



# Mikroplast i vandmiljøet – en overset affaldsfraktion

Jakob Strand

## Sekundær mikroplast



## Primær mikroplast





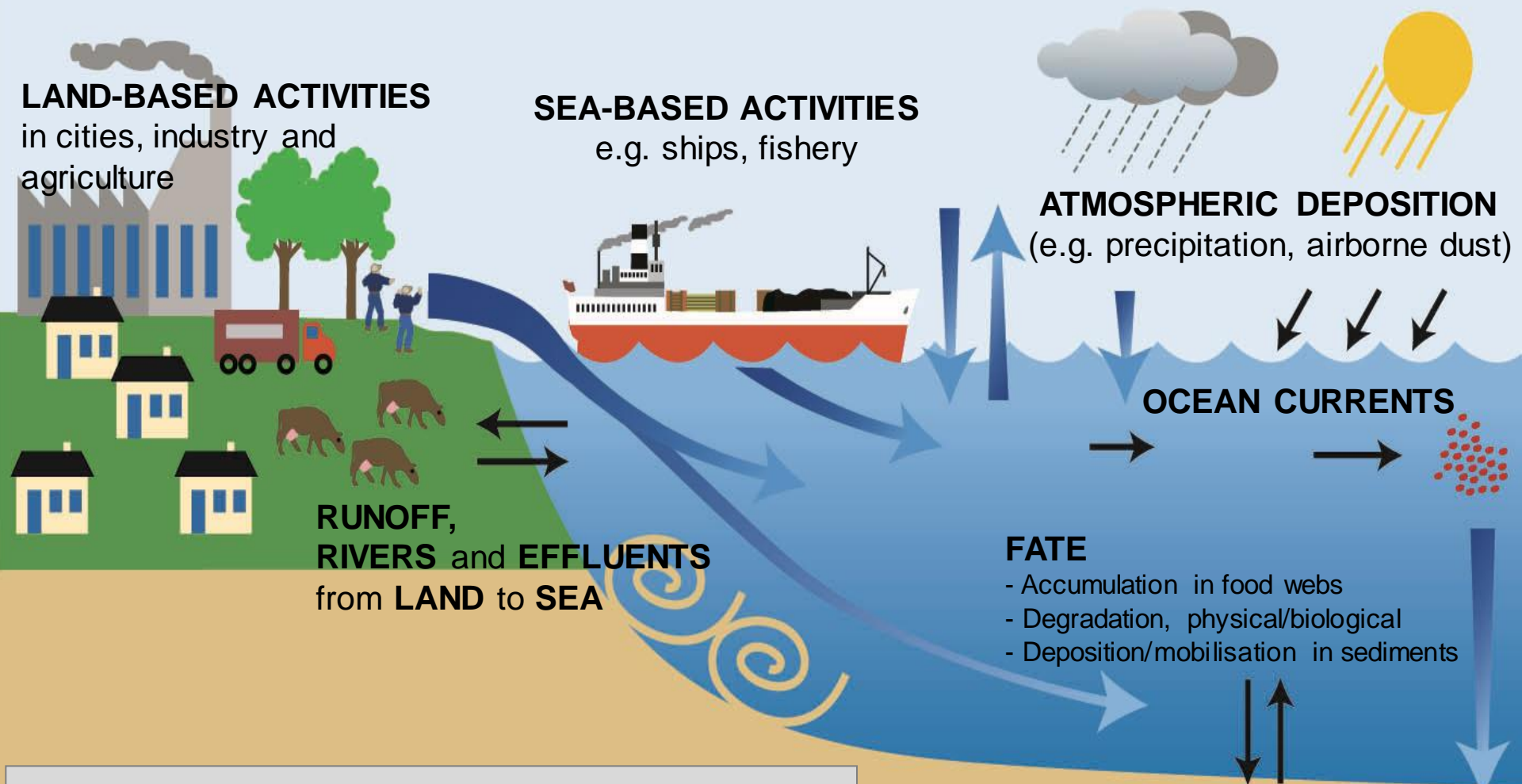
**Mennesker har gennem alle tider efterladt sig spor i sine omgivelser**  
– og det efterladte affald er som synlige aftryk fra vores mange former for forskellige aktiviteter



I dag er mængderne og spredningen af plastaffald i et globalt perspektiv dog uden sidestykke!

**- og et tydeligt tegn på den antropocene tidsalder**

# Mange kilder til belastning med (mikro)plast



- **Kilder** omfatter alle slags menneskelige aktiviteter med større eller mindre tab af plast til miljøet, både til lands og til vands.

- **Spredningen** foregår bl.a. ved atmosfærisk transport, afstrømning fra land og havstrømme

**Tilførsler** til havet kan komme direkte fra kilder eller som diffuse tilførsler, hvor det først passerer andre miljøer.

# Affald i havet – er det et relevant miljøproblem ?

Ekstra fokus i seneste år, bl.a. efter undersøgelser har vist store mængder af affald forekommer i de åbne oceaner  
– og det anses i dag som et globalt problem.

Marint affald består af især svært nedbrydelige **plast**-materialer, men også af andre typer af “solid waste”, dvs. **træ, metal, glas, gummi, tøj, papir** mv. både som **store stykker og små mikroskopiske stykker** (partikler).

## Miljøproblemer:

- Effekter på dyrelivet, optagelse og andre skader,
- Kilde (og vektor) til miljøfarlige stoffer i havmiljøet,
- Samfundsmæssige effekter, fx på turisme, sikkerhed til søs, fødevarekvalitet mm.
- Uopfyldte æstetiske forestillinger omkring ”ren” natur.



# Hvor ender det henne ?

I **vandmiljøet** vil både "makro-plast" og mikroplast være:

- Skullet op og aflejret på kysterne
- Flyder rundt i vandmasserne, i overfladen og dybere,
- Aflejret på havbunden og ned i sedimenter,
- Optaget i fødekæder.

---

I **det terrestriske miljø** vil "makro-plast" og mikroplast være:

- Hvor det i første omgang er efterladt eller deponeret,
- Tilført ifm. oversvømmelser eller atmosfærisk deposition.
- Uddelt sammen med slam på landbrugsjorde,

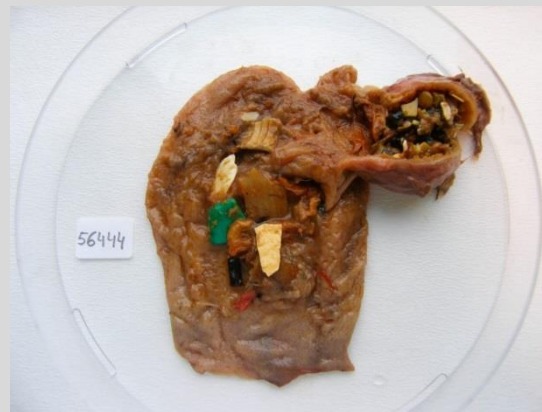
## Hvor tilgængeligt er det ?

### - i fødekæder ... i forbindelse med fødeoptag

Mange undersøgelser viser at plast kan blive indtaget af dyr både i de nedre dele af fødekæder, fx zooplankton, muslinger, rejer, og hummere, samt af større dyr, som fisk, fugle og pattedyr.

**Tilgængeligheden afhænger af** hvilke organismer der er fokus på pga. forskelle i bl.a. **fødesøgnings- og livsstrategier** samt de foretrukne **partikelstørrelser** af de normale fødeemner ...

Fx havfugle som mallemukker har ofte plastpartikler på 1-25 mm i maven. **Her fotos fra grønlandske mallemukker undersøgt ifm. igangværende DANCEA projekt:**



## Hvor tilgængeligt er det ?

### - i fødekæder ... andre former for tilgængelighed

**Vikles ind i affald.** Fisk, skildpadder, fugle og havpattedyr kan risikere at blive viklet ind i større stykker plastaffald, herunder tovrester og tabte fiskeredskaber.

F.eks. op til 20% af suler fundet døde på kysten i den sydlige *Nordsø* er viklet ind i plastaffald (TMAP 2009).



### Udnytte affald som ekstra ressource, fx som

- Redemateriale,
- Nye habitater,

Fx mange rider bruger plastaffald som redemateriale, fx i koloni ved Hirtshals (Hartwig et al. 2007).



# De væsentligste kilder til affald i havet

Affald i havet kommer både fra lokale **landbaserede kilder** fx.

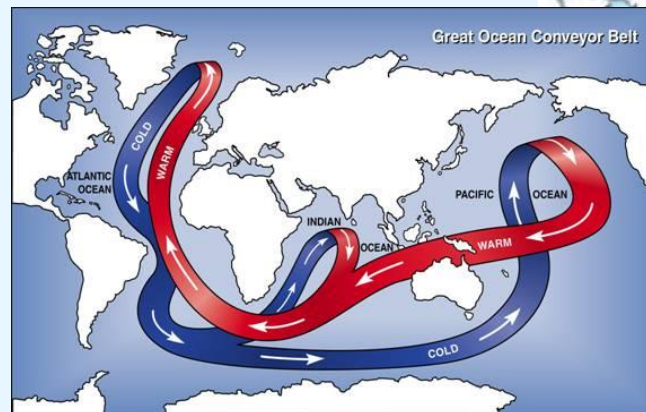
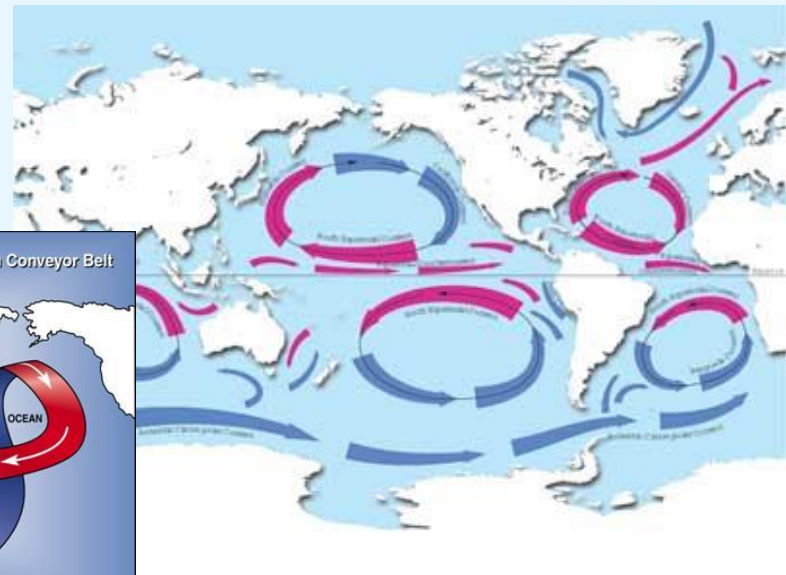
- Affald fra rekreative aktiviteter (fx på strande),
- Dårlig affaldshåndtering (fx på lossepladser, i byer og landbrug),
- Vindebåren affald og støv,
- Spildvandsudledning og floder,
- Spild og udledning ved produktion og transport

og fra en række **aktiviteter til havs**;

fx. skibstrafik, fiskeri, rekreative aktiviteter

Derudover også transport med havstrømme over store afstande, selv mellem kontinenter.

Og også til dybhavet.





## “Ekstreme” vejrhændelser

- som mere ukontrollerbare årsager til ekstra store tilførsler

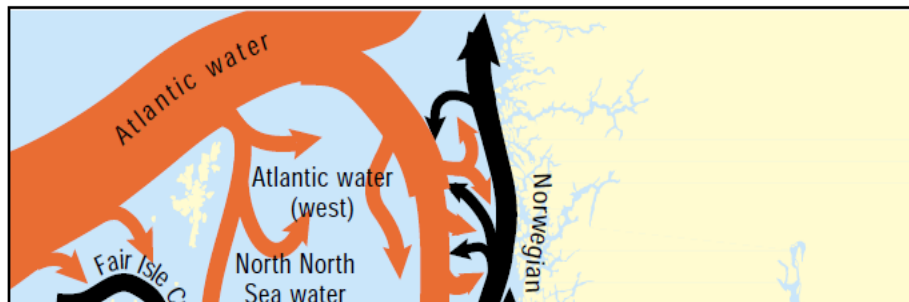
- Ekstreme regnskyl kan medføre fx overløb af spildevand,
- Oversvømmelser kan medføre at ikke tiltænkte ting bliver til affald andet steds i vandmiljøet eller på kysten,
- Kraftige storme kan vælte og rive ting i stykker, samt bære affald fra kilder og ud i miljøet.

Kan have en forholdsvis stor betydning sammenholdt med den ”normale” belastning - både i udlandet og herhjemme ... ?



# Skagerrak

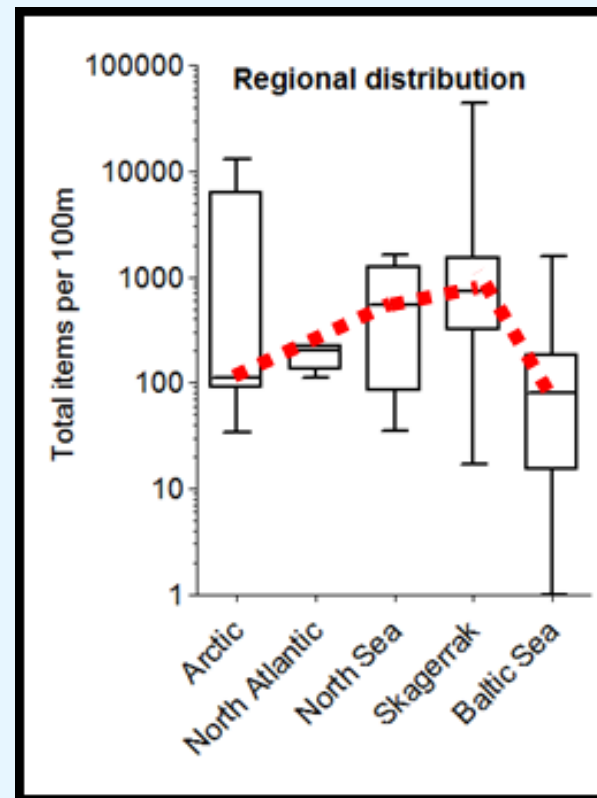
## - Et vigtigt depositionsområde for Nordsøen



DCE har siden 2015 udført overvågning af marint affald på kyster i Nordsøen og Østersøen sammen med KIMO Danmark

som en del af Miljøministeriets overvågningsprogram ifm. af EUs Havstrategidirektiv

Nordiske overvågningsdata for affald på strande viser at de største mængder generelt forekommer på den svenske og danske vestkyst.



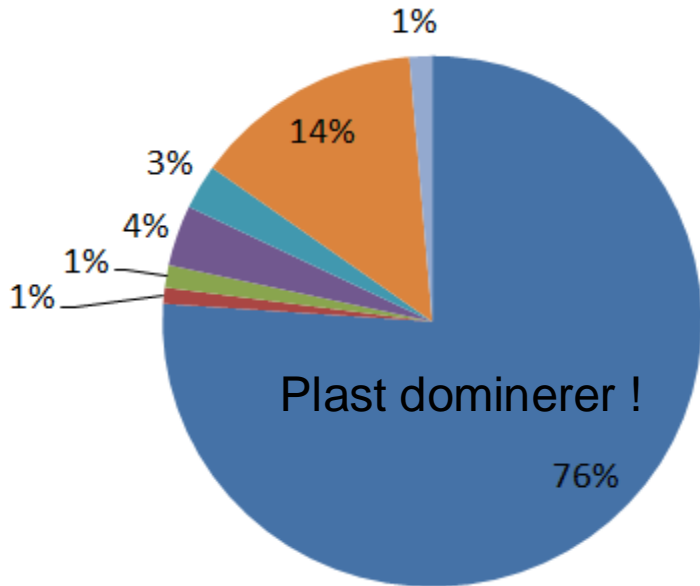
OSPAR + MARLIN data 2002 - 2012

OSPAR QSR  
2000

(Strand et al. 2015)

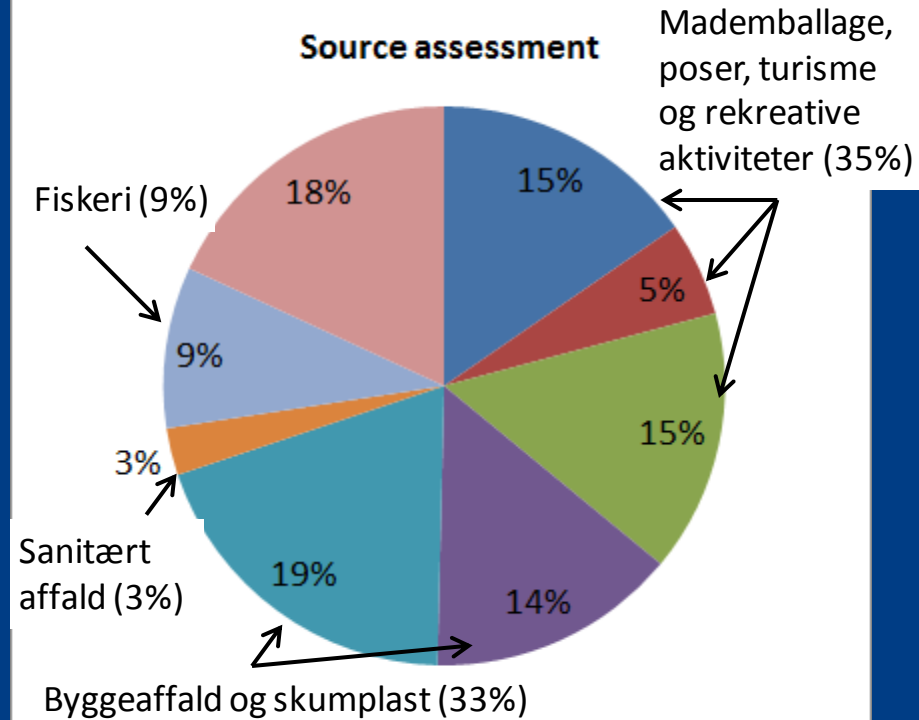
# Marint affald, som skylles op på kysten i DK

**Material composition**



- Artificial polymer materials
- Glass/ceramics
- Paper/Cardboard
- Rubber
- Cloth/textile
- Metal
- Processed/worked wood

**Source assessment**



- Materials for food and beverage
- Recreational and household products
- Construction and industrial materials
- Fishery and ship-related materials
- Plastic Bags
- Insulating materials/Foamed plastic
- Sanitary waste
- Unidentified

*Baseret på affald (>2.5 cm) indsamlet på lysten i Roskilde fjord 2015*

# Undersøgelsesområder i Grønland 2016-17

- Marint affald på referencestrande
- ▲ Havfugle (mallebukker), maveindhold
- Miljøprøver til mikroplast analyser

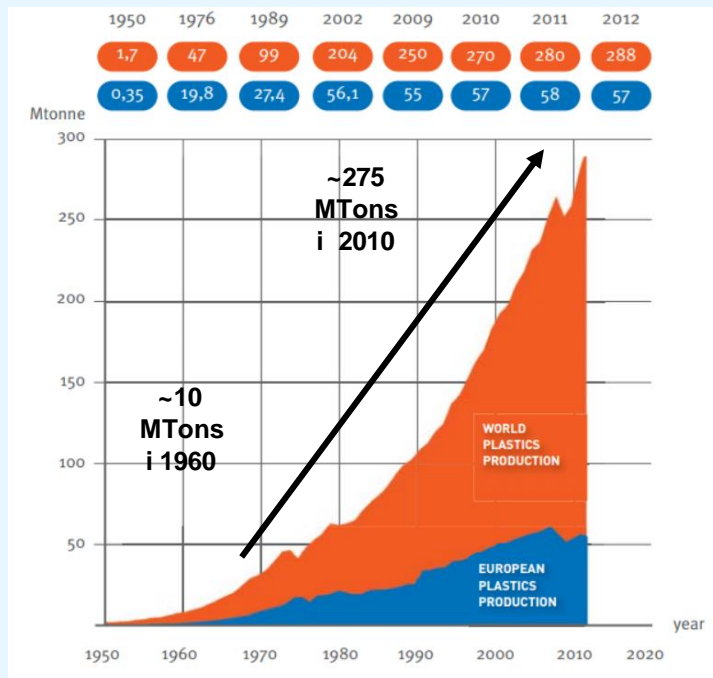


Havstrømme kan være en vigtig rute for lang-transport af marint affald til Arktis  
- men er lokale kilder også betydende ?

# Nogle globale estimater for plast-affald i havet

## Land-baserede kilder af plastik affald fra land til hav:

Estimat på 4.8 - 12.7 million tons plastik tilføres havet per år ud af global produktion på 275 million tons of plastik i 2010 svarende til 2-5% af alt plast (Jambeck et al. 2015)



Stor global vækst i plast-produktion 1950-2012 (PlasticsEurope, 2012)

2 - 5%  
→  
tilføres  
havet



Kun en meget lille andel vurderes dog at flyde i havoverfladen: 0.032 – 0.236 Mtons (van Sebille et al. 2015).

# Men er det synlige affald i miljøet kun toppen af isbjerget ?

- Hvor bliver de store mængder af affald af i havet ?



- Spredning af affald  
i miljøet sker lokalt og globalt

- Aflejring af affald  
på kysten og i havbunden

- Fragmentering og  
nedbrydning

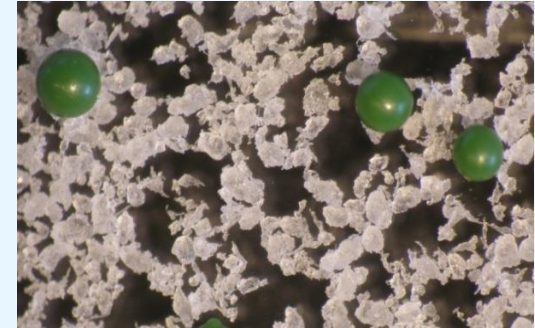
- Spredning og aflejring  
som mikroplastik

# Mikroplast – den hidtil overste affaldsfraktion

Mikroskopiske partikler;  $<5\mu\text{m}$  → micro- (nano-)skala

## Primær mikroplast (fremstillede partikler):

- Råvare plast pellets til plast-produktion,
- Kosmetik og andre plejeprodukter,
- Industriel sandblæsning, malingskomponenter mm.



## Sekundær mikroplast:

**Fragmentering** af “makroaffald” fra hav-og landbaserede kilder

Forårsaget af slid, forvitring og nedbrydning i miljøet pga. UV-lys, mekanisk bearbejdning af vand og vejr og biologisk påvirkning.

– som sten med tiden bliver til sand, silt og ler



# Kilderne til mikroplast i Danmark

## MST rapport (2015) om mikroplast emissioner:

Slitage fra dæk (60%), maling (11%), skosåler (7%), vejstriber (7%), tekstiler (2%), primær mikroplast (1%), andet (12%).



## Hvilke andre mulige kilder er ikke medtaget i ovenstående estimat af mikroplast emissioner ?

- Fragmentering af "makroplast" til mikroplast i miljøet.
- Kunstgræs, EXP ("*flamingo*") kugler, softgun kugler ...
- Andre oversete produkter/anvendelser ?



Man skal derudover også være opmærksom på at lokale kilder og miljøforhold kan medføre at belastningen lokalt kan adskille sig væsentligt fra ovenstående estimerede fordelinger.



# Plejeprodukter – som kilde til mikroplast

**Eksempel på indhold:** 0.3 – 10.5% primær mikroplast (som LDPE) fundet i udvalgte produkter i butikker 2013 ud fra tilstedeværelsen af polyethylene i varedeklarationen.

I år, efter vedvarende pres fra NGO'er, har den Europæiske brancheforening besluttet at støtte op om en frivillig udfasning af "microbeads".



**COSMETICS EUROPE ISSUES A RECOMMENDATION ON SOLID PLASTIC PARTICLES  
(PLASTIC MICRO PARTICLES)**

**Brussels, 21 October 2015**

Cosmetics Europe stands ready and is committed to working in partnership with the European authorities to gather scientific data to allow a further assessment of the issue. This knowledge will facilitate scientific decision making and prioritise measures that will result in a true benefit for the environment by reducing the amount of plastic litter in the marine environment.

# Mikroplast i udløbsvand fra Bjergmarken renseanlæg

- eksempler på mikroplast

Mikroplast som

**Fibre**, **flager**, **film**, **korn**, **kugler**  
i mange farver og former

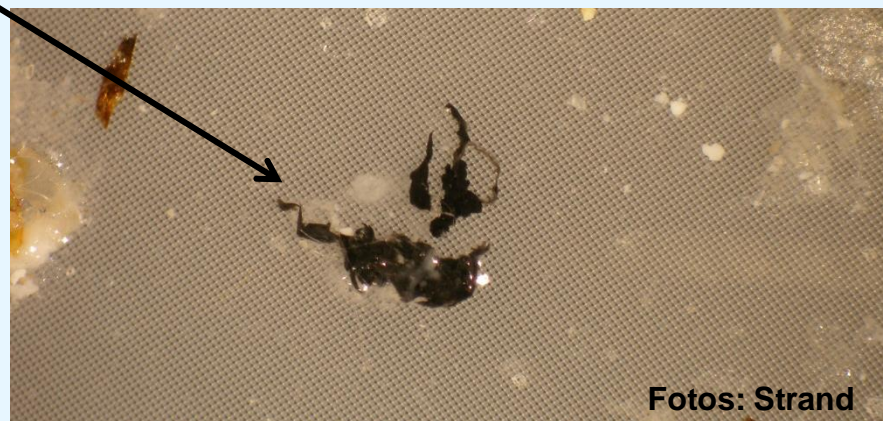
Er fibre = Vask af tekstiler ?

Er små kugler = Microbeads fra kosmetik ?

Er sorte fragmenter = Dæk slitage ?

*Fotos af udpluk af mikroplast partikler  
fundet i AlfaLaval pilotanlæg med  
4m<sup>3</sup> opkoncentreret udløbsvand  
indsamlet i perioden 17-23/11-16.*

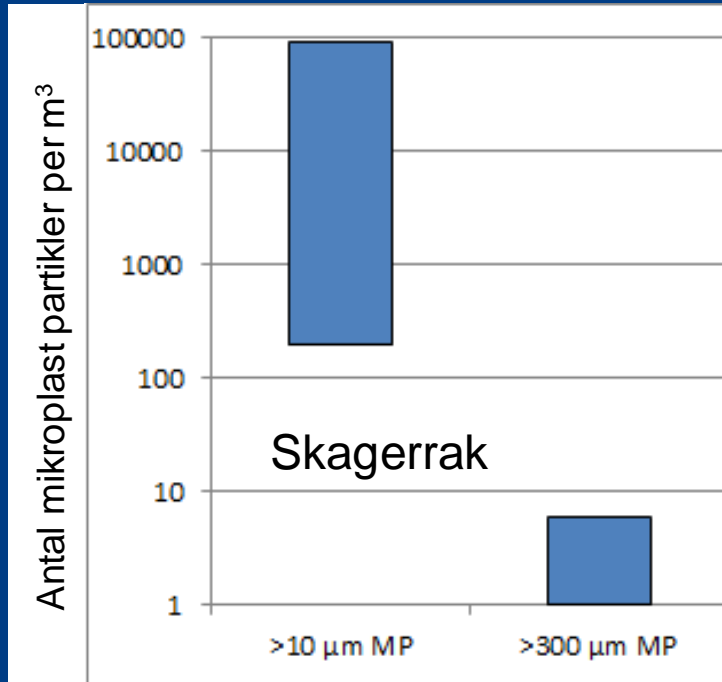
*Fra VELUX projekt  
"Plast i Roskilde fjord"*



Fotos: Strand

# Mikroplast i vandsøjlen

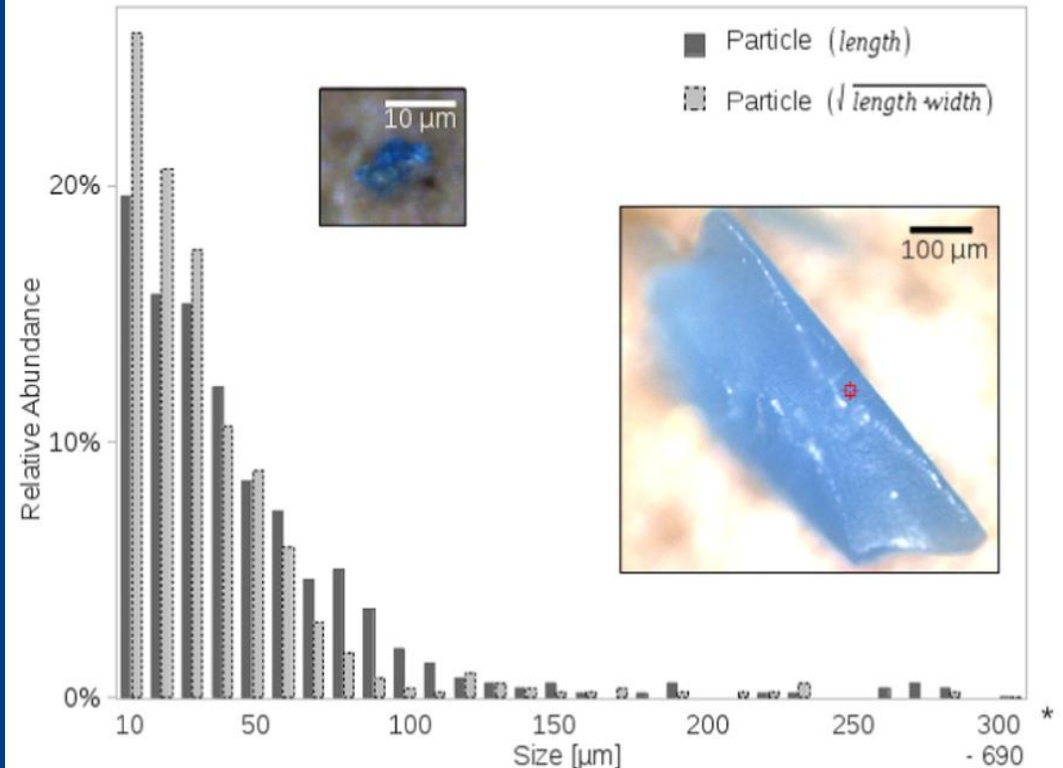
- Mange flere små (10 - 100  $\mu\text{m}$ ) end store partikler (>300  $\mu\text{m}$ )



Data fra Norén & Naustvoll 2010, Norén 2014 og Magnusson & Norén 2011, reviewed i MST rapport (draft 2015)

## Tilsvarende i det åbne Atlanterhav

K. Enders et al. / Marine Pollution Bulletin xxx (2015) xxx-xxx



OBS: Fibre vurderes at udgøre en væsentlig fraktion af mikroplast – men da fibre er tynde, men lange partikler, tilbageholdes de i mindre grad med 300 $\mu\text{m}$  filtre

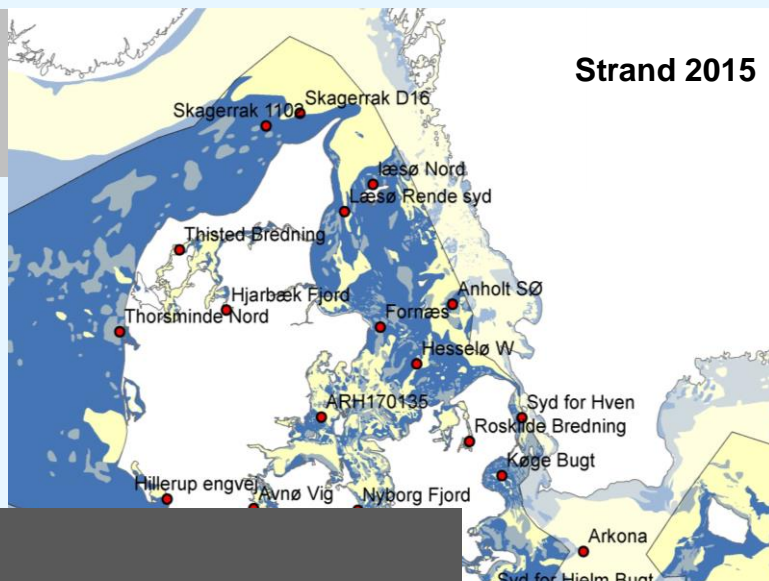
# Sediment og mikroplast

## Resultater fra første danske survey i 2013

Examples of microplastic fibres



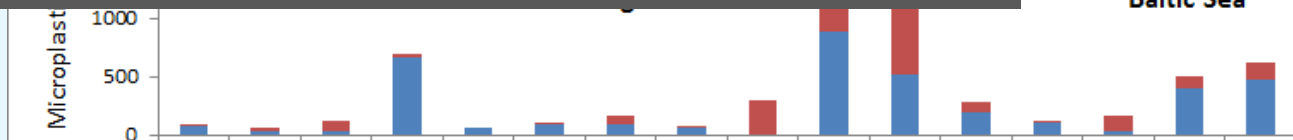
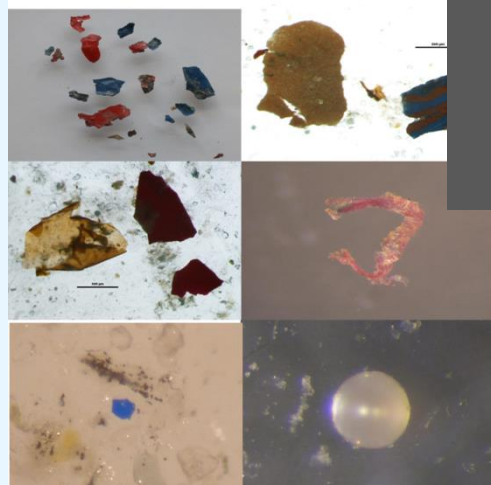
Prøvetagning var koordineret med NOVANA overvågning for miljøfarlige stoffer



Strand 2015

Opfølgende sediment undersøgelser er udført i 2015-2016 som en del af Miljøministeriets overvågningsprogram ifm. af EUs Havstrategidirektiv

Examples of flakes/granule



Baltic Sea

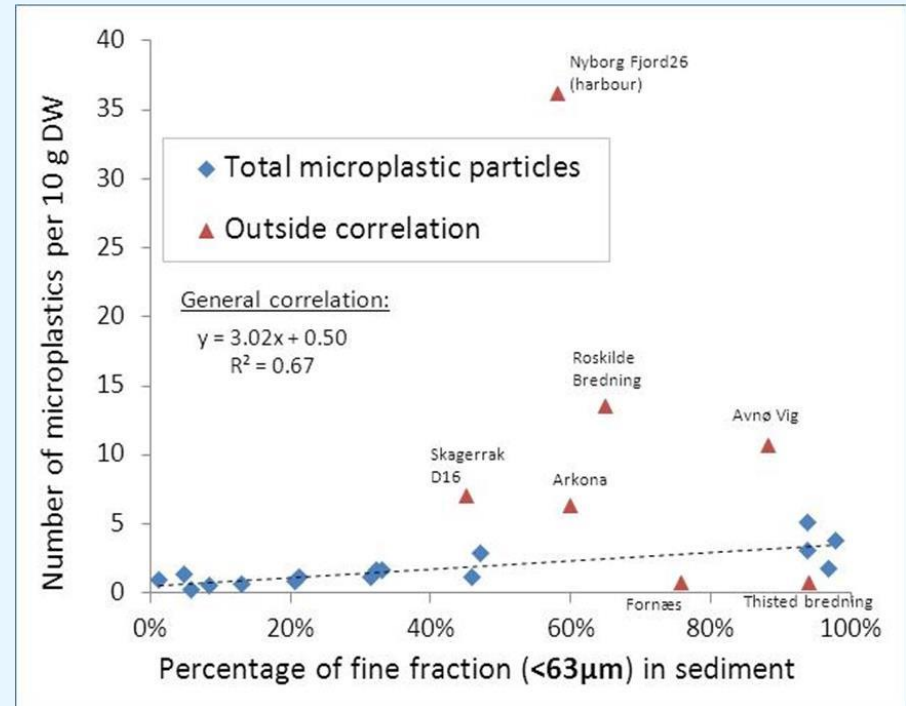
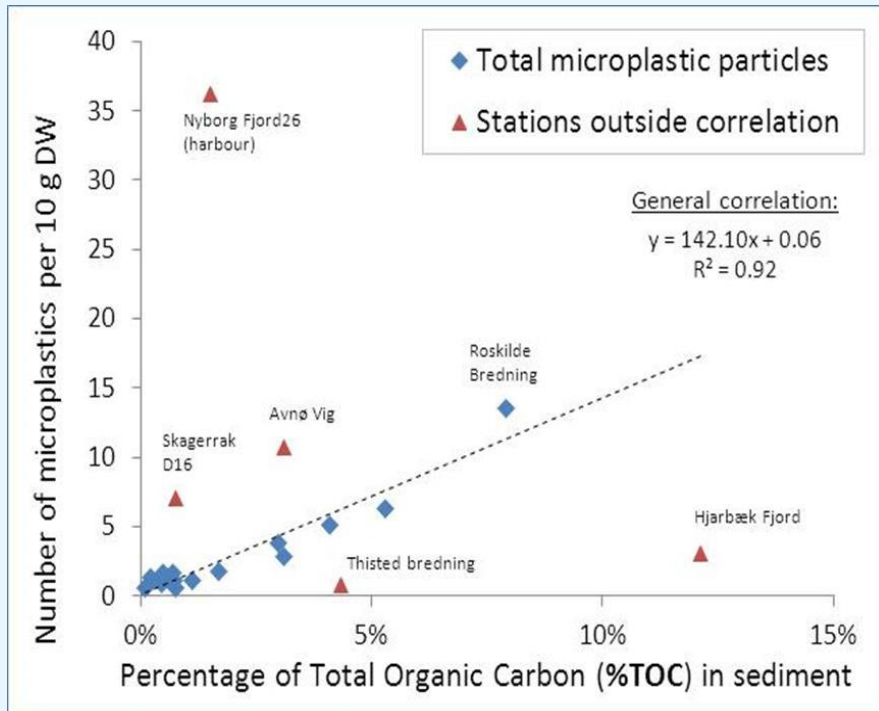
**Mikroplast blev fundt i alle prøver med 57 - 3622 partikler pr kg TS - og fibre/filamenter dominerede i de fleste prøver**

Sediment må anses som en mere tids-integrerende matrice end prøver fra vandsøjlen

# Normalisation to matter does matter !

Naturlig heterogenitet i sedimentkarakterer fx naturligt organisk indhold (**%TOC**) og **kornstørrelse** synes at være forbundet til mikroplast-indholdet.

Normalisering til %TOC og >63µm fraktion kan derfor styrke identifikationen af de mere og mindre belastede områder.



Disse resultater peger også på at mikroplast fortrinsvist vil aflejres i depositionsområder – dvs. med paralleler til skæbne af miljøfarlige stoffer.

# Hvad er miljøeffekterne af mikroplastik ?

**Fysiske effekter af mikroplastik som fremmedlegemer** i en organisme, fx ved påvirkning af fordøjelsessystem og immunforsvar. Derudover også potentielle effekter af partikler i nanoskala, der kan optages i celler og organer.

**Toksiske effekter fra kemiske stoffer**, som er forbundet med partiklerne – så hvilke kemiske stoffer kan udgøre en risiko ?

- Udefrakommende miljøfarlige stoffer som er sorberet til plastpartiklerne og/eller
- Giftige plastkomponenter, som er tilsat/dannet ifm. produktionen af visse typer af plast-materialer ?

Der er i det videnskabelige samfund stadig diskussion om hvilke faktorer, der har betydning for risikoen for miljøeffekter af mikroplast.

# Hollandsk modelbetragtning baseret på ligevægtsfordelinger for POP'er i havmiljøet fandt at plastik kun kan være en lille kilde til POP'er i de åbne oceaner (Koelman et al, 2016)

%-vis fordeling af POP'er i havmiljøet

"We conclude that overall the flux of HOCs

Percentage of HOC bound to environmental media in the Oceans (%)

**Der er dog også andre videnskabelige undersøgelser der indikerer at plast optaget i en organisme kan være en væsentlig kilde til POP'er, bl.a. brommerede flammehæmmere i fødekæder**

**– så betydningen af sorption af udefrakommende kemiske stoffer er stadig til diskussion i det videnskabelige samfund !**

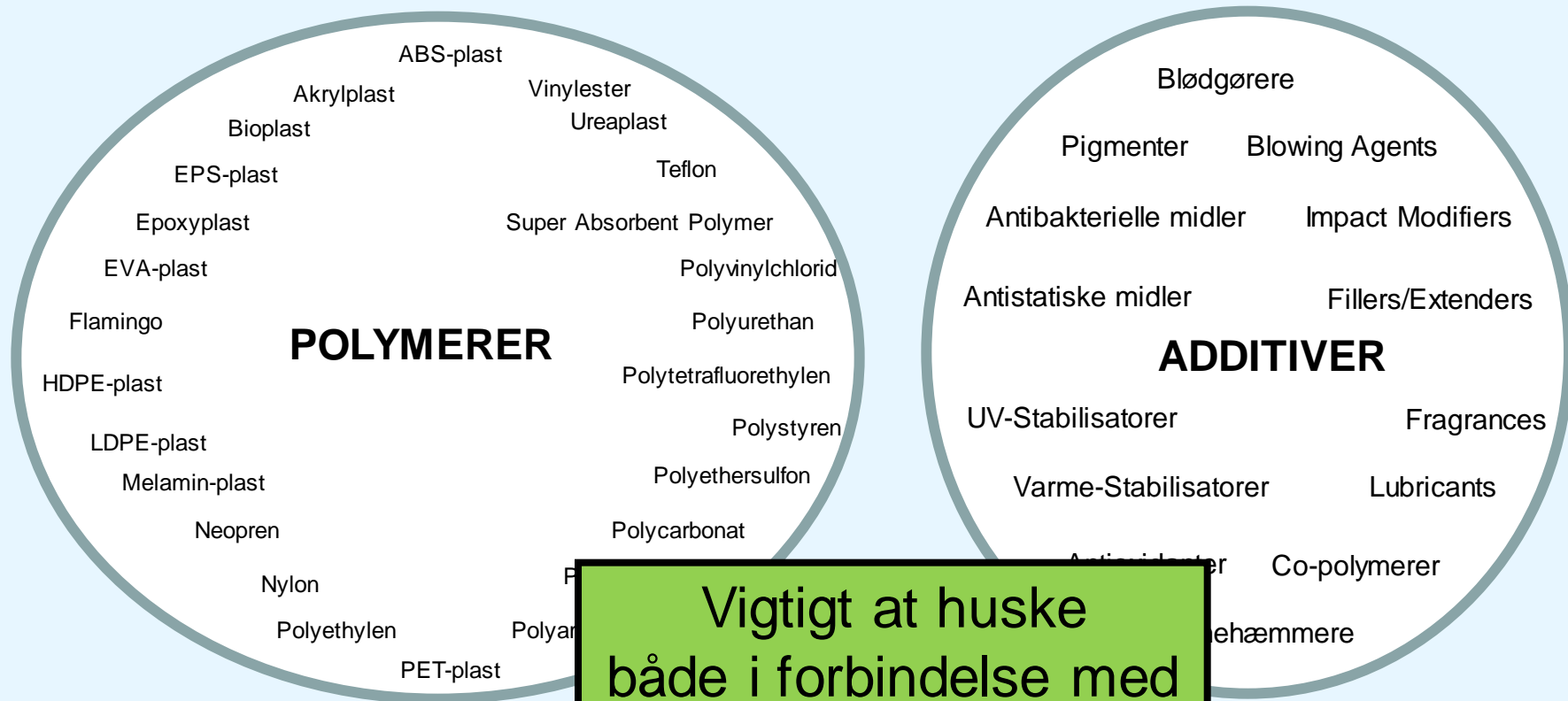
Sådan af stør har opt

Dette h stofferr

typer, temperatur i det omgivende miljø mm. For stoffer med høj K<sub>ow</sub> værdi kan halveringstider godt være på uger-måneder for deres frigivelse fra plastmaterialer.

# PLAST i miljøet er ikke jo bare plastik

– men som gruppe består det af mange typer og blandinger



Vigtigt at huske  
både i forbindelse med  
**forskning,**  
**risikovurderinger**  
og **kommunikation**  
af plast i miljøet



# Plast-materialer med toksiske plastkomponenter

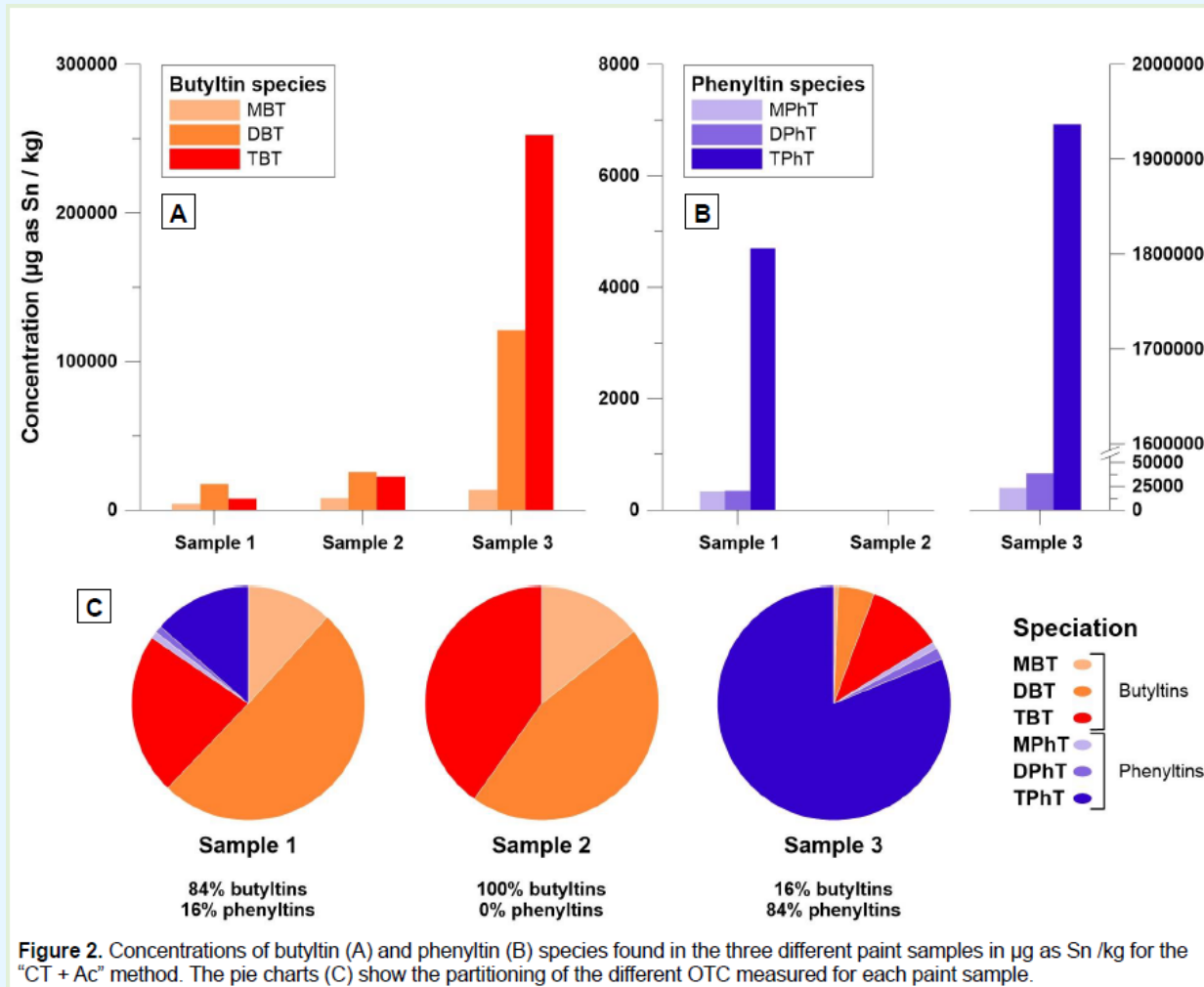
## Nogle eksempler:

- Bildæk, pga vulkaniseringsmidler m.fl.
- Plast inkl. malinger, fx pga tilsatte biocider, phenoler mm
- Plast med flammehæmmere, fx skumplast
- Visse monomerer, fx styren i polystyren, der kan være tilstede som urenheder i produkter af lav kvalitet, eller dannes ved aldring i miljøet.

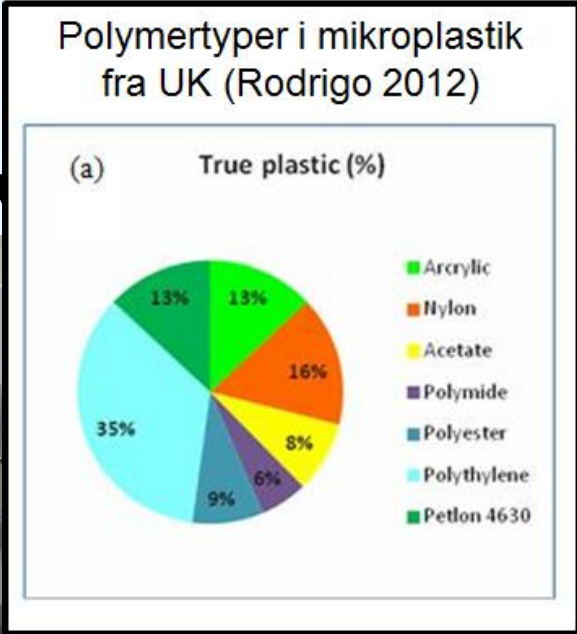
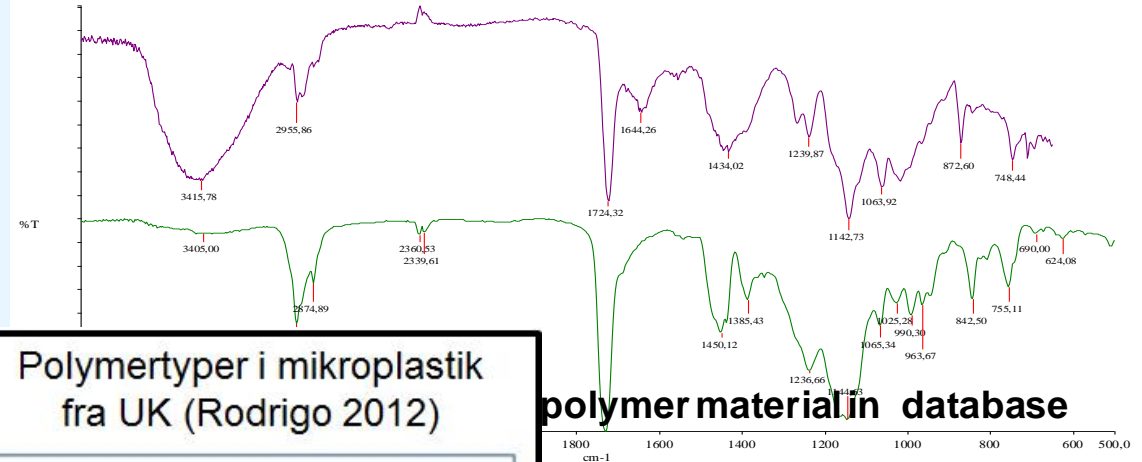
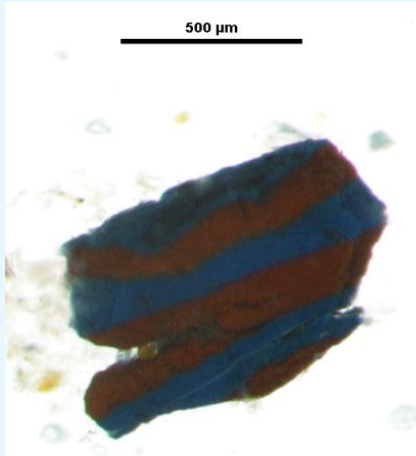
Koncentrationen af plastkomponenter i produkter kan sagtens være  $10^5 - 10^7$  gange højere end i det omgivende miljø.

- og derved kan optagelse af en enkelt partikel godt kunne have en toksisk effekt.
- der bør også tages højde for at en øget udvaskning af stofferne sker ved aldring af plastmaterialer i miljøet og når partiklerne bliver mindre pga større relative overfladearealer.

# Eksempel: Gamle malingsflager fra skibe kan som mikroplast stadig være en kilde til høje koncentrationer af giftige antibegroningsmidler

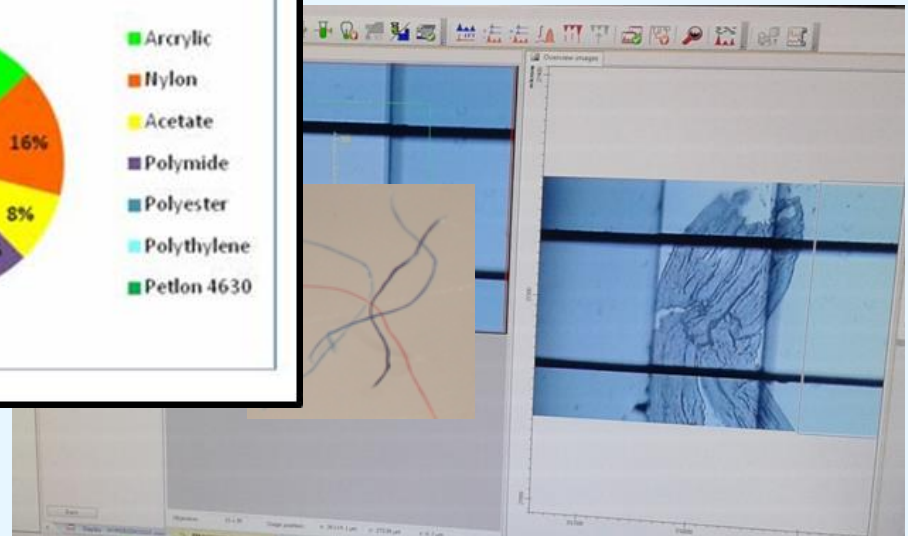
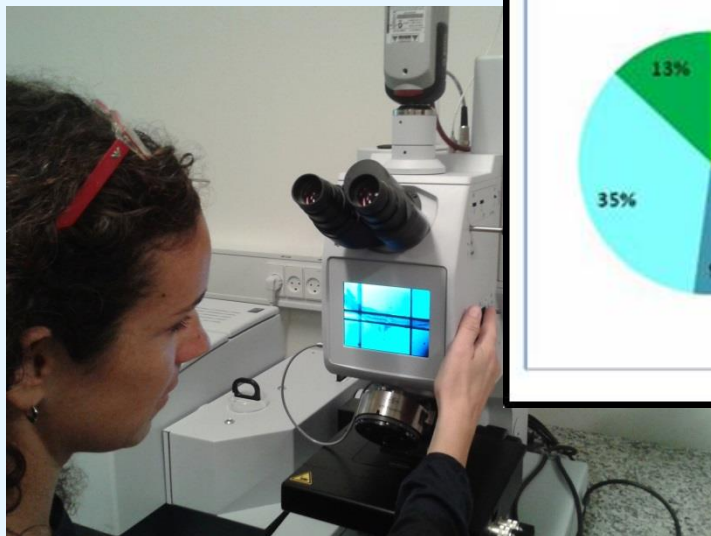


# $\mu$ FT-IR spektroskopi kan anvendes til identifikation af polymermaterialer i mikroplast – og derved bidrage til kildesporing og forstå processer, der er væsentlige for skæbnen af plast



Partikler <100  $\mu$ m kan

identificeret med fx FT-IR mikroskop

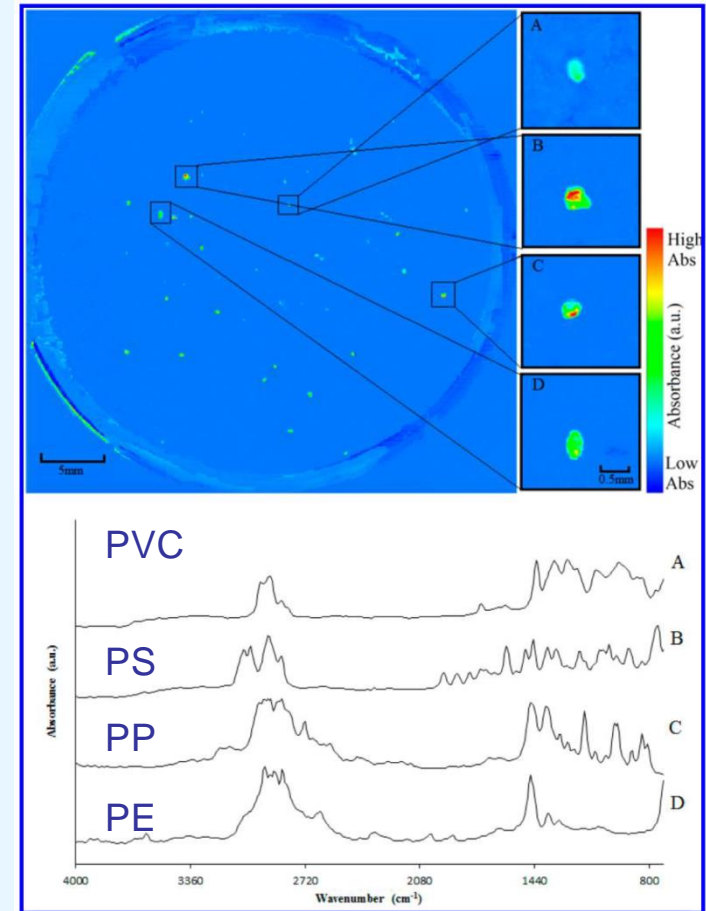


# Mere automatiserede målinger fremfor manuelle målinger kan blive fremtiden

- Udvikling af metoder til automatiserede spektroskopiske scanning af overfladearealer, fx filtrater fra vand, sediment og vævsprøver.
- Udvikling af automatiserede partikelrecorders, som kan sættes på bøger til havs eller på gennemstrømmende indløbsvand på skibe der sejler til havs



Zooplankton recorder



Micro-FT-IR scanning Tagg et al. 2015



## Så ... nogle vigtige spørgsmål omkring mikroplast:

- Hvor meget mikroplast er der i havet/vandmiljøet?
- I hvilket omfang er de synlige større partikler kun toppen af isbjerget ?
- Hvilke kilder er mest betydende for belastningen med mikroplast ?
- Hvilke typer af materialer består de væsentlige mikroplast-fraktioner af ?
- Hvad sker der med mikroplast over tid ?
- I hvilket omfang udgør mikroplast en risiko for miljøet ?
- Betyder det noget – eller er mikroplast bare ekstra fyldmateriale i havet ?
- Hvor "beskidt" et miljø vil vi efterlade til de efterfølgende generationer ?

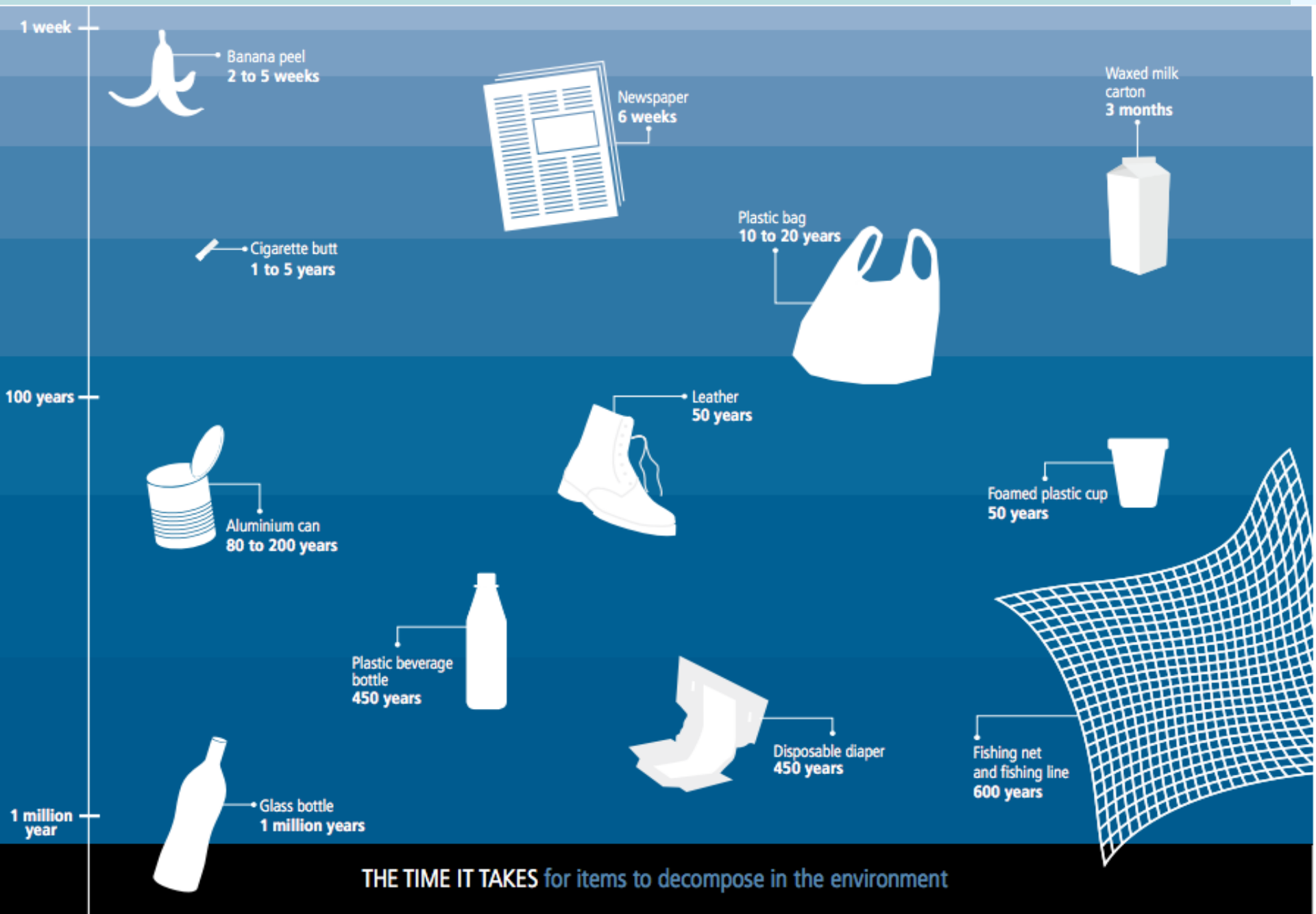
**“Souvenirs” from the sea - or just “junk” on the beach ?**

Havs-souvenirer eller Strand-sopor ?

**TAK FOERES JERES  
OPMÆRKSOMHED !**



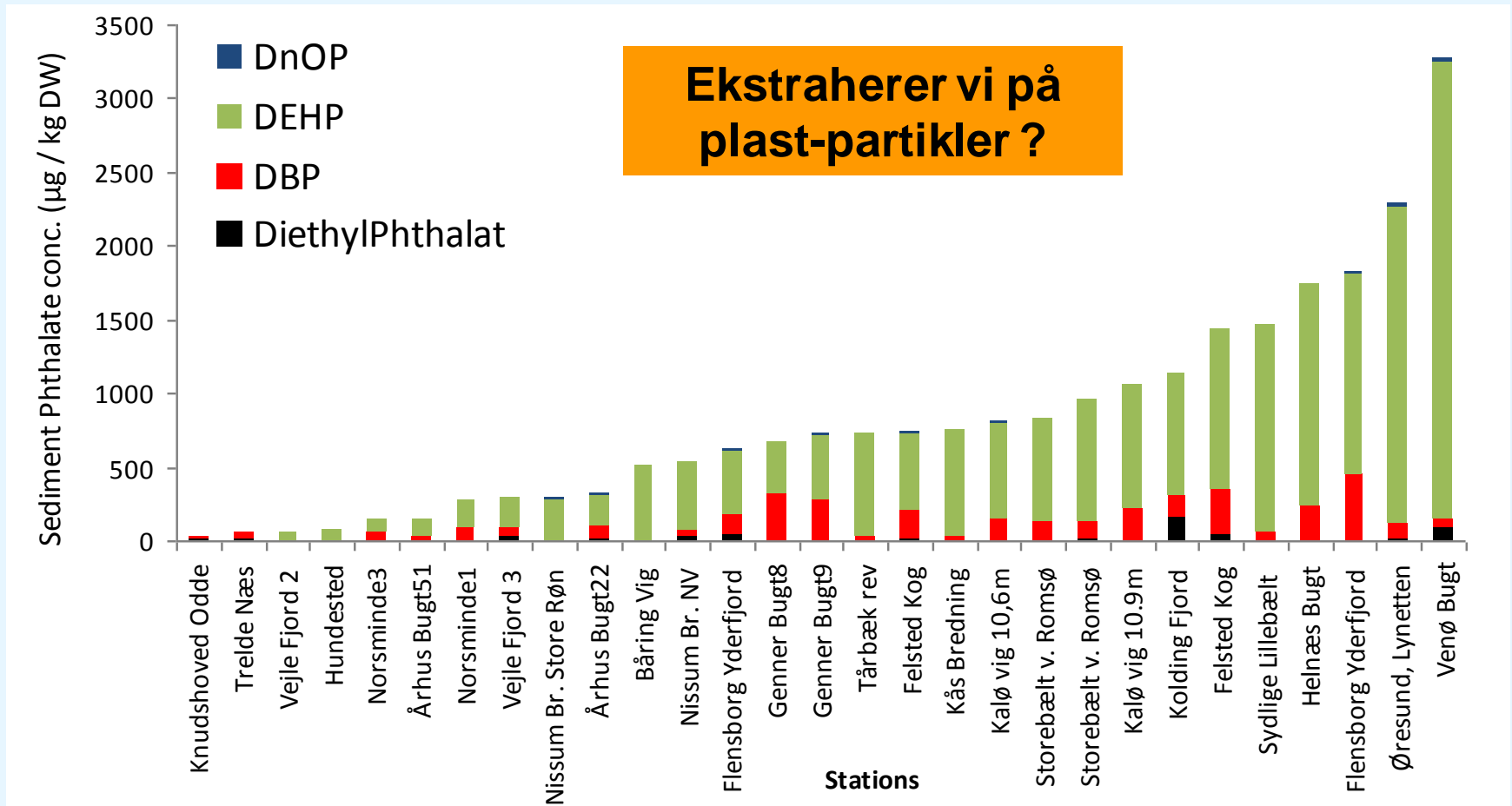
# Meget affald er svært nedbrydeligt (Persistent)



THE TIME IT TAKES for items to decompose in the environment



# Speculation: I hvilken grad er plastik-additiver stadig bundet eller frigivet fra plastpartikler, når vi analyserer miljøprøver af vand, sediment og biota?

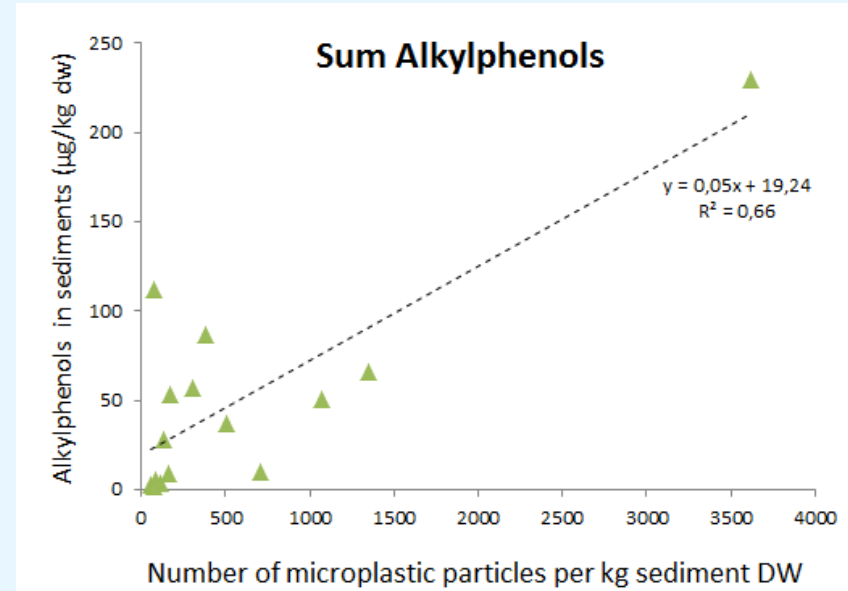
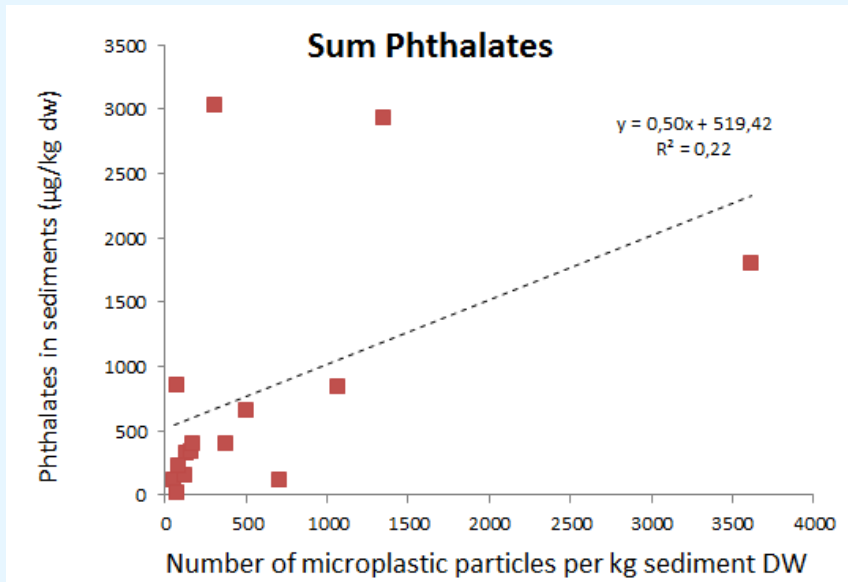
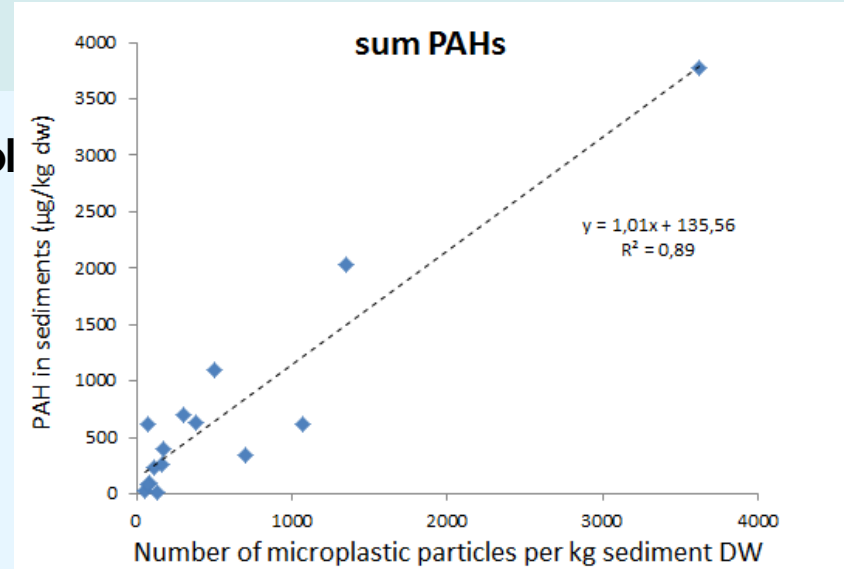


# Positive sammenhænge etableret til miljøfarlige stoffer i sediment

Især til **PAH'er** - og i mindre grad til **alkylphenol** og **phthalater** i sediment,

Sammenhænge skyldes dog sandsynligvis **co-variation med TOC** og/eller kilder, - og i mindre grad kemisk ekstraktion på mikroplast-partikler.

**TBT** i malingsflager kan være en undtagelse !

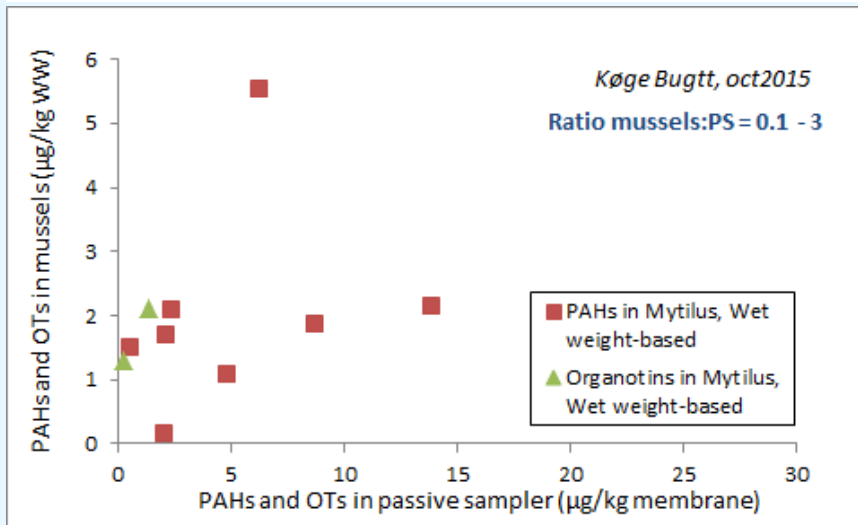


# Sorption af kemiske stoffer i silikone passive samplers som proxy for plast sammenlignet med i dyrelivet.

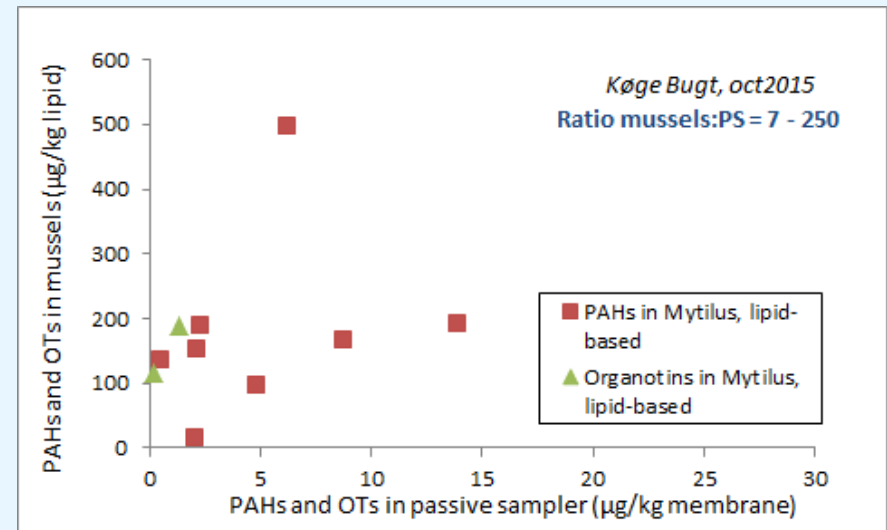
DCE undersøgelse med optagelse af PAH og TBT i passive samplers i Køge bugt fandt for de fleste stoffer lavere koncentrationer i blåmuslinger (ratio: 0.1 – 3) fra de samme område, men baseret på vådvægt.

Til gengæld var koncentrationen væsentlig højere i blåmuslinger (ratio: 7 – 250), når der blev normaliseret til lipid-indholdet.

## Konc. i passive samplers vs. blåmuslinger på vådvægtsbasis



## Konc. i passive samplers vs. blåmuslinger på lipid-basis



Dette støtter op om at fødeemner er mere vigtig eksponeringsvej i vores farvande – sammenligning mellem silikone og plastmaterialer som fx PE mangler dog.