



Nr C 610
Augusti

Mikroplast från gjutet gummigranulat och granulatfria konstgräsytor

Mikael Olshammar, Lisette Graae, Ardo Robijn IVL, Fritjof Nilsson KTH



I samarbete med: KTH, Sandmaster

Författare: Mikael Olshammar, Lisette Graae, Ardo Robijn IVL, Fritjof Nilsson KTH

På uppdrag av: Naturvårdsverket

Fotograf: Flygbild från eniro.se

Rapportnummer C 610

ISBN 978-91-7883-303-0

Upplaga Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

IVL Svenska Miljöinstitutet 2021

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel 010-788 65 00 // www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	4
Summary	6
Inledning	8
Bakgrund	8
Syfte och mål.....	10
Genomförande.....	11
Specifikationer för minskad spridning av mikroplaster från ytor med gjutet gummigranulat	11
Spridning av mikroplaster från ytor med gjutet gummigranulat	14
Spridning av mikroplaster från granulatfria konstgräsytor.....	19
Provbehandling och analyser.....	19
Beräkningsmetodik	22
Resultat	24
Specifikationer för minskad spridning av mikroplaster från ytor med gjutet gummigranulat	24
Regelverk för fallskyddsytor.....	24
Konstruktionsöversikt för ytor med gjutet gummimaterial och konstgräs.....	25
Beskrivning av vilka material som används idag	27
Specifikationer och skötselinstruktioner för hållbara ytor med gjutet granulat.	29
Uppskattning av Sveriges totala area av gummigranulat, år 2021	35
Analys av mikroplaster från ytor med gjutet gummigranulat.....	40
Analys av mikroplaster från granulatfria konstgräsytor	43
Transport av mikroplast via dagvatten	47
Spridning av mikroplast från ytor med gjutet gummi och konstgräs utan granulat.....	50
Osäkerheter	51
Diskussion och slutsatser	53
Rekommendation	55
Kvarvarande kunskapsluckor	56
Litteraturförteckning.....	57
Bilaga 1 – Provtagningsplatser gummiytor	63
Bilaga 2 – Provtagningsplatser granulatfria konstgräsytor.....	75
Bilaga 3 – Fördjupning polymera material.....	80

Sammanfattning

Detta uppdrag, beställt av Naturvårdsverket, syftade till att öka kunskapen om spridningen av mikroplaster från gjutna gummiytor och granulutfria konstgräsytor genom att komplettera tidigare studier med nya mätningar och beräkningar. Ett mål var att komma närmare en kvantifiering av dessa källors bidrag till mikroplaster nationellt, samt att få en bättre förståelse för hur man kan förhindra att spridning av mikroplaster från dessa ytor sker.

Metoden som projektet använde för att kvantifiera spridningen av mikroplast från gjutna gummiytor och granulutfria konstgräsytor, och som oss veterligen inte använts tidigare, var att analysera tvättvatten från rengöringsmaskiner specialanpassade för denna typ av ytor. Genom att analysera en väl blandad delmängd av detta vatten, och med information om hur stor yta som rengjorts, bestämdes spridningen av mikroplast från dessa material per ytenhet till 0,4-20 g/m² per år för konstgräs utan granulat och 0,6-48 g/m² per år för gummiytor. Variationen mellan olika ytor är mycket stor och osäkerheten i både mätningar och analys hög. Detta är en spridning i samma nivå som en vägyta med en årsmedeldygnstrafik på 5,500–13,000 fordon, som beräknas sprida 56 g mikroplast/m². Vissa konstgräsplaner släpper sina konstgräsfibrer betydligt lättare än andra (ca 50 ggr lättare) och av denna anledning bör standardiserade metoder för att identifiera högutsläppande konstgräsplaner utvecklas. Välkonstruerade och välskötta granulutfria konstgräsytor har goda möjligheter att klara EUs kommande gränsvärde för spridning av mikroplast på 7 g/m² per år.

Utifrån kommunenkäter, leverantörsdata och GIS-analyser har Sveriges totala area platsbyggt gummi uppskattats till 1 200 000 m² år 2020, varav ca 550 000 m² på lekplatser + ca 650 000 m² på idrottsplatser. Sveriges totala yta konstgräs utan granulat har i tidigare studie undersökts i 15 städer och har i detta projekt utifrån befolkning uppskattats till totalt ca 447 000 m².

Med utgångspunkt från den beräknade gummiarean på lekplatser och idrottsplatser kombinerat med de uppmätta mikroplastutsläppen per år och kvadratmeter uppskattas de totala årliga utsläppen från Sveriges gummiytor till ca 16 ton/år. Motsvarande beräkning för konstgräsytor utan granulat ger ca 2 ton/år. Detta är sålunda avsevärt mindre utsläppskällor än t ex vägtrafiken (8 190 ton/år) eller konstgräsplaner med infill (676 ton/år) och ligger snarare i nivå med uppskattade mikroplastutsläpp från fiskenät och andra fiskeredskap (4-46 ton/år). De jämförelsevis låga värdena beror på att den totala arean gummi och konstgräs utan granulat i Sverige än så länge är liten jämfört med bilvägsarean. Åtgärder för att minska mikroplastutsläppen från biltrafiken kan därför reducera de svenska mikroplastutsläppen mer än åtgärder för dessa ytor. De senare åtgärderna är dock också viktiga eftersom de är relativt lätta och kostnadseffektiva att genomföra.

Projektet tog också fram tekniska specifikationer för att begränsa spridningen av mikroplaster från ytor med gummigranulat. Dessa inkluderar bra materialval, som att när återvunnet SBR-gummi används välja europiska däck nyare än 2010 som inte innehåller hälsofarliga HA-oljor och använda ca 10-20% PUR-bindemedel om gjutning sker utomhus. Beakta alltid om naturmaterial, som inte genererar några mikroplaster alls som gräs, flis eller sand, kan användas. Det finns även korkprodukter på marknaden med samma funktion och utseende som gummimaterialen. Dessa innehåller dock fortsatt PUR-bindemedel men bedöms ändå som ett miljövänligare alternativ ur ett mikroplastperspektiv och sannolikt även ur ett klimatperspektiv.

Konstruktion (omgivning, underlag och utformning) är en annan viktig aspekt för att minska spridningen av mikroplast från gummiytor och konstgräsytor. Öppna gatubrunnar nära dessa ytor bör undvikas, och på utsatta ställen bör dessa förses med filter. God dränering bör säkerställas mha stabilt dränerande underlag, t ex stenkross och stendamm. Sand på granulatytor ökar slitaget och bör undvikas genom separering med sarg och avstånd. Träd, speciellt bär- och fruktträd, bör

undvikas vid gummiytor pga. fågelspillning, besvärlig nedsmutsning och därmed fördyrat underhåll.

Underhåll är centralt för lång livslängd och liten spridning av mikroplast från gummimaterial. Utarbeta en underhållsplan tillsammans med leverantören och underhållsentreprenören. Kontrollera ytorna regelbundet (ca 3-10 ggr/säsong) och åtgärda skador snarast så att de inte förvärras. Plocka, sug, borsta och/eller blås regelbundet bort skräp och löv från ytorna (3-10 ggr/säsong). Ploga och snöröj helst inte granulatytor, och undvik att använda dem som snötipp. Töm eventuella mikroplastfilter regelbundet, minst varje säsong och vid behov oftare än så. Djuprengöring med tvättmaskin kan göras vid behov, ca 1 ggr/ 1-4 år, beroende på nedsmutsningsgrad. Viktigt är då att tvättvattnet hanteras säkert, så att det inte bidrar till spridningen av mikroplast. Standardiserade metoder för att identifiera och åtgärda högutsläppande konstgräsplaner och gummiytor bör utvecklas för att spridningen av mikroplaster från dessa ska kunna reduceras kostnadseffektivt.

Summary

This assignment commissioned by the Swedish Environmental Protection Agency aimed to increase knowledge on the spread of microplastics from cast rubber and granulate-free artificial turf surfaces by supplementing previous studies with new measurements and calculations. The goal was to improve quantification of microplastics contribution by these sources nationally, and to identify strategies to improve the prevention of spread.

To our knowledge, the method used in this project to quantify the spread of microplastics from cast rubber surfaces and granulate-free artificial turf surfaces in wash water from cleaning machines specifically adapted for this type of surface has not been used before. By analyzing a well-mixed subset of wash water, and with information on surface area that was cleaned, the spread of microplastics from these materials per unit area was determined to be 0.4 – 20 g/m² per year for granulate-free artificial grass and 0.6 – 48 g/m² per year for rubber surfaces. The variation between different surfaces is however very high and the uncertainty in both measurements and analysis is high. The level of spreading from this type of surfaces is equivalent to the spread of microplastics on road surface with an annual mean daily traffic of 5 500 – 13 000 vehicles, which is estimated to be 56 g microplastic/m². Some artificial turf surfaces release their artificial turf much more easily than others (about 50 times easier) and for this reason, standardized methods for identifying high-emission artificial turf surfaces should be developed. Well-designed and well-maintained granulate-free artificial turf surfaces will have good opportunities to meet the EU's future limit value for spreading microplastics at 7 g/m² per year.

All studies where measurements have been conducted contains uncertainties and this is not an exception. Even though the washing machines are designed for cleaning this type of surfaces, it is not known if the washing itself contributes to the release of materials and thereby increase the amount of material in the wash water. It is also hard to get representative aliquots of water to analyze. The water within the washing machine is often full of high-density debris such as sand and cast rubber, which settle to the bottom of the tank and aggravate homogenization. The same problem occurs at lab, when an even smaller aliquot is taken for analyze by stereomicroscope. The identification of the microplastic particles have been performed by both visual and tactile analyzes. The stereomicroscopes used in this study (Nikon SMZ18 and Nikon SMZ745T) have been able to magnify the samples up to 135 times. Even though the evaluation has been conducted by two specialists within the field and several internal calibration actions have been undertaken, the judgment of the particles is still subjective why uncertainties cannot be excluded. The smaller the particle, the greater is the uncertainty. The color of the particle is also of concern regarding the uncertainties of the identification, where brightly colored particles (such as red, blue and yellow) are more easily identified than particles with colors that resembles organic materials (such as brown, black and green). Based on municipal surveys, delivered data and GIS analyses, Sweden's total area of rubber cast surface was estimated to be 1 200 000 m² in 2020, of which approx. 550 000 m² on playgrounds + approx. 650 000 m² on sports pitches. The total area of granulate-free artificial grass has in previous study been investigated in 15 cities and in this project, based on population, has been estimated at a total of about 447,000 m².

Based on the estimated rubber area on playgrounds and sports grounds combined with the measured microplastic emissions per year and square meter, the total annual emissions from Sweden's rubber surfaces are estimated to be about 16 ton/yr. The corresponding calculation for granulate-free artificial grass gives about 2 tons / year. These are thus considerably smaller sources of emissions than, for example, road traffic (8 190 ton/yr) or artificial turf with infill (676 ton/yr), and rather in line with estimated microplastic emissions from fishing activities (4 – 46 ton/yr). The relatively low values are due to the fact that the total area of these surfaces are significantly smaller compared to the total area of roads in Sweden. Measures to reduce microplastic emissions from car

traffic can therefore reduce Swedish microplastic emissions more than measures for rubber surfaces. However, the latter measures are also important because they are relatively easy and cost-efficient to implement.

The project developed technical specifications to limit the spread of microplastics from surfaces with rubber granules. These include good material choices, such as recycled SBR-rubber, choose European tires newer than 2010 which do not contain hazardous HA oils, and contain about 10 – 20% PUR binder if casting takes place outdoors. Always consider the use of natural materials which do not generate any microplastics, such as grass, wood chips or sand. There are cork products on the market with the same function and appearance as the rubber materials. However, these still contain PUR binders but are considered a more environmental-friendly alternative from a microplastic perspective and probably from a climate perspective as well.

Construction (environment, substrate and design) is another important aspect to reduce the spread of microplastics from rubber surfaces and artificial turf surfaces. Open street wells near these surfaces should be avoided, and in exposed places these should be fitted with filters. Good drainage should be ensured with the use of stable draining surface, such as crushed stones and stone dust. Sand on granular surfaces increases wear and should be avoided by separation using edges and spacing. Trees, especially berry and fruit trees, should be avoided on rubber surfaces due to bird droppings, troublesome soiling and thus more expensive maintenance.

Maintenance is central to the long lifespan and reduced spread of microplastics from rubber materials. Prepare a maintenance plan together with the supplier and the maintenance contractor. Check the surfaces regularly (approx. 3-10 times/season) and repair damage as soon as possible so that it does not worsen. Pick, vacuum, brush and/or blow away debris and leaves from the surfaces regularly (3-10 times/season). Do not plow and clear snow on granular surfaces and avoid using them as a snow dump site. Empty any microplastic filters regularly, at least every season and if necessary, more often than that. Deep cleaning with a washing machine can be done if necessary, about 1 time/1-4 years, depending on the degree of soiling. It is important that the wash water is handled cautiously, so that it does not contribute to spread of microplastics. Standardized methods for identifying and remediating high-emission artificial turf and rubber surfaces should be developed so that the spread of microplastics from these surfaces can be reduced cost-effectively.

Inledning

IVL Svenska Miljöinstitutet (IVL) har genom ramavtalet "Uppföljning & utvärdering av kemiska ämnen i miljön – Delområde 1 Mätningar i miljön" erhållit Naturvårdsverkets förtroende att genomföra detta uppdrag med ärendenummer NV-00173-16.

För att genomföra uppdraget med bästa förutsättningar och kompetens involverade IVL två underkonsulter, KTH och Sandmaster i projektet. KTH har ledande forskningskompetens inom polymera material och företaget Sandmaster har rengöringsmaskiner för aktuella ytor, vilka använts inom projektet vid provtagningarna. Sandmaster har även bidragit med sin omfattande praktiska erfarenhet kring rengöring och underhåll av gummerade ytor och konstgräsplaner.

Slutligen vill vi rikta ett tack till alla anläggningsägare, leverantörer och andra intressenter som svarat på alla våra frågor eller deltagit vid de två dialogmöten som projektet arrangerat i samarbete med "Beställargrupp konstgräs" för att få inspel främst på materialspecifikation och skötselrutiner för gummiytor. De synpunkter och diskussioner som framfördes och ägde rum vid dessa möten var mycket intressanta och värdefulla för den slutliga sammanställningen av våra förslag för att minska spridningen av mikroplast från gummerade ytor och konstgräsplaner utan granulat.

Bakgrund

Mikroplast definieras vanligtvis som plast och gummipartiklar med en diameter mellan 1 µm och 5 mm (Gigault J, 2018). Nanoplast är benämningen på plast/gummipartiklar som är ännu mindre. Under senare år har spridningen av mikro- och nanoplast börjat uppmärksammas, delvis beroende av en ökande medvetenhet om hur stora mängder plast som årligen ackumuleras i naturen (Zhou Y, 2020), (Galafassi S, 2019), (Geyer R, 2017), (Eriksen M, 2014) och delvis beroende på en växande insikt om att framförallt nanoplast kan orsaka betydande skador på biologiskt liv (Jiang B, 2020), (Wang L, 2021), (Chae Y, 2019).

Nanoplast är mindre än ögat kan se, men alltmer avancerade metoder utvecklas för att detektera förekomsten av dem i miljön (Fu W, 2020). De flesta plaster och gummin är inerta och marginellt toxiska i makroskopisk form (Ekvall MT, 2019), (Hamid SM., 2020), (Kutz M., 2018), men om de bryts ned eller produceras som mikroskopiska partiklar ökar de potentiella riskerna för levande varelser (Kögel T, 2020). Hälsoriskerna påverkas bland annat av partikelstorlek, partikelkoncentration, exponeringstid, partikelbetingelser (form etc.), partikelmateriale och omgivande miljöfaktorer (Kögel T, 2020). Åtminstone viss nanoplast kan ackumuleras i biologisk vävnad (Sökmen TÖ, 2020), (Ding J, 2018), (Deng Y, 2017).

Levande organismer som får i sig tillräckliga mängder mikro/nanoplast kan få magproblem, försämrad tillväxt, nedsatt reproduktionsförmåga, inflammationer, skador på immunsystemet, förändrad metabolism och neurologiska förändringar (Kögel T, 2020), (Barriá C, 2020), (Stapleton PA, 2019), (Büks F, 2020), (Rochman CM, 2017), (Yong CQY, 2020), (Sana SS, 2020), (Lehner R, 2019), (Prüst M, 2020). Vetenskapliga studier av mikro/nanoplasters hälsoeffekter har främst gjorts på fiskar, snäckor, skaldjur och mänskliga celler, men även på människor, möss och andra djur (Wang YL, 2020), (Yong CQY, 2020), (Lehner R, 2019). Dagens nivåer av mikro/nanoplast i Sveriges dricksvatten är så låga att de sannolikt inte är direkt hälsovådliga för människor (Bergman P, 2020), men det finns fortfarande betydande kunskapsluckor inom detta forskningsfält (Horton AA, 2017), (Ogonowski M, 2018), (Bouwmeester H, 2015). Mängderna mikroplast, kunskaperna om mikroplast och regleringarna kring mikroplast förväntas också öka med tiden.

I syfte att begränsa förekomsten av mikroplaster har Sverige tagit fram en färdplan för hållbar plastanvändning för att kartlägga de huvudsakliga källorna till svenska mikroplastutsläpp och föreslå åtgärder för att begränsa dem. Regeringen har givit Naturvårdsverket det övergripande uppdraget att ansvara för nationell plastsamordning. I detta uppdrag ingår att "samla och bygga upp objektiv och faktabaserad kunskap om mikroplast, att sprida denna kunskap till relevanta aktörer, samt att samordna och driva frågor i syfte att nå en hållbar plastanvändning" (Naturvårdsverket, 2020). Naturvårdsverket presenterade en tidigare studie om mikroplaster 2019 (Naturvårdsverket, 2019), vilken nuvarande arbete bygger vidare på. Denna föregående studie inkluderade bland annat en sammanställning av hur stora ytor med gjutet gummi Sveriges största kommuner bedömde sig ha, däremot redovisade studien inte någon uppskattning av de totala mikroplastutsläppen från Sveriges gummiytor.

Plastflödena i Sverige har nyligen dokumenterats i SMED:s rapport: "Kartläggning av plastflöden i Sverige" (SMED, 2019). De två främsta kvantifierbara källorna till mikroplastspredning i Sverige bedöms vara gummipartiklar från fordonsdäck som nöts ned i vägtrafiken samt gummigranulat från konstgräsplaner med infill, även om icke kvantifierade källor som nedskräpning och nedbrytning av makroplast till mikroplast kan vara väl så viktiga källor (Magnusson K E. K., 2016), (Magnusson K A. M., 2019). Till skillnad från plaster som polyeten och polypropen är däckgummi tyngre än vatten och sjunker därför ned i bottensedimentet om det hamnar i sjöar, floder eller andra vattendrag (Lenaker PL, 2019). Mängden gummipartiklar som når avloppsreningsverken i Stockholm, Göteborg och Malmö är därför förhållandevis begränsad (Tumlin S, 2020). Även i andra länders floder och sjöar är koncentrationen gummipartiklar i ytvattnet jämförelsevis låg (Xu C, 2020). Spridningsvägarna för mikroplast i vatten (Horton AA, 2017), (Baresel C, 2019), (Baensch-Baltruschat, Kocher, Stock, & Reiffersched, 2020), (Bergmann M, 2015) och på land (Zhang B, 2020) har analyserats i flera studier och skyddsåtgärder har förslagits (Ogunola OS, 2018), (Ejhed H, 2018), (Peng J, 2017), (Auta, Emenike, & Fauziah, 2017).

Föreliggande IVL-rapport ("Mikroplast från gjutet gummigranulat och granulatfria konstgräsytor"), är en uppföljning på IVL-rapporten "Sammanställning av kunskap och åtgärdsförslag för att minska spridning av mikroplast från konstgräsplaner och andra utomhusanläggningar för idrott och lek" (Krång, 2019). Rapporten ingår i Naturvårdsverkets uppdrag som nationell plastsamordnare och syftar till att kvantifiera mikroplastutsläppen från ytor med gjutet gummigranulat och infillfritt konstgräs i Sverige. Ytor med gjutet gummigranulat och infillfritt konstgräs förväntas ge relativt begränsade mikroplastutsläpp, men mängderna är inte kvantifierade och är antagligen inte försumbara.

Lekplatser, skolgårdar, idrottsanläggningar och utomhusgymnastikplatser är exempel på utomhusytor där gjutet gummigranulat och granulatfritt konstgräs förekommer. Under 2010-talet ökade sådana material kraftigt i popularitet, huvudsakligen som en effekt av statliga påbud om att lekplatser och andra offentliga rum skall tillgänglighetsanpassas för rörelsehindrade. Vid anläggning av fallskyddsytor är utsläpp av mikroplaster sålunda bara en av flera parametrar att beakta. Egenskaper som slitlighet, god dämpningsförmåga, lågt pris, högt lekvärde, bra framkomlighet, låga växthusgasutsläpp och begränsat kemikalieinnehåll är också viktiga, varför en balans mellan de önskade egenskaperna efterfrågas.

Syfte och mål

Uppdraget hade följande syften:

1. Att bygga vidare på de undersökningar av gjutna gummiytor och granulatfria konstgräsytor som beskrivs i IVL-rapporten "Sammanställning av kunskap och åtgärdsförslag för att minska spridning av mikroplast från konstgräsplaner och andra utomhusanläggningar för idrott och lek", (Krång, 2019).
2. Att ta fram tekniska specifikationer för att begränsa utsläpp av mikroplaster från ytor med gummigranulat genom bättre anläggande, material och underhåll.
3. Att genomföra mätningar och beräkningar av mikroplastutsläpp från ytor med gjutet gummi-granulat och granulatfria konstgräsplaner.
4. Att identifiera spridningsvägar för mikroplastutsläppen från ytor med gjutet gummigranulat och granulatfria konstgräsplaner.

Målet för uppdraget var att få en bättre uppskattning av betydelsen av ytor med gjutet gummi-granulat och granulatfria konstgräsytor som källor till mikroplaster, samt en utvärdering av spridningen av mikroplaster från dessa ytor.

Ett annat mål var att komma ett steg närmre en kvantifiering av dessa källor till mikroplast-spridning nationellt, samt att få en bättre förståelse för hur man kan förhindra att spridning av mikroplaster från dessa ytor sker.

Genomförande

Uppdraget genomfördes i tre arbetspaket vilka beskrivs nedan.

Specifikationer för minskad spridning av mikroplaster från ytor med gjutet gummigranulat

Uppdraget

Målet med denna del av uppdraget, som KTH ansvarat för, var att ta fram specifikationer som kan användas vid anläggning av ytor med gjutet gummigranulat, där det framgår hur dessa ytor ska anläggas och underhållas för att minska utsläpp av mikroplaster från dessa anläggningar till omgivningen.

Detta arbetspaket bestod av tre huvudaktiviteter:

- a **Beskrivning av vilka material som används idag, i vilken omfattning och vilka krav som gäller för dessa gummiytor.**
- b **Förslag på materialspecifikation för anläggande av hållbara ytor med gjutet granulat inklusive skötselinstruktioner.**
- c **Uppskattning av nationell total area platsgjutet gummi.**

Genomförande

Aktivitet (a), dvs **Beskrivning av vilka material som används idag, i vilken omfattning och vilka krav som gäller för dessa gummiytor**, har genomförts främst genom litteraturstudier, analys av leverantörers hemsidor och kontakter med materialtillverkare, leverantörer, entreprenörer och anläggningsägare.

Aktivitet (b), dvs **Förslag på materialspecifikation för anläggande av hållbara ytor med gjutet granulat inklusive skötselinstruktioner**, har också genomförts genom litteraturstudier och dialog med materialtillverkare, leverantörer, entreprenörer och anläggningsägare. Bland annat arrangerades två välbesökta zoom-workshopar i samarbete med Beställargruppen för Konstgräs (BEGRKR), i syfte att ta in synpunkter från kommuner, tillverkare och andra intressenter. Genom intressentdialog har vi fått värdefull feedback och sökt acceptans för föreslagna specifikationer. Vi har eftersträvat funktionskrav då teknik- och specifika materialkrav kan hämma teknikutveckling och konkurrens.

Aktivitet (c), dvs **Uppskattning av nationell total area platsgjutet gummi**, genomfördes i syfte att lättare kunna kvantifiera storleken av de potentiella mikroplastutsläppen från ytor med gjutet gummigranulat i Sverige. Eftersom arbetspaket två i denna studie mäter mikroplastutsläpp som funktion av ytarea och tid för representativa fallskyddsytor, kan den totala arean med platsgjutet gummi användas för att uppskatta de totala årliga mikroplastutsläppen från sådana ytor i Sverige. Tre parallella strategier har använts för att göra en uppskattning den totala utomhusytan i Sverige som täcks av platsgjutet fallskyddsgummi och fallskyddsplattor av gummi. Dels analyserades flygbilder med GIS (Geographic Information System), där storlek och position markerades för alla gummiytor som identifierats i Sveriges största städer. Dels har ca 10 av de främsta leverantörerna

av lekplatsfallskyddsgummi i Sverige tillfrågats om hur mycket gummi de lägger årligen och hur mycket de tror att de lagt ut totalt genom tiderna. Dessutom har data använts från en tidigare studie där Sveriges kommuner tillfrågats om hur stora gummiytor de tror att de har inom sina kommungränser (Krång, 2019). För gummi på idrottsanläggningar (löparbanor, friidrottsarenor, multisportplaner o.d.) har vi nöjt oss med två parallella strategier: GIS och den tidigare enkätstudien med kommunerna.

Kartstudien genomfördes huvudsakligen i Lantmäteriets GIS kartprogram "min karta", som är allmänt tillgängligt på <https://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-och-geografisk-information/Kartor/min-karta>. Flygbilder med hög upplösning användes som grundlager i kartanalysen. Manuell okulär besiktning av flygbilderna användes för att lokalisera och identifiera alla tänkbara gummiytor. Areal för varje enskild gummiyta beräknades automatiserat som arean av polygonen som bildas när ytans hörnkoordinater binds samman. Vanligtvis var polygonen en rektangel (Figur 1), men mer komplexa former förekom också. För varje yta beräknades också centrumkoordinaten, i syfte att underlätta den fortsatta analysen. Ytorna sparades temporärt i ett kartlager och alla ytors centrumkoordinater och areor sparades sedan permanent som tabeller. Summan av ytornas area beräknades och jämfördes med motsvarande totalareor från kommunernas respektive leverantörernas uppgifter.



Figur 1. Exempel på kartbild från GIS-analysen.

Areauppgifter för leverantörernas anlagda gummiytor erhöles från 11 av de dominerande lekplatsentreprenörerna inom fallskyddsgummibranschen, däribland Lekplatskonsulten, Trygglek, Nordic Surface, Lappset, Tress, Unisport, Söve, Gårda Johan, Kompan, Hags och Turfs. Minst ett tiotal ytterligare mindre leverantörer erbjuder också fallskyddsplattor och/eller gummiasfalt på den svenska marknaden, men det är ändå rimligt att anta att de stora leverantörer som lämnat uppgifter representerar ca 80% av dagens svenska marknad för gummifallskydd utomhus, och antagligen betydligt mer. Notera att gummigranulatunderlag för idrottsanläggningar inte ingår i leverantörsstudien utan bara fallskyddsgummi för lekplatser o.d. Leverantörerna kunde bistå med jämförelsevis pålitliga data för innevarande år, men uppskattningarna av den totala mängd gummi som lagts ut genom åren av respektive företag var behäftad med stor osäkerhet. Fallskydd av gjutet gummigranulat introducerades i Sverige strax innan år 2000, men började användas i större

skala först några år senare, i hög grad som en konsekvens av boverkets regelverk (BFS 2004:15 ALM 1), som bland annat stadgade att lekplatser skall göras tillgängliga även för personer med nedsatt fysisk rörlighet. Användandet av fallskyddsgummi ökade därefter stadigt, i synnerhet efter år 2012, fram till ca 2018, då nyanläggandet åter började minska på grund av samhällets begynnande oro för mikroplaster. Totalarean ökar fortfarande från år till år, men ökningstakten har minskat. I de fall leverantören inte kunde ge en exakt siffra på företagets totala utlagda gummiarea genom åren gjordes en kvalificerad skattning utifrån leverantörens uppgifter.

Areauppgifter för kommunernas beställda gummiytor har tagits från IVL-studien (Krång, 2019) som publicerades mars 2019. Eftersom ytterligare granulatytor anlagts sedan dess kan man förvänta sig att dessa siffror är något lägre än de skulle varit om motsvarande informationsinhämtning skett nu 2021. De kommuner som ingick i studien och som tagits med i denna rapport är Stockholm, Göteborg, Malmö, Uppsala, Linköping, Lund, Borås, Örebro, Helsingborg och Umeå. Dessa kommuner motsvarar 28,9 procent av Sveriges befolkning på 10 373 225 personer år 2020 (SCB, 2020), vilket tagits med i beräkningen.

Spridning av mikroplaster från ytor med gjutet gummigranulat

Uppdraget

Målet med denna del av uppdraget som genomförts av IVL var dels att uppskatta hur mycket gummigranulat som försvinner från dessa anläggningar genom att både ta prover från olika anläggningar, men också att ta flera prover från en och samma anläggning, för att se variationen inom och mellan lokaler. Uppdraget går också ut på att se hur spridningen av mikroplaster sker över tid, samt att uppskatta transporten av mikroplaster från anläggningarna till recipient. Mätningarna ska göras från underlag av gjutet granulat med olika grader av slitage och nyttjandenivå, samt olika åldrar, storlekar och geografisk spridning.

Mätningarna ska också göras under tillräckligt många tillfällen för att ge en god bild av variationen över tid, dels mellan de olika ytorna, men också hur variationen ser ut för var och en av ytorna. Ytorna som väljs ut ska vara av jämförbart material, när det gäller det förväntade utsläppet av mikroplast. I den mån detta är möjligt ska även en uppskattning av utsläppen från dessa ytor nationellt redovisas. Mätningarna ska utföras regelbundet under perioden hösten 2020 och våren 2021.

Genomförande

I (Krång, 2019) redovisas hur IVL i tidigare uppdrag påvisat spridning av mikroplaster från lekplatser genom att provta och analysera mikroplaster i brunnsediment tagna i dagvattenbrunnar i nära anslutning till lek- och idrottsytor med platsgjutet gummi. Metoden ger dock ingen kvantifiering av mikroplastspridningen från dessa ytor. Långt ifrån allt gummi som lämnar ytorna hamnar i dagvattenbrunnar och en del av partiklarna som inledningsvis hamnat där kan därefter ha transporterats vidare i systemet till närmaste vattenrecipient eller reningsverk via kombinerade avloppssystem.

IVL har i detta projekt utvecklat provtagningsmetodiken från tidigare studie genom samarbete med företaget Sandmaster, ledande experter inom rengöring av konstgräsplaner och gummiytor. Genom detta samarbete kan vi på ett standardiserat sätt provta, analysera och kvantifiera spridningen av mikroplast från dessa ytor genom att vi får tillgång till blandade samlingsprover från Sandmasters rengöringsmaskiner som med vatten djuprengör gummiytorna (Figur 2). Lossnat gummimaterial hamnar då i tvättvattnet och vi kan utifrån laboratorieanalyser uppskatta mängden mikroplastförluster per kvadratmeter gummiyta.



Figur 2. Sandmasters egentillverkade maskin för våtrengöring av gummiytor, vilken användes i projektet.

Liknande mätmetoder har använts för att undersöka mikroplastspridning från vägar (Järleskog I. S.-S., 2020). Sandmaster har vid rengöringen tagit kort på ytorna före och efter rengöring och fyllt i ett protokoll inkluderande lokalisering för ytan, och om möjligt ålder och slitagenivå om dessa uppgifter funnits. Eventuella kvantitativa uppgifter om nyttjande av gummiytan har också dokumenterats, se nedan exempel på provtagningsprotokoll (Tabell 1).

Tabell 1. Exempel på provtagningsprotokoll.

Platsens namn:	Nytorpsvägen 32, Breviksskolan
Platsens beteckning:	G7
Typ av yta:	Kompisgunga platsgjuten gummi
Mittkoordinater (lat/long WGS 84):	59.1346, 18.201
Ytans storlek [kvm]:	37.5
Ytans ålder [år]:	?
Senaste rengöring [datum]:	2021-04-14
Slitagenivå:	Normalslitage lite skada, mycket löst granulat på ytan samt runt om hela lekytan
Påvisad spridning av mikroplast:	
Nyttjande:	Flitigt använd av barn under skoltid.
Närmste dagvattenbrunn:	1,7 m. Enbart hårdgjorda ytor emellan.
Provtagningsdatum:	2021-05-26
Provtagningsansvarig:	Mats Svensson, Sandmaster Skandinavien AB
Provtagningsförhållanden:	

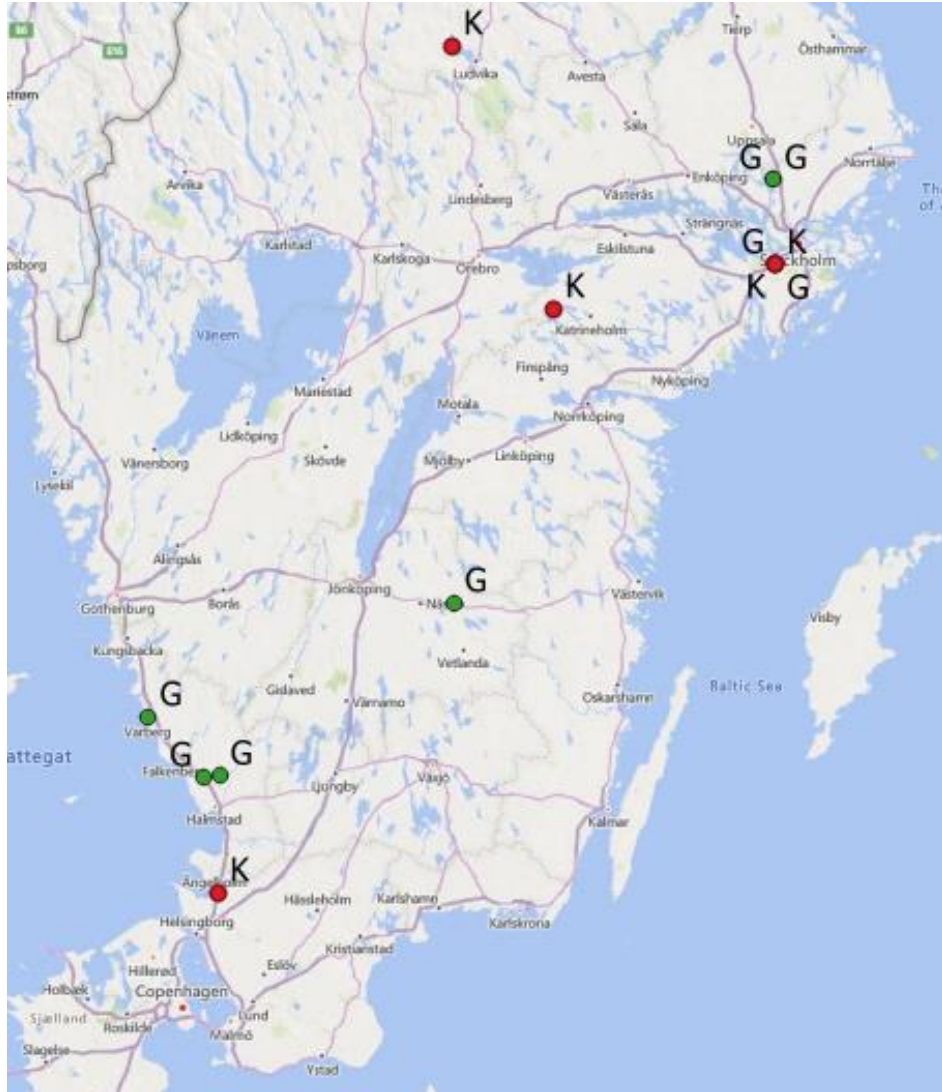
Den rengjorda ytans storlek [kvm]:	37.5
Spoltryck:	200
Provvolum [l]:	5
Total vattenvolum vid uttag av provvolum [l]:	250
Provmärkning:	Brevikskolan Kompisgunga

Eftersom projektet ska kunna bedöma förluster över tid, vilket kräver återkommande provtagning, valdes några gummiytor, vilka har rengjorts flera gånger under projektiden. För att uppnå god spridning av olika material, slitagenivå och andra förutsättningar samt brett statistiskt underlag har vi även undersökt ytterligare gummiytor en gång, se Tabell 2.

Tabell 2. Antal och typ av provtagningar.

Konstgräsyta	Höstprovtagning	Vårprovtagning	Totalt
K_Yta1	2		2
K_Yta2	2	2	4
K_Yta3	2	2	4
K_Yta4	2	2+filter	4
K_Yta5	2+filter	2+filter	4
	10	8	18
Gummiyta			
G_Yta1	1	1	2
G_Yta2	1		1
G_Yta3	1		1
G_Yta4	1		1
G_Yta5	1		1
G_Yta6	2	1	3
G_Yta7	2+filter	1+filter	3
G_Yta8	1	1	2
G_Yta9	1	1	2
G_Yta10	1	1	2
G_Yta11	1		1
G_Yta12	1		1
	14	6	20

Figur 3 nedan visar en karta över de olika provtagningsplatserna. Detaljerade beskrivningar av de olika provtagningsplatserna redovisas i Bilaga 1 och Bilaga 2.



Figur 3. Karta över alla provtagningsplatser. K=konsträs, G=gummiyta

Vid ytor som provtogs upprepade gånger inom projektet och där det fanns möjlighet installerades brunnsfilter (Figur 4) i närliggande dagvattenbrunnar för att fånga upp mikroplaster som transporteras vidare via dagvatten för att få en uppfattning om de olika transportvägarna. I filterhållarna sattes två filterpåsar med 200 respektive 50 µm filter.

Materialet i 200 µm filtret sållades först genom ett 2 mm metallsäll m h a MQ-vatten. Filtratet sparades och sållades ner på ett 100 µm nylonfilter. Materialet som fastnat på metallsället filterades ner på ett 300 µm nylonfilter m h a vattensug. Materialet i granulatfällans 50 µm-filter filterades direkt ner på ett 50 µm nylonfilter. Från varje granulatfälla finns alltså mikroplast i tre storlekskategorier: > 2 mm, 2 mm – 200 µm och 200 µm – 50 µm.



Figur 4. Brunnsfilter från SEKA Miljöteknik med två utanpåliggande filterpåsar (200 och 50 μm maskstorlek) använda i projektet för att kvantifiera mikroplast i dagvatten.

Spridning av mikroplaster från granulatfria konstgräsytor

Uppdraget

I detta arbetspaket som genomförts av IVL ingår förutom mätningar och beräkningar av mikroplastutsläpp från granulatfria konstgräsplaner, även försök till kvantitativ beskrivning av spridningsvägar för mikroplast till miljön. Mätningarna ska göras från konstgräsytor av olika grader av slitage och nyttjandenivå, samt olika åldrar, storlekar och geografisk spridning. Mätningarna ska också göras under flera tillfällen för att ge en god bild av variationen över tid. En uppskattning av den totala volymen av mikroplastutsläpp nationellt från konstgräs utan granulat ska redovisas i den mån detta är möjligt. Mätningarna ska utföras regelbundet under perioden hösten 2020 och våren 2021.

Genomförande

Även i detta arbetspaket användes en provtagningsmetodik som bygger på att Sandmaster, med sina specialbyggda maskiner (Figur 5), rengör granulatfria konstgräsytor. IVL får tillgång till samlingsprov av tvättvatten från en känd area av den undersökta planen för extraktion och analys av mängden mikroplast. Tillvägagångssättet för provtagning, dokumentation och analys är den samma som för gummiytorna, även om maskinen är annorlunda. I detta arbetspaket genomfördes totalt 18 provtagningar och analyser på fem multisportplaner för att kunna följa upp mikroplast-spridning under provtagningsperioden, se Tabell 2 tidigare i rapporten.



Figur 5. Sandmasters egentillverkade maskin för våtrengöring av konstgräsplaner med eller utan granulat och tvättvatten från denna, vilket IVL analyserat i projektet.

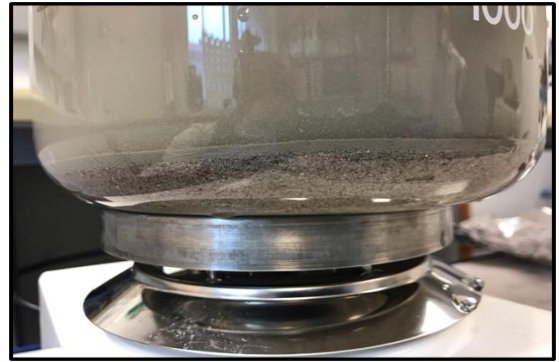
Provbehandling och analyser

Projektets vattenprover och brunnsfilter transporterades till IVL:s mikroplastlaboratorium i Stockholm, där proverna processades (Figur 6). Från varje vattenprov togs, efter noggrann homogenisering m.h.a. magnetomrörare, ett eller flera delprov för att kvantifiera mängden mikroplastpartiklar. Volymen av delproven varierade mellan 1 – 140 ml. Delproven filterades sedan genom ett 300 µm och därefter ett 50 µm nylonfilter m.h.a. vattensug. I uppdraget ingick ursprungligen enbart analyser på 300 µm filter. Tidigare erfarenheter från liknande uppdrag på IVL, bl.a. analyser av Sandmasters tvättvatten utförda 2018, har visat en ökning av partikelhalten/L för mindre storleksfraktioner. Det, i kombination med att granulatfällornas uppsamling av

partiklar skulle analyseras både på 200 och 50 μm , gjorde att uppdraget utökades till att omfatta analyser av både 300 och 50 μm även för tvättvattnet.



A)



B)



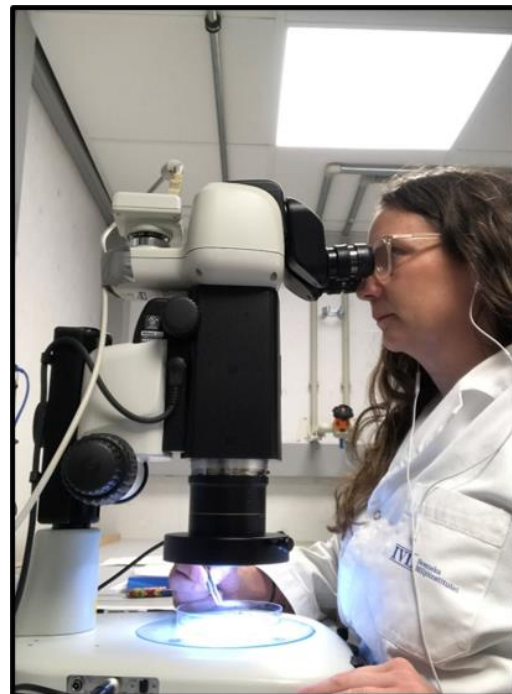
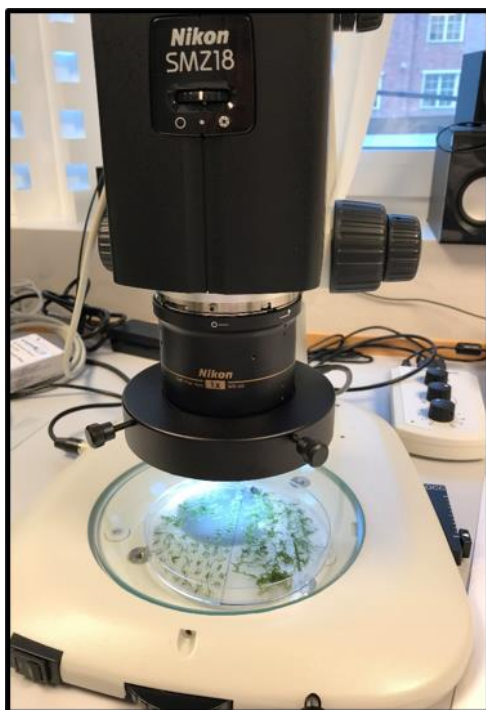
C)



D)

Figur 6. A) Inkommande vattenprover med tydligt olika mikroplastinnehåll. B) Exempel på prov med mycket sediment som är svårt att homogenisera. C) Uttag av homogeniserat delprov för analys. D) Filtrering genom två filtersteg m.h.a. vattensug.

Filtren med dess partiklar placerades därefter i rena petriskålar för analys i stereomikroskop (Figur 7). De stereomikroskop som använts i denna studie är dels Nikon SMZ18 med en förstoringegrad mellan 7,5 – 135 gånger, dels Nikon SMZ745T med en förstoringegrad mellan 13 och 100 gånger. Mellan varje filtrering rengörs utrustningen noggrant.



Figur 7. Petriskålar för analys i stereomikroskop.

Varje granulutfälla bestod av två nylonfilter: ett yttre med en masktäthet på $50\ \mu\text{m}$ och ett inre med en masktäthet på $200\ \mu\text{m}$. Från varje filter togs tre delprov för bestämning av torrsvikt:vätskvikt-förhållandet. Delproven vägdes och torkades därefter i varmluftsugn i 105°C till dess att konstant vikt uppnåddes. På så sätt kunde provens vattenhalt och torrsvikt:vätskvikt-förhållande räknas ut. Två till tre delprov (mellan $0,05$ och $7,7\ \text{g}$) togs sedan från varje brunnsfilter för analys av mängden mikroplastpartiklar. Sedimentproverna från $200\ \mu\text{m}$ filtret sållades först genom ett $2\ \text{mm}$ metallsäll m h a MQ-vatten. Partiklarna som hamnat på sållet slammades upp i MQ-vatten och filtrerades ner på ett $300\ \mu\text{m}$ nylonfilter m h a vattensug. Filtratet från sållet sparades och filtrerades i sin tur genom ett $100\ \mu\text{m}$ nylonfilter m h a vattensug. Sedimentprovet från $50\ \mu\text{m}$ -filtret slammades också upp i MQ-vatten innan det filtrerades ner på ett $50\ \mu\text{m}$ nylonfilter m h a vattensug. Varje filter med dess partiklar förflyttades till rena petriskålar för analys i stereomikroskop.

Varje prov analyseras genom optisk observation i stereomikroskop där alla mikroplastpartiklar från konstgräsplanerna och gummigranulatytorerna som fångats upp på respektive filter kvantifieras med avseende på partikeltyp, antal och färg. Denna analys utförs genom systematisk granskning

på både högre och lägre förstöringsgrad där varje enskild partikel bedöms visuellt (färg, form och struktur) samt baserat på sin fasthet. Även smälttester utförs emellanåt för att säkerställa partiklarnas ursprung.

I alla delar av provtagning, process och analysarbete, vidtas försiktighetsåtgärder för att minimera kontaminering av mikroplastpartiklar från omgivningen. Detta trots att kontaminering normalt består av luftburna fibrer, vilka inte är förväxlingsbara med de partiklar som kommer från gummiytor och konstgräsplaner. Genom att också analysera blankprover med avjoniserat vatten kan eventuell kontaminering kvantifieras och hanteras. Mikroskopen är kopplade till kamera och dator där proverna analyseras vidare och dokumenteras.

Beräkningsmetodik

Beräkningen av mikroplastspridning i gram per kvadratmeter och år är beroende av antagande om tvättvattenförbrukning per area, viktuppskattning för mikroplastpartiklarna och tidsintervallet mellan provtagningstillfällen.

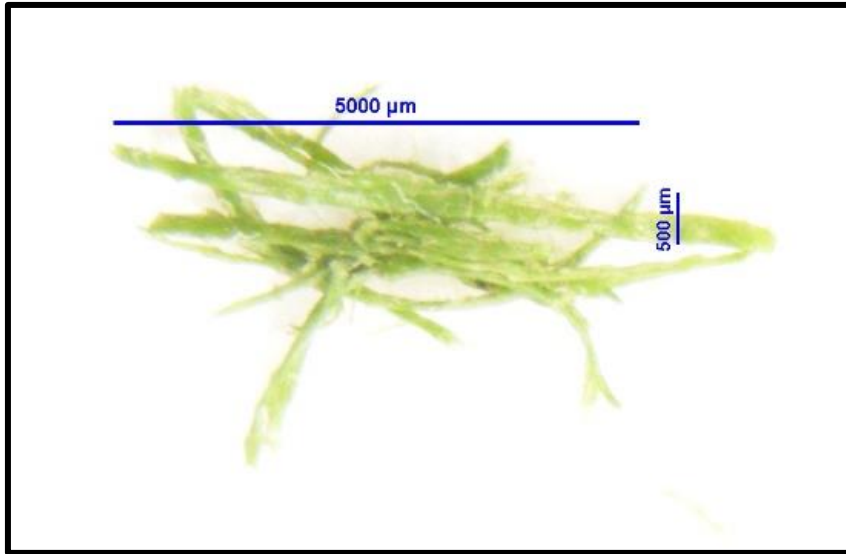
Areauppskattning

Underlaget för areabestämning kommer från Sandmasters vattenförbrukning för tvättprocessen. Tvätt av granulatytor sker med en förbrukning av 10 liter per m² där provvatten togs ur en full tvättvattentank på 250 liter, vilket motsvarar 25 m². För granulatfria konstgräsytor används 1,25 liter per m² och provvattnet togs ur en 350 respektive 400 liters tvättvattentank, vilket motsvarar 280 och 320 m² för respektive maskin.

Viktuppskattning

För att beräkna antal mikroplastpartiklar per liter tvättvatten till en motsvarande vikt antogs sfäriska partiklar med en diameter på 300 µm och 175 µm för respektive partiklar i 300 µm och 50 µm filtret. En densitet på 1 g/cm³ användes för granulatpartiklarna som sjunker ner till botten i provvattnet. Detta resulterar i en uppskattad vikt på 1,41372E-05 respektive 2,80616E-06 g/partikel för gummigranulaten.

Viktuppskattningen för konstgräsfiber är lite mer komplicerat på grund av den stråliknande formen. Formen beskrevs som ett rätblock med sidorna 0,1x0,25x3,1 mm för partiklarna som fastnade på 300 µm filtret (Figur 8). Partiklarna som fastnade på 50 µm filtret beskrevs som 0,1x0,25x0,3 mm. Konstgräsfiber flyter på provvattnet och densiteten 0,93 g/cm³ för LDPE (Low-density polyethylene) användes, vilket resulterar i en uppskattad vikt på 7,20750E-05 respektive 6,97500E-06 g/partikel för konstgräsfiber.



Figur 8. Storlek på några konstgräsfibrer som är utsorterade efter räkning.

Viktuppskattningen kalibrerades genom vägningar av räknade konstgräsfiber från två olika delprov K4A och K4B, vilket gav ett medelvärde på $7,30693E-05$ g/partikel för konstgräsfiber som fastnade på 300 µm filtret. Dessutom vägdes alla konstgräsfiber från delprov K4C där höga koncentrationer av strå uppmättes (Figur 9). Den totala vikten torkade konstgräsfiber vägdes in till 21,8 g. Den teoretiska vikten beräknades utifrån analyserad koncentrationen på 88 182 fiber/liter och medelvikt per partikel ovan till 31,2 gram. Skillnaden mellan de två vikterna ger en uppskattning om osäkerheten i metodiken.



Figur 9. Dunk med provtagningsvatten från station K4C som innehåller höga halter konstgräsfiber.

Resultat

Specifikationer för minskad spridning av mikroplaster från ytor med gjutet gummigranulat

Denna del av studien syftar till att: (1) sammanfatta vilka regelverk som gäller för fallskyddsytor, (2) beskriva hur ytor med gjutet gummigranulat brukar konstrueras, (3) beskriva vilka material som förekommer i ytor av gjutet gummigranulat, (4) beskriva egenskaperna hos förekommande material, (5) ta fram specifikationer och skötselinstruktioner för hållbara ytor med gjutet granulat och slutligen (6) kartlägga hur stora arealer med gjutet gummigranulat som finns idag.

Regelverk för fallskyddsytor

Vid konstruktion och förvaltning av fallskyddsytor finns en mängd nationella och internationella regelverk att förhålla sig till, både rörande fallskyddssäkerhet, tillgänglighet för rörelsebegränsade och miljö.

Europastandarderna SS-EN 1176 (SIS, 2018) och SS-EN 1177 (SIS, 2019) för lekredskap och stötdämpande underlag reglerar bland annat vilka minimikrav som ställs på fallskyddssäkerheten för stötdämpande underlag vid lekredskap. Där beskrivs testmetodik, beräkningsalgoritmer och kravspecifikationer för fallskyddsmaterial. Islagsmätningar kan utföras genom att släppa en tung, väldefinierad aluminiumkula från en serie olika höjder mot fallskyddsytan som skall testas. Kulans acceleration registreras digitalt som funktion av tid, den maximala accelerationen noteras och HIC-talet (Head Injury Criterion) beräknas och jämförs med gränsvärdena. Genom att upprepa fallskyddstestet för olika tjocklekar av det undersökta fallskyddsmaterialet kan den minsta tillåtna materialtjockleken beräknas och tabelleras som funktion av fallhöjd. Högre lekredskap kräver tjockare fallskyddslager och större säkerhetsradie belagd med fallskyddsmaterial kring redskapet.

Plan- och bygglagen (PBL) (Regeringskansliet, 2010) reglerar utemiljön i bebyggt område i Sverige. I detta regelverk står att ytor för lek och utevistelse skall finnas i bostadsområden, att de skall konstrueras och underhållas så att risken för olyckor minimeras samt att allmänna platser och tomter om möjligt skall utformas så att de blir tillgängliga även för personer med nedsatt rörelseförmåga (SFS 2010:900).

Produktsäkerhetslagen (PSL) (Regeringskansliet, 2004) fastslår att alla varor och tjänster som svenska konsumenter erbjuds av näringsidkare och offentliga verksamheter skall vara säkra (SFS 2004:451). PSL gäller även när kommuner och bostadsrättsföreningar tillhandahåller lekredskap på lekplatser, oavsett redskapets ålder. Konsumentverket kontrollerar att PSL efterlevs.

Boverkets författningssamling (BFS) (Boverket, 2011) innehåller bland annat "Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillgänglighet och användbarhet för personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga på allmänna platser" (BFS 2004:15 ALM 1, BFS 2011:5 ALM 2). Där framgår att nyanlagda lekplatser skall kunna användas av barn och föräldrar med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga, men att inte nödvändigt samtliga lekredskap måste göras tillgängliga. Boverkets föreskrifter om enkelt avhjälpna hinder (BFS 2013:9 HIN 3) syftar till att anpassa befintliga allmänna platser, inklusive lekplatser, för att uppnå ökad tillgänglighet.

I BFS ingår också Boverkets byggregler (BBR), som reglerar hur fasta lekredskap, såsom gungor och lekställningar, skall utformas för att minimera risken för olyckor och personsador. Underlag under lekredskap skall vara stötdämpande och utformade för att minimera skador (BBR 8:93). BBR gäller både vid nybyggnad och ombyggnad av lekplatser. Lagtexten i BFS uppdaterades 2020.

EU:s kemikalielagstiftning REACH (EU, 2006) reglerar användningen av kemikalier inom EU. I Sverige är detta regelverk inkluderat i miljöbalken. Naturvårdsverket, Kemikalieinspektionen och Arbetsmiljöverket har tillsynsansvar för att REACH efterlevs i Sverige.

CE-märkning enligt EU:s leksaksdirektiv (2009/48/EG) (EU, 2009) krävs för fallskydd och lekredskap för enskilt bruk för att visa att de uppfyller EU:s kriterier för miljö, hälsa och säkerhet. I leksaksdirektivet regleras bland annat hur mycket tungmetaller och kemikalier som är tillåtet i leksaker och lekytor. Standarderna i SS-EN 71:2005 serien är relevanta i sammanhanget, i synnerhet del 1 och del 9 (SIS, 2005), (SIS, 2005b). Kemikaliekraven är implementerad i svensk lagstiftning genom lag (2011:579), förordning (2011:703) om leksakers säkerhet samt i Kemikalieinspektionens föreskrifter (KIFS 2017:8) (KEMI, 2019). Konsumentverket är ansvarig myndighet för leksaker generellt i Sverige, Svenska Standardiseringsinstitutet är ansvarigt för att utarbeta standarder och Kemikalieinspektionen kontrollerar efterlevnaden av kemikalierglerna för leksaker.

Parisavtalet (FN, 2015) som trädde i kraft 2016, fastställer att den globala uppvärmningen skall hållas långt under två grader jämfört med referensåret 1990 och att en begränsning på 1,5 graders uppvärmning skall eftersträvas. Sverige långsiktiga klimatmål inom ramen för Parisavtalet är att senast år 2045 inte längre ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären (EU, 2009). Detta kräver att alla verksamheter minimerar sin klimatpåverkan, inklusive byggföretag och kommuner som bygger respektive beställer och förvaltar idrottsanläggningar och lekplatser. Som en konsekvens av detta bör klimatsmarta materialval användas vid anläggning av sådana ytor.

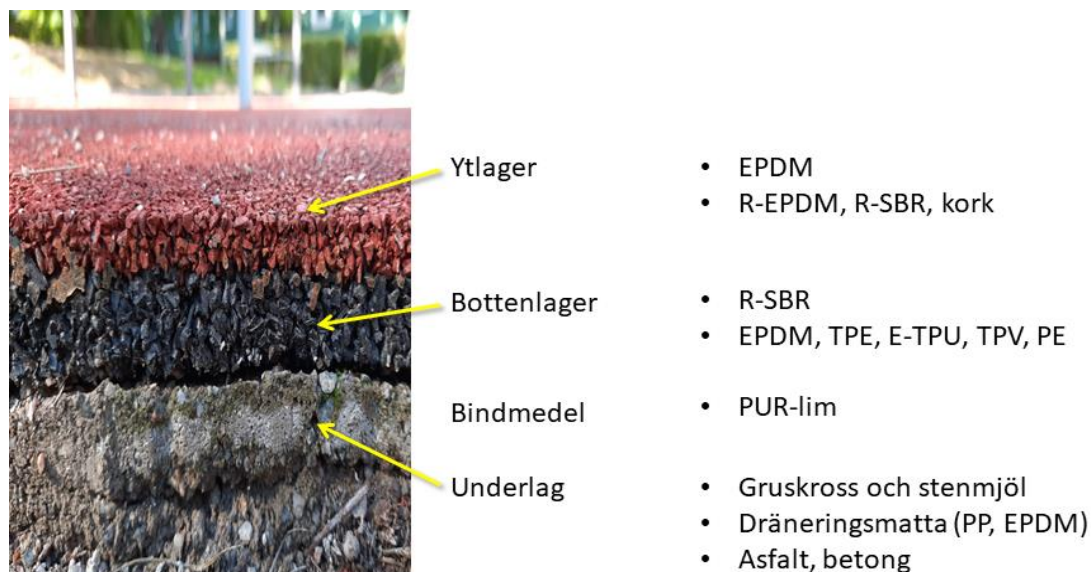
Konstruktionsöversikt för ytor med gjutet gummimaterial och konstgräs

Fallskydd av gjutet gummigranulat för utomhusbruk kan antingen bestå av platsgjutet gummi (gummiasfalt) eller av prefabricerade fallskyddsplattor i gummi. Platsgjutet gummi har fördelen att det kan användas för att skapa ytor med komplexa geometrier och en mångfald av färgblandningar medan fallskyddsplattor har fördelen att de inte kräver lika avancerad teknik för att läggas ut. Båda konstruktionstyperna kan användas för att skapa ett effektivt fallskydd med goda tillgänglighetsegenskaper, i bemärkelsen att det går att köra rullstolar och barnvagnar på dem. Alla gummifytor har också ett jämförelsevis lågt underhållsbehov, även om de inte är helt underhållsfria. Ytor med gjutet gummigranulat riskerar dock att släppa ifrån sig mikroplaster, är ofta åtminstone delvis tillverkade av nytillverkat syntetgummi och därmed inte ideala ur ett klimatperspektiv och kan i vissa fall innehålla högre halter av tungmetaller och kemikalier än vad som är tillåtet enligt EU's leksaksdirektiv (2009/48/EG) (EU, 2009) som reglerar kemikalieinnehållet i lekprodukter för barn. Det finns också preliminära indikationer på att förekomsten av vridningsinducerade knäledsskador ökar på ytor med gummigranulat jämfört med t.ex. fallskyddssand, men detta har ännu inte undersökts systematiskt.

Prefabricerade fallskyddsplattor för utomhusbruk är oftast tillverkade av gummigranulat (ca 5-15 mm i diameter) i antingen nytillverkat EPDM (eten-propen-diene)-gummi eller i återvunnen "SBR" (styren-butadien)-gummi från gamla däck. Granulaten sammanbinds med polyuretanbaserat lim. Ofta används samma sorts gummi i hela plattan, men det är också vanligt att plattorna består av två materiallager med olika struktur. Exempelvis kan det nedre lagret ha en vanlig granulatstruktur medan det övre lagret har en gräsliknande "mulch" struktur. Plattorna är ofta

approximativt rektangulära med en sidlängd på ca 50-100 cm och en tjocklek på ca 3-9 cm. Dämpningen i fallskyddet ökar med plattans tjocklek, så en tjockare platta ger bättre fallskydd och skall användas vid högre fallhöjder. Flera plattor kan sammanlänkas med sammanbindande pluggar till en större sammanhängande gummiyta och enstaka trasiga plattor kan lätt ersättas.

Fallskyddsytor av platsgjutet gummigranulat tillverkas oftast i två lager, ett nötningsbeständigt ytlager och ett stötabsoberande bottenlager (Figur 10). Det är främst tjockleken på det nedre lagret som bestämmer fallskyddsegenskaperna, dvs ett tjockare bottenlager möjliggör en högre fallhöjd. Vid låga fallhöjder kan det räcka med enbart ett ytlager. Granulaten i ytlagret består vanligtvis av nytillverkad EPDM, men även återvunnen EPDM (från tex sportskogummissulor) förekommer. Granulaten i bottenlagret består traditionellt av återvunnet "SBR"-gummi från däck, men nyare dämpningsmaterial för bottenlagret förekommer också, exempelvis expanderad termoplastisk polyuretan (E-TPU). Polyuretanbaserade bindemedel används för att sammanfoga granulaten, precis som i fallskyddsplattorna. Andelen bindemedel i förhållande till andelen granulat har angetts till ca 5-10 % i bottenlagret och 5-20 % i ytlagret av flera svenska tillverkare i denna studie. Sammanbindningen mellan granulaten förbättras med ökande andel bindemedel, men det gör tyvärr också kostnaden och materialets hårdhet. En alltför låg mängd bindemedel riskerar sålunda att minska ytans livslängd, medan en alltför hög mängd bindemedel riskerar att försämra fallskyddet. Platsgjutna fallskyddsmaterial kan också tillverkas av tex korkgranulat som sammanfogas med polyuretanbindemedel på samma sätt som gummigranulat.



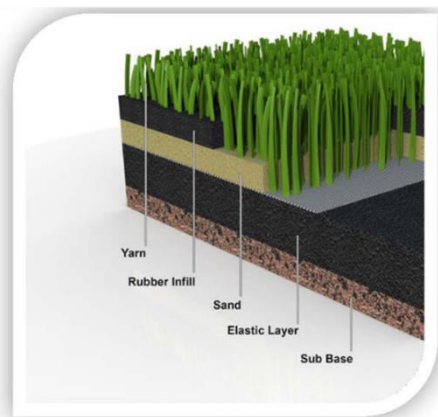
Figur 10. Uppbyggnad av fallskyddsytor med platsgjutet gummi (denna studie).

Gjutet gummigranulat används också på löparbanor och andra idrottsanläggningar där ett stötdämpande underlag behövs. Principen är densamma som för fallskyddsgummi, men i regel används ett betydligt tunnare stötdämpande bottenlager, vanligtvis av återvunna däck ("SBR"-gummi). Ytskiktet består vanligtvis antingen av EPDM eller polyuretan (PUR), som båda är nötnings- och väderbeständiga mjuka material. I Figur 11 visas ett exempel med handelsnamnet Tartan gold. www.polytan.se/produkter/syntetiska-belaeggningar/loeparbanor/tartan-gold/



Figur 11. Uppbyggnad av gummiunderlag för löparbanor. Toppskikt vanligtvis i färgad polyuretan (PUR) eller EPDM och botten-skikt i svart SBR-gummi (återvunna däck). Den specifika bilden visar ett vanligt förekommande löpbanematerial med produktnamnet Tartan Gold.

Konstgräsplaner består av konstgräsfiber av plast, en backing-matta som gräsfiber sitter fast i, en sviktpad av gummi och eventuellt granulatinfyll i form av små gummikorn (Figur 12). Infyllfria konstgräsplaner har per definition inget gummigranulatinfyll. Infillet ökar konstgräsplanens dämpningsförmåga, får gräsfibern att stå stadigt rakt upp och gör det bekvämare att spela fotboll på ytan, därför används det ofta på fotbollsplaner. Lekplatser har däremot sällan behov av infill.



Figur 1: Uppbyggnad av konstgräs
(http://www.genan.eu/artificial_turf-46.aspx)

- | | |
|----------------|--|
| Gräsfibrer | • PE, PP, PET, PA6 |
| Granulatinfyll | • Inget
• SBR, EPDM, TPE, sand, kork mm |
| Backing | • PUR, Latex, PE, PP, PET, PA6 |
| Sviktpad | • SBR, PUR, E-PP |
| Underlag | • Gruskross och stenmjöl
• Dräneringsmatta (PP, EPDM) |

Figur 12. Konstruktionsöversikt för konstgräs med och utan granulatinfyll.

Beskrivning av vilka material som används idag

Polymerbaserade stötdämpande material och fallskyddsmaterial, inklusive fallskyddsgummi och konstgräs, kan bestå av många sorters gummin och plaster. Mångfalden av material kan förväntas öka ytterligare när fler alternativ till dagens dominerande materiallösningar tas fram.

Lekplatser och grundskolor har ofta gummigranulatbaserade fallskyddsytor bestående av platsgjutet gummi eller av prefabricerade fallskyddsplattor. Ofta används gummigranulat av tåligt EPDM-gummi som ytlager och gummigranulat av återvunna däck (R-SBR) som stötdämpande bottenlager. Polyuretanbaserat (PUR) bindemedel används för att sammanfoga granulatet. Ibland används även expanderad polyeten (PE), polypropen (PP), kork eller termoelaster (TPE), tex expanderad termoplastisk polyuretan (E-TPU) som stötdämpning.

Löparbanor och friidrottsarenor har ofta ett tunt, fjädrande ytskikt med gjutet gummigranulat bestående av EPDM eller PUR, ibland i kombination med textilmaterial. Exempel på handelsnamn är Tartan, Sorbitan, Chevron, Rekortan, Eurotan, Plexitracs och Mondotrack. När löparbanorna konstrueras med granulatteknik används ofta PUR-lim, men latexbaserade lim förekommer också. Gjutet gummigranulat kan också förekomma i andra idrottsanläggningar.

Tennisbanor för utomhusbruk består dock oftast inte av gummigranulat utan snarare av asfalt täckt av ett stötdämpande lager av tvärbunden akrylplast alternativt av rödfärgat grus, även om det på avstånd ofta ser ut som tennisbanorna består av gummigranulat.

Konstgräs består av konstgräsfibrer av PE, PP, Nylon (PA6), Polyester (tex PET) fastsatt i en matta (backing) av tex PP, PE, PA6, PUR eller naturgummi (latex) (NTNU SIAT, 2018). Konstgräset kan eventuellt fyllas med granulat av tex R-SBR, EPDM eller sand (Wallberg P, 2016). Ofta läggs ett stötdämpande lager av tex R-SBR eller PUR under konstgräset (sviktpad). En översikt över vilka material som används för fallskydd ges i Tabell 3.

Tabell 3. Gummi- och plastmaterial som används som fallskydd.

Material	Användningsområde (i fallskydd)
Polyeten (PE), inklusive lågdensitetspolyeten (LDPE), högdensitetspolyeten (HDPE) mm	Konstgräsfibrer (vanligast material för konstgräs) Matta (backing) för konstgräs (mindre vanlig) Expanderad PE: Bottendelen i platsgjutet gummifallskydd (ovanligt men ökande)
Polypropen (PP)	Konstgräsfibrer (vanligt) Matta (backing) för konstgräs (ovanlig men ökande) Expanderad PP (EPP): Fallskyddsplattor, sviktlager i konstgräsplaner. (ovanlig men ökande)
Polyamid (PA6, PA66, dvs Nylon)	Konstgräsfibrer (mindre vanligt, minskande)
Polyester (textilfibrer av tex PET)	Konstgräsfibrer (mindre vanligt, ökande) Matta (backing) för konstgräs (mindre vanlig)
Polyuretan (PUR)	Bindemedel mellan gummigranulat i platsgjutna fallskydd och fallskyddsplattor (alltid) Matta (backing) i konstgräs (ganska vanligt) Expanderad PUR (E-TPU): Bottendelen i platsgjutet gummifallskydd (ovanligt)
Återvunna däck med styren-butadiengummi (SBR). (Innehåller ofta även naturgummi (NR) och/eller butadiengummi (BR) mm.)	Granulat infill i konstgräs (vanligt men minskande) Granulat i bottendelen av platsgjutet gummifallskydd. (Vanligt men minskande) Prefabricerade gummiplattor (ganska vanligt) Nedre sviktlager i konstgräs (vanligt)

	(Rent naturgummi (latex) används ofta som matta (backing) i konstgräs.)
Etenpropendiengummi (EPDM) (vanligtvis nytillverkad)	Granulat i ytdelen av platsgjutet gummifallskydd. (Mycket vanligt) Granulat i fallskyddsplattor (vanligt) Granulat infill i konstgräs (ganska vanligt)
Termoplastiska elastomerer (TPE), tex dynamiskt vulkade termoelaster (TPV) eller expanderad termoplastisk polyuretan (E-TPU)	Granulatinfill i konstgräsplaner (ovanligt, ökande) Platsgjutet gummifallskydd (ovanligt)
Polystyren (PS), inklusive expanderad polystyren (EPS = frigolit)	Förekommer inte i fallskydd idag. Den kemiska strukturen för PS påminner dock om SBR och många mikroplaststudier har gjorts just på PS.
Kork	Granulat i platsgjutna fallskydd (ovanligt, ökande) Granulatinfill i konstgräsplaner (ovanligt, ökande) Ogjutna fallskyddsytor (ovanligt, ökande)

Fördjupad information om polymera material presenteras i Bilaga 3.

Specifikationer och skötselinstruktioner för hållbara ytor med gjutet granulat.

När man konstruerar en lekplats, en idrottsanläggning eller ett utegym med ett fallskydd av platsgjutet gummigranulat eller av fallskyddsplattor, måste många aspekter beaktas. Ytan skall ge ett gott fallskydd, vara möjlig att köra på med rullstol, vara billig, nötningsbeständig, klimatsmart, mikroplastfri, kemikaliefri, återvinningsbar och kräva lite underhåll. Ofta är det svårt att optimera alla faktorer samtidigt, men med god planering och en genomtänkt strategi förbättras möjligheterna att uppnå en bra balans. Flera aktörer har sedan tidigare tagit fram rekommendationer för mikroplasthantering rörande ytor med gjutet granulat och konstgräs, bland annat kommuner (Azzopardi & et al., 2018), (Stockholms Stad 2019, 2019a), (Stad, 2018b), (Goodpoint, 2016), Naturvårdsverket (Naturvårdsverket, 2019), IVL Svenska Miljöinstitutet (Krång, 2019) och Svenska Fotbollsforbundet (SvFF, 2017). En ny teknisk rapport från Ecoloop indikerar att spridningen av mikroplast (>10µm) från konstgräsplaner med infill av SBR-granulat kan reduceras markant om anläggningen är välutformad med alla effektiva skyddsåtgärder införda och om skötselinstruktionerna följs (Regnell F, 2019).

Granulatmaterial

Granulatmaterialet måste möjliggöra ett fullgott fallskydd samt säkerställa att ytan blir tillgänglig för rullstolsburna personer och andra med rörelsenedsättning. Valet av granulatmaterial är också centralt för anläggningens miljöprofil, både avseende mikroplaster, kemikalier, klimatteffekter och återvinningsmöjligheter.

Alla former av gjutet gummigranulat genererar och sprider med tiden mikroplaster från ytan, även om mängderna sannolikt är relativt begränsade jämfört med konstgräsytor med gummi- eller plastgranulat. Ur ett mikroplastperspektiv bör man därför analysera om naturmaterial som sand, bark eller flis kan användas som alternativ till gjutet granulat, åtminstone på delar av fallskyddsytan. Tillgänglighetskravet måste dock beaktas.

Återvunnet "SBR"-gummi från gamla bildäck innehåller ofta höga halter av tungmetallen zink och kan också innehålla hälsofarliga kemikalier, såsom polyaromatiska kolväten (PAH) och ftalater, i

synnerhet om däckan är äldre än 2010 eller kommer från platser utanför EU (Anderson, Kirkland, Guidotti, & Rose, 2016), (Bocca B, 2009), (Menichini E, 2011), (Janes C, 2018), (van Kleunen M, 2020), (Massey R, 2020), (EU, 2011). Även om de akuta hälsoriskerna med aktiviteter på SBR-tytor är begränsade bör SBR ändå undvikas som toppskikt på fallskyddsytor, i synnerhet om de avses att nyttjas av barn. Sådana ytor omfattas nämligen av leksaksdirektivet (EU, 2009) och SBR-gummi överskrider ofta gränsvärdena. Problemet med höga kemikalihalter kan undvikas genom att istället tillverka topplaget av tex EPDM, antingen nytillverkad eller återvunnen. Granulat av kork (Bauer B, 2018) kan också användas som ett kemikaliefritt alternativ till gummi i gjutna fallskyddsytor.

Storleken och formen på gummigranulaten påverkar hur lätt de kan sammanfogas av bindemedlet. Granulatens specifika area, dvs deras area dividerat med deras volym, ökar när deras genomsnittliga storlek minskar. Därför bör små granulat åtminstone i teorin leda till en mer hållfast yta. Vissa leverantörer har angett att de noterat detta fenomen även i praktiken.

Återvunna material har i regel lägre klimatpåverkan än nytillverkade material ur ett livscykelanalys (LCA) perspektiv. Det gör att återvunnen SBR (eller EPDM) har ett avsevärt lägre klimatavtryck än tex nytillverkad SBR, EPDM eller TPE (Skenhall SA, 2012) och till och med något lägre än naturmaterialet kork (Johansson K, 2018). Gjutna fallskydd i två lager, där det nedre består av återvunnen SBR och det övre av nytillverkad EPDM, bör rimligtvis få en högre klimatpåverkan än kork men klart lägre än nytillverkade gummin och plaster. LCA har även gjorts på nytillverkade däck då blir klimateffekterna förstås betydligt högre (Shanbag A, 2020), (Piotrowska K, 2019).

Nyttillverkat naturgummi beräknas vanligtvis ha lägre klimatpåverkan än nytillverkat SBR-gummi (ca 0,7 CO₂-ekvivalenter/kg gummi vs 2-3 kg CO₂-ekvivalenter/kg), förutsatt att ingen regnskog huggs ned för att bereda plats för gummiträden, ty då blir de effektiva utsläppen avsevärt större (ca 13 kg CO₂-ekvivalenter/kg) (Jawjit W, 2010). Om förnyelsebar energi används för att torka naturgummit blir dess klimatpåverkan ännu lägre (ca 0,25 CO₂-ekvivalenter/kg gummi) (Dunuwila P, 2018). Det finns dock studier som hävdar att de reella utsläppen från naturgummi är högre än så, tex 1,16-1,53 kg CO₂-ekvivalenter/kg (Dayaratne SP, 2015) eller mer (Soratana K, 2017), (Pyay S, 2019).

Vid återvinning av kasserade fallskyddsmaterial är det lättast att materialåtervinna termoplastiska plaster såsom polyeten (PE, LDPE, HDPE) och polypropen (PP), eftersom de går lätt att smälta och forma på nytt med någorlunda bibehållna egenskaper. Termoelastiska plaster går också att smälta och forma medan gummi är svårare p.g.a. stabila tvärbindingar. Energiåtervinning fungerar dock alltid och det går ibland att hitta nya användningsområden för de kasserade materialen utan att de behöver smältas och omformas, tex i asfalt eller betong.

Bindemedel

I dagsläget används polyuretanbaserade bindemedel tillverkade av isocyanater och polyoler för att sammanfoga granulat av gummi (eller kork) i granulatbaserade fallskyddsmaterial. Eftersom fria isocyanater är hälsovådliga är det viktigt att noga följa de aktuella arbetsmiljöreglerna vid gjutning av gummigranulatytor. Den färdiga polyuretanpolymeren är inte giftig, men vid förbränning av polyuretan finns risk för hälsovådliga isocyanatångor.

En ökande halt bindemedel förbättrar sammanbindningen mellan granulatkornen men minskar ytans stötdämpande förmåga. För att maximera ytans livslängd är det därför rekommenderat att använda en någorlunda hög andel bindemedel i ytans topplager, åtminstone vid de specifika punkter där slitaget förväntas bli som störst. En högre andel bindemedel måste dock kompenseras med ett något tjockare stötdämpningsskikt. Om granulaten är av kork rekommenderas dock en något lägre halt PUR-bindemedel, eftersom bindemedlet i det fallet genererar mer mikroplaster, innehåller mer kemikalier och har större klimatpåverkan än ren kork.

Temperaturen måste vara en god bit över nollpunkten (minst ca 5°C) när bindemedlet härdar, annars kommer vidhäftningen mellan granulatet att försämrats och ytans livslängd förkortas. Marken skall vara ordentligt uppvärmd sedan flera dagar tillbaka. Om granulatytan prefabriceras inomhus under kontrollerade former minskar risken för dålig härdning och en något lägre halt av bindemedel kan användas.

Polyuretan degraderar snabbare vid höga temperaturer och i långvarig kontakt med vatten, därför rekommenderas god dränering och en placering av ytan så att den helst inte ligger konstant i kraftigt solljus.

Underlag

Marken under en yta av gummigranulat skall vara stabil och väl-dränerad för att minska risken för sprickbildning och frostsador samt för att förlänga bindemedlets livslängd. Ett tjockt skikt av stenkross och stendammsmjöl enligt branschstandard är idealt. Andra hårdgjorda underlag, såsom asfalt och cement, är dock också tänkbara om en god dränering säkerställs och om fallskyddsytans tjocklek dimensioneras för att kompensera för det hårdare underlaget. Kantmaterialet som avgränsar granulatytan bör också vara stabilt och väl förankrat i marken så att ytan stabiliseras och därigenom utsätts för mindre mekaniska påfrestningar och slitage.

En dräneringsduk av exempelvis polypropen (PP) eller EPDM kan läggas under granulatytan vid nyanläggning av granulatytor. Detta skikt samlar upp regnvattnen och leder det, inklusive eventuella vattenburna mikroplaster, från granulatytan till en dagvattenbrunn med mikroplastfilter. Ytterligare studier behövs för att kontrollera hur stor del av mikroplasten som fångas upp av dräneringsskiktet efter långvarigt bruk, men mycket talar för att denna typ av konstruktion är att rekommendera vid nyanläggning av stötdämpande granulatytor. Konstruktionstypen är dock relativt ny, så långtidsegenskaperna är ännu inte helt klarlagda.

Omgivning

Kring fallskyddsytan skall omgivningen vara utformad för att uppnå en trevlig och kreativ miljö med god tillgänglighet, så att det är lätt att ta sig till ytan även med rullstol. Det får gärna finnas träd vid lekplatsen/sportanläggningen, men underhållsbehovet ökar när det hamnar mycket löv, bär eller fågellämningar på en granulatyta. Skarpt solljus och höga temperaturer kan förkorta ytornas livslängd, men det kan även mossbildning och annan organisk tillväxt som trivs bäst i skugga göra, så lagom är bäst.

Om det finns dagvattenbrunnar i närheten av större gummiytor kan de förses med mikroplastfilter som behöver rengöras med jämna mellanrum, där intervallerna bland annat regleras av ytans läge och slitage. För små gummiytor är detta antagligen inte nödvändigt, men för riktigt stora kan det vara lämpligt. Bäcker, sjöar och andra vattendrag i direkt anslutning till gummiytan förhöjer platsens rekreativvärde åtskilligt, men ökar samtidigt risken för att mikroplaster sprids med vattnet och därigenom förs vidare ut i naturen.

Sand på gummigranulatytor kan dels täppa igenom luftporerna mellan gummigranulatkornen och därigenom minska ytans stötdämpande förmåga och dels öka friktionen mellan skosulorna och gummigranulatytan och därigenom påskynda frigörandet av mikroplaster från gummit. Därför bör granulatytor vara väl avgränsade från sandlådor och ytor med fallskyddssand. Det horisontella avståndet bör vara flera meter och någon form av sandbarriär rekommenderas starkt, till exempel i form av en upphöjd hård sarg av tex trä och/eller i form av en bred gräsyta där sandkornen fastnar. Det kan också vara funktionellt att separera gummi- och sandytor vertikalt så att gummiytan ligger åtminstone några decimeter högre än sandytan. På sätt minskar mängden sand som dras med till gummiytan.

Utformning

Vid utformning av anläggningen gäller det att hitta en bra balans mellan de egenskaper som eftersträvas, bland annat funktion, säkerhet, fallskyddsformåga, miljö, inspiration, kreativitet och tillgänglighet. En av de stora fördelarna med fallskydd av platsgjutet gummigranulat är att det är går att tillverka i många spännande färger, former och geometrier som är stimulerande för barn, idrottsmän och andra användare. Dessvärre är ytor med komplexa geometrier svårare att underhålla än plana och enfärgade ytor. I flerfärgade ytor kan gränsskikten mellan olika färger vara extra känsliga. Grovt generaliserat kan man därför säga att ju plattare och "tråkigare" en gummiyta ser ut desto lättare är den att underhålla och minska mikroplastutsläppen ifrån.

Så länge en granulatytta är hel är dess utsöndring av mikroplaster antagligen relativt begränsad, men när den börjar trasas sönder kan granulat lättare spridas till dagvattnet och naturen. Gummi-skyddets kanter är kritiska punkter som lätt skadas och det är därför viktigt att kanterna är väl övertäckta och förankrade med en stabil avgränsande sarg i något hårt material som sitter fast ordentligt i marken. Sådana kanter måste dock givetvis utformas så att de inte ökar risken för snubbelskador och att de inte omöjliggör framkomlighet med rullstol. Eftersom granulatytans kanter är känsliga bör man eftersträva att hålla nere anläggningens sammanlagda kantlängd. Ur ett mikroplastperspektiv är det alltså bättre med en lite större granulatytta än med flera mindre. Små, oregelbundna ytor kan dessutom vara svåra att komma åt med rengöringsmaskiner. Fallskyddsplattor har dock andra fördelar, de är exempelvis lätta att byta ut om de går sönder, de kan förfabriceras inomhus under ideala betingelser och de kan lättare konstrueras för enkel återvinning.

Ytan bör konstrueras så att den inte uppmuntrar till skadegörelse och onödigt slitage, men vandalism, eldning, mopedåkning, broddar och dylikt är svårt att förebygga enkom med byggteknik. Skador bör dock snabbt repareras så att de inte förvärras, eftersom folk tenderar att vara mindre rädda om föremål och miljöer som redan är skadade och nedgångna. Fallskyddsytorna bör därför utformas så att de snabbt går att reparera, exempelvis genom att använda prefabricerade gummiplattor där enstaka delar lätt kan bytas ut eller genom att skaffa reparationslådor för lagning av mindre hål i platsgjutna gummigranulatytor.

Boverkets föreskrifter fastslår att nyanlagda lekplatser och rekreationsytor i möjligaste mån skall göras tillgängliga för personer med begränsad rörelseformåga, men att det inte är nödvändigt att alla lekredskap tillgänglighetsanpassas. På lekplatser är det därför ofta lämpligt att använda gjutet gummigranulat (eller gjuten kork) på de områden där behovet av tillgänglighet är som störst, exempelvis vid gungställningarna, och använda naturmaterial som sand, bark eller flis på övriga fallskyddsytor.

Lekredskap med stor fallhöjd kräver ett tjockare fallskydd som sträcker sig längre ut från redskapet. EU-standarderna SS-EN 1176 och 1177 används för att beräkna de minimumdimensioner som krävs.

Gummigranulatytor har hög friktionskoefficient, vilket kan öka risken för vridskador i knän och fotleder. Material med något lägre friktion rekommenderas därför till ytor avsedda för aktiviteter med snabba rotationer, exempelvis innebandy och folkdans. Den höga friktionen minskar dock samtidigt risken för halkskador.

Granulatytor bör inte stå under vatten under längre tid, vilket kan undvikas med en klok planering i kombination med ett gott grundarbete och ordentlig dränering. Man bör tänka igenom gummiytornas placering, lutning, geometri och avstånd till närmaste dagvattenbrunn innan byggnationen påbörjas.

Underhåll

Underhåll är A och O för att förlänga en gummigranulatyta livslängd och att minska dess slitage och utsöndring av mikroplaster. En underhållsplan bör utarbetas, gärna i samråd med leverantören och underhållsföretag. Exempel på rimliga tidsintervaller ges i Tabell 4.

Regelbunden kontroll av ytorna bör ske med täta intervaller för att säkerställa att inga skador uppstått som kan leda till förhöjd olycksrisk för barn, idrottare och andra användare. Om materialskador uppstått bör de snarast repareras för att undvika att någon gör sig illa och för att hindra att skadorna förvärras. De rekommenderade intervallerna mellan kontrollerna, liksom mellan övriga underhållsinsatser, styrs i hög grad av hur hårt anläggningen slits, vilket i sin tur påverkas av hur den är konstruerad, hur många som använder den per dag och hur omgivningen ser ut. Ju mer sand, skräp, fimpar, bär, löv, fågelträck, hundlort, fukt och mossor som hamnar på ytan desto oftare behöver den rengöras.

Om filter för mikroplaster har installerats i närliggande dagvattenbrunnar måste dessa också tittas till och vid behov tömmas.

Med jämna mellanrum bör skräp och löv plockas bort från ytorna. Sand bör också regelbundet borstas bort så att den inte täpper igen porerna i granulatytan, eftersom det försämrar fallskydds-förmågan. Sand fungerar också som ett sandpapper som ökar abrasionen, vilket ökar slitaget, förkortar materialets livslängd och ökar utsläppen av mikroplaster. Sand och löv kan också blåsas bort, men nackdelen med den strategin är att man då också blåser iväg alla fria mikroplaster så att de hamnar i naturen istället för att samplas upp i de mikroplastfilter som förhoppningsvis finns installerade i närliggande dagvattenbrunnar. Om det lossnat mycket granulat som ligger och skräpar utmed ytans kanter skall det sopas ihop och slängas som brännbart.

Granulatyterna bör emellanåt också tvättas och rengöras på djupet så att fågelspillning och sand i porerna mellan granulatet kan tas bort. Vattentrycket vid avspolningen skall vara lagom högt, ty om det är för lågt minskar effekten av rengöringen och om det är för högt riskerar ytan att skadas. Spolvattnet kan innehålla ganska höga halter mikroplast och skall därför samlas in och filtreras från mikroplaster och inte spridas ut orenat i omgivningen. Frekvensen för djuprengöringarna beror på slitaget, men mellan en gång per år och en gång per tre år är ofta lagom.

Plogning och snöröjning kan leda till att granulatyterna skadas och bör därför undvikas. Om närliggande ytor måste snöröjas bör gränserna mellan ytorna tydligt markeras med exempelvis sarger, stockar eller märkpinnar. Om möjligt bör ytor med gummigranulat inte användas som snötipp eftersom det kan öka slitaget på dem.

Redan från början bör man i underhållsplanen ange en plan för hur materialen skall återvinnas när de så småningom behöver ersättas. Om flera material ingår i konstruktionen är det fördelaktigt om man enkelt kan separera dem för att underlätta återvinning. Återvinningsbara material med lång livslängd är att eftersträva då det generellt är bäst för både klimatet och ekonomin. Billiga naturmaterial med lågt klimatavtryck men med kort livslängd kan emellanåt vara konkurrenskraftiga ur miljösynvinkel. LCA-analys används för att undersöka det.

En sammanställning av föreslagna åtgärder för att minska mikroplastspredning från ytor med gjutet gummigranulat redovisas i Tabell 4.

Tabell 4. Åtgärder för att minska mikroplastspridning från ytor med gjutet gummigranulat.

Materialval (granulat och bindemedel)
<ul style="list-style-type: none"> • Använd gärna naturmaterial som inte genererar några mikroplaster (tex flis, bark eller sand).
<ul style="list-style-type: none"> • Korkgranulat kan användas som ett alternativ för tillgänglighetsanpassade fallskyddsytor.
<ul style="list-style-type: none"> • När återvunnet SBR-gummi används, välj europeiska däck nyare än 2010.
<ul style="list-style-type: none"> • Undvik SBR-gummi från återvunna däck i ytlagret för fallskydd, i synnerhet på lekplatser.
<ul style="list-style-type: none"> • Använd små och jämnstora gummigranulat för att maximera ytans hållbarhet.
<ul style="list-style-type: none"> • Använd ca 10-20% PUR-bindemedel om gjutning sker utomhus. • Om gjutningen sker inomhus kan något lägre halt bindemedel användas.
<ul style="list-style-type: none"> • Säkerställ att temperaturen då PUR-bindemedlet härdar är stabilt över 5°C.
<ul style="list-style-type: none"> • Ur klimatsynpunkt bör lättåtervunna material väljas, tex PE eller PP, eller naturmaterial.
<ul style="list-style-type: none"> • Betänk att återvunna material oftast genererar lägre växthusgasutsläpp än helt nyttillverkade.
Konstruktion (omgivning, underlag och utformning)
<ul style="list-style-type: none"> • God dränering bör säkerställas mha stabilt dränerande underlag, tex stenkross och stendamm.
<ul style="list-style-type: none"> • Undvik att gummiytor står under vatten längre tid, tex med dränering, planering och lutning.
<ul style="list-style-type: none"> • En dräneringsduk kan läggas under ytan för horisontell dränering och uppsamling av mikroplast.
<ul style="list-style-type: none"> • En stabil sarg kan med fördel omgärda granulatytan för att minska de mekaniska spänningarna.
<ul style="list-style-type: none"> • Gummiytans kanter bör vara skyddade och väl förankrade i ett fast underlag.
<ul style="list-style-type: none"> • Sand på granulatytor ökar slitaget och bör undvikas genom separering med sarg och avstånd.
<ul style="list-style-type: none"> • Bär- och fruktträd vid gummiytor bör undvikas, pga fågelspillning och ökat underhållsbehov.
<ul style="list-style-type: none"> • Dagvattenbrunnar i närheten av stora gummiytor kan förses med granulatfällor.
<ul style="list-style-type: none"> • Anlägg hellre platta, "tråkiga" lättrengjorda fallskyddsytor än små och inspirerande.

<ul style="list-style-type: none"> • Planera anläggningen så att det lätt går att reparera eventuella skador på ytorna.
<ul style="list-style-type: none"> • Utnyttja att inte alla lekredskap behöver konstrueras på höjden så att de kräver fallskydd.
<ul style="list-style-type: none"> • Notera att tillgänglighet uppnås även om bara vissa lekredskap är tillgänglighetsanpassade.
<p>Underhåll</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Utarbeta en underhållsplan tillsammans med leverantören och underhållsentreprenören.
<ul style="list-style-type: none"> • Kontrollera ytorna regelbundet (ca 3-10 ggr/säsong) • Åtgärda skador snarast så att de inte förvärras.
<ul style="list-style-type: none"> • Plocka, borsta och/eller blås regelbundet bort skräp och löv från ytorna (3-10 ggr/säsong)
<ul style="list-style-type: none"> • Töm eventuella mikroplastfilter regelbundet, minst varje säsong men troligen oftare.
<ul style="list-style-type: none"> • Ploga och snöröj helst inte granulatytor och undvik att använda dem som snötipp.
<ul style="list-style-type: none"> • Djuprengöring med tvättmaskin kan göras vid behov, ca 1 ggr/ 1-4 år, beroende på slitage.

Uppskattning av Sveriges totala area av gummigranulat, år 2021

Ytor med gummigranulat kan finnas på lekplatser och skolor samt på idrottsanläggningar såsom löparbanor, idrottsarenor och multisportplaner. Lekplatserna har ofta en tjockt fallskyddande gummilager medan idrottsplanerna ofta beklädda med ett tunt gummilager för att ge en viss stötdämpning och ett gott fäste i nästan alla väder. Tennisbanor kan också se ut att vara gummibeklädda när de betraktas på avstånd, men har oftast andra ytbeläggningar än gummi.

Tre kompletterande strategier användes för att uppskatta Sveriges totala area av gummigranulat: flygbildsanalys, kommundata och intervjuer med leverantörer. De två första strategierna applicerades både för lekplatser (inklusive andra utomhusytor med fallskyddsgummi) och idrottsytor (löparbanor, idrottsarenor, multisportplaner etc.), medan den tredje strategin bara applicerades för lekplatser.

Flygbildsanalys av gummiytor (lekplatser och idrottsplatser) i tio av Sveriges största kommuner (Stockholm, Göteborg, Malmö, Uppsala, Linköping, Lund, Borås, Örebro, Helsingborg och Umeå), motsvarande 28,9 procent av Sveriges befolkning, genomfördes i syfte att fastställa area och position för dessa ytor. Dessa 10 kommuner har sedan tidigare inrapporterat hur stora gummiytor de själva bedömer sig ha, vilket rapporterats i en tidigare IVL-studie (Krång, 2019). Tabell 5 sammanfattar hur stora gummiytor som identifierats i dessa 10 kommuner, både med kartanalys och med kommunerna egna uppskattningar.

Tabell 5. Area fallskyddsgummi och fallskyddsplattor i studerade kommuner [m²]. Baseras dels på enkätundersökning 2019 (Krång et al., 2019), dels på GIS-analys i föreliggande studie.

Kommuner 2019	Lekplatser (m ²) Enkät (2019)	Idrott (m ²) Enkät (2019)	Lekplatser (m ²) GIS (2021)	Idrott (m ²) GIS (2021)	Befolkning (antal pers)
Stockholm	125 424*	0*	50 400	89 000	979 799
Göteborg	40 469	18 000	46 900	24 600	507 330
Malmö	20 308	0	23 900	21 000	347 322
Uppsala	650	0	8 300	12 000	177 074
Linköping	4 599	3 500	5 800	9 200	164 473
Örebro	3 040	0	4 400	3 800	304 976
Helsingborg	4 310	0	3 600	9 400	148 248
Umeå	4 350	0	4 400	9 400	129 231
Lund	8 478	3500	7 900	12 000	126 025
Borås	6 407	3500	7 300	11 700	113 637
TOTALT*	218 035	28 500	162 900	202 100	2 998 115
TOTALT - korrigerat**	149 000	98 000	162 900	202 100	2 998 115

*Stockholm rapporterade lekplatser och idrott sammanslaget.

**Samma data men justerat så att Stockholms area fördelats i samma proportion mellan lekplatser och idrottsplatser som resultaten från flygfotoanalysen, dvs 45% respektive 55%.

Stockholm rapporterade inte granulatareorna för lekplatser och idrottsplatser separat, vilket försvårar jämförelsen något. För Stockholm är den totala gummiytan för idrott och lekplatser 139 000 m² (GIS) respektive 125 000 m² (kommundata). Exklusive Stockholm är lekplatsgummiarean 113 000 m² (GIS) respektive 93 000 m² (kommundata). Om man fördelar Stockholms totala area mellan lekplatser och idrottsplatser med samma fördelning som i GIS-analysen (45% vs 55%) blir de 10 kommunernas sammanlagda lekplatsgummiyta 163 000 m² (GIS) respektive 149 000 m² (kommundata). För idrottsplatserna blev areorna 202 000 m² (GIS) respektive 98 000 m² (kommundata).

För lekplatserna överensstämmer värdena överlag mycket väl mellan GIS-analysen och kommundata, både för totalsumman och för de enskilda kommunerna, med Uppsala som enda undantag. Flygfotoanalysen ger ca 14 000 m² större area än kommundata, men nästan hela den skillnaden (8 000 m²) kan förklaras genom att Uppsala inte verkar ha inrapporterat majoriteten av sina lekplatser.

För idrottsanläggningarna är areaskillnaderna betydligt större. GIS-analysen ger där nära dubbelt så höga värden som kommundata, vilket huvudsakligen beror på att kommundata för idrottsplatser saknas för hälften av de 10 analyserade kommunerna. Av denna anledning bedöms areorna från GIS-analysen i detta fall vara betydligt mer pålitliga än kommundata.

De tio kommuner som inkluderats i studien har en befolkningensmängd motsvarande 28,9 procent av Sveriges totala befolkning. Om man ansätter samma area lekplatsgummi per capita i resten av landet skulle den totala arean i Sverige bli ca 560 000 m² (GIS) respektive 510 000 m² (kommundata). Detta är dock sannolikt en viss överskattning av den sanna arean, eftersom förekomsten av gummiytor är större i städer än på landet. Villakvarter och lantgårdar är oftast i avsaknad av fallskyddsgummi, medan det däremot är relativt vanligt i lägenhetsområden, i synnerhet nybyggda sådana. Fallskyddsgummi verkar vanligare i södra Sverige än i de mellersta och norra delarna av landet och det är betydligt vanligare i trångbodda områden. När samma extrapoleringsteknik används på GIS-data för idrottsplatser fås en total idrottsgummiarea i hela Sverige på ca 700 000 m². Detta är sannolikt en viss överskattning eftersom det är vanligare med denna typ av idrottsarenor i storstäder än på landsbygden, även per capita.

Intervjuer med leverantörer av fallskyddsgummi användes som ett tredje sätt att försöka beräkna totalarean fallskyddsgummi på lekplatser i Sverige. 11 av de största leverantörerna på fallskyddsgummi i Sverige (Lekplatskonsulten, Trygglek, Nordic Surface, Lappset, Tress, Unisport, Söve, Gårda Johan, Kompan, Hags och Turfs) intervjuades och rapporterade att de nu (2021) årligen lägger ut ca 65 000 m² fallskyddsgummi tillsammans, men att siffran sjunkit under de senaste 1-2 åren. En grov uppskattning av den totala mängden lekplatsgummi som lagts ut av dessa leverantörer genom åren är ca 426 000 m². Om man vidare grovt antar att dessa leverantörer står för ca 80 % av den totala fallskyddsgummimarknaden i Sverige fås en totalarea på ca 530 000 m² gummigranulat på lekplatser i Sverige, vilket är i samma storleksordning som den mängd som beräknats med GIS-kartanalysen respektive med kommunenkäten, Tabell 5. Uppskattningen av leverantörernas siffror innehåller dock ett stort mått av osäkerhet. Notera att inomhuslekplatser och restaurerade gummiytor utomhus ingår i leverantörernas siffror men inte i GIS-data.

Sammantaget så ger de tre analysmetoderna att den totala arean gummigranulat utomhus i Sverige är ca 550 000 m² år på lekplatser och ca 650 000 m² på idrottsanläggningar, se Tabell 6. Totalsumman blir sålunda ca 1,20±0,20 km² gummigranulat i Sverige idag. För lekplatserna gav de tre metoderna mycket snarlika resultat men för idrottsplatserna är bara flygfotoanalysen någorlunda pålitlig.

Tabell 6. Total gummiarea för lekplatser och idrottsanläggningar i Sverige.

Mätmetod	Lekplatser (m² gummi) Sverige totalt	Idrott (m² gummi) Sverige totalt
GIS (2021)*	560 000	700 000
Kommundata enkät (2019)**	540 000	340 000
Leverantördata (2020)	520 000	-
Bästa skattning	550 000	650 000

*Extrapolation från Sveriges tio största kommuner.

**Extrapolation från Sveriges tio största kommuner. Data för idrottsplaner saknas för hälften av kommunerna. Arealen för Stockholms kommun har fördelats som i GIS-analysen (dvs 45% vs 55%) mellan lek och idrott.

Alla tre metoder för att bestämma Sveriges totala area med gummigranulat (GIS, kommundata och leverantördata) var behäftade med felkällor, vilket beskrivs utförligt nedan.

Flygfotoanalysen (GIS) påverkas exempelvis av att det ibland är svårt att skilja mellan sand och sandfärgat gummi, även om det oftast går att avgöra med hjälp av nyansskillnader, närvaron/frånvaron av skarpa färgkanter och med kompletterande markhöjdsfoton, tex med Google Streetview. En viss mätosäkerhet för de enskilda objektens areor finns också, men eftersom många ytor uppmätts bör summan vara någorlunda pålitlig, givet att inga systematiska felkällor föreligger. Idrottsytorna var överlag större men färre, vilket gjorde att de var lättare att mäta med god noggrannhet. Lantmäteriets kartbilder är 0-3 år gamla, så nyanlagda ytor som inte finns med på flygfotona riskerar att missas. Eftersom stora ytor av landskapet analyserats manuellt kan vissa gummiytor potentiellt också ha missats pga. den mänskliga faktorn. Extrapolationen från Sveriges 10 största kommuner (29% av befolkningen) till hela riket genererar också en osäkerhet, eftersom andelen gummiyta per person inte nödvändigtvis är samma i resten av landet som i de 10 största kommunerna.

Kommunernas egna data för lekplatser är antagligen ganska pålitliga sånär som på att de är från 2019, att en kommun kraftigt underskattar sin lekplatsarea och att Stockholms kommun bara redovisat sin sammanlagda area för lekplatser och idrottsplatser. Uppdelningen av Stockholms gummiarea mellan lekplatser och idrottsplaner genererar ett fel, men det är antagligen ganska begränsat. Extrapolationen från 10 kommuner till hela riket introducerar samma fel som i GIS-analysen. För idrottsplatserna är kommunernas aggregerade uppgifter inte särskilt pålitliga eftersom uppgifter saknas för hälften av de 10 analyserade kommunerna.

När areorna för de 10 kommuner som inkluderats i studien extrapoleras till hela Sverige introduceras också en osäkerhet, eftersom det inte är självklart att alla svenska kommuner har lika stor gummiarea per person som dessa 10 kommuner med 29% av Sveriges befolkning. Exempelvis brukar villaområden och lantligt belägna samhällen ha färre gummiytor än tätorter med många lägenheter. Kommundataanalysen gav en totalsumma på 540 000 m² fallskyddsgummi på lekplatser i Sverige (plus minst 320 000 m² på idrottsytor).

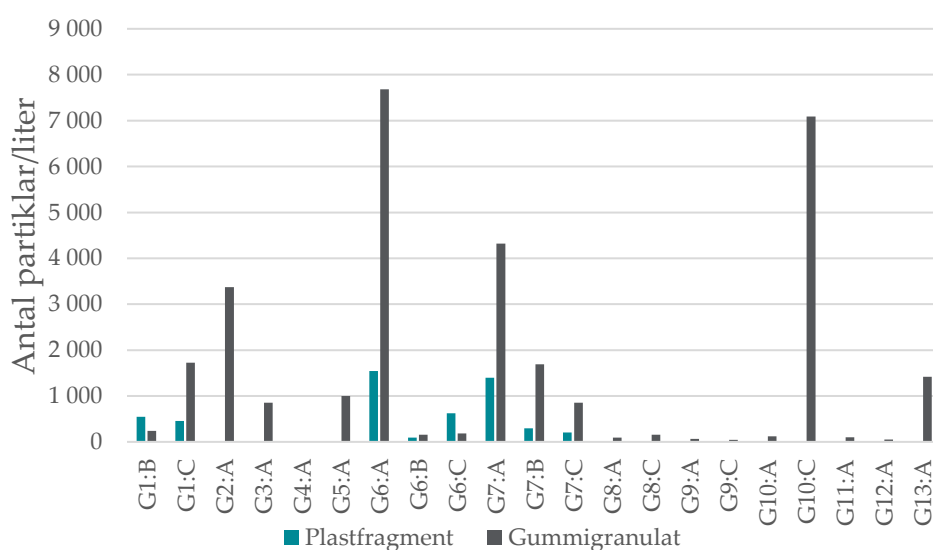
Lekplatsanläggarnas uppgifter innehåller också flera potentiella felkällor. De flesta av de 11 företagen hade någorlunda tillförlitliga uppgifter för det senaste året/åren, men ytterst få hade ordentliga sammanställningar över hur mycket material som lagts ut totalt genom åren. Kvalificerade uppskattningar baserade på tillgänglig information fick därför användas för att approximationer resterande företags totalsumma. En ytterligare osäkerhet är att det inte är säkert att

dessa 11 företag haft 80 % av den svenska marknaden för fallskyddsgummi genom åren, men det felet torde vara acceptabelt litet.

Analys av mikroplaster från ytor med gjutet gummigranulat

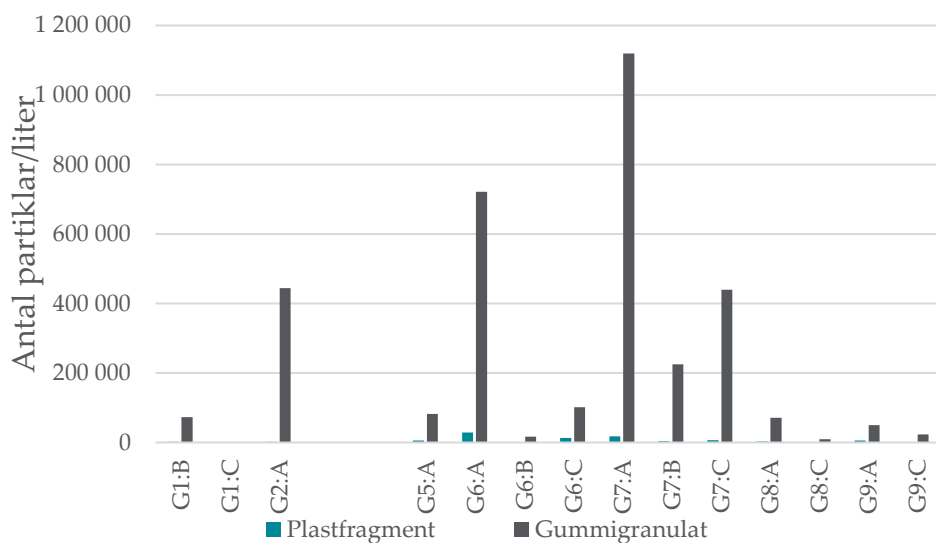
Vattenprover från ytor med gjutet gummigranulat har analyserats med avseende på förekomst av gummigranulat och plastfragment inklusive flagor större än 300 och 50 μm , se Figur 13-Figur 16. Provbeteckning "G" står för gummigranulatyta, siffrorna betecknar olika provtagningsplatser och A-C betecknar olika provtagningsstillfällena. Provet från det första rengöringstillfället från G1:A har uteslutits p g a provtagningsstekniska skäl. Ytterligare information för respektive provtagningsplats framgår av Bilaga 1.

Den dominerande typen av mikroplastpartiklar som lossnar från ytorna med gjutet gummigranulat är inte oväntat just gummigranulat (Figur 13 och Figur 14). Vid det första rengöringstillfället (A) för provplats G6 fanns en koncentration av 7 795 gummigranulat/L rengöringsvatten. Koncentrationen mikroplastpartiklar/L rengöringsvatten var betydligt mindre (154 st/L) vid det andra rengöringstillfället (B) och 180 st/L vid rengöringstillfälle (C) för 300 μm filtret. Även för provplats G7 var mängden mikroplastpartiklar mindre vid det andra rengöringstillfället (B) jämfört med det första (A) för att sedan öka igen till rengöringstillfälle (C), vilket är förväntat då de första mätstillfällena låg nära i tid och (C) inföll efter vintern.



Figur 13. Mikroplastspridning från granulatytor 300 μm filter

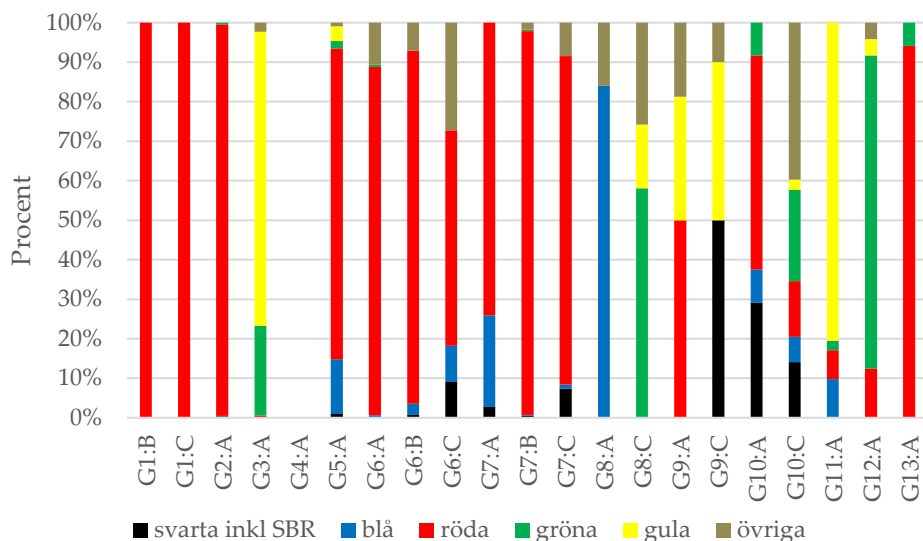
Antalet mindre mikroplastpartiklar (50 μm filter) är per liter betydligt fler än på de större 300 μm -filtren, storleksordningen två tiopotenser, och bland dessa partiklar dominerar gummipartiklarna kraftigt.



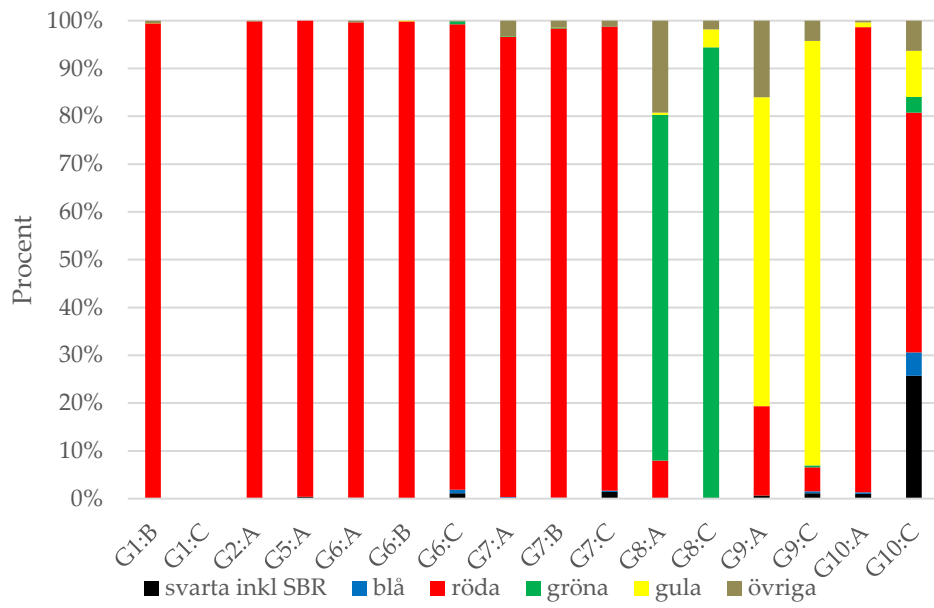
Figur 14. Mikroplastspridning från granulatytor 50 µm filter.

Figur 15 och Figur 16 visar fördelningen av olika färger av gummigranulat samt andelen okänt material i tvättvattnet för ytorna med gjutet gummigranulat som rengjorts. Till kategorin "okänt material" räknas partiklar som är uppenbart antropogena (t ex utifrån färg, form, struktur och/eller fasthet), men som inte kan räknas till någon av kategorierna plast eller gummi. Det kan t ex röra sig om färgrester eller partiklar där materialet inte gått att identifiera.

Färgerna stämmer väl överens med de förväntade från undersökta ytor, enligt fotodokumentationen, vilket styrker att vi identifierat rätt sorts partiklar.



Figur 15. Granulatpartiklar från granulatytor 300 µm filter.

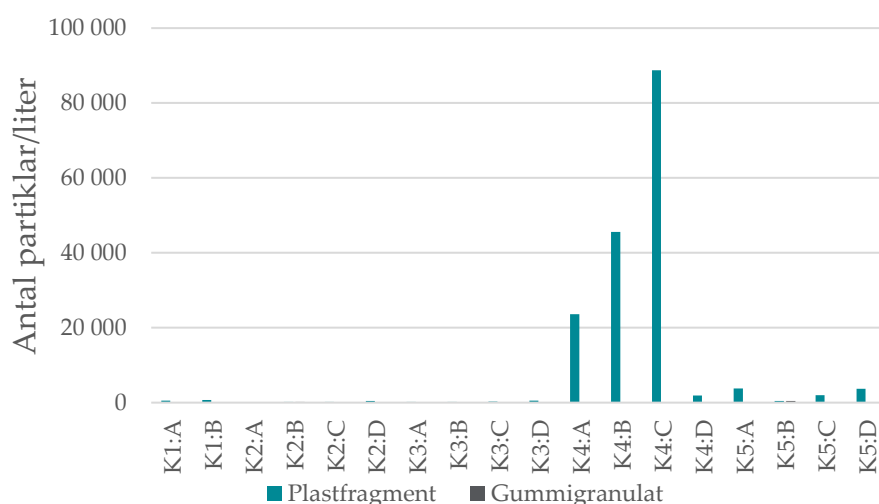


Figur 16. Granulatpartiklar från granulatytor 50 µm filter.

Analys av mikroplaster från granulatfria konstgräsytor

Fem platser (K1 – K5), se Bilaga 2, med granulatfria konstgräsytor har provtagits för analys av mikroplast i form av rester av konstgräs, övriga plastpartiklar och gummigranulat. Varje plats utom K1 har provtagits vid fyra tillfällen (A-D) för att, liksom för ytorna med gummigranulat, kunna beräkna mängden mikroplast som lossnar från ytan per tidsenhet.

Som framgår av Figur 17 spreds det betydligt mer mikroplast (300 µm filter) från konstgräsyta K4 än från de övriga provtagningsplatserna. I tvättvattnet vid det första rengöringstillfället (A) uppmättes 23 580 plastfragment per liter, vid det andra rengöringstillfället (B) uppmättes 45 600 och vid det tredje (C) 88 727 plastfragment per liter. Fotodokumentation på platsen verifierar också omfattande fibersläpp, se Figur 18.

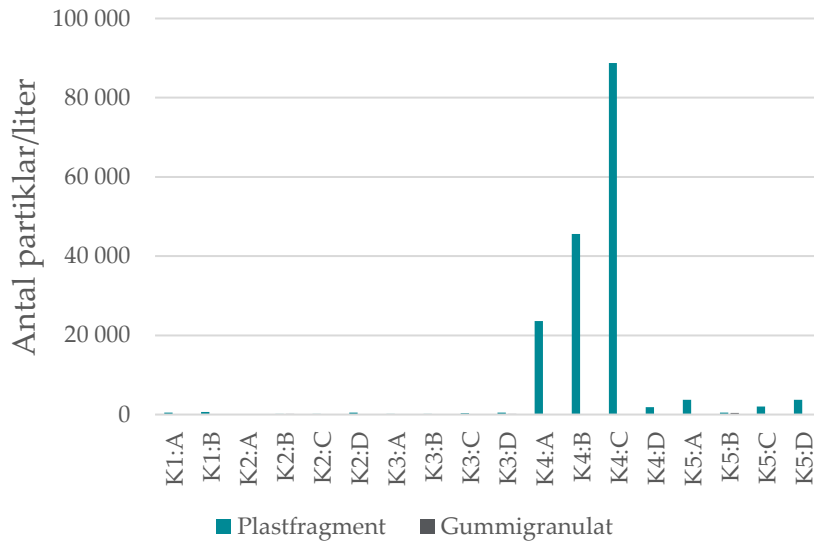


Figur 17. Mikroplastspridning från alla undersökta konstgräsplaner, 300 µm.



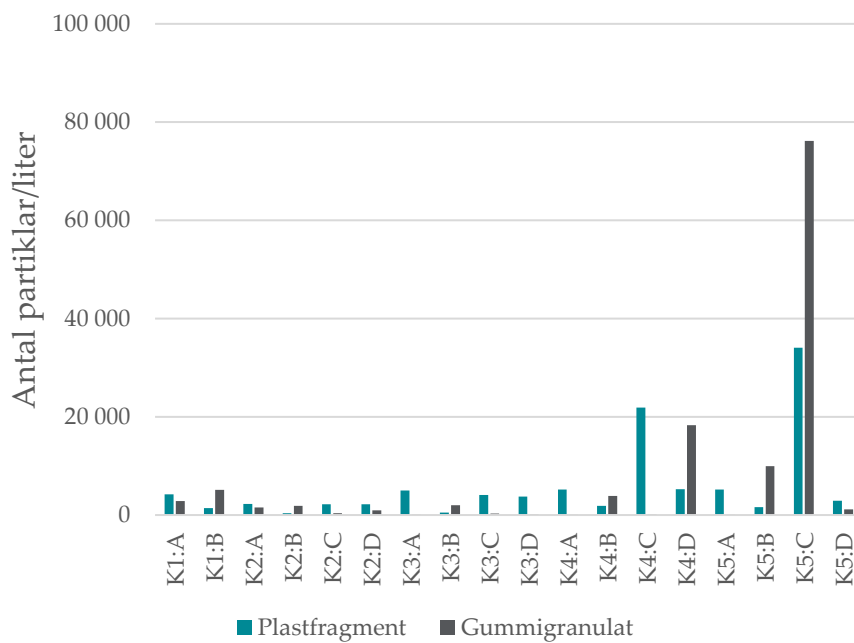
Figur 18. Omfattande fibersläpp från konstgräsyta K4.

För att tydligare illustrera spridningen av mikroplast vid övriga provtagningsplatser har provplats K4 uteslutits från Figur 19.



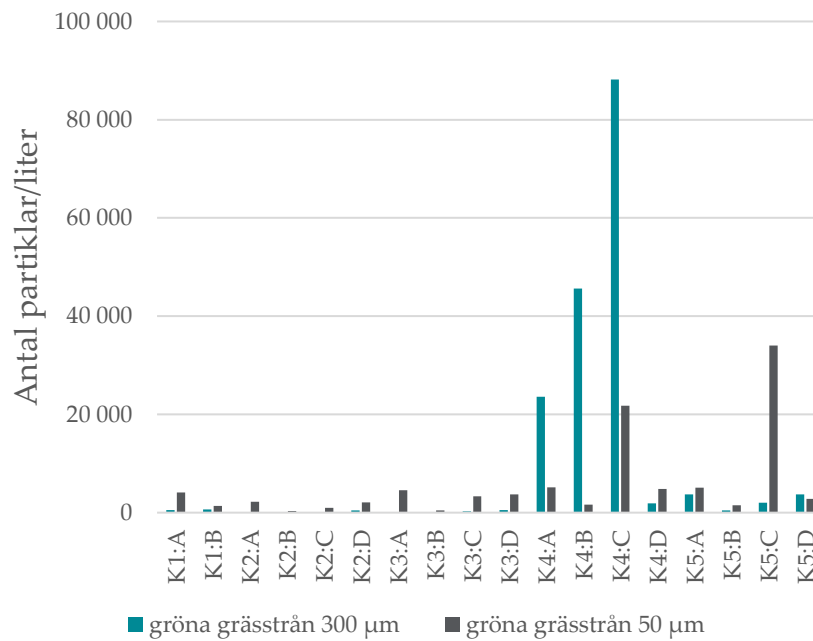
Figur 19. Konstgräsplan K1, K2, K3 och K5, 300 µm.

I Figur 20 framgår att K4 inte avviker lika mycket avseende spridning av mindre partiklar (50 µm filter) och att K5 vid tredje undersökningen uppvisar höga halter gummigranulat.



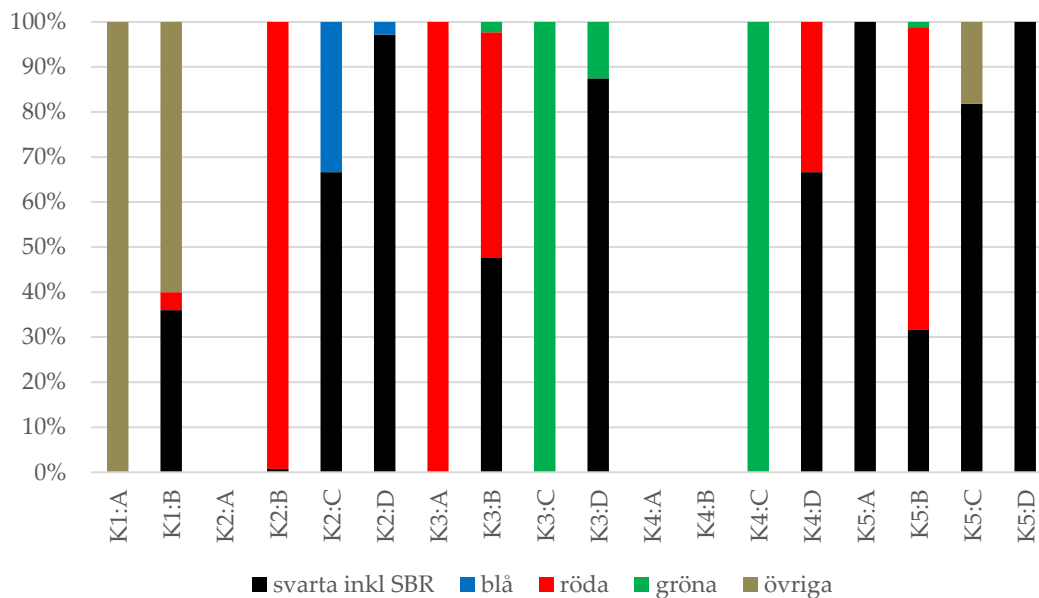
Figur 20. Alla konstgräsplaner, 50 µm.

I Figur 21 redovisas spridning av gröna konstgräsfiber 300 och 50 μm , vilka räknas in i kategorin plastfragment.

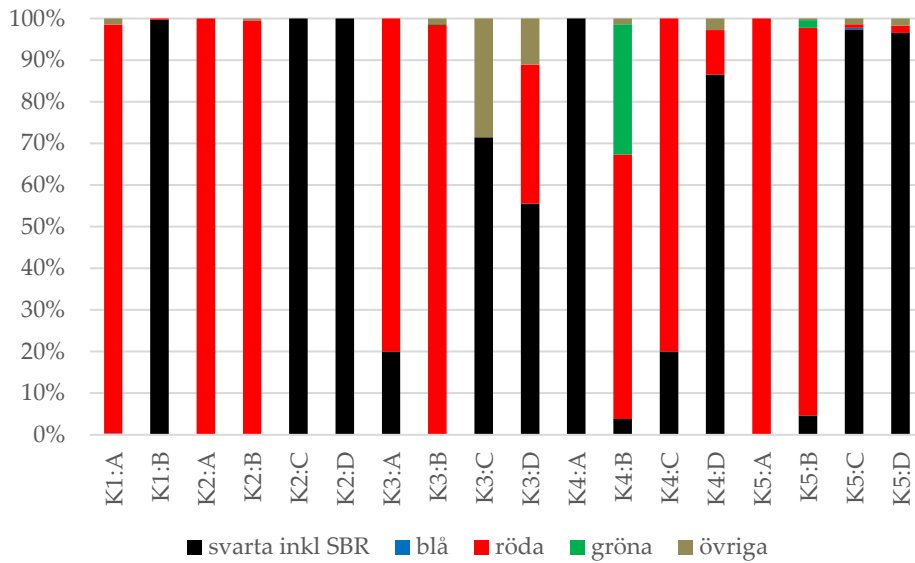


Figur 21. Spridning av gröna konstgräsfiber 300 och 50 μm .

Även tvättvattnet från de granulatfria konstgräsytor innehöll gummigranulat med olika färg, vilket visas i Figur 22 och Figur 23. Det är främst röda gummigranulat och svarta, inklusive SBR-partiklar. Högst halt hade K5:C med 76 182 st gummigranulat/L tvättvatten (se Figur 20).

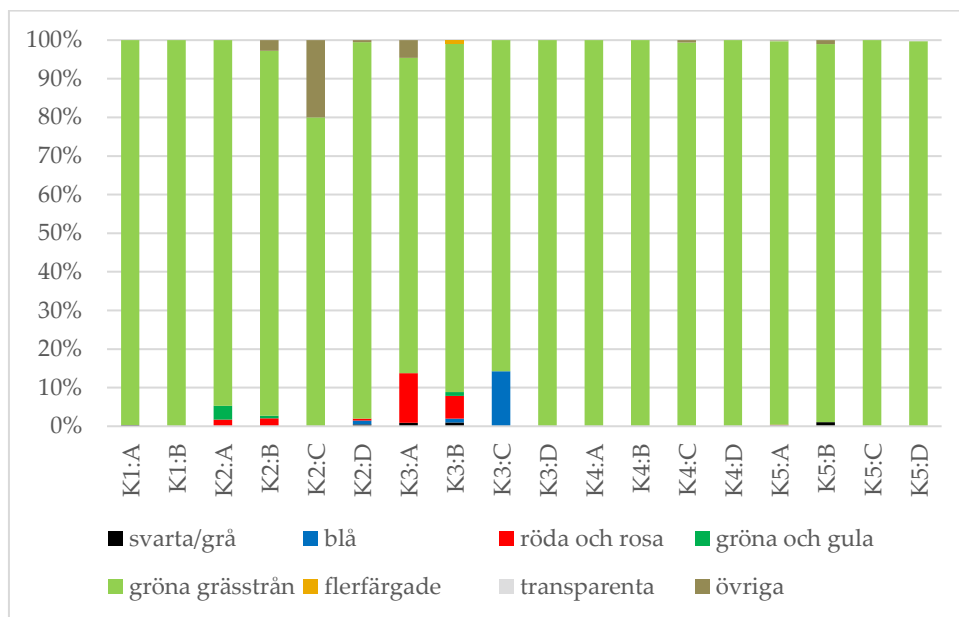


Figur 22. Färgfördelning granulatpartiklar från konstgräsytor, 300 μm .

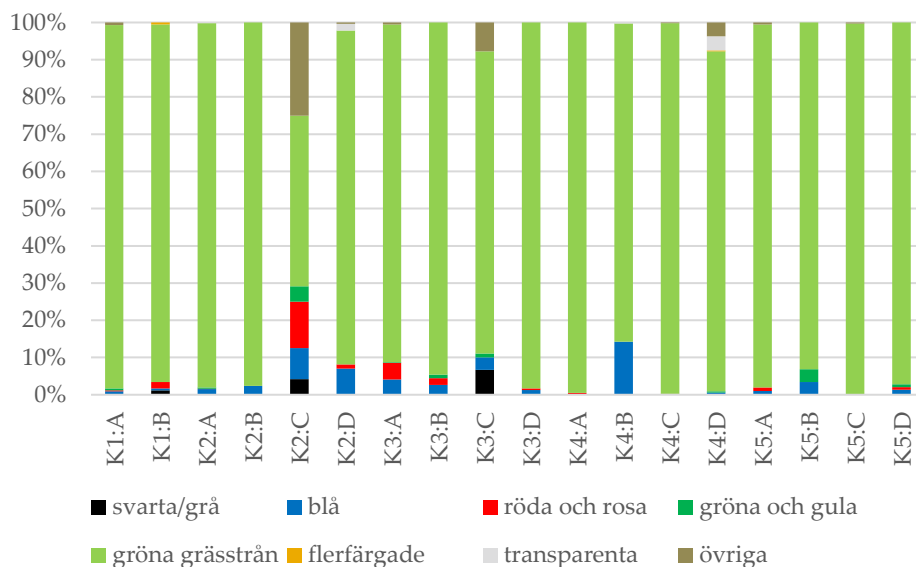


Figur 23. Färgfördelning granulatpartiklar från konstgräsytor, 50 µm.

Den största andelen plastfragment och konstgräsfiber som påträffades i tvättvattnet är av naturliga skäl gröna, men det förekom även andra färger, se Figur 24 och Figur 25.



Figur 24. Färgfördelning plastfragment från konstgräsytor 300 µm.

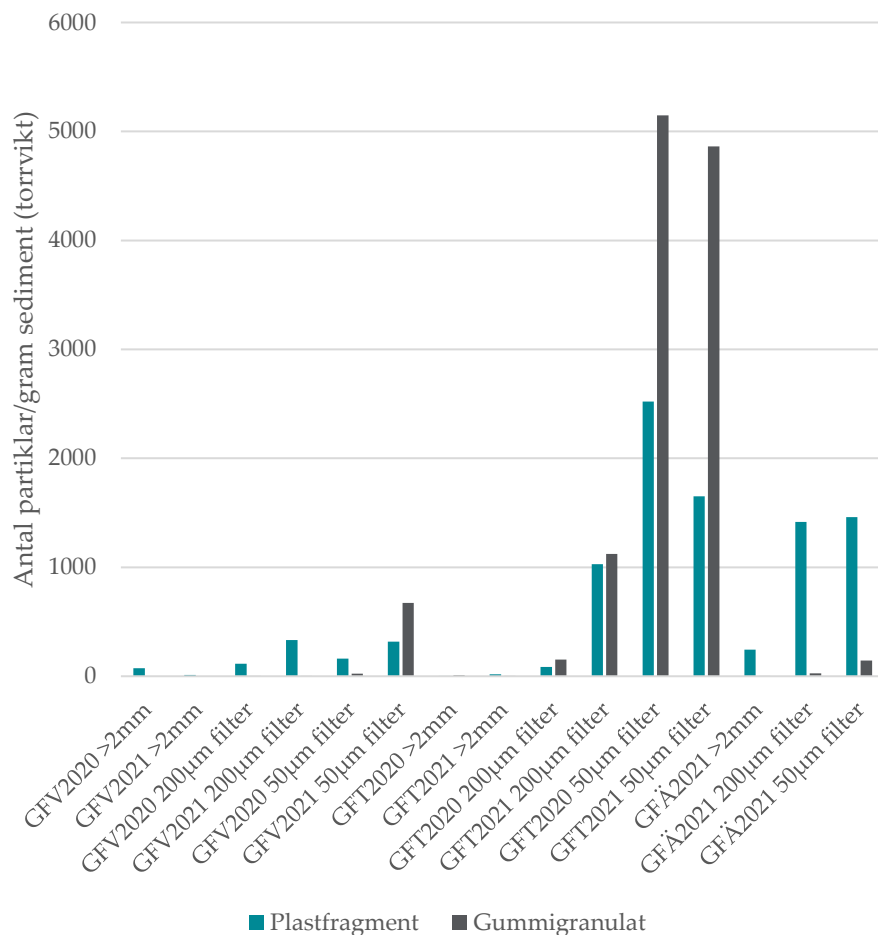


Figur 25. Färgfördelning plastfragment från konstgräsytor 50 µm.

Transport av mikroplast via dagvatten

Vid fyra provtagningsplatser har granulatfällor placerats ut i angränsande dagvattenbrunnar mellan rengöringstillfällena i syfte att undersöka eventuell transport av mikroplast till dagvattensystemet, se Tabell 2. Varje granulatfälla har varit försedd med två filter; ett inre med maskstorlek på 200 µm och ett yttre med maskstorlek på 50 µm. Den ena granulatfällan var placerad inne på lekområdet på en förskola. Då barnen uppenbart har öst ner granulatblandad sand i brunnen, får detta prov anses kontaminerat och har därför inte analyserats, men det kan konstateras att det kan vara bra att ha granulatfällor vid denna typ av verksamheter och att de tillses regelbundet.

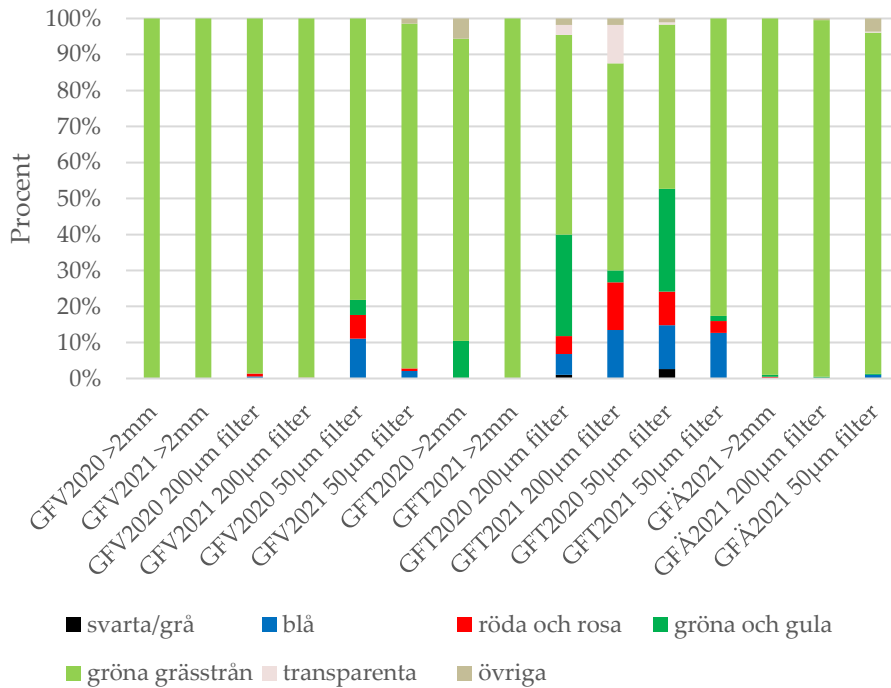
Figur 26 visar antalet mikroplastpartiklar/gram sediment (torrvikt) för granulatfällorna från Vingåker (GFV), Tyresö (GFT) och Ängelholm (GFÄ).



Figur 26. Granulatfällor Vingåker (GFV), Tyresö (GFT) och Ängelholm (GFÄ).

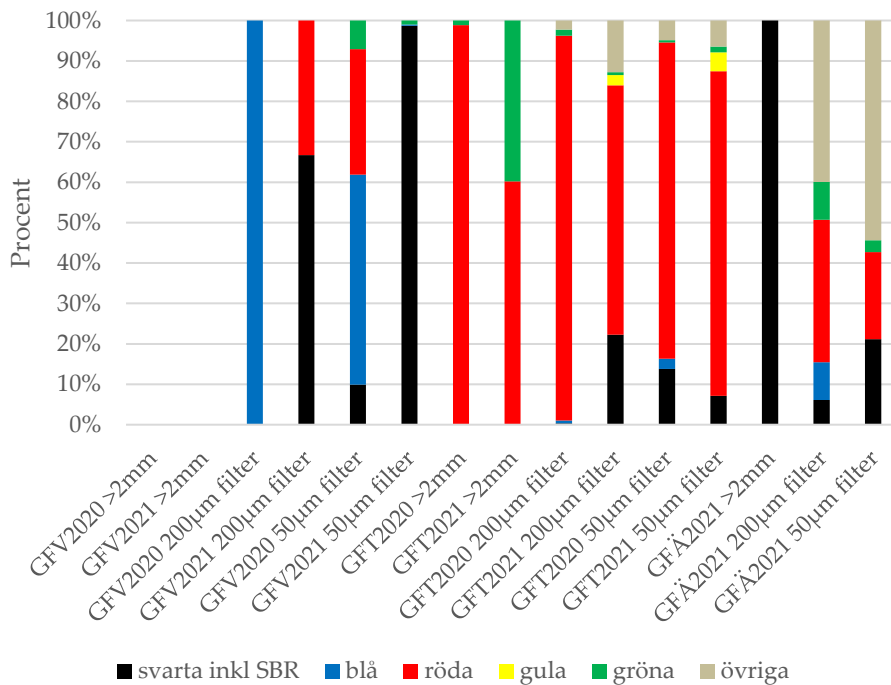
Granulatfällan i Tyresö var placerad på en skolgård. Som framgår av Figur 26 innehöll 50 µm filtret från denna brunn mest mikroplast av alla undersökta brunnsfilter. Antalet gummigranulat var här vid provtagningen hösten 2020 5 147 partiklar/gram sediment (torrvikt) och antalet plastfragment var 2 521 partiklar/gram sediment (torrvikt). Även vårprovtagningen från samma plats visade mycket höga halter, vilket indikerar kontinuerligt hög belastning på brunnen.

Figur 27 nedan visar fördelning plastfragment i granulatfällorna Vingåker (GFV), och Tyresö (GFT) och Ängelholm (GFÄ).



Figur 27. Plastfragment i granulatfällorna Vingåker (GFV), och Tyresö (GFT) och Ängelholm (GFÄ)

Figur 28 visar fördelningen gummigranulat i granulatfällor Vingåker (GFV), Tyresö (GFT) och Ängelholm (GFÄ).



Figur 28. Gummigranulat i granulatfällorna Vingåker (GFV), Tyresö (GFT) och Ängelholm (GFÄ)

Spridning av mikroplast från ytor med gjutet gummi och konstgräs utan granulat

Provtagning av tvättvatten från undersökta ytor ger koncentration mikroplast i de analyserade proven per liter tvättvatten. För att uppskatta spridningen av mikroplast per yt- och tidsenhet från dessa ytor räknade vi om vattenkoncentrationerna enligt beräkningsantagande om provtagningsyta och partikelvikt beskrivna i metodkapitlet. I beräkningen tar vi med de plastpartiklar som kan tänkas härstamma från den provtagna ytan, där svarta SBR granulat kan utgöra en del av konstgräsplanets konstruktion, medan olika färgade granulatpartiklar kan antas vara förorening utifrån. För granulatytorna inkluderas alla gummigranulat medan plastfragmenten antas vara förorening utifrån. Resultaten visas i Tabell 7 för konstgräsytor och Tabell 8 för granulatytorna. Resultaten visar spridningen i medelvärde per provtagningsplats, som består av en eller två kortare tidsintervall mellan både höst- och vår provtagningarna och ett längre tidsintervall över vinterhalvåret. Som framgår är variationen stor och dessa siffror måste tolkas med försiktighet, då det statistiska underlaget är litet. Den genomsnittliga spridningen av mikroplastpartiklar var 5,3 g/m²/år för de granulatfria konstgräsytor och 13,4 g/m²/år för gummigranulatytorna, se Tabell 7 och Tabell 8.

Tabell 7. Årlig spridning av plastpartiklar från granulatfria konstgräsytor.

	Konstgräsfiber 50µm g/m ² *år	Svarta SBR granulat 50µm g/m ² *år	Konstgräsfiber 300µm g/m ² *år	Svarta SBR granulat 300µm g/m ² *år	Total spridning konstgräsytor g/m ² *år
K1	0,13	1,54	0,64	0,05	2,35
K2	0,08	0,10	0,20	0,05	0,42
K3	0,14	0,01	0,22	0,05	0,42
K4	0,30	1,22	18,70	0,01	20,22
K5	0,32	1,56	1,08	0,13	3,09
Medel	0,19	0,89	4,17	0,06	5,30

Tabell 8. Årlig spridning av granulatpartiklar från granulatytorna.

	Gummigranulat 50 µm g/m ² *år	Gummigranulat 300 µm g/m ² *år	Total spridning granulatytorna g/m ² *år
G1	12,13	0,20	12,33
G6	5,40	0,14	5,55
G7	46,18	1,40	47,59
G8	0,52	0,04	0,56
G9	1,33	0,01	1,34
G10	11,15	2,00	13,15
Medel	12,79	0,63	13,42

Motsvarande beräkning genomfördes för sediment i de fem analyserade brunnsfiltren, under förutsättningen att all ytavrinning från undersökta ytor sker till dessa brunnar, ger resultat enligt Tabell 9.

Tabell 9. Årlig spridning från konstgräs och granulatytor till brunnsfilter.

	Konstgräsfiber 50µm g/m ² *år	Gummigranulat 50µm g/m ² *år	Konstgräsfiber 200µm g/m ² *år	Gummigranulat 200µm g/m ² *år	Total spridning till brunnfilter g/m ² *år
GFV2020	0,00078	0,00006	0,02882	0,00003	0,03
GFV2021	0,00037	0,00033	0,04820	0,00003	0,05
GFT2020	0,07583	0,13645	0,61034	0,40190	1,22
GFT2021	0,04414	0,06330	0,55620	0,20762	0,87
GFÄ2021	0,01183	0,00050	0,10152	0,00033	0,11
Medel	0,03	0,04	0,27	0,12	0,46

Osäkerheter

Alla mätresultat innehåller osäkerheter. I detta projekt där vi under en begränsad tid undersökt mikroplastspridning från flera olika typer av ytor på olika platser i landet har vi valt en mätmetod som baseras på att lösa mikroplaster från dessa ytor tvättas bort och samlas upp för analys. Partiklarna har därmed inte ännu lämnat själva ytan utan bara lossat från denna och skulle kunna transporteras vidare via ett antal olika spridningsvägar som vatten, snö, luft samt via de som nyttjar dessa ytor. Tiden det tar för denna transport varierar också mycket. Mikroplaster som lossat från en kulle platsgjutet gummi sprider sig givetvis snabbare till omgivningen än en fiber som lossat i en konstgräsplan. Rengöringsmaskinernas spoltryck och borstar är anpassade och konstruerade så att de inte ska bidra till slitage på ytorna, men det kan inte uteslutas att tvättningen i sig kan bidra till att ytterligare mikroplast lossar. Argumentet för att tvätta ytorna är ju dock för att rengöra porerna, få bort alger, mm så ytorna håller längre och fungerar bättre, vilket totalt leder till minskad mikroplastspridning, materialanvändning och reducerade kostnader. För att proverna skulle bli så representativa som möjligt rengjordes tankarna före varje tvättomgång och vattnet i tanken rördes om kraftigt innan ett 5 liter vattenprov togs ut för att skickas på analys. Gummipartiklarna är dock relativt tunga och det bildas ofta en gegga i tanken, vilket försvårar rengöring och homogenisering, och därmed bidrar till osäkerheten i resultaten.

Även flera moment kring filtreringen och analyserna av proverna på labb bidrar till osäkerheterna i resultaten. Vissa prover, som innehöll mycket sediment eller stora mängder gröna konstgräsfiber, var svåra att homogenisera, vilket bidrar till att det kan vara svårt att få ut ett representativt delprov för analys. Vid flera tillfällen togs därför flera delprov för att minska osäkerheten. Lika så togs flera delprov när provvolymen ansågs låg, oftast vid en provvolym på 11 ml eller mindre. De små analysvolymerna (ner till 1 ml/vattenprov och 0,05 g/sedimentprov) i förhållande till ursprungsvolymerna i rengöringstanken och granulatfällorna, bidrar förstås till osäkerheterna i resultaten men större volym gick inte att få igenom filtren. Om man ökar vattensuget vid filtreringen på labb riskerar man att få igenom partiklar som egentligen är större än maskstorleken, då de är elastiska. Flera av vattenproverna från de rengjorda gummigranulatytorerna innehöll stora mängder sediment. Sedimenten hamnar på botten av dunken tillsammans med gummigranulaten. Vid homogeniseringen av proverna behöver dunkarna först skakas innan innehållet hålls över i en 5 liters bägare placerad på en magnetorrörare. Gummigranulaten är relativt sköra till sin natur och det kan därför inte uteslutas att viss fragmentering sker vid homogeniseringen av proverna.

Själva analysarbetet utfördes av två personer vid två olika stereomikroskop. Då bedömningen är subjektiv förekommer en viss individuell variation vid själva analyssteget. Detta försökte överbryggas av noggranna jämförelser och intern kalibrering, men självfallet kan viss variation ändå förekomma. Även partikelfärgen kan orsaka vissa skevheter i resultatet på grund av att starkt

färgade partiklar (t.ex. blå, röda och gula) är lättare att upptäcka än partiklar med färg som överensstämmer med naturliga mineral- och organiska partiklar (t.ex. svarta, bruna, gröna och transparenta). Denna osäkerhet är negativt korrelerad med storleksfraktion och innebär att antal partiklar med dovre färgtoner skulle kunna vara något underskattade, framförallt i de mindre storlekarna.

Stereomikroskopens höga förstöringsgrad (upp till 135 gångers förstoring) och avancerade ljusinställningar möjliggjorde ändå att analyser av partiklar ner till 50 µm storlek kunde genomföras med tillräckligt god säkerhet. Partiklarna kunde analyseras med flera olika ljusinställningar och in zoomningar. I kombination med den visuella bedömningen genomfördes även ofta taktillbedömning m h a pincett för att få en uppfattning om partikelns fasthet. Granulatpartiklarnas gummikaraktär var oftast lätt att identifiera på så sätt. Vid ytterligare osäkerhet genomfördes bränntester för att säkerställa partikelns ursprung. Givetvis var de mindre partiklarna på 50 µm filtren mer svårbedömda än de större på 300 µm filtren, varför en större osäkerhet förekommer för dessa.

I vissa prover från gummigranulatytor förekom kluster av mycket små röda partiklar. Dessa hade samma färg som de röda gummigranulaten och var därför förvillande lika, men partiklarna var mindre än 50 µm och analyser tydde på att de hade organiskt ursprung. Möjligen skulle de kunna utgöras av alger. För prover där dessa förekom kan både en överskattning av antalet röda gummigranulat förekomma, om de förmodade organiska partiklarna misstagits för gummigranulat, och en underskattning, om det förekommit att röda gummigranulat hamnat tillsammans med klustren av organiska partiklar av samma färg och därmed inte kunnat urskiljas.

Små, svarta SBR-partiklar kan visuellt vara mycket lika svarta mineralkorn, men kan lätt urskiljas med hjälp av taktillbedömning där mineralkorn är hårda vid beröring och SBR-partiklar är förhållandevis mjuka. I prover med mycket mineralpartiklar och organiskt material på 50 µm filtren finns dock en liten risk att antalet SBR-partiklar har underskattats, då det inte är tidsmässigt möjligt att känna på precis alla partiklar på ett filter under analysarbetet.

På 50 µm filtren från gummigranulatytorna förekom emellanåt partiklar som p g a sin form och färg bedömdes vara gummigranulat, men där fastheten var mjukare än ett "klassiskt" gummigranulat. Färgen på dessa partiklar var ofta vit/grå, vit/rosa eller ljust turkos och fastheten kan liknas vid ett tuggummi, där den klassiska re-bounce effekten inte återfanns. Bränntester visade att de inte hade organiskt ursprung. I förhållande till mängden "säkra" gummigranulat var partiklarna få till antalet och de räknades därför ihop med övriga gummigranulatpartiklar i provet istället för att utgöra en egen kategori.

I de tidiga provanalyserna från både gummigranulatytor och konstgräsplaner utan gummigranulat identifierades flera transparenta partiklar med okänt ursprung. Bränntester visade att flertalet bestod av plast, medan några hade organiskt ursprung. Sex fragment valdes ut och skickades till ALS för analys med FTIR, och analysvaren därifrån bekräftade det vi kommit fram till i våra egna analyser. Två partiklar bestod av polyeten (PE), en av polystyren (PS), en av cellulosa och ytterligare två kunde inte identifieras med ovan metod. Eftersom de transparenta partiklarna var så talrika och svåranalyserade och inte ingick i det ursprungliga uppdraget, beslöt vi att utesluta dessa vid analyserna av övriga prover. De gick inte heller att härleda till de undersökta ytornas material.

Diskussion och slutsatser

Mikroplaster, och i synnerhet nanoplaster, kan i tillräckliga koncentrationer vara hälsovådliga för levande organismer. Graden av hälsofara påverkas av partikelstorleken, partikelmaterialet, partikelkoncentrationen, exponeringstiden, exponeringsvägen (tex inandning, sväljning eller genom huden) samt recipientens (mottagarens) ålder, kön, ras och hälsostatus. Halterna av mikro-/nanoplaster i Sveriges dricksvatten är mycket låga, men försiktighetsprincipen bör ändå råda vid anläggning av ytor som potentiellt kan generera mikroplaster som kan spridas till naturen. Vid beställning av fallskyddsytor och idrottsanläggningar föreligger ofta intressekonflikter mellan parametrar såsom pris, tillgänglighet, livslängd, lekegenskaper, fallskyddsegenskaper, underhållsbehov, återvinningsbarhet, klimatgenskaper, spridning av mikroplaster och kemikalieinnehåll. Till exempel tenderar återvunna material att ha goda klimatgenskaper, medan nytillverkade material brukar ha ett mer välkontrollerat kemikalieinnehåll. En god balans mellan alla dessa mål bör eftersträvas.

De vanligaste granulatomaterialen i gummifallskydd på dagens lekplatser är styren-butadien-gummi (SBR), som vanligtvis kommer från återvunna fordonsdäck och eten-propen-dien-gummi (EPDM), som vanligtvis är nytillverkat. Andra material förkommer också, tex kork, expanderad polyeten och expanderad termoplastisk polyuretan. Gummigranulaten sammanbinds nästan alltid med polyuretanbaserade lim. Återvunnen SBR har låg klimatpåverkan men innehåller ofta högre halter av PAH (polyaromatiska kolväten) än vad som är tillåtet enligt EU:s leksaksdirektiv. Återvunnet gummi bör därför om möjligt undvikas som ytskikt på lekplatser. På löparbanor och likande idrottsanläggningar används vanligtvis granulatomaterial av EPDM eller polyuretan (PUR). I granulatomaterial består gräsfibern vanligtvis av polyeten (PE), polypropen (PP), Nylon (PA6) eller Polyester (t ex PET), medan "mattan" som gräsfibern sitter fast i består av t ex PUR, naturgummi (latex), PP, PE eller PA6.

Alla syntetmaterial som idag förekommer i fallskyddsytor, konstgräs och idrottsbanor kan med tiden brytas ned till mikroplaster som riskerar att spridas i naturen. Det effektivaste sättet att minimera utsläppen av mikroplaster från lekplatser o. dyl. är därför att använda naturmaterial, såsom sand, grus, bark eller flis istället för konstmaterial när det är möjligt ur tillgänglighetsperspektiv. Naturmaterial är också ofta, men inte alltid, bättre ur klimatperspektiv jämfört med nytillverkade konstmaterial. Ett tips vid användning av sand är att det klimatmässigt är bättre att emellanåt tvätta sanden än att regelbundet kassera den och köpa ny.

Syntetmaterial har dock också sina fördelar, exempelvis är de slitstarka, går att tillverka i fantasifulla former och färger, är ganska billiga, är bra ur tillgänglighetsperspektiv, har lång livslängd och ibland kräver mindre underhåll än vissa naturmaterial. Med god anläggningsteknik och regelbundet underhåll kan utsläppen av mikroplaster från gummi- och konstgräsytor reduceras markant. Vid anläggning av sådana ytor, i synnerhet sådana med gjutet gummigranulat, är det viktigt att säkerställa ett stabilt och väl-dränerat underlag, att ytans kanter är ordentligt fixerade med tex en stadig sarg, att anläggningstemperaturen är tillräckligt hög, att mängden bindemedel är lagom och att det inte riskerar att hamna onödigt mycket sand, grus, löv och annat skräp på ytan. Vid underhåll bör ytorna regelbundet städas/sopas/blåsas och emellanåt även tvättas och lagas. Efter en ordentlig tvätt minskar mängden lösa mikroplaster på granulatytor påtagligt. Tvättvattnet innehåller emellertid höga halter av mikroplaster som bör omhändertas på lämpligt sätt, vilket sällan sker idag. Teknik för detta behöver tas fram. Notera också att vissa granulatomaterial konstgräsytor släpper loss ca 50 ggr mer mikroplaster än andra, varför det är viktigt att kunna identifiera dessa ytor. Standardiserad metodik för detta bör tas fram, tex genom att använda mätinstrument som i sin enklaste form består av en dynamometer som fästes i en gräsfiber. Om man sedan drar i en gräsfiber tills det går av eller lossnar från backingen fås ett mått på hur tålig mattan är för mekanisk nötning. Antagligen släpper konstgräsfibrerna från mattan pga. fallerande

lim, men det bör undersökas. För att få en bra beskrivning av mattans status behöver detta göras på flera gräsfibrer i ett rutnät över hela ytan.

Den totala arean gummigranulat i Sverige 2020 uppskattas till ca 550 000 m² på lekplatser och ca 650 000 m² på idrottsanläggningar. För lekplatserna togs värdena fram genom en kombination av kartanalys och analys av data från kommuner och lekplatsanläggare. De tre metoderna gav överraskande samstämmiga resultat (560 000, 540 000 och 520 000 m²) trots många felkällor. För idrottsanläggningarna gjordes areaskattningen huvudsakligen med hjälp av kartanalys. Som kan jämförelse kan nämnas att det enligt Svenska Fotbollsförbundet finns 1 084 fotbollsplaner med gummigranulatinfill i Sverige, med en total area på 6.9 km². Någon uppskattning av den totala ytan konstgräsplaner utan granulat har inte utförts i projektet och eftersom denna information saknas kan vi inte heller uppskatta någon total spridning från dessa ytor.

Provtagning och analys av mikroplastspridning från platsgjutna gummiytor och konstgräsytor utan granulat är metodmässigt mycket svårt att göra kostnadseffektivt på flera platser under kort tid, vilket var förutsättningarna i detta projekt. Vi tycker dock att den valda metoden med rengöringsmaskiner fungerat relativt bra och provtagningarna gick enligt plan. Analyserna har däremot varit mycket utmanande och tidskrävande då vi till skillnad mot tidigare projektet (Krång, 2019) nu även analyserat fibrer som ofta suttit ihop i bollar som fått dras isär försiktigt för att inte analysen ska påverka antalet partiklar. Vattenanalyserna visar att mikroplastspridningen varierar mycket från yta till yta, och resultaten från de ytor som inte rengjorts tidigare är svårtolkade. Vi kan inte utifrån våra data dra några slutsatser rörande hur spridningen påverkas av materialtyp, anläggning, användning, mm. Vi hittar dock flest konstgräsfiber i de större fraktionerna jämfört med de mindre, medan det är tvärtom för granulatytorna, som har avsevärt högre koncentration mikroplast på 50-µm filtret jämfört med 300-µm filtret. För gummiytorna ser vi en generell nedgående koncentration mikroplast vid upprepad tvättning, vilket indikerar att detta kan vara en bra metod för att minska spridningen av mikroplast från dessa ytor om tvättvattnet tas om hand på ett hållbart sätt. Vi ser dock ingen sådan korrelation för konstgräsytor.

Mikroplastutsläppen (per m² och år) för ytor med gummigranulat och granulatfritt konstgräs var nästan i nivå med den från motorvägar, men lägre än den från konstgräsplaner med infill (Järleskog I., 2020), (Krång, 2019). Spridningen från konstgräsplaner med infill varierar emellertid mycket beroende på skötsel, skyddsåtgärder, användning, antaganden mm (Krång, 2019), (Regnell F, 2019). Notera dock att vissa konstgräsytor även utan granulat kan sprida mer mikroplast än den gräns på 7 g/m²*år som Europeiska kemikaliemyndigheten (ECHA) nu diskuterar för konstgräsplaner med granulat (ECHA, 2020).

Tabell 10. Jämförelse av potentiell mikroplastspridning från olika ytor.

Yta	g/m ² *år	ton/år	Källa
Konstgräs med granulat	98	6.9 km ² *98g/m ² /år=676 ton/år	(Krång, 2019)
Konstgräs utan granulat	0,4-20	0,45 ¹ km ² *5,3g/m ² /år =2,4 ton/år	(Krång, 2019) , denna studie
Gummiytor	0,6–48	1.2 km ² *13.4g/m ² /år=16 ton/år	Denna studie
Väg (5,500–13,000 ÅDT)	56	8 190	(Järleskog I., 2020), (Magnusson K E. K., 2016)

Tyvärr hade vi svårt att hitta bra dagvattenbrunnar att mäta i nära undersökta konstgräs- och gummiytor. Det är dock positivt ur spridningssynpunkt att dagvattenbrunnar inte placeras i nära anslutning till dessa ytor utan gärna som kupolbrunnar i lågpunkt på närliggande gräsyta för att minimera mikroplastspridningen till vattenmiljön. Kan man undvika öppna brunnar nära denna

¹ I (Krång, 2019) redovisas yta konstgräs utan granulat för 15 kommuner med 33% av Sveriges befolkning. För att kunna uppskatta den nationella totala spridningen av mikroplast antas här samma yta konstgräs utan granulat per capita i hela landet.

typ av ytor helt är det att föredra. De mätningar som redovisas i Tabell 9 indikerar att en mindre andel av den mikroplast som lossar från ytorna sprids från dessa via dagvatten. Underlaget är dock för litet för att säga något generellt. Den mätbrunn som utgick ur undersökningen för att den uppenbarligen var avsiktligt fylld med sand och granulat visar ändå nyttan med att ha granulatfällor i utsatta miljöer, viktigt dock att dessa i så fall underhålls och töms regelbundet så brunnarnas och filtrens funktion inte påverkas negativt.

Övriga spridningsvägar som luft och aktivitetsutövare på dessa ytor har inte undersökts i detta projekt, men vi anser det klarlagt att den mesta mikroplasten som lossnar från ytorna stannar på dessa eller i närmiljön, som i gräsytor. Om mikroplasterna på sikt bryts ner till mer lättlöslig nanoplast vet vi inte, men det är troligt att så sker, även om den processen är långsam då gummi- och plastmaterialen är beständiga.

Rekommendation

De potentiella mikroplastutsläppen från gummigranulatytor och ytor med granulatfritt konstgräs är relativt små jämfört med utsläppen från vägtrafiken och från konstgräsplaner med infill, men de är fortfarande långt ifrån försumbara och är relativt lättåtgärdade då ytorna är väldefinierade. Utifrån projektets resultat och samlade erfarenheter ger vi följande övergripande råd för att minska spridningen av mikroplast från platsgjutna gummiytor och konstgräsplaner utan granulat:

- Design och konstruktion av gummiytor bör ske utifrån platsspecifika förutsättningar och detta projekts rekommendationer rörande granulatmaterial, bindemedel, underlag, omgivning och utformning.
- Använd om möjligt säker dagvattenhantering genom att undvika öppna gatubrunnar nära dessa ytor. Genom att använda infiltrationsytor eller kupolbrunn i grönyta kan spridningen till vattenmiljön reduceras.
- Skyddsåtgärder som brunnfilter kan motiveras på utsatt ställen men kräver regelbunden tillsyn och underhåll. Är flera gatubrunnar runt en konstgräsplan kopplade till en samlingsbrunn är det normalt bättre att sätta ett filter i utloppet från samlingsbrunnen än granulatfällor i varje enskild brunn, då samlingsbrunnen har sedimentationsvolym och lösningen därmed blir driftsäkrare och kräver mindre underhåll.
- Välkonstruerade och väl underhållna granulatfria konstgräsplaner har goda möjligheter att klara EUs föreslagna gränsvärde för årliga mikroplastutsläpp på 7 g/m².
- Funktionskontroll och underhåll är mycket viktigt så att ytorna kontrolleras, rengörs och lagas snarast när de går sönder. När det blivit ett hål i EPDM-skiktet på en fallskyddsytta sker det en snabb spridning av underliggande granulat. På samma sätt behöver fallerande konstgräsplaner, där gräsfiber börjar lossna från mattan, snabbt kunna identifieras. Det bör lämpligtvis utvecklas en SIS-standard för detta syfte.
- "Dammsugning" av dessa ytor är att rekommendera framför lövblåsar för att undvika spridning av mikroplast. Våtrengöring kan vara en effektiv åtgärd både för att få bort mikroplaster och för att förlänga ytornas livslängd, främst för gummiytor, om tvättvattnet hanteras på ett hållbart sätt. Uppsamlad mikroplast bör skickas till förbränning.
- Överväg alltid naturmaterial eller andra mer hållbara lösningar.

Kvarvarande kunskapsluckor

Det finns fortfarande kvar ett antal kunskapsluckor inom detta forskningsfält som bör undersökas närmare i kommande studier. De viktigaste av dessa är:

- Vissa granulutfria konstgräsplaner släpper loss avsevärt fler konstgräsfibrer än andra (ca 50 ggr mer). Det är av stor vikt att identifiera varför dessa planer är så mycket sämre och åtgärda dessa. Sannolikt är det limmet som fäster gräsfibrerna i mattan (backingen) som släpper i vissa sorters konstgräsplaner, men detta bör klargöras. Dåliga limmer bör fasas ut, åtminstone om de inte är väldigt mycket bättre ur något annat perspektiv.
- Metodik bör tagas fram för att identifiera konstgräs med otillräcklig vidhäftning. Ett enkelt mätinstrument skulle kunna konstrueras genom att fästa änden av en dynamometer vid en gräsfiber och dra tills det lossnar eller går av. På så sätt fås ett mått på den kraft som krävs för att dra loss gräsfibern. Genom att göra detta för flera fibrer i ett rutnät över hela ytan kan ett medelvärde jämföras med ett lämpligt gränsvärde.
- Granulutfria konstgräsytor är svåra att konstruera med hög spelfunktion. Många sorters alternativa biobaserade granulatinfyll förekommer därför, men en systematiserad sammanställning av för- och nackdelar med dessa ur alla hållbarhetsaspekter och funktioner saknas ännu.
- När man tvättar ytor med gummigummigranulat ansamlas de flesta lösa mikroplastpartiklar i tvättvattnet. I dagsläget saknas dock effektiva sätt att ta hand om tvättvattnet. En lämplig metodik för att göra detta skulle behöva utvecklas.

Litteraturförteckning

Amato, F. (2018). *Non-Exhaust Emissions: An Urban Air Quality Problem for Public Health*. Elsevier.

Anderson, M., Kirkland, K., Guidotti, T., & Rose, C. (2016). *A Case Study of Tire Crumb Use on Playgrounds: Risk Analysis and Communication When Major Clinical Knowledge Gaps Exist*. *Environmental health perspectives* 114(1):1–3.

Auta, H., Emenike, C., & Fauziah, S. (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment International*, 165–176.

Baensch-Baltruschat, B., Kocher, B., Stock, F., & Reffersched, G. (2020). *Tyre and road wear particles (TRWP) – A review of generation, properties, emissions, human health risk, ecotoxicity, and fate in the environment*. *Science of the total Environment* 733:137823.

Banton, M. (2019). *Evaluation of potential health effects associated with occupational and environmental exposure to styrene – an update*. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 22(1–4):1–130.

Baresel, C., & Olshammar, M. (2019). *On the Importance of Sanitary Sewer Overflow on the Total Discharge of Microplastics from Sewage Water*. *Journal of Environmental Protection* 10:1105–1118.

Barría, C., Brandts, I., Tort, L., Oliveira, M., & Teles, M. (2020). *Effect of nanoplastics on fish health and performance: A review*. *Marine Pollutin Bulletin* 151:110791.

Bauer, B., Egebaek, K., & Aare, K. (2018). *Environmentally friendly substitute products for rubber granulates as infill for artificial turf fields*. *Norska miljöinstitutet, report M-955*.

Bergmann, M., Gutow, L., & Klages, M. (2015). *Marine Anthropogenic Litter*. Springer.

Bocca, B., Forte, G., Fetrucci, F., Costantini, S., & Izzo, P. (2009). *Metals contained and leached from rubber granulates used in synthetic turf areas*. *Science of the total environment* 407:2183–2190.

Bouwmeester, H., Hollman, P., & Peters, R. (2015). *Potential Health Impact of Environmentally Released Micro- and Nanoplastics in the Human Food Production Chain: Experiences from Nanotoxicology*. *Environmental Science and Technology* 49:8932–8947.

Brydson, J. (2016). *Plastics Materials*. 8th ed. Elsevier.

Büks, F., Schalk, N., & Kaupenjohann, M. (2020). *What do we know about how the terrestrial multicellular soil fauna reacts to microplastic?* *SOIL* 6:245–267.

Chae, Y., Kim, D., & An, Y. (2019). *Effects of micro-sized polyethylene spheres on the marine microalga *Dunaliella salina*: Focusing on the algal cell to plastic particle size ratio*. *Aquatic Toxicology* 216:105296.

da Silva, L. (2018). *Handbook of Adhesion Technology, 2nd ed.* Springer.

Dayaratne, S., & Gunawardana, K. (2015). *Carbon footprint reduction: a critical study of rubber production*. *Journal of Cleaner Production* 103:87–103.

Deng, Y., Zhang, Y., Lemos, B., & Ren, H. (2017). *Tissue accumulation of microplastics in mice and biomarker responses suggest widespread health risks of exposure*. *Scientific Reports* 7:46687.

Ding, J., Zhang, S., Razanajatova, R., Zou, H., & Zhu, W. (2018). *Accumulation, tissue distribution, and biochemical effects of polystyrene microplastics in the freshwater fish red tilapia (*Oreochromis niloticus*)*. *Environmental Pollution* 238:1–9.

Dunuwila, P., Rodrigo, V., & Goto, N. (2018). *Sustainability of natural rubber processing can be improved: A case study with crepe rubber manufacturing in Sri Lanka*.

ECHA. (2017). *An evaluation of the possible health risks of recycled rubber granulates used as infill in synthetic turf sports fields*. Annex XV. European Chemicals Agency.

- ECHA. (2020). *Background document-to the opinion on the Annex XV report proposing restrictions on intentionally added microplastics*.
- Ejhed, H., Wrangé, A., Magnusson, K., & Olshammar, M. (2018). *Mikroplast i Stockholms stad-Källor, spridningsvägar och förslag till åtgärder för att skydda Stockholms stads vattenförekomster*. IVL Svenska Miljöinstitutet, rapport C334.
- Ekvall, M., Lundqvist, M., Kelpsiene, E., Silekis, E., Gunnarsson, S., & Cedervall, T. (2019). *Nanoplastics formed during the mechanical breakdown of daily-use polystyrene products*. *Nanoscale advances* 1:1055–1061.
- Eranki, P. (2019). *Pathway to domestic natural rubber production: a cradle-to-grave life cycle assessment of the first guayule automobile tire manufactured in the United States*. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 24:1348–1359.
- Eriksen, M., Lebreton, L., Carson, H., Thiel, M., Moore, C., Borrero, J.C., Galgani, F., Ryan, P.G., & Reisser, J. (2014). *Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea*. *PloS One* 9(12).
- EU. (2006). *Registrering, utvärdering, godkännande och begränsning av kemikalier*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006R1907-20200101&qid=1580913799270&from=SV> .
- EU. (2009). *Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/48/EG om leksakers säkerhet*. <https://eurlex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0048&from=SV> .
- EU. (2011). *Kommissionens förordning 835/2011 om ändring av förordning (EG) 1881/2006 vad gäller gränsvärden för polycykliska aromatiska kolväten i livsmedel*. EU-kommissionen. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R0835&from=EN> .
- Fu, W., Min, J., Jiang, W., Li, Y., & Zhang, W. (2020). *Separation, characterization and identification of microplastics and nanoplastics in the environment*. *Science of the total environment* 721:137561.
- Galafassi, S., Nizzetto, L., & Volta, P. (2019). *Plastic sources: A survey across scientific and grey literature for their inventory and relative contribution to microplastics pollution in natural environments, with an emphasis on surface water*. *Science of the Total Environment*.
- Gedde, U., & Hedenqvist, M. (2019). *Fundamental Polymer Science, 2nd ed.* Springer.
- Gedde, U., Hedenqvist, M., Nilsson, F., Hakkarinen, M., & Das, O. (2021). *Applied Polymer Science*. Springer.
- Geyer, R., Jambeck, J., & Lavender Law, K. (2017). *Production, use, and fate of all plastics ever made*. *Science Advances* vol. 3 No. 7.
- Gigault, J., Halle, A., Baudrimont, M., Pascahl, P., Gauffre, F., Phi, T.L., Hadri, H.E., Grasl, B., & Reynaud, S. (2018). [Gigault 2018] Gigault J, Halle A, Baudrimont M, Pascahl PY, Gauffre F, Phi TL, What is a nanoplastic? *Environmental Pollution* 235:1030–1034.
- Goodpoint. (2016). *Fallskyddsgummi och konstgräs-en kunskapssammanställning*. Goodpoint rapport.
- Government Offices of Sweden. (2004). *Produktsäkerhetslagen SFS 2004:451*. Sveriges Författingsamling). <http://rkrattsbaser.gov.se/sfst?bet=2004:451> .
- Government Offices of Sweden. (2010). *Plan och bygglagen SFS 2010:900*. (i Sveriges Författingsamling). <http://rkrattsbaser.gov.se/sfst?bet=2010:900> .
- Haider, T., Völker, C., Kramm, J., Landfester, K., & Wurm, F. (2019). *Plastics of the Future? The Impact of Biodegradable Polymers on the Environment and on Society*. *Angewandte Chemie International edition* 58:50:62.
- Halsband, C., Sörensen, L., Booth, A., & Herzke, D. (2020). *Car Tire Crumb Rubber: Does Leaching Produce a Toxic Chemical Cocktail in Coastal Marine Systems?* *Frontiers in Environmental Science* 125:8.

- Hamid, S. (2020). *Handbook of Polymer Degradation*. 2nd ed. Marcel Dekker.
- Horton, A., Walton, A., Spurgeon, D., Lahive, E., & Svendsen, C. (2017). *Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities*. *Science of the Total Environment* 586:127–141.
- Hüffer, T., Wagner, S., Reemtsma, T., & Hofmann, T. (2019). *Sorption of organic substances to tire wear materials: Similarities and differences with other types of microplastic*. *Trends in Analytical Chemistry* 113:392–401.
- Janes, C., Rodriguez, L., Kelly, C., White, T., & Beegan, C. (2018). *A review of the potential risks associated with chemicals present in poured-in-place rubber surfacing*. *Environmental Health Review* 61(1):12–16.
- Jawjit, W., Kroeze, C., & Rattanapan, S. (2010). *Greenhouse gas emissions from rubber industry in Thailand*. *Journal of cleaner production* 18 (5), 403–411.
- Jiang, B., Kauffman, A., Li, L., McFee, W., Cai, B., Winstein, J., Lead, J.R., Chatterjee, S., Scott, G.I., & Xiao, S. (2020). *Health impacts of environmental contamination of micro- and nanoplastics: a review*. *Environmental Health and Preventive Medicine* 24:29.
- Järnskog, I., Strömvall, A., Magnusson, K., Gustafsson, M., Polukarova, M., Galfi, H., Aronsson M., & Andersson-Sköld, Y. (2020). *Occurrence of tire and bitumen wear microplastics on urban streets and in sweepsand and washwater*. *Science of the Total Environment* vol. 729.
- Kohjiya, S., & Ikeda, Y. (2014). *Chemistry, Manufacture and Applications of Natural Rubber*. Woodhead Publishing Limited.
- Kole, P., Löhr, A., van Belleghem, F., & Ragas, A. (2017). *Wear and Tear of Tyres: A Stealthy Source of Microplastics in the Environment*. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14:1265.
- Krång, A.-S., Olshammar, M., Edlund, D., Hållén, J., Stenfors, E., & von Friesen, L. (2019). *Sammanställning av kunskap och åtgärdsförslag för att minska spridning av mikroplast från konstgräsplaner och andra utomhusanläggningar för idrott och lek*. IVL Svenska Miljöinstitutet.
- Kutz, M. (2018). *Handbook of Environmental Degradation of Materials*. 3rd ed. Elsevier.
- Kögel, T., Björög, Ö., Toto, B., Bienfait, A., & Sanden, M. (2020). *Micro- and nanoplastic toxicity on aquatic life: Determining factors*.
- Le Gac, P., Choqueuse, D., & Melot, D. (2013). *Description and modeling of polyurethane hydrolysis used as thermal insulation in oil offshore conditions*. *Polymer Testing* 32(8):1588–1593.
- Lehner, R., Weder, C., Petri-Fink, A., & Rothen-Rutishauser, B. (2019). *Emergence of Nanoplastic in the Environment and Possible Impact on Human Health*. *Environmental Science and Technology* 53:1748–1765.
- Lenaker, P., Baldwin, A., Corsi, S., Mason, S., Reneau, P., & Scott, J. (2019). *Vertical Distribution of Microplastics in the Water Column and Surficial Sediment from the Milwaukee River Basin to Lake Michigan*. *Environmental Science and Technology* 53:12227–12237.
- Levin, N., & Mårtensson, B. (2018). *Gummiteknologi – En introduktion*. Läroverket i Småland AB (2018).
- Magalhaes, S., Alves, L., Medonho, B., Romano, A., & Rasteiro, M. (2020). *Microplastics in Ecosystems: From Current Trends to Bio-Based Removal Strategies (review)*. *Molecules* 25:3954.
- Magnusson, K., Aronsson, M., Galfi, H., Gustavsson, K., Polukarova, M., & Strömvall, A. (2019). *Förekomst och spridning av mikroplast, gummi och asfaltspartiklar från vägtrafik*. IVL Svenska Miljöinstitutet, rapport C395.

- 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*. IVL Svenska Miljöinstitutet, rapport C183.
- Massey, R., Pollard, L., Jacobs, M., Onasch, J., & Harari, H. (2020). *Artificial Turf Infill: A Comparative Assessment of Chemical Contents*. NEW SOLUTIONS: A Journal of Environmental and Occupational Health Policy 30(1).
- Menichini, E., Abate, V., Attias, L., de Luca, S., di Domenico, A., Fochi, I., Forte, G., Iacovella, N., Iamiceli, A.L., Izzo, P., Merli, F., & Bocca, B. (2011). *Artificial-turf playing fields: Contents of metals, PAHs, PCBs, PCDDs and PCDFs, inhalation exposure to PAHs and related preliminary risk assessment*. Science of the Total Environment 409:4950–4957.
- Mårtensson, B. (2013). *Gummiteknologi – Materialkunskap*. Läroverket i Småland AB.
- NTNU SIAT. (2018). *Market analysis artificial turf*. Report for the purchasing group of The Swedish Association of Local Authorities (SKL).
- Ogonowski, M., Gerdes, Z., & Gorokhova, E. (2018). *What we know and what we think we know about microplastic effects—A critical perspective*. Current Opinion in Environmental Science & Health, 1:41–46.
- Ogunola, O., Onada, O., & Falaye, A. (2018). *Mitigation measures to avert the impacts of plastics and microplastics in the marine environment (a review)*. Environmental Science and Pollution Research 25:9293–9310.
- Peng, J., Wang, J., & Cai, L. (2017). *Current Understanding of Microplastics in the Environment: Occurrence, Fate, Risks, and What We Should Do*. Integrated Environmental Assessment and Management 13(3):476–482.
- Pico, Y., Alfarhan, A., & Barcelo, D. (2019). Nano- and microplastic analysis: Focus on their occurrence in freshwater ecosystems and remediation technologies. *TrAC Trends in Analytical Chemistry vol. 113*, 409425.
- Piotrowska, K., Kruszelnica, W., Bałdowska-Witos, P., Kasner, R., Rudnicki, J., Tomporowski, A., Flizowski, J., & Opielak, M. (2019). Assessment of the Environmental Impact of a Car Tire throughout Its Lifecycle Using the LCA Method. *Materials (Basel) 12 (24)*.
- Pronk, M., Woutersen, M., & Herremans, J. (2020). *Synthetic turf pitches with rubber granulate infill: are there health risks for people playing sports on such pitches?* Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology. 30:567–584.
- Prüst, M., Meijer, J., & Westerink, R. (2020). *The plastic brain: neurotoxicity of micro- and Nanoplastics*. Particle and Fibre Toxicology 17:24. <https://doi.org/10.1186/s12989-020-00358-y>.
- Pyay, S., Thanungkanon, W., Mungkalasiri, J., & Musikavong, C. (2019). A life cycle assessment of intermediate rubber products in Thailand from the product environmental footprint perspective. *Journal of cleaner production vol 237*.
- Ragnsells. (2018). *Life cycle assessment of two end-of-life tyre applications: artificial turfs and asphalt rubber*. Rapport av Ragnsells plaståtervinning.
- Regnell, F. (2019). *Mikroplastspridning från en modernt utformad konstgräsplan med skyddsåtgärder – Fallstudie Bergaviks IP, Kalmar*. EcoLoop.
- Rochman, C., Parnis, J., Brownie, M., Serrato, S., Reiner, E., Robson, M., Young, T., & Diamond, M. (2017). *The SJ. Direct and indirect effects of different types of microplastics on freshwater prey (Corbicula fluminea) and their predator (Acipenser transmontanus)*. PLoS One 12(11).
- Sana, S., Dogiparthi, L., Gngadhar, L., Chakravorty, A., & Abhishek, N. (2020). *Environmental pollutants and the risk of neurological disorders – Effects of microplastics and nanoplastics on marine environment and human health*. Environmental Science and Pollution Research.

- SAPEA. (2020). *Biodegradability of plastics in the open environment. Evidence review Report nr. 8.* Scientific advice for Policy by European Academies.
- SGF. (1996). *Rubber Handbook.* Sveriges Gummimekaniska förening, Ystads Centraltryckeri.
- Shanbag, A., & Manjare, S. (2020). Life Cycle Assessment of Tyre Manufacturing Process. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems* 8(1), 22–34.
- Skenhall, S., Okoffo, E., Rauert, C., Heier, L., Lind, O., Reid, M., Thomas, K.V., & Meland, S. (2012). *Jämförelser mellan däckmaterial och alternativa material i konstgräsplaner, dräneringslager och ridbanor.* IVL Svenska Miljöinstitutet, rapport U3891.
- SMED. (2019). *Kartläggning av plastflöden I Sverige.* SMED rapport Nr 01.
- Soratana, K., Rasutis, D., Azarabadi, H., Eranki, P., & Landis, A. (2017). Guayule as an alternative source of natural rubber: A comparative life cycle assessment with Hevea and synthetic rubber. *Journal of Cleaner Production* 159, 271–280.
- Stapleton, P. (2019). *Toxicological considerations of nano-sized plastics.* AIMS Environment Science 6(5):365–378.
- Statista. (2020a). <https://www.statista.com/statistics/282732/global-production-of-plastics-since-1950> . Original source: Plastics Europé. Accessed Dec 2020.
- Statista. (2020b). <https://www.statista.com/statistics/280536/global-natural-rubber-production> . and <https://www.statista.com/statistics/275387/global-natural-rubber-production> . Accessed dec 2020.
- Statista. (2020c). <https://www.statista.com/statistics/263154/worldwide-production-volume-of-textile-fibers-since-1975> . Original source: Industrievereinigung Chemiefaser. Accessed dec 2020.
- Statista. (2020d). <https://www.statista.com/statistics/968808/distribution-of-global-plastic-production-by-type> . Original source: US Department of Energy. Accessed Dec 2020.
- Statistics Sweden. (2020, 12 30). Retrieved from Statistics Sweden: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/befolkning/befolkningenssammansattning/befolkningsstatistik/pong/tabell-och-diagram/kvartals--och-halvarsstatistik-kommun-lan-och-riket/-kvartal-3-2020>
- Stockholm Stad. (2018). *Stockholms Stads Handlingsplan för minskad spridning av mikroplast 2020–2024.* Rapport MHN 2018–1179.
- Stockholms Stad . (2019a). *Miljöförvaltningens rekommendation för konstgräs, gummigranulat och platsgjutet gummi.* Stockholms Stad – Miljöförvaltningen.
- Stockholms stad. (2018b). *Material som innehåller gummigranulat.* Stockholms stad, Miljöförvaltningen. DNr 2018–1511.
- Straub, S., Hirsch, P., & Burkhardt-Holm, P. (2017). *Biodegradable and Petroleum- Based Microplastics Do Not Differ in Their Ingestion and Excretion but in Their Biological Effects in a Freshwater Invertebrate Gammarus fossarum.* International Journal of Environmental Health 14:774.
- Swedish Chemicals Agency. (2019). *Kort om regler för kemikalier i leksaker.* <https://www.kemi.se/download/18.60cca3b41708a8aedbbe8ed/1586959440088/faktablad-regler-for-kemikalier-i-leksaker.pdf>.
- Swedish Food Agency. (2020). *Mikro- och nanopartiklar av plast i dricksvatten.* Regeringsuppdrag Dnr 2018/02385 (Livsmedelsverket).
- Swedish Institute for Standards. (2005). *Svenska Institutet för Standarder (SIS). Leksaker – Säkerhetsregler – Del 1: Mekaniska och fysikaliska egenskaper.* Svensk Standard SS-EN 71-1:2005.
- Swedish Institute for Standards. (2005b). *Leksaker – Säkerhetsregler – Del 9: Organiska kemikalier.* Svensk Standard SS-EN 71-9:2005.

- Swedish Institute for Standards. (2018). *Lekredskap och ytbeläggning – Del 1: Allmänna säkerhetskrav och provningsmetoder*. Svensk Standard SS-EN 1177:2018.
- Swedish Institute for Standards. (2019). *Stötdämpande ytbeläggning för lekplatsen – Bestämning av kritisk fallhöjd*. Svensk Standard SS-EN 1176:2017.
- Swedish Institute of Standards. (2014). *Termoelaster – Terminologi och beteckningar*. Svensk Standard SS-EN ISO 18064:2014.
- SvFF. (2017). *Svenska Fotbollförbundets rekommendationer för anläggning av konstgräsplaner*. Rapport (reviderad).
- Sökmen, T., Sulukan, E., Türkoglu, M., Baran, A., Özkaraca, M., & Cayhun, S. (2020). *Polystyrene nanoplastics (20 nm) are able to bioaccumulate and cause oxidative DNA damages in the brain tissue of zebrafish embryo (Danio rerio)*. *Neurotoxicology* 77:51–59.
- The National Board of Housing, Building and Planning. (2011). *Boverkets författningssamling*. Boverket <https://www.boverket.se/sv/lag--ratt/forfattningssamling/gallande/bbr---bfs-20116> .
- The Swedish EPA. (2019). *Mikroplaster i miljön år 2019 – Redovisning av ett regeringsuppdrag* Skrivelse 2019-05-28. NV-08867-17.
- The Swedish EPA. (2020). *Nationell Plastsamordning – Lägesrapport och plan 2021–2023*. Skrivelse 2020-09-04. NV-00056-20.
- Tiwari, N., Santhiya, D., & Gopal Sharma, J. (2020). Microbial remediation of micro-nano plastics: Current knowledge and future trends. *Environmental Pollution* 265, 115044.
- Tumlin, S., & Bertholds, C. (2020). *Kartläggning av mikroplaster – till, inom och från avloppsreningsverk*. Svenskt Vatten utveckling. Rapport Nr 2020-8.
- UN. (2015). *Paris agreement*. https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf .
- US EPA. (2019). *Synthetic Turf Field Recycled Tire Crumb Rubber Research Under the Federal Research Action Plan*. United States Environmental Protection agency. Report EPA/600/R-19/051.2.
- Wallberg, P. (2016). *Däckmaterial I konstgräsplaner*. Sweco rapport 1156336000.
- van Kleunen, M., Brumer, A., Gutbrod, L., & Zhang, Z. (2020). *A microplastic used as infill material in artificial sport turfs reduces plant growth*. *Plants, people, planet* 2:157–166.
- Wang, L., Wu, W., Bolan, N., Tsang, D., Li, Y., Qin, M., & Hou, D. (2021). *Environmental fate, toxicity and risk management strategies of nanoplastics in the environment: Current status and future perspectives*. *Journal of Hazardous Materials* 401:123415.
- Wang, Y., Lee, Y., Chiu, I., Lin, Y., & Chiu, H. (2020). *Potent Impact of Plastic Nanomaterials and Micromaterials on the Food Chain and Human Health*. *International Journal of Molecular Science* 21:1727.
- Xu, C., Zhang, B., Gu, C., Shen, C., Yin, S., Aamir, M., & Li, F. (2020). *Are we underestimating the sources of microplastic pollution in terrestrial environment?* *Journal of hazardous materials* 400:123228.
- Yong, C., Valiyaveetill, S., & Tang, B. (2020). *Toxicity of Microplastics and Nanoplastics in Mammalian Systems*. *International Journal of Environmental Research and Public health* 17:1509.
- Zhang, B., Yang, X., Chen, L., Chao, J., Tengh, J., & Wang, Q. (2020). *Microplastics in soils: a review of possible sources, analytical methods and ecological impacts*. *Journal of Chemical and Technological Biotechnology* 95:2052–2068.
- Zhou, Y., Wang, J., Zou, M., Jia, Z., Zhou, S., & Li, Y. (2020). *Microplastics in soils: A review of methods, occurrence, fate, transport, ecological and environmental risks (review)*. *Science of the Total Environment* 748:141368.

Bilaga 1 – Provtagningsplatser gummiytor

Sandbäckskolan, Sjöbo

Platsens namn:	Sandbäcksskolan, Sjöbo								
Platsens beteckning:	G1								
Typ av yta:	Löparbana platsgjuten gummi								
	Norr	Öst							
Mittkoordinater (lat/long WGS 84):	55.3759	13.4141							
Ytans storlek [kvm]:	73*3=222								
Ytans ålder [år]:	?								
Senaste rengöring [datum]:	Troligtvis aldrig								
Slitage nivå:	Stora skador vid änden av banan								
Påvisad spridning av mikroplast:	Inget synligt, men då det saknas mycket gummi vi skadorna, bör det spridits en hel del								
Nyttjande:	Flitigt använd av barn under både skoltid och fritid.								
Närmste dagvattenbrunn:	0,5 m. Enbart hårdgjorda ytor emellan.								
Typ av dagvattenbrunn:	Rördiameter 395 med gallerbetäckning								
Provtagningsdatum:	2020-08-13								
Provtagningsansvarig:	Mats Svensson, Sandmaster Skandinavien AB								
Provtagningsförhållanden:	Torrt och solsken								
Den rengjorda ytans storlek [kvm]:	222								
Spoltryck:	200								
Provvoly m [l]:	10								
Total vattenvoly m vid uttag av provvoly m [l]:	250								
Provmärkning:	Sjöbo 1								



Figur 29. Bilder tagna före och efter rengöring.

Lagman Lekares v. 14-34, Norsborg

Platsens namn:	Snurrunga, Norsborg		
Platsens beteckning:	G2		
Typ av yta:	Snurrunga platsgjuten gummi		
	Norr	Öst	
Mittkoordinater (lat/long WGS 84):	59.141	17.5025	
Ytans storlek [kvm]:	39		
Ytans ålder [år]:	?		
Senaste rengöring [datum]:	Troligtvis aldrig		
Slitagenivå:	Inga skador		
Påvisad spridning av mikroplast:	Inget synligt,		
Nyttjande:	Flitigt använd av barn under fritid.		
Närmste dagvattenbrunn:	Ingen brunn i närheten		
Typ av dagvattenbrunn:			
Provtagningsdatum:	2020-08-27		
Provtagningsansvarig:	Mats Svensson, Sandmaster Skandinavien AB		
Provtagningsförhållanden:	Torr och solsken		
Den rengjorda ytans storlek [kvm]:	39		
Spoltryck:	200		
Provvoly [l]:	5		
Total vattenvoly vid uttag av provvoly [l]:	250		
Provmärkning:	Snurrunga Lagman Lekares väg 14-34		



Figur 30. Bilden tagen efter rengöring.

Lagman Lekares v. 17-25, Norsborg

Platsens namn:	Basketplan, Norsborg		
Platsens beteckning:	G3		
Typ av yta:	Basketplan platsgjuten gummi		
	Norr	Öst	
Mittkoordinater (lat/long WGS 84):	59.1415	17.5025	
Ytans storlek [kvm]:	73*14,3=143		
Ytans ålder [år]:	?		
Senaste rengöring [datum]:	Troligtvis aldrig		
Slitagenivå:	Inga direkt synliga skador		
Påvisad spridning av mikroplast:	Inget synligt,		
Nyttjande:	Flitigt använd av barn under fritid.		
Närmste dagvattenbrunn:	ingen i närheten		
Typ av dagvattenbrunn:			
Provtagningsdatum:	2020-08-28		
Provtagningsansvarig:	Mats Svensson, Sandmaster Skandinavien AB		
Provtagningsförhållanden:	Torrt och solsken		
Den rengjorda ytans storlek [kvm]:	143		
Spoltryck:	200		
Provvolyt [l]:	5		
Total vattenvolyt vid uttag av provvolyt [l]:	250		
Provmärkning:	Basketplan Lagman Lekares väg 17-25		



Figur 31. Bilder tagna före och efter rengöring.

Lagfartsvägen 12, Norsborg

Platsens namn:	Norsborg			
Platsens beteckning:	G4			
Typ av yta:	Rutschbana platsgjuten gummi			
	Norr	Öst		
Mittkoordinater (lat/long WGS 84):	59.144	17.5039		
Ytans storlek [kvm]:	8*9=72			
Ytans ålder [år]:	?			
Senaste rengöring [datum]:	Troligtvis aldrig			
Slitagenivå:	Normalt sliten			
Påvisad spridning av mikroplast:	Inget synligt,			
Nyttjande:	Flitigt använd av barn under fritid.			
Närmste dagvattenbrunn:	Ingen i direkt närhet			
Typ av dagvattenbrunn:				
Provtagningsdatum:	2020-08-28			
Provtagningsansvarig:	Mats Svensson, Sandmaster Skandinavien AB			
Provtagningsförhållanden:	Torrt och solsken			
Den rengjorda ytans storlek [kvm]:	72			
Spoltryck:	200			
Provolym [l]:	5			
Total vattenvolym vid uttag av provvolym [l]:	250			
Provmärkning:	Rutschbana Lagfartsvägen 12			



Figur 32. Bild tagen innan rengöring.

Lagman Lekares v. 14-34, Norsborg

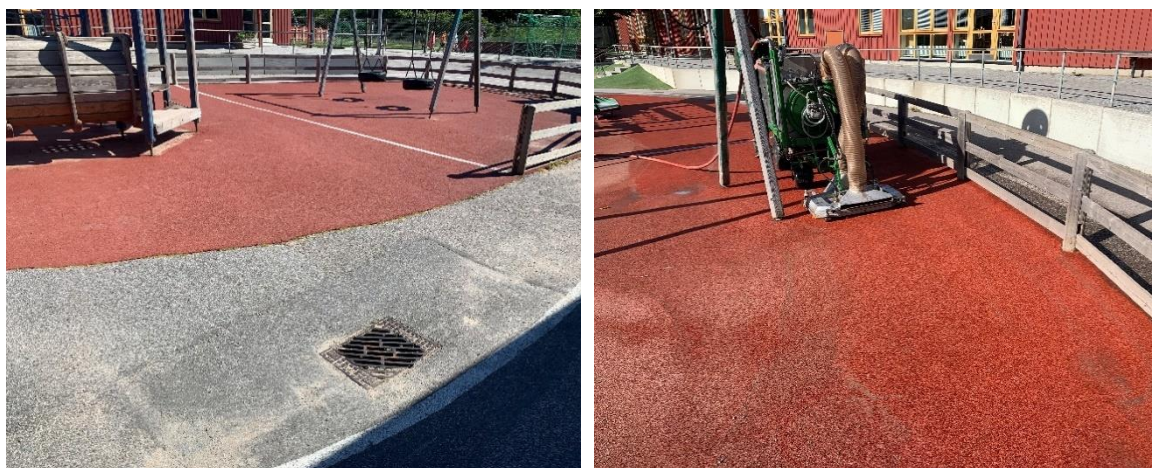
Platsens namn:	Norsborg								
Platsens beteckning:	G5								
Typ av yta:	Puckelyta med platsgjuten gummi								
	Norr	Öst							
Mittkoordinater (lat/long WGS 84):	59.141	17.5038							
Ytans storlek [kvm]:	12,5*12=150								
Ytans ålder [år]:	?								
Senaste rengöring [datum]:	Troligtvis aldrig								
Slitagenivå:	Inga direkta skador								
Påvisad spridning av mikroplast:	Inget synligt, men då det saknas mycket gummi vi skadorna, bör det spridits en hel del								
Nyttjande:	Flitigt använd av barn under fritid.								
Närmste dagvattenbrunn:	Ingen i direkt närhet								
Typ av dagvattenbrunn:									
Provtagningsdatum:	2020-08-27								
Provtagningsansvarig:	Mats Svensson, Sandmaster Skandinavien AB								
Provtagningsförhållanden:	Torr och solsken								
Den rengjorda ytans storlek [kvm]:	150								
Spoltryck:	200								
Provvoly m [l]:	5								
Total vattenvoly m vid uttag av provvoly m [l]:	250								
Provmärkning:	Lekyta pucklar Lagman Lekares väg 14-34								



Figur 33. Bilder tagna före och efter rengöring.

Breviks förskola, Tyresö

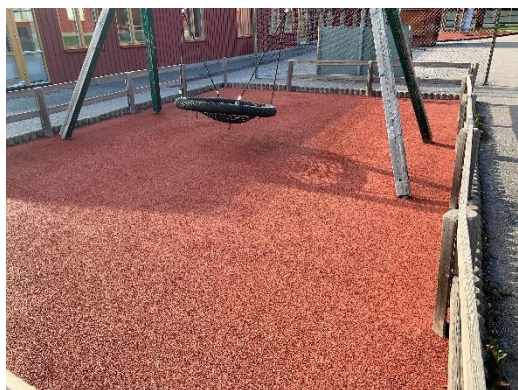
Platsens namn:	Nytorpsvägen 32, Breviksskolan	
Platsens beteckning:	G6	
Typ av yta:	Gungställning/ Rutschbana platsgjuten gummi	
	Norr	Öst
Mittkoordinater (lat/long WGS 84):	59.1346	18.1959
Ytans storlek [kvm]:	112	
Ytans ålder [år]:	?	
Senaste rengöring [datum]:	2020-09-08	
Slitagenivå:	normalslitage inga skador	
Påvisad spridning av mikroplast:		
Nyttjande:	Flitigt använd av barn under både skoltid.	
Närmste dagvattenbrunn:	1,5 m. Enbart hårdgjorda ytor emellan.	
Typ av dagvattenbrunn:		
Provtagningsdatum:	2020-10-12	
Provtagningsansvarig:	Mats Svensson, Sandmaster Skandinavien AB	
Provtagningsförhållanden:	11 grader, lite moln	
Den rengjorda ytans storlek [kvm]:	50	
Spoltryck:	200	
Provvoly [l]:	5	
Total vattenvoly vid uttag av provvoly [l]:	250	
Provmärkning:	Breviksskolan Gunga/rutschbana	



Figur 34. Bild tagen före och under rengöring. Filter installerat i brunnen.

Breviksskolan, Tyresö

Platsens namn:	Nytorpsvägen 32, Breviksskolan		
Platsens beteckning:	G7		
Typ av yta:	Kompisgunga platsgjuten gummi		
	Norr	Öst	
Mittkoordinater (lat/long WGS 84):	59.1346	18.201	
Ytans storlek [kvm]:	37.5		
Ytans ålder [år]:	?		
Senaste rengöring [datum]:	Troligtvis aldrig		
Slitagenivå:	normalslitage lite skada, mycket löst granulat på ytan samt runt om hela lekytan		
Påvisad spridning av mikroplast:			
Nyttjande:	Flitigt använd av barn under skoltid.		
Närmste dagvattenbrunn:	1,7 m. Enbart hårdgjorda ytor emellan.		
Typ av dagvattenbrunn:			
Provtagningsdatum:	2020-09-08		
Provtagningsansvarig:	Mats Svensson, Sandmaster Skandinavien AB		
Provtagningsförhållanden:	Torrt och solsken		
Den rengjorda ytans storlek [kvm]:	37.5		
Spoltryck:	200		
Provolym [l]:	5		
Total vattenvolym vid uttag av provvolym [l]:	250		
Provmärkning:	Breviksskolan Kompisgunga		



Figur 35. Bild tagen före rengöring. Granulatfilter sattes i närliggande brunn.

Dalavägen 5-7, Slättåkra, Halmstad

Platsens beteckning:	Fjädergunga, Dalavägen 5-7		
Typ av yta:	G8		
	Norr	Öst	
Mittkoordinater (lat/long WGS 84):	56.8257	12.8833	
Ytans storlek [kvm]:	20		
Ytans ålder [år]:	?		
Senaste rengöring [datum]:	Troligtvis aldrig		
Slitagenivå:	normalslitage lite skadad		
Påvisad spridning av mikroplast:			
Nyttjande:	Normalanvänd lekyta på innergård		
Närmste dagvattenbrunn:			
Typ av dagvattenbrunn:			
Provtagningsdatum:	2020-09-21		
Provtagningsansvarig:	Mats Svensson, Sandmaster Skandinavien A		
Provtagningsförhållanden:	Torrt		
Den rengjorda ytans storlek [kvm]:	20		
Spoltryck:	200		
Provvoly [l]:	5		
Total vattenvoly vid uttag av provvoly [l]:	175		
Provmärkning:	Dalavägen 5-7		



Figur 36. Bild tagen före rengöring.

Klockarevägen 63, Getinge, Halmstad

Platsens beteckning:	Klätterställning, Klockarevägen 63		
Typ av yta:	G9		
	Norr	Öst	
Mittkoordinater (lat/long WGS 84):	56.8184	12.7428	
Ytans storlek [kvm]:	40		
Ytans ålder [år]:	?		
Senaste rengöring [datum]:	Troligtvis aldrig		
Slitagenivå:	Sliten men inga direkta skador		
Påvisad spridning av mikroplast:			
Nyttjande:	Lekplats på innergård		
Närmste dagvattenbrunn:			
Typ av dagvattenbrunn:			
Provtagningsdatum:	2020-09-21		
Provtagningsansvarig:	Mats Svensson, Sandmaster Skandinavien AB		
Provtagningsförhållanden:	14 grader, molnigt		
Den rengjorda ytans storlek [kvm]:	40		
Spoltryck:	200		
Provvolyt [l]:	5		
Total vattenvolyt vid uttag av provvolyt [l]:	250		
Provmärkning:	Klockarevägen 63		



Figur 37. Bilder tagna före och efter rengöring.

Getakärrens lekplats, Varberg

Platsens beteckning:	Lekstuga, Getakärrens lekplats								
Typ av yta:	G10								
	Norr	Öst							
Mittkoordinater (lat/long WGS 84):	57.112529	12.254260							
Ytans storlek [kvm]:	57								
Ytans ålder [år]:	enda uppgift som finns: byggd före 2015								
Senaste rengöring [datum]:	Troligtvis aldrig								
Slitagenivå:	normalslitage.Ligger upptill en grusyta, mycket grus har dragits in på gummit. Breda fogar mellan gummit.								
Påvisad spridning av mikroplast:									
Nyttjande:	Flitigt använd av barn under både skoltid och fritid.								
Närmste dagvattenbrunn:									
Typ av dagvattenbrunn:									
Provtagningsdatum:	2020-10-23								
Provtagningsansvarig:	Mats Svensson, Sandmaster Skandinavien AB								
Provtagningsförhållanden:	lätt molnighet, 11 grader								
Den rengjorda ytans storlek [kvm]:	57								
Spoltryck:	200								
Provolym [l]:	5								
Total vattenvolym vid uttag av provvolym [l]:	250								
Provmärkning:	Getakärrens lekplats								



Figur 38. Bilder tagna före och efter rengöring.

Ymergatan 32-38, Märsta

Platsens beteckning:	Ymergatan 32-38			
Typ av yta:	G11			
	Norr	Öst		
Mittkoordinater (lat/long WGS 84):	59.620141	17.822444		
Ytans storlek [kvm]:	18			
Ytans ålder [år]:				
Senaste rengöring [datum]:	troligtvis aldrig			
Slitagenivå:	normal slitage			
Påvisad spridning av mikroplast:				
Nyttjande:	Normalanvänd lekya på innergård			
Närmste dagvattenbrunn:				
Typ av dagvattenbrunn:				
Provtagningsdatum:	2020-10-13			
Provtagningsansvarig:	Mats Svensson, Sandmaster Skandinavien AB			
Provtagningsförhållanden:	6 grader, lite moln			
Den rengjorda ytans storlek [kvm]:	18			
Spoltryck:	200			
Provvoly m [l]:	5			
Total vattenvoly m vid uttag av provvoly m [l]:	175			
Provmärkning:	Ymergatan 32-38			
IVL-projektnummer	713999			



Figur 39. Bilder tagen under rengöring.

Magnegatan 8-12, Märsta

Platsens beteckning:	Gungställning, Magnegatan 8-12		
Typ av yta:	G12		
	Norr	Öst	
Mittkoordinater (lat/long WGS 84):	59.620441	17.819251	
Ytans storlek [kvm]:	152.2		
Ytans ålder [år]:			
Senaste rengöring [datum]:	troligtvis aldrig		
Slitagenivå:	normal slitage		
Påvisad spridning av mikroplast:			
Nyttjande:	Normalanvänd lekyta på innergård		
Närmste dagvattenbrunn:			
Typ av dagvattenbrunn:			
Provtagningsdatum:	2020-10-13		
Provtagningsansvarig:	Mats Svensson, Sandmaster Skandinavien AB		
Provtagningsförhållanden:	6 grader, lite moln		
Den rengjorda ytans storlek [kvm]:	152.2		
Spoltryck:	200		
Provvolyt [l]:	5		
Total vattenvolyt vid uttag av provvolyt [l]:	250		
Provmärkning:	Magnegatan 8-12		

Grevhagsskolan, Eksjö

Platsens beteckning:	Gungor och klätterställning, Lustigkullegatan 1		
Typ av yta:	G13		
	Norr	Öst	
Mittkoordinater (lat/long WGS 84):	57.659325	14.972040	
Ytans storlek [kvm]:	106		
Ytans ålder [år]:			
Senaste rengöring [datum]:	troligtvis aldrig		
Slitagenivå:	normal slitage		
Påvisad spridning av mikroplast:			
Nyttjande:	Används dagligen, ligger på en skola.		
Närmste dagvattenbrunn:			
Typ av dagvattenbrunn:			
Provtagningsdatum:	2020-10-14		
Provtagningsansvarig:	Mats Svensson, Sandmaster Skandinavien AB		
Provtagningsförhållanden:	7 grader, molnigt		
Den rengjorda ytans storlek [kvm]:	106		
Spoltryck:	200		
Provvolyt [l]:	5		
Total vattenvolyt vid uttag av provvolyt [l]:	250		
Provmärkning:	Lustigkullegatan 1		

Bilaga 2 – Provtagningsplatser granulatfria konstgräsytor

Sunnansjö skola, Ludvika

Platsens namn:	Sunnansjö Skola		
Platsens beteckning:	K1		
Typ av yta:	Multisportplan (konstgräs med sand)		
	Norr	Öst	
Mittkoordinater (lat/long WGS 84):	60.1311	14.5737	
Ytans storlek [kvm]:	18*36=648		
Ytans ålder [år]:	3		
Senaste rengöring [datum]:	troligtvis aldrig		
Slitagenivå:	Två decimeterstora hål i mattan		
Påvisad spridning av mikroplast:			
Nyttjande:	Flitigt använd av barn under både skoltid och fritid för fotboll och lek		
Närmste dagvattenbrunn:	ingen brunn i närheten		
Typ av dagvattenbrunn:			
Provtagningsdatum:	2020-08-18		
Provtagningsansvarig:	Mats Svensson Sandmaster Skandinavien AB		
Provtagningsförhållanden:	Solsken och torrt		
Den rengjorda ytans storlek [kvm]:	648		
Spoltryck:	45 bar		
Provvolum [l]:	10		
Total vattenvolym vid uttag av provvolum [l]:	350		
Provmärkning:	Sunnansjö Skola 1		

Anläggningen även provtagen 2020-09-22.



Figur 40. Bild tagen före rengöring.

Lagman Lekares v.14-34, Norsborg

Platsens namn:	Lagman Lekares väg 14 - 34, Norsborg		
Platsens beteckning:	K2		
Typ av yta:	Multisportplan (konstgräs med sand)		
	Norr	Öst	
Mittkoordinater (lat/long WGS 84):	59.141	17.5036	
Ytans storlek [kvm]:	20*13,4=268		
Ytans ålder [år]:			
Senaste rengöring [datum]:	troligtvis aldrig		
Slitagenivå:	Större bit konsgräs lös ca 4m*60cm		
Påvisad spridning av mikroplast:			
Nyttjande:	Flitigt använd av barn under fritid för fotboll och lek		
Närmste dagvattenbrunn:	ingen brunn i närhetet		
Typ av dagvattenbrunn:			
Provtagningsdatum:	2020-08-25		
Provtagningsansvarig:	Mats Svensson Sandmaster Skandinavien AB		
Provtagningsförhållanden:	Torrt och solsken		
Den rengjorda ytans storlek [kvm]:	268		
Spoltryck:	45 bar		
Provvoly [l]:	5		
Total vattenvoly vid uttag av provvoly [l]:	350		
Provmärkning:	Liten Multiarena Lagman lekares väg 14-34		

Anläggningen även provtagen 2020-09-30



Figur 41. Bild tagen före och under provtagning.

Lagman Lekares v.17-25, Norsborg

Platsens namn:	Lagman Lekares Väg 17-25, Norsborg		
Platsens beteckning:	K3		
Typ av yta:	Multisportplan (konstgräs med sand)		
	Norr	Öst	
Mittkoordinater (lat/long WGS 84):	59.1416	17.5027	
Ytans storlek [kvm]:	21,1*32,8=692,1		
Ytans ålder [år]:			
Senaste rengöring [datum]:	2020-08-26		
Slitage nivå:	Normalt sliten		
Påvisad spridning av mikroplast:			
Nyttjande:	Flitigt använd av barn under fritid för fotboll och lek		
Närmste dagvattenbrunn:	ingen brunn i närheten		
Typ av dagvattenbrunn:			
Provtagningsdatum:	2020-09-30		
Provtagningsansvarig:	Mats Svensson Sandmaster Skandinavien AB		
Provtagningsförhållanden:	17 grader, lätt molnighet		
Den rengjorda ytans storlek [kvm]:	692.1		
Spoltryck:	45 bar		
Provvoly m [l]:	5		
Total vattenvoly m vid uttag av provvoly m [l]:	350		
Provmärkning:	Multiarena Lagman Lekares väg 17-25		



Figur 42. Bild taget innan provtagning.

Kungsgårdsskolan, Ängelholm

Platsens namn:	Kungsgårdshallen, Ängelholm			
Platsens beteckning:	K4			
Typ av yta:	Multisportplan (konstgräs med sand)			
	Norr	Öst		
Mittkoordinater (lat/long WGS 84):				
Ytans storlek [kvm]:	40*20=800m ²			
Ytans ålder [år]:				
Senaste rengöring [datum]:	2018-05-01			
Slitagenivå:	Högt slitage mycket lösa fibrer			
Påvisad spridning av mikroplast:				
Nyttjande:	Flitigt använd av barn under fritid och skoltid för fotboll och lek			
Närmste dagvattenbrunn:	ca 4 m till närmaste brunn med asfalt som underlag			
Typ av dagvattenbrunn:				
Provtagningsdatum:	2020-09-02			
Provtagningsansvarig:	Mats Svensson Sandmaster Skandinavien AB			
Provtagningsförhållanden:	Solsken och torrt			
Den rengjorda ytans storlek [kvm]:	800			
Spoltryck:	35 bar			
Provvolyt [l]:	5			
Total vattenvolyt vid uttag av provvolyt [l]:	400			
Provmärkning:	Kungsgårdshallen			

Anläggning provtogs även 2012-10-13



Figur 43. Bilder tagna före och efter rengöring planen.

Vingåker

Platsens namn:	Västergatan 3, Vingåker			
Platsens beteckning:	K5			
Typ av yta:	Multisportplan (konstgräs med sand)			
	Norr	Öst		
Mittkoordinater (lat/long WGS 84):	59.0352	15.8668		
Ytans storlek [kvm]:	19*11=209 m2			
Ytans ålder [år]:				
Senaste rengöring [datum]:	troligtvis aldrig			
Slitagenivå:	Sliten men inga skador			
Påvisad spridning av mikroplast:				
Nyttjande:	Flitigt använd av barn under fritid för fotboll och lek			
Närmste dagvattenbrunn:	ca 4 m till närmaste brunn med asfalt som underlag			
Typ av dagvattenbrunn:				
Provtagningsdatum:	2020-09-03			
Provtagningsansvarig:	Mats Svensson Sandmaster Skandinavien AB			
Provtagningsförhållanden:	Solsken och torrt			
Den rengjorda ytans storlek [kvm]:	209			
Spoltryck:	35 bar			
Provvolyt [l]:	5			
Total vattenvolyt vid uttag av provvolyt [l]:	400			
Provmärkning:	Vingåker			



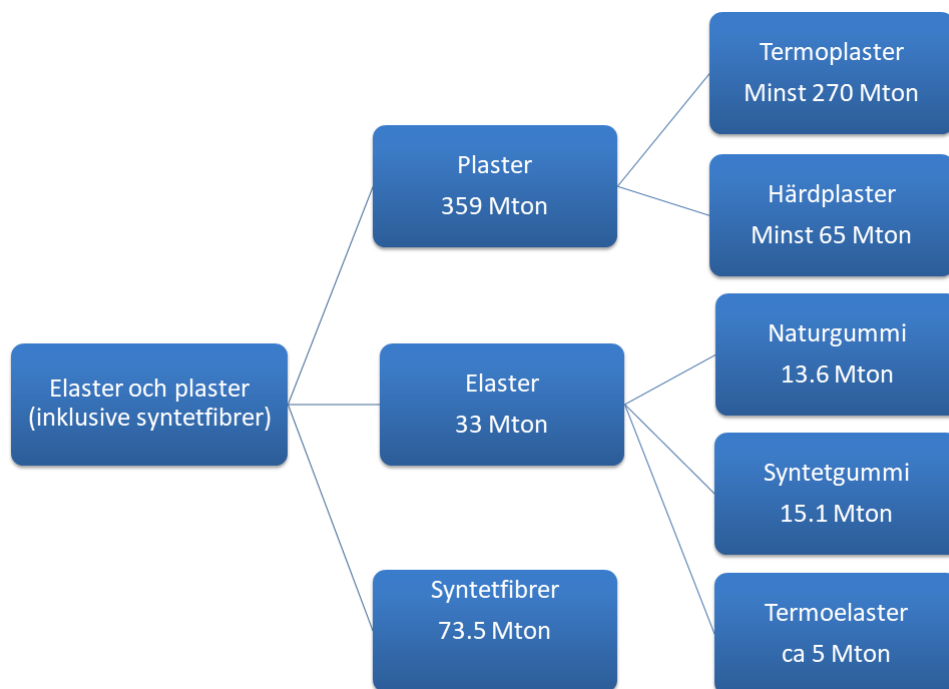
Figur 44. Provtagningsbrunn vid multisportplan.

Bilaga 3 – Fördjupning polymera material

Översikt

Polymerer är makromolekylära material där enkla kemikaliska strukturer, så kallade repeterande enheter, sammanfogats till långa kedjor (Gedde UW H. M., 2019). De flesta polymerer består huvudsakligen av kolväten. Alla syntetiska plaster, gummin och textilfibrer är polymerer, men även naturmaterial såsom cellulosa, DNA och proteiner är (bio)polymerer. Många plaster, exempelvis polyeten, kan antingen framställas från petroleumprodukter eller från förnyelsebara råvaror som etanol (Gedde UW H. M., 2020). I båda fallen bildas i princip samma sorts plast, med alla dess för och nackdelar. De flesta plaster är långlivade och bryts ned väldigt långsamt i naturen, men vissa polymerer är nedbrytbara, i bemärkelsen att de under rätt yttre betingelser sönderfaller jämförelsevis snabbt. Nedbrytning kan ske termiskt, mekaniskt, biologiskt, kemiskt eller fysikaliskt (SAPEA, 2020). Det är ännu inte helt kartlagt vilka nedbrytbara polymerer som degraderar fullständigt och vilka som bildar långlivade nanoplaster. Makroplast som bryts ned bildar vanligtvis mikroplaster, men deras livslängd och toxicitet varierar stort beroende på material och nedbrytningsmekanism. Intensiv forskning pågår inom detta område (Magalhaes S, 2020), (Haider TP, 2019), (Straub S, 2017), (Pico Y, 2019), (Tiwari N, 2020), (Wang L, 2021).

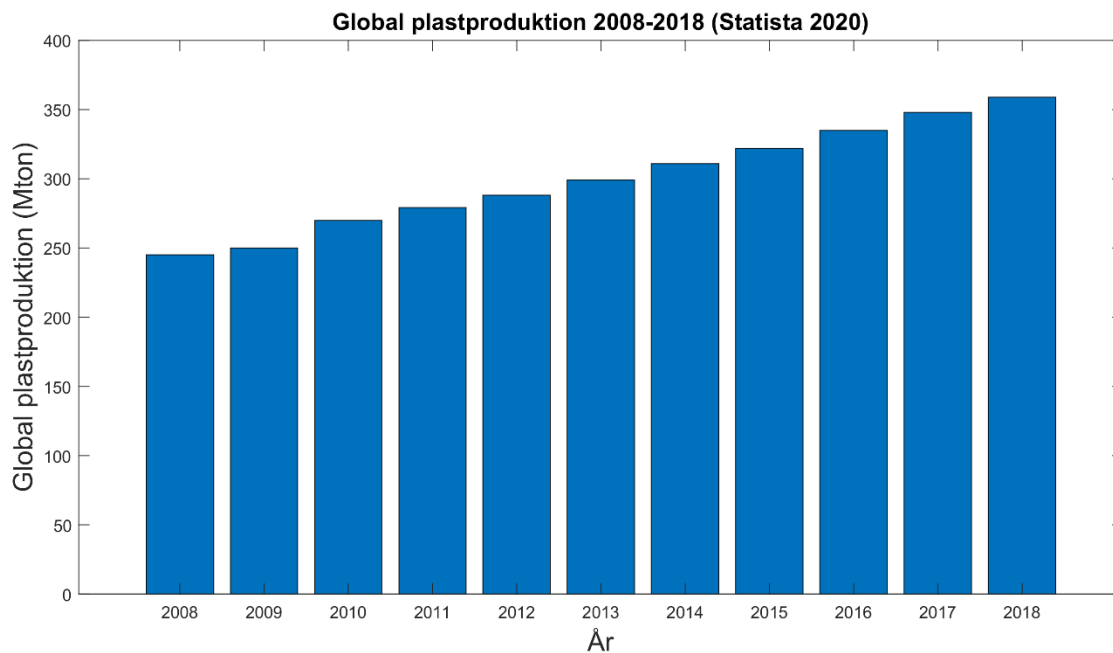
Alla polymerer som förekommer i fallskyddsammanhang är antingen plaster, elaster (gummin) eller textilfibrer. Plasterna kan vidare delas in i termoplaster och hårdplaster, elasonererna i naturgummi, syntetgummi och termoelaster och textilfibrerna i syntetfibrer och naturfibrer (Figur 45).



Figur 45. Världens produktion av elaster (Levin N, 2018) och plaster år 2018 (Statista, 2020d).

Världsproduktionen av plast har ökat kraftigt de senaste decennierna (1,5 Mton år 1950 till 359 Mton 2018) (Statista, 2020a) (Figur 46). Även produktionen av gummi (18 Mton år 2000 till 29 Mton 2019) (Statista, 2020b) och syntetfibrer (11 Mton år 1975 till 80 Mton 2019) (Statista, 2020c) har ökat. Syntetfibrer brukar av historiska skäl redovisas separat från annan plast även när det kemiskt sett är samma material. Av världens produktion av textilfibrer 2019 var ca 76 % syntetfibrer (främst polyester/PET samt lite nylon, polypropen och akryl) och 24 % naturfiber (främst bomull samt lite ull och cellulosebaserade fibrer) (Statista, 2020c). Skillnaden mellan plast och gummi (och andra

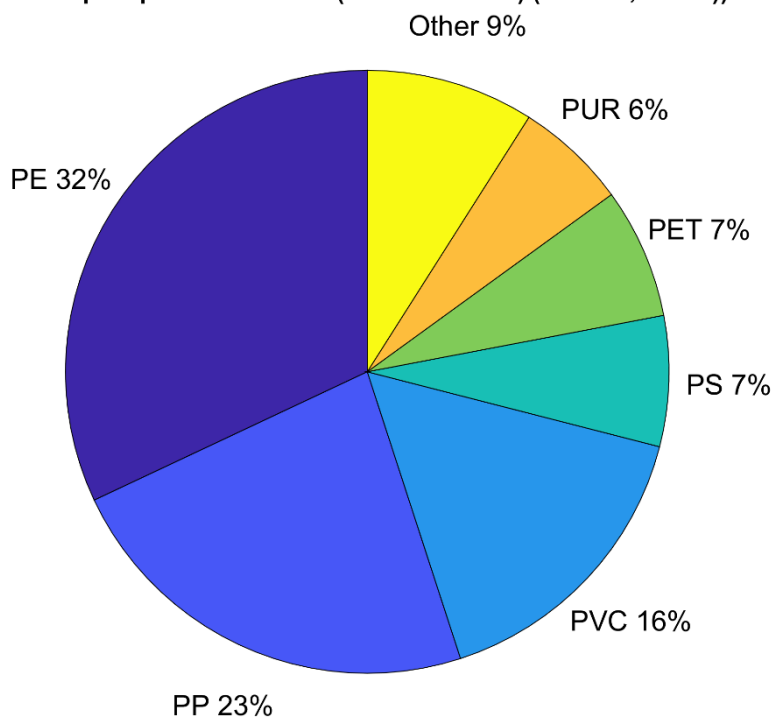
elastomerer) är att elastomerer kan töjas flera gånger sin originallängd och ändå återfå sin ursprungsform när spänningen upphör, medan plasterna deformeras permanent (=plasticeras) om de töjs mer än enstaka procent (Gedde UW H. M., 2019).



Figur 46. Världsproduktion av plast 1950-2018 (Statista, 2020a).

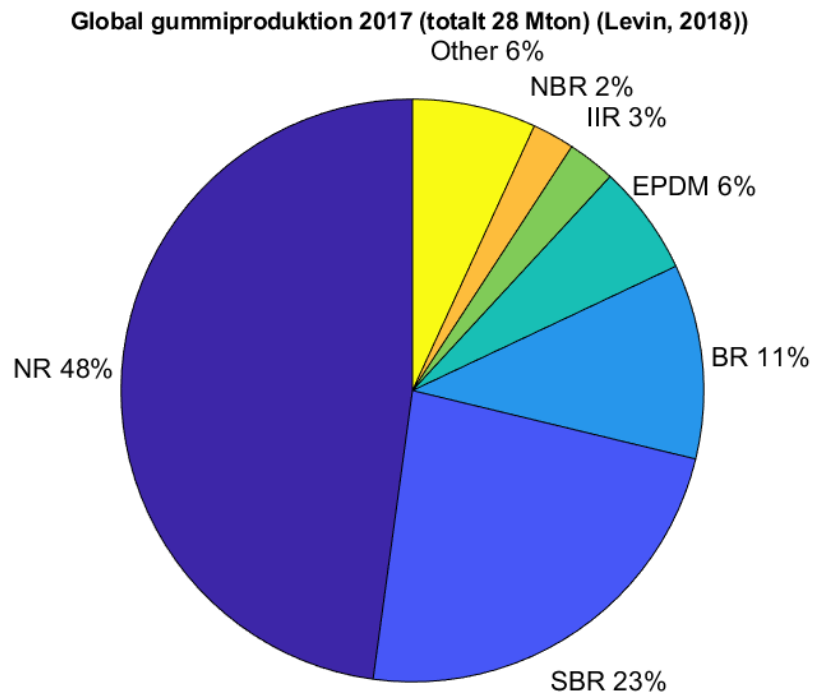
Materielgruppen plaster (335 Mton 2016) kan delas upp i termoplaster (270 Mton 2016) och hårdplaster (65 Mton 2016) (Levin N, 2018). Termoplaster smälter när de upphettas och kan då omformas till nya geometriska former. När de sedan kyls ned och stelnar återfår de i princip sina tidigare materialegenskaper. Följaktligen är många termoplaster lätta att återvinna. Hårdplaster smälter däremot inte när de upphettas, vilket gör dem mer termiskt stabila men svårare att återvinna. De två vanligaste termoplasterna, de semikristallina polyolefinerna polyeten (PE, LDPE, HDPE) och polypropen (PP), täcker drygt hälften av världens samlade plastproduktion (Statista, 2020d). Polyvinylklorid (PVC), polystyren (PS), polyetentereftalat (PET) utgör ca en fjärdedel och övriga plaster den kvarvarande fjärdedelen, se Figur 47.

Global plastproduktion 2018 (totalt 359 Mton) (Statista, 2020d)



Figur 47. Världens plastproduktion 2018 (totalt 359 Mton) efter plast-typ (Statista, 2020d).

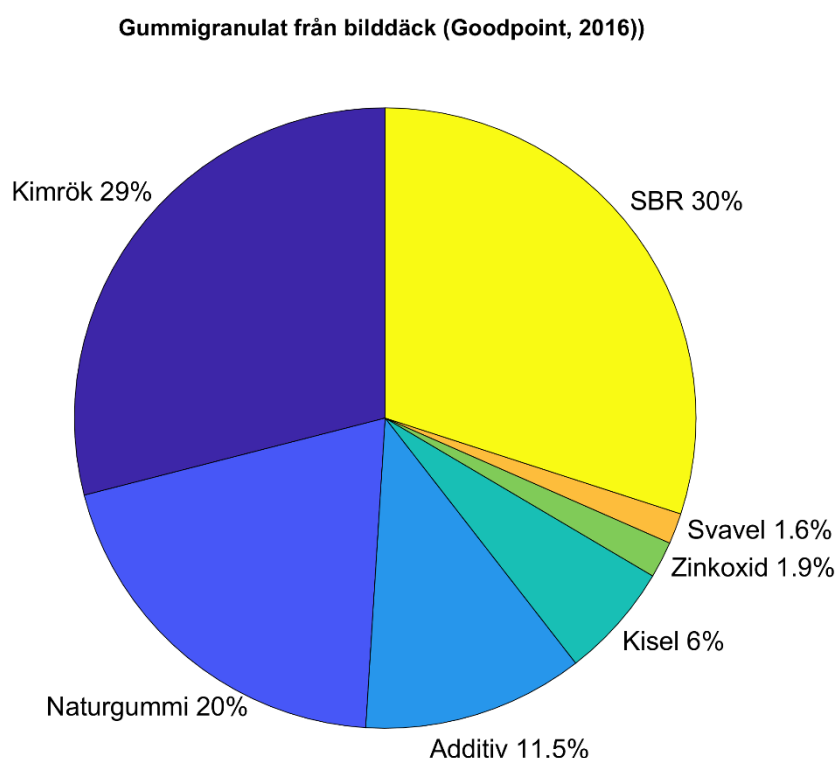
Materielgruppen elastomerer (33 Mton 2017) kan delas upp i gummin (28 Mton 2017) och termoelaster (5 Mton 2017) (Levin N, 2018). Gummi består av långa, hoptrasslade, polymerkedjor som tvärbundits genom vulkanisering, ofta med svavel. Det kan ofta sträckas ut 6-8 gånger sin ursprungslängd utan att deformeras permanent. När gummi upphettas kan det på grund av sina tvärbindingar inte enkelt smältas och omformas till en ny form och därför är gummi ofta svårt att materialåtervinna, förutsatt att det befintliga materialet inte kan få ett nytt användningsområde. Exempelvis kan gamla bildäck granuleras och används som stötdämpning i granulatfyllda konstgräsplaner och i fallskyddsytor med gjutet gummigranulat. Nästan hälften (13,3 Mton 2016) av allt gummi som årligen produceras i världen består av naturgummi (NR) som tappas i form av latex från gummiträdet *Hevea Brasiliensis* och ca en fjärdedel (6,5 Mton 2016) består av styren-butadiengummi (SBR) som tillverkas syntetiskt från petroleum (Levin N, 2018). Andra viktiga gummisorter är butadiengummi (BR), butylgummi (IIR), isoprengummi som är syntetiskt naturgummi (IR), etenpropendien gummi (EPDM), kloroprengummi (CR) och nitrilgummi (NBR) (SGF, 1996). Mer än hälften av allt nyproducerat gummi används till fordonsdäck. Termoelaster (TPE), är blandningar av plast och ovulkat gummi alternativt blockpolymerer med både mjuka och hårda segment. Termoelaster har gummiliknande mekaniska egenskaper och går att sträcka 1-2 gånger sin egen längd utan att deformeras permanent. Samtidigt kan de smältas och omformas likt termoplast, vilket underlättar återvinning. I termoelaster bidrar vanligtvis det ovulkade gummit till flexibilitet medan den styvare plasten, som smälter vid höga temperaturer, fungerar som tvärbinding.



Figur 48. Världens gummiproduktion 2017 (totalt 28 Mton) efter gummityp (Levin N, 2018).

Material i återvunna däck

Både det nedre skiktet i ytor med gjutet granulat och ifyllnadsgranulat i konstgräsplaner brukar "traditionellt" tillverkas av gummigranulat från återvunna däck. Vanligtvis kallas återvunnet däckgummi för SBR, eller R-SBR för att förtydliga att det är återvunnet. Det finns dock många sorters däck och de flesta kategorier har en blandning av flera sorters gummi. Däck innehåller också andra komponenter, bland annat metaller (tex stål och tungmetaller som zink), fibrer, antioxidanter, mjukgörare (tex ftalater), additiv, tvärbindingkemikalier (främst svavel), polymerer, polyaromatiska PAH-oljor och fyllmedel (tex kimrök, dvs carbon black (CB)). Ett exempel på kemiskt innehåll i gummigranulat från återvunna bildäck (exklusive stål) är 30% SBR, 20% NR, 29% kimrök, 6% kisel, 1,6% svavel, 1,9 % zinkoxid och 11,5 % additiver (Goodpoint, 2016) (Figur 49).



Figur 49. Material i ett bildäck (Goodpoint, 2016) (sammansättningen kan variera mycket).

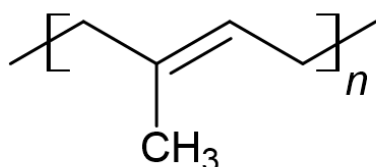
Däck innehåller ofta minst fem olika gummimaterial, framförallt SBR, NR och BR. Personbilsdäck innehåller högre halt av SBR och BR i sommardäck och NR och BR vinterdäck (Mårtensson, 2013). Lastbilsdäck (slitbanorna) har ofta en hög halt av NR och eventuellt SBR. Skogsmaskiner och traktorer använder NR och SBR. Implementdäck och industridäck är baserade på främst SBR medan slanglösa däck har tätningslager av halogenerat butylgummi (BIIR eller CIIR). Svenska leverantörer av fallskyddsgummi använder R-SBR från bildäck, lastbils- och bussdäck. På europeisk nivå är R-SBR från bildäck vanligast (ca 70%), följt av buss/lastbilsdäck (ca 20%) och andra däck (ca 10%) (ECHA, 2017). De flesta sorters gummin har goda köldegenskaper och bibehåller sin stötdämpande förmåga även vid måttliga minusgrader. Jämfört med 25°C fördubblas elasticitetsmodulen ofta först vid ca -10°C. Naturgummi, som tillsammans med SBR ingår i tex lastbilsdäck och vinterdäck för personbilar, bibehåller sin goda elasticitet till ännu lägre temperaturer, ca -25°C.

Kring 2010 beslutade EU att börja fasa ut cancerogena, polyaromatiska PAH-oljor från däck (EU, 2011), vilket gör att dagens nivåer av dessa kemikalier är betydligt lägre än tidigare även om de ibland fortfarande är högre än leksaksdirektivet tillåter. Exempel på PAH-kemikalier är

benzopyrene, benzopyrene, benzoanthracene, chrysen, benzofluoranthene, benzofluoranthene, benzofluoranthene och dibenzoanthracene. Vid användning av R-SBR är det därför viktigt att säkerställa att gummit kommer från europeiska däck som åtminstone är nyare än 2010, men gärna betydligt nyare än så. Det har gjorts ett flertal studier på hälso- och miljöeffekter av mikroplast från däckgummi och den samlade bilden är att det är något mindre farligt än först befarat, men fortfarande inte helt ofarligt (EPA , 2019), (ECHA, 2017), (Baensch-Baltruschat, Kocher, Stock, & Reiffersched, 2020), (Halsband C, 2020), (Pronk MEJ, 2020), (Wang YL, 2020), (Kole PJ, 2017), (Hüffer T, 2019), (Achten & et al., 2018).

NR (Naturgummi)

Naturgummi (Figur 50) är världens vanligaste elastomer och svarar för ca hälften av dagens gummitillverkning (Mårtensson, 2013). Den stora majoriteten av allt naturgummi tappas i form av flytande latex från gummiträdet (Kautschuk, *Hevea Brasiliensis*) som främst odlas på gummiplantager i Ostasien (Kohjiya S, 2014). Mindre mängder naturgummi från det nordamerikanska trädet *Gauyule* (Eranki P, 2019) samt syntetiserat, petroleumbaserat naturgummi (isopren, IR) tillverkas också. Kautschuk-gummiträden börjar producera latex efter 6-8 år och kan därefter regelbundet tappas på latex tills de är ca 30 år gamla. Naturgummi är vanligt förekommande i fordonsdäck, i synnerhet i bussdäck, lastbilsdäck och vinterdäck, och förblir mjukt och elastiskt vid lägre temperaturer än SBR-gummi. Vulkanat naturgummi har hög elasticitet och studselasticitet, hög dragsträckgräns (750-850%), låg dämpning, hög slitstyrka, god hållfasthet, hög tålighet mot vatten och icke-oxiderande syror, goda koldgenskaper och låg sättning efter deformation. Det är dock känsligt mot höga temperaturer, åldring/oxidation, bränslen, oljor och ozon. Många av material-egenskaperna för naturgummi sammanfaller med egenskaperna för SBR, men naturgummi är mekaniskt stabilare än SBR och behöver därför inte lika mycket förstärkande fyllmedel (tex kimrök). Det är också köldtåligare, har bättre vidhäftningsförmåga och är lättare att bearbeta. Rent naturgummi (latex) är inte toxiskt.

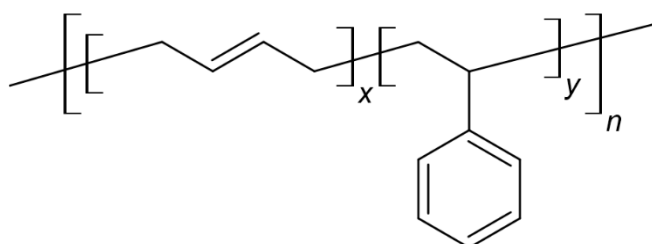


Figur 50. Kemisk strukturformel för naturgummi (latex).

SBR (Styren-butadien gummi)

Styrenbutadiengummi (SBR) (Figur 51) är ett syntetiskt, petroleumbaserat gummi som utvecklades under andra världskriget som ersättning till naturgummi i fordonsdäck (Mårtensson, 2013). Även idag används SBR främst till däck och svarar nu för ca en fjärdedel av allt nyttillverkat gummi. Återvunnen SBR, i form av granulerade däck, är ett vanligt fallskyddsmaterial som bland annat används som nedre stötdämpningsskikt i ytor av gummigranulat och som infills-granulat i konstgräsplaner. SBR är en sampolymer mellan styren (ofta ca 23,5 %) och butadien (ca 76,5 %) och kan i vulkaniserad (tvärbunden) form och med rätt tillsatser ges approximativt samma mekaniska egenskaper som naturgummi. En högre andel butadien leder till bättre elasticitet, dämpning, friktion och köldbändighet men sämre bearbetbarhet och hållbarhet. Butadien förekommer i minst tre olika stereostrukturer och beroende på balansen mellan dessa kommer SBR-gummits egenskaper att variera. Vanligtvis tillverkas SBR med kallpolymerisering vid ca 5°C, antingen med emulsionspolymerisering (E-SBR) eller lösningspolymerisering (S-SBR). Utöver styren och butadien förekommer ett stort antal tillsatser i SBR, bland annat används en hög iblandning av förstärkande fyllmedel som kimrök för att ge SBR-gummit önskvärd mekanisk styvhet och

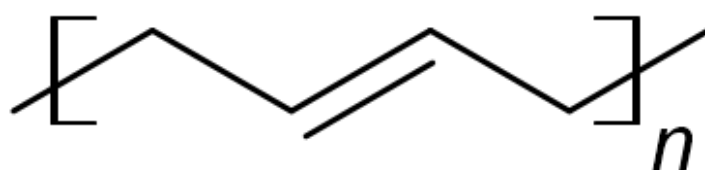
hållbarhet. Antioxidanter, organiska syror, vulkmedel (tex svavel) mm tillsätts också. Ovulkaniserat gummi kan smältas och formas till önskad form och därefter kan vulkanisering initieras genom att höja temperaturen kraftigt, vilket får svavlet att reagera med butadienet så att tvärbindingar bildas. Dessa får gummit att bilda ett elastiskt, stretchbart, formstabil nätverk som bibehåller sina egenskaper även om det upphettas. Vulkaniserad SBR har god slitstyrka, god värmebeständighet, låg vattenabsorption, god dämpning, hög friktion, relativt goda köldegenskaper med en glastransitionstemperatur kring -50°C , kan sträckas 5-600% innan brott, är fukttåligt men är känsligt mot ozon, och olja. Ren SBR utan tillsatser är inte direkt toxiskt, men eftersom SBR innehåller styren, som i gasform kan orsaka cancer och neurologiska skador hos människor (Banton, o.a., 2019), bör SBR-gummidäck inte eldas upp.



Figur 51. Kemisk strukturformel för Styren-butadien gummi.

BR (Butadiengummi)

Butadiengummi (BR) (Figur 52) är en homopolymer av den butadien som även förekommer i sampolymeren SBR (Mårtensson, 2013). Den årliga världsproduktionen är ca 3,0 Mton. BR har god hållfasthet, hög elasticitet och framförallt mycket god köldbändighet och flexibilitet vid låga temperaturer, vilket gör att BR ofta ingår i gummiblandningar avsedda till däck som komplement till andra gummimaterial. Iblandning av BR i SBR eller NR kan också ge förbättrad dämpning, lägre värmegenerering vid dynamiskt arbete, ökad elasticitet, högre studselasticitet, ökat nötningsmotstånd, lägre rullmotstånd och ökad utmattningsbeständighet. Brottöjningen för ren BR ligger runt 500%. Ren BR är svår att processa och används främst i blandning med naturgummi och SBR.

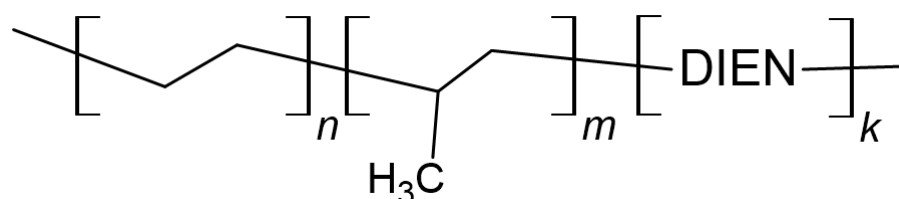


Figur 52. Kemisk strukturformel för butadiengummi

EPDM (Etenpropendiengummi)

Etenpropendiengummi (EPDM) (Figur 53) är en sampolymer med monomerna eten och propen tillsammans med en mindre mängd dien (Mårtensson, 2013). Om ingen dien ingår kallas materialet etenpropengummi (EPM). Den årliga världsproduktionen av EPDM (inklusive EPM) är ca 1,7 Mton. EPDM är det dominerande ytmaterialet för fallskyddsytor av gjutet gummigranulat och används också som granulatfyllnadsmedel i konstgräsplaner, precis som återvunnen R-SBR från uttjänta däck. Till skillnad från R-SBR innehåller dock nytillverkad EPDM sällan några betydande mängder tungmetaller eller skadliga PAH-kemikalier. EPDM är har god resistens mot värmeåldring, ozon, oxidation, varmvatten, polära vätskor, syror och alkalier (baser) och är därför ett bra ytmaterial. Däremot sväller den kraftigt i kontakt med flytande kolväten (tex bensin) och är svårt att fästa till metaller och textilier. EPDM kan vulkaniseras (vulkas, tvärbindas) med svavel, peroxider eller hartser. Eftersom de kolbindningar som uppstår vid peroxidvulkning är starkare än de sulfidbindningar som uppstår vid svavelvulkning är peroxidvulkad EPDM stabilare mot värme

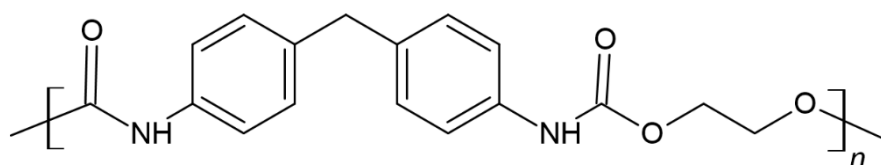
och sättning. Vulkaniserad EPMD har ganska god elasticitet, hög dämpning, fina utmattningsegenskaper, hög elasticitet vid låga temperaturer och goda sättningsegenskaper. Rivhållfastheten är god vid låga temperaturer men sjunker kraftigt vid förhöjda temperaturer.



Figur 53. Kemisk strukturformel för etenpropendiengummi

PUR (Polyuretanplast)

Polyuretaner (PU, PUR) (Figur 54) är en materielgrupp som tillverkas genom att kombinera isocyanater med polymera polyoler, dvs alkoholliknande polymerer med minst två hydroxylgrupper (-OH) (Brydson, 2016), (da Silva LFM, 2018). Beroende på tillverkningsprocess och ingående kemikalier kan polyuretanernas egenskaper varieras i mycket hög grad. Polyuretaner förekommer därför både som styva värmeisolerande polyuretanskum, som hård härdplast, som solida gummiliknande elastomerer, som expanderade, tvärbundna cellmaterial och som lim/bindemedel. Exempel på tillämpningar är madrasser, isoleringsmaterial, konstläder, lim, skosulor, elastiska konstfiber (spandex), tvättsvampar och vattenbaserade lim. PUR-baserade bindemedel används för att binda samman gummigranulaten i fallskyddsmaterial av gjutet gummigranulat och korkgranulat. Expanderad termoplastisk polyuretan (E-TPU) är ett skummaterial med slutna celler som ibland förekommer som ett alternativ till SBR i det nedre stötdämpningsskiktet i gjutna fallskyddsytor. E-TPU är en termoplastisk elastomer (TPE). Isocyanater i PUR karaktäriseras av att de har minst två isocyantgrupper (-N=C=O) som kan reagera med polyolernas (-OH) grupper. I PUR används främst de aromatiska isocyanterna toluenediisocyant (TDI) och polymetendifenyl-isocyanat (MDI). De vanligaste polyolerna i PUR är polyeter- och polyesterpolyoler. Korta polyolkedjor med många -OH grupper ger hårt tvärbundna, styva material, medan långa polyolkedjor ger mer flexibla material med gummiliknande egenskaper. Färdigpolymeriserad polyuretan är inte farligt att använda, men de isocyanater som ingår medför en arbetsmiljörisk under tillverkningsprocessen och kan också frigöras vid förbränning. PUR bryts ned snabbare vid förhöjda temperaturer och i kontakt med vatten (Le Gac PY, 2013).



Figur 54. Kemisk strukturformel för polyuretan

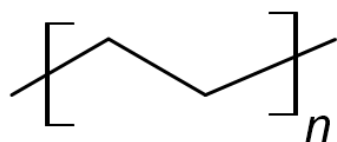
TPE (Termoelastiska plaster)

Termoelaster, dvs termoplastiska elaster, kännetecknas av att de har gummiliknande mekaniska egenskaper trots att de går att smälta och omforma som termoplaster (Mårtensson, 2013). Skillnaden mellan gummi och termoelaster är att gummi har kemiska tvärbindingar som inte med lätthet bryts vid förhöjda temperaturer medan TPE-materialens "tvärbindningspunkter" smälter vid höga temperaturer. De mekaniska egenskaperna hos TPE är i regel något sämre än hos gummi. Det finns ett flertal undergrupper av TPE-material, bland annat kan de vara uretanbaserade (TPU), styrenbaserade (TPS), olefinbaserade (TPO), polyeterbaserade (TPC) eller polyamidbaserade (TPA). Förkortningar och definitioner för olika termoelaster har fastställts i standarden "SS-ISO 18064:2014 Termoelaster –terminologi och beteckningar" (SIS, 2014). TPE-

material kan vara en blandning av plast- och gummimaterial eller vara blockpolymerer med växelvis mjuka och hårda segment. Om vulkat gummi (tex EPDM) blandas som fyllmedel i en plastmatrix (tex PP) blir det färdiga materialet en dynamiskt vulkad termoelast (TPV). Expanderad termoelastisk polyuretan (E-TPU) har nyligen kommit ut på marknaden som ett alternativ till R-SBR i platsgjutna gummigranuatfallskydd och det är antagligen bara en tidsfråga innan andra TPE-material också börjar användas till samma ändamål. TPE-material används ibland också som infill i konstgräsplaner. De termoelastiska egenskaperna hos TPE-material gör dem lättare att återvinna, vilket framhålls som ett miljöargument för TPE i förhållande till gummi.

PE (Polyetenplast)

Polyolefinen polyeten (PE) (Figur 55) är världens vanligaste plast och omfattar ca 32 % av världens plastproduktion (Brydson, 2016). PE används i konstgräs och (sporadiskt) i annat fallskyddsmaterial samt i plastpåsar, livsmedelsförpackningar, isoleringsmaterial och höftledsproteser mm. Majoriteten av all PE tillverkas av petroleum, men det går även att framställa PE från förnyelsebara råvaror, tex sockerrör, sockerbeter och andra utgångsprodukter som det går att erhalla etanol ifrån. Bio-PE har väsentligen samma egenskaper som traditionell PE och är inte biologiskt nedbrytbart. Beroende på densitet och förgreningsgrad kallas PE: lågdensitetspolyeten (LDPE), linjär lågdensitetspolyeten (LLDPE), mediumdensitetspolyeten (MDPE), högdensitetspolyeten (HDPE) eller ultrahögdensitetspolyeten (UHMWPE). LDPE (och LLDPE) är mjuka och används till plastpåsar, filmer och annan mjukplast, HDPE (och MDPE) är styvare och används tex i schampoflaskor, diskborsthandtag, vattenrör och leksaker medan UHMWPE används i specialtillämpningar tex i medicinska proteser. All PE är semikristallin vid rumstemperatur, dvs har både kristallina och amorfa regioner. Kristalliniteten ökar generellt med densiteten. Polymerkedjorna i PE är långa linjära kolvätekedjor (ca 10 000 kolatomer) som kan ha korta sidogrenar (2-10 kolatomer), framförallt i LDPE. Vanlig PE är en termoplast som smälter kring 110 grader och därför kan återvinnas med små energiförluster, vilket är bra ur klimatsynpunkt. För specialtillämpningar där materialet måste vara termiskt formstabil, tex isoleringsmaterial för högspänningskablar, krävs tvärbinding för att bibehålla stabila mekaniska egenskaper även vid förhöjd temperatur. Tvärbunden PE (XLPE) kan inte enkelt smältas ned och återvinnas. Vanligtvis görs tvärbindingen med peroxider som genererar tvärbindingkemikalier som behöver förgasas innan tillämning. Makroskopisk PE har en enkel kemisk struktur (C₂H₄) och är i normalfallet inert och hälsomässigt ofarlig. Det kan emellertid finnas ohälsosamma tillsatser (tex flamskyddsmedel) i plasten som frigörs (snabbare) vid upphettning. Därför bör man undvika att värma eller förvara varm mat i plastkärl. Mikro/nanoplast av PE kan bland annat ge försämrad tillväxt hos mikroorganismer.

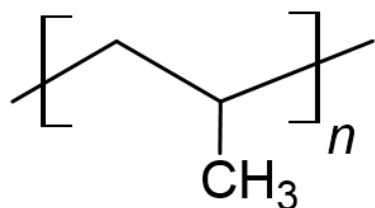


Figur 55. Kemisk strukturformel för polyeten

PP (Polypropenplast)

Polypropen (PP) (Figur 56) är likt polyeten en delkristallin, genomskinlig, termoplastisk polyolefin som lätt kan återvinnas och ofta används i konstgräs (Brydson, 2016). PP är världens näst vanligaste plast (23 % 2018). Exempel på PP-produkter är förpackningsmaterial, plastfilm, medicinska implantat, DVD-omslag, plastkorkar, vattenledningsrör, leksaker och livsmedelsförpackningar. Strukturformeln för PP påminner om PE, skillnaden är att ett väte per repeterande enhet ersätts med ett karbonyl (-CH₃). PP är styvare än PE, är lätt, har god mekanisk hållfasthet och blir sprött vid låga temperaturer. Lik PE är ren PP inte toxiskt men kan innehålla

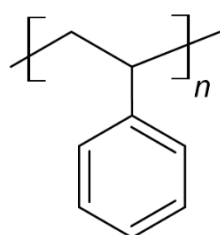
skadliga tillsatser som snabbare migrerar ur plasten vid höga temperaturer. Man bör därför inte kombinera varm mat med PP eller annan plast.



Figur 56. Kemisk strukturformel för polypropen

PS (Polystyrenplast)

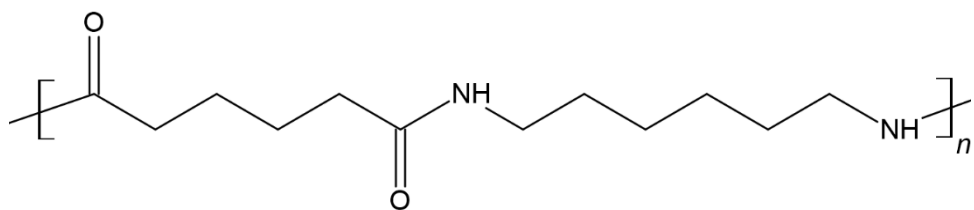
Polystyrenplast (PS) (Figur 57) är en aromatisk polymer som tillverkas av den misstänkt cancerogena, hormonstörande och nervpåverkande monomeren styren (Brydson, 2016). PS svarar för ca 7 % av världsproduktionen av plast, men även andra plaster och gummin innehåller styren, däribland acrylonitril-butadiene-styrene (ABS) plast, styren-akrylonitril (SAN) plast och styren-butadien (SBR) gummi. Beroende hur styrenet polymeriseras kan PS göras hårt och genomskinligt som high-impact (HI) glas eller formas till ett expanderat, mjukt, vitt, isolerande cellskummaterial av frigolit-typ (EPS). Exempel på användningsområden av HI-PS är hårda, genomskinliga CD-förpackningar, flaskor, engångsmuggar, genomskinliga förpackningsmaterial till leksaker och andra konsumentprodukter, engångsrakhyvlar mm. Expanderad PS (EPS), vanligen benämnd frigolit, används ofta som isoleringsmaterial och emballage till paket. Ingen av de större svenska tillverkarna av fallskyddsmaterial använder EPS eller annan PS i sina produkter. Anledningen till PS ändå omnämns här är att många mikroplaststudier undersöker PS och att styren är en central beståndsdel även i SBR gummi. Monomeren styren i gasform har en rad hälsovådliga egenskaper, den misstänks bland annat vara hormonstörande, neurotoxisk och cancerogen (Banton, o.a., 2019). Polymeriserad makroskopisk PS är däremot i princip inte farlig, förutom att små mängder opolymeriserad styren, flamskyddsmedel och andra kemikalier kan frigöras vid upphettning. Polystyren bör därför undvikas i livsmedelsnära tillämpningar. Det finns också indikationer på att nanoplast av PS har negativ påverkan på mikrober, växter och djur (Sökmen TÖ, 2020).



Figur 57. Kemisk strukturformel för polystyren

PA6, PA6.6 (Nylon)

Nylon (PA6, PA66, PA6G m.fl.) (Figur 58) är samlingsnamnet på en grupp termoplastiska polyamider som förekommer i konstgräsfibrer (tillsammans med PE och PP), men inte i ytor av gjutet gummigranulat (Brydson, 2016). Vanliga tillämpningsområden är köksredskap, fiskelinor, livsmedelsförpackningar och i synnerhet syntetfibrer i textilier för konfektionsindustrin. Nylon tillverkas genom att reagera aminer med syror, tex hexametyldiamin och adinpinsyra. Rena polyamider är hälsomässigt ofarliga, men kan innehålla tillsatser som frigörs vid upphettning.



Figur 58. Kemisk strukturformel för nylon



IVL Svenska Miljöinstitutet AB //
Box 210 60 // 100 31 Stockholm
Tel 010-788 65 00 // www.ivl.se