



Hvad sker der egentlig med de enorme mængder af plastik, som ender i havet? Et bud er, at det nedbrydes til mikroplastik, som måske kan påvirke havets mindste liv og dermed grundlaget for alt liv i havet.

Et hav fuld af mikroplastik

Foto: Colourbox

Snigpremiere på artikel i Aktuel Naturvidenskab 2-2015

Billeder af døde havfugle med maven fuld af plastikstykker, kvalte havskilpadder, der forvekslede plastikposer med gopler, eller sæler og hvaler, der blev fanget i tabte fiskenet og druknede, har sat plastikforureningen i havet på mediernes dagsorden.

Forskere fra DTU Aqua har fundet plastikstykker på op til en halv centimeter i danske sild og hvilling i det nordlige Storebælt. Andre forskere har fundet plastik i sandorme, muslinger, torsk og makrel i Norsøen og Østersøen. Og i en undersøgelse i Skotland af jomfruhummeres maver fandt man plastikstykker i 83 % af dyrene, hvoraf de fleste bestod af sammenfiltrede plastiktråde.

For at få mere viden om udviklingen i havene omkring Danmark undersøger DTU Aqua nu også indholdet af plast i trawlet på de faste monitorings-togter i Nordsøen og Østersøen.

Mere og mere plastik

I løbet af de seneste 50 år er plastproduktionen steget kraftigt til 299 millioner tons i 2013, specielt i Asien. En artikel i *Science* har netop dokumenteret, at mellem 4 og 12 millioner ton plastik ender i havet hvert år, og at tallet forventes at blive fordob-

let over de næste ti år. Mens de store stykker plast er nemmere at få øje på, er det de små, mikroskopiske plaststykker, som der er flest af i havet.

Det var også, hvad vi i 2014 fandt i en undersøgelse på tværs af Atlanterhavet til Sargassohavet syd for Bermuda med det danske havforskningskib Dana. På trods af, at vi sejlede igennem de store områder med strømhvirvler (de såkaldte "gyres"), hvor der efter sigende skulle findes veritable "plastikør", så vi dem ikke. Til gengæld fandt vi mikroplastpartikler så små, at de bliver overset i mange undersøgelser af plastik i havet.

Hvor kommer plastik i havet fra?

Det meste af det plastik, som findes i havet, kommer fra land, hvorfra det enten er tabt eller blæst ud i havet eller udledt via vandløb og spildevand. I havet nedbrydes plastik over tid og ender som mikroskopisk plast. Flere plejeprodukter som fx skrubbcremer og tandpasta indeholder også små plastikpartikler. En undersøgelse af spildevandet ved to svenske rensningsanlæg har vist, at selv om disse anlæg fjerner plastpartiklerne fra vandet, så udledes millioner af mikroplastpartikler til havet hver time.

En del af havets plastik (20 %) kommer fra maritime erhverv, herunder fiskeri. Under fiskeri mister fiskerne af og til deres trawl og garn. Sådanne mistede redskaber kan være skadelige, da fugle, havpattedyr og især fisk kan sidde fast i dem eller kan nedbrydes til mikroplastik over tid. I Danmark har vi ikke overblik over mængden og udbredelsen af tabte fiskeredskaber, men i fx Norge har man på årlige oprydningstogter langs den norske kyst hentet kilometervis af fiskegarn, trawl og tovværk op fra havbunden. En anden kilde til plastik i havet er slitage af fiskeredskaber, når disse skurrer mod havbunden. DTU Aqua har på togter med Dana i Nordsøen undersøgt mængden af syntetiske fibre fra tovværk, og undersøgelser tyder på, at der især i kystzonen potentielt kan være ganske betragtelige mængder af fritflydende tovræster i vandsøjlen.

Hvor bliver plasten af?

Når plastik ender i havet, bliver det transporteret med havstrømme meget langt væk fra dets oprindelsessted på meget kort tid. En undersøgelse har vist, at plastikstykker på 60 dage kan drive mere end 1000 km fra kysten og ud mod midten af den Nordatlantiske Subtropiske Hvirvel (NASG - North Atlantic Subtropical Gyre), hvor en stor del af det flydende plastik bliver fanget. Men en væsentlig del bliver også skyllet tilbage på land igen, hvor det nedbrydes til mindre stykker i standkanten, som igen kan spredes ud i havet.

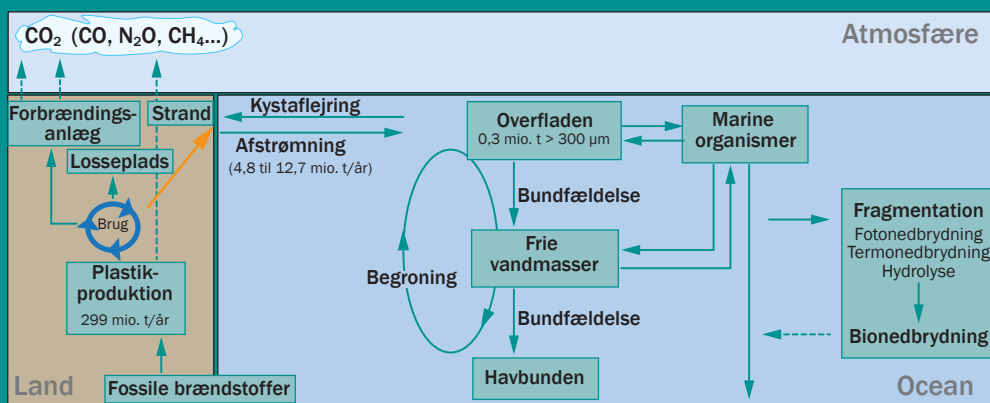
Omkring halvdelen af det plastik, der forbruges i Europa, er Polypropylen (PP) og Polyethylen (PE), som er lettere end havvand. Det plast, som ender i havmiljøet, vil derfor primært flyde nær overfladen. De andre plasttyper med en højere massefylde

De største kilder til plastikaffald i havet:

- Ulovlig dumpning af affald direkte i
- (A) spildevandssystemer eller
 - (B) naturen, hvor fra det transporteres af fx floder og vind til havet.
 - (C) Mikroplastik som slipper gennem rensningsanlæg (især syntetiske fibre fra vaskemaskiner),
 - (D) affaldsnedkastning på stranden,
 - (E) tabt, og (F) mistede fiskeredskaber,
 - (G) mistet containerfragt,
 - (H) luftbærent deponeringsaffald og dårlig forvaltning af lossepladser og
 - (I) udslip af industriaffald.

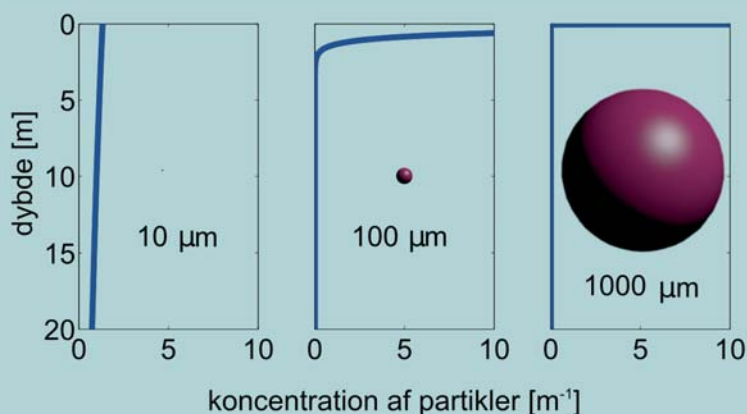


Foto: Colourbox



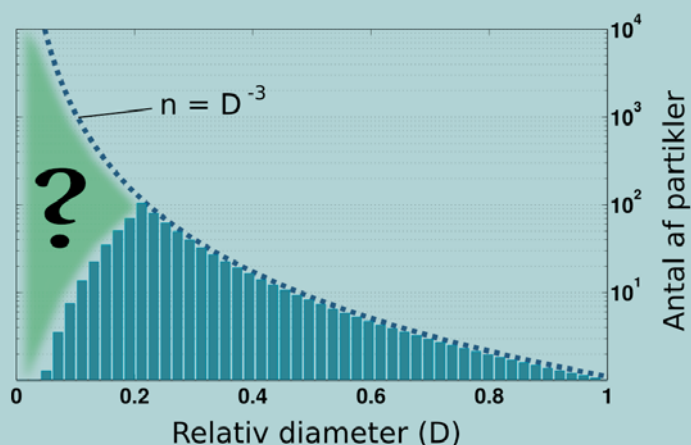
Det er måske ikke det synlige plastik, som giver det de største problemer.

Illustration af "plastikkredsløbet" – de processer, der driver plastikaffald rundt i miljøet. Der ikke er balance mellem den mængde plast, der ledes ud i havmiljøet, og det, vi kan genfinde i overfladen. Dvs. der må være en række tabsprocesser, vi ikke kender til.



Numerisk modellering

Resultater af en numerisk modellering af flydende plastik-kugler med en densitet svarende til polyethylen. De tre grafer viser fordelingen af plastik-kuglerne i en 20 meter dyb vandsøjle for tre forskellige størrelser efter de har nået "steady state" betingelser. Udgangssituationen var en lige koncentration af 1 partikel pr. meter dybde af alle tre størrelser i hele vandsøjlen. Modelleringen viser, at små partikler blandes dybere ned end større mikroplastikpartikler.

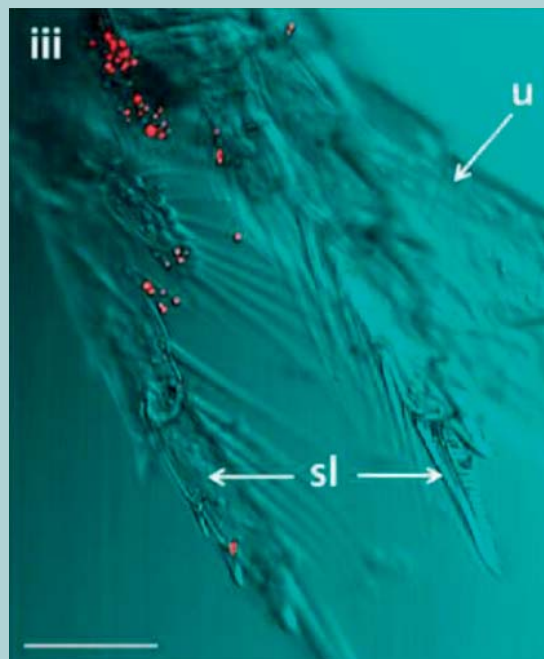


Observeret fordeling i havet

Den stiplede graf viser det teoretisk forventede antal fragmentstykker, der kommer ud af fragmentering af et enkelt sfærisk objekt. Søjlediagrammet viser den fordeling, man ofte observerer i havet. Det grønne område viser den store mængde af små partikler, som man ikke finder, selv om de burde være der.



Foto af vandloppe, som har spist mikroplastik (markeret med grønt) og nærbillede af vandloppe, hvor mikroplastik (markeret med rødt) klæber sig til vandloppens krop (th).



Fotos: Cole, M. et al: Microplastic Ingestion by Zooplankton. Environmental Science and Technology. Copyright (2013) American Chemical Society.

Plastik i sild og hvilling fra Storebælt

Der findes mange undersøgelser af fisks indtag af plastik, bl.a. har man fundet plastik i maverne på 37 % af 504 fisk fordelt på ti arter i den Engelske Kanal. Forskere fra DTU Aqua gennemførte i 2013 et studie af 45 unge sild og hvilling fra Storebælt ud for Sejerø Bugt for at undersøge, om også fisk i danske farvande spiser plastik. Fiskenes indvolde blev udtaget og opløst, og prøverne blev filtreret på net med en maskestørrelse på 250 µm. Forskerne fandt mikroplastik i 31 % af hvil-

lingerne og 27 % af sildene. Bortset fra en enkelt egentlig plaststrimmel på ca. 4-5 mm bestod de fleste forekomster af 1-4 sorte, blå eller røde fibre på ca. 1-4 mm. Undersøgelsen af sild og hvilling viser således, at fisk i danske farvande indtager plastik. Der er behov for at undersøge dette yderligere i andre dele af danske farvande og med fokus på flere fiskearter med forskellige fødestrategier, så der tages højde for, om fisk æder fra vandsøjlen, havbunden osv.

som polyvinylklorid (PVC) og polyethyleneterephthalat (PET, også kendt som polyester) vil derimod synke. Hvor hurtigt plastikken synker afhænger også af andre faktorer som fragmenternes størrelse og form.

Adskillige studier af størrelsesfordeling og koncentrationen af flydende eller bundfældede plastikpartikler har vist, at der er flest af de mindste partikler. En svensk undersøgelse har fx sammenlignet antallet af mikroplastik over 300 µm og over 10 µm og fandt, at der var omkring 2500 gange flere partikler i den mindre størrelsesklasse.

Andre undersøgelser har vist, at man finder langt mindre mængder af plastik end man "burde" i forhold til det, vi ved ender i havet. Det spanske globale togt Malaspina i 2010 viste, at plastikstykkerne som forventet akkumulerede i de subtropiske hvirvelzoner, men til forskernes store overraskelse var koncentrationen tusinde gange mindre end forventet ud fra udledningerne. På tilsvarende vis så vi på Danas togt til Sargassohavet i 2014 en højere koncentration af plast i hvirvlerne, men mængderne var langt lavere end forventet. Så hvor bliver plastikken af? Svaret kan findes hvis vi undersøger de processer, plastikken er udsat for i havet.

Langtidsholdbart eller ej?

Plastik er meget holdbart, og man antager, at det kan holde i miljøet i århundreder. Imidlertid er den molekylære struktur af plastik i miljøet under konstant forandring, fordi tilsætningsstoffer udvaskes og påvirkninger fra vand og luft ændrer plastens kemiske sammensætning. Disse omdannelsesprocesser er relativt hurtige (måneder til år).

Alt plastik gennemgår en nedbrydningsproces, der omfatter både en fysisk nedbrydning og en langsomme kemisk nedbrydning af polymeren. Hvor hurtigt nedbrydningen foregår afhænger af faktorer som saltholdighed, temperatur og UV-indstrålingen, og der er sandsynligvis steder som dybhavet, iltfrie sediment eller polarområder, hvor nedbrydning går overordentligt langsomt. Nedbrydning betyder ikke, at plastikken forsvinder, men at det nedbrydes til meget små partikler, som ikke kan ses med det blotte øje. Nedbrydningsprocesser alene, kan altså ikke forklare det manglende plastik i verdenshavene.

En forklaring kan være, at de små plastikpartikler bliver mere tilgængelige for organismerne i havet og forsvinder fra overfladen gennem optag i havets fødekæder og/eller via bundfældelse pga. begroning.

Når bakterier og senere også større organismer som muslinger og rurer sætter sig på et stykke plastik, vil de øge vægten og trække det ned mod bunden.

Disse begroede plastikstykker vil synke dybere ned i vandet eller aflejres på havbunden, men kan også stige op igen, hvis organismene dør eller løsner sig. Derfor kan plastikaffald cirkulere gennem hele vandsøjlen. Derudover har laboratorieforsøg vist, at bakterier muligvis kan omsætte visse plastiktyper. Endelig viser modelleringer, at mindre partikler blandes dybere ned i vandsøjlen end større. Det betyder, at små partikler måske ikke fanges i repræsentativt antal af prøvetagningsmetoder, der samler plastik fra havoverfladen.

En samlet forståelse af nedbrydningshastigheden af plastik i havmiljøet og betydningen af de forskellige miljøpåvirkninger har vi imidlertid ikke. Derfor er der behov for nærmere at undersøge, hvor meget og hvor hurtig samspillet af de forskellige nedbrydningsprocesser omdanner vores affald til mikro- (og nano-) meter store plastikstøvparkter, og hvordan disse små plastikpartikler påvirker det omgivende havmiljø.

Æder dyreplankton plastik?

Mens de fysiske skader på større dyr forårsaget af plastik er meget synlige og veldokumenterede, ved man intet om, hvordan mikroplastik påvirker dyr som dyreplankton og småfisk. I de fleste studier er mikroplastik defineret som plastikstykker mindre end 5 mm. Mange studier af mikroplastik overser partikler, der er mindre end 300 µm, hvilket er dem, som filtrerende dyreplankton som vandlopper kan æde (10-100 µm). Derfor er det relevant at undersøge, om disse mikroplast-partikler kan påvirke havets mindste liv, dyreplankton, fiskelarver og muslinger, som mange andre dyr lever af.

Dyreplankton, domineret af vandlopper, er det vigtige fødekædeleddet mellem planteplankton og fiskelarver. Man har i laboratoriet vist, at en lang række planktondyr æder mikroplastik-partikler, og at vandlopper, der fodres med mikroplastik, ændrer adfærd. Den hydrofobe mikroplastik kan også hæfte sig til vandlopperne, og det kan forstyrre deres naturlige svømmeadfærd, fødeoptagelse samt parringsadfærd.

Når plastikken optages af dyreplankton kan det efterfølgende føres op gennem fødekæden. Men da plastikken tilsyneladende ikke optages i dyrenes væv, finder der ikke en egentlig opkoncentrering af plastik sted gennem fødekæden, da plasten udskilles igen med dyrenes fækalier.

Nogle af de kemikalier, der tilsættes til plastik under produktionen, har hormon-lignende virkning, og de bliver frigivet, når plastikken nedbrydes i havet. Derudover kan andre organiske miljøgifte som PCB og DDT bindes på plastikkens overflade, så plastikstykkerne virker som en form for magnet, der opsamler miljøgifte fra omgivelserne.

Om forfatterne:



Kristina Enders er speciallæstuderende i Aquatic Science and Technology kren@aqu.dtu.dk



Robin Lenz er speciallæstuderende i Aquatic Science and Technology robe@aqu.dtu.dk



Thomas Kirk Sørensen er biolog og specialkonsulent tks@aqu.dtu.dk



Line Reeh er kommunikationsmedarbejder lre@aqu.dtu.dk



Torkel Gissel Nielsen er Professor i Biologisk Oceanografi tgin@aqu.dtu.dk

Alle ved DTU Aqua

På jagt efter mikroplastik

I 2014 var vi med Danmarks største havforskningsskib, Dana, i Sargassohavet syd for Bermuda for at undersøge ålens gydepladser. I den forbindelse fik vi mulighed for at udvikle, teste og bruge en metode til at undersøge, hvor meget mikroplastik, der var i havet på Danas 10 uger lange rute fra Hirtshals over Atlanten og tilbage igen. Vores fokus var de helt små mikroplastikpartikler på 10 μm .

Til det formål byggede vi et filtersystem, som kunne monteres på DANA's saltvandsindtag og kontinuerligt indsamle prøver på en 300 μm og en 10 μm filterkapsel langs den over 10.000 km lange sejlroute.

Ruten gik igennem forskellige havområder – fra Nordøen over det åbne Atlanterhav til Sargassohavet. Og så passede Dana igennem den Nordatlantiske hvirvel, også kendt som "Plastikøen". Plastikøer fandt vi dog ikke, om end vores togt bekræftede, at der var en højere koncentration af plastik her end i de andre havområder, som vi sejlede igennem (et stykke plastik af flaske til fiskenet-størrelse blev observeret ca. hvert andet minut fra toppen af skibet, som sejlede med 10-12 knob). Vi udskiftede filtrene i vandet fra saltvandsindtaget cirka hver 12. time og indsamlede i alt omkring 80 prøver.

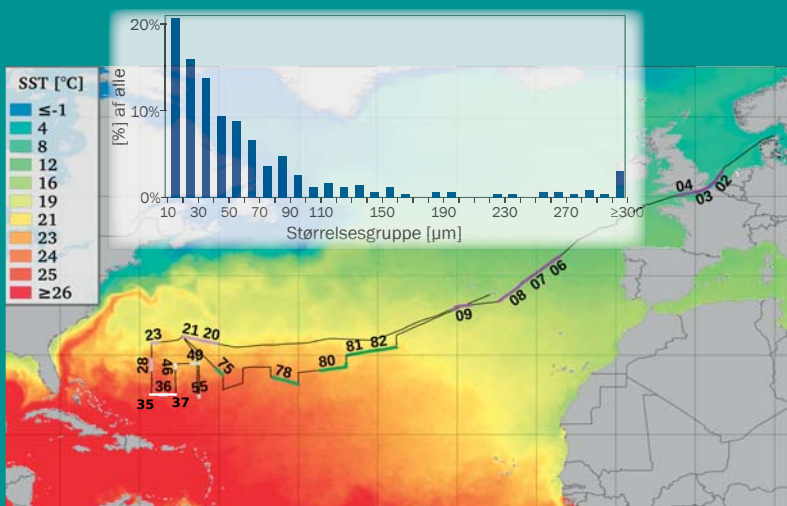
For at udvikle en standardiseret metode, som på sigt kan gøre det muligt at sammenligne data fra forskellige studier, har vi brugt DTU Nanotechs Raman mikrospektrometer. Det er et særligt mikroskop, som er udstyret med en laser, der kan stimulere enkelte partikler ned til 1 μm størrelse. Afhængigt af molekylestrukturen af det undersøgte materiale vil det spredte lyset i et spektrum, som afslører stoffes kemiske sammensætning, så det kan bruges til at bestemme typer af plast. Det kræver stadig manuelt arbejde, da man er nødt til at fortælle instrumentet, hvilke partikler der skal scannes, men nyere versioner vil gøre det muligt at analysere en prøve automatisk.

Den foreløbige analyse har vist en lang række typer af mikroplastik. Især fibre af syntetiske tekstiler (ca. 32 %), stykker af fx. plastfolie (ca. 46 %) og fragmenter nedbrudt fra større plastikgenstande (ca. 22 %). Koncentrationerne var mellem 100 til 400 partikler pr. kubikmeter vand, men varierede betydeligt mellem de enkelte stationer. Vi analyserer i øjeblikket sammenhængen mellem fragmenteringsprocesser og strømforhold for bedre at forstå spredningen af mikroplastik. Størrelsesfordelingen viser langt flere af de små partikler end af de større, hvilket stemmer overens med teorien om mikro- og nanofragmentering.

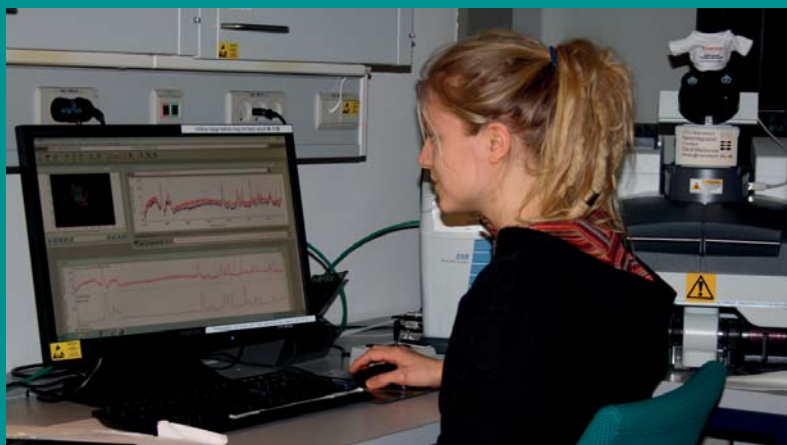
Kristina analyserer spektra af potentielle mikroplastikpartikler i Raman-mikrospektroskopet (i baggrunden til højre). Foto: Kristina Enders



Stævnindtag (nederst til højre) på Dana. På grund af bølger og skibets bevægelser var vandet, som vi filtrerede for mikroplastik, en blanding af vand fra overfladen og op til fem meter ned. Øverst til højre ses filter i aktion. Foto: Line Reeh



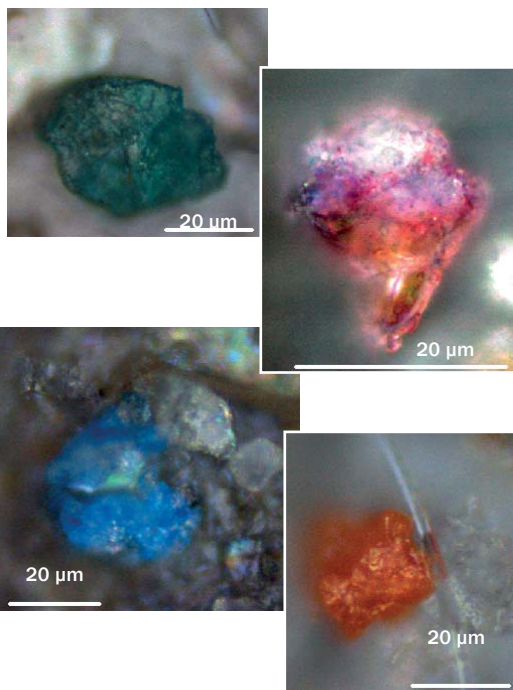
Kort over Danas rute til og fra Sargassohavet, som viser hvor vi tog prøver af mikroplastik. Diagrammet i toppen af kortet viser den samlede størrelsesfordeling af plastik. En sammenligning af koncentrationer af mikroplastik mellem stationerne vil være det næste trin i den igangværende analyse.



På den måde kan man sige, at plastikstykker renser havet for organiske miljøgifte ved at "opsamle" dem, men dermed kan plastikfragmenter med miljøgifte på overfladen blive en farlig cocktail, hvis de bliver spist. Et engelsk studie har således vist, at miljøgifte frigives lettere fra plastikoverfladen i et fordøjelsessystem med lavere pH og højere temperaturer end det omgivende vand.

Alt i alt kan man sige, at mikroplastik kan påvirke vandlopperne negativt ved at fortynde deres føde med ufordøjelige plastikpartikler, og de giftstoffer, som er bundet til mikroplastens overflade, kan optages af vandlopperne og på denne måde bioakumuleres gennem fødekæden.

Koncentrationen af mikroplast i åbent hav er i sig selv næppe skadelig for de organismer, som æder dem. Det er dog ganske vigtigt, at vi får svar på, i hvor høj grad organismernes indtag af plast forstærker ophobningen af miljøgifte i deres væv og dermed i marine fødekæder, hvor mennesket er øverste led. Dette spørgsmål er ved at blive undersøgt af bl.a. DTU gennem fordringsforsøg med plast i lukkede fiskeopdrætsanlæg.



Fotos af mikroplast taget gennem mikroskop. Størrelser er i mikrometer.

Foto: Robin Lenz og Kristina Enders

Videre læsning:

Magnusson, K. & Wahlberg, C., 2014. Mikroskopiska skräppartiklar i vatten från avloppsreningsverk (Microscopic litter particles in water from WWTPs, in Swedish) IVL Svenska Miljöinstitutet, Rapport B 2208 p. 30.

Cole, M. et al (2013). Microplastic ingestion by zooplankton. *Environmental Science and Technology*, 47(12), 6646–6655. doi:10.1021/es400663f

Cózar, A. et al (2014). Plastic debris in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(28), 10239–10244. doi:10.1073/pnas.1314705111

ANNONCE