

Suomen merialueen roskaantumisen lähteet

Outi Setälä ja Sanna Suikkanen (toim.)



Suomen merialueen roskaantumisen lähteet

Outi Setälä ja Sanna Suikkanen (toim.)



SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN RAPORTTEJA 9 | 2020

Suomen ympäristökeskus

Merikeskus

Kirjoittajat: Helena Dahlbo¹, Olli Hakala², Mirja Ikonen³, Ville-Veikko Intovuori³, Hermann Kaartokallio¹, Anna Kukkola¹, Antti Lappalainen⁴, Pinja Näkki¹, Kaisa Pikkarainen¹, Antti Räike¹, Liisa Saikkonen¹, Erika Sainio¹, Hanna Salmenperä¹, Eila Seppänen⁴, Outi Setälä¹, Markus Sillanpää¹, Sanna Suikkanen¹, Julia Talvitie¹

1) Suomen ympäristökeskus, 2) WSP Finland Oy, 3) Liikenne- ja viestintävirasto Traficom, 4) Luke

Vastaava erikoistoimittaja: Riitta Autio

Rahoittaja/toimeksiantaja: Euroopan meri- ja kalatalousrahasto

Julkaisija ja kustantaja: Suomen ympäristökeskus (SYKE)

Latokartanonkaari 11, 00790 Helsinki, puh. 0295 251 000, syke.fi

Taitto: Wilma Viljanmaa

Kannen kuva: Tuomas Lahti

Julkaisu on saatavana veloitusetta internetistä: www.syke.fi/julkaisut | helda.helsinki.fi/syke sekä ostettavissa painettuna SYKEN verkkokaupasta: syke.juvenesprint.fi

ISBN 978-952-11-5139-2 (nid.)

ISBN 978-952-11-5140-8 (PDF)

ISSN 1796-1718 (pain.)

ISSN 1796-1726 (verkkoj.)

Julkaisuvuosi: 2020

TIIVISTELMÄ

Meriympäristön roskaantumisen hillitsemiseksi tarvitaan kustannustehokkaita toimenpiteitä. Jotta toimenpiteet voidaan kohdentaa oikein, tarvitaan suunnittelun tueksi ajantasaista tietoa Suomen meriympäristössä olevan roskan määrästä, laadusta, lähteistä ja kulkeutumisreiteistä sekä ison, silminnähtävän, että mikroskooppisen pienen roskan osalta. Nyt käsillä oleva selvitys toteuttaa Suomen merenhoitosuunnitelmassa vuosille 2016–2021 annettua ROSKAT 1 -toimenpiteen tehtävää, jossa selvitetään rantojen ja meriympäristön roskaantumisen tila, roskien alkuperä, määrä ja lähteet koko Suomen rannikko- ja merialueella. Selvitys on laadittu osana Euroopan Meri- ja Kalatalousrahaston rahoittamaa RoskatPois!-hanketta (2017–2019).

Roskia päätyy ympäristöön monista lähteistä ja eri reittejä pitkin, eikä eri osatekijöiden merkitystä ole aiemmin selvitetty. Myös tiedot meriroskan määrästä ovat toistaiseksi puutteelliset. Esimerkiksi rannoille päätynyt roska on vain pieni osa kaikesta jätteestä, jota meriympäristöön joutuu ihmistoimintojen seurauksena. Arvioiden mukaan jopa suurin osa maailman merien roskasta on näkymättömissä meren pohjalla (n. 70 %). Tästä huolimatta merien roskaantumista seurataan kaikkialla maailmassa, myös Itämeren ympäryksissä ja Suomessa, yleisimmin rannoilta ohjeiden mukaan kerätyn ja luokitellun roska-aineiston avulla. Monissa maissa rantaroska-aineistoa täydennetään pohjaroskien seurannalla, jota yleensä toteutetaan pohjatroulauksen avulla. Pohjoisella Itämerellä (mm. Suomen koko rannikkoalueella) pohjatroulausta ei käytetä ja muutkin seurantamenetelmät ovat vaikeita toteuttaa samean veden ja huonon näkyvyyden takia. Sukeltamalla ja vedenalais kuvauksen avulla tehdyt havainnot ovat mahdollisia vain matalilla merialueilla.

Roskat eivät kunnioita maiden välisiä rajoja, eikä ympäristöstä löytyvään roskaan yleensä liity selkeää tietoa, jonka perusteella voisi päätellä jotakin sen alkuperästä. Roskat voivat siirtyä sateen, tuulen, sulamisvesien, virtaavien vesien ja virtausten, eläinten ja ihmisten tarkoituksellisen toiminnan seurauksena. Etenkin suhteellisen kevyet muoviroskat voivat kulkeutua kauas päästölähteestään. Roskat myös hajoavat ja haurastuvat päädyttyään luontoon, jolloin niiden koko, määrä ja ominaisuudet muuttuvat.

Vuonna 2012 käynnistetty rantaroskaseuranta on tuottanut toistaiseksi pääosan Suomen meriroska-aineistosta. Rantaroska-aineistoa oli vuoden 2018 loppuun mennessä kerätty noin kolmesti vuodessa yhteensä 14 merenrannalta eri puolilta Suomea. Tuloksista käy ilmi, että kaikki rantatyypit (kaupunkirannat, välimuotoiset rannat, luonnontilaiset rannat) huomioiden noin 90 % roskista on erilaisia muovi- tai vaahdotuotteita. Kaupunkirannoilla ja välimuotoisilla rannoilla tupakantumppien osuus kaikesta roskasta on keskimäärin lähes 70 %, mutta luonnontilaisilla rannoilla vain 5 %. Mikäli tupakantumpeja ei huomioida, noin 45 % rantaroskasta on tunnistamattomia muovikappaleita tai -riekaleita kaikilla rantatyypeillä.

Rantaroska-aineiston perusteella roskien kokonaismäärässä ei ole tapahtunut merkittävää muutosta vuosina 2012–2018. Kaikki rannat ja kaikki seurantakerrat huomioiden Suomen rannoilla on keskimäärin 240 roskakappaletta tuhannella neliömetrillä. Roskamäärät ovat keskimäärin pienimpiä luonnontilaisilla rannoilla (98 roskaa / 1 000 m²) ja suurimpia urbaaneilla rannoilla (394 roskaa / 1 000 m²). Erilaisten rantaroskan lähteiden merkitystä roskaseurantarannoilla selvitetiin matriisipisteytymenettelmällä. Lähdanalyysin avulla pyrittiin tunnistamaan merkittävimmät rantaroskan lähteet kullakin rannalla ja rantatyyppillä perustuen todennäköisyyksiin ja huomioiden mahdollisuuden, että tietty roskatyyppi voi olla peräisin useammasta kuin yhdestä lähteestä. Kaikilla rantatyypeillä matkailu ja rannankäyttäjät arvioitiin suurimmaksi roskanlähteeksi, jonka tuottama osuus rantaroskista oli noin 40–60 %. Kaiken kaikkiaan kaupunkirannoilla ja välimuotoisilla rannoilla noin 74–82 % roskista arvioitiin olevan maaperäisistä lähteistä (virkistyskäyttö, valumavedet, rakentaminen ja jätteen hylkääminen), kun taas luonnontilaisilla rannoilla maaperäisten lähteiden osuus oli keskimäärin 56 % ja meriperäisten (meriliikenne ja kalastus) 44 %.

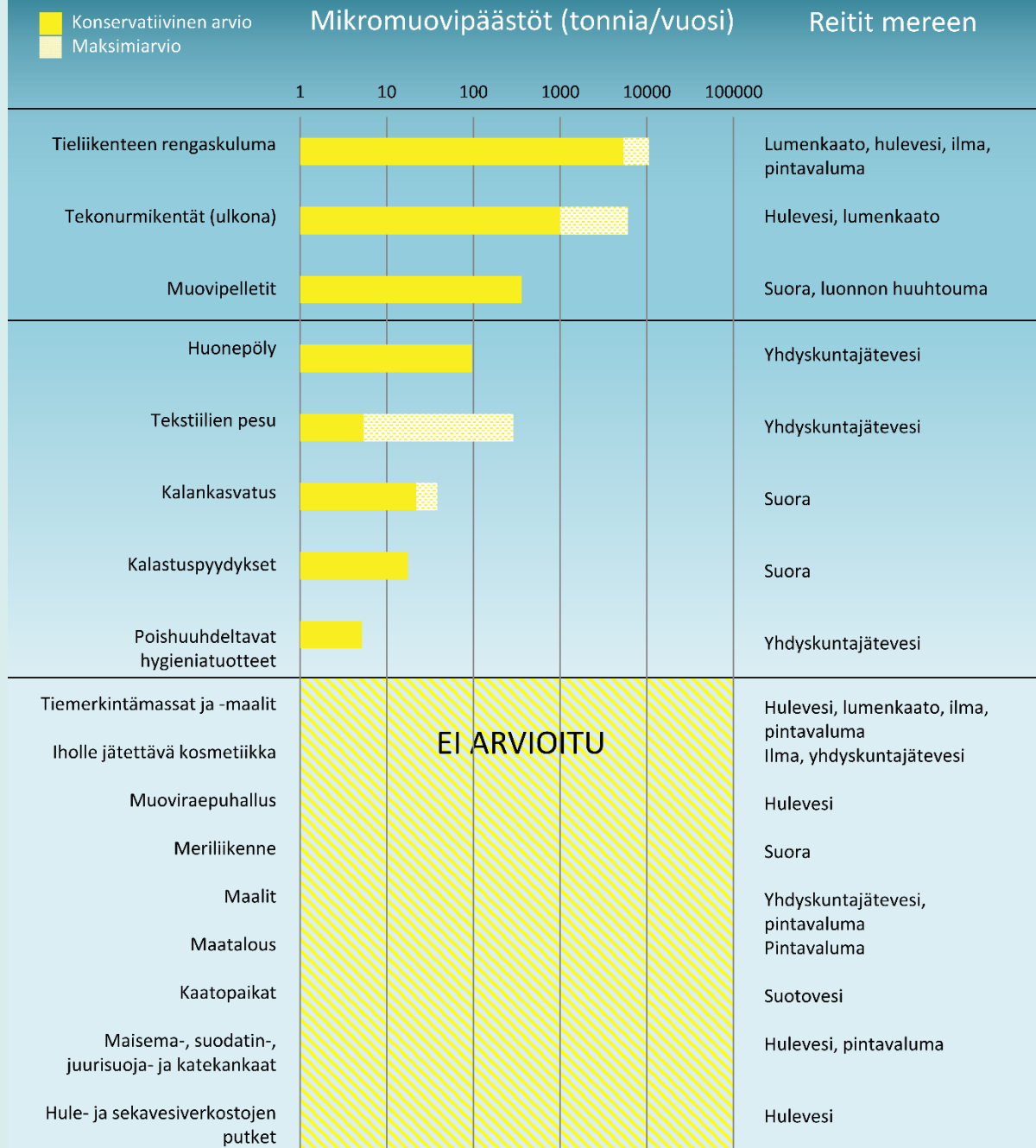
Suomen merenrantakaupungeille lähetetyn kyselyn avulla kartoitettiin kaupunkien meriroskan lähteitä ja reittejä ja arvioitiin eri lähteiden roskantuotannon todennäköisyyttä huomioiden paikalliset

olosuhteet. Kysely oli jaettu tärkeimpien roskalähteiden ja reittien perusteella aihealueisiin, joihin kuuluivat mm. erilaiset kaupungin järjestämät palvelut (esim. jätehuolto, katujen puhtaanapito, jätevedenkäsittely) ja taloudelliset toiminnot (virkistys ja matkailu, kauppa ja teollisuus, maanviljely). Kyselyyn vastasi 22 kaupunkia, jotka jaettiin asukaslukunsa mukaan kolmeen kokoluokkaan: isot (>100 000 asukasta), keskisuuret (20 000–100 000 asukasta) ja pienet (<20 000 asukasta) kaupungit. Tulosten perusteella huulavesien puhdistus koettiin meren roskaantumisen kannalta riittämättömäksi kaikenkokoisissa kaupungeissa. Keskikokoisissa kaupungeissa ongelmia aiheuttivat toistuvasti viemärien ylivuototilanteet, kun taas suurissa kaupungeissa meriroskan syntymiseen vaikuttavia tekijöitä olivat yhdyskuntajätteen laiton hylkääminen, kaduilta poistetun lumen varastointi ja hävitys, tupakantumpeille tarkoitettujen roska-astioiden riittävyys sekä rakennus- ja purkutyoit.

Mikroskooppisen pienen roskan, mikroroskan ja mikromuovin, tutkimus- ja seurantamenetelmiä on kehitetty jo joitakin vuosia eri puolilla maailmaa, mutta yhdennettyä ohjeistusta ei vielä ole saatu laadittua. Samaan aikaan huomio on siirtynyt yhä pienempiin ja pienempiin hiukkasiin, joiden tutkimiseen käytetyt menetelmät ovat entistä haastavampia. Mikroroskan määrää Suomen merialueilla on tutkittu vuodesta 2012 alkaen. Toistaiseksi suurin osa näytteistä on kerätty pintahaavilla, johon kertyvät yli 0,3 mm:n kokoiset roskahiukkaset. Erään näin kerätyn aineiston perusteella avomerialueilla mikroroskan kokonaismäärä Suomenlahdella oli alle kolme roskahiukkasta kuutiometrissä. Tästä kuituja oli suurin osa, ja varsinaisia mikromuoviksi luokiteltuja hiukkasia alle yksi kuutiometrissä. Suomen rannikkoalueella tehdyn tutkimuksen perusteella mikromuovimäärät rannikon pintavedessä olivat avomerellä havaittuja suuremmat ($16,2 \pm 11,2$ kpl m^{-3}). Sekä pintavedessä että sedimentissä havaittujen mikromuovihiukkasten määrä kasvaa sitä mukaa, mitä pienempiä kokoluokkia voidaan sisällyttää analyysiin. Tähän mennessä saatujen tulosten perusteella rannikkosedimenttien mikromuovimäärissä voi olla merkitseviä eroja näytteenottopaikkojen välillä. Maailmanlaajuisestikin poikkeuksellisen paljon mikromuovia havaittiin Porvoon edustan pohjasedimentistä (22 mikromuovihiukkasta / g sedimenttiä). Näytteenotto tulisi ulottaa pintaveden lisäksi myös syvempiin vesikerroksiin sekä sedimenttiin, jotta kuva mikromuovien määristä ja alueellisesta määrien vaihtelusta tarkentuisi.

Euroopassa tehtyjen eri mikroroskaselvitysten tulokset poikkeavat toisistaan hyvinkin paljon. Mikromuovien lähteitä on arvioitu käyttämällä apuna saatavilla olevia tietoja ihmisten kulutustottumuksista, tuotteiden tuotantoprosesseista, materiaalien kulumisesta ja materiaalivirroista. Menetelminä on käytetty haastatteluja ja julkaistujen tietojen koostamista. Arvioiden takana on erilaisia oletuksia ja laskentatapoja sekä mahdollisesti mallinnusta, mutta yleensä ei mittaustietoa, mistä johtuen arviot voivat poiketa paljonkin. Myös nyt käsillä olevassa RoskatPois!-hankkeen laatimassa Suomea koskevassa selvityksessä on keskitytty mikroroskien sijaan mikromuoveihin. Selvityksessä pyrittiin huomioimaan tärkeimmät sellaiset lähteet, joiden osuutta mikromuovikuormituksen aiheuttajina oli tutkittu myös muissa, etenkin Pohjoismaissa tehdyissä selvityksissä, ja joita on laajemmin pidetty merkittävinä (ks. kaavio mikromuovilähteistä alla). Tuloksia tarkastellessa on huomattava, että laskentaperiaatteella, tai esimerkiksi jollakin yksittäisellä kertoimella, voi olla suuri vaikutus arvion lopputulokseen. Lisäksi on muistettava, että tässä arvioissa ei ole lainkaan huomioitu sellaista mikromuovia, joka pikkuhiljaa muodostuu ympäristössä jo valmiiksi olevasta muovijätteestä, koska käytössä ei ole tietoa tämän ”muovivaraston” määrästä.

RoskatPois!-hankkeen tunnistamat mikromuovilähteet ja niistä aiheutuvat arvioidut vuosittaiset päästöt* Suomessa



* Arviot ovat kokonaispäästöjä, eivätkä kuvaa mereen päätyvää kuormitusta.

RoskatPois!-hankkeen tunnistamat mikromuovilähteet ja niistä aiheutuvat arvioidut vuosittaiset päästöt Suomessa, sekä todennäköisimmät kulkeutumisreitit mereen. Kuvassa on esitetty sekä konservatiivinen että maksimiarvio kyseisen lähteen tuottamasta mikromuovimäärästä. Huomaa logaritminen asteikko.

RoskatPois!-hankkeessa tehtyjen arvioiden mukaan merkittävin yksittäinen mikromuovien lähde Suomessa on tieliikenne. Mikromuovipäästöjä syntyy tiemerkitöiden sekä kulkuneuvojen jarrujen ja renkaiden kulumisesta. Nyt esitettävässä arvioissa (5 348–10 528 tn/vuosi) on tarkasteltu näistä ainoastaan renkaiden kulumisesta aiheutuvia mikromuovipäästöjä. Tekonurmikenttien osalta tarkasteltiin ulkokäytössä olevista jalkapallokentistä aiheutuvia täyteainepäästöjä SBR-kumirouheen osalta. Lähes samaa suuruusluokkaa ovat arviot muovituotteiden raaka-aineista, eli muovipelleteistä, aiheutuvista päästöistä (359 tn/vuosi) ja maksimiarviot keinokuitutekstiilien pesusta aiheutuvista päästöistä (5–289 tn/vuosi). Tekstiilien pesusta irtoavien kuitujen määrää on tutkittu pesemällä erityyppisiä tekstiilejä erilaisilla pesuohjelmilla ja erityyppisillä pesukoneilla. Koska saadut tulokset vaihtelevat tutkimuksesta riippuen hyvin paljon, on ero konservatiivisten ja maksimipäästöjen välillä suuri. Vaikka varsinaisia mikromuovipäästöjä mereen ei Suomen päästöarvioissa olekaan huomioitu, voi tekstiilipäästöjen osalta todeta, että häiriöttömästi toimiessaan nykyaikaiset jätevedenpuhdistamot poistavat tehokkaasti yhdyskuntajätevesissä olevaa mikromuovia (toistaiseksi tutkituissa, >0,02 mm:n kokoluokissa), joten näistä päästöistä vain muutama prosentti päätyy vastaanottavaan vesistöön. Pellettipäästöt ovat todennäköisesti nyt arvioituja pienempiä, koska osa pelleteiksi arvioidusta alkumuotoisesta muovista on todellisuudessa jauheita ja liuoksia, ei pelkäästään pellettejä.

Kosmetiikan ja henkilökohtaisen hygienian hoitoon tarkoitettujen tuotteiden (HKH-tuotteet) osalta tarkasteltiin vain iholta pois huuhdeltavissa tuotteissa olevia, vedessä kiinteässä olomuodossa olevia muovipolymeerejä, jotka on tarkoituksellisesti lisätty tuotteisiin, keskittyen 18 yleisimmän tunnistetun muovipolymeerin määrän arviointiin. Sellaiset tuotteet, joita ei ole tarkoitettu heti käytön jälkeen huuhdella pois (mm. huulipunat, kynsilakat, meikkivoiteet, hiusvaha jne.) jätettiin arvion ulkopuolelle. Nyt tehdyn laskennallisen arvion mukaan pois huuhdeltavista HKH-tuotteista aiheutuvat mikromuovipäästöt (5,2 tn/vuosi) ovat etenkin muihin arvioituihin päästölähteisiin nähden alhaiset. Tästä huolimatta esimerkiksi kuorintavoiteissa käytettyjä polyeteenihiukkasia esiintyy jätevedenpuhdistamoista otetuissa mikromuovinäytteissä.

Toisin kuin maalla syntyvät mikromuovipäästöt, joiden todellista päättymistä mereen on vaikea arvioida, päätyvät merellä syntyvät päästöt usein suoraan mereen juuri siinä paikassa missä ne syntyvät. Merien päästöjen osalta nyt tehdyissä arvioissa tarkastelun kohteena olivat erityisesti kalastuksen ja kalankasvatuksen yhteydessä syntyvät mikromuovipäästöt. Tehtyjen laskelmien perusteella Suomen merialueen kaupallisessa kalastuksessa pyynnin aikana pyydyksistä irtoava mikromuovikuormitus on vuositasolla enimmillään noin 17,5 tonnia valtaosan tästä ollessa peräisin rysä- ja troolikalastuksesta, kun taas kalankasvatuksen verkkoaltaiden rakennemateriaaleista irtoavan mikromuovien enimmäisarvioksi saatiin 31 tonnia vuodessa. Todellisuudessa kuormitus lienee tuntuvasti pienempi, sillä verkkokassit käsitellään yleensä antifouling-maaleilla, jotka vähentävät varsinaisten rakennemateriaalien kulumista.

Tausta-aineiston vähyden vuoksi ei toistaiseksi ole arvioitu kaikkia tunnistettuja mikromuovien lähteitä. Jotta kuva päästölähteistä tarkentuisi, tarvitaan yhteistyötä eri alojen toimijoiden kesken. Tulevaisuudessa olisi tarpeellista tarkastella muun muassa rakentamisesta ja purkutoiminnasta, sekä maataloudesta ja puutarhanhoidosta aiheutuvia mikromuovipäästöjä. Merenkulun päästöjä tulee tarkastella alusmaalien ja pinnoitteiden osalta. Lisäksi olisi erittäin tarpeellista pystyä arvioimaan ympäristössä olevan muovien määrää ja sitä, miten tästä todennäköisesti hyvin suuresta ”muovivarastosta” ajan kuluessa haurastuu muovisilppua ja mikromuovia.

Asiasanat:

Roskaantumisen, rantaroska, mikromuovi, lähteet, kulkeutumisreitit, merenhoito

SAMMANDRAG

Kostnadseffektiva åtgärder krävs för att begränsa nedskräpningen av den marina miljön. För att på bästa möjliga sätt kunna inrikta åtgärder behöver man som stöd för planeringsarbetet aktuell information om skräpets mängd, typ, källor och spridningsvägar i den finska marina miljön. Detta gäller både stora, för ögat synbara, och små mikroskopiska skräp. Den aktuella utredningen verkställer SKRÄP1-åtgärden av Finlands havsförvaltningsplan 2016–2021. Uppgiften är att bedöma läget av nedskräpningen av stränder och den marina miljön, skräpets ursprung, mängd och källor i hela det finska kust- och havsområdet. Utredningen har genomförts som en del av projektet "RoskatPois!" (2017–2019) vilket finansieras av Europeiska havs- och fiskerifonden.

Skräp hamnar i miljön från många källor och via olika spridningsvägar, och betydelsen av de olika delfaktorerna har inte undersökts tidigare. Även informationen om mängden skräp har hittills varit bristfällig. Till exempel skräp som hamnat på stränder utgör endast en liten del av allt det avfall som släpps ut i den marina miljön till följd av mänskliga aktiviteter. Enligt uppskattningar ligger största delen av världens marina skräp osynligt på havsbotten (cirka 70 %). Trots detta övervakas marin nedskräpning över hela världen, också kring Östersjön och i Finland, oftast genom skräpmaterial som insamlats från stränder och klassificerats enligt instruktioner. I många länder kompletteras strandskräpmaterialet med övervakning av skräp på havsbotten. Denna övervakning genomförs vanligtvis med bottenrålning. I norra Östersjön (inklusive hela det finska kustområdet) används inte bottenrålning och andra övervakningsmetoder är också svåra att genomföra på grund av grumligt vatten och dålig sikt. Observationer gjorda genom dykning och med hjälp av undervattensfotografering är endast möjliga i grunda havsområden.

Skräp respekterar inte nationella gränser, och skräp i miljön är vanligtvis inte förknippat med någon information som kunde användas för att bedöma dess ursprung. Skräp kan röra sig till följd av regn, vind, smältvatten, rinnande vatten och strömmar, och till följd av avsiktlig djur- och människoaktivitet. Speciellt det relativt lätta plastavfallet kan röra sig långt från utsläppskällan. När skräpet hamnar i naturen blir det också sprött och bryts ned, vilket påverkar dess storlek, kvantitet och egenskaper.

Strandskräpsövervakningen, som påbörjades 2012, har hittills producerat största delen av de finska uppgifterna om havsskräp. I slutet av 2018 hade strandskräpmaterial samlats in cirka tre gånger om året från totalt 14 stränder på olika håll i Finland. Resultaten visar att med hänsyn till alla typer av stränder (urbana stränder, intermediära stränder, orörda stränder), består cirka 90 % av skräpet av olika slags plast- eller skumplastprodukter. På urbana- och intermediära stränder står cigarettstumparna för nästan 70 % av allt skräp, medan på orörda stränder endast för 5 %. Om cigarettstumparna utelämnas består cirka 45 % av strandskräpet av oidentifierade plastbitar eller -fragment på samtliga strandtyper.

Enligt data som grundar sig på Strandskräp-projektet har det inte skett någon väsentlig förändring av den totala mängden skräp under perioden 2012–2018. Med beaktande av alla stränder och övervakningstillfällen har de finska stränderna i genomsnitt 240 skräp per tusen kvadratmeter. På orörda stränder är skräpmängden i genomsnitt lägst (98 skräp / 1000 m²) och på urbana stränder högst (394 skräp / 1000 m²). Betydelsen av olika skräpkällor för nedskräpningen av övervakningsstränderna undersöktes med hjälp av en matrispoängsättningsmetod. Med källanalis strävade man till att identifiera de viktigaste skräpkällorna för varje strand och strandtyp, baserad på sannolikheter och beaktande av möjligheten att en viss typ av skräp kan härstamma från mer än en källa. Turismen och strandanvändarna bedömdes vara de största skräpkällorna för varje strandtyp, och stod för cirka 40–60 % av hela strandskräpet. På urbana- och intermediära stränder är sammanlagt cirka 74–82 % av skräpet från landbaserade källor (rekreation, avrinning, byggande och övergivande av avfall). På orörda stränder var andelen landbaserat skräp i genomsnitt 56 % och maritimt (sjöfart och fiske) 44 %.

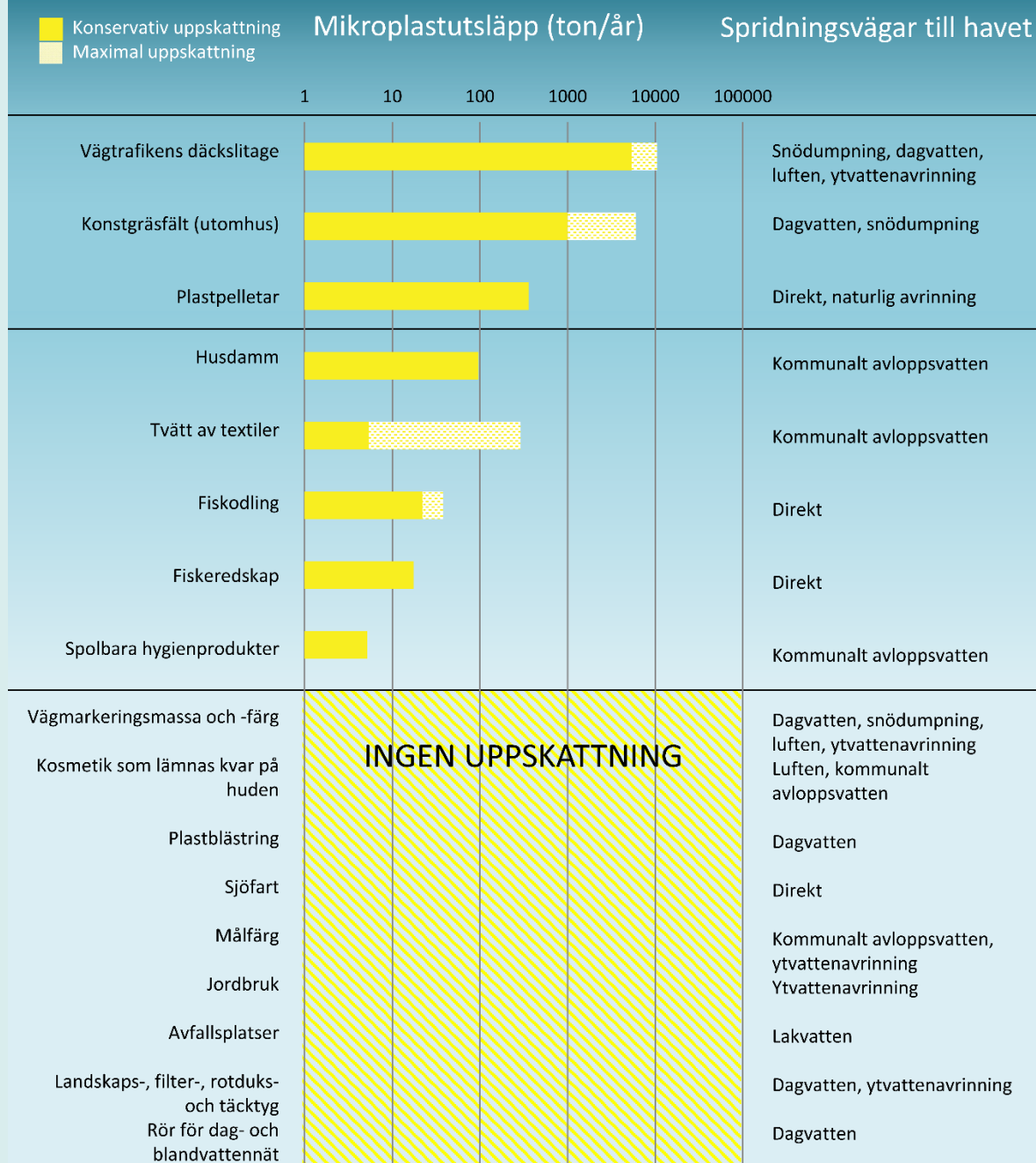
Med hjälp av frågeformuläret som skickades till de finska kuststäderna kartlades källor och spridningsvägar av skräp och sannolikheten för skräpproduktion i de olika källorna med beaktande av lokala förhållanden. Undersökningen var uppdelad enligt viktigaste skräpkällor och spridningsvägar i variabler bestående bland annat av olika tjänster som tillhandahålls av staden (t.ex. avfallshantering, gaturening,

avloppsrening) och ekonomiska aktiviteter (rekreation och turism, handel och industri, jordbruk). De tjugofem städer, som svarade på undersökningen, uppdelades enligt invånarantal i tre storleksklasser: stora (>100 000 invånare), medelstora (20 000–100 000 invånare) och små (<20 000 invånare). Resultaten visade att städer av alla storleksklasser ansåg behandlingen av dagvatten otillräcklig när det gäller att motverka marint avfall. Översvämning av avloppssystem var ett återkommande problem i medelstora städer. Faktorer som påverkar skräpproduktionen i stora städer var olagligt övergivande av kommunalt avfall, lagring och dumpning av snö som borttagits från gatorna, tillräckligheten av avfallsbehållare som lämpar sig för cigarettfimpar samt byggnads- och rivningsprojekt.

Forsknings- och övervakningsmetoder för mikroskopiskt små skräp, mikrokräp och mikroplaster har utvecklats redan i några år runt om i världen, men inga integrerade riktlinjer har ännu utarbetats. Samtidigt har uppmärksamheten riktats till allt mindre och mindre partiklar, och metoderna som används för att studera dem blir allt mer ambitiösa. Mängden mikrokräp i finska marina områden har studerats sedan 2012. Hittills har de flesta av proverna insamlats med ythåv som fångar skräppartiklar större än 0,3 mm. På basen av uppgifter som samlats in på detta sätt var den totala mängden mikrokräp i Finska viken mindre än tre skräppartiklar per kubikmeter. Det mesta bestod av fibrer, och partiklar som klassificerades som egentliga mikroplaster under en per kubikmeter. Enligt en studie som utfördes i den finska kustzonen var mängden mikroplaster i kustens ytvatten högre än vad som observerades i det öppna havet ($16,2 \pm 11,2 \text{ m}^{-3}$). Av mikroplast-materialet som insamlats både från ytvattnet och botten sedimentet framgår att antalet observerade mikroplastpartiklar ökar ju mindre storleksklasser kan inkluderas i analyserna. På basen av hittills erhållna resultat kan signifikanta skillnader förekomma i mängden mikroplaster i kustsediment mellan olika provtagningsplatser. Även globalt exceptionellt höga mängder mikroplaster i botten sediment ($22 \text{ mikroplastpartiklar / g sediment}$) observerades utanför Borgå. För att ge en mer exakt uppfattning om mängden mikroplaster och deras regionala variation bör provtagningen utvidgas utöver ytvattnet till djupare vattenskikt och sedimentet.

Resultaten av de olika mikroskopiska undersökningarna som genomförts i Europa avviker avsevärt. Mikroplastkällor har bedömts med hjälp av information om mänskliga konsumtionsmönster, produkttillverkningsprocesser, materialslitage och materialflöden. Som metoder har man använt intervjuer och sammanställningar av publicerad information. Uppskattningarna bygger på olika antaganden och beräkningsmetoder, och eventuellt på modellering, men vanligtvis inte på mätdata, vilket kan leda till att uppskattningarna skiljer sig kraftigt åt. Också i den aktuella utredningen som utarbetats för Finland av projektet RoskatPois! fokuserar man på mikroplaster snarare än på mikrokräp. I utredningen har man strävat till att beakta källor som har undersökts i andra utredningar, särskilt i de nordiska länderna, och som allmänt har betraktats som mest betydande för mikroplastbelastningen (se diagram över mikroplastkällor nedan). Vid granskning av resultaten bör det noteras att beräkningsprincipen, eller till exempel en enda koefficient, kan ha stor inverkan på resultatet av uppskattningen. Det bör dessutom erinras om att denna uppskattning inte beaktar mikroplaster som gradvis bildas av sådant plastavfall som redan finns i miljön, då det inte finns någon information om mängden av dessa ”plastlager”.

Mikroplastkällor identifierade av projektet **RoskatPois!** och deras uppskattade årliga utsläpp* i Finland



* uppskattningarna är totala utsläpp och avser inte belastningen av havet

Mikroplastkällor identifierade av RoskatPois!-projektet och deras uppskattade årliga utsläpp i Finland, liksom de mest troliga spridningsvägarna till havet. Figuren visar både en konservativ och en maximal uppskattning av mängden mikroplaster som produceras av ifrågavarande källa. Notera den logaritmiska skalan.

Enligt uppskattningar gjorda av projektet RoskatPois! är Finlands vägtrafik den viktigaste enskilda källan för mikroplaster. Mikroplastutsläpp orsakas av slitage av vägmarkeringar, fordonsbromsar och däck. Den aktuella uppskattningen (5 348–10 528 ton/år) beaktar endast mikroplastutsläppen från däcks slitage. Beträffande konstgräsfält beaktades utsläpp av SBR-gummikorn från fyllmedel i fotbollsplaner utomhus. Uppskattningen (1 000–6 000 ton/år) är baserad på tillgängliga uppgifter om årliga tillsatser av fyllmedel, vilket troligtvis inte ger en riktig bild av mängden utsläpp, då en del av tillsatsbehovet beror på fyllnads-kompakteringen över tid. Uppskattningar av utsläpp från plastprodukternas råvaror, dvs plastpelletar (359 ton/år), och maximala uppskattningar av utsläpp från tvätt av syntetfibrer (5–289 ton/år) är nästan av samma storleksklass. Mängden fibrer som frigörs vid tvätt av textilier har undersökts genom att tvätta olika typer av textilier med olika tvättprogram och olika typer av tvättmaskiner. Eftersom resultaten varierar mycket beroende på undersökningen är skillnaden mellan konservativa och maximala utsläppen stora. Även om de faktiska utsläppen till havet inte har beaktats i de finländska utsläppsberäkningarna kan man säga att moderna avloppsreningsverk tar effektivt bort mikroplaster (i hittills studerade >0,02 mm storleksklasser) ur kommunalt avloppsvatten då de fungerar störningsfritt, vilket betyder att endast några procent av dessa utsläpp hamnar i de mottagande vattendragen. Utsläpp av pelletar är nu sannolikt lägre än beräknat, eftersom en del av de ursprungliga plaster som uppskattas vara pelletar egentligen är pulver och lösningar, inte enbart pelletar.

Beträffande kosmetika och personliga hygienprodukter (HKH-produkter) beaktades endast vattenlösliga och spolningsbara plastpolymerer som avsiktligt tillförts produkterna, med fokus på uppskattning av de 18 vanligaste identifierade plastpolymererna. Produkter som inte är avsedda att sköljas bort omedelbart efter användning (läppstift, nagellack, sminkkräm, hårvax etc.) har uteslutits från uppskattningen. Enligt den aktuella uppskattningen är mikroplastutsläppen från de spolade HKH-produkterna (5,2 ton/år) låga, särskilt jämfört med andra uppskattade utsläppskällor. Emellertid, polyetenpartiklar som till exempel används i ansiktsskrubb förekommer i mikroplastprover tagna ur kommunalt avloppsvatten.

Till skillnad från landbaserade mikroplastutsläpp, som är svåra att uppskatta, hamnar marina utsläpp ofta direkt på den plats där de bildas. Beträffande marina utsläpp är denna utredning speciellt fokuserad på mikroplastutsläpp från fiske och fiskodling. Enligt beräkningar är det årliga utsläppet av mikroplaster som frigörs från fiskeutrustningar under kommersiellt fiske i det finska havsområdet högst cirka 17,5 ton, varav de flesta kommer från fiske med ryssja och trål. Det maximala värdet av mikroplaster som lossnar från fiskodlingsnätbassängernas byggnadsmaterial uppskattades till 31 ton per år. I verkligheten kommer belastningen sannolikt att bli betydligt lägre, eftersom nätkassarna vanligtvis behandlas med antifouling-medel, vilket minskar slitaget på själva konstruktionen.

På grund av bristen på bakgrundsdata har inte alla identifierade källor av mikroplaster hittills utvärderats. Samarbete mellan aktörer i olika sektorer behövs för att förbättra bilden av utsläppskällor. I framtiden skulle det vara nödvändigt att granska mikroplastutsläppen från byggande och nedrivning samt från jordbruk och trädgårdsodling. Utsläpp från sjöfart bör granskas speciellt vad gäller bottenfärger och beläggningar. Dessutom skulle det vara mycket nödvändigt att kunna uppskatta mängden plast i miljön och i hurdan utsträckning detta mycket stora "plastförråd" med tiden kommer att spjälkas till mindre plastfragment och mikroplaster.

Nyckelord:

Nedskräpning, strandskräp, mikroplaster, källor, spridningsvägar, havsförvaltning

ABSTRACT

Cost-effective measures are needed to control littering of the marine environment. Correct targeting of the measures requires up-to-date information on the amounts, types, sources and pathways of litter in the Finnish marine environment, both for macrolitter that is visible to human eye and microscopic litter, i.e. microlitter. This report was prepared to implement the Programme of Measures (for the years 2016–2021) of the Finnish Marine Strategy that includes a task to assess the litter status of the marine environment, as well as the sources and amounts of marine litter throughout the coastal and open sea areas of Finland. The report was compiled within the project RoskatPois! (2017–2019), financed by the European Maritime and Fisheries Fund.

Litter enters the environment from various sources and pathways, and the significance of the different factors has not been assessed before. Also, data on the amounts of marine litter are thus far inadequate. For example, litter ending up on the beaches only represents a small proportion of all waste that keeps entering the marine environment due to human activities. It has been estimated that globally, even the majority (ca. 70 %) of marine litter lies invisible on the seafloor. Still, marine litter is monitored worldwide, also in countries surrounding the Baltic Sea, including Finland, mostly by using beach litter collected and categorized according to specific protocols. In many countries beach litter data is supplemented by the monitoring of seafloor litter, usually conducted by bottom trawling. In the northern Baltic Sea (including the entire Finnish sea area) bottom trawling is not used for litter monitoring. The murky waters and poor visibility of the Baltic Sea provide rather challenging conditions for the use of other monitoring methods for seafloor litter, such as diving or underwater imaging in the deeper sea areas.

Litter does not respect national borders, and litter items found in the environment usually lack information of their source or origin. Litter may move from one place to another as a result of rain, wind, meltwater, flowing water and currents, or intentional activities by animals and humans. Especially plastic items, being relatively lightweight, may easily be transported far from their original source. Litter items also become brittle and fragment after entering the environment, thereby changing their size, quantity and qualities.

Beach litter monitoring, conducted since 2012, has thus far provided the main part of Finnish marine litter data. By the end of 2018, beach litter data had been collected ca. three times per year from altogether 14 beaches in different parts of Finland. Based on the results, ca. 90 % of litter items were composed of plastic or foam plastic on all types of beaches (urban, periurban and rural). The proportion of cigarette butts of all litter items was on average nearly 70 % on urban and periurban beaches, but only 5 % on rural beaches. Ca. 45 % of beach litter items other than cigarette butts consisted of unidentifiable pieces of plastic on all beach types.

According to the beach litter data set, the total amount of beach litter did not change significantly during 2012–2018. Considering all beaches and all surveys, the average amount of litter items on Finnish beaches was 240 per one thousand square meters. Mean litter quantities are lowest on rural beaches (98 items / 1 000 m²) and highest on urban beaches (394 items / 1 000 m²). The significance of various potential sources of litter on the monitoring beaches was assessed using the Matrix Scoring Technique. This analysis aimed at identifying the most significant sources of litter on each monitoring beach and beach type, based on likelihoods and considering the possibility that a certain litter type may have more than one origin. On all beach types, tourism and recreation were estimated as the most significant source of litter, producing ca. 40–60 % of all beach litter. Altogether, on urban and periurban beaches 74–82 % of the litter items were estimated to originate from land-based sources (recreation, urban runoff, construction and fly-tipping), whereas on rural beaches the proportion of land-based sources was on average 56 % and that of sea-based sources (marine traffic, fishing and aquaculture) 44 %.

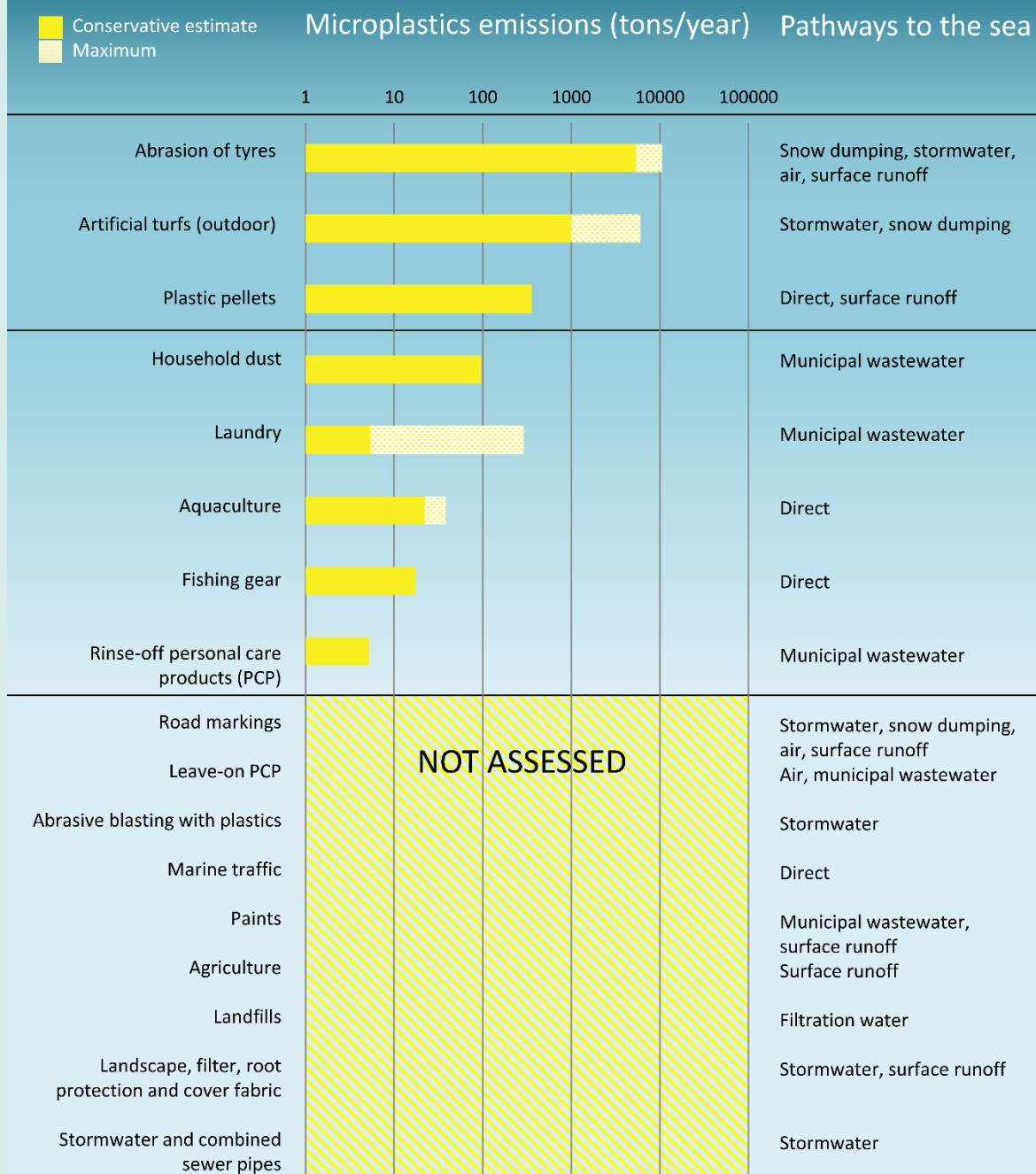
A questionnaire was sent to the Finnish seaside municipalities to map sources and pathways of marine litter in urban areas and to assess the potential of different activities to produce marine litter, taking local conditions into account. Based on the most important litter sources and pathways, the questionnaire was

divided into several topics including different municipal services (e.g. waste management, cleaning of public spaces, sewerage) and economic activities (e.g. recreation and tourism, commerce and industry, agriculture). The questionnaire was replied by altogether 22 towns that were divided into three size classes according to their population: large (>100 000 inhabitants), medium-sized (20 000–100 000 inhabitants) and small (<20 000 inhabitants) towns. Based on the results, stormwater management was considered insufficient regarding marine littering in all types of towns. In medium-sized towns, recurrent sewer overflows also caused problems, whereas in large towns marine littering was caused by fly-tipping of municipal waste, storing and dumping of snow removed from the streets, insufficiency of rubbish bins for cigarette butts and construction and demolition activities.

Research and monitoring methods for microscopic litter, i.e. microlitter and microplastics have been under development worldwide already for some years, but commonly agreed guidance and protocols are still lacking. Meanwhile, the focus has moved on to smaller and smaller particles that require even more challenging research methods. The amount of microlitter in the Finnish sea areas has been studied since 2012. Thus far, most of the samples have been collected using a surface trawl which collects litter particles larger than 0,3 mm. Based on such data, the total amount of microlitter in the open sea areas of the Gulf of Finland was less than three litter particles per cubic meter. The majority of these were fibers, whereas particles classified as actual microplastics were less than one per cubic meter. Based on a survey conducted in the Finnish coastal areas, the quantities of microplastics on the coast are much higher than those observed in the open sea (16.2 ± 11.2 particles m^{-3}). Both surface water and sediment data also show that the smaller particles are analyzed, the higher quantities are found. According to the results obtained so far, there are significant differences between sediment microplastics contents of different coastal sampling sites. The microplastics content of sediment samples taken from Porvoo is exceptionally high even by global standards (22 microplastic particles / g sediment). Surface water sampling alone does not comprehensively represent the amount of microplastics in the sea, and therefore samples should also be collected from the deeper water layers and the bottom sediment.

Potential sources of microplastics have been assessed especially in Europe by using data on consumer habits, production processes of goods, abrasion of materials and material flows. Methods have included interviews and compiling published information. The estimates are based on different types of assumptions and calculations and potentially modelling, but not on measurement data, which is why the estimates may vary widely. Sources and emissions of microplastics, rather than those of microlitter, were also assessed in the present report compiled by the RoskatPois! project, concerning Finland. The assessment aimed at considering such sources of microplastics that were also evaluated in other, especially Nordic surveys and regarded widely significant (see figure for sources of microplastics below). It should be noted that the calculation method, or even e.g. a single coefficient may have a large impact on the outcome. In addition, this assessment did not consider microplastics that are slowly fragmenting from plastic waste already present in the environment, because there is no information available on the extent of this “plastics storage”.

Sources of microplastics identified by the RoskatPois! project and their estimated annual emissions*



*The estimates represent total emissions of microplastics, and not the actual emissions to the sea.

Sources of microplastics identified by the RoskatPois! project and their estimated annual emissions in Finland, as well as the most probable pathways to the sea. Both conservative and maximum estimates of the amount of microplastics produced by each source are given. Note logarithmic scale.

Based on the estimations of the RoskatPois! project, road traffic turned out to be the single most significant source of microplastics in Finland. Microplastics emissions are caused by road markings and abrasion of brakes and tyres of vehicles. Of these, only microplastics emissions caused by the abrasion of tyres was considered in the current estimate (5 348–10 528 t/year). For artificial turfs, emissions caused by SB-rubber granules used as filler in outdoor football fields were examined. The estimate (1 000–6 000 t/year) is based on the available information of annual additions of fillers, which may not reliably reflect the actual magnitude of emissions, as the additions are partly made to supplement condensation of the filler over the time. The emission estimates of raw material for plastic industry, i.e. plastic pellets (359 t/year) and the maximum emission estimates of washing of textiles made of synthetic fibres (5–289 t/year) are almost of the same order of magnitude. The amount of fibres coming off during washing of textiles has been previously studied by washing different kinds of textiles using cycles and washing machines of different types. As the results vary widely depending on the study, the difference between estimates of conservative and maximum emissions is large. Although the actual emissions of microplastics to the sea were not estimated here, for the textile emissions it is noteworthy that modern wastewater treatment plants, are able to efficiently remove microplastics included in the municipal wastewater (at least in the size classes >0.02 mm studied thus far). Therefore, only a few per cent of these emissions end up in the receiving water system. The emissions of plastic pellets during manufacture, packaging and transport are probably smaller than estimated in this study, because part of the original plastics material considered as pellets may have been in the form of powders and solutions, and not only pellets.

For cosmetics and personal care products (PCP), only water-insoluble, intentionally added plastic polymers included in rinse-off products were considered in the emission estimates, focusing on the 18 most common plastic polymers. Leave-on PCP (e.g. lipstick, nail polish, foundation, hair wax etc.) were not assessed. According to the current estimate, the microplastics emissions caused by rinse-off PCP (5.2 t/year) are small compared with the other estimated sources of emission. Still, polyethylene particles used e.g. in exfoliating creams are found in microplastics samples taken from wastewater treatment plants.

As opposed to land-based sources of microplastics whose actual emissions to the sea are difficult to estimate, sea-based sources usually release microplastics directly to the sea at their site of origin. For sea-based sources, the current estimate especially focused on microplastics emissions by fisheries and aquaculture. Based on the assessment, the microplastics emissions of commercial fishing gear in the Finnish sea area are at most ca. 17.5 t/year, the majority originating from fyke net fishing or trawling, whereas the maximum estimated microplastic emissions from structural materials of sea cage farms of aquaculture are 31 t/year. The actual load is probably much lower due to antifouling paints that are used to treat the cages and that decrease abrasion of the structural materials.

Due to the lack of background data, all identified sources of microplastics could not be assessed yet. To gain a more comprehensive understanding of marine litter sources, collaboration is needed between different sectors and activities of the society. In the future it would be necessary to assess microplastics emissions of e.g. construction and demolition, as well as agriculture and horticulture. Emissions caused by shipping should be examined especially concerning ship paints and coatings. In addition, it would be necessary to estimate the amounts of plastic in the environment and how this probably very large “plastics storage” releases plastic fragments and microplastics over time.

Keywords:

Littering, beach litter, microplastic, sources, pathways, marine management

ESIPUHE

Roskaantuminen on yksi maailmanlaajuisista meriympäristöä uhkaavista ongelmista. Roskaantumisen haitoista meriluonnolle ja ihmisille on selvää tutkimusnäyttöä. Suurin osa mereen päätyvästä roskasta on muovia, jonka epäillään säilyvän meriympäristössä pitkään ja vähitellen murentuvan niin pieneksi, että sitä ei voida enää poistaa keräämällä. Euroopan yhteisössä meriympäristöön päätyvät roskat ja etenkin muovijäte on huomioitu lainsäädännössä, mm. kiertotalouden ja merenhoidon osalta EU-direktiiveissä. Yksi meristrategiadirektiivin yhdestätoista kuvaajasta (kuvaaja 10) velvoittaa jäsenmaat huolehtimaan omien merialueidensa hyvästä tilasta roskaantumisen osalta. Hyvään tilaan pääseminen edellyttää roskaantumistilanteen ja roskista meriympäristölle aiheutuvien haittojen arviointia sekä aluemeritasolla että jäsenmaittain. Pohjana tälle työlle on roskaantumisen laajuuden ja meriroskaa tuottavien toimintojen kar-toittaminen.

Suomen merenhoitosuunnitelman toimenpideohjelmassa (Laamanen 2016) todetaan, että tietoa meriympäristön roskaantumisesta ei ole riittävästi saatavilla, jotta voitaisiin suunnitella kohdennettuja, kustannustehokkaita toimenpiteitä roskaantumisen hillitsemiseksi. Myöskään uusimmassa Suomen meriympäristön tila-arviossa (Korpinen ym. 2018) meren tilaa ei voitu luokitella roskaantumisen osalta, koska aineistoa oli vielä vähän eikä roskaantumiselle pystytty määrittelemään hyvän tilan kynnyksarvoja.

Lisää tietoa tarvitaan mereen päätyvien roskien määristä, laadusta ja lähteistä eri merialueilla ja elinympäristöissä. Tätä tietoa tarvitaan sekä ison, silmin nähtävän, että mikroskooppisen roskan osalta. Näkyvän eli makroroskan määrään perustuvien havaintojen mukaan Suomen aluevesien roskaantuminen ei ole mittasuhteiltaan yhtä laajaa ja intensiivistä kuin valtamerien, joissa on jo useita, jopa miljoonien neliökilometrien laajuisia roskakertymiä molemmilla pallonpuoliskoilla. Toisaalta mm. YK:n ympäristö-ohjelma UNEP (2005) on arvioinut, että kaikesta roskasta vain murto-osa (n. 15 %) on ihmissilmälle näkyvissä. Suomen merialueen roskaantumisen kokonaistilanteesta ei ole selvää käsitystä. Tuulen, veden liikkeiden ja ihmisten sekä eläinten toiminnan seurauksena roskat levittäytyvät kaikkialle meriympäristöön: rannoille, veden pintakerrokseen, vesipatsaaseen, meren pohjalle, sedimenttiin ja eliöstöön. Roskaantumistilanteen arvio edellyttää kattavan tiedon kokoamista kaikista näistä elinympäristöistä.

Tämä yleisselvitys on laadittu osana Suomen merenhoitosuunnitelman toimenpideohjelmaa tukevaa, Euroopan Meri- ja Kalatalousrahaston rahoittamaa RoskatPois!-hanketta (2017–2019). Hankkeen toteutti Suomen ympäristökeskus (SYKE) yhteistyössä Luonnonvarakeskuksen (Luke) ja Liikenne- ja viestintäviraston (Traficom) kanssa. Selvityksen tavoitteena oli arvioida kaikenkokoisten mereen kulkeutuvien roskien määrää ja lähteitä koko Suomen rannikko- ja merialueella.

SISÄLLYS

1 Johdanto	21
1.1 Mitä meriroska on?	21
1.2 Meriroskaa koskeva kansainvälinen yhteistyö ja lainsäädäntö	28
1.3 Meriroskaseuranta ja -tutkimus Suomen merialueella	32
1.4 Suomen merialueiden roskaantumistilanne	33
1.5 Meriroskan lähteet ja reitit	35
1.6 Tämän selvityksen tarkoitus	40
2 Rantaroskaseuranta-aineiston analyysi: merialueen roskaantumisen tila ja lähteet	41
2.1 Rantaroska-aineisto merialueen roskaantumisen mittarina	41
2.2 Rantaroskien lähdeanalyysissä käytetyt menetelmät	43
2.3 Rantaroska-analyysin tulokset	44
3 Maalta mereen päätyvä roska	48
3.1 Rannikkokaupungeille lähetetty kysely meriroskan lähteistä ja reiteistä	48
3.2 Jätetoimintojen roskaamispotentiaalin kartoitus	51
3.3 Kaatopaikkojen mikromuovipäästöt	54
3.4 Rakentamisesta aiheutuva meren roskaantuminen	54
3.5 Infra- ja ympäristörakentamisen aiheuttama mikromuovikuormitus	59
3.6 Tekonurmikentät ja muut keinoalustat roskan lähteinä	64
3.7 Tieliikenteestä aiheutuvat mikromuovipäästöt	68
3.8 Maatalouden merkitys meren roskaantumisessa	71
4 Kotitalouksien ja sisätilojen mikromuovipäästöt	73
4.1 Kosmetiikasta ja henkilökohtaisen hygienian hoitoon tarkoitetuista tuotteista irtoava mikromuovi	73
4.2 Huonepölyn sisältämät mikromuovit	78
4.3 Tekstiilien pesusta aiheutuvat mikromuovipäästöt	82
4.4 Sisätilojen maalit ja pinnoitteet	87
5 Muovipelletit mikromuovien lähteenä	88
6 Tärkeimmät mikromuovien kulkeutumisreitit maalta mereen	94
6.1 Yhdyskuntajätevedet mikroroskan ja mikromuovin kulkeutumisreitteinä	94
6.2 Hulevesien kautta kulkeutuva mikromuovi	95
6.3 Lumenkaato meren mikromuovien reittinä	96
7 Merilähtöiset roskapäästöt	100
7.1 Kalastuksen ja kalankasvatuksen aiheuttama roskaantuminen	100
7.2 Meriliikenne roskaantumisen lähteenä	102
8 Suomen merialueen roskaantuminen verrattuna muuhun Eurooppaan	108

1 Johdanto

1.1 Mitä meriroska on?

YK:n ympäristöohjelman (UNEP) määritelmän mukaan meriroskalla tarkoitetaan mitä tahansa ihmisen tuottamaa tai muokkaamaa kiinteää ainetta, joka on lähteestä riippumatta päätynyt tarkoituksella tai vahingossa meriympäristöön (UNEP 2005, 2009). Euroopan meristrategiadirektiivin täytäntöönpanon yhteydessä vuonna 2010 muodostettu asiantuntijaryhmä (*MSFD Technical Group on Marine Litter*) siirsi tämän määritelmän lähes identtisenä osaksi Euroopan meristrategiaa (Galgani ym. 2013). Meriympäristöön päätynyt roska on voitu suoraan hävittää tai hylätä mereen tai rannoille, tai se on voinut päätyä sinne epäsuorasti esimerkiksi jokien, viemärien, hulevesien tai tuulen välityksellä. Meriroska voi koostua useista eri materiaaleista, kuten muovista, metallista, lasista, käsitellystä puusta, paperista, pahvista, kumista tai kankaasta (UNEP 2009). Muovin osuus roskasta yleensä lisääntyy, kun etäisyys roskanlähteestä kasvaa, koska kevyempänä materiaalina muovi kulkeutuu helpommin kuin esimerkiksi lasi tai metalli.

Tässä selvityksessä meriroska jaetaan kokonsa puolesta nanoroskaan, mikroroskaan [n. 1 µm (0,001 mm) – 5 mm], mesoroskaan (5–25 mm) ja makroroskaan [>2,5 cm (25 mm)] (Barnes ym. 2009, HELCOM 2015).

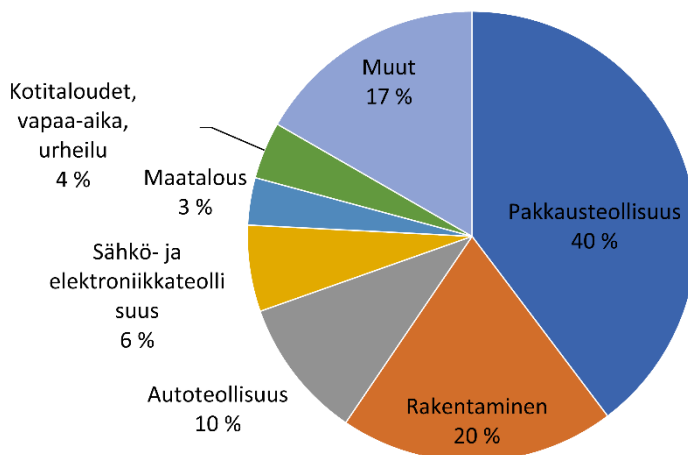
Suurin osa meriroskasta on muovia

Suurin osa ainakin silmin nähtävästä meriroskasta on erilaisia muoveja. Muoveihin kuuluu laaja joukko synteettisiä polymeerimateriaaleja (esim. polypropeeni, polyeteeni, polyvinyylikloridi, polyuretaani, polyeteenitereftalaatti, polystyreeni), jotka ovat kevyitä, kestäviä ja halpoja. Näiden ominaisuuksien takia niitä käytetään monenlaisten tuotteiden valmistamiseen (taulukko 1).

Taulukko 1. Eri muovityyppien käyttö 28 EU-maassa, Norjassa ja Sveitsissä vuonna 2017 (PlasticsEurope 2018).

Muovityyppi	% muovin kokonaiskulutuksesta	Esimerkkejä käyttökohteista
Polypropeeni (PP)	19,3	Elintarvikepakkaukset ja -kääreet, putket, auton osat, köydet, pulonkorkit
Polyeteeni, pienitiheksinen (PE-LD, PE-LLD)	17,5	Muovipussit, astiat, maatalousmuovit, elintarvikekelmut
Polyeteeni, suuritiheksinen (PE-HD, PE-MD)	12,3	Lelut, shampoopullot, putket, kotitaloustavarat
Polyvinyylikloridi (PVC)	10,2	Ikkunakehykset, lattia- ja seinäpäällysteet, putket, kaapelieristeet, puutarhaletkut, ilmatäytteiset uima-altaat, kalvot, säilytysastiat
Polyuretaani (PUR)	7,7	Rakennuseristeet, tyynyt ja patjat, jääkaappien eristevaahdot
Polyeteenitereftalaatti (PET)	7,4	Vesi-, virvoitusjuoma-, mehu-, puhdistusaine- ym. pullot
Polystyreeni (PS, EPS)	6,6	Silmäläsinkehukset, muovimukit, pakkaus- ja rakennuseristeet, kylmälaukut, kellukkeet, keittiövälineet, säilytysastiat
Muut	19,0	Pölykapselit, valokuidut, silmälasin linssit, katekalvot, kosketusnäytöt, telekaapeliin pinnoitteet, implantit, kirurgiset välineet, kalvot, venttiilit, tiivisteet, suojapäällysteet, kalaverkot

Muovin maailmanlaajuinen vuosituotanto on kasvanut jo yli 50 vuoden ajan: vuonna 2017 tuotettiin 348 miljoonaa tonnia muovia, josta 64,4 miljoonaa tonnia (18,5 %) Euroopassa (PlasticsEurope 2018). Samana vuonna Euroopassa kulutettiin 51,2 miljoonaa tonnia muovia, ja suurimmat kuluttajat olivat pakkaus-, rakennus- ja autoteollisuus muodostaen yhteensä n. 70 % muovin kokonaiskulutuksesta (PlasticsEurope 2018; kuva 1).



Kuva 1. Suurimmat muovinkäyttösektorit 28 EU-maassa, Norjassa ja Sveitsissä vuonna 2017 (PlasticsEurope 2018).

Euroopassa vuonna 2016 kerätystä muovijätteestä (n. 27 miljoonaa tonnia) 42 % käytettiin energiantuotantoon, 31 % kierrätettiin ja 27 % vietiin kaatopaikoille. Suomessa n. 70 % kerätystä muovijätteestä käytettiin energiantuotantoon, 22 % kierrätettiin ja 8 % vietiin kaatopaikoille (PlasticsEurope 2018). Erittäin pakkausmuovin kierrätysaste oli Suomessa (<30 %) matalampi kuin monessa muussa Euroopan maassa (EU:n, Norjan ja Sveitsin keskiarvo 41 %). Tilanne saattaa olla muuttumassa, koska vuonna 2018 kotitalouksilta kerättiin jo n. 60 % enemmän muovipakkausjätettä kuin vuotta aiemmin (lähde: Vesa Soini, Suomen Uusiomuovi) ja EU:n uudistuvan jätelainsäädännön mukainen muovipakkausten kierrätystavoite on 50 % vuoden 2025 loppuun mennessä (EU 2018/852).

Suomen muovijätevirrat vuonna 2017

Muovijäte päättyy Suomessa käsittelyyn eri jätehuollon järjestelmien kautta. Tietojärjestelmät ovat toistaiseksi osittain puutteellisia, ja voivat myös sisältää päällekkäistä tietoa, mikä vaikeuttaa muovijätteen kokonaismäärän arviointia. Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) kulutuksen ja tuotannon keskuksessa arvioitiin ympäristöministeriön toimeksiannosta muovijätevirtoja vuoden 2017 aineistojen perusteella. Tässä selvityksessä käytettiin apuna Tilastokeskuksen jätetilastoja, Suomen Kiertovoima ry:n koostumustietopankkia (KIVO 2019), SYKEN tietokantoja (Luvanvaraiset kansainväliset jätesierrot, YLVA), Tullin Uljas-tietokantaa, Pirkanmaan ELY-keskuksen pakkausjätetilastoa, energiajätteen laatututkimusta (Forsell 2011), kartoitusta energiajätteen tulevaisuudennäkymistä (Peltonen 2012), seka- ja energiajätteen lajittelututkimusta (Pöyry 2013) sekä Ruotsissa kehitettyjä muuntokertoimia (Avfall Sverige 2014). Selvitys oli pilottiluonteinen, ja arvioihin tulee suhtautua sen mukaisesti.

Erilliskerätyt ja kierrätykseen päätyneet muovijättemäärät ovat vuoden 2017 jälkeen todennäköisesti lisääntyneet muun muassa muovipakkauksien erilliskeräysverkoston vakiintumisen myötä. Myös vientimäärät vaihtelevat raaka-ainemarkkinatilanteiden heilahdellessa.

Tässä selvityksessä tiedot Suomessa syntyvistä muovijätteistä on koottu:

- Erilliskerätyistä muovijätteistä

- Muovijätteen vienneistä Suomesta
- Sekajätteen joukossa olevasta muovijätteestä
- Palavan jätteen joukossa olevasta muovijätteestä ja
- Muovipakkausjätteistä

Esitettyjä jätemäärätietoja tulee siis tarkastella erillisinä, eikä niistä saatuja määriä voi laskea yhteen mahdollisten päällekkäisyyksien vuoksi.

Erilliskeräyksessä lajiltaan ja laadultaan erilaiset jätteet pidetään toisistaan erillään uudelleenkäytön valmistelun, kierrätyksen, muun hyödyntämisen taikka muun erityisen käsittelyn helpottamiseksi. Muovijätteen erilliskeräys on siten syntypaikalla lajitellun muovijätteen keräystä. Jätetilaston mukaan eri toimialoilta peräisin oleva erilliskerätty ja edelleen käsitelty muovijäte (91 900 tonnia) käsiteltiin pääosin hyödyntämällä energiana ja kierrättämällä. Vuonna 2017 ei kaatopaikoille enää päätynyt erilliskerättyä muovijätettä, mutta vain viisi suomalaista yritystä kierrätti muovijätettä materiaalina (muovijäte prosessoitiin raaka-aineeksi tai kierrätysmuoviraaka-aine käytettiin muovituotteen valmistuksessa).

Vuonna 2017 muovijätettä vietiin Eurooppaan vähintään 18 700 tonnia. Määrä on todellisuudessa tätä suurempi, koska Tullille ilmoitetaan viennit EU:n alueelle ainoastaan silloin, kun viennin arvo vuoden aikana ylittää tietyn raja-arvon (esim. vuonna 2018 raja-arvo oli 500 000 €). Vuonna 2017 muovijätettä vietiin eniten Latviaan. Osa viedystä muovijätteestä päätyi todennäköisesti välivaiheen jälkeen edelleen EU:n ulkopuolelle. Vuonna 2017 muovijätettä vietiin EU:n ulkopuolelle yhteensä 8 100 tonnia. Eniten muovijätettä vietiin Hong Kongiin, Kiinaan ja Malesiaan. Vuoden 2018 alusta Kiina on kieltänyt sekalaisen muovijätteen tuomisen Euroopasta. Valtaosa EU:n ulkopuolelle viedystä muovijätteistä on kuvailtu vienti-ilmoituksessa muoviromuksi (plastic scrap). Tämä voi olla muun muassa sähkö- ja elektroniikkaromusta peräisin olevaa muovijätettä.

Muovijätteiden viennin määrät ovat peräisin Tullin Uljas-tilastotietokannasta, joka sisältää Tullin yksityiskohtaiset tavaroiden ulkomaankauppatilastot. Suomesta viedyt jätemäärät sekä kohdemaat vaihtelevat vuosittain kierrätysraaka-aineiden markkinoiden ja kaupallisten sopimusten muuttuessa. SYKEN tietojen mukaan kotitalouksista kerättyä muovipakkausjätettä ei ole viety vuonna 2017 ulkomaille, vaan se on päätynyt kierrätykseen Fortumin muovinjalostamolle Riihimäelle.

Muovijätettä on sekajätteen joukossa arviolta 160 000 tonnia. Laskelmassa on otettu huomioon KIVOn koostumustietopankin tiedot sekajätteen koostumuksesta sekä Ruotsin Avfall Sverigen (2014) käyttämät korjauskertoimet muovipakkauksien kosteuden ja epäpuhtauksien poistamiseksi. KIVOn tietopankin tietojen mukaan kotitalouksien sekajätteiden joukossa muovia oli kaikkiaan 16,7 %. Tästä pakkauksia oli 13,5 % (kovamuovipakkauksia 7 % ja kalvomuovia 6,8 %) ja muuta muovia 3,2 % (kovamuovia 1,4 % ja kalvomuovia 0,8 %). Jätetilaston mukaan yhdyskuntien sekajäte käsiteltiin vuonna 2017 lähes täysin hyödyntämällä energiana.

Vuonna 2017 erilliskerätyn tai laitosmaisesti valmistetun palavan jätteen joukossa olevaa muovijätettä poltettiin arviolta noin 70 000 tonnia. Palava jäte on sekalaista, polttokelpoista jätettä, jota sekä erilliskerätään suoraan jätteen tuottajilta, että valmistetaan laitosmaisesti. Palavaa jätettä syntyy eri toimialoilla. Muovipakkausjätteen erilliskeräyksen yleistettyä energiajätteen eli palavan jätteen erilliskeräys kotitalouksilta on suurimmaksi osaksi loppunut. Siten pääosa palavasta jätteestä on peräisin teollisuudesta, kaupan ja palveluiden, rakentamisen yms. toimialoilta. Palavan jätteen joukossa olevaa muovijätteen määrää arvioitiin kolmen energiajätteen koostumusselvityksen tietojen perusteella. Selvitysten mukaan energiajätteessä on muovijätettä keskimäärin 33 %.

Yhteenvedona todettakoon, että vuonna 2017 syntyneistä muovijätteistä suurin osa poltettiin energiana sekajätteen tai palavan jätteen joukossa. Myös erilliskerätystä muovijätteestä hyödynnettiin energiana yli puolet ja loput kierrätettiin materiaalina. Muovijätettä erilliskerättiin käsittelyä varten 91 900 tonnia. Muovijätettä vietiin ulkomaille vähintään 27 000 tonnia. Yhdyskuntajätteen sekajätteen joukossa oli arviolta 160 000 tonnia muovijätettä ja palavassa jätteessä oli muovia arviolta 70 000 tonnia. Muovipakkausjätettä syntyi vuonna 2017 kaikkiaan arviolta noin 155 000 tonnia.

Makro- ja mesoroskat

Meriympäristössä roska voi päätyä rannoille, meren pohjalle, veden pinnalle, vesipatsaaseen tai merieliöihin. UNEP (2005) on arvioinut, että noin 70 % mereen tulevasta roskasta päätyy merenpohjalle, 15 % rannoille ja loput 15 % jää kellumaan veden pinnalle tai vesipatsaaseen. Isojen, paljaalla silmällä erotettavien makro- ja meso-kokoluokkien roskien määrää meriympäristössä seurataan yleisimmin rannoilla. Kokonaiskuvan saamiseksi myös veden pinnalla ja meren pohjalla olevien, sekä jossakin pinnan ja pohjan välillä kelluvien roskien määrä tulisi arvioida.

Rannoilta kerätty makroroska sisältää tyypillisesti mm. muovisia ruokailu-, tupakointi- ja kalastustarvikkeita, rakennus- ja pakkausmateriaaleja sekä leluja, metallisia juomatölkkejä ja niiden vetorenkaita sekä pullonkorkkeja, lasipulloja ja lamppuja, käsiteltyä puuta, paperia, pahvia, kumia ja kangasta (UNEP 2009). Ocean Conservancy -ohjelman maailmanlaajuisessa, vapaaehtoisten vuosittain yli sadassa maassa toteuttamassa *International Coastal Cleanup* -rantasiivouskampanjassa yleisimmät kerätyt roskatyypit vuonna 2016 olivat tupakantumpit, muovipullot, -korkit, -kääreet, -kassit, -kannet, -pillit ja sekoituspuikot, lasipullot ja vaahtomuoviset take away -ruoka-astiat (Ocean Conservancy 2017).

Maailman yleisin roska, tupakantumppi, sijoittuu yleensä mesoroska-kokoluokkaan. Arviolta 40 % kaikista rannoilta kerätystä roskasta liittyy tavalla tai toisella tupakoimiseen (Setälä ym. 2017a). Savuttomien julkisten sisätilojen lisääntyessä tupakantumpeja päätyy yhä enemmän vesistöihin, usein hulevesiverkostojen kautta. Tupakantumpit koostuvat huokoisesta selluloosa-asetaatista tehdystä filtteriosasta, erilaisista kemikaaleista, tupakkatervasta sekä palamatta jääneestä savukeosasta. Hajoamisprosessin aikana tumpeista siirtyy vesistöihin ja maaperään useita erilaisia ympäristölle haitallisia yhdisteitä kuten kadmiumia, arsenikkia, lyijyä ja nikotiinia (Setälä ym. 2017a).

EU-tasolla analysoitiin eurooppalaisia rantaroska-aineistoja tavoitteena tunnistaa kymmenen yleisintä roskatyyppiä Euroopan rannoilla (Addamo ym. 2017). Yleisimmät rantaroskatyyppit haluttiin selvittää, jotta voitaisiin kehittää ja priorisoida meren roskaantumista estäviä ja roskan määrää vähentäviä toimenpiteitä. Analyysi perustui yli 350 000 roskakappaleen aineistoon, joka oli kerätty lähes 300 eurooppalaiselta rannalta vuonna 2016. Kokonaismäärän perusteella yleisimmät roskatyypit EU:n rannoilla olivat erikokoiset muovipalat, -narut, -köydet, -korkit, -kannet, -kääreet, ja -kassit sekä tupakantumpit ja vanupuikot (taulukko 2). Yhteensä nämä kymmenen yleisintä roskatyyppiä kattoivat yli 60 % kaikista Euroopan rantaroskasta. Muoviesineiden osuus kaikista roskakappaleista oli 84 % ja erilaisten kertakäyttöisten muovituotteiden osuus 50 %. Tätä analyysiä on hyödynnetty suunniteltaessa mm. kertakäyttöisten muovituotteiden ympäristövaikutusten vähentämistä koskevaa EU-direktiiviä (EU 2019/904).

Taulukko 2. Kokonaislukumäärän perusteella kymmenen yleisintä meriroskatyyppiä Euroopan rannoilla vuonna 2016 (Addamo ym. 2017).

Järjestysnumero	Roskatyyppi
1	Muovipalaset 2,5 cm–50 cm
2	Muovipalaset 0–2,5 cm
3	Muovinarut ja -köydet (läpimitta <1 cm)
4	Tupakantumpit ja filtterit
5	Muovikorkit ja -kannet (mm. juoma- tai pesuaineastioiden) / pullonkorkkien ja -kansien muovirenkaat
6	Vanupuikot
7	Parafiini / vaha
8	Perunalastupakkaukset / karamellipaperit
9	Muut muoviesineet (tunnistettavat)
10	Muovikassit (ostokassit, pakastepussit, muovipussien riekaleet)

Itämeren merellisen ympäristön suojelukomission (HELCOM) koordinoimassa SPICE-hankkeessa (2017) käytettiin Itämeren osalta samaa rantaroska-aineistoa kuin em. EU-analyysissä, mutta pidemmältä ajanjaksolta (2012–2016) ja analyysi suoritettiin kokonaislukumäärien sijaan järjestysmenetelmällä, jossa kunkin roskatyyppin järjestysnumero tietyllä rantatyyppillä (luonnontilaiset, urbaanit ja välimuotoiset

rannat) saatiin järjestämällä roskatyypit yleisyytensä mukaan ensin rantasiivouskohtaisesti ja sitten sijoituslukujensa summan mukaisesti yleisyyssjärjestykseen (HELCOM 2018a). Näin laskettuna viisi roskatyyppiä, jotka sijoittuivat HELCOM-alueen kaikilla rantatyypeillä seitsemän yleisimmän roskatyyppin joukkoon, olivat 0–50 cm:n kokoiset muovinkappaleet, ruokailuun liittyvät muovit (ruokailuastiat, tikkukaramellin tikut, kääreet, paketit), juomiseen liittyvät muovit (muoviset kupit, korkit, kannet, 6-pakkausrenkaat), tupakantumpit ja erikokoiset muovikassit (taulukko 3).

Taulukko 3. Kymmenen yleisintä roskatyyppiä HELCOM-alueen rannoilla 2012–2016 järjestysmenetelmän mukaan (HELCOM 2018a).

Järjestysnumero	Urbaanit rannat	Välimuotoiset rannat	Luonnontilaiset rannat
1	Muoviset kupit, korkit, kannet, 6-pakkausrenkaat	Muovinpalaset 0–50 cm	Muovinpalaset 0–50 cm
2	Muovinpalaset 0–50 cm	Muoviset ruokailuastiat, tikkukaramellin tikut, kääreet, paketit	Muoviset ruokailuastiat, tikkukaramellin tikut, kääreet, paketit
3	Tupakantumpit ja niiden osat	Tupakantumpit ja niiden osat	Muoviset kupit, korkit, kannet, 6-pakkausrenkaat
4	Muoviset ruokailuastiat, tikkukaramellin tikut, kääreet, paketit	Muoviset kupit, korkit, kannet, 6-pakkausrenkaat	Muovikassit
5	Paperi- ja kartonkiesineet ja niiden palaset	Muovikassit	Muovipullot ja -säilytysastiat
6	Metalliset pullonkorkit, kannet, vetorenkaat	Muoviset kertakäyttöruokailuvälineet ja pillit	Muovinarut ja -köydet
7	Muovikassit	Metalliset pullonkorkit, kannet, vetorenkaat	Tupakantumpit ja niiden osat
8	Muoviset kertakäyttöruokailuvälineet ja pillit	Lasi- ja keramiikkapalat	Lasi- ja keramiikkapalat
9	Muovipullot ja -säilytysastiat	Alumiinifolio ja metallinpalat	Teollisuusmuovit, kuten pakkausmuovi ja siteet
10	Metalliset juomatölkit	Muovinarut ja -köydet	Käsitelty puu

Merenpohjan makroroskia voidaan havainnoida kahdella pääasiallisella tavalla: pohjatroulauksella tai käyttäen vedenalaiskameran ja sukeltajan tai kauko-ohjattavan tai automaattisen sukelluslaitteen avulla tapahtuvaa visuaalista havainnointia (Cheshire ym. 2009). Sukeltamalla tehtävä pohjaroskien seuranta soveltuu yleensä vain melko matalille, rannikonläheisille alueille. Troulaamalla tapahtuvaa pohjaroskien seuranta suoritetaan yleensä kalastuksen ohessa, jolloin lasketaan ja/tai punnitaan sekä luokitellaan kalastuksen sivusaaliina pyydyksiin tarttuneet roskat. Yleisimpiä pohjaroskamateriaaleja ovat puu, muovi, metalli ja lasi (UNEP 2005). Kansainvälisen merentutkimusneuvoston (ICES) pohjatroulitutkimus (*International Benthic Trawl Surveys, IBTS*) -ohjeistuksen mukaan Pohjanmerellä on kerätty tietoa pohjaroskista kalakantojen arviointia varten suoritettavan troulauksen yhteydessä vuodesta 2011 lähtien (ICES 2012). Etelä- ja Keski-Itämerellä puolestaan toteutetaan BITS (*Baltic International Trawl Surveys*) -seurantaohjelmaa, jonka tuottamassa pohjaroska-aineistossa luonnonmateriaaleista (puu, paperi, luonnonkuidut) tehdyt esineet olivat yleisimpiä sekä lukumäärän (n. 45 %) että painon (57 %) perusteella, ja muovi oli toiseksi yleisin materiaalityyppi (31 % lukumäärästä, 16 % painosta) vuosina 2012–2016 (HELCOM 2018b). Pohjatroulauksen puuttuessa pohjaroskan havainnointia ei tehdä pohjoisella Itämerellä.

Kalastus on maailmanlaajuisesti yksi tärkeimpiä merenpohjalle ja vesipatsaaseen kertyvän makroroskan lähteitä. Mereen jääneet, hylätyt tai kadonneet kalastusvälineet (*ALDFG = Abandoned, Lost or otherwise Discarded Fishing Gear*) ovat osa merten muoviroskaongelmaa ja niistä koituu haittaa kalastuselinkeinoille, ympäristölle ja merenkululle. Lisäksi ne jatkavat pyyntiä vielä kauan mereen päätyinsä jälkeen, jolloin verkkoihin takertuu kaloja ja muita merieliöitä, mm. lintuja ja merinisäkkäitä (WWF Poland 2015). Nämä ns. haamuverkot nousivat keskusteluun 2000-luvulla merten muoviongelman myötä,

mutta itse ilmiö juontaa juurensa 1900-luvun puoliväliin, jolloin pyydysten valmistusmateriaalina käytettyjä luonnonkuituja alettiin korvata synteettisillä materiaaleilla, esimerkiksi nailonilla. On arvioitu, että hylätyt tai kadonneet kalastusvälineet muodostavat kymmenesosan kaikesta maailman meriin päätyvästä muovijätteestä ja ovat näin vedenalaisen muovijätteen merkittävin laji.

Tunnetuimpia esimerkkejä kelluvista roskista ovat maailman valtameriltä löydettyt suuret roskapyörteet, joita tunnetaan nykyisin useampia molemmilta pallonpuoliskoilta. Merivirrat keräävät näille alueille lähinnä muovista koostuvaa roskaa, joka kelluu suurimmaksi osaksi hieman pinnan alapuolella. Esimerkiksi Tyynenmeren roskapyörteessä Kalifornian ja Havaijin välillä on arvioitu kelluvan ainakin n. 80 tonnia muovia 1,6 miljoonan neliökilometrin alueella (Lebreton ym. 2018). Yli kolme neljäsosaa tästä on yli viiden senttimetrin kokoista makromuovia ja lähes puolet kalastusvälineitä. Mikromuovia on arvioitu olevan alle 10 % kokonaismassasta, mutta jopa yli 90 % kappalemääristä. Itämerellä roskapyörteitä tai muita roskien kertymisalueita ei ole havaittu.

Mikroroskat

Meriympäristöön päätyneestä makroroskasta suurin osa on kaikkialla maailmassa tehtyjen havaintojen mukaan erityyppisiä muoveja, mutta muovin osuutta kaikesta mikroskooppisesta roskasta ei ole toistaiseksi arvioitu kattavasti. Mikromuovien erottelu ympäristönäytteistä tuhoaa usein muut roskamateriaalit ja etenkin orgaanisen roskan (paperin, pahvin, luonnonkuidut), mikä on johtanut siihen, että aineistoa on lähinnä synteettisestä mikroroskasta, ja vain hyvin vähän muista materiaaleista. Vaikka mikroskooppisen pienen roskan joukossa siis luonnollisestikin on myös muita materiaaleja ja niiden sekoitteita, ovat mikromuovit saaneet suurimman huomion osakseen.

Mikromuovit tulivat mukaan Itämeren ympäristön tilan seurantaan merenhoidon tarpeiden kautta, sekä sen jälkeen, kun tietoja meriympäristöön päätyneen muoviroskan määrästä ja ongelman laajuudesta alkoi kertyä eri puolilta maailmaa. Tiedeyhteisön huomio merten mikromuoviongelmaa kohtaan on kasvanut käytännössä koko 2000-luvun ajan suorastaan eksponentiaalisesti. Mikromuoville ei ole toistaiseksi olemassa yhteisesti sovittua määritelmää, mikä johtunee siitä, että tutkimusaihe itsessään on varsin monitahoinen ja on haluttu välttää ennenaikaisia rajauksia ja kategorisointia. Mikä tärkeintä, lainsäädännössä tarvittava, virallinen määritelmä mikromuoville puuttuu edelleen. Yleisimmin käytössä olevan määritelmän mukaan mikromuoveilla tarkoitetaan muovimateriaaleja, jotka ovat suurimmalta dimensioltaan alle 5 mm (<5 000 µm). Sen sijaan näkemykset siitä, miten pieniä mikromuovit voivat olla, vaihtelevat hyvinkin paljon eri tutkimusten välillä (yleensä 0,01–20 µm; Hartmann ym. 2019).

Koon lisäksi huomioidaan mikromuovien pysyvyys vesiolomuodossa. Yleensä määritellään, että mikromuovihiukkaset säilyttävät alkuperäisen kiinteän kokonsa ja muotonsa vedessä. Tätä määritelmää on käytetty muun muassa pois huuhdeltavaan kosmetiikkaan liittyvässä säätelyssä, kuten Yhdysvalloissa vuonna 2018 voimaan astuneessa laissa, joka kieltää mikromuovien käytön iholta pois huuhdeltavien kosmetiikka- ja hygieniatuotteiden valmistusaineena. Euroopan komissio puolestaan pyysi vuonna 2018 Euroopan kemikaalivirastoa (ECHA) arvioimaan mikromuovien mahdollisiin haittoihin liittyviä tieteellisiä todisteita, joiden perusteella voitaisiin EU:n laajuisesti säädellä tuotteisiin tarkoituksellisesti lisättyjä mikromuoveja. Tässä yhteydessä ECHA (2019) esitti, että kuituja lukuun ottamatta mikromuovit olisivat kooltaan ≥ 1 nm ja ≤ 5 mm. Kuidut puolestaan olisivat leveydeltään ≥ 3 nm ja pituudeltaan ≥ 15 mm, pituuden ja leveyden suhteen ollessa >3 . Samassa dokumentissa määriteltiin myös, että biohajoavat ja luonnossa esiintyvät polymeerit (joita ei ole muokattu kemiallisesti), eivät kuulu mikromuoveihin. Eurooppalaisen tiedeakatemiaverkoston tiedenevontahankkeen SAPEAn asiantuntijaryhmän laatimassa yhteenvedossa (SAPEA 2019) mikromuovien sijaan käytettiin määritelmää ”NMP”, joka sisältää sekä nano- että mikrokokoluokan muovit. Euroopan meristrategiassa mikromuovit ovat osa mikroroskakomponenttia. Meristrategiadirektiivin vertailuperusteissa esitetty laadullinen kuvaaja 10: ”Roskaantuminen ei ominaisuuksiltaan eikä määrältään aiheuta haittaa rannikko- ja meriympäristölle” esittää

roskaantumispaineen vertailuperusteeksi mikroroskan (hiukkaskoko <5 mm), jaoteltuna luokkiin ”keino-
tekoiset polymeerimateriaalit” ja ”muut”.

Kokomääritelmän lisäksi mikromuovit jaotellaan yleisesti primaareihin ja sekundaareihin hiukkasiin. Primaarit hiukkaset ovat alun perinkin, ja tarkoituksellisesti, hyvin pieniä, kun taas sekundaarit mikromuovit ovat hajonneet tai irronneet isommasta roskasta/tavarasta/tuotteesta.

Mikromuovit ovat kemialliselta koostumukseltaan hyvin heterogeeninen ryhmä samaan tapaan kuin isommatkin muovit. Muovien erilaiset ominaisuudet vaikuttavat osaltaan myös siihen, mihin ja miten mikromuovihiukkaset meriympäristössä kulkeutuvat. Tässä mielessä tärkein ominaisuus on niiden tiheys suhteessa ympäröivään veteen (taulukko 4). Muovien tiheys eli niiden ominaispaino on pieni, joten ne ovat verraten kevyitä. Yleisimmät muovipolymeerit, polyeteeni ja polypropeeni, kelluvat sekä makeassa että suolaisessa vedessä, mutta monet muut laadut, kuten PET, PVC tai polyesteri, uppoavat. Ajan kuluessa todennäköisesti myös vettä kevyempi mikromuovi vajoaa ja päättyy lopulta merenpohjalle, mikäli sen pinnalle on muodostunut bakteereista ja muista veden pieneliöistä koostuvaa kasvustoa eli biofilmiä.

Taulukko 4. Vesiympäristöstä löytyvien yleisten muovipolymeerien tiheys sekä niiden yleisiä käyttökohteita (UNEP 2016 ja GESAMP 2019).

Materiaali	Yleisiä käyttökohteita	Tiheys g/cm ³	Käyttäytyminen
Polystyreeni (paisutettu) (EPS)	Kylmälaukut, kellukkeet, kupit	0,02–0,64	Kelluu
Polypropeeni (PP)	Köydet, pullonkorkit, auton osat, siteet	0,90–0,92	
Polyeteeni (PE)	Muovipussit, säilytysastiat	0,91–0,95	
Styreenibutadieenikumi (SBR)	Autonrenkaat	0,94	
<i>Puhdas vesi</i>		1,00	Uppoa
<i>Murtovesi (Itämeri)</i>		1,01	
<i>Merivesi (valtameret)</i>		1,03	
Polystyreeni (PS)	Tarvikkeet, astiat	1,04–1,09	
Polyamidi tai nailon (PA)	Kalastusverkot, köydet	1,13–1,15	
Polyakryliniiri (akryyli)	Tekstiilit	1,18	
Polyvinyyliklorodi (PVC)	Ohuet kalvot, putket, astiat	1,16–1,30	
Polymetyyliakrylaatti	Ikkunat (akryylilasi)	1,17–1,20	
Polyuretaani	Eristeet, kalusteet	1,20	
Selluloosa-asettaatti	Savukkeiden filterit	1,22–1,24	
Polyeteenitereftalaatti (PET)	Pullot, siteet	1,34–1,39	
Polyesterihartsit + lasikuitu	Tekstiilit, veneet	>1,35	
Viskoosi	Tekstiilit, saniteettituotteet	1,50	
Polytetrafluorieteeni (PTFE)	Teflon, eristemuovi	2,2	

Merirooskan vaikutukset

Muovin ja muun rooskan meriympäristölle ja ihmiselle aiheuttamia haittavaikutuksia on alettu tutkia vasta viime aikoina. Maailmanlaajuisesti merirooska aiheuttaa monenlaisia ongelmia ja haittoja, jotka voidaan jakaa kolmeen pääluokkaan (Werner ym. 2016):

- 1 Ekologiset haitat: eliöitä tappavat tai niiden elinkykyä heikentävät vaikutukset johtuen eliöiden sotkeutumisesta roskaan, fyysisistä vammoista, rooskan syömisestä, muovin sisältämistä ja kuljettamista kemikaaleista, vieraslajien ja patogeenien leviämisestä tai pohjan eliöyhteisön rakennemuutoksista.
- 2 Taloudelliset haitat: matkailualalle aiheutuvat kustannukset, alusten ja kalastusvälineiden vauriot, kalastustoiminnan tulonmenetykset, rantojen siivous- ja puhdistuskulut.
- 3 Sosiaaliset haitat: esteettisten arvojen, meriliikenteen ja rannankäyttäjien turvallisuuden heikkeneminen.

Yli 800 eliölajin on todettu kärsivän meriroskasta, ja määrän ennustetaan kasvavan sitä mukaa, kun uutta tutkimustietoa aiheesta kertyy (SCBD 2016). Toistaiseksi suurin osa tunnetuista vaikutuksista kohdistuu suoraan roskaa kohtaavaan yksilöön, mutta erityisen saastuneilla alueilla on myös havaittu koko populaatioon kohdistuvia tai eliöyhteisön rakennetta muovaavia vaikutuksia (Werner ym. 2016, Lavers ym. 2019). Näiden laajamittaisempien ekologisten vaikutusten osoittaminen ympäristössä on kuitenkin haastavaa, sillä eliöt kohtaavat samanaikaisesti myös monia muita ekosysteemiin vaikuttavia ihmisperäisiä paineita. Havaittu vaikutus voi olla enemmän kuin osiensa summa, eikä yhden tekijän vaikutusta tällöin pystytä erottelemaan lopputuloksesta.

Meriroskan taloudellisten haittojen arvioinnissa on toistaiseksi keskitytty lähinnä suorien taloudellisten menetysten, kuten rantojen siivouksesta tai aluksille aiheutuvien vaurioiden korjaamisesta aiheutuvien kustannusten, laskemiseen (Newman ym. 2015). Kustannuksia voi kuitenkin syntyä myös monen mutkan kautta: ekologiset haitat voivat olla samanaikaisesti myös taloudellisia haittoja, jos meriroska vaikuttaa ihmisille tärkeisiin ekosysteemipalveluihin (Newman ym. 2015). Toisaalta esimerkiksi kalastuksen tai vesiviljelyn kannattavuus voi kärsiä, jos kuluttajat pelkäävät merenelävien kautta tulevaa mikromuovialtistusta ja alkavat suosia muita ravinnonlähteitä (Van der Meulen ym. 2014).

Siinä missä makrokokoisen roskan aiheuttamat ekologiset, taloudelliset ja sosiaaliset haitat ovat kiistattomia ja monilta osin silminnähtäviä, mikroroskan osalta haittavaikutusten arviointi on vasta aluillaan. Viime vuosina meriroskatutkimus niin Suomessa kuin muualla maailmassa on kohdistunut etenkin mikromuovien ekologisten haittojen selvittämiseen, jota on toteutettu erityisesti kontrolloitujen laboratorio-kokeiden avulla. Mikromuovit ovat tutkimuksen keskiössä, sillä pienen kokonsa ja kattavan levinneisyytensä vuoksi ne voivat joutua monenlaisten eliöiden syömiksi, ja kulkeutua eteenpäin ravintoketjussa (Setälä ym. 2014). Näin ollen mikromuoveilla ja niiden kuljettamilla haitallisilla aineilla on mahdollisuus vaikuttaa laajasti ekosysteemiin sen kaikilla ravintoverkon tasoilla.

Niin meristrategiadirektiivi (EY 2008/56, EU 2017/845) kuin muukin merten roskaantumisen vähentämiseen tähtäävä lainsäädäntö nojaa pääasiassa jo saatavilla olevaan tietoon meriroskan haitoista. Lisäksi noudatetaan ympäristöoikeudesta tunnettua varovaisuusperiaatetta, jonka mukaan ympäristöä varjeleviin toimenpiteisiin ryhtymistä ei pidä estää sillä perusteella, ettei täydellistä tieteellistä varmuutta seurauksista vielä ole. Varovaisuusperiaatteen noudattaminen riskien ennaltaehkäisyn kannalta on tässä tapauksessa erityisen perusteltua, koska mikromuovin määrä ympäristössä tulee väistämättä kasvamaan tulevina vuosikymmeninä, kun siellä jo oleva roska hapertuu pienemmiksi hiukkasiksi (Thompson 2015). Vielä ei osata arvioida, millaisia vaikutuksia mikromuovin määrän kasvulla on ympäristöön, saati ihmisiin. Nykytietämyksen valossa merenelävien kautta tuleva mikromuovi- ja niihin liittyvä haitta-ainealtistus edustaa vain pientä osaa ihmisen kokonaisaltistuksesta (EFSA 2016), eikä siitä ole toistaiseksi osoitettu olevan haittaa ihmisterveydelle.

1.2 Meriroskaa koskeva kansainvälinen yhteistyö ja lainsäädäntö

Meriroskat ovat ympäristöongelma, joka ei kunnioita maiden välisiä rajoja. Tästä syystä tutkimusta ja toimenpiteitä roskaantumisen vähentämiseksi tulee suunnitella osana kansainvälistä yhteistyötä. Etenkin viime vuosina meriroskat ovat nousseet esiin monissa kansainvälisissä yhteistyöelimissä, sekä globaalilla tasolla että Euroopan laajuisesti. Tässä kappaleessa esitellään eräiden tärkeimpien kansainvälisten yhteistyöelimien panostusta meriroskatyöhön sekä sopimuksia ja lainsäädäntöä, joiden kautta merten roskaongelmaan voidaan vaikuttaa.

Kansainvälinen yhteistyö

Kansainvälinen yhteistyö sisältää etenkin erilaisia yleissopimuksia ja sopimuksia, strategioita, toimintasuunnitelmia ja -ohjelmia sekä ohjeistusta, jotka eivät useinkaan ole laillisesti sitovia, mutta perustuvat kuitenkin yhdessä sovittuihin päämääriin.

YK:n kestävä kehityksen tavoitteet tulivat voimaan vuonna 2016 ja sisältävät myös meriroskaan liittyviä tavoitteita, kuten: ”Ehkäistä ja vähentää vuoteen 2025 mennessä merkittävästi merten saastumista erityisesti maalla tapahtuvien toimintojen vaikutuksesta, kuten meriin päätyvien jätteiden ja ravinnekuormituksen kautta” (Agenda2030, tavoite 14; <https://www.yk.fi/sdg>).

Meriyleissopimus (UNCLOS) on ainoa sitova kansainvälinen sopimus, joka paitsi velvoittaa yleisesti suojelemaan meriympäristöä, myös minimoimaan kaiken mereen päätyvän saasteen. Lisäksi useat YK:n alaiset elimet ja järjestöt ovat sisällyttäneet meriroskat osaksi toimintaansa. UNEP on keskeinen toimija kansainvälisen merten roskaantumiseen liittyvän työn järjestämisessä. YK:n ympäristökokouksissa (UNEA) on vuosina 2014, 2016 ja 2018 hyväksytty päätöslauselmat merten muovijätteestä ja mikromuoveista. Vuoden 2018 päätöslauselmalla asetettiin kansainvälinen asiantuntijaryhmä tuottamaan ratkaisuehdotuksia roskaantumisen vähentämiseksi. Työ jatkuu, ja lisäksi parhaillaan päivitetään vuoden 2016 kokousta varten laadittua merten roskaantumista koskevaa laajaa katsausta (UNEP 2016). Nyt valmisteilla oleva päivitys esitellään Lissabonissa kesäkuussa 2020 pidettävässä YK:n merikokouksessa ja sen on tarkoitus valmistua lopullisesti UNEA5-ympäristökokoukseen mennessä. Aiheen määrittely on laajenemassa; siinä missä vuonna 2016 aiheena oli merten muoviroska ja mikromuovit, nyt aihe on meriroska ja mikromuovit.

Honolulun strategia ”*A Global Framework for the Prevention and Management of Marine Debris*” (UNEP & NOAA 2012) tähtää merten roskaantumisen aiheutuvien ekologisten, taloudellisten ja terveydellisten haittojen vähentämiseen maailmanlaajuisesti. Tarkoitus on antaa tukea ja tuottaa tietoa eri toimijoiden käyttöön ja kehittää yhteistyötä niiden kesken. Honolulun strategia tukee muun muassa alueellisten tai alakohtaisten meriroskaan liittyvien toimintaohjelmien ja hankkeiden suunnittelua, tarjoaa yhteisen viitekehyksen yhteistyölle ja mahdollistaa hyväksi koettujen käytäntöjen ja kokemusten jakamisen. Osana Honolulun strategiaa myös EU on hyväksynyt tavoitteet maa- ja meriperäisten roskalähteiden sekä rannoille, pohjahabitaatteihin ja ulappa-alueille kertyneiden roskien määrän ja vaikutusten vähentämiseksi.

GPA, ”*The Global Programme of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-based Activities*” on ainoa maailmanlaajuinen hallitustenvälinen yhteistyöelin, joka yhdistää maa- ja vesiekosysteemit (makea vesi, rannikko- ja meriekosysteemit). GPA:n toiminta tukee kansallisia ja alueellisia viranomaisia, kuten esimerkiksi aluemerijärjestöjä toimissa, joiden tavoitteena on estää ja vähentää maalla tapahtuvasta toiminnasta aiheutuvia haittoja meriympäristölle. UNEP isännöi GPA:ta ja on mukana sen toiminnan koordinoimisessa. Maalta peräisin oleva meriroska nostettiin yhdeksi GPA:n prioriteettikategoriaksi vuosiksi 2012–2016. Vuonna 2012 käynnistettiin GPML-toimintaohjelma (*Global Partnership on Marine Litter*). GPML-työ kokoaa yhteen kansainvälisiä toimijoita yhteiskunnan eri osaluilta (hallitukset, yliopistot, kansalaisjärjestöt, yksityinen sektori jne.). GPML:n tavoitteita ovat muun Honolulun strategian toimeenpanon seuraaminen, meriroskasta aiheutuvien haittojen vähentäminen, kansainvälisen yhteistyön lisääminen ja kiertotalouden tavoitteiden tukeminen. Lisäksi GPML omalta osaltaan lisää tietämystä meriroskan lähteistä ja vaikutuksista.

YK:n alaisen meren pilaantumisen tieteellisten näkökohtien asiantuntijaryhmän (GESAMP) tehtävänä on neuvoa YK:ta meriin ja merten suojeluun liittyvissä asioissa. GESAMP-työryhmä ”*Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment - a global assessment*” (WG40) perustettiin vuonna 2012 ja se sai tehtäväkseen laatia selvityksen merten mikromuoveista ja niiden vaikutuksesta meriympäristöön. Tämän työryhmän tuottama, ensimmäinen maailmanlaajuinen arvio merten mikromuoveista julkaistiin vuonna 2015 (GESAMP 2015). Työryhmä vastasi myös vuonna UNEA2-kokouksen yhteydessä julkaistusta selvityksestä (UNEP 2016). Vuonna 2019 julkaistiin työryhmän laatimat ohjeet merten muoviroskan seurannasta (GESAMP 2019).

Lainvoimaisia, meriin kohdistuvia päästöjä sääteleviä sopimuksia ovat Lontoon sopimus, jossa kielletään jätteen dumpaaminen maalta mereen sekä Kansainvälisen merenkulkujärjestön (*International Maritime Organization, IMO*) meripolitiikan MARPOL-sopimus. Lontoon sopimus astui voimaan 1972 ja sitä on uudistettu vuonna 1996 (Lontoon protokolla). Sopimus kattaa paitsi dumpaamisen, myös

ruoppausjätteet sekä jätteen polton merellä. MARPOL 73/78 (*International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973/1978*) -yleissopimuksen liitteissä I-V kielletään jätteiden mereen laskeminen ja säädetään poikkeuksista. Merten roskaantuminen nostettiin vuonna 2018 myös Kansainvälisen merenkulkujärjestön agendalle. Tämän järjestön alainen ympäristönsuojelukomitea *Marine Environment Protection Committee* (MEPC) on laatinut toimenpideohjelman ”*Action Plan to address marine plastic litter from ships*” aluksilla syntyvän ja mereen päätyvän roskan määrän vähentämiseksi. Toimenpideohjelmaan sisältyy kahdeksan päämäärää, jotka tulisi saavuttaa alustavan aikataulun mukaisesti vuoteen 2025 mennessä:

- Kalastusaluksilta peräisin olevan muoviroskan vähentäminen
- Merenkulusta peräisin oleva muoviroskan vähentäminen
- Satamien vastaanottolaitteistojen tehokkuuden parantaminen
- Yleisen tietoisuuden, opetuksen ja merenkulkijoiden koulutuksen lisääminen
- Alusten vaikutus muoviroskaongelmaan ja sen parempi ymmärtäminen
- Merten muoviroskaa koskevan sääntelykehikon parempi ymmärtäminen
- Kansainvälisen yhteistyön tiivistäminen ja
- Tekninen yhteistyö ja toimintavalmiuksien parantaminen

Suomen meriroskatyön kannalta tärkeintä on yhteistyö muiden Itämeren ympärysmaiden kanssa. Kansainvälinen yhteistyö toteutuu osana Itämeren suojelukomission, HELCOMin työtä. Itämeren rantavaltiot ja EU ovat sopineet Itämeren roskaantumista koskevasta toimenpideohjelmasta (HELCOM 2015), joka sisältää konkreettisia kansallisia ja alueellisia toimenpiteitä meriroskan määrän ja haittavaikutusten merkittäväksi vähentämiseksi vuoteen 2025 mennessä. Ohjelmaan kuuluu sekä maa- että meriperäisiin roskanlähteisiin kohdistuvia toimia. HELCOM-yhteistyöhön kuuluu lisäksi mm. meren roskaantumisen seuranta menetelmien ja indikaattorien kehittämistä. Meriroskan vähentäminen on myös yksi HELCOMin koordinoiman Itämeren suojeluun tähtäävän toimenpideohjelman (*Baltic Sea Action Plan, BSAP*) tavoitteista. Voimassa olevan suojeluohjelman toimenpiteiden riittävyttä arvioidaan parhaillaan ja uusien toimenpiteiden vaikuttavuuden ja kustannusten arviointi tullaan toteuttamaan vuonna 2020. Suomi johtaa HELCOMin mikroroskaindikaattorin kehitystyötä.

Samoin kuin Itämerellä, myös Koillis-Atlantin suojelusopimuksen (OSPAR), Välimerellä Barcelonan sopimuksen ja Mustamerellä Bukarestin sopimuksen alaisuudessa on laadittu kussakin oma meren roskaantumisen vähentämisen toimintaohjelmansa.

Pohjoismaiden ministerineuvolla on lisäksi useita muoviroskaan ja mikromuoveihin liittyviä projekteja. Pohjoismailla on myös yhteinen muoviohjelma (Nordic Council of Ministers 2017), jonka suositusten toteuttamista seurataan aktiivisesti. Keväällä 2019 pohjoismaiset ympäristöministerit peräänkuuluttivat kansainvälistä merten roskaantumista koskevaa globaalisopimusta ja käynnistivät selvitystyön globaalisopimuksen mahdollisista elementeistä.

Muoviongelma on ollut esillä myös Arktisessa neuvostossa ja sen työryhmissä. Arktinen neuvosto on julkaissut laajan taustatutkimuksen (PAME 2019) arktisen alueen meriroskasta ja valmistelee parhaillaan alueellista meriroska-toimintaohjelmaa arktiselle alueelle. Arktisen neuvoston meriroskatyötä johtaa arktista merensuojelua ja meriympäristöpolitiikkaa edistävä PAME (*Protection of the Arctic Marine Environment*) -työryhmä. Aihe on laaja ja koskee kaikkien arktisen neuvoston työryhmien toimialoja. AMAP (*Arctic Monitoring and Assessment Programme*) valmistelee meriroskan seurantaohjelmaa, lisäksi CAFF (*Conservation of Arctic Marine Fauna and Flora*), kestävän kehityksen työryhmä SDWG sekä haitallisia aineita käsittelevä ACAP (*Agreement on the Conservation of Albatrosses and Petrels*) -työryhmä osallistuvat työhön.

Euroopan unioni ja meriroskat

Muovijätteestä aiheutuvat haitat ovat saaneet runsaasti huomiota Euroopan talousalueella viime vuosina. EU:n katsotaan myös toimivan suunnan näyttäjänä monissa ympäristöasioissa, mistä johtuen merten muoviroskaongelmaankin on tartuttu eri yhteyksissä.

Euroopan komissio hyväksyi vuonna 2015 niin sanotun kiertotalouspaketin, jonka päämääränä on vauhdittaa Euroopan siirtymistä kiertotalouteen ja kestäväan kulutuksen ja talouskasvun ekonomiaan (European Parliament 2016). Toimintasuunnitelmassa on määritelty viisi painopistealuetta (muovit, elintarvikejäte, kriittiset raaka-aineet, rakennus- ja purkujäte sekä biomassa ja biopohjaiset tuotteet), joiden avulla tätä siirtymää voidaan nopeuttaa. Kiertotalouspakettiin kuuluva muovistrategia hyväksyttiin tammikuussa 2018 (Euroopan komissio 2018a). Muovistrategian tavoite on mm. suojella ympäristöä muoviroskalta tehostamalla muovin talteenottoa ja kierrätystä, ja samalla edistää kasvua ja innovointia tuotesuunnittelulla, joka edistää muovituotteiden uudelleenkäyttöä, korjattavuutta ja kierrätystä. Strategian mukaan kaikkien EU:n markkinoilla olevien muovipakkausten on oltava kierrätettäviä vuoteen 2030 mennessä. Lisäksi vähennetään kertakäyttöisten muovituotteiden kulutusta ja rajoitetaan mikromuovien tarkoituksellista käyttöä. Suomessa on laadittu Ympäristöministeriön ohjauksessa Suomen kansallinen muovitiekartta (Ympäristöministeriö 2018), joka sisältää toimenpide-ehdotuksia muoveihin liittyvien haasteiden ratkaisemiseksi. Suomen kansallinen muovitiekartta liittyy olennaisesti meren roskaantumiseen, sillä suuri osa mereen päätyvästä roskasta on muovia. On tärkeää että muovi- ja meriroskaan kohdistuvia toimenpiteitä suunnitellaan yhteistyössä eri toimialojen kesken mahdollisimman tehokkaan politiikan saavuttamiseksi, ja otetaan huomioon sekä meriroskan vähentämiseen liittyvät tavoitteet että muovitiekarttaan liittyvät muut tavoitteet kuten uusiutumattomien luonnonvarojen käytön ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen.

Osana muovistrategiaa Euroopan parlamentti ja neuvosto antoivat kesäkuussa 2019 direktiivin tiettyjen kertakäyttöisten muovituotteiden ympäristövaikutusten vähentämisestä (EU 2019/904). Tällä niin sanotulla SUP-direktiivillä (*SUP = single-use plastic products*, eli kertakäyttöiset muovituotteet) rajoitetaan kertakäyttöisten muovituotteiden, kalastusvälineiden sekä oxo-hajoavien muovien käyttöä ja säännellään niiden jätehuoltoa. Direktiivi sisältää erilaisia toimenpiteitä, kuten tuotekieltoja, kulutusrajoituksia, suunnittelu- ja merkintävaatimuksia sekä tuottajien jätehuolto- ja puhdistusvelvollisuuksia. Toimet koskevat kymmentä EU:n rannoilta eniten löytyvää muovituotetta (take away -ruokien pakkaukset, juomamukit, kertakäyttöiset ruokailuvälineet ja -astiat, erilaiset muovia sisältävät vanutuotteet, muovitikut ja pillit, filterisavukkeet sekä muovikassit ja muovipullot) sekä hylättyjä kalastusvälineitä. Oxo-hajoavat muovit, eli muovit, joihin on lisätty hajoamista vauhdittavia lisäaineita, kielletään EU-markkinoilta kokonaan. Jäsenvaltioiden tulee saattaa SUP-direktiivi voimaan viimeistään 3.7.2021. Ympäristöministeriön toimeksiannolla laadittu selvitys (Ekroos ym. 2019) tarkastelee SUP-direktiivin toimeenpanon vaihtoehtoja (sääntely ja ohjaukset, vaikutuksia) sekä direktiiviehdotuksen piirissä olevien tuotteiden roolia Suomen elinkeinoelämässä ja merkitystä meriympäristön roskaantumisen kannalta.

Kertakäyttöisiä muovituotteita koskevaa direktiiviä täydennetään mm. satamissa olevia vastaanottolaitteita koskevalla direktiivillä, joka on annettu huhtikuussa 2019 (EU 2019/883). Direktiivin mukaan lähtökohtaisesti kaikki aluksilla syntyvä tai merellä kerätty jäte on palautettava maihin ja satamissa on oltava niitä varten vastaanotto. Direktiiviudistuksen tavoitteena oli vaatimusten yhdenmukaistaminen Kansainvälisen merenkulkujärjestön MARPOL-yleissopimuksen kanssa, vastaanottolaitteiden riittävyyden ja saatavuuden parantaminen EU:n satamissa, lajitellun jätteen vastaanotto satamissa, laajempi taloudellinen kannustin jätemaksuun ("*No special fee*" -järjestelmä) myös kalastus- ja huvialuksille, alusjätteiden satamaan toimittamisen valvonnan tehostaminen ja rahoitusjärjestelmien hyödyntäminen hylättyjen kalastusvälineiden vastaanottamiseksi satamassa. Myös EU:n jätedirektiivin muutos tiukentaa huomattavasti maalla tapahtuvaa jätehuoltoa, roskaantumisen ehkäisyä ja roskaantuneiden alueiden siivoamista (EU 2018/851).

EU:n pakkausjätedirektiivin muutos (EU 2015/720) edellyttää jäsenmailta toimia muovisten kantokassien käytön vähentämiseksi. Suomessa ympäristöministeriö ja Kaupan liitto ovat tehneet sopimuksen

kevyiden muovisten kantokassien kulutuksen vähentämisestä alle 40 kappaleeseen henkeä kohti vuodessa vuoden 2025 loppuun mennessä. Sopimukseen on liittynyt tähän mennessä 23 kaupan alan yritystä, ja joidenkin kokemuksen mukaan muovikassien kulutus on jopa puolittunut maksullisuuden ja valistuksen ansiosta.

Euroopan kemikaalivirasto (ECHA) on EU:n riippumaton elin, joka on perustettu ennen muuta hallinnoimaan REACH-asetukseen (asetus kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista) perustuvia tehtäviä. Euroopan komissio pyysi vuonna 2018 ECHA:a arvioimaan mikromuovien mahdollisiin haittoihin viittaavia tieteellisiä todisteita, joiden perusteella voitaisiin EU:n laajuisesti säädellä tuotteisiin tarkoituksellisesti lisättyjä mikromuoveja. ECHA arvioi tuotteisiin tarkoituksella lisättyjen mikromuovien käyttöä maanviljelyssä ja puutarhanhoidossa, kosmetiikassa ja pesuaineissa, terveydenhuollossa, maaleissa ja pinnoitteissa sekä lääkkeissä, ja laati arvionsa pohjalta rajoitusesityksen (ECHA 2019). Rajoitusehdotukset on kohdennettu sellaisiin mikromuoveihin, jotka voivat päätyä ympäristöön. Selvityksen suurimmaksi mikromuovien päästölähteeksi osoittautuivat tietyt lannoitevalmisteet. Kemikaali- ja henkilökohtaisten hygieniatuotteiden osalta rajoitus koskisi pois huuhdottavaa kosmetiikkaa, iholle jäävää kosmetiikkaa ja puhdistusaineita, joihin on lisätty mikromuovia. ECHA:n järjestämä julkinen kuuleminen päättyi 20.9.2019 ja ECHA:n riskinarviointi- ja sosioekonomisen analyysin komiteat antavat niistä lausuntonsa vuoden 2020 alkupuolella. Tavoitteena on saattaa ehdotetut rajoitukset voimaan 2022 ja käytäntöön 4–6 vuoden siirtymäajoilla. Voimaan astuessaan rajoitus olisi laatuaan ensimmäinen, joka kohdistuisi suoraan nimenomaan mikromuoveihin. Yhteenveto mikromuoveihin liittyvästä säätelystä ja maailman laajuisesta yhteistyöstä on esitetty kattavasti EU:n johtavien tiedeasiantuntijoiden (*The European Commission's Group of Chief Scientific Advisors, SAM*) valmistelemassa taustoittavassa raportissa ”*Microplastic Pollution: The Policy Context - Background Paper*” (SAM 2018).

Kokonaisuuden kannalta meristrategiadirektiivi ja vesipuitedirektiivi ovat tärkeimmät Euroopan vesivaroja, merialueita ja makeita vesiä suojelevat direktiivit. Toisin kuin vesipuitedirektiivissä, roskaantuminen on huomioitu EU:n meristrategiadirektiivissä (EY 2008/56, EU 2017/845), joka käytännössä on tällä hetkellä tärkein merten roskaantumista koskeva lainsäädäntöohje. Meristrategiadirektiivillä pyritään meriympäristön hyvään ekologiseen tilaan, jota määrittää 11 laadullista kuvaajaa. Näistä meriroskaan liittyy kuvaaja numero 10, jonka mukaan ”*Roskaantuminen ei ominaisuuksiltaan tai määrältään aiheuta haittaa rannikko- ja meriympäristölle*”. Meriroska on meristrategiadirektiivin mukaan merkittävä ihmispaine, jolle tulee kehittää seurantaohjelma, hyvän tilan indikaattoreita sekä toteuttaa merenhoitosuunnitelmassa esitetyt toimenpiteet. EU:n ympäristön pääosasto (*EC Directorate-General for the Environment*) on perustanut työryhmän (*MSFD Technical Group on Marine Litter*) antamaan teknisiä suosituksia meriroskaseurannan ja -arvioinnin toimeenpanosta meristrategiadirektiivin vaatimusten mukaan. Työryhmässä mm. laaditaan ehdotuksia kynnyksarvoiksi roskaantumisen kannalta hyvälle meriympäristön tilalle. Pisimmällä tämä Euroopan laajuinen työ on rantaroskien osalta. Ensimmäinen yhteenveto Euroopan aluemerien roskaantumisen tilasta koottiin vuonna 2017 (Addamo ym. 2017), sitä täydennettiin vuonna 2019 (Hanke ym. 2019) ja ehdotusta merialueiden hyvän tilan kynnyksarvoksi rantaroskien osalta (maksimissaan 13 kpl roskia per 100 m rantaa; Van Loon ym. julkaisematon raportti) käsiteltiin ensimmäistä kertaa syksyllä 2019 EU:n meristrategiakoordinaatioryhmässä, mutta ei vielä hyväksytty.

1.3 Meriroskaseuranta ja -tutkimus Suomen merialueella

Meren tilan seurantakohteet Suomessa on määritelty Suomen kansallisen merenhoitosuunnitelman seurantaohjelmassa (Ympäristöministeriö 2014). Ensimmäisen ohjelmakauden (heinäkuu 2014 – heinäkuu 2020) aikana meriroskan seuranta keskittyy yli 2,5 cm:n kokoisen rantaroskan seurantaan ja mikroroskan (alle 5 mm) seurannan kehittämiseen ulapan pintavedessä sekä pohjasedimentissä. Suomi kehittää harmonisoituja seuranta- ja analyysimenetelmiä mikroroskalle yhteistyössä muiden Itämeren maiden ja HELCOMin kanssa. SYKE:n merikeskus vastaa meriroskaseurannan kehittämisestä ja toteuttamisesta

Suomessa seuraamalla ja tutkimalla meriroskan määriä, levinneisyyttä, lähteitä, reittejä ja vaikutuksia. Merenhoidon yhteydessä pyritään kehittämään myös meriroskan vähentämiseen tähtäviä toimenpiteitä.

Ensimmäinen Suomen rannikon roskaantumista kartoittava tutkimus oli Tuomiston (1994) selvitys 15 suomalaisrannan roskaäärästä ja roskien mahdollisesta alkuperästä. Pohjoisen Itämeren (Suomi, Ruotsi, Viro, Latvia) rantojen roskaantumista alettiin kartoittaa UNEP:n (2009) ohjeiden mukaan EU-rahoitteisessa *Baltic Marine Litter (MARLIN; 2011–2013; MARLIN 2013)* -hankkeessa vuonna 2012. Tämä seuranta jatkuu edelleen vapaaehtoisvoimin, Pidä Saaristo Siistinä (PSS) ry:n koordinoimana. Rantaroskia on seurattu yhteensä 14 erityyppisellä rannalla Suomessa. Löydetty roska-kappaleet lajitellaan materiaalin mukaan ja edelleen tarkempiin luokkiin tuotteen käyttötarkoituksen mukaan. Suomen rantaroska-aineistoa hyödynnetään mm. Itämeren roskaantumisen tilaa arvioivassa HELCOM- ja EU-työssä.

Rantaroska-aineistoa kerätään myös PSS ry:n vuodesta 2014 järjestämän Siisti Biitsi -kampanjan yhteydessä. Kampanjassa vapaaehtoisista koostuvat ryhmät siivoavat valitsemansa rannan ja lajittelevat löytyneet roskat materiaalin mukaan. Suuria meriroskamääriä (erityisesti impulssiletkuja) tuottaneiden rantarakentamishankkeiden myötä myös Helsingin kaupunki on seurannut roska-määriä useilla kaupungin ranta-alueilla vuodesta 2016 lähtien.

Aineistoa merenpohjan makroroskista on Suomessa vähän. Sitä on kerätty sukeltamalla Helsingin merialueilla yhdessä pilottitutkimuksessa (Majaneva & Suonpää 2015) ja Metsähallituksen toteuttaman Suomen rannikkoalueiden vedenalaisten habitaattien kartoituksen yhteydessä vuodesta 2016 lähtien. Myös *AWARE*-hankkeen järjestämät vuotuiset sukellustapahtumat rannikkokaupungeissa ovat tuottaneet tietoa vedenalaisista roskista jo useiden vuosien ajan.

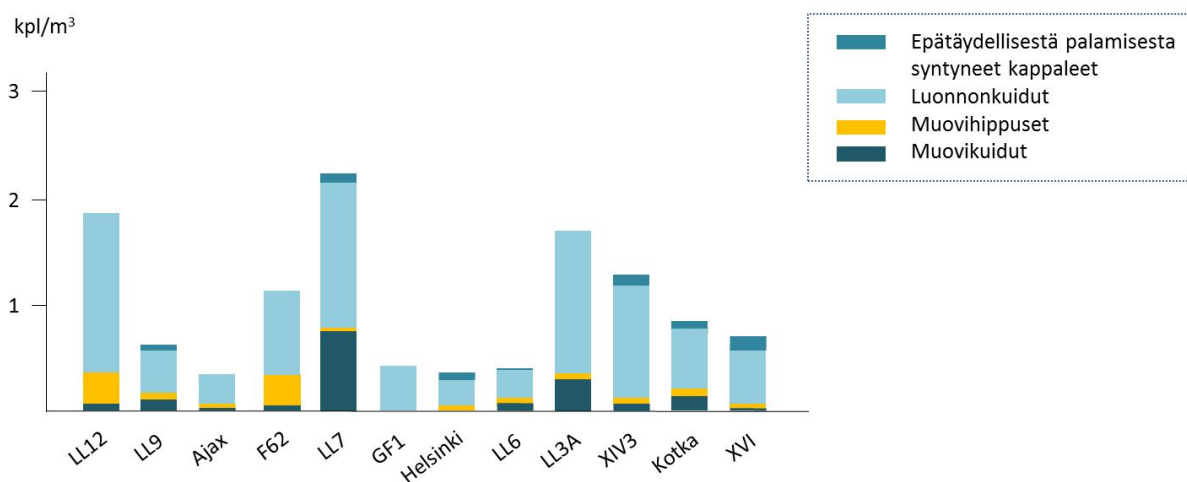
SYKEN merikeskus kerää vuotuisilla seurantamatkoillaan mikroroska-(lähinnä mikromuovi)aineistoa Suomen avomerialueiden pintavedestä ja pohjasedimentistä (Setälä ym. 2016a). Aineistoa erikokoisten mikromuovien määrästä ja laadusta on kerätty myös rannikkovesistä, pohjasedimentistä ja merieliöistä eri tutkimushankkeiden yhteydessä (Budimir ym. 2018, Railo ym. 2018). Lisäksi on tutkittu kokeellisesti mikromuovien siirtymistä ja vaikutuksia Itämeren ravintoverkossa (Setälä ym. 2014, 2016b, Näkki ym. 2017, 2019, Lehtiniemi ym. 2018), sekä jätevedenpuhdistamoiden kykyä poistaa mikroroskaa (Talvitie ym. 2015, 2017a, b). Useiden tieteellisten artikkelien ja raporttien lisäksi suomalaiset tutkijat ovat julkaisseet myös joitakin yleistajuisia teoksia meriroskasta (Gustafsson ym. 2017, Setälä ym. 2017a).

1.4 Suomen merialueiden roskaantumistilanne

Tähänastisissa Suomen meriympäristön tila-arvioissa (Leppänen 2012, Korpinen ym. 2018) merialueiden roskaantumisen tilaa ei ole voitu arvioida aineiston vähyiden sekä puuttuvien hyvän tilan kynnysarvojen vuoksi. Roskan määrästä meriympäristössä kuitenkin kertyy koko ajan lisää tietoa rantaroskaseurannan, siivoustalkoiden (Siisti Biitsi) sekä kehitteillä olevien mikro- ja pohjaroskaseurantojen kautta. Vuosina 2012–2016 kerätyn rantaroska-aineiston perusteella suurimmat roska-määrät löytyivät isojen kaupunkien (Helsinki, Turku) rannoilta sekä luonnontilaisesta Jussaröstä (Korpinen ym. 2018). Kaupunkirannoilla yleisin roskatyyppi oli tupakantumppi, ja luonnontilaisillakin rannoilla valtaosa (85 %) kaikesta makroroskasta oli muovia. Huomattavaksi roskalähteeksi kaikilla rannoilla arvioitiin matkailu ja rannankäyttäjät, joiden arvioitiin tuottavan keskimäärin 27–44 % rantaroskista rantatyyppistä riippuen. Päivitetty rantaroskan tila-arvio ja lähdeanalyysi (perustuen vuosien 2012–2018 aineistoon) esitetään tämän selvityksen kappaleessa 2.

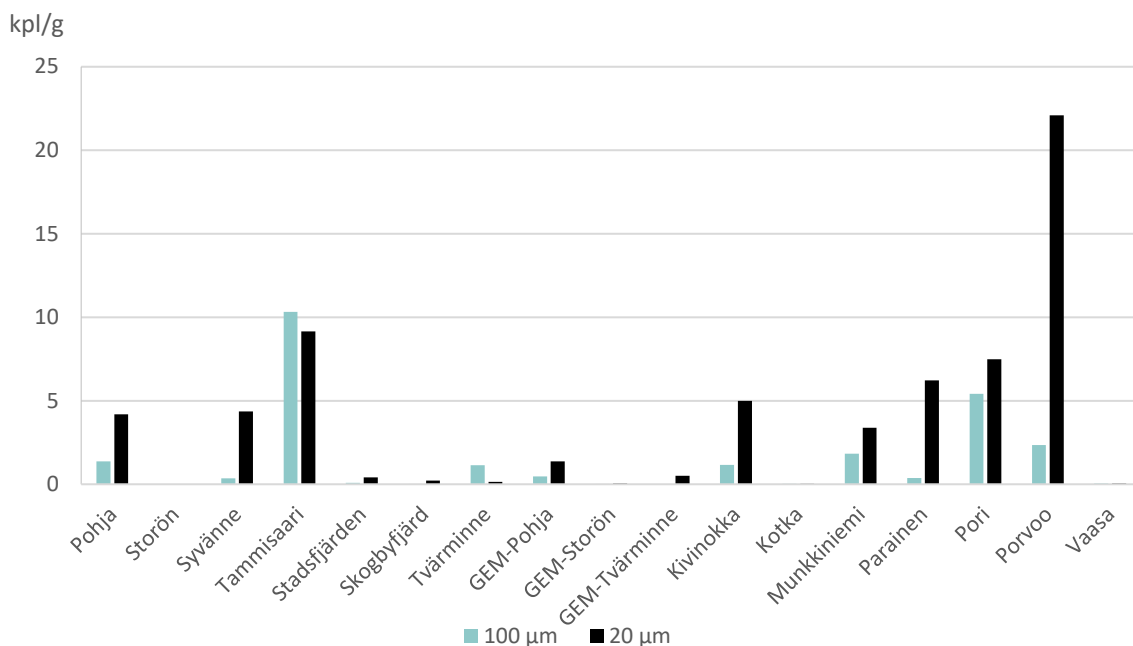
Merenpohjan makroroskien määrä vaihteli välillä 0,2–0,5 roskaa neliometrillä neljällä tutkimussukellusalueella Helsingissä vuonna 2014 (Majaneva & Suonpää 2015). Yleisimmät roskatyyppit olivat lasi ja keramiikkajäte (37 %), metalli (30 %) ja tunnistamattomat muovipalat (26 %). Vuonna 2016 vedenalaisen luontokartoituksen yhteydessä tehdyn roskakartoituksen perusteella roskan määrä Suomen rannikkovesialueiden pohjilla oli vähäinen (Korpinen ym. 2018). Yhteensä 8000 havaintopisteestä roskaa havaittiin 90:ssä (1,1 %), joista 62 sijaitsi Suomenlahdella. Tärkeimmät roskamateriaalit olivat muovi (28 %) ja metalli (17 %).

Mikroroskan määrää Suomen merialueilla on tutkittu vuodesta 2012 alkaen. Suomessa, samoin kuin muissakin EU-maissa, on panostettu etenkin mikromuoveihin, ja kehitetty ja testattu sopivimpia menetelmiä mikromuovin määrän ja laadun seuraamiseen, huomioiden sekä näytteenotto että näytteiden jatkokäsittely analytiikkaa eli mikroskopointia varten. Toistaiseksi suurin osa näytteistä on kerätty 0,3 mm:n silmäkoon pintahaavilla (ns. mantahaavi). Näin kerätyn aineiston perusteella avomerialueilla mikroroskan kokonaismäärä Suomenlahdella on alle kolme roskahiukkasta kuutiometrissä ja varsinaisia mikromuoviksi luokiteltuja hiukkasia alle yksi kuutiometrissä (kuva 2; Setälä ym. 2016a).



Kuva 2. Mikroroskan määrä (kpl/m³) ja eri roskatyyppien osuus avomerialueilla Suomenlahdella. Näytteet on kerätty 0,3 mm pintahaavilla. Lähde: Setälä ym. (2016a).

Setälän ym. (2016a) tutkimuksessa kuitenkin havaittiin, että käytetty näytteenottomenetelmä vaikuttaa saatuihin tuloksiin, ja samalla alueella mikroroskamäärä jopa kolminkertaistui, kun käytettiin pienemmän hiukkaskoon suodinta. On ilmeistä, että mitä pienempiä hiukkasia pystytään sisällyttämään analyysihin, sitä suuremmiksi havaitut mikromuovimäärät nousevat (Railo ym. 2018, Zidbeck 2018). On myös viitteitä siitä, että pintanäytteenotto ei välttämättä anna hyvää kokonaiskuvaa meren mikromuovimäärästä, vaan näytteitä tulisi ottaa myös syvemmistä vesikerroksista (Lehtiniemi ym., julkaisematon). Lisäksi Suomen rannikkoalueella tehdyn pilottitutkimuksen perusteella rannikkovesiemme mikromuovimäärät ovat avomerialueisiin nähden moninkertaiset ($16,2 \pm 11,2$ kpl m⁻³; Zidbeck 2018), minkä johdosta mikroroska- ja mikromuoviseuranta on tulevaisuudessa kohdennettava myös rannikkovesiin. Paremman kokonaiskuvan saamiseksi Suomen merialueen mikromuovitalanteesta kerättiin vuosina 2017 ja 2018 näytteitä rannikkosedimentistä, ja niiden sisältämä mikromuovimäärä määritettiin (Tirroniemi 2019). Myös sedimenttinäytteiden mikromuovimäärät keskimäärin kasvoivat sitä mukaa kun pienempiä kokoluokkia sisällytettiin analyysihin. Kaikkiaan saadut tulokset osoittivat, että rannikon sedimenttien mikromuovimäärissä on merkitseviä eroja näytteenottoa paikkojen välillä (kuva 3). Suurin osa näytepisteiden tuloksista on samaa suuruusluokkaa kuin muiden tutkijoiden eri puolilla maailmaa saamat, joskin Porvoon sedimenttinäytteiden mikromuovimäärät ovat lähestulkoon korkeimmat toistaiseksi raportoiduista (22 mikromuovihiukkasta / g sedimenttiä).



Kuva 3. Mikromuovin määrä rannikkosedimentissä (Tirroniemi 2019).

Merieliöistä muovia on löytynyt Suomenlahdelta ja varsinaisen Itämeren pohjoisosasta troolatuista sila-koista (1,8 %:ssa) ja kilohaileista (0,9 %:ssa; Budimir ym. 2018), rannikolta kerätyistä pienistä kaloista (8 %:ssa kaikista pyydytyistä kalalajeista; Zidbeck 2018), Suomenlahden ja Saaristomeren sinisimpukoista (0,39–0,83 hiukkasta/g märkäpainoa; Railo ym. 2018), sekä yhdestä Pohjanlahdelta tutkimustar-koituksiin pyydytystä harmaaahylkeestä.

1.5 Meriroskan lähteet ja reitit

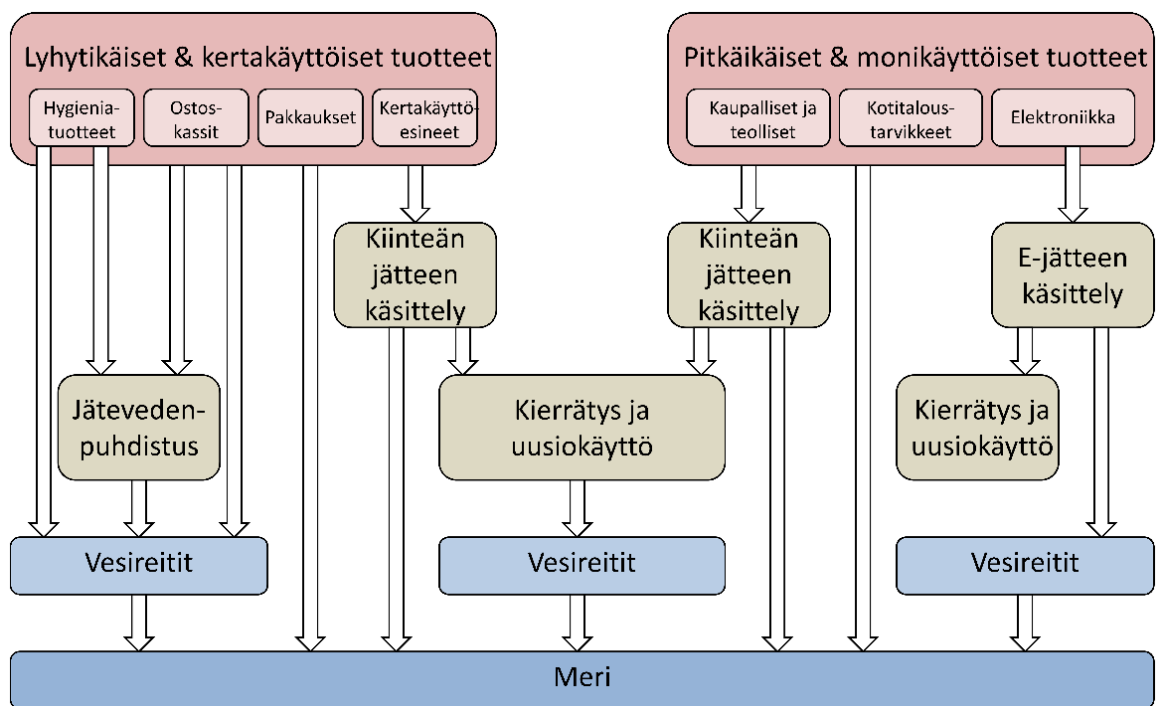
Meriroskan mahdollisia lähteitä on paljon, koska roskaa syntyy materiaalien tuotannossa, kuljetuksessa, käytössä ja hävityksessä. Tietyille alueelle päätyneet roskat voivat lisäksi olla peräisin paikallisista tai hyvinkin kaukaisista lähteistä, joista ne ovat voineet kulkeutua em. alueelle esim. merivirtojen tai tuulen mukana (Veiga ym. 2016). Vaikka kaikki roska on alun perin lähtöisin maalta, meriroskan lähteet jaetaan yleensä maa- ja meriperäisiin riippuen toiminnoista, joiden kautta roska päätyy mereen. Yleisesti arvioidaan, että n. 80 % meriroskasta on peräisin maalta (UNEP 2005), mutta eri lähteiden tärkeysjärjestys vaihtelee alueellisesti. Esimerkiksi kaukana suurista väestö- ja matkailukeskitymistä meriperäiset roskanlähteet saattavat olla maaperäisiä tärkeämpiä.

Makro- ja mesoroskien lähteet

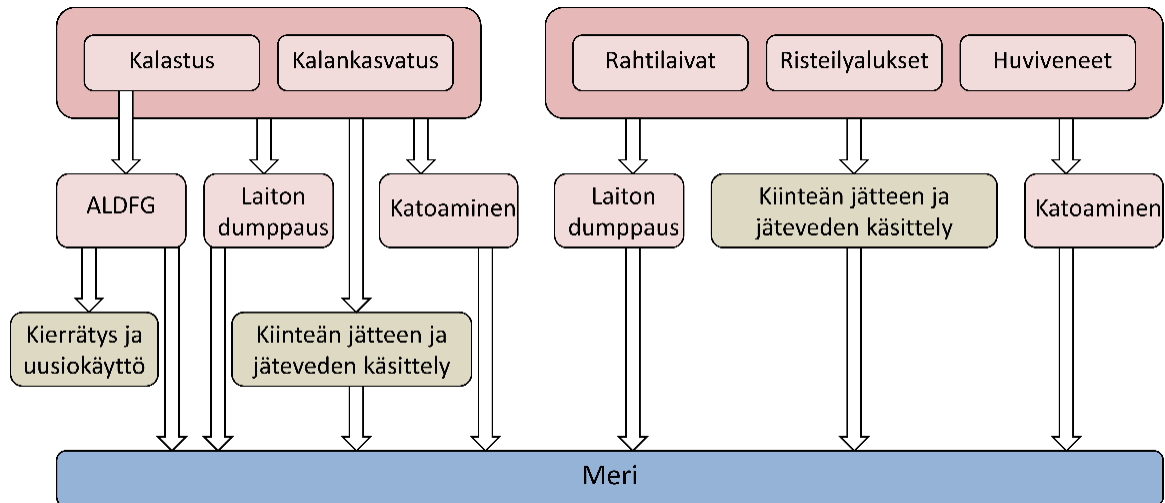
Makro- ja mesokokoisien meriroskan mahdolliset lähteet ja reitit voi luokitella monin tavoin. Esimerkiksi ARCADIS-projektissa (EU:n pilottihanke muovijätteen lähteistä) tunnistettiin 15 roskaa tuottavaa sektoria: maatalous, rakentaminen ja purkaminen, jätehuoltotoiminnot, kotitaloudet, teollisuus, huviveneily, virkistyskalastus, viemäröinti, jätteenkeräys ja -käsittely, rantojen virkistyskäyttö, satamat, laivaliikenne, kalastus, vesiviljely ja meriteollisuus (Arcadis & EUCC 2014). UNEP (2016) käytti jaottelua maa- ja meriperäisiin makro- ja mikroroskan lähteisiin. Tärkeimpiä maaperäisiä, makroroskaa tuottavia sektoreita olivat muovin kierrätys, pakkausteollisuus, maatalous, rakentaminen ja rantojen virkistyskäyttö. Merilähtöisiä makroroskan tuottajasektoreita olivat kalastus, kalanviljely, kaupallinen merenkulku ja meriteollisuus, merimatkailu ja muut mereiset virkistystoiminnot. Veigan ym. (2016) raportissa jokaiselle

roskatyypille eroteltiin lähteen lisäksi roskaamistapa, maantieteellinen alkuperä, reitti ja kuljetusmekanismi. Monessa tapauksessa roskan lähteen, reitin ja maantieteellisen alkuperän selvittäminen on kuitenkin hyvin vaikeaa tai mahdotonta, koska vaihtoehtoja on niin monia, kuten esim. muovisten juomapullojen tai muovinkappaleiden tapauksessa. Meriroskan, erityisesti rantarosan todennäköisiä lähteitä on arvioitu mm. matriisipisteytysmenetelmällä (Tudor & Williams 2004) sekä mallintamalla roskien kulkumista merivirtojen mukana ja kertymistä tietyille alueille.

Meriroskan lähteinä pidetään yhteiskunnan sektoreita tai toimintoja, jotka tuottavat roskaa, kun taas reitit ovat tapoja, joilla roska kulkeutuu maalta meriympäristöön, esim. joet, tuuli, tulva- tai jätevedet (Sherrington & Darrah 2014). Meriroskan lähteitä ja reittejä on toisinaan vaikea erottaa toisistaan, ja tietyn roskatyyppin reitti on usein vaikeampi selvittää kuin sen lähde. Reititkin voidaan luokitella monin eri tavoin, esimerkiksi suoraan tai epäsuoraan roskaamiseen jäteveden, jokien ja vesireittien kautta, tarkoitukselliseen ja vahingossa tapahtuvaan roskaamiseen ja roskan lähteen maantieteellisen etäisyyden mukaan (paikallisesta kansainväliseen, merivirtojen kautta tapahtuvaan roskaamiseen) (Arcadis & EUCC 2014). Maalta ja mereltä peräisin olevien makromuovien pääasialliset tyytit, lähteet ja reitit mereen on esitetty kuvissa 4 ja 5.



Kuva 4. Maalta peräisin olevan makromuovien päätyypit ja kulkeutumisreitit mereen. Muokattu P. J. Kershawin alkuperäiskuvasta (UNEP 2016).



Kuva 5. Makromuovien merilähteet ja kulkeutumisreitit mereen. Muokattu P. J. Kershawin alkuperäiskuvasta (UNEP 2016). ALDFG = hylätyt tai kadonneet kalastusvälineet.

Mikroroskien lähteet

Roskaantumisen vähentämisen ja toimenpiteiden kustannustehokkuuden kannalta on oleellista ymmärtää niitä prosesseja, joiden kautta sekä primaareja että sekundaareja mikromuoveja muodostuu. Käytännössä ympäristöön päätyy mikromuoveja:

- Tuotteisiin tarkoituksellisesti lisättyjen mikromuovihiukkasten päästöjen johdosta
- Tuotteiden käytön aikana tapahtuvan kulumisen seurauksena
- Ympäristöön päätyneen isomman muoviroskan hajoamisen seurauksena
- Tapaturmaisesti/vahingossa syntyneiden päästöjen takia

Merten mikromuovit ovat tulleet tutuiksi kuluttajille ehkä kaikkein eniten kosmetiikkatuotteisiin kohdistuneen huomion vuoksi. Tiedossa on, että primaareja mikromuoveja on lisätty sekä päivittäiskosmetiikkaan että henkilökohtaisen hygienian hoitoon tarkoitettuihin tuotteisiin, mutta huomionarvoista on, että myös esimerkiksi pintojen puhdistukseen tai muuhun käsittelyyn (hiontaan) tarkoitettuihin aineisiin lisätään primaareja mikromuoveja (Amec Foster Wheeler 2017, ECHA 2019). Muita tunnistettuja primaarien mikromuovien käyttökohteita ovat mm. maatalouden ja lääketieteen sovelluksissa käytetyt mikromuovit, maalit sekä hiekkapuhalluksessa käytetyn hiekan korvaaminen muovirakeilla. Muovituotteiden valmistuksessa käytetty raemainen raaka-aine, muovigranulaatti luetaan myös primaareihin mikromuoveihin.

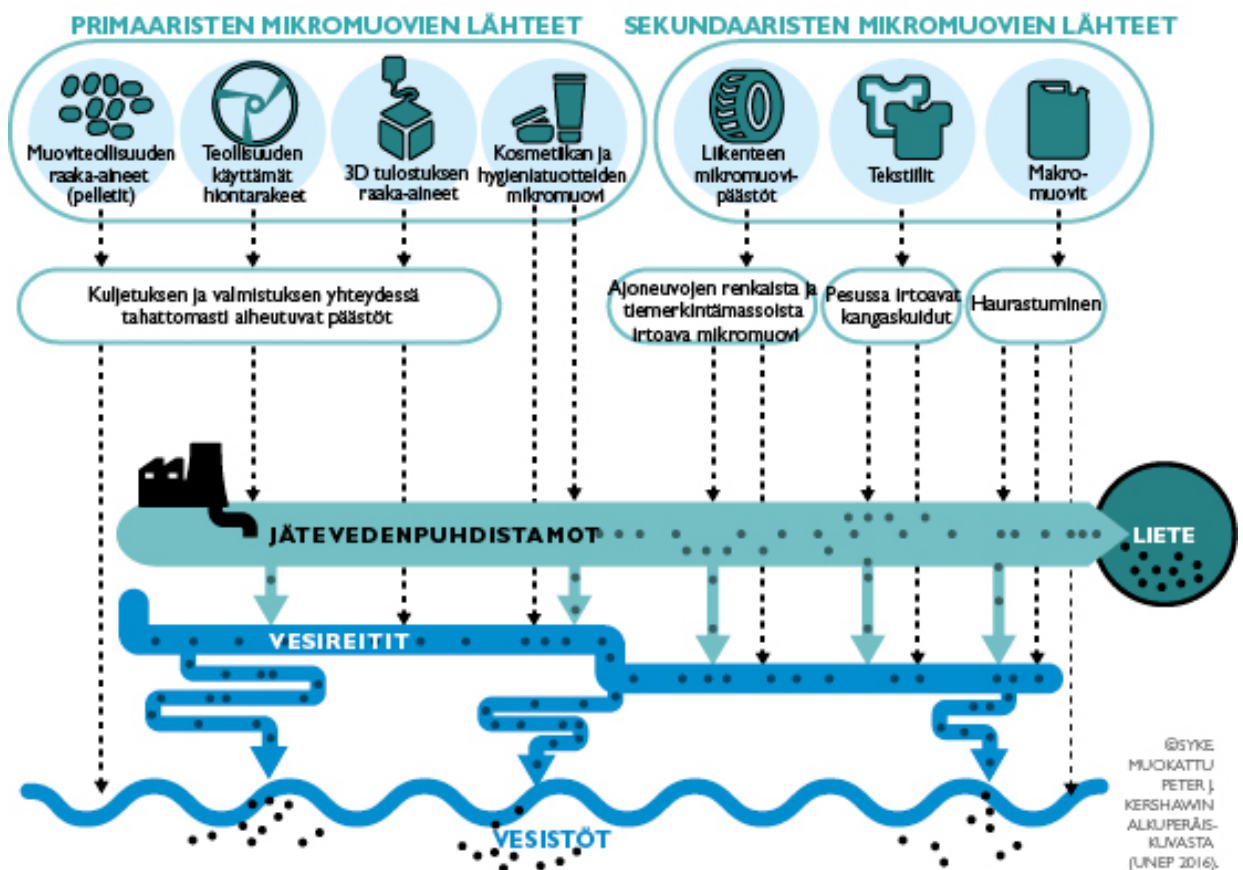
Sekundaarin mikromuovien lähteet ovat osittain samat kuin isommankin, makromuoviroskan lähteet, sillä sekundaari mikromuovi syntyy paitsi hankauksen ja kulumisen seurauksena, myös haurastumalla tai muuten pilkkoutumalla suuremmista muovikappaleista. Kaiken kaikkiaan muovituotteet hajoavat ympäristössä hyvin hitaasti, sillä niille ei luonnosta löydy hajottajia. Muovien haurastumiseen vaikuttavia ympäristötekijöitä ovat etenkin UV-valo ja mekaaninen kulutus, sekä myös saatavilla olevan hapen määrä ja vallitsevat lämpötilat. Näin ollen parhaat olosuhteet merten sekundaarien mikromuovien synnylle haurastumisen myötä ovat rannoilla. Meren pinnalla kelluva muovi hajoaa todennäköisesti hitaammin, koska siellä lämpötilat eivät nouse niin korkeisiin lukemiin kuin parhaimmillaan auringon paahtamalla rannoilla, missä myös mekaaninen kulutus voi olla suurempaa. Vesipatsaassa tai meren pohjalla muovien hajoaminen hidastuu entisestään.

Kuluttaja- ja kotitaloustuotteet sekä niiden pakkaukset muodostavat kaikkialla maailmassa hyvin suuren osan meriin päätyvästä makroskooppisesta ja siten myös mikromuoviroskasta, mutta

sekundaareilla mikromuoveilla on myös runsaasti muita lähteitä, kuten tieliikenteen aiheuttamat päästöt (tiemerkinämässät, rengaspöly) tai keinokuitutekstiilit, maalit ja pinnoitteet sekä kalanpöydäykset.

Mikroroskan kulkeutumisreitit

Yleisesti hyväksytyyn näkemykseen mukaan suurin osa kaikesta roskasta, isosta ja pienestä, kulkeutuu merialueeseen maalta käsin etenkin erilaisia vesireittejä pitkin (kuva 6). Rakennetuissa ympäristöissä päällystetty tienpinta tarjoaa hyvän reitin, jota pitkin sade- ja sulamisvedet huuhtovat pienhiukkasia sadevesiviemäriin, edelleen hulevesiverkostoon ja ojiin, mistä ne matkaavat kohti vastaanottavaa vesistöä. Lisäksi joet ja purot kuljettavat mikromuovikuormaa, josta osa päättyy lopulta mereen. Talvisaikaan myös lumi ja sen sulamisvedet voivat toimia mikroroskien kulkeutumisreitteinä. Eri reittejä pitkin kulkeutuvan mikromuovikuorman määrää on vaikea arvioida, mutta sekä sekundaaria että primaaria mikromuovia päättyy vesistöihin myös sellaisia reittejä pitkin, joiden kautta kulkevaa kuormitusta voidaan mitata. Jätevedenpuhdistamoiden kautta kulkevaa, etenkin kotitalouksista syntyvää mikroroska- ja mikromuovikuormitusta on tutkittu 2010-luvulla Euroopassa ja etenkin Pohjoismaissa (Talvitie ym. 2015, 2017a, b, Magnusson ym. 2016b). Vedenpuhdistamoita ei ole suunniteltu pidättämään pieniä roskahiukkasia, vaan poistamaan kiintoainesta ja ravinteita jätevedestä. Samalla ne kuitenkin poistavat osan talousvesissä kulkeutuvasta mikromuovista. Merellä tapahtuvan toiminnan seurauksena syntyvät mikromuovit päätyvät mereen suoraan.



Kuva 6. Maalta peräisin olevan mikromuovien lähteet ja kulkeutumisreitit. Muokattu P. J. Kershawin alkuperäiskuvasta (UNEP 2016).

Mikroroskien ja -muovien todelliset määrät maailman merien erilaisissa elinympäristöissä on toistaiseksi edelleenkin suhteellisen vajavaisesti dokumentoitu. Arvioita eri lähteiden merkityksestä mikromuovikuormittajina on tehty useissa maissa, mutta mittauksiin perustuvaa tietoa eri reittejä pitkin vesistöihin päätyvästä todellisesta mikromuovikuormituksesta on toistaiseksi hyvin vähän. Tiedetään kuitenkin, että mikroskooppisen roskan päätymiseen vesistöihin vaikuttaa vain ja ainoastaan ihminen omilla toimillaan. Tärkeimpiä mikroskooppisen roskan leviämiseen vaikuttavia tekijöitä ovat maankäyttö, väestökeskittymät ja väestön määrä rannikkoalueilla ja jokisuistoissa, satamat, sekä jätevesien puhdistuksen laatu. Luonnonolosuhteista sadanta ja ilmavirtaukset osaltaan vaikuttavat siihen, miten mikroroskaa kulkeutuu vesistöihin. Hulevesien, jätevedenpuhdistamoiden ja lumenkaadon merkitystä mikroroskien kuljettajina käsitellään tarkemmin kappaleessa 6.

Aiemmat selvitykset mikromuovien lähteistä

EU:n meristrategiadirektiivin toimeenpano edellyttää mikroroskan ja mikromuovien seurantaan sekä seurannan linkittämistä mahdollisuuksien mukaan mikromuovien päästölähteisiin. Mikroskooppisen roskan määrän ja laadun tutkiminen ympäristönäytteistä on kuitenkin hidasta ja tutkimusmenetelmät kehittyvät edelleen (Setälä ym. 2017b). Ympäristöön päätyneiden mikromuovihiukkasten alkuperän selvittäminen on yleensä lähestulkoon mahdoton tehtävä. Meriympäristössä yleisillä ”muoviroskamateriaaleilla” on runsaasti käyttökohteita, ja löydösten yhdistäminen kuormituslähteisiin sen vuoksi vaikeaa. Tästä syystä joissakin maissa, ja myöhemmin koko EU:n laajuisesti, päädyttiin selvittämään potentiaalisia mikromuovien lähteitä käyttämällä apuna saatavilla olevaa tietoa ihmisten kulutustottumuksista, tuotteiden tuotantoprosesseista, materiaalien kulumisesta, ja yleisemmin materiaalivirroista, sekä tekemällä haastatte-luja ja hyödyntämällä olemassa olevia julkaistuja tutkimuksia. Varsinaisia näytteenottokampanjoita päästölähteiden tunnistamiseksi ei näiden selvitysten yhteydessä tehty. Vaikka mikromuovien päästölähteistä käytössä oleva tieto on vielä osittain puutteellista, on selvää, että mikromuovien päästöihin kytkeytyvät monenlaiset ihmistoiminnot maalla ja merellä. Ympäristöolosuhteet, kuten sadanta, tuulet ja merivirrat puolestaan edelleen vaikuttavat siihen, minne hiukaspäästöt kulkeutuvat. Eri selvityksissä saadut tulokset poikkeavat toisistaan välillä hyvinkin paljon esimerkiksi arviot muovien valmistukseen käytettyjen raaka-ainepellettien päästöistä (ks. eri mikromuoviselvitysten yhteenvetotaulukko 29). Arvioiden takana on erilaisia oletuksia ja laskentatapoja sekä mahdollisesti mallinnusta, joista johtuen arviot voivat poiketa paljonkin.

Ensimmäinen kattava selvitys potentiaalisista mikromuovien lähteistä julkaistiin vuoden 2014 lopussa Norjassa (Sundt ym. 2014). Tässä MEPEX-konsulttiyrityksen tekemässä selvityksessä tarkasteltiin sekä primaareja että sekundaareja mikromuoveja tuottavia toimintoja ja toimialoja. Mikromuovipäästöistä oli tuolloin varsin vähän mitattuja tuloksia. Kulkeutumisreittien merkitystä mikromuovien kuljettajina sekä sitä, miten suuri osa erilaisista päästölähteistä peräisin olevista hiukkasista saavuttaa meren, ei tässä selvityksessä arvioitu.

Tanskalais-ruotsalaisena yhteistyönä laadittu selvitys mikromuovien potentiaalisista päästölähteistä Tanskan osalta (Lassen ym. 2015) sisältää arviot paitsi päästöistä, myös siitä, miten suuri osuus eri lähteiden kautta kulkeutuvista päästöistä päätyy meriympäristöön. Vastaavantyyppinen selvitys osittain samojen kirjoittajien toimesta tehtiin Ruotsissa vuonna 2016 (Magnusson ym. 2016a, päivitetty 2017). Tässä työssä tarkoituksena oli paitsi tunnistaa tärkeimmät mikromuovien lähteet, myös arvioida niistä aiheutuvien päästöjen määriä ja päästöjen kulkeutumista meriympäristöön.

Selvitys mikromuovien päästölähteistä Saksassa (Essel ym. 2015) on pohjoismaisia raportteja suppeampi, mutta sisältää arviot ”ympäristönsuojelun kannalta oleellisimmista päästöistä”, joihin on sisällytetty muun muassa yhdyskuntajätevesien kautta kulkeutuvat mikromuovit.

Maakohtaisten selvitysten lisäksi on viime aikoina julkaistu myös laajoja alueellisia arvioita. Euroopan talousalueen mikromuovipäästöjä selvitettiin kahdessa työssä, joista toinen käsitteli tuotteisiin tarkoituksella lisättyjen primaarien mikromuovien päästöjä (Amec Foster Wheeler 2017) ja toinen

haurastumisen ja kulumisen seurauksena syntyvää mikromuovikuormitusta (Hann ym. 2018). Lisäksi vuonna 2017 julkaistiin IUCN-raportti, jossa primaarien mikromuovien päästöjä tarkasteltiin maailmanlaajuisesti (Boucher & Friot 2017). Tässä selvityksessä primaareihin mikromuoveihin on muista selvityksistä poiketen sisällytetty mukaan kulumisen seurauksena syntyviä mikromuovityyppejä (autonrenkaat, tiemerkintämassat, pinnoitemateriaalit, keinokuitutekstiilit ja kaupunkipöly), jotka muualla on määritelty sekundaareiksi mikromuoveiksi. Siksi tämän selvityksen antama arvio primaarien mikromuovien määrästä on huomattavan suuri (0,8–2,5 miljoonaa tonnia vuodessa), eikä ole verrattavissa muiden raporttien tuloksiin.

1.6 Tämän selvityksen tarkoitus

RoskatPois!-hanke toteutettiin Suomen merenhoitosuunnitelman toimenpideohjelman (Laamanen 2016) ROSKAT 1 -toimenpiteen mukaisesti ja sen yksi tärkeä osa oli laajan yleisselvityksen laatiminen roskaantumisen lähteistä. Kappaleessa 2 esitetään RoskatPois!-hankkeessa tehdyn lähdeselvityksen päätulokset perustuen rantaroskaseuranta-aineistoon, joka edustaa sekä maa- että meriperäisiä roskanlähteitä.

Makro- ja mesoroskien osalta tässä selvityksessä tarkastellaan mahdollisia roskanlähteitä Suomen merialueilla ja arvioidaan tunnistettujen lähteiden osuutta meren roskaantumisessa suhteessa toisiinsa. Mikroroskien osalta on kuvattu niitä lähteitä ja toimintoja, jotka tuottavat mikromuoveja (eivät siis laajasti kaikkea mikroroskaa) sekä arvioitu eräiden tärkeimpien lähteiden osalta päästöjen todennäköistä suuruusluokkaa. Lisäksi esitellään tärkeimmät mikroroskaa ja mikromuoveja kuljettavat reitit. Suomen selvitys on laadittu siten, että saatuja tuloksia voidaan verrata aikaisempiin muissa maissa tehtyihin laskemiin (Sundt ym. 2014, Verschoor ym. 2014a, Essel ym. 2015, Lassen ym. 2015, Magnusson ym. 2016a).

Mikromuoveihin on kohdistunut 2000-luvulla hyvin voimakas tutkimuspaine, mistä johtuen tietoa mikromuovimääristä erilaisissa meriympäristöissä alkaa jo olla saatavilla. Mikroroskan rajaaminen mikromuoveihin on, samoin kuin muissa maissa, myös Suomen selvityksessä katsottu perustelluksi sen vuoksi, että (i) erityyppiset muovit muodostavat todennäköisesti suurimman osan ympäristön mikroroskapäästöistä ja (ii) mikroskooppisen pienen roskan osalta nimenomaan mikromuovien ympäristövaikutukset ovat aiheuttaneet runsaasti huolta ja yhteiskunnallista keskustelua sekä Suomessa että muualla Euroopassa (GESAMP 2015, SAPEA 2019). Euroopan yhteisön lainsäädännössä meristrategiadirektiivi on nostanut esiin muoviroskan ja mikromuovien seurannan tärkeyden meriympäristön tilan arvioinnissa.

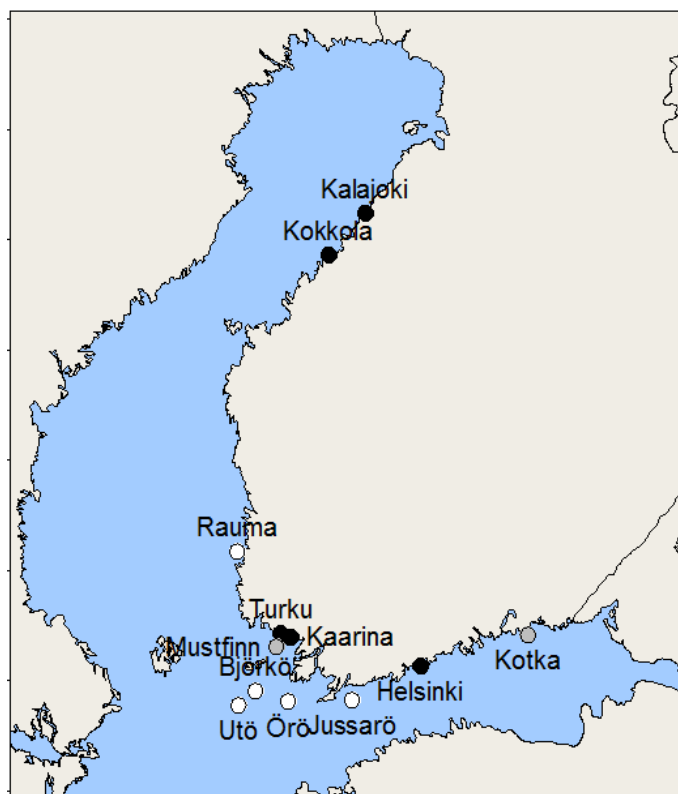
Osa tässä selvityksessä esitetyistä tuloksista on saatu RoskatPois!-hanketta varten laadittujen haastattelujen, kyselytutkimusten ja aineistoanalyysien avulla. Muilta osin tässä selvityksessä esitettävät tulokset perustuvat aiempaan kirjallisuuteen. Kappaleissa 2 ja 3 esitellään kaksi keskeistä tutkimusmenetelmää: rantaroska-aineiston avulla tehty lähdeselvitys sekä rannikon kaupungeille laadittu kyselytutkimus ja niistä saadut tulokset.

Mikroroskien lähteiden sijaan päädyttiin siis arvioimaan roskaantumisen lähteitä vain mikromuovien osalta, kuten myös muissa vastaavissa selvityksissä on toimittu. Mikäli kaikki mahdolliset mikroroskamateriaalit olisi sisällytetty arvioon mukaan, olisi arviotyö laajentunut ja sen tekeminen vaikeutunut huomattavasti. Mikromuovien lähteitä arvioitiin parhaan saatavilla olevan tiedon perusteella käyttäen hyväksi julkaistuja tutkimuksia, aikaisempia, muissa maissa tehtyjä selvityksiä, Euroopan talousalueen laajuisia raportteja sekä eri toimialoilta saatuja tietoja materiaalivirroista sekä muovin kulutuksesta, sekä haastatteleamalla asiantuntijoita.

2 Rantaroskaseuranta-aineiston analyysi: merialueen roskaantumisen tila ja lähteet

2.1 Rantaroska-aineisto merialueen roskaantumisen mittarina

Vuodesta 2012 lähtien toteutettu rantaroskaseuranta on tuottanut pääosan Suomen meriroska-aineistosta makro- ja mesokokoisten roskien osalta. Rantaroska-aineistoa oli kerätty vuoden 2018 loppuun mennessä noin kolmesti vuodessa yhteensä 14 urbaanilta, luonnontilaiselta ja välimuotoiselta merenrannalta eri puolilta Suomea (kuva 7, taulukko 5). UNEP:n (2009) menetelmään perustuvassa seurannassa kaikki vähintään 1 000 neliömetrin tutkimusalueelta (100 m x 10 m) löydetty yli 2,5 cm:n kokoiset roskat lasketaan ja luokitellaan niiden materiaalin ja käyttötarkoituksen mukaan (Haaksi 2012). Poikkeuksena tupakantumpit lasketaan useimmilta rannoilta vain 10 m x 10 m:n alta ja saatu tulos suhteutetaan koko siivousalueeseen. Seurantarantojen pituus vaihtelee 100 metristä 326 metriin ja leveys välillä 10–37 m (taulukko 5), mutta kaikkien rantojen roskamäärät ilmoitetaan tässä selvityksessä 100 metrin pituutta ja 10 metrin leveyttä kohden.



Kuva 7. Roskaseurantarantojen sijainti vuosina 2012-2018. Musta = urbaani ranta, harmaa = välimuotoinen l. peiriurbaani ranta, valkoinen = luonnontilainen ranta.

Taulukko 5. Roskaseurantarantojen nimet, rantatyytit, siivouskerrat eri vuosina ja joitakin erityispiirteitä.

Nimi, kunta	Rantatyyppi	Pituus x leveys (m)	Siivouskertojen lukumäärä								Yht.	Erityispiirteitä
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018			
Pihlajasaari, Helsinki	Urbaani	100 x 20	3	3	3	3	3	4	3	22	suosittu uimaranta, lähellä useita satamia ja rantarakentamiskohteita	
Hovirinta, Kaarina	Urbaani	110 x 10	3	3	3	3	2	2	2	18	suosittu uimaranta, huviveneilyä, festivaaleja	
Hiekkasärkät, Kalajoki	Urbaani	326 x 19	-	-	-	2	2	1	3	8	suosittu uimaranta, festivaaleja, lähellä mm. leirintäalue, vesipuisto, pienvenesatama	
Elba, Kokkola	Urbaani	118 x 10	-	-	-	2	1	2	3	8	uimaranta, lähellä pienvenesatama ja joen suu	
Ruissalo, Turku	Urbaani	100 x 20	3	3	3	3	3	3	3	21	vilkas laiva- ja huvivene liikenne, rannan virkistyskäyttöä, lähellä suuren joen suuta, satamaa ja jätevedenpuhdistamo	
Lehmäsaari itä, Kotka	Välimuotoinen	100 x 10	3	3	3	3	2	2	3	19	virkistyskäyttöä, huviveneilyä	
Lehmäsaari länsi, Kotka	Välimuotoinen	100 x 10	3	3	3	3	2	2	3	19	virkistyskäyttöä, lähellä laivaväylä ja satama	
Mustinn, Parainen	Välimuotoinen	152 x 10	1	3	3	3	3	2	3	18	vilkas laivaliikenne, huviveneilyä, uimaranta	
Björkö, Parainen	Luonnontilainen	100 x 10	3	3	3	3	3	3	3	21	lähinnä huviveneilyä, vähän muita vierailijoita	
Jussarö, Raasepori	Luonnontilainen	100 x 10	-	-	2	1	-	-	-	3	avautui yleisölle vuonna 2005, päiväristeilyjä	
Utö, Parainen	Luonnontilainen	320 x 37	3	3	3	3	3	2	3	20	lähellä vilkasliikenteinen laivaväylä, huviveneilyä	
Örö, Kemiönsaari	Luonnontilainen	100 x 16	-	-	-	-	3	3	2	8	avautui yleisölle vuonna 2015, pienvenesatama, telttailualue	
Pihluksensäikkä pohjoinen, Rauma	Luonnontilainen	100 x 20	-	-	-	-	-	2	3	5	virkistyskäyttöä, lähellä telakka	
Pihluksensäikkä etelä, Rauma	Luonnontilainen	100 x 20	-	-	-	-	-	2	3	5	virkistyskäyttöä, lähellä telakka	

2.2 Rantaroskien lähdeanalyysissä käytetyt menetelmät

RoskatPois!-hankkeen yhteydessä arvioitiin erilaisten rantaroskan lähteiden merkitystä roskaseurantaran-
noilla käyttäen matriisipisteytystekniikkaa (*Matrix Scoring Technique*; Tudor & Williams 2004), jota on
käytetty myös mm. meriroskan lähteitä arvioivissa EU-raporteissa (Arcadis & EUCC 2014, Veiga ym.
2016). Mahdolliset roskanlähteet jaettiin kuuteen ryhmään: (1) Matkailu ja rannankäyttäjät, (2) Kaupun-
kien valumavedet (joet ja hulevedet), (3) Rakentaminen, (4) Vene- ja laivaliikenne (mukaan lukien sata-
mat), (5) Kalastus ja (6) Laiton (suurikokoisen) jätteen hylkääminen maastoon. Tämän jälkeen kunkin
seurantaranan jokaiselle yksittäiselle roskatyypille arvioitiin jokaisen roska lähteen todennäköisyys, ja
arvioidut todennäköisyysluokat muutettiin matriisipisteiksi käyttäen Tudorin ja Williamsin (2004) julkai-
sun mukaista matriisipisteytysjärjestelmää E (taulukko 6). Todennäköisyysluokkien arvioinnissa otettiin
huomioon roskatyyppien lisäksi mm. rannan sijainti sekä rantaan ja alueeseen kohdistuvat ihmisen ai-
heuttamat paineet.

Taulukko 6. Matriisipisteytysjärjestelmä (Tudor & Williams 2004).

Todennäköisyysluokka	Arvioitu todennäköisyys	Matriisipisteytys
Erittäin todennäköinen	>90 %	16
Todennäköinen	>60 %	4
Mahdollinen	30-60 %	2
Epätodennäköinen	<30 %	1
Erittäin epätodennäköinen	<10 %	0,25
Ei huomioitu (äärimmäisen epätodennäköinen tai mahdoton)	~0 %	0

Todennäköisyys sille, että tietty roskatyyppi oli päätynyt rannalle tietystä lähteestä, arvioitiin laskemalla
jokaisen roskatyyppin osuus koko rannan roskien lukumäärästä sekä ko. roskatyyppin saamien matriisipis-
teiden summa, jakamalla em. osuus summalla sekä kertomalla tämä osamäärä kunkin roska lähteen mat-
riisipisteillä. Kunkin roskaantumislähteen aiheuttama roskaantuminen tietyllä seurantaranalla arvioitiin
laskemalla kunkin roskatyyppin tietylle lähteelle saamat todennäköisyysprosentit yhteen. Taulukossa 7 on
esimerkki laskentatavasta.

Taulukko 7. Esimerkki matriisilaskennasta tietyn seurantarannan kuudelle roskatyypille. Matriisipisteet (lihavoituna) ilmaisevat kunkin roskatyypin todennäköisyyden olla lähtöisin kustakin lähteestä (vrt. taulukko 6). Alimalla rivillä olevat prosentiosuudet ilmaisevat kunkin roskanlähteen tuottaman osuuden tarkastelluista roskatyypeistä. Roskanlähteet: 1 = matkailu ja rannankäyttäjät, 2 = kaupunkien valumavedet, 3 = rakentaminen, 4 = vene- ja laivaliikenne, 5 = kalastus ja 6 = laiton jätteen hylkääminen maastoon.

Materiaali	Roskatyyppi	Lk m	% kok. lkm:stä	Roskanlähte						Pis- teet yht.
				1	2	3	4	5	6	
Muovi	Pullo, tynnyri, jerrykannut ja ämpärit > 2 L	3	0,55	0,25 (0,01 %)	0,25 (0,01 %)	2 (0,05 %)	16 (0,41 %)	0,25 (0,03 %)	2 (0,05 %)	21,5
Muovi	Savukkeet, tumpit ja filterit	401	73,18	16 (53,2 %)	4 (13,3 %)	0	2 (6,7 %)	0	0	22
Lasi ja keramiikka	Rakennusmateriaalit (tiili, sementti, hormi)	68	12,40	0	0	16 (11,7 %)	1 (0,73 %)	0	0	17
Metalli	Pullonkorkit, kannet ja vetorengaat	40	7,30	16 (5,3 %)	4 (1,3 %)	0	2 (0,66 %)	0	0	22
Paperi ja kartonki	Paperi sisältäen sanoma- ja aikakauslehdet	29	5,29	16 (3,8 %)	4 (0,96 %)	0	2 (0,48 %)	0	0	22
Puu	Korkit	7	1,28	16 (0,93 %)	4 (0,23 %)	0	2 (0,12 %)	0	0	22
	Yhteensä	548	100	63,3 %	15,8 %	11,7 %	9,05 %	0,03 %	0,05 %	

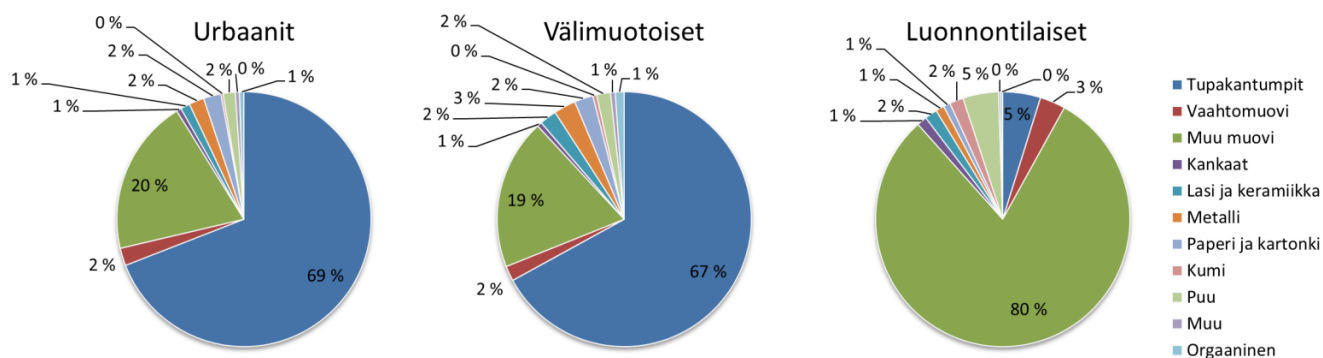
2.3 Rantaroska-analyysin tulokset

Seuranta-aineiston perusteella rantaroskien kokonaismäärässä ei tapahtunut merkittävää muutosta vuosina 2012–2018. Kaikki rannat ja kaikki seurantakerrat huomioiden Suomen rannoilla oli keskimäärin 240 roskaa tuhannella neliometrillä. Seurantarannoista selvästi roskaisimpia olivat Turun Ruissalon suositettu virkistyskäyttörauta sekä luonnontilainen Jussarö, joilta löytyi keskimäärin 1 049 ja 468 roskakappaletta (/1 000 m²) siivouskerta kohden (taulukko 8). Jussarötä lukuun ottamatta roskamäärät olivat keskimäärin pienimpiä luonnontilaisilla rannoilla (98 roskaa / siivouskerta), seuraavaksi pienimpiä välimuotoisilla rannoilla (169 roskaa / siivous) ja suurimpia urbaaneilla rannoilla (394 roskaa / siivous). Erikseen pienemmältä alalta laskettavat tupakantumpit sisältyvät em. lukuihin. Jussarön rannan suuret roskamäärät johtuvat todennäköisesti sen sijainnista ja rakenteesta, jotka aiheuttavat roskien kertymisen rannalle pitkällä aikavälillä. Rantaroskaseuranta Jussarössä lopetettiin vuoden 2015 jälkeen.

Taulukko 8. Roskien siivouskohtainen keskilukumäärä (/1000 m²) eri rannoilla 2012–2018.

Nimi, kunta	Rantatyyppi	Tupakantumpit	Muut roskat	Yhteensä
Pihlajasaari, Helsinki	Urbaani	11	158	170
Hovirinta, Kaarina	Urbaani	157	121	277
Hiekkasärkät, Kalajoki	Urbaani	170	27	197
Elba, Kokkola	Urbaani	185	92	277
Ruissalo, Turku	Urbaani	856	194	1 049
Lehmäsaari itä, Kotka	Välimuotoinen	127	23	151
Lehmäsaari länsi, Kotka	Välimuotoinen	36	75	111
Mustfinn, Parainen	Välimuotoinen	177	69	246
Björkö, Parainen	Luonnontilainen	0	56	57
Jussarö, Raasepori	Luonnontilainen	10	458	468
Utö, Parainen	Luonnontilainen	1	5	6
Örö, Kemiönsaari	Luonnontilainen	9	18	26
Pihluksensäikkä pohjoinen, Rauma	Luonnontilainen	2	7	9
Pihluksensäikkä etelä, Rauma	Luonnontilainen	4	15	19

Roskamateriaaleista muovi oli selvästi yleisin: noin 90 % rantaroskista kaikentyyppisillä rannoilla oli erilaisia muovi- tai vaahtomuovituotteita, sisältäen tupakantumpit (kuva 8). Urbaaneilla ja välimuotoisilla rannoilla tupakantumpien osuus kaikesta roskasta oli keskimäärin lähes 70 %, mutta luonnontilaisilla rannoilla vain 5 % (taulukko 8 ja kuva 8). Kevyenä ja kestäväenä materiaalina muovi saattaa kulkeutua pitkiäkin matkoja myös luonnontilaisille alueille, joilla muiden, todennäköisesti urbaaneista lähteistä peräisin olevien, roskamateriaalien määrät ovat pienempiä kuin urbaaneilla ja välimuotoisilla rannoilla. Muusta muoviroskasta kuin tupakantumpeista noin 45 % koostui tunnistamattomista kappaleista tai riekaleista kaikilla rantatyypeillä.



Kuva 8. Eri materiaalien osuus rantaroskasta urbaaneilla, välimuotoisilla ja luonnontilaisilla rannoilla. Muovituotteet on jaettu kolmeen luokkaan: tupakantumpit, vaahtomuovit ja muut muovit.

Urbaaneilla ja välimuotoisilla rannoilla yleisin roskatyyppi oli tupakantumppi ja luonnontilaisilla rannoilla tunnistamaton muoviroska, joka oli toiseksi yleisin tyyppi urbaaneilla ja välimuotoisilla rannoilla (taulukko 9). Muita roskaluokkia, jotka esiintyivät kymmenen yleisimmän joukossa vähintään kahdella rantatyyppillä kolmesta, olivat muoviset ruokapakkaukset, vaahtomuovi, muoviset pullonkorkit ja kannet, jalostettu puu ja lavalatikat, muovikassit, muoviköydet sekä lasi- ja keramiikkasirut.

Taulukko 9. Kokonaislukumäärän perusteella kymmenen yleisintä meriroskatyyppiä Suomen urbaaneilla, välimuotoisilla ja luonnontilaisilla rannoilla.

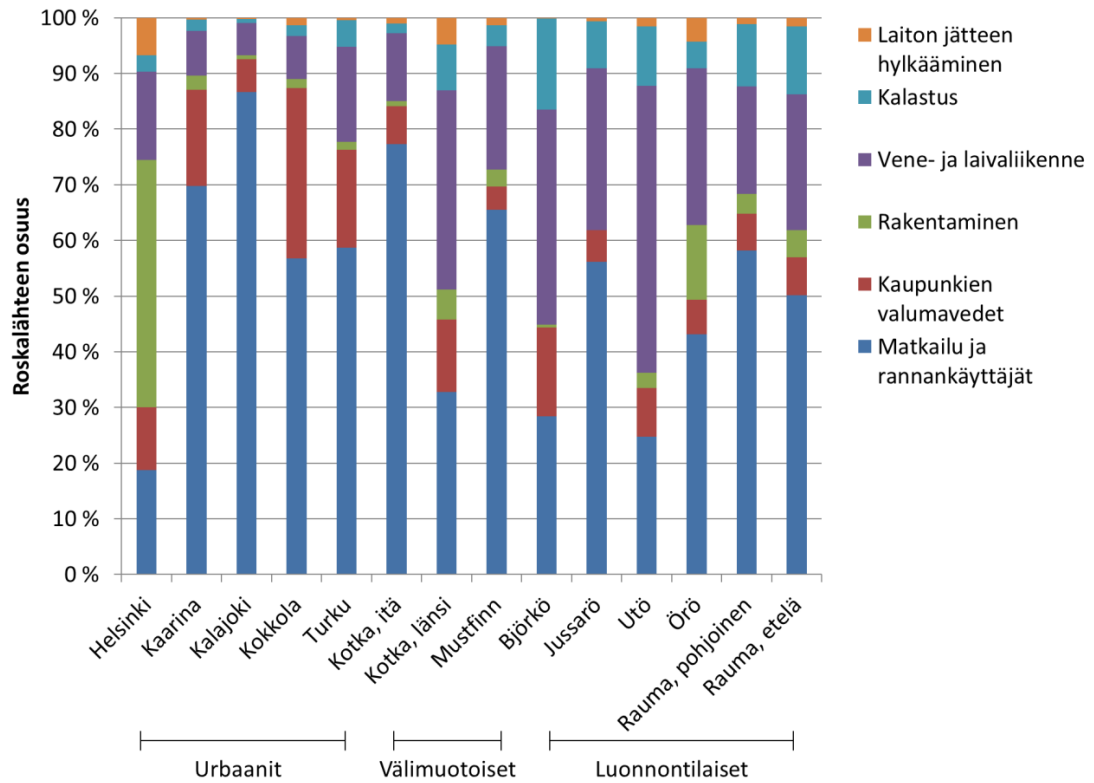
Järjestysnumero	Uraanit rannat	Välimuotoiset rannat	Luonnontilaiset rannat
1	Savukkeet, tumpit ja filitrit	Savukkeet, tumpit ja filitrit	Muu muovi >2,5 cm
2	Muu muovi >2,5 cm	Muu muovi >2,5 cm	Muoviset ruokapakkaukset (pikaruokakääreet, pikarit, eväsasiat ja vastaavat)
3	Muoviset ruokapakkaukset (pikaruokakääreet, pikarit, eväsasiat ja vastaavat)	Muovikassit (himmeät ja kirkaat)	Muoviköydet
4	Vaahtomuovi (eriste ja pakkaus)	Muoviset ruokapakkaukset (pikaruokakääreet, pikarit, eväsasiat ja vastaavat)	Savukkeet, tumpit ja filitrit
5	Muoviset pullonkorkit ja kannet	Muoviköydet	Jalostettu puu ja lavalaatitot
6	Jalostettu puu ja lavalaatitot	Muoviset pullonkorkit ja kannet	Muoviset pullonkorkit ja kannet
7	Muoviset veitset, haarukat, lusikat, pillit, sekoituspuikot (ruokailuvälineet)	Vaahtomuovi (eriste ja pakkaus)	Vaahtomuovi (eriste ja pakkaus)
8	Metalliset pullonkorkit, kannet ja vetorenkaat	Lasi- tai keramiikkasirut	Muovikassit (himmeät ja kirkaat)
9	Lasi- tai keramiikkasirut	Jalostettu puu ja lavalaatitot	Muoviset monofilamenttilangat
10	Paperi (sis. sanoma- ja aikakauslehdet)	Rakennusmateriaalit (tiili, sementti, hormi)	Muoviset suojapeitteet tai muut kudotut muovipussit, lavakelmut

Lähdeanalyysin avulla pyrittiin tunnistamaan merkittävimmät rantaroskanlähteet kullakin rannalla ja rantatyyppillä. Matriisipisteytysmenetelmä perustuu todennäköisyyksiin ja huomioi mahdollisuuden, että tietty roskatyyppi voi olla peräisin useammasta kuin yhdestä lähteestä (Tudor & Williams 2004). Menetelmää käytettäessä hyvä paikallistuntemus on kuitenkin ensiarvoisen tärkeää todennäköisimpien roskanlähteiden arvioimiseksi. Esimerkiksi sitä, onko tietty roskatyyppi todennäköisemmin peräisin rannanlähteestä huviveneilystä tai rannalla tapahtuvasta virkistyskäytöstä, on vaikea arvioida ilman paikallistuntemusta.

Kaikilla rantatyypeillä matkailu ja rannankäyttäjät arvioitiin suurimmaksi roskanlähteeksi, jonka tuottama osuus rantaroskista oli noin 40–60 % (taulukko 10), osuuden vaihdella Pihlajasaaren noin 19 %:sta Kalajoen 87 %:iin (kuva 9). Rannankäyttäjien yllättävän pientä osuutta roskaamisesta Helsingin suosituilla virkistyskäyttörannoilla Pihlajasaarella selittänee virkistyskäytön puuttuminen lähes kokonaan yhteysaluksen liikennöintikauden ulkopuolella sekä toisaalta rannan tiheät siivousvälit kesäkaudella.

Taulukko 10. Roskanlähteiden arvioidut keskimääräiset osuudet (%) roskaamisesta rantatyypeittäin.

Roskanlähte	Uraanit rannat	Välimuotoiset rannat	Luonnontilaiset rannat
Matkailu ja rannankäyttäjät	57,1	61,7	44,8
Kaupunkien valumavedet (joet ja hulevedet)	17,2	7,0	9,3
Rakentaminen	6,2	2,9	1,3
Vene- ja laivaliikenne (mukaan lukien satamat)	14,6	22,2	32,7
Kalastus	3,8	4,1	11,1
Laiton jätteen hylkääminen	1,2	2,0	0,7



Kuva 9. Roskaihteiden arvioidut osuudet roskaamisesta eri seurantarannoilla.

Luonnonalaisilla ja välimuotoisilla rannoilla toiseksi merkittävimmäksi roskaialhteeksi osoittautui vene- ja laivaliikenne (mukaan lukien satamat), jonka osuuden kaikesta roskasta näillä rannoilla arvioitiin olevan keskimäärin 20–30 % (taulukko 10). Kaupunkirannoilla virkistyskäytön jälkeen tärkeimmät roskaialhteet olivat kaupungin valumavedet (joet ja hulevedet) (noin 17 % roskasta) sekä meriliikenne (15 %). Helsingin Pihlajasaaressa jopa noin 44 %:n rantaroskista arvioitiin olevan lähtöisin rakentamisesta (kuva 9), johtuen todennäköisesti lähistöllä sijaitsevista suurista rantarakennus- ja meritäyttötyömaista.

Kaiken kaikkiaan urbaaneilla ja välimuotoisilla rannoilla noin 74–82 % roskista arvioitiin olevan maaperäisistä lähteistä (virkistyskäyttö, valumavedet, rakentaminen ja jätteen hylkääminen), kun taas luonnonalaisilla rannoilla maaperäisten lähteiden osuus oli keskimäärin 56 % ja meriperäisten (meriliikenne ja kalastus) 44 %.

3 Maalta mereen päätyvä roska

3.1 Rannikkokaupungeille lähetetty kysely meriroskan lähteistä ja reiteistä

Merenrantakaupungit tuottavat todennäköisesti hyvin merkittävän osan mereen päätyvästä roskasta, mutta mahdollisissa roskanlähteissä on huomattavia alueellisia eroja. Siksi urbaanien alueiden roskaamista arvioitaessa on tärkeää huomioida paikallisten toimijoiden tieto roskanlähteistä.

Kyselytutkimuksen tarkoitus, rakenne ja sisältö

Syksyllä 2017 lähetettiin Suomen kaikkien 30 merenrantakaupungin (poislukien Maarianhamina) ympäristönsuojeluviranomaisille kysely, jonka oli alun perin laatinut EU:n Interreg Central Baltic -ohjelman rahoittama hanke *BLASTIC* (*“Plastic Waste Pathways into the Baltic Sea”*, 2016–2018), jonka tavoite oli selvittää erityisesti muovijätteen päätymistä Itämereen (BLASTIC 2016). Kyselylomakkeen avulla kartoitettiin kaupunkien meriroskan lähteitä ja reittejä ja arvioitiin eri lähteiden roskantuotannon todennäköisyyttä huomioiden paikalliset olosuhteet. Lomake oli jaettu tärkeimpien roska- ja reittien perusteella aihealueisiin, joihin kuuluivat mm. erilaiset kaupungin järjestämät palvelut (esim. jätehuolto, katujen puhtaanapito, jätevedenkäsittely) ja taloudelliset toiminnot (virkistys ja matkailu, kauppa ja teollisuus, maanviljely). Kyselylomakkeessa oli kahdentyyppisiä kysymyksiä. Toisilla selvitettiin kaupungin meriroskan tuotannon todennäköisyyttä huomioiden kaupungin sosio-ekonomiset ja maantieteelliset ominaisuudet sekä esim. jätevedenkäsittelyn tai jätehuollon kehittyneisyys. Toiset kysymykset pyrkivät arvioimaan meriroskan syntymisen syitä ja vähentämispotentiaalia perustuen kaupungin arvioituihin roska- ja lähdekohtaisiin toimintoihin ja ongelmiin, joihin voidaan vaikuttaa roskaantumisen esto- ja vähennystoimenpiteillä. Suomenkielinen kyselylomake ohjeineen löytyy *BLASTIC*-hankkeen kotisivuilta (<https://www.blastic.eu/project-publications/>; Checklist and prioritisation tool (FIN)).

BLASTIC-projektissa kehitettiin myös excel-pohjainen priorisointityökalu, jonka avulla voidaan määrittellä kunkin kaupungin ominaispiirteisiin soveltuvat toimenpiteet roskien vähentämiseksi (<https://www.blastic.eu/project-publications/>; Checklist and prioritisation tool (ENG); viimeinen välilehti). Työkalu paljastaa kyselytutkimukseen annettujen vastausten perusteella kaupungin roskaantumiseen liittyvät haavoittuvuudet ja potentiaaliset roskaantumisen aiheuttajat. *BLASTIC*-projektissa tuotettu toimenpidelista (BLASTIC 2018) mahdollistaa näihin haavoittuvuuksiin ja roska- ja lähdekohtaisiin soveltuvien toimenpiteiden kartoittamisen. Työkalun avulla kartoitettujen toimenpiteiden soveltuvuutta voidaan tarkastella perusteellisemmin esimerkiksi kustannusvaikuttavuusanalyysin avulla. Siinä määritellään tarkemmin kunkin toimenpiteen roskia vähentävät vaikutukset ja vertaillaan näitä toimenpiteistä aiheutuviin kustannuksiin. Näin voidaan määrittää esimerkiksi optimaalinen toimenpiteiden joukko, ottaen huomioon meriroskien vähentämiseen liittyvät määrälliset tavoitteet, sekä toimenpiteisiin liittyvät kustannusrajoitteet. Kustannusvaikuttavuusanalyysi meriroskan vähentämisen toimenpiteille Turun alueella pilotoitiin osana *BLASTIC*-projektia (Saikkonen 2018).

Kyselytutkimuksen tulokset

Suomen 30 merenrantakaupungille lähetettyyn kyselyyn vastasi 22 kaupunkia: Espoo, Hanko, Helsinki, Kaarina, Kaskinen, Kemi, Kokkola, Kristiinankaupunki, Loviisa, Närpiö, Oulu, Paimio, Pori, Porvoo, Raasepori, Rauma, Salo, Tornio, Turku, Uusikaarlepyy, Uusikaupunki ja Vaasa. Tulosten tarkastelua varten kaupungit jaettiin asukaslukunsa (31.12.2017) mukaan kolmeen kokoluokkaan: isot (>100 000 asukasta), keskisuuret (20 000–100 000 asukasta) ja pienet (<20 000 asukasta) kaupungit. Isoja kaupunkeja oli neljä, keskisuuria kymmenen ja pieniä kahdeksan kappaletta. Kaupunkien vastaukset meriroskan syntymisestä ja sen vähentämispotentiaalia arvioiviin kysymyksiin on esitetty taulukossa 11 kunkin kaupunkikokoluokan keskiarvoina.

Taulukko 11. Erikokoisten merenrantakaupunkien (isot, keski-suuret ja pienet) vastausten keskiarvo meriroskan syntymistä ja sen vähentämispotentiaalia arvioiviin kysymyksiin.

Roskan lähde	Kysymys	Pisteystasot	Isot	Keski-suuret	Pienet
Virkistyskäyttö ja matkailu	Julkisilla rannoilla tapahtuvan roskien ja pakkausjätteen keräyksen riittävyys	1: hyvä 2: kohtalainen 3: huono	1,5	1,5	1,4
	Ulkoilmatapahtumien roskien ja pakkausjätteen keräyksen riittävyys	1: hyvä 2: kohtalainen 3: huono	1,3	1,3	1,3
	Puistojen ja muiden merenrantojen ja jokien/kanavien läheisten virkistysalueiden roskien ja pakkausjätteen keräyksen riittävyys	1: hyvä 2: kohtalainen 3: huono	1,3	1,6	1,5
	Pienvenesatamien roskien ja pakkausjätteen keräyksen riittävyys	1: hyvä 2: kohtalainen 3: huono	1,5	1,6	1,6
Yleinen roskaaminen	Kaupunkilaisten omistautuneisuus ja sitoutuneisuus julkisiin tiloihin, mikä heijastuu roskaamiskäyttäytymiseen	1: hyvä 2: kohtalainen 3: huono	1,8	1,6	1,6
	Pidetäänkö roskaamista yleisesti ongelmana kaupungissa?	1: ei ongelmaa 2: kohtalainen ongelma 3: suuri ongelma	2,0	1,5	1,6
	Kuinka usein kaupungissa järjestetään roskatietoisuutta lisääviä kampanjoita?	1: >2 kampanjaa/vuosi 2: 1-2 kampanjaa/vuosi 3: 0 kampanjaa/vuosi	1,5	2,0	2,0
Viemäröinti	Hulevesien puhdistuksen riittävyys/tehokkuus	1: fysikaalinen, kemiallinen ja biologinen puhdistus 2: vain fysikaalinen puhdistus 3: ohjataan luonnonvesiin ilman puhdistusta	2,5	2,8	2,9
	Kuinka usein tapahtuu ylivuototilanteita, jolloin jätevesiä joudutaan ohjaamaan käsittelemättömänä vesistöihin?	1: hyvin harvoin: enintään kerran viim. 20 v. aikana 2: toisinaan: ainakin kerran 10 vuodessa 3: usein: joka vuosi	2,0	2,6	2,0
	Pidetäänkö kiinteiden esineiden (esim. kondomit, tamponit, terveysiteet) heittämistä wc-pönttöön ongelmana?	1: ei ongelmaa 2: kohtalainen ongelma 3: suuri ongelma	1,5	1,4	1,9
Jätehuolto	Onko jätehuolto järjestetty riittävän hyvin kaupungin erillisenä vastuualueena?	1: kyllä, vastuut selkeästi määritelty, erillinen hallintoyksikkö, riittävästi henkilöresursseja 2: osittain, vastuut osittain määritelty, jaettu useiden yksiköiden välillä, henkilöresursseissa puutteita 3: ei, vastuuta ei selkeästi määritelty, ei vastuullista hallintoyksikköä, ei henkilöresursseja	1,0	1,2	1,4
	Onko koko kaupungin pinta-ala kunnallisen jätteenkeräyksen piirissä?	1: kyllä 2: osittain 3: ei	2,0	1,4	1,0
	Onko kaupungilla käytössä ajan tasalla oleva jätehuoltosuunnitelma ja -säännöt?	1: kyllä 2: kehitteillä 3: ei	1,0	1,2	1,0
	Ovatko käytöstä poistetut kaatopaikat mahdollisia meriroskan lähteitä?	1: ei mikään 2: osa 3: kaikki	1,0	1,1	1,0
	Ovatko toiminnassa olevat kaatopaikat ja muut suuremmat jätteenkäsittelypaikat mahdollisia meriroskan lähteitä?	1: ei mikään 2: osa 3: kaikki	1,0	1,1	1,0

Roskan lähde	Kysymys	Pisteystasot	Isot	Keski-suuret	Pienet
	Pidetäänkö roskaamista ja laitonta jätteen hylkäämistä yleisesti ongelmana kaupungissa?	1: ei ongelmaa 2: kohtalainen ongelma 3: suuri ongelma	2,0	1,7	1,6
	Kuinka monta yhdyskuntajätteen hylkäämistapausta kaupungissa tapahtuu vuosittain?	1: 0-5 2: 6-20 3: >20	2,7	1,7	1,0
	Kuinka monta laitonta kaatopaikkaa tai roskaamis-hotspottia kaupungissa voidaan tunnistaa?	1: 0-5 2: 6-20 3: >20	1,7	1,3	1,4
	Kuinka usein kaupungissa järjestetään kampanjoita, jotka lisäävät yleistä tietoisuutta jätteenkeräyksestä ja -lajittelusta?	1: >5 kampanjaa/vuosi 2: 1-5 kampanjaa/vuosi 3: 0 kampanjaa/vuosi	1,7	2,0	2,3
	Julkisen pakkaustenkeräysjärjestelmän riittävyys	1: hyvä 2: kohtalainen 3: huono	1,5	1,8	1,5
	Kaupungin katujenpuhdistuspalvelun laatu	1: hyvä 2: kohtalainen 3: huono	1,3	1,3	1,4
Julkisten tilojen puhtaanapito	Mihin kaduilta poistettu lumi varastoidaan/hävitetään?	1: maalle, kauas meren tai jokien/kanavien rannoilta, sulamisvedet eivät varmasti pääse mereen 2: maalle, muttei voida taata että sulamisvedet eivät pääsisi mereen 3: mereen	2,5	1,8	1,9
	Julkisten tilojen roska-astioiden riittävyys	1: hyvä 2: kohtalainen 3: huono	1,8	1,3	1,4
	Tupakantumpeille tarkoitettujen roska-astioiden riittävyys	1: hyvä 2: kohtalainen 3: huono	2,5	1,9	1,8
	Onko roska-astioiden muotoilussa ongelmia?	1: ei ongelmaa 2: kohtalainen ongelma 3: suuri ongelma	1,7	1,2	1,3
Teollisuus ja kaupan ala	Teollisuuden ja kaupan alan jätehuoltopalveluiden riittävyys	1: hyvä 2: kohtalainen 3: huono	1,0	1,1	1,1
	Onko teollisuuden ja kaupallisen sektorin tietoisuus ja käyttäytyminen jätteenkäsittelyn osalta ongelma?	1: ei ongelmaa 2: kohtalainen ongelma 3: suuri ongelma	1,0	1,1	1,4
	Pidetäänkö kauppasatamia mahdollisina roskanlähteinä?	1: ei 2: mahdollisesti 3: kyllä	1,0	1,9	2,1
	Pidetäänkö rakennus- ja purkutöitä mahdollisina roskanlähteinä?	1: ei 2: mahdollisesti 3: kyllä	2,5	2,3	2,3
Maatalous	Onko maataloussektorin tietoisuus ja käyttäytyminen jätteenkäsittelyn osalta ongelma?	1: ei ongelmaa 2: kohtalainen ongelma 3: suuri ongelma	1,0	1,2	1,5
	Maatalouden jätehuoltopalveluiden riittävyys	1: hyvä 2: kohtalainen 3: huono	1,0	1,8	1,1

Tulosten perusteella hulevesien puhdistus koettiin meren roskaantumisen kannalta riittämättömäksi kaiken kokoisissa kaupungeissa. Tämän lisäksi keskikokoisissa kaupungeissa ongelmalliseksi osoittautuivat usein toistuvat viemärien ylivuototilanteet, jolloin jätevesiä joudutaan ohjaamaan käsittelemättömänä vesistöihin. Suurissa kaupungeissa meriroskan syntymiseen vaikuttavia tekijöitä olivat kunnallsijätteen

dumppaustapausten määrä, kaduilta poistetun lumen varastointi ja hävitys, tupakantumpeille tarkoitettujen roska-astioiden riittävyys sekä rakennus- ja purkutytöt.

Kaupunkikyselyn johtopäätöksenä voidaan sanoa, että toimenpiteet makromuoviroskien vähentämiseksi kannattaa mahdollisuuksien mukaan suunnitella kaupunkitasolla, koska kaupunkien välillä on eroja. *BLASTIC*-projektissa luodun priorisointityökalun avulla voidaan kaupunkikyselyn vastausten perusteella määrittää soveltuvat toimenpiteet kullekin Suomen rannikkokaupungille. Priorisointityökaluun liittyvä, *BLASTIC*-projektissa tuotettu raportti toimenpiteistä (*BLASTIC* 2018) ei kuitenkaan sisällä kaikkia mahdollisia toimenpiteitä, ja kaupunkikyselyn rakenteeseen ja toteutukseen voi liittyä puutteita. Lisäksi olisi suositeltavaa kustannusvaikuttavuusanalyysin avulla tutkia, mitkä soveltuvista toimenpiteistä ovat optimaalisia kullekin kaupungille, kun kustannukset ja vaikutukset otetaan tarkemmin huomioon. Kustannusvaikuttavuusanalyysin avulla voidaan lisäksi tutkia, onko toimenpiteillä mahdollisuus saavuttaa meriroskaan liittyvät määrälliset vähennystavoitteet.

Jotta meriroskaantumisen vähentämiseen tarkoitettujen toimenpiteiden vaikutuksia pystyttäisiin kunnolla vertaamaan toimenpiteistä aiheutuviin kustannuksiin, tulisi määrittää roskaantumisen vaikutukset meriympäristöön ja toisaalta roskaantumisen aiheuttavat suorat ja välilliset haitat ihmisten kannalta. Ihmisille meriroskaantumisen aiheuttamia haittoja ja meriroskan vähentämisestä koituvia hyötyjä voidaan tutkia esimerkiksi arvottamistutkimusten avulla. Systemaattista arvottamistutkimusta meriroskiin liittyen ei Suomessa ole toteutettu, joten meriroskan vähentämisen kustannusten ja hyötyjen vertailu ei tällä hetkellä ole mahdollista. Meriympäristön hyvän tilan saavuttamisesta koituvia hyötyjä on kuitenkin tutkittu (Nieminen ym. 2019). Vuonna 2017 toteutettuun kyselyyn perustuvan arvottamistutkimuksen mukaan suomalaiset ovat valmiita maksamaan keskimäärin 105–123 € vuodessa Suomen merialueiden hyvän tilan saavuttamiseksi. Kyselyyn vastanneiden, merialueilla tai niiden rannoilla aikaa viettäneiden henkilöiden keskuudessa meri- ja rantaroskaantuminen koettiin kaikkein yleisimmän häiritseväksi tekijäksi.

3.2 Jätetoimintojen roskaamispotentiaalinen kartoitus

Kartoituksen tavoitteet ja menetelmät

Jätteitä kerätään, kuljetetaan, varastoidaan ja käsitellään monissa erilaisissa toimipisteissä, jotka ovat mahdollisia meriroskan lähteitä. Jätealueiden roskaamispotentiaalisen selvityksen tavoitteina oli 1) arvioida roskien leviämisen mahdollisuuksia erityyppisistä jätteen keräys- ja käsittelytoiminnoista sekä 2) tuottaa tietoa siitä ovatko jätehuollon toimipisteet potentiaalisia roskaajia, ja minkä tyyppisestä toiminnasta roskaantumista voi aiheutua (Dahlbo ym. 2018).

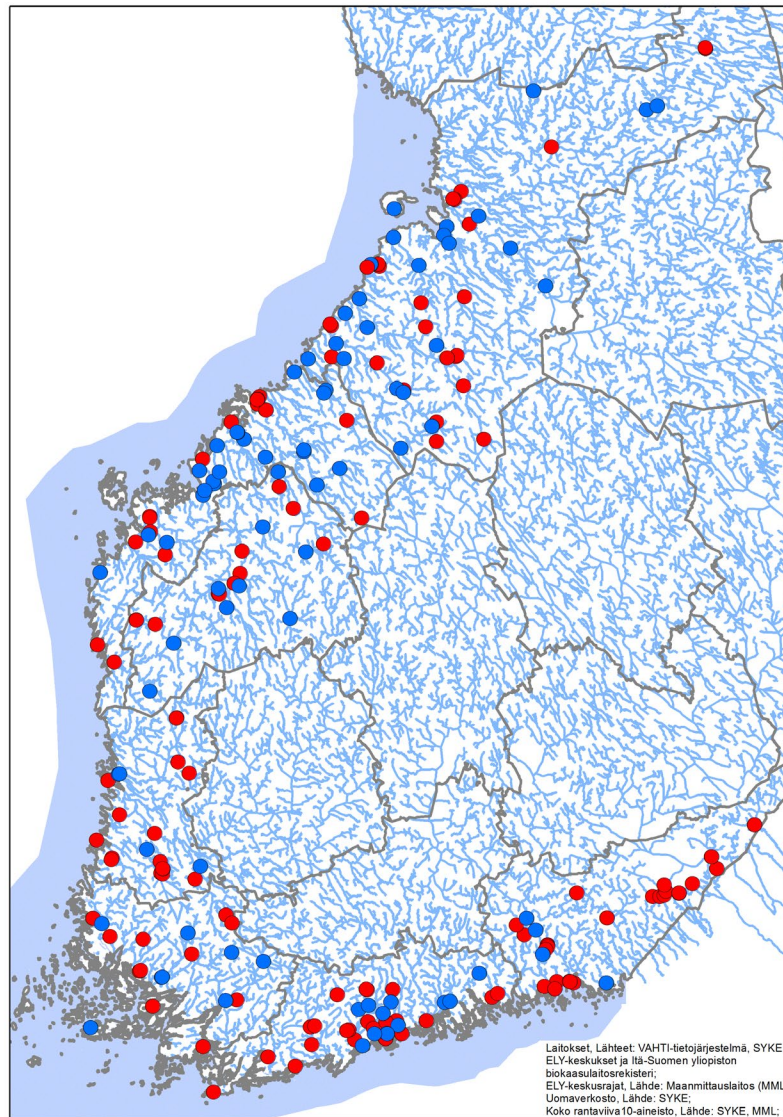
Jätealueiden roskaamispotentiaalia kartoitettiin kenttäkäynneillä jätealueiden ja niiden ympäristön havainnoimiseksi ja toimijoiden edustajien haastattelemiseksi, sekä jätealueiden valvojien puhelinhaastatteluilta laajemmän kuvan saamiseksi. Kenttäkäyntejä tehtiin Suomen etelärannikon eli Kaakkois-Suomen, Uudenmaan ja Varsinais-Suomen ELY-keskusten alueilla oleviin jätekeskuksiin, hyötyjätteiden vastaanottoasemiin, murskaus- ja lajittelulaitoksiin sekä alueellisiin ekopisteisiin (RINKI-pisteisiin). Jätealueiden valvojia haastateltiin edellä mainittujen kolmen ELY-keskuksen lisäksi Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksista. Varsinais-Suomen, Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaan toimesta hoidetaan valvonta myös Satakunnan ja Keski-Pohjanmaan ELY-keskusten alueilla.

Kartoituksen tulokset

Vuonna 2016 rannikon ELY-keskusten alueilla sijaitsi 55 toiminnassa olevaa tavanomaisen jätteen kaatopaikkaa (Dahlbo ym. 2018). Noin puolet näistä oli julkisen tahon ylläpitämiä ja puolet yksityisiä. Useimmilla alueilla kaatopaikkojen yhteydessä tai kaatopaikoilla on myös muuta toimintaa, kuten jätteen murskausta ja varastointia. Biojätteen käsittelylaitoksia oli 138 kpl, joista osa sijaitsi samalla alueella kuin

kaatopaikka. Kompostointilaitoksista valtaosa (85 kpl) oli aumakompostointilaitoksia, joilla on suljettuihin kompostointilaitoksiin nähden oletettavasti suurempi riski aiheuttaa alueella roskaantumista eloperäisen jätteen seassa olevien epäpuhtauksien kuten muovipussien vuoksi. Lisäksi rannikon ELY-keskusten alueilla toimi yli 20 jätteiden siirtokuormausasemaa sekä lukuisia muovi- ja kartonkipakkausten ja keräyspaperin keräyspisteitä, joista roskaantumista voi aiheutua.

Jätetoimipisteiden tyypin lisäksi niiden roskaamispotentiaaliin vaikuttaa etäisyys merestä. Edellä mainittujen jätetoimipisteiden etäisyydet merestä linnuntietä mitattuna vaihtelevat välillä 60 m – 178 km (kuva 10). Alle 5 km:n etäisyydellä merestä on 70 jätetoimipistettä (pääosin kompostointilaitoksia), näistä alle 1 km:n etäisyydellä 28 toimipistettä.



Kuva 10. Jätetoimipisteiden etäisyys merestä luokiteltuna niihin, jotka sijaitsevat alle 1 km etäisyydellä uomasta, josta on yhteys mereen (sininen), ja niihin, jotka sijaitsevat etäämmällä (punainen) (lähteet: VAHTI-tietojärjestelmä, SYKE, ELY-keskukset, Itä-Suomen yliopiston biokaasulaitosrekisteri ja Maanmittauslaitos).

Suoran kulkeutumisen (tuulen mukana, lintujen tai muiden eläinten kuljettamana) ohella roskat voivat kulkeutua vesiuomia pitkin. Rannikon ELY-keskusten alueilla sijaitsevien jätetoimipisteiden etäisyys lähimpään omaan vaihtelee 16 metristä lähes 7 kilometriin. Alle kilometrin etäisyydellä uomasta sijaitsee 92 toimipistettä (siniset pisteet kuvassa 10). Uomareittiä myöten näiden toimipisteiden etäisyys mereen

on lyhimmillään alle kilometrin (54 toimipistettä) ja pisimmillään 202 km. Tässäkin tarkastelussa lähimpänä merta olevat toimipisteet ovat kompostointilaitoksia. Kompostoitavat jätteet ovat vaihtelevasti jätevedenpuhdistamolietettä, turkiseläinlantaa, puutarhajätettä, ja kotitalousbiojätettä, joten näiden toimipisteiden roskaamispotentiaalin vaihtelee.

Jätealueiden roskaamispotentiaalia kartoittavien kenttäkäyntien ja haastattelujen mukaan orgaanisen jätteen kaatopaikkasijoituksen loputtua jätekeskusten roskaamisongelmat ovat vähentyneet merkittävästi, kun muovia, paperia ja muita potentiaalisesti tuulen mukana leviäviä jättejakeita ei kaatopaikalle sijoitettavassa jätteessä saa enää olla. Jätekeskusten alueille on sijoitettu erilaisia jätteen varastointi-, esikäsitteily- ja käsittelytoimintoja, joiden roskaamispotentiaali on vaihteleva. Potentiaalisia roskaantumisen aiheuttajia ovat jätteiden lajittelu, murskaus tai muu prosessointi, jätteen varastointi erityisesti irtotavarana sekä kevyiden loppusijoitettavien jakeiden peittämättä jättäminen. Rotat ja linnut voivat levittää roskia myös paalatuista jätteistä. Tällaisten toimintojen sijoittamisella jätealueen keskelle sekä suojarakenteiden käytöllä voidaan kuitenkin vähentää roskien leviämismahdollisuuksia alueen ulkopuolelle. Lisäksi kevyen loppusijoitettavan jätteen nopea peittäminen estää leviämisen. Alueella, jolla jätteiden varastointia tehtiin alueen reunalla, oli selvästi havaittavissa roskien leviämistä myös alueen ulkopuolelle.

Roskaantumista jätealueilta voi aiheutua ympärysojien kautta, mutta jätealueet eivät yleensä sijaitse kovin lähellä merta. Lintuja jätealueilla on edelleen jonkin verran, vaikkakin aiempaa vähemmän orgaanisen jätteen kaatopaikkasijoituksen loputtua.

Jätteitä kuljetetaan paljon ja jätealueiden välittömässä läheisyydessä teiden varsilla voi näkyä roskia. Potentiaalisimpia roskaajia ovat kuitenkin peräkärrykuormat, sillä jäteautot ovat pääsääntöisesti pakkaavia ja siirtokuormat peitetään. Kaikki jätelaitokset siivoavat alueitaan ja niiden ympäristöjä säännöllisesti joko omatoimisesti tai urheiluseurojen tms. avulla, joten roskat saadaan pääsääntöisesti pois ympäristöstä.

Jätteiden siirtokuormaus on potentiaalisesti roskaava toiminto. Runsaasti jätettä käsittelevällä Uudenmaan alueella kaikki siirtokuormaus tapahtuu halleissa, mutta muualla maassa avoimilla alueilla. Siirtokuormauksen sijoittamisella esim. jätekeskuksen alueelle voidaan vähentää roskaamisvaikutuksia.

Jätetoiminnoista ei juuri tule valvojille valituksia roskaamisen takia. Yksittäisiä valituksia tulee keväällä lumen sulamisen jälkeen ennen kevätsiivousta esim. toimijoista, jotka vastaanottavat tai käsittelevät jätettä avoimella kentällä. Lisäksi joskus ilmoitetaan ajoteiltä havaituista roskista. Kun roskaantumista on havaittu, valvojat ovat antaneet jätetoimijoille siivouskehotuksia. Näitä joudutaan antamaan kuitenkin melko harvoin.

Alueelliset ekopisteet ja RINKI-pisteet todettiin tarkastelluissa kohteissa siisteiksi. Yksi valvoja totesi, että tietyissä ekopisteissä roskaantuminen on ongelma. Astioiden vaakatasoisen leveän aukon on havaittu vähentävän roskaantumista, kun kierrätysjakeet mahtuvat paremmin aukosta sisään.

Kenttäkäyntien kohteet pisteytettiin käyttäen kriteereinä yleistä siisteyttä, roskaantumisen mahdollisuuksia sekä havaittua roskaantumista lähiympäristössä. Kolmen jätekeskuksen saamat pisteet vaihtelivat 1:stä (heikoin mahdollinen tulos) 5:een (paras mahdollinen tulos). Kierrätyslaitos, jossa tehtiin jätteen lajittelua ja murskausta, sai 4 pistettä, kuten myös RINKI-pisteet. Jätekeskusten saamat pisteet tukevat valvojen näkemystä siitä, että jätetoiminnot voivat olla merkittäviä roskaajia. Erilaisilla toimenpiteillä asiaan voidaan kuitenkin vaikuttaa siten, että vaikutus huomattavasti pienenee. Havaintojen perusteella jätealueilla kyllä näkyi roskia, eri alueilla vaihtelevasti, mutta niiden reuna-alueet ja alueiden lähiympäristö olivat yhtä poikkeusta lukuun ottamatta siistejä.

Kaiken kaikkiaan valvojen näkemys jätetoiminnoista potentiaalisena roskaajana vaihteli alueittain. Uudenmaan alueella rakentamista pidettiin selkeästi merkittävämpänä meriroskan lähteenä kuin jätetoimintoja. Muualla Suomessa taas jätetoimintoja pidettiin kohtuullisen potentiaalisena roskaantumisen (ei erityisesti meriroskaantumisen) aiheuttajana, mutta lupamääräyksillä roskaantumista voidaan merkittävästi vähentää.

3.3 Kaatopaikkojen mikromuovipäästöt

Kaatopaikoille on vuosikymmenten aikana kertynyt suuret varastot erilaista jätettä. Vielä 1990-luvulla yli puolet yhdyskuntajätteestä toimitettiin kaatopaikoille. EU:n kiertotalouspaketin mukaisesti vuoteen 2035 mennessä yhdyskuntajätettä saa viedä kaatopaikoille korkeintaan 10 %, mihin Suomessa on jo päästy. Lisäksi kaikesta pakkausjätteestä tulisi kierrättää 70 %. Nykyisin suurin osa yhdyskuntajätteestä hyödynnetään energiaksi eli poltetaan, kaatopaikalle menee vain n. 3 %. Vuonna 2016 Suomessa oli tiedossa 350 avointa ja 2 170 suljettua kaatopaikkaa (Laaksonen ym. 2017).

Käytöstä poistetusta kaatopaikasta aiheutuvat päästöt ympäristöön riippuvat siitä, mitä jätettä kaatopaikoille on sijoitettu ja minkälaiset olosuhteet kaatopaikalla vallitsevat (mm. kosteus ja ilmastus). Kaatopaikoilta voi periaatteessa päätyä ympäristöön muoviroskaa, joka ajan myötä haurastuu mikromuoviksi. HELCOMin meriroskatoimenpideohjelmaan kuuluvan selvityksen perusteella Suomen, samoin kuin muiden Itämeren ympärysmaiden asiantuntijoiden mukaan tämä riski on varsin vähäinen. Asiaa on tarkoitua vielä selvittää alueellisesti tarkemmin HELCOMin asiantuntijaverkoston avulla, jotta saadaan arvioitua roskien ja muiden haitallisten aineiden, mukaan lukien mikromuovien mahdollinen kulkeutuminen pintavaluman ja suotovesien kautta meriympäristöön.

Kaatopaikalla oleva hautautunut mikroroska ja mikromuovi voi periaatteessa kulkeutua ympäristöön suotovesien mukana. SYKEN ja Lahden ammattikorkeakoulun yhteisessä hankkeessa tarkasteltiin mikromuovimääriä Helsingissä sijaitsevan Talin suljetun kaatopaikan vieressä virtaavassa Mätäojassa, mutta ei kuitenkaan kaatopaikan suotovesissä (Kilponen 2016). Kertaluontoisella näytteenotolla mikromuoveja löytyikin, mutta tämän mittauksen perusteella ei voi määrittää kappalemäärää niin tarkasti, että kaatopaikkaa voisi yhdistää päästölähteeksi. Pohjoismaisen ministerineuvoston rahoittamassa, suotovesien mikromuoveja selvittäneessä tutkimushankkeessa oli mukana kaatopaikkoja Suomesta, Islannista ja Norjasta (van Praagh ym. 2018). Tulosten perusteella kaatopaikkojen suotovedet voivat olla mikromuovien kulureitti, mutta lisätutkimuksia tarvitaan etenkin tutkimukseen sisällyttämättömien pienempien hiukkasten osalta. Tutkimuksessa mukana olleiden viiden suomalaisen kaatopaikan suotovesistä löytyi 0–1,97 mikromuovihiukkasta litraa kohden 0,05–5 mm:n kokofraktiossa. Tämän pilottiluonteisen selvityksen perusteella mikromuovihiukkasten määrä suotovesissä oli vähäinen.

3.4 Rakentamisesta aiheutuva meren roskaantuminen

Rakennusteollisuus käyttää noin 20 % kaikesta Euroopassa kulutetusta muovista (PlasticsEurope 2018), mutta rakennusalan todellisuudessa aiheuttamasta meren roskaantumisesta ei ole vielä riittävästi tietoa. Rakennusjätteen lajittelua työmailla koskevat määräykset rakentamisen ja purkamisen toteuttamisesta siten, että eri materiaalit pystytään lajittelemaan (Valtioneuvoston päätös rakennusjätteistä 295/1997). Näin pystytään varmistamaan, että ne jätelajit, jotka voidaan hyödyntää, saadaan tehokkaasti kiertoon ja hyötykäyttöön. Suurille rakennustyömaille asetetaan lisälajittelutoimien suhteen tarkemmat määräykset, ja lisäksi kunnat voivat itse laatia paikallisesti käyttöönotettavia määräyksiä jätteiden lajittelusta. Suomessa Tilastokeskus tilastoi tällä hetkellä vain käsittelylaitoksiin vastaanotettuja jätemääriä, joiden jäteluokka on 17-alkuinen eli yleisesti luokiteltuna rakentamisesta syntyneet jätteet. Myöskään pakkausten käyttötarkoitus ei siirry eteenpäin pakkausteollisuuden tuottajavastuuorganisaatioiden ylläpitämässä jäteseurannassa.

Kiinnostavasti kuitenkin tuottajajärjestön kanavien kautta on saatavilla tietoa rakennusjätteen käsittelystä Euroopan laajuisesti. PlasticsEuropen esittämien tietojen mukaan rakennus- ja purkamistoiminnot tuottivat vuonna 2014 EU:n talousalueella yhteensä 1 458 000 tonnia jätettä, josta energiantuotantoon meni 42,8 %, varsinaiseen kierrätykseen 23,7 %, ja loput 33,5 % poistui joko kaatopaikoille tai muuten polttoon (ilman energiakompensaatiota) (https://www.plasticseurope.org/application/files/2715/1714/0155/BuildingConstruction_plasticseurope_report_23012017.pdf).

Tanskassa kerättiin tietoa kahdentyyppisen, paisutetun (EPS eli styrox) ja suulakepuristetun (XPS) polystyreenivaahdon yleisyydestä ja lähteistä Itämeren maissa ja ehdotettiin mahdollisia keinoja vähentää näiden materiaalien päästöjä Itämereen (Lassen ym. 2019). EPS/XPS on kevyttä ja kelluvaa materiaalia ja kulkeutuu siksi helposti pitkiä matkoja vesiympäristöissä. Vaahtorakenteensa vuoksi se fragmentoituu helposti pienempiin palasiin, mikä voi lisäksi johtaa sen sisältämien myrkyllisten lisäaineiden kuten HBCDD (heksabromisyklododekaani) -palonsuoja-aineen vapautumiseen ympäristöön.

Rakennusteollisuus käyttää noin 70 % ja pakkausteollisuus n. 25 % kaikesta Euroopassa tuotetusta polystyreenivaahdosta. Suomessa rakentamisen osuudeksi arvioitiin jopa 80–85 % (Muoviteollisuus ry 2018, viitattu julkaisussa Lassen ym. 2019). Loppu 5 % kuuluu muihin toimintoihin, esimerkiksi kalastuksessa käytettäviin EPS-kellukkeisiin. Rakentamisessa polystyreenivaahtoa käytetään pääosin eristykseen. Vuonna 2017 EPS-jätteen kierrätysaste Euroopassa oli kaikkiaan 27 %, mutta rakennusalan osalta vain 8 % (Lassen ym. 2019). Rakennusjätteen kierrätettävyyttä heikentää materiaalien kontaminaatio ja niiden sisältämät lisäaineet, kuten HBCDD, jonka käyttöä on tosin alettu rajoittaa vuodesta 2016 lähtien.

EPS/XPS-materiaalien kokonaispäästöt Itämereen olivat tanskalaisarvion mukaan n. 10–100 tonnia vuodessa, mikä vastaa n. 700–5 000 kuutiometrin tilavuutta. Rakennusteollisuuden arvioitiin olevan yksi suurimmista päästölähteistä. Raportissa koottiin lisäksi luettelo suurimpiin lähteisiin kohdistuvista mahdollisista päästöjen vähentämistoimenpiteistä (Lassen ym. 2019). Rakennussektorin päästöjä arvioitiin voitavan vähentää merkittävästi lisäämällä tietoisuutta ja parantamalla rakennustyömaiden jätteenkeräystä, esimerkiksi soveltamalla muovintuottajien vapaaehtoisen *Operation Clean Sweep*[®] -ohjelman (<https://www.opcleansweep.org/>) menetelmiä.

Kyselytutkimus rantarakentamisen aiheuttamasta roskaantumisesta

Helsingin kaupungin viidessä isossa aluerakentamiskohteessa (joista kolme sijaitsi merenrannalla) vuonna 2017 suorittamassa rakentamisen ympäristöhaittojen valvonnassa suurin osa havaituista puutteista ja huomautusten aiheista liittyi katujen puhdistustarpeeseen ja roskaantumiseen (Helsingin kaupunki 2017), mutta mereen päätyvän roskan määrästä ei esitetty arvioita.

Rakennus-, purku- ja meritäyttötöiden aiheuttamaa meren roskaantumista paikallisten toimijoiden näkökulmasta pyrittiin selvittämään kyselyllä kaikkien Suomen rannikkokaupunkien suurimpien merenlähteiden aluerakentamiskohteiden vastaaville työnjohtajille. Seitsemän kysymystä sisältänyt kyselylomake lähetettiin keväällä 2018 yhteensä 41 logistiikkaoperaattorille, vastaavalle työjohtajalle tai muille toimijoille Helsingin suurimmilla rantarakennus-, -purku- ja meritäyttötyömailla (Jätkäsaari, Kalasatama, Kruunuvuorenranta ja Hernesaari) sekä lisäksi muiden 29 rannikkokaupungin ympäristönsuojeluviranomaisille edelleen välitettäväksi vastaaviin kohteisiin muissa kaupungeissa.

Yhteensä 70 paikalliselle toimijalle lähetettyyn kyselyyn saatiin vain kuusi vastausta. Näistä kaksi koski kokonaisia kaupunkeja, ja molempien (Espoo, Paimio) osalta todettiin, että kyselyn mukaista merkittävää rantarakentamista ei ole käynnissä. Varsinaiseen kyselyyn vastasivat neljän merenlähteistä rakennus- ja purkutoimintaa, sataman louhinta- ja ruoppaustoimintaa, sekä meritäyttöö harjoittavan toimijan edustajat. Vastauksista kolme liittyi Helsingissä tapahtuviin toimintoihin.

Vastausten mukaan merkittävimmät meren roskaantumista aiheuttavat työvaiheet olivat runkovaihe ja -purku rakennus- ja purkutyömailla, sekä meritäytöt, joissa käytettävän louheen seassa mahdollisesti oleva jäte voi aiheuttaa roskaantumista. Rakennus- ja purkutoiminta tapahtui osittain katetussa tai suljetussa tilassa, kun taas sataman louhinta ja ruoppaus sekä meritäytöt eivät. Roskien leviämismahdollisuudet koettiin kuitenkin vähäisiksi kaikilla toimialoilla. Purkutyömaalla ei jätetty avonaiseen tilaan mitään sellaista purkumateriaalia, joka mahdollisesti pääsisi tuulen mukana kulkeutumaan mereen. Satamatyömaan ruoppaustyöt tehtiin verhouksen eristämällä alueella, ja rakennusmateriaaleina käytettiin lähinnä luonnontuotteita ilman pakkausmateriaaleja. Potentiaalisimpina meren roskaantumista aiheuttavina materiaaleina tai tuotteina rakennus- ja purkutöissä pidettiin kevyitä rakennusmateriaaleja, esim. eristeitä, jotka kulkeutuvat helposti mereen tuulen mukana. Satamassa mahdollisina meren roskaantumista

aiheuttavina materiaaleina tunnistettiin louhintatyössä käytettävät impulssiletkut, ja meritäytöissä ”puu- tai muu kelluva jätemateriaali, joka saattaisi ajautua kaupungin rannoille”.

Roskaantumista aiheuttavina tai edistävinä tekijöinä mainittiin tuulen ja lintujen levittämät jätteet, ja näitä pyrittiin ehkäisemään käyttämällä kannellisia jäteastioita riittävällä tyhjennysvälillä. Purkutyömaalla huolehdittiin mahdollisesti tuulen mukaan lähtevän purkujätteen asianmukaisesta lajittelusta ja läjityksestä jätelavoille. Minkään kyselyyn vastanneen toimijan lähiympäristöstä ei ollut tullut valituksia roskaantumiseen liittyen, eikä roskien leviämistä koettu ongelmana. Rakennuskohteessa todettiin, että roskaantumisen riski tiedostetaan ja tarvittaessa ryhdytään toimenpiteisiin. Satamakohteessa mainittiin lisäksi urakoitsijalta vaadittu ympäristösuunnitelma, jossa ympäristöön liittyvät riskit on arvioitu ja toimenpiteet vahinkojen syntymisen estämiseen kuvattu, sekä rahalliset sanktiot, joilla suunnitelman toteutumista tehostetaan.

Muoviraepuhallus, ulkona käytetyt maalit ja pinnoitteet mikromuovin lähteenä

Teollisessa mittakaavassa pintojen puhdistusta tehdään usein paineilmapuhalluksella. Yleisesti käytetty hiova materiaali on hiekka, jolloin kyse on siis hiekkapuhalluksesta. Kaikille tuttu hiekkapuhalluskohde on julkisivuremonttien yhteydessä tehtävä rakennusten seinien ja muiden pintojen puhdistus. Hiekan lisäksi tarjolla on myös muita hiovia raemateriaaleja, kuten Korundi (alumiinioksidit), Zirkon (keraaminen), teräs, piikarbidi ja lasi. Biohajoavia puhdistusrakeita ovat ainakin pähkinämurska ja sooda. Paineilman avulla tehtävä raepuhallus sopii kovien pintojen käsittelyyn. Suomessa on myynnissä ainakin akryylista, ureasta ja melamiinista valmistettuja hiomarakeita (halkaisija n. 0,1–3 mm; www.imtekniikka.fi). Lisäksi saatavilla on erikokoisia ja erimuotoisia muovisia hiomarakeita ja -nesteitä, joita käytetään tarkempaan pintojen ja muotojen hiomiseen ja kiillottamiseen (<https://www.imtekniikka.fi/tuotteet/hiomarakeet-seka-nesteet/muoviset-hiomarakeet/>).

Muovia käytetään, koska se on hellävarainen eikä vahingoita puhdistettavaa pintaa. Muualla tehdyissä selvityksissä esiin tulleita käyttökohteita ovat ainakin ruosteen- ja maalinpoisto alusten rungoista ja konehuoneista (Cole ym. 2011) ja teknisten laitteiden puhdistus (Sundt ym. 2014). Norjan ja Ruotsin selvitysten johtopäätös oli, että muovirakeiden käyttö pintapuhdistuksessa on varsin vähäistä. Tanskassa puolestaan arvioitiin, että muovirakeita käytettäisiin paineilmapuhalluksessa 5–25 tonnia vuodessa (Lassen ym. 2015). Tanskan arvioon perustuen arvioitiin edelleen karkeasti, että koko EU:n alueella muovirakeita käytettäisiin paineilmapuhalluksessa 1 000–5 000 tonnia vuodessa (Amec Foster Wheeler 2017). Suomen osalta tietoa käytettyjen muovirakeiden määristä ei tähän selvitykseen saatu mukaan.

Ulkotiloissa käytetyt maalit sisältävät tarkoituksellisesti lisättyjä muovipolymeerejä (mikromuovikuulat ja -kuidut), joiden tarkoitus on parantaa maalien ominaisuuksia (mm. paino, levitettävyyden, kulumisen kesto, kovuus) ja myös sitoa maalin komponentit toisiinsa. Mikromuovikomponentti kiinnittyy siis maalin muihin ainesosiin maalin kuivuttua, ja kulumisen ja halkeilemisen seurauksena irtoavassa maali-pölyssä, hiukkasissa ja liuskoissa on mikromuovihiukkasten lisäksi muitakin ainesosia. Maalihiukkasia ja niiden mukana myös mikromuovia voi irrota koko maalipinnan elinkaaren ajan, mutta suurimmat päästöt syntyvät maalinpoiston yhteydessä, mikäli sitä ei ole riittävästi huomioitu työn suunnittelun ja toteutuksen yhteydessä. Maalla tapahtuvan maalinpoiston yhteydessä maalihiukkasia päätyy ympäristöön, kaduille ja sitä kautta viemäriverkostoon. Mikromuoveja voi periaatteessa päätyä ympäristöön myös maalaustarvikkeista sekä maalijätteestä, mikäli niitä ei käsitellä asianmukaisesti. Tuotteisiin tarkoituksella lisättyjen mikromuovien käyttöä rajoittavassa ehdotuksessa (ECHA 2019) on tarkasteltu näitä päästömuotoja, mutta mukaan ei ole sisällytetty maalatuille pinnoille kuivuneen ja siitä tavalla tai toisella irtoavan/hilseilevän maalin mukana kulkeutuvaa muovikomponenttia.

Vaikka kulumisen seurauksena irtoavat hiukkaset eivät välttämättä täytä suoranaisesti mikromuovien määritelmää, ovat lisätyt muovipolymeerit oleellinen osa kuivunuttakin maalipintaa. Tästä syystä esimerkiksi Ruotsissa tehdyssä selvityksessä (Magnusson ym. 2016a) arvioitiin ulkokäyttöön tarkoitetuista maaleista irtoavan mikromuovin määrää käyttäen apuna julkaistuja tietoja niiden myyntimääristä Euroopassa

(OECD 2009) suhteutettuna asukaslukuun. Näin laskettuna ulkomaalien myyntimäärät olisivat 0,6–0,8 kg/henkilö, mikä Ruotsin osalta tarkoittaisi 5 910–7 880 tonnia vuodessa. Suomessa vastaavasti väestömäärään suhteutettu ulkomaalien myynti (väestö n. 5,5 miljoonaa) olisi 3 300–4 400 tonnia. Arviot muovipolymeerien osuudesta vaihtelevat selvityksestä riippuen. Mikäli Ruotsin laskutapaa noudatetaan edelleen (muovin osuus 40 %; Baumann & Muth 1995), olisi mikromuoveja Suomessa myytävissä ulkomaaleissa 1 320–1 760 tonnia. Maalien sisältämistä mikromuoveista vain osa päätyy ympäristöön, ja se miten suuri osuus on kyseessä, riippuu paitsi vallitsevista ilmasto-oloista (sadanta) ja paikallisista kulkeutumisreiteistä (suorat päästöt vesistöön vs. kulkeutuminen pintavaluman ja hulevesien mukana), myös pintoihin kohdistuvasta kulutuksesta. OECD arvioi mahdollisten päästöjen olevan n. 1,5 %:n luokkaa, kun taas Norjassa tehty päästöarvio oli korkeampi (5 %; Sundt ym. 2014). Näitä päästökertoimia soveltamalla Suomen mikromuovipitoiset maalipäästöt ulkomaaleista olisivat vuositasolla noin 19,8–88 tonnia. Ruotsissa vastaavasti ulkomaaleista arvioitiin aiheutuvan vuosittain 35–158 tonnin päästöt. Mikäli Suomessa tehtyyn arvioon sovelletaan ECHAN rajoitusehdotuksessakin esitettyä arviota maalien muovipolymeerimääristä (20 %; ECHA 2019) on arvio huomattavasti pienempi: 9,9–44 tonnia. Koska tämä arvio perustuu lähes 20 vuotta vanhaan tilastoituihin tietoihin ja asukasmääriin, eikä sisällä varsinaisesti arviota esimerkiksi rakennusteollisuuden maalien käytöstä, tulee tähän suhtautua varauksella. On kuitenkin selvää, että ulkomaaleista aiheutuu mikromuovipäästöjä, joihin tulisi kiinnittää huomiota esimerkiksi rakennusten ja siltojen peruskorjausten yhteydessä.

Meritäytön roskaava vaikutus: selvitys Helsingistä

Kaupungistumisen myötä tarve rakennuspinta-alalle kasvaa. Tämä on näkynyt Suomen rannikkokaupungeissa, etenkin Helsingissä, missä kaupunki on pyrkinyt lisäämään rakennuspinta-alaa aktiivisesti meritäytön avulla. Mereen päätyvän täyttömaa ja -louheen joukossa on varsin runsaasti roskaksi luokiteltavaa materiaalia, määrien ja laadun riippuessa siitä, mistä esimerkiksi louhemateriaali on peräisin, ja miten kiviaines on louhittu. Kaupunkilaisille asia on tullut tutuksi rannoille kertyneiden niin sanottujen panoslankojen, eli etenkin tunnelilouhinnan yhteydessä käytettyjen räjäytysimpulssiletkujen vuoksi (kuva 11). Helsingin kaupungin arvion mukaan Helsingin Jätkäsaarella vuosina 2009–2015 tehdyistä meritäytöistä (Saukonpaasi, Saukon- ja Melkinlaituri sekä Länsisataman laajennusalue) muovijätettä päätyi vapaaseen veteen yhteensä 1 336 272 johtometriä tai 3 358 kg (lähde: Mikko Suominen, Helsingin kaupunki).



Kuva 11. Impulssiletkua meren rannalla. Kuva: Maiju Lehtiniemi.

Ramboll Oy selvitti Helsingin kaupungin toimeksiantosta, kuinka ja millä kustannuksin meritäyttöjen mukana mereen päätyvää louhinnan muovijätettä voitaisiin kerätä tai sen syntymistä rajoittaa (Ramboll Oy 2018a). Selvityksessä arvioitiin sekä nykyään käytössä olevan impulssisytytysjärjestelmän ja kehittyneemmän elektronisen sytytysjärjestelmän, että muovin keräämismenetelmien kustannuksia, toimivuutta ja ongelmia. Selvityksen mukaan louheen sekaan joutuneen muovin

kerääminen on haastavaa eikä selvästi muista menetelmistä edukseen erottuvaa ratkaisua ongelmaan ole löydetty. Järkevintä olisikin vähentää louheeseen sekoittuvan muovin määrää. Arvion mukaan jopa 75 % nykyään syntyvästä muovijätteestä voitaisiin poistaa jo ennen louhintaa työtekniisiä menetelmiä kehittämällä. Elektroniset nallit eivät vähennä syntyvän muovijätteen kokonaismäärää verrattuna impulssisytytysjärjestelmään, mutta toisin kuin impulssisytytysjärjestelmän johtimet ja kytkinkappaleet, elektronisen järjestelmän osat eivät kellu vedessä, joten niiden hallinta on helpompaa ja leviäminen ympäristöön rajatumppaa, sillä muovijäte hautautuu suurelta osin louhetäytön sisään. Elektronisen sytytysjärjestelmän käyttöönoton suurimmat haasteet ovat sidoksissa sen kustannuksiin, jotka kuitenkin todennäköisesti kompensoituvat tuotannon tehostumisella.

Muovin keräämismenetelmistä parhaiten tarkoitukseen soveltuu selvityksen mukaan täyttäminen puhtaan pengerryksen sisäpuolelle. Menetelmä mahdollistaa myös mikromuovin hallinnan. Käynnissä olevissa ja tulevaisuudessa merirakennustoissa, mm. Helsingin Kruunuvuoreen tulevalla meritäyttöalueella ja Rauman satamatyömaalla roskien leviäminen mereen pyritään estämään alueen ympärille rakennettavalla penkereellä ja/tai suojaverholla ja roskien määrää ja laatua urakan aikana seurataan (Ramboll Oy 2018b). Näiden seurantojen tuloksia on odotettavissa arviolta vuonna 2020.

3.5 Infra- ja ympäristörakentamisen aiheuttama mikromuovikuormitus

Muovin käyttö infra- ja ympäristörakentamisessa on lisääntynyt

Rakennusteollisuus on toiseksi suurin muoveja käyttävä toimiala Suomessa 24 %:n käyttöosuudellaan kaikista muovista (Teppola 2005). Infra- ja ympäristörakentamisen osuus tästä ei ole tiedossa. Ympäristöministeriö on selvittänyt muovien käyttöä talonrakentamisessa osana Suomen muovitiekartan toimia vuonna 2019, mutta vastaavaa selvitystä muovin käytöstä infra- ja ympäristörakentamisessa ei ole julkaistu. Rakennussektorin osuus neitseellisen kumin käytöstä on pieni. Infra- ja ympäristörakentamisessa kumista tehdään lähinnä erilaisia geomembraaneja ja allaskumeja.

Vaikkei tarkkoja muovin ja kumin käyttömääriä ole tiedossa, voidaan kuitenkin todeta, että muovin käyttö on lisääntynyt infra- ja ympäristörakentamisessa. Muovin käyttöä alan rakennustuotteiden raaka-aineena on edistänyt sen kestävyys, keveys ja muokattavuus. Näiden ominaisuuksien on nähty nopeuttavan ja helpottavan rakentamista, saneerausta ja käytönaikaista huoltoa. 1950-luvulta alkaen muovi ja kumi ovat syrjäyttäneet perinteisiä rakennusmateriaaleja ja rakenneratkaisuja, joissa on käytetty erilaisia maa-aineksia, kiveä, puuta, metallia, savitiiltä ja betonia. Esimerkiksi teiden ja katujen rakennekerroksissa kiviaineksista tehdyn suodatinkerroksen on korvannut helposti levitettävä suodatinkangas (PP) ja betoni- ja saviputkien rinnalle ovat tulleet muoviputket (PP, PE, PVC). Vesiaiheissa savikerroksen on korvannut allaskumi ja -muovi (PVC, EPDM-kumi), puuta korvataan muovista tehdyillä laudoilla (kierrätysmuovista ja komposiitista) ja eloperäisiä maanparannusaineita vettä sitovilla polymeereillä (superabsorbentit eli SAP). Sen lisäksi, että muovi ja kumi korvaavat perinteisiä rakennusmateriaaleja, ovat ne mahdollistaneet täysin uudenlaisia sovelluksia ja tuotteita, kuten luiskakennostot. Muovi on myös monipuolistanut värien käyttöä ja mahdollistanut plastisemman ilmaisumuodon ulkotilojen kalusteiden ja leikkivälineiden muotoilussa (kuva 12).



Kuva 12. Leikkikentät ovat oivia esimerkkikohteita, joissa ulkotilojen muovin ja kumin käyttömahdollisuudet – ja myös ympäristöön ja kaupunkikuvaan liittyvät haasteet – tulevat esille. Kuva: Tommi Kärki.

Kierrätysmuovit ja -kumit ulkotiloissa

Kierrätetty muovi ja kumi ovat tulleet korvaamaan neitseellisistä raaka-aineista tehtyjä rakennustuotteita. Eskelinen ym. (2016) mukaan rakennusteollisuudesta onkin tullut yksi suurimmista kierrätysmuoveja käyttävistä toimialoista Euroopassa. Muovien kierrätystä käsittelevässä selvityksessä ”*Muovien kierrätyksen tilanne ja haasteet*” Eskelinen ym. (2016) näkevät muovin käytön perustelluksi erityisesti maarakentamisessa, koska tuotteet eivät ole näkyvillä ja mahdollisista hajuista ei välttämättä ole haittaa. Uusista kierrätysmuovien käyttökohteista he nostavat esille erityisesti geosyntetit, joita voitaisiin käyttää maa- ja vesirakentamisessa. Muita potentiaalisia ulkotilojen käyttökohteita esitellään ulkomaisin esimerkein: kokonaan muovista rakennetut tiet, laiturit, kalusteet, leikkivälineet, minigolfradat, bussipysäkit, liikenteen jakajat ja junakiskojen ratapölkkyt. Myös kierrätysmuovi asfaltin korvaajana nostetaan esiin.

Autonrenkaiden valmistukseen käytetään n. 60 % kaikesta tuotetusta kumista (ETRMA 2017). Käytöstä poistetuista autonrenkaista saatavan kumin, eli ELT-kumin (*End of Life Tyre*), käyttö infrarakentamisessa on Suomessa Euroopan kärkeä (ETRMA 2015). Eli vaikka rakennusteollisuuden neitseellisen kumin käyttöosuus on pieni, on kierrätetyn kumin käyttöosuus suuri ja sitä nostaa erityisesti infra- ja ympäristörakentamisessa käytettävä ELT-kumi, jota syntyy Suomessa noin 52 000 tonnia vuodessa (Suomen Rengaskierrätys Oy 2018). Tekonurmien osuutta tästä määrästä käsitellään kappaleessa 3.6.

ELT:n käyttö infra- ja ympäristörakentamisessa todennäköisesti monipuolistuu, koska vuonna 2016 Suomen jätelainsäädäntö muuttui niin, ettei rengasmateriaalia voi enää sijoittaa kaatopaikan rakenteisiin, missä suurin osa (n. 30 000–40 000 tonnia/vuosi) syntyvästä rengasmateriaalista aiemmin hyödynnettiin. Tämän jälkeen tuottajavastuutahona toimiva Suomen Rengaskierrätys Oy on ehdottanut rengaskumin käytön lisäämistä infrarakentamisessa, missä sitä muutenkin on käytetty erilaisissa kevennyksissä, tulva- ja melupenkereissä ja rakennusvaiheessa räjäytysmattojen materiaalina. Kokeilumielessä ELT-kumia on käytetty esimerkiksi vesirakentamisessa Oulunkylän siirtolapuutarhalla, minne tehtiin tulvavalli rengasrouheesta (Suomen Rengaskierrätys Oy 2018). Yrityksen mukaan jopa kaikki Suomessa kerätty rengasmäärä voitaisiin hyötykäyttää maa- ja vesirakentamisessa, koska materiaaliarve on suuri (Suomen Rengaskierrätys Oy 2018).

Mikromuovi- ja kumipäästöjen riskikohteiden kartoitus

Ulkotilojen rakenteet ja kalusteet ovat alttiina monille ympäristötekijöille, jotka aiheuttavat kemiallista, mekaanista ja biologista kulutusta. Merkittävimmän riskin mikromuovi- ja kumipäästöille aiheuttavat ympäristörakenteet, jotka altistuvat UV-valolle, virtaavalle vedelle, liikenteen aiheuttamalle mekaaniselle rasitukselle ja eroosiolle. Myös istutettujen kasvien sekä rikkaruohojen juuret hajottavat tehokkaasti erilaisia ympäristörakenteita.

Infra- ja ympäristörakentamisen mikromuovi- ja kumipäästöjen osalta huomion tulisi olla kiinteissä ympäristörakenteissa, jotka ovat kyseisille rasituksille alttiina. Kierrätettyjen muovituotteiden osalta tulisi huomioida myös se, että ne ovat herkempiä hapetusreaktioille kuin neitseelliset muovit (Eskelinen ym. 2016). Edellä mainituista kierrätysmuovien potentiaalisista ulkotilojen käyttökohteista osa on sellaisia, joissa on olemassa riski mikromuovi- ja kumipäästöille. Varsinkin kadun tai tien pintakerroksissa yhdistyvät kaikki prosessit, jotka voivat aiheuttaa sekä kulumisen että kulkeutumisen (kuva 13).



Kuva 13. Liikennealueella käytettävä pyörätien merkintämassa irtoaa ja valuu hulevesien mukana kaivoon. Kuva: Olli Hakala.

Ympäristörakentamisessa on lisääntynyt erilaisten polymeeripitoisten merkintämassojen, koristepäällysteiden ja -maalien käyttö. Kappaleessa 3.7 käsitellään ajoratojen tiemerkintämassoja ja -maaleja, mutta ympäristörakentamisessa kyse on pinnoitteista ja maaleista, joita käytetään keskusta-alueiden kaduilla, aukioilla, puistoissa ja leikkipaikoilla koristelutarkoituksessa tai eri liikennemuotoja erottamaan. Usein niissä käytetään erilaisia akryylipolymeeriseoksia, epokseja, polyestereitä ja kylmämassoja. Kuten edellä on mainittu, liikennealueiden päällysteet ovat kulutukselle alttiina varsinkin Suomen oloissa ja kulkeutumisreitti on valmiina hulevesien mukana.

Monille muovisille tai muovia sisältäville ympäristötuotteille ei luvata pitkää teknistä käyttöikää ja niiden huoltovälit ovat lyhyet. Esimerkiksi eräille maan pintakerrokseen levitettävälle synteettisille kuitukankaille (PP) maahantuojat ilmoittivat tekniseksi käyttöiäksi 2–7 vuotta. Niin ikään eräälle betonikiville tarkoitettulle kuullotemaalille (akrylaattiseos) valmistaja ilmoittaa huoltoväliksi 1–2 vuotta.

Erilaisia polymeerejä sisältäviä rakennustuotteita käytetään ehkäisemään mm. eroosiota (kuvat 14 ja 15). Tämä altistaa itse suojaavan tuotteen eroosiolle. Esimerkiksi eroosioverkkojen, -mattojen ja -tekstiilien käyttöikä on lyhyt, mikäli ne asennetaan maan pintakerrokseen ja kulkeutumisasiirre hulevesien mukana on olemassa.

Erilaisia maisema-, suodatin-, juurisuoja- ja katekankaita käytetään rikkaruohoja vastaan ja ne levitetään maan pintakerrokseen. Myös tässä tapauksessa tuote itse altistuu varsinkin liikenneympäristössä voimakkaalle kulutukselle, joka on tässä tapauksessa yhdistelmä biologista (kasvien juuret), mekaanista (lumen paine, pintavedet ja tuuli) ja kemiallista (UV, liukkaudentehkävainekkeet) rasitusta. Kuten eroosion ehkäisyn kohdalla, myös viherrakentamisen teknisistä istutuskankaista erityisesti ne, jotka levitetään maan pinnalle tai pintakerrokseen, ovat alttiina hajoamaan ja kulkeutumaan pintavesien mukana eteenpäin hulevesiverkostoon. Mahdollinen ongelma on ehkä jo tiedostettu, koska viime vuosina synteettisten tuotteiden vaihtoehdoksi on tullut monia biohajoavia tekstiilejä ja mm. kookoskuidusta, oljesta, heinästä tai kierrätyspuuvillasta tehtyjä verkkoja, mattoja ja kankaita.



Kuva 14. Helsinkiin rakennettiin 2017 hulevesiä puhdistava ja viivytävä puisto, jonka rakenteissa käytettiin eroosi-
onsuojamattoa. Maton yhtenä rakennekerroksena on valmistajan mukaan "UV-" tai "biohajoavaa" polypropeeniverk-
koa. Kuva: Olli Hakala.



Kuva 15. Helsingissä rakennetussa kohteessa puun juuristoalueella on käytetty katetta, jossa runkoaineena on se-
peli, joka on kovetettu kaksikomponenttisella epoksihartsilla. Valmistajan mukaan se soveltuu pihakäyttöön, kiveys-
ten rajauksiin, käytäville ja kivisaumoihin. Kuva: Eila Sihvola.

Maan alle sijoittuvista teknisistä järjestelmistä hule- ja sekavesiverkoston eri osiin kohdistuu lievää me-
kaanista ja kemiallista räsytystä, jonka aiheuttaa erityisesti hiekoitushiekan ja veden liike yhdessä, liuk-
kaudenestoaineet ja maan paine putken ympärillä. Ajan myötä muovin muodostavat polymeeriketjut

hajoavat, mikä heikentää putken rakennetta. Suomalaisen valmistaja on kuitenkin laboratoriokokein osoittanut, että muoviputkien ikä on lähemmäs sata vuotta (Uponor 2009). Viemäriverkoston kokonaispituus oli vuonna 2015 Suomessa 32 500 km, josta muoviputkien osuus 26 200 km (SYKE/VEETI 2016), joten putkiston kuluvan osan kokonaispinta-ala on suuri. Näin ollen mahdollista mikromuovien päästömäärää olisi tarpeellista tutkia, vaikkei kuluma/metri olisikaan suurta. Hulevesiverkostosta on lisäksi suora yhteys vesistöön. Hulevesien suora johtaminen lähimpään vesistöön on ollut yleinen suunnitteluperiaate Suomessa jo vuosikymmeniä, joskin viime vuosina hulevesien laadulliseen hallintaan on alettu kiinnittää huomiota. Erilaisista imeytys-, suodatus- ja laskeutusrakenteista on lupaavia tuloksia varsinkin hulevesien kiintoaineen reduktion osalta (Järveläinen ym. 2019, Kerkkänen ym. 2019, Vesitalous 2019).

Sen sijaan maan alle jäävät pohjarakenteet ovat suhteellisen pitkäikäisiä ja mahdollisten mikromuovien ja -kumien kulkeutuminen näistä hidasta. Vaikka Suomessa käytetään geosynteettejä melko paljon, n. 16 miljoonaa neliometriä vuodessa (Eskelinen ym. 2016), tulee niistä aiheutuva mikromuovipäästöjen riski ajankohtaiseksi vasta teknisen käyttöiän umpeuduttua ja rakenteen heikennyttyä. Tavallisesti polypropeenista, mutta myös polyesteristä, polyamidista tai polyeteenistä valmistetuille geosynteeteille luvataan pitkät tekniset käyttöiät, usein puhutaan vähintään 30 vuodesta. Todellinen käyttöikä riippuu käyttöluokituksesta ja kohteen olosuhteista.

Geosynteeteistä saattaa siis pitkällä aikavälillä irrota muovipartikkeleita, mutta niiden osalta tulee huomioida myös se, mitä ne sulkevat sisäänsä tai eristävät muusta ympäristöstä tai maaperästä. Esimerkiksi edellä mainitun ELT-materiaaleista tehdyn kevennyksen ympärille asennetaan tavallisesti geotekstiili. Mikäli suojaava geotekstiili hajoaa, pääsee sisältö helposti pintavesien mukana kulkeutumaan ympäristöön. Myös väliaikaisten muovituotteiden, kuten harsokankaiden ja erilaisten ulkotilojen muovikalusteiden ja -varusteiden, osalta kysymys on ennemminkin asianmukaisesta rakentamisesta, käytöstä ja hävittämisestä, eli hyvistä rakennustavoista, jätehuollosta ja roskaamisen ehkäisystä. UV-valo hajottaa tunnetusti muovituotteita. Ulkotiloissa ja erityisesti suoralle auringon paisteelle altistuessa jopa UV-suojattujen tuotteiden tekninen käyttöikä lyhenee.

Havaitut tietoaukot

Erilaisten maan pinnalle pysyvästi levitettävien synteettisten kankaiden menekkitietoja ei tähän selvitykseen saatu. Maahantuovat yritykset eivät luovuttaneet menekkitietoja liikesalaisuuteen vedoten. Kyseiset kankaat ovat tuontitavaraa ja niille tullissa annettujen nimikekoodien alla on muitakin tuotteita, joilla on eri käyttötarkoitus. Kun menekkitietoja ei ole, ei kulumamääristä voi tehdä arvioita. Kentällä tehtäville testeille olisi myös tarvetta, jotta voitaisiin selvittää teknisistä kankaista mahdollinen pintavesien mukana kulkeutuva mikromuovimäärä. Kenttätestien ja menekkitietojen kautta saatua aineistoa yhdistämällä voisi tehdä laskennallisen arvion koko Suomen osalta ko. tuotteiden ja rakenteiden päästöistä.

Myös biohajoavista muoveista tarvitaan lisätietoa, varsinkin niiden hajoamisprosesseista veteen päädyttyään. Tiemerkintämassoja ja -maaleja on jo tutkittu, mutta tutkimustietoa tarvittaisiin myös erilaisista polymeeripitoisista maamaaleista ja pinnoitteista, joita käytetään myös muualla kuin maantieympäristöissä. Hule- ja sekavesiputkien osalta on saatavissa koko Suomen kattavat arviot putkipituuksista. Mikromuovien määrääarviota ei kuitenkaan voi tehdä, koska tietoa eri putkimateriaalien keskimääräisistä kulumista ei ole saatavilla.

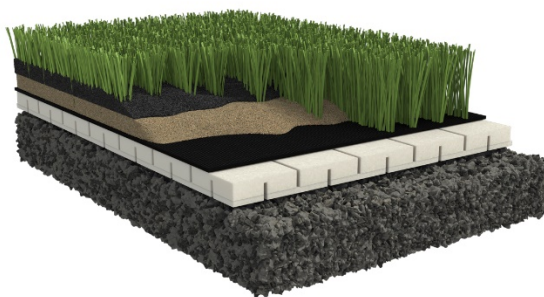
Talonrakennussektorin rakennusmateriaalien ympäristövaikutuksia on selvitetty vuonna 2013 ilmestyneessä Ympäristöministeriön raportissa ”*Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset*” (Ruuska ym. 2013). Sen johtopäätöksissä keskeisimmäksi jätelajikkeeksi valikoitui muovi. Samanlaista selvitystä tarvittaisiin myös laajemmin rakentamisen alalta, siten että mukana olisi talonrakennuksen lisäksi muita rakentamisen sektoreita. Tässä selvityksessä tulisi myös huomioida mikromuovit ja -kumit.

3.6 Tekonurmikentät ja muut keinoalustat roskan lähteinä

Tekonurmikentät ja muut joustavat keinoalustat

Synteettisiä alustoja käytetään Suomessa urheilu- ja lähiliikuntapaikoilla sekä leikkipaikoilla. Tekonurmialustoja käytetään eniten jalkapallokenttinä. Tekonurmikenttien suosiota pelialustana selittää se, että sitä voidaan käyttää harjoitus- tai pelialustana ympäri vuoden ja näin tarjota tasalaatuiset olosuhteet kaikille lajin harrastajille eri puolilla maata. Jalkapallokenttien lisäksi keinoalustojen käyttökohteita löytyy esimerkiksi urheilukentiltä, golfkentiltä ja lasten leikkipaikoilta, missä joustavan keinoalustan katsotaan vähentävän loukkaantumisia. Tekonurmea käytetään myös kotitalouksissa ja julkisissa tiloissa esimerkiksi terrassien ja parvekkeiden lattiapäällysteinä. Tekonurmen rakenne ja komponenttien ominaisuudet vaihtelevat käyttötarkoituksen mukaan.

Tekonurmet voidaan ryhmitellä eri tavoin. Täystekonurmella tarkoitetaan alustaa, jossa ei ole käytetty täyteaineena hiekkaa, vaan sen komposiitit ovat täysin synteettisiä. Hiekkatekonurmissa on täyteaineena hiekkaa ja nykyisin yleensä myös muita täyteaineita. Tekonurmet jaotellaan lisäksi kolmeen ryhmään. Yleensä puhutaan eri sukupolvien (I-III) tekonurmista, joilla viitataan tekonurmialustojen tuotekehityksen eri vaiheisiin. Luonnonnurmikenttiä korvaava, jalkapalloilualustana käytetty tekonurmi on useasta kerroksellisesta komponentista rakennettu joustava keinoalusta, jonka rakenne on muuttunut vuosien aikana (kuva 16). Ensimmäisen sukupolven kentissä kentän pohjalla oli hiekkakerros, toisen sukupolven kentissä hiekka korvattiin osittain kerroksella kumirouhetta. Kolmannen sukupolven tekonurmialustoissa voi olla useita täyteainekerroksia, suodatinkankaita, salaojitus sekä lämmitys. Tekonurmen nukkalanca on joko viiltämällä leveämmästä muoviliuskasta valmistettu verkkolanka tai useasta eri säikeestä yhteen liitetty monofilamenttilanka, joka ommellaan taustakankaaseen kiinni. Taustakankaan tulee olla vettä läpäisevä; usein se on vahvistettu esimerkiksi lateksilla. Nukkalanگان valmistuksessa käytetään polyeteeniä, nylonia tai polypropeenä.



Kuva 16. Esimerkkikuva tekonurmen rakenteesta (Lähde: Unisport-Saltex).

Synteettisten täyteaineiden saatavuuden ja ominaisuuksien parantuessa on hiekan käyttö täyttöaineena vähentynyt. Tällä hetkellä yleisin täyttöaine on styreenibutadienikumirouhe (SBR-kumirouhe). Suurin SBR-kumirouheen tuottaja on Tanskassa sijaitseva yritys (Genan), josta myös Suomen kentissä käytettävä kumirouhe on peräisin. Raaka-aineena käytetyt renkaat ovat eurooppalaista alkuperää (Tanska, Alankomaat, Belgia).

SBR-kumirouheen ohella keinoalustojen täyttöaineena käytetään myös eteeni-propeenikumia (EPDM-kumia), jonka kovuutta säädellään käyttötarkoituksen mukaan. Kovempia rakeita käytetään mm. yleisurheilukentillä ja pehmeitä jalkapallokentillä (värilliset tekoalustat ovat lähes aina EPDM-kumia). EPDM voidaan haluttaessa käsitellä palonestoaineilla. Uutena tulokkaana täyttöaineiden joukossa ovat

joustavat termoplastiset elastomeerit, eli TPE-O -muovit. Keinoalustoissa käytetty TPE-O -rouhe valmistetaan nimenomaan urheilukäyttöä varten ja se sopii myös kierrätettäväksi.

Lisäjoustoa tekonurmikenttään saa joustoalustasta, jossa voidaan käyttää erilaisia levyvalmisteita. Näissä valmistusmateriaalien vaihtoehtoina ovat mm. polyeteeni-solumuovi, polyuretaani-vaahtomuovi-joustokerros, tai polyuretaanista ja SBR-kumista paikan päälle valettava joustokerros.

Tekonurmen käyttö etenkin jalkapallokenttien alustana on lisääntynyt Suomessa jatkuvasti. Pelkääntään pääkaupunkiseudulla kasvu on ollut huimaa: vuonna 2006 Helsingissä oli seitsemän suurta ja kolme pientä tekonurmikenttää, ja jo vuonna 2008 suuria tekonurmikenttiä oli 28 ja pieniä 17. Uusia kenttiä rakennetaan 20–25 kentän vuosivauhdilla (lähde: Tero Auvinen, Palloliitto). Vuonna 2017 Suomessa pelattiin yhteensä 290 tekonurmikentällä ulkona. Näiden lisäksi 83 sisähallissa on tekonurmialusta. Pintalaksi muutettuna tämä tarkoittaa yhteensä noin 2,5 miljoonan neliömetrin verran keinoalustoja, joista suurin osa, n. 2 miljoonaa neliometriä, on ulkokentillä. Suomen suurimman keinoalustojen toimittajan Saltex Oy:n mukaan tekonurmikenttien täyteaineena käytettiin vuonna 2017 SBR-kumirouhetta 285 ulkokentällä ja 33 sisähallissa. Vuonna 2019 Suomessa on jo 383 tekonurmikenttää ja 91 hallia, joissa on tekonurmialusta. Ulkokentillä käytetään lähes yksinomaan SBR-kumirouhetta. Osa ulkokentistä kuitenkin katetaan talven ajaksi. Ympärivuotisiin sisähalleihin ei Palloliiton ohjeiden mukaan enää asenneta SBR-täytettä.

Kierrätyskumi muissa keinoalustoissa

Muita käyttöpaikkoja keinoalustoille ovat muun muassa leikkipaikat ja lähiturheilukentät. Leikkipaikoilla yleistyneet joustavat alustat on valmistettu esimerkiksi sidotusta SBR-/TPO-TPE -kumista. Alustat voidaan asentaa joko laattoina tai valamalla. Saatujen tietojen mukaan (lähde: Hannu Salmenautio, Saltex Oy) leikkipaikoilla ja urheilukentillä käytetään myös hiekkatekonurmea, ei niinkään kumirouhepoehjaista. Golf-kenttien alustoina tekonurmen käyttö on vähäistä. Sen sijaan agilyssä eli koirien esteratakilpailupaikoilla sisähalleissa käytetään SBR-kumirouhetta tekonurmen täyteaineena. Tällaisia alustoja on arviolta noin 20 000 neliometriä. Samoin kuin agilyssä, myös hevosurheilussa käytetyissä alustoissa voi olla osakomponenttina kumirouhe. Ratsastuskenttiä ja maneeseja pohjustetaan eri tavoin. Erilaisilla pohjaratkaisuilla haetaan kulloiseenkin tilanteeseen (esteratsastus, kouluratsastus, yleiskenttä) ja lajiin sopivaa joustoa ja pitoa. Ratsastusalusta koostuu useasta kerroksesta, joiden koostumus vaihtelee. Esimerkiksi kenttien pintamateriaaleja on useita, ja yhtenä vaihtoehtona on käytetty kierrätyskumirouhetta (SBR) hiekkaan/kalliomurskeeseen tai kivituhkaan sekoitettuna (Jarva 2011). Kumirouhetta voidaan myös käyttää joustokerroksen yhtenä komponenttina. Tätä selvitystä varten ei selvitystä hevosurheilualustoiden kumirouhemäärästä tehty.

Jalkapallokentiltä ympäristöön päätyvän kumirouheen määrä Suomessa

Tässä arviossa päädyttiin arvioimaan päästöjä ainoastaan jalkapallokentillä käytetyn SBR-kumirouheen osalta, koska kumirouhe on edelleenkin yleisin tekonurmikenttien täyteaine, jalkapallokentät tärkein käyttökohde ja vastaavia selvityksiä on tehty myös muissa Pohjoismaissa sekä Euroopan laajuisesti. Saltex Oy:n mukaan (Hannu Salmenautio, Saltex Oy) yhden täysikokoisen jalkapallokentän (106 m x 71 m x 79 m) täyteaineeksi tarvitaan rakennusvaiheessa 30–120 tonnia täyteainetta. Neliometriä kohden käytetään 6–15 kg. Määrä riippuu keinoalustan rakenteesta ja kentän koosta sekä käytetystä täyteaineesta. Hann ym. (2018) arvioivat, että SBR-kumirouhetta on täysikokoisella kentällä n. 120 tonnia. Ruotsissa tehdyssä selvityksessä puolestaan arvioitiin, että täysikokoisen jalkapallokentän täyttöön kuluisi noin 59 tonnia SBR-kumirouhetta (Magnusson ym. 2016a).

Asennettua tekonurmea tulee huoltaa koko sen elinkaaren ajan, jotta se säilyy käyttökuntoisena. Täyteaineet tiivistyvät käytön aikana etenkin alkuvaiheessa, ja niitä lisätään säännöllisesti. Täyteaineita poistuu käytön ja kulumisen sekä kentän hoidon seurauksena (myös lumi, sade ja tuuli vaikuttavat). Kulumisesta johtuen täyteaineita tulee lisätä kentälle vuosittain. Kentältä irronneesta kumirouheesta osa palautuu

takaisin kentälle, mikäli sen reunoilla on suoja/väistöalue ja tilaa on esimerkiksi lumen seassa olevan rouheen säilyttämiseen kentän laidoilla. Talteen kerätty kumirouhe palautetaan kentälle suodatinsylinterin avulla, joka erottelee roskat kumirouheesta. Mikäli rouhe päätyy hallitsemattomasti ympäristöön, ei sitä enää saa vietyä takaisin kentälle muun roskan seasta. Lisättävän täyteaineen määrää on useissa arvioissa käytetty mittarina sille, kuinka paljon kumi/muovirouhetta sekä nukkalankaa päätyy kentältä ympäristöön. Kulumisesta on esitetty erilaisia arvioita. Magnusson ym. (2016a) arvioivat, että kumirouhehävikki jalkapalloilukäytössä olevilla tekonurmikentillä on vuositasolla noin 0,28–0,42 kg /m². Arvio perustuu ylläpitäjiltä saatuun tietoon, minkä mukaan käytännössä kenttien tarvitsema täyttömäärä (3–5 tonnia, Unisport Ruotsi) ei toteudu. Realistisemmaksi arvioksi esitettiin 2–3 tonnin täyttöä vuositasolla. Hannin ym. (2018) arvion mukaan vuotuinen hävikki olisi 1–4 % ja täytön tarve 1,5–5 tonnia. Saltex Oy:n ilmoittaman arvion mukaan täytön tarve Suomen kentillä olisi korkeampi ja vaihteluväli suurempi: 1–6 tonnia/kenttä, eli n. 0,5–3 kg/m² (taulukko 12).

Taulukko 12. Jalkapallokenttien ylläpidossa käytetty SBR-kumirouhelisäys vuoden 2017 tekonurmikenttien määrän ja laadun perusteella laskettuna (arvioitu täyttömäärä/kenttä: 0,5–3 kg/m²).

Vuotuinen SBR-rouhelisäys tekonurmikentille	tonnia
Ulkokentät 2 000 000 m ²	1 000–6 000
Sisäkentät* 4 500–5 000 m ²	74–495
Yhteensä	1 074–6 495

*Oletetaan että sisähallien hävikki on samansuuruista kuin ulkokentillä.

Kumirouheen lisäksi kentistä irtoaa nukkaa. Nurmilaatuja on erilaisia, mutta keskimääräinen nukan massa Suomen tekonurmikentillä on 1 kg/m² (Saltex Oy). Saman yrityksen tekemän arvion mukaan kentän nukkalanka menettää elinkaarensa aikana noin 2 % painostaan. Hann ym. (2018) arvioivat, että langan osalta hävikki olisi 0,5–0,8 %, perustuen keskimääräiseen langan tiheyteen (1,4 kg/m²).

Arviot jalkapallokäyttöön tarkoitetun tekonurmen elinkaaresta vaihtelevat. Paakkunaisen (2015) mukaan kentät ovat pelikelpoisia n. 5–8 vuotta, kun taas Saltex Oy:n mukaan elinkaaren pituus vaihtelee enemmän; käytöstä riippuen 10–20 vuotta. Kaiken kaikkiaan kentän elinkaaren pituus riippuu siitä, miten paljon alustaa käytetään ja kuinka sitä huolletaan, mutta ei niinkään käytetystä täytemateriaalista. Pelikäytöstä poistettua kenttää voidaan käyttää muihin tarkoituksiin tai se puretaan, materiaalit erotellaan toisistaan ja ne joko käytetään uudestaan tai hävitetään polttamalla (Paakkunainen 2015). Suomessa vanhentuneiden kenttien materiaalit voidaan periaatteessa kierrättää tähän erikoistuneen yrityksen kautta, mutta kierrätys on toistaiseksi ollut vähäistä.

Kierrätysyrityksen kautta on saatavilla myös tietoa siitä, minkälaisia aineskomponentteja kierrätettävissä kentämateriaalissa on. Kentille kertyy käytön aikana esimerkiksi merkittäviä määriä erilaisia tekstiili- ym. kuituja.

Lisäksi hyvin karkean arvion mukaan nukkalangan kulumisen oheisilla neliömäärillä (n. 2 % / 8–10 v) olisi noin 4 tonnin luokkaa.

Meriympäristöön päätyvän SBR-kumirouheen määrä

Täyteaineen lisäystarve ei luonnollisestikaan ole suoraan verrannollinen siihen määrään, mikä päätyy ympäristöön, sillä osa lisäystarpeesta aiheutuu täyteaineen tiivistymisestä ajan kuluessa. Kentiltä käytössä irtoavaa täyteainetta päätyy kadulle, kulkuneuvoihin, koteihin jne. pelaajien mukana. Oletettavasti iso osa tästä päätyy kodeista siivouksen yhteydessä yhdyskuntajätteeseen ja sitä kautta jätteenkäsittelylaitoksiin ja käytännössä poltetaan.

Kenttien laidoilla näkee kuitenkin varsin yleisesti suuria kumirouhekasvoja, jotka ovat peräisin kentän ylläpidosta (kuva 17). Tekonurmikenttiä lanataan, harjataan ja ilmastetaan; ohjeiden mukaan aina 25–30 tunnin käytön jälkeen (= 1 harjaukerta/viikko; Palloliitto: Tekonurmiopas). Mikäli ylläpidosta syntyviä

kumirouheksvoja ei asianmukaisesti siivota, lähtee rouhetta liikkeelle tuulen, sateen ja sulavan lumen mukana. Talvella lumimassoja auratessa kumirouhetta päätyy lumenkaatopaikoille ja mahdollisesti myös suoraan mereen. Kuten muutkin mikromuovit, myös kumirouhe kulkeutuu veden myötä etenkin katetuilta pinnoilta hulevesiverkostoon, sekä ojiin ja puroihin. Tässä oleellista on kentän sijainti suhteessa lähimpään vesistöön, sillä kumirouhe ei vettä raskaampana todennäköisesti kulkeudu kovin pitkiä matkoja veden mukana kelluen, vaan vajoaa ja liikkuu samaan tapaan muun kiintoaineksen kanssa. Raekoolla on myös vaikutusta: mitä hienojakoisemmasta rakeesta on kyse, sitä herkemmin se oletettavasti liikkuu tuulen ja veden mukana.



Kuva 17. SBR-kumirouhetta jalkapallokentän laidalla Helsingissä. Kuva: Outi Setälä.

Samoin kuin luonnonkenttien, myös tekonurmikenttien yhteyteen asennetaan kuivatusjärjestelmä. Käytännössä tällä tarkoitetaan kentän alle asennettavia salaojaputkia, jotka johtavat kentän läpi johtuvan veden kentän ulkopuolelle.

Pintavaluman kautta virtaaviin vesiin, kuten jokiin, puroihin ja hulevesiverkostoon päätyvän kumirouheen määrä ja ”loppusijoituspaikka” on huonosti tunnettu. SBR-kumirouheen määrittäminen ympäristönäytteistä on hyvin haastavaa, eikä siihen voida soveltaa nykyisin yleisesti käytössä olevia kuvantamismenetelmiä, kuten FTIR- tai Raman-mikroskopiaa. Tästä syystä kenttätutkimukset aiheesta ovat vähissä.

Weijer ja Knol (2017) selvittivät Alankomaissa tehdyssä tutkimuksessa kumirouhepäästöjen määrää, laativat päästöistä karkean massataseen ja arvioivat, minne erilaisilta tekonurmikentistä irtoava kumirouhe voi päätyä. Tutkimuksen kohteena oli viisi kenttää, joista kolmessa oli SBR-täyte. Tehdyn arvion mukaan pintavalunnan mukana vesistöön päätyisi 5 % kokonaishävikistä. Maantieteellisestä sijainnista johtuen arvioissa ei huomioitu talven vaikutuksia kentän kunnossapitoon ja lumen sekaan päätyvän kumirouheen määrää, joten todennäköisesti sitä ei voida soveltaa Suomen oloihin.

Eräissä Norjassa tehdyssä tutkimuksessa (Cou Coutris ym. 2018) selvitettiin kolmen eri kentän läheisyyteen maaperään vuosien aikana kertyneitä kumirouhemääriä. Tulosten mukaan määrät olivat huomattavia, jopa yli 10 kg/m², ja kasvoivat kohti syvempiä maakerroksia useimmissa tapauksissa. Arviota kulkeutumisesta vesistöön ei tässä työssä annettu.

Koska kenttien täyttömäärään ja arvioihin ympäristöön päätyvän kumirouheen määrästä liittyy huomattavan paljon epävarmuustekijöitä, ei kovin luotettavia arvioita kumirouheen kulkeutumisesta hulevesiverkoston kautta mereen voida antaa. Mikäli vuotuisesta ulkokenttien täytöstä (1 000–1 600 tonnia/vuosi) päätyisi 5 % vastaanottaviin vesistöihin (ei siis pelkästään meren rannikolle), tarkoittaisi se

vuositasolla 50–80 tonnia. Ruotsissa vuotuisesti ulkokenttien kumirouheen täyttötarpeeksi laskettiin 1 638–2 456 tonnia. Vesistöihin tai mereen päätyvää osuutta ei tässä raportissa arvioitu. ECHA:n tekemän arvion (ECHA 2020) mukaan kumirouheen käyttö täyteaineena olisi Euroopan kentillä 15 400–184 000 tn/vuosi, ja tästä syntyvät päästöt ympäristöön 2 000–52 000 tonnia.

Tulevaisuudessa SBR-kumirouheen käyttö tekonurmien täytemateriaalina oletettavasti vähenee edelleen. Suomen Palloliitto ei enää suosittele SBR-kumirouhetta käytettäväksi jalkapallohalleissa eikä muissa sisätiloissa (Palloliitto: Tekonurmiopas). Markkinoille on myös tullut ympäristöystävällisemmiksi markkinoituja tuotteita, joissa kumirouhe on korvattu esimerkiksi puusta tai sokerijuurikkaasta valmistetuilla rakeilla. Jotta arvioita ympäristöpäästöistä voidaan laatia, tarvitaan mitattua tietoa erityyppisten kenttien päästöistä.

3.7 Tieliikenteestä aiheutuvat mikromuovipäästöt

Renkaiden ja tiemerkintöjen kuluma liikennealueilla

Euroopassa tehdyissä selvityksissä autonrenkaista ja tiemerkinnöistä irtoava mikromuovi- ja kumigradietti on arvioitu yhdeksi suurimmista sekundaarien mikromuovipäästöjen lähteistä. Hulevedet ja ilmakulkeuma puolestaan on arvioitu niiden reitiksi vesistöön (mm. Verschoor ym. 2014b, Essel ym. 2015, Magnusson ym. 2016a, Sundt ym. 2016, Kole ym. 2017, Unice ym. 2018).

Rengaskuluma

Ympäristöön päässeen kumigradientin kokojakauma vaihtelee suuresti. Rengashiukkasista pienimmät ovat kooltaan kymmenen nanometriä ja suurimmat millimetrejä (Kole ym. 2017). Tarkemmat rengasmateriaalit ja -seokset ovat vain valmistajien tiedossa. Karkea materiaali-jakauma kuitenkin tiedetään (taulukko 13).

Taulukko 13. Henkilö- ja kuorma-autojen renkaiden materiaaliakoostumus (Rahman 2004).

Materiaali	Henkilöautot %	Kuorma- ja linja-autot %
Kumit/elastomeerit	48	43
Hiilimusta	22	21
Metalli	15	27
Tekstiili	5	-
Sinkkioksidi	1	2
Rikki	1	1
Täyteaineet	8	6

Hiukkaset irtoavat renkaiden kulutuspinnoista; nimensä mukaisesti tämä osa renkaasta kuluu ajon aikana tien kanssa syntyvän kontaktin seurauksena. Kulutuspinnan materiaalisuoksessa on synteettistä styreeni-butadieenikumia (SBR), luonnonkumia (NR), polybutadieenia (PBD), hiilimustaa ja/tai piitä, öljyjä ja vulkanisointikemikaaleja. Autonrenkaiden kumi sisältää myös useita muita yhdisteitä, joukossa myös sellaisia, jotka aiheuttavat ympäristön kannalta merkittävää huolta, kuten kuparia ja sinkkiä (Wik 2008).

Yleisesti voidaan sanoa, että kumin tiheys suurempi kuin 1 g/cm³, jopa yli 2,5 g/cm³. Tämä tarkoittaa sitä, että kumi ei kellu. Toisaalta on myös tutkimusnäyttöä siitä, että ainakin osa autonrenkaiden hienosta rengaspölystä saattaisi olla tiheydeltään <1 g/cm³, eli kelluvaa (Sofi 2018).

Vuonna 2017 rengaskuluman määrä Suomessa oli 5 348–10 528 tonnia. Asukasta kohden määrä on 1,0–1,9 kg/vuosi, mikä on lähellä eurooppalaista keskitasoa. Arvio perustuu liikennesuoritemääriin ja

keskimääräiseen rengaskulumaan. Arvioissa on käytetty Lahtisen ym. (2018) Tilastokeskukselle tekemää arviota vuoden 2017 liikennesuoritemääristä Suomessa. Kuluman kokonaismäärä on saatu kertomalla suorite Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission (UNECE) raportin GRPE-65-20 (UNECE 2013) ja Kolen ym. (2017) koontiartikkelista saaduilla kulumakertoimilla (mg/vkm eli milligrammaa/ajoneuvokilometri) eri ajoneuvotyypeille. Suuri vaihteluväli johtuu erisuuruuksista arvioista renkaan kuluman intensiteetistä.

Edellä kuvatun ajosuoritteisiin perustuvan laskentamenetelmän lisäksi voidaan rengaskuluman määrää arvioida rengaskierrätystilastojen ja renkaiden elinkaariarvioiden avulla. Tässä laskentamenetelmässä vähennetään kierrätykseen saapuvien renkaiden kokonaispainosta uusien renkaiden arvioitu paino, jolloin saadaan karkea arvio kulumasta. Suomen Rengaskierrätys Oy:n mukaan käytettyjen renkaiden kierrätysaste on Suomessa lähes sata prosenttia. Vuosina 2010–2018 kierrätykseen päätyvien renkaiden määrä on kasvanut 41 400 tonnista 57 200 tonniin. On arvioitu, että uuden henkilöauton renkaan painosta kuluu pois sen eliniän aikana keskimäärin 10–20 % (Ahlbom & Duus 1994, Tuominen 2017a) ja renkaiden keskimääräinen ikä on noin kuusi vuotta (Tuominen 2017b). Kun renkaiden elinkaaren aikaiseksi kulumaksi arvioidaan 15 % ja rengaskierrätystilastoista laskettu kuuden edellisen vuoden kuluma summataan vuonna 2017, niin häviö on noin 9 200 tonnia, joka on lähellä edellä kuvattua liikennesuoritemääriin ja kilometrikulumaan perustuvaa kuluma-arviota.

Kuluma-arvioita, valuma-alue tietoja ja ajosuoritemääriä yhdistelemällä voidaan tehdä myös alueellisia/paikallisia arvioita rengaskuluman määrästä ja kulkeutumisesta. Tarkemmin alueellista kulkeutumista voidaan tarkastella malleilla, joissa edellisten lisäksi on mukana mm. osavaluma-alueiden hydrologista ja hydrologista ominaisuustietoa sekä kappaleiden kulkeutumiseen vaikuttavia fysikaalisia tietoja (mm. koko ja tiheys). Tästä esimerkkinä Seinen valuma-alueesta tehty TRWP (*Tire and road wear particles*, eli renkaista ja tiepäällysteistä irtoavat kappaleet) -mallinnus (Unice ym. 2018).

Tiemerkintämassat ja -maalit

Tiemerkintämassojen tarkka materiaalikoostumus ei ole tiedossa, vaan se on valmistajien liikesalaisuus. Karkealla tasolla tiedetään merkintämassojen sisältävän hiekkaa runkoaineena (suurin osuus kokonaismassasta) ja sideaineena öljyhartseja, polymeerejä sekä prosessiöljyjä. Lasihelmet tuovat heijastavuutta ja pigmenteillä säädellään massan väriskaalaa. Massamerkinnän paksuudet ovat 0,7–4 mm (Vikström 2016).

Tiemerkintämaalit voivat olla liuotinpohjaisia tai vesiliukoisia. Maalit koostuvat sideaineista, väripigmenteistä, täyttöaineista ja lisäaineista. Liuotinpohjaiset ovat yleisempiä kaupunkien pienmerkinnöissä ja vesiliukoisia käytetään pääsääntöisesti yleisten teiden merkinnöissä (Vikström 2016).

Päällystealan neuvottelukunnan (PANK ry) seminaariesitelmän (2010) mukaan Suomessa käytetään vuosittain 9 miljoonaa kilogrammaa massaa ja 1,3 miljoonaa litraa maalia (PANK 2010). Suurimmilta valmistajilta ja maahantuojilta vuonna 2017 saadut yhteenlasketut vuositason käyttömäärät vastaavat PANK ry:n arviota. Kyselyn mukaan tiemerkintämassoja käytetään Suomen alueella n. 8,6 miljoonaa kilogrammaa ja maaleja 0,62 miljoonaa litraa. Mukana arviossa ovat vain suurimmat valmistajat ja maahantuojat.

Näiden tietojen perusteella ei ollut mahdollista arvioida sitä, mikä on kuluviasta tiemerkintämaaleista ja -massoista aiheutuva mikromuovikuormitus. Tällaisia laskelmia varten tarvittaisiin tarkempaa tietoa tuotteiden valmistusaineista.

Liikennealueiden mikromuovien kulkeutuminen

Kadun tai tien pintakerroksissa yhdistyvät kaikki prosessit, jotka voivat aiheuttaa sekä päästön että kulkeutumisen: UV-valo sekä liikenteen aiheuttama mekaaninen ja kemiallinen rasitus kuluttavat tienpintaa ja virtaava vesi saa hiukkaset kulkeutumaan eteenpäin. Erityisesti talviaikainen kunnossapito kuluttaa tienpintaa. Aorauskalusto irrottaa tienpintaa ja saa hiukkaset kulkeutumaan lumen mukana. Keväisin

tienpenkan mustassa lumisohjossa paistavat tiemerkintämassan kappaleet ovatkin tuttu näky kaupungeissa (kuva 18). Lumen mikromuoveista on myös alustavaa tutkimusnäyttöä (Pikkarainen 2017).



Kuva 18. Valkoinen tiemerkintämassan kulumisen ja kulkeutumisen havaitsee hyvin keväisin katu ympäristössä. Kuvat: Olli Hakala.

Liikenteen rengaspölystä muodostuu myös pienhiukkasia, jotka jäävät ilmaan leijumaan ja voivat kulkeutua tuulen mukana laajemmin ympäristöön. Renkaista, jarruista ja asfalttipinnasta irtoavat pienhiukkaspäästöt on arvioitu suuremmiksi kuin ajoneuvojen pakokaasupäästöt ja trendin on arvioitu jatkuvan (Kupiainen ym. 2017). Myös nanohiukkasia, kooltaan 20–30 nm, on löydetty simulaattoritesteissä ja varsinkin niitä on todettu syntyvän nastarenkaista (Gustafsson ym. 2011).

Ajoneuvon renkaiden kuluma ja näistä aiheutuvat pienhiukkas- ja mikromuovipäästöt ovat suurimmat kaupunkiympäristöissä. Kaupunkiajon on todettu kuluttavan renkaita enemmän kuin maantieajon (mm. Stalnaker ym. 1996, Broeke ym. 2008). Maantieympäristössä tien reuna-alueilla on läpäiseviä pintoja ja kasvillisuutta, jotka sitovat pölyä. Kaupunkiympäristössä on läpäisemätöntä pintaa ja rakennuksia estämässä pölyn leviämistä pois katutilasta.

Tieliikenteen päästöihin liittyvät epävarmuudet

Tällä hetkellä ei ole tietoa mikä osuus liikennealueiden mikromuovi- ja kumigradientista päätyy vesistöön, maaperään, jätevedenpuhdistamoille tai jää hulevesirakenteisiin. Tietoa uupuu jopa siitä, kuinka suuri osuus liikennealueiden mikromuoveista on ilmassa kulkeutuvaa ja mikä osuus jää pintavaluman kuljetettavaksi. Lisäksi tiedetään huonosti, miten erikokoiset kappaleet liikkuvat uomaston eri osissa. Näin ollen ehkäisykeinojen suunnittelun kannalta tärkeä tieto kulkeutumisreiteistä, nieluista ja pitoisuuksista on puutteellista.

Kenttätutkimuksia pitoisuuksista tarvitaan, mutta se on osoittautunut haastavaksi. Kumigradientin tunnistamista näytevesistä on vaikeuttanut se, että materiaalianalytiikka on haastavaa autonrenkaissa käytetyn kumiseoksen takia: mm. hiilimusta sekoittuu helposti tien pinnasta irtoavan bitumin ja palamistuotteiden kanssa, joita on paljon ympäristössä. Kumi, bitumi ja palamistuotteet ovat kaikki hiiltä ja hiiliveytyjä. Varsinkin katupölystä, joka on peräisin PMB-asfaltilla (polymeerimodifioitu bitumi) päällystetyltä kadulta, on autonrenkaista irtoavaa kumia vaikea erottaa, koska myös bitumin sideaineessa on kumia ja muita polymeerejä.

Tiemerkintämassojen ja -maalien päästömääräarvioihin epävarmuutta tuo se, että käytetyn asfaltin mukana materiaalia menee jätteeksi, kaikki tuotettu ja asfalttiin kiinnitetty massa ja maali ei siis kulu ja kulkeudu ympäristöön.

3.8 Maatalouden merkitys meren roskaantumisessa

Maataloudessa käytetään monia erilaisia muovilaatuja mm. maaperän ja sadon suojaamiseen, virusten, tuholaisten ja rikkaruohojen torjuntaan, maaperän lämmittämiseen tai viilentämiseen sekä vesiviljelyyn. Yleisin maataloudessa käytetty kalvomateriaali on polyeteeni, sekä pien- että suuritiheyspolyeteeni (LDPE ja HDPE) (Lehtonen ym. 2015). Vuonna 2015 arvioitiin lisäksi, että yhteensä koko maassa on arvioitu muodostuvan vuosittain 12 000 tonnia maatalouden muovijätettä, kuten kalvoja, suursäkkejä, lannoitesäkkejä ja kanistereita. Etenkin turvesoilla käytettävää aumamuovia kertyy vuodessa n. 2 000 tonnia. Maatalousmuovit kerätään suurimmaksi osaksi energiahyötykäyttöön, ulkomaille noudetut muovit kierrätetään. Kaikkea syntyvää muovijätettä ei saada kerättyä energiahyötykäyttöön, joten muovia on aiemmin jossakin määrin myös poltettu ja haudattu maahan. Tiloilta mereen mahdollisesti kulkeutuvan muovin tai roskan määrää ei Suomessa ole toistaiseksi arvioitu.

Ympäristöministeriön ja Ekokemin yhteishankkeessa on kehitetty kierrätysprosessi, jonka avulla maatalouden kalvomuovit voidaan puhdistaa ja kierrättää kustannustehokkaasti korkealaatuiseksi uusio-muovigranulaatiksi, joka soveltuu sellaisenaan muoviteollisuuden raaka-aineeksi (Lehtonen ym. 2015).

Maataloudessa ja siihen liittyvillä aloilla on käytetty erityisesti tiettyjä hajoavia katekalvoja. Nämä ovat muovia, joka on hajoavaa, mutta jota mikro-organismit eivät pysty täysin hyödyntämään, ja joka ei ole kompostoitava tai biohajoava muovien ja pakkausten kierrätystä tai biohajoamista koskevien standardien mukaisesti. Kyseiset muovit eivät palasiksi hajoamisen jälkeen välttämättä hajoa luonnonympäristössä, eikä niitä voi nähdä paljaalla silmällä, joten niiden keruu ja käsittely on mahdotonta. EU on kieltänyt hajoavien (erityisesti oxo- tai valohajoavien) muovien käytön maa- ja metsätaloudessa ja puutarhanhoidossa vuoden 2019 alusta lähtien (Euroopan komissio 2018b). Kielto koskee kyseisten tuotteiden maanhantuontia, hallussapitoa myyntiä varten, myyntiin saattamista, myyntiä, maksutonta jakelua ja käyttöä.

Maatalouden mikromuovit

Maataloudessa muodostuu mikromuoveja haurastumalla suuremmasta muovista, etenkin muovikalvoista. Lisäksi maatalouden mikromuovipäästöt sisältävät eri tarkoituksissa käytettyjä primäärimikromuoveja, eli tuotteissa tarkoituksellisen valmistusaineena olevaa mikromuovia. Näiden suorien mikromuovilähteiden lisäksi mikromuoveja voi päätyä maatalousympäristöön, jos jätevedenpuhdistamoissa syntyneitä, mikromuoveja sisältävää lietettä käytetään pelloilla tai puutarhoissa lannoitteena tai maanparannusaineena.

Maatalouden käyttämistä kalvomateriaaleista kulumisen ja haurastumisen kautta ympäristöön syntyvää mikromuovikuormitusta ei tässä selvityksessä lähtöarvojen puutteellisuuden vuoksi arvioitu. Puutarhataloudessa käytetään pitkälti samantyyppisiä muovikalvoja ja kalvomateriaaleja kuin maataloudessakin. Tuoteryhmiä ovat erikokoiset säkit, lavahuput, kanisterit, tynnyrit ja IBC-säiliöt. Maatilojen ja puutarhatilojen muoveja ei saa haudata maahan tai polttaa, vaan ne tulee asianmukaisesti kierrättää (Ympäristöministeriö 2018).

Erilaisia mikro- ja nanomateriaaleja käytetään maataloudessa esimerkiksi vähentämään erilaisten kasvin suoja-aineiden (*plant protection products*, PPP) tarvetta, estämään jauhemaisten lannoitteiden paakkuuntumista, ja minimoimaan lannoitteiden sisältämien ravinteiden hävikkiä (ECHA 2019, Gogos ym. 2012). Osa näistä materiaaleista on muovia, ja luetaan primaarimikromuoveiksi. Näiden mikro- ja nanohiukkasten kokonsa nähden suurta pinta-alaa hyödynnetään esimerkiksi lannoitteiden ja kasvin suoja-aineiden sitomiseen: tällöin näiden aineiden huuhtouma vähenee ja niiden vapautuminen maaperään on hitaampaa ja hallitumpaa (Gogos ym. 2012). Kun hävikkiä on vähemmän, selvittää pienemmällä lannoite- ja kasvin suoja-ainemäärillä. Toisinaan hiukkaset voidaan lisäksi suunnitella sellaisiksi, että ne myös suojaavat käytettäviä aineita valon vaikutuksesta tapahtuvalta hajoamiselta tai tehostavat aktiivisten aineiden kuljetusta kasveihin (Gogos ym. 2012).

Sen lisäksi, että muovihiukkasten pintaa hyödynnetään, voidaan lannoitteita myös sulkea erilaisten muovipolymeerikuorien sisään, jolloin puhutaan hallitusti vapautuvista lannoitteista (*controlled release*

fertilizers, CRF). Muun muassa ureahippuja voidaan päällystää esimerkiksi polyakryylihapo- tai polyuretaanikuorella, joka hidastaa ravinteiden vapautumista ympäristöön (Puoci ym. 2008). Myös kasvien siemeniä voidaan päällystää erilaisilla muovikuorilla, jotka sulkevat sisäänsä siemenen lisäksi sitä suojelevia torjunta-aineita (Accinelli ym. 2019), tai kuoria voidaan käyttää pelkästään torjunta-aineille (*capsule suspension PPPs*, CSP) (ECHA 2019). Nämä kuoret, sekä aiemmin mainitut pinnoilleen lannoitteita ja kasvinsuojaja-aineita sitovat hippuset, kuitenkin oletettavasti jäävät ravinteet vapautettuaan maaperään, ja voivat kulkeutua esimerkiksi sateiden ja sulamisvesien mukana ympäröiviin vesistöihin. Myös biohajoviksi luokiteltuja muovilaatuja, kuten selluloosa-asetaattia, on käytetty päällystämiseen (Jarosiewicz & Tomaszewska 2003). Vaikka muovin käyttö erinäisissä maatalouden sovellutuksissa on tunnustettu, tieto näiden primaarimikromuovien kohtalosta, esiintymisestä, hajoamisesta ja kulkeutumisesta on kuitenkin toistaiseksi puutteellista.

Euroopan kemikaalivirasto ECHA on arvioinut, että Euroopan talousalueella maa- ja puutarhataloudesta vapautuu maataloustuotteisiin tarkoituksella lisättyjä mikromuoveja vuosittain noin 23 500 tonnia (ECHA 2019), mutta maakohtaista arviota Suomen tilanteesta ei ole tehty. Sen sijaan Nizzetto ym. (2016) ovat arvioineet, että mikromuoveja päätyisi maaperään Euroopassa 63 000–430 000 tonnia vuodessa pelkästään jätevesilietteen levittämisen seurauksena; Suomen osuuden tästä arvioitiin olevan enintään noin 10 000 tonnia. Tämä arvio tehtiin kertomalla keskenään vuosittain syntyvän jätevesilietteen määrä, sen käyttöaste maataloudessa, yhden henkilön jätevedenpuhdistamolle aiheuttama keskimääräinen mikromuovikuormitus ja maan väkiluku. Koska maakohtaisia tietoja ei kaikista laskelmassa mukana olleista arvoista ollut käytettävissä, ja jätevedenpuhdistamoille arvioitiin kertyvän runsaasti esimerkiksi tieliikenteen mikromuovipäästöjä, tätä arviota voidaan pitää yliarviona ja korkeintaan karkeasti suuntaa-antavana.

4 Kotitalouksien ja sisätilojen mikromuovipäästöt

4.1 Kosmetiikasta ja henkilökohtaisen hygienian hoitoon tarkoitetuista tuotteista irtoava mikromuovi

Synteettisten polymeerien käyttö kosmetiikassa

Kosmetiikan ja hygieniatuotteiden sisältämällä mikromuoveilla tarkoitetaan pieniä hiukkasia, jotka on tarkoituksellisesti lisätty tuotteisiin. Mikromuoveihin sisällytetään konventionaalisten muovien lisäksi myös puolisynteettisiä polymeerejä, sekä biopohjaisia ja biohajoavia muoveja (Arthur ym. 2009, Fendall & Sewell 2009, Gouin ym. 2015). Kosmetiikassa ja henkilökohtaisen hygienian hoitoon tarkoitetuissa tuotteissa käytettävillä mikromuovihiukkasilla ei ole tiettyä muotokategoriaa, vaan ne voivat olla esimerkiksi kuitumaisia, soikeita, pyöreitä tai ohuita hiutaleita. Mikromuoveja käytetään kosmetiikkateollisuudessa moniin erilaisiin tuotteisiin useista eri syistä.

Ensimmäinen patentti henkilökohtaisen hygienian hoitoon tarkoitettuihin tuotteisiin (HKH-tuotteet) lisättävästä mikromuovista rekisteröitiin Yhdysvalloissa jo vuonna 1972 ja mikromuovin käyttö ihonpuhdistustuotteissa on siitä lähtien yleistynyt (Beach 1972, Fendall & Sewell 2009). Mikromuovin käyttö kosmetiikassa ja HKH-tuotteissa syrjäytti vähitellen lähes kokonaan luonnontuotteista peräisin olevien kuorinta-aineiden (esim. pähkinänkuorijauhe, hohkakivi, hedelmänkivijauhe) käytön. Mikromuovien suosioon kuorinta- ja ihonpuhdistusaineissa on vaikuttanut muun muassa se, että monet ns. luonnonmukaiset kuorinta-aineet ovat myös luontaisia allergeenejä ja ne saattavat myös terävyydellään rikkoa ihoa toisin kuin mikromuovit. Nykyisin muovihiukkasia käytetään kosmetiikassa ihonkuorinnan lisäksi esimerkiksi tuotteen koostumuksen silottamiseen, viskositeetin hallintaan, kalvon muodostukseen, kiinnittäjäaineena, esteettisenä aineena (glitteri), massanlisäysaineena jne. Synteettisiä polymeerejä lisätään nykyisin huomattavia määriä kosmetiikkatuotteisiin myös vesiliukoisessa tai veteen hajaantuvassa muodossa. Näiden polymeerien käytös ei kuitenkaan täytä mikromuovien aiemmin mainittuja kriteerejä, joten ne on rajattu tästä selvityksestä pois.

Pois huuhdeltavat ja jätettävät tuotteet

Mikromuovia sisältävät kosmetiikka- ja HKH-tuotteet voivat olla käyttötavaltaan joko iholta pois huuhdeltavia (*rinse-off*) tai iholle jätettäviä (*leave-on*). Pois huuhdeltavat tuotteet (esimerkiksi kuorintavoiteet) on nimensä mukaisesti tarkoitettu pestäväksi pois keholta heti käytön jälkeen, jolloin tuote päättyy viemäriin. Iholle jätettävät tuotteet (esimerkiksi meikkivoiteet, kynsilakat, hiuslakat tai huulipunat) jätetään tarkoituksellisesti iholle tai hiuksiin. Myös osa iholle jätettävistä tuotteista huuhdellaan pois iholta ennemmin tai myöhemmin.

Mikromuovin määrää kosmetiikassa alettiin selvittää 1990-luvun alkupuolella (Zitko & Hanlon 1991) ja jo viisi vuotta myöhemmin HKH-tuotteiden mikromuovien arvioitiin olevan eräs tärkeistä merten mikromuovikuormituksen lähteistä (Gregory 1996). Mikromuovin käyttöä ihonhoitotuotteissa ja siitä aiheutuvia ympäristöongelmia on sittemmin dokumentoitu hyvin (Fendall & Sewell 2009, Gouin ym. 2015). HKH-tuotteiden mikromuovimääriä on arvioitu useissa raporteissa viime vuosina (Strand 2014, Essel ym. 2015, Gouin ym. 2015, Leslie 2015, Magnusson ym. 2016a, Amec Foster Wheeler 2017, Hann ym. 2018) ja asia on saanut paljon julkisuutta myös kuluttajien ja päättäjien keskuudessa.

Vuonna 2017 valmistuneen raportin (Amec Foster Wheeler 2017) mukaan Euroopassa käytettiin vuonna 2015 arviolta noin 714–793 tonnia mikromuoveja iholta pois pestävien HKH-tuotteiden valmistusaineina. Arvio perustuu Euroopan kosmetiikka- ja hygieniatuotteiden tuottajien kattojärjestön Cosmetics European jäsenyrityksiltään keräämiin tietoihin, sekä tähän myöhemmin tehtyihin tarkennuksiin. Cosmetics European arvion mukaan pois huuhdeltavien HKH-tuotteiden valmistuksessa käytettiin vuonna

2015 82 % vähemmän mikromuoveja kuin vuonna 2012. ECHA:n arviossa (ECHA 2020) pois huuhdeltavia tuotteita käytettäisiin vuositasolla n. 6 600 tonnia. Arviot iholle jätettävien tuotteiden mikromuovimääristä ovat paljon epävarmempia. Viimeisimpien arvioiden mukaan Euroopan markkinoilla vuoden aikana myydyt iholle jätettävät tuotteet sisälsivät 540–1 120 tonnia mikromuoveja (Amec Foster Wheeler 2017). Pois huuhdeltaviin ja iholle jätettäviin tuotteisiin käytettiin Euroopassa yhteensä noin 1 250–1 910 tonnia mikromuoveja vuonna 2015. Tuoteryhmittäin tarkasteltuna Euroopassa myydyt, ammattikäyttöön tarkoitetut ihonhoito- ja käsien puhdistukseen tarkoitetut tuotteet sisälsivät määrällisesti eniten tarkoituskella lisättyjä mikromuoveja (polyuretaani 440 tonnia). Seuraavaksi eniten mikromuoveja käytettiin erilaisissa kuorintavoiteissa (lähinnä polyeteeni ~ 200 tonnia). Muiden polymeerien (mm. selluloosa-aseaatti, nylon) määrät eri tuoteryhmissä olivat huomattavasti pienempiä (Amec Foster Wheeler 2017).

Tuotteisiin lisättyjen mikromuovien määrä ja hiukkasten koko vaihtelevat tuotekohtaisesti. Leslien (2014) mukaan mikromuovihiukkasten koko voi vaihdella muutamasta mikrometristä aina millimetrin kokoisiin (silmin nähtäviin). Tuotepakkauksista tai INCI (*International Nomenclature of Cosmetic Ingredients*) -tiedoista ei ilmene mikromuovien määrää. Mikromuovien määrää ihonhoitotuotteissa on selvitetty vain joissakin yksittäisissä tutkimuksissa (taulukko 14).

Taulukko 14. Mikromuovien määrä eräissä iholta pois huuhdottavissa ihonhoitotuotteissa.

Tuote	% painosta mikromuovia	Viite
Kasvojen kuorinta	1,62–3,04	Gregory 1996
Kasvojen kuorinta	~ 2–7	Napper ym. 2015
Kuorinta-aineet	0,4–10,5	Strand 2014
Kasvojenkuorinta	~ 10	Leslie 2012
Kuorintageeli(t)	1,93–3,07	Hintersteiner ym. 2015
Käsienpesuaine	0,19–6,91	Gregory 1996
Hammastahna	0,17	Hintersteiner ym. 2015
Hammastahna*	0,1–0,4	Strand 2014
Suihkusaippua	0,07–1,01	Hintersteiner ym. 2015
Känsävoide**	0,29	Hintersteiner ym. 2015
Kuorintageeli	8,13	tämä selvitys
Kuorintavoide	5,22	tämä selvitys

*Mikromuovien käyttö todennäköisesti loppunut

**Iholle jätettävä tuote

Mikromuovien määrä tuotteissa

Selvitysten mukaan samaan tuoteperheeseen kuuluvien tuotteiden mikromuovimäärät voivat vaihdella huomattavasti. Esimerkkinä tästä ovat kuorintavoiteet, joissa mikromuovien määrä oli alimmillaan vain 0,4 g/ 100 g ja korkeimmillaan 10,5 g/ 100 g tuotetta kohden. Myös mikromuovihiukkasten muoto vaihtelee pyöreistä ja soikeista jopa lankamaisiin tai kokonaan amorfisiin (Fendall & Sewell 2009). Samassa tuotteessa yksittäisten mikromuovihiukkasten välinen kokoero voi olla jopa 1 mm (Fendall & Sewell 2009).

Pois huuhdeltavien tuotteiden sisältämät mikromuovimäärät ovat vähentyneet paitsi vapaaehtoisten sitoumusten, myös eri maissa käyttöön otettujen kieltojen vuoksi. Vuonna 2015 Yhdysvaltain kongressi hyväksyi lain, joka kieltää mikromuovihiukkasten käytön kosmetiikassa. Tämän ”*Microbead-free waters act of 2015*”-lain mukaan kosmetiikkayrityksillä oli heinäkuun 2018 loppuun saakka aikaa luopua kiinteiden mikromuovihiukkasten käytöstä iholta pois huuhdeltavissa tuotteissaan. Tällä on ollut globaali vaikutus kosmetiikkamarkkinoihin ja se on osaltaan luonut paineita Euroopan yhteisössä vastaavan lain säätämiseksi. Esimerkiksi Kanadassa astui vuoden 2018 alussa voimaan vastaava laki. Jotkut EU:n jäsenmaat, kuten Iso-Britannia ja Ruotsi, ovat jo asettaneet maakohtaisia rajoituksia ja kieltoja mikromuoveja sisältävien kosmetiikka ja HKH-tuotteiden maahantuonnille ja käytölle. Myös kuluttajat ovat aiempaa paremmin perillä asiasta ja tämä on edelleen ohjannut kosmetiikkateollisuutta etsimään

mikromuovihiukkasille vaihtoehtoja myös Euroopan markkinoille. Kansalaisjärjestöjen tukema, mikromuovien poistoa ajava *Beat the microbead* -sivusto (<http://www.beatthemicrobead.org/>) seuraa tilannetta mm. sääntelystä ja kieltojen täytäntöönpanosta eri maissa sekä tietoja yrityksistä, jotka ovat vapaaehtoisesti poistaneet mikromuovihiukkaset tuotteistaan. Monet suuret kosmetiikkayritykset ovatkin luopuneet mikromuovin käytöstä iholta pois huuhdottavissa tuotteissaan ja useat muut yhtiöt ovat parhaillaan luopumassa niiden käytöstä. Tämä muutos on näkyvissä myös Suomen markkinoilla, sillä monissa pois huuhdeltavissa tuotteissa mikromuovihiukkaset on nykyisin korvattu jollakin muulla ainesosalla kuten kiteytetyllä selluloosalla, hydratulla risiiniöljyllä, mehiläisvahalla tai erilaisilla silikaattiyhdisteillä. Piidioksidiyhdisteet ovat nousseet suosioon kosmetiikkateollisuudessa Euroopan luonnonkosmetiikkayhdistysten yhteenliittymän (*European Natural and Organic Cosmetics Interest Grouping, E.E.I.G*) piidioksidiyhdisteille myöntämän NaTrue-sertifikaatin myötä, sekä piidioksidin muovia muistuttavien ominaisuuksien tähden.

Mikromuovien käytön väheneminen iholta pois huuhdeltavissa tuotteissa on huomioitu myös Euroopan kemikaaliviraston tekemässä ehdotuksessa (ECHA 2019), jossa esitettiin, että HKH-tuotteisiin kohdistuvat rajoittamistoimet kohdistuisivat välittömästi iholta pois huuhdeltaviin tuotteisiin, koska tuottajat ovat jo pitkälti toteuttaneet poistotoimet näiden tuotteiden osalta. Iholle jätettävälle tuotteille annettaisiin 4–6 vuoden siirtymäaika mikromuovien korvaamiseksi muilla ainesosilla.

Taustatiedot

Tietokanta

Tässä selvityksessä käytettiin taustatietona CosmEthics-yrityksen (<https://www.cosmethics.com/>) kokoa-maa laajaa tietokantaa tuotteiden valmistusaineista. Lisätietoa haettiin jalkautumalla pääkaupunkiseudun myymälöihin ja käymällä läpi iholta huuhdottavien tuotteiden (saippua-, pesu- ja hammastahnatuotteet) valmistusaineluetteloita. Näiden tietojen avulla arvioitiin mikromuovia sisältävien tuotteiden osuutta kaikista myynnissä olevista tuotteista. Selvitys kattaa vain osan (iholta pois huuhdottavat) markkinoilla olevista tuotteista. Hammastahnat sekä iholle jätettävät tuotteet jätettiin selvityksen ulkopuolelle. Hammastahnojen sisältämistä ainesosista ei tietokannan kautta ollut saatavilla tietoja kuin muutamasta tuotteesta. Huomio kaikkialla on kiinnittynyt etenkin pois huuhdeltaviin tuotteisiin, joiden sisältämällä mikromuoveilla on periaatteessa suora reitti yhdyskuntajätevesiin ja sitä kautta vesiympäristöön. Näistä on myös olemassa jonkin verran laboratoriomittauksia, joiden perusteella voi karkeasti arvioida tuotteiden mikromuovimääriä. Sen sijaan iholle jätettävien tuotteiden mikromuovimääristä ei juuri ole saatavilla luotettavaa tutkimustietoa.

CosmEthics-yrityksen tietokanta kosmetiikan ja hygieniatuotteiden valmistusaineista perustuu kuluttajapakkauksissa olevaan tietoon. Tietoa kertyy yritykselle, kun kuluttaja ottaa valokuvan tuotteen EAN-koodista ja lähettää sen yritykselle, joka täydentää ja ylläpitää tietokantaansa kaikista ilmoitetuista valmistusaineista. Tuotteiden valmistusaineet on tunnistettu ja luokiteltu niiden INCI-nimien perusteella. INCI on kansainvälinen kosmetiikan ainesosien nimikkeistö, joka on linkitetty yksityiskohtaisiin tietoihin ainesosien kemikaalikoostumuksesta ja ominaisuuksista. Tarkempaa tietoa Euroopassa myytävien tuotteiden ainesosista on saatavilla Euroopan komission ylläpitämästä tietokannasta (https://ec.europa.eu/growth/sectors/cosmetics/cosing_en).

Vuonna 2017 CosmEthics -tietokannassa oli 64 829 analysoitua tuotetta, mukaan lukien sekä iholta pois huuhdottavat (10,2 %), että iholle jätettävät kosmetiikkatuotteet (89,8 %). Tietokantaan oli listattu 513 erilaista polymeeriä ja polymeeriyhdistettä, jotka voi luokitella kuuluvaksi muoveihin. Yhteensä 27 488 tuotetta (42,4 %) sisälsi yhtä tai useampaa tietokannan polymeeristä. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että kaikki 513 polymeeriyhdistettä kuuluisivat mikromuoveihin, sillä joukossa oli myös yhdisteitä, jotka ovat joko vesiliukoisia, biohajoavia tai veteen hajaantuvia, eivätkä siksi täytä mikromuovien määritelmää. Tässä selvityksessä valittiin tarkastelun kohteeksi 18 tietokannassa useimmin esiintyvää mikromuovin määritelmän täyttävää polymeeriä (taulukko 15). Kaikista tietokannassa olevista tuotteista 7 458

kappaletta (11,5 %) sisälsi jotakin näistä yleisimmistä polymeereistä, mutta niistä vain 761 tuotetta kuului iholta pois huuhdeltaviin tuotteisiin, eli 11,5 % iholle jätettävistä tuotteista ja 1,17 % iholta pois huuhdottavista tuotteista sisälsi mikromuoviksi luokiteltavia polymeerejä. Tämän arvion ajantasaisuuteen vaikuttaa se, että jotkut tietokannasta löytyvistä tuotteista voivat olla vanhentuneita tai jo kokonaan markkinoilta poistuneita, mikäli valmistaja on tuottanut markkinoille uuden tuotteen vanhan tilalle eikä sitä ole vielä päivitetty tietokantaan kuluttajien toimesta.

Taulukko 15. Selvityksessä tarkastellut polymeerit.

Polymeeri	Esimerkkejä käyttötarkoituksesta
Eteeni/akrylaatti -kopolymeeri	Sidosaine; emulsion stabilointi; kalvon muodostus; opasiteetin hallinta
Eteeni/propeen/styreeni/styreeni -kopolymeeri	Viskositeetin lisäys
Eteeni/vinyyli -asetaatikopolymeeri	Sidosaine; kalvon muodostus; suspensioaine
Nylon -12	Viskositeetin hallinta; massan lisäys; opasiteetin hallinta
Nylon -6	Viskositeetin hallinta; massan lisäys; opasiteetin hallinta
Hapetettu polyetyleni	Viskositeetin hallinta
Polybutyleenitereftalaatti	Kalvon muodostus; viskositeetin hallinta
Polyeteeni	Hioma-aine; sideaine; massan lisäys; kalvon muodostus; viskositeetin hallinta
Polyeteenitereftalaatti	Kalvon muodostus; sidosaaine
Polyeteenimetakrylaatti	Kalvon muodostus
Polypropeen	Viskositeetin hallinta; massan lisäys
Polystyreeni	Kalvon muodostus; viskositeetin hallinta; massan lisäys
Polyvinyyliasetaatti	Antistaattinen; sideaine; emulsion stabilointi; kalvon muodostus
Polyvinyylilibutyaali	Viskositeetin hallinta; antistaattinen; kalvon muodostus
Siloksaanipolymeerit (trimethylsiloxysilicate)	Paakkuuntumisen esto; vaahtoontumisen esto; sidosaaine; massan lisäys
Polyuretaani -11, 14, 15	Kalvon muodostus

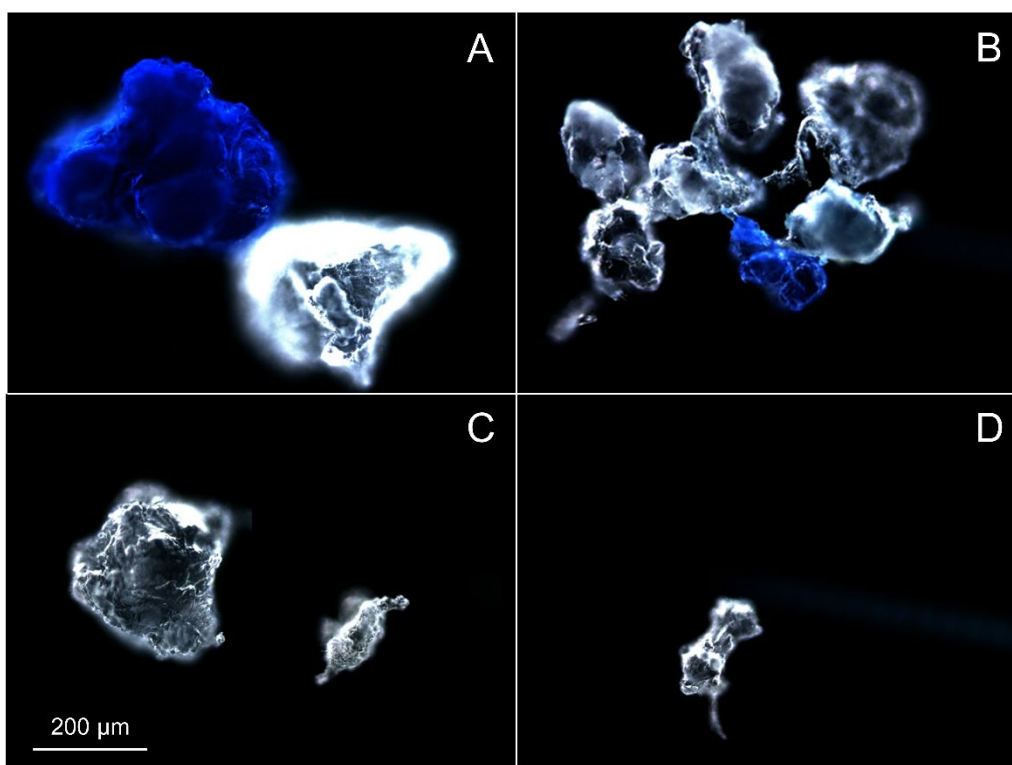
Kenttätutkimus

Havainnot pääkaupunkiseudun kosmetiikkaa myyvien myymälöiden hammastahnoista, ihon- ja kasvojen pesuaineista sekä kuorintavoiteista (iholta huuhdottavat tuotteet) tukevat arviota, jonka mukaan mikromuovia sisältävien tuotteiden osuus kaikista myytävistä tuotteista olisi hyvin pieni, kun tarkastellaan 18 yleisimmän polymeerin osuuksia. Tietoja kerättiin vain päivittäistavaratuotteista, joita kuluttajan on helppo saada haltuunsa mistä tahansa marketista, eikä siinä kiinnitetty erityisesti huomiota ammattikäyttöön tarkoitettuihin tuotteisiin, joissa mikromuovia sisältävien tuotteiden määrä koko Euroopan laajuisesti arvioituna oli kaikkein suurin (Amec Foster Wheeler 2017). Esimerkiksi yhdestäkään tutkitusta hammastahnasta ei löytynyt mikromuoveja, mutta kasvojenkuorintatuotteista ja pesuaineista löytyi tuotteita, jotka sisälsivät jotakin tutkituista 18 polymeeristä. Mikromuovien sijaan yleinen hioma-aine hammastahnoissa oli kristallisoitu selluloosa. Vartalonpuhdistusaineissa oli lähes poikkeuksetta akrylaattikopolymeeriä, joka oli kaikkein yleisin pois huuhdottavissa HKH- ja kosmetiikkatuotteissa esiintyvä polymeeri. Riippuen sen monomeeriketjujen pituudesta ja esimerkiksi ympäristön pH-arvosta akrylaattikopolymeeri voi käyttäytyä hyvinkin eri tavoin ja olla muodoltaan joko täysin veteen liukeneva, tai vettä adsorboiva ja siinä turpoava. Koska sen kemiallista olomuotoa on mahdotonta määrittää pelkästään INCI-nimen kautta, se jätettiin selvityksen ulkopuolelle.

Mikromuovien määrää Suomen markkinoilla olevista yksittäisistä tuotteista tai tuoteryhmistä ei ymmärrettävästi voitu yksityiskohtaisesti tutkia tämän laaja-alaisen lähdeseelvityksen puitteissa. Mahdollisesti myöhemmin tehtävää tarkempaa selvitystä silmällä pitäen testattiin koeluontoisesti kahden

satunnaisesti valitun tuotteen sisältämiä mikromuovimääriä. Testiin valittiin kaksi yleisesti käytettyä tuotetta (kuorintageeli ja kuorintavoide), jotka sisälsivät sisällysluettelonsa mukaan kiinteää mikromuovia (polyeteeni).

Tutkittu kuorintageeli sisälsi polyeteeniä ~ 8,1 g / 100 g. Tuotteen mikromuovihiukkaset olivat muoltaan vaihtelevia. Perinteisen kuorintavoiteen mikromuovimäärä oli alhaisempi, ~5,2 g / 100 g tuotetta, johtuen todennäköisesti siitä, että tuote sisälsi myös muita, orgaanisia kuorivia ainesosia. Molempien tuotteiden mikromuovit olivat väriltään valkoisia/värittömiä ja sinisiä (kuva 19).



Kuva 19. Kuorintageelistä eristettyjä pyöreitä (A) ja amorfisia (B) polyeteenihiukkasia sekä kuorintavoiteen sisältämiä karkeita ja pyöreähköjä (C) ja pienempiä amorfisia (D) polyeteenihiukkasia.

Laboratoriotesteissä yritettiin myös eristää nylon-12 -hiukkasia muiden ainesosien joukosta yhdestä satunnaisesti valitusta iholle jätettävästä tuotteesta (meikkivoide). Alustavien tulosten perusteella nylon-12 -hiukkasten määrä oli todennäköisesti huomattava.

Tullin ja Tilastokeskuksen kautta saadut tiedot

Suomen Tullin mukaan Suomeen tuotiin vuonna 2017 6 536 tonnia iholta pois huuhdottavia ihonpesuaineita, viennin ollessa 300 tonnia (vientitilastot sisältävät sekä Suomessa valmistettuja että muualla tuotettuja tuotteita). Suomen Tilastokeskuksen mukaan samana vuonna Suomessa tuotettuja ihonpesuaineita myytiin omilla markkinoilla 422 tonnia. Arvio Suomessa käytettyjen HKH-tuotteiden sisältämästä mikromuovimäärästä on saatu laskemalla yhteen Suomeen tuotujen tuotteiden määrä ja Suomessa tuotettujen ja täällä käytettyjen tuotteiden määrä, sekä vähentämällä tästä vientiin menneiden tuotteiden määrä (taulukko 16). Tehty arvio on paitsi aiempiana esitetyiltä alkuoletuksiltaan, myös näiden tilastojen vuoksi, suuntaa antava. Tietoja ei ollut saatavilla siitä, kuinka suuri osa yhden vuoden aikana tuoduista ja kauppoihin päätyneistä tuotteista myös myydään, saati käytetään, kyseisen vuoden aikana. Tuontimäärissä tapahtuvat muutokset selittävät tätä, mutta aineiston tarkempaa analyysia ei tehty. Yhdistämällä tiedot Suomen markkinoilla myytävien pois huuhdeltavien HKH-tuotteiden määrästä ja mikromuoveja sisältävien

tuotteiden osuuksista voidaan karkeasti arvioida mikromuovin määrää päivittäiskosmetiikassa ja hygieniatuotteissa näiden tuotteiden osalta.

Taulukko 16. Iholta huuhdottavien HKH-tuotteiden tuonti- ja vientimäärät ja kotimaisen tuotannon myyntimäärät ja laskennallinen arvio Suomen markkinoilla myytävien tuotteiden kokonaismäärästä vuosina 2015–2017, sekä arvio mikromuovin määrästä näissä tuotteissa (tonnia/vuosi).

	2015	2016	2017	2015 - 2017 keskiarvo ± SD
Vienti¹	159	230	300	230 ± 71
Tuonti¹	7 179	5 823	6 535	6 512 ± 678
Tuotanto²	49	432	422	301 ± 218
Suomen markkinoilla myytävät	7 069	6 025	6 657	6 584 ± 526
Mikromuovia sisältävät tuotteet**	83	70	78	77±7

¹Suomen Tulli, Uljas-palvelu

²Tilastokeskus

*Yrityksen/toimipaikan valmistamien tuotteiden kalenterivuoden aikana tapahtunut myynti yrityksen ulkopuolelle. Myynti tuotanto sisältää myös varastosta myynnin. Myyntiin tuotantoon ei sisällytetä niiden tavaroiden myyntiä, jotka on myyty sellaisenaan ilman jatkojalostusta (kauppatavarat).

**Arvioitu osuus kaikista pois huuhdeltavista HKH-tuotteista 1,17%.

Arvio Suomessa myytävien HKH-tuotteiden mikromuovimäärästä

RoskatPois!-hankkeessa laaditun arvion mukaan mikromuovin määrä pois huuhdeltavissa HKH-tuotteissa vuonna 2017 oli 5,2 tonnia. Kolmen vuoden keskiarvo (2015–2017) samoja oletuksia käyttäen oli $5,5 \pm 0,4$ tonnia. Arvion taustaoletuksina käytettiin aiemmissa tutkimuksissa todennettua suurinta arvoa (mukana arviossa olivat suihkusaippuat ja ihonkuorintatuotteet), jonka mukaan 100 g tuotetta sisältäisi 6,91 g muovia.

Kaiken kaikkiaan saatu tulos, jonka mukaan 1,17 % Suomessa myynnissä olevista pois huuhdottavista HKH-tuotteista ylipäätään sisälsi mikromuovia, on selkeästi oletettua parempi, sillä vielä vuonna 2012 noin 6 % kaikista iholta huuhdottavista HKH- ja kosmetiikkatuotteista sisälsi kiinteää mikromuovia (Gouin ym. 2015, Magnusson ym. 2016a). Vähennys on siis noin 80 % verrattuna vuoden 2012 määriin. On kuitenkin muistettava, että tämä arvio sisältää vain iholta huuhdottavat HKH- ja kosmetiikkatuotteet, jättäen suuren tietoaukon koskien iholle jätettäviä tuotteita.

4.2 Huonepölyn sisältämät mikromuovit

Huonepöly

Huonepölyllä tarkoitetaan huoneilmassa ja pinnoilla esiintyviä hiukkasia, jotka voivat olla peräisin joko sisäympäristöstä itsestään tai kulkeutua sisään rakennuksen ulkopuolelta (Kildesø ym. 1999, Macher 2001). Huonepöly koostuu muun muassa ihmisten ja eläinten hilseestä ja karvoista, tekstiilikuiduista, kalusteista ja pinnoitteista lohkeavista hiukkasista, rakennuseristeistä irtoavista mikrokuiduista, hiekasta ja muusta maa-aineksesta, noesta ja muista palamisesta syntyneistä hiukkasista, sekä erilaisista mikro-organismeista, sienten itiöistä ja siitepölystä (Macher 2001, Morawska & Salthammer 2006). Huonepölyn koostumus vaihtelee huomattavasti riippuen mm. rakennuksen sijainnista, ympäristöstä, käyttäjistä ja käyttötarkoituksesta (Macher 2001), mutta niin asuinhuoneistoissa kuin toimistoissakin huonepölyn suurimpia lähteitä ovat ihmisten hilse, vaatteet, rakennusmateriaalit ja ulkoympäristöstä sisätiloihin kulkeutuvat hiukkaset (Kildesø ym. 1999). Huonepöly sisältää myös sekä kuitumaisia että hiukkasmaisia

mikromuoveja, jotka voivat päätyä ympäristöön suoraan esimerkiksi huoneita tuulettaessa tai epäsuorasti yhdyskuntajätevesien kautta, kun siivousvälineisiin kerättyä pölyä huuhdellaan viemäriin (Magnusson ym. 2016a).

Huonepölyn sisältämä mikromuovi

Huonepölyn materiaalikoostumusta ja synteettisten polymeerien osuutta ei ole toistaiseksi juurikaan tutkittu. On kuitenkin todennäköistä, että sekä kuitujen että hiukkasmuotoisten (partikulaaristen) mikromuovien suhteelliset osuudet huonepölyn mikromuoveista vaihtelevat tilan käyttötarkoituksen ja sen sijainnin mukaan (ulkoa tulevat mikromuovit). Mikromuovikuitujen lähteitä niin kotitalouksien kuin muidenkin sisätilojen huonepölyssä ovat esimerkiksi erilaiset muovivaatteita (synteettisiä kuituja) sisältävät tekstiilit. Tekstiilikuitujen lähteitä sisätiloissa ovat vaatteiden ja sisustustekstiilien ohella esimerkiksi matot, huonekalut, eristemateriaalit ja tiivisteet. Vuonna 2017 tekstiilikuituja tuotettiin maailmanlaajuisesti yhteensä 95 miljoonaa tonnia, joista yli puolet, noin 54 %, muodostui pelkästään synteettisiin kuituihin kuuluvasta polyesteristä (Suomen Tekstiili & Muoti 2018). Samalla kun tekstiilikuitujen tuotanto kasvaa vuosittain, etenkin polyesterin osuuden on arvioitu entisestään kasvavan sen monikäyttöisyyden, helppohoitoisuuden ja edullisuuden vuoksi (Suomen Tekstiili & Muoti 2018). Hiukkasmaisten mikromuovien lähteitä huonepölyssä voivat olla esimerkiksi keittiötarvikkeet ja elintarvikepakkaukset (leikkulaudat, astiat, pullot, pussit), kodin pintoja peittävät maalit, muovivaatteita sisältävät rakennusmateriaalit (laminatit, muovimatot, eristeet), lasten muoviset lelut ja kodinelektroniikka.

Huonepölyn sisältämän vuosittaisen mikromuovikuorman arvioimiseksi tarvitaan tietoa huonepölyn vuosittaisesta kokonaismäärästä sekä muovihiukkasten osuudesta siitä. Raunemaa ym. (1989) selvittivät pölyn laskeutumista helsinkiläislähiössä sijaitsevassa asunnossa, ja päätyivät 5,3 mg:n päivittäiseen pölykertymään neliometriä kohden. Sen sijaan Alankomaissa tehdyssä tutkimuksessa selvitettiin pölyn laskeutumista yli sadassa olohuoneessa Arnheimin kaupungissa, ja keskimäärin pölyä laskeutui 15,0 mg neliometriä kohden vuorokaudessa (Diemel ym. 1981). Egyptiläiskodeissa Gizan kaupungissa päivittäin neliometriä kohden arvioitiin laskeutuvan keskimäärin jopa 207,1 mg pölyä vuorokaudessa (Khoder ym. 2010). Suuret erot tutkimuksissa voivat heijastella muun muassa tutkimuskohteen ulkopuolisen ympäristön ominaispiirteitä, rakennuksen kuntoa ja ikää, sekä asukkaiden elintapoja; esimerkiksi lemmikkitalouksissa pölyn määrä on yleensä suurempi kuin kodeissa ilman lemmikkieläimiä (Lioy ym. 2002), ja sisällä tupakointi lisää huomattavasti sisäilman hiukkasten määrää (Khoder ym. 2010). Pölyn määrän ja koostumuksen on myös havaittu vaihtelevan kotitalouksissa vuodenajan mukaan; kun neljästä kodista kerättiin pölynäytteitä sekä kesällä että talvella, kesällä pölyä laskeutui keskimäärin 3,6 mg neliometriä kohden vuorokaudessa, kun taas talvella 2,2 mg neliometriä kohden vuorokaudessa (Edwards ym. 1998).

Suomalaisilla viranomaisilla ei ole ajantasaista tietoa suomalaisissa asuinhuoneistoissa tai muissa tiloissa vuosittain laskeutuvan huonepölyn määrästä, saati mikromuovin osuudesta, joten tässä arvioissa turvaututaan aiheesta julkaistuihin aiempiin tutkimuksiin. Konservatiivisena arviona laskelmissa päädyttiin käyttämään Helsingissä aiemmin tehtyä arviota 5,3 mg:n vuorokautisesta pölykertymästä neliometriä kohden (Raunemaa ym. 1989), mikä vastaa vuodessa noin 2 g pölymassaa/m². Asuinrakennusten pinta-ala Suomessa oli vuoden 2017 lopussa yhteensä 299 712 373 m² (taulukko 17). Pelkästään asuinrakennuksiin huonepölyä kertyisi siis vuodessa yhteensä noin 600 tonnia. Samalla tavalla arvioitiin myös muiden kuin asuinrakennusten (pinta-ala 182 745 430 m²) vuosittaisia pölymääriä (taulukko 17).

Taulukko 17. Rakennusten kerrosala, eli ”kerrosten pinta-alat ja se ullakon tai kellarikerrosten ala, jossa on asuin- tai työhuoneita tai muita rakennuksen pääasiallisen käyttötarkoituksen mukaisia tiloja”, neliömetreinä Suomessa 31.12.2017; tilasto ei sisällä kesämökkejä eikä mm. maatalousrakennuksia (Suomen virallinen tilasto 2018). Huonepölyn määrä on laskettu käyttämällä 2 g:n vuosittaista pölykertymää neliometriä kohden (Raunmaa ym. 1989), josta mikromuovien osuuden on arvioitu olevan noin 10 % pölyn kokonaismassasta.

	Rakennuksen kerrosala (m ²)	Huonepölyn määrä (tn)	Mikromuovien määrä (tn)
Asuintalot			
Erilliset pientalot	164 924 073	329,8	33,0
Rivi- ja ketjutilat	34 718 679	69,4	6,9
Asuinkerrostalot	100 069 621	200,1	20,0
Muut rakennukset			
Liikerakennukset	31 113 673	62,2	6,2
Toimistorakennukset	19 789 075	39,6	4,0
Liikenteen rakennukset	14 251 888	28,5	2,9
Hoitoalan rakennukset	12 884 356	25,8	2,6
Kokoontumisrakennukset	10 343 708	20,7	2,1
Opetusrakennukset	19 311 393	38,6	3,9
Teollisuusrakennukset	51 431 831	102,9	10,3
Varastorakennukset	21 581 926	43,2	4,3
Muut rakennukset	2 037 580	4,1	0,4
Kaikki yhteensä	482 457 803	964,9	96,5

Mikromuovihiukkasten määrä ja osuus pölystä vaihtelee todennäköisesti eri kotitalouksissa, ja myös saman kotitalouden sisällä eri huoneissa, riippuen huoneiden käyttötarkoituksesta ja esimerkiksi erilaisten muoviesineiden määrästä, niiden kestävydestä, iästä ja kulutuksesta (Lioy ym. 2002, Magnusson ym. 2016a). Huonepölyn sisältämän mikromuovien määrää ei ole kuitenkaan vielä juurikaan tutkittu. Erään Bostonissa sijaitsevan kodin pölynäytteissä synteettisiä kuituja oli 1–5 % huonepölyn koko tilavuudesta. Tämän lisäksi näytteissä oli muitakin muovisia kappaleita (mm. akryylihippuja), mutta näiden osuutta huonepölystä ei tutkimuksessa jaoteltu erikseen muista pölyhiukkasista (Webster ym. 2009). Tanskalaisissa toimistoissa kaikkien kuitujen osuus pölyn kokonaismassasta vaihteli alle 0,2 ja 1,5 %:n välillä (Mølhav ym. 2000), kun taas tutkituissa yhdysvaltalaiskodeissa kuitujen osuuden arvioitiin yltävän 10 ja 30 %:n välille (Lepow ym. 2006). Näistä noin puolet koostui synteettisistä tekokuiduista. Toistaiseksi ainoassa mikromuovien määrää huonepölyssä selvittäneessä pilottitutkimuksessa analysoitiin huonepölyn kuitukoostumusta ja määrää kahdessa yksityisasunnossa ja yhdessä toimistotilassa Pariisissa (Dris ym. 2017). Työn tulosten perusteella mikrokuitujen määrä huoneilmassa voi vaihdella merkittävästi (1,0–60 kpl/m³) samoin kuin niiden laskeutuminen pinnoille (1 586–11 130/vrk/m²). Kaikista huonepölyn kuituista noin 33 % oli synteettisiä polymeerejä, eli mikromuoveja.

On todennäköistä, että asuintalojen ja muiden rakennusten huoneilman mikromuovimäärät eroavat toisistaan, sillä käytön aiheuttama pintojen kuluminen voi olla yleisissä tiloissa suurempaa kuin kodeissa (Sundt ym. 2014), minkä lisäksi eri käyttötarkoituksiin suunnitelluissa rakennuksissa käytetyt materiaalit voivat päästää ja kerryttää mikromuovia ja muita huonepölyn komponentteja eri tavoin. Esimerkiksi kolattiamatoilla pölymäärä on usein korkeampi kuin kovilla lattiapinnoilla (Adgate ym. 1995). Koska vertailutietoa ei toistaiseksi juurikaan ole saatavilla, on oheisissa laskelmissa oletettu, että huonepölyn määrä ja koostumus on samanlaista kaikissa rakennuksissa. Joidenkin tehtyjen tutkimusten perusteella voidaan arvioida, että synteettisten kuitujen osuus huonepölystä olisi suhteellisen pieni, eli noin 5 % (Lepow ym. 2006, Webster ym. 2009). Sisäilmasta kuitujen lisäksi löytyneitä muovihiukkasia ovat esimerkiksi maali- ja muovihippuset (Yoon & Brimblecombe 2000, Webster ym. 2009, Viana ym. 2014), mutta näiden tarkkoja lukumääriä on harvoin raportoitu. Koska tarkempaa tietoa ei ollut saatavilla, päätettiin

Suomen arviota tehtäessä käyttää myös näille hiukkasille 5 %:n osuutta kaikista pölyn hiukkasista, jolloin kaiken kaikkiaan 10 % huonepölyn mikrohiukkasista olisi muovipolymeerejä (taulukko 17). Tätä arviota käyttäen 0,2 g mikromuovia laskeutuisi neliometriä kohden vuodessa, ja näin huonepöly sisältäisi Suomessa noin 96,5 tonnia mikromuovia vuosittain.

Kaikki huonepölyn laskennallisesti sisältämät mikromuovit eivät kuitenkaan päädy ympäristöön. Huoneessa olevan pölyn määrää voidaan vähentää ilmanvaihdon avulla sekä puhdistamalla pintoja niitä imuroimalla ja pyyhkimällä (Schneider 2008). Näiden siivousmenetelmien poistaman pölyn loppusijoitus on kovin erilainen; imuroinnissa pölypussiin päätyneet huonepöly lajitellaan sekajätteeseen ja päätyy sitä kautta poltettavaksi, kun taas kostealla (mopilla, rätillä) pyyhittäessä pöly yleensä päätyy huuhteluveden myötä viemäriverkostoon. Ruotsalaisessa raportissa mikromuovien lähteistä arvioitiin, että 60 % huonepölystä poistettaisiin imuroimalla ja 40 % pyyhkimällä (Magnusson ym. 2016a). Tämä oletus ei huomioi ilmanvaihdon ja tuuletuksen seurauksena poistuvaa pölyä tai imuroinnin ja moppaamisen suhteellista tehokkuutta, eikä samanaikaisen tai peräkkäisen käytön vaikutusta pölymääriin. Esimerkiksi imurointi ei poista kaikkea pölyä pinnoilta, vaan pöllyttää osan takaisin huoneilmaan.

Arvioiden mukaan kuitenkin myös Suomessa imurointi on moppaamista yleisempi siivousmenetelmä (lähde: Marttaliitto), joten vaikka varsinaista tutkimusta asiasta ei olekaan tehty, päädyttiin vertailun vuoksi käyttämään samoja suhdelukuja kuin Ruotsissa tehdyssä laskelmassa on käytetty. Näin päädytään arvioon, jonka perusteella Suomen vuosittaisesta pölyn sisältämästä mikromuovista 40 % eli 38,6 tonnia päätyisi viemäriin ja sitä kautta jätevedenpuhdistamoille. Suomessa toimivat jätevedenpuhdistamot poistavat tutkimusten mukaan suurimman osan niihin tulevan jäteveden sisältämistä mikromuovista (>90 %; Talvitie ym. 2017b), mikä tarkoittaa sitä, että viemäriin päätyvän huonepölyn sisältämistä mikromuoveista vesistöihin päätyisi vain noin 0,386 tonnia. Tämä arvio on hyvin karkea ja perustuu useisiin oletuksiin, joten siihen on syytä suhtautua varauksella. Lisäksi vain osa puhdistamoista laskee suoraan mereen, joten todennäköisesti Suomen merialueelle kohdistuvat mikromuovipäästöt sisäilman mikromuovihiukkasten kautta ovat suhteellisen vähäiset.

Vertailu muihin arvioihin

Magnusson ym. (2016a) arvioivat, että Ruotsissa kotitalouksien huonepölyn sisältämän mikromuovin kokonaisuus olisi noin 2,5–47,5 tonnia vuodessa, josta noin 1–19 tonnia päätyisi lattioiden pyyhinnän välityksellä viemäriin. Sen sijaan norjalaisessa vastaavassa raportissa Sundt ym. (2014) päätyivät arvioon, jonka mukaan kotitalouksiin vuosittain kertyvä huonepöly sisältäisi yli 400 tonnia mikromuovia, kun taas muissa rakennuksissa mikromuovia syntyisi noin 200 tonnia vuodessa. Suurimmat erot raporttien välillä syntyvät siitä, kuinka paljon mikromuovia huonepölyn on arvioitu sisältävän; Sundt ym. (2014) perustivat laskelmansa 2 g:n mikromuovimäärään neliometriä kohden vuodessa, kun taas Magnusson ym. (2016a) käyttivät arviona 0,005 - 0,12 g mikromuovia/m² vuodessa.

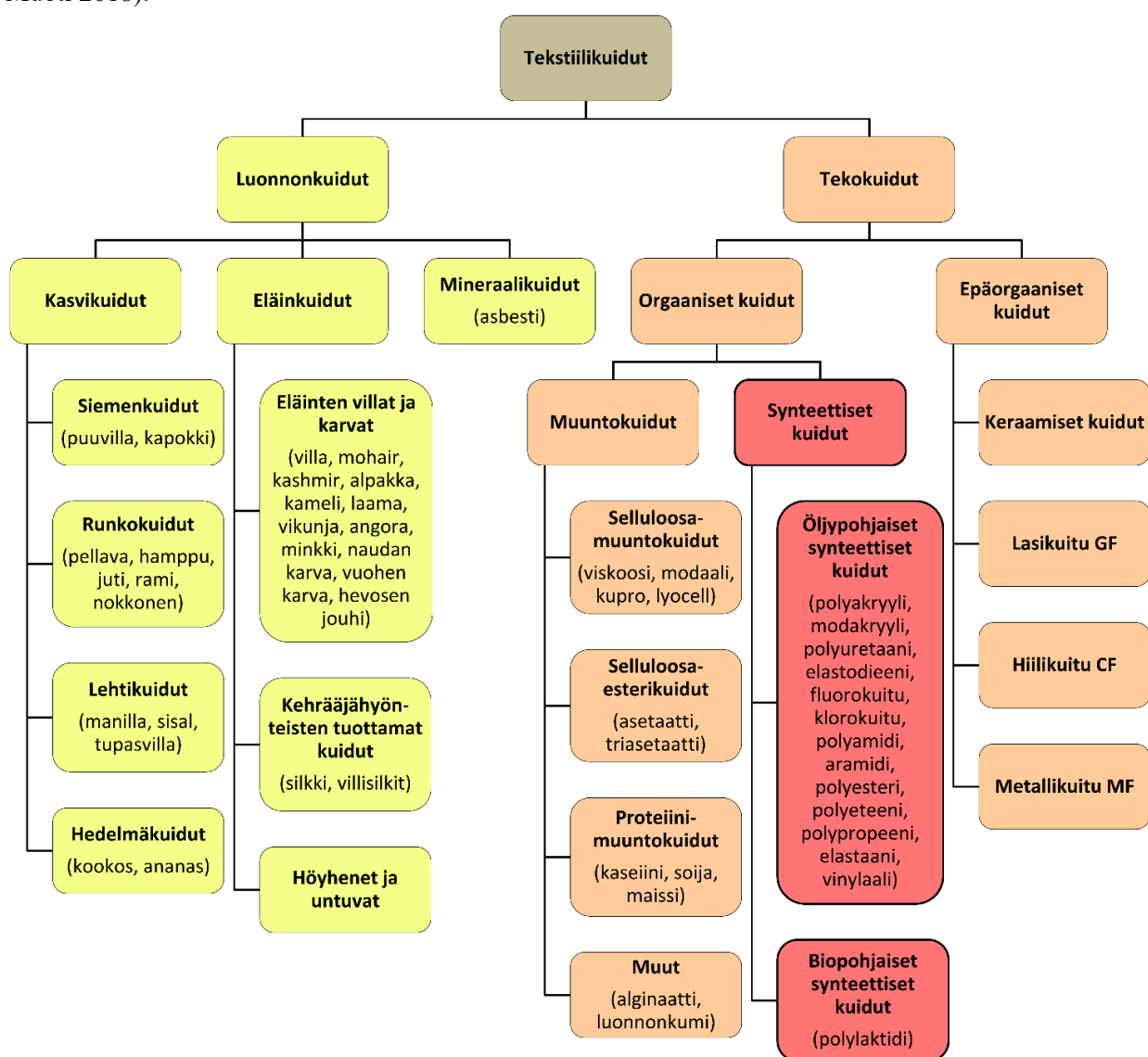
Puutteet, epävarmuudet ja tulevaisuuden trendit

Yllä esitettyä arviota Suomen vuosittaisesta huonepölyn sisältämästä mikromuovista on käytettävä varoen, sillä luotettavan arvion tekemiseksi huonepölyn sisältämistä mikromuoveista, niiden tyypistä ja määrästä, ei ole olemassa riittävän kattavaa tietoa. Lisäksi eri siivousmenetelmien käytön yleisyyttä ja vaikutusta mikromuovien poistamisessa tunnetaan heikosti. Epätarkkuutta arvioon aiheuttavat myös ajalliset muutokset mikromuovia päästävien materiaalien käytössä. Esimerkiksi synteettisten kuitujen osuus tekstiilikuidusta on viime vuosikymmeninä kasvanut voimakkaasti, ja arvioiden mukaan kasvaa edelleen (Suomen Tekstiili & Muoti 2018). Näin ollen myös mikromuovikuitujen osuus muusta kuitumaisesta pölystä todennäköisesti tulee lisääntymään. Lisäksi nyt käytössä olevien muoviesineiden ja muovien sisältävien rakennusmateriaalien kuluminen voi saada aikaan suurempia mikromuovipäästöjä sisäilmaan, kun muovi ikääntyessään haurastuu.

4.3 Tekstiilien pesusta aiheutuvat mikromuovipäästöt

Taustaa

Tekstiilikuituja valmistetaan nykyisin varsin monenlaisista materiaaleista (kuva 20). Etenkin synteettisten tekstiilimateriaalien käyttö on ollut kasvussa jo pitkään. Vuonna 1940 synteettisiä kuituja tuotettiin maailmanlaajuisesti noin 5 000 tonnia ja vuonna 2017 lähes 68 miljoonaa tonnia. Vuonna 2017 raakaöljypohjaisten synteettisten kuitujen tuotanto muodosti jo 67 % maailman kuitutuotannosta, kun esimerkiksi puuvillan vastaava osuus oli 26 %. Puuvillakuituja tuotettiin 24 miljoonaa tonnia kun taas tärkeimmät keinokuitumateriaalit ovat polyesteri (53,8 milj. tn), polyamidi (5,6 milj. tn) ja akryyli (1,7. milj. tn) (Suomen Tekstiili & Muoti 2018). Pesun yhteydessä kaikista teksteileistä irtoaa kuituja. Öljypohjaiset keinokuidut määritellään synteettisen alkuperänsä vuoksi mikromuoviksi. Joissakin selvityksissä (mm. Hann ym. 2018) myös muuntokuituihin luettu, yleensä puupohjainen viskoosi on sisällytetty mikromuoveihin. Keinokuitujen kulutuksen ennustetaan edelleen kasvavan 2,8 %:n vuosivauhdilla (Suomen Tekstiili & Muoti 2018).



Kuva 20. Tekstiilikuitujen jaottelu. Punaisella korostetut ovat mikromuovien lähteitä. Kuva muokattu Suomen Tekstiili & Muodin (2018) alkuperäiskuvasta.

Ensimmäiset tutkimukset tekstiilikuitujen päätyemisestä meriympäristöön tehtiin sen jälkeen, kun Browne ym. (2011) julkaisivat tutkimuksen, jossa synteettisiä tekstiilikuituja oli havaittu suuria määriä tiheästi asuttujen alueiden rannikoilta sekä jätevesien purkupaikkojen läheisyydestä. Samassa tutkimuksessa julkaistiin ensimmäisiä pesutestien tuloksia, joiden mukaan yhdestä vaatekappaleesta voi irrota yli 1900 kuitua pesukertaa kohden. Tästä työstä seurasi polyesterin ja etenkin fleece-kankaisten tekstiilien joutuminen suurennuslasin alle ja meriluonnon kannalta ei-toivottavien tekstiilimateriaalien joukkoon.

Kuitujen irtoamista on tutkittu pesemällä tekstiilejä koeolosuhteissa sekä määrittämällä irronneiden vaatekuitujen määrä, laatu, koko ja joissakin tutkimuksissa myös massa. Pesuissa on käytetty kokonaisia tekstiilituotteita tai kankaiden paloja. Myös tulosten esitystavassa on ollut vaihtelevia käytäntöjä ja yksiköksi on valittu irronneiden kuitujen lukumäärä tai massa suhteessa pesuveden tilavuuteen tai kankaan pinta-alaan tai massaan. Testeissä on käytetty sekä tavanomaisia kotitalouksien käyttöön tarkoitettuja pesukoneita että teollisuudessa käytettyjä testipesumenetelmiä. Toistaiseksi ei ole tiedossa tutkimuksia, joissa olisi tutkittu kotitalouksille tavanomaista pesutilannetta, jossa pestään samanaikaisesti eri materiaaleista valmistettuja erityyppisiä tekstiilejä täydellä koneellisella. Markkinoilla on runsaasti erilaisia valmistusmateriaaleja ja niiden sekoitteita, joista toistaiseksi on keskitytty yleisimpien keinokuituisten tekstiilien, etenkin polyesterin ja sen sekoitteiden tutkimiseen. Verrokkinä on useimmiten käytetty puuvillasta valmistettuja tekstiilejä tai puuvillasekoitteita. Kuitujen irtoamiseen vaikuttavista tekijöistä saadut tiedot ovat eri tutkimusmenetelmistä johtuen huonosti yhdistettäviä, eikä toistaiseksi voida kattavasti määrittellä kaikkia tekijöitä, jotka vaikuttavat kuitujen irtoamiseen ja irronneiden kuitujen lukumäärään/massaan. Hann ym. (2018) kävivät läpi tehtyjä tutkimuksia ja selvittivät irtoavien tekstiilikuitujen määriin vaikuttavia tekijöitä (kankaan ominaisuuksia ja pesuun liittyviä tekijöitä) ja antavat raportissaan Euroopan laajuisesti minimi- ja maksimi-arviot kuitujen vapautumisesta konepesun aikana ja päästöarvioita mereen. Tutkimuksissa on vaihtelevasti tarkasteltu erilaisia vaikuttavia tekijöitä: kankaan valmistusmateriaali, kudoksen tyyppiominaisuudet (kudottu / neulottu), sekä myös tarkemmin kudontaan liittyviä yksityiskohtia kuten langan tiheys pinta-alaan kohti, miten lanka on punottu, langan sisältämien kuitujen määrä ja laatu, tuotteen viimeistely (saumojen käsittely), pesukoneen tyyppi (päältä vai sivulta täytettävä), huuhteluaineen ja pesuaineen vaikutus.

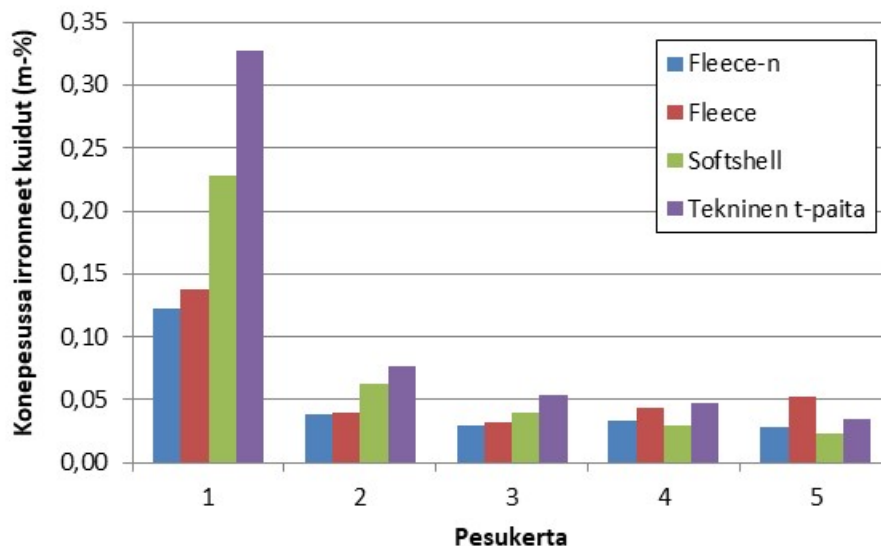
Eräiden pesututkimusten tuloksia

Ruotsissa tehdyssä tuoreessa tutkimuksessa selvitettiin eri tekijöiden vaikutusta kuitujen irtoamiseen (Almroth ym. 2018). Tutkimus tehtiin sitä varten tuotetuilla kangasmalleilla (polyesteri, akryyli, polyamidi) ja pesutesteissä käytettiin 100 cm²:n kokoisia kankaanpaloja aineiston yhdenmukaistamiseksi. Työssä tutkittiin paitsi eri materiaalien, myös langan tyyppiä (kuitujen pituus ja määrä langassa), tekstiilin rakenteen ja ”ikäntymisen” (= kulumisen) vaikutusta pesuveden päätyvien kuitujen määriin. Myös pesuaineen käyttö ja pesukertojen määrä olivat mukana tutkittavissa tekijöissä. Tutkimuksen havaintojen perusteella kuitujen irtoamiseen vaikuttaa monta seikkaa, joista osa liittyy kankaan valmistustekniikkaan, osa langan tyyppiin, osa pesuun ja kulumiseen. Yleisesti ottaen löysä kudos ja kulunut kangas havaittiin alttiiksi kuitujen irtoamiselle. Toisaalta, mitä enemmän kuituja pakkautuu pienelle alueelle, sitä enemmän potentiaalisesti irtoavia kuitujakin on. Lisäksi havaittiin, että yksittäisten kuitujen määrä langassa vaikuttaa päästöihin, samoin se miten tiukka langan rakenne on; mitä enemmän kuituja lankaan on punottu ja mitä lyhyemmin lanka on valmistettu, sitä enemmän kuituja todennäköisesti irtoaa. Tässä tutkimuksessa mukana olleista polyesterikankaista (fleece- ja microfleece) irtosi huomattavan paljon kuituja. Pesukertojen vaikutus kuitujen irtoamiseen vaihteli kangastyypeittäin, mutta useimmiten ensimmäisessä pesussa irtosi eniten kuituja. Työssä ei ilmoitettu irtoavien kuitujen massaa.

Eräässä toisessa tutkimuksessa (Napper & Thompson 2016) selvitettiin mm. pesulämpötilojen (30/40 °C), pesuaineen ja huuhteluaineen vaikutusta kuitujen irtoamiseen. Tulosten mukaan täyden koneellisen (6 kg) pesu irrotti 138 000–729 000 kpl kuituja. Polyesterin ja puuvillan sekoitekangas tuotti merkittävästi vähemmän kuituja kuin puhdas polyesterikangas (ei fleece). Pesulämpötilan, pesuaineen ja

huuhteluaineen käytön vaikutukset vaihtelivat kangastyypeittäin. Esimerkiksi puuvillan ja polyesterin sekoitteesta irtosi vähiten kuituja pelkällä vesipesulla ja eniten kun käytettiin tavanomaista pesuainetta. Tulokset myös osittain tukevat oletuksia, että huuhteluaineen käyttö lisää nukkaantumista. Hartlinen ym. (2016) tekemässä tutkimuksessa puolestaan pestiin viisi erilaista miesten ulkokäyttöön tarkoitettua polyesteritakkia. Mukana oli sekä tunnettuja että vähemmän tunnettuja tuotemerkkejä, fleece-kankaisia ja muita kangaslaatuja. Lisämuuttujana aikaisempiin töihin mukaan otettiin pesukoneen tyyppi: sivusta vai päältä täytettävä. Pesuainetta tutkimuksessa ei käytetty lainkaan. Kaikki materiaalit huomioiden arvioitiin, että keskimäärin 0,2 % tekstiilien massasta irtosi kuituina pesun yhteydessä. Lisäksi havaittiin, että päältä täytettävässä koneessa irtosi huomattavasti enemmän kuituja kuin sivusta täytettävässä.

Myös Suomessa on tutkittu kuitujen irtoamista pesun aikana. Sillanpää ja Sainio (2017) selvittivät neljän erilaisen polyesteritekstiilin ja kahden puuvillaisen tekstiilin osalta kuitujen irtoamista viiden perättäisen pesukerran aikana. Lisäksi tutkimuksessa arvioitiin kotitalouksista pesujen yhteydessä viemäriin vapautuvien tekstiilikuitujen määrää vuositasolla Suomessa. Sillanpää ja Sainio (2017) totesivat, että synteettisistä tekstiileistä irtoaa ensimmäisen pesun aikana 0,12–0,33 % kokonaismassasta (kuva 21). Suurimmat päästöt irtosivat teknisestä polyesteritekstiilistä, mikä on linjassa Almrothin ym. (2018) löydösten kanssa siitä, että lyhyitä kuituja tiukkaan pakattuna pienelle pinta-alalle sisältävä microfleece oli yksi eniten kuitupäästöjä tuottavista tekstiileistä. Tässä tutkimuksessa polyesterikuituja irtosi selkeästi eniten ensimmäisen pesun aikana ($2,1 \times 10^5 - 1,3 \times 10^7$ kpl kg^{-1}).



Kuva 21. Polyesterikankaista irtoavien kuitujen suhteellinen massa viidessä ensimmäisessä pesussa (muokattu Sillanpään ja Sainion (2017) alkuperäiskuvasta).

Tutkimustuloksia on tulkittu niin, että osa kuiduista olisi tekstiilin elinkaaren alkuvaiheessa valmiiksi löyhästi kiinni ja siksi irtoaisi suhteellisen helposti. Muutaman pesun jälkeen tilanne yleensä tasaantuu, mutta kun kangas käytössä kuluu, voi mekaaninen kulutus pesun yhteydessä alkaa jälleen irrottaa kuituja lisääntyvässä määrin.

Arviot keinokuitukankaista irtoavien kuitujen määristä vaihtelevat huomattavasti tehtyjen tutkimusten välillä (taulukko 18), eikä tähän selvityksen voitu sisällyttää kuin osa tuloksista. Esimerkiksi uusien Almrothin ym. (2018) Ruotsissa julkaisema työ jäi pois, koska siinä kuitujen irtoamista ei ollut suhteutettu tekstiilien massaun vaan pestyn tekstiilin pinta-alaan.

Taulukko 18. Arvioita keinokuitukankaista irtoavien kuitujen määristä.

Tutkimus	mg kuituja kg ⁻¹
Folkö 2015	640
Sillanpää & Sainio 2017*	1 200
Napper & Thompson 2016**	12–260
De Falco ym. 2018***	174–317

*Ensimmäinen pesukerta, 0,12 % w/w. Arvo on fleece-kankaalle (Fleece-AP kuvassa 21).

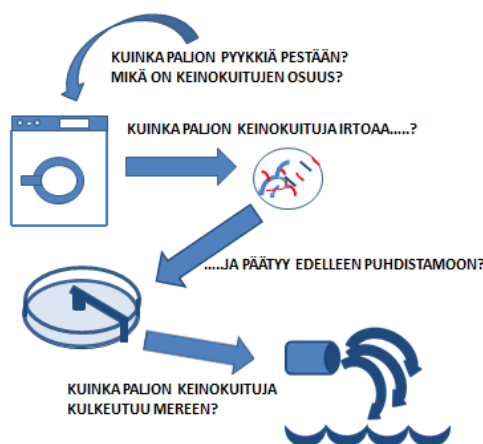
**Arviot kuitujen massasta perustuvat 10 kuidun mittaamiseen

***kudottu – neulottu kangas

Arvio keinokuitutekstiilien pesusta aiheutuvista kuitupäästöistä Suomessa

Tässä esitettävät laskennalliset arviot yhden pesukerran aikana irtoavista kuiduista on laadittu useisiin mittauksiin ja testeihin nojaten seuraavin lähtötiedoin:

- kuinka paljon pyykkiä pestään yhteensä
- mitkä ovat eri tekstiilimateriaalien suhteelliset osuudet pestyistä tekstiileistä
- minkä verran keskimäärin kuituja lukumääräisesti irtoaa eri materiaalien pesun aikana
- miten paljon kuitupäästöt painavat
- kuinka paljon kuituja päätyy puhdistamoihin ja puhdistamoiden kautta mereen suoraan tai välillisesti jokien kautta (kuva 22).



Kuva 22. Tekstiilikuidun matka kotitaloudesta mereen.

Kotitalouksissa käytettyjen pesukoneiden koko ja rummun tilavuus vaihtelevat, samoin kuin se, kuinka täysiä koneellisia pestään. Hannin ym. (2018) laatimassa Euroopan kattavassa arvioissa keskimääräinen pesukoneen tilavuus oli 5,4 kg. Lisäksi arvioitiin, että 84 % pesuista tehtiin täydellä koneella ja 16 % puolitäydellä (AISE 2014). Samassa tutkimuksessa käytettiin eri tekstiilimateriaalien suhteellisille osuuskille pestyn pyykin kokonaismäärästä kaupallisiin tilastoihin perustuvaa tietoa eri materiaalien osuuksista Euroopan talousalueella (taulukko 19). Tämän aineiston perusteella keinokuitutekstiilit (viskoosi mukaan lukien) muodostavat 45 % myydyistä tekstiileistä. Varsinaisten ”muovikuitujen” osuus oli 34 %. Suomen Tekstiili ja Muoti ry:n mukaan Suomessa ei tilastoida tekstiilituotteiden kauppaa materiaalien mukaan, vaan tuoteryhmittäin. Todennäköisesti Suomen markkinat eivät merkittävästi eroa muun Euroopan tilanteesta, ja sitä voitaneen myös soveltaa tässä arvioissa. Huomattavaa on, että nämä osuudet poikkeavat siitä, missä suhteessa niitä maailmanlaajuisesti tuotetaan (Lähde: Satumaija Mäki, Suomen Tekstiili & Muoti ry).

Taulukko 19. Kankaiden valmistusmateriaalit EU:n alueella vuonna 2014 (lähde: JRC 2014, viitattu Hann ym. (2018) -raportissa).

% EU:n kangasmyyntistä painon mukaan			
Kangastyyppi	Kudottu	Neulottu	Yhteensä
Villa	2,9	5,1	8
Puuvilla	17,5	29,1	47
Silkki	0,04	0,003	0
Pellava	0,3	0,1	0
Viskoosi	3,7	7,2	11
Polyamidi (nylon)	1,5	5,3	7
Akryyli	0,3	8,4	9
Polypropyleeni	0,2	1,2	1
Polyesteri	8,4	8,6	17

Sillanpää ja Sainio (2017) antoivat oman tutkimuksensa perusteella Suomen ensimmäisen arvion tekstiilien pesussa irtoavien kuitujen määrästä. Heidän arvionsa perustui Suomen senhetkiseen väestömäärään sekä kuluttajatutkimukseen, jossa arvioitiin, että yhden pesukerran aikana pestiin keskimäärin 2,6 kg tekstiilejä, josta pelkästään polyesterin osuus oli 40 %. Pesukertoja/henkilö kertyi 79. Tämän arvion mukaan vuonna 2000 Suomessa pestiin pyykkiä 205,4 kg/henkilö, josta polyesterin osuus oli 40 % eli 82,16 kg. Ruotsissa laaditussa raportissa (Magnusson ym. 2016a, päivitetty 2017) arvio tehtiin samaan tapaan perustuen väestömäärään ja saatavilla oleviin tietoihin pyykin määrästä/henkilö (220–300 kg /hlö) keino- kuitujen osuuden vaihdellessa 30 ja 50 %:n välillä.

Vertailukelpoisuuden vuoksi nyt tehdyssä arvioissa Suomen osalta on noudatettu samaa laskentatapaa kuin Ruotsin vastaavassa arvioissa. Arvioihin pestyn pyykin määrästä (mm. siitä kuinka täysiä koneellisia pestään), synteettisten tekstiilien osuudesta ja pesun yhteydessä syntyvistä kuitupäästöistä liittyy kaikkiin aiemmin jo mainittuja epävarmuustekijöitä. Arvioissa käytetyt muuttujat on esitetty taulukossa 20.

Taulukko 20. Yhden vuoden aikana kotitalouksissa tekstiilien pesun yhteydessä syntyvät muovikuitujen päästöt Suomessa. Arviota on yksinkertaistettu käyttämällä kiinteitä arvioita pestyn pyykin määrelle sekä synteettisten tekstiilien osuuksille.

Väestömäärä vuonna 2019	5 503 000
Pestyn pyykin määrä henkeä kohti vuodessa*	205,4 kg
Synteettisten tekstiilien osuus*	82,16 kg (40 %)
Konepesussa irtoavat synteettiset kuidut**	12–640 mg kg ⁻¹
Vuoden aikana pyykinpesusta syntyvät keinokuitupäästöt	5,4–289,3 tn

*Sillanpää & Sainio 2017

**Napper & Thompson 2016, Folkö 2015

Nyt laaditussa arvioissa Suomen päästötaso on suurimmillaankin huomattavasti alhaisempi kuin Ruotsissa tehty arvio (ks. taulukko 29), ei pelkästään erilaisen väestömäärän vuoksi, vaan myös johtuen Ruotsin hieman korkeammista arvioista pestyn pyykin määrelle ja synteettisten tekstiilien osuuksille. Norjassa kuituemission määräksi arvioitiin 600 tonnia. Sillanpää ja Sainio (2017) puolestaan arvioivat, että polyesteri- ja puuvillakuitujen päästöt vuositasolla olisivat 154 ja 411 tonnia, mikä on varsin hyvin linjassa nyt tehtyjen laskelmien kanssa.

Tekstiileistä irtoavien keinokuitujen lisäksi pyykinpesusta aiheutuu myös muita mikromuovipäästöjä, joita tässä selvityksessä ei Suomen osalta ole arvioitu. Monet pyykinpesu- ja huuhteluaineissa käytetyt hajusteet ovat kapseloituja, eli paketoitu pienenpieniin pakkauksiin, joiden hajotessa tuoksuaine vapautuu. Kapselointitekniikan avulla pyykinraikas tuoksu säilyy tekstiileissä kauemmin (ECHA 2019). Vaikka keinokuitutekstiileistä syntyvää mikromuovikuormitusta on tarkasteltu lähinnä pyykinpesun näkökulmasta, edustaa pyykinpesuvesien mukana kulkeutuva kuormitus vain osaa tekstiilien kokonais- päästöistä (ks. s. 79; Huonepölyn sisältämä mikromuovi). De Falco ym. (2020) arvioivat

pilottitutkimuksessaan, että keinokuitutekstiileistä irtoaa käytön myötä ympäristöön samaa suuruusluokkaa olevat mikromuovipäästöt kuin pesujen yhteydessä. Kuitupäästöihin voi tutkimuksen mukaan vaikuttaa kankaan valmistusvaiheessa muun muassa suosimalla tiukkaan kierrettyjä pitkiä kuituja.

4.4 Sisätilojen maalit ja pinnoitteet

Sisätiloissa käytetään maalien ohella runsaasti erilaisia tasoitteita ja pinnoitteita, jotka sisältävät sideaineena muovipolymeerejä. Tarkoituksellisesti lisätyn mikromuovin määrä tuotteessa riippuu maalin käytötarkoituksesta. Muovit ovat maaleissa etenkin sideaineena. Mikromuovien lisäämisellä voidaan vaikuttaa muun muassa maalin tiheyteen, pinnan kovuuteen ja pintaefekteihin kuten väriin tai kiiltoon. Lisättävät polymeerit ovat yleisesti mm. akryylihiukkasia tai polyamidikuituja. Arviot maaleissa käytettävien muovien osuudesta vaihtelevat suuresti. Euroopan laajuudessa arviossaan Hann ym. (2018) käyttivät väriteollisuuden kattojärjestöltä CEPEltä peräisin olevaa arviota, jonka mukaan sisämaalien sisältämien muovipolymeerien osuus olisi 20 %. Sisätilojen maaleista aiheutuu mikromuovikuormitusta silloin kun kyseessä on ”märkä” tuote, eli kun välineitä pestään. Tällöin maaliin tarkoituksella lisätyt pienet muovihiukkaset ja -kuidut huuhtoutuvat viemäriverkostoon. Samoin kuin ulkotilojen maaleille käy, myös sisätilojen maaleista irtoaa muovia sisältäviä hiukkasia kulumisen ja haurastumisen mukana, mutta ei enää yksittäisiä mikromuovihippuja. Myös esimerkiksi pinnoille kuivuneen tasoitteen viimeistelyn ja hiomisen yhteydessä huoneilmaan päätyy hienojakoista pölyä, joka sisältää muovipolymeerejä. Tällaisten maaleja tai muita synteettisiä pinnoitteita sisältävien hiukkasten kulkeutumista mereen on käsitelty huonepölyn (kappale 4.2) yhteydessä. Sisätiloissa syntyy myös mikro- ja makromuovikuormitusta, kun tiloja saneerataan ja rakenteita muokataan esim. hiomalla ja jyrsimällä ja puretaan. Tämän tyyppisestä muovikuormituksesta ei toistaiseksi ole saatavilla tietoa.

Maalausvälineiden pesu hanan alla on oletettavasti yleistä kotitalouksissa itse tehtyjen remonttien yhteydessä (Hann ym. 2018). Ammattikäyttäjien on oletettu todennäköisemmin hävittävän siveltimet ja telat työn valmistuttua. Sisämaaleista viemäriin ja sitä kautta edelleen jätevedenpuhdistamoihin ja vesistöihin kulkeutuvien mikromuovihiukkasten määrän arvioiminen on varsin hankalaa. Arviota varten tulisi selvittää yksityistalouksien ja ammattilaiskäyttäjien suhteelliset osuudet maalien kulutuksesta, sekä sisä- ja ulkomaalien käyttömäärät. Euroopan laajuisen arvion mukaan sisätilojen maalit muodostavat jopa 75 % vesiohenteisten maalien käytöstä, kun taas Ruotsin ja Tanskan markkinoilla sisätilojen maalit muodostavat selvästi pienemmän osuuden (37 %). Syynä näin isolle erolle esitettiin pohjoisen ilmanalan kulluttavaa vaikutusta. Sisämaaleista arvioitiin työvälineiden pesun kautta päätyvän vuositasolla koko Euroopan alueella viemäriin 3 500 tonnia primaarimikromuovia (Hann ym. 2018). Tällöin oletettiin, että sisämaalit muodostavat 73 % markkinoilla olevista vesiohenteisistä maaleista, ja tästä 41 % päätyi ei-ammattilaisten käyttöön. Edelleen polymeerimääräksi arvioitiin 20 % ja tästä laskennallisesta maalimäärästä viemäriin päätyi 1,6 %.

Tullin Uljas-tietokannan mukaan Suomeen tuotiin vuosina 2017–2018 vesiliukoisia akryyli- tai viinylipolymeerejä sisältäviä maaleja ja lakkoja lähes yhtä paljon, 8 648 ja 8 685 tonnia, viennin vaihdella hieman enemmän (27 029 ja 24 333 tonnia). Koska Suomen omasta tuotannosta ei tätä selvitystä varten saatu tietoja, ei myöskään arviota sisämaaleista syntyvästä mikromuovikuormituksesta tehty.

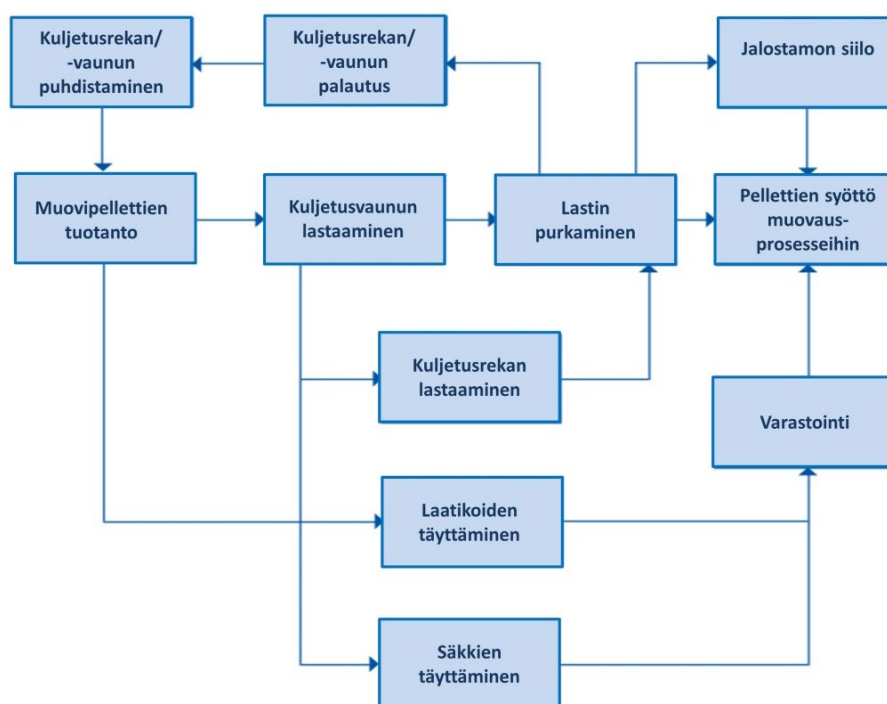
5 Muovipelletit mikromuovien lähteenä

Muovipelletit ovat muovituotteiden raaka-ainetta

Muovipelletit eli granulaatit ovat tyypillisesti 2–5 millimetriä halkaisijaltaan olevia pyöreähköjä tai sylinterimäisiä muovirakeita, joita käytetään muovituotteiden valmistuksen raaka-aineena (Karlsson ym. 2018). Pelletit voivat olla neitseellistä alkuperää tai kierrätetystä muovista valmistettuja. Pienen kokonsa ja suuren käsittelymääränsä vuoksi pellettipäästöjä syntyy helposti (Hann ym. 2018); maailman muovituotanto vuonna 2017 oli 348 miljoonaa tonnia pois lukien PET-, PA- ja polyakryylikuidut (PlasticsEurope 2018). Muovigranulaatin tiheys vaihtelee välillä 0,5–1,1 cm⁻³ muovityypistä riippuen (Muovietopankki 2019, demoversio), ja yhdessä kilogrammassa on keskimäärin noin 50 000 pellettiä (Yrittäjät.fi 2018). Pellettien mukana ympäristöön saattaa päätyä myös näiden seassa olevaa hienojakoisempaa muovipölyä ja hiukkasia, jotka ovat peräisin pellettien tuotannosta tai syntyneet niiden kuljetuksen aikana (Dhodapkar ym. 2009).

Miten pellettejä päätyy ympäristöön?

Pellettien hävikkiä voi syntyä niiden tuotannon, pakkaamisen, lastauksen, kuljetuksen, varastoinnin ja jatkojalostuksen aikana (Operation Clean Sweep® Report 2017) (kuva 23). Mikäli tuotantoketjun eri vaiheissa ”karanteita” pellettejä ei siivota asianmukaisesti, ne voivat päätyä ympäristöön. Pellettien reitti mereen voi olla suora tai epäsuora. Suorassa hävikissä pelletit päätyvät veteen esimerkiksi satamissa pellettien lastausvaiheessa tai merikuljetuksen aikana hävinneistä konteista, kun taas epäsuorassa hävikissä esimerkiksi muovin tuotanto- tai jalostuslaitoksen piha-alueille levinneet pelletit kulkeutuvat vesistöihin hulevesien kuljettamina. Myös lattiakaivoihin pudonneet pelletit voivat päätyä vesistöihin epäsuoraa reittiä jätevesien mukana (Hann ym. 2018).



Kuva 23. Muovigranulaatin kuljetusta kuvaava kaavio (perustuu vastaaviin kuviin julkaisuissa Lassen ym. 2015 ja Operation Clean Sweep®: Program Manual 2017).

Erityisen suurena hävikkiriskiä pidetään lastauksen, purkamisen ja kuljetuksen aikana (Magnusson ym. 2016a). Muovituotannon raaka-aineena käytettävä muovigranulaatti pakataan tuotantolaitoksessa ja toimitetaan tuotevalmistajille erikokoisissa erissä 25 kg:n säkeistä aina säiliöauton tilavuuksiin saakka (Operation Clean Sweep® Report 2017). Tämän jälkeen granulaatti joko varastoidaan jalostajalle odottamaan jatkokäyttöä tai syötetään suoraan muovausprosesseihin.

Ympäristöön päätyneet pelletit

Muovipelletit ovat yleisiä meriympäristössä ympäri maailman, ja ympäristöstä löydettyjen pellettien materiaalit heijastelevat erityyppisten muovien tuotantomääriä (Hann ym. 2018). Vaikka globaalisti pellettien osuus ympäristöstä löydetyistä muoviviroksista on pieni, esimerkiksi vain muutaman prosentin luokkaa valtamerten pyörteissä (mm. Law ym. 2014, Reisser ym. 2015), niitä voi paikoitellen olla hyvin runsaasti ja ne voivat muodostaa kappalemäärältään jopa valtaosan alueen muoviviroksista (Norén 2007, Lechner & Ramler 2015, Ryan ym. 2018). Tyypillisesti tällaisissa tapauksissa niiden lähteeksi on voitu osoittaa alueella sijaitseva muovin tuotantolaitos tai hiljattain lähistöllä tapahtunut kuljetusonnettomuus (Norén 2007, Lechner & Ramler 2015, Sky News 24.2.2018). Esimerkiksi Ruotsissa polyeteenimuovin tuotantolaitoksen lastaussatamassa merivedestä havaittiin yli 100 000 muovipartikkelia kuutiometrissä vettä (Norén 2007). Havaintoja meriympäristöön päätyneestä muovigranulaatista ei Suomessa ole systemaattisesti kerätty, mutta havaintoja on saatu muun muassa Turun seudulta rantaroskasiivoustapahtumien yhteydessä, Vaasasta ja etenkin Hangosta, missä yksi henkilö oli ilmoittanut keränneensä pelkästään vuoden 2017 aikana tuhansia pellettejä Hangon saarista (Helsingin Sanomat 3.1.2018).

Joitakin arvioita pellettipäästöistä ympäristöön on saatavilla. Tuoreessa tutkimuksessa Ruotsin länsirannikolta selvitettiin polyeteenin tuotantolaitoksen pellettipäästöjä tehtaan lähiympäristöön ja seurattiin pellettien kulkeutumista lähialueen vesistöön (Karlsson ym. 2018). Tutkimuksessa yhdistettiin kerättyjen ympäristönäytteiden tuloksia pellettien esiintymisestä alueen halki virtaavassa joessa sekä rannoilla, virtausmittauksia sekä mallinnusta. Arvioiden mukaan vuoden aikana tehtaasta pääsi veteen 3–36 miljoonaa pellettia (73–750 kg). Tutkimusajankohtana ei esiintynyt poikkeavia sääoloja, kuten rankkasateita, jotka olisivat voineet lisätä päästöjä. Mikäli kaikkein pienimmät kappaleet, eli pellettien joukossa oleva muovipöly ja hiukkaset (kokoluokka 0,3–1 mm) huomioitiin, päästömäärät moninkertaistuivat: tällöin arviolta 300–3 000 kg muovia päätyi ympäristöön vuositasolla. Vastaavanlaisia havaintoja suurista päästöistä on saatu aikaisemmin Itävallassa, missä sallittujen päästörajojen puitteissa pellettipäästöt tuotantolaitokselta Tonavaan olivat 200 g päivässä, mikä vastaa lukumäärältään noin 10 000 pellettia. Rankkasateen sattuessa päästöt moninkertaistuivat (Lechner & Ramler 2015).

Paikallisten tuotantolaitosten jatkuvan ympäristöön päätyvän pellettikuormituksen lisäksi satunnaisesti tapahtuu myös yksittäisiä, suurempia pellettipäästöjä. Esimerkiksi lokakuussa 2018 Durbanin kaupungin satamassa Etelä-Afrikassa voimakkaan myrskyn seurauksena arviolta 49 tonnia muovipellettejä päätyi suoraan mereen alukselta, jolla pellettejä oli määrä kuljettaa. Osa näistä pelleteistä huuhtoutui lähirannoille, ja noin puolen vuoden päästä onnettomuudesta arviolta lähes 23 % päästöistä oli saatu siivotua rannoilta käsin, mutta osa pelleteistä jatkoi matkaansa leviten hajalleen pitkin rannikkoa jopa satojen kilometrien päähän päästölähteestä (Sky News 24.2.2018). Tällaisten merellä, satamissa ja muovinjalostustehtaiden ympäristössä tapahtuvien, nopeasti hajaantuvien päästöjen siivoaminen on vaikeaa, jopa mahdotonta (Hann ym. 2018).

Pellettipäästöjen vähentäminen

Pellettien esiintyminen meriympäristössä on herättänyt huomiota jo 1970-luvulta lähtien, kun niitä alettiin yleisesti havaita ympäri maailmaa niin Uuden-Seelannin rannoilla kuin Pohjanmerellä elävien myrskylintujen mahoissa (mm. Gregory 1977, van Franeker 1985). Ympäristöön päätyvien pellettien sekä tuotannossa käytettyjen jauheiden ja hiutaleiden päästöjen vähentämiseksi muovintuottajien kattojärjestö *Plastics Industry Association* (PLASTICS) perusti Yhdysvalloissa vuonna 1990 *Operation Clean*

Sweep® -ohjelman. Tämän yritysten vapaaehtoisuuteen perustuvan ohjelman tavoitteena on kiinnittää muoviteollisuuden työntekijöiden huomio muovin raaka-aineketjun eri vaiheissa tapahtuvaan pellettihävikkiin, kehittää päästöjä vähentäviä käytäntöjä sekä tarjota ohjeistusta ja työkaluja parempien toimintatapojen käyttöönottoon (Operation Clean Sweep® Report 2017). Ohjelma suosittelee esimerkiksi suodatimia lattiakaivoihin, suppiloita ja suljettuja lastausputkia pellettivirtojen ohjaukseen ja pehmeitä kärkiä trukkien nostohaarukoihin, jotta ne eivät puhkoisi lavoille lastattuja pellettisäkkejä (Operation Clean Sweep® Report 2017). Pellettipäästöjä vähentämällä edistetään samalla myös työturvallisuutta ja raaka-aineen tehokkaampaa hyödyntämistä (Operation Clean Sweep® Program Manual 2017).

Muoviteollisuus ry otti ohjelman käyttöön Suomessa 1990-luvun lopulla nimellä *Yksikään pelletti ei meiltä karkaa* (Yrittäjät.fi 18.1.2018). Vaikka ohjelma on ollut toiminnassa jo pitkään, ei saatavilla ole selvityksiä siitä, onko sen käyttöönotto onnistunut vähentämään päästöjä Suomessa tai muualla maailmassa. Myös arviot tämänhetkisistä pellettipäästöistä Suomessa uupuvat. Pellettipäästöjen seuranta ei edellytetä ohjelmassa mukana olevilta yrityksiltä, ja vaikka vapaaehtoista seuranta toteutettaisiin omaloitteisesti yrityksissä, raportointivelvollisuutta ei ole. Tästä huolimatta vallalla on käsitys, että pellettipäästöt olisivat kuluneiden vuosikymmenten aikana vähentyneet ohjelman ansiosta (Hann ym. 2018), huolimatta alati kasvavista muovin tuotantomääristä. Myös saksalainen muoviteollisuus- ja -kierrätysyri-*tys Beteiligungs- und Kunststoffverwertungsgesellschaft (BKV)* on raportoinut vuonna 2010, että muovintuotannon resurssitehokkuus olisi kuluneen viidenkymmenen vuoden aikana kasvanut: kun vuonna 1964 yhden polypropeenitonnin tuottamiseen tarvittiin 1 185 kilogrammaa raaka- ja lisäainemateriaalia, vuonna 1999 vastaava massa oli pudonnut 1 009 kilogrammaan (Essel ym. 2015).

Pellettien päästöt muualla Pohjois-Euroopassa

Norjassa, Saksassa, Tanskassa ja Ruotsissa tehdyissä laskennallisissa arvioissa pellettipäästöjen osuudet muovituotannon kokonaismäärästä vaihtelevat 0,0005 ja 1 %:n välillä (Sundt ym. 2014, Essel ym. 2015, Lassen ym. 2015, Magnusson ym. 2016a). Esimerkiksi Saksassa vuosittaisten pellettipäästöjen on arvioitu sijoittuvan välille 21 000–210 000 tonnia, olettaen, että pellettejä karkaa ympäristöön 0,1–1,0 % muovintuotannon kokonaismäärästä (Essel ym. 2015).

Useimmissa päästöarvioissa pellettien tuotannon ja kuljetuksen päästöt on arvioitu erikseen käyttämällä eri päästösuosuuksia (taulukko 21), jotka voivat perustua esimerkiksi tehtaiden mitattuihin päästöihin, kyselytutkimuksiin tai muissa maissa tehtyihin arvioihin. Esimerkiksi Norjassa muovintuotannon pellettipäästöarvio (0,4 g / tuotantokilo) perustuu yhden norjalaisen polystyreeniä tuottavan tehtaan päästöihin: tätä arviota käyttämällä koko muovituotannon vuosittaisiksi kokonaispäästöiksi saadaan noin 200 tonnia (Sundt ym. 2014). Pellettien kuljetuksen aikana (tuonti ja vienti) tapahtuvien päästöjen arvioinnissa käytettiin puolestaan pohjana OECD:n arviota, jossa käsiteltyä kiloa kohti 5 g ainesta häviää. Kirjoittajat kuitenkin arvioivat, että päästöjä on pyritty viime aikoina minimoimaan, ja laskivat siten hävikkiarviotaan 0,5 g:n hävikkiin per tuotantokilo. Tätä arviota käyttämällä kuljetuksen aikaiset päästöt Norjassa olisivat noin 250 tonnia vuodessa (Sundt ym. 2014).

Taulukko 21. Pohjoismaissa ja Saksassa arvioituja pellettipäästöjen osuuksia ja vuosittaisia muovigranulaatin tuotannon ja kuljetuksen aikaisia päästöjä.

Maa	Tuotannon ja jalostuksen päästöosuus	Tuotannon ja jalostuksen arvioitut päästöt (tn)	Kuljetuksen päästöosuus	Kuljetuksen arvioitut päästöt (tn)	Lähde
Norja	0,04 %	200	0,0005 %	250	Sundt ym. 2014
Saksa	0,1–1,0 %	21 000–210 000	ei arvioitu erikseen	ei arvioitu erikseen	Essel ym. 2015
Tanska	0,0005–0,01 %	3–56	ei arvioitu erikseen	ei arvioitu erikseen	Lassen ym. 2015
Ruotsi	0,04 %	298	0,0005–0,01 %	12–235	Magnusson ym. 2016a

Tanskassa ei ole omaa muovipellettituotantoa, vaan granulaatti tuodaan valmiina naapurimaista. Vuositaitaisten jätevesiin päätyvien pellettien päästöosuuksien arvioinnissa hyödynnettiin kahdeksalle tanskalaiselle muovinjalostusyritykselle tehdyn kyselyn tuloksia, jossa yrityksiä pyydettiin itse arvioimaan tontillaan tapahtuvaa pellettihävikkiä. Hävikkiarviot vaihtelivat 0,0002 ja 0,92 %:n välillä, ja koko maan päästöjen arvioitiin jäävän 0,0005–0,01 %:n välille kokonaiskäsittelymäärästä. Laskennallisesti pellettipäästöt olisivat täten noin 3–56 tonnia vuodessa, josta 0,2–5,6 tonnin arveltiin päätyvän vesistöihin ja noin 2–28 tonnia levitettävän jätevesilietteen mukana ympäristöön. Loput pellettipäästöistä poltetaan yhdessä lietteen kanssa (Lassen ym. 2015).

Ruotsi puolestaan käytti Norjan määrittelemää päästöosuutta (0,04 %), ja päätyi noin 298 tonnin vuosittaiseen pellettipäästöön (Magnusson ym. 2016a). Pellettien kuljetuksen aikaisen häviön laskemiseen käytettiin puolestaan tanskalaisen arviota (Lassen ym. 2015), jossa noin 0,0005–0,01 % käsitellystä muovista karkaa. Näin laskettuna Ruotsin kuljetuksenaikaiset päästöt olisivat noin 12–235 tonnia (Magnusson ym. 2016a).

Muovin tuotanto, tuonti ja vienti Suomessa

Suomen muoviteollisuuden kenttä muodostuu noin 500 yrityksestä, jotka valmistavat ja jalostavat muovia vuosittain noin 600 000 tonnin edestä (Järvinen 2017). Suomen suurin muovintuottaja on Borealis Polymers Oy, joka tuottaa Porvoon Kilpilahdessa fenoleja ja aromaattisia kemikaaleja sekä polyeteeni- ja polypropeenimuoveja. Borealisen valmistuskapasiteetti on noin 610 000 tonnia polyolefiineja (polyeteeni- ja polypropeenimuovit) vuodessa, josta 75 % menee yrityksen ilmoituksen mukaan vientiin (Borealis 2019). Muita muovintuottajia Suomessa ovat mm. solupolystyreeniä (EPS) valmistava BEWI Styrochem Oy, jonka valmistuskapasiteetti on noin 110 000 tonnia vuodessa (Järvinen 2017), ja valmistuskapasiteetiltaan 50 000 tonnin luokkaa oleva, polyesterihartsia valmistava Ashland Finland Oy (Järvinen 2008). Valmistuskapasiteetti kuvaa kuitenkin vain sitä määrää, jonka yritys kykenee tuottamaan vuodessa – todellisuudessa tuotantomäärät jäävät tätä pienemmiksi. Lisäksi esimerkiksi Fortum tuottaa uusiomuovigranulaattia, jonka raaka-aineena käytetään teollisuuden ja kaupan muoveja sekä kuluttajamuovipakkauksia (Fortum 2016).

Suurin yksittäinen muovia käyttävä sektori on pakkausteollisuus: yli 40 % kaikesta Suomessa käytetystä muovista menee pakkaamiseen (Järvinen 2017). Osa Suomessa tuotetusta muovista jää kotimaahan jatkojalostettavaksi, mutta osa menee vientiin. Lisäksi Suomessa jalostetaan myös muualta tuotua muovia. Suomen Tullin tilastojen mukaan alkumuotoisten polymeerien vienti vuonna 2017 oli noin 623 000 tonnia ja tuonti noin 565 000 tonnia (taulukko 22). Joitakin tuhansia tonneja voi olla Suomessa vain läpikulkumatkalla (Lähde: Vesa Kärhä, Muoviteollisuus ry). Vaikka muovi on alkumuodossaan usein granulaattina, se voi olla myös nestemäisessä tai jauhemaisessa muodossa (Salminen 2017); valitettavasti eri alkumuotoja ei tilastoida erikseen, mikä tekee pellettimäärien arvioinnista haastavaa. Lisäksi ei tiedetä, kuinka tuonti ja vienti suhteutuvat kansalliseen muovintuotantomäärään, sillä näitä ei tilastoida yhdessä.

Taulukko 22. Alkumuotoisten polymeerien vienti- ja tuontimäärät Suomessa vuonna 2017. Lähde: Suomen Tulli: Uljas-palvelu.

CN nimike (CN)	Polymeeri	Vienti 2017 (tn)	Tuonti 2017 (tn)
3901	Eteenipolymeerit, alkumuodossa	290817	289425
3902	Propeeni- ja muut olefiinipolymeerit, alkumuodossa	58994	188311
3903	Styreenipolymeerit, alkumuodossa	40793	
3904	Vinylikloridi- ja muut halogeeniolefiinipolymeerit, alkumuodossa	28938	3560
3905	Vinyliasetaatti- ja muut vinyylisteripolymeerit, alkumuodossa; muut vinyylipolymeerit, alkumuodossa	22865	8415
3906	Akrylipolymeerit, alkumuodossa	61151	27023
3907	Polyasetaalit, muut polyeetterit ja epoksihartsit, alkumuodossa; polykarbonaatit, alkydihartsit, polyallyliesterit ja muut polyesterit, alkumuodossa	60572	44947
39087	Polyamidit, alkumuodossa	24842	1649
3909	Aminohartsit, fenolihartsit ja polyuretaanit, alkumuodossa	21474	
3910	Silikonit, alkumuodossa	5196	159
3911	Maaöljyhartsit, kumaroni-indeeni-hartsit, polyterpeenit, polysulfidit, polysulfonit ja muut kemiallisen synteesin avulla valmistetut polymeerit ja prepolymerit, muualle kuulumattomat, alkumuodossa	7732	1791
	Yhteensä	623373	565279

Arvio Suomen vuosittaisista pellettipäästöistä

Suomessa ei ole tehty selvityksiä muovigranulaattituotannon päästöistä tai päästöistä, jotka ovat seurausta pellettimateriaalien käsittelystä kuljetuksen ja tuotteiden valmistuksen aikana. Olettaen, että toimintatavat suomalaisissa muovin tuotanto- ja jalostuslaitoksissa ovat samankaltaisia kuin Ruotsissa, tässä selvityksessä päädyttiin käyttämään samoja päästösuuksia. Suomen noin 600 000 tonnin vuosittaisella tuotanto- ja käsittelymäärällä ja 0,04 %:n päästöosuudella päästöt ympäristöön olisivat 240 tonnia vuodessa (taulukko 23). Kuljetuksen aikaisten päästöjen arvioimiseksi oli myös oletettava, että tuonti- ja vientitilastot käsittävät vain pelletit, jolloin Suomen vuosittainen pellettien kuljetusvolyymi olisi noin 1 188 000 tonnia (taulukko 23), ja tällöin käyttämällä 0,01 %:n kerrointa pellettien kuljetus aiheuttaisi vuosittain noin 119 tonnin päästöt.

Taulukko 23. Arvio muovin tuotannosta ja kuljetuksesta vuosittain aiheutuvista pellettipäästöistä Suomessa. Muovigranulaatin tuotanto- ja kuljetusmäärät perustuvat edellisessä kappaleessa esitettyihin arvioihin.

Vaihe	Massa (tn)	Päästö- OSUUS	Päästöarvio (tn)
Muovigranulaatin tuotanto	600 000	0,04 %	240
Muovigranulaatin kuljetus	1 188 000	0,01 %	119
Yhteensä			359

Puutteet, epävarmuudet ja tulevaisuuden trendit

Yllä olevien päästöarvioiden luotettavuutta heikentävät puutteelliset tiedot pellettien tuotanto- ja käsittelymääristä Suomessa, sekä tuonti- ja vientitilastojen raportointitapa, jossa ei oteta huomioon eri muodoissa olevia muoveja. Vaikka suurimman osan alkumuotoisesta muovista arvioidaan olevan pellettejä, on osa kuitenkin jauheita ja liuoksia (Lähde: Vesa Kärhä, Muoviteollisuus ry). Siten selvityksessä käytetty laskutapa todennäköisesti yliarvioi kuljetusvaiheessa tapahtuvien pellettipäästöjen suuruuden.

Toisaalta tässä selvityksessä on keskitytty vain muoviteollisuuden käyttämiin muovipelletteihin, koska ne ovat herättäneet laajasti huomiota. Ne ovat paljaalla silmällä erotettavia ja helposti

tunnistettavissa pitkänkin ympäristössä vietetyn ajan jälkeen. Sen sijaan muut muovintuotannon raaka-aineet, kuten jauheet, ovat jääneet vähemmälle huomiolle, sillä niiden alkuperän osoittaminen ympäristönäytteistä on huomattavasti hankalampaa kuin pellettien. On kuitenkin selvää, että myös raaka-aineena käytettyjä jauheita päätyy ympäristöön samoja reittejä pitkin kuin pellettejä. Lisäksi jauhemaisten pienten hiukkasten siirtely ja siivoaminen on vaikeampaa kuin suhteellisen isokokoisten pellettien, joten niiden hävikin uskotaan olevan jopa pellettejä suuremman (Hann ym. 2018, Lassen ym. 2015).

Muovipellettien päästömäärät vaihtelevat todennäköisesti tehtaittain ja riippuvat muun muassa tehtaan muovintuotantomäärästä ja erilaisista käytännöistä pellettien käsittelyssä. Esimerkiksi tanskalaisessa kyselyssä kahdeksan muovinjalostajaa arvioi, kuinka paljon pellettihävikkiä syntyy, ja arviot vaihtelivat 0,0002 ja 0,92 %:n välillä (Lassen ym. 2015). Lisäksi asenteet vaihtelevat: vastaajista osa ilmoitti, ettei riskiä pellettien päätymiselle ympäristöön ole, kun taas osa myönsi pellettien voivan päätyä esimerkiksi viemäriin (Lassen ym. 2015). Tässä Suomen selvityksessä ei ole erikseen pyritty huomioimaan sitä, kuinka suuri osa arvioidusta pellettihävikistä päätyy mereen asti: esimerkiksi viemäriin huuhdotuista pelleteistä osa pidättynee jätevedenpuhdistuslaitoksissa, ja niiden lopullinen kohtalo riippuu muun muassa siitä, mitä lietteelle tapahtuu.

Euroopassa muovin tuotantomäärät kasvavat edelleen vuosittain (PlasticsEurope 2018), joten myös muovipellettipäästöjen voisi olettaa kasvavan. Samanaikaisesti muovituotannon kasvun ohella pakkausmuovin kierrätys on tehostunut lähes 75 % vuosina 2006–2016 (PlasticsEurope 2018). On odotettavissa, että kierrätysaste nousee entisestään lähitulevaisuudessa, mikä saattaa näkyä kierrätysmuovista valmistetun regranulaattituotannon lisääntymisenä neitseellisen muovintuotannon kasvun rinnalla. Tälläkin hetkellä Fortumin mukaan jopa 40 % kotitalouksista kerätyistä muovipakkauksista muovataan Suomessa kierrätysgranulaatiksi, jota muoviteollisuus voi taas hyödyntää raaka-aineenaan (Fortum 2018).

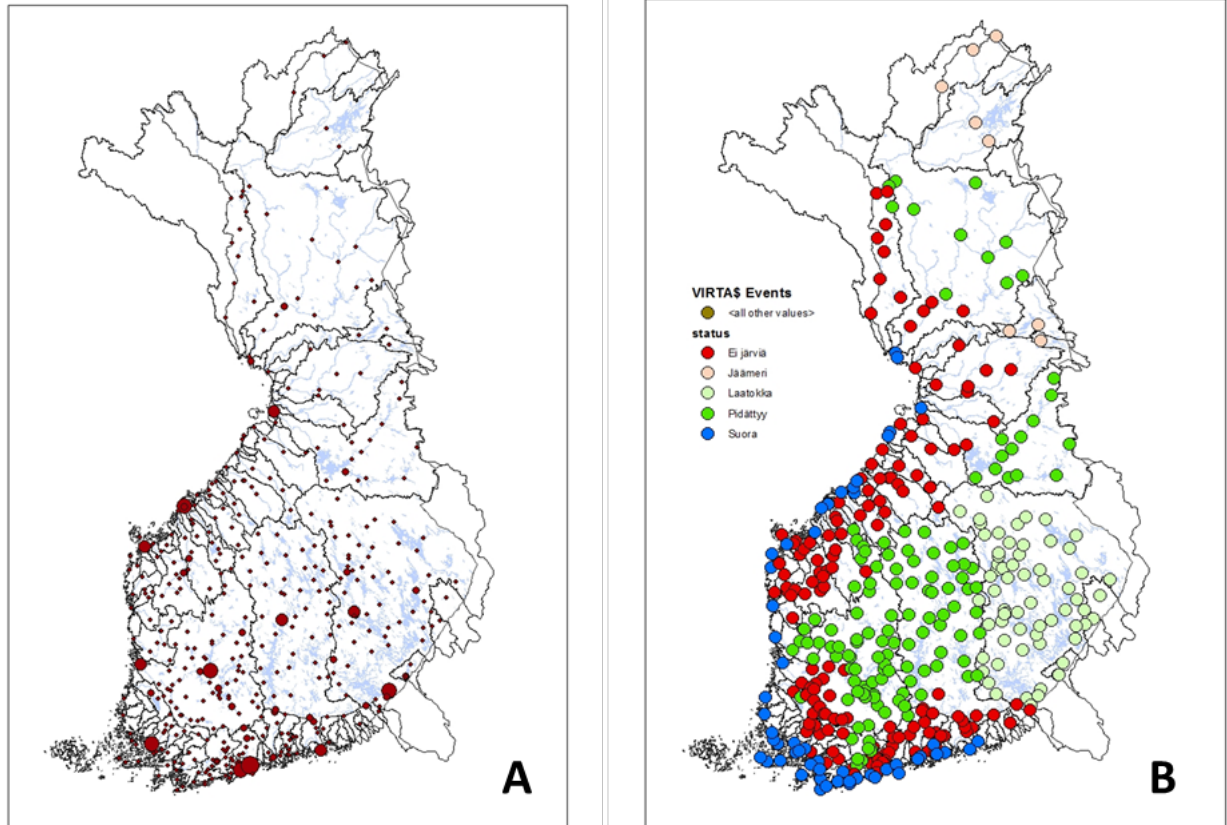
6 Tärkeimmät mikromuovien kulkeutumisreitit maalta mereen

6.1 Yhdyskuntajätevedet mikroroskan ja mikromuovien kulkeutumisreitinä

Kotitalouksien jätevesien mukana kulkeutuu mm. tekstiilikuituja, hygienia- kosmetiikkatuotteiden sisältämiä mikromuoveja, erilaisten muiden pesuaineiden ja pintakäsittelyaineiden sisältämiä mikromuoveja, huonepölyn sisältämiä hiukkasia, maalihippuja jne. Puhdistettu jätevesi on etenkin tekstiilikuitujen osalta merkittävin mereen johtava kulkeutumisreitti. Myös puhdistamoissa muodostuvan jätevesilietteen kautta sekä ilmakulkeutumisen myötä mikromuoveja päätyy ympäristöön, mutta näistä on käytännössä toistaiseksi hyvin niukasti tietoa saatavana. Vaikka puhdistamoita ei ole suunniteltu poistamaan mikroroskaa tai mikromuoveja, käytännössä näin kuitenkin tapahtuu ja eri arvioiden mukaan puhdistamoprosessin aikana 70–99 % yhdyskuntajätevesiin päätyvästä mikromuovista poistuu vesifaasista siirtyen suurelta osin jätevesilietteeeseen (Magnusson & Norén 2014, Carr ym. 2016, Murphy ym. 2016, Talvitie ym. 2017b, Talvitie 2018). On arvioitu, että sekundaarisen puhdistuksen jälkeen jopa 95 % puhdistamoon saapuvasta mikromuovikuormituksesta on poistettu. Lisäksi eräissä tutkimuksissa on raportoitu, että jo pelkästään mekaaniset puhdistusvaiheet voivat vähentää mikromuovien määrää huomattavasti. Tertiäärisillä menetelmillä saatava lisäarvo on suhteellisesti ottaen marginaalinen, mutta puhdistettavat vesimäärät huomioiden silti paikoitellen huomattava (mm. Mintenig ym. 2017, Talvitie ym. 2017a, b). Hann ym. (2018) arvioivat, että EU:n alueella mikromuovien poistotehokkuus jätevedestä vaihteli alueesta, väkiluvusta ja puhdistamon laadusta johtuen 22 ja 94 %:n välillä. Toisessa EU:n laajuisessa raportissa (Amec Foster Wheeler 2017) puolestaan arvioitiin, että mikromuovien poistotehokkuus Euroopassa vaihtelisi 53 ja 85 %:n välillä.

Käytettävissä olevan tiedon mukaan vuonna 2014 Suomessa toimi 438 yhdyskuntajäteveden puhdistamo (kuva 24), joista 70 eniten jätevettä käsittelevää laitosta käsitteli yhteensä 89 % kaikkien laitosten jätevesistä.

Vain osa puhdistamoista laskee puhdistetun jätevetensä suoraan Itämereen (kuva 24B). Näiden joukossa on kuitenkin juuri eräitä suurimmista puhdistamoista, minkä takia yhdyskuntajätevedenpuhdistamoiden suoraan Itämereen laskeman puhdistetun jäteveden kokonaistilavuus on arviolta 57 %, eli 303 610 746 m³ (Lähde: Antti Räike, SYKE). Tätä osuutta on tässä raportissa käytetty avuksi määrittäessä kosmetiikan ja hygienia- tuotteiden mikromuovipäästöjä sekä tekstiilien pesusta syntyvien kuitujen päästöjä.



Kuva 24. Yhdyskuntajätevedenpuhdistamot Suomessa vuonna 2014 jaoteltuna: A) karkeasti koon mukaan, B) valuma-alueen mukaan. Eri värit osoittavat, minne puhdistamot laskevat puhdistetun jätevetensä. Suoraan Itämereen laskevat puhdistamot on merkitty sinisillä symboleilla. Kuva: Antti Räike (SYKE).

6.2 Hulevesien kautta kulkeutuva mikromuovi

Hulevedet ovat rakennettujen alueiden vettä läpäisemättömiltä pinnoilta, kuten teiltä ja katoilta, valuvia sade- ja sulamisvesiä. Suomessa hulevedet johdetaan pääsääntöisesti puhdistamattomina hulevesiviemärien ja avo-ojien kautta vesistöihin, kuten jokiin, järviin ja Itämereen. Vain pieni osa hulevesistä päätyy sekaviemäroinnin kautta jätevedenpuhdistamoille. Saneerauksien yhteydessä sekaviemäroinnin määrää vähennetään jatkuvasti, sillä hulevesien puhdistaminen jätevedenpuhdistamoissa heikentää jäteveden puhdistustehoa ja lisää kustannuksia.

Hulevesien laatuun vaikuttavat mm. sadanta, valuma-alue ja vuodenaika. Erityisesti kaupunkien ja autoteiden hulevesien mukana vesistöihin kulkeutuu roskaa, ravinteita ja raskasmetalleja. Hulevesi näyttäisi olevan ilmeinen reitti myös mikromuoveille. Ulkona tapahtuvat toiminnot kuten liikenne (renkaat ja tiemerkinnot), roskaaminen ja rakentaminen ovat potentiaalisia lähteitä hulevesissä esiintyville mikromuoveille.

Hulevesien merkitys mikromuovien reittinä ympäristöön on suurelta osin tuntematon. Hulevesiä kuitenkin epäillään yhdeksi reitiksi, sillä muut reitit, esimerkiksi yhdyskuntajätevedet, eivät ole yksin pystyneet selittämään ympäristöstä löytyviä mikromuovimääriä (Lasee ym. 2017). Tanskassa tehdyn tutkimuksen mukaan (Liu ym. 2019) hulevesilammikoista otetuista näytteistä löytyi 490–22 894 mikromuovia kuutiometrissä hulevettä ($85\text{--}1\,143\ \mu\text{g m}^{-3}$). Mikromuovimäärä vaihteli ennen kaikkea hulevesilähteen mukaan. Korkeimmat mikromuovimäärät löytyivät yritys- ja teollisuusalueiden hulevesilammikoista ja alhaisimmat määrät asuin- ja tieliikennealueilta. Hulevesilammikoilla viivytetään veden virtaamista ja pidätetään kiintoainesta ja haitallisia yhdisteitä. Tanskalaistutkimuksen mukaan hulevesialtaat pidättävät

kuitenkin vain osan mikromuoveista ja toimivat sekä ”hot spotteina” että reitteinä mikromuoveille ympäristöön.

Suomessa on aloitettu hulevesien mikromuovitutkimus Suomen Akatemian rahoittamassa ”*Microplastics in Finnish Waters*” -hankkeessa. Tutkimuksessa tullaan selvittämään kaupunkihulevesien mikromuovimääriä kahdessa eri kohteessa: asuinalueella Espoossa sekä tieliikennealueella Taivallahdessa, Helsingissä. Taivallahdessa tutkitaan lisäksi mahdollisuutta poistaa mikromuoveja hulevedestä suodatinlaitteistolla ennen hulevesien päätymistä Itämereen.

6.3 Lumenkaato meren mikromuovien reittinä

Taustaa

Lumessa olevan roskaa määrä riippuu monesta tekijästä, joista tärkeimpiä ovat alueen maankäyttö ja ympäristön ihmistoiminnot (Pikkarainen 2017). Etenkin teiltä ja kaupunkien kaduilta kerättävän lumen seassa on isompaa ja pienempää roskaa. Periaatteessa mitä kauemmin lumi on maassa, sitä enemmän siihen voi kertyä kiintoainetta ja roskaa (Salla ym. 2012). Lumen sisältämää roskaa ja kiintoainetta päätyy suoraan mereen lumenvastaanottoaikoilta, missä lumikuormat kaadetaan laiturialueelta rantaveteen. Käsittelemättömän lumen seassa voi olla sekä mikro- että makroroskaa. Periaatteessa mikroroskaa voi päätyä mereen myös maalla sijaitsevilta vastaanottoaikoilta, joissa lumi sulatetaan ja sulamisvedet ohjataan viemäri- tai hulevesiverkostoon. Tämän reitin merkitystä pienen roskaa kuljettajana ei toistaiseksi ole tutkittu. Se, minkä kokoista roskaa nämä sulamisvedet kuljettavat, riippuu sulatusaltaan väljän koosta.

Lumenkaato suoraan mereen

Lumi ei Suomen lainsäädännön mukaan ole jätettä, eikä lumenvastaanottoaika sen vuoksi tarvitse ympäristölupaa jätteenkäsittelypaikkana. Kunnilla on kuitenkin halutessaan mahdollisuus asettaa vastaanotto toiminnalle tarkennettuja määräyksiä, jotka perustuvat ympäristönsuojelulakiin tai -asetukseen, sekä jätelakiin. Käsittelemättömän, kaduilta kerätyn lumen kaatamista mereen tapahtuu Suomessa, Islannissa, Norjassa ja Ruotsissa. Ruotsissa lumenkaato vesistöön on periaatteessa kiellettyä, mutta se on kuitenkin mahdollista erikseen myönnettyllä luvalla. Esimerkiksi vuonna 2012 pelkästään Tukholman alueelta päätyi 800 000 kuutiometriä lunta käsittelemättömänä mereen (Magnusson ym. 2016a).

Tarkasteltaessa Suomen 50 suurimman kaupungin ja kunnan ympäristönsuojelumääräyksiä (Pikkarainen 2017) todettiin mm., että Suomen rannikkokaupungeista Helsinki ja Kotka edelleen periaatteen tasolla sallivat lumenkaadon mereen, kun taas Kirkkonummella ja Raaseporissa edellytyksenä oli ympäristöluvan saaminen. Porin, Rauman, Raahen ja Kemin kaupungeilla ei joko ollut ympäristönsuojelumääräyksiä tai ympäristönsuojelumääräyksissä ei ollut mainintaa lumen mereen kaadosta. Lumen mereen kaadon ovat rannikkokaupungeista kieltäneet Espoo, Oulu, Turku, Vaasa, Salo, Porvoo, Kokkola ja Kaarina. Tämän hetken tietojen mukaan Helsinki on ainoa rannikkokaupungeista, jossa lunta kaadetaan mereen.

Lumenkaato mereen Helsingissä

Kerätyn lumen määrä Helsingissä on vaihdellut 2000-luvulla suuresti. Tavanomaisena talvena lunta kerätään noin 50 000 autokuormallista. Yhdessä kuorma-auton kuormallisessa on lunta noin 15 m³. Talvi 2010–2011 oli tähänastisten tilastojen valossa 2000-luvun runsaslumisoin pääkaupunkiseudulla (tätäkin runsaslumisemman talven 2018–2019 tilastot eivät olleet vielä saatavilla). Tällöin lunta kuljetettiin 306 000 autokuormallista, mikä tilavuudeltaan vastaa noin 4 590 000 m³:n lumimäärää (WSP Finland Oy 2010). Helsingissä on nykyisin kahdeksan virallista lumenvastaanottoaikkaa, joista yhdellä, Hernesaaren vastaanottoaikalla, lumi kaadetaan kuorma-auton lavalta suoraan mereen. Kahdella maalla sijaitsevalla vastaanottoaikalla (Viikissä ja Kyläsaarella) lumi sulatetaan lumensulatusaltaissa sinne johdetulla

puhdistetulla yhdyskuntajätevedellä ja sulamisvesi johdetaan edelleen 5 mm:n väljän läpi avomerelle johtavaan purkuputkeen. Kaupungin ohjeiden mukaan kaikille lumenvastaanottoaikoille tuotavan lumen tulee olla puhdasta ja jätteenöntä, mikä on usein mahdotonta toteuttaa ja seurata. Isoimmat roskat pyritään keräämään lumesta pois, mutta lumenvastaanottoaikoilla tehtyjen selvitysten mukaan myös isoa roskaa (betonia, puuta, muovia, metallia) päätyy vastaanottoaikoille lumen mukana (Salla ym. 2012). Silminnähdyn suurikokoista roskaa kelluu lumen sulatusvedessä maalle sijoitetuilla sulatuspaikoilla (Outi Setälä, henkilökohtainen havainto). Helsingissä rakennusviraston teettämän selvityksen (WSP Finland Oy 2010) mukaan talvena 2009–2010 Hernesaaren merivastaanottoaikalta vietiin 26 % kaikista kerätyistä lumikuormista. Vastaavasti arvioiden mukaan Hernesaaren lumenvastaanottoaikalta on runsaslumisina vuosina kuljetettu noin 50 000–60 000 autokuormallista lunta, mikä vastaa noin 750 000–900 000 m³:n lumimäärää (Pikkarainen 2017).

Aiemmin Hernesaaren vastaanottoaikan pohja ruopattiin sinne kertyneestä hiekasta ja muusta kiintoaineksesta 2–3 vuoden välein. Nykyisin pohja ruopataan vuosittain. Keväisin lähirantoja siivotaan sinne kertyneestä roskasta. Lumenkaadosta ei ole havaittu kovinkaan merkittävää roskamäärän lisäystä lähirannoille, mikä viittaa siihen, että sekä pinnalla kelluvaa että pohjalle vajoavaa roskaa katoaa paikalta virtausten mukana (Salla ym. 2012). Lisäksi on havaintoja muualta, että pehmeille pohjille päätyvä roska helposti vajoaa syvemmälle pohjasedimenttiin, mihin se jää jopa pysyvästi.

Lumen sisältämä kiintoaines

Kaupunkialueella lumeen kertyy ihmistoiminnan seurauksena erilaisia hiukkasia ja kemiallisia yhdisteitä mm. liikenteestä, teollisuudesta sekä rakenteiden kulumisesta ja haurastumisesta. Helsingin kaupungin tietojen mukaan lumi on roskaisinta alueilla, joilla on paljon rakennustoimintaa (WSP Finland Oy 2010, Salla ym. 2012). Norjassa ja Ruotsissa tehdyissä päästölähdearvioissa (Sundt ym. 2014, Magnusson ym. 2016a) todetaan lumen merkitys mikromuovien ja muun mikrokooppisen roskan reittinä kohti vesistöjä, mutta ei anneta arvioita määristä oletuksen tueksi. Lumen merkitys on tuotu viime aikoina voimakkaasti esiin tekonurmikenttiin ja muihin keinoalustoihin liittyen (Magnusson ym. 2016a, Hann ym. 2018). Tekonurmikentiltä niiden reunoille auratussa lumessa on silmin nähdyn suurina määriä etenkin mustaa SBR-kumirouhetta. Sulamisvesien mukana näitä hiukkasia voi päätyä ojiin, puroihin ja hulevesiverkostoon.

Helsingissä tehdyn selvityksen mukaan noin 1,5 % yhden lumikuorman tilavuudesta on jätettä, josta puolestaan 70 % on hiekoituksen käytettyä sepeliä (Salla ym. 2012). Turussa puolestaan on arvioitu, että yksi kuutiometri lunta sisältää noin 41 g kiintoainesta, josta osa on roskaa (Jokinen ym. 1985).

Selvitys lumen merkityksestä pienen roskan kuljettajana

Helsingissä toteutettiin talven 2015–2016 aikana tutkimus kaduilta ja torialueelta auratun lumen sisältämästä mikroroskasta (Pikkarainen 2017). Tutkimus on Suomessa ensimmäinen laatuaan, ja sitä varten kerättiin lunta kolmelta eri kaupunkialueelta (kaksi tiealuetta ja yksi tori). Joka alueelta tutkittiin kolme tilavuudeltaan 1 m³:n kokoista luminäytettä (kuva 25), joiden kiintoaineksen määrä ja koostumus analysoitiin. Käytännön syistä tutkittavat hiukkaset jaoteltiin viiteen kokoluokkaan (0,3–1 mm, 1–2 mm, 2–4 mm, 4–8 mm, >8 mm). Roskien kokonaismäärä ja -paino vaihtelivat sen mukaan, miltä alueelta lumi kuorma oli kerätty. Kaikkien roskajakeiden yhteenlaskettu määrä (keskiarvo kolmesta näytteestä/alue) vaihteli välillä 1 837–25 968 kpl m⁻³ lunta. Roskien lukumäärästä noin 94–98 % muodostivat alle 4 mm:n kokoiset roskat. Synteettistä alkuperää olevat roskat (muovi- ja kumiroskat, tiemerkinämähähiukkaset, asfalttipäällysteen kappaleet ja tupakantumpit) muodostivat noin 63–95 % kaikista roskasta. Vastaavasti roskien yhteispaino vaihteli välillä 10,83–92,61 g m⁻³ lunta, mistä määrästä synteettiset roskat muodostivat 75–97 %. Suurin osa ei-synteettisistä roskista oli paperia ja pahvia kaikilla alueilla. Massa-arviossa ei ole mukana kahta pienintä kokofraktiota, vaan ainoastaan >2 mm:n kokoiset roskat.

Asfalttipäällystehiukkaset oli yleisin roskatyyppi luminäytteissä. Seuraavaksi yleisimpiä roskatyyppejä olivat keräysalueesta riippuen tiemerkinämähähiukkaset, muoviroskat tai paperiroskat (kuva 25).

Tutkimuksessa lumen sisältämien roskien tärkeimmäksi lähteeksi tunnistettiin erilainen kuluminen: asfalttipäällysteet, tiemerkinnot, autonrenkaat, muovituotteet, tekstiilit, sekä myös tahallinen roskaaminen ja riittämätön jätehuolto.



Kuva 25. Lumella täytetyjä muovisäiliöitä Kyläsaaren lumenvastaanottoaikalla Helsingissä (vas.), ja luminäytteen sulaveden sisältämiä mikroroskia 0,3 mm:n silmäkoon suodatinkankaalla (oik.). Kuvat: Kaisa Pikkarainen.

Arvio lumenkaadon seurauksena mereen päätyvän roskan määrästä

Lumen mereen kaadon seurauksena mereen päätyvän roskan määrää Helsingissä voidaan arvioida joko tilavuus- tai massaperusteisesti. Salla ym. (2012) arvioivat yksinkertaistaen Helsingistä saatujen tietojen perusteella, että Hernesaaren merivastaanottoon olisi tutkimuksen kohteena olleen talven 2009–2010 aikana viety käytännössä 755 kuorman verran kiintoainesta, josta pelkkää roskaa olisi ollut 225 kuormalista. Arvio tehtiin edellä mainituin oletuksin (kiintoaineen määrä 1,5 %, roskan määrä tästä 30 %), sekä arvioimalla yhden lumikuorman tilavuudeksi 15 m³.

Pikkaraisen (2017) arvio lumikuorman mukana mereen kaadetun pienen roskan määrästä perustui hänen opinnäytetyössään tekemiin mittauksiin erikokoisten roskien massasta kerätyssä lumessa. Mikäli tavanomaisena lumitalvena Hernesaaren lumenvastaanottoaikalalle päätyisi noin 200 000 m³ lunta ja runsaslumisena talvena vastaavasti noin 800 000 m³, päätyy mereen lumen mukana pelkästään meso-mikroroskaa tavanomaisena lumitalvena 2,2–4,3 tonnia ja runsaslumisena talvena 8,7–17,0 tonnia.

Lumensulatuspaikkojen vastaanottaman roskan kohtalo

Viikin ja Kyläsaaren lumensulatusaltille on saatavilla olevan tiedon mukaan sijoitettu noin 30–31 % kerätystä lumesta (vuosina 2009–2010 ja 2013; WSP Finland Oy 2010 ja Huhtinen & Känkänen 2015), eli hieman enemmän kuin mitä Hernesaareen on kuljetettu. Lumensulatusaltaista lähtevän veden sisältämän mikroroskan määrästä ei ole tehty selvityksiä, mutta oletettavasti kyseessä on varsin merkittävä kausittainen mikroroskan ja mikromuovin kulkeutumisreitti. Pikkaraisen (2017) tutkimuksen mukaan suurin

osa lumen sisältämästä roskasta on niin pientä, että se periaatteessa mahtuisi 5 mm väljän läpi. Mikäli kaikki lumessa olevat tämän kokoluokan mikromuovihiukkaset päätyisivät poistoputkea myöten avomerialle, tarkoittaisi se sulatettaessa 200 000 m³ lunta noin 54–1 895 miljoonaa mikromuovihiukkasta ja sulatettaessa 800 000 m³ lunta noin 216–7 582 miljoonaa mikromuovihiukkasta. Tämä on kuitenkin varsin karkea arvio, koska käytetty aineisto perustuu vain yhdellä ajanhetkellä kolmelta keräysalueelta kerättyihin luminäytteisiin, eikä välppään jäävän, tai toisaalta poistoputkeen päätyvän ja sulamisveden mukana kulkevan mikromuovin ja mikroroskan määrää ole tutkittu.

Jatkoselvitysten tarve

Kattavamman tiedon keräämiseksi tulisi selvittää lumen sisältämien roskien ja mikromuovien määrän ja ominaisuuksien laajempi alueellinen vaihtelu. Lisäksi olisi syytä kartoittaa lumen roskaantumisvauhti erilaisilla kaupunkialueilla sekä etenkin lumen sulatusvesien aiheuttama kuormitus. Myös maalla sijaitsevien lumenvastaanottoaikojen sulamisvesien reitit lähiympäristöön ja mahdollisesti mereen asti tulee selvittää.

7 Merilähtöiset roskapäätöt

7.1 Kalastuksen ja kalankasvatuksen aiheuttama roskaantuminen

Muovin käyttö kalastuksessa ja kalankasvatuksessa

Kalastuksessa ja kalankasvatuksessa käytetään monia erilaisia muovimateriaaleja. Siten mereen voi päätyä pyydyksistä irtoavan mikromuovin lisäksi monenlaista muoviroskaa kuten verkkoja tai pyydysten osia, köysiä, kellukkeita ja kuljetuslaatikoita.

Selvitys kalastuksen ja kalankasvatuksen aiheuttamasta meren roskaantumisesta

Luonnonvarakeskuksen (Luke) toteuttamassa selvityksessä tarkasteltiin suomalaisen kalastuksen ja kalankasvatuksen merkitystä Itämeren muoviroskaantumisessa ja toisaalta roskaantumisen vaikutuksia kalatalouselinkeinojen harjoittamiseen Itämerellä (Seppänen & Lappalainen 2019). Lisäksi kartoitettiin merellä toimivien kalatalousalan toimijoiden jätehuoltokäytäntöjä ja jätehuoltopisteiden toimivuutta. Selvityksessä päähuomio kiinnitettiin pyydyksistä ja merellä olevista rakenteista irtoavan mikromuovin määriin. Kadonneiden kalanpyydyksien määrän arviointi ei varsinaisesti kuulunut selvityksen piiriin, mutta kaupallisesta kalastuksesta katoavien pyydyksien määrästä pyrittiin saamaan karkeaa tietoa olemalla yhteydessä muutamaa rannikolla toimivaan kalastusvakuutusyhdistykseen. Vapaa-ajankalastajilta mereen jäävien verkkojen määristä saatiin karkea arvio vuoden 2016 kalastusta koskeneeseen tiedusteluun lisäystä aiheeseen liittyvästä kysymyksestä. Kalanpyydyksistä irtoavien muovikanisterien ja lippujen määristä tehtiin suuruusluokkaa arvioivia esimerkkilaskelmia. Esitetyt tulokset perustuvat saatavilla olevaan tilastotietoon, aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen, Luken asiantuntijoilta saatuihin tietoihin sekä kaupallisille kalastajille ja kalankasvattajille suunnatuilla kyselyillä ja haastatteluilla kerättyihin tietoihin.

Arvio kalastuksen ja kalanviljelyn tuottamasta mereen päätyvästä makroroskasta

RoskatPois!-hankkeessa tehtiin ensimmäinen määrällinen arvio kalastuksesta ja kalankasvatuksesta aiheutuvasta roskaantumisesta Suomessa. Selvityksen perusteella Suomen merialueen kaupallinen rysä- ja verkkokalastus tuottaa vuodessa noin tonnin makromuoviroskaa (mm. pyydyksiä, kohoja, lippuja, köysiä, siimaa) (Seppänen & Lappalainen 2019). Vapaa-ajan verkkokalastuksen osalta kalastukseen välittömästi liittyvän muovikuormituksen arvioitiin olevan noin kaksi tonnia vuodessa pääosan muodostuessa makromuoveista eli mereen katoavista verkoista ja niiden kiinnitystarpeista. Yhteensä välittömästi kalastustoimintaan ja pyydyksiin liittyvän muovikuormituksen merialueella arvioitiin olevan suuruusluokaltaan 20 tonnia vuodessa. Kalankasvatuksesta syntyvä makromuovikuormitus arvioitiin vähäiseksi eikä sitä pystytty erikseen arvioimaan.

Kalastuksen ja kalankasvatuksen aiheuttama mikromuovikuormitus

Luken laskelmien perusteella Suomen merialueen kaupallisessa kalastuksessa pyynnin aikana pyydyksistä irtoava mikromuovikuormitus on vuositasolla enimmillään noin 17,5 tonnia vuodessa valtaosan tästä ollessa peräisin rysä- ja troolikalastuksesta (kuva 26) (Seppänen & Lappalainen 2019). Suomen merialueilla tapahtuvan kalankasvatuksen verkkoaltaiden rakennemateriaaleista irtoavan mikromuovikuormituksen enimmäisarvioksi saatiin 31 tonnia vuodessa (kuva 27). Todellisuudessa kuormitus lienee tuntuvasti pienempi, sillä verkkokassit käsitellään yleensä antifouling-maaleilla, jotka vähentävät varsinaisten rakennemateriaalien kulumista. Antifouling-maaleista syntyvän vuotuisen muovikuormituksen arvioitiin olevan noin seitsemän tonnia. Kokonaisuudessaan kalankasvatuksen välitön muovikuormitus mereen on

laskelmien perusteella suuruusluokaltaan 22–38 tonnia vuodessa. Arviossa ei ole mukana kalankasvatuksessa käytetyistä aluksista aiheutuvaa muovikuormitusta.



Kuva 26. Kalastusta Itämerellä: push up -rysä muovikanisterikellukkeineen ja merkkilippuineen. Kuva: Mikael Lindholm.



Kuva 27. Kalankasvatusta Itämerellä. Kuva: Markus Kankainen.

Kadonneet tai hylätyt pyydykset

Käyttäjältään karanneiden tai hylättyjen verkkojen, troolien tai muiden havaspyydysten lukumääristä, sijainnista tai vaikutuksista Suomen merialueilla ei ole vielä paljon tietoa, eikä niiden keräämistä ole organisoitu. Haamuverkkojen tyypillisistä saalislajeista, eli kaloista, linnuista ja hylkeistä, on kuitenkin havaintoja myös Itämerellä. Euroopan meri- ja kalatalousrahaston rahoittamassa ja SYKE:n koordinoimassa *Kadonneet pyydykset Suomen merialueilla (KAPYYSI)* -hankkeessa selvitetään haamuverkkojen määrää erityisesti Satakunnan merialueella vuosina 2018–2020. Samalla testataan käytettävissä olevien keräysmenetelmien soveltuvuutta Suomen oloihin sekä haamuverkkojen materiaalin uusiokäyttöä ja jätehuoltoa. Alustavien tulosten mukaan Suomessa kaupallinen kalastus ei nykyisellään näytä olevan merkittävä haamuverkkojen lähde, koska avomerialueen verkkopyynti on käytännössä loppunut (lähde: Kim Jordas, Suomen ammattikalastajaliitto SAKL ry). Myös RoskatPois!-hankkeen selvityksen perusteella verkkojen katoamiseen liittyviä korvaushakemuksia kalastusvakuutusyhdistykseen tulee kaupallisilta kalastajilta vuosittain vain muutamia, mutta tilanne oli mahdollisesti huonompi aiemmin (Seppänen & Lappalainen 2019). Verkkojen katoaminen esimerkiksi myrskyn tai jääolosuhteissa tapahtuneiden muutosten seurauksena arvioitiin olevan tavallisempaa vapaa-ajankalastuksessa. Myrskyn, jäiden siirtymisen tai muun vastaavan syyn takia mereen arvioitiin jäävän vuodessa noin 2 000 verkkoa. Arvio on kuitenkin hyvin epävarma.

Meriroskasta kalastuselinkeinolle aiheutuvat haitat

Yli 40 % kalastajista ilmoitti meressä olevan muovi- ja muun roskan häiritsevän elinkeinon harjoittamista, koska erityisesti pinnassa oleviin pyydyksiin kertyneiden roskien irrottamiseen kuluu työaikaa ja pahimmillaan roskat rikkovat pyydyksiä (Seppänen & Lappalainen 2019). Haitan koettiin olevan suurta erityisesti jokien tulva-aikaan ja meriroskaa arvioitiin esiintyvän erityisen runsaasti laivaväylien ja vilkkaasti liikennöityjen satamien läheisyydessä. Eteläisellä Itämerellä merestä kerrottiin nousevan päivittäin laivoista heitettyä roskaa, tynnyreitä, maalipurkkeja ja jätesarjia.

7.2 Meriliikenne roskaantumisen lähteenä

Meriliikenteen tuottamaa roskaantumista tarkasteltiin Liikenne- ja viestintäviraston (Traficom) tekemässä selvityksessä (Juhantila 2018, Intovuori, julkaisematon raportti). Selvitystä taustoitettiin aikaisempien tutkimusten avulla, ja tarkennettiin Suomen meriliikenteen toimijoiden keskuudessa tehdyllä haastattelututkimuksella. On huomioitava, että huviveneilyn aiheuttama roskaantuminen oli tämän selvityksen ulkopuolella.

Meriliikenteen tuottamat päästötyypit

Meriliikenteen roskapäästöt voidaan jakaa yleisellä tasolla kahteen kategoriaan, tahallisiin ja tahattomiin päästöihin (Intovuori, julkaisematon raportti). Tahallisilla päästöillä tarkoitetaan jostakin syystä tarkoituksella aluksesta mereen päästettyä jätettä. Tahattomilla päästöillä tarkoitetaan vahingossa alukselta mereen päätyvää jätettä. Tahalliset ja tahattomat päästöt voidaan edelleen jakaa laillisiin ja laittomiin päästöihin. Tahallinen päästö voi olla myös laillinen, sillä MARPOL-yleissopimus ja merenkulun ympäristönsuojelulaki sallivat tiettyjen jätelajien purkamisen mereen (taulukko 24). Lisäksi on huomioitava, että myös tahaton päästö voi olla laitton, jos päästö esimerkiksi johtuu huolimattomuudesta tai laiminlyönnistä.

Taulukko 24. MARPOL-yleissopimuksen V-liitteen ja sen täytäntöönpano-ohjesäännön MEPC.295(71) mukaiset jätelajit.

Jätelaji	Esimerkkejä	Päästörajat Itämerellä
Muovit	Kaikki jäte, joka sisältää muovivia missä tahansa muodossa.	Purkaminen kielletty
Ruokajätteet	Kaikki tuore tai pilaantunut ruoka. Hedelmät, vihannekset, maitotuotteet, linnunliha, lihatuotteet, ruoantähteet.	Aluksen oltava kulussa, ≥ 12 merimailia lähimmästä maasta, ja jäte jauhettu tai hienonnettu 25mm kokoon asti
Kotitalousjätteet	Kaikki laivan asuintiloissa syntyvä jäte, jota ei ole kuvattu muissa MARPOL-yleissopimuksen liitteissä (öljyt, kemikaalit lastina, vaaralliset aineet lastina, käymäläjätevesi). Harmaa- ja mustavesi ei myöskään ole kotitalousjätettä. Kotitalousjätettä ovat mm. alumiinipurkit, lasi-, metalli-, paperi-, pahvi- ja puujäte.	Purkaminen kielletty
Ruokaöljy	Ruuan valmistuksessa käytetyt syötävät öljyt ja eläinrasvat.	Purkaminen kielletty
Jätteenpolttuunin tuhka	Laivalla poltetun jätteen tuhka ja kuona.	Purkaminen kielletty
Aluksen toiminnasta syntyvät jätteet	Kaikki laivan normaalista huollosta ja toiminnasta syntyvä jäte, kuten lastin kiinnittämisestä tai lastinkäsittelystä syntyvä jäte, jota ei ole kuvattu muissa MARPOL-yleissopimuksen liitteissä (öljyt, kemikaalit, vaaralliset aineet, käymäläjätevesi). Toiminnasta syntyvä jäte pitää sisällään myös pesuaineet ja lisäaineet, joita käytetään laivan kansien tai ruumien pesussa. Toiminnallinen jäte ei sisällä haitallisia aineita, pilssivesiä tai näihin rinnastettavia vastaavia jätteitä, joita tarvitaan laivan operoinnissa. Aluksen toiminnasta syntyneet jätteet voivat pitää sisällään myös vaarallisia jätteitä, kuten öljyisiä rättejä, vanhentuneita pyroteknisiä välineitä, akkuja, pattereita, loisteputkia, polttimoita, happoja jne.	Purkaminen kielletty <u>Pesuaineet aluksen kansien ja ulkopintojen pesuvesissä, jotka eivät ole meriympäristölle haitallisia:</u> Sallittu ilman rajoituksia
Eläinten ruhot	Matkan aikana kuolleiden eläinten ruhot.	Purkaminen kielletty
Kalastusvälineet	Kaikki kalastusvälineet ja niiden osat.	Purkaminen kielletty
Elektroniikkajäte	Kaikki sähköiset tarvikkeet, joita käytetään aluksella tai sen asuintiloissa, sisältäen komponentit, osat ja kulutustarvikkeet, jotka ovat osa laitetta, sitä hävitettäessä. Sisältää piirilevyt, laitteet, tarvikkeet, työkalut, tietokoneet, mustekasetit, jne.	Purkaminen kielletty
Lastijäämät (ei-meriympäristölle haitalliset)	Laivan lastauksen ja purkamisen jälkeen kannelle tai ruumaan jäävät lastijäämät, pitäen sisällään liikalastaukset ja ”spillit”. Voi olla nestemäisessä tai kiinteässä muodossa. Kannelle jäävä lastipöly ei ole lastijäämää.	<u>Lastijäämät, jotka eivät ole sekoituneena pesuveteen:</u> Purkaminen kielletty <u>Lastijäämät, jotka ovat sekoittuneet ruumanpesuveteen ja ovat meriympäristölle haitattomia:</u> Aluksen oltava kulussa, ≥ 12 merimailia lähimmästä maasta, ja ei riittävää satamavastaanottolaitteistoa lähtö- tai tulosatamassa
Lastijäämät (meriympäristölle haitalliset)	Laivan lastauksen ja purkamisen jälkeen kannelle tai ruumaan jäävät lastijäämät, pitäen sisällään liikalastaukset ja ”spillit”. Voi olla nestemäisessä tai kiinteässä muodossa. Kannelle jäävä lastipöly ei ole lastijäämää.	Purkaminen kielletty

Tahalliseen päästöön voi vaikuttaa moni tekijä, kuten riittämätön jätteen varastointikapasiteetti aluksella, laivahenkilökunnan asenteet ja tietämättömyys (taulukko 25). Taustasyitä voi edelleen olla lukemattomia kuten jätehuollon puutteellisuudet aluksella, suunnittelemattomuus, huolimattomuus, välinpitämättömyys, vastaanoton kohtuuttomat kustannukset tai jätteen vastaanoton toimimattomuus satamassa. Tahattomat päästöt aiheutuvat yleensä laitteistojen rikkoutumisesta, onnettomuuksista ja myrskyjen aiheuttamista vahingoista.

Taulukko 25. Meriliikenteen tuottaman meriroskan päästöluokat, päästöjen mahdollisia syitä ja jätelajeja.

Päästöluokka	Päästön syy	Jätelaji
Tahallinen (laiton)	Aluksen jätevarastojen täyttyminen (sataman vastaanotosta tai aluksesta johtuva syy)	Kaikki MARPOL V-liitteen jätelajit
Tahallinen (laiton)	Asenteet	Kaikki MARPOL V-liitteen jätelajit Kalastuksen osalta tahallisesti dumpatut kalastusvälineet (sisältyvät MARPOL V-liitteeseen)
Tahallinen (laillinen)	Lakien mahdollistamat päästöt	Ruokajäte Harmaavesi (sisältää mahdollisesti mikro-muovia) Käymäläjätevesi (käsittelemättömänä 12 merimailia lähimmästä maasta) Meriympäristölle haitattomat lastijäämät pesuvesissä (12 merimailia lähimmästä maasta) Kannen ja ruuman pesuvedet (ei meriympäristölle haitallisia pesuaineita)
Tahaton (laillinen/laiton)	Onnettomuudet, laiterikot, myrskyn aiheuttamat vahingot	Kaikki MARPOL V-liitteen jätelajit Kalastuksen osalta kalastusvälineet
Tahaton (laillinen)	Maalipintojen kuluminen (antifouling-maalit, jääolosuhteet)	Maalit
Tahaton (laillinen/laiton)	Kadonneet tai rikkoutuneet kalastusvälineet (esimerkiksi meressä olevan roskan vaikutuksesta)	Muovit

Haastattelututkimus merenkulun aiheuttamasta roskaantumisesta

Tutkimus tehtiin vuoden 2019 aikana ja siinä haastateltiin yhteensä 23 henkilöä. Haastateltavien joukossa oli mm. aluksilla töitä tekevää henkilökuntaa, varustamoiden ympäristönsuojelutehtävistä vastaavia, eri intressiryhmien edustajia (alusten omistajia) sekä Traficommin asiantuntijoita.

Haastattelussa kartoitettiin alan eri toimijoiden näkemystä siitä, miten erityyppisiä roskajakeita päätyy meriympäristöön. Tutkimuksessa tarkasteltiin etenkin lasti- ja matkustaja-aluksista aiheutuvia päästöjä, ja vähäisemmässä määrin kalastustoimintaa. Päästöt jaoteltiin MARPOL-yleissopimuksen liitteiden (I, IV, V, VI) mukaisesti (taulukko 26). Kalastusalusten osalta käsiteltiin ainoastaan kalastukseen suoraan liittyviä jätetyyppejä. Tähän tarkoitukseen MARPOL-yleissopimuksen tarjoamat kategoriat olivat turhan suppeat, ja jättekategoria ”kalastusvälineet” jaoteltiin taulukon 27 mukaisesti tarkemmin.

Taulukko 26. Lasti- ja matkustaja-aluksista aiheutuvat päästöt.

Jäteluokka	Jätetyyppi
MARPOL Liite I: Öljy	Öljyiset pilssivedet
	Öljyiset jäämät (liete)
	Muut öljyiset jäämät
MARPOL Liite IV: Käymäläjätevesi	Käymäläjätevesi
	Harmaavesi
MARPOL Liite V: Kiinteä jäte	Muovit
	Ruokajäte
	Kotitalousjäte (esim. paperituotteet, lumput, lasi, metalli, pullot, astiat jne.)
	Ruokaöljy
	Jätteenpolttuunin tuhka
	Alusten toiminnasta aiheutuva jäte
	Eläinten ruhot
	Sähkö- ja elektroniikkaromu
	Lastijäämät (meriympäristön kannalta haitalliset)
	Lastijäämät (muut kuin meriympäristön kannalta haitalliset)
	Haitallinen/vaarallinen jäte (ei kategorisoitu MARPOL-yleissopimuksessa)
	MAPROL Liite VI: Ilman pilaantumiseen liittyvä jäte

Taulukko 27. Kalastusaluksilta mereen päätyvä, kalastustoimintaan liittyvä jäte.

Jäteluokka	Jätetyyppi
MARPOL Liite V: Kiinteä jäte - Kalastusvälineet	Kalastusvälineet (esim. verkot, pyydykset, troolit)
	Kalastukseen liittyvä välineistö (esim. köydet, poijut, laatikot jne.)
	Passiivisesti kalastettu jäte

Haastattelun tuloksia

Varustamoiden edustajien antamien tietojen mukaan alukset tuottavat MARPOL-yleissopimuksen liitteen I mukaisia öljyisiä jätteitä, pilssivesiä sekä muuta öljyjätettä (eli lietettä). Näistä jätetyypeistä öljyinen pilssivesi voidaan suodatuksen jälkeen laskea mereen, kunhan sen öljypitoisuus ei ole korkeampi kuin 15 ppm. Liete toimitetaan aina satamien vastaanottolaitteistoihin. Lisäksi kysyttiin muista öljyisistä jätteistä, kuten tankkien pesun yhteydessä syntyvästä jätteestä. Vastausten mukaan tankkien pesu on ulkoistettu ja tapahtuu kuivatelakoinnin aikana, jolloin pesun suorittavat yritykset vastaavat öljyisten jätteiden loppusijoituksesta.

Neljä viidestä lastialusvarustamosta kertoi, että aluksiin on asennettu käymäläjätevesien käsittelylaitteistot, ja puhdistetut käymäläjätevedet päästetään sen jälkeen mereen. Mikäli jätevesiä puretaan Itämereen, ne päästetään 12 merimailin päässä lähimmästä maasta, kuten kansainväliset sopimukset ohjeistavat. Lastialuksista jätevesiä toimitettiin harvemmin sataman vastaanottolaitteistoon, mutta esiin nousi myös yhtenä toimintamallina jätevesien päästäminen muualle kuin Itämereen (Pohjanmeren puolelle), jos reitti sen sallii.

Matkustaja-alusten suhteen tilanne oli toinen, ja kaikissa tapauksissa haastateltavat totesivat, että kaikki käymäläjäte- ja harmaa vedet toimitetaan satamien vastaanottopisteisiin.

Haastattelujen perusteella nykyisin jätettä ja roskaa heitetään tai dumpataan varsin harvoin tarkoituksettaisesti mereen.

Todennettuja, mutta varsin harvinaisia tahallisia roskaamistapauksia ovat:

- Matkustajien mereen heittämä roska
- Matkustajien mereen heittämät kalusteet (kansilla olevat pöydät, aurinkotuolit tms.)
- Tilapäiskäyttöön rakennetut ratkaisut konehuoneessa (putket, liitännät)
- Alusten ylläpitoon, kuten esimerkiksi pintojen hiontaan ja maalaukseen liittyvät tarvikkeet

Myös keliolosuhteista ja inhimillisistä virheistä johtuen mereen voi päätyä jätettä ja roskaa. Arvioiden mukaan tällaisia onnettomuuksia ja vahinkoja sattuu suhteellisen harvoin, ja varsinaista roskaa lentää yli laidan jopa erittäin harvoin. Päästöjä voi sen sijaan syntyä, kun öljyistä pilssivettä ja lietettä toimitetaan maihin, tai jos hydraulioöljyvuodon yhteydessä öljyä pääsee kannelle, ja siitä mereen. Myös pelastusveneiden käytön yhteydessä voi tapahtua esimerkiksi pilssivesipäästöjä.

Haastattelujen perusteella vaikuttaa siltä, että sekä matkustajien että laivahenkilöstön asenteet ja käytännöt roskaamiseen liittyen ovat parantuneet huomattavasti verrattuna esimerkiksi vuosikymmenten takaisin. Laivavarustamot kertovat myös saavansa paljon palautetta ja parannusehdotuksia etenkin jätteiden kierrätykseen ja jätehuoltoon liittyen. Monilla varustamoilla on käytännössä tiukemmat toimintalinjat kuin mitä MARPOL-yleissopimus ja muut kansainväliset säännökset velvoittavat, esimerkiksi:

- Öljyinen jäte vietään satamiin
- Ruokajäte pyritään usein viemään satamiin
- Henkilökunta saatetaan vastuuseen, mikäli tahallista roskaamista havaitaan

Alusmaaleista aiheutuvat mikromuovipäästöt

Nykyaikaisessa merenkulussa käytetyt alusmaalit ovat muovipolymeeripohjaisia (OECD 2009). Muovipolymeerien osuus maalien kokonaispainosta vaihtelee noin 25 ja 40 %:n välillä (Sundt ym. 2014, Hann ym. 2018). Korroosiota estävät maalit sisältävät vinyyliä, uretaania tai epoksia. Pohjamaalit sisältävät tyypillisesti epoksia ja pintamaalit polyuretaaneja. Myös lakat ovat usein polyuretaanipohjaisia (OECD 2009) Antifouling- eli eliöiden kiinnittymisenestomaaleissa (AF-maalit) käytetään useita eri muovipolymeerejä, kuten vinyyliä, epoksia tai akryyliä (Pitkäranta 2008).

Maaleja pääsee ympäristöön alusten maalaamisen ja maalinpoiston yhteydessä sekä maalipintojen kulumisen seurauksena. OECD:n (2009) arvion mukaan suuriin aluksiin käytetyistä maaleista 6 % päätyy suoraan meriin maalien elinkaaren aikana: noin 1,8 % maalaamisen aikana, 1 % kulumisen seurauksena ja 3,2 % huollon ja maalien poistamisen yhteydessä. Lisäksi arviolta 5 % maaleista leviää maaperään (OECD 2009).

Merenkulussa käytetyistä alusmaaleista aiheutuvien mikromuovipäästöjen määrää ei ole arvioitu Suomessa, sillä kaikkia tarvittavia taustatietoja ei toistaiseksi ole ollut saatavilla arvioinnin tekemiseksi. Tieto maalien myyntimääristä Suomessa on käytettävissä ainoastaan AF-maalien osalta (taulukko 28). Muiden merenkulussa käytettävien maalien määristä ei ole saatavilla tietoa tutkimuskäyttöä varten. AF-maalien kulutus on Suomessa verrattain vähäistä; niitä myytiin vuosina 2012–2018 keskimäärin alle 200 tonnia vuodessa. Vähäistä myyntiä selittää todennäköisesti se, että AF-maaleja ei pääsääntöisesti voida käyttää aluksilla, jotka operoivat jääolosuhteissa. Suomen alusrekisteritietojen perusteella tällaisia aluksia oli vuonna 2018 93 % isoista kauppa-aluksista. Jääluokitetuilla aluksilla käytetään sen sijaan niin sanottuja jäämurtajamaaleja, jotka kestävät kovempaa kulutusta. Ainoastaan alusten rungossa olevat syvennysalueet, kuten merivesikaivot, maalataan AF-maaleilla (Ville-Veikko Intovuori/Traficom, henkilökohtainen tiedonanto). Lisäksi vähäistä AF-maalien myyntiä selittää se, että suuri osa suomalaisista kauppamerenkulun aluksista telakoidaan ulkomailta, jolloin myynti ei näy Suomessa vaan muiden maiden myyntitilastoissa (Ville-Veikko Intovuori/Traficom, henkilökohtainen tiedonanto).

Taulukko 28. AF-maalien myynti Suomessa vuosina 2011–2018 (lähde: Tukes).

Keskimääräinen valmistemyynti (kg)	
Ammattivalmiste (laiva)	80 312 ± 50 900
Kuluttajavalmiste (vene)	81 294 ± 8 820
Yhteensä	161 606 ± 50 759

Suomen lähialueilla tehtyjä arvioita merenkulussa käytettyjen maalien mikromuovipäästöistä on saatavilla Norjasta ja Ruotsista. Lisäksi päästöarvio on tehty koko EU:n osalta. Arvioihin liittyy kuitenkin monia epävarmuuksia. Esimerkiksi Norjassa ja Ruotsissa ei ole tietoja saatavilla merenkulussa käytettyjen maalien myyntimääristä, joten maalimääriä on arvioitu välillisesti muiden tietojen pohjalta.

Norjassa tehty arvio mikromuovipäästöistä perustuu merenkulussa käytettyjen maalien vuosittaiseen myyntiin Euroopassa, OECD:n arvioon maalipäästöjen määrästä maalien elinkaaren aikana sekä Norjan maaliteollisuuden arvioon maalien sisältämien muovipolymeerien määrästä. Arvio ei sisällä AF-maaleista aiheutuvia mikromuovipäästöjä (Sundt ym. 2014).

Sundt ym. (2014) arvioivat, että Norjassa aluksiin käytetään vuosittain 8 000 tonnia maaleja, joista noin 75 % käytetään suuriin aluksiin. OECD:n (2009) esittämää arviota maalipäästöjen määrästä (11 %) maalien elinkaaren aikana pidettiin aliarviona norjalaisille telakoille, sillä telakoilla ei pyritä tehokkaasti estämään maalipäästöjä mereen. Tämän vuoksi maalien elinkaaren aikaiset päästöt Norjassa arvioitiin kaksinkertaisiksi OECD:n (2009) arvioon verrattuna. Norjan maaliteollisuudesta saatujen tietojen perusteella maalien oletettiin sisältävän muovipolymeerejä noin 25 %. Näin ollen suuriin aluksiin käytettyjen

maalien mikromuovipäästöjen arvioitiin olevan Norjassa 330 tonnia vuodessa (Sundt ym. 2014). Osa tästä määrästä saattaa päätyä maaperään, mutta suurimman osan arvioitiin kulkeutuvan mereen.

Telakoiden lisäksi merkittäviä maalipäästöjä tulee kaikista satamista sekä maalta, kun veneenomisajat maalaavat veneitään. Norjassa tehdyn kyselytutkimuksen mukaan alle 10 % veneenomisajista kerää talteen tai muulla tavoin estää maalipölyn kulkeutumista mereen. Tämän perusteella on arvioitu, että >90 % virkistysveneilyssä käytetyistä maaleista päätyy ajan myötä ympäristöön. Huviveneisiin käytetään Norjassa arviolta 25 % merenkulussa käytetystä maaleista. Olettaen, että maalit sisältävät 25 % painostaan muovipolymeerejä, suurimman arvon mukaan huviveneiden maaleista aiheutuu 400 tonnin mikromuovipäästöt ympäristöön vuosittain (Sundt ym. 2014).

Ruotsissa alusten maaleista irtoavien mikromuovien määrää ovat arvioineet Magnusson ym. (2016a). Aluksiin käytettyjen maalien määrästä Ruotsissa ei ollut saatavilla tarkempia tietoja, joten muiden kuin AF-maalien määrä arvioitiin Sundtin ym. (2014) esittämien lukujen pohjalta. Ruotsissa on isoja aluksia viisi kertaa vähemmän kuin Norjassa, joten isoihin aluksiin käytetyn maalien määrän arvioitiin olevan viidesosa Norjaan verrattuna. Huviveneisiin käytettyjen maalien määrän arvioitiin olevan suunnilleen sama Ruotsissa ja Norjassa.

Maalipäästöjen arvioinnissa Magnusson ym. (2016a) käyttivät OECD:n (2009) arviota isojen alusten maalipäästöistä suoraan vesistöihin (6 %) ja Lassenin ym. (2015) arviota huviveneiden maalipäästöistä (10–50 %) maalien elinkaaren aikana. Lisäksi oletuksena oli, että maalit sisältävät kiintoainesta 55 %, ja kaikki kiintoainekset muuttuu mikromuoviksi. Todellisuudessa kiintoaineksen joukossa on muitakin materiaaleja kuin muoveja, mutta kiintoaineksen katsottiin muuttuvan kokonaisuudessaan mikromuoveiksi, sillä maalit irtoavat hiutalemaisina paloina aluksen rungosta (Lassen ym. 2015). Arvioksi saatiin, että Ruotsissa maalien (pois lukien AF-maalit) mikromuovipäästöt ovat isojen alusten osalta 40 tonnia ja huviveneiden osalta 110–550 tonnia vuodessa.

Ruotsalaisiin aluksiin käytettyjen AF-maalien määriä arvioitiin tässä selvityksessä biosidien myynnin perusteella. Vuonna 2014 Ruotsissa myytiin teollisuuteen 75,8 tonnia ja kotitalouksille 55,8 tonnia biosidejä. AF-maalien biosidipitoisuus teollisuustuotteissa on 30 % ja kotitaloustuotteissa 10 %, joten aluksiin käytettyjen AF-maalien määräksi arvioitiin 256 tonnia teollisuuden ja 556 tonnia kotitalouksien osalta. AF-maalien muovipolymeerimääräksi oletettiin 10–50%. Näin ollen isojen alusten AF-maaleista arvioitiin irtoavan 2–8 tonnia mikromuovia ja huviveneiden AF-maaleista 6–139 tonnia mikromuovia vuosittain. Yhteenlasketut mikromuovipäästöt kaikkien ruotsalaisaluksiin käytettyjen maalien osalta ovat arviolta 158–737 tonnia vuodessa (Magnusson ym. 2016a).

Hann ym. (2018) ovat arvioineet aluksiin käytettyjen maalien mikromuovipäästöjä koko EU:n osalta. Maalien myyntimäärät EU:ssa sekä arviot maalipäästöistä on saatu Euroopan maaleja, painovärejä ja taidenvärejä tuottavan teollisuuden neuvostosta (CEPE). CEPE:n mukaan AF-maaleja myydään vuosittain yhteensä 17 836 tonnia, ja muita aluksiin käytettäviä maaleja 73 164 tonnia. Maalien oletettiin sisältävän muovipolymeerejä 33–40 %. Maalaamisesta aiheutuvien maalipäästöjen arvioitiin vaihtelevan 1,8 ja 35 % välillä alustyyppistä ja maalista riippuen. Maalien kulumisen arvioitiin olevan 0,5–1 %:n luokkaa maalien elinkaaren aikana ja maalien poistamisesta aiheutuvien maalipäästöjen vaihtelevan 0,08 ja 25 % välillä alustyyppistä ja maalista riippuen. Näiden arvioiden pohjalta Hann ym. (2018) ovat laskeneet, että alusten maalaamisesta aiheutuu EU:ssa vuosittain 1 752–4 284 tonnin mikromuovipäästöt meriin. Lisäksi maalien kulumisesta ja poistosta aiheutuvien mikromuovipäästöjen arvioitiin olevan 1 194 tonnia vuodessa.

Muissa maissa tehtyjen arvioiden perusteella merenkulussa käytettävät maalit ovat merkittävä mikromuovien päästölähde, joilla usein on myös suora pääsy vesistöihin. Tämän vuoksi myös Suomessa tulisi selvittää, kuinka paljon mikromuovia päätyy vesistöihin merenkulun maaleista.

8 Suomen merialueen roskaantumisen verrattuna muuhun Eurooppaan

Tässä selvityksessä esitettyjä arvioita Suomen merialueen roskaantumisesta ja roskanlähteistä verrattiin muissa Euroopan maissa julkaistuihin vastaaviin arvioihin. Makro- ja mesoroskien osalta selvityksessä ei esitetä määrällisiä arvioita eri lähteiden tuottamista meriroskista, vaan arvioidaan tunnistettujen roskanlähteiden merkitystä suhteessa toisiinsa perustuen rantaroskaseuranta-aineistoon. Tietoja rantaroskien kokonaisuudesta, materiaaleista ja yleisimmistä roskatyypeistä voidaan kuitenkin verrata EU:n *MSFD Technical Group on Marine Litter* -työryhmän kokoamien Euroopan-laajuisten rantaroskaselvitysten tuloksiin (Addamo ym. 2017, Hanke ym. 2019, Van Loon ym. julkaisematon raportti).

Suomen seurantarantojen keskimääräinen roskien lukumäärä siivouskertaa kohden oli 240 roskaa tuhannella neliömetrillä, määrän vaihdella välillä 6–1 049 roskaa / 1 000 m². EU:n laajuisessa rantaroskan perustasoa (*baseline*) selvittävässä analyysissä Suomen rantojen keskiarvoksi tuli 114 roskaa sadan metrin pituisesta rantaviivaa kohden; on tosin huomioitava, että EU:n selvityksessä ei huomioitu alle 30 metrin pituiselta alalta laskettuja roskia (Hanke ym. 2019, Van Loon ym. julkaisematon raportti). Suomessa käytettävässä seurantaohjeistuksessa pienemmältä (10 m x 10 m) alalta on laskettu tupakantumpit, joita on erityisesti urbaaneilla ja välimuotoisilla rannoilla usein varsin runsaasti, keskimäärin lähes 70 % kaikesta roskasta. EU:n selvityksessä ei myöskään otettu huomioon rantojen leveyttä. Näin laskien Suomen rantaroskalukumäärän mediaani oli 49 roskaa / 100 m ja vähennystarve ehdotetun EU-kynnysarvon 13 roskaa / 100 m saavuttamiseksi 73 % (Van Loon ym. julkaisematon raportti). EU:n rantojen vastaava keskiarvo oli 242 roskaa / 100 m, mediaani 174 roskaa / 100 m ja vähennystarve 93 %. Itämeren rantojen roskamäärät olivat yleensä keskimäärin pienempiä kuin muilla EU:n merialueilla (Hanke ym. 2019).

Suomen rantaroskista noin 90 % oli muovia tai vaahtomuovia. Kokonaisuutensa perusteella yleisimmät roskatyypit olivat tupakantumpit, tunnistamattomat muovikappaleet ja -riekaleet, muoviset ruokapakkauskaukset, vaahtomuovi, muovikorkit ja -kannet, jalostettu puu ja lavalatikat, muovikassit, -köydet sekä lasi- ja keramiikkasirut. Yhteensä kymmenen yleisintä roskatyyppiä kattoivat keskimäärin 89 % kaikista Suomen rantaroskista ja erilaisten kertakäyttöisten muovituotteiden osuus oli 70 %, josta 63 % oli tupakantumppeja ja 7 % muuta kertakäyttömuovia. Euroopan rannoilla muovin osuus oli 84 % ja kymmenen yleisintä roskatyyppiä (erikokoiset muovipalat, -narut, -köydet, -korkit, -kannet, -kääreet, ja -kassit sekä tupakantumpit ja vanupuikot) kattoivat yli 60 % rantaroskasta. Kertakäyttöisten muovituotteiden osuus oli 50 % (Addamo ym. 2017). Suomen ja muun Euroopan välistä eroa rantaroskan koostumuksessa selittää ainakin osittain tupakantumppien huomiotta jättäminen EU:n laajuisissa analyyseissä.

Mikromuovien lähteitä on selvitetty joissakin Euroopan maissa sekä kahdessa EU:n komission tilaamassa selvityksessä. Taulukkoon 29 on koottu arviot tärkeimpien mikromuovilähteiden tonnimääräisestä potentiaalisesta kuormituksesta. On huomattava, että eri maiden arvioissa on saatettu käyttää erilaisia lähestymistapoja, mistä johtuen tulosten vertaaminen voi paikoitellen olla mahdotonta. Päästöarvot eivät suoraan kerro siitä, kuinka paljon mikromuovia eri toiminnosta päätyy mereen. Sen selvittämiseksi tulisi toteuttaa päästömittauksia oletetun lähteen välittömässä läheisyydessä. Joitakin yhteneväisyyksiä tuloksia verratessa pystyy tunnistamaan. Saksaa lukuun ottamatta tieliikenne on kaikissa arvioissa todettu merkittävämmäksi potentiaalisesti lähteeksi. Rengaskuluman osalta tulokset ovat vertailukelpoisia, koska laskentatapa on yhteneväinen ja suhteessa tieliikennesuoritteisiin. Se määrä, mikä todellisuudessa päätyy mereen voi kuitenkin vaihdella huomattavasti eri maiden välillä. Päästöihin vaikuttaa sateisuus, teiden kunnossapito, päällysteen laatu, tieverkoston sijainti suhteessa mereen, hulevesien hallinta jne. Saksassa suurimmaksi lähteeksi nostettiin muoviraaka-aineiden valmistus. Pohjoismaissa muovipellettipäästöt arvioitiin pienemmiksi, mutta kyse on kuitenkin sadoista tonneista (lukuun ottamatta Tanskaa). Suomen tulokset poikkeavat muiden maiden tekemistä arvioista etenkin kosmetiikka- ja hygieniatuotteiden osalta. Tähän vaikuttaa saatavilla olleen aineiston laatu ja käytetty laskentatapa. RoskatPois!-hankkeen arvioissa käytettiin muista maista poiketen tietokantaa Suomen markkinoilla olevista tuotteista, joissa

sisällyslueutelon perusteella oli mikromuoveiksi varmuudella luokiteltuja muovipolymeerejä. Muissa maissa tehtyihin arvioihin verrattuna arvio Suomen osalta on alhainen (taulukko 29). Viimeisimmän koko Euroopan talousalueen kattav arvion mukaan (ECHA 2020) iholta pois huuhdeltavien HKH-tuotteiden ja kosmetiikan aiheuttamat mikromuovipäästöt olisivat keskimäärin 3 100 tonnia vuodessa. Mikäli tätä arviota sovellettaisiin suoraan väkilukuun suhteutettuna Suomeen, olisi lopputulos huomattavasti korkeampi (35 tn/vuosi).

Roskatpois!-hankkeessa ei arvioitu määrällisesti mistään maaleista tai pinnoitteista syntyvää mikromuovikuormaa. Tulevissa tutkimushankkeissa toivottavasti pystytään arvioimaan näiden päästöjen kokonaisuutta. Sen sijaan RoskatPois!-hanke tuotti Suomelle ainoana maana tietoja kalastuksen ja kalakasvatuksen aiheuttamasta, suoraan mereen päätyvästä mikromuovikuormituksesta. Toinen päästölähde, joka arvioitiin vain Suomessa, on lumen merikaadosta aiheutuva kuormitus. Tätä ei ole esitetty taulukossa 29, koska arviossa on mukana monen kokoista roskaa ja muovia. Tehdyn arvion perusteella Helsingissä sijaitsevaan Hernesaaren rantaan voi lumenkaadon myötä päätyä jopa 17 tonnia roskaa yhden runsaslumisen talven aikana.

Taulukko 29. Yhteenveto mikromuovien lähdeselvitysten tuloksista. Suomen tulokset: RoskatPois!-hanke (tämä selvitys), arvioitu suurimmaksi osaksi vuoden 2017 aineiston perusteella. Määrät on pyöristetty lähimpään kokonaislukuarvoon ja edustavat laskennallisia päästöjä, eivät mereen kulkeutuvaa osuutta.

Mikromuovien lähteet tonnia/vuosi	Ruotsi	Norja	Tanska	Saksa	Suomi	EU:n talousalue
Tieliikenne - rengaspöly	7 674 ¹⁾	4 500 ¹⁾	4 200–6 600 ¹⁾	60 000–111 000 ¹⁾	5 348–10 528	503 586 ^{B 1)}
		9 571 ²⁾			9 011 ²⁾	
Tieliikenne - jarrujen kuluminen	-	-	-	-	-	505–17 161 ^B
Teiden merkintämässat	504	320	110–690	-	-	94 358 ^B
Ulkotilojen maalit ja pinnoitteet	128–251	220	150–810	-	-	21 100–34 900 ^B
Sisätilojen maalit (primäärit mikromuovit)	-	-	-	-	-	3 500 ^{B 3)}
Alusten ja huviveneiden maalit ja pinnoitteet	158–737	730	40–480	-	-	1 194 ^B
Jalkapallokenttien täyteaineet	1 638–2 456 ⁴⁾	-	380–640 ⁴⁾	-	1074–6495 ⁴⁾	18 000–72 000 ^{B 5)}
						2000–52 000 ^C
Muovintuotannon raaka-aineet	310–533	450	3–56	21 000–210 000	359	16 888–167 431 ^B
Tekstiilit	8–945	600	200–1 000	80–400	5–290 ⁶⁾	18 430–46 175 ^B
Pois huuhdeltava HKH ja kosmetiikka	66 ⁷⁾	40	9–29	496	n. 5	714–793 ^{A 8)} 3 155 ^{C 9)}
Hioma-aineet	-	-	0,05–2,5	<100	-	-
Huonepöly	1–19	450 ¹⁰⁾	-	-	97	-
Kalastus	-	-	-	-	18	478–4 780 ^B
Kalankasvatus	-	-	-	-	22–38	-

Lähteet: Ruotsi; Magnusson ym. (2016a), Norja; Sundt ym. (2014), Tanska; Lassen ym. (2015), Saksa; Essel ym. 2015, EU; (A) Amec Foster Wheeler (2017), (B) Hann ym. (2018), (C): ECHA (2019). Arviot tarkentuvat ja muuttuvat jatkuvasti uusien selvitysten myötä. Lumenkaadosta aiheutuvaa kuormitusta ei ole sisällytetty tähän taulukkoon, koska sitä on käsitelty kulkeutumisleikkurina, joka sisältää roskaa monista lähteistä.

¹⁾ Liikennesuoriteperusteinen arvio, ²⁾ Kierrätystilastojen ja elinkaariarvioiden kautta arvioitu, ³⁾ Välineiden pesu
⁴⁾ Kumirouhe, ⁵⁾ Mukana myös nukkalanka, ⁶⁾ Napper ja Thompson (2016); irtoavia keinokuituja 12–640 mg kg⁻¹
⁷⁾ Nestemäiset saippuat, vuoden 2012 aineisto, ⁸⁾ 2015, ⁹⁾ Keskiarvo, ¹⁰⁾ Kotitaloudet

LÄHTEET

- Accinelli, C., Abbas, H.K., Shier, W.T., Vicari, A., Little, N.S., Rosaria Aloise, M., Giacomini, S. 2019. Degradation of microplastic seed film-coating fragments in soil. *Chemosphere* 226: 645–650.
- Addamo, A.M., Laroche, P., Hanke, G. 2017. Top marine beach litter items in Europe. EUR 29249 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Adgate, J.L., Weisel, C., Wang, Y., Rhoads, G.G., Lioy, P.J. 1995. Lead in house dust: relationships between exposure metrics. *Environ. Res.* 70: 134–147.
- Ahlbom, J., Duus U. 1994. Nya hjulspår - en produktstudie av gummidäck. Rapport från kemikalieinspektionen i samarbete med länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län.
- AISE (International Association for Soaps, Detergents and Maintenance Products) 2014. AISE Consumers Habits Survey Summary.
- Almroth, B.M.C., Åström, L., Roslund, S., Petersson, H., Johansson, M., Persson, N.-K. 2018. Quantifying shedding of synthetic fibers from textiles; a source of microplastics released into the environment. *Environ. Sci. Pollut. R.* 25: 1191–1199.
- Amec Foster Wheeler 2017. Intentionally added microplastics in products. Final report. European Commission (DG Environment).
- Arcadis, EUCC 2014. Final report. Marine litter study to support the establishment of an initial quantitative headline reduction target - SFRA0025. European commission DG Environment, Project number BE0113.000668. http://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/pdf/final_report.pdf.
- Arthur, C., Baker, J., Bamford, H. 2009. Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30.
- Avfall Sverige 2014. Korrektionsfaktorer vid plockanalyser för utsorterat brännbart avfall. Avfall Sveriges rapport U2014-04.
- Beach, W.J. 1972. Skin cleaner, Google Patents.
- Barnes, D.K.A., Galgani, F., Thompson, R.C., Barlaz, M. 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philos. T. R. Soc. B* 364: 1985–1998.
- Baumann, W., Muth, A. 1995. Untersuchung zur Erfassung der Umweltexposition von Chemikalien der Farben- und Lackindustrie, Endbericht zum Forschungsvorhaben 106 04 124. Institut für Umweltschutz, Universität Dortmund im Auftrag des Umwelt Bundesamts, 7/1995.
- BLASTIC 2016. Sources and pathways of marine litter. Background report. https://www.blastic.eu/wp-content/uploads/2018/11/sources-and-pathways-of-marine-litter_background-report-2.pdf.
- BLASTIC 2018. BLASTIC LMLAP Guidelines Document for municipalities working with mapping and prioritisation tool. <https://www.blastic.eu/wp-content/uploads/2019/02/blastic-lmlap.pdf>.
- Borealis 2019. Borealis Porvoo, tuotanto: <https://www.borealisgroup.com/porvoo/borealis-porvoo> Viitattu 31.5.2019
- Boucher, J., Friot D. 2017. Primary microplastics in the oceans: a global evaluation of sources. Gland, Switzerland: IUCN. 43 s.
- Broeke, H., Hulskotte, J., Denier van der Gon, H. 2008. Road traffic tyre wear. Netherlands national water board - Water unit.
- Browne M.A., Crump P., Niven S.J., Teuten E., Tonkin A., Galloway T., Thompson R. 2011. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environ. Sci. Technol.* 45: 9175–9179.
- Budimir, S., Setälä, O., Lehtiniemi, M. 2018. Effective and easy to use extraction method shows low numbers of microplastics in offshore planktivorous fish from the northern Baltic Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 127: 586–592.
- Carr, S.A., Liu, J., Tesoro, A.G. 2016. Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants. *Water Res.* 91: 174–182.
- Cheshire, A.C., Adler, E., Barbière, J., Cohen, Y., Evans, S., Jarayabhand, S., Jestic, L., Jung, R.T., Kinsey, S., Kusui, E.T., Lavine, I., Manyara, P., Oosterbaan, L., Pereira, M.A., Sheavly, S., Tkalin, A., Varadarajan, S., Wenneker, B., Westphalen, G. 2009. UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter. UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 186; IOC Technical Series No. 83: xii + 120 pp.

- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway, T.S. 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Mar. Pollut. Bull.* 62: 2588–2597.
- Cou Coutris C., Rivier P.A., Fongen M., Treu A., Joner E.J. 2018. Kartlegging av Gummigranulat/mikroplast i jord nær kunstgressbaner. Divisjon Miljø og Naturressurser, Avdeling Jord og klima. NIBIO RAPPORT VOL. 4, NR. 4.
- Dahlbo, H., Patané, A., Pokela, J., Merilehto, K., Salmenperä, H. 2018. Jätetoimintojen roskaamispotentiaaloin kartoitus (Roskat pois -hanke). Julkaisematon raportti, SYKE. 9 s.
- De Falco, F., Gullo, M.P., Gentile, G., Di Pace, E., Cocca, M., Gelabert, L., Brouta-Agnésa, M., Rovira, A., Escudero, R., Villalba, R., Mossotti, R., Montarsolo, A., Gavignano, S., Tonin, C., Avella, M. 2018. Evaluation of microplastic release caused by textile washing processes of synthetic fabrics. *Environ. Pollut.* 236: 916–925.
- De Falco, F., Cocca, M., Avella, M., Thompson, R.C. 2020. Microfiber release to water, via laundering, and to air, via everyday use: a comparison between polyester clothing with different textile parameters. *Environ. Sci. Tech.* **Article ASAP** DOI: 10.1021/acs.est.9b06892
- Dhodapkar, S., Trottier, R., Smith, B. 2009. Measuring dust and fines in polymer pellets: the ability to carry out such measurements can help operators improve quality control, assess equipment performance and optimize the process. *Chem. Eng.* 116: 24–60.
- Diemel, J.A.L., Brunekreff, B., Boleij, J.S.M., Biersteker, K., Veenstra, S.J. 1981. The Arnhem Lead Study II. Indoor Pollution, and Indoor/Outdoor Relationships. *Environ. Res.* 25: 449–456.
- Dris, R., Gasperi, J., Mirande, C., Mandin, C., Guerrouache, M., Langlois, V., Tassin, B. 2017. A first overview of textile fibers, including microplastics, in indoor and outdoor environments. *Environ. Pollut.* 221: 453–458.
- ECHA (European Chemicals Agency) 2019. Annex XV restriction report. Proposal for a restriction. Substance name(s): intentionally added microplastics. <https://echa.europa.eu/documents/10162/82cc5875-93ae-d7a9-5747-44c698dc19b6>.
- ECHA 2020. Pertti Elo; Euroopan kemikaalivirasto, henkilökohtainen tiedonanto. *-Esitetyt viimeisimmät arviot tekonurmikenttien kumirouhepäästöistä sisältyvät valmisteilla olevaan päivitettyyn versioon vuoden 2019 rajoitusehdotuksesta (ECHA 2020), joka julkaistaan 06/2020.*
- Edwards, R.D., Yurkow, E.J., Lioy, P.J. 1998. Seasonal deposition of housedusts onto household surfaces. *Sci. Total Environ.* 224: 69–80.
- EFSA CONTAM Panel (European Food Safety Authority Panel on Contaminants in the Food Chain) 2016. Statement on the presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. *EFSA Journal* 14: 4501, 30 s.
- Ekroos, A., Haaksi, H., Lilja, R., Seppälä, J., Warsta, M. 2019. Kertakäyttömuovituotteita koskevan direktiivin toimeenpanon vaihtoehtojen tarkastelu. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:26. 202 s. ISBN: 978-952-361-033-0
- Eskelinen, H., Haavisto, T., Salmenperä, H., Dahlbo, H. 2016. Muovien kierrätyksen tilanne ja haasteet. CLIC Innovation Raportti D4.1-3.
- Essel, R., Engel, L., Carus, M., Ahrens, R.H. 2015. Sources of microplastics relevant to marine protection in Germany. Federal Environment Agency (Germany), Texte 64/2015. 45 s.
- ETRMA 2015. End-of-life Tyre – Report 2015. <http://www.etrma.org/uploads/Modules/Documentsmanager/elt-report-v9a---final.pdf>
- ETRMA 2017. European Tyre & Rubber Industry. Statistics, Edition 2017. <http://www.etrma.org/uploads/Modules/Documentsmanager/20180329---statistics-booklet-2017---alternative-rubber-section-final-web.pdf>
- European Parliament 2016. Closing the loop: New circular economy package. European Parliamentary Research Service briefing, 9 s. [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/573899/EPRS_BRI\(2016\)573899_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/573899/EPRS_BRI(2016)573899_EN.pdf)
- Euroopan komissio 2018a. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. EU:n strategia muoveista kiertotaloudessa. COM/2018/028 final. Strasbourg 16.1.2018. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:2df5d1d2-fac7-11e7-b8f5-01aa75ed71a1.0017.02/DOC_1&format=PDF.
- Euroopan komissio 2018b. Ilmoitus: 2018/0097/F. Hajoavien muovien kieltäminen maataloudessa.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/56/EY, annettu 17 päivänä kesäkuuta 2008, yhteisön meriympäristöpoltin puitteista (meristrategiadirektiivi). Euroopan unionin virallinen lehti 25.6.2008. L 164: 19–40.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2015/720, annettu 29 päivänä huhtikuuta 2015, direktiivin 94/62/EY muuttamisesta kevyiden muovisten kantokassien kulutuksen vähentämisen osalta. Euroopan unionin virallinen lehti 6.5.2015. L 115: 11–15.

- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/851, annettu 30 päivänä toukokuuta 2018, jätteistä annetun direktiivin 2008/98/EY muuttamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti 14.6.2018. L 150: 109–140.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/852, annettu 30 päivänä toukokuuta 2018, pakkauksista ja pakkausjätteistä annetun direktiivin 94/62/EY muuttamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti 14.6.2018. L 150: 141–154.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2019/883, annettu 17 päivänä huhtikuuta 2019, aluksilta peräisin olevan jätteen toimittamiseen tarkoitetuista satamassa olevista vastaanottolaitteista, direktiivin 2010/65/EU muuttamisesta ja direktiivin 2000/59/EY kumoamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti 7.6.2019. L 151: 116–142.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2019/904, annettu 5 päivänä kesäkuuta 2019, tiettyjen muovituotteiden ympäristövaikutuksen vähentämisestä. Euroopan unionin virallinen lehti 12.6.2019. L 155: 1–19.
- Fendall, L.S., Sewell, M.A. 2009. Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleansers. *Mar. Pollut. Bull.* 58: 1225-1228.
- Folkö, A. 2015. Quantification and characterization of fibers emitted from common synthetic materials during washing. Examensarbete i miljö- och hälsoskydd. Stockholms Universitet och Käppalaförbundet.
- Forssell, O. 2011. Energiajätteen laatututkimus Kujalan jätekeskuksessa. Opinnäytetyö, Lahden Ammattikorkeakoulu, Ympäristötekniikan koulutusohjelma.
- Fortum 2016. Kilpailuetua Ekokemin CIRCO-granulaatista – tasaista laatua toimitusvarmasti. <https://www.fortum.fi/media/2016/10/kilpailuetua-ekokemin-circo-granulaatista-tasaista-laatua-toimitusvarmasti>. Viitattu 22.3.2019.
- Fortum 2018. Suomalaisten kannattaa kerätä muovipakkaukset kierrätykseen. <https://www.fortum.fi/media/2018/07/suomalaisten-kannattaa-kerata-muovipakkaukset-kierrattykseen>. Viitattu 31.5.2019
- Galgani, F., Hanke, G., Werner, S., De Vrees, L. 2013. Marine litter within the European Marine Strategy Framework Directive. *ICES J. Mar. Sci.* 70: 1055–1064.
- GESAMP 2015. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment (Kershaw, P. J., ed.). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 90, 96 s.
- GESAMP 2019. Guidelines for the monitoring and assessment of plastic litter in the ocean (Kershaw P.J., Turra A., Galgani F., toim.). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP/ISA Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 99, 130 s.
- Gogos, A., Knauer, K., Bucheli, T.D. 2012. Nanomaterials in plant protection and fertilization: current state, foreseen applications, and research priorities. *J. Agr. Food Chem.* 60: 9781–9792.
- Gouin, T.J.A., Brunning, I., Brzuska, K., de Graaf, J., Kaumanns, J., Konong, T., Meyberg, M., Rettinger, K., Schlatter, H., Thomas, J., van Welie, R., Wolf, T. 2015. Use of micro-plastic beads in cosmetic products in Europe and their estimated emissions to the North Sea environment. *SOFW J.*: 1–33.
- Gregory, M.R. 1977. Accumulation and distribution of virgin plastic granules on New Zealand beaches. *New Zeal. J. Mar. Fresh.* 12: 399–414.
- Gregory, M.R. 1996. Plastic ‘scrubbers’ in hand cleansers: a further (and minor) source for marine pollution identified. *Mar. Pollut. Bull.* 32: 867-871.
- Gustafsson, J., Säilä, V., Jännäri, J. 2017. Roskaretki. Libris Oy, Helsinki.
- Gustafsson, M., Blomqvist, G., Bennet, C. 2011. Wear particles from road pavements with rubber mixed bitumen - Comparison with reference pavement. VTI notat 8A-2011. www.vti.se/publications
- Haaksi, H. 2012. MARLIN-projektin väliraportti - Puhtaat Suomen rannat – totta vai tarua? Pidä Saaristo Siistinä ry. 25 s. http://www.pidasaaristosiistina.fi/files/1170/Marlin_valiraportti_FIN.pdf
- Hanke G., Walvoort D., van Loon W., Addamo A.M., Brosich A., del Mar Chaves Montero M., Molina Jack M.E., Vinci M., Giorgetti A. 2019. EU Marine Beach Litter Baselines. EUR 30022 EN, JRC114129, Publications Office of the European Union, Luxemburg.
- Hann, S. Sherrington, C. Jamieson, O. Hickman, M. Kershaw, P. Bapasola, A. Cole, G. 2018. Investigating options for reducing releases in the aquatic environment of microplastics emitted by (but not intentionally added in) products. Report for DG Environment of the European Commission. EUNOMIA 2018. 321 s.
- Hartline, N.L., Bruce, N.J., Karba, S.N., Ruff, E.O., Sonar, S.U., and Holden, P.A. 2016. Microfiber Masses Recovered from Conventional Machine Washing of New or Aged Garments. *Environ. Sci. Technol.* 50: 11532–11538.

- Hartmann, N., Hüffer, T., Thompson, R.C., Hassellöv, M., Verschoor, A., Daugaard, A.E., Herrling, M.P. 2019. Are we speaking the same language? Recommendations for a definition and categorization framework for plastic debris. *Environ. Sci. Technol.* 53: 1039–1047.
- HELCOM 2015. Regional Action Plan for Marine Litter in the Baltic Sea. 20 s.
- HELCOM 2018a. HELCOM SPICE Task 2.1.1. Development of baselines of marine litter - Identification of top litter items in the Baltic Sea region. http://www.helcom.fi/Documents/HELCOM%20at%20work/Projects/Completed%20projects/SPICE/Theme%202_Deliverable%202.1.1.b.pdf
- HELCOM 2018b. HELCOM SPICE Task 2.1.2 Development of baselines of marine litter - Litter on the seafloor in the HELCOM area- analyses of data from BITS trawling hauls 2012-2016. http://www.helcom.fi/Documents/HELCOM%20at%20work/Projects/Completed%20projects/SPICE/Theme%202_Deliverable%202.1.2.pdf
- Helsingin kaupunki 2017. Rakentamisen ympäristöhaitat. Valvontahanke viidellä aluerakentamisen kohteella 2017. Raportti, 6 s.
- Helsingin Sanomat 3.1.2018. Inkeri Pekkanen on kerännyt viime huhtikuun jälkeen 11 800 roskaa Hangon rannoilta – mitä ovat pikkuruiset muovipelletit, joita ei voi edes siivota? <https://www.hs.fi/kotimaa/art-2000005511617.html>. Viitattu 31.5.2019.
- Hintersteiner, I., Himmelsbach, M., Buchberger, W.W. 2015. Characterization and quantitation of polyolefin microplastics in personal-care products using high-temperature gel-permeation chromatography. *Anal. Bioanal. Chem.* 407: 1253-1259.
- Huhtinen, T., Känkänen, R. 2015. Lumen vastaanoton vaihtoehdot vuoteen 2050. Helsingin kaupungin rakennusviraston raportti. 35 s.
- ICES 2012. Manual for the International Bottom Trawl Surveys. Series of ICES Survey Protocols. SISP 1-IBTS VIII. 68 s.
- Intovuori, V.-V. (julkaisematon). Ships' waste sources and incentives for preventing pollution to sea. Traficomin tutkimuksia ja selvityksiä.
- Jarosiewicz, A., Tomaszewska, M. 2003. Controlled-release NPK fertilizer encapsulated by polymeric membranes. *J. Agric. Food. Chem.* 51: 413–417.
- Jarva, J. 2011. Ratsastus kenttien pohjamateriaalit. Opinnäytetyö, Hämeen ammattikorkeakoulu, Maailinkeinojen koulutusohjelma. 38 s.
- Jokinen, M., Aulio, K., Suokas, P., Kronberg, L. 1985. Lumenkaatopaikkojen ympäristövaikutukset. Turun kaupunki, ympäristösuojelulautakunta. 24 s.
- Juhantila, T. 2018. Meriliikenteen päästöjen vaikutus Itämeren roskaantumiseen. Opinnäytetyö, Yrkeshögskolan Novia, Turku. Degree Programme in Maritime Management. 95 s.
- Järveläinen, J., Kuoppamäki, K., Pöysti, M. 2019. Hulevesien siirto, biosuodatuskäsittely ja suodatinmateriaalien vertailu Lahdessa. *Vesitalous* 2: 6–11.
- Järvinen, P. 2008. Uusi muovitieto. Muovifakta Oy. WS Bookwell Oy, Porvoo. 263 s.
- Järvinen, P. 2017. Muovit ja muovituotteiden valmistus. Muovifakta Oy. Bookwell Oy, Porvoo. 239 s.
- Karlsson, T. M., Arneborg, L., Broström, G., Carney Almroth, B., Gipperth, L., Hassellöv, M. 2018. The unaccountability case of plastic pellet pollution. *Mar. Pollut. Bull.* 129: 52–60.
- Kerkkänen, J., Sillanpää, N., Lehikoinen, E., Laurila T., Kuoppamäki, K., Kalliala, E., Valtanen, M., Jalonen, J. 2019. Hajautettua huleveden hallintaa Espoon Niittykummussa. *Vesitalous* 2: 17–23.
- Khoder, M.I., Hassan, S.K., El-Absawy, A.A. 2010. An evaluation of loading rate of dust, Pb, Cd, and Ni and metals mass concentration in the settled surface dust in domestic houses and factors affecting them. *Indoor Built Environ.* 19: 391–399.
- Kildesø, J., Vallarino, J., Spengler, J.D., Brightman, H.S., Schneider, T. 1999. Dust build-up on surfaces in the indoor environment. *Atmos. Environ.* 33: 699–707.
- Kilponen, J. 2016. Microplastics and Harmful Substances in Urban Runoffs and Landfill Leachates – Possible Emission Sources to Marine Environment. Lahti University of Applied Sciences Degree Programme in Environmental Technology. 69 + 8 s.
- KIVO 2019. Koostumustietopankki. https://kivo.fi/yymmarramme/koostumustietopankki/kotitalousjätteen_koostumus_yhteen_veto/
- Kole, J.P., Löhr, A.J., Van Belleghem, F.G.A.J., Ragas, A.M.J. 2017. Review: Wear and Tear of Tyres - A Stealthy Source of Microplastics in the Environment. *Int. J. Env. Res. Pub. He.* 14: 1265.

- Komission direktiivi (EU) 2017/845, annettu 17 päivänä toukokuuta 2017, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2008/56/EY muuttamisesta meristrategioiden valmistelussa huomioon otettavien tekijöiden ohjeellisten luetteloiden osalta. Euroopan unionin virallinen lehti 18.5.2017. L 125: 27–33.
- Korpinen, S., Laamanen, M., Suomela, J., Paavilainen, P., Lahtinen, T., Ekeboom, J. (toim.) 2018. Suomen meriympäristön tila 2018. SYKE:n julkaisuja 4. Grano, Helsinki. 248 s.
- Kupiainen, K., Denby, B.R., Gustafsson, M., Johansson, C. 2017. Road dust and PM10 in the Nordic countries: Measures to Reduce Road Dust Emissions from Traffic. Nordic Council of Ministers, Nordic Council of Ministers Secretariat, Klima og luftgruppen (KoL). Copenhagen: Nordisk Ministerråd.
- Laaksonen, J., Pietarinen, A., Salmenperä, H., Merilehto, K. 2017. Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2023; Taustaraaportti. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/79699>
- Laamanen, M. (toim.) 2016. Suomen merenhoitosuunnitelman toimenpideohjelma 2016-2021. Ympäristöministeriön raportteja 5. Lönnberg Print & Promo, Helsinki. 198 s.
- Lahtinen, S., Tuominen, J., Kokkonen, M. 2018. Liikennesuoritelaskenta vuodelle 2017. Tilastokeskus, 4/2018.
- Lasec, S., Mauricio, J., Thompson, W.A., Karnjanapiboonwong, A., Kasumba, J., Subbiah, S., Morse, A.N., Anderson, T.A. 2017. Microplastics in a freshwater environment receiving treated wastewater effluent. *Integr. Environ. Assess. Manag.* 13: 528–532.
- Lassen, C., Foss Hansen, S., Magnusson, K., Norén, F., Bloch Hartmann, N.I., Rehne Jensen, P., Gissel Nielsen, T., Brinch, A. 2015. Microplastics - Occurrence, effects and sources of releases to the environment in Denmark. Environmental project No. 1793, Danish Ministry of the Environment, Environmental Protection Agency. 204 s.
- Lassen, C., Warming, M., Kjølholt, J., Geest Jakobsen, L., Vrubleuskiene, N., Novichkov, B., Strand, J., Feld, L., Bach, L. 2019. Survey of polystyrene foam (EPS and XPS) in the Baltic Sea. Final report, Danish Fisheries Agency / Ministry of Environment and Food of Denmark. 166 s.
- Lavers, J.L., Sharp, P.B., Stuckenbrock, S., Bond, A.L. 2019. Entrapment in plastic debris endangers hermit crabs. *J. Hazard. Mater.* 121703.
- Law, K.L., Morét-Ferguson, S.E., Goodwin, D.S., Zettler, E.R., DeForce, E., Kukulka, T., Proskurowski, G. 2014. Distribution of surface plastic debris in the eastern Pacific Ocean from an 11-year data set. *Environ. Sci. Technol.* 48: 4732–4738.
- Lebreton, L., Slat, B., Ferrari, F., Sainte-Rose, B., Aitken, J., Marthouse, R., Hajbane, S., Cunsolo, S., Schwarz, A., Levivier, A., Noble, K., Debeljak, P., Maral, H., Schoeneich-Argent, R., Brambini, R., Reisser, J. 2018. Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. *Sci. Rep.* 8: 4666.
- Lechner, A., Ramler, D. 2015. The discharge of certain amounts of industrial microplastic from a production plant into the River Danube is permitted by the Austrian legislation. *Environ. Pollut.* 200: 159–160.
- Lehtiniemi, M., Hartikainen, S., Näkki, P., Engström-Öst, J., Koistinen, A., Setälä, O. 2018. Size matters more than shape: Ingestion of primary and secondary microplastics by small predators. *FoodWebs* 16: e00097.
- Lehtonen, S., Wiik, C., Nurmi, V., Koivuniemi, M. 2015. Loppuraportti: Orgaanisia epäpuhtauksia sisältävien teollisten kalvo-muovien pesukokeilu ja kierrätysprosessin kehitys. *Ekokem*, 41 s.
- Lepow, J.V., Padden, T.J., Wietfeldt, J.R., Gipp, M.M., Singsank, G.A. 2006. Artificial testing soil and method for testing. U.S. Patent No 7,001,773 B2, S.C. Johnson & Son, Inc.
- Leppänen, J.-M. 2012. Meriympäristön nykytilan arvio, hyvän tilan määrittäminen sekä ympäristötavoitteiden ja indikaattoreiden asettaminen. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Meri/Merensuojelu_ja_hoito/Merenhoidon_suunnittelu_ja_yhteisty
- Leslie, H.A. 2012. Microplastic in Noordzee zwevend stof en cosmetica. Amsterdam, Netherlands, IVM Institute for Environmental Studies, VU University Amsterdam
- Leslie, H.A. 2014. Review of Microplastics in Cosmetics - Scientific background on a potential source of plastic particulate marine litter to support decision-making. IVM Institute for Environmental Studies. http://www.ivm.vu.nl/en/Images/Plastic_ingredients_in_Cosmetics_07-2014_FINAL_tcm234-409859.pdf
- Leslie, H.A. 2015. Plastic in Cosmetics: Are we polluting the environment through our personal care: plastic ingredients that contribute to marine microplastic litter. UNEP.
- Lioy, P.J., Freeman, N.C.G., Millette, J.R. 2002. Dust: A metric for use in residential and building exposure assessment and source characterization. *Environ. Health Persp.* 110: 969–983.
- Liu, F., Borg Olesen, K., Reimer Borregaard, A., Vollertsen, J. 2019. Microplastics in urban and highway stormwater retention ponds. *Sci. Total Environ.* 671: 992–1000.
- Luvanvaraisten kansainvälisten jätesirtojen tietokanta. Suomen ympäristökeskus.

- Macher, J.M. 2001. Review of Methods to Collect Settled Dust and Isolate Culturable Microorganisms. *Indoor Air* 11: 99–110.
- Magnusson, K., Norén, F. 2014. Screening of microplastic particles in and down-stream a wastewater treatment plant, Swedish Environmental Research Institute.
- Magnusson, K., Eliasson, K., Fråne, A., Haikonen, K., Hultén, J., Olshammar, M., Stadmark, J., Voisin, A. 2016a. Swedish sources and pathways for microplastics to the marine environment. A review of existing data. IVL Report C183. IVL Swedish Environmental Research Institute, Stockholm. 87 s.
- Magnusson, K., Jörundsdóttir, H., Norén, F., Lloyd, H., Talvitie, J., Setälä, O. 2016b. Microlitter in sewage treatment systems: A Nordic perspective on waste water treatment plants as pathways for microscopic anthropogenic particles to marine systems. Copenhagen, Nordisk Ministerråd: 56.
- Majaneva, S., Suonpää, A. 2015. Vedenalaisen roskan kartoitus Helsingin edustan merialueella – pilottiprojekti. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 2/2015.
- MARLIN 2013. Final report of Baltic marine litter project MARLIN – Litter monitoring and raising awareness 2011-2013. <http://www.cbss.org/wp-content/uploads/2012/08/marlin-baltic-marine-litter-report.pdf>
- Mintenig, S.M., Int-Veen, I., Löder, M.G.J., Primpke, S., Gerds, G. 2017. Identification of microplastic in effluents of waste water treatment plants using focal plane array-based micro-Fourier-transform infrared imaging. *Water Res.* 108: 365–372.
- Morawska, L., Salthammer, T. (toim.) 2006. Indoor environment: airborne particles and settled dust. Wiley-VCH Verlag, Weinheim.
- Muovitiopankki 2019. Demoversio: http://muovifakta.fi/sites/default/files/Muovipankki_light.pdf. Viitattu 31.5.2019.
- Murphy, F., Ewins, C., Carbonnier, F., Quinn, B. 2016. Wastewater treatment works (WwTW) as a source of microplastics in the aquatic environment. *Environ. Sci. Technol.* 50: 5800-5808.
- Mølhav, L., Schneider, T., Kjærgaard, S.K., Larsen, L., Jørgensen, O. 2000. House dust in seven Danish offices. *Atmos. Environ.* 34: 4767–4779.
- Napper, I.E., Thompson, R.C. 2016. Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions. *Mar. Pollut. Bull.* 112: 39–45.
- Napper, I.E., Bakir, A., Rowland, S.J., Thompson, R.C. 2015. Characterisation, quantity and sorptive properties of microplastics extracted from cosmetics. *Mar. Pollut. Bull.* 99: 178-185.
- Newman, S., Watkins, E., Farmer, A., ten Brink, P., Schweitzer, J-P. 2015. The Economics of Marine Litter. Kirjassa: Bergmann, M., Gutow, L. & Klages, M. (toim.), *Marine Anthropogenic Litter*: 185–200. Springer International Publishing, Cham. 447 s.
- Nieminen, E., Ahtiainen, H., Lagerkvist, C.J., Oinonen, S. 2019. The economic benefits of achieving Good Environmental Status in the Finnish marine waters of the Baltic Sea. *Mar. Policy* 99: 181-189.
- Nizzetto, L., Futter, M., Langaas, S. 2016. Are agricultural soils dumps for microplastics of urban origin? *Environ. Sci. Technol.* 50: 10777–10779.
- Nordic Council of Ministers 2017. Nordic programme to reduce the environmental impact of plastic. Nordisk Ministerråd, Copenhagen, 24 s.
- Norén, F. 2007. Small plastic particles in coastal Swedish waters. *KIMO Sweden*, 11.
- Näkki, P., Setälä, O., Lehtiniemi, M. 2017. Bioturbation transports secondary microplastics to deeper layers in soft marine sediments of the northern Baltic Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 119: 255–261.
- Näkki, P., Setälä, O., Lehtiniemi, M. 2019. Seafloor sediments as microplastic sinks in the northern Baltic Sea - Negligible upward transport of buried microplastics by bioturbation. *Environ. Pollut.* 249: 74–81.
- Ocean Conservancy 2017. International Coastal Cleanup 2017 Report. https://oceanconservancy.org/wp-content/uploads/2017/06/International-Coastal-Cleanup_2017-Report.pdf
- OECD 2009. Emission Scenario Document on Coating Industry (Paints, Lacquers and Varnishes). OECD Series on Emission Scenario Documents 22. ENV/JM/MONO(2009)24. <http://www.oecd.org/env/ehs/risk-assessment/emissionsscenario-documents.htm>
- Operation Clean Sweep®: Program Manual. 2017. Plastics Industry Association (PLASTICS) and American Chemistry Council (ACC).
- Operation Clean Sweep® Report 2017. PlasticsEurope.
- Opetus- ja kulttuuriministeriö - Suomen palloliitto 2011. Tekonurmiopas. Suomen palloliitto ry. 47 s.

- Paakkunainen K. 2015. Tekonurmien käyttömahdollisuudet rakennetussa ympäristössä. 65 s. Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö, Hämeen ammattikorkeakoulu, maisemasuunnittelun koulutusohjelma.
- Pakkausjätetilasto. Pirkanmaan ELY-keskus. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Jatetilastot/Tuottajavastuun_tilastot/Pakkausjätetilastot
- PAME 2019. Desktop Study on Marine Litter including Microplastics in the Arctic. <https://oarchive.arctic-council.org/handle/11374/2389>
- Peltonen, M. 2012. Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy:n keräämän energiajätteen tarkastelu ja energiajätteen tulevaisuudennäkymien kartoittaminen. Opinnäytetyö, Hämeen ammattikorkeakoulu, Kestävän kehityksen koulutusohjelma. 38 s.
- Pikkarainen, K. 2017. Puhdas kuin lumi? Lumi mikromuovien ja muun roskan reittinä kaupunkialueelta mereen. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta, Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta. 106 s.
- Pitkäranta, P. 2008. Venetelakkatoiminnan vaikutukset maaperään ja sedimenttiin. Suomen ympäristö 16. 114 s.
- PlasticsEurope 2018. Plastics – the Facts 2018. An analysis of European plastics production, demand and waste data. https://www.plasticseurope.org/application/files/6315/4510/9658/Plastics_the_facts_2018_AF_web.pdf
- Puoci, F., Iemma, F., Gianfranco Spizzirri, U., Cirillo, G., Curcio, M., Picci, N. 2008. Polymer in agriculture: a review. Am. J. Agr. Biol. Sci. 3: 299–314.
- Päällystealan neuvottelukunta PANK ry. 2010. Seminaariesitelmä 18.5.2010.
- Pöyry 2013. Rouskis OY, Seka- ja energiajätteen lajittelututkimus. http://kivo.fi/wp-content/uploads/Rouskis-Oy_2013.pdf
- Rahman, M.M. 2004. Characterisation of dry process crumb rubber modified asphalt mixtures. PhD thesis, University of Nottingham, School of Civil Engineering, 301 s.
- Raunemaa, T., Kulmala, M., Saari, H., Olin, M., Kulmala M.H. 1989. Indoor Air Aerosol Model: Transport Indoors and Deposition of Fine and Coarse Particles. Aerosol Sci. Tech. 11: 11–25.
- Railo, S., Talvitie, J., Setälä, O., Koistinen, A., Lehtiniemi, M. 2018. Application of an enzyme digestion method reveals microplastic in *Mytilus trossulus* at a wastewater discharge area. Mar. Pollut. Bull. 130: 206–214.
- Ramboll Oy 2018a. Louhinnan syytysjärjestelmien muovijäte. Selvitys Helsingin kaupungille 12.1.2018. 28 s.
- Ramboll Oy 2018b. Meritöytätoihin liittyvän roskaantumisen vähentäminen -työpajamuistio 15.11.2018.
- Reisser, J.W., Slat, B., Noble, K.D., Plessis, K.D, Epp, M., Proietti, M.C., de Sonnevile, J., Becker, T., Pattiaratchi, C. 2015. The vertical distribution of buoyant plastics at sea: an observational study in the North Atlantic Gyre. Biogeosciences 12: 1249–1256.
- Ruuska, A., Häkkinen, T., Vares, S., Korhonen, M-R., Myllymaa, T. 2013. Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset. Ympäristöministeriön raportteja 8/2013, Rakennettu ympäristö.
- Ryan, P.G., Perold, V., Osborne, A., Moloney C.L. 2018. Consistent patterns of debris on South African beaches indicate that industrial pellets and other mesoplastic items mostly derive from local sources. Environ. Pollut. 238: 1008–1016.
- Saikkonen, L. 2018. Cost-effective combination of measures to reduce the loads of plastic marine litter in urban areas: Case Turku region. <https://www.blastic.eu/wp-content/uploads/2018/10/combination-of-measures-to-reduce-the-loads-of-plastic-marine-litter.pdf>
- Salla, A. Nurmi, P., Riipinen, M. 2012. Lumen läjityksen ympäristövaikutukset Helsingissä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 3/2012. 50 s.
- Salminen, J. 2017. Kierrätysmuovien keräämisen aloittaminen Turun seudun taloyhtiöissä – Case Lassila & Tikanoja Oyj. Opinnäytetyö (AMK). Turun ammattikorkeakoulu. Liiketoiminnan logistiikka.
- SAM 2018. Microplastic Pollution: The Policy Context - Background Paper. The Scientific Advice Mechanism Unit of the European Commission, 68 p. https://ec.europa.eu/research/sam/pdf/topics/microplastic_pollution_policy-context.pdf
- SAPEA, Science Advice for Policy by European Academies 2019. A Scientific Perspective on Microplastics in Nature and Society. Berlin: SAPEA. <https://doi.org/10.26356/microplastics>
- SCBD (Secretariat of the Convention on Biological Diversity) 2016. Marine Debris: Understanding, Preventing and Mitigating the Significant Adverse Impacts on Marine and Coastal Biodiversity. Technical Series No. 83. Montreal, 78 s.
- Schneider, T. 2008. Dust and fibers as a cause of indoor environment problems. SJWEH Suppl. 4: 10–17.
- Seppänen, E., Lappalainen, A. 2019. Kalastus ja kalankasvatus muoviroskan lähteenä Itämerellä: RoskatPois! -hankkeen selvitys. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 9/2019. Luonnonvarakeskus, Helsinki. 28 s.

- Setälä, O., Fleming-Lehtinen, V., Lehtiniemi, M. 2014. Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. *Environ. Pollut.* 185: 77-83.
- Setälä, O., Magnusson, K., Lehtiniemi, M., Norén, F. 2016a. Distribution and abundance of surface water microlitter in the Baltic Sea: A comparison of two sampling methods. *Mar. Poll. Bull.* 110: 177–183.
- Setälä, O., Norkko, J., Lehtiniemi, M. 2016b. Feeding type affects microplastic ingestion in a coastal invertebrate community. *Mar. Poll. Bull.* 102: 95–101.
- Setälä, O., Gustafsson, J., Haaksi, H., Lehtiniemi, M. 2017a. Roskapostia – kansalaisen tietokirja meren roskaantumisesta. Silverprint, Sipoo 2017.
- Setälä, O., Fjäder, P., Hakala, O., Kautto, P., Lehtiniemi, M., Raitanen, E., Sillanpää, M., Talvitie, J., Äystö, L. 2017b. Mikro-muovit riski ympäristölle. SYKE Policy Brief 21.3.2017
- Sherrington, C., Darrah, C. 2014. Towards a method for monitoring litter pathways to the aquatic environment. Clean Europe Network. Eunomia research and consulting.
- Sillanpää, M., Sainio, P. 2017. Release of polyester and cotton fibers from textiles in machine washing. *Environ. Sci. Pollut. R.* 24: 19313-19321.
- Sky News 24.2.2018. South Africa’s ecological ‘nightmare’ after plastic pellets spill. <https://news.sky.com/story/south-africas-ecological-nightmare-after-plastic-pellets-spill-11264554> Viitattu 31.5.2019
- Sofi, A. 2018. Effect of waste tyre rubber on mechanical and durability properties of concrete – A review. *Ain Shams Engineering Journal* 9: 2691-2700.
- Stalnaker, D., Turner, J., Parekh, D., Whittle, B., Norton, R. 1996. Indoor simulation of tyre wear: Some case studies. *Tyre Science and Technology* 24: 94–118.
- Strand, J. 2014. Contents of polyethylene microplastic in some selected personal care products in Denmark. Poster. International Conference on Plastics in Marine Environments, Reykjavik, Iceland.
- Sundt, P., Schulze, P.-E., Syversen, F. 2014: Sources of microplastic-pollution to the marine environment. Mepex, Norwegian Environment Agency. 86 s.
- Sundt, P., Schulze, P.-E., Syversen F. 2016. Primary microplastic-pollution: Measures and reduction potentials in Norway. Norwegian Environment Agency, Miljødirektoraet.
- Suomen Rengaskierratys Oy 2018. https://www.rengaskierratys.com/laki_ja_tilastot/kierratystilastot. Viitattu 18.4.2018.
- Suomen Tekstiili & Muoti 2018. Kuitujen tuotanto, kulutus ja hinnat <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/stjm/uploads/20180628171618/Kuitujen-tuotanto-kulutus-ja-hinnat-13.6.2018.pdf>. Viitattu: 20.8.2018.
- Suomen Uusiomuovi Oy 2019. Henkilökohtainen tiedonanto, Peter Rasmussen, 8.10.2019.
- Suomen virallinen tilasto 2017. Jätetilasto. Tilastokeskus, Helsinki. http://www.stat.fi/til/jate/2017/13/jate_2017_13_2019-01-09_tie_001_fi.html
- Suomen virallinen tilasto 2018. Rakennukset ja kesämökit. Tilastokeskus, Helsinki. <http://www.stat.fi/til/rakke/index.html>. Viitattu: 23.8.2018.
- SYKE/VEETI 2016. Viemäreiden kokonaispituus. Suomen ympäristökeskus (SYKE) / Vesihuollon tietojärjestelmä (VEETI). Viitattu 10.10.2016.
- Talvitie, J., Heinonen, M., Pääkkönen, J.-P., Vahtera, E., Mikola, A., Setälä, O., Vahala, R. 2015. Do wastewater treatment plants act as a potential point source of microplastics? – Preliminary study in the coastal Gulf of Finland, Baltic Sea. *Water Sci. Technol.* 72: 1495–1504.
- Talvitie, J., Mikola, A., Koistinen, A., Setälä, O. 2017a. Solutions to microplastic pollution - Removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies. *Water Research* 123: 401–407.
- Talvitie, J., Mikola, A., Setälä, O., Heinonen, M., Koistinen, A. 2017b. How well is microlitter purified from wastewater? A detailed study on the stepwise removal of microlitter in a tertiary level wastewater treatment plant. *Water Res.* 109: 164–172.
- Talvitie, J. 2018. Wastewater treatment plants as pathways of microlitter to the aquatic environment. PhD thesis, Aalto University. Aalto University publication series, Doctoral dissertations 86/2018. 106 pp.
- Teppola, K. 2005. RePlast FinEst-seminaari: Muovin käyttökohteet Suomessa. Esitelmä 16.11.2005.
- Thompson, R.C. 2015: Microplastics in the marine environment: sources, consequences and solutions. Kirjassa: Bergmann, M., Gutow, L. & Klages, M. (toim.), *Marine Anthropogenic Litter*: 185–200. Springer International Publishing, Cham. 447 s.

- Tirroniemi, J. 2019. Mikromuovit pohjoisen Itämeren pohjasedimentissä: Alueellinen vaihtelu ja menetelmäkehitys. Pro gradu -tutkielma, Ympäristöekologia, Ympäristötieteiden laitos, Helsingin yliopisto.
- Tudor, D.T., Williams, A.T. 2004. Development of a 'Matrix Scoring Technique' to determine litter sources at a Bristol Channel beach. *J. Coast. Conserv.* 10: 119–127.
- Tuominen, R. 2017a. Suomen Rengaskierrätys Oy. Henkilökohtainen tiedonanto, sähköpostiviesti 24.10.2017.
- Tuominen, R. 2017b. Suomen Rengaskierrätys Oy. Henkilökohtainen tiedonanto, sähköpostiviesti 16.10.2017.
- Tuomisto, P. 1994. The effects of marine litter on marine species and litter in the Finnish sea areas. Pro gradu -työ, Helsingin yliopisto, Hydrobiologian laboratorio.
- Uljas-tietokanta. Suomen Tulli.
- UNECE 2013. Working Party on Pollution and Energy (GRPE). Informal Document GRPE-65–20, (65th GRPE, 15–18 January 2013, Agenda Item 16) Transmitted by the Expert from the Russian Federation; GRPE: Geneva, Switzerland.
- UNEP 2005. Marine Litter, an analytical overview.
- UNEP 2009. Marine Litter: A Global Challenge. Nairobi: UNEP. 232 s.
- UNEP 2016. Marine plastic debris and microplastics – Global lessons and research to inspire action and guide policy change. United Nations Environment Programme, Nairobi.
- UNEP & NOAA 2012. The Honolulu Strategy. A global framework for prevention and management of marine debris. https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/publications-files/Honolulu_Strategy.pdf
- Unice, K., Weeber, M., Abramson, M., Reid, R., van Gils, J.A.G., Markus, A., Vethaak, A., Panko, J. 2018. Characterizing export of land-based microplastics to the estuary - Part I: Application of integrated geospatial microplastic transport models to assess tire and road wear particles in the Seine watershed. *Sci. Total Environ.* 646: 1639-1649.
- Uponor 2009. Uponor yhdyskunta- ja ympäristötekniikka. Materiaalit ja käyttöäit.
- Van der Meulen, M.D., DeVriese, L., Lee, J., Maes, T., Van Dalen, J.A., Huvet, A., Soudant, P., Robbens, J., Vethaak, A.D. 2014. Socio-economic impact of microplastics in the 2 Seas, Channel and France Manche Region: an initial risk assessment. MICRO Interreg project Iva.
- van Franeker, J. A. 1985. Plastic ingestion in the North Atlantic fulmar. *Mar. Pollut. Bull.* 16: 367–369.
- Van Loon, W., Hanke, G., Fleet, D., Werner, S., Barry, J., Strand, J., Eriksson, J., Gräwe, D., Schulz, M., Vlachogianni, T., Press, M., Blidberg, E., Walvoort, D. (julkaisematon). A European Beach Litter Threshold Value and Assessment Method. European Commission, Joint Research Centre. MSFD Technical Group on Marine Litter (TG-ML).
- van Praagh, M., Hartman, C., Brandmyr, E. 2018. Microplastics in Landfill Leachates in the Nordic Countries. TemaNord, ISSN 0908-6692; 2018:557.
- Veiga, J.M., Fleet, D., Kinsey, S., Nilsson, P., Vlachogianni, T., Werner, S., Galgani, F., Thompson, R.C., Dagevos, J., Gago, J., Sobral, P. and Cronin, R. 2016. Identifying sources of marine litter. MSFD GES TG Marine Litter Thematic Report, JRC Technical Report, EUR 28309.
- Verschoor, A., de Poorter, L., Roex, E., Bellert, B. 2014a. Quick scan and prioritization of microplastic sources and emissions. RIVM Letter report 2014-0156. National Institute for Public Health and the Environment, The Netherlands. 44 s.
- Verschoor, A., Poorter, L., Dröge, R., Kuenen, J., Valk, E. 2014b. Emission of microplastics and potential mitigation measures - Abrasive cleaning agents, paints and tyre wear. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM). Letter report 2016-0026.
- Vesitalous 2019. Vesitalous-lehden teemanumero 2/2019: Hulevesien laadullinen hallinta.
- Viana, M., Rivas, I., Querol, X., Alastuey, A., Sunyer, J., Álvarez-Pedrerol, M., Bouso, L., Sioutas, C. 2014. Indoor/outdoor relationships and mass closure of quasi-ultrafine, accumulation and coarse particles in Barcelona schools. *Atmos. Chem. Phys.* 14: 4459–4472.
- Vikström, K. 2016. Ajouratamerkintöjen kulutuskestävyys. Opinnäytetyö, Rakennustekniikan koulutusohjelma. Oulun ammattikorkeakoulu.
- Webster, T.F., Harrad, S., Millette, J.R., Holbrook, R.D., Davis J.M., Stapleton, H.M., Allen, J.G., McClean, M.D., Ibarra, C., Abdallah, M.A-E., Covaci, A. 2009. Identifying transfer mechanisms and sources of decabromodiphenyl ether (BDE 209) in indoor environments using environmental forensic microscopy. *Environ. Sci. Technol.* 43: 3067–3072.

- Weijer, A., Knol, J. 2017. Verspreiding van infill en indicatieve massabalans, Report for Branchevereniging Sport en Cultuur-techniek.
- Werner, S., Budziak, A., van Franeker, J., Galgani, F., Hanke, G., Maes, T., Matiddi, M., Nilsson, P., Oosterbaan, L., Priestland, E., Thompson, R., Veiga, J., Vlachogianni, T. 2016. Harm caused by marine litter. MSFD GES TG Marine Litter - Thematic Report, JRC Technical report, EUR 28317 EN.
- Wik, A. 2008. When the Rubber Meets the Road. Ecotoxicological Hazard and Risk Assessment of Tire Wear Particles. Doctoral thesis, Department of Plant and Environmental Sciences, Faculty of Science, University of Gothenburg.
- WSP Finland Oy 2010. Lumen vastaanottoaikat -selvitys. Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisut 2010:16. 98 s.
- WWF Poland 2015. Removal of derelict fishing gear, lost or discarded by fishermen in the Baltic Sea – final report. http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/wwf_poland_removal_of_derelict_fishing_gear_oct_2015_1.pdf
- YLVA-tietojärjestelmä. Suomen ympäristökeskus.
- Ympäristöministeriö 2014. Suomen merenhoidon seurantakäsikirja. <https://www.ymparisto.fi/download/no-name/%7BECF9A983-AC50-4DAB-B237-D7EA3A09664B%7D/103978>
- Ympäristöministeriö 2018. Vähennä ja vältä, kierrätä ja korvaa. Muovitekartta Suomelle. <http://www.ymparisto.fi/download/no-name/%7BB270324C-70A1-4830-AD7E-80AF12399C81%7D/140742>
- Yoon, Y.H., Brimblecombe, P. 2000. Contribution of dust at floor level to particle deposit within the Sainsbury Centre for visual arts. Stud. Conserv. 45: 127–137.
- Yrittäjät.fi 2018. Teollisuus: Suomessa osaamista mikromuoviongelman nujertamiseen – ”Karkuun päässyt raaka-aine on tuotannosta pois” <https://www.yrittajat.fi/uutiset/568983-teollisuus-suomessa-osaamista-mikromuoviongelman-nujertamiseen-karkuun-paassyt-raaka>
- Zidbeck, E. 2018. Mikromuovit Suomen rannikkokaloissa. Pro gradu -tutkielma, Akvaattiset tieteet, Ympäristötieteiden laitos, Helsingin yliopisto. 63 s. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/301374/Zidbeck_Erika_Pro_gradu_2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y%20Zobkov,%20M.,%20&%20Esiukova,%20E.%20\(2016\)](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/301374/Zidbeck_Erika_Pro_gradu_2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y%20Zobkov,%20M.,%20&%20Esiukova,%20E.%20(2016))
- Zitko, V., Hanlon, M. 1991. Another source of pollution by plastics - skin cleaners with plastic scrubbers. Mar. Poll. Bull. 22: 41–42.



ISBN 978-952-11-5139-2 (nid.)
ISBN 978-952-11-5140-8 (PDF)
ISSN 1796-1718 (pain.)
ISSN 1796-1726 (verkkoj.)