

Bilag 1. Viden om mikroplast

Rapport fra Miljøstyrelsen om mikroplast: ” Microplastics Occurrence, effect and sources of releases to the environment in Denmark. Environmental project No. 1793, 2015”.

<http://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2015/10/978-87-93352-80-3.pdf>

Den danske konklusion og sammenfatning fremgår neden for:

Konklusion og sammenfatning

Denne rapport indeholder en gennemgang af den eksisterende viden om problemstillingerne i relation til forurening med mikroplast med fokus på anvendelse og udslip af mikroplast i Danmark og forekomsten af mikroplast i de omkringliggende farvandsområder.

Problemstillingen omkring forurening af havene med plast, og herunder mikroplast, er ikke ny, men den har de senere år internationalt fået øget opmærksomhed og der er en stigende bekymring for, om forureningen med plast på længere sigt har større effekter på miljøet end hidtil antaget. Bekymringen tager sit udgangspunkt i en række forhold:

- Plast, som frigives til miljøet, kan opholde sig i miljøet i mange hundrede år, før det endeligt nedbrydes.
- Det globale forbrug af plast er stigende, og de globale udslip til miljøet forudses også at være stigende med mindre der gribes ind over for udslippene.
- Plast, som ender i havet, kan transporteres over store afstande og selv de fjerneste steder på kloden er påvirket af forurening med plast.
- I miljøet neddeles plaststykkerne til mindre stykker dvs. plast i makrostørrelse nedbrydes til mikroplast, der igen nedbrydes til plast i nanostørrelse.
- Mikroplast er fundet i organismer på alle niveauer i den marine fødekæde.
- Der er resultater, der viser, at mikroplast kan have effekter på organismer i miljøet, men vores viden om omfanget af disse effekter er begrænset.
- Vi har stort set ingen viden om mulige særlige partikeleffekter som plastpartikler i nanostørrelse muligvis kan have som konsekvens af deres størrelse.
- Mennesker kan udsættes for mikroplast via fødevarer.

Kombinationen af fortsatte og måske stigende udslip, at stofferne bliver i miljøet i århundreder og over tid fragmenteres til mindre stykker, som kan have stigende effekter på miljøet, betyder at mikroplastproblematikken har elementer af en "tidsindstillet bombe", hvor effekterne af de udslip, der sker i dag, først ses om mange år, hvor effekterne kan være umulige at begrænse. Om det faktisk forholder sig sådan, ved vi endnu ikke.

Hvad er mikroplast?

Der skelnes i litteraturen mellem plast, i makro-, mikro- og nanostørrelse. Der er dog ikke en fast definition af mikroplast, men i mange sammenhænge - og også i denne rapport - er mikroplast fastsat til plaststykker af en størrelse på 1 µm til 5 mm.

Der skelnes mellem primær og sekundær mikroplast. Primær mikroplast er plast, som tilsigtet anvendes i størrelser mellem 1 µm til 5 mm. Sekundær mikroplast er dannet ved fragmentering af større plaststykker eller ved slitage af maling- eller plastoverflader. Sekundær mikroplast dannes både fra produkter i brug og fra større plaststykker, som er spredt i miljøet.

I denne rapport anvendes en bred definition af plast, som dækker alle faste materialer dannet ud fra polymerer af fortrinsvis petrokemisk oprindelse, hvilket betyder, at små fragmenter fra slitage af eksempelvis maling og dæk henregnes til mikroplast. Polymerer som f.eks. polyethylen (PE) kan, afhængig af polymerkædens længde, optræde som flydende, voksagtige og faste. Det er kun de faste, som her henregnes til mikroplast, selvom det ikke kan afvises, at de voksagtige også kan optræde som partikler og måske have lignende effekter.

Forekomst og effekter i miljøet

Forekomst af mikroplast i vandmiljøet

Der foreligger et stort datamateriale om forekomsten af mikroplast i vandmiljøet, men undersøgelserne er generelt foretaget med forskellige metoder, med forskellige opdelinger i partikelstørrelse og angivelser i forskellige enheder, der ikke kan omregnes, hvilket gør, at det er vanskeligt at sammenligne resultater på tværs af undersøgelserne. Små partikler optræder i langt større antal end relativt store partikler, hvilket gør, at bare små forskelle i de undersøgte partikelstørrelsesintervaller giver meget forskellige resultater. De foreliggende undersøgelser rapporterer antallet af partikler i forskellige størrelsesintervaller, mens der ikke findes opgørelser af massen af mikroplast i havområderne omkring Danmark.

For partikler større end ca. 300 μm er der i danske og svenske kystvande samt undersøgelser i Østersøen og Nordatlanten typisk fundet koncentrationer i intervallet 0,3 - 4 partikler/ m^3 , med en tendens til højere koncentrationer nær større byer og i de indre danske farvande. Datamaterialet er dog spinkelt og forskelle mellem farvandsområder skal fortolkes med forsigtighed. I undersøgelser, hvor der er inddraget mindre plastpartikler, er der fundet langt højere koncentrationer, og i en undersøgelse som inddrog partikler ned til $\geq 10 \mu\text{m}$ blev der fundet 4.400-94.000 partikler/ m^3 langs den svenske vestkyst, mens en tysk undersøgelse af partikler $\geq 1.2 \mu\text{m}$ fandt gennemsnit på 64.000 og 88.000 partikler/ m^3 af henholdsvis granulære partikler og fibre. Koncentrationerne af mikroplast $\geq 10 \mu\text{m}$ i miljøet er af samme størrelse som koncentrationerne af mikroplast af denne størrelse i indløb til svenske og norske renseanlæg, mens koncentrationerne af partikler $>300 \mu\text{m}$ er mere end 1000 gange mindre i miljøet end i indløb.

Gennemsnitskoncentrationen af mikroplastpartikler $>38 \mu\text{m}$ i sedimenter fra farvandsområderne omkring Danmark varierede fra 240 partikler/kg tørstof i Nordsøen/Skagerrak til 1.100 partikler/kg tørstof i Bælthavet. Grundet stor variation inden for de enkelte farvandsområder og et lavt antal prøver var de fundne forskelle mellem de enkelte farvandsområder ikke statistisk signifikant. Koncentrationerne er dog signifikant højere end de, som er fundet i undersøgelser af partikler i samme størrelse fra belgiske strande og fastlandsoklen ud for Belgien. Antallet af tilgængelige data fra Danmark er ikke tilstrækkelige til at pege på en sammenhæng mellem mulige kilder og koncentrationen i vandfasen og sedimentet.

Eksposering af organismer i vandmiljøet

Mikroplast er påvist i organismer på alle niveauer i den marine fødekæde. Mængderne af indtaget mikroplast varierer mellem arter og områder og kan variere betydeligt selv inden for samme område. I Nordsøen og i Storebælt har man fundet mikroplast i maven, indvoldene og/eller vævet af bl.a. sæler, sild, torsk, hvilling og muslinger. Det er velkendt, at marine dyr indtager mikroplast sammen med den føde, de spiser, og der er indikationer på, at dyrene spiser mikroplasten af den årsag, at den har den samme størrelse som deres normale føde, som f.eks. er alger. Studier tyder ligeledes på, at stort set alle marine dyr indtager mikroplast, men at der er stor variation mellem de forskellige arter hvad angår mængden, de indtager. Ligeledes er der studier på bl.a. krabber som indikerer, at mikroplast akkumulerer i fødekæden.

Skæbne og effekter af mikroplast i vandmiljøet

Der foreligger en række studier, der påviser skadelige effekter af indtagelse af makroplast så som indre og ydre læsioner og blokering af fordøjelseskanalen, som kan føre til en falsk fornemmelse af mæthed. Hvad angår plast i mikro- og nanostørrelse er der potentielt tre typer af skadelige virkninger forbundet med indtagelse: (1) fysiske virkninger relateret til indtagelse, som ligner dem, der er fundet for makroplast (men på mindre organismer), (2) toksisk respons fra frigivelse af farlige stoffer som stammer fra en tilsigtet anvendelse i plasten eller ved produktionen og, (3) toksisk reaktion på forureningsstoffer, der er adsorberet til mikroplasten. I mangel på muligheden for at lave feltobservationer har forskere brugt laboratorieeksperimenter til at undersøge mulige effekter. Der foreligger undersøgelser af biologiske virkninger af mikroplast på en række kategorier af organismer, såsom zooplankton, bundlevende organismer, fisk og havfugle, men samlet findes der stadig et meget begrænset datamateriale. I laboratorieeksperimenter har man fundet, at mikroplast kan have en signifikant negativ indflydelse på bl.a. krebsdyrs fødeoptag, sandormes spiseaktivitet og vægt samt, at mikroplast kan forårsage en form for betændelsestilstand i vævet hos blåmuslinger. I studier på fisk er der set sammenhænge mellem mikroplast og lever-stress og dannelsen af tumorer samt indikationer på hormonforstyrrende effekter. I laboratorieforsøg anvendes der ofte relativt høje koncentrationer sammenlignet med de koncentrationer, der findes i miljøet, og forsøgene omfatter kun få testorganismer sammenlignet med de mange forskellige arter, der findes i miljøet. Det er derfor endnu usikkert, i hvilken grad de observerede effekter i laboratoriet forekommer i miljøet.

Mikroplast som bærer af farlige stoffer

Der foreligger en række undersøgelser, der viser, at mikroplast i miljøet indeholder og/eller er bærer af farlige kemiske stoffer. Der er grundlæggende to typer af kilder til forekomsten af farlige stoffer i mikroplast: 1) stoffer, som tilsat til plasten eller er anvendt som udgangsstof ved produktionen af plasten og, 2) stoffer, som i miljøet binder sig til overfladen af plastpartiklerne og i mange tilfælde over tid videre optages i plasten.

Eksempler på påviste stoffer i mikroplast i miljøet er PBDE'er og andre bromerede flammehæmmere, der tilsat til plast samt nonylphenol og bisphenol A (BPA), som anvendes som udgangsstoffer ved produktion af forskellige typer plast. Blødgørere som phthalater og chlorparaffiner og tilsatte biocider vil utvivlsomt også kunne optræde i mikroplast i miljøet. Koncentrationen af flammehæmmere og phthalater i plast er typisk i størrelsen 5-30 % og langt højere end de forekomster, der kan være af farlige stoffer, der optages i plasten fra det omgivende vand. Problemstillingen om spredning af farlige stoffer med plast, der tabes til miljøet, er ikke ny, og denne spredningsvej har typisk indgået i udslopsopgørelser og i forbindelse med risikovurderinger. EU's risikovurderinger for flere phthalater regner eksempelvis med, at plast spredt i miljøet er den største kilde til udslip af phthalater til miljøet og også maling kan være en væsentlig spredningsvej for nogle stoffer. Udslip kan ske i form af spild af plastråvarer, dannelse af sekundær mikroplast ved slitage af produkter ved brug og bortskaffelse og spredning af plastdele, som efterfølgende fragmenteres til mikroplast i miljøet. Ved indtag af mikroplasten kan organismer eksponeres for de farlige stoffer, men stofferne kan også spredes fra plasten til andre matricer i miljøet og derfra videre til organismene.

Nogle kemiske stoffer har tendens til at adsorbere til overfladen af plast og for nogle stoffer og plast-typers vedkommende optages de i plasten, og der kan derved ske en opkoncentrering så koncentrationerne bliver meget højere i plasten end i det omgivende miljø. Dette er påvist for en række persistente organiske miljøgifte (POP-stoffer) som PCB og DDT, og optag af POP-stoffer i plastråvarer (pellets) tabt til miljøet har i mange år været brugt til at monitorere den globale udbredelse af POP-stoffer. Det åbne spørgsmål er, i hvilket omfang dette optag på en væsentlig måde øger nogle organismers eksponering for stofferne, og i hvilken grad optag i plastpartikler kan resultere i spredning af stofferne fra områder med høj lokal belastning til områder med lavere belastning. De undersøgelser og modelberegninger, der foreligger, tyder på, at forekomsten af mikroplast vil kunne have en vis effekt på, hvordan POP-stofferne fordeler sig i miljøet, men der er ikke noget der tyder på, at det generelt giver øget eksponering (konklusionen vedrører ikke de farlige stoffer, som tilsat til plasten i høje koncentrationer, som nævnes ovenfor). Resultaterne tyder heller ikke på, at transport af mikroplast med havstrømme bidrager væsentligt til transporten af POP-stoffer til eksempelvis de arktiske egne. Det centrale i relation til POP-stoffer er stadig at undgå, at de overhovedet spredes til miljøet. Der er dog noget usikkerhed og lidt modstridende resultater, så flere resultater er nødvendige for at kunne komme med mere sikre konklusioner.

Mikroplast i jordmiljøet

Mikroplast kan ende i jordmiljøet ved udbringning af slam og kompost indeholdende mikroplast og ved slitage af udendørs plastdele og malede overflader. Undersøgelser viser, at mikroplasten forbliver i jorden i mange år, og mikroplast i jorden har - længe før mikroplast i sig selv blev en problematik - været foreslået som en indikator for, hvor meget slam en jord var blevet tilført. Der er ikke fundet undersøgelser af effekterne af mikroplast på dyr, som lever i jorden. Da mange dyr i jorden ernærer sig på samme måde som sedimentlevende dyr undersøgt i vandmiljøet, må det i første omgang antages, at der vil kunne være samme eksponeringsveje og mulige effekter af mikroplast på jordlevende dyr. Denne antagelse bør dog nærmere verificeres gennem konkrete undersøgelser.

Sundhedsmæssige aspekter

Mennesker kan udsættes for mikroplast ved brug af kosmetik med mikroplast, gennem føden, gennem indtagelse af støv i indemiljøet og i forbindelse med brug eller vedligeholdelse af plastdele eller malede/plastbelagte overflader. Det har været uden for rammerne af denne gennemgang at se på mulige sundhedsmæssige effekter af mikroplast, og i hvilken grad, der eksempelvis kunne udledes viden fra undersøgelser af eksempelvis effekter af maling- og plaststøv i arbejdsmiljøet.

Det tyske føderale institut for risikovurderinger (BfR) har vurderet, at mikroplast i kosmetik ikke udgør en sundhedsmæssig risiko, fordi plastpartiklerne har en størrelse, så de ikke optages via tarmen. Der er i de senere år kommet en række undersøgelser, der viser at mikroplast kan forekomme i fødevarer. Mikroplast er således påvist i bl.a. muslinger, øl og honning. Det tyske føderale institut for risikovurderinger har vurderet, at der ikke er tilstrækkelige data vedrørende den kemiske sammensætning, partikelstørrelse og koncentration af mikroplast i fødevarer til at foretage en vurdering af mulige sundhedsmæssige risici af mikroplast i fødevarer, og har opfordret den Europæiske Fødevarautoritet (EFSA) til at udarbejde en redegørelse om plast i mikro- og nanostørrelse i fødevarer.

Mikroplast i spildevand og i renseanlæg

Der er ikke fundet undersøgelser af mikroplast i renseanlæg i Danmark. Undersøgelser af omsætningen af mikroplast i renseanlæg i Norge, Sverige og Tyskland viser, at tilbageholdelseeffektiviteten er afhængig af størrelsen af partiklerne, mens formen af partiklerne er uden væsentlig betydning. For mikroplast $\geq 300 \mu\text{m}$ ender mere end 99 % i slamfasen, mens det for mikroplast i størrelsesintervallet 20 til $300 \mu\text{m}$ typisk kun er 80 til 90 %, der ender i slamfasen. Der er ingen undersøgelser af tilbageholdelsen af mikroplast $< 20 \mu\text{m}$. De tilgængelige undersøgelser har alle opgjort antallet af partikler, mens der ikke er undersøgelser hvor den samlede vægt af partiklerne er beregnet.

Plastfibre udgør det største antal mikroplastpartikler $\geq 300 \mu\text{m}$, hvilket indikerer, at tekstiler mængdemæssigt er en meget væsentlig kilde til mikroplast i spildevandet. Antallet af partikler i størrelsesintervallet 20 til $300 \mu\text{m}$ er væsentligt større end antallet af partikler $\geq 300 \mu\text{m}$ og for de disse partikler udgør fibre typisk omkring en tredjedel af partiklerne (men vægtmæssigt bidrager de små partikler mindre). Antallet af ikke-syntetiske fibre er typisk 5-10 gange større end det samlede antal af mikroplastpartikler. Det er på baggrund af de foreliggende undersøgelser ikke muligt at pege på, hvor meget af den del, der ikke er fibre, der stammer fra tilsigtede anvendelser af primær mikroplast (f.eks. i kosmetik og plastråvarer), og hvor meget der stammer fra slitage/bearbejdning af plastdele og maling. Tyske undersøgelser af polymersammensætningen af mikroplast i spildevand peger på, at PE og PP udgør mere end 90 % af partiklerne $> 500 \mu\text{m}$ (ikke fibre), mens PE og PVA udgør mere end halvdelen af de mindre partikler. "Malingslignende" polymerer udgør 5-10 % af det samlede indhold af de mindre partikler. Metoderne er dog stadig under udvikling og mængden af undersøgte partikler er lille, så forfatterne påpeger, at resultaterne skal tolkes med forsigtighed. Mikroplastpartikler i form af støv fra dæk, afslibning af maling og slid på eksempelvis vinylgulve, som samlet udgør en meget stor del af udledningerne, er typisk så små, at de ikke vil være omfattet af de undersøgelser af mikroplast i spildevandsrensning og i miljøet, der hidtil er foretaget.

Der er ingen undersøgelser af nedbrydning af mikroplast i renseanlæg, men mikroplasten nedbrydes formentlig kun i meget begrænset omfang, og hovedparten af mikroplasten vil derfor ende i slammet, som i Danmark enten brændes eller udbringes på landbrugsjord.

Kilder til udslip af mikroplast i Danmark

Anvendelse og udslip af primær mikroplast i Danmark

Blandt de mængdemæssigt væsentligste anvendelser af primær mikroplast i produkter i Danmark er mikroperler i kosmetik, forskellige typer af mikroplast i maling og små plastpartikler som anvendes til blæserensning. Herudover anvendes primær mikroplast i stort omfang i produktionen af plastemner og gummigranulat fra genanvendelse af dæk anvendes til blandt andet kunstgræsbaner og legepladser. Udslip fra anvendelserne vil typisk være til spildevand (jord er dog den vigtigste vej for gummigranulat), hvorfra en del vil ende i vandmiljøet, mens hovedparten ender i spildevands-slam, som delvist anvendes til jordbrugsformål. Der er herudover en række anvendelser, som det inden for projektets rammer ikke været muligt at estimere forbruget af og de tilhørende udslip.

De samlede opgørelser af kilder til direkte udledninger af primær og sekundær mikroplast i Danmark er vist i nedenstående tabel 0. De enkelte kilder beskrives nærmere under tabellen. Dannelse af mikroplast i miljøet fra makroplast udledt fra danske kilder omtales senere i denne sammenfatning.

For udledninger til vandmiljøet er der i tabellen opgjort de resulterende udledninger til vandmiljøet efter spildevandsrensning. Der er regnet med, at en del af spildevandet udledes urensset i forbindelse med kraftige regnhændelser. Med den høje tilbageholdelsesgrad i renseanlæggene, vil de direkte udledninger kunne bidrage væsentligt til de samlede udledninger. For mikroplast, der udledes med regnvandsbetingede udledninger fra befæstede arealer, vil der være en del, som ender som fast affald i forbindelse med oprensning af sedimentationsbassiner. Da der kun er en del af de separat-kloakerede arealer der er forsynet med sedimentationsbassiner er der regnet med, at det i gennemsnit kun er 10-20% af mikroplasten i de separatkloakerede udledninger, der tilbageholdes.

De samlede udledninger til spildevand er anslået til 2.000-til 5.600 t/år. De største kilder vurderes at være dæk og tekstiler, men der er en række kilder som kan bidrage med betydelige mængder.

Mængderne er opgjort i tons pr. år, og der er ikke et tilstrækkeligt datagrundlag til at beregne antal partikler pr. år. Partikler i plastråvarerne og gummigranulat er relativt store i forhold til andre partikler, som typisk vil forekomme som støv/pulver, og plastråvarerne og gummigranulat ville repræsentere en markant mindre andel, hvis udledningerne alternativt blev angivet i antal partikler. Udledningerne er til den umiddelbare recipient, og der er ingen grundlag for at beregne, i hvilken grad partiklerne vil kunne spredes videre i miljøet, og hvilke effekter de vil kunne have. Partikler fra

dæk, maling, vinylbelægninger (PVC) og tekstilfibre vil typisk have en vægtfylde over én, og må dermed forventes i mindre grad at spredes i miljøet end polyethylen i kosmetik, en stor del af plastråvarerne, EPS kugler, polyurethanskum og mikroplast i maling, som har en vægtfylde under én. Der er ikke basis for at vurdere, om nogle typer mikroplast har større potentiale for effekter på miljøet end andre, bortset fra effekter af farlige kemiske stoffer, som forekommer i nogle af partiklerne (flammehæmmere, blødgørere, mm).

Det skal understreges, at der er tale om forskellige typer af mikroplast både hvad angår størrelse, form og kemisk sammensætning, som her lægges sammen for at få et overblik. Partiklerne fra de vigtigste kilder af sekund mikroplast som dæk, maling, vejstriber og byggematerialer vil typisk være betydelig mindre end eksempelvis mikroplast i kosmetik eller plastråvarer. De vil i høj grad være så små, at de ikke indgår i de opgørelser af mikroplast i miljøet og i spildevand, som foreligger.

TABEL o
OVERSIGT OVER SAMLEDE UDSLIP AF PRIMÆR OG SEKUNDÆR MIKROPLAST I DANMARK (EXCL. DANNELSE AF MIKROPLAST FRA MAKROPLAST I MILJØET)

Produktgruppe	Samlet udslip ton/år	% af samlet udslip (gennemsnit)	Udledning til renseanlæg ton/år	Resulterende mængder der ender i vandmiljøet, ton/år*	% af samlet udslip til vandmiljøet (gennemsnit)
Kilder til emission af primær mikroplast					
Personlig pleje	9-29	0,2	10-22	0,5-4,4	0,1
Plastråvarer	3-56	0,3	3-56	0,1-4,5	0,1
Maling	2-7	0,1	2-7	0,3-1,8	0,1
Blæsemidler	0,05-2,5	0,01	0,03-1,3	0,03-1,4	0,04
Gummigranulat	450-1.580	10,5	20-330	1-20	0,6
Andre anvendelser	?	?	?	?	?
Samlet, primær mikroplast	460-1.670	11,0	35-416	2-31	0,9
Kilder til emission af sekundær mikroplast					
Dæk	4.200-6.600	55,8	1.600-2.500	500-1.700	60,2
Tekstiler	200-1.000	6,2	200-1.000	6-60	1,8
Maling (ekskl. skibsmaling)	150-810	5,0	14-220	6-149	4,3
Skibsmaling	40-480	2,7	0-50	21-240	7,1
Vejstriber	110-690	4,1	40-260	10-180	5,2
Byggematerialer af plast	80-480	2,9	30-150	5-38	1,2
Fodtøj	100-1.000	5,7	40-380	10-260	7,4
Køkkenredskaber, skuresvampe mm.	20-180	1,0	20-180	1-50	1,4
Andre anvendelser	100-1.000	5,7	20-500	8-375	10,5
Samlet, sekundær mikroplast (afrundet)	5.000-12.200	89,0	2.000-5.200	600-3.050	99,1
Samlet i alt (afrundet)	5.500-13.900	100	2.000-5.600	600-3.100	100

* Angiver udslip efter forudgående rensning.

Kosmetik - Mikroplastperler har typisk været brugt i kosmetik som slibemiddel til at opnå en skrubbe-effekt og mikroplast er især anvendt i skrubbe- og renseprodukter til ansigtet, "shower gel" og hånd-reensemiddel. Anvendelserne er grundigt beskrevet i litteraturen. Farvet mikroplast bruges også i et vist omfang til at opnå en farveeffekt, eksempelvis i tandpasta, og visse typer mikroplast anvendes til at give en glimmereffekt. Den mest anvendte polymer er polyethylen (PE). Polyethylen og andre polymerer af kortere kædelængde, som er flydende eller voksagtige, anvendes tilsyneladende i en lang række kosmetikprodukter, men disse anvendelser er uden for definitionen af mikroplast anvendt i denne undersøgelse og er ikke nærmere undersøgt.

En europæisk undersøgelse udarbejdet af forskellige aktører inden for kosmetikindustrien har estimeret det samlede indhold af mikroplast i skrubbe- og renseprodukter solgt i Danmark til 29 tons i 2012. Estimatet omfatter ikke mikroplast i tandpasta samt i andre typer af produkter, hvor mikroplast er tilsat for at opnå farve- og glittereffekter. I følge oplysninger fra brancheorganisationen SPT har forbruget været faldende idet mikroplast er erstattet i mange produkter, og det er derfor lavere i 2014 end estimeret for 2012. I følge en undersøgelse blandt foreningens medlemmer vil mikroplast være udfaset i 2017 i stort set alle kosmetikprodukter, men forventes stadig at anvendes til visse håndrensemidler. I følge oplysninger fra branchen arbejdes der også på udfasning af mikroplast i håndrensemidlerne. Der er i dag ingen kendt anvendelse af mikroplast i tandpasta solgt i Danmark. Under hensyntagen til, at forbruget i 2012 er usikkert bestemt og muligvis er underestimeret, er det samlede indhold af mikroplast i kosmetikprodukter solgt i Danmark i 2014 estimeret til 9-29 tons. Af dette antages 90% af blive vasket af og ende i spildevand. Siden 2013 har der i den europæiske brancheorganisation Cosmetics Europe været enighed om ikke at støtte brugen af mikroplast i kosmetik, og det samme synspunkt støttes af den danske brancheorganisation.

Plastråvarer - Plastråvarer til fremstilling af plastartikler af termoplast i Danmark importeres som plastpiller (pellets) eller pulver og stort set alle faste plastråvarer falder ind under definitionen af mikroplast. I forbindelse med plastfremstillingen smeltes råvarerne sammen, så de færdige artikler vil ikke indeholde mikroplast. Med et forbrug på ca. 550.000 tons/år er det langt den største anvendelse af primær mikroplast. Udslip, enten direkte til miljøet eller mere typisk til spildevand, vil primært kunne ske i forbindelse med transport, omlastning og oplagring, hvorimod udslip fra selve produktionsprocessen vurderes at være ubetydelig. Der er ingen krav i standardbetingelser til miljøgodkendelser for plastproducerende virksomheder vedr. udslip af plastråvarer. Udenlandske undersøgelser har påvist, at udslip af plastråvarer kan være betydelige og den største del af mikroplast i Donau vurderes at være plastråvarer, som er udledt til floden. En væsentlig del af udslippene vil dog foregå i forbindelse med produktion og udlastning af plastråvarerne og disse processer foregår ikke i Danmark.

I regi af brancheorganisationen Plastindustrien forsøger man med programmet Operation Clean Sweep at sætte fokus på metoder til nedbringelse af spild, men der er i skrivende stund kun 9 ud af 250 plastforarbejdende virksomheder i Danmark, der har tilsluttet sig programmet. Data om spild-procenter indsamlet via Plastindustrien fra virksomheder, som har tilsluttet sig Operation Clean Sweep indikerer, at tab til spildevand inden for virksomhedens område (inkl. aflastning fra lastbiler, som bringer råvarerne) maksimalt drejer sig om 0.001% af råvareforbruget. Dette er langt lavere end "worst case" standard emissionsfaktorer udviklet af OECD for tab til spildevand. Det vides ikke, hvor meget højere de gennemsnitlige emissioner fra alle plastvirksomheder i Danmark vil være, men det anslås, at gennemsnittet næppe er mere end 10 gange højere end de højeste værdier angivet i Plastindustriens undersøgelse. På grundlag af de foreliggende data er de samlede udslip af mikroplast til spildevand anslået til 3-56 tons/år.

Maling - Partikler af mikroplast anvendes i vidt omfang i bygningsmaling til at mindske behovet for pigment, mindske vægtfylden, og give særlige overfladeegenskaber. Ud over mikroplast, som defineret i denne rapport, anvendes i vid udstrækning vokspartikler til at give overfladestrukturer. Det samlede forbrug i Danmark i 2014 er af brancheorganisationen DFL anslået til ca. 254 tons i samlet 64.000 tons maling. Når malingen hærder op, vil plastpartiklerne indgå som en del af den samlede malingmatrice og ved slid og afslibning vil mikroplasten indgå som en integreret del af malingpartiklerne, som omtales videre under sekundær mikroplast. Ved brug af vandmalinger vil omkring 1% af den uhardede maling ende i spildevand i forbindelse med rengøring af pensler og andet værktøj. Det vides ikke i hvilken grad mikroplasten i spildevandet vil gå i forbindelse med binderen i malingen eller vil kunne frigives og suspenderes i spildevandet som frie partikler. På det foreliggende grundlag er de samlede udslip af primær mikroplast til spildevand med maling anslået til 2-7 tons. Ved anvendelse udendørs vil en del af malingen spildes til jord, men den tabte maling vil formentlig 28 Microplastics

hærde op, så der ikke ad den vej er en videre transport af de frie partikler i malingen, men at hele malingen som sådan kan bidrage til udslip af sekundær mikroplast.

Blæsemidler - Der er i litteraturen meget få oplysninger om brugen af mikroplast som blæsemidler til afrensning af overflader. Undersøgelsen viser, at blæsemidler af mange forskellige typer af plast anvendes til forskellige formål i Danmark. Blæsemidlerne genbruges typisk 10-20 gange. Det samlede forbrug af plastbaserede blæsemidler i Danmark er anslået til 5-25 tons. Langt de fleste anvendelser er indendørs, hvor der regnes med at være et meget begrænset spild til spildevand. Der er dog også anvendelser, som delvist vil kunne foregå udendørs på skibe og offshore installationer, hvor der vil kunne være et direkte spild til omgivelserne. Ud fra de foreliggende data anslås groft, at der vil kunne være et tab til vandmiljøet i størrelsen 0,1-1,3 tons/år.

Gummigranulat - Størrelsen af gummigranulat fra genbrug af dæk varierer mellem 0,7 og 3 mm, som betyder at gummigranulat henregnes til primær mikroplast, som det er defineret i denne rapport. Granulatet anvendes som fyld (infill) i kunstgræsbaner til fodbold, rugby og golf. Kombineret med et bindemiddel, anvendes granulatet blandt andet til legepladser og løbebaner og der er desuden et betydeligt forbrug til polymer-modificeret asfalt. Slid på kunstgræsbaner og andre områder med gummibelægning vil frigive gummigranulat anvendt på banerne, og desuden vil der dannes sekundær mikroplast, som frigives ved slid på de syntetiske græs fibre. Der er stor usikkerhed om, i hvilket omfang mikroplast, som frigives fra banerne, ender i dræn og kloaksystemer. De samlede mængder, der tilledes spildevand, er anslået til 20-330 t/år (inkl. sekundær mikroplast). Det skal bemærkes, at udledninger fra anvendelsen af gummigranulat er små sammenlignet med udledningerne af partikler fra dækkene, før de genanvendes.

Rengørings- og plejemidler - Brancheforeningen SPT har ingen oplysninger om brugen af mikroplast i rengørings- og plejemidler bortset fra håndrensemidler som indgår i opgørelsen for personlige plejemidler. Der er heller ikke fundet konkrete oplysninger om denne anvendelse i litteraturen, men den er nævnt som en mulig anvendelse, og det kan ikke afvises, at der kan være en vis anvendelse, hvor mikroplasten anvendes som skrubbemiddel i plejemidler på samme måde som i kosmetik.

Andre anvendelser - Der er en række anvendelser af primær mikroplast, som det inden for rammerne af dette projekt ikke har været muligt at beskrive i detaljer. Det drejer sig om kugler af ekspanderet polystyren til møbler og hulmursisolering, toner til laserprintere, plastikugler som anvendes i visse industrielle opvaskemaskiner, medicinske formål, forskningsformål og mikroplast anvendt som specialkemikalier. De samlede mængder anvendt til enkelte af anvendelsesområderne kan muligvis være betydelige, men de resulterende udslip vil formentlig udgøre en begrænset del af de samlede udslip.

Dannelse af sekundær mikroplast fra artikler i brug og malede/plastbelagte overflader

Der er en lang række kilder til dannelse af sekundær mikroplast, hvoraf de vigtigste vurderes at være slid på dæk og malede striber på veje, slid på tøj og andre tekstiler af syntetiske fibre, slid og afslibning af maling, slid på store overflader af plast som eksempelvis vinylgulve og tagbelægninger, slid på skosåler og slid på kunstgræsbaner. Udslip herfra vil være til kommunale renseanlæg, til vandmiljøet via regnvandsbetingede udløb og overfladeafstrømning eller direkte til vandmiljøet eksempelvis ved aktiviteter på havne eller skibe. Partiklerne, som dannes ved slid på dæk og plast-materialer (f.eks. vinylgulve) samt ved slibning af maling, vil typisk være mindre end 10 µm og dermed ikke være omfattet af de undersøgelser, der er lavet af mikroplast i miljøet og spildevand. Det er en mulig forklaring på, at partikler fra disse væsentlige kilder ikke mere markant viser sig i de undersøgelser, der er af polymersammensætningen af mikroplast i spildevand og miljøet.

Dæk og vejstriber - Partikler, som afslides fra dæk og vejstriber indgår i vejstøv, som dels afledes med spildevand, dels spredes til det omgivende jord og overfladevand. Den samlede dannelse af dækpartikler er anslået til 4.200-6.600 t/år, og vurderes at være den største enkeltkilde til spredning af mikroplast til miljøet. Udslippet er relativt sikkert bestemt. De samlede udslip til vandmiljøet fra brug af vejstriber anslås til 10-180 tons, og vurderes dermed også at være en betydende kilde.

Tekstiler - Der dannes væsentlige mængder af fibre i mikroplaststørrelse fra slid på tekstiler, dels ved brug, dels i forbindelse med tøjvask. Syntetiske fibre, som mest sandsynligt stammer fra tekstiler, udgør en meget stor del af mikroplast ≥ 20 µm i renseanlæg og er også påvist at udgøre en væsentlig del af mikroplast i kystnære farvande. Der foreligger et meget begrænset datamateriale, men ved at sammenholde de begrænsede data om udslip ved tekstilvask med viden om mængden af fibre i spildevand, der tilføres renseanlæg, er det muligt at anslå en sandsynlig størrelsesorden på dannelsen af mikroplast. På det foreliggende grundlag anslås mængderne af syntetiske fibre, der tilføres renseanlæg, at være 200-1.000 t/år.

Maling (bortset fra skibsmaling) - Der dannes mikroplastpartikler ved slitage på maling og ved afslibning/afskrabning af malingen i forbindelse med vedligeholdelse af de malede overflader. Der vil primært kunne ske udslip til miljøet fra malinger anvendt udendørs og opgørelsen fokuserer derfor på disse malinger. De samlede udslip anslås til 150-810 t/år hvoraf 14-220 t/år anslås at tilføres renseanlæg via afstrømning fra befæstede arealer.

Skibsmaling - Mikroplast partikler kan dannes ved slid og vedligeholdelse af marine malinger, der anvendes til lystbåde og større skibe. En væsentlig del af udledningerne vil være direkte til vandmiljøet. De samlede udledninger til vandmiljøet fra anvendelse af maling på lystbåde anslås til 5-50 t/år, mens i størrelsen 16-190 t/år anslås at blive udledt fra brugen af maling til større fartøjer. Desuden kan mikroplast muligvis dannes ved frigivelse af selvpolerende antibegroningsmalinger, når fartøjerne er i vandet, men der findes ingen oplysninger om denne mulige kilde.

Byggematerialer af plast - PVC, såvel blødgjort som hård PVC, udgør hovedparten af de bygge-materialer af plast, som vil kunne udsættes for slid og forvitring. Der foreligger nogen viden, som er frembragt i forbindelse med at estimere udslip af phthalater og tungmetaller, som anvendes i PVC. De væsentligste kilder vurderes at være gulvbelægnings, tagbelægnings og tagrender mm. af PVC. De samlede udslip af mikroplast fra byggematerialer til spildevand er anslået til 30-150 t/år.

Fodtøj - Såler på fodtøj er typisk lavet af PVC, polyurethan eller syntetisk gummi. Ved slid på sålerne dannes der mikroplastpartikler. Der foreligger nogle estimater for frigivelse af plast fra såler af PVC og på det grundlag er de samlede udslip til spildevand og vejvand estimeret til 40-380 t/år.

Køkkenredskaber, skuresvampe og klude - Slid på redskaber, klude og svampe af plast anvendt i køkkener og på badeværelser vil kunne resultere i en afgivelse af mikroplast, som direkte afledes til spildevand. De største kilder vurderes at være skuresvampe og syntetiske multiklude, som det er forsøgt at udarbejde et estimat for, mens slid på køkkenredskaber vurderes at udgøre mindre end disse to kilder. På baggrund af den tilgængelige viden er de samlede udslip til spildevand anslået til 20-180 t/år.

Andre kilder - Der er en lang række andre mulige kilder til dannelse af sekundær mikroplast, som det inden for rammerne af denne undersøgelse ikke har været muligt at undersøge nærmere. De vigtigste vurderes at være industriel og professionel bearbejdning af materialer og artikler af plast, fiskenet og andre fiskeredskaber, polyetylenfolier anvendt i landbruget, polymermodificeret bitumen, bioaffald, papirgenanvendelse, bilfragmenteringsanlæg (shredder anlæg) og udstyr til fragmentering af madaffald på skibe. På basis af erfaringerne fra udenlandske undersøgelser, anslås det groft, at de samlede udledninger fra disse anvendelser vil være i størrelsen 100-1.000 t/år. På basis af erfaringerne fra udenlandske undersøgelser vurderes det groft, at de samlede udledninger vil være inden for intervallet 100-1000 tons/år.

Dannelse af mikroplast ud fra makroplast i miljøet

Mikroplast dannes i miljøet ved fragmentering af større plaststykker, som er spredt i miljøet. Der findes meget viden om, hvilke typer af plast, som skyller op på strandene, og dermed meget viden om, hvilke kilder der er til makroplast i miljøet. Det er vurderet, at der i 1990'erne blev dumpet omkring 20.000 tons affald i Nordsøen, hvoraf en stor del antages at være plastaffald. Det er vurderet, at 15% af dette ender oppe på strandene, mens den øvrige del flyder rundt og synker til bunden efter delvist at være blevet fragmenteret. Der findes ingen specifikke opgørelser for plast og ingen beregninger af med hvilken rate og i hvilke mængder, mikroplast dannes ud fra makroplasten når den flyder eller ligger på bunden. Tidsperspektivet for en total nedbrydning (mineralisering) af plast kan være mange hundrede år, men de tilgængelige data for fragmentering, indikerer, at mange typer af makroplast i et vist omfang fragmenteres inden for et tidsperspektiv af år eller tiår.

Der må derfor regnes med, at en væsentlig del af de plaststykker, som ender ude i havmiljøet, faktisk når at fragmentere inden de fjernes fra strandene eller dækkes af sedimentet. Der er ikke fundet modelberegninger, der ud fra viden om forekomst af makroplast i miljøet, estimerer mængden af mikroplast, der dannes. En norsk opgørelse kommer med, hvad forfatterne betegner som et "bedste gæt" på, hvor meget mikroplast der kan dannes fra fragmentering fra makroplast i vandmiljøet omkring Norge. Opgørelsen når frem til en mængde på 360-1.800 t/år fra de vigtigste kilder, men den reelle usikkerhed på estimatet vurderes at være større end intervallet antyder. Det viser dog, at dannelse af mikroplast fra makroplast i miljøet formentlig er væsentlig større end udledningerne knyttet til brugen af primær mikroplast, mens det er mere usikkert om der er tale om lige så store mængder som udledningerne af sekundær mikroplast. Da der ikke er et datamateriale, der tillader bedre estimater end dette "bedste gæt", er det i nærværende undersøgelse ikke forsøgt at etablere et selvstændigt "bedste gæt", men at referere til den norske undersøgelse.

Vurdering af kilder til mikroplast i havmiljøet omkring Danmark

Mikroplast i havmiljøet omkring Danmark vil stamme fra lokale landbaserede kilder, skibsfart og andre havbaserede kilder, fragmentering af plastaffald i miljøet, eller det kan være tilført udefra med havstrømme. Der findes ingen målinger eller modeller, som kan pege på betydningen af de forskellige kilder, og der er ingen modeller, der beskriver den endelige skæbne af mikroplasten, som tilføres til eller dannes i havmiljøet omkring Danmark. De foreliggende undersøgelser af mikroplast i havmiljøet giver kun meget begrænsede oplysninger om mulige kilder.

Der ses en generel tendens til højere koncentrationer af mikroplast i kystnære lokaliteter nær større byer og højere koncentrationer i de indre danske farvande end i de omgivende havområder, som kunne tyde på at mikroplasten i højere grad skyldes lokale kilder end fra indstrømning fra tilgrænsende havområder. Antallet af målinger er dog endnu for beskedent til at udarbejde sikre konklusioner, og der vil ligeledes være behov for mere detaljerede modelleringer af udledninger, transport og dannelse af mikroplast i farvandene. I en svensk undersøgelse er der fundet høje koncentrationer af mikroplast ud for en plastproducerende virksomhed, som viser, at der vil kunne optræde høje koncentrationer nær punktkilder (virksomheden har siden fået installeret rensningsforanstaltninger). En ny undersøgelse peger endvidere på, at mikroplast på en enkelt af de undersøgte stationer sandsynligvis var plastråvarer, som var spildt.

En svensk undersøgelse (af partikler $>300 \mu\text{m}$) har fundet højere koncentrationer i Øresund end på de øvrige stationer langs de svenske kyster i Kattegat og Øresund, og tyske undersøgelser (partikler $>100 \mu\text{m}$) finder større koncentrationer i Kattegat og Østersøen syd for Lolland-Falster end i Nordsøen. Svenske undersøgelser har desuden fundet større koncentrationer i havet ud for større byer end i områder ud for mindre byer, og renseanlæg er påvist at være en kilde til lokale høje koncentrationer omkring udløb. Dette kunne pege på, at det, i hvert fald i kystnære farvande, er lokale kilder, der er af størst betydning. Der er ved undersøgelserne i kystnære farvande fundet en meget stor forekomst af fibre, som kunne tyde på at renseanlæg kunne være en væsentlig kilde, men også fiske-redskaber bidrager til forurening med fibre. Der er ikke fundet undersøgelser, hvor tykkelsen af fibre og polymersammensætningen er rapporteret, hvilket ellers kunne hjælpe til at bestemme, om kilderne var tekstiler eller fiskeredskaber. De foreliggende resultater skal generelt fortolkes med forsigtighed på grund af det begrænsede datamateriale. Undersøgelserne fra de åbne havområder er ikke omfattende nok til at pege på mulige kilder, og der er ikke grundlag for at vurdere, om der til de åbne havområder er en nettotilførsel eller fraførsel med havstrømme.

En nylig tysk undersøgelse har vist, at for partikler $>500 \mu\text{m}$ er de mest forekommende polymerer polyurethan (PUR, gennemsnit 51%), polyethylen (PE, 29%) og polypropylen (PP, 17%). PE og PP er de plasttyper, der både anvendes i de største mængder, har vægtfylde over 1 og anvendes i udstrakt grad til emballage, så det er oplagt, at de forekommer som mikroplast i havet. Men det er ikke umiddelbart oplagt, ud fra analysen af mulige kilder, at pege på, hvorfor polyurethan optræder i så store mængder. Opskummet polyurethan anvendes til madrasser og polstermøbler samt til bygningsisolering, og polyurethan anvendes desuden i maling, men det er ikke klart, hvorledes plasten skulle spredes til miljøet i så store mængder, at det er den dominerende plasttype for de større partikler. Der er tale om nye metoder, og der kun foreligger kun en enkelt undersøgelse, som endnu ikke er publiceret, men resultaterne viser, at undersøgelser, hvor der ses nærmere på polymersammensætningen af mikroplasten, vil være et værdifuldt bidrag til at få en bedre forståelse af kilderne til mikroplast i havet og skæbnen af denne.

Katalog over mulige initiativer af nationale myndigheder i Danmark

På grundlag af en analyse af de vigtigste mangler i den eksisterende viden og en vurdering af de mest oplagte muligheder for at begrænse udslip af mikroplast, er der udarbejdet et katalog med forslag til mulige nye initiativer, som kan iværksættes nationalt i Danmark. Forslagene er alene udtryk for forfatterens umiddelbare opfattelse efter at have indhentet kommentarer fra projektets følgegruppe.

Kataloget over mulige undersøgelser fokuserer på undersøgelser, som kunne iværksættes af nationale danske myndigheder og som er af betydning for eventuelle nye tiltag til begrænsning udslip af mikroplast. De vedrører omsætning af mikroplast i renseanlæg, mulige effekter af mikroplast i slam fra renseanlæg som anvendes til jordbrugsformål, undersøgelse af mikroplast i fødevarer i Danmark, og undersøgelse af effekterne af plast i nanostørrelse. Der er i regi af OSPAR og HELCOM for nylig udarbejdet handlingsplaner for marint affald, herunder mikroplast, og der er i den sammenhæng igangsat en lang række initiativer, som skal give mere viden om, hvad der kan gøres for at forhindre forurening af havene med makro- og mikroplast, og danne grundlag for yderligere initiativer på regionalt og nationalt niveau. Det er forsøgt ved forslag til nye initiativer i Danmark at afstemme forslagene med de initiativer, der allerede er taget i relation til havkonventionerne.