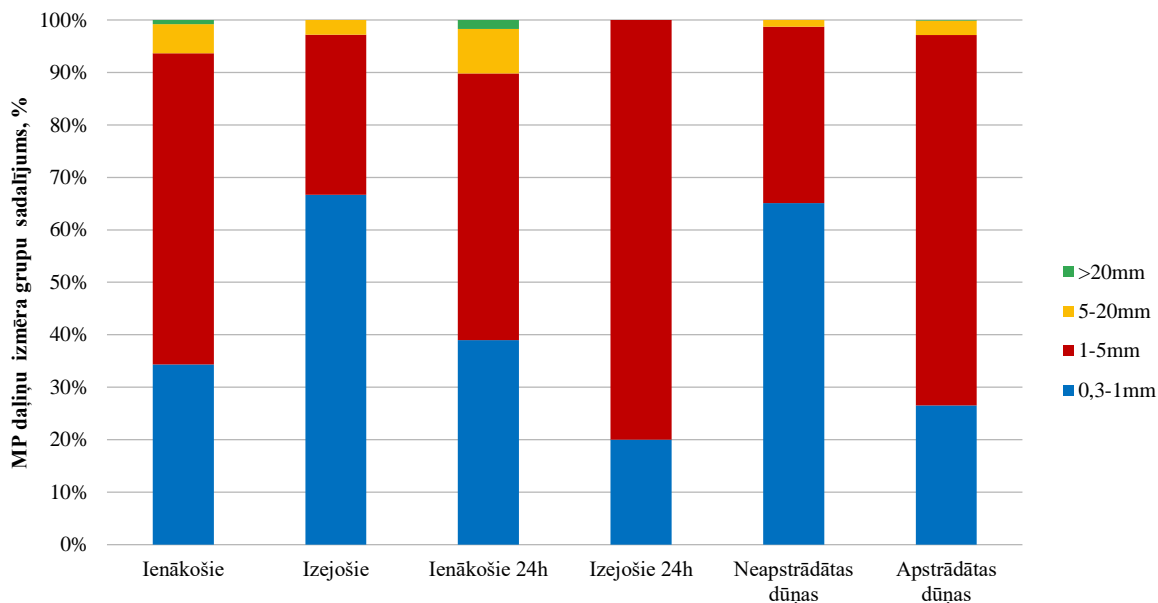
15. attēls. Mikroplastmasas daļiņu krāsu sadalījums (MP %) NAI 1 2023. gada vasaras sezonas paraugos.



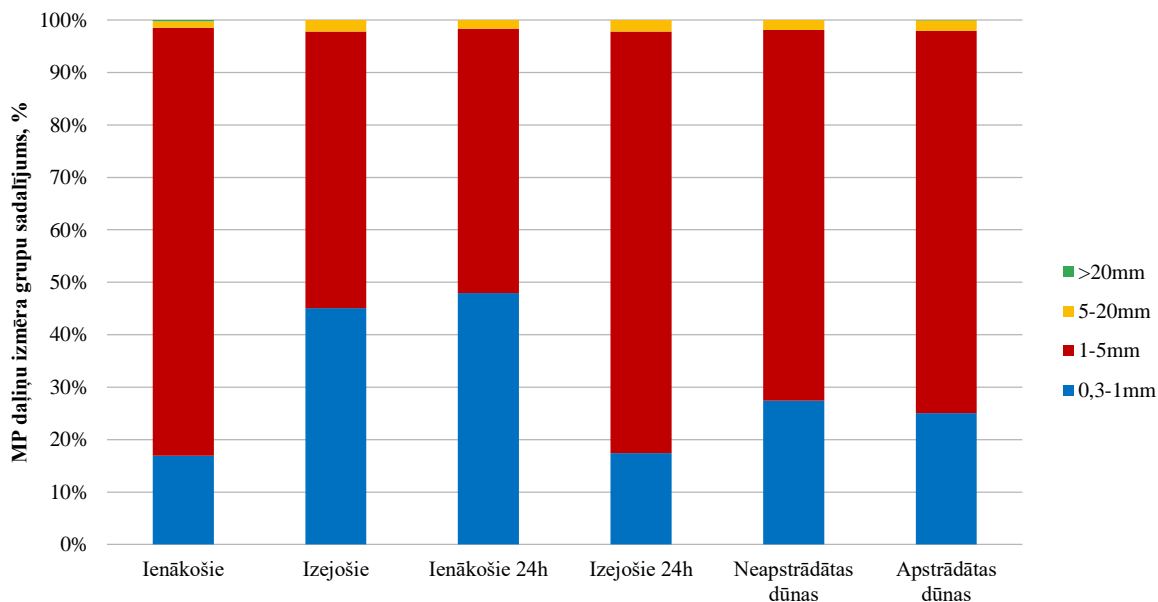
16. attēls. Mikroplastmasas daļiņu krāsu sadalījums (MP %) NAI 1 2023. gada rudens sezonas paraugos.

Gan vasaras, gan rudens sezonās dominējošās izmēru grupas ir 1-5mm un 0,3-1 mm. Vasaras sezonā 0,3-1mm sastāda no 16,9% (ienākošie) līdz 47,9% (Ienākošie 24h), savukārt 1-5mm veido no 50,4% (Ienākošie 24h) līdz 81,6%(Ienākošie). Grupa 5-20mm visos paraugos veidoja mazāk par 3%, savukārt >20mm tika konstatētā tikai Ienākošie un Apstrādātas dūņas paraugos (mazāk par 1%).

Rudens sezonā 1-5 mm veido no 30,6% (Izejošie) līdz 80% (Izejošie 24h) (17. att.). 0,3-1 mm grupa rudenī veido no 20% (Izejošie 24h) līdz 66,7 % (Izejošie). Savukārt 5-20 mm veido no 0 (Ienākošie 24h) līdz 8,5 %. Salīdzinot ar vasaras sezonu nav novērojamas dominējošo izmēra grupu būtiskas izmaiņas (18. att.).



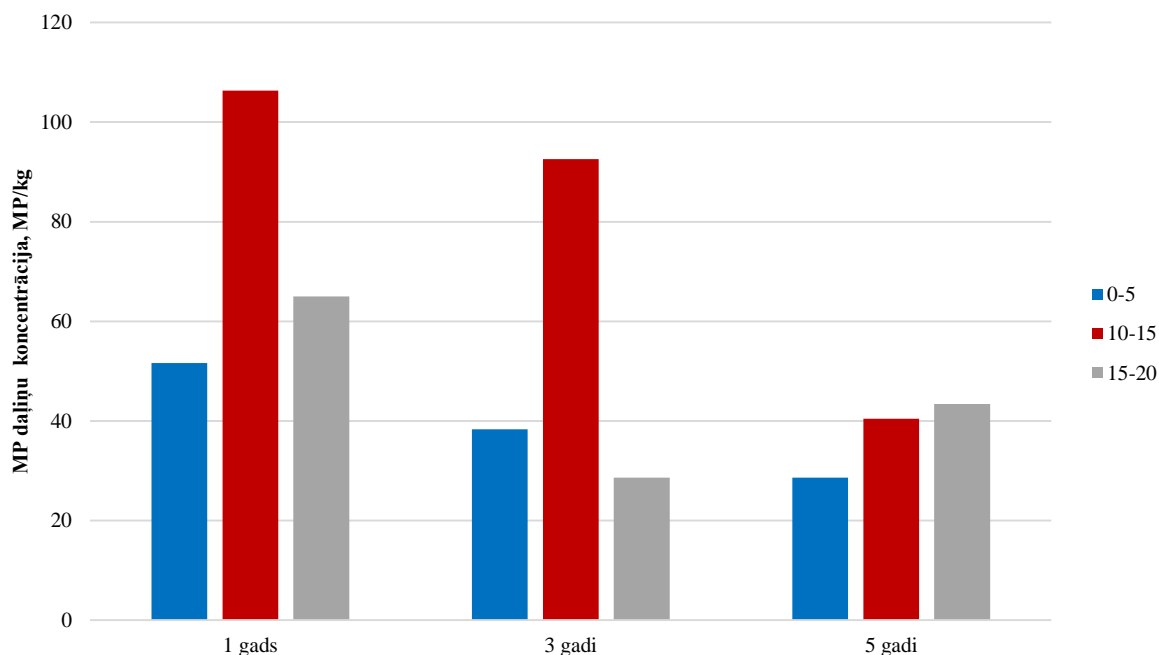
17. attēls. Mikroplastmasas izmēra grupu sadalījums (MP %) NAI 1 2023. gada rudens sezonas paraugos.



18. attēls. Mikroplastmasas izmēra grupu sadalījums (MP %) NAI 1 2023. gada vasaras sezonas paraugos.

Ar notekūdeņu dūņām apstrādātu lauksaimniecības zemju augsnes paraugi

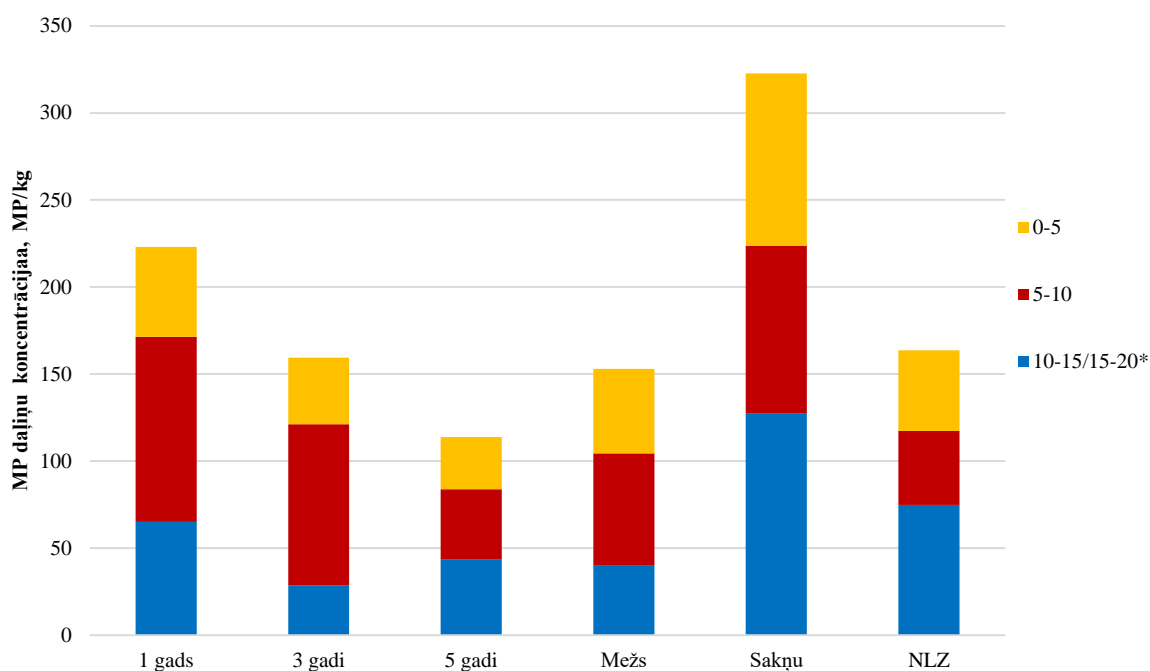
Augstākā MP daļiņu koncentrācija konstatēta augsnēs, kas apstrādātas pirms viena gada dziļuma slānī 10-15cm (19. att.). Tajā konstatētas 106,3 MP daļiņas uz kilogramu sausas augsnes (MP/kg). Tam seko augsne, kas apstrādāta pirms trim gadiem dziļuma slānis 10-15cm, tajā konstatētas 92,5 MP/kg un augsnes, kas apstrādātas pirms viena gada dziļuma slānis 15-20cm (64,9 MP/kg).



19. attēls. Mikroplastmasas daļiņu koncentrācija (MP/kg) ar notekūdeņu aktīvajām dūņām apstrādātās lauksaimniecības augsnēs: 1 gads – apstrāde veikta pirms viena gada; 3 gadi – apstrāde ar dūņām veikta pirms trim gadiem; 5 gadi – apstrāde veikta pirms pieciem gadiem. Dažādas krāsas stabiņi apzīmē dažādus augsnes paraugu dziļumus.

Viszemākās MP koncentrācijas apstrādātajās augsnēs tika konstatēta augsnē kas apstrādāta pirms trim gadiem dziļuma slānī 15-20. Tajā konstatētas 28,6 MP/kg, tam seko pirms pieciem gadiem apstrādātas augsnes dziļuma slānis 0-5cm, tajā konstatētas 30,0 MP/kg. Redzams ka augsnēs, kas apstrādātas senāk konstatētas zemākas MP koncentrācijas, kas varētu liecināt, ka laika gaitā MP daļiņas tiek nonāk dziļāk augsnē.

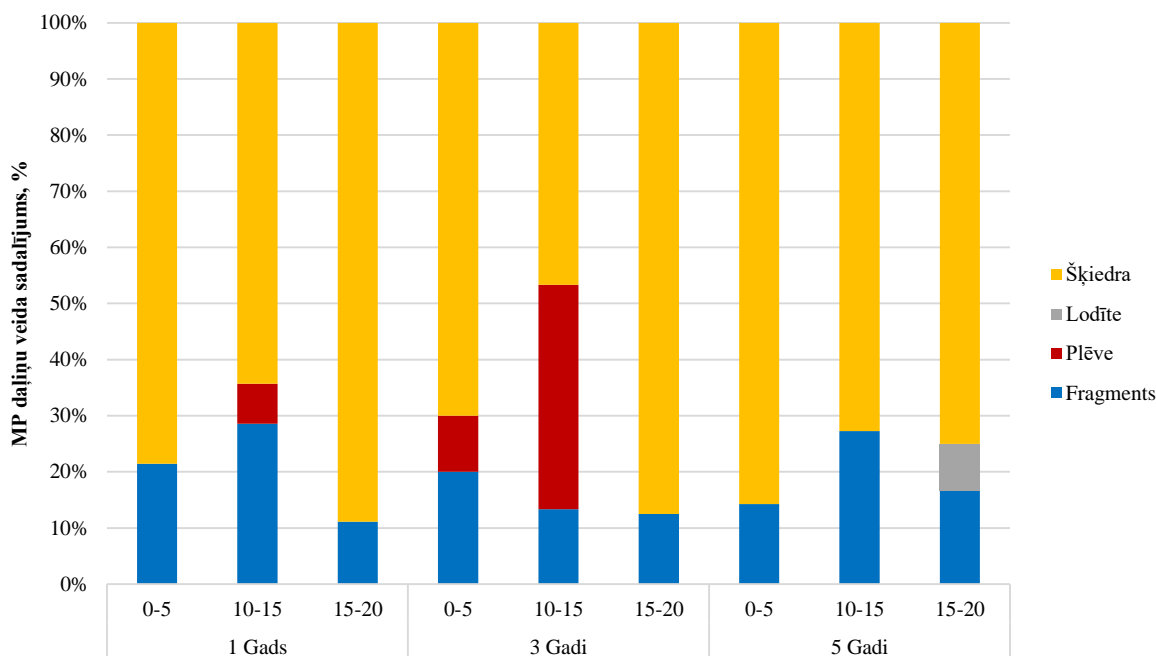
Salīdzinot MP daļiņu koncentrāciju ar dūņām apstrādātās augsnēs un references augsnes paraugos (mežs, sakņu dārzs, ar dūņām neapstrādātas lauksaimniecības zemes) (20. att.) redzams, ka augstākā MP daļiņu koncentrācija ir sakņu dārza augsnē 322,7 MP/kg kopā visos slāņos, tam seko Apstrādāta augsne 1 gads (222,9 MP/kg) un ar notekūdeņu aktīvajām dūņām neapstrādātu lauksaimniecības zemju augsne (163,7 MP/kg).



20. attēls. Mikroplastmasas daļiņu koncentrācija MP/kg augsnes paraugos: 1 gads – ar dūņām apstrādāta lauksaimniecības zeme, apstrāde veikta pirms viena gada; 3 gadi – ar dūņām apstrādāta lauksaimniecības zeme, apstrāde veikta pirms trim gadiem; 5 gadi – ar dūņām apstrādāta lauksaimniecības zeme, apstrāde veikta pirms pieciem gadiem; Mežs – meža augsne; Sakņu – augsne no sakņu dārza; NLZ – ar dūņām neapstrādāta lauksaimniecības zeme. Dažādas krāsas stabiņi apzīmē dažādus augsnes paraugu dziļumus. * Sakņu dārza un meža augsnēm vidējais slānis tika ievākts 5-10cm dziļumā, bet lauksaimniecības zemēm 10-15cm dziļumā, savukārt dziļākais slānis sakņu dārza un meža augsnēm bija 10-15cm dziļumā, bet lauksaimniecības zemēm 15-20cm dziļumā, skat. 1. attēlu.

Viszemākā MP koncentrācija konstatēta Apstrādātā augsnē 5 gadi, tajā kopumā konstatētas 113,8 MP/kg. No references augsnes paraugiem viszemākā MP koncentrācija ir meža augsnei, tajā kopumā konstatētas 152,9 MP/kg, tomēr kopumā visos references paraugos ir lielāks MP daļiņu skaits kā Apstrādātā augsnē 5 gadi. Nav zināms dūņu apjoms kāds iestrādāts visās apsekotajās augsnēs, kā arī nav zināma iepriekšēja dažādo augšņu apstrādes vēsture. Zināms, ka sakņu dārzā un neapstrādātās lauksaimniecības zemēs ir notikusi regulāra cilvēka darbība. Neapstrādātās lauksaimniecības zemes šim mērķim izmantotas vairākus gadu desmitus, kā arī periodiski kā piemājas saimniecības dārzs un lopu ganības. Meža teritorijā un sakņu dārzā arī tika novērotas cilvēka darbības sekas dažādās sadalīšanās stadijās esoši antropogēnie atkritumi. Līdz ar to dažādie rezultāti drīzāk atspoguļo esošo vides piesārņojumu nevis salīdzināmību starp references un ar dūņām apstrādātām augsnēm. Precīzākiem rezultātiem būtu nepieciešami eksperimenti kontrolētos apstākļos.

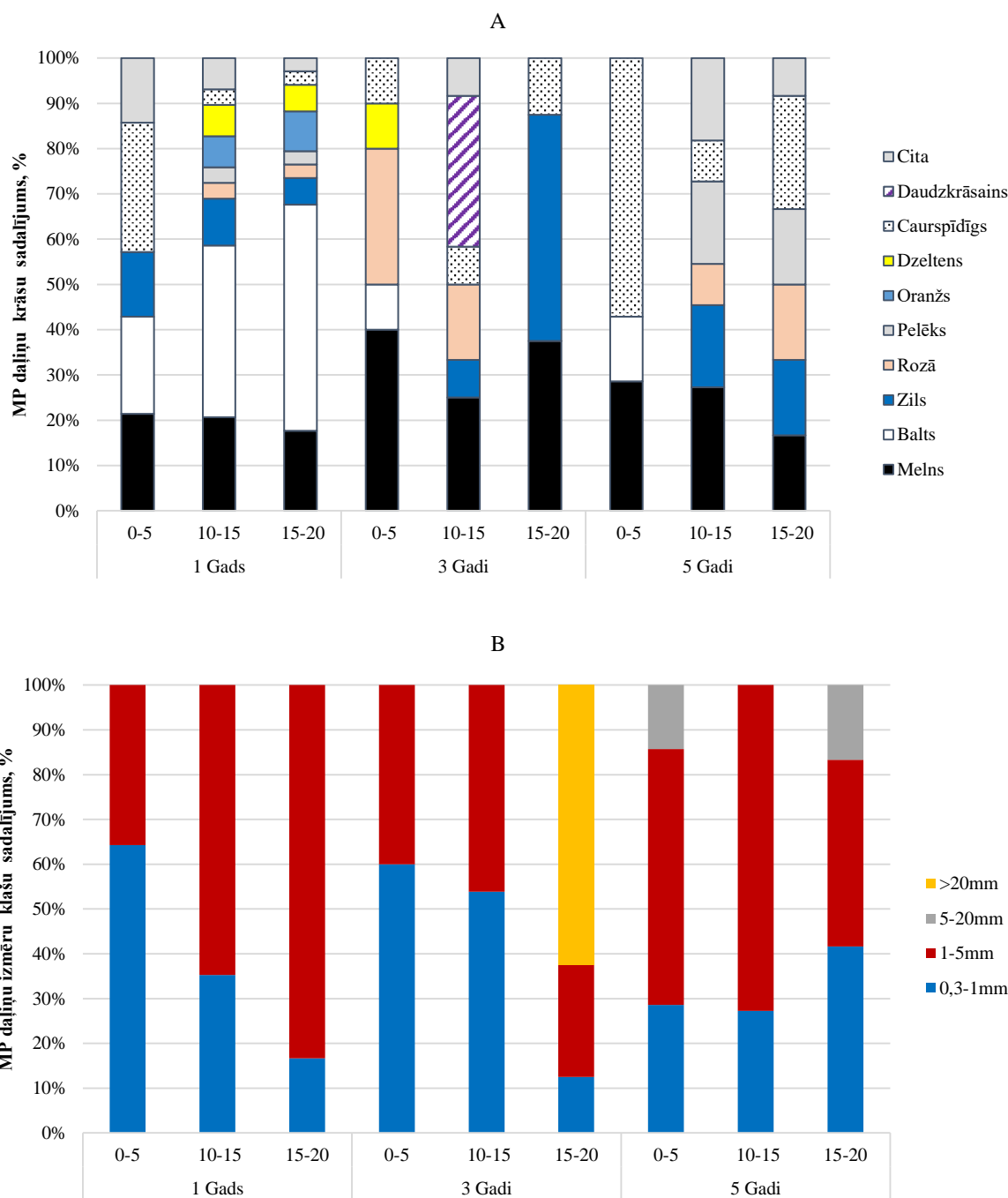
Apstrādātās augsnēs tāpat kā neapstrādātās augsnēs, notekūdeņos un notekūdeņu aktīvajās dūņās, dominējošais MP daļiņu veids ir šķiedras, fragmenti un plēve (21. att.). Putuplasts, granulas un šķiedru sakopojumi netika konstatēti.



21. attēls. Mikroplastmasas daļiņu veida sadalījums (%) lauksaimniecības zemēs dažādos dziļuma slāņos (0-5m, 10-15m, 15-20m): 1 gads- ar dūņām apstrādāta lauksaimniecības zeme, apstrāde veikta pirms viena gada; 3 gadi - ar dūņām apstrādāta lauksaimniecības zeme, apstrāde veikta pirms trim gadiem; 5 gadi - ar dūņām apstrādāta lauksaimniecības zeme, apstrāde veikta pirms pieciem gadiem.

Šķiedras ar notekūdeņu dūņām apstrādātās augsnēs veidoja vidēji 74,2% (46,7-88,9%), fragmenti (18,35%), plēves (6,3%). Līdzīgas tendences tika novērotas ar notekūdeņu aktīvajām dūņām neapstrādātās augsnēs. Tajās šķiedras veidoja vidēji 64% (42,7-78,4%), fragmenti 28,2% (16,2-41,8%), bet plēves 5,8% (0-12%).

Tā pat kā citos paraugu veidos, arī apstrādātās augsnēs dominējošā krāsu grupas ir melna, balta (22. att. A), tās attiecīgi veido 26,7% un 14,8%. Lielu īpatsvaru veido arī caurspīdīgas (17,4%) un zilas (13,7%) daļiņas. Rozā, pelēkas, oranžas, dzeltenas krāsas un caurspīdīgas daļiņas katra veidoja mazāk par 10%. Sadaļā “Cita” apvienotas sarkanās, violetas, zaļas un brūnas krāsas daļiņas.



22. attēls. Mikorplastmasas daļiņu krāsas (A) un izmēra grupu (B) sadalījums (%) lauksaimniecības zemēs: : 1 gads- ar dūņām apstrādāta lauksaimniecības zeme, apstrāde veikta pirms viena gada; 3 gadi - ar dūņām apstrādāta lauksaimniecības zeme, apstrāde veikta pirms trim gadiem; 5 gadi - ar dūņām apstrādāta lauksaimniecības zeme, apstrāde veikta pirms pieciem gadiem.

Apstrādātās augsnēs dominējošās izmēru grupas ir 0,3-1mm un 1-5mm (22. att. B). Izmēra grupā 1-5mm tika konstatētas vidēji 51,8% no visām daļiņām. Savukārt izmēra grupā 0,3-1mm vidēji 37,8% no visām daļiņām. Šāds dominējošo izmēra grupu sadalījums tika konstatēts arī neapstrādātu augšņu paraugos. Izmēra grupa 5-20mm veidoja 3,4% un tā tika konstatēta tikai 5 gadi 0-5 un 5 gadi

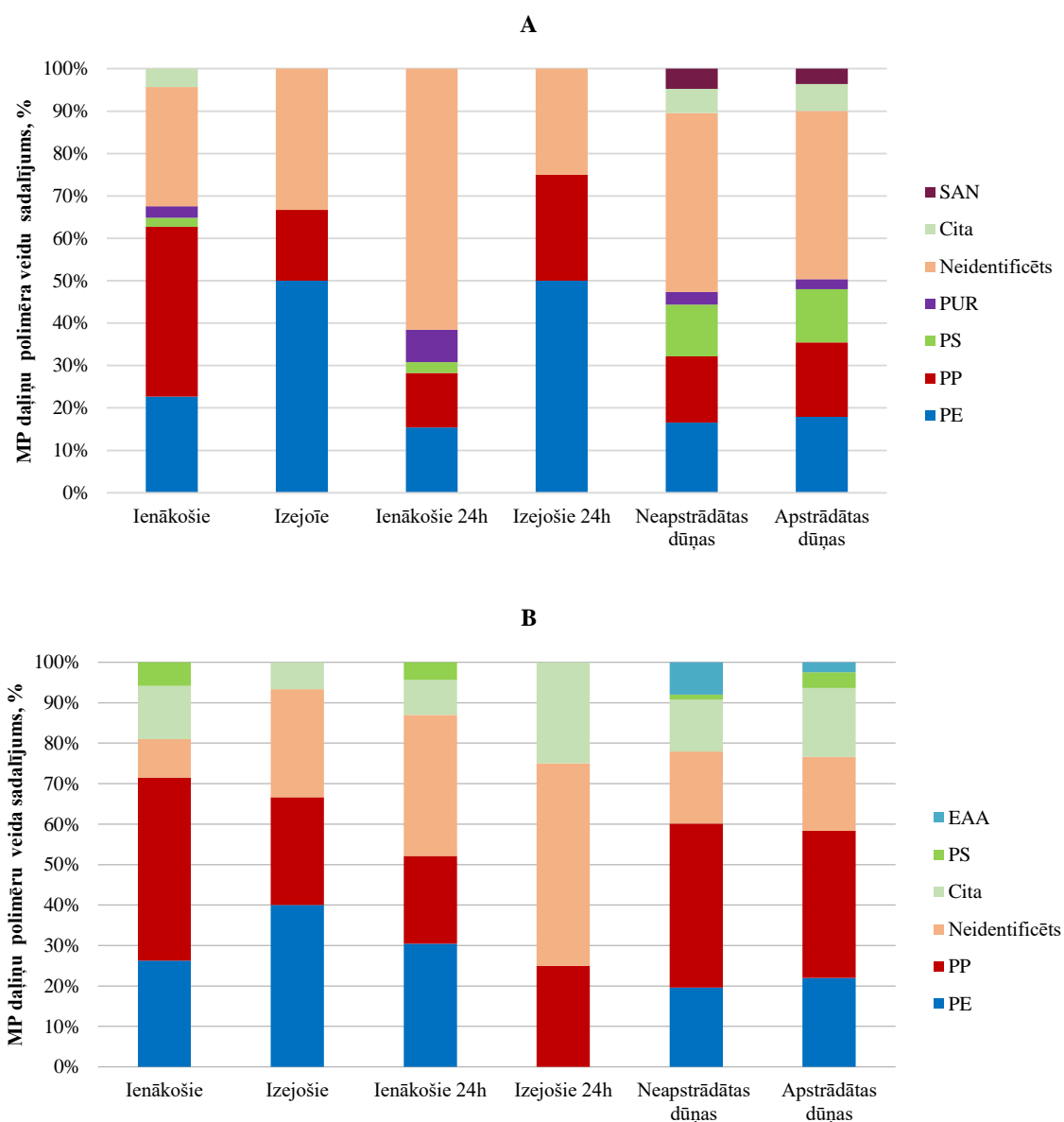
15-20 paraugos. Izmēra grupa >20mm vidēji veido 6,9% no visa daļiņu skaita, bet tika konstatēti tikai 3 gadi 15-20 paraugā.

Polimēru analīze

Polimēru analīze tika veikta visā veida daļiņām (izņemot šķiedras), kuru izmērs bija tai piemērots, jo bieži šķiedras nav piemērotas ķīmiskā sastāva noteikšanas analīzei to mazā izmēra dēļ. Šķiedrām tika pielietota "karstās adatas" metode, kas nesniedz informāciju par polimēru veidu, taču ir iespējams noteikt vai daļiņa ir dabiskas izcelsmes (deg) vai sintētiska (kūst). Kopā no paraugiem tika izņemtas un ķīmiskā analīze veikta 1911 daļiņām. No šīm daļiņām dabīgas izrādījās 129. Par dabīgam konstatētas daļiņas tika izlēgtas no datu rindām un netika ņemtas vērā koncentrācijas un citu parametru analīzē.

Lai uzskatītu ķīmisko analīzi par ticamu, tika noteikts spektra sakritības sliekšnis 80%. Ja spektru saderība ir lielāka par 80%, atbilstība tiek uzskatīta par ticamu, taču visām spektru saderībām jābūt operatora izvērtētām un apstiprinātām. Ja sakritība ir mazāka par 80%, bet augstāka par 60% manuāli jāizvērtē spektra definatīvo pīķu sakritība ar spektru bibliotēku augstāko piedāvāto sakritību. Ja sakritība ir mazāka par 60%, tiek uzskatīts ka sakritības nav. Daļiņas, kurām sakritība nav pietiekama un definatīvo pīķu izvērtējums neļauj ticami noteikt daļiņas polimēru, bet spektrs liecina ka tā varētu būt plastmasa, tika apvienotas un attēlotas sadaļā "Neidentificēts".

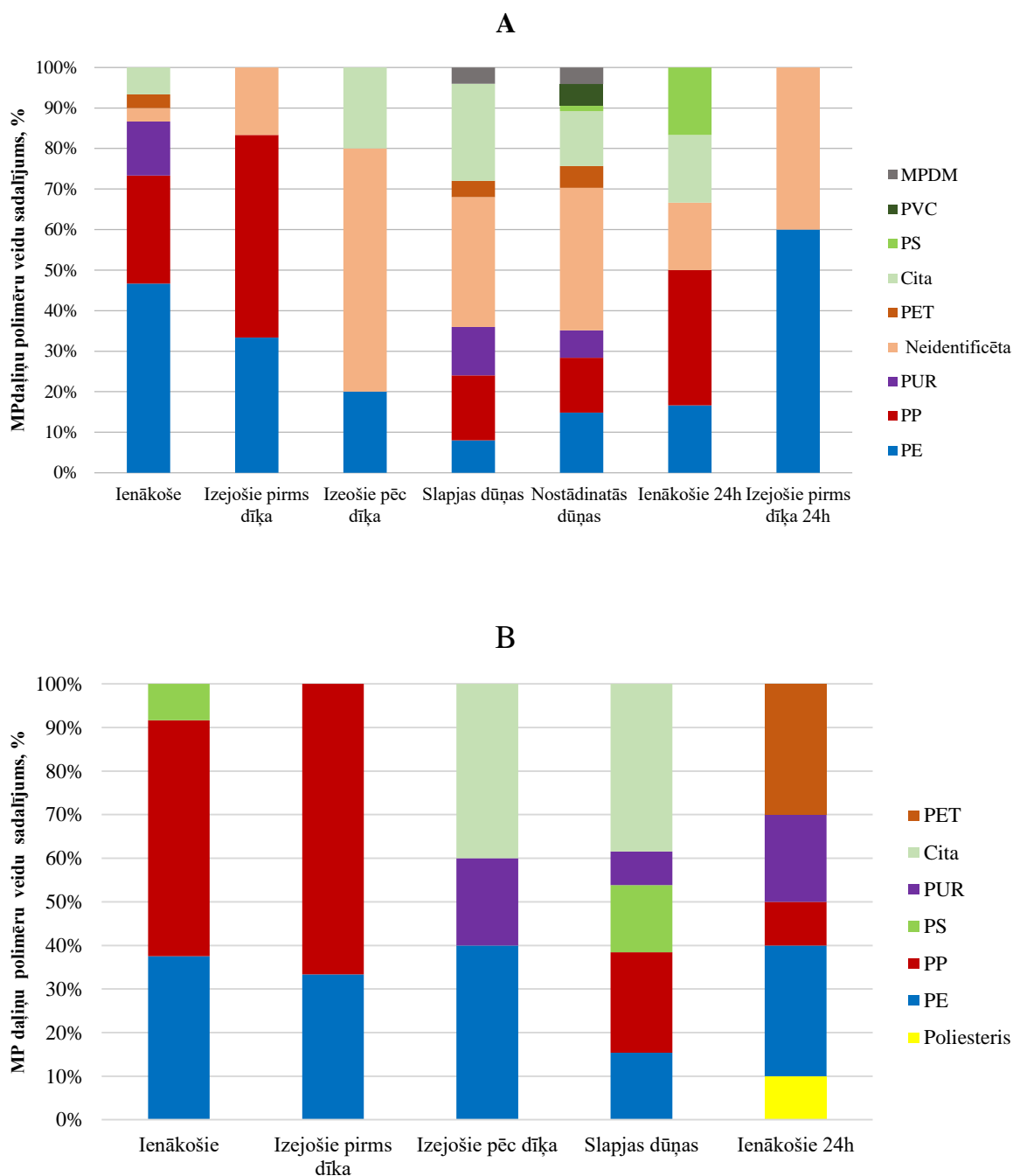
NAI 1 vasaras paraugos (23. att. A) visbiežāk tika identificētas polietilēna (PE) un polipropilēna (PP) daļiņas. PE paraugos veidoja no 14,6 % (Ienākošie 24h) līdz 50% (Izejošie un Izejošie 24h), savukārt PP no 19,2% (neapstrādātas dūņas) līdz 40% (Izejošie). Sadaļā "Cita" apvienoti polimēru veidi, kas veidoja mazāk par 2% no kopējā skaita, piemēram, poliesters, polivinilhlorīds (PVC), neilons, etilēn-propilēn-diēns (MPDM) u.c.



23. attēls. Mikroplastmasas daļiņu polimēru veidu sadalījums (MP %) NAI 1 2023. gada vasaras (A) un rudens (B) paraugos: SAN - Stirola-akrilnitrila sveķi (Styrene-acrylonitrile resin); PS – polistīrēns; PE – polietilēns; PP – polipropilēns; PUR – poliuretāns; EAA - Etilēna akrilskābes kopolimērs (Ethylene Acrylic Acid Copolymer).

NAI 1 Rudens (23. att. B) paraugos arī visbiežāk identificētas PE un PP daļiņas. PE veidoja līdz 40 %, savukārt PP līdz 45% no kopējā daļiņu skaita. Savukārt polistīrēns (PS) un etilēnacrīlskābe (EAA) attiecīgi līdz 5,7% un 9,8%. Sadaļā “Cita” apvienoti polimēri kas veidoja mazāk par 2% no kopējā daļiņu skaita, piemēram, poliesters poliuretāns (PUR), polietilēntereftalāts (PET), polivinilhlorīds (PVC), neilons u.c.

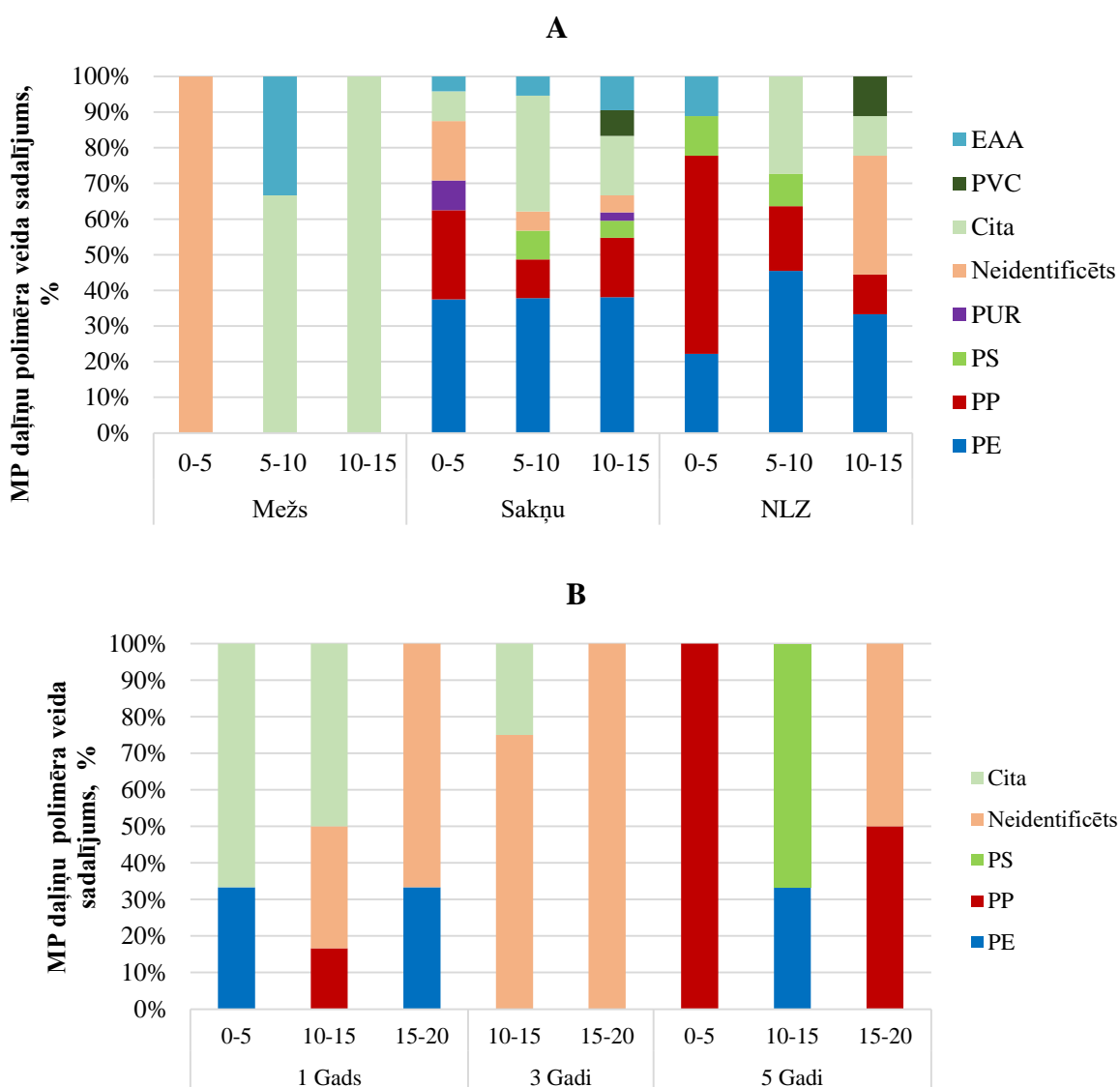
NAI 2 gan vasaras (24. att. A), gan rudens (24. att. B) paraugos dominēja PE un PP polimēru daļiņas. Vasaras paraugos PE veidoja no 8% (Slapjas dūņas) līdz 60% (Izejošie pirms dīķa 24h), bet PP līdz 50% (Izejošie pirms dīķa). Lielu īpatsvaru veidoja arī PUR (līdz 13,3 %, Ienākošie). Sadaļā “Cita” apvienoti polimēri kas veidoja mazāk par 2%, piemēram, EAA, neilons un poliesteris. Izejošajos pēc dīķa paraugos netika konstatēta neviena daļiņa kurai iespējams noteikt polimēru.



24. attēls. Mikroplastmasas daļiņu polimēra veidu sadalījums (MP %) NAI2 2023. gada vasaras (A) un rudens (B) paraugos: PS – polistirēns; PE – polietilēns; PP – polipropilēns; PUR – poliuretāns; PET- Polietilēntereftalāts; PVC – polivinilhlorīds; MPDM - Etilēna propilēna diēna monomēra gumija.

NAI 2 rudens sezonā PE veidoja no 15,4% (Slapjas dūņas) līdz 40% (Izejošie pēc dīķa). Savukārt PP veidoja līdz 66,7% (Izejošie pēc dīķa). Sadaļā “Cita” apvienoti polimēri Ethylene-vinyl acetate (EVA), neilons, PVC, u.c.

Ar dūņām apstrādātās augsnēs (25. att. A) un ar dūņām neapstrādātās augsnēs (25. att. B) novērojamas tāda pati tendence kā notekūdeņos un dominējošie polimēru veidi ir PE un PP. Ar dūņām neapstrādātās augsnēs PE veidoja līdz 45,5% (NLZ 10-15), savukārt PP veidoja līdz 55,6% (NLZ 0-5). Sadaļā “Cita” tika apvienoti tādi polimēri, kas nepārsniedz 2%, piemēram, poliesteris, neilons un EPDM. Lielākā polimēru daudzveidība tika konstatēta augsnes matricās, kur notikusi aktīva cilvēka darbība - NLZ un sakņu dārzs.



25. attēls. Mikroplastmasas daļiņu polimēra veidu sadalījums (MP %) ar notekūdeņu aktīvajām dūņām neapstrādātās (A) un ar notekūdeņu dūņām neapstrādātās (B) augsnes paraugos: PS – polistirēns; PE – polietilēns; PP – polipropilēns; PUR – poliuretāns; PET- Polietilēntereftalāts; PVC – polivinilhlorīds; EAA - Etilēna akrilskābes kopolimērs (Ethylene Acrylic Acid Copolymer).

Ar dūņām apstrādātās augsnēs PE veidoja līdz 33,3%, savukārt PP līdz 100%. Sadaļā “Cita” apvienoti polimēri fluorogļūdeņradis, celofāns, polikarbondiols. Šie polimēri tika konstatēti atsevišķos paraugos un veidoja mazāk ka 1% no kopējā noteikto daļiņu skaita.

Augsnes virskārtas

Analizējot augu daļiņas no augsnes virskārtas redzams, ka ar dūņām neapstrādātu lauksaimniecības zemju gadījumā augsnes virskārtā konstatētas 2 MP daļiņas, savukārt ar dūņām apstrādātās lauksaimniecības augsnēs netika konstatēta neviena MP daļiņa. Sakņu dārza un meža augšņu gadījumā (abi ievākti Lizuma pagastā) virskārtās tika konstatētas attiecīgi 6 MP daļiņas (2 šķiedras, 4 fragmenti) un 10 MP daļiņas (4 šķiedras un 6 fragmenti). Sakņu dārza un meža augsnes virskārtās visi atrastie fragmenti bija polietilēns (PE). Piesārņojums, visticamāk, nācis no lokāla avota, jo lauksaimniecības zemēs tāds netika konstatēts. Augšņu virskārtu rezultāti neietekmē secinājumus par augšņu piesārņojumu ar MP kopumā. Augšņu virskārtās konstatētās daļiņas var reprezentēt arī gaisa un nokrišņu piesārņojumu ar MP.

Fona un kontroles paraugi

Tukšajos fona paraugos (gan laboratorijas gan lauku darbu) augsnēm (gan apstrādātām, gan neapstrādātām) tika konstatēta vidēji viena daļiņa (šķiedra) izmēra grupā 1-5mm (visbiežāk konstatētā izmēra grupa).

Vasaras un rudens sezonas notekūdeņu un to dūņu tukšajos fona paraugos vidēji konstatētas viena līdz vienai daļiņai izmēra grupās 0,3-1mm un 1-5mm, un var secināt ka piesārņojums neietekmēs uz rezultātiem balstītos secinājumus. Kā izņēmums jāmin NAI 2 rudens paraugi Izejošie pirms dīķa, jo kopumā konstatēto daļiņu skaits ir neliels, bet fona piesārņojums liecina, ka patiesais MP daļiņu skaits varētu būt līdz pat 31% lielāks.

Pēc kontroles lodīšu saskaitīšanas secināts, ka notekūdeņu paraugiem ir 80% atgūstamība, savukārt augsnes paraugiem (gan apstrādātās, gan neapstrādātās) atgūstamība ir 89%, kas liecina, ka datu ticamība ir augsta.

Secinājumi

Starp ienākošo (neattīrīto) un izejošo (attīrīto) notekūdeņu paraugiem konstatēta ievērojama atšķirība attiecībā uz mikroplastmasas daļiņu skaitu. Izejošajos notekūdeņos mikroplastmasas daļiņu ir mazāk, samazinājums var būt pat vairāk nekā 90% salīdzinot ar ienākošajiem notekūdeņiem. Samazinājums nav atkarīgs no sezonas - gan vasaras gan rudens paraugos izejošajos notekūdeņos ir mazāk mikroplastmasas salīdzinot ar ienākošajiem notekūdeņiem.

Attīrīšanas procesā atdalītās mikroplastmasas daļiņas visdrīzāk uzkrājas dūņās, jo dažāda veida dūņās divās notekūdeņu attīrīšanas iekārtās konstatēto mikroplastmasas daļiņu skaits bija liels, salīdzinot, piemēram, ar to mikroplastmasas koncentrāciju, kas Latvijā un pasaulē veiktajos pētījumos konstatēts citās vides matricās (piemēram, mikroplastmasas daudzums kilogramā sausu nogulumu vai smilšu).

Lielāks mikroplastmasas daļiņu skaits konstatēts vasaras sezonā. Tas varētu būt skaidrojams ar nokrišņu ietekmi – rudenī, palielinoties nokrišņu daudzumam, mikroplastmasas piesārņojums nav tik koncentrēts.

Lielākās notekūdeņu attīrīšanas iekārtās konstatētais mikroplastmasas piesārņojums būs lielāks nekā mazās notekūdeņu attīrīšana iekārtās, to, visdrīzāk, nosaka ne tikai notekūdeņu daudzums, bet arī piesārņojuma avotu daudzums/koncentrācija, piemēram, māsaimniecību skaits.

Neatkarīgi no sezonas un notekūdeņu attīrīšanas iekārtām dominējošais mikroplastmasas veids ir fragmenti un šķiedras.

Ja tiek ievākti diennakts integrētie paraugi, jāpārlicinās, ka tie tiek ievākti tīros, atbilstoša materiāla traukos un to veic apmācīts personāls.

Visvairāk mikroplastmasas daļiņu tika konstatēts lauksaimniecības zemēs, kas apstrādātas ar dūņām pirms gada (ja salīdzina ar tām, kas apstrādātas pirms trīs un pieciem gadiem), tomēr mikroplastmasas daudzumu augsnē nosaka arī citi, lokāli piesārņojuma avoti kā rezultātā sakņu dārzā var būt vairāk mikroplastmasas daļiņu kā ar dūņām apstrādātās lauksaimniecības zemēs. Šo sakarību konstatēšanai nepieciešami papildus eksperimentāli pētījumi, kur būtu zināms precīzs uz lauka uzlikto dūņu apjoms.

Izmantotās literatūras un avotu saraksts

Edo C.,González-Pleiter M.,Leganés F., Fernández-Piñas F., Rosal, R. 2020. Fate of microplastics in wastewater treatment plants and their environmental dispersion with effluent and sludge.

Environmental Pollution:259, 113837.

Gatidou G., Arvaniti O. S.,Stasinakis A. S. 2018. Review on the occurrence and fate of microplastics in Sewage Treatment Plants. Journal of Hazardous Materials: 367, 504-512.

Ruggero F., Gori R., Lubello C. 2020. Methodologies for Microplastics Recovery and Identification in Heterogeneous Solid Matrices: A Review. Journal of Polymers and the Environment: 28, 739-748.

Uogintė I., Pleskytė S., Pauraitė J., Lujanienė G. 2022. Seasonal variation and complex analysis of microplastic distribution in different WWTP treatment stages in Lithuania. Environ Monit Assess: 194, 829.