



LÄNSSTYRELSEN  
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN

# Marint mikroskopiskt skräp längs Bohuskusten 2015

- i jämförelse med tidigare studier 2013 & 2014



GÖTEBORGS UNIVERSITET

**IVL** Svenska  
Miljöinstitutet

Rapportnummer: 2018:28

ISSN: 1403-168X

Författare: Prof. Martin Hassellöv, MSc Therese Karlsson, Göteborgs Universitet,  
Dr Kalle Haikonen, IVL Svenska Miljöinstitutet  
Rapportansvarig: Anna Dimming

Foto: Malin Mohlin, SMHI 2017 växtp planktonprov med fiber

Utgivare: Länsstyrelsen i Västra Götalands län, Enheten för Vattenmiljö

Rapporten finns som pdf på [www.lansstyrelsen.se/vastragotaland](http://www.lansstyrelsen.se/vastragotaland) under Publikationer/Rapporter.

# Innehållsförteckning

---

Sammanfattning .....	2
Introduktion.....	4
Material och metoder .....	6
Definitioner av mikrokräp .....	6
Provtagning.....	6
Ytprovtagning av flytande mikrokräp med 300 µm mantatrål.....	8
Filtrering av havsvatten med 10 µm-filter .....	9
Provtagning av utgående vatten från avloppsreningsverk .....	9
Analyser .....	10
Visuell analys av ytvattenprover.....	10
Visuell analys av reningsverksprover .....	10
Infraröd spektroskopisk analys (FTIR).....	11
SEM-EDS .....	11
Resultat .....	12
Mikrokräp på 300µm-filter - ytvatten .....	12
Mikrokräp på 10 µm-filter - ytvatten .....	15
Mikrokräp i utgående vatten från avloppsreningsverk .....	25
Diskussion.....	26
Mikrokräp på 300 µm filter.....	26
Mikrokräp på 10 µm filter.....	27
Mikrokräp på 300 µm-filter i utgående renat avloppsvatten.....	30
Sammanfattning och rekommendationer för framtida övervakning .....	31
<b>Tack.....</b>	<b>33</b>
<b>Referenser .....</b>	<b>34</b>

# Sammanfattning

---

Prover för mikroskopiskt skräp togs i november 2015 på 14 lokaler längs västkusten på uppdrag av Länsstyrelsen i Västra Götalands län och rapporteras här i detalj tillsammans med jämförelser från tidigare provtagningstillfällen (december 2013, april 2014 och december 2014) på samma lokaler. Syftet har varit att mäta halter och karaktärisera mikroskopiskt skräp samt undersöka lämpliga metodval för eventuella framtida övervakningsprogram.

- Halter och karaktär av mikrokräp varierade stort beroende på vilken provtagnings- och filtreringsmetod som användes. Undersökningen 2015 noterade ca 100 000 gånger högre halter av mikrokräppartiklar från ytvattenprover på ett filter med storlek 10 µm (0,01 mm) jämfört med 300 µm (0,3 mm) siktduk som användes vid trålning i havsytan.
- Antalet antropogena (av mänskligt ursprung) partiklar som fastnade på 300 µm filter varierade från ca. 0.1 till ca. 10 partiklar/m<sup>3</sup> havsvatten
  - Till skillnad från tidigare provtagningar med 300µm som utförts med pump strax under havsytan så gav detta års trålprovtagning ej lika dominerande inslag av fibrer, utan plastpartiklar och fibrer återfanns i jämförbar förekomst.
  - Halterna 2015 var i samma storleksordning som tidigare rapporterats för svenska kustvatten. Dock hade fördelningen mellan plastpartiklar och syntetiska fibrer förskjutits mot plastpartiklar vilket kan förklaras mot systematiska skillnader i tidigare provtagningsmetodik.
- I proverna som togs med 10 µm filter återfanns i genomsnitt ca. 38 mikrokräppartiklar per liter (exkl. svarta och röda) vilket var en viss ökning från tidigare provtagningar (18/1 dec 2013 och april 2014 samt 9/1 dec 2014).
  - En högre förekomst av röda partiklar (58 partiklar/liter) uppmättes. Kemiska analyser visade dock att flertalet av de röda partiklarna bestod av järnoxider; dvs ej nödvändigtvis dominerat av partiklar från båtottenfärg som tidigare antagits. Endast en mindre andel röda partiklar kan härröra från polymert ursprung. Därmed har röda partiklar inte räknats in i samlingsbegreppet mikrokräp.
  - Halterna av potentiella förbränningspartiklar på 10 µm filter var mycket höga i Göteborgsområdet, Stenungsund samt Brofjorden. Genomsnittligt antal i Göteborgsområdet var ca. 3000 partiklar per liter. Medelhalten för alla stationer var cirka 1800 partiklar per liter.
  - Syntetfibrer och naturfibrer förekom i högst halter i Danafjord, Åstol, Galterön och Stretudden vilket troligtvis kan härledas till

utsläpp från avloppsreningsverk i närheten till provtagningspunkterna.

- Resultaten pekar såväl i år som tidigare år på att stadsmiljön är en viktig källa till marint mikroskopiskt skräp. Källor kan vara från kommunala avlopp, dagvatten från vägar och stadsytor, industrier samt olika former av förbränning.
- Förekomst av mikroskopiska skräppartiklar undersöktes i utgående vatten från fyra kommunala avloppsreningsverk (ARV): Uddevalla, Strömstad, Stenungsund och Skärhamn. För undersökningen kunde följande noteras;
  - Antalet uppmätta mikrokräppartiklar uppgick till mellan ca 10 och 80 partiklar per kubikmeter utgående vatten, med lägst antal partiklar i Skansverket (Uddevalla) och mest partiklar i Stenungsund. Dagarna innan provtagning i Stenungsund hade det regnat kraftigt vilket kan påverka resultatet.
  - Halterna var väsentligt lägre än de flesta tidigare mätningar avseende partiklar och syntetiska fibrer och kraftigt lägre avseende på ickesyntetiska fibrer. Största andelen (över 50% i vissa fall) av partiklarna bestod av fibrer (syntetiska och icke syntetiska), men det ska noteras att filter med storlek 300 µm förmodligen underskattar fiberhalten väsentligt.

# Introduktion

---

Undersökningen studerade koncentrationer och typer av mikroskopiskt skräp i vattnet längs Västra Götalands kust, och provtagningen i början av november 2015 var den fjärde i samma område sedan 2013. Syftet med undersökningarna har varit att få ett underlag för att kunna utveckla ett framtida regionalt övervakningsprogram för mikrokräp längs Bohuskusten.

I denna rapport definieras mikroskopiskt skräp enligt EU:s havsmiljödirektiv (2008/56/EC) där alla mikroskopiska partiklar av mänskligt ursprung (dvs. antropogena), med vissa speciella undantag, räknas som skräp. Detta innebär att fokus inte enbart ligger på mikroskopiska plastpartiklar. Ett argument för detta är att det fortfarande är oklart vad de olika avfallstyperna har för risker för miljön.

Metodik och resultat från denna undersökning är indelad i två grupper för att få med olika storleksfraktioner av mikrokräp;

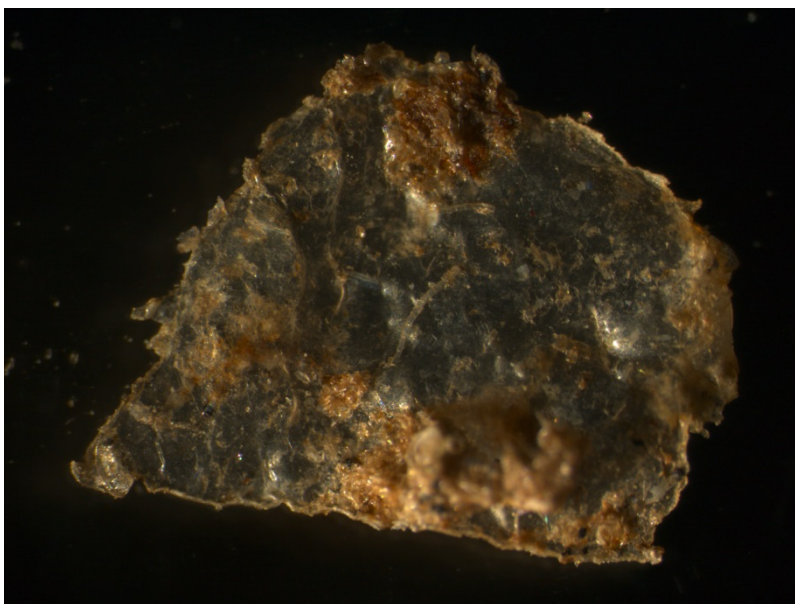
- Partiklar som kvantifierats på ett nät med 300  $\mu\text{m}$  (0.3 mm) maskvidd samt
- Partiklar som kvantifierats på ett membranfilter med 10 $\mu\text{m}$  (0.01 mm) porstorlek.

Skälet till att provta i två storleksgrupper är att storleksfördelningarna generellt inbegriper mycket färre partiklar av större storlekar. Detta i sin tur innebär att man behöver provta större volymer (tiotals-hundratals  $\text{m}^3$ ) för att statistiskt kunna säkerställa koncentrationerna i de större storleksfraktionerna. De små volymer (ett par liter) som möjliggörs över ett membranfilter är således ej tillräckligt för stora partiklar men är tillförlitligt för 10 - 300  $\mu\text{m}$ . Dessutom möjliggörs trålning av själva havsytan med 300 $\mu\text{m}$  nät till skillnad från 10 $\mu\text{m}$  och detta är mer relevant för stora partiklar som flyter effektivare och inte är jämnt omblandade på samma sätt som de verkligt mikroskopiska partiklarna.

Metoden med trålning är ofta det som använts i internationella studier (Cole, Lindeque, Halsband, & Galloway, 2011), men då dessa studier missar de minsta skräppartiklarna inkluderades även 10 $\mu\text{m}$  filter för att få en bättre helhetsbild. Dessa två storleksgrupper av partiklar, som indelas baserat på provtagningsmetodik, delas därefter upp i undergrupper beroende på material (naturliga polymerer eller syntetiska polymerer) samt typ av mikropartiklar (fibrer eller övriga partiklar). Även förekomsten av förbränningspartiklar särskiljs i resultaten. Syftet med dessa grupperingar är att termen mikrokräp är en för generell term för att ha någon praktisk nytta i arbetet med riskbedömning och möjliga åtgärder.

I denna studie har jämförelser och tolkningar av resultat utgått från de olika studerade storleksgrupper av mikrokräp som nämnts ovan. För att avgöra vilket material partiklarna bestod av utfördes analyser med infraröd mikrospektroskopi (polymertyp), samt med svepelektronmikroskopi-röntgenspektroskopi (elementaranalys). Samtliga partiklar större än 300 $\mu\text{m}$  men endast ett fåtal av >10 $\mu\text{m}$  partiklarna kunde analyseras då flertalet av de mindre partiklarna som analyserades

var antingen för små eller för kemiskt nedbrutna för att tillåta jämförelse med befintligt referensmaterial.



**En mikroplastflaga av polypropen ifrån stationen Stretudden vid Brofjorden.**

**Foto: Martin Hassellöv, Göteborgs Universitet**

# Material och metoder

---

## Definitioner av mikrokräp

*Skräp* definieras som *antropogena partiklar* som avsiktligt, eller oavsiktligt, har hamnat i naturen med människans hjälp. Termen *antropogena partiklar* anger att de är framställda eller behandlade av människan. *Mikrokräp* kan definieras på flera olika sätt men vi har valt en allmänt accepterad begränsning till partiklar mindre än 5 mm (Hidalgo-Ruz, Gutow, Thompson, & Thiel, 2012).

Vid analys av proverna har mikrokräpet delats in i olika grupper efter material och morfologi. En grov uppdelning har gjorts i fibrer, plastpartiklar och förbränningspartiklar. Fibrer kan utgöras av antingen syntetiska polymerer ("plast") eller av naturliga antropogena polymerer som t.ex. cellulosa från textilier. För att skilja de senare från naturliga polymerer från växt- eller djurdelar som förstås också förekommer i vattnet kallas de i rapporten för *icke-syntetiskt fibrer* eller textilfibrer.

Termen *partikel* används både generellt för alla typer av skräpobjekt ("skräppartiklar"), men även specifikt för skräpobjekt som inte är *fibrer* eller har en annan namngiven form som t.ex. *flagor*.

En viktig grupp mikrokräp utgörs av partiklar som har sitt ursprung i någon form av förbränning (Flagan, 1988). Dessa *förbränningspartiklar* har i huvudsak två ursprung: 1) aska, d.v.s. partiklar bestående av ämnen som inte har förbränts i processen samt 2) kolinnehållande partiklar som uppstår genom pyrolys (syrebegränsade förbränningsförutsättningar) av bränslet. Båda typerna av partiklar är komplexa kemiska blandningar och mycket svåra att karakterisera med avseende på innehåll då varje partikel har olika ursprung med avseende på bränsletyp och omständigheter kring förbränningsprocessen. Kolpartiklarna är dock i allmänhet svarta och kallas på engelska *black carbonaceous particles* eller på svenska *svarta partiklar*. Ett specialfall av förbränningspartiklar är de runda/sfäriska svarta partiklarna som också uppstår i flera förbränningsprocesser.

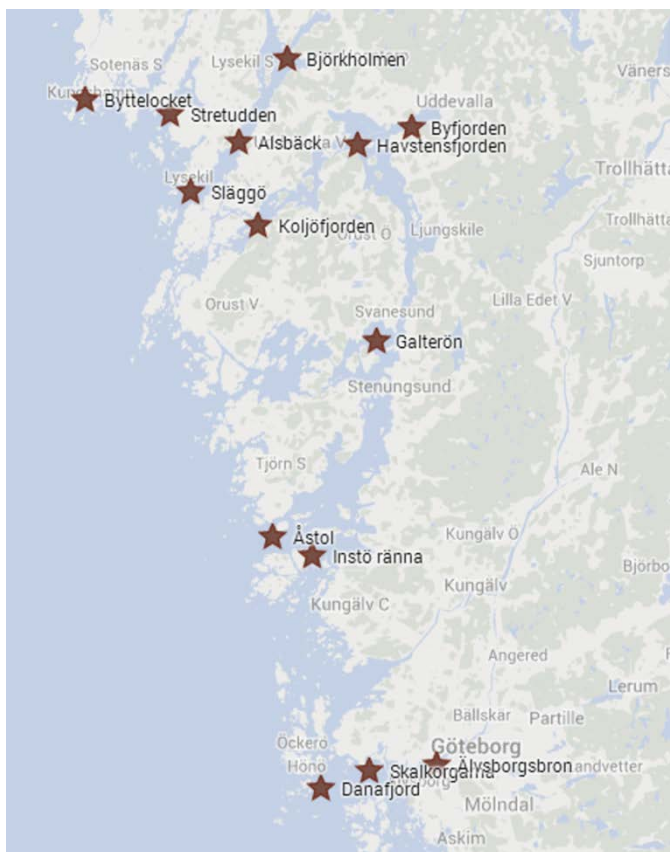
## Provtagning

Provtagningen genomfördes med R/V Sensor (Börjessons rederi) i samband med SMHI:s månatliga provtagning av hydrografiska parametrar för Bohuskustens vattenvårdsförbund den 3:e till 4:e november 2015. Totalt besöktes fjorton stationer, se **Tabell 1** och **Figur 1**.



**Tabell 1** Sammanställning över provtagningsstationerna. Provolymerna anges i liter. Provolymerna för prover uppsamlade med 10 µm filter från vattenprov är ca 2 liter. Miljötyperna anges som L: Landsbygd, I: Industrihamn, samt S: Stad.

Station	Miljö	Latitud	Longitud	>300µm	>10µm
		grader N	grader O	antal/ m <sup>3</sup>	antal/ liter
Byttelocket	L	58° 21' 22"	11° 14' 40"	86.1	
Stretudden	I	58° 20' 60"	11° 24' 20"	114.0	2.1
Släggö	I	58° 15' 50"	11° 26' 00"	51.1	2.1
Alsbäck	L	58° 19' 40"	11° 32' 80"	59.3	2.0
Björkholmen	L	58° 23' 26"	11° 37' 60"	98.8	2.0
Koljöfjorden	L	58° 13' 80"	11° 34' 80"	92.9	2.0
Havstensfjorden	L	58° 18' 75"	11° 46' 40"	75.0	
Byfjorden	I	58° 20' 00"	11° 53' 00"	113.6	2.0
Galterön	I	58° 06' 55"	11° 48' 60"	101.3	1.9
Åstol	L	57° 55' 22"	11° 35' 26"	94.0	2.0
Instö ränna	L	57° 54' 07"	11° 40' 00"	112.7	2.0
Danafjord	S	57° 40' 05"	11° 41' 20"	107.3	2.3
Skalkorgarna	S	57° 40' 73"	11° 46' 10"	64.8	2.05
Älsvborgsbron	S	57° 40' 50"	11° 54' 40"	86.1	1.7



**Figur 1.** Aktuella lokaler längs Bohuskusten som besökts i undersökningarna, vilka dels ingår i Bohuskustens vattenvårdsförbunds kustkontrollprogram samt till viss del i Länsstyrelsens regionala miljöövervakningsprogram.

### **Ytprovtagning av flytande mikrokräp med 300 µm mantatrål**

För ytprovtagning med trålning användes en så kallad manta-trål, modell Avani High-Speed trawl, tillverkad av The 5 Gyres Institute (Los Angeles, USA). Trålen är smalare än de konventionella manta-trålarna vilka endast kan släpas i 1–2 knop. Tack vare den smalare öppningen, den bättre hydrodynamiska designen och den långa (ca 4 meter) nätstruten kan trålen släpas i upp till 8 knop utan att en bog-våg bildas framför. I denna studie släpades trålen i ca 6 knop. Sträckan som släpades loggades med hjälp av GPS-koordinater, och då det förekom mycket ström som tex i Göta Älv så släpades trålen både mot och med strömmen för att kompensera för strömmens inverkan på GPS-sträckan, då det är sträckan genom vattnet som är den relevanta parametern som behövs för att räkna om antal partiklar på filtret till partiklar per km<sup>2</sup> och partiklar per m<sup>3</sup>. Trålen hängdes i fartygets kran som riktades vinkelrätt ut akter om midskepps och fick därmed trålen att färdas utanför fartygets bogsvallsvåg. Efter ca 2 nautiska mils (ca 3.7 km) trålning lyftes trålen upp, och nätet spolades för att skölja ner alla partiklar i trålstruten ("cod end"). Trålstruten som användes vid varje trålning var modifierat med ny trålstruts-rör samt applicerad 300µm nätfilerduk. Detta minimerade hantering av trålstrutspåse ombord, vilket

minskar risk för kontaminering (carry-over) från ett prov till ett annat. I laboratoriet togs filternätduken isär från trälstrutsröret och placerades i petriskål i väntan på analys.

### **Filtrering av havsvatten med 10 µm-filter**

Vattenproverna togs från ytvattnet, integrerande en 4 dm vattenpelare från cirka 1 dm djup, med en Ruttnerhämtare (Normectec AB, modell SMHI, vol. 2,5 liter). Proverna togs i fören av provtagningsfartyget för att minimera påverkan från fartygets kylvatten som blandas med avgaserna i aktern. Ruttnerhämtaren sköljdes minst fem gånger, inkluderande en stängning av provtagaren, innan provet togs. I laboratoriet på RV Sensor hängdes Ruttnerhämtaren upp på samma sätt som övriga vattenhämtare för att underlätta tömning ur den undre silikonslangen. Tömningsslangen var fast monterat med en förslutningsbar syrafast filterhållare (modifierad variant av VWR art. nr 300-0009). Provtagningsfiltret, 10 µm polykarbonatfilter (Sterlitech PCTF10047100) lades på ett stödfilter (polyester, 300µm) för att öka genomströmningen. Undertrycket på filtrets rensida skapades av en vanlig vakuumpump i båtlaboratoriet. Filterhållarna laddades och tömdes i en rostfri renluftsbänk på laboratoriet.

Kontrollprover för metodens kvantitativa kontaminering togs genom att kontrollfilter behandlades på samma sätt som vanliga provfilter men utan att vätska filtrerades ned på filtren.

### **Provtagning av utgående vatten från avloppsreningsverk**

Förekomst av mikroskopiska skräppartiklar undersöktes i utgående vatten från fyra kommunala avloppsreningsverk (ARV): Uddevalla, Strömstad, Stenungsund och Skärhamn. Provtagningar gjordes vid ett tillfälle per avloppsreningsverk då två prover togs, genom in situ pumpfiltrering med maskstorlek 300 µm. Valet med den större maskstorleken 300µm gjordes för att kunna filtrera en större volym innan filtret kloggas igen (porerna täpps till). Dock med den potentiella begränsningen att textild fibrer ej kvantitativt provtas med 300µm då de är betydligt smalare än så. Provtagning av utgående vatten gjordes efter alla slutsteg i reningsprocessen. I samtliga 4 avloppsreningsverk utfördes provtagningen av utgående vatten genom att sänka ner en filterhållare med ett 300 µm-filtret ungefär 0.5m under ytan. Sedan sögs ca en kubikmeter vatten genom filtret med hjälp av en elektrisk vattentvätt (vakuumpump). Filtren med det uppsamlade materialet förvarades i petriskålar tills de analyserades. Både vid provtagning och vid analysarbete användes kläder och utrustning som minimerade risken för kontaminering av fibrer eller annat material. Stor vikt lades också vid att minimera filtrens exponering för omgivande luft.

## **Analyser**

### **Visuell analys av ytvattenprover**

#### *300 $\mu$ m nätfilterduk*

Analyserna av 300  $\mu$ m filter gjordes i lupp (Bausch samt Leica) med förstoring 10x – 50x med sidobelysande kalljuslampa. Filtret analyserades med petriskålslocket på i en första omgång. Därefter togs locket av och individuella skrappartiklar handplockades med pincett för fortsatta analyser.

#### *10 $\mu$ m membranfilter*

Analyserna av 10  $\mu$ m-prover gjordes under mikroskop med epibelysning (modell Olympus BH; mikroskoptypen används för t.ex. metallurgiska studier) i 100-400x förstoring. Bilder togs med en Nikon D90 kamera. Partiklar handplockades för studier i FTIR mikroskopi (se nedan) med hjälp av egentillverkade mikropipetter och transfererades via vattendroppar.

I denna undersökning har flera metoder använts för att försöka avgöra partiklarnas material. Värdefull information om partiklarnas färg och textur har noterats genom att använda ljusmikroskopi där belysningen sker från sidan (epi-belysning) och eventuella interna strukturer med hjälp av genomlysande ljus (transmissionsljus). Interna strukturer är viktiga egenskaper för att urskilja biologiskt material från antropogena material.

### **Visuell analys av reningsverksprover**

Totalt 8 stycken 300  $\mu$ m filter med uppsamlat materialet granskades under stereomikroskop (50 gångers förstoring) vilket gav tillräckligt god upplösning för att kunna skilja mellan antropogena (mänskligt tillverkade) och naturliga partiklar. Alla observerade antropogena partiklar (d.v.s. alla observerade mikrokräpppartiklar) sorterades ut med pincett och placerades i utkanten av filtret för närmare analys. En grov indelning av partiklar i syntetiska respektive icke-syntetiska polymerer gjordes genom att observera karakteristiska morfologiska drag. Vid tveksamhet om en viss partikel bestod av syntetiskt eller icke-syntetiskt material plockades den upp med en pincett och lades på ett objektsglas som hölls över lågan från en spritlampa. Antropogena partiklar som smälte bedömdes vara av syntetiskt material, och partiklar som inte smälte av icke-syntetiskt material (t.ex. bomull, ull eller cellulosa). Partiklarna delades även upp efter form; i fibrer, plastfragment/flagor.

### **Infraröd spektroskopisk analys (FTIR)**

För partiklar >300µm från trålproverna så överfördes dessa med pincett från siktduken till FTIR-objektsglas. Efter att de avbildats i stereolupp LEICA, så placerades objektsglas i FTIR mikroskopet (ThermoScientific Nicolet iN10, DTGS KBr detektor i reflektansläge). 256 spektra scannades, korrigering mot 256 bakgrundscanningar gjordes sen, med en upplösning av 8 cm<sup>-1</sup> och datainterval på 3,86. Antingen analyserades partiklarna i reflektansläge (reflectance mode) eller i totaldämpad reflektansläge (ATR, total attenuated reflectance mode) beroende på partikelstorlek eller vilken metod som gav bäst signal.

### **SEM-EDS**

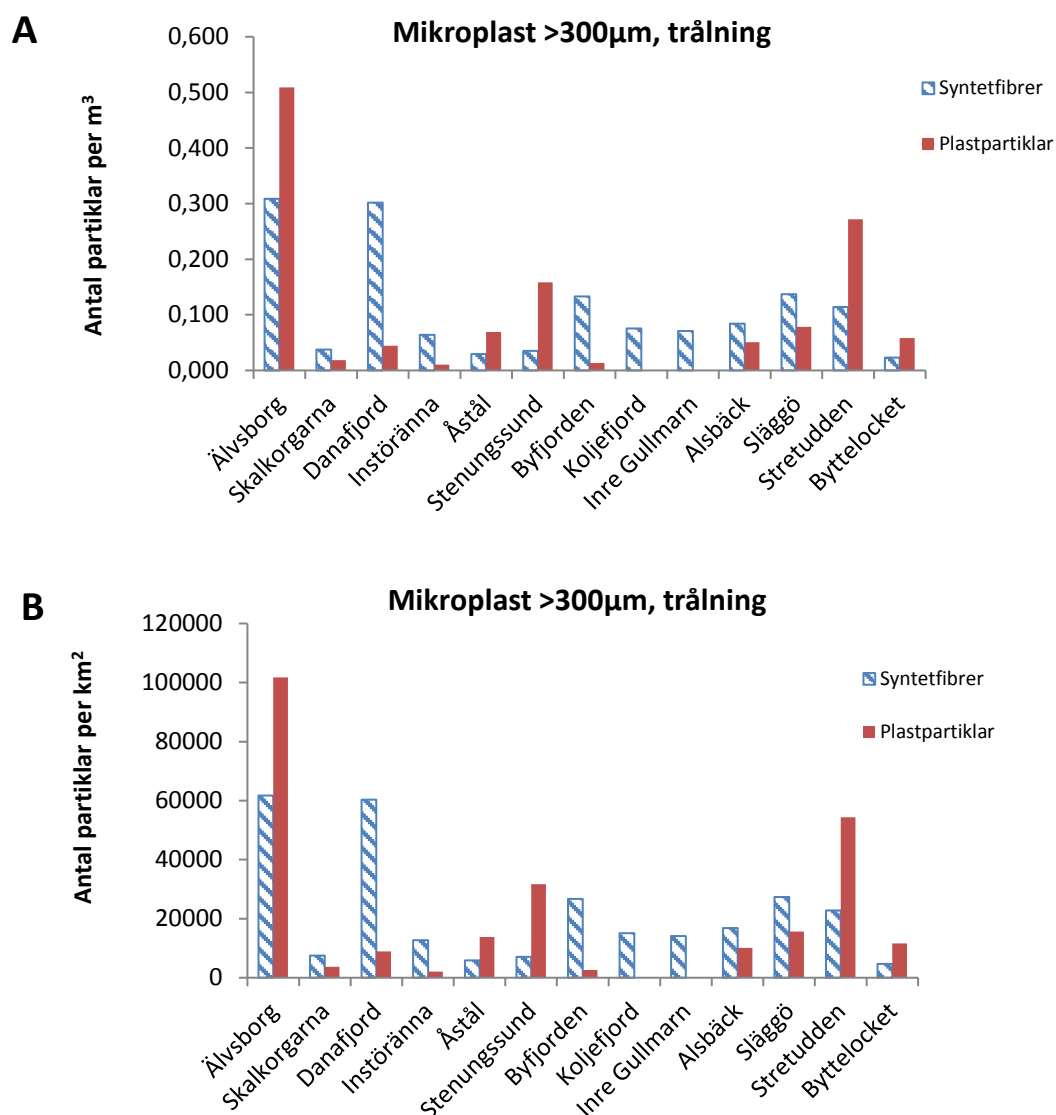
Ytterligare en metod för att karaktärisera de olika partiklarna användes. Svepelektronmikroskopi (SEM) har dels fördelen att man kan avbilda partiklar med en upplösning som är bättre än ljusmikroskop, men också att elektronstrålen genererar röntgenfotoner som innehåller information om vilka atomer som fanns i partikeln. Elementaranalys av enskilda partiklar utfördes med energidispersiv röntgenspektroskopi (EDS) i svepelektronmikroskopi (SEM). SEM var av typen FEI Quanta 200 och EDS av modell Oxford X-Max 80 mm<sup>2</sup> EDS Detector, med mjukvaran AZtecEnergy. Partiklarna bereddes på SEM-stubbe med grafittejp där handplockade partiklar placerades med mikropipett.

# Resultat

Resultaten från ytvattenprovtagningarna längs Bohuskusten är uppdelad i förhållande till de två storleksgrupperna av provtagning; 300 µm och 10 µm.

## Mikroskräp på 300µm-filter – ytvatten

Summering av antal plastpartiklar (med andra former än fibrer) samt syntetfibrer visas i Figur 2, dels uttryckt som partiklar per m<sup>3</sup> av provtagen volym samt som partiklar per km<sup>2</sup>.



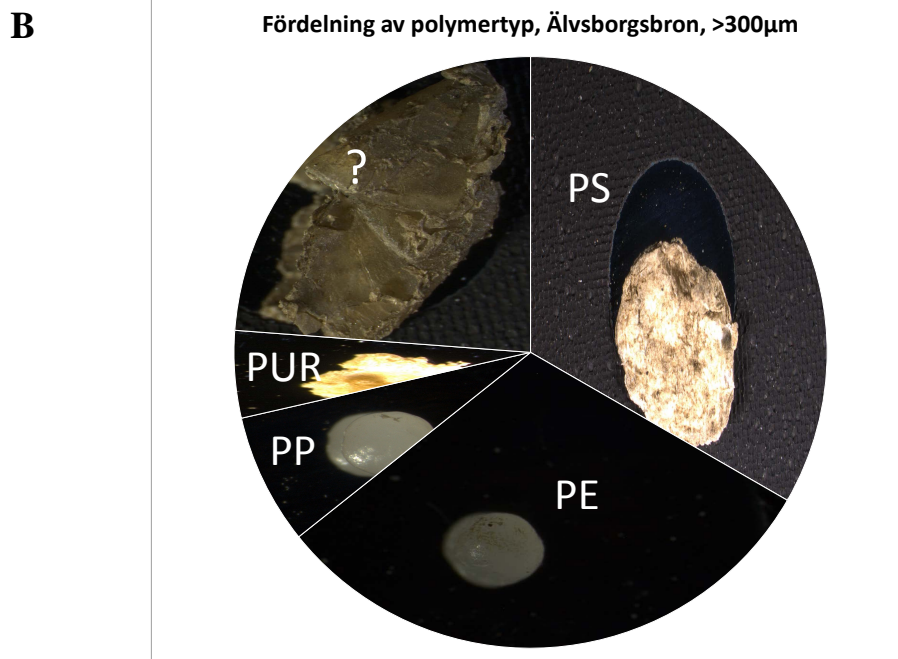
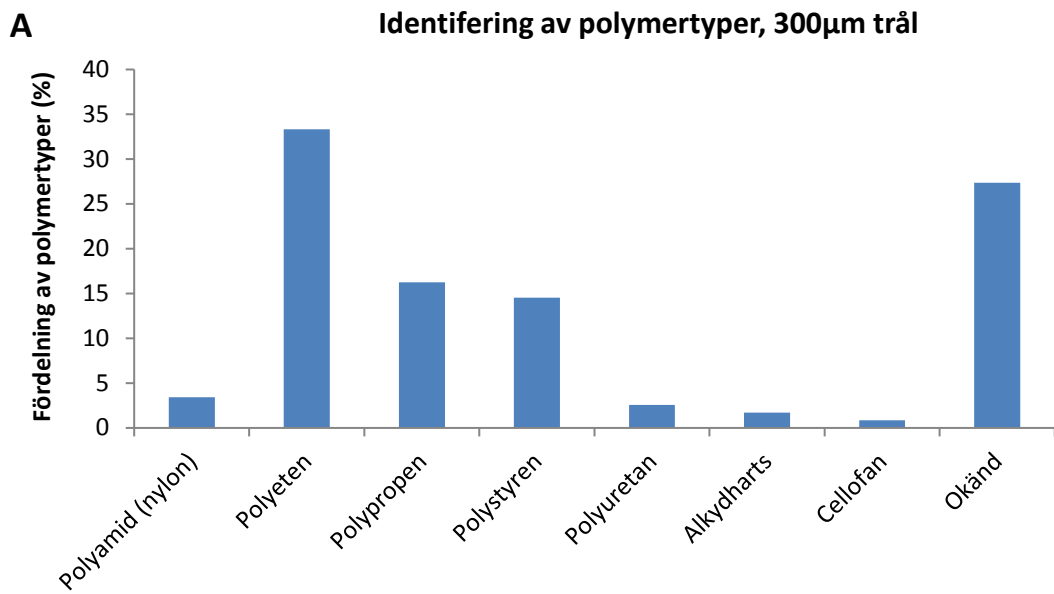
**Figur 2.** Koncentrationer av större flytande mikroskräp i ytvattenprover, november 2015, presenterade som syntetfibrer samt övriga plastpartiklar. **A** Halter uttryckta som antal per m<sup>3</sup>. **B** Halter uttryckta som antal per km<sup>2</sup>

**Tabell 2** Visar en jämförelse i antal mikrokräp per yta och volym mellan 2014 och 2015.

<b>Mikrokräp, &gt;300µm summa, mantatrål</b>		
	per km <sup>2</sup>	
	<b>Dec 2014</b>	<b>Nov 2015</b>
Älvsborgsbron		<b>219 000</b>
Stenungsund - Galterön	<b>932 700</b>	<b>49 300</b>
Byfjorden- Havstensfjorden	<b>43 100</b>	<b>42 600</b>
Alsbäck- Björkholmen	<b>88 100</b>	<b>37 100</b>
	per m <sup>3</sup>	
	<b>Dec 2014</b>	<b>Nov 2015</b>
Stenungsund - Galterön		<b>1.10</b>
Stenungsund - Galterön	<b>4,66</b>	<b>0.25</b>
Byfjorden- Havstensfjorden	<b>0.22</b>	<b>0.21</b>
Alsbäck- Björkholmen	<b>0.44</b>	<b>0.19</b>

### **Infraröd spektroskopisk identifiering av >300µm**

117 partiklar >300µm prövades med spektroskopisk identifiering, µ-FTIR. För 85 av partiklar var det möjligt att bestämma dess sammansättning och resultaten för samtliga prover visas i Figur 3A för samtliga prover och i 3B för Älvsborgsbron där det fanns tillräckligt många partiklar för statistiskt underlag för att presentera fördelningen procentuellt.



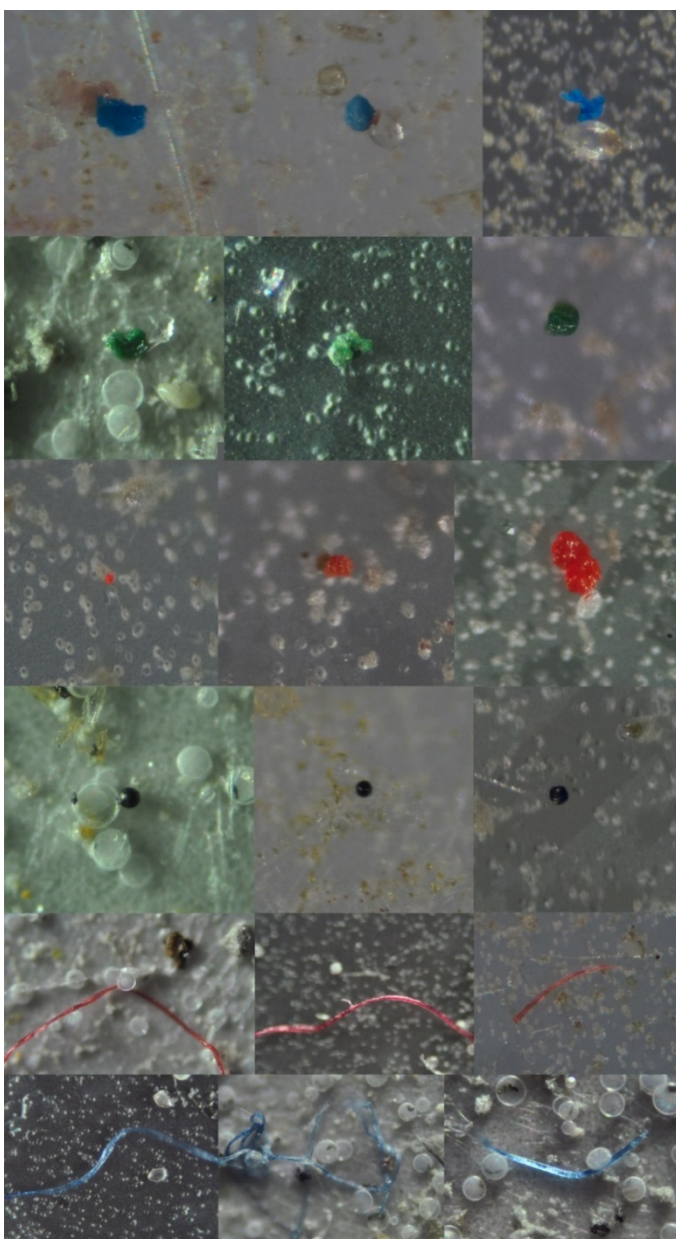
**Figur 3. A** Här visas den relativa fördelningen av de identifierade plastpolymertyperna genom metoden FTIR. Förklaring för de olika polymererna: PA (polyamid / nylon), PE (polyeten), PP (polypropen), PS (polystyren), PUR (polyuretan), Alkydresin/alkydharts).

**B** Fördelning mellan polymertyp i prov Älvsborgsbron, >300µm, med exempelbilder på partiklarna.



## Mikroskräp på 10 µm-filter - ytvatten

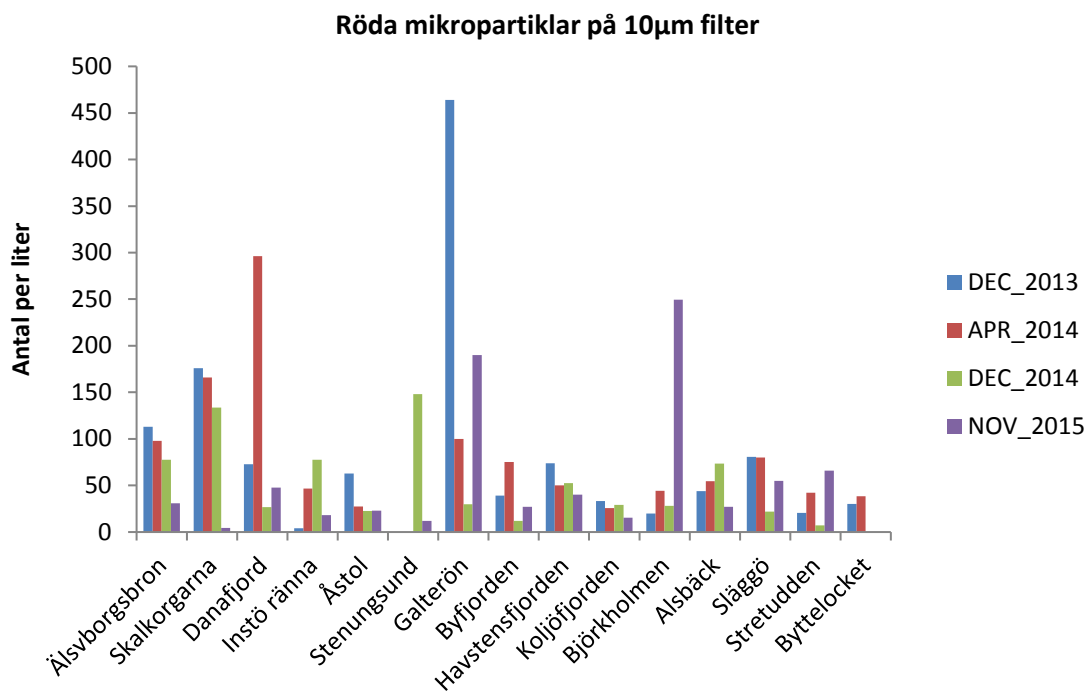
Visuell identifiering och klassificering utgår framför allt från färg och form och optiska och morfologiska kännetecken. I de tidigare rapporterna som tagits fram genom Länsstyrelsen i Västra Götalands län av IVL har mikroskräp på 10µm filter kategoriserats i 5 typer; svarta partiklar s.k. potentiella förbränningspartiklar, syntetiska respektive naturliga textilfibrer, plastliknande partiklar (som i sin tur delats upp i klasser baserat på färg, framför allt röda och blå). Exempel på mikroskopibilder från 10µm filter visas i figur 4. I denna rapport används samma huvudklasser för jämförelse, men utifrån spektroskopiska identifieringar kommer viss diskussion att följa om huruvida vissa av de tidigare hypotetiska klasserna bör revideras.



**Figur 4.** Fotokollage av typiska >10µm partiklar av vanliga klasser: Blå, gröna och röda plastliknande partiklar, sfäriska karbonatiska partiklar, röda resp blå syntetiska textilfibrer. Partiklarna är i storlek ca 10-40µm. Foto: Fredrik Norén

## Röda partiklar

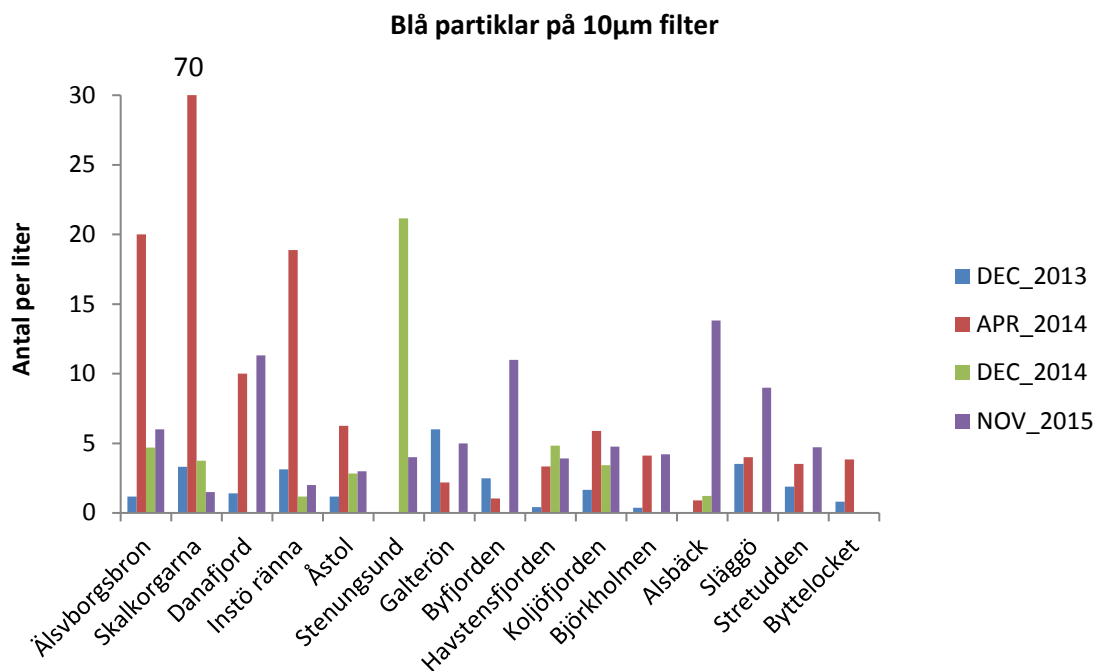
Den geografiska fördelningen av röda partiklar visar att det genom åren varit högsta halter vid stationerna som påverkas av Göta Älv (Älvsborgsbron, Skalkorgarna och Danafjord), samt ibland från Nordre Älv (Instö ränna) (Fig. 5). Även i Stenungsunds hamn eller vid Galterön har höga halter uppmätts, och i vissa provtagningar har även förhöjda halter i Alsbäck eller Björkholmen i Gullmar noterats.



**Figur 5** Antal röda partiklar per liter, fångat på 10µm filter för de fyra provtagningstillfällena.

## Blå plastliknande partiklar

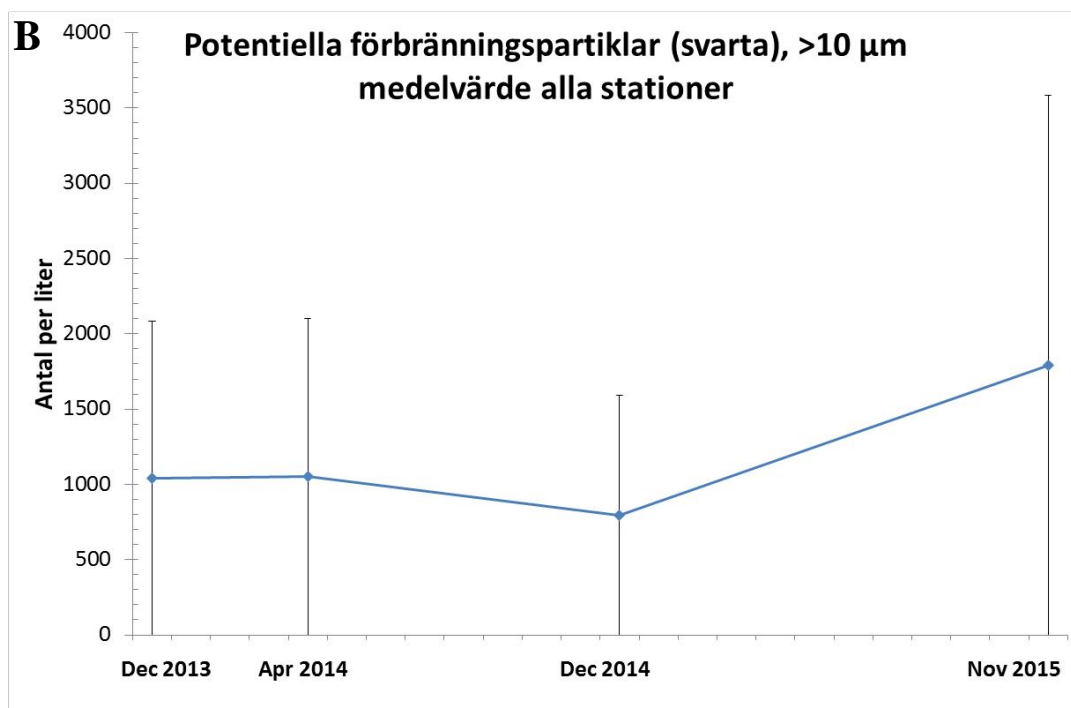
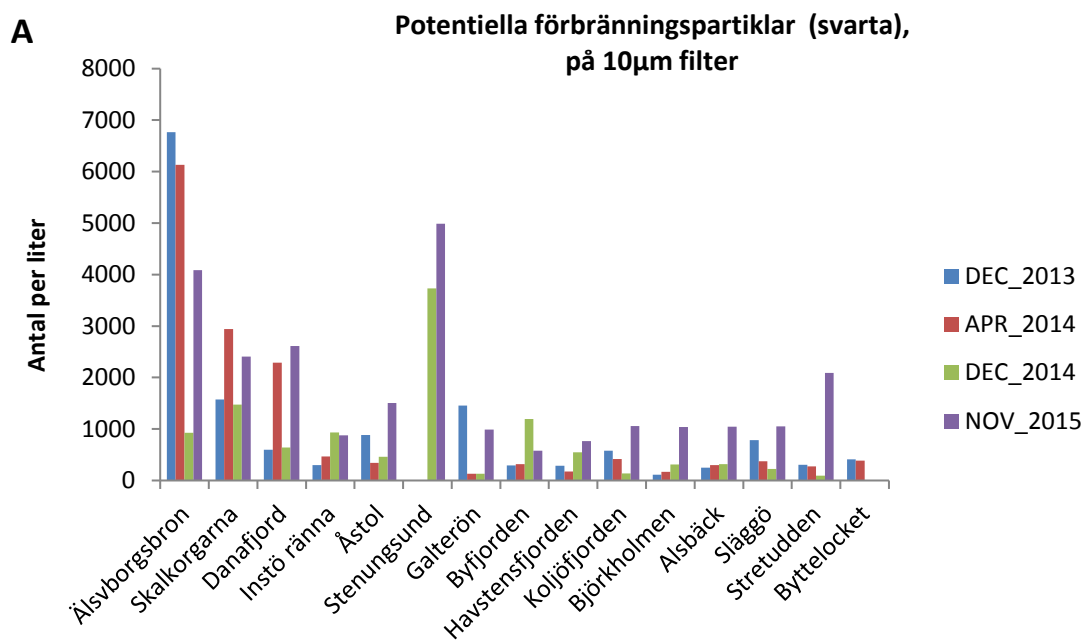
Förekomst av blå plastliknande partiklar är betydligt lägre än röda, typiskt mellan 2–20 per liter, och relativt stor variation mellan stationerna. Man kunde inte notera någon tydlig bild på vilka stationer som uppvisar de högsta halterna. Dec 2015 var något högre än föregående provtagning men betydligt lägre än april 2014.



**Figur 6** Antal blå partiklar per liter, fångat på 10µm filter för de fyra provtagningsstillfällena. Notera att Skalkorgarnas antal ligger långt över lodräta axelns högsta siffra 30 med 70 blå partiklar per liter.

### Potentiella förbränningspartiklar (svarta)

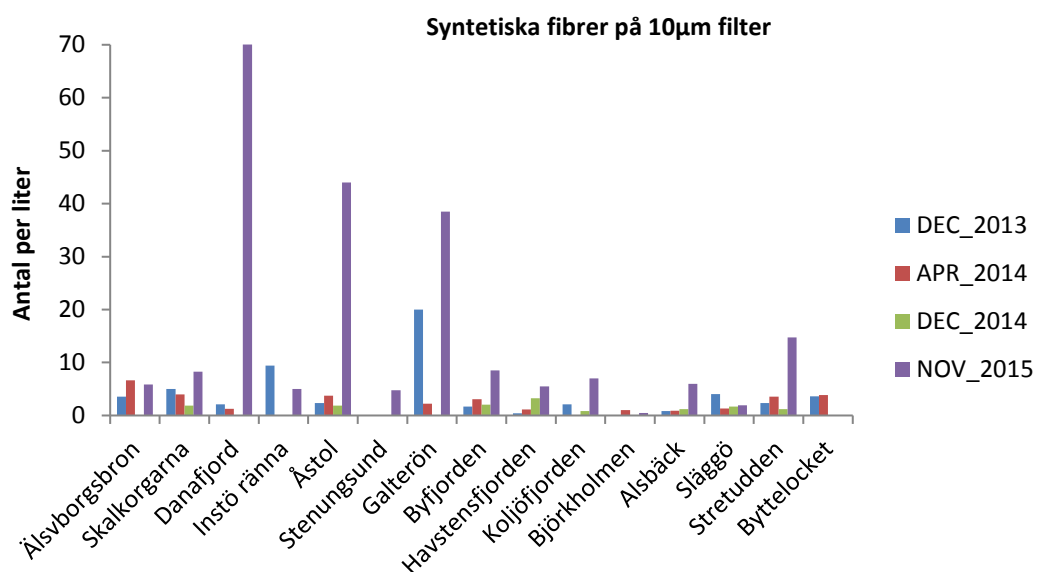
Halterna av potentiella förbränningspartiklar har under alla provtagningar varit mycket höga i Göteborgsområdet med halter på ca. 2500–4000 partiklar per liter, Stenungsund 5000 per liter samt Brofjorden drygt 2000 per liter (Figur 7). Medelvärde av potentiella förbränningspartiklar på övriga stationer var ca. 1000 partiklar per liter. Vid provtagningen 2015 uppmättes halter som var betydligt högre i medeltal än tidigare provtagningsstillfällen (Figur 7 B), dock ej statistiskt signifikant avvikelse.



**Figur 7.** Antal svarta partiklar, potentiella förbränningspartiklar per liter, fångat på 10µm filter för de fyra provtagningstillfällena. **A** Stationsvisa data. **B** Medelvärde och standardavvikelse för samtliga stationer vid varje tidpunkt.

## Syntetiska fibrer

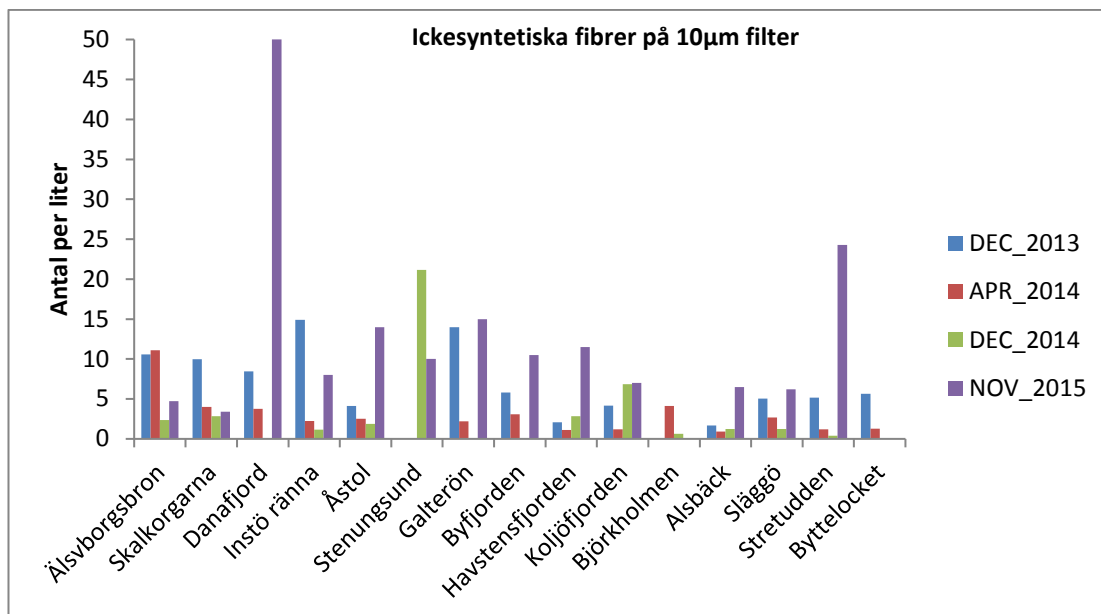
Den geografiska fördelningen av syntetiska fibrer under samtliga provtagningstillfällen visar något förhöjda halter på stationerna i Göta älvs mynningsområde, generellt låga halter vid glesbygdstationerna (Koljöfjorden, Björkholmen, Alsbäck) och intermediära halter i övrigt. I årets provtagning återfanns dock 3-4 stationer som markant (4-7x) höjde sig över de andra (Danafjord, Åstol, Galterön och i viss mån Stretudden). Första misstanken är om detta skulle vara kontamination, men då samma trend kan ses i resultaten av ickesyntetiska fibrer nedan.



**Figur 8.** Antal syntetiska fibrer per liter, fångat på 10µm filter för de fyra provtagningstillfällena.

## Ickesyntetiska fibrer

Resultaten från ickesyntetiska fibrer i figur 9 visar generellt en snarlik geografisk fördelning med resultaten från de syntetiska fibrerna, med en något minskande trend från Göteborg och norrut samt tre stationer med låga halter i Koljöfjorden, Björkholmen och Alsbäck. I 2015 års provtagning kunde man notera generellt högre halter än tidigare samt mycket höga halter vid samma stationer som syntetfibrer visat maximalt, tex Danafjord, Åstol, Galterön, och Stretudden.



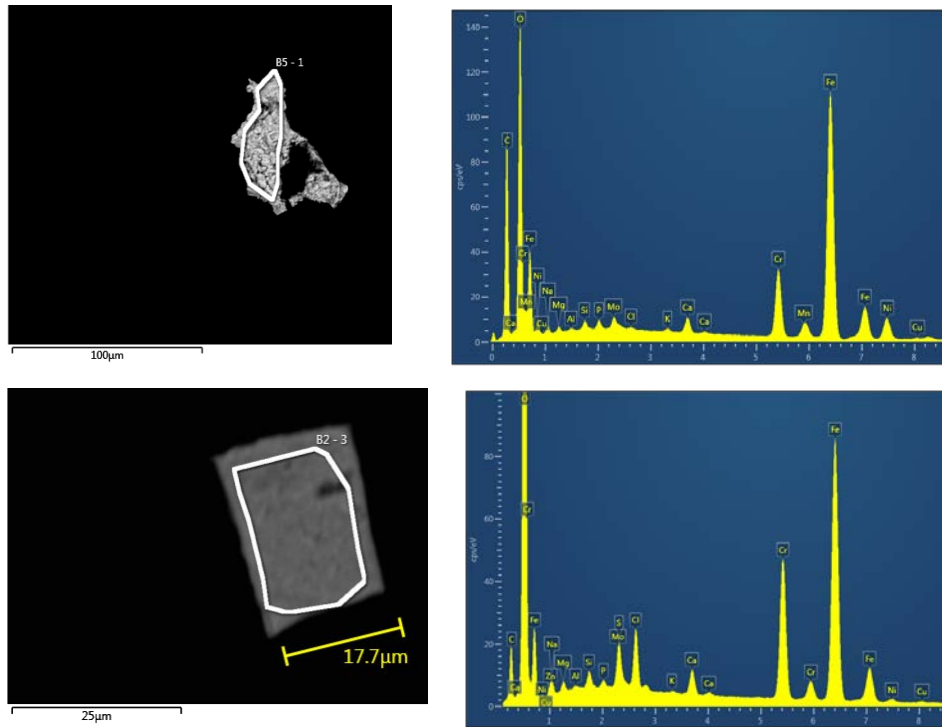
**Figur 9.** Antal icke-syntetiska fibrer per liter, fångat på 10µm filter för de fyra provtagningstillfällena.

### Infraröd Spektroskopisk analys av partiklar från 10µm filter

Av de 30 partiklarna som analyserades med FTIR så kunde endast en dryg handfull ge såpass tillförlitliga spektra att man kan lita på identifieringen. De flesta av dessa hade spektra som matchades med alkydharter (färgflagor), och i något fall med polyester och i något fall med cellofan.

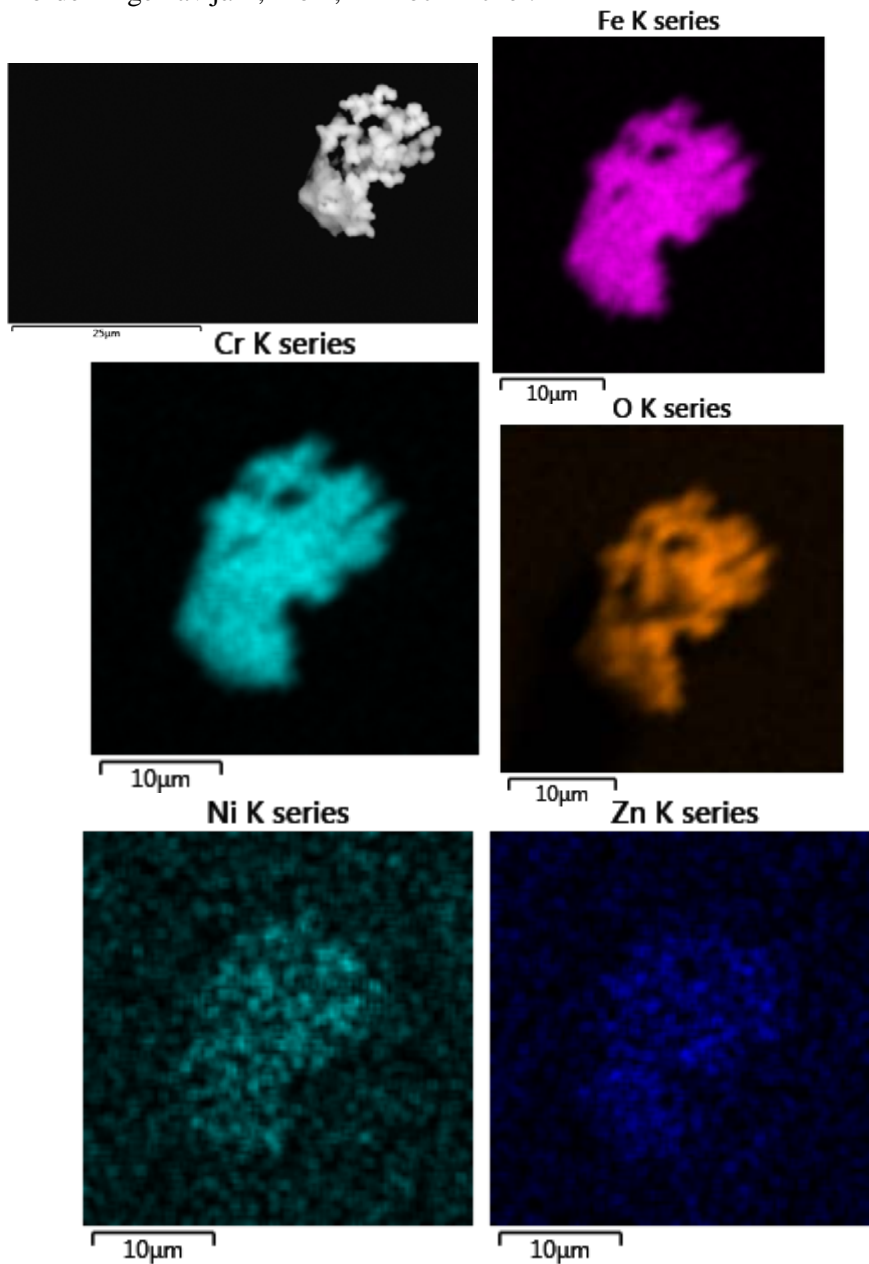
### Röntgenspektroskopisk karaktärisering i svep-elektronmikroskopi (SEM-EDS) från röda partiklar på 10µm filter

Resultaten från SEM-EDS visas i figur 10. Till vänster syns svepelektronbilden av två olika partiklar som i ljusmikroskopi funnits vara röda. Den första partikeln är ca 60x30µm och den andra ca 30x20µm. Till höger syns röntgenspektroskopi-spektra för båda partiklarna och de dominerande topparna är järn, syre och krom i båda fallen. Koltoppen kommer nog huvudsakligen från substratet (en koltejp som partiken är placerad på).



**Figur 10.** Till vänster syns svepelektronbilderna av två röda partiklar från station Instö ränna och till höger syns röntgenspektroskopi-spektra för båda partiklarna.

I figur 11 nedan visas elementkartor av en röd partikel från samma prov, där fördelningen av järn, krom, zink och nickel.

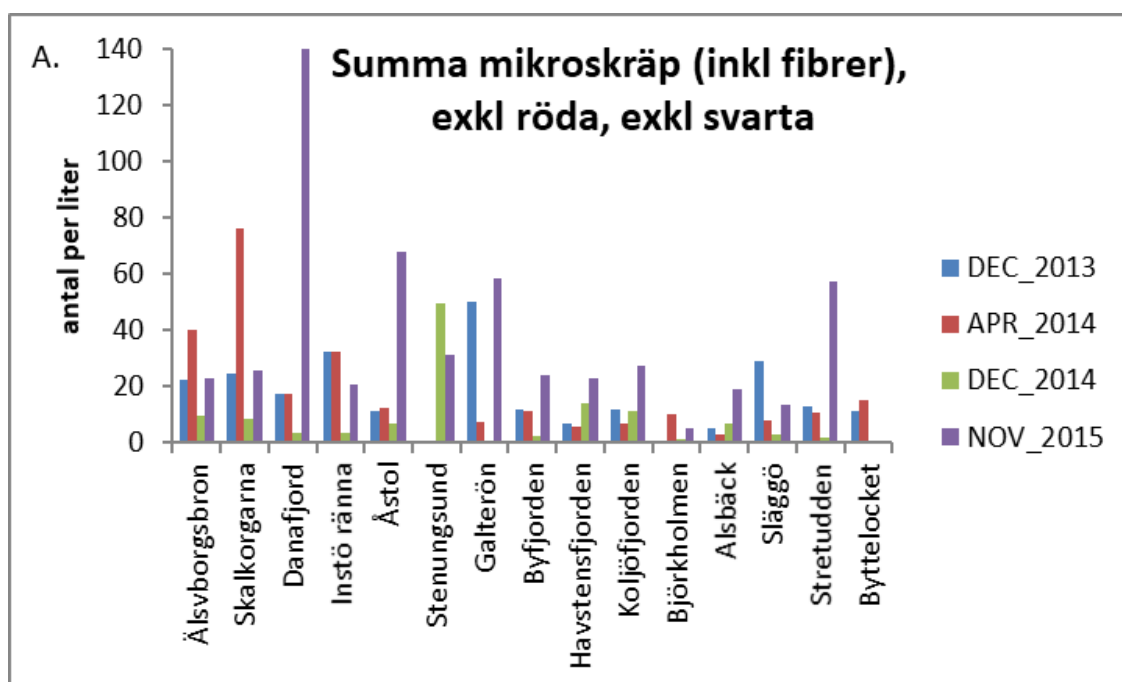


**Figur 11.** Elementkartor över en partikel som identifierats som rik på järn, krom, syre, men ingen tydlig kolsignal. Förutom dessa huvudelement så syns även förekomst av Ni och Zn i lägre halter.

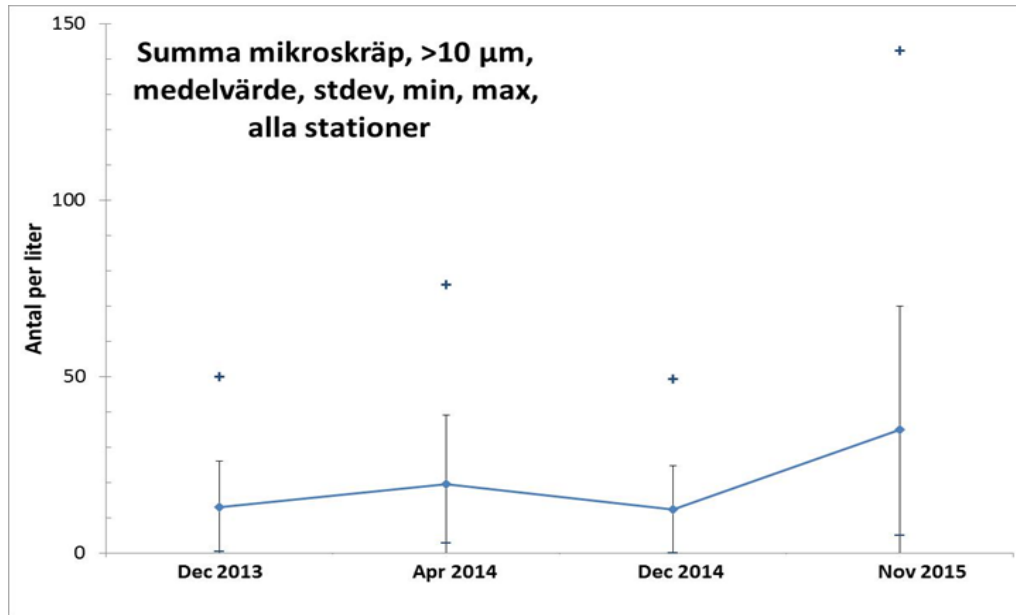
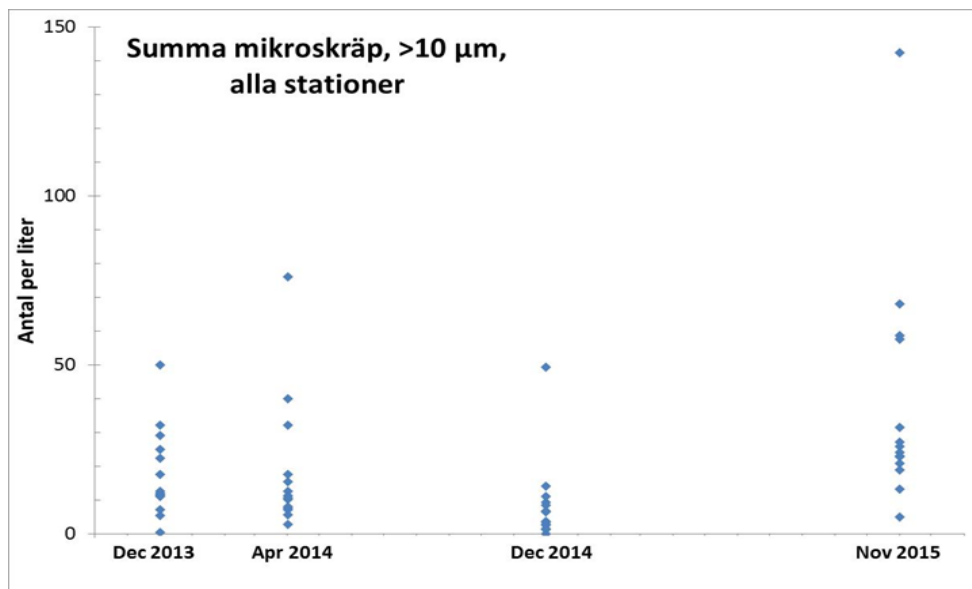


## Översikt summering mikrokräpartiklar

Nedan visas en summering av antalet partiklar på olika sätt Figurerna 12 A, 12 B och 12 C. I summeringen har fibrer och partiklar inkluderats men ej röda partiklar då det råder tveksamhet kring sammansättningen och om det bör klassas som mikrokräp och ej heller svarta partiklar då förbränningspartiklar är en så pass dominerande och i sig viktig typ av föroreningspartiklar, men som det råder tveksamhet om det bör inkorporeras i begreppet mikrokräp, då förbränningspartiklar i luft faller under andra övervakningsprogram och definitioner.

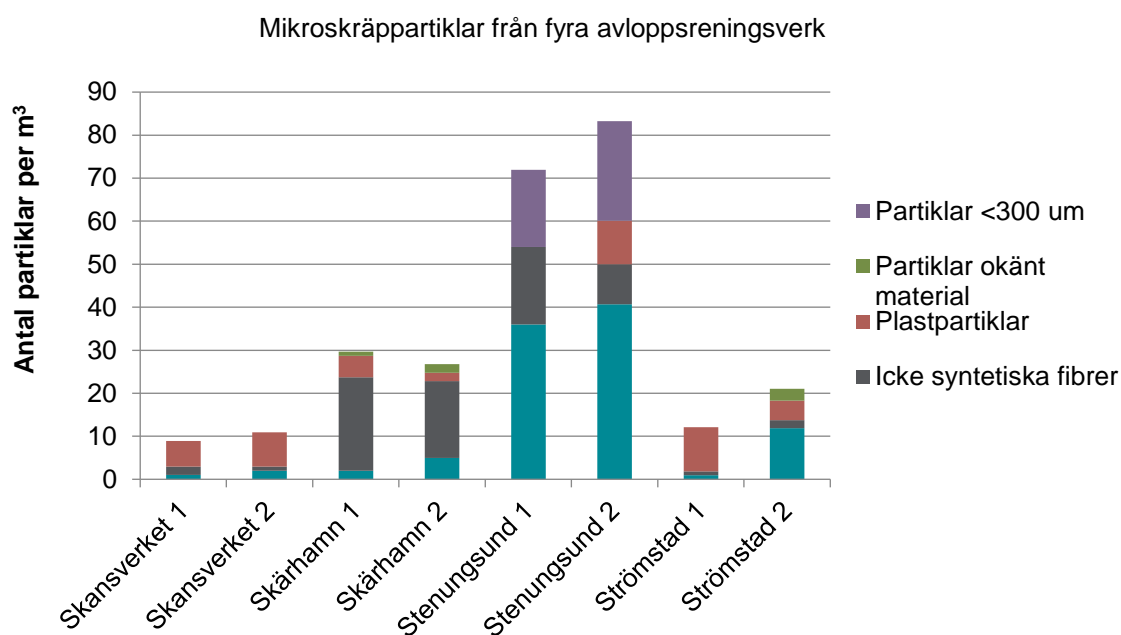


**Figur 11.** Antal mikrokräp per liter, fångat på 10µm filter för de fyra provtagningsstillfällena, presenterat på olika sätt. **A.** Stationsvisa data för de fyra tidpunkterna. Nästa sida **B.** Medelvärden, standardavvikelse, minima och maxima-värden för samtliga tidpunkter. **C.** Samtliga stationsdata presenterade per tidpunkt.

**B****C**

## Mikroskräp i utgående vatten från avloppsreningsverk

Halter av mikroskräp fångat på >300 µm filter i utgående vatten från de fyra reningsverken visas för respektive prov i figur 13. Det totala antalet partiklar är uppdelat i partiklar under 300µm, partiklar av okänt material, plastpartiklar, icke syntetiska samt syntetiska fibrer.



**Figur 12.** Antal mikroskräppartiklar erhållna i utgående vatten från fyra svenska kommunala avloppsreningsverk (Skansverket ligger i Uddevalla). Grafen visar hur de olika kategorierna av mikroskräp varierar mellan verken, samt den totala koncentrationen.

## Diskussion

---

Halterna av mikrokräp varierade stort beroende på vilket filter som användes för provtagning. Det var 1 000 till 1 000 000 gånger högre halter av antropogena partiklar på 10 µm filtret jämfört med 300 µm filtret.

I alla kategorier av mikrokräp var halterna högre i Göteborgsområdet och lägst i vattenområden såsom Gullmarsfjorden och Koljöfjorden som ligger längst ifrån storstad eller industriområden. Detta tyder på regionala källor till mikroskopiskt skräp i västkustens hav.

Resultaten pekar på att stadsmiljön är en viktig källa till marint mikroskopiskt skräp, både från avloppsreningsverk samt från förbränningskällor vilket syns i denna undersökningens höga halter av förbränningspartiklar.

### Mikrokräp på 300 µm filter

Halterna av mikrokräp ligger i jämförbara halter med tidigare undersökningar på västkusten samt internationella studier (Barnes, Galgani, Thompson, & Barlaz, 2009; Browne et al., 2011; Cole et al., 2011; Magnusson & Norén, 2011; Norén & Magnusson, 2010; Norén & Naustvoll, 2011), dvs. från 0,01 till 10 partiklar per kubikmeter.

Dock skiljer sig fördelningen mellan plastpartiklar och syntetfibrer avsevärt åt mellan årets provtagning och de tidigare provtagningarna. Tidigare data från 300µm pumpfiltrering har helt dominerats av syntetfibrer medan årets provtagning gav likvärdiga halter av plastpartiklar och syntetfibrer; på vissa stationer var partiklar dominerande och på andra stationer fibrer. Trolig förklaring kan bero på dels att pumpfiltreringen missar det som flyter på själva havsytan (pumpen klarar inte att suga ner ytfilmen), samt att pumpfiltrering förmodligen är mer effektiv att fånga fibrer än vad trålningen är. Notera att ingen >300 µm-metod fångar kvantitativt fibrer då dessa vanligtvis (med undantag för rep-filament) är mycket tunnare än maskstorleken. I pumpfiltrering kan dock fibrer fastna på bredden över maskorna medan i trålen utsätts fibrerna för mycket större yta av nät samt mer turbulens vilket ger dessa fibrer en större chans att gå igenom maskorna.

Det är endast möjligt att direkt jämföra provtagningen 2015 med tre stationer som provtagits med trål från dec 2014 (Stenungsund, Byfjorden-Havstensfjorden, samt Alsbäck-Björkholmen) då andra 300µm provtagningsmetoder (in situ pump eller vertikalnät) använts för andra stationer och för tidigare år. I dec 2014 uppmättes mycket anmärkningsvärt höga halter av flytande mikroplast >300µm vid Stenungsundstationen (933 000 per km<sup>2</sup>). Det var till och med högre än vad som rapporterats från de högsta proverna i norra stilla havets virvelströmsområde (ca 580 000 per km<sup>2</sup>). I nov 2015 var dock Stenungsundstationen på jämförbar nivå med de flesta stationer, (49 3000 per km<sup>2</sup>) medans halter vid Älvsborgsbron då uppmättes till 219 000 per km<sup>2</sup>. Skillnaderna på Stenungsundstationen kan förklaras av den stora skillnaden i nederbörd veckorna innan provtagningarna (72 respektive 9 mm

under 14 dagar före provtagning dec 2014 jämfört med nov 2015). Halterna i station Älvsborgsbron på 219 000 tolkas som mycket högt, vilket återspeglar de många och stora källorna i avrinningsområdet, framför allt i storgöteborg, men Göta Älv dränerar även ett stort antal medelstora städer (tex Vänerns städer och Vänersborg, Trollhättan, samt Alingsås (Säveån), och industrier av varierande typ).

Förekomsten av identifierade plastpolymer typer fördelar sig i >300µm proverna som PE>>PP≈PS>>PA≈PUR>Alkydharts>Cellofan. Detta återspeglar ganska bra fördelningen av produktionen av plast om man tar hänsyn till de polymererna som har en neutral eller flytande densitet. Polyeten och polypropen är plaster som är mycket vanligt förekommande i förpackningsmaterial, men även i en del fiskeredskap. Polystyren förekommer både som kompakt plast som är tyngre än vatten, och som skummad (expanderad) polystyren (tex ”frigolit”) och är vanlig i förpackningar, byggmaterial samt fiskelådor och flöten. Polyamid kallas vanligtvis nylon och förekommer som fibrer i textilier och rep. Polyuretan är ovanligare plast med blandade användningsområden. Alkydharts är ingrediens i färgflagor och cellofan är en cellulosebaserad plast som används som omslagsplast runt tex cigarettpaket.

## **Mikroskräp på 10 µm filter**

### ***Syntetiska fibrer***

Syntetiska fibrer, vanligtvis olika polyamider och polyestrar, har identifierats utifrån deras fiberstruktur. Under de 4 provtagningstillfällena återfanns generellt högre halter i området vid Göta Älvs mynning och avklingande norrut för att sen öka något vid stationerna i Stenungsund–och Uddevalla, därefter minskade halterna i de glesbebyggda fjordstationerna för att återigen öka runt Lysekil. Några konsistenta temporala trender kan inte urskiljas. Årets provtagning visade några mycket höga halter vid stationer som typiskt inte visar så höga halter men som ligger i närheten av avloppsreningsverks utsläpp (Danafjord, Åstol, Galterön och Stretudden). Ryaverkets utsläppplym kan ha missats vid station Skalkorgarna beroende på älvens flöde. Kontamination kan aldrig helt uteslutas vid fiberanalys, men jämfört med metodkontroller skulle inte kontamination kunna förklara de höga halterna, utan det troligaste förklaringen ligger i emissioner från renat avloppsvatten samt breddade avloppsflöden, dock föregicks provtagningstillfället 2015 av en månad av mycket ringa nederbörd så merparten av avloppen bör ha passerat avloppsreningsverken.

### ***Ickesyntetiska fibrer***

De ickesyntetiska fibrerna, tex bomull, lin, ylle, har generellt en ganska homogen geografisk fördelning med samma låga och högsta stationer som syntetiska fibrer. Inga statistiskt hållbara temporala trender kan bestämmas, men de högsta stationerna kan som för syntetfibrer korreleras till avloppsvattensutsläpp.

### ***Svarta partiklar – potentiella förbränningspartiklar***

Man kan observera tydliga geografiska trender i halter av svarta partiklar både i årets provtagning och tidigare. Höga halter återfanns i proverna från Göta Älvs mynning för att sen minska vid Instö Ränna och Åstol. Lokalt hög halt i Stenungsunds hamn och Galterön för att åter minska. I år syntes en något förhöjd halt vid Stretudden, Brofjorden vilket inte varit lika tydlig tidigare år. Trenderna över de 4 provtagningstillfällena visade högst halter av svarta partiklar i Göta älvs mynning hösten 2013 och våren 2014 och betydligt lägre hösten 2014 för att igen öka i november 2015. I Stenungsunds hamn uppmättes nästan 4000 svarta partiklar per liter hösten 2014 och vid sista provtagningen 2015 var siffran 5000 per liter.

Källorna till de svarta partiklarna kan vara av några olika ursprung, och utifrån morfologiska observationer kan man inte slå fast de relativa bidragen, men de sfäriska blanka svarta partiklarna som inte motsvarar mer än ca 5–10% efterliknar de högttemperatursförbränningspartiklar som i atmosfärlitteraturen brukar kallas sferoidal carbonaceous particles.

Det finns en visad koppling mellan svarta förbränningspartiklar och förekomst av PAH:er (oljekolväten) där just svarta partiklar från luftdeposition anges som största källan till PAH:er i havet (D. Broman, Näf, Wik, & Renberg, 1990; Dag Broman, 1990).

### ***Blå plastliknande partiklar***

De fyra provtagningstillfällena visar relativt liknande halter, men mycket variabla mellan stationerna. Typiska bestämningar av blå mikroskopiska partiklar är 2–6 per liter med vissa stationer som har upp till 20 per liter. I ett fall under år 2014 var det ett prov vid Skalkorgarna utanför Göteborg som uppvisade hela 70 per liter. Men det är inte möjligt att statistiskt koppla några geografiska eller temporala trender till förekomsten av blå plastliknande partiklar.

Källorna till de blå partiklarna har spekulerats kring i tidigare rapporter, men dessa har inte kunnat bekräftas. Dessutom är det svårt att genom spektroskopi (FTIR) kunna identifiera dominerande sammansättning på de ”handplockade” blå partiklarna. Därför är det säkrast att avvakta med uttalande om identifiering och möjliga källor till dessa blå partiklar till dess att materialen kunnat spektroskopiskt identifieras i så många av de blå partiklarna att vi får ett statistiskt hållbart identifieringsschema. Troligtvis skulle en annan spektroskopimetod ( $\mu$ -Raman spektroskopi) kunna fungera bättre för att identifiera dessa små partiklar som det rör sig om.

### ***Infraröd spektroskopisk analys av partiklar från 10 $\mu$ m filter***

Partiklarna identifierade på 10 $\mu$ m filter är ofta några tiotals mikrometer stora på en eller fler dimensioner, och redan det gör att signalen (absorbans) av infraröda ljuset är liten och därmed ofta begränsas av instrumentets detektionsgränser. Dessutom har partikelmaterial som befunnits i havet en längre tid oxiderats av solljus, beväxats av

biofilmer, och påverkats av mikrobiella angrepp. Detta gör att det spektrala mönstret hos miljöpartiklarna skiljer sig väsentligt åt från det pristina materialet som matchas i databaserna. Exempelvis skiljer sig spektrat hos polyeten som åldrats i miljön från en ren polyetenstandards spektra, vilket försvårar identifieringen.

Det var därför endast ett begränsat antal (7) av de 30-tal partiklarna som analyserades, gav ett spektrum som kunde matchas till kända material. Av dessa hade 5 likheter med alkydharts (färgflaga), en med cellofan (regenerad cellulosa vanlig i förpackningsplast), och en med polyester. Det är inte möjligt att statistiskt korrelera sammansättning med morfologiska egenskaper som färg.

### ***Röntgenspektroskopisk karaktärisering i svepelektronmikroskopi***

Tidigare undersökningar (Norén 2014, Norén 2016) av röda partiklar baserades på ett fåtal partiklars infraröda spektroskopiska analys och identifierades som epoxy. Detta ledde till ett antagande att dessa partiklar härrörde från båtbottnfärg och kom att kallas för potentiella partiklar från båtbottnfärg. Därför handplockades ett antal sådana röda partiklar ut under 2015 års analysarbete för vidare analys med SEM-EDS, för att se om karaktäristiska innehåll för båtbottnfärg såsom koppar och zink kunde återfinnas.

Av de ca 6 partiklarna som analyserades var samtliga antingen rika på järn och syre eller järn, krom och syre. Även om sammansättning inte kan avgöra mineralstruktur, eller om det finns en blandad sammansättning tex en kompositpartikel av polymer och oorganiskt pigment eller rost, så fanns det inget i EDS spektra som tydde på en mycket stark kolsignal. Det fanns en koltopp, men då proven preparerats på grafittejp, så är detta inget som kan tas som en indikation på polymert ursprung. Tvärtom så uppskattades järninnehållet till ca 50% av signalen från partiklarna, medan kroms bidrag varierade från 0 till ca 25%.

Då det var svårt att erhålla några polymerspektra från de röda partiklarna i FTIR samt att så pass tydliga signaler erhöles av den oorganiska sammansättningen är det sannolikt att en stor del av de röda mikropartiklarna inte är av polymert ursprung utan någon form av järnoxid, och/eller järn-kromoxid. Järnoxider är vanligt förekommande naturliga partiklar och troligtvis även från mänsklig påverkan från alla järnkonstruktioner som genomgår reduktion-oxidation samt fragmentering av rostfragment från exponerade ytor.

### ***Summa mikrokräp***

Temporala trender i figur 12A-C kan observeras både för flera diskreta stationer samt för samtliga stationer integrerat. Halterna av summa-mikrokräp (10 $\mu$ m) har successivt minskat från 2013 års provtagningen fram tills december 2014 för att igen öka i 2015 års provtagning, där framförallt fibrer står för ökningen.

Summa antropogena mikroskopiska partiklar inklusive fibrer men exklusive röda partiklar och svarta partiklar visas i figur 12. De högsta halterna uppmätts generellt för de fyra provtagningstillfällena utanför Göteborg upp till Instö ränna för att sen minska vid Åstol och sen öka vid Stenungsundsstationerna, för att minska något vid

Uddevallastationerna för att bli som lägst inne i Gullmarn och sen ökande igen ut vid Lysekil (Släggö) och de norra stationerna. Summa mikrokräp integrerar ju över flera partikeltyper och de geografiska trenderna återspeglar främst exploateringen och fördelning av befolkningsmängd och industriaktivitet runt stationerna.

Olika mikrokräpstyper står för olika relativa bidrag till de olika stationerna, och trenden skiljer sig något mellan åren; tex är det blå partiklar som står för de högsta halterna i april 2014 och domineras av de södra stationerna, medan det är fibrer som står för de högsta halterna under december 2015 och domineras av de norra stationerna. Trenderna i årets provtagning domineras av de höga halterna av fibrer i Danafjord, Åstol, Galterön och Stretudden.

### **Mikrokräp på 300 µm-filter i utgående renat avloppsvatten**

Halterna av mikrokräp i årets provtagningar var betydligt lägre än tidigare års mätningar från utgående vatten i västsvenska verk och i motsvarande provtagningar från andra nordiska reningsverk. Magnusson och Wahlberg 2014 och Magnusson 2014 studerade utgående vatten från svenska reningsverk (Stockholm, Göteborg samt Lysekil) samt fyra norska reningsverk med avseende på mikrokräp. Deras undersökningar använde samma metodik som har använt i denna rapport. En jämförelse mellan de olika rapporterna ges i tabell 3. Halterna av plast och syntetfibrer var 2–5 gånger lägre och för icke-syntetiska fibrer (bomull/ylle) mellan 4–80 gånger lägre jämfört med de tidigare undersökningarna. Anledningarna till de stora skillnaderna kan vara relaterat till utspädning (högre nederbörd), skillnader i populationstryck per reningsverk, skillnad i reningsverksprocesser.



**Tabell 3** Jämförelse av resultat på 300µm filter mellan olika rapporter om mikrokräp i utgående vatten från olika avloppsreningsverk (ARV). Jämförelsen tar inte hänsyn till reningsteknik samt förhållanden vid provtagningstillfällena (vattenflöden mm).

	Plastpartiklar och syntet-fibrer (m <sup>-3</sup> )			Icke-syntetiska partiklar och fibrer (m <sup>-3</sup> )		
	Medel	min	max	Medel	min	max
3 svenska ARV	<b>50</b>	9	90	<b>36</b>	6	90
4 norska ARV	<b>120</b>	20	40	<b>750</b>	40–1700	1700
12 svenska ARV (IVL, 2014)	<b>254</b>	0	933	<b>520</b>	100	170
4 svenska ARV (denna studie)	<b>22</b>	2	62	<b>9</b>	1	23

## Sammanfattning och rekommendationer för framtida övervakning

Val av provtagningsmetoder och protokoll är mycket viktigt och erfarenhet från dessa fyra provtagningsmetoder har lett till följande synpunkter;

En enda universell metod för mikrokräp i pelagialen är inte möjlig utan minst en kombination av två metoder är nödvändigt för att erhålla information från olika vattenmassor och storleksfraktioner

På grund av att mikrokräpet skiljer sig i flythastighet som grundar sig i partikelstorlek gånger densitet så kommer det att vara fortsatt relevant att:

- provta mikrokräp flytande på havsytan med en 300µm trål av typ ”manta-trål” / neuston-nät
- provta mindre partikelstorlekar (lämpligtvis 10µm filter), som uppför sig mer som en suspenderad kolloid, med diskreta vattenprover

Trålprovtagning har fördelen jämte pump-provtagningar som tidigare utvärderats (Setälä, 2016), att integrera över större provtagningsvolym och areal av havsytan, samt att den just inbegriper havsytefilmen som den tidigare pumpfiltreringsprovtagningen missat.

Både in situ filtrering av 10µm och direkt filtrering från diskret vattenprovtagare har funnits kompatibel med kontaminationsfri provtagning, och metodkontroll kan tas med båda metoder. Fördelen med direkt filtrering från vattenprovtagare är att filterhållare kan laddas i renlufts labbänk innan expeditionen för att minimera öppen hantering av prov och filter ombord.

Kategorisering och identifiering av mikrokräp är nästa viktiga del vilket skiljer sig mellan vad som är tekniskt möjligt och praktiskt genomförbart. Viktigast är att skilja mellan naturligt och antropogent partikulärt material samt även att skilja på antropogent material som inte inbegrips i mikrokräp-begreppet såsom metalloxider, cellulosa och glas etc.

Optisk mikroskoperingsidentifiering baserad på färg, form, storlek, övrig optiska och morfologiska egenskaper är bra för att på ett enkelt och snabbt och billigt sätt kunna särskilja de viktigaste klasserna av mikrokräp. För att kunna använda dessa relativt enkla och billiga optiska klassificerings och identifieringsmetoder så skulle ett klassificeringsschema och klassificerings-atlas understödd på spektroskopisk identifiering vara viktig. I denna rapport har omfattande sådan spektroskopisk identifiering gjorts på framför allt de större partikelstorlekarna, men mer omfattande analys av mindre partikelstorlekar skulle vara värdefullt för att utveckla ett förenklat protokoll.

# Tack

---

Tack till Fredrik Norén (N-Research, Marin Biogas AB) för givande diskussioner om fördelning vid tidigare provtagningstillfällen och Börjessons rederi (R/V Sensor) för bra samarbete vid provtagningen.

## Referenser

---

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 B: Biological Sciences*, 364(1526), 1985–1998. doi:10.1098/rstb.2008.0205

Broman, D. (1990). *Transport and fate of hydrophobic organic compounds in the Baltic aquatic environment: polycyclic aromatic hydrocarbons, polychlorinated dibenzodioxins and dibenzofurans*. PhD thesis. University of Stockholm, Stockholm.

Broman, D., Näf, C., Wik, M., & Renberg, I. (1990). The importance of spheroidal carbonaceous particles (SCPs) for the distribution of particulate polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in an estuarine-like urban coastal water area. *Chemosphere*, 21(1), 69–77.

Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. (2011). Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks. *Environmental Science & Technology*, 45(21), 9175–9179. doi:10.1021/es201811s

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2588–2597. doi:10.1016/j.marpolbul.2011.09.025

Flagan, R. C. (1988). *Fundamentals of air pollution engineering*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall. Retrieved from <http://authors.library.caltech.edu/25069/>

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(6), 3060–3075. doi:10.1021/es2031505

Magnusson, K., & Norén, F. (2011). *Mikroskopiskt skräp i havet - metodutveckling för miljöövervakning*. Lysekil: N-research. Retrieved from:

<http://www.n-research.se/pdf/Magnusson%20och%20Nor%C3%A9n%202011%20Rapport%20om%20mikroskr%C3%A4p%20i%20Svenska%20vatten.pdf>

Magnusson K. and Wahlberg C. Mikroskopiska skräppartiklar i vatten från avloppsreningsverk. Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet. Rapport nr: B 2208. 2014.

Magnusson K. Mikroskräp I Avloppsvatten Från Tre Norska Avloppsreningsverk. C 71. Göteborg: IVL Svenska Miljöinstitutet. Rapport nr: C71. 2014.

Norén, F., Ekendahl, S., & Johansson, U. (2009). *Mikroskopiska plastpartiklar – fler än vad man tidigare trott*. Havsmiljöinstitutet.

Norén, F., Johansson, U., & Ekendahl, S. (2009). *Mikroskopiska antropogena partiklar i svenska hav* (Projekt rapport). Lysekil: N-research.

Norén, F., & Magnusson, K. (2010). Osynligt avfallsproblem i havet. *Havsutsikt*, 1/2010.

Norén, F., & Naustvoll, L.-J. (2011). *Survey of microscopic anthropogenic particles in Skagerrak* (No. TA2779) (p. 20). Klima og Forurensningsdirektoratet. Retrieved from <http://www.klif.no/publikasjoner/2779/ta2779.pdf>

Norén, F., Norén, K. & Magnusson, K. (2014). Marint mikroskopiskt skräp - Undersökning längs svenska västkusten 2013 & 2014. Länsstyrelsen i Västra Götalands län, vattenvårdsenheten. (2014:52). Tillgänglig: <http://www.lansstyrelsen.se/vastragotaland/Sv/publikationer/Pages/default.aspx?ptype=Rapporter>

Norén, K., Haikonen, K. & Norén, F. (2015) Marint mikroskopiskt skräp längs Skånes kust. IVL rapport NR C 139

Setälä, O., Magnusson, K., Lehtiniemi, M., and Norén, F. Distribution and abundance of surface water microlitter in the Baltic Sea: a comparison of two sampling methods. *Mar. Pollut. Bull.*, 110 (2016), pp. 177-183,





**LÄNSSTYRELSEN**  
**VÄSTRA GÖTALANDS LÄN**