



Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 9/2019

Kalastus ja kalankasvatus muoviroskan lähteenä Itämerellä

RoskatPois! -hankkeen selvitys

Eila Seppänen ja Antti Lappalainen

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 9/2019

Kalastus ja kalankasvatus muoviroskan lähteenä Itämerellä

RoskatPois! -hankkeen selvitys

Eila Seppänen ja Antti Lappalainen



Tämä selvitys on osa Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) koordinoimaa RoskatPois! -hanketta.

Viittausohje:

Seppänen, E. & Lappalainen, A. 2019. Kalastus ja kalankasvatus muoviroskan lähteenä Itämerellä : RoskatPois!
-hankkeen selvitys. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 9/2019. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 28 s.



ISBN 978-952-326-713-8 (Painettu)

ISBN 978-952-326-714-5 (Verkkójulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkójulkaisu)

URN [http://urn.fi/URN:ISBN: 978-952-326-714-5](http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-714-5)

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Eila Seppänen ja Antti Lappalainen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2019

Julkaisuvuosi: 2019

Kannen kuva: Mikael Lindholm

Painopaikka ja julkaisumyynti: Juvenes Print, <http://luke.juvenesprint.fi>

Tiivistelmä

Eila Seppänen¹⁾ ja Antti Lappalainen²⁾

¹⁾ Luonnonvarakeskus (Luke), Laasalantie 9, 58175 Enonkoski, eila.seppanen@luke.fi

²⁾ Luonnonvarakeskus (Luke), Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki, antti.lappalainen@luke.fi

Maailmanlaajuisesti arvioituna noin 20 % meriroskasta on peräisin merellä tapahtuvasta toiminnasta, kuten kalastuksesta, kalankasvatuksesta ja meriliikenteestä. Eri päästölähteiden osuudet vaihtelevat merialueittain ja tehdyt arviot perustuvat pitkälti silmin nähtävän roskan määrään ja laatuun rannoilla, meren pinnalla ja joissain tapauksissa merenpohjassa. Itämeren tai Suomen merialueen osalta merilähtöisesti syntyvien roskien määrästä ei ole toistaiseksi tehty kattavia arvioita. Tässä selvityksessä arvioitiin suomalaisesta merellä tapahtuvasta kalastuksesta ja kalankasvatuksesta välittömästi mereen aiheutuvan muoviroskaantumisen määriä suuruusluokkatasolla. Arviot perustuvat välillisistä tiedoista johdettuihin laskentoihin eivätkä todellisiin mittaustuloksiin.

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. Kaupallisen rysä- ja verkkokalastuksen osalta välittömästi kalastustoimintaan liittyvän makromuovikuormituksen arvioitiin olevan suuruusluokaltaan noin yksi tonni vuodessa. 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. Arviossa ei ole mukana kalastusaluksista aiheutuvaa muovikuormitusta.

Suomen merialueilla tapahtuvan kalankasvatuksen verkkoaltaiden rakennemateriaaleista irtoavan mikromuovikuormituksen enimmäisarvioksi saatiin 31 tonnia vuodessa. 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. Kalankasvatuksesta syntyvä makromuovikuormitus arvioitiin vähäiseksi eikä sitä pystytty erikseen arvioimaan. Kokonaisuudessaan kalankasvatuksen välitön muovikuormitus mereen on laskelmien perusteella suuruusluokaltaan 22–38 tonnia vuodessa. Arviossa ei ole mukana kalankasvatuksessa käytetyistä aluksista johtuvaa muovikuormitusta.

Meriroskista koettiin olevan haittaa kalastukselle, mutta kalankasvatusta merivedessä oleva muovitai muu roska ei juuri häirinnyt. Suurin osa sekä kaupallisista kalastajista että kalankasvatusyrityksistä, joihin oltiin selvitystä tehdessä yhteydessä, olivat halukkaita yhteistyöhön roskaantumisen kartoittamiseksi ja merestä tai rannoilta löytyvien roskien toimittamiseksi kalasataman jätehuoltopisteesseen. Heitä voitaisiin edelleen kannustaa tähän toimintaan maksamalla korvausta roskien käsittelystä sekä kuljetuksesta.

Asiasanat: Itämeri, roskaantuminen, kaupallinen kalastus, kalankasvatus, muovit, mikromuovit, jätehuolto

Sisällys

1. Tausta ja tavoitteet	5
2. Kalastuksessa ja kalankasvatuksessa käytetyt muovit.....	7
2.1. Kalanpyydysten ja niihin liittyvien oheistarvikkeiden sisältämät muovit	7
2.2. Merellä käytetyt kalankasvatussyksiköt ja niiden sisältämät muovit	9
3. Muovien hajoaminen meressä	12
4. Kalastus ja mereen kulkeutuvat muovit.....	13
4.1. Kaupalliset kalastajat ja kalastusalukset	13
4.2. Pyyntimäärät eri menetelmillä	13
4.3. Arvioita pyydyksistä irtoavan mikromuovin määrästä	14
4.4. Haamuverkot ja muut pyydysten osat muoviroskana	15
5. Kalankasvatus ja mereen kulkeutuvat muovit	16
5.1. Kalankasvatustilat.....	16
5.2. Arvio kalankasvatuksesta irtoavan mikromuovin määrästä	17
6. Kalastajien huomioita meren roskaantumisesta	18
7. Kalankasvattajien huomioita meren roskaantumisesta	20
8. Muovistrategia – vaihtoehtoisten materiaalien kehittäminen.....	21
9. Johtopäätökset	22
Kiitokset	23
Viitteet	23

1. Tausta ja tavoitteet

Merten roskaantuminen on suuri, maailmanlaajuinen ympäristöongelma (UNEP 2016). Valtaosa merten roskasta on peräisin maalla olevista lähteistä, mutta noin viidenneksen roskista aiheuttaa merellä tapahtuva toiminta, kuten kalastus, kalankasvatus ja meriliikenne (Fjäder 2016). Pohjanmeren alueella 13 % merten roskaantumisen on arvioitu aiheutuvan ammattikalastuksesta (ARCADIS 2013). Meriroskat koostuvat pääasiassa (60–80 %) muovista (Derraik 2002, Thompson ym. 2004, Barnes ym. 2009, Andrady 2011, Jambeck ym. 2015). Yhdestä tai useammasta polymeeristä rakentuva muovi on monipuolinen materiaali, joka tarjoaa laajan valikoiman yhteiskunnallisia hyötyjä, sovelluksia teollisuudessa, rakentamisessa, lääketeissä ja elintarvikkeiden säilyttämisessä (Andrady & Neal 2009). Viimeisen 70 vuoden aikana muovituotanto on kasvanut eksponentiaalisesti: vuoden 1950 jälkeen valmistetuista muoveista noin puolet on valmistettu viimeksi kuluneiden 13 vuoden aikana (Geyer ym. 2017). Muoviroskan määrän voi olettaa lisääntyvän, koska muovia tuotetaan jatkuvasti entistä enemmän (PlasticsEurope 2015).

Hitaan hajoamisen vuoksi muovi voi säilyä meressä vuosia, vuosikymmeniä tai jopa vuosisatoja (Andrady 2015). Huomattava osa merten muoviroskasta on mikromuovia (Barnes ym. 2009, Browne ym. 2010, Claessens ym. 2011, Boucher & Friot 2017). Mikrokokoiset hiukkaset (< 5 mm) voivat olla esimerkiksi pieneksi jauhutunutta muovia tai vaatteiden keinokuituja, jotka kulkeutuvat mereen jätevedenpuhdistamoiden kautta (Tagg ym. 2015) tai irtoavat laivojen pohjamaaleista (Gorokhova 2015). Oman kokoluokkansa mikromuoveista kuidut ovatkin usein kaikkein yleisimpiä (Kanhai ym. 2017, Lassen ym. 2015, Lusher ym. 2014, Mason ym. 2016, Sutton ym. 2016, Gewert ym. 2017). Polypropeeni ja polyeteeni ovat tiheydeltään merivettä kevyempiä, ja myös pintavedessä yleisimmin esiintyviä muoveja (Hidalgo-Ruz ym. 2012, Mason ym. 2016, Gewert ym. 2017).

Mikromuovien epäillään olevan uhka merten elinympäristöille ja eliöstölle (Sheavly & Register 2007, Kühn ym. 2015). Merieliöiden ruuansulatukseen päättyy mikromuoveja, koska ne muistuttavat niin kooltaan (Boerger ym. 2010) kuin väriltään (Carpenter ym. 1972, Greene 1985, Shaw & Day 1994) niiden normaalia ravintoa. Mikromuovien päätyminen merten eliöstöön toimii reittinä niiden kertymiselle ravintoverkkoon (Derraik 2002, Thompson ym. 2004, Browne ym. 2008, Murray & Cowie 2011, Lusher ym. 2012, Cole ym. 2013, 2015, Wright ym. 2013, Setälä ym. 2014, 2016). Mikromuovit voivat toimia myös erilaisten vieraslajien, taudinaiheuttajien ja haitallisten aineiden kuljettajina (Browne ym. 2013, Rochman ym. 2013, Chua ym. 2014, Galloway ym. 2017). Suuri osa edellä mainituista tutkimuksista on toteutettu laboratorio-olosuhteissa, joten niiden tulokset eivät sellaisenaan vastaa tilannetta luonnossa.

Meriympäristössä esiintyvistä mikromuoveista ja niiden lähteistä on tehty muutamia selvityksiä myös Itämerellä ja sen lähialueilla (Sundt ym. 2014, Essel ym. 2015, Lassen ym. 2015, Magnusson ym. 2016). Yhteinen johtopäätös selvityksissä on ollut se, että tiedot eri kuormituslähteiden merkityksestä ja kuormituksen kokonaismääristä ovat hyvin vähäisiä ja epävarmoja.

Merten roskaantumisen vähentäminen on noussut tärkeäksi aiheeksi myös EU-alueen merenhoidossa. Itämerellä on merialueen kokoon nähden suuri valuma-alue ja väestömäärä, jotka tekevät merialueen roskaantumisen nopeasti kasvavan ongelman. Roskaantuminen onkin Itämeren suurimpia ongelmia rehevöitymisen, haitallisten aineiden ja vieraslajien ohella. Suomen merenhoitosuunnitelmassa todetaan, että tietoa meriympäristön roskaantumisen ei ole riittävästi saatavilla.

Lisätiedon saamiseksi Suomessa on käynnistetty merenhoidon toimenpideohjelmaa tukeva Roskat-Pois! -hanke (2017–2018), jonka päätavoitteena on laatia tiekartta kohti roskatonta meriympäristöä. Suomen ympäristökeskus (SYKE) koordinoi EMKR:n kansallisen meripolitiikkarahaston rahoittamaa hanketta, jonka partnereina ovat Liikenteen turvallisuusvirasto (Trafi) ja Luonnonvarakeskus (Luke).

Hankkeessa pyritään selvittämään rantojen ja meriympäristön roskaantumisen tila, roskien alkuperä, määrä ja tärkeimmät lähteet koko Suomen rannikko- ja merialueelta. Roskaantumisella tarkoitetaan tässä sekä makro- että mikrokokoista roskaa ja kaikkia materiaaleja. Hankkeen toisessa vaiheessa laaditaan ensimmäisen vaiheen tulosten perusteella ehdotus yleiseksi merenhoidon ympäristötavoitteeksi ja kolmannessa vaiheessa laaditaan ehdotuksia roskaantumisen vähentämisen toimenpiteiksi.

Tässä Luken toteuttamassa selvityksessä tarkastellaan suomalaisen kalastuksen ja kalankasvatuksen merkitystä Itämeren muoviroskaantumisessa ja toisaalta roskaantumisen vaikutuksia kalatalouselinkeinojen harjoittamiseen Itämerellä. Lisäksi kartoitetaan merellä toimivien kalatalousalan toimijoiden jätehuoltokäytäntöjä ja jätehuoltopisteiden toimivuutta. Kalastuksesta ja kalankasvatuksesta aiheutuvasta roskaantumisesta ei ole Suomessa aikaisemmin tehty arvioita.

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. Selvityksessä päähuomio kiinnitettiin pyydyksistä ja merellä olevista rakenteista irtoavan mikromuovin määriin. Kadonneiden kalanpyydysten, ns. haamuverkkojen, määrän arviointi ei varsinaisesti kuulunut tämän selvityksen piiriin, mutta kaupallisesta kalastuksesta katoavien pyydyksien määrästä pyrittiin saamaan karkeaa tietoa olemalla yhteydessä muutamaan rannikolla toimivaan kalastusvakuutusyhdistykseen. Vapaa-ajankalastajilta mereen jäävien verkkojen määrästä saatiin karkea arvio vuoden 2016 kalastusta koskeneeseen kalastustiedusteluun lisätystä aiheeseen liittyvästä kysymyksestä. Kalanpyydyksistä irtoavien muovikanisterien ja lippujen määrästä 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.

2. Kalastuksessa ja kalankasvatuksessa käytetyt muovit

Muovit ovat parempien lujuus- ja kestävyysominaisuuksiensa (Taulukko 1) ansiosta syrjäyttäneet aiemmin käytetyt nopeammin hajoavat materiaalit. Erilaisia muovilaatuja hyödynnetään kalanpöydysten, kalastukseen liittyvien tarvikkeiden ja kalankasvatusrakenteiden valmistuksessa sekä veneiden rakentamisessa ja ylläpidossa. Myös lähes kaikki kemiallisesti tai biologisesti (eli biosidisesti) vaikuttavat antifouling-aineet, ovat muoviyhdistepohjaisia. Antifouling-aineita käytetään torjumaan mikrobien ja kehittyneempien kasvi- ja eläinlajien muodostaman kasvuston tarttumista aluksiin sekä kalankasvatuksessa että osin myös kalastuksessa käytettäviin rakenteisiin (Tukes).

Taulukko 1. Kalastuksessa ja kalankasvatuksessa käytettyjen muovien ominaisuuksia.

Muovilaatu	Ominaisuudet
Polyamidi (PA, nailon)	<ul style="list-style-type: none"> • hyvä kulutuskestävyys • hyvät liukuominaisuudet • imee itseensä kosteutta ja turpoaa
Polyeteeni (PE)	<ul style="list-style-type: none"> • maailman käytetyin muovilaatu • keveys (tiheys < 1g/cm³) • hyvä kemikaalien kestävyys (paitsi voimakkaat hapot) • sitkeys • liukas pinta
Polyvinyylilokloridi (PVC)	<ul style="list-style-type: none"> • hyvä kemiallinen kestävyys (hapot/emäkset, mutta ei vahvat liuottimet) • jäykkyys • iskunkestävyys • muovattavuus • työstettävyys • liimattavuus • edullinen hinta
Vaahtopolystyreeni (EPS)	<ul style="list-style-type: none"> • hyvä lämmön/kylmän eristävyys • hyvä veden ja orgaanisten kemikaalien kestävyys • mekaanisten rasitusten vaimentavuus
Polypropeeni (PP)	<ul style="list-style-type: none"> • keveys • hyvä kemiallinen kestävyys • hyvä lämmönkesto • pieni vedenimeytyminen • liukas pinta

Lähde: AIKOLON OY

2.1. Kalanpöydysten ja niihin liittyvien oheistarvikkeiden sisältämät muovit

Verkkokudosta (havas) tehdään sekä polyamidista (PA, nailon) että polyeteenistä (PE) (Taulukko 2). Hapaiden käyttökohteita ovat muun muassa kalastusverkot, rysät, nuotat ja troolit. Rysässä kalapesä

on nailonhavasta ja aita ja potkut PE-havasta, lisäksi hylkeenkestävää dyneemaa käytetään lähinnä rysien peräosissa (Esa Lehtonen/Luke; Kuva 1). Troolien materiaalina on nailonhavas.

Kalastuksessa käytettävien köysien ja narujen valmistusmateriaaleina ovat polypropeeni (PP), PE ja nailon (Taulukko 2). PP-köysi kestää hyvin UV-säteilyä ja kulutusta eikä se veny, joten se sopii vaativaan, pitkäaikaiseen käyttöön. Verkon pauloitukseen sopii kevyt PP-köysi. PE-köysi on liukaspintaista ja vettymätöntä ja kestää hyvin happamia ja emäksisiä aineita. Se on kelluvaa, mutta raskaampaa kuin PP-köysi. Verkkonarut ovat PE-muovia. Polysteeli-köysi on sekoitus PP:a ja PE:a ja se sopii mm. rysien, troolien ja nuottien pauloiksi sekä ankkuriköydeksi kalanpyydyksiin. Nailonköysi on kaikkein pehmeintä käsitellä ja se kestää hankausta. Se sopii yleisköydeksi, vetoköydeksi kalastukseen ja lippumerkkien kiinnitykseen.

Pintaverkoissa käytettävät kohot on valmistettu vaahdotetusta polyeteenistä, joka on vettymätöntä ja öljynkestävää (Taulukko 2). Rysien ja nuottien kohot ovat polyvinyylikloridia (PVC) ja ne kestävät öljyä, hankausta ja painetta. Vaahtopolystyreeni-kohoja (EPS) käytetään mm. verkkojen merkitsemiseen, rysän aitoihin ja lippumerkkeihin. Myös kalalaatikoiden materiaalina on EPS, koska sen ominaisuudet sopivat tähän käyttötarkoitukseen mainiosti. Sen lämmöneristyskyky perustuu helmien sisällä olevaan liikkumattomaan ilmaan ja myös itse muovi, jota on noin 2–5 % tilavuudesta, johtaa huonosti lämpöä.

Rysäpyynnissä käytetään jonkin verran vesiliukoisia antifouling-aineita (esim. Notorius A-verkkoväri/Scandi Net), jotka ehkäisevät tehokkaasti levä- ym. kasvustojen tarttumista rysän havas- materiaaleihin. Antifouling-aineet ovat kuitenkin kalliita ja niiden kokonaiskäyttömäärät rysissä Suomen merialueella ovat erittäin vähäisiä (Esa Lehtonen/Luke). Niitä käyttävät vain yksittäiset kalastajat, joiden rysät ovat yhtäjaksoisesti pyynnissä lähes koko avovesikauden. Pääosa kalastajista pesee rysänsä toistuvasti pyyntikauden aikana, jotta kalastavuusominaisuudet säilyvät. Antifouling-uusintakäsittely tehdään noin kahden vuoden välein (Esa Lehtonen/Luke).



Kuva 1. Kalastusta Itämerellä: push up -rysä muovikanistereineen ja merkkilippuineen. (Mikael Lindholm)

Taulukko 2. Kalanpyydyksissä ja oheistarvikkeissa käytetyt muovit.

	Verkot	Rysät	Troolit	Kohot	Köydet/narut	Kalalaatikot
Polyamidi (PA, nailon)	x	x	x		x	
Polyeteeni (PE)	x	x		x	x	
Polyvinyylikloridi (PVC)				x		
Vaahtopolystyreeni (EPS)				x		x
Polypropeeni (PP)					x	

Lähde: Hansen ym. 2013, Kivikangas Oy

2.2. Merellä käytetyt kalankasvatusyksiköt ja niiden sisältämät muovit

Itämerellä kalankasvatusyritysten laitokset sijaitsevat pääasiassa väli- ja ulkosaariston suojaisemmillä alueilla (Kankainen & Niukko 2014). Kansallisen sijainninhjaussuunnitelman mukaan suurille kalankasvatusyksiköille soveltuvat alueet sijaitsevat kuitenkin pääosin avomerellä (MMM & YM 2014). Talviolosuhteet, jääpeite, kelirikko aika ja ahtojäät sekä hylkeet ja linnut aiheuttavat haasteita kasvatukselle avoimilla merialueilla ja vaikuttavat siten tekniikan valintaan (Kankainen & Mikalsen 2014,

Kankainen ym. 2014). Verkkoaltaat on tuotava talviajaksi avomerен kasvatuspaikoilta suojaisemmille paikoille, etteivät esimerkiksi ahtojäät pääse vaurioittamaan rakenteita.

Merialueella käytetyt kalankasvatussyksiköt rakentuvat pääasiassa kelluvista, joustavista kehikoista, verkkoaltaista, ankkurointiköysistä ja poijuista (Kankainen & Mikalsen 2014; Kuva 2). Suomessa on käytössä kelluvia kehikoita, joista pääosa on valmistettu polyeteeniputkista (PE). Joissain tapauksissa erityisesti rannan läheisyydessä voidaan käyttää myös teräsrakenteita ja esimerkiksi alumiiniponttooneita. Kelluvat PE-rakenteet ovat tavallisesti pyöreitä, ja Suomessa suojaisilla saaristovyöhykkeillä putkien läpimitta on 200–300 mm ja verkkoallaskehien ympärysmitta 60–90 metriä. Avomerikasvatuksessa käytetään vastaavanlaisia, mutta suurempia PE-kehikoita, koska PE-putkesta valmistetut kehikot kestävät hyvin meren mekaanista rasitusta (Kankainen ym. 2014)(Taulukko 3). Avomerellä putken halkaisija on ollut 350–450 mm ja kehän ympäry 120 metriä. Putkia voidaan täyttää kelluttavalla täyteaineella (polystyreeni, PS), mutta se ei ole yleistä. Vedenalaista verkkoallasta kannattelevan kehän lisäksi on kasvatussyksiköissä vielä muitakin muovirakenteita: altaan keskellä, vedenpinnan yläpuolella, on yleensä lintujen pääsyä ja kalojen poishyppäämistä estävää verkkoa kannatteleva, kelluva rakenne ja joissakin yksiköissä veden alla verkon muotoa säätelevä kehä (Kankainen ym., 2014).

Verkkoaltaissa käytetään yleisimmin nailonista tehtyjä verkkoja (Taulukko 3). Ne ovat kevyitä käsitellä ja verrattain kestäviä: arvioitu käyttöikä nailonista tehdyille verkoille on 4–7 vuotta. Verkkoaltaiden syvyys avoimilla merialueilla on noin 20 m, rannikon läheisyydessä noin 10 m (Kankainen ym. 2014). Ankkurointiin käytettävät köydet ovat venymättömiä nailon-, PE- ja PP-köysiä. Iskunvaimentajina ankkuroinnin ja verkkoaltaiden välissä käytetyt suuret poijut on valmistettu PE-muovista ja täytteenä on PS-muovi.



Kuva 2. Kalankasvatusta Itämerellä. (Markus Kankainen)

Taulukko 3. Merialueen kalankasvatuksessa käytetyt muovit.

	Kehikot	Verkkoaltaat	Köydet	Pojjut	Lisärakenteet
Polyamidi (PA, nailon)		x	x		
Polyeteeni (PE)	x		x	x	
Polystyreeni (PS)	x			x	
Polypropeeni (PP)			x		x

Lähde: Hansen ym. 2013, Kivikangas Oy

Myös kalankasvatuksessa käytetään antifouling-aineita ehkäisemään eliökasvustojen tarttumista kasvatuskassien ja -altaiden verkkoihin. Tällainen valmiste on esim. Aqua-Net (Steen-Hansen Maling A/S), jossa tehoaineena on dikuparioksidi (15,1 p-%). Kalankasvatusyrityksiltä saadun tiedon mukaan yhden 1 000 m³-verkkokassin käsittelyyn kuluu noin 160 kg antifouling-liuosta. Käsittelyt tehdään yleensä kahden vuoden välein.

3. Muovien hajoaminen meressä

Huomattava osa merten muoviroskasta on mikromuovia (< 5mm) (Barnes ym. 2009, Browne ym. 2010, Claessens ym. 2011, Boucher & Friot 2017). Mikromuovien määrän arviointiin liittyy kuitenkin yhä huomattavia epävarmuustekijöitä, jotka liittyvät mm. vaihteleviin näytteenotto- ja käsittelymenetelmiin. Koska muovit haurastuvat ja murenevat ajan kuluessa, on ilmeistä, että mitä pienemmistä hiukkasista on kyse, sitä enemmän niitä esiintyy meriympäristössä (Eriksen ym. 2014) Primääriset mikromuovit on muokattu tarkoituksellisesti pienikokoisiksi, kun taas sekundaariset mikromuovit ovat eri syistä suuremmasta muovituotteesta irronneita tai pieneksi jauhuneita osasia (Zbyszewski ym. 2014). Sekundaaristen mikromuovien syntyyn vaikuttavat ympäristöolosuhteet, mekaaninen kulutus, lämpötila, happipitoisuus ja auringon UV-säteily, jota pidetään muovin hajoamisen ensisijaisena syynä (Andrady ym. 1998, Albertsson & Karlsson 1988, Singh & Sharma 2008). Muovien hajoamisnopeuteen meriympäristössä vaikuttavat yhdessä edellä mainittujen tekijöiden kanssa myös polymeerityyppi ja sen lisäaineet (Teuten ym. 2009, Hansen ym. 2013).

Tehokkaimmin muovien hajoamista meriympäristössä tapahtuu korkeammassa lämpötiloissa rannoilla sekä veden pintaosissa, ja hitainta se on merenpohjalla (Andrady 2011). Syvemällä vedessä muoviin kohdistuu vähemmän valoa sekä mekaanista kulutusta ja harvemmin ääriämpötiloja, mikä hidastaa kaiken kaikkiaan hajoamista (GESAMP 2015). Welden & Cowie (2017) tutkivat polypropeeni-, polyeteeni- ja nailonköysien pirstoutumista merenpohjaolosuhteissa kymmenen metrin syvyydessä 12 kuukauden aikana (Taulukko 4). Tutkimus osoitti, että nailonköysien % -massahävikki oli n. 2,5-kertainen polypropeeni- ja polyeteeniköysien massahävikkiin verrattuna. Hankautuminen kalliota ja sedimenttiä vasten lisää valohajoamisen haurastuttaman muovin pirstoutumista ja siten mikromuovien muodostumista (Welden & Cowie 2017). Mikromuovipartikkelien muodon on havaittu vaikuttavan siihen, kuinka nopeasti ne hajoavat edelleen pienemmiksi osiksi: kuutionmuotoiset palaset (< 2 mm) hajoavat nopeammin kuin litteät (pituus 2–5 mm) (ter Halle ym. 2016).

Taulukko 4. Muoviköysien massahävikki 12 kk -koejakson aikana (pohjaolosuhteet, syvyys 10 m).

	Massahävikki (g/kk)	Massahävikki (%/kk)	Massahävikki (%/12kk)
Polyamidi (PA, nailon)	0,422	1,02	12,24
Polypropeeni (PP)	0,086	0,39	4,68
Polyeteeni (PE)	0,132	0,45	5,4
Sisal	0,657	12,50	100

Lähde: Welden & Cowie 2017

Muovipinnoille kiinnittävät eliöt aiheuttavat biohajoamista (Welden & Cowie 2017). Selkärangattomien eliöyhteisön perusentsyymitoiminta polymeerin pinnalla heikentää polymeerien sidoksia (Flemming 1998, Göpferich 1996, Gu & Gu 2005). Nämä vauriot polymeerirungon sidoksissa edesauttavat muiden eliöiden kiinnittymistä ja siten niiden aiheuttamaa biohajotusta (Bonhomme ym. 2003). Esimerkiksi monet äyriäiset (esim. katkat, *Corophium*) syövät mikromuovipartikkeleita ja -kuituja (Leslie ym. 2013, Blarer & Burkhardt-Holm 2016, Welden & Cowie 2017).

4. Kalastus ja mereen kulkeutuvat muovit

4.1. Kaupalliset kalastajat ja kalastusalukset

Kalastuslain mukaan kaupalliset kalastajat jaetaan ryhmiin 1 ja 2. Jos itse pyydetyn kalan tai kalanjalostustuotteiden myynnin liikevaihto ylittää vuodessa 10 000 euroa (alv-raja), kalastaja kuuluu ryhmään 1, muut kaupalliset kalastajat kuuluvat ryhmään 2. Kaupallisten kalastajien jako ryhmiin tehdään rekisteröitymisen yhteydessä ja tämän jälkeen kolmen vuoden välein, tai kalastajan omasta pyynnöstä.

Merialueen kaupallisen kalastuksen saalisilmoituksiin sovelletaan Euroopan unionin lainsäädännössä ja sen toimeenpanemiseksi annetussa kansallisessa lainsäädännössä olevia säännöksiä ilmoitusvelvollisuudesta. Kalastajilla on velvollisuus ilmoittaa saalis- ja pyyntitiedot kalatalousviranomaisille, joko päiväkohtaisesti tai kuukausittain.

Luken Tilastotietokannan mukaan kaupallisten kalastajien määrä Suomen merialueella vuonna 2016 oli 2 360, kasvua edellisvuoteen oli noin 13 % (Taulukko 5). Vuoden 2015 tilanteeseen verrattuna päätoimisten kalastajien (ryhmä 1) määrä oli hieman laskenut ja sivutoimisten (ryhmä 2) puolestaan noussut. Sekä vuonna 2015 että 2016 suurin osa Suomen merialueen rekisteröidyistä kalastusaluksista (n. 93 %) oli pieniä, alle 10 metrin aluksia.

Taulukko 5. Suomen merialueen kaupalliset kalastajat vuosina 2015 ja 2016.

	Kaupallisten kalastajien määrä	Ryhmä 1	Ryhmä 2
2015	2 083	487	1 596
2016	2 360	396	1 964

Lähde: Luken tilastotietokanta

4.2. Pyyntimäärät eri menetelmillä

Luken Tilastotietokannan mukaan Suomeen rekisteröityjen kaupallisten kalastusalusten kalansaalis oli vuonna 2016 yhteensä 157 miljoonaa kiloa, josta valtaosa oli troolilla pyydettyä silakkaa ja kilohailia. Lukumääräisesti suurin osa kaupallisista kalastajista kalastaa rannikkoalueilla verkoilla ja rysillä. Rannikkoalueella kalastaneille tärkeimpiä saalislajeja olivat siika, kuha, ahven ja lohi. Suurin osa verkkokalastuksesta tapahtui verkoilla, joiden solmuväli oli 41–50 mm.

Taulukossa 6 on esitetty merialueen kaupallisen kalastuksen vuotuiset verkko-, rysä- ja troolikalastuksen pyyntimäärät vuosina 2015 ja 2016. Verkko- ja rysäkalastuksen pyynnin määrässä ei ollut suurta vuosien välistä eroa, mutta troolikalastuksessa vetotuntien/vetopäivien määrä oli vuonna 2016 noin 40 % suurempi kuin vuonna 2015.

Taulukko 6. Pyyntin määrä merialueen kaupallisessa kalastuksessa 2015 ja 2016, muissa pyyntimenetelmissä päivinä, trooleissa tunteina ja päivinä.

	Verkot (pv)	Rysät (pv)	Troolit (h) / (pv)
2015	2 723 768	169 980	66 795 / 13 850
2016	2 681 321	145 536	93 000 / 19 380

Lähde: Luken tilastotietokanta. Troolin pyyntimäärä: tunteina / päivinä (troolin vedon kestoksi on arvioitu 5 h/pv).

4.3. Arvioita pyydyksistä irtoavan mikromuovin määrästä

Kalastajien verkkojen materiaalina oli pääosin nailon: vain kymmenesosa verkoista oli valmistettu polyeteenistä (PE). Rysissä käytetyistä havasmateriaaleista puolet oli nailonia ja puolet PE:a, ja trooleissa käytetty havas oli nailonia. Kalastajien ilmoittamia materiaalitietoja ja arvioita pyydysmateriaalien massahävikkeistä koko vuoden pyyntipäivien ajalta, sekä Weldenin ja Cowien (2017) tutkimuksessa esitetyjä eri muovien massahävikkiarvoja, käytettiin perustana pyydystyyppikohtaisten massahävikkiarvioiden laskemisessa (Taulukko 7). Troolien osalta massahävikkiarvion laskemisessa huomioitiin myös Trafín (Tuomas Juhantila) teettämän kalastajahaastattelun tuottama tieto. Kaikki massahävikkiarviot suhteutettiin vastaamaan 100 pyyntipäivän massahävikkiä.

Vuonna 2016 kokonaispyyntipäivien mukaan kaupallisessa verkkokalastuksessa karkeasti arvioitu massahävikki oli n. 0,4 tonnia, rysäkalastuksessa n. 9 tonnia ja troolikalastuksessa n. 8 tonnia (Taulukko 7). Edellä esitetyissä luvuissa ei ole huomioitu sitä, että osassa rysistä käytetään antifouling maaleja, jotka toisaalta vähentävät rysistä välittömästi mereen irtoavan muovin määrää. Lisäksi myös kalastusalusten vedenalaisista pinnosta vapautuu mereen antifouling-aineiden sisältämää materiaalia pääasiassa hiukkasina tai liukenemalla. Merialueen vapaa-ajankalastajien verkkokalastuksen pyyntipäivät ovat olleet noin puolet kaupallisen kalastuksen pyyntipäivistä (RKTL 2014), joten vapaa-ajankalastuksen kohdalla laskennallinen massahävikki on noin 0,2 tonnia vuodessa.

Yhteensä pyydyksistä arvioidaan irtoavan muovia siis noin 17,5 tonnia vuodessa. Arvio on suuruusluokaltaan samaa tasoa kuin Ruotsissa tehdyn arvion tulos, jonka perusteella kalastusvälineistä (pyydykset, köydet ym.) vuosittain mereen irtoavien mikromuovien määrä olisi 4–46 tonnia (Magnusson ym. 2016). Ruotsin arviossa ei ole mukana pohjatroolauksessa käytetyistä lisäosista (dolly ropes) irtoavia mikromuoveja. Ruotsalaisten arvio perustuu käytöstä vuosittain poistettavien kalastusvälineiden kokonaismäärään sekä oletukseen, että ennen käytöstä poistoa välineistä on päätyntä 1–10 % niiden alun perin sisältämästä muovista mereen.

Taulukko 7. Vuoden 2016 merikalastuksen pyydysten keskimääräinen kuivapaino (muoviosat), pyydyskohtaiset massahävikkiarviot 100 pyyntipäivää kohti, pyydyskohtaiset pyyntipäivät vuodessa sekä karkea arvio eri pyydystyyppien massahävikkeistä vuoden 2016 pyyntipäivien mukaan.

	Kuivapaino, kg	Massahävikki, %/100 pv	Massahävikki, kg/100 pv	Pyyntipäivää/vuosi	Massahävikki, tn/vuosi
Verkko	0,50	3,00	0,02	2 681 321	0,40
Rysä	260	2,35	6,11	145 536	8,88
Trooli	1500	2,70	40,50	19 380	7,85

4.4. Haamuverkot ja muut pyydysten osat muoviroskana

Kahdelta rannikolla toimivalta kalastusvakuutusyhdistykseltä saadun tiedon perusteella verkkojen katoamiseen liittyviä korvaushakemuksia tulee kaupallisilta kalastajilta vuosittain vain muutamia. Tilanne oli mahdollisesti huonompi aiemmin, kun ajoverkkoja sai vielä käyttää lohien pyynnissä. Verkot ovat kaupallisille kalastajille arvokkaita tuotantovälineitä ja usein myös rikkoutuneiden verkkojen osat (paulat) pyritään uusiokäyttämään. Verkkojen katoaminen esimerkiksi myrskyn tai jääolosuhteissa tapahtuneiden muutosten seurauksena lieneekin tavallisempaa vapaa-ajankalastuksessa. Vuoden 2016 vapaa-ajankalastusta koskeneessa kalastuskyselyssä mukana olleen verkkojen katoamiseen liittyvän kysymyksen perusteella on arvioitu, että vuosittain mereen jäisi myrskyn, jäiden siirtymisen tai muun vastaavan synn takia noin 2 000 verkkoa. Arvio on kuitenkin hyvin epävarma sillä arvion 95 %:n luottamusvälit, noin 3 500, ovat itse arviota suurempia. Olettamalla, että vapaa-ajankalastuksessa käytettävän verkon muoviosien yhteispaino olisi 500 grammaa, vapaa-ajankalastuksesta jäisi vuosittain noin yksi tonni makromuovia mereen ja rannoille kadonneiden verkkojen muodossa. Arvio vaikuttaa suuruusluokaltaan uskottavalta.

Kalastuksen yhteydessä voi kadota myös erilaisia kohoja ja lippuja, vaikka itse pyydyksiä ei katoaisikaan. Tätä kautta mereen ja rannoille päätyvän muovin määrän suuruusluokkaa voidaan hahmotella kuvitteellisilla laskuesimerkeillä. Yhdessä kaupallisen kalastajan käyttämässä rysässä on tyypillisesti noin 20 muovikanisteria pitämässä rysää pyyntikunnossa ja helpottamassa ankkureiden asettelua ja ylös nostamista. Käytetyt kanisterit ovat tärkeitä rysän käytön kannalta ja niiden häviämistä pyritään tehokkaasti välttämään. Jos kuitenkin arvioidaan, että rysästä katoaa yksi kanisteri tai lippu sekä pätäkä köyttä (yhteispaino 1 kg muovia) jokaista 200 rysäpäivää kohti, niin koko rannikon kaupallisesta rysäkalastuksesta (145 536 pyyntipäivää vuodessa) päätyisi mereen ja rannoille vuosittain noin 0,7 tonnia muovia.

Verkkoja pidetään usean verkon jadassa. Jos oletetaan, että yhtä verkkoa kohti vedessä on keskimäärin 0,2 kanisteria/lippua ja että yksittäisten kanisterien/lippujen muoviosien paino on sama ja yksittäisen kappaleen katoamistodennäköisyys kaksinkertainen rysäkalastukseen verrattuna, niin koko rannikon kaupallisesta verkkokalastuksesta (2 681 321 pyyntipäivää vuodessa) päätyisi mereen ja rannoille vuosittain alle 0,3 tonnia muovia kanisterien ja/tai kiinnitysköysien muodossa. Näillä kuvitteellisilla lähtöoletuksilla laskettuna kaupallisesta rysä- ja verkkokalastuksesta päätyisi vuosittain noin yksi tonni kanistereita ja kiinnitysköysiä mereen ja rannoille.

Vapaa-ajan verkkokalastuksessa käytetään keskimäärin kevyempiä tai ohuempia kanistereita, lippuja ja köysiä, mutta katoamistodennäköisyys lienee suurempi kuin kaupallisessa kalastuksessa. Edellä esitettyjen laskelmien ja oletusten pohjalta realistinen arvio vapaa-ajan verkkokalastuksessa (kalastuspäivien määrä noin puolet kaupallisen kalastuksen kalastuspäivistä) katoavien verkon merkintävälilinen sisältämän muovin määräksi voisi olla noin 0,5 tonnia vuodessa.

Kalastuksen yhteydessä mereen päätyy myös muuta makromuovia kuten köysiä, siimaa ja roskaa, mutta niiden osalta määrän karkeakin luonnehtiminen on vaikeaa. Kokonaisuudessaan kalastuksesta päätynee mereen vuosittain yhteensä muutamia tonneja makromuovia.

Toisin kuin eräissä muissa Itämeren maissa, Suomessa ei ole toistaiseksi tehty systemaattista selvitystä karanneiden tai muuten kadonneiden kalapyydysten määrästä, tai siitä, minkälaisissa olosuhteissa ja millä merialueilla pyydyksiä eniten katoaa. Roskan tai kalapyydysten määrää merenpohjalla ei myös ole juurikaan selvitetty. Näitä puuttuvia tietoja on tarkoitus täydentää tulevaisuuden hankkeilla.

5. Kalankasvatus ja mereen kulkeutuvat muovit

Kalankasvatustoiminnan kannalta keskeisiä kansallisia säädöksiä ovat ympäristönsuojelulaki ja vesilaki, mutta sitä ohjaavat osaltaan myös jätelaki, luonnonsuojelulaki sekä laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä. Jätelaille on kiinteä yhteys ympäristönsuojelulakiin, jonka mukaisessa luvassa annetaan määräykset jätteiden osalta.

Lupaehdot velvoittavat kalankasvatustilasta pitämään kirjaa laitoksen toiminnasta. Hoitopäiväkirja on säilytettävä viiden vuoden ajan ja siihen on kirjattava mm. seuraavia tietoja: tiedot altaiden tuomisesta paikalle/poisviennistä, käytössä olevien verkkoaltaiden tilavuudet/pinta-alat, laitokseen tuodun/poistetun kalan määrät, käytetyn rehun määrä/laatu ja jätteiden määrä/laatu sekä niiden käsittely ja toimittaminen edelleen jätteenkeräyspisteisiin.

Noin 80 % Suomessa viljellystä kalasta tuotetaan verkkoallaslaitoksissa merellä. Kaloja kasvatetaan merellä tavallisesti 2–3 vuotta, kunnes ne saavuttavat riittävän painon. Kasvatusaika riippuu poikasen alkupainosta, kalalajista ja olosuhteista. Merikasvatustilastoilla ensimmäinen kasvatusvaihe tapahtuu yleensä rannassa tai lähellä rantaa, koska pienet poikaset ja tuotantotekniikka ovat herkempiä rajuilte olosuhteille. Tiheästä havaksesta tehdyt verkkoaltaat eivät pysy muodossaan alueilla, joilla on voimakkaita virtauksia, tiheät hapaat tukkiutuvat helposti ja niiden huolto ja vaihto avomerellä on hankalaa.

5.1. Kalankasvatustilat

Vuonna 2016 Suomen merialueella oli 44 ruokakalatuotantoon keskittyneitä kalankasvatustilastoja, eli muutama yritys enemmän kuin edellisvuonna (Luken Tilastotietokanta; Taulukko 8). Luken Tilastopalveluista saatujen tietojen mukaan kalankasvatustilastojen määrä, samoin kuin verkkokassien ja -altaiden määrä ja yhteistilavuus, oli kuitenkin pienempi kuin vuonna 2015. Kasvatustilavuudessa oli noin 27 % lasku edellisvuoteen verrattuna. Ruokakalaa myös tuotettiin merellä vuonna 2016 jonkin verran edellisvuotta vähemmän (2015: 12 361 000 kg, 2016: 11 984 000 kg). Kirjoloheen osuus merellä tuotetusta ruokakalasta oli molempina vuosina noin 95 %.

Taulukko 8. Merialueella toimivien kalankasvatustilastojen ja -laitosten määrä, sekä kalankasvatuksessa käytettyjen verkkokassien/-altaiden määrä ja tilavuus vuosina 2015 ja 2016.

	Kalankasvatustilastot	Kalankasvatustilat	Verkkokassit/-altaat, kpl	Verkkokassien/-altaiden yhteistilavuus, m ³
2015	39	110	844	1 251 000
2016	44	106	610	915 408

Lähde: Luken tilastotietokanta

Kalankasvatustilastojen mukaan suurin osa verkkokasseista/-altaista siirretään pois talveksi, mutta kehiöt jäävät paikoilleen. Voisi olettaa, että merenkäynti kuluttaa näitä rakenteita, mutta kalankasvatustilastojen havainnot kertovat toista: erään kalankasvatustilaston mukaan PE-kehikossa ei näy kulumisen merkkejä, vaikka rakenteet ovat olleet meressä jo ”18 kesää”. Kehän ympärysmittasta riippuen PE-kehikolla on painoa muutamasta tonnista jopa 10 tonniin. Verkkokassit/-altaat ovat merivedessä 140–230 päivää, jotkut jopa 310 päivää, jos niissä on talvella kaloja. Yhden verkkokassin/-altaan paino on n. 0,8 tonnia.

5.2. Arvio kalankasvatuskasseista irtoavan mikromuovin määrästä

Kalankasvatustyryksiltä saadun tiedon mukaan kalankasvatuksessa käytettiin nailonista valmistettuja verkkokasseja/-altaita. Tämän materiaalitiedon, verkkokassien/-altaiden kokonaismäärän ja muovien massahävikkitietojen (Welden & Cowie 2017) perusteella laskettiin arvio verkkokassien/-altaiden massahävikistä vuoden keskimääräisten käytössäoloapäivien aikana (Taulukko 9). Vuonna 2016 verkkokassien/-altaiden karkeasti arvioitu massahävikki oli n. 31 tonnia. Todellisuudessa massahävikki lienee selvästi pienempi, esimerkiksi vain puolet edellä esitetystä, sillä havaksen pinnalle lisättävät antifouling-aineet vähentänevät merkittävästi UV-säteilyn ja mekaanisen kulumisen vaikutuksia. Toisaalta myös kehikoista irtoaa muovia, jonka määrää ei tässä yritetty erikseen arvioida.

Verkkokassien käsittelyyn käytetyistä antifouling-aineista vapautuu mereen materiaalia liukenemalla tai hiukkasina. Kuten luvussa 2.2. mainittiin, antifouling-aineiden käyttömäärä riippuu kasvatuspinta-alasta ja -tilavuudesta. Antifouling-liuosta arvioitiin kuluvan yhden 1000 m³-verkkokassin käsittelyyn noin 160 kg. Vuonna 2016 verkkokassien/-altaiden yhteistilavuus oli 915 408 m³, ja sen mukaan laskettuna (ks. luku 2.2) antifouling-aineiden käyttö merellä tapahtuvassa kalankasvatuksessa olisi ollut noin 147 tonnia. Verkkokassien/-altaiden antifouling-käsittely uusitaan kahden vuoden välein eli ainetta kului karkeasti arvioiden 74 tonnia vuodessa. Muoviyhdisteiden osuus antifouling-maaleissa on tutkimuksen (Loriot ym. 2017) mukaan noin 20 %. Oletuksena on, että osa muoviyhdisteistä liukenee suoraan meriveteen ja osa päätyy mereen välillisesti ranta-alueilta käsittelyn yhteydessä. Jos mereen lopulta joutuu noin puolet maalien sisältämistä muoveista, saadaan mereen maaleista päätyvän muovimäärän kokonaisarvioksi seitsemän tonnia vuodessa.

Taulukko 9. Karkea arvio verkkokassien/-altaiden materiaalin massahävikistä vuoden 2016 keskimääräisten käyttöpäivien mukaan.

Kuivapaino, kg	Massahävikki, %/100 pv	Massahävikki, kg/100 pv	Verkkokassit/-altaat, kpl	Käyttöpäivää/vuosi	Massahävikki, tn/vuosi
800	3,40	27,20	610	185	30,70

6. Kalastajien huomioita meren roskaantumisesta

Kaupallisten kalastajien näkemyksiä meren roskaantumisesta selvitettiin yhdessä Trafín kanssa toteutetulla Webropol-kyselyllä, joka tehtiin suomeksi, ruotsiksi ja englanniksi. Kysely lähetettiin yhteensä 1 189 kaupalliselle kalastajalle ja kyselyyn vastasi 120 kalastajaa eli 10 % kyselyn saaneista. Vastausprosentti jäi siis odotetusti alhaiseksi eikä vastausten perusteella saatuja tietoja voida laajemmin yleistää koskemaan Suomen kaupallista kalastusta. Suurin osa (88 %) kyselyyn vastanneista kalastajista oli käyttänyt alle 10 metrin alusta. Yli puolet (59 %) kyselyyn vastanneista oli kalastanut Perämerellä ja yleisimmin käytetty pyydys oli verkko. Kyselyn lisäksi Trafi (Tuomas Juhantila) haastatteli suurimpien troolialusten päälliköitä ja haastattelujen tuloksista on poimintoja myös tässä raportissa.

Kyselyyn vastanneista kalastajista 42 % ilmoitti meressä olevan muovi- ja muun roskan häiritsevän elinkeinon harjoittamista. Pyydyksiin kertyy roskia, joiden irrottamiseen kuluu työaika. Pahimmillaan roskat myös rikkovat pyydyksiä. Vastauksissa todettiin mm., että merivedessä olevat roskat eivät paljoakaan sotke pohjaverkkoja, mutta pinnassa oleviin pyydyksiin tarttuu muovia ja muuta roskaa. Rysässä on toisinaan esim. muovipusseja ja rysäaitaan takertuu muovikanistereita sekä muita roskia. Useissa vastauksissa meriroskasta mainittiin olevan haittaa kalastukselle varsinkin jokien tulva-aikaan. Troolikalastajien haastatteluiden perusteella trooleihin kertyy runsaasti muoviroskaa, vaikka varsinaisia pohjatrooleja ei käytetä. Roskaa voi kertyä jopa 600–800 litraa viikossa. Määrä vaihtelee kuitenkin huomattavasti merialueittain. Vastausten perusteella muovin osuus roskamäärästä oli suurimmillaan juuri troolikalastuksessa (noin kolme neljäsosaa roskista), kun taas verkko- ja rysäkalastuksessa muoviroskan osuudeksi arvioitiin tyypillisesti alle neljännes kaikesta roskasta. Joskus verkkoon voi tarttua erikoisempaakin roskaa. Tämä havainto on Perämereltä: ”Vasta kaverin verkosta nousi lentokone, armeijan maalikone, noin metrin pituinen.”

Kyselyvastauksista ei voida tehdä johtopäätöksiä roskien alueellisesta runsaudesta. Yksittäisissä vastauksissa tuotiin kuitenkin mm. esille, että meriroskaa esiintyy erityisen runsaasti laivaväylien ja vilkkaasti liikennöityjen satamien läheisyydessä. Samoin eteläisellä Itämerellä (pyyntialueilla 24 ja 25) trooliin päätyvän meriroskamäärän todettiin olevan erittäin suuri juuri laivaliikenteestä johtuen. Siellä merestä kerrottiin nousevan päivittäin laivoista heitettyä roskaa, tynnyreitä, maalipurkkeja ja jätesäkkejä. On huomattava, että kalastajien näkemykset meriroskan määrästä poikkesivat kuitenkin huomattavasti toisistaan samankin merialueen sisällä. Roskaantumista ei yleensä pidetty päällimmäisenä ongelmana ja roskiin liittyvien ongelmien ohella kalastajien vastauksissa nousivat esille erityisesti hylkeiden ja merimetsojen runsaus sekä verkkojen limoittuminen.

Kyselyyn vastanneista neljännes ilmoitti olevansa halukas tekemään yhteistyötä roskaantumisen kartoittamiseksi ja pitämään kirjaa pyydyksiin tarttuneiden roskien määrästä sekä toimittamaan nostamansa roskat kalasataman jätehuoltopisteeseen. Kyselyyn on todennäköisesti vastannut se joukko kalastajista, joka suhtautuu keskimääräistä myötämielisemmin aiheeseen ja yhteistyöhön, joten todellisuudessa yhteistyöhön halukkaiden kalastajien osuus lienee tuntuvasti pienempi. Kysymykseen yhteistyöhalukkuudesta roskaantumisen kartoittamiseksi ”Ehkä”- vastausvaihtoehdon valinneita oli vastaajista 38 %. Suurin osa vastanneista ilmoitti toimittavansa niin merestä nousevat kuin muutkin roskat satamien roskapisteisiin. He olivat myös halukkaita jatkamaan toimintaa edelleen, mutta halukkuutta roskakirjanpitoon ei juuri ollut. Esimerkkinä ”kirjanpitovastaisuudesta” on tämä Perämeren alueen kalastajan vastaus: ”All byrokrati försöks undvikas. Om det inte lyckas blir det utgiftaer i tid och BURANA/IBUSAL.”

Myös haastatellut troolikalastajat totesivat, että trooliin kertyvä roska kerätään enimmäkseen talteen. Toiminnan kustannuksiksi mainittiin lähinnä roskien kuljetuskulut kalasatamaan, vain muutamassa vastauksessa toivottiin korvausta myös roskien keräämisestä. Kalastajien vastuullisuutta ku-

vastaa esimerkiksi tämä Selkämeren alueen troolikalastajan vastaus: *”Kyllähän tästä tulee jo nyt ylimääräistä työtä, mutta ei niitä roskia sinne mereenkään viitsi jättää.”*

7. Kalankasvattajien huomioita meren roskaantumisesta

Kalankasvatusyrittäjien näkemyksiä meren roskaantumisesta selvitettiin puhelinhaastatteluilla, joihin saatiin yhteensä 10 yrittäjää eli noin neljännes merellä aktiivisesti toimivista kalankasvatusyrityksistä. Saatujen vastausten perusteella pyrittiin kartoittamaan meren roskaantumisen vaikutusta kalankasvatustoimintaan ja havaintoja kasvatusrakenteisiin tarttuvien roskien määrästä sekä vastaavasti kalankasvatustoiminnan vaikutusta meren roskaantumiseen. Lisäksi kysyttiin toimintaan liittyvistä jätehuoltokäytännöistä.

Kalankasvatusrakenteiden vuotuista massahävikkiä tiedusteltiin kalankasvatusyrittäjiltä, mutta yhtään arviota siitä ei saatu. Verkkokassit/-altaat ja muut toimintaan liittyvät rakenteet ovat merivedessä suuren osan vuodesta (keskimäärin lähes 200 päivää) ja ovat näin ollen alttiina ympäristön erilaisille muovimateriaaleja hajottaville tekijöille.

Meressä olevista muovi- tai muista roskista ei juuri koettu olevan häiriötä kalankasvatukselle. Verkkokasseihin ja muihin tuotantorakenteisiin ei haastattelujen perusteella juurikaan tartu roskaa. Vähäiset havainnot roskista liittyivät tavallisesti muoviroskiin kuten muovipusseihin, pullonkorkeihin ja narunpätkiin. Kukaan haastatelluista ei maininnut roskaantumisesta tai muuttuneista ympäristöolosuhteista aiheutuvaa rakenteiden rikkoutumista tai kulumista tapahtuneen.

Kalankasvatustoiminnan yhteydessä syntyy erilaisia jätteitä. Yritykset ovat velvollisia järjestämään ja hoitamaan jätehuoltonsa säädöksiä ja määräyksiä noudattaen. Käytännössä on siis tehtävä sopimus jätehuollon hoidosta jätehuoltoyrityksen kanssa. Jätehuoltokäytännöistä mainittiin mm., että pakkausjätteet lajitellaan ja kierrätykseen kelpaava osa (mm. rehujen kuljetuksessa ja varastoinnissa käytettävät muoviset suursäkit) kerätään ja toimitetaan kierrätykseen. Eräs Saaristomeren alueella toimiva kalankasvatusyrittäjä kuitenkin pahoitteli, ettei hänellä ole mahdollisuutta maissa lajitella esimerkiksi tyhjiä rehusäkkejä. Kaikki roskat kun menevät samaan jätekonttiin, joka viedään Uuteenkaupunkiin tyhjennettäväksi. Poistettavien verkkoaltaiden kehärakenteet romutetaan ja syntyvä muovi- ja metalliromu toimitetaan lajiteltuna uusiokäyttöön. Myös verkkokassit ja niiden hapaat toimitetaan uusiokäyttöön. Vastausten perusteella makromuoviroskaa kalankasvatuksesta ei siis pääsääntöisesti mereen pitäisi päätyä.

8. Muovistrategia – vaihtoehtoisten materiaalien kehittäminen

Euroopan komission tammikuussa 2018 julkaiseman muovistrategian uusien suunnitelmien mukaan kaikki EU:n markkinoiden muovipakkaukset ovat kierrätettäviä vuoteen 2030 mennessä, yksittäisten muovien kulutusta vähennetään ja mikroplastisten aineiden tarkoituksellista käyttöä rajoitetaan.

Strategian vaikutuksia Itämereen ja sen elinkeinotoimintaan ovat mm. 1) meriympäristön roskaantumisen seurannan vahvistus ja yhdenmukaistaminen, 2) kertakäyttöisten muoviesineiden käytön vähentäminen ja kalastusvälineiden mereen hukkaamisen estäminen ja 3) satamien jätehuoltoa koskevan direktiivin muutokset: laivoilla syntyneet tai mereltä kerätyt roskat tulee toimittaa maissa oleviin asianmukaisiin jätehuoltopisteisiin.

Muoveille vaihtoehtoisten, biopohjaisten materiaalien kehittäminen on ensiarvoisen tärkeää ja tähän liittyvää kehitystyötä tehdään jo useissa yrityksissä (esim. Arctic Biomaterials, Sulapac). Kalastukseen liittyvien oheistarvikkeiden osalta erityisesti polystyreeni (expanded polystyren, EPS) on hankala, paljon muoviroskaa tuottava materiaali: kohot, kalalaatikat ym. murenevat ja niistä syntyy kelluvaa muoviroskaa, joka edelleen hajoaa mikromuoviksi. Itämerellä Kaliningradin alueella tehdyssä tutkimuksessa EPS oli sedimenttinäytteissä runsaimmin esiintyvä muovi (Esiukova 2017). Polystyreenistä valmistettuja laatikoita korvaamaan on kehitetty aaltopahvista valmistettu EcoFishBox-laatikko. Aaltopahvi on täysin kierrätettävä materiaali ja sillä on polystyreeniä pienempi hiilijalanjälki myös kuljetussäästöjen vuoksi: litteinä toimitettavat laatikot vievät seitsemän kertaa vähemmän tilaa kuin EPS-laatikot.

9. Johtopäätökset

Tässä selvityksessä arvioitiin suomalaisen kalastuksen ja kalankasvatuksen vaikutusta Itämeren roskaantumiseen ja erityisesti mikromuovipäästöihin. Selvityksessä esitetyt arviot perustuvat välillisistä tiedoista johdettuihin laskentoihin eivätkä todellisiin mittaustuloksiin.

Aiemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että pyyntivälineissä yleisesti käytetyissä materiaaleissa, nailonissa ja PE:ssa sekä PP:ssa, tapahtuu massahävikkiä meriolosuhteissa. Samalla syntyy mikromuovipäästöjä. Myös enemmistö kyselytutkimukseen vastanneista kalastajista ilmoitti havainneensa kalastusvälineiden kuluvan käytössä. Laskennan antamien karkeiden tulosten perusteella Suomen merialueen kaupallisessa kalastuksessa välittömästi kalastustoimintaan liittyvät mikromuovipäästöt ovat vuositasolla enimmillään noin 17,5 tonnia, ja valtaosa tästä on peräisin rysäkalastuksesta (yhdeksän tonnia) ja troolikalastuksesta (kahdeksan tonnia) verkkokalastuksen kohdalta arvion jäädessä selvästi pienemmäksi (0,4 tonnia). Vapaa-ajan verkkokalastuksesta välittömästi aiheutuvien mikromuovipäästöjen arvioitiin jäävän vähäisiksi (0,2 tonnia). Verkoista, rysistä ja trooleista suoraan tapahtuvien mikromuovipäästöjen lisäksi välittömästi kalastustoimintaan liittyvää muovikuormitusta aiheutuu myös esimerkiksi mereen jäävistä pyydyksistä sekä pyydysten merkintään ja pyyntikunnossa pitoon käytettävien kellukkeiden ja köysien irtoilusta. Kaupallisen rysä- ja verkkokalastuksen osalta välittömästi kalastustoimintaan liittyvän makromuovikuormituksen arvioitiin olevan suuruusluokaltaan noin yksi tonni vuodessa ja suomalaisen vapaa-ajan verkkokalastuksen osalta noin 1,5 tonnia vuodessa. Vapaa-ajankalastuksen kohdalla erityisesti mereen jäävistä verkoista ja niiden osista aiheutuvat makromuovipäästöt olisivat siis laskelmien perusteella selvästi suurempia kuin verkkojen käytöstä sinänsä aiheutuvat mikromuovipäästöt. Yhteensä välittömästi kalastustoimintaan ja pyydyksiin liittyvät muovipäästöt merialueella olisivat suuruusluokaltaan 20 tonnia vuodessa.

Suomen merialueilla tapahtuvan kalankasvatuksen verkkoaltaiden rakennemateriaaleista irtoavan mikromuovipäästön enimmäisarvioksi saatiin laskennallisesti 31 tonnia vuodessa. Todellisuudessa päästö lienee tuntuvasti pienempi, sillä verkkokassit käsitellään yleensä antifouling-maaleilla, jotka vähentävät varsinaisten rakennemateriaalien kulumista. Toisaalta antifouling-maaleissa on noin viidosa muoviyhdisteitä, joista valtaosa päätynee joko suoraan mereen tai käsittelyjen yhteydessä maa-alueelta lopulta mereen. Maaleista syntyvän vuotuisen muovipäästön arvioitiin olevan noin seitsemän tonnia. Kalankasvatuksesta syntyvät makromuovipäästöt arvioitiin vähäisiksi eikä niitä pystytty erikseen arvioimaan. Kokonaisuudessaan kalankasvatuksen muovipäästöt ovat laskelmien perusteella suuruusluokaltaan 22–38 tonnia vuodessa.

Mereen eri sektoreilta päätyvien muovien määrästä on toistaiseksi olemassa hyvin niukasti arvioita. Vertailuksi voidaan kuitenkin esittää, että Ruotsissa on arvioitu huviveneisiin käytetyistä maaleista irtoavan ja päätyvän mereen vuosittain 220–1 100 tonnia muovia (Magnusson ym. 2016) ja vastavasti Tanskassa päädyttiin selvästi pienempään arvioon eli 5–50 tonniin vuodessa (Lassen ym. 2015). Ruotsin selvityksessä arvioitiin, että jalkapallokenttien keinonurmilta joutuu luontoon vuosittain 2 300–2 900 tonnia muovia, mutta tästä vain pieni mutta tuntematon osa päätyy mereen.

On huomattava, että tässä selvityksessä esitetyt arvioita voidaan pitää vain suuntaa-antavina, ja selvityksen tarkoituksena oli ainoastaan saada käsitys kalastuksen ja kalankasvatuksen aiheuttaman muovikuormituksen suuruusluokasta. Tarkempien lukujen saaminen edellyttäisi perusteellisempaa selvitystä, jossa kerättäisiin yksityiskohtaista tietoa käytetyistä välineistä ja materiaaleista sekä tehtäisiin kokeiluja massahävikistä nimenomaan pohjoisen Itämeren olosuhteissa.

Meriroskista koettiin olevan haittaa kalastukselle. Sen sijaan kalankasvatusta merivedessä oleva muovi- tai muu roska ei juuri häirinnyt. Suuri osa sekä kalastajista että kalankasvatusyrityksistä, joihin oltiin yhteydessä, oli halukkaita yhteistyöhön roskaantumisen kartoittamiseksi ja meressä tai rannoil-

la olevien roskien toimittamiseksi esimerkiksi kalasataman jätehuoltopisteeseen. Merialueen kalastajia ja kalankasvattajia voitaisiin edelleen kannustaa keräämään pyydyksiin tai altaisiin tarttuneet roskat ja toimittamaan ne sataman jätehuoltopisteisiin maksamalla korvausta roskien käsittelystä sekä kuljetuksesta. Toiminnan edellytyksenä ovat myös satamien asianmukaiset jätteen vastaanottopisteet.

Kiitokset

Esa Lehtonen (Luke) ja Markus Kankainen (Luke) ovat antaneet runsaasti hyödyllistä asiantuntijatieta kaupallisesta kalastustoiminnasta ja kalankasvatuksesta. Pentti Moilanen on tuottanut arviot vapaa-ajankalastuksesta syntyvien ”haamuverkkujen” määristä. Outi Setälä, Sanna Suikkanen ja Sanna Kuningas ovat antaneet arvokkaita kommentteja, joiden perusteella tekstiä on paranneltu. Kii-tämme myös kaikkia kalastajia ja kalankasvattajia, jotka ovat kyselyvastauksissa tai puhelinkeskusteluissa antaneet käyttöömme erilaisia elinkeinoiniin liittyviä tietoja ja palautetta.

Viitteet

- Albertsson, A.-C. & Karlsson, S. 1988. The three stages in degradation of polymers—polyethylene as a model substance. *The Journal of Applied Polymer Science* 35: 1289–1302.
- Andrady, A. L., Hamid, S. H., Hu, X. & Torikai, A. 1998. Effects of increased solar ultraviolet radiation on materials. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 46: 96–103.
- Andrady, A. L. & Neal, M. A. 2009. Applications and societal benefits of plastics. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*. 364 (1526): 1977–1984. doi: 10.1098/rstb.2008.0304
- Andrady, A. L. 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 62: 1596–1605.
- Andrady, A. L. 2015. Persistence of Plastic Litter in the Oceans. *Marine Anthropogenic Litter*: 57–72.
- ARCADIS 2013. Marine Litter study to support the establishment of an initial quantitative headline reduction target - SFRA0025. European Commission DG Environment. Project number BE0113.000668.
- Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C. & Barlaz, M. 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 364: 1985–1998.
- Blarer, P. & Burkhardt-Holm, P. 2016. Microplastics affect assimilation efficiency in the freshwater amphipod *Gammarus fossarum*. *Environmental Science and Pollution Research* 23: 23522–23532. doi: 10.1007/s11356-016-7584-2
- Boerger, C. M., Lattin, G. L., Moore, S. I. & Moore, C. J. 2010. Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. *Marine Pollution Bulletin* 60: 2275–2278.
- Bonhomme, S., Cuer, A., Delort, A. M., Lemaire, J., Sancelme, M. & Scott, G. 2003. Environmental biodegradation of polyethylene. *Polymer Degradation and Stability* 81: 441–452.
- Boucher, J. & Friot D. 2017. Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources. Gland, Switzerland: IUCN. 43pp. doi: 10.2305/IUCN.CH.2017.01.en
- Browne, M. A., Dissanayake, A., Galloway, T. S., Lowe, D. M. & Thompson, R. C. 2008. Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis* (L.). *Environmental Science & Technology* 42: 5026–5031. doi: 10.1021/es800249a.
- Browne, M. A., Galloway, T. S. & Thompson, R. C. 2010. Spatial patterns of plastic debris along estuarine shorelines. *Environmental Science & Technology* 44: 3404–3409. doi: 10.1021/es903784e.
- Browne, M. A., Niven, S. J., Galloway, T. S., Rowland, S. J. & Thompson, R. C. 2013. Microplastic Moves Pollutants and Additives to Worms, Reducing Functions Linked to Health and Biodiversity. *Current Biology* 23 (23): 2388–2392. doi.org/10.1016/j.cub.2013.10.012

- Carpenter, E. J., Anderson, S. J., Harvey, G. R., Miklas, H. P., Peck, B. B. 1972. Polystyrene spherules in coastal waters. *Science* 178, 749–750.
- Chua, E. M., Shimeta, J., Nugegoda, D., Morrison, P. D. & Clarke, B. O. 2014. Assimilation of polybrominated diphenyl ethers from microplastics by the marine amphipod, *Allorchestes compressa*. *Environmental Science & Technology* 48(14):8127-34. doi: 10.1021/es405717z
- Claessens, M., De Meester, S., Van Landuyt, L., De Clerck, K. & Janssen, C. R. 2011. Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Marine Pollution Bulletin* 62: 2199-2204.
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J. & Galloway, T. S. 2013. Microplastic ingestion by zooplankton. *Environmental Science & Technology* 12: 6646–6655. doi: 10.1021/es400663f
- Cole, M., Lindeque, P. K., Fileman, E. S., Halsband, C. & Galloway, T. S. 2015. The Impact of Polystyrene Microplastics on Feeding, Function and Fecundity in the Marine Copepod *Calanus helgolandicus*. *Environmental Science & Technology* 49 (2): 1130-1137. doi: 10.1021/es504525u
- Derraik, J. G. B. 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin* 44 (9): 842-852. doi: 10.1016/S0025-326X(02)00220-5
- Eriksen, M., Lebreton, L. C. M., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borerro, J. C., Galgani, F., Ryan, P. G. & Reisser, J. 2014. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *PLoS ONE* 9(12): e111913. doi:10.1371/journal.pone.0111913
- Esiukova, E. 2017. Plastic pollution on the Baltic beaches of Kaliningrad region, Russia. *Marine Pollution Bulletin* 114 (2): 1072-1080
- Essel, R., Engel, L., Carus, M. & Ahrens, R. H. 2015. Sources of Microplastics Relevant to Marine Protection in Germany. *Texte* 64/2015. German Federal Environment Agency, Dessau-Rosslau, Germany.
- Fjäder, P. 2016. Merten roskaantumien, muovit, mikromuovit ja haitalliset aineet. *Suomen ympäristökeskuksen raportteja* 37. 58 s.
- Flemming, H.-C., 1998. Relevance of biofilms for the biodeterioration of surfaces of polymeric materials. *Polymer Degradation and Stability* 59: 309–315.
- Galloway, T. S., Cole, M. & Lewis, C. 2017. Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem. *Nature Ecology & Evolution* 1. doi:10.1038/s41559-017-0116
- GESAMP 2015. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment (Kershaw, P. J., ed.). Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 90, 96 p.
- Gewert, B., Ogonowski, M., Barth, A. & MacLeod, M. 2017. Abundance and composition of near surface microplastics and plastic debris in the Stockholm Archipelago, Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin* 120 (1-2): 292-302. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.04.062
- Geyer, R., Jambeck, J. R. & Law, K. L. 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances* 3 (7). doi: 10.1126/sciadv.1700782
- Gorokhova, E. 2015. Screening for microplastic particles in plankton samples: How to integrate marine litter assessment into existing monitoring programs? *Marine Pollution Bulletin* 99(1-2): 271-275. doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.07.056
- Greene, C. H. 1985. Planktivore functional groups and patterns of prey selection in pelagic communities. *Journal of Plankton Research* 7 (1): 35-40.
- Göpferich, A. 1996. Mechanisms of polymer degradation and erosion. *Biomaterials* 17: 1003–1114.
- Gu, J.-G., Gu, J.-D., 2005. Methods currently used in testing microbiological degradation and deterioration of a wide range of polymeric materials with various degree of degradability: a review. *Journal of Polymers and the Environment* 13: 65–74.
- Hansen, E., Nilsson, N. H., Lithner, D. & Lassen, C. 2013. Hazardous substances in plastic materials. COWI and Danish Technological Institute 2013. Klima- Og Forurensnings-Direktoratet.
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C. & Thiel, M. 2012. Microplastics in the marine

- environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science & Technology* 46: 3060–3075. doi: 10.1021/es2031505.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R. & Law, K. L. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347: 768–71. doi: 10.1126/science.1260352
- Kanhai, L. D. K., Officer, R., Lyashevskaya, O., Thompson, R. C. & O'Connor, I. 2017. Microplastic abundance, distribution and composition along a latitudinal gradient in the Atlantic Ocean. *Marine Pollution Bulletin* 115: 307–314. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.12.025.
- Kankainen, M. & Mikalsen, R. 2014. Offshore fish farm investment and competitiveness in the Baltic Sea. Reports of Aquabest project 2/2014.
- Kankainen, M. & Niukko, J. 2014. Kalankasvatuksen tuotanto-olosuhteet Suomen rannikolla. *Riista- ja kalatalous – Tutkimuksia ja selvityksiä* 8/2014. 40 s.
- Kankainen, M., Vielma, J. & Niukko, J. 2014. Kalankasvatuksen avomeritekniikat ja niiden soveltuvuus Suomeen. *Riista- ja kalatalous – Tutkimuksia ja selvityksiä* 11/2014. 34 s.
- Kühn, S., Rebolledo, E. L. B. & van Franeker, J. A. 2015. Deleterious effects of litter on marine life. In: *Marine Anthropogenic Litter*. Springer International Publishing, pp. 75–116.
- Lassen, C., Hansen, S., Magnusson, K., Hartmann, N., Rehne Jensen, P., Nielsen, T. G. & Brinch, A. 2015. Microplastics: Occurrence, Effects and Sources of Releases to the Environment in Denmark. Danish Environmental Protection Agency, Copenhagen, Denmark.
- Leslie, H., Van Velzen, M. & Vethaak, A., 2013. Microplastic Survey of the Dutch Environment. Novel Data Set of Microplastics in North Sea Sediments, Treated Wastewater Effluents and Marine Biota. Institute for Environmental Studies, VU University Amsterdam, Amsterdam.
- Loriot, M., Linossier, I., Vallée-Réhel, K. & Fay, F. 2017. Influence of Biodegradable Polymer Properties on Antifouling Paints Activity. *Polymers* 9 (2): 36. doi: 10.3390/polym9020036
- Luke - Tilastotietokanta/ Kaupallinen kalastus merellä
1. Merialueen kaupalliset kalastajat. Tiedosto tallennettu 23.5.2017
 2. Merialueen rekisteröidyt kalastusalueet. Tiedosto tallennettu 23.5.2017
 5. Pyynnin määrä merialueen kaupallisessa kalastuksessa (pyydyspäivä). Tiedosto tallennettu 23.5.2017
- Luke - Tilastotietokanta/Vesiviljely
1. Kalanviljely-yritykset. Tiedosto tallennettu 28.6.2017
 2. Kalanviljelylaitokset. Tiedosto tallennettu 28.6.2017
- Lusher, A. L., McHugh, M. & Thompson, R. C. 2012. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Marine Pollution Bulletin* 67 (1-2): 94–99. doi: 10.1016/j.marpolbul.2012.11.028
- Lusher, A. L., Burke, A., O'Connor, I. & Officer, R. 2014. Microplastic pollution in the Northeast Atlantic Ocean: validated and opportunistic sampling. *Marine Pollution Bulletin* 88: 325–333. doi: 10.1016/j.marpolbul.2014.08.023.
- Maa- ja metsätalousministeriö & ympäristöministeriö 2014. Kansallinen vesiviljelyn sijainninohjaussuunnitelma. 29 s + liitteet.
- Magnusson, K., Eliasson, K., Fråne, A., Haikonen, K., Hultén, J., Olshammar, M., Stadmark, J. & Voisin, A. 2016. Swedish sources and pathways for microplastics to the marine environment - A review of existing data. (Report number C 183) IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd. Stockholm, Sweden.
- Mason, S. A., Garneau, D., Sutton, R., Chu, Y., Ehmann, K., Barnes, J., Fink, P., Papazissimos, D. & Rogers, D. L. 2016. Microplastic pollution is widely detected in US municipal wastewater treatment plant effluent. *Environmental Pollution* 218: 1045–1054. doi: 10.1016/j.envpol.2016.08.056.
- Murray, F. & Cowie, P. R. 2011. Plastic contamination in the decapod crustacean *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758). *Marine Pollution Bulletin* 62: 1207–1217. doi: 10.1016/j.marpolbul.2011.03.032.

- PlasticsEurope 2015. Plastics – the Facts 2015: An analysis of European plastics production, demand and waste data for 2014.
http://www.plasticseurope.org/application/files/3715/1689/8308/2015plastics_the_facts_14122015.pdf
- Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 2014. Vapaa-ajankalastus 2012. Riista- ja kalatalous - Tilastoja 1/2014. Suomen Virallinen Tilasto - Maa-, metsä- ja kalatalous.
- Rochman, C.M., Hoh, E., Kurobe, T. & Teh, S.J. 2013. Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Scientific Reports* 3: 3263.
- Setälä, O., Fleming-Lehtinen, V. & Lehtiniemi, M. 2014. Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. *Environmental Pollution* 185: 77–83.
- Setälä, O., Norkko, J. & Lehtiniemi, M. 2016. Feeding type affects microplastic ingestion in a coastal invertebrate community. *Marine Pollution Bulletin* 102: 95–101.
 doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.11.053.
- Shaw, D. G. & Day, R. H. 1994. Colour- and form-dependent loss of plastic micro-debris from the North Pacific Ocean. *Marine Pollution Bulletin* 28, 39-43.
- Sheavly, S. B. & Register, K. M. 2007. Marine debris and plastics: environmental concerns, sources, impacts and solutions. *Journal of Polymers and the Environment* 15 (4): 301–305.
- Singh, B. & Sharma, N. 2008. Mechanistic implications of plastic degradation. *Polymer Degradation and Stability* 93: 561–584.
- Sundt, P., Schulze, P.-E. & Syversen, F. 2014. Sources of microplastic pollution to the marine environment, Mepex for the Norwegian Environment Agency (Miljødirektoratet): 86.
- Sutton, R., Mason, S. A., Stanek, S. K., Willis-Norton, E., Wren, I. F. & Box, C. 2016. Microplastic contamination in the San Francisco Bay, California, USA. *Marine Pollution Bulletin* 109: 230–235.
 doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.05.077.
- Tagg, A. S., Sapp, M., Harrison, J. P. & Ojeda, J. J. 2015. Identification and quantification of microplastics in wastewater using FPA-based reflectance Micro-FT-IR imaging. *Analytical Chemistry* 87: 6032–40.
- ter Halle, A., Ladirat, L., Gendre, X., Goudouneche, D., Pusineri, C., Routaboul, C., Tenailleau, C., Duployer, B. & Perez, E. 2016. Understanding the fragmentation pattern of marine plastic debris. *Environmental Science & Technology* 50: 5668–5675. doi: 10.1021/acs.est.6b00594
- Teuten, E. L., Saquing Detlef, J. M., Knappe, R. U., Barlaz, M. A., Jonsson, S., Björn, A., Rowland, S. J., Thompson, R. C., Galloway, T. S., Yamashita, R., Ochi, D., Watanuki, Y., Moore, C., Viet, P. H., Tana, T. S., Prudente, M., Boonyatumanond, R., Zakaria, M. P., Akkhavong, K., Ogata, Y., Hirai, H., Iwasa, S., Mizukawa, K., Hagino, Y., Imamura, A., Saha, M. & Takada, H. 2009. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 364 (1526): 2027–2045.
- Thompson, R. C., Olsen, Y. S., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. G., McGonigle, D. F. & Russell, A. E. 2004. Lost at Sea: Where Is All the Plastic? *Science* 304 (5672): 838
 doi: 10.1126/science.1094559
- UNEP 2016. Marine plastic Debris and Microplastics e Global Lessons and Research to Inspire Action and Guide Policy Change. United Nations Environment Programme, Nairobi.
- Welden, N. A. & Cowie, P. R. 2017. Degradation of common polymer ropes in a sublittoral marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 118: 248–253.
- Wright, S. L., Thompson, R. C. & Galloway, T. S. 2013. The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution* 178: 483-492.
- Zbyszewski, M., Corcoran, P. L. & Hockin, A. 2014. Comparison of the distribution and degradation of plastic debris along shorelines of the Great Lakes, North America. *Journal of Great Lakes* 40: 288-299.

Digitaaliset lähteet

Suomen ympäristökeskuksen RoskatPois!-hankesivusto [viitattu 7.6.2017]

[http://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus__kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/RoskatPois_Merenhoidon_toimenpideohjelmaa_tukeva_hanke_meriympariston_roskaantumisen_lahteiden_selvittamiseksi_tilan_maarittamiseksi_ja_roskaantumisen_vahentamiseksi/RoskatPois_Merenhoidon_toimenpideohjelma\(42803\)](http://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus__kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/RoskatPois_Merenhoidon_toimenpideohjelmaa_tukeva_hanke_meriympariston_roskaantumisen_lahteiden_selvittamiseksi_tilan_maarittamiseksi_ja_roskaantumisen_vahentamiseksi/RoskatPois_Merenhoidon_toimenpideohjelma(42803))

Kalastuslaki. [viitattu 7.6.2017] <http://mmm.fi/kalastuslaki>

Itämeri - Ympäristö ja ekologia (tietopaketti, pdf), Suomen ympäristökeskus, Helsinki 31.12.2013. [viitattu 19.3.2017] <http://www.syke.fi/download/noname/%7B94B0D66C-B2AE-49D1-8FA2-9F6FF2B0742E%7D/114240>

AIKOLON Oy. Muovimateriaalit ja valmiit muovituotteet. [viitattu 25.10.2017] <https://www.aikolon.fi/tuotteet>

Kivikangas Oy. Kalastustarvikkeet. [viitattu 7.6.2017] <https://www.kivikangas.fi/>

Plastic Waste: a European strategy to protect the planet, defend our citizens and empower our industries. European Commission - Press release. Strasbourg, 16 January 2018 [viitattu 22.2.2018] http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-5_en.htm

Muovi ei kuulu luontoon – EU:n uusi muovistrategia tavoittelee muutosta muovien käyttöön Maria Laamanen/Ympäristöministeriö/Centrum Balticum/Pulloposti 10 [viitattu 22.2.2018] http://www.centrumbalticum.org/uutishuone/julkaisut/pulloposti/muovi_ei_kuulu_luontoon_eu_n_uusi_muovistrategia_tavoittelee_muutosta_muovien_kayttoon.5309.news?utm_source=Pulloposti&utm_campaign=6d99ae8f96-EMAIL_CAMPAIGN_2017_12_21&utm_medium=email&utm_term=0_c4a39643ed-6d99ae8f96-38395145

Notorius A-verkkovärit [viitattu 7.6.2018] <http://www.scandinet.fi/verkkovarit.html>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)

Luettelo Suomessa sallituista antifouling-valmisteista [viitattu 23.4.2018] http://koivusaarenpursiseura.fi/liitteet/Jasen/Satama/Sallitut_myrkkymaalit_2012.pdf

Steen-Hansen AS - The next generation anti-fouling and coating [viitattu 23.4.2018] https://www.steen-hansen.com/uploads/2/3/7/1/23713515/eng_web_katalog.pdf

EcoFishBox™ – Ympäristöystävällinen Kalalaatikko [viitattu 21.5.2018] <https://kalaneuvos.fi/vastuullisuus/ymparistoystavallinen-kalalaatikko/>

Ekopakkauksia kalateollisuudelle - Stora Enso [viitattu 21.5.2018] <http://www.storaenso.com/lang/finland/about/Pages/Eco-packaging-for-the-fish-industry.aspx>

Arctic Biomaterials Oy:n biopohjaiset sekä biohajoavat komposiittimateriaalit ovat vaihtoehto perinteisille muoveille. [viitattu 21.5.2018] <https://www.editori.fi/artikkeli/arctic-biomaterials-oy-n-biopohjaiset-seka-biohajoavat-komposiittimateriaalit-ovat-vaihtoehto-perinteisille-muoveille/>

Täysin biohajoava Sulapac® -materiaali haastaa muovin. [viitattu 21.5.2018]
<http://www.biotalous.fi/taysin-biohajoava-sulapac-materiaali-haastaa-muovin/>



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000