

Lakvatten som spridningskälla för mikroplast

EMMA BRANDMYR & CORNELIA HARTMAN 2018
MVEK02 EXAMENSARBETE FÖR KANDIDATEXAMEN 15 HP
MILJÖVETENSKAP | LUNDS UNIVERSITET



Lakvatten som spridningskälla för mikroplast

Emma Brandmyr & Cornelia Hartman

2018



LUNDS
UNIVERSITET

Emma Brandmyr & Cornelia Hartman

MVEK02 Examensarbete för kandidatexamen 15 hp, Lunds universitet

Intern handledare: Håkan Rodhe, The International Institute for Industrial
Environmental Economics (IIIEE), Lunds universitet

Extern handledare: Madeleine Brask, Miljöbron

CEC - Centrum för miljö- och klimatforskning
Lunds universitet
Lund 2018

Abstract

Although most microplastics (<5 mm in length or diameter, depending on shape) are not visible they can be found everywhere in the environment. The effects can be devastating and much greater than what has been proven so far, as there is a lack of knowledge about the impact, spread and extent of microplastics. The Swedish EPA published a report in June 2017 which reveals a number of major microplastic sources. One of the potential sources according to this report is landfills, but there is no data of these leaking particles. The purpose of this study is therefore to highlight the current microplastic problem and to examine the presence of microplastics in leachate from landfills.

Information is collected through a laboratory analysis, scientific articles, reports and communication with experts in relevant areas. Four unpurified and two purified leachate samples (with Sequencing Batch Reactor-technique) were collected from two landfills in southern Sweden. One hundred random particles (2-200 μm) from each sample were analyzed and classified into different groups. All the unpurified leachate samples did contain microplastics. This study shows that leachate is a microplastic source. The significance of this source is not yet investigated, hence more research is required. Especially since leachate should not cause any harm of the humanity nor environment according to Swedish legislation. Leachate from active landfills in Sweden is treated either through a local site or municipal wastewater treatment plants. Despite this, plastic particles end up in the environment, for example through sludge that end up on farmlands. Some older, inactive landfills lack leachate treatment which may cause a local contamination as well. At present there is a lack of legislation regarding microplastics, which partly is a consequence of the absence of a standardized analytical method. Microplastics with or without additives can be an endangerment to humans and the environment and should therefore be prioritized.

Innehållsförteckning

Abstract.....	5
Innehållsförteckning.....	7
1. Inledning.....	10
1.1 Syfte.....	11
1.1.1 Frågeställningar.....	11
2. Metod.....	13
2.1 Metod: delfråga 1.....	13
2.1.1 Sökning av vetenskapliga artiklar.....	13
2.1.2 Konferens om mikroplaster.....	14
2.1.3 Övrig kontakt.....	14
2.2 Metod: delfråga 2.....	14
2.2.1 Provtagning.....	15
2.2.2 Lakvattenanalys.....	15
2.2.3 Övrig kontakt.....	15
2.3 Avgränsning.....	16
3. Kunskapsöversikt om mikroplast och lakvatten.....	18
3.1 Problematiken med plast.....	18
3.2 Problematiken med mikroplast.....	19
3.2.1 Mikroplasters ursprung och förekomst.....	19
3.2.2 Nedbrytning av mikroplast.....	20
3.2.3 Storlek, form och toxicitet.....	21
3.2.4 Partiklarnas spridning.....	22
3.3 Deponier och lakvatten.....	23
3.3.1 Deponier i Sverige.....	23

3.3.2 Lakvatten	24
3.4 Lagstiftning.....	25
3.4.1 Lagstiftning kring deponering av avfall	25
3.4.2 Lagstiftning kring mikroplastpartiklar	26
4. Mikroplastanalys av lakvatten.....	28
4.1 Sysavs deponier.....	28
4.1.1 Spillepeng	29
4.1.2 Trelleborg.....	30
4.2 Analysresultat	32
5. Diskussion	35
5.1 Den rådande kunskapsöversikten	35
5.1.1 Problematiken kring avsaknad av standardiserade metoder.....	35
5.1.2 Problematiken kring lagstiftning och tillsyn.....	36
5.1.3 Val av metod: delfråga 1	38
5.2 Betydelse av analysresultat.....	38
5.2.1 Val av metod: delfråga 2	40
5.3 Lakvatten som spridningskälla för mikroplast.....	41
5.3.1 Deponier som mikroplastkälla.....	41
5.3.2 Lakvattens spridningspotential.....	42
5.3.3 Klimatförändringens påverkan på lakvatten.....	43
5.3.4 Lösningsmöjligheter.....	44
6. Slutsats.....	47
Tack!	49
Referenser	50
Bilaga 1	56
Bilaga 2	57

1. Inledning

Det har inte undgått allmänheten att större plastskräp, det vill säga makroplaster, både förfular samt förstör natur och miljö (Länsstyrelsen Skåne, 2017). Mindre plastskräp, så kallade mikroplaster (<5 mm mätt i längd eller diameter beroende på dess form), har inte lika synliga effekter men är minst lika allvarliga. Dessa små partiklar kan finnas överallt i miljön, allt från djupa havssediment till dammtussarna i hemmen (Kärrman et al., 2016; Magnusson et al., 2016). De är biologiskt aktiva och innehåller medföljande gifter som kan påverka ytterligare (Avio et al., 2017). Effekterna kan vara omfattande och mycket större än vad som hittills är bevisat då det saknas verklighetsskildrande kunskap kring dess påverkan, spridning, toxicitet och kvantitet (Naturvårdsverket, 2017a). Det är redan påvisat att plastadditiv, såsom ftalater och bisfenol A (BPA), läcker ut från plast och hamnar i lakvatten (Teuten et al., 2009). Däremot saknas det forskning om själva plastpartiklarna i lakvatten. Detta har påpekats i Naturvårdsverkets rapport som släpptes i juni 2017 där deponier beskrivs som en källa till mikroplast, dock utan någon data att ta ställning till (Naturvårdsverket, 2017a). Detta kom att bli motivet till denna studie.

Problematiken med mikroplast är att standardiserade insamlings-, renings-, identifierings- samt analysmetoder saknas¹. Det samma gäller mätningar kring dess toxicitet. Därav är lagstiftningen kring plastpartiklar i princip obefintlig (Naturvårdsverket, 2017a). Trots hårdare deponeringskrav (Avfall Sverige, 2013) som medfört att deponering av plast är förbjudet i Sverige (IKEM, 2017) läcker mikroplaster ut i miljön-via lakvatten (Naturvårdsverket, 2017a). Detta både genom det som går till reningsverk (Naturvårdsverket, 2008) och genom det som läcker ut i den lokala miljön. Dessutom är inte alla deponier i Sverige kartlagda². Att studera lakvatten är av betydelse då det inte ska utgöra en fara för människors hälsa och miljö enligt den svenska lagstiftningen (Naturvårdsverket, 2008), samt att det påverkar flera av miljökvalitetsmålen, som levande sjöar och vattendrag, god bebyggd miljö, ingen övergödning, giftfri miljö samt grundvatten av god kvalitet.

1.1 Syfte

Syftet med denna studie är att belysa den rådande mikroplastproblematiken genom att studera förekomsten av mikroplast i lakvatten från två deponier i södra Skåne samt resonera kring lakvatten som betydande mikroplastkälla. Lakvatten valdes då detta är en utforskad källa till mikroplast. Denna studie är en av de första där en laboratorieanalys utförs på mikroplaster i svenskt lakvatten och ska bidra till förståelsen om lakvatten som spridningskälla av mikroplaster.

1.1.1 Frågeställningar

För att uppfylla syftet har nedanstående huvudfrågeställning med två delfrågor formulerats.

Huvudfråga: Är lakvatten en spridningskälla av mikroplast?

1. Hur ser den rådande kunskapen ut gällande mikroplast i relation till deponier idag?
2. Finns det mikroplastpartiklar i orenat samt lokalt renat lakvatten från Spillepens avfallsanläggning, samt i orenat lakvatten från Trelleborgs avfallsanläggning?

2. Metod

I denna studie tillämpas en blandad metodik genom undersökning av vetenskapliga artiklar, laboratorieanalys, kontakt med experter inom relevanta områden, möten, mejlkontakt med Sysav samt genom deltagande på IWAs konferens om mikroplast. Studien baseras på kvalitativa och kvantitativa metoder och begrepp (O'Leary, 2017). Variation av metoder skapar ett bredare perspektiv och ett större djup i undersökningen. En blandad metodik har fördelen att problemet blir belyst från flera håll och de olika metoderna kan därmed kompensera för varandras svagheter (Eliasson, 2006). Madeleine Brask från Miljöbron tilldelas rollen som extern handledare och Håkan Rodhe från IIIIEE rollen som intern handledare för att ge stöd samt bidra med idéer och kunskap om uppsatsskrivande.

2.1 Metod: delfråga 1

2.1.1 Sökning av vetenskapliga artiklar

Denna delfråga besvaras i främsta hand på sökning och läsning av relevant litteratur och artiklar via LUBsearch och Web of Science Core Collection. Detta för att kunna erhålla relevant information kring det rådande kunskapsläget om mikroplaster samt hur lakvatten fungerar som spridningskälla. Nyckelord som används till litteratursökningen är: microplastics; plastic leachate; leachate; landfill. Genom att begära att dessa ord ska finnas i titeln på artikeln preciseras sökningen. Dock finns det inga kända studier på mikroplaster i lakvatten för närvarande, därav anpassas sökningarna efter detta.

2.1.2 Konferens om mikroplaster

Via Sysav Utveckling AB öppnades möjligheten att delta på en konferens om mikroplast, som hölls den 8 november 2017 av IWA Sverige, Svenskt Vatten, Havs- och vattenmyndigheten och Sweden Water Research. På konferensen presenterades ny internationell forskning om mikroplaster och dess förekomst i dagvatten, spillvatten, avloppsvatten och slam. Övriga deltagare var bland annat personer som arbetar med avloppsfrågor inom kommunal VA-organisation, myndigheter, forskningsinstitut och företag. Därmed kunde ytterligare ny och relevant information erhållas till studien.

2.1.3 Övrig kontakt

Mejlkontakt initierades med Johan Fagerqvist, rådgivare för deponerings- och avfallsanläggningar på Avfall Sverige. Denna kontakt är av intresse då Avfall Sverige för närvarande genomför en studie på mikroplaster med koppling till förorenade vatten och lakvatten på avfallsanläggningar i Sverige. Naturvårdsverket är den statliga myndighet som fått i uppdrag av regeringen att ansvara för rapporteringen av mikroplaster. Därför söktes tjänstemän upp som varit ansvariga för detta samt tjänstemän som har kunskap och erfarenhet av deponier, bland annat Jenny Håkansson. Ytterligare betydande information mottogs från Helena Parkman, Kemikalieinspektionen. Nyckelfrågor som ställts till kontaktpersoner finns i bilaga 1. Information som samlats in genom kontaktpersoner samt presentationer hänvisas till genom fotnoter, se bilaga 2.

2.2 Metod: delfråga 2

För att besvara delfråga 2 analyserades 6 stickprover av lakvatten på två avfallsanläggningar tillhörande Sysav. De två anläggningarna, Spillepeng och Trelleborg, valdes ut med hjälp av Sysav. Spillepeng valdes på grund av att deponin är aktiv samt har ett reningssystem för lakvatten på plats och Trelleborg valdes eftersom den är inaktiv och därmed bidrar med en större bredd. Fler deponier kunde inte väljas ut till provtagning på grund av den här studiens begränsade ekonomiska resurser.

2.2.1 Provtagning

Provtagningspunkter är dels lakvattnet före och efter rening med SBR-teknik på Spillepens avfallsanläggning, dels lakvattnet före rening från Trelleborgs avfallsanläggning. Det togs 2 stickprover per provtagningspunkt. Genom att ta prover både före och efter rening på Spillepens avfallsanläggning kan det ge en indikation på huruvida reningen påverkar den eventuella förekomsten av mikroplast. Proverna togs den 2 november 2017 i Spillepeng samt 6 november 2017 i Trelleborg. Med hjälp av Sysavs personal togs lakvattenproverna med nya slangar i 250 ml mörka glasflaskor. Proverna skickades sedan till ALS Scandinavia AB och resultatet tog 2,5 veckor att få fram.

2.2.2 Lakvattenanalys

Analysmetoden heter "Paket A-4H. Partikelbestämning, kvalitativ i vatten (identifiering av olika partikeltyper, förekomst av mikroplaster)". Denna metod används huvudsakligen för partiklar ca 2 - 200 μm^3 . Slumpvis väljs 100 partiklar ut för att analysera, identifiera och manuellt gruppera fördelningen av olika partikeltyper i provet⁴. För att få fram partiklarna filtreras vattnet genom ett nukleporfilter med hjälp av ett elektronmikroskop (SEM). Den mängd vatten som behövs till filtreringen beror på mängden partiklar det innehåller, ju fler partiklar desto mindre vatten³. Även $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ tillsätts för att förstöra biologiskt formade partiklar.

2.2.3 Övrig kontakt

Anders Persson, VD på Sysav Utveckling AB, är den kontakt som har bidragit till att analys på lakvatten möjliggjordes. Linn Malmqvist, anställd vid Sysav Utveckling AB, bidrog genom att besvara på frågor angående deponierna och skickade miljörapporter samt karta över Sysavs deponier. Sysavs egna anställda hjälpte till med att ta lakvattenprover på respektive deponi, Joakim Gabrielsson i Spillepeng och Dieter Johannesson i Trelleborg. Kent Utterström jobbar på ALS i Stockholm och genom honom kunde information samt planering av analysen erhållas, medan Elke Hålenius på ALS i Stockholm utförde den. Från Elke, personal på Sysav och Kenneth Persson (Professor vid Avdelningen för Teknisk vattenresurslära vid Lunds Tekniska Högskola) mottogs hjälp för tolkning av analysresultat.

2.3 Avgränsning

Denna uppsats behandlar den rådande kunskapsöversikten om mikroplast i relation till deponier samt förekomst av mikroplast i lakvatten vid Spillepeng och Trelleborgs avfallsanläggning. Analysen begränsas genom att sex stycken stickprov vid tre provtagningspunkter under en tidpunkt tas. Storleksintervallet på plastpartiklarna är ca 2 - 200 μm . Vad partiklarna består av samt färg och form definieras ej. Arbetet fokuserar således inte på de enskilda deponierna utan enbart på att undersöka om mikroplaster förekommer i lakvattnet. Analysen i Spillepeng utförs även i syfte att få en indikation om det går att rena lakvatten från mikroplast via Sysavs SBR-teknik, dock handlar inte arbetet om reningstekniker utan mer generellt om lakvatten är en spridningskälla för mikroplast eller ej.

3. Kunskapsöversikt om mikroplast och lakvatten

I detta kapitel presenteras det rådande kunskapsläget gällande mikroplast i relation till deponier och lakvatten. Detta avsnitt avser att besvara delfråga 1.

3.1 Problematiken med plast

Utan plast skulle dagens samhälle se annorlunda ut. Dess unika egenskaper har utvecklat samhället i en positiv bemärkning och i sådan utsträckning att plast numera anses vara ett naturligt inslag i vardagen (Naturvårdsverket, 2017a). Detta eftersom det betraktas som billigt, lätt och slitstarkt (Hopewell et al., 2009). Sedan 1940 har produktionen och användningen av plast ökat exponentiellt. År 2015 producerades 322 miljoner ton plast globalt (PlasticsEurope, 2016) vilket är en mängd som beräknas öka med nästan 6% per år (PlasticsEurope, 2015). 4,9 miljarder ton plast, vilket motsvarar 60% av all globalt producerad plast, uppskattats att ha kastats och ansamlats i hav, skogar, fält och sjöar runt om i världen (Geyer et al., 2017). Detta är ohållbart då plast ofta består utav olika material som vanligtvis härstammar från petroleum och dess biprodukter, vilka är fossila råvaror och därmed inte förnybara. I vissa fall kan det tillverkas av icke syntetiska polymerer som naturligt gummi och polymermodifierad bitumen⁵.

Utöver detta finns ytterligare negativa aspekter kring användningen av plast. Detta eftersom plast är mycket persistent och innehåller potentiellt toxiska tillsatskemikalier samt att det finns såpass många olika typer och kombinationer att det blir problematiskt att identifiera och skilja dem åt vid avfallshantering (Christiansson, 2012). Plastpolymerer, vilka är kemiska föreningar i långa kedjor (Nilsson, 2017), kan ta århundraden till årtusenden att brytas ner i naturliga miljöer (Kärrman et al., 2016; Barnes et al., 2009).

De vanligaste plastvarianterna (80%) är, på grund av sitt låga pris,

polystyren (PS), polypropen (PP), låg- och högdensitetspolyeten (L/HD-PE), polyetentereftalat (PET), polyuretan (PUR) och polyvinylklorid (PVC) (Lithner et al., 2009). Vanligtvis innehåller plast kemikalier som tillsätts vid produktionen, så kallade additiv, för att plasten ska få en särskild egenskap (Lithner et al., 2011). Det finns olika sorters additiv såsom bekämpningsmedel, dioxiner, PAH och hormonstörande ämnen (Havsmiljöinstitutet, 2016). Additiven kan variera både enskilt och i kombination. Exempelvis finns det UV-ljusabsorberande additiv för att förhindra försämring av plastkvalitén samt missfärgning (Lithner et al., 2011). Andra sorters additiv kan vara kemikalier med mjukgörande, stabiliserande samt flamskyddande egenskaper (Länsstyrelsen Skåne, 2017).

Additiv har påvisats ha toxisk effekt på bland annat vattenlevande organismer (Bejgarn et al., 2015; Lithner et al., 2009). De har även orsakat tunna äggskal hos fåglar och reproduktionsproblem hos sälar (Vos et al., 2000). Även människor tros ha drabbats av den konstanta närvaron av kemikalier i form utav hormon-, immunologiska- och reproduktionsstörande förändringar; olika typer av hormonrelaterad cancer, allergier, astma samt diabetes och övervikt (Kortenkamp, 2009). Det förekommer dock en betydande kunskapsbrist kring vilka additiv som är mest toxiska samt vilken toxicitet som kan uppnås genom olika additivkombinationer. Oftast ökar toxiciteten vid en sådan kombination, vilket kallas för cocktaileffekten (Kortenkamp, 2009).

3.2 Problematiken med mikroplast

Mikroplast är ett samlingsnamn för plastfragment i storleken 1 nm till 5 mm (Claessens et al., 2011). Eftersom dessa plastpartiklar består av olika material och varierar i både form och storlek diskuteras fortfarande definitionen av mikroplast i både vetenskapliga och politiska sammanhang (Naturvårdsverket, 2017a).

3.2.1 Mikroplasters ursprung och förekomst

Ursprungligen bildas mikroplaster på olika sätt (IVL, 2017). De kan tillverkas avsiktligt, primärt, i form av små pellets eller korn och används då som ingrediens i bland annat kroppsvårdsprodukter, kosmetika och rengöringsmedel. De kan tillika bildas oavsiktligt, sekundärt, genom bland annat däckslitage från vägtrafik, nedskräpning, målning av byggnader eller vid tvätt av syntetiska kläder (IVL, 2017).

De hittills största kartlagda källorna i Sverige är dagvatten från vägar och konstgräsplaner (Naturvårdsverket, 2017a). Det saknas dock kunskap kring partiklarnas kvantitet i olika miljöer (Avio et al., 2017) samt dess spridningsvägar (Lusher et al., 2015). Under de senaste decennierna har både mängd och global fördelning av dessa partiklar ökat (Barnes et al., 2009), dock är möjligheten att göra en kvantitativ uppskattning av mängden mikroplast i världen begränsad (Avio et al., 2017).

Förekomsten av mikroplast i havet rapporterades först i början av 1970-talet (Edward et al., 1972; Edward & Smith, 1972). Därefter har partiklarna och dess additiv hittats i jord (Rillig, 2012; Huerta Lwanga et al., 2017), på stränder (Antunes et al., 2013; Fisner et al., 2017), i hushållsslam (Magnusson et al., 2016), sötvatten (Eerkes-Medrano et al., 2015), dagvatten (Naturvårdsverket 2017), hushållsdamm (Santillo et al., 2003) och i de polära haven (Lusher et al., 2015). Vid analys av approximativ kvantitet i haven påvisas stor skillnad mellan beräknad mängd avgivna plastbitar från diverse källor och uppmätt mängd i havet. Sediment betraktas vara den mest väsentliga sänkan i haven vad gäller ansamling av mikroplaster och det har påträffats upp till 2000 partiklar/m² i djuphavssediment (Kärrman et al., 2016; Magnusson et al., 2016). I ytvatten har det hittats 1·10⁻⁶ till hundratals partiklar/m³ (Avio et al., 2017) och den uppskattade globala mängden i ytvatten beräknas vara mellan 93 000 till 236 000 ton partiklar (van Sebille et al., 2015).

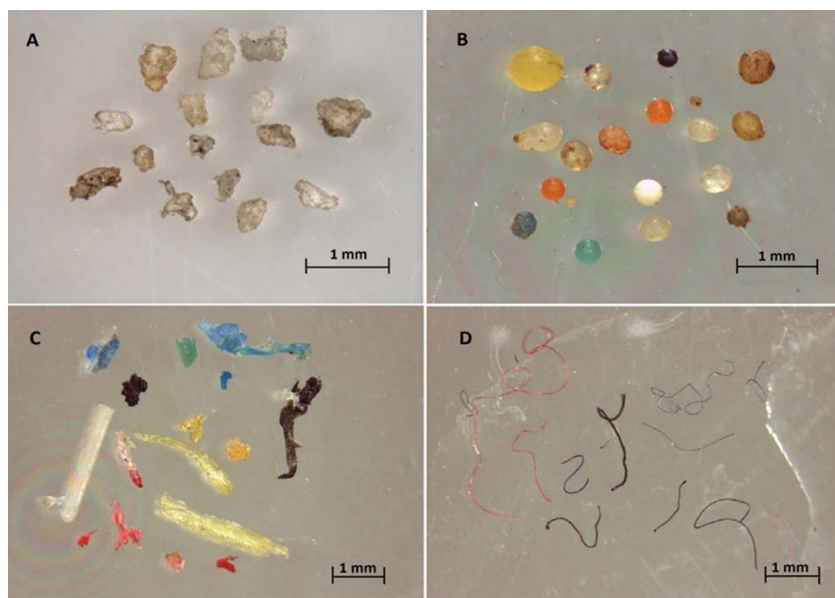
3.2.2 Nedbrytning av mikroplast

Solens UV-strålning är den primära orsaken till fragmentering av plastartiklar i miljön (Andrady et al. 1998) men även en högre temperatur (Andrady, 2011) och tillgång till syre bidrar till en snabbare nedbrytning (Mersiowsky et al., 2001). Att plast behöver UV-ljus och syre för att kunna brytas ner påvisades i en studie av Mersiowsky et al., (2001) då inga förändringar av PVC-polymerer förekom vid ett tillstånd fritt från UV-ljus och syre. Därför bryts plastpartiklar ner långsammare i kyligt vatten jämfört med på en solig strand, och ju djupare ner i vattnet partiklarna befinner sig desto längre tid tar det (Andrady, 2011). När plastskräp väl blivit sprött och ömtåligt genom nedbrytning är det mer mottagligt för mekaniska krafter som vind och vågor. I miljön är en fullständig nedbrytning av plastrester till polymerer och CO₂ en process som kan ta många decennier och till och med århundraden (Magnusson et al., 2016). Det har även påvisats i en studie att maskars mikroflora

kan bryta ner mikroplastpartiklar till ännu mindre storlekar då detta upptäcktes i maskars avföring. Bakterierna använde troligtvis plasten som kolkälla (Huerta Lwanga et al., 2017).

3.2.3 Storlek, form och toxicitet

Mikroplaster är komplexa på grund av sitt ursprungsmaterial, storlek, form samt tillhörande additiv. De är biologiskt aktiva och orsakar ekotoxikologiska effekter (Avio et al., 2017). I den marina miljön betraktas mikroplast vara den farligaste polymerföreningen (Bergmann et al., 2015; Rocha-Santos & Duarte, 2015). Beer et al (2017) uppger att det största problemet beträffande mikroplast i marin miljö är de potentiellt skadande effekterna på organismer orsakade av additiven. Detta är dock ej verifierat. Dessutom är partiklarnas storlek av markant betydelse (Lewis & Heaton, 1999). Fragmenteringsprocessen förväntas minska i takt med att storleken på partiklarna minskar, vilket innebär att mindre partiklar är mer persistenta (Gregory & Andrady, 2003) samt att de tas upp lättare av organismer (Beer et al., 2017). Strukturen varierar då de kan vara formade som fiber, fragment och flingor⁵ (se figur 1). Fiberformade plastpartiklar är ofta långa och kan då tolkas som stora enligt måttstandard¹, men eftersom de dessutom är väldigt smala blir det problematiskt då de enkelt kan ta sig in i och ansamlas hos organismer.



Figur 1: Möjliga former och storlekar på mikroplast

Bildkälla: Julia Talvitie, The Finnish Environment Institute, Aalto University, 2017

Vid en undersökning av sex olika fiskarter fann Boerger et al., (2010) att högre halter av mikroplast fanns i de större fiskarterna på grund av ett större födointag. En ökad mängd partiklar leder troligen till en ökad toxicitet (Ribeiroa et al., 2017). Mikroplast uppfattas ofta som föda för marina organismer vilka lever på exempelvis plankton (Avio et al., 2016). Detta ger upphov till toxiska problem (Moore, 2008; Lithner et al., 2009; Barnes et al., 2009) eftersom de kemikalier och metaller som ansamlas på plastpartiklar kan ackumuleras upp i näringskedjan (Moore, 2008). Det är dock inte bara de potentiellt toxiska additiven från partiklarna som kan ackumuleras upp i näringskedjan utan detta gäller även partikeln i sig beroende på storlek, vilket har påvisats via intag av djurplankton, musslor, fiskar och fåglar (Naturvårdsverket, 2017a). Eftersom djurplankton äts av foderfisk som malts ner och använts till bland annat hönsfoder (Alder et al., 2008) riskerar dessa partiklar att tillslut nå människan.

Mycket små partiklar i nanostorlek kan dessutom tränga sig igenom biologiska barriärer (Mattsson et al., 2016) och vävnader (Kashiwada, 2006) samt ackumuleras i organ (von Moos et al., 2012). Nanopartiklar av plast har hittats i fiskars hjärnor vilket visat på negativa beteendeförändringar (Mattsson et al., 2017), något som är av betydelse då mikroplast bryts ner till nanoplast i naturen (Mattsson et al., 2015). I jord har det påvisats att den mikrobiella aktiviteten kan påverkas negativt på grund av absorption av dessa kontaminanter (Rillig, 2012). Detta har även påträffats i experiment med maskar där fem olika koncentrationer med plastpartiklar (<150 µm) användes. Mortaliteten visade sig öka med tiden, vilket pekar på att urlakning av kemikalier från plast i jord samt partikeln i sig utgör en risk för terrestriala organismer (Huerta Lwanga et al., 2017). Vid ytterligare experiment av Huerta Lwanga⁷ påträffades mikroplast i hönors matsmältningsorgan samt avföring.

3.2.4 Partiklarnas spridning

Hur partiklarna sprids är inte helt kartlagt (Havsmiljöinstitutet, 2016; Moore, 2008). Med hjälp av vind och vattenströmmar kan mikroplaster transporteras långt (Kärrman et al., 2016; Magnusson et al., 2016). Troligtvis påverkar faktorer såsom utsläppskälla, partikelstorlek och partikeldensitet (Naturvårdsverket, 2017a) då exempelvis en partikel som är lättare än vatten ofta flyter. Dock observerades det i en studie av Liu⁶ att en partikel kan flyta trots en högre densitet än vatten på grund av dess storlek och form, vilket pekar på ytterligare osäkerheter kring dess spridning.

I den marina miljön påverkar faktorer som havsströmmar, vågor och biologisk aktivitet. I Sverige anses spridningsvägar för mikroplast vara bland annat slam och vatten från reningsverk, snödumpning och atmosfärisk deposition (Naturvårdsverket, 2017a). Det kan även spridas genom fåglars avföring (van Franeker, 2011). Via tvätt av kläder kan sekundära plastpartiklar frigöras och därefter nå miljön via avloppsvattnet, eftersom reningsverk ofta inte kan rena vatten från så små partiklar (Magnusson & Wahlberg, 2014). Detta visas i en studie som gjordes på musslor i Höje å nära ett reningsverk där det upptäcktes signifikanta mängder mikroplast både uppströms och nedströms (Fogelberg & Berglund, 2017).

3.3 Deponier och lakvatten

3.3.1 Deponier i Sverige

Med deponi avses en upplagsplats för avfall som inte kan göras av med på ett annat sätt (Avfall Sverige, 2012). Ursprungligen hade varje kommun och vissa industrier en eller flera deponier. Dock har dagens moderna deponier inte särskilt mycket gemensamt med de gamla soptipparna där skräp lades på hög utan att ytterligare åtgärder vidtogs. Idag har kraven skärpts väsentligt vilket har bidragit till en reduktion av antalet aktiva deponier i Europa (Avfall Sverige, 2012). I Sverige finns det 366 registrerade aktiva deponier (Svenska MiljörapporteringsPortalen, 2017) men antalet inaktiva och äldre deponier är oklart, uppskattningsvis beräknas antalet ligga runt 5000-6000². Deponering av organiskt material samt brännbart avfall, där plast ingår, har reducerats markant och det som deponeras idag är avfall som är mycket svårnedbrytbart. Dock har stora mängder plast deponerats innan åtgärder började att vidtas (Avfall Sverige, 2012). Totala mängden avfall på kommunala deponier i Sverige, både aktiva och inaktiva, är cirka 30 miljoner ton varav mängden plastavfall uppskattas vara 2,4 miljoner ton. Detta utgör 8 procent av totalen (Frändegård et al., 2013).

De deponier som är aktiva idag har mycket högre krav på tätning (Avfall Sverige, 2012). En modern och väl underhållen deponi ska dagligen täckas med nytt toppmaterial för att förhindra spridning via vind och djur. Förhållandena på insidan ska vara fria från syre och UV-strålning (Klar et al., 2014). Allt innehåll i moderna deponier ska vara känt och föroreningar får inte läcka ut varken under tiden de är aktiva eller efter sluttäckning (Avfall Sverige, 2012). Bottentätning i en deponi kan

utgöras av ett geomembran bestående av plast- eller gummimaterial med syfte att förhindra vatten- och syreinträngning. Vid avslut används ett tätskikt som har samma funktion. Detta kan också bestå av ett finkornigt geomembran, finkorniga jordmassor eller slam (Avfall Sverige, 2012). År 2014 producerade svenska reningsverk cirka 200 000 ton torrsbstans slam (SCB, 2016) där 24% lades på deponier (Avfall Sverige, 2012).

3.3.2 Lakvatten

Lakvatten definieras som vatten vilket har kommit i kontakt med deponerat material. Förorenat dagvatten från behandlings- och lagringsytor benämns också som lakvatten i tillstånd för avfallsanläggningar (Naturvårdsverket, 2008). I reningsssammanhang kan det även benämnas som industrivatten (Avfall Sverige, 2011). Lakvatten bildas när nederbördsvatten infiltrerar en deponi då vattnet i deponin pressas ut genom komprimering (Naturvårdsverket, 2017a). Faktorer som påverkar den producerade mängden lakvatten är nederbörd, temperatur, nedbrytning, avdunstning, ytavrinning och magasinförändringar (Naturvårdsverket, 2008). Produktionen av lakvatten vid svenska deponier uppgick under 2012 till 14 miljoner m³ (Naturvårdsverket, 2014).

Deponins lokalisering och de hydrologiska förutsättningarna har inverkan på lakvattnets spridningsmönster och mängd (Naturvårdsverket, 2008). Är den lokaliserad i ett inströmningsområde innebär det att marken under deponin ej är fuktmättad. Detta innebär att lakvattnet kan infiltrera marken och transporteras vidare vilket riskerar att förorena grundvattnet. Om deponin däremot är lokaliserad i ett utströmningsområde resulterar det i att grundvattentrycket under deponin istället förhindrar lakvattnet från att läcka ut. I äldre deponier finns det risk för att grund- och ytvatten sipprar in då det förr saknades regleringar och tillsyn (Naturvårdsverket, 2008).

Lakvattnets sammansättning varierar beroende på det avfall som deponerats, deponeringsteknik och vattenmängd (Naturvårdsverket, 2008). Nedbrytningen genomförs av mikroorganismer, vilket sker i olika faser. På grund av att lakvatten är komplext kan det vara svårt att analysera alla ämnen det innehåller. Mätningar och analyser utförs enbart på en liten fraktion av alla föroreningar som läcker ut, dessutom råder det kunskapsbrist om vad som händer med dessa ute i miljön. Även låga koncentrationer av dessa föroreningar kan ha en signifikant påverkan genom till exempel bioackumulation. Detta är den främsta orsaken till varför lakvattnet ska behandlas och inte släppas ut utan uppsikt (Naturvårdsverket, 2008).

Det finns system för uppsamling av lakvatten vid en deponi sedan det lagstiftades om nya krav för detta (Naturvårdsverket, 2008). För att transportera bort uppkommet lakvatten används en dränering ovanför bottenläggningen. Gamla deponier har ofta ett enkelt dike som dränering vilket innebär större risk för läckage. Det lakvatten som samlas in ska behandlas, antingen på plats eller via kommunalt reningsverk, då det inte får medföra en fara för människors hälsa eller miljön (Naturvårdsverket, 2008). Beroende på den enskilde avfallsanläggningen och dess lokalisering samt eventuell reningsmetod kan lakvattnet därmed hamna på olika platser i miljön.

3.4 Lagstiftning

3.4.1 Lagstiftning kring deponering av avfall

Lagstiftning med avseende på deponering av avfall i Sverige styrs sedan 2001 till stor del av förordningen om deponering av avfall (2001:512), vilket härstammar från EU:s direktiv om deponering av avfall. Denna förordning reglerar allt som är kopplat till hur en deponi skall skötas och vad som är tillåtet att deponera (Naturvårdsverket, 2008). Den ställer tillika krav på bland annat bottenläggning, geologisk barriär, sluttäckning samt uppsamling av lakvatten. Nivån på dessa krav varierar beroende på vilken typ av avfall som deponeras (Hansson, 2013). Enligt 10 § i 2001:512 är det förbjudet att deponera organiskt avfall, vilket innefattar plastavfall enligt 3 § SFS 2015:727.

Gällande lakvatten hänvisar paragraf 22 § i 2001:512 att "insamlat lakvatten skall behandlas så att det kan släppas ut utan att utsläppet strider mot gällande bestämmelser om skydd för människors hälsa och miljön eller mot villkor som gäller för verksamheten". Lakvatten är ett avfall enligt avfallsförordningen (2001:1063). Enligt 23 § i avfallsförordningen finns det därutöver krav på att deponier ska skyddas mot att yt- och grundvatten tränger in i deponin.

Plast kan deponeras idag om avfallsfraktionen innehåller mindre än 10 viktprocent TOC (totalt organisk kol) eller mindre än 10 volymprocent brännbart avfall (Magnusson et al., 2016). Detta eftersom deponeringen accepteras enligt föreskrifter och allmänna riktlinjer för hantering av brännbart avfall och organiskt avfall (NFS 2004:4). På grund av dessa undantag kan tillstånd ges till deponering av problematiska avfallsfraktioner, som till exempel fragmentering av uttjänta fordon där plast är en beståndsdel (Magnusson et al., 2016).

När en deponi inte tas till bruk längre ska det göras en sluttäckning, för vilket tillstånd behövs (Svenskt Vatten, 2013). När deponin avslutats betraktas den som en U-verksamhet eller ett förorenat område enligt 10 kap i miljöbalken. Verksamhetsutövaren ansvarar för underhåll, övervakning och kontroll under minst 30 år (von Zweigbergk, 2015). Dock finns det inga tillsyns- eller underhållskrav på äldre deponier trots att dess innehåll ofta är okänt (Frändegård et al., 2013).

3.4.2 Lagstiftning kring mikroplastpartiklar

Begreppet mikroplastpartiklar förekommer inte i dagens lagstiftning. Därmed saknas det krav på provtagning, analys, utsläppsmängder och tillsyn (Naturvårdsverket, 2017a). Det är dock noterbart att vissa styrmedel gällande partiklar i allmänhet berör mikroplastpartiklar. Exempelvis finns det regleringar vars syfte är att partikelutsläpp till luft och vatten ska reduceras, vilka tillämpas i sammanhang där mikroplastpartiklar vanligtvis förekommer (Naturvårdsverket, 2017b).

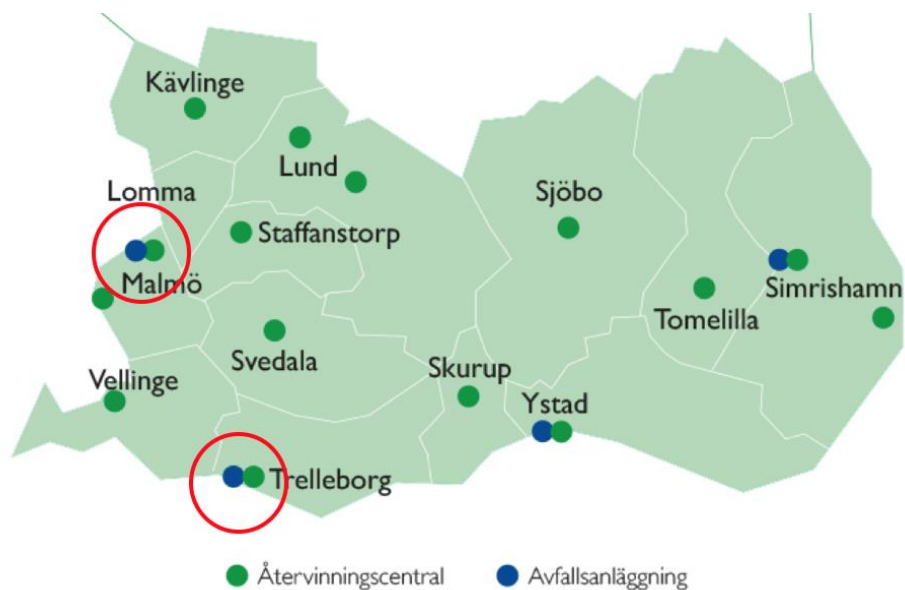
Emellertid överlämnade Kemikalieinspektionen ett förslag till regeringen i januari 2016 angående att införa ett nationellt förbud mot mikroplast i kosmetiska produkter (Riksdagen, 2016), vilket kan betraktas som ett steg i rätt riktning (Stockholms universitets Östersjöcentrum, 2016).

4. Mikroplastanalys av lakvatten

I detta kapitel presenteras två av Sysavs deponier, Spillepeng och Trelleborg, samt resultat från mikroplastanalys på dess lakvatten. Detta avsnitt avser att besvara delfråga 2.

4.1 Sysavs deponier

Sysav tar emot, återvinner samt behandlar avfall från industrier och hushåll i södra Skåne. Figur 2 visar en karta över Sysavs avfallsanläggningar och återvinningscentraler. De anläggningar som berörs i denna studie är en aktiv deponi i Spillepeng, Malmö, och en inaktiv deponi i Trelleborg, vilka är inringade i figur 2.



Figur 2 Karta över Sysavs återvinningscentraler och avfallsanläggningar
Bildkälla: Linn Malmqvist, Sysav, 2017

4.1.1 Spillepeng

Den 55 ha stora deponin i Spillepeng (se figur 3) ligger i direkt anslutning till Öresund och togs i bruk av Sysav år 1990 (Sysav, 2016a), innan dess tillhörde den Malmö Stad⁸. Avfallshanteringen på anläggningen omfattar sortering samt behandling av både farligt och icke farligt avfall genom återvinning, slagsortering, kompostering, deponering och omlastning (Sysav, 2016a). Lakvattnet på Spillepeng samlas in i ett lakvattensystem⁹ där vattnet kommer från olika upptagningsområden och tas upp med pump. Dessutom inkluderas vatten från ett fåtal toaletter i kontorsbyggnaden samt vatten från tvätthall avsett för maskiner och personbilar i systemet. Allt vatten leds till en utjämningsbassäng för att därefter renas med SBR-teknik (se 4.1.1.1) innan det släpps ut i Öresund⁹. Den totala mängden insamlat lakvatten år 2016 var 189 300 m³ (Sysav, 2016a).



Figur 3 Flygbild över Spillepengs avfallsanläggning

Bildkälla: Joakim Gabrielsson, Sysav, 2017

4.1.1.1 SBR-teknik

SBR, eller Satsvis Biologisk Rening (Sequencing Batch Reactor), kallas den reningsteknik som Spillepeng använder sig av⁹. Anläggningen har två reaktorer (SBR:er) som tillsammans har kapacitet att rena 700 m³ lakvatten per dygn. Processen sker satsvis där det första steget inleds med att reaktorn fylls med orenat lakvatten under syretillförsel för att oxidera nitratkväve (nitrifikation). Därefter startas omrörning där organiskt material, exempelvis etanol, tillsätts under syrefria förhållanden. Detta leder till att bakterierna upptar nitrat istället för syre för att därefter bryta ner det organiska materialet. Nitratkvävet reduceras till kvävgas då en denitrifikation sker. Därpå avslutas omrörningen varpå det aktiva slammet som innehåller de renande bakterierna sjunker till reaktorns botten. En dekantering sker då slammet sedimenteras och då kan lakvattnet utvinnas ur reaktorns övre del. Därefter passerar det nu biologiskt renade lakvattnet ett sandfilter för ytterligare rening där fosfor och större partiklar separeras från vattnet innan det släpps ut till recipienten, i detta fall Öresund⁹.

4.1.2 Trelleborg

Avfallsanläggningen i Trelleborg (se figur 4) togs i bruk i mitten av 1900-talet av Trelleborgs kommun, därefter tog Sysav över på 1970-talet (Sysav, 2016b). Sedan 2008 har denna avfallsläggning varit inaktiv då den inte längre uppfyller kraven. Idag sluttäcks den ca 18 ha stora anläggningen. Den består av två delar: D1 som är äldre vars verksamhet var aktiv under Trelleborg Kommuns styre och D2 som är den del Sysav har styrt (Sysav, 2016b). Båda delarna innehåller farligt avfall men D2 består av en mindre del eftersom sophanteringens förbättrats med åren. Avfallshanteringen på D1 drevs av en okontrollerad deponering av sopor, vilket innebär att D1 är mer förorenad än D2¹⁰.

Lakvattnet recirkuleras i behandlingssystem bestående av meandrande bäck och damm innan det avleds till Trelleborgs avlopps- och reningsverk¹⁰. I dess lakvattensystem ingår dagvatten från avfall för mellanlagring. 104 748 m³ lakvatten samlades upp år 2016, där 90% härstammar från den nya anläggningsdelen, D2 (Sysav, 2016b). Efter rening på reningsverket hamnar lakvattnet antingen i Östersjön eller i rötat slam (Trelleborgs Kommun, 2017).



Figur 4 Flygbild över Trelleborgs avfallsanläggning
Bildkälla: Dieter Johannesson, Sysav, 2017

4.2 Analysresultat

Tabell 1

Analysen visar ungefärliga procentandelar av 100 slumpvis utvalda olika sorters partiklar (ca 2 - 200 µm), varav endast plastrelaterade partiklar presenteras nedanför. Vardera prov har filtrerats i olika mängder, se kolumn 1.

	Filtrerad mängd vatten (mL)	Organiska partiklar (t.ex. plast) (%)	Kolrika partiklar (t.ex. plast, sot) (%)	Klorrika partiklar (t.ex. plast) (%)	Kiselhaltiga partiklar (t.ex. plast, färg, gummi) (%)	Kiselhaltiga partiklar (Si, O, Na, Ca, K, C, Mg, Al) (%)
Spillepeng, prov 1a (före rening)	1	<5	5	<5	5	10
Spillepeng, prov 1b (före rening)	1	-	-	-	5	35
Spillepeng, prov 2a (efter rening)	5	-	-	-	<5	60
Spillepeng, prov 2b (efter rening)	5	-	-	-	-	60
Trelleborg, prov 1 (före rening)	10	<5	-	-	5	5
Trelleborg, prov 2 (före rening)	10	-	<5	-	10	<5

Tabell 1 visar att alla stickprover innehåller potentiella plastrelaterade partiklar. Med plastrelaterade partiklar menas partiklar som troligtvis härstammar från plast. 5% motsvarar ca 3-7 partiklar utav de cirka 100 slumpvis utvalda⁴. Det totala partikelantalet i vardera prov är okänt. Prov 1a och 1b hade störst total partikelmängd, varav endast 1 ml behövdes för identifiering efter filtrering i jämförelse med de andra proverna där mer lakvatten behövdes. Organiska samt kolrika partiklar är de partiklar som har högst sannolikhet att vara mikroplast. "Kiselhaltiga partiklar (Si, O, Na, Ca, K, C, Mg, Al)" har minst sannolikhet att vara mikroplast⁴. Resultatet kan tolkas på olika sätt beroende på vad som bedöms vara

relaterat till plast. Exkluderas kiselpartiklar i bedömningen har "Spillepeng prov 1a" flest plastrelaterade partiklar följt av "Trelleborg prov 2", medan det renade lakvattnet nästan helt och hållet saknar plastrelaterade partiklar. Inkluderas "Kiselhaltiga partiklar (Si, O, Na, Ca, K, C, Mg, Al)" i bedömningen har det renade lakvattnet högst andel plastrelaterade partiklar.

Med hjälp av dessa resultat kan en grov beräkning göras. Om det antas att per 1 ml släpps det ut 5 partiklar klassificerade som organiska och kolrika partiklar i storlek 2 - 200 μm , resulterar detta i 5 000 000 partiklar/ m^3 lakvatten. Då produktionen av lakvatten vid svenska deponier uppgick till 14 miljoner m^3 2012 (Naturvårdsverket, 2014), medför detta att $7 \cdot 10^{13}$ stycken partiklar i detta storleksintervall och partikelklassificering fanns i svenskt lakvatten det året. Antas det däremot att det är 2,5 organiska samt kolrika partiklar per 10 ml, som det var på ett ungefär i Trelleborg, resulterar detta i $3,5 \cdot 10^{12}$ plastrelaterade partiklar.

5. Diskussion

Detta kapitel inleds med diskussion kring delfråga 1 angående de teknik- och kunskapsbrister som finns samt problematiken kring lagstiftning. Provrresultaten från Spillepeng och Trelleborg analyseras och huvudfrågan angående lakvatten som spridningskälla för mikroplast och dess potentiella konsekvenser diskuteras. Utöver detta resoneras det kring valet av metod för respektive delfråga.

5.1 Den rådande kunskapsöversikten

Mikroplaster i sig samt i kombination med dess additiv kan vara en riskfaktor för människa och miljö. Dock är det svårt att bemöta på grund av den rådande bristen på forskning, teknik och regleringar.

5.1.1 Problematiken kring avsaknad av standardiserade metoder

Trots vetskapen om kontaminering av mikroplast finns det inga standardiserade metoder¹ vilket beror på mikroplasters komplexitet. Detta gäller insamlings-, extraktions-, renings- och identifieringsmetoder, vilket innebär att det utökade antalet studier som genomförs på mikroplaster inte går att jämföra. Det vetenskapliga samfundet arbetar hårt för att få fram giltiga metoder men ännu är inte detta uppnått. Utan lämpliga analysmetoder kan varken mängden partiklar bedömas, de viktigaste källorna utredas ordentligt eller effekterna kvantifieras¹.

Inledningsvis måste det finnas standardiserade insamlingsmetoder för olika typer av källor såsom vatten, jord och luft. Det är av betydelse för hur stora provmängder som tas samt hur ofta de tas, eftersom koncentrationen varierar mellan olika tid- och provpunkter¹. Exempelvis är en större provmängd mer rimlig vid provtagning av havsvatten i jämförelse med lakvatten på grund av havets grundvolym, där koncentration och spridning av plast varierar mer. Därefter är identifiering och extraktion av mikroplastpartiklar i ett prov komplext då urskiljning av plastpartiklar från övriga partiklar försvåras genom mångfalden av ämnen och plasttyper, vilka innehar olika färg, form och

densitet⁴. Enbart reningsprocessen av prover är komplicerat då alla extra substanser måste tas bort utan att proverna förstörs¹.

Vilken enhet som partiklarna ska mätas i är också problematiskt att bestämma¹. Vid en provtagning kan en stor partikel delas upp till flera mindre partiklar innan provet analyseras, då analysprover kan applicera krafter på partiklarna. Därav kan antalet partiklar vara irrelevant vid mätning och ge ett missvisande resultat. Antalet partiklar som en partikel kan delas upp i är dock ouppklarat. Däremot kan en mätning av partikelantal vara gynnsamt i de fall där det endast ska säkerställas att det är plast som finns i provet. Massan kan vara en mer effektiv enhet att mäta i då det är en konstant mätning förutom att eventuell mineralisering kan påverka¹. Ytterligare en positiv anledning angående att använda massa som enhet är att det är lättare att få en uppfattning av resultatet, då ett ton plastpartiklar är enklare att applicera på verkligheten än en miljon plastpartiklar.

Dock måste densiteten vara känd för att kunna mäta massan, vilket är komplext då plast ofta inte är enbart ett ämne¹. För att göra detta krävs en metod där olika polymerpartiklar kan mätas samtidigt och dessvärre finns det ännu ingen sådan analysmetod som kan upptäcka och identifiera alla dessa polymerer. Detta komplicerar valet av enhet ytterligare när ett prov ska analyseras. En lösning kan då vara att utnyttja flera metoder på ett prov för att få ett så säkert resultat som möjligt, dessvärre är detta ett dyrt och tidsslukande alternativ¹.

5.1.2 Problematiken kring lagstiftning och tillsyn

Lagstiftningen kring mikroplast är i princip obefintlig fastän det svenska regelverket säger att lakvatten inte ska utgöra en fara för människors hälsa och miljö (Naturvårdsverket, 2008). Svårigheter med att lagstifta och införa tillsyn för kontroll av mikroplaster grundar sig i att det behövs en standardiserad mätmetod samt att det krävs mycket resurser. Ytterligare problem kan uppstå då motstånd kan uppkomma från företag som bidrar till utsläpp av mikroplast, jordbrukssektorn beträffande slamspridning, avfallssektorn i och med rening samt övriga aktörer. Detta eftersom plast har unika egenskaper och är svårt att ersätta. Därför är kommunikation och information väsentligt för att aktörerna ska anpassa sig för en framtid med lägre eller obefintliga utsläpp av mikroplast.

Primära mikroplaster är lättare att kontrollera och reglera via lagstiftning, då detta kan utföras genom att påverka och öka tillsynen på industrin som producerar partiklarna. Att myndigheter anpassar sig är därför relevant för att hålla verksamhetsutövare välinformerade och se till att de följer den lagstiftning som finns för att minimera risken för läckage och spridning (Naturvårdsverket, 2017a). Sekundära mikroplaster däremot är svårare att kontrollera eftersom de bildas oavsiktligt. Även om hårdare lagstiftning och kontroll införs blir det problematiskt att beräkna hur mycket mikroplast som bildas sekundärt och sedan sprids i miljö och hav.

Beträffande avloppsrening är det tveksamt om ytterligare krav kan motiveras gällande avskiljning av mikroplaster vid avloppsreningsverk utifrån den kunskap vi har idag. Detta på grund av att en redan stor mängd avskiljs i de konventionella avloppsreningsverken i Sverige (Magnusson & Wahlberg, 2014). För att få en skärpt reglering kan det då bli nödvändigt att verka genom EU, både vad det gäller effekter för det svenska åtgärdsarbetet och för att påverka utsläppen av mikroplaster i andra europeiska länder. EU-kommissionen beslutade i maj 2017 att varje medlemsland ska bestämma tröskelvärden för förekomst av mikroplaster, i relation till risk för skador på havsmiljön (Naturvårdsverket, 2017). Dock finns det minst 2 problem med detta beslut, dels osäkerheten kring hur dessa värden ska mätas och kontrolleras, och dels att mikroplaster inte tar hänsyn till nationsgränser vilket kräver ett utökat samarbete mellan länderna.

Slutligen påverkas den enskilde människan av detta. Mänskligheten är van vid en värld av plast, där det konsumeras som aldrig förr (PlasticsEurope, 2015), för att sedan hamna i soporna eller ute i miljön. Plastens tillgänglighet och unika egenskaper har lett till en ogynnsam inställning. För att minska mängden mikroplast bör producerad mängd samt användning av plast regleras, vilket kan bli ett problem om inga alternativ som ersätter plast uppkommer eller befolkningen och industrin får svårt att anpassa sig. Det är viktigt att den enskilde människan blir medveten om mikroplastproblematiken så att hen kan göra aktiva val i rätt riktning.

5.1.3 Val av metod: delfråga 1

Att tillämpa en blandad metodik lämpar sig till att besvara delfrågan. Ny kunskap från den senaste forskningen anammas från artiklar samt konferensen vilket skapar en bred förståelse för mikroplasters komplexitet. En mer ingående och utförlig undersökning av innehåll i deponier behövs. Exempelvis på vilka sätt de skiljer sig åt samt kartläggning av alla deponier i Sverige skulle emellertid bidra till att få en uppfattning om vad som påverkar risken för mikroplastläckage, respektive var det finns potentiella spridningskällor. Dock anses detta för komplicerat och tidslukande för denna studie. Detta för att det saknas komplett register och kontroll över gamla deponier² samt att innehållet varierar kraftigt. Utöver detta finns det ytterligare faktorer som påverkar mikroplastläckage i lakvatten som är för tidskrävande att studera.

Den tydliga bristen på experter inom ämnet var en konstant utmaning under studiens gång. Ofta vidarebefordras frågorna runt utan respons. Samtal och kontakt initierades med personer som har kunskap om antingen deponier eller mikroplast men få var tillgängliga för möten. För att underlätta för forskning och arbete som rör mikroplast måste därför fler upplysas och informeras om ämnet, allt från verksamhetsutövare, myndigheter och övriga befolkningen. Av de som bidragit med kunskap och annat till denna studie har majoriteten gjort detta av eget intresse vilket visar på att viljan finns.

5.2 Betydelse av analysresultat

Att mikroplaster finns på både Spillepens och Trelleborgs avfallsanläggning bevisas i resultatet trots att det enbart rör sig om två stickprov per provtagningspunkt. Därmed besvaras delfråga 2. Hur partikelfördelningen ska tolkas är mer komplicerat. I synnerhet när analysmetoden är ett stickprov och den totala partikelmängden är okänd. Det är de organiska och kolrika partiklarna som har störst sannolikhet att härstamma från plast⁴ vilket endast hittades i det rena lakvattnet från båda anläggningarna (om den sista kolumnen i tabell 1 räknas bort). SBR-tekniken är en möjlig anledning till att i princip inga plastrelaterade partiklar fanns i det rena lakvattnet, dock behövs ytterligare analyser för att kunna fastställa detta.

Om alla kolumner i tabell 1 inkluderas å andra sidan, kan fördelningen i resultatet tolkas på ett annorlunda sätt. Detta på grund av att det var en hög fördelning av "kiselhaltiga partiklar (Si, O, Na, Ca, K, C, Mg, Al)" vilket det finns stora osäkerheter kring om detta är plastrelaterat eller ej⁴. Enligt Hålenius är en stor fördelning av sådana partiklar ovanlig, denna fördelning ökar väsentligt mellan det orenade och renade lakvattnet i Spillepeng. Detta kan tyda på att något blivit tillsatt i reningsprocessen, exempelvis ett mineral. Därmed är detta troligtvis inte mikroplast.

Det finns flera spekulationer kring var dessa kiselhaltiga partiklar härstammar ifrån. En anledning kan vara att det deponerats mycket asbest på Spillepeng, vilket är ett kiselbaserat ämne¹². Dock förklarar detta inte varför det är en högre fördelning i det renade lakvattnet. Enligt Gabrielsson⁹ kan det röra sig om utfällningar från sandfiltret då det funnits problem med detta. Egentligen ska det inte finnas några finfördelade, så kallade kolloidala partiklar, i detta filter men om de finns i avfallet kan ett mindre, konstant flöde tillkomma. Ytterligare finns möjligheten att deponin innehåller betongsmulor då detta bland annat består utav kalciumsilikat¹².

Analysen indikerar att det orenade lakvattnet i Trelleborg hade lägst koncentration partiklar eftersom 10 ml kunde användas till filtrering jämfört med 1 ml från det renade och orenade lakvattnet i Spillepeng. Att olika mängder vatten filtrerades samt att partikelfördelningen varierar kan förklaras med att både insamlingen och analysen av proven var stickprov. Oavsett den rådande variationen kring mängder och fördelning påvisar denna studie att mikroplast finns i båda deponiernas lakvatten trots enstaka prov.

Att göra en uppskattning av antal mikroplastpartiklar i svenskt lakvatten per år, baserat på en fördelning av partiklar från ett stickprov, ska tas med en nypa salt då uppskattningen baseras på analysresultatet vilket som nämnts tidigare är ett "stickprov på stickprov". Partikelantalet i resultatet är endast en spekulation eftersom att det totala antalet partiklar per prov är okänt samt att endast de mest plastrelaterade partiklarna i ett visst storleksintervall räknades in. Det antogs att vardera mängd filtrerat lakvatten innehöll 100 partiklar fastän att så inte var fallet då det var fler partiklar än så, vilket betyder att antalet partiklar per m³ i realiteten är betydligt högre än dessa beräkningar även om det varierar kraftigt från deponi till deponi. Eftersom det rör sig om antal och inte massa går det inte jämföra dessa siffror med andra spridningskällor från exempelvis Naturvårdsverkets senaste rapport. Detta eftersom att varje partikel varierar kraftigt i massa på grund av storlek och densitet.

5.2.1 Val av metod: delfråga 2

I frånvaron av en standardiserad metod finns det ingen guide i vilket val av analysmetod som är mest lämplig till denna studie. Trots att resultatet är komplicerat att jämföra med andra studier i nuläget bidrar det till att förstärka mikroplasters förekomst i lakvatten. Det faktum att laboratorieanalysen inte är mer komplicerad än att kunna hitta mikroplastpartiklar i prover är av ringa betydelse i denna studie. För att få ett mer pålitligt resultat angående mikroplasters förekomst i lakvatten behövs fler stickprov tas under en löpande tid samt på fler provpunkter.

Att ta två stickprov vid endast en tidpunkt riskerar att leda till missvisande resultat då partikelmängd varierar kraftigt över tid¹¹. Eftersom stickproverna togs med några dagars mellanrum vid vardera avfallsanläggning kan en faktor som nederbörd ha påverkat koncentrationen. Det var dock inte möjligt att göra det annorlunda på grund av tidsbegränsning och brist på ekonomiska resurser. Därutöver saknas en standardiserad insamlingsmetod angående hur mycket lakvatten som ska tas per prov och med vilka verktyg. 250 ml valdes då det var denna volym som ALS Scandinavia AB rekommenderade, slangarna valde personalen på Sysav ut. Ledningarna i Trelleborg är äldre och består av plast, vilket kan påverka proverna¹⁰. Hänsyn tas till att Spillepens lakvatten är kopplat till några enstaka toaletter men detta anses inte ha en betydande påverkan på resultatet.

Det finns ytterligare en riskfaktor som kan påverka analysresultatet, vilket är transporten mellan Malmö och Stockholm. De plastpartiklar som eventuellt finns i provflaskorna med lakvatten riskerar att brytas ner till en sådan storlek att de inte upptäcks i analysen¹. Detta eftersom denna metod endast berör partiklar i storleksintervallet 2-200 µm, vilket inte omfattar alla mikroplastpartiklar. Laboratorieanalysen baseras endast på ett stickprov där fördelningen av olika partiklar undersöktes. Förekomsten av plastrelaterade partiklar kan därmed variera kraftigt beroende på stickprov, filtrerad mängd vatten och ändrat storleksintervall. Syftet är dock att påvisa mikroplasters förekomst i lakvatten vilket denna analys gjorde, även om identifiering av dessa platsrelaterade partiklar inte kan säkerställas fullständigt. Om denna analys görs om igen är det därför fullt möjligt att andra resultat uppkommer än vad som framförs i denna studie.

5.3 Lakvatten som spridningskälla för mikroplast

Eftersom delfråga 1 och 2 har besvarats blir det möjligt att diskutera och dra slutsatser kring studiens huvudfråga. Resultatet visar på att lakvatten är en spridningskälla för mikroplast men vilka faktorer som kan påverka detta diskuteras i detta avsnitt.

5.3.1 Deponier som mikroplastkälla

Vetskapen om föroreningspotentialen från deponier, även de moderna, är bristande (Avfall Sverige, 2013). Den beror bland annat på hur många deponier som finns, vilket typ av avfall de har, hur de är tätade och nederbörd. Det är inte enbart viktigt att ta reda på om utsläpp av mikroplast från deponier är av betydelse, utan även vilken typ av deponi som skulle utgöra större risk än andra. Visar sig problemet vara någorlunda omfattande är det relevant att undersöka ursprungskällor till dessa partiklar och hur problemet i sådana fall ska förebyggas (Naturvårdsverket, 2017a). Några ursprungskällor till detta skulle kunna vara att deponin både innehåller tätningar gjorda av plast och plastavfall, samt slam med innehåll av mikroplaster.

Beträffande slam, påvisar Vollertsen & Hansen (2017) i en dansk studie att 2% av torrvikten slam består av mikroplast av storlek 20 - 500 µm. År 2014 producerade svenska reningsverk cirka 200 000 ton torrsbstans där 24% lades på deponier (SCB, 2016), vilket motsvarar 960 ton det året enligt Vollertsen och Hansens antagande. Detta kan jämföras med de siffror som IVL tog fram åt Naturvårdsverket då mängden mikroplast i slam är betydligt större än den belysta industriella producerade mikroplasten (310 - 530 ton per år) samt båtskrov (160 - 740 ton/år) (Naturvårdsverket, 2017a). Om detta antagande stämmer deponeras därmed en betydande mängd mikroplastpartiklar varje år på svenska deponier. Sedan krävs det dock ytterligare studier för att undersöka vilka mängder som hamnar i lakvatten.

Moderna deponier och de med förnyade tillstånd har högre krav på kontroll då de täcks av en annan lagstiftning. Eftersom de måste vara placerade där det finns minimal risk för läckage (Naturvårdsverket, 2008) motverkar detta spridning av mikroplast som eventuellt finns i lakvattnet. Däremot är påverkan mer

osäker för äldre deponier. Traditionell deponering är dessutom, ur ett globalt perspektiv, det vanligaste sättet att hantera plastavfall (Klar et al., 2014). Då den totala mängden producerad samt konsumerad plast ökar, kan det finnas en påtagande risk att den absoluta mängden deponerad plast också kan stiga globalt sett (Klar et al., 2014). En ytterligare problematik med äldre deponier är att det finns fler faktorer som ökar risken för läckage av mikroplast, bland annat bristande botten tätning och dränering. Dessutom är innehållet ofta okänt och farligt i kombination med sämre kontroll och tillsyn, och de har ofta olämplig placering på grund av tidigare kunskapsbrist (Naturvårdsverket, 2008). I Sverige finns tusentals sådana äldre deponier² och därför är det nödvändigt att prioritera kontroll av dessa.

5.3.2 Lakvattens spridningspotential

Oavsett mängd riskerar mikroplast i lakvatten att spridas om inte lakvattnet renas (Klar et al., 2017). En äldre deponi som saknar insamling av lakvatten medför ett lokalt lakvattenläckage där mikroplast riskerar att nå jord och närliggande vattendrag. Då äldre och okontrollerade deponier ofta är utan bra tätning och ligger på olämplig mark ökar risken för att partiklarna når grundvattnet. Har de väl hamnat i ett vattendrag kan de (Naturvårdsverket, 2017a) och dess tillhörande additiv (Moore, 2008) tas upp av samt ackumuleras i organismer, sedimenteras eller spridas vidare.

Om ett lakvattensystem däremot finns på plats renas vattnet antingen lokalt, som på Spillepeng, eller via kommunalt reningsverk, som i Trelleborg (Naturvårdsverket, 2008). Sedan når partiklarna troligen en recipient eller hamnar i slam. Vilka mikroplaster som hamnar i slam beror på reningsverkets avskiljningsgrad, som i Sverige oftast är >95% för partiklar större än 300 µm, något lägre för partiklar större än 20 µm samt utforskat för partiklar som är mindre än 20 µm. Procenten representerar rening genom den kemiska och biologiska reningsteknik som mestadels används i Sverige idag (Magnusson & Wahlberg, 2014).

Då vanligtvis partiklar >20 µm avskiljs i Sverige från avloppsvattnet hamnar de istället i slammet. Eftersom slamspridning är vanligt är det möjligt att dessa partiklar sedan når jordbruksmark (Nizzetto et al., 2017). Där är konsekvenserna okända för hur partiklarna påverkar hållbarhet, livsmedelssäkerhet samt omgivande ekosystem. Dock påvisar Lwanga et al., (2017a) att urlakning av kemikalier från plast i jord, samt partiklarna i sig, utgör en risk för terrestriala organismer. Slammets innehåll av mikroplast är tillika av relevans eftersom att detta läggs på deponier (Avfall Sverige, 2012), detta innebär att den mikroplast som når reningsverken kan sluta på deponi, vilket resulterar i att nya plastpartiklar

ständigt läggs på deponi om slam används till exempelvis täckning, som nämnts tidigare. Dock berör detta varken Spillepeng eller Trelleborgs avfallsanläggning, trots att det fanns mikroplast i dess lakvatten.

Det är fler faktorer än storleken på plastpartikeln som är av betydelse gällande avskiljningsgraden. Fiberformade partiklar är trådlika, vilket kan öka risken för att de följer med till recipienten. På grund av denna form ökar således risken att de ackumuleras i den marina näringskedjan, vilket visats i en studie där den dominerande mikroplastformen i plankton och fisk var fiberformad (Beer et al., 2017). Då all mikroplast i naturen till slut bryts ner till nanoplast (Mattsson et al., 2015) kommer dessa framtida och allt mer persistenta nanopartiklar (Gregory & Andrady, 2003) tas upp ännu lättare av organismer (Beer et al., 2017).

5.3.3 Klimatförändringens påverkan på lakvatten

En faktor som kan inneha en betydande påverkan på både lakvattenmängd och sammansättning är klimatförändringarna. En studie av SGI visar att ca 60 % av svenska deponier ligger i potentiellt översvämningshotade områden (Avfall Sverige, 2012). Ökade samt kraftigare nederbörd resulterar i en större mängd bildat lakvatten. Om mindre mängder vatten avdunstar från ytor stiger grundvattennivån och ytavrinningen ökar vilket leder till mer vatten som tränger genom deponin. Detta innebär att det kommer att behövas större lagringsvolymmer för lakvatten och förbättrade avrinningssystem (Avfall Sverige, 2012).

Dessutom kan en ökad medeltemperatur medföra uttorkning av sluttäckningens skyddsskikt som minskar metanoxidation, samt en snabbare nedbrytning av föroreningar i lakvattenbehandlingen (Avfall Sverige, 2012). Därmed ökar risken för brand, lukt och algbloomning i recipienten. Då de deponier som finns i Sverige idag kommer att finnas i 30-100 år framöver bör de risker som framtida klimatförändringar kan innebära analyseras redan idag (Avfall Sverige, 2012). Detta är nödvändigt för att kunna utvärdera lakvattnets risk som spridningskälla av mikroplast, i synnerhet om nederbörden ökar.

5.3.4 Lösningsmöjligheter

Reglering och lagstiftning är det vassaste verktyget för att förändring ska ske. Förbudet att deponera plast (IKEM, 2017) är ett steg framåt men inte tillräckligt då problemet med läckage kvarstår. En förbättrad avfallshantering är heller inte en tillräckligt effektiv lösning på problemet. Därför är det viktigt att undersöka deponins uppbyggnad, innehåll och lokalisering för att kunna förutse och förebygga eventuell risk på plats samt utveckla befintliga reningstekniker av plastpartiklar i lakvatten, vilket dessvärre troligen är kostsamt. Det finns även hundratals kommunala deponier i Sverige som innebär en hög eller mycket hög miljörisk och är i behov av saneringsåtgärder. För närvarande är emellertid den tillgängliga finansieringen för sanering otillräcklig (Frändegård et al., 2013). Att uppgradera alla reningsverk med en teknik som effektivt avskiljer mikroplast, i synnerhet partiklar i storlek $<20 \mu\text{m}$, är inte tekniskt eller ekonomiskt möjligt i dagsläget (Magnusson och Wahlberg, 2014). Utöver en förbättrad reningsteknik av vatten behövs ytterligare åtgärder vidtas kring innehåll av mikroplast i slam så att dessa partiklar inte hamnar på åkrar, deponeras på nytt eller når omgivningen på något annat sätt.

5.3.4.1 Att införa ett livscykelperspektiv på plast

Eftersom kunskapen kring var mikroplaster i lakvatten kommer ifrån brister är det angeläget att införa ett livscykelperspektiv på plast. Oavsett ett bättre källsorteringssystem slängs många plastförpackningar fortfarande i restavfallet i Sverige (IVL, 2017) och trots deponeringsförbud finns fortfarande risk för att det hamnar på deponi. En del av lösningen är därmed att fasa ut dagens linjära från-vagga-till-grav-flöde samt att uppdatera den rådande lagstiftningen. Detta skulle dock innebära en stor utmaning för samhället (Klar et al., 2014). Att skapa en cirkulär ekonomisk lösning på den rådande, stigande plastproduktionen innebär att mer plast måste återvinnas. Dessvärre är nyproducerad plast mycket billigare i pris i jämförelse med använd plast. Den använda plasten måste därför bli mer konkurrenskraftig och kostnadseffektiv vilket kan åstadkommas genom minskning av mångfalden bland plastpolymerer samt förbättra den ofta försämrade kvaliteten (IVL, 2017).

Ett större ansvar hos konsumenter och hela plastindustrin behövs vilket kan betraktas som en stor utmaning. För att lösa detta krävs kommunikation från producenter till uppdragsaktörer och konsumenter angående

återvinningsmöjligheter. Dock är konsumentansvaret av ringa betydelse då många produkter är förpackade i eller innehåller plast vilket begränsar konsumentens valmöjligheter. Därav faller ett stort ansvar på industrin att ha ett livscykelperspektiv genom hela tillverknings- och försäljningsprocessen där man även har användning och återvinning av produkterna i åtanke. Då kan statliga bidrag till tillverkningsindustrin vara en lösning för att leda dem rätt.

6. Slutsats

Studien visar att mikroplaster med dess additiv kan vara en fara för människa och miljö samt det finns en förekomst av mikroplast (2-200 µm) i lakvatten från Spillepeng och Trelleborg. Därav är lakvatten från deponier en spridningskälla för mikroplast. Dock visar inte analysresultatet vilka plastpolymerer det var i proverna, antalet partiklar eller vilken form de hade. Trots en ökad medvetenhet gällande problematiken kring mikroplast saknas det ännu standardiserade metoder för att få en verklig inblick om dess kvantitet, spridning och toxicitet samt hur stor spridningskälla lakvatten egentligen är. Detta måste utredas eftersom lakvatten enligt lag inte ska medföra en fara för människors hälsa eller miljö.

Att alltid ha försiktighetsprincipen i åtanke kan förhoppningsvis bidra till att läckage förebyggs eller förhindras. Genom att jobba förebyggande och således kontrollera att plast, slam eller annat avfall som innehåller mikroplast inte deponeras finns där ingen plast som kan läcka ut från början. I de fall deponier redan innehåller plastavfall är detta dock inte tillräckligt. Då är det essentiellt att istället jobba för att förhindra läckage av mikroplast från deponier; exempelvis genom att införa eller utveckla befintliga lakvattensystem och reningstekniker, förbereda inför klimatförändringar, förbättra tätningar och kontrollera grundvattennivån. Dessutom bör alla inaktiva och äldre deponier i Sverige kartläggas för att förenkla kontroll och tillsyn.

Att lakvatten från deponier skulle vara en betydande mikroplastkälla kan ej fastställas genom denna studie. Även om det bevisats att det finns mikroplast i lakvattnet samt att det läcker ut, saknas information om problemets omfattning. Det är möjligt att det inte är ett omfattande problem men innan slutsatser dras bör det studeras ytterligare. För att gå vidare i frågan är det av betydelse att undersöka kvantiteten av mikroplast i lakvatten, utreda hur dessa plastpartiklar hamnar i lakvattnet, hur toxiska de är samt kolla på fler deponier i landet och därefter bestämma vilka deponier som utgör en högre spridningsrisk än andra. Dessutom erfordras mer forskning och expertis för att nå realistiska resultat som utfaller i en ny framtida lagstiftning.

Tack!

Vi vill tacka Anders Persson på Sysav Utveckling AB, vars insats har gjort denna studie möjlig genom stöd för både analys och konferensdeltagande. Tack till Håkan Rodhe på IIIIE och Madeleine Brask på Miljöbron som tog sig an rollerna intern respektive extern handledare vilket har givit ett stöd under hela processen. Vi vill även tacka Joakim Gabrielsson och Dieter Johannsen på Sysav för att ha tagit lakvattenproverna till oss.

Referenser

- Alder, J., Campbell, B., Karpouzi, V., Kaschner, K. & Pauly, D. (2008). Forage fish: from ecosystems to markets. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 33:153–166.
- Andrady, A. L., (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 62: 1596-1605.
- Andrady, A. L., Hamid, S. H., Hu, X. & Torikai A., (1998). Effects of increased solar ultraviolet radiation on materials. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 46: 96-103.
- Antunes, J.C., Frias, J.P.L., Micaelo, A.C. & Sobral, P., (2013). Resin pellets from beaches of the Portuguese coast and adsorbed persistent organic pollutants. *Estuar Coast Shelf Sci* 130:62–69.
- Avfall Sverige (2011). *Syntesrapport lakvatten En sammanställning av utvecklingsprojekt finansierade av RVF och Avfall Sverige under 20 år*. Rapport D2011:02. ISSN 1103-4092.
- Avfall Sverige (2012). *AVFALL SVERIGES DEPONIHANDBOK Reviderad handbok för deponering som en del av modern avfallshantering*. Rapport D2012:02. ISSN 1103-4092.
- Avfall Sverige (2013). *Framtidens deponier - en torr historia?* Rapport D2013:01. ISSN 1103-4092.
- Avio, C., Gorbi, S. & Regoli, F., (2017). Plastics and microplastics in the oceans: From emerging pollutants to emerged threat, *Marine Environmental Research*, 128, Blue Growth and Marine Environmental Safety, pp. 2-11, ScienceDirect, EBSCOhost.
- Barnes, F., Galgani, R.C. & Thompson, M., (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364 (1526) (2009), pp. 1985-1998.
- Beer, S., Garm, A., Huwer, B., Dierking, J. & Nielsen, T., (2017). No increase in marine microplastic concentration over the last three decades – A case study from the Baltic Sea, *Science Of The Total Environment*, ScienceDirect, EBSCOhost.
- Bejgarn, S., MacLeod Bogdal, C. & Breitholtz, M., (2015). 'Toxicity of leachate from weathering plastics: An exploratory screening study with *Nitocra spinipes*', *Chemosphere*, 132, pp. 114-119, ScienceDirect, EBSCOhost.
- Bergmann, M., Gutow, L. & Klages, M., (2015), *Marine Anthropogenic Litter*. [Elektronisk Resurs], n.p.: Cham : Springer International Publishing : Imprint: Springer, 2015., Library catalogue (Lovisa), EBSCOhost.
- Boerger, C.M., Lattin, G.L., Moore, S.L. & Moore, C.J., (2010). Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. *Mar. Pollut. Bull.* 60 (12):2275–2278.
- Christiansson, A., (2012). *Kemikalier i plaster*. Miljöstyvningsrådet, rapport 2012:13.

- Claessens, M. S., De Meester, L., Van Landuyt, K. & De Clerck, C. R., (2011). Janssen Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast *Mar. Pollut. Bull.*, 62, pp. 2199-2204.
- Edward J. Carpenter, A. & K. L. Smith, J., (1972). Plastics on the Sargasso Sea Surface, *Science*, 4027, p. 1240, JSTOR Journals, EBSCOhost.
- Edward J. Carpenter, A., Susan, J., Anderson, A., George, R., Harvey, A., Helen, P., Miklas, A. & Bradford, B., Peck, A., (1972). Polystyrene Spherules in Coastal Waters, *Science*, 4062, p. 749, JSTOR Journals, EBSCOhost.
- Eerkes-Medrano, D., Thompson, R., & Aldridge, D., (2015). Microplastics in freshwater systems: a review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs, *Water Research*, 75, pp. 63-82, MEDLINE, EBSCOhost.
- Eliasson, A., (2006). *Kvantitativ metod från början*. 2. Uppl., Lund: Studentlitteratur AB. 169 s.
- Fisner, M., Majer, A., Balthazar-Silva, D., Gorman, D. & Turra, A, (2017). Quantifying microplastic pollution on sandy beaches: the conundrum of large sample variability and spatial heterogeneity, *Environmental Science & Pollution Research*, 24, 15, p. 13732, Complementary Index, EBSCOhost.
- Fogelberg, V. & Berglund, E., (2017). Mikroplastens intåg i den limnologiska miljön - Allmän dammussla (*Anodonta anatina*) innehåller mikroplast. ID: 8915212, Lund University.
- Frändegård, P., Joakim, K., Svensson, N. & Eklund, M., (2013). Resource and Climate Implications of Landfill Mining A Case Study of Sweden. *Journal of Industrial Ecology* 17(5): 742-755.
- Geyer, R., Jambeck, J. & Law, K., (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made, *Science Advances*, 3, 7, p. e1700782, MEDLINE, EBSCOhost.
- Gregory, MR. & Andrady, AL., (2003). Plastics in the marine environment. In: *Plastics in the environment*, (Andrady AL, ed). USA: John Wiley & Sons.
- Hansson, D., (2013). *Kartläggning av sluttäckning av deponier*, Svenska EnergiAskor, Tyréns.
- Havsmiljöinstitutet, (2016). *Havet 2015/2016, Om miljötilståndet i Svenska Havsområden*. Billes, maj 2016. Arctic Volume, ISBN 978-91-982291-3-4.
- Hopewell, J., Dvorak, R. & Kosior, E., (2009). Plastics recycling: challenges and opportunities. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 364(1526): 2115-2126.
- Huerta Lwanga, E., Gertsen, H., Gooren, H., Peters, P., Salánki, T., van der Ploeg, M., Besseling, E., Koelmans, A. & Geissen, V., (2017). 'Incorporation of microplastics from litter into burrows of *Lumbricus terrestris*', *Environmental Pollution*, 220, Part A, pp. 523-531, ScienceDirect, EBSCOhost.

- IKEM, (2017). Marin nedskräpning är en utmaning för oss alla, Innovations- och kemiindustrierna i Sverige. Tillgänglig: [http://www.ikem.se/vi-arbetar-med_1/plastfragor/marin-nedskrapning] Hämtad: 2017-10-31
- IVL, (2017). Vårt samhälle läcker plast – det måste vi ändra på, Svenska Miljöinstitutet. Tillgänglig: [http://www.ivl.se/toppmeny/pressrum/reportage-och-intervjuer/vart-samhalle-lacker-plast---det-maste-vi-andra-pa.html] Hämtad: 2017-11-09
- Kashiwada, S., (2006). Distribution of nanoparticles in the see-through medaka (*Oryzias latipes*). *Environ Health Persp* 114, 1697–1702, doi: 10.1289/Ehp.9209
- Klar, M., Gunnarsson, D., Prevodnik, A., Hedfors, C. & Dahl, U., (2014). *Rapport: Allt du (inte) vill veta om plast*. Naturskyddsföreningen.
- Kortenkamp, A., Backhaus, T. & Faust, M., (2009). State of the art report on mixture toxicity. European Commission, 391 pp, 070307/2007/485103/ETU/D.1.
- Kärman, A., Schönlau, C. & Engwall, M., (2016). Exposure and Effects of Microplastics on Wildlife, Örebro University. MTM Research Centre, School of Science and Technology Örebro University, Sweden, published in DIVA.
- Lewis, S. & Heaton, K., (1999). Roughage Revisited (The Effect on Intestinal Function of Inert Plastic Particles of Different Sizes and Shape), *Digestive Diseases & Sciences*, 44, 4, p. 744, Complementary Index, EBSCOhost.
- Lithner, D., Damberg, J., Dave, G. & Larsson, Å., (2009). Leachates from plastic consumer products – Screening for toxicity with *Daphnia magna*, *Chemosphere*, 9, p. 1195, SwePub, EBSCOhost.
- Lithner, D., Larsson, Å. & Dave, G., (2011). 'Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition', *Science Of The Total Environment*, 409, pp. 3309-3324, ScienceDirect, EBSCOhost.
- Lusher, A., Tirelli, V., O'Connor, I. & Officer, R., (2015). Microplastics in Arctic polar waters: the first reported values of particles in surface and sub-surface samples, *Scientific Reports*, p. 1, Complementary Index, EBSCOhost.
- Länsstyrelsen Skåne, (2017). *Giftfri miljö i Skåne - En kunskapssammanställning 2017*. Diarienummer: 501-5649-2017 ISBN: 978-91-7675-077-3.
- Magnusson, K., Eliasson, K., Fråne, A., Haikonen, K., Hultén, J., Olshammar, M., Stadmark, J. & Voisin, A., (2016). Swedish sources and pathways for microplastics to the marine environment, A review of existing data, report, Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet, NUMBER C 183.
- Magnusson K. & Wahlberg, C., (2014). *Mikroskopiska skräppartiklar i vatten från avloppsreningsverk*. IVL Swedish Environmental Research Institute. Stockholm & Stockholm Vatten AB. Rapport B 2208.

Mattsson, K., Adolfsson K., Ekvall, T. Mikael., Borgström, T. Magnus., Linse, S., Hansson, L. A., Cedervall, T. & Prinz, N. Christelle., (2016). Translocation of 40 nm diameter nanowires through the intestinal epithelium of *Daphnia magna*. *Nanotoxicology* 1–24, doi: 10.1080/17435390.2016.1189615. Volume 10, 2016 - Issue 8.

Mattsson, K., Hansson, L. & Cedervall, T., (2015). Nano-plastics in the aquatic environment, *Environmental Science. Processes & Impacts*, 17, 10, pp. 1712-1721, MEDLINE, EBSCOhost.

Mattsson, K., Johnson, E., Malmendal, A., Linse, S., Hansson, L. & Cedervall, T., (2017). 'Brain damage and behavioural disorders in fish induced by plastic nanoparticles delivered through the food chain', *Scientific Reports*, 7, 1, p. 11452, MEDLINE, EBSCOhost.

Mersiowsky, I., Weller, M. & Ejlertsson, J., (2001). Fate of plasticised PVC products under landfill conditions: a laboratory-scale landfill simulation reactor study. *Water Research* 35, 3063-3070.

Moore, C.J., (2008). Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat, *ENVIRONMENTAL RESEARCH*, Volume: 108 Issue: 2 Pages: 131-139.

Naturvårdsverket, (2008). *Lakvatten från deponier*, Naturvårdsverket. Rapport 8306.

Naturvårdsverket, (2017a). *Mikroplaster Redovisning av regeringsuppdrag om källor till mikroplaster och förslag på åtgärder för minskade utsläpp i Sverige*. Rapport: 6772. ISBN 978-91-620-6772-4.

Naturvårdsverket, (2017b). *Mikroplaster – källor och förslag på åtgärder*. Tillgänglig: [<https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Regeringsuppdrag/Redovisade-2017/Mikroplaster--kallor-och-forslag-pa-atgarder-/>] Hämtad: 2017-11-27

Nilsson, J., (2017). *Förekomst av mikroplast i åkermark gödslad med avloppsslam* Göteborgs Universitet.

Nizzetto, L., Langaas, S. & Futter, M., (2017). Pollution: Do microplastics spill on to farm soils? Norwegian Institute for Water Research, SLU and Masaryk University. *Environ. Sci. Technol.* 2016, 50, 10777–10779.

O'Leary, Z., (2017). *The Essential Guide to Doing Your Research Project*. Upplaga 3. ISBN: 9781473952089. SAGE PUBLICATIONS LTD.

PlasticsEurope, (2015). *Plastics – The Facts, 2015, An analysis of European plastics production, demand and waste data from 2014*.

PlasticsEurope, (2016). *Plastics – the Facts 2016. An analysis of European plastics production, demand and waste data*. Published on the occasion of the special presentation of K 2016.

Ribeiroa, F., Garciab A., Pereiraa B.P., Fonsecaa M., Mestre N.C., Fonsecaa T.G., Ilharcob L.M., Bebiannoa M.J., (2017). Microplastics effects in *Scrobicularia plana*, *Marine Pollution Bulletin*, Volume 122, Issues 1–2, 15 September 2017, Pages 379–39.

- Riksdagen, (2016). Interpellation 2015/16:383 Nationellt förbud mot mikroplast. Tillgänglig: [https://www.riksdagen.se/sv/webb-tv/video/interpellationsdebatt/nationellt-forbud-mot-mikroplast_H310383] Hämtad: 2017-10-27
- Rillig, M. C., (2012). Microplastic in terrestrial ecosystems and the soil?, *Environmental Science & Technology*, 46, 12, pp. 6453-6454, MEDLINE, EBSCOhost
- Rocha-Santos, T. & Duarte, A., (2015). A critical overview of the analytical approaches to the occurrence, the fate and the behavior of microplastics in the environment, *Trends In Analytical Chemistry: TRAC*, 65, pp. 47-53, Academic Search Complete, EBSCOhost
- Santillo, D., Labunska, I., Davidsson, H., Johnston, P., Strutt, M. & Knowels, O., (2003). Consuming chemicals - hazardous chemicals in house dust as an indicator of chemical exposure in the home #2, *Greenpeace*, 104 pp.
- SCB, (2016). *Utsläpp till vatten och slamproduktion 2014 - Kommunala reningsverk, massa- och pappersindustri samt viss övrig industri*. Sveriges Officiella Statistik. MI 22 SM 1601.
- Stockholms Universitets Östersjöcentrum, (2016). *Ett steg närmare svenskt förbud mot mikroplast*. Tillgänglig: [<http://www.su.se/ostersjocentrum/baltic-eye/forskning/mikroplast/ett-steg-n%C3%A4rmare-svenskt-f%C3%B6rbud-mot-mikroplast-1.265112>] Hämtad: 2017-10-17
- Sysav, (2016a). *Spillepengs avfallsanläggning, Miljörapport*. Sysavs ärendenr 5/17.
- Sysav, (2016b). *Trelleborgs avfallsanläggning, Miljörapport*. Sysavs ärendenr 7/17.
- Teuten, L. E., Jovita M., S, Detlef R. U., K, Morton A., B, Susanne, J, Annika, B, Steven J., R, Richard C., T, Tamara S., G, Rei, Y, Daisuke, O, Yutaka, W, Charles, M, Pham Hung, V, Touch Seang, T, Maricar, P, Ruchaya, B, Mohamad P., Z, Kongsap, A, Yuko, O, Hisashi, H, Satoru, I, Kaoruko, M, Yuki, H, Ayako, I, Mahua, S. & Hideshige, T., (2009). Transport and Release of Chemicals from Plastics to the Environment and to Wildlife, *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 1526, p. 2027, JSTOR Journals, EBSCOhost
- Trelleborgs Kommun, (2017). *Vattnets väg genom avloppsverket i Trelleborg*. Tillgänglig: [<https://www.trelleborg.se/sv/bygga-bo-miljo/vatten-och-avlopp/avlopp/avloppsverk-i-trelleborg/>] Hämtad: 2017-11-15
- van Franeker, J.A., (2011). Reshape and relocate: seabirds as transformers and transporters of microplastics. Fifth International Marine Debris Conference, Honolulu Hawaii, Oral Presentation Extended Abstracts 6.d.3. 278-280.
- van Sebille, E., Chris, W., Laurent, L., Nikolai, M., Britta Denise, H., Jan A van, F., Marcus, E., David, S., Francois, G. & Kara Lavender, L., (2015). A global inventory of small floating plastic debris', *Environmental Research Letters*, 10, 12, p. 1, Complementary Index, EBSCOhost.
- Vollertsen, J. & Hansen, A., (2017). Microplastic in Danish wastewater - Sources, occurrences and fate. Miljøprojekt nr. 1906. Miljøstyrelsen, Danmark.

von Moos, N., Burkhardt-Holm, P. & Kohler, A., (2012). Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the blue mussel *Mytilus edulis* L. after an experimental exposure. *Environ Sci Technol* 46, 11327–11335, doi: 10.1021/es302332w.

von Zweigbergk, H., (2015). *Nedlagda deponier - lagstiftning*. Tillgänglig: [http://www.lansstyrelsen.se/skane/SiteCollectionDocuments/Sv/miljo-och-klimat/verksamheter-med-miljopaverkan/forenadede-omraden/Tillsyn%20och%20tillsynsv%C3%A4gledning/Seminarium_nedlagda_deponier_9_september_2015%20-%20lagstiftning.pdf] Hämtad: 2017-10-11.

Vos, J.G., Dybing, E., Greim, H.A., Ladefoged, O., Lambre, C., Tarazona, J.V., Brandt, I. & Vethaak, A.D., (2000). Health Effects of Endocrine Disrupting Chemicals on Wildlife, with Special Reference to the European Situation. *Critical Reviews in Toxicology* 30:1, 71-133

Bilaga 1

Nedan visas de nyckelfrågor som ställts till kontaktpersoner via mejl- eller telefonkontakt. Frågorna anpassades efter personens expertis och även under tidens gång.

Nyckelfrågor:

- 1) Vilken risk utgör en äldre deponi där det råder brist på tillsyn? Kan det ske läckage exempelvis till grundvatten och andra vattendrag?
- 2) Hur vanligt är det att plastmaterial deponeras, då det inte finns någon annan utväg?
- 3) Eftersom det inte sker någon kontroll idag av mikroplast i lakvatten kommer dessa partiklar nå naturen, men vilka typer av deponier utgör en större risk; Inaktiva (och äldre) eller aktiva? Farligt avfall, icke farligt avfall eller inert avfall?
- 4) Är det möjligt att plast som ligger i deponi under mörka och syrefria omständigheter ändå avger partiklar?
- 5) Hur stor tror du att risken är att det finns mikroplast i lak- och ytvatten från deponier?
- 6) Vilka risker finns det om dessa partiklar kommer ut i naturen?
- 7) Även om aktiva deponier är kontrollerade och plast får ej deponeras kan det finnas mikroplast i dess lakvatten - vilka faktorer tror du påverkar mikroplastläckage i just lakvatten?

Bilaga 2

Lista över kontaktpersoner samt presentationer vilka hänvisas till i texten genom fotnoter.

- 1 - Vollertsen, Jes; Professor, Aalborg University. 2017. IWA Sweden Microplastic Conference. Presentation 8 november.
- 2 - Fagerqvist, Johan; Rådgivare för deponerings- och avfallsanläggningar, Avfall Sverige. 2017. Mejlintervju.
- 3 - Utterström, Kent; ALS. 2017. Mejl- och telefonkontakt.
- 4 - Hålenius, Elke; Analytiker, ALS Global. 2017. Mejl- och telefonkontakt.
- 5 - Sundin, Anna Maria; Handläggare, Naturvårdsverket. 2017. IWA Sweden Microplastic Conference. Presentation 8 november.
- 6 - Liu, Fan; PhD Student, Aalborg University. 2017. IWA Sweden Microplastic Conference. Presentation 8 november.
- 7- Huerta Lwanga, Esperanza; Soil Ecology Researcher, Wageningen University. 2017. IWA Sweden Microplastic Conference. Presentation 8 november.
- 8 - Persson, Anders; VD, Sysav Utveckling AB. 2017. Mejl- och telefonkontakt och möten.
- 9 - Gabrielsson, Joakim; Processingenjör, Sysav. 2017. Mejlkontakt och möte.
- 10 - Johannesson, Dieter; Sysav, Trelleborgs Avfallsanläggning. 2017. Mejlkontakt och möte.
- 11 - Taviltie, Julia; Researcher, The Finnish Environment Institute, Aalto University, 2017. IWA Sweden Microplastic Conference. Presentation 8 november
- 12 - Persson, Kenneth; LTH. 2017. Mejl- och telefonkontakt.



LUNDS
UNIVERSITET

WWW.CEC.LU.SE
WWW.LU.SE

Lunds universitet

Miljövetenskaplig utbildning
Centrum för miljö- och
klimatforskning
Ekologihuset
223 62 Lund