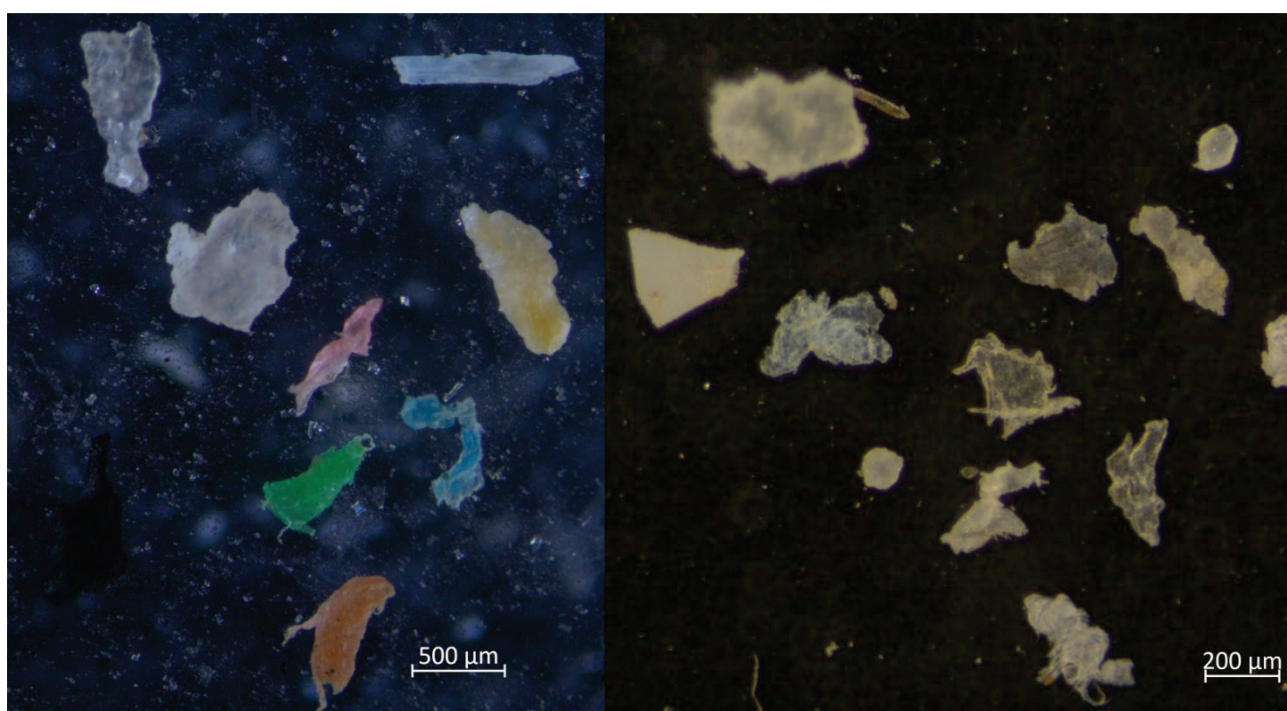


Mikroplast i sediment från Vänern, Vättern och Mälaren



Titel: Mikroplast i sediment från Vänern, Vättern och Mälaren

Tryckår: 2021

ISSN: 1403-6134

Rapportnummer: 130

Publiceras även i Vätternvårdsförbundets rapport nr 145 och i Mälarens vattenvårdsförbund 2021

Författare: Anna Rotander, Örebro universitet MTM Forskningscentrum,
Institutionen för naturvetenskap och teknik, 701 82 Örebro

Foto: Örebro universitet

Utgivare: Vänerns vattenvårdsförbund

Rapporten finns som pdf på www.vanern.se

Copyright: Vänerns vattenvårdsförbund. Kopiera gärna texten i rapporten men ange författare och utgivare. Användande av rapportens fotografier eller bilder i annat sammanhang kräver tillstånd från Vänerns vattenvårdsförbund.

Förord

Under 2017 gjordes en kartläggning av mikroplast i ytvatten i Sveriges Stora sjöar Vänern, Vättern, Mälaren och Hjälmaren. Studien finansierades med medel från Naturvårdsverket, Havs- och vattenmyndigheten, dricksvattenproducenter, kommuner och Länsstyrelser runt sjöarna ¹.

Som en uppföljning till studien från 2017 och för att få en mer heltäckande bild av mikroplastförekomsten i sjöarna, tog vattenvårdsförbunden initiativ till denna studie av mikroplast i sediment. Projektmedel har sökts och beviljats av Naturvårdsverket. Analyserna utfördes på Örebro universitet vid MTM forskningscentrum under 2020-2021. Provtagningen av sedimentkärnor utfördes under hösten 2018 av WSP i Mälaren, NIRAS i Vänern och Medins Havs och Vattenkonsulter AB i Vättern.

2021-12-06

Sara Peilot, Vänerns vattenvårdsförbund

Friederike Ermold, Vätternvårdsförbundet

Ingrid Hägermark, Mälarens vattenvårdsförbund

¹ Mikroplaster i Vänern, Vättern, Mälaren och Hjälmaren 2017. Anna Rotander och Anna Kärrman Örebro Universitet. Vätternvårdsförbundet rapport 131, Vänerns vattenvårdsförbund rapport 110, Mälarens Vattenvårdsförbund rapport 2019 och Hjälmarens Vattenvårdsförbund Rapport 2019.

Innehåll

Mikroplast i sediment från Vänern, Vättern och Mälaren.....	1
Förord.....	3
Innehåll.....	4
Sammanfattning.....	5
Inledning.....	6
Metoder	6
Provtagning	6
Analys	8
Kvalitetssäkring.....	10
Resultat	11
Förekomst av mikroplast i Vänern, Vättern och Mälaren.....	11
Partikeltyper av mikroplast.....	13
Polymersammansättning av mikroplast	15
Övriga partiklar ej klassificerade som mikroplast	17
Diskussion.....	18
Metod och kvalitetssäkring	18
Förekomst	18
Jämförelse med svenska hav och Nordamerikas stora sjöar	19
Svarta partiklar	20
Slutsats	21
Tack till	21
Referenser	22
APPENDIX	23

Sammanfattning

Mikroplast analyserades i totalt tolv sedimentprover; Tre från Vänern, tre från Vättern och sex från Mälaren. Mikroplasterna extraherades från sedimenten med densitetsseparation och sorterades sedan genom filtrering över två filter med olika maskstorlek, 300 µm och 50 µm. Analysen gjordes under mikroskop och med infraröd spektroskopi (ATR-FTIR).

Flest mikroplaster återfanns i den mindre storleksfraktionen och klart högst halter återfanns i proverna från Stockholm. Lägst halter uppmättes i prover från områden utan direkt påverkan från tät bebyggelse. Ett undantag var ett sedimentprov från Vänern med förhöjda halter jämfört med andra utsjöprover.

Syntetiska fibrer var den vanligast förekommande typen av mikroplast sett till alla mikroplaster som hittades i sedimenten, men det varierade mycket mellan proverna. Primära mikroplaster i form av mikrosfärer hittades i relativt stora mängder i proverna från Stockholm. Jämfört med andra svenska studier så var halterna i denna studie snarlika med halter uppmätta i sediment från Västkusten men betydligt högre jämfört med prover från Hanöbukten i Sydvästra Östersjön. Det är svårt att säga något om specifika källor till mikroplasterna i sedimenten mer än att närhet till städer kunde kopplas till förhöjda halter. Slitage från bildäck har pekats ut som en stor källa till mikroplast och att dessa partiklar p.g.a. sin höga densitet till största delen borde hamna i sediment. I denna studie återfanns endast fyra potentiella fragment från bildäck i ett av proven från Stockholm. Svarta partiklar hittades i stora mängder, framför allt i den mindre storleksfraktionen i proven från Stockholm, men bedömningen som gjordes var att dessa snarare var någon form av sotpartiklar.

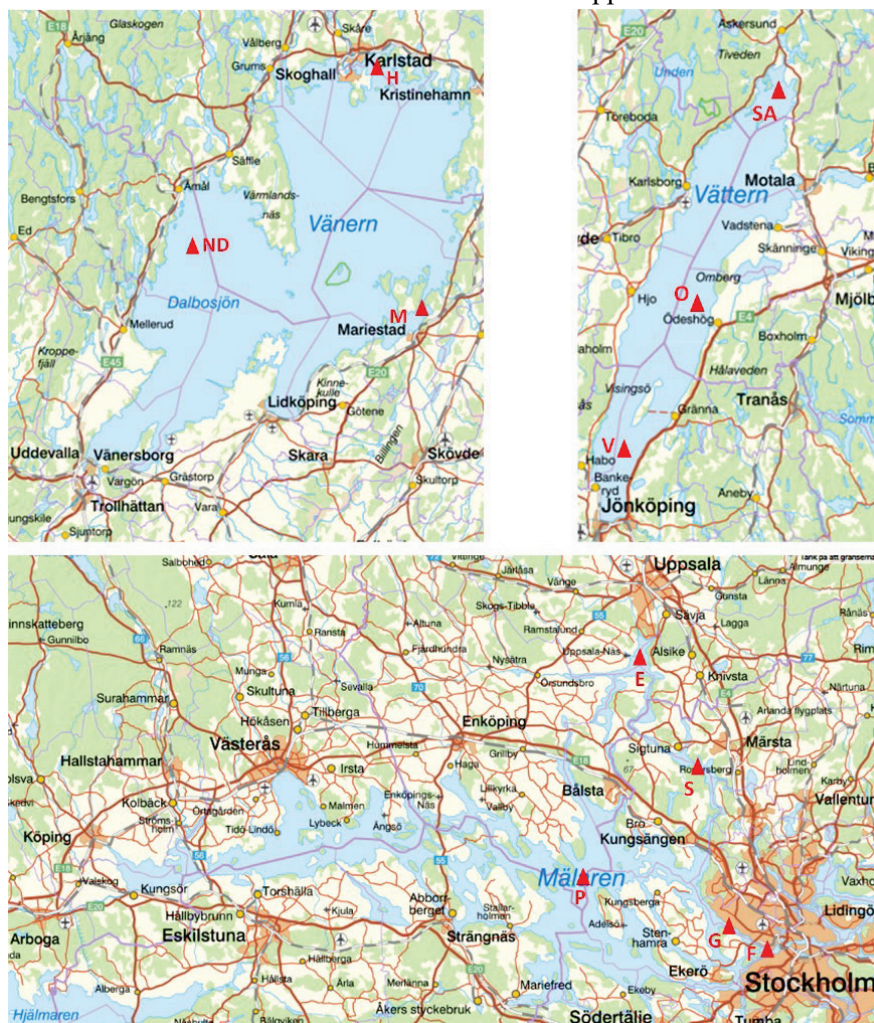
Inledning

Mikroplaster definieras vanligtvis som små plastpartiklar större än 1 mikrometer och mindre än 5 mm. I denna studie valde vi att presentera syntetiska fibrer separat från plastpartiklar. Naturliga fibrer som t.ex. bomull har inte analyserats då proverna behandlades med väteperoxid innan analys vilket bryter ner dessa.

Metoder

Provtagning

Provtagningspunkterna utgjordes av ackumuleringsbottnar och för varje sjö valdes en referenslokal och minst en lokal som påverkades av utflöden från en större stad. Referenslokalerna var samma som i det nationella miljöövervakningsprogrammet för organiska miljögifter (Norra Dalbosjön i Vänern, Omberg i Vättern och Prästfjärden i Mälaren). En översikt av provtagningslokalerna fås i figur 1 och tabell 1. GPS koordinater återfinns i tabell A1 i Appendix.

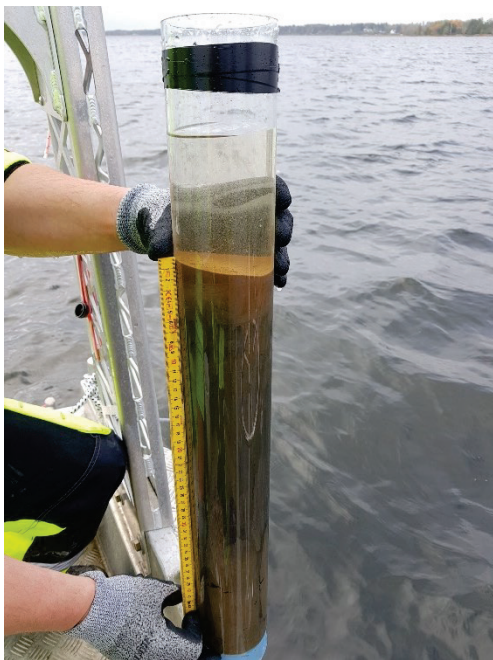


Figur 1. Lokaler för sedimentprovtagningen i Vänern, Vättern och Mälaren utmärkta med röda trianglar. Kartor från Lantmäteriet.

Alla prover togs av en rörprovtagare, vilken tillåter provtagning av ostörda sedimentkärnor (Figur 2), och skivutrustning. Provtagningen i Vänern utfördes hösten 2018 av NIRAS och är beskriven i detalj i en rapport från 2019 (Vänerns Vattenvårdsförbund). Proverna i Mälaren togs av WSP under hösten 2017 (rapport från WSP Environmental Sverige, 2018), och proverna i Vättern under hösten 2019 av Medins Havs och Vattenkonsulter AB. Från Vänern och Mälaren var sediment från en kärna tillgängligt för analys, medan betydligt mer sediment fanns tillgängligt från Vättern då varje prov utgjordes av sediment från 5-10 kärnor. Sediment från ytskiktet 0-5 cm analyserades i denna studie (tabell 1). Från Fiskarfjärden i Mälaren analyserades också ett så kallat ”grab sample” och användes i kvalitetssäkringen. Detta prov togs av NIRAS i maj 2017 med en van Veen-provtagare. Avståndet mellan provtagningspunkterna i Fiskarfjärden var drygt 900 m, positionerna i förhållande till varandra anges i figur A1 i Appendix. Sedimentproverna förvarades i glasburkar i kylskåp 4 °C fram till analys.

Tabell 1. Lokaler för sedimentprovtagning, samt ytskikt, torrhalt (TS, %), analyserad mängd (TS, g) och vattendjup. (Referenslokal har markerats med *ref.*)

Sjö	Lokal	Skikt (cm)	TS (%)	TS (g)	Djup (m)
Vänern	Hammarösjön (H)	0-1	14	33	22
Vänern	Mariestadsfjärden (M)	0-1	17	36	11
Vänern	N Dalbosjön (ND) <i>ref.</i>	0-1	15	32	52
Vättern	Visingsö (V)	0-2	14	74	109
Vättern	Omberg (O) <i>ref.</i>	0-2	49	76	99
Vättern	Stora Aspön (SA)	0-2	14	84	90
Mälaren	Skarven (S)	0-5	12	15	26
Mälaren	Ekoln (E)	0-5	14	32	35
Mälaren	Görveln (G)	0-5	16	36	21
Mälaren	Prästfjärden (P) <i>ref.</i>	0-5	14	30	48
Mälaren	Fiskarfjärden (F)	0-5	17	37	16
Mälaren	Fiskarfjärden (FG)	Grab ≈ 0-15	14	51	30



Figur 2. En sedimentkärna från Hammarösjön, Vänern. Bild från Rapporten "Undersökningar av sedimentkemi i Vänern 2018", Vänerns Vattenvårdsförbund, 2019. Fotograf: Nils Ekeröth, NIRAS.

Analys

Partiklar på 300 µm filtret

Allt labmaterial som användes i analysen diskades noga och sköljdes med avjonat vatten. Hantering av prover skedde till största möjliga mån i dragskåp och vit labrock i bomull användes uteslutande. Sedimenten torkades i 50 °C i 72 h och vägdes därefter. Det torra materialet finfördelades försiktigt i en mortel och blandades sedan med en zinkkloridlösning ($\approx 1.6 \text{ g/mL}$) till en vällingliknande konsistens. Eftersom vissa polymerer har en densitet nära 1.4 g/mL (PET och PVC t.ex.) behövs en saltlösning med högre densitet för att dessa ska kunna avskiljas från sedimentpartiklarna. De sediment som hade hög lerhalt tilläts stå och mjukna i zinkklorid och mortlades därefter försiktigt i vått tillstånd. Zinkkloriden filtrerades över ett 20 µm filter i rostfritt stål efter varje analysomgång och återanvändes. Avskiljningen av mikroplaster skedde i en separertratt enligt metoden beskriven av Coppock et al. 2017 (Figur 3). Proverna läts stå och sedimentera i 48-72 h varefter bollvalvet stängdes och saltlösningen filtrerades över ett 300 µm filter i rostfritt stål (Figur A1, Appendix). Den filtrerade vätskan samlades upp i en bägare för vidare filtrering på ett 50 µm filter. Mikroplast (MP) identifierades under ett ljusmikroskop och plockades över mha en pincett till en förvägd petriskål. Identifieringen baserades på visuella markörer för mikroplast så som t.ex. färg, form och ytstruktur. I vissa fall användes även taktill inspektion för att särskilja MP från annat material. För att rengöra de utsorterade partiklarna inför analysen med infraröd spektroskopi täcktes de med väteperoxid (30%) och placerades i ugn i 50 °C över natt. När torrhet uppnått vägdes partiklarna. Den slutliga analysen genomfördes sedan med ett ljusmikroskop vari MP räknades och delades in i följande kategorier: Fragment, film, mikrosfär, expanderad cellplast (foam) filament och fiber. Filament benämndes de syntetiska fiber som var raka och

kraftiga med en diameter på ca 50-100 μm . Behandlingen med väteperoxid resulterade i att en betydande del fibrer försvann jmf med ursprungräkningen och därför speglar resultaten i denna studie endast syntetfibrer (ej t.ex. bomull/cellulosa). Exempel av de olika partikeltyperna återfinns i appendix. Ett slumpvis urval av MP > 0.2 mm analyserades med ATR-FTIR för bestämning av polymertyp mha ett spektralt bibliotek bestående av polyeten (PE), polypropen (PP), polystyren (PS), polykarbonat (PC), polyvinylklorid (PVC), Polyetentereftalat (PET), Polyamid (PA), Polymetylmetakrylat (PMMA), samt de tre bionerbrytbara plasterna PHA, PHB och PLLA.

Partiklar på 50 μm filtret

Vakuumfiltrering gjordes över ett 50 μm filter i rostfritt stål (Ø 5 cm) (Figur A2, Appendix). Materialet på filtret spolades av med en väteperoxidlösning (30%) till en glasbägare som fick stå i ugn i 50 °C i 48 h för att bryta ner organiskt material. Vätskan filtrerades sedan återigen över samma typ av stålfilter varefter partiklarna fördes över till en 50 mL separertratt i glas innehållandes zinckloridlösning (Figur A3, Appendix). De tyngre partiklarna som sjunkit till botten avlägsnades genom att öppna tratten och partiklarna i den övre delen av vätskan filtrerades sedan på ett grått membranfilter av cellulosanitrat med vitt rutnmönster. Den visuella analysen genomfördes under ett ljusmikroskop på samma sätt som för den större partikelfraktionen.

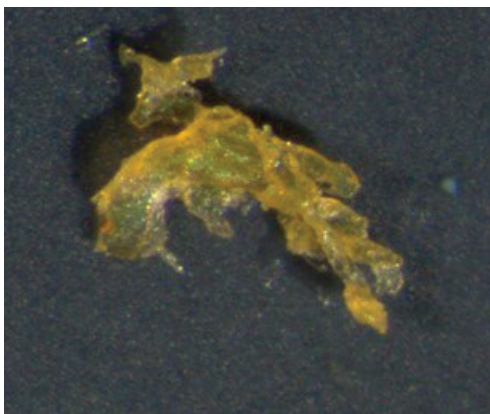


Figur 3. Ett torrt mortlat sedimentprov från Hammarösjön, Vänern (vä), och separertratten (hö) fylld med sediment och zincklorid ($\approx 1.6 \text{ g/mL}$). När bollvalvet stängs kan mikroplasterna som flyter i den övre delen separeras från sedimentet på botten.

Kvalitetssäkring

Två stycken blankprover analyserades för att kunna räkna bort bakgrundskontaminering av mikroplaster. Tomma petriskålar behandlades på samma vis som petriskålarna innehållandes sedimentproverna. Det visade sig att bollvalvet gav ifrån sig orangea plastfragment som nästan uteslutande hamnade i den mindre storleksfraktionen. Dessa fragment var lätta att känna igen mot den gråa filterbakgrunden och kunde därmed bortses från vid mikroskoperingen (Figur 4). separertratten gav även ifrån sig spiralformade genomskinliga fragment som också kunde bortses från i proverna (Figur A5). I de få fall där det rådde tveksamhet antogs fragmenten vara kontaminering och räknades därmed inte. Fibrer och filmer återfanns i båda blankproverna och resultaten korrigerades genom att medelvärdet av innehållet i de två blankproven drogs bort från antalet fibrer respektive filmer i sedimentproven.

Två utbytetest gjordes på plastfragment och syntetfibrer för att utvärdera provberedningsmetoden. Gröna fragment av PET och orangea fragment av PLLA tillsattes ett prov från Fiskarfjärden (FG) och provet från prästfjärden innan torkning. Till provet från Fiskarfjärden tillsattes röda fibrer av PP och rosa fibrer av polyester tillsattes provet från prästfjärden. Storleken på fragmenten var ca 0.3-0.8 mm långa och hade kapats i ändarna med en skalpell för att bli lätta att känna igen, och fibrerna var ca 0.5-1 mm (röda PP) och 2-3 mm (rosa PET) (Figur A4). Vid analysen återfanns i genomsnitt 95% (100% och 90%) av PET-fragmenten och 89% (87% och 90%) av PLLA-fragmenten. Av de rosa PET fibrerna återfanns 73% och av de röda PP fibrerna återfanns 33%.



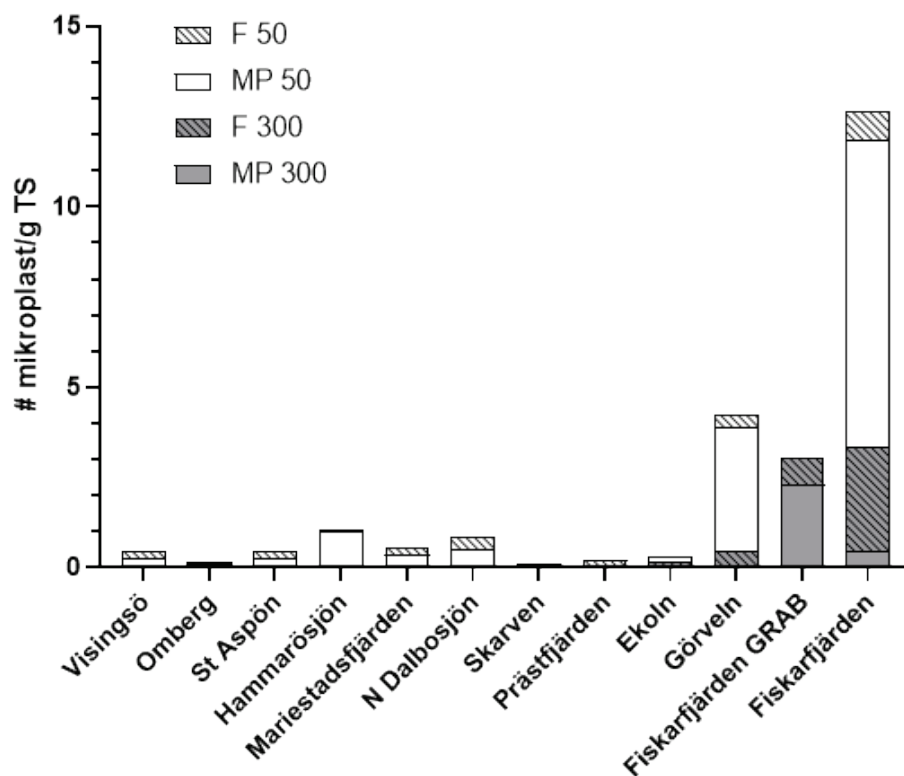
Figur 4. Kontaminering i ett av blankproven i form av ett orange plastfragment från separertrattens bollvalv.

Resultat

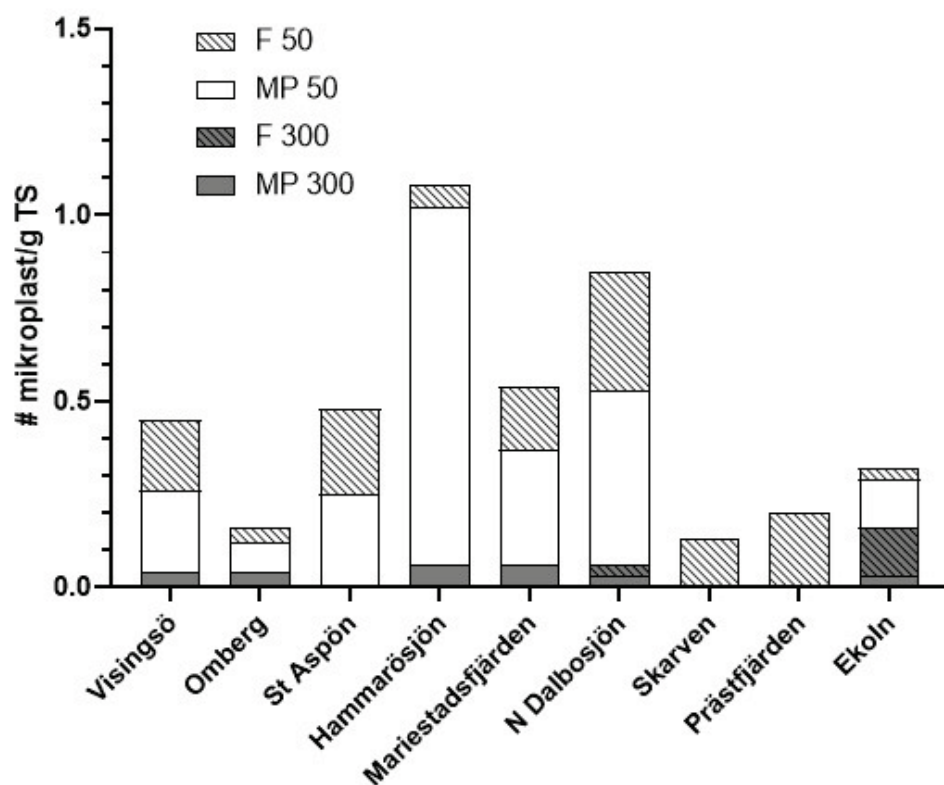
Förekomst av mikroplast i Vänern, Vättern och Mälaren

Tabeller med rådata presenteras i Appendix. Resultaten presenteras som antal mikroplastpartiklar per gram torrs substans (MP/g TS), och i det prov där partiklarna gick att väga (Fiskarfjärden GRAB) också som massan mikroplastpartiklar per gram torrs substans (mg MP/g TS).

Högst halter uppmättes i proverna från Stockholm, allra högst i Fiskarfjärden (Figur 5). Lägst halter uppmättes i Omberg (Vättern) och Skarven (Mälaren) och endast marginellt högre i Prästfjärden och Ekoln (Mälaren) (Figur 5 och 6). De två proven från Fiskarfjärden uppvisade nära på samma koncentration av MP på 300 μm filtren men sammansättningen av partiklar skiljde sig åt med dominans av fibrer i provet som utgjordes av ytsediment 0-5 cm.



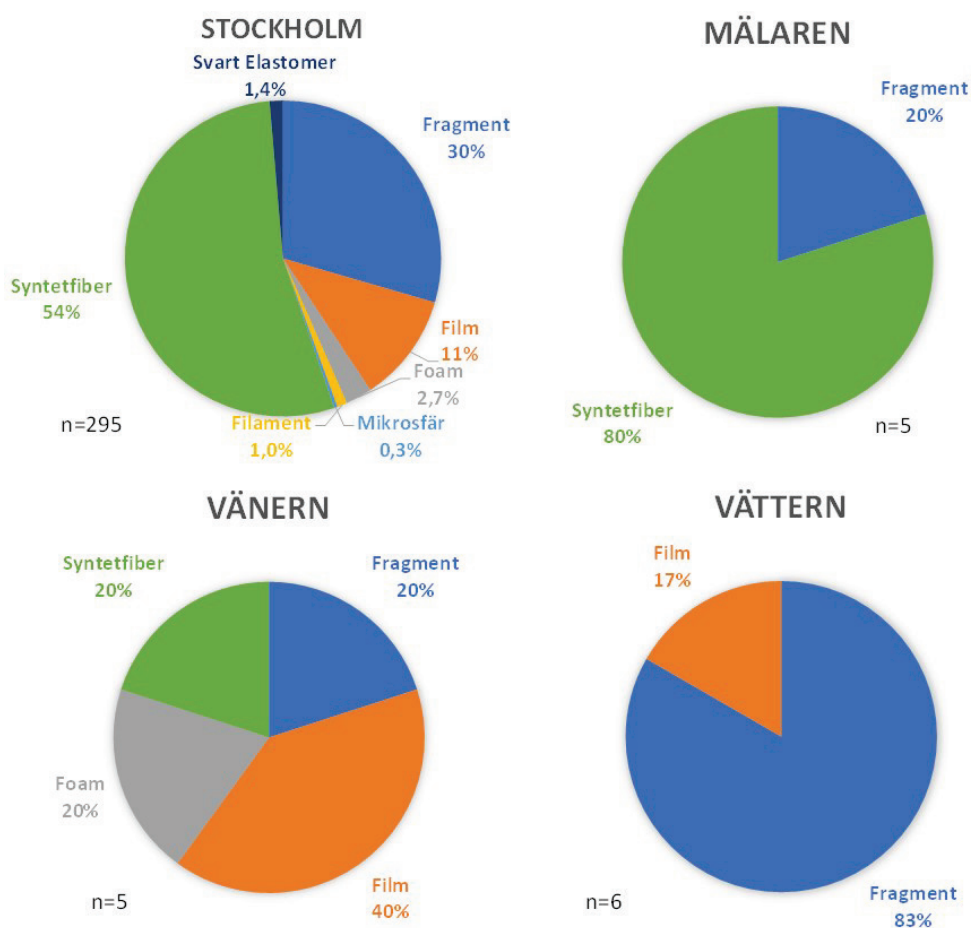
Figur 5. Koncentration (antal mikroplast/g TS) mikroplast i ytsediment från Vänern, Vättern och Mälaren sorterade på 300 μm filter och 50 μm filter. Resultaten är uppdelade i mikroplastpartiklar (MP) och fibrer (F). Notera att Fiskarfjärden GRAB endast visar resultat för 300 μm filtret.



Figur 6. Koncentration (antal mikroplast/g TS) mikroplast i ytsediment från Vänern, Vättern och Mälaren, ej inkluderat proverna från Stockholm, sorterade på 300 µm filter och 50 µm filter. Resultaten är uppdelade i mikroplastpartiklar (MP) och fibrer (F).

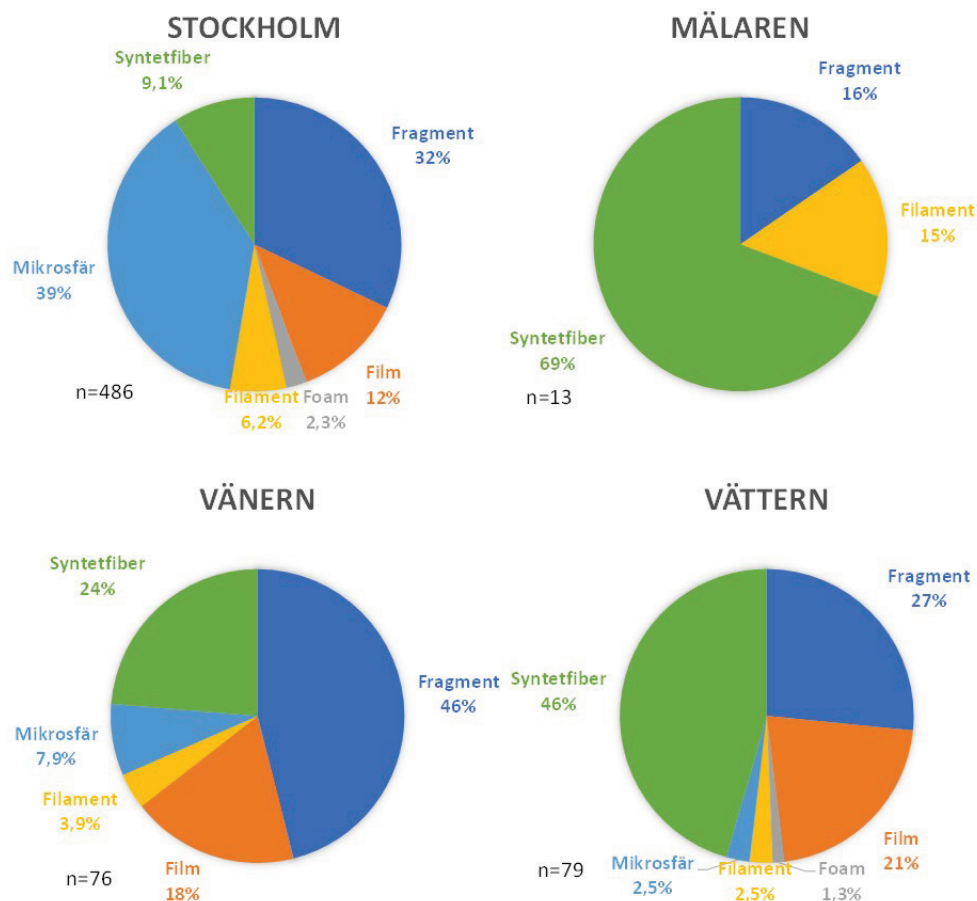
Partikeltyper av mikroplast

Sammansättningen av olika typer av mikroplast skilde sig mellan de olika storleksfraktionerna och de olika sjöarna (Figur 7 och 8). I Stockholm (Fiskarfjärden och Görveln) var andelen fragment, film och foam väldigt snarlik i de båda storleksfraktionerna. Den största skillnaden i huvudstaden var att syntetfibrer utgjorde mer än hälften av MP på 300 µm filtren och mikrosfärer utgjorde en betydande del av MP på 50 µm filtren. Sett till övriga prover från Mälaren och proverna från Vänern och Vättern så var sammansättningen olik på 300 µm filtren med dominans av fibrer i Mälaren, film och foam och Vänern och fragment i Vättern. Dessa resultat, med undantag av Stockholm, är baserade på endast ett fåtal mikroplaster så direkt jämförelse mellan sjöarna bör göras med försiktighet.



Figur 7. Sammansättning av mikroplaster fångade på 300 µm filtren i prover från Stockholm (Fiskarfjärden och Görveln), övriga Mälaren (Ekoln, Skarven och Prästfjärden), Vänern och Vättern.

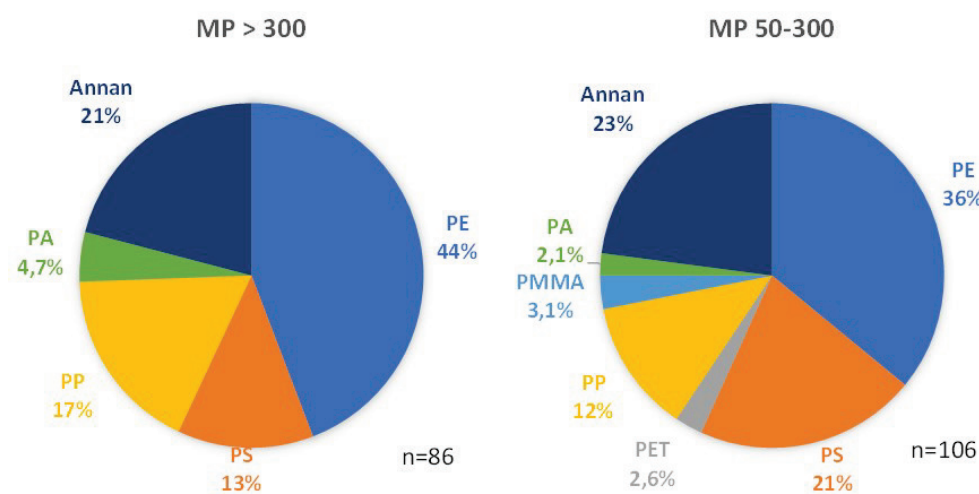
I den mindre storleksfraktionen med fler mikroplaster så var bilden i Mälaren snarlik jmf med den större storleksfraktionen med en dominans av fibrer. I Vänern och Vättern så var det sammanlagda partikelantalet nära på identiskt men med skillnaden att fragment dominerade i Vänern och fibrer i Vättern. Resultat för individuella prover fås i tabell A1 och A2.



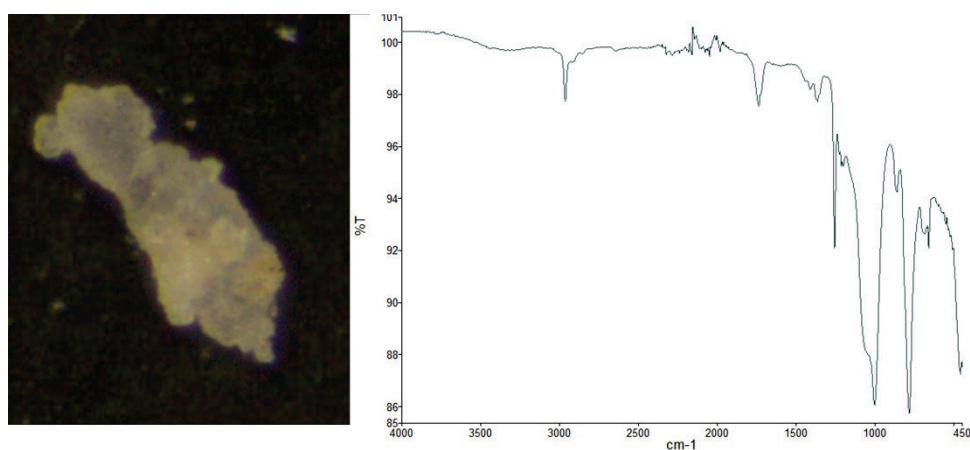
Figur 8. Sammansättning av mikroplaster fångade på 50 μ m filtren i prover från Stockholm (Fiskarfjärden och Görveln), övriga Mälaren (Ekoln, Skarven och Prästfjärden), Vänern och Vättern.

Polymersammansättning av mikroplast

Andelen mikroplaster i proverna som analyserades med ATR-FTIR varierade mellan 7% och 100% (Tabell A3 och A4). Från 300 µm filtren analyserades 86 av totalt 147 MP (59%) och från 50 µm filtren 106 av totalt 547 MP (19%), ej inkluderat syntetfibrer. De vanligast förekommande polymererna var PE, PS och PP (Figur 9). Drygt 20% av partiklarna i båda storleksfraktionerna kunde inte matchas med en polymer i det spektrala biblioteket. Dessa oidentifierade polymerer uppvisade i vissa fall identiska spektra, som t.ex. fyra st fragment på 50 µm filtren från St Aspön, Visingsö och Omberg (totalt 15% av de oidentifierade i denna storleksfraktion) (Figur 10).

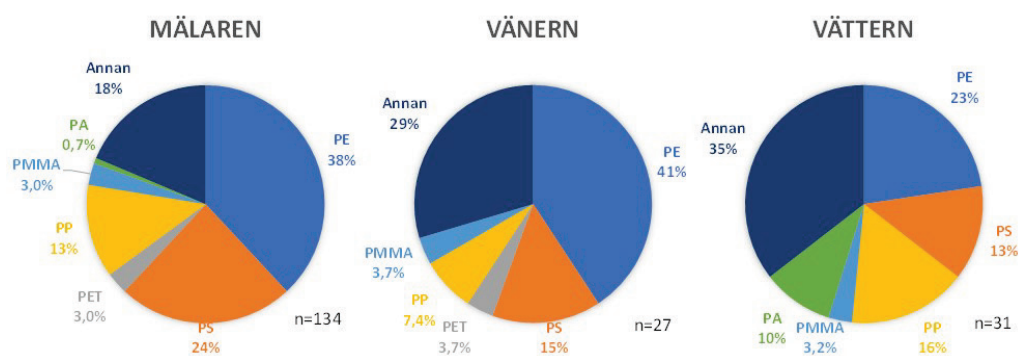


Figur 9. Polymersammansättning hos mikroplastpartiklar analyserade med ATR-FTIR på 300 µm filtret (vä) och 50 µm filtret (hö) i ytsediment från Vänern, Vättern och Mälaren.



Figur 10. Ett fragment från St Aspön i Vättern med ett spektrum utan match i det spektrala biblioteket och som därför klassificerades som "oidentifierad polymer". Ytterligare ett fragment från samma prov, ett från Omberg och ett från Visingsö återfanns med identiskt ATR-FTIR spektrum.

Det fanns vissa olikheter mellan sjöarna vad gäller polymersammansättningen hos samtliga mikroplaster analyserade med ATR-FTIR (Figur 11). Andelen PE var dubbelt så stor i Mälaren och Vänern jämfört med Vättern, medan PA och oidentifierade polymerer utgjorde en relativt stor andel i Vättern. Andelen PMMA var däremot i stort sett samma i alla tre sjöar.



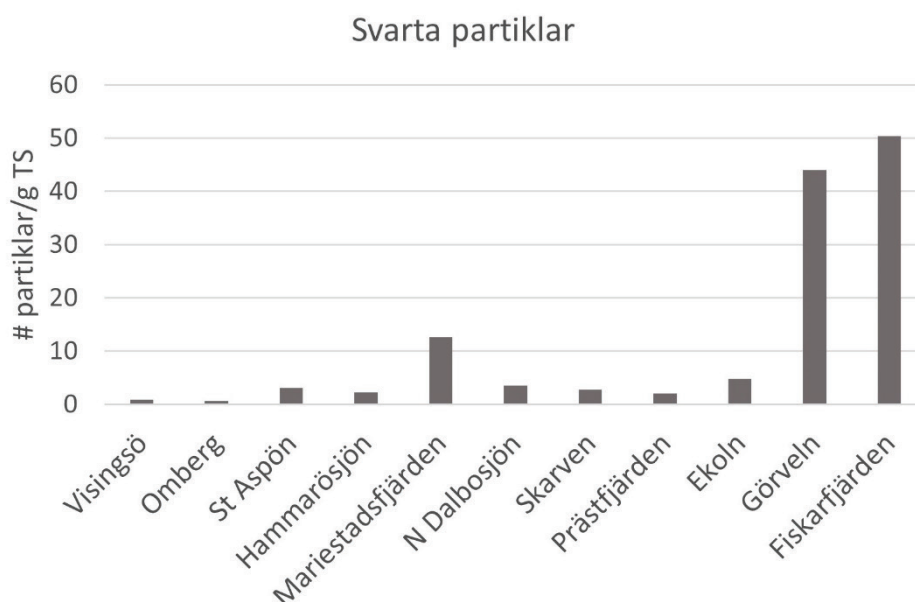
Figur 11. Polymersammansättning hos samtliga mikroplastpartiklar analyserade med ATR-FTIR uppdelat på de tre sjöarna

Övriga partiklar ej klassificerade som mikroplast

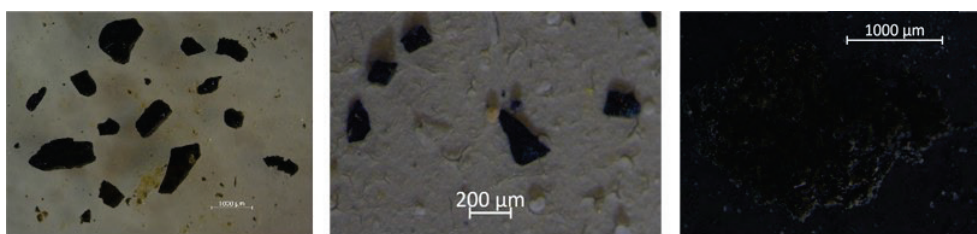
Svarta partiklar

På 300 µm filtret återfanns endast svarta partiklar i proverna från Fiskarfjärden (14 st i FG och 13 st i F) och Omberg (1 st). På 50 µm filtret däremot återfanns partiklarna i samtliga prover och med klart högst halter i Stockholmsområdet (Figur 12). Då dessa, med få undantag, ej bedömdes bestå av syntetiskt framställda polymerer presenteras de separat från MP.

Svarta partiklar dominerade i 50 µm proverna. Majoriteten av partiklarna som undersöktes med taktill inspektion var hårda men bröts eller smulade sönder under tryck från en vass pincett (Figur 13, bild vä och mitten). Ett undantag var fyra stycken elastiska avlånga fragment i provet från Fiskarfjärden (FG) som sorterades i mikroplastkategorin "Svart elastomer". Ett fåtal svarta partiklar i proverna klassificerades som mikroplast (Figur 13, hö bild).



Figur 12. Svarta partiklar på 50 µm filtret som ej klassificerades som mikroplast.



Figur 13. Svarta partiklar från Fiskarfjärden (vå bild) och Görveln (bild mitten) som bröts/smulade sönder vid petning med en vass pincett och ej klassificerades som mikroplast, och en skumgummiliknande svart mikroplast från Fiskarfjärden som klassificerades som foam (hö bild).

Diskussion

Metod och kvalitetssäkring

En nackdel med att torka sedimentet innan analysen, vilket kräver efterföljande mortling/finfördelning, är risken att sköra fragment går sönder i denna process. Även om det inte går att utesluta att fragment kan ha sönderfallit under denna process bedöms risken i detta fall som liten och att det inte har påverkat resultaten nämnvärt. Detta antagande baseras främst på fotografier av partiklarna, men också att majoriteten av plastfragment som undersöktes med taktil inspektion inte lätt föll sönder. En annan nackdel med metoden var att separertratten kontaminerade proverna och utrustning i rostfritt stål eller glas är att föredra. Dock kunde denna bakgrundskontaminering tas hänsyn till genom att analysera två blankprover. Även om separationsmetoden hade ett relativt högt utbyte för plastfragmenten kan det inte uteslutas att den ”naturligt” förekommande plasten i proven beter sig på ett annat sätt än den tillförda plasten. Denna osäkerhet kunde dock inte kvantifieras och utvärderas. Metoden verkar vara mindre effektiv för att extrahera ut fibrer men fler test behöver göras för att få ett säkrare mått. Dessutom varierade utbytet av fibrer mycket i de två testen, 73% och 33%, vilket tyder på att osäkerheten i analysen av fibrer är högre jämfört med partiklar. För ett bättre statistiskt underlag behöver fler test göras. Metoden har även utvärderats för mikrosfärer i storleksintervallet 80-150 μm i en interkalibreringsstudie med tillfredställande resultat (van Mourik et al., 2021). Mikrosfärer av PE och PMMA tillsatta till ett sedimentprov kunde i den studien korrekt identifieras med ett utbyte på 80% respektive 60%.

Förekomst

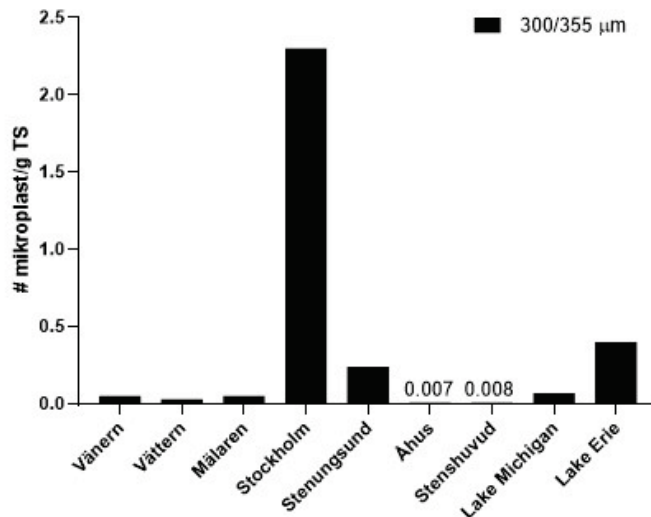
Endast en makroplast (MP större än 5 mm) återfanns i provet från Mariestadsfjärden (en plastfilm som mätte ca 1 x 1 cm och som inte togs med i resultatet). Att sedimentproverna nära Stockholm uppvisade de högsta halterna var inte oväntat. Provet från Hammarösjön i närheten av Karlstad visade också förhöjda halter jämfört med övriga prover, om än ej i samma nivå som Stockholm. Närhet till större städer verkar således lokalt påverka halterna av mikroplaster i sediment. Proverna från Omberg (Vättern) och Prästfjärden (Mälaren) är tagna i referensområden som inte påverkas av ett utflöde från en större stad och dessa uppvisade de lägsta halterna. Provet från Skarven hade halter i paritet med proverna från Omberg och Prästfjärden trots att denna lokal ligger i närheten av t.ex. Märsta. Provet från N Dalbosjön i Vänern stack ut i form av att vara ett prov från en referenslokal med halter som översteg t.ex. halterna i sediment från Mariestadsfjärden och Visingsö med närmare anslutning till städer. De uppmätta halterna i provet från N Dalbosjön berodde till stor del på 11 st MP med snarlikt utseende vars ATR-FTIR spektrum inte kunde matchas mot något i det spektrala biblioteket (Figur A6E). Dessa partikellika fragment gick inte sönder till följd av ATR-FTIR analysen utan pressades ihop till en plastliknande film varpå det inte bedömdes som troligt att en större MP brutits sönder under analysen. Något som

komplikerar jämförelsen mellan sjöarna och de olika lokalerna är att sedimentationshastigheten kan förväntas skilja sig åt vilket gör att proverna speglar olika tidsperioder. I Vänern och Vättern är hastigheten ca 1 mm per år medan det i Mälaren kan motsvara en eller ett par cm. Cirkulationen av vatten i sjöarna påverkar transport och sedimentation av partiklar vilket också lokalt torde påverka halterna av mikroplaster som återfinns i bottensedimenten.

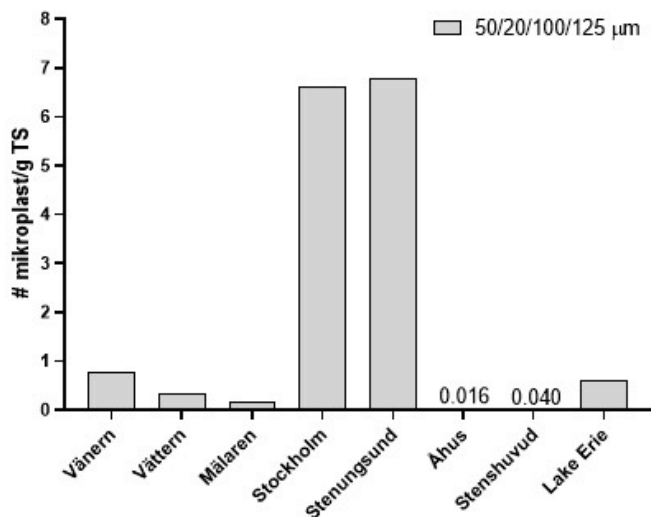
Jämförelse med svenska hav och Nordamerikas stora sjöar

Två nyligen utförda svenska studier och en från Nordamerika kan jämföras med denna studie. Från Sverige är det en studie från Stenungsund på Västkusten och en från Hanöbukten i sydvästra Östersjön (Karlsson et al., 2019, Magnusson 2017). I Hanöbukten analyserades två sedimentprov, ett utanför Stenshuvud och ett utanför Åhus. Utanför Stenungsund provtogs sediment på nio stationer men den minsta storleksfraktionen analyserades från tre stationer så det är medelvärde från dessa som jämförs med här. Samtliga studier använde ett 300 µm filter som största maskstorlek men den mindre storleksfraktionen skiljde sig; I denna studie var minsta maskstorlek 50 µm medan den i Östersjöstudien var 20 µm och i Västkuststudien 100 µm. I studien från Nordamerika analyserades mikroplaster > 355 µm i 20 prover av ytsediment från lake Michigan och i 12 prover från Lake Erie. I proverna från Lake Erie analyserade även mikroplaster i storleken 125-355 µm (Lenaker et al., 2021).

Koncentrationerna MP > 300 µm i sediment från Sverige skiljde sig åt med en tiopotens från lägst uppmätta: Hanöbukten < Mälaren, Vättern, Vänern < Stenungsund < Stockholm (Figur 14). Samma tiopotensskillnad återfanns i den mindre storleksfraktionen mellan Hanöbukten och Mälaren, Vänern och Vättern. Däremot var medelhalterna i sediment för denna fraktion nära identiska i prover från Stockholm och Stenungsund (figur 15). Dessa jämförelser är av det grova slaget och bör tolkas med viss försiktighet. Olika metoder har använts och båda kända och okända analysosäkerheter existerar. Proven från Hanöbukten har t.ex. extraherats med natriumklorid med en densitet på 1.2 g/mL vilket ökar risken för att tyngre polymerer så som PET och PMMA missas. I de stora sjöarna i Nordamerika var medelhalterna av mikroplaster > 355 µm 0.07 MP/g TS (Lake Michigan) och 0.4 MP/g TS (Lake Erie). För den mindre fraktionen, MP 125-355 µm, var medelhalten 0.6 MP/g TS i Lake Erie. Detta är jämförbart med denna studies resultat undantaget Stockholm som varierade mellan 0-0.16 MP/g TS för MP > 300 µm och 0.1-1 MP/g TS för MP 50-300 µm.



Figur 14. Medelvärden från denna studie jämförda med koncentrationer (antal MP/g TS) i sediment från Östersjön (Åhus och Stenshuvud), och medelvärde från Västkusten (Stenungsund) analyserat på ett 300 µm filter, och medelhalter från Nordamerikas stora sjöar (Lake Michigan och lake Erie) analyserat på ett 355 µm filter.



Figur 15. Medelvärden från denna studie jämförda med koncentrationer i sediment (antal MP/g TS) i Östersjön (Åhus och Stenshuvud), medelvärde i sediment på Västkusten (Stenungsund) och medelvärde från Lake Erie. Proverna från Östersjön speglar fraktionen 20-300 µm, från Västkusten 100-300 µm, från Lake Erie 125-355 µm och denna studie 50-300 µm.

Svarta partiklar

De svarta partiklar som bröts/smulades sönder när de utsattes för yttre tryck med en vass spets klassificerades inte som mikroplast. Dessa partiklar kan ha flera olika potentiella källor och det har inte varit möjligt att utreda detta i denna studie. Fyra fragment från Fiskarfjärden klassificerades som "svart elastomer" i samstämmighet med studien från Västkusten och dessa skulle potentiellt kunna vara slitagepartiklar

från t.ex. bildäck. En studie från 2009 beskriver att stora mängder sot- och tjäralikande partiklar återfanns i vattenprover från Östersjön (Norén et al., 2009). Den överhängande största delen av svarta partiklar i denna studie skulle kunna beskrivas som sotliknande partiklar (ej som tjära då inga partiklar med mjuk och kletig konsistens hittades). Norén och medförfattare spekulerar att de svarta partiklarna från Östersjön som inte kommer från vägslitage eller bildäck kan utgöras av de minsta dropparna från oljeutsläpp eller vara sot från förbränning av lågt raffinerade bränslen från t.ex. den tyngre sjöfarten.

Slutsats

Mikroplaster återfanns i samtliga analyserade sedimentprover med betydande högre halter i Stockholmsområdet jämfört med lokaler ute i sjöarna. För vissa prover fanns ett relativt litet provmaterial tillgängligt, t.ex. endast 15 g torrt sediment från en sedimentkärna från Skarven. Resultaten för dessa bör tolkas extra försiktigt eftersom risken är högre att slumpen har haft påverkan på utfallet. I Vättern däremot där ca 80 g torrsvikt funnits tillgängligt från 5-10 sedimentkärnor så ökar säkerheten i resultaten.

Till skillnad från förekomst av mikroplast i ytvatten som ger en ögonblicksbild, och som kan variera stort mellan olika tidpunkter beroende på t.ex. vindens styrka och riktning, blir halterna i sediment ett integrerat mått av material som ackumulerats under en längre tid. Genom att ta reda på sedimentationshastigheten kan olika tidsperioder separeras från varandra. I en framtida övervakning av mikroplast vore det således önskvärt att inkludera sediment för att bättre kunna detektera trender i förekomst av mikroplast i den akvatiska och marina miljön.

Majoriteten av de svarta partiklarna som återfanns i proverna bedömdes inte bestå av syntetiskt framställt polymermaterial och resultaten från denna studie stöder därmed teorier om att slitagepartiklar från bildäck inte i hög grad transporteras långa sträckor utan snarare ackumuleras i närheten av där de genereras.

Förekomsten av mikroplast i de stora svenska insjöarna är jämförbara med halter som uppmätts i sediment från Västkusten utanför Stenungsund och från Nordamerikas stora sjöar. Antalet prover per sjö som analyserats i denna studie var dock begränsat men är ett första steg i en kartläggning och ger bra indikation om bakgrundshalter och halter nära städer.

Tack till

Kent Utterström och Jakob Axén på ALS Scandinavia som lånade ut separertratten och gav goda råd, och Clara Svantesson som hjälpte till med metodutveckling. Tack även till Sara Peilot, Ingrid Hägermark och Friederike Ermold som varit drivande för att denna studie skulle bli av.

Referenser

- Coppock RL, Cole M, Lindeque PK, Queirós AM, Galloway TS. 2017. A small-scale, portable method for extracting microplastics from marine sediments. *Environmental Pollution* 230, 829-837
- Hjort T, Sternbeck J, Ekeröth N, Granström J. 2018. Undersökningar av sedimentkemi i Vänern 2018. Vänerns vattenvårdsförbund rapport nr 114
- Karlsson TM, Ekstrand E, Threapleton M, Mattsson K, Nordberg K, Hassellöv M. 2019. Undersökning av mikroskräp längs bohuslänska stränder och i sediment. Rapport på uppdrag av Naturvårdsverket. URN: urn:nbn:se:naturvardsverket:diva-8102
- Lenaker PL, Corsi SR, Mason SA. 2021. Spatial Distribution of Microplastics in Surficial Benthic Sediment of Lake Michigan and Lake Erie. *Environmental Science & Technology* 55, 373-384
- Magnusson K. 2017. Mikroplast och andra antropogena partiklar i vatten, sediment och musslor från Hanöbukten. Rapport Nr C 266. IVL Svenska miljöinstitutet
- Norén F, Ekendahl S, Johansson U. 2009. Mikroskopiska antropogena partiklar i Svenska hav. N-Research. Tillgänglig:
<http://naturvardsverket.divaportal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A717410&dsid=8697>
- Tjensvoll I. 2018. Metaller och organiska föroreningar i sediment från Mälaren. Sedimentprovtagning Mälaren, Lst Västmanland, uppdragsnummer 10257244
- van Mourik LM, Crum SJH, van Bavel B, Martinez-Frances E, Leslie HA, de Boer J, Cofino WP. 2020 Interlaboratory Study on Microplastics Analysis, Quasimeme Development Exercise DE 17 Round 2, May 2021.

APPENDIX

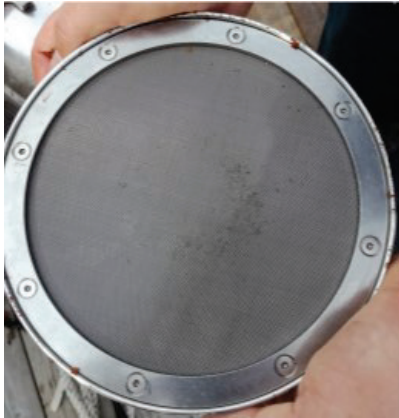
Tabell A1. Datum och GPS-koordinater för sedimentprovtagningen samt klassificering av sedimenttyp.

Sjö	Lokal	Datum	Lat ¹	Long	Sediment ²
Vänern	Hammarösjön (H)	181010	6581204	420478	Lergyttja
Vänern	Mariestadsfjärden (M)	181012	6515122	434585	Lergyttja
Vänern	N Dalbosjön (ND)	181107	6529678	371582	Lergyttja
Vättern	Visingsö (V)	191126	6422788	455731	Gyttja
Vättern	Omberg (O)	191127	6456026	475076	Sand/gyttja
Vättern	Stora Aspön (SA)	191127	6511852	494838	Gyttja
Mälaren	Skarven (S), #40 ³	171121	6609149	656661	Gyttja
Mälaren	Ekoln (E), #27	171121	6627505	646902	Lergyttja
Mälaren	Görveln (G), #23	171116	6582421	661973	Lergyttja
Mälaren	Prästfjärden (P), #37	170927	6590106	637668	Gyttja
Mälaren	Fiskarfjärden (F), #38	171026	6578973	667599	Lergyttja
Mälaren	Fiskarfjärden (FG)	170509	6578303	668213	Lergyttja

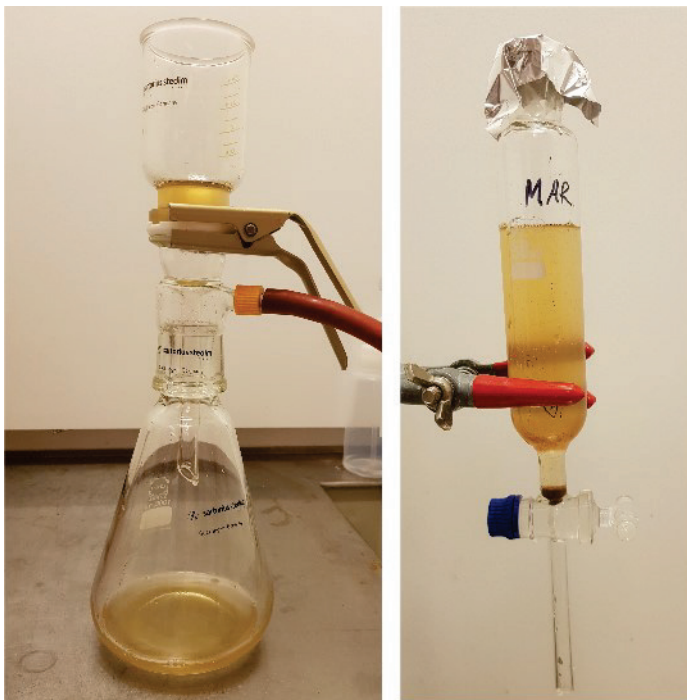
¹ SWEREF 99 TM, ² Typ enligt SGUs klassificering, ³ Provets originalmärkning WSP



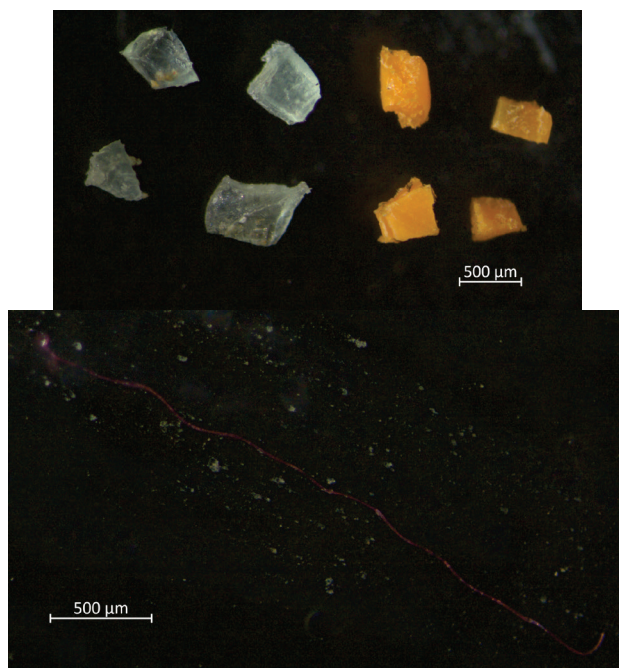
Figur A1. Avstånd mellan provpunkterna i Fiskarfjärden. Källa: <https://rl.se/>.



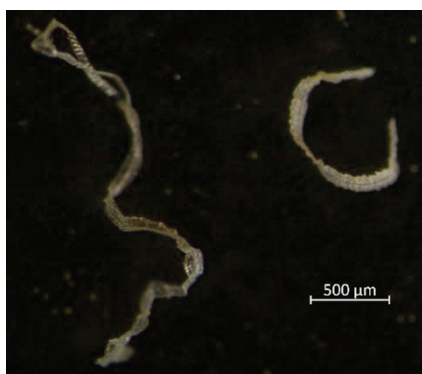
Figur A2. Stålfiler med 300 µm masköppning (Ø 14.5 cm) som användes i analysen av den större partikelfractionen.



Figur A3. Vakuumfiltrering av zinkloridlösningen över ett 50 µm stålfiler (vä) och densitetsseparation med zinklorid (hö) av partiklar 50-300 µm (sediment från Mariestadsfjärden, Vänern).



Figur A4. Olika typer mikroplaster som tillsattes innan densitetseparation och analys för att utvärdera metodens effektivitet och selektivitet. Överst: Ljusgrön PET och orange PLLA, Nederst: Rosa fiber av polyester (PET).



Figur A5. Karakteristiska PVC-fragment i provet från Visingsö med samma utseende som fragment i blankproven.

Tabell A1. Antal och typ av mikroplast på 300 µm filtret. Resultaten är blankkorrigerade.

Sjö	Lokal	Fr	Fi	Fil	F	MF	FO	SE	MP/g TS (mg/g TS)
Vänern	Hammarösjön (H)	1	1						0.06
Vänern	Mariestadsfjärden (M)		1						0.03
Vänern	N Dalbosjön (ND)		1		1				0.06
Vättern	Visingsö (V)	3							0.04
Vättern	Omberg (O)	2	1						0.04
Vättern	Stora Aspön (SA)								0
Mälaren	Skarven (S), #40 ³								0
Mälaren	Ekoln (E), #27	1			4				0.16
Mälaren	Görveln (G), #23		1		15				0.45
Mälaren	Prästfjärden (P), #37								0
Mälaren	Fiskarfjärden (F), #38	9	8		108				3.3
Mälaren	Fiskarfjärden (FG)	78	24	3	36	1	8	4	3.0 (0.1)
Fr=fragment, Fi=film, Fil=filament, F=fiber, MF=mikrosfär, FO=foam, TS=torrs substans									

Tabell A2. Antal och typ av mikroplast på 50 µm filtret. Resultaten är blankkorrigerade.

Sjö	Lokal	Fr	Fi	Fil	F	MF	FO	MP/g TS
Vänern	Hammarösjön (H)	18	8	3	2	3		1.0
Vänern	Mariestadsfjärden (M)	5	5		6	1		0.5
Vänern	N Dalbosjön (ND)	12	1		10	2		0.8
Vättern	Visingsö (V)	11	2	2	14		1	0.4
Vättern	Omberg (O)	4	2		3			0.1
Vättern	Stora Aspön (SA)	6	13		19	2		0.5
Mälaren	Skarven (S), #40 ³				2			0.1
Mälaren	Ekoln (E), #27	2		2	1			0.2
Mälaren	Görveln (G), #23	27	10		13	87		3.8
Mälaren	Prästfjärden (P), #37				6			0.2
Mälaren	Fiskarfjärden (F), #38	129	49	30	31	99	11	9.3
Mälaren	Fiskarfjärden (FG)	Ej analyserat						
Fr=fragment, Fi=film, Fil=filament, F=fiber, MF=mikrosfär, FO=foam, TS=torrsubstans								

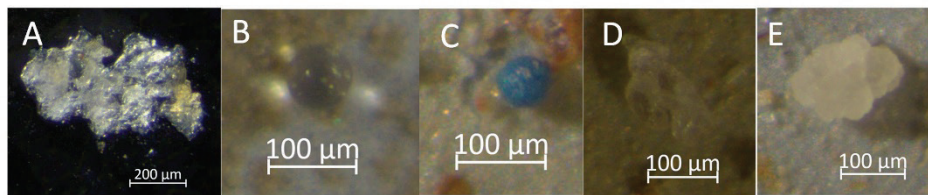
Tabell A3. Polymersammansättning hos de partiklar på 300 µm filtret som analyserats med ATR-FTIR.

Sjö	Lokal	PE	PS	PP	PA	OP	%
Vänern	Hammarösjön (H)	2					100
Vänern	Mariestadsfjärden (M)	1*					50
Vänern	N Dalbosjön (ND)					1	100
Vättern	Visingsö (V)	1			2		100
Vättern	Omberg (O)			1	1	1	100
Vättern	Stora Aspön (SA)						
Mälaren	Skarven (S), #40 ³						
Mälaren	Ekoln (E), #27	1					100
Mälaren	Görveln (G), #23	1					100
Mälaren	Prästfjärden (P), #37						
Mälaren	Fiskarfjärden (F), #38	4	1	1		3	53
Mälaren	Fiskarfjärden (FG)	28	10	13	1	13	55
*makroplast. OP=oidentifierad polymer. % = Andel partiklar i provet analyserade med ATR-FTIR.							

Tabell A4. Polymersammansättning hos de partiklar på 50 µm filtret som analyserats med ATR-FTIR.

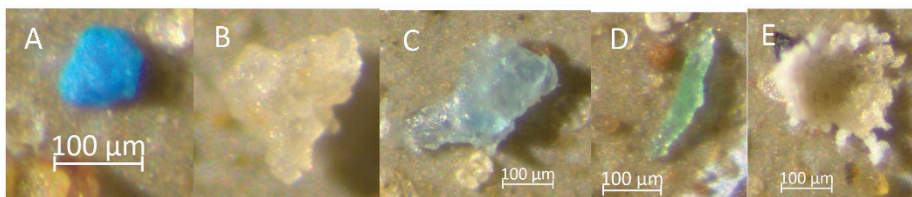
Sjö	Lokal	PE	PS	PP	PET	PMMA	OP	%
Vänern	Hammarösjön (H)	7	3	2	1	1		44
Vänern	Mariestadsfjärden (M)	1					2	30
Vänern	N Dalbosjön (ND)		1				5	40
Vättern	Visingsö (V)		1	4			3	50
Vättern	Omberg (O)		1			1	2	67
Vättern	Stora Aspön (SA)	6	2				5	62
Mälaren	Skarven (S), #40 ³							
Mälaren	Ekoln (E), #27	1						25
Mälaren	Görveln (G), #23	2	5	1		1		7.3
Mälaren	Prästfjärden (P), #37							
Mälaren	Fiskarfjärden (F), #38	14	16	2	4	3	9	15
Mälaren	Fiskarfjärden (FG)	Ej analyserat						

Mikroplast i Vänern



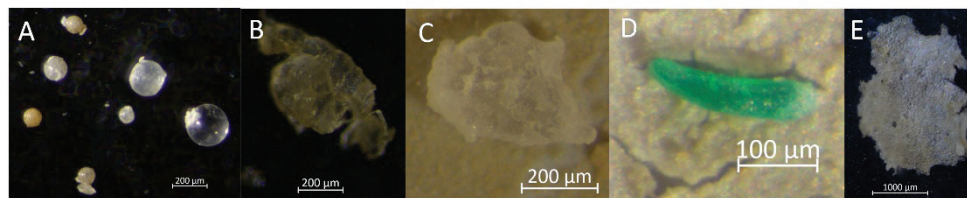
Figur A6. Urval av mikroplast från N Dalbosjön: Film (A), mikrosfärer (B,C) och fragment (D,E).

Mikroplast i Vättern



Figur A7. Urval av mikroplast från Visingsö: Fragment (A, B, C), filament (D) och foam (E).

Mikroplast i Mälaren



Figur A8. Urval av mikroplast från Mälaren: Mikrosfärer från Görveln (A), fragment från Ekoln (B, C), filament från Ekoln (D) och foam från Fiskarfjärden (E).

Vänerns vattenvårdsförbund

Vänerns vattenvårdsförbund är en ideell förening med totalt 75 medlemmar varav 37 stödjande medlemmar. Medlemmar i förbundet är alla som nyttjar, påverkar, har tillsyn eller i övrigt värnar om Vänern.

Förbundet ska verka för att Vänerns naturliga miljöförhållanden bevaras genom att:

- fungera som ett forum för miljöfrågor för Vänern och för information om Vänern
- genomföra undersökningar av Vänern
- sammanställa och utvärdera resultaten från miljöövervakningen
- formulera miljömål och föreslå åtgärder där det behövs. Vid behov initiera ytterligare undersökningar. Initiera projekt som ökar kunskapen om Vänern
- informera om Vänerns miljötillstånd och aktuella miljöfrågor
- ta fram lättillgänglig information om Vänern
- samverka med andra organisationer för att utbyta erfarenheter och effektivisera arbetet.

Medlemmar

Medlemmar är samtliga kommuner runt Vänern, industrier och andra företag med direktutsläpp till Vänern, organisationer inom sjöfart och vatten-kraft, landsting, region, intresseorganisationer för fiske, jordbruk, skogsbruk och fritidsbåtar, naturskyddsföreningar, andra vattenvårdsförbund och vattenförbund vid Vänern med flera. Länsstyrelserna kring Vänern, Naturvårdsverket och Fiskeriverket deltar också i föreningsarbetet.

Mer information

Mer information om Vänern och Vänerns vattenvårdsförbund finns på förbundets webbplats: www.vanern.se. Förbundets kansli kan svara på frågor, telefonnummer 010-224 52 05.

