



Mikroplaster i rötrest och rejektivatten

Yrkeshögskolan Novia i Vasa har utvärderat rötrestens kvalitet för att se hur användbara produkterna är för konsumenterna. Novia har undersökt vilka metoder som finns att tillgå för att mäta mängden mikroplast i rötrest och rejektivatten från biogasanläggningar i regionen.

MIKROPLAST I MILJÖN

Plast bryts ned väldigt långsamt i naturen, t.ex. för en plastpåse tar det ca 10–20 år innan den sönderdelas till mikroplast, därefter tar det ytterligare hundratals år innan mikroplasten brutits ner. Studier visar på en global spridning av mikroplaster i vattenmiljön, från tätbefolkade områden till avlägsna områden i Antarktis. Mikroplast anses kunna transporteras lång väg med vattenströmmar eller via luften och de har hittats i alla former av marint liv från zooplankton till valar. Mikroplast återfinns även i landekosystem och i mat (ex. bordssalt, honung, socker, öl), i husdamm och i dricksvatten och nu senast även i människans blodomlopp. Vad som klassas som mikroplast och vilka de vanligaste källorna till mikroplast i Finland och Sverige är finns listade i faktarutan och i Tabell 1.

Om mikroplasters skadliga effekter finns flera frågor än svar i nuläget. De mest kända effekterna är att de kan orsaka stor skada på matsmältningsorgan och gälar hos marint liv. Påverkan på den mikrobiologiska aktiviteten i jordmånen och på dagmaskar har även rapporterats. Likaså har man rapporterat om förändringar av jordmånens partikelstruktur och förmåga att lagra vatten, samt att växters biomassa och rotbildning har påverkats av mikroplast i jorden (utförda i laboratorioskala). Enligt en rapport från SAPEA (Science Advice for Policy by European Academies) 2019 anses mikroplasterna inte utgöra någon stor risk för hälsa och miljö i nuvarande koncentrationer även om det kan finnas plaster med risk för effekter. Däremot om tillförseln av mikroplaster till miljön fortsätter i samma takt som idag kan de ekologiska riskerna av mikroplaster vara betydligt mer utbredda om 100 år.

FAKTA OM MIKROPLAST

- Plastpartiklar under 5 mm och plastfibrer under 15 mm klassas som mikroplast.
- De är långsamt nedbrytbara i naturen. Beroende på typ av plast, temperatur och mängd solljus kan nedbrytningen ta flera hundra år.
- Mikroplast kan vara färdigt tillverkade som små partiklar eller bildas vid slitage eller nedbrytning av större plastföremål.

Tabell 1. Källor till mikroplast i Finland och Sverige, uppskattade årliga mängder (Naturvårdsverket, 2017; Setälä, et al., 2020).

Mikroplastkällor	Finland (ton / år)	Sverige (ton / år)
Vägtrafikens däckslitage, vägbeläggningar och -färg	5348–10528	8190
Konstgräsplaner* (tillverkade av gummigranulat)	1000–6000	1640–2460
Plastpelletar/Industriell produktion och hantering av primärplast	359	310–530
Husdamm	96,5	1–19
Tvätt av textilier	5–289	8–950
Fiskodling	31	
Fiskeredskap	17,5	4–46
Hygienprodukter	5,2 [#]	66
Båtbottenfärg		160–740
Målning av byggnader		130–250

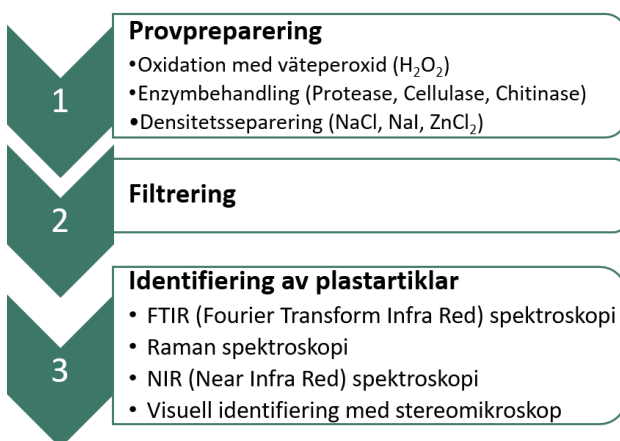
*Baserad på årlig tillsats av fyllmedel för konstgräsplaner.
[#]Spolbara hygienprodukter..

AVLOPPSSLAM OCH ORGANISK GÖDSEL SOM KÄLLOR TILL MIKROPLAST

Studier visar att mikroplast förekommer rikligt i avloppsvatten, men avloppsreningsverken klarar bra av att rena bort mikroplaster från det inkommande vattnet. Undersökningar visar på att 99 % av mikroplaster avlägsnas vid avloppsreningsverken. Däremot är det högst troligt att majoriteten av mikroplasten ackumuleras i avloppsslammet, som i ett senare skede kanske sprids ut på åkermark eller komposteras till jord. I Finland uppskattas mikroplastutsläppen vara högst 10 000 ton / år via spridning av avloppsslam. Det finns också ett fåtal studier som visar att rötrest från biogasanläggningar som rötar bioavfall från hushåll och livsmedelsindustrin innehåller mikroplast.

METODER FÖR MÄTNING AV MIKROPLAST

Än så länge finns ingen standardiserad analysmetod för bestämning av mikroplast i biomaterial. Eftersom proverna innehåller mycket organiskt material behövs en förbehandling; oxidation, enzymbehandling och/eller densitetsseparering. Syftet är att, i bästa fall, få bort alla partiklar som inte är av plast och andra substanser som kan störa den slutliga analysen, men utan att skada plastpartiklarna. Oftast används en kombination av dessa steg beroende på provets typ. Det upplösta provet filtreras sedan och partiklarna som fastnar på filtret undersöks. För att urskilja om en mikropartikel är av plast används främst spektroskopimetoder, såsom FTIR (Fourier Transform Infra Red) och Raman. FTIR kan upptäcka ett brett spektrum av olika plastpolymerer och anses vara en robust teknik för detta ändamål. Stereomikroskop används även, men främst för partiklar > 100 µm (0.1 mm). Figur 1 beskriver analysflödet för mikroplastprover som innehåller mycket organiskt material.



Figur 1. Exempel på hur prover som innehåller mycket organiskt material analyseras för mikroplast.

Enligt vår kännedom erbjuder ett fåtal laboratorier i Sverige mikroplastanalyser för avloppsvatten och slamprover, så som ALS Scandinavia, Eurofins och Svenska Miljöinstitutet. I Finland har Östra Finlands universitet (SIB Labs) specialkunskap i ämnet, men även andra universitet i Finland håller på att utveckla metoder för mikroplastanalys, bl.a. LUT universitetet (Lappeenranta-Lahden teknillinen yliopisto). Även ett kommersiellt laboratorie i Finland, Apila Group, erbjuder mikroplastanalyser för jord, sediment, snö- och vattenprover.

RESULTAT FRÅN UNDERSÖKNING AV RÖTREST OCH REJEKTVATTEN

Vi undersökte mikroplastmängden i rötrest och rejektivatten från bioavfall vid tre provtagningstillfällen och från rötning med avloppsslam vid två tillfällen.



Prover har skickats på analys med FTIR till ALS Scandinavia laboratoriet i Sverige. Resultaten visade att rejektivatten och rötrest från rötning med bioavfall och avloppsslam innehöll alla mikroplaster. Betydligt mera mikroplastpartiklar hittades i fasta fasen än i vätskefasen, vilket överensstämmer med resultat från avloppsreningsverk. Mängden mikroplast varierade stort mellan de tre provtagningarna (Tabell 2). Storleken på de undersökta mikroplastpartiklarna var >40 µm och <5 mm. Mängden mikroplast beror till stor del på mängden plastföroreningar som finns i det inkommande avfallet och resultaten ska därför ses som exempel på mängd mikroplast i respektive provmaterial.

SAMMANFATTNING AV RESULTATEN

- Resultaten visade att både rejektivatten och rötrest från rötning med bioavfall eller avloppsslam innehöll mikroplaster.
- Betydligt mera mikroplastpartiklar hittades i rötresten än i rejektivatten, vilket är i linje med tidigare publicerade resultat.
- Resultaten visar att rötrest från bioavfall eller avloppsslam kan båda innehålla större antal mikroplaster och kan fungera som transportör av mikroplaster ut i miljön.

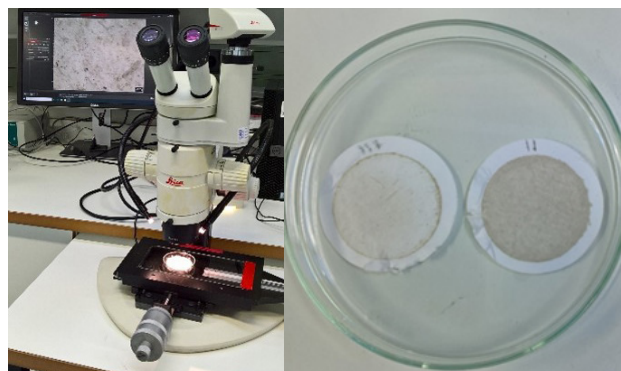
Tabell 2. Medeltal av antal och massa mikroplast i rejecktatten och rötrest från rötning med bioavfall eller avloppsslam. Mängden anges som medeltalvärdet och standardavvikelse (bioavfall n = 3 partikelantal, n = 2 massa mikroplast; avloppsslam n = 2 partikelantal och massa mikroplast). Storleken på de undersökta mikroplastpartiklarna var >40 µm och <5 mm.

Provtyp	Mikroplast-partiklar/ 100 ml	Mikroplast mg/100 ml	Mikroplast g/kg TS
Rejecktatten från bioavfall	183 (±164)	–	–
Rötrest från bioavfall, efter trumsikt	503 (±250)	–	–
Rötrest från bioavfall, före trumsikt	5414 (±7487)	4,9 (±6,8)	5,7 (±7,8)
Rejecktatten från avloppsslam	2,5 (±0,7)	–	–
Rötrest från avloppsslam	1933 (±2470)	6,0 (±8,3)	6,0 (±8,3)

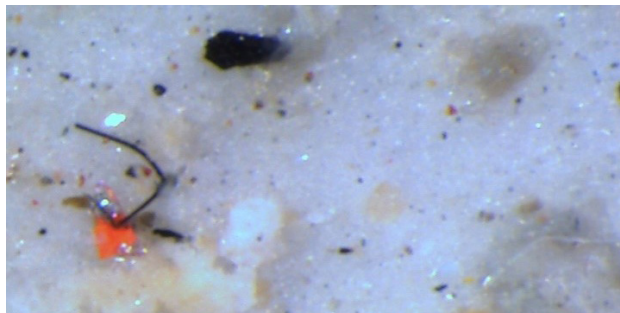
TEST AV PROVPREPARERING OCH VISUELL IDENTIFIERING AV MIKROPLAST

Vid provtagning togs parallella prover för visuell identifiering vid Novia. Provmaterial var rejecktatten eller rötrest från rötning med bioavfall. Vid Novia undersöktes två olika provprepareringssteg, väteperoxid med värme och väteperoxid med en järnkatalysator (FeSO₄ x 7 H₂O + H₂O₂) även kallad Fenton's reaktion. Fenton's reaktion fungerade inte under våra förhållanden. Trots optimeringsförsök erhöles en rostbrun fällning med både rejecktatten- och rötrestprover. Oxidering med 30 % väteperoxid och inkubering vid 55°C, 3–5 dygn gav däremot ett tillfredställande resultat för rejecktattenprover. Rötrestproverna var utmanande och kombinationen oxidering följt av densitetsseparering (med mättad NaCl-lösning) uppvisade ett acceptabelt resultat. Ytterligare enzymbehandling skulle troligen behövts för att få bort det resterande organiska materialet som var kvar i provet. Vakuumfiltrering utfördes på de behandlade proverna och filtren undersöktes visuellt med stereomikroskop utrustad med digitalkamera (Figur 2 och 3).

Identifiering av vilka partiklar som troligen var plast har gjorts enligt Marine & Environmental Research Institute's (MERI) riktlinjer. Mikroplasterna delades in enligt färg och utseende (fibrer, fragment, klot/pellets, skumgummi). Om partikeln var elastisk, inte hade någon cellulär struktur och inte sönderföll vid beröring (med nål eller tandsond) räknades den som en plastpartikel. Fragmenten dominerade bland partiklarna, men även fibrer, klot och skumgummiliknande par-



Figur 2. Stereomikroskop som användes vid visuell identifiering (t.v.) och filtrerade rejecktatten- och rötrestprov (t.h.). Foto: Viveka Öling-Wärnå.



Figur 3. Exempel på mikropartiklar i ett rötrestprov. Foto: Viveka Öling-Wärnå.

tiklar förekom. Största delen av fragmenten var svarta eller blankt bruna, men även fragment i andra färger förekom så som gul, orange, röd, ljusblå, blå, grön, silver eller genomskinlig. Fibrer var till färgen röd, ljusblå, blå, brun, grå eller svart. Kloten var genomskinliga, ljusblåa, bruna eller svarta. Skumpartiklarna var gula och hittades endast i rötresten. Mikroplastantalet i rejecktatten med visuell identifiering var snarlika de resultat som erhöles med FTIR analys från kommersiellt laboratorium. Däremot i rötrestproverna hittades betydligt mera mikroplast med visuell identifiering än med FTIR analys (Tabell 3). Provmängderna (2–5 g) för rötresten var små och kan ha ökat risken för fel, likaså fanns det ännu kvar organiskt material efter filtrering som störde den visuella analysen. Filtren som användes för visuell identifiering hade en mindre porstorlek (2,7 µm) än vad som användes vid FTIR analyserna (40 µm) och fångade således upp mera mikropartiklar.

Vår studie och även tidigare studier bekräftar att visuell undersökning inte är en helt tillförlitlig metod för bestämning av mängden mikroplast i miljöprover. En fördel är ändå att man kan samla information om utseendet och storleken, samt fotografera mikropartiklarna. Denna information kan ha betydelse för att spåra källan till mikroplasten. Visuell undersökning är mest lämplig för partiklar >100 µm och bör kombineras med Raman eller FTIR analys för att ge tillförlitliga resultat.

Tabell 3. Medeltal av antal mikroplast i rejektvatten och rötrest från rötning med bioavfall vid två provtagningstillfällen. Mängden anges som medeltalvärdet och standardavvikelse (visuell identifiering totalt 5 rejektvatten- och 4 rötrestprover; FTIR analys 2 prov av vardera prov-typ). Storleken på de undersökta mikroplastpartiklarna var >2,7 µm och <5 mm för visuell identifiering; > 40 µm och <5 mm vid FTIR.

Provtyp	Visuell identifiering FTIR	
	Mikroplastpartiklar / 100 ml	Mikroplastpartiklar / 100 ml
Rejektvatten från bioavfall	313 (±98)	271 (±86)
Rötrest från bioavfall, efter trumsikt	7273 (±3059)	640 (±113)

ATT TÄNKA PÅ VID ANALYS AV RÖTREST OCH REJEKTVATTEN VID BIOGASANLÄGGNING

- Anlita ett laboratorie med expertis inom mikroplast och tidigare erfarenhet av att hantera provmatriser med hög halt av organiskt material för att få tillförlitliga resultat.
- Analyslaboratoriet bör ha ett brett bibliotek för identifiering av plastpolymerer.
- Iaktta "plast-fria" förhållanden även under provtagningen, t.ex. med hink av zink eller rostfritt stål och provkärn av glas med metallock.
- Upprepad provtagning rekommenderas, eftersom stor variation kan förekomma beroende på mängden plastföroreningar i substratet.

För mer information

Viveka Öling-Wärnå, Yrkes högskolan Novia



KÄLLOR

Ajith, N, S Arumugam, S Parthasarathy, S Manupoori, och S Jana- kiraman. 2020. "Global distribution of microplastics and its impact on marine environment- a review." *Environmental Science and Pollution Research* 27:25970-25986.

Allen, S, D Allen, VR Phoenix, G Le Roux, P Durantez Jimenez, A Simonneau, o.a. 2019. "Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment." *Nat. Geosci.* 12, 339–344.

Boots, B, C Russell, och D Green. 2019. "Effects of Microplastics in Soil Ecosystems: Above and Below Ground." *Environ. Sci. Technol* 53, 11496–11506.

Cunningham, E, S Ehlers, J Dick, J Sigwart, K Linse, J Dick, och K Kirakoulakis. 2020. "High Abundances of Microplastic Pollution in Deep-Sea Sediments: Evidence from Antarctica and the Southern Ocean." *Environ Sci Technol* 54(21):13661-13671.

Huerta Lwanga, E, H Gertsen, H Gooren, P Peters, T Salanki, M van der Ploeg, E Besseling, A Koelmans, och V Geissen. 2016. "Microplastics in the Terrestrial Ecosystem: Implications for Lumbricus terrestris (Oligochaeta, Lumbricidae)." *Environ. Sci. Technol.* 50, 2685–2691.

Kontrick, A. 2018. "Microplastics and Human Health: Our Great Future to Think About Now." *Journal of Medical Toxicology* 14:117-119.

Lenz, R, K Enders, C Stedmon, D Mackenzie, och T Nielsen. 2015. "A critical assessment of visual identification of marine microplastic using Raman spectroscopy for analysis improvement." *Marine Pollution Bulletin* 100: 82-91.

Leslie, H, M van Velzen, S Brandsma, A D Vethaak, J Garcia-Vallejo, och M Lamoree. 2022. "Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood." *Environmental international* 163:107199.

Ljung, E, K Borg Olsen, PG Andersson, E Fältström, J Voltertsen, HB Wittgren, och M Hagman. 2018. Mikroplaster i kretsloppet. *Svensk Vatten Ab*.

Löder, M, H Imhof, M Landehoff, L Löschel, och C Lorenz. 2017. "Enzymatic Purification of Microplastics in Environmental Samples." *Environmental Science & Technology* 51: 14283–14292.

Machando, A, C Lau, J Till, W Kloas, A Lehmann, R Becker, och M Rillig. 2018. "Impacts of Microplastics on the Soil Biophysical Environment." *Environ. Sci. Technol.* 52, 9656–9665.

Machando, A, C Lau, W Kloas, J Bergmann, J Bachelier, E Faltin, R Becker, A Görlich, och M Rillig. 2019. "Microplastics Can Change Soil Properties and Affect Plant Performance." *Environ. Sci. Technol.* 53, 6044–6052.

MERI. u.d. Guide to microplastic identification. Blue Hill, ME: Marine and Environmental Research Institute.

Naturvårdsverket. 2017. "Mikroplaster (Redovisning av regeringsuppdrag om källor till mikroplaster och förslag på åtgärder för minskade utsläpp i Sverige)." Bromma: Naturvårdsverket.

Nilsson, J. 2017. Förekomst av mikroplast i åkermark gödsklad med avloppsslam. Examensarbete i miljövetenskap. Göteborg: Göteborgs universitet.

SAPEA. 2019. A Scientific Perspective on Microplastics in Nature and Society. Berlin: SAPEA.

Setälä, O, S Suikkanen, H Dahlbo, O Hakala, M Ikonen, V Intovuori, H Kaartokallio, o.a. 2020. Suomen merialueen roskaantumisen lähteet. Helsinki: Suomen ympäristökeskus (SYKE).

Talvitie, J, A Mikola, O Setälä, M Heinonen, och A Koistinen. 2017. "How well is microlitter purified from wastewater? A detailed study on the stepwise removal of microlitter in a tertiary level wastewater treatment plant." *Water Research* 109: 164-172.

Weithmann, N, JN. Möller, M Löder, och S Piehl. 2018. "Organic fertilizer as a vehicle for the entry of microplastic into the environment." *Science Advances* 4: eaap8060 (1-7).

Zhu, F, C Zhu, C Wang, och C Gu. 2019. "Occurrence and Ecological Impacts of Microplastics in Soil Systems: A Review." *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 102:741-747