

Problematiska ämnen i plast som hindrar återvinning

Ett deluppdrag inom regeringsuppdraget Giftfritt från början

Kemikalieinspektionen arbetar med att minska risken för att människor och miljö skadas av kemikalier. Vi är en statlig myndighet som kontrollerar att företag följer reglerna för kemiska produkter, bekämpningsmedel och kemikalier i varor. Vi prövar ansökningar om tillstånd för att sälja och använda bekämpningsmedel. För att främja god hälsa och bättre miljö utvecklar vi lagstiftning och andra styrmedel i Sverige, inom EU och internationellt.

Kemikalieinspektionen.

Artikelnummer: 361 478

Förord

I Kemikalieinspektionens regleringsbrev för 2022 fick vi ett uppdrag att ”utreda vilka ämnen som hindrar eller är problematiska för att plast, skummad plast och plastliknande material ska kunna återvinnas”. Uppdraget var ett deluppdrag inom uppdraget ”Giftfritt från början” som hade inriktningen ”att stärka arbetet för en giftfri cirkulär ekonomi i Sverige, inom EU och globalt genom särskilda insatser så att produkter och varor är giftfria från början”.

Deluppdraget om plast redovisades till regeringen den 1 november 2023.

Projektledare för uppdraget var Erik Gravenfors. Övriga medverkande i projektgruppen var Erik Diurlin, Olof Johansson, Björn Malmström, Jessica Norrgran Engdahl och Robin Vestergren.

Ansvarig enhetschef för uppdraget var Annie Stålberg.

Innehåll

Sammanfattning	5
Summary	8
1. Bakgrund	12
1.1 Syfte och mål	13
1.2 Avgränsningar.....	14
1.3 Tidigare kartläggningar av ämnen i plast.....	16
1.4 Val av produktkategorier	18
1.5 Materialåtervinning av plast	20
2. Metoder och aktiviteter i uppdraget	22
2.2 Studiebesök.....	23
2.3 Branschdialog.....	27
3. Tillsatsämnen i plast.....	28
3.1 Mjukgörare.....	31
3.2 Flamskyddsmedel.....	35
3.3 Antioxidanter och stabilisatorer	39
3.4 Färgämnen och pigment	41
3.5 Fyllmedel	43
3.6 Blåsmedel.....	45
3.7 Kemiska ämnen som kan utgöra tekniska hinder för återvinningen.....	46
4. Förpackningar	47
4.1 Problematiske ämnen i plastförpackningar.....	50
4.2 Slutsatser om problematiske ämnen i plastförpackningar	55
5. Byggprodukter	57
5.1 Golv.....	59
5.2 Rör och rördelar.....	61
5.3 Profiler och lister	64
5.4 Kablar	66
5.5 Tätningsskikt.....	67
5.6 Isolering	68
5.7 Fogmassor.....	69
5.8 Härdplaster	70
5.9 Andra problematiske ämnen som har använts i byggsektorn inom EU....	71
5.10 Slutsatser om problematiske ämnen i byggprodukter.....	71

6.	Fordon och däck	75
6.1	Fordon	75
6.2	Däck	82
6.3	Slutsatser om problematiska ämnen i fordon och däck	86
7.	Elutrustning	88
7.1	Var finns plasten i elektronik?	90
7.2	Problematiska ämnen i olika produktgrupper inom elutrustning	92
7.3	Övriga problematiska ämnen i elutrustning	103
7.4	Slutsatser om problematiska ämnen i elutrustning	104
8.	Vindturbinblad	108
8.1	Hantering av uttjänta vindturbinblad	109
8.2	Problematiska ämnen i vindturbinblad	109
8.3	Slutsatser om problematiska ämnen i vindturbinblad	111
9.	Vägar framåt – Hinder och möjligheter för renare plastflöden	112
9.1.	Problematiska ämnen	112
9.2.	Olika livslängd och kravprofil för olika produktkategorier	114
9.3.	Information och spårbarhet – nyckeln till hållbara cirkulära materialflöden	114
9.4.	Rätt design minskar mängden problematiska ämnen	115
	Ordlista	117
	Bilaga 1: Problematiska ämnen i plast som hindrar återvinning	123
	Bilaga 2: Vanliga polymertyper	125

Sammanfattning

I den här rapporten redovisar Kemikalieinspektionen deluppdraget om renare flöden av plast, vilket är den avslutande delen inom regeringsuppdraget Giftfritt från början. Parallellt har Naturvårdsverket också ett regeringsuppdrag om plast för att främja omställningen av plast i en cirkulär ekonomi och för att kunna nå målet om att Sverige ska bli världens första fossilfria välfärdsland.

Naturvårdsverkets uppdrag – *rätt plast på rätt plats* – ska redovisas i mars 2024.

Mindre än 10 procent av den plast som sätts på marknaden återvinns. En av orsakerna är att vissa plastströmmar innehåller hälso- eller miljöskadliga ämnen som kan utgöra ett problem vid återvinning till nya produkter samt att det i många fall saknas kunskap om innehållet. Rapporten innehåller en genomgång av olika tillsatsämnen till plast, så kallade additiv, samt en genomgång av de största plastflödena i Sverige per produktkategori. Med det som utgångspunkt utreder vi förekomsten av ämnen som är problematiska och kan hindra återvinningen. Additiv som uppfyller kriterierna för särskilt farliga ämnen och som dessutom förekommer i högre halter i plasten har hög relevans. Det finns också ämnen som kan utgöra tekniska hinder vid återvinning av plaster. Urvalet av produktkategorier som utreds i rapporten utgår från Naturvårdsverkets sammanställning av de vikt mässi g t största plastflödena som sätts på marknaden: 1) förpackningar, 2) byggprodukter, 3) fordon och däck, 4) elektronik och 5) vindturbinblad.

Förpackningar

Plastförpackningar innehåller generellt sett små mängder additiv, vilket skapar bra förutsättningar för återvinning utifrån ett kemikalieperspektiv. Flamskyddsmedel är generellt inget krav och dessutom används inte heller mjukgörare i någon större utsträckning eftersom den mjukplast som främst används – lågdensitetspolyeten (LDPE) – är flexibel och behöver inte någon tillsats för att bli mjuk. Eftersom förpackningar har kort livslängd kommer begränsningar eller förbud av kemiska ämnen att ha en direkt påverkan på vilka problematiska ämnen som återfinns i avfall från plastförpackningar.

Byggprodukter

Stora mängder plast finns inbyggt i olika byggnadsverk sedan 1950-talet. Problematiska ämnen finns framför allt i äldre PVC där mjukgörare, flamskyddsmedel, stabilisatorer och pigment utgjordes av problematiska ämnen som numera är förbjudna och inte längre används i nya produkter. Idag kan problematiska ämnen fortfarande finnas i byggprodukter såsom mjukgörare i vissa fogmassor, stabilisatorer i transparenta PVC-profiler och flamskydd i takduk.

Fordon och däck

Andelen plast i fordon uppskattas idag till knappt 20 procent av den totala vikten. Plast är vanligt i stötfångare, underredsskydd, instrumentbrädan, bilsäten, elektronik och i drivlinekomponenter. En rad olika typer av polymerer används och historiskt har det förekommit flera problematiska ämnen, såsom bromerade flamskyddsmedel och tungmetaller i pigment och värme- /UV-stabilisatorer. Flertalet av de ämnen som identifierats är förbjudna i nya fordon men förekommer i äldre bilsrot. Även andra ämnen som är i bruk idag kan vara problematiska i fordonsplast och däck vilket vi redovisar i rapporten.

Elutrustning

Plast i elutrustning finns i höljen till exempelvis TV-skärmar, skrivare, vitvaror och hushållsapparater men även i kablar samt inkapslat i elektroniken. Förekomsten av problematiska ämnen varierar mellan olika produktområden och finns ofta i gammal elektronik samt i enklare billig importerad elektronik. De ämnen som är mest problematiska i elektronikplast är olika typer av hälso- eller miljöskadliga flamskyddsmedel.

Vindturbinblad

Materialsammansättningen i vindturbinblad utgörs till största delen av glasfiber samt hårdplasterna epoxi, polyester eller vinylester. Den primära utmaningen med att återvinna vindturbinblad ligger i den komplexa blandningen av glasfiber, hårdplaster och termoplaster som är svåra att separera från varandra. Baserat på kännedom om ingående material har PFAS och bensotriazol identifierats som problematiska ämnen ur ett återvinningsperspektiv.

Hinder och möjligheter för renare plastflöden

Två grupper av tillsatsämnen som sticker ut är mjukgörare och flamskyddsmedel. Inom dessa grupper har det historiskt förekommit flera problematiska ämnen och även om situationen är förbättrad idag finns det fortfarande ämnen som behöver åtgärdas. Ämnen av lägre relevans utifrån ett återvinningsperspektiv är generellt sett resthalter av monomerer samt olika processkemikalier och föroreningar i plasten samt additiv i låga halter i produkterna. I dagsläget saknas alltfjämt kunskap om hälso- och miljöegenskaper för ett stort antal ämnen på marknaden, särskilt i lägre volymer (under 10 ton) samt när det gäller ämnen som inte tillverkas inom EU men finns i importerade varor. De plastflöden som återvinns idag härstammar från produkter som i många fall är 20–30 år gamla och dessa designades inte med cirkulära materialflöden i åtanke. Idag ökar kraven på cirkulär design från början. Skillnaderna är dessutom stora när det gäller innehåll av problematiska ämnen mellan olika produktkategorier, vilket vi visar i rapporten.

Information och spårbarhet är avgörande för en säker användning av återvunna material. Här är det viktigt att också återvinningsledet får ta del av informationen så att det blir en spårbarhet genom värdekedjan. Efterfrågan ökar också på förbättrad kvalitetskontroll av återvunnen plastråvara. Återvunnet material är antingen en kemisk produkt eller vara, och i de flesta fall är det samma lagkrav som gäller som vid tillverkning eller utsläppande på marknaden av kemiska produkter eller varor.

Vägar framåt

- Sverige bör även fortsättningsvis driva på takten i EU-arbetet med att stärka informationskraven, utvärdera ämnen samt föreslå tillstånd och förbud för särskilt farliga ämnen. Eftersom mycket av handeln med varor och produkter bedrivs på global nivå, är ytterligare åtgärder nödvändiga även på den globala nivån. Marknadskontrollen behöver också förstärkas, i synnerhet för importerade varor där många förbjudna ämnen påträffas i hög utsträckning. Branschvisa tillsynsinsatser mot olika varor av plast skulle synliggöra problemen med otillåtna ämnen i olika branscher och ge en fördel för aktörer som lever upp till lagstiftningen.
- Lösningar för förbättrad materialåtervinning av plast behöver anpassas individuellt för respektive produktkategori. Vi ser därför ett behov av separata vägledningar för ökad återvinning där kunskapen är samlad om vilka ämnen som kan vara problematiska för respektive produktkategori.
- Införandet av så kallade produktpass i olika produktregelverk inom EU är en ny plattform för information som bland annat möjliggör förbättrad information om innehållet i varor, vilket även återvinningsledet bör kunna ta del av. Återvinning genom så kallade ”slutna loopar” är en framgångsrik modell för att bibehålla kontrollen av den återvunna råvaran genom ett väl fungerande samarbete längs hela värdekedjan. Vi ser också ett behov av förbättrad kvalitetskontroll av återvunnen plastråvara samt fler kemiska analyser för att säkerställa att halterna av vissa oönskade ämnen och ämnesgrupper inte är förhöjda.
- Rätt design ger renare plastflöden. Ett strategiskt förhållningssätt är EU-arbetet med riktlinjer för ”safe and sustainable by design”. Kemikalieinspektionens verktyg för substitution – PRIO – är också ett stöd i det arbetet. Genom att minska den kemiska komplexiteten och reducera antalet plastsorter ökar förutsättningarna generellt för materialåtervinning. Arbetet med internationella standarder för olika plasttyper är här ett viktigt styrmedel för att skapa normer för branschen, vilket kan minska variationen i utbudet av plaster utan att hindra utvecklingen av nya och bättre plaster. Näringslivet behöver ta ledarrollen i det här arbetet.

Summary

In this report, the Swedish Chemicals Agency presents the sub-assignment on cleaner flows of plastic, which is the final part of the government assignment Non-toxic from the start. At the same time, the Swedish Environmental Protection Agency also has a government assignment on plastics; to promote the transition of plastics in a circular economy and to achieve the goal of Sweden becoming the world's first fossil-free welfare country – *the right plastic in the right place* – which will be reported in March 2024.

Less than 10 % of the plastic put on the market is recycled. One of the reasons for this is that some plastic streams contain substances that are harmful to health or the environment and can pose a problem when recycled into new products.

Furthermore, there is often a lack of knowledge about the chemical contents of products. The report contains a review of various additives in plastics, as well as a review of the largest plastic flows in Sweden by product category. On this basis, we investigate the presence of substances that are of concern and could impede recycling. Additives, that meet the criteria for particularly hazardous substances and that are also present in higher concentrations in the plastic, are of high relevance. There are also substances that can be technical obstacles to the recycling of plastics. The selection of product categories investigated in the report is based on the Swedish Environmental Protection Agency's compilation of the largest plastic flows on the market in terms of weight: 1) packaging, 2) construction products, 3) vehicles and tires, 4) electronics, and 5) wind turbine blades.

Packaging

Plastic packaging generally contains small amounts of additives. From a chemical perspective, this creates good conditions for recycling. Flame retardants are generally not required, and plasticizers are not widely used. This is because the mainly used soft plastic – low-density polyethylene (LDPE) – is flexible and does not need any softening additive. Since packaging has a short lifespan, restrictions or bans on chemical substances will have a direct impact on which substances of concern are found in waste from plastic packaging.

Building products

Large amounts of plastic have been built into various buildings since the 1950s. Substances of concern are mainly found in older PVC which contain plasticizers, flame retardants, stabilisers and pigments consisted of substances of concern that

are now banned and no longer used in new products. Today, substances of concern can still be found in construction products such as plasticizers in certain sealants, stabilizers in transparent PVC profiles and flame retardants in roofing membranes.

Vehicles & Tyres

The proportion of plastic in vehicles is currently estimated at just under 20 percent of the total weight. Plastic is commonly found in bumpers, underbody guards, dashboards, car seats, electronics and powertrain components. A few different types of polymers are used and historically there have been several problematic substances, such as brominated flame retardants and heavy metals in pigments and heat/UV stabilizers. Most of the substances identified are banned in new vehicles but are present in older vehicle scraps. Other substances that are in use today can also be of concern in automotive plastics and tires, as we state in the report.

Electrical equipment

In electrical equipment, plastic can be found in the housings of, for example, TV screens, printers, household appliances, but also in cables and encapsulated in electronics. The occurrence of substances of concern varies between different product areas. These substances are often found both in old electronics and in simple, cheap imported electronics. The substances that are most problematic in electronic plastics are various types of health or environmentally harmful flame retardants.

Wind turbine blades

The material composition of wind turbine blades mainly consists of fiberglass and the thermosetting plastics epoxy, polyester or vinyl ester. The primary challenge of recycling wind turbine blades lies in the complex mix of fiberglass, thermosetting resins and thermoplastics that are difficult to separate from each other. Based on knowledge of the constituent materials, PFAS and benzotriazoles have been identified as substances of concern from a recycling perspective.

Obstacles and opportunities for cleaner plastic flows

Two groups of additives that stand out are plasticizers and flame retardants. Within these groups, there have historically been several substances of concern. Although the situation is improved today, there are still substances that need to be addressed. From a recycling perspective, substances of lower relevance are generally residues of monomers, various process chemicals and impurities in the plastics, as well as additives in low concentrations in the products. At present, there is still a lack of knowledge in respect to the health and environmental properties of many

substances on the market, especially those produced in lower volumes (less than 10 tonnes) as well as for substances that are not manufactured in the EU but are present in imported articles. The plastic flows that are recycled today originate from products that in many cases are 20–30 years old. These products were not designed for circularity. Today, the demands for circular design from the start, are increasing. There are also large differences in the content of substances of concern between different product areas, as we show in the report.

For the safe use of recycled materials, information and traceability are essential. It is also important that the recycling stage has access to the information to ensure traceability throughout the value chain. The demand for improved quality control of recycled plastic raw materials is also increasing. Recycled material is either a chemical product or an article, and in most cases the same legal requirements apply as for the manufacture or the placing on the market of chemical products or articles.

Ways forward

- Sweden should continue to be a driving force in the EU work to strengthen the information requirements, evaluate substances and propose authorisations and restrictions for substances of very high concern. Further global action is also necessary since much of the trade in articles and chemical products is conducted at a global level. Market surveillance also needs to be strengthened, especially for imported articles in which many prohibited substances are found to a large extent. Sector-specific enforcement efforts against various plastic articles would highlight the problems of prohibited substances in different industries and provide an advantage for actors who comply with the legislation.
- Solutions for improved recycling of plastics need to be individually adapted for each product category. Consequently, we see a need for separate guidelines for increased recycling, including information on which substances may be of concern for each product category.
- The introduction of so-called product passports in various product regulations within the EU is a new platform for sharing information that, among other things, enables improved information about the chemical content of articles, which should also be available to the recycling stage. Recycling through so-called "closed loops" is a successful model for maintaining control of the recycled raw material through well-functioning collaboration along the entire value chain. To ensure that the levels of certain undesirable substances and substance groups are not elevated, we also see a need for improved quality control of recycled plastic raw materials and more chemical analysis.

- The right design leads to cleaner plastic flows. A strategic approach to deal with this challenge is the EU's work on the framework for "Safe and Sustainable by Design". The Swedish Chemicals Agency's substitution tool – PRIO – may also be used as a support in this work. The conditions for recycling generally improve by reducing the chemical complexity and the number of types of plastic materials. The work with international standards for different types of plastics is an important instrument for creating standards for the industry. It can reduce the variation in the supply of plastics without being an obstacle to development of new and better plastics. The industry needs to take a leading role in this work.

1. Bakgrund

Kemikalieinspektionen fick i uppdrag av regeringen att under 2021–2022 stärka arbetet för en giftfri cirkulär ekonomi i Sverige, inom EU och globalt^{1,2}. Uppdraget var uppdelat på följande fokusområden:

- Utfasning av särskilt farliga ämnen
- Minskade risker med andra farliga ämnen
- Giftfri design och produktion
- Utveckling av tillsynen
- Stärkt information och vägledning
- Renare flöden av plast

Uppdraget som helhet redovisades till regeringen i början av 2023³ men deluppdraget om renare flöden av plast har ett senare datum för redovisning – 1 november 2023. Parallellt har Naturvårdsverket också ett regeringsuppdrag om plast för att främja omställningen av plast i en cirkulär ekonomi och för att kunna nå målet om att Sverige ska bli världens första fossilfria välfärdsland – *rätt plast på rätt plats* – som ska redovisas i mars 2024⁴.

Plast används överallt i vårt samhälle och är till stor nytta i olika användningar men det skapar också problem, bland annat eftersom mängden plastavfall ökar. Användningen av plast i samhället ökar⁵ och mängden plastråvara som sattes på den svenska marknaden 2020 uppgick till cirka 1,3 miljoner ton enligt statistik från SCB.⁶ Samtidigt är det bara cirka tio procent av plasten som materialåtervinns⁶. Det beror delvis på att det kan vara svårt och kostsamt att samla in och sortera olika typer av plastavfall eller att plasten innehåller farliga ämnen som försvårar återvinning. För att möjliggöra omställningen till en cirkulär ekonomi behövs bättre kunskap om vilka ämnen och tillsatser i plast som potentiellt försvårar eller hindrar materialåtervinning.

¹ Regeringen, (2020). Regleringsbrev för budgetåret 2021 avseende Kemikalieinspektionen (M2020/00125 (delvis) M2020/02056 (delvis)). Stockholm: Miljödepartementet.

² Regeringen, (2021). Regleringsbrev för budgetåret 2022 avseende Kemikalieinspektionen (M2021/01849, M2021/00859, M2021/02392 (delvis)). Stockholm: Miljödepartementet.

³ Kemikalieinspektionen, (2023) Rapport 1/23: Regeringsuppdraget Giftfritt från början, Kemikalieinspektionens arbete för giftfri cirkulär ekonomi 2021–2022. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen.

⁴ <https://www.naturvardsverket.se/om-oss/regeringsuppdrag/pagaende-regeringsuppdrag/ratt-plast-pa-ratt-plats/>.

⁵ Regeringen, (2022). Sveriges handlingsplan för plast. En del av den cirkulära ekonomin.

⁶ Naturvårdsverket, (2022). Rapport 7038: Kartläggning av plastflöden i Sverige 2020. Stockholm: Naturvårdsverket.

Plast: Med plast⁷ avses normalt ett fast material bestående av polymerer och eventuella tillsatser. Denna definition av plast är bred och omfattar olika typer av syntetiska plaster, men kan också beskriva vissa plaster baserat på naturligt förekommande polymerer. Inom ramen för detta uppdrag har fokus legat på termoplast, hårdplaster med olika tillämpningar och i viss mån elastomerer. Termoplast består av icke tvärbundna polymerer som smälter vid uppvärmning och kan omformas till nya produkter. Hårdplaster däremot består av tvärbundna polymerer och kan därför inte smältas ner och omformas. Elastomerer är ett liknande polymert material med stor elastisk töjbarhet som normalt delas in i gummi och termoelaster.

Polymer: Ämne som består av en lång sekvens av en eller flera monomera enheter.

Monomer: Ämne som kan omvandlas till en polymer, en lång sekvens av en eller flera monomera enheter, i en polymerbildande reaktion och är således byggstenar för polymerer.

Additiv: Med funktionella additiv avses ämnen som är avsiktligt tillsatta till polymeren för att uppnå specifika egenskaper hos materialet eller i produktionsprocessen och som inte är kemiskt bundna till polymeren.

Problematiska ämnen: Med problematiska ämnen avser vi hälso- eller miljöfarliga ämnen som uppfyller PRIO:s kriterier för utfasningsämnen och som kan förekomma i plast vid återvinning.

1.1 Syfte och mål

Deluppdraget om renare flöden av plast⁷ är inriktat på att ”utreda vilka ämnen som hindrar eller är problematiska för att plast, skummad plast och plastliknande material ska kunna återvinnas”. Betoningen i deluppdraget bedömer vi ligger på att utreda vilka de problematiska ämnena är som kan utgöra hinder vid återvinning. Vår målsättning är att sammanfatta kunskapen om problematiska ämnen ur denna aspekt så att den kan användas i näringslivet och av myndigheter vid hantering och bedömning av insamlat plastavfall och vid materialåtervinning plast. Kunskapen

⁷ I ISO-definitionen av plast, ”material which contains as an essential ingredient a high polymer and which, at some stage in its processing into finished products, can be shaped by flow” är elastomera material undantagna från plastdefinitionen. Andra tillämpningar, till exempel plastdefinitionen i engångsplastdirektivet, (EU) 2019/904, inkluderar däremot elastomera material medan material baserade på naturliga polymerer som inte är kemiskt modifierade exkluderas. Det är därmed tydligt att definitionen av plast inte är entydig utan beror i flera fall på den kontext där terminologin används. Inom ramen för regeringsuppdraget har vi valt att betrakta polymert material ur ett brett perspektiv och snarare utgått från polymera materialflöden.

kan också användas för det förebyggande arbetet med bättre design av plaster som underlättar cirkularitet och den kan utgöra underlag för myndigheters arbete med styrmedelsförslag för att öka materialåtervinningen av plaster.

1.1.1 Leveranser inom deluppdraget

Den kunskap om problematiska ämnen i plast som vi sammanställer inom ramen för uppdraget vill vi tillgängliggöra på olika sätt:

- En sammanfattande rapport av regeringsuppdraget med utrymme för fördjupad teknisk dokumentation.
- Information och vägledning och lättillgänglig kunskap om problematiska ämnen i plast på Kemikalieinspektionens webbplats.
- Förbättrad och utökad materialinformation om olika plastpolymerer i Kemikalieinspektionens guide för substitution, PRIO⁸.

1.2 Avgränsningar

Vår tolkning av uppdragstexten är att vi inte ska avgränsa uppdraget till vissa plasttyper eller användningar, utan inledningsvis ha en så bred ansats som möjligt för att täcka in olika typer av plast. Syntetiska textilier som finns i kläder och hemtextil har vi emellertid exkluderat från kartläggningen eftersom vi nyligen har kartlagt denna plastström⁹. Vi har sedan fokuserat arbetet på de stora plastströmmarna som identifierats utifrån olika produktkategorier. De kemiska ämnen vi bedömer som mest relevanta att utreda närmare är de additiv som förekommer i högre halter i plasterna. Additiv är avsiktligt tillsatt till plasterna för att erhålla en viss funktion i materialet eller i produktionsprocessen. Oavsiktligt ”tillsatta” ämnen kan också förekomma i plaster och de kan vara rester av ämnen som bildats vid framställningen av plast, eller andra ämnen som har förorenat plasten.¹⁰ Eftersom halterna av dessa ämnen i de flesta fall är låga, har vi valt att inte fokusera på att kartlägga dem om det inte har funnits någon särskild anledning. Likaså har monomerer, det vill säga plastens byggstenar, generellt exkluderats från sammanställningen eftersom halterna av oreagerad monomer¹¹ i allmänhet är låga och utgör således ett mindre problem vid återvinning till nya

⁸ <https://www.kemi.se/prioguiden/start>

⁹ Kemikalieinspektionen, (2021). Rapport 4/21: Kartläggning av farliga kemiska ämnen i textil, En del i uppdraget om kartläggning av farliga ämnen 2017–2020. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen.

¹⁰ Oavsiktligt ”tillsatta” ämnen benämns ofta NIAS – non intentionally added substances, och inkluderar till exempel föroreningar inklusive nedbrytningsprodukter. Resthalter av monomerer betraktas som avsiktligt tillsatta ämnen.

¹¹ Den återstod som inte har polymeriserats, ofta kallad restmonomerhalt.

produkter. Ämnen som finns i plasten kan i varierande grad migrera och frisläppas från materialet under materialets livscykel inklusive användningsfasen och vid en eventuell återvinning. Detta har dock inte beaktats i bedömningen av problematiska ämnen.

Med återvinning av plast avser vi i den här rapporten materialåtervinning, det vill säga mekanisk eller kemisk återvinning av plast till nya ämnen, blandningar eller varor.¹² Energiåtervinning, produktion av bränsle eller användning som fyllnadsmaterial från plastavfall betraktas inte som materialåtervinning och nämns enbart undantagsvis i rapporten. Mekanisk och kemisk återvinning har delvis olika förutsättningar att hantera innehåll av problematiska ämnen. I mekanisk återvinning förblir problematiska ämnen till största delen intakta genom återvinningsprocessen. I kemiska återvinningsprocesser kan, beroende på bland annat temperatur, additiv brytas ner men också nya problematiska ämnen bildas beroende på sammansättningen av det polymera materialet. De kemiska återvinningsteknikerna är generellt inte lika etablerade som den mekaniska återvinningen. I rapporten utgår vi från additivens inneboende egenskaper och förekomst om de ska anses som problematiska, oavsett om det finns materialåtervinningstekniker för att avskilja eller destruera dessa ämnen från plasten¹³. För vissa produktkategorier kommenterar vi dock problematiska ämnen relaterat till en specifik återvinningsteknik. En översikt av olika materialåtervinningsprocesser finns i avsnitt 1.5.

1.2.1 Problematiska ämnen som kan hindra återvinningen

Särskilt farliga ämnen är ett begrepp inom miljökvalitetsmålet Giftfri miljö och syftar på ämnen som har någon av egenskaperna: hormonstörande; mycket svårnedbrytbar och ansamlas i hög grad i levande organismer; svårnedbrytbar, ansamlas i levande organismer och toxisk; cancerframkallande; förändrar arvsmassan; påverkar fortplantningen; kraftigt allergiframkallande; ämnen med jämförbar allvarlighetsgrad till exempel högfluorerade ämnen (PFAS) samt kvicksilver, kadmium och bly¹⁴. Mer detaljerad information om kriterierna finns i kapitlet 2.1 ”Prioritering av ämnen utifrån ett hälso- och miljöperspektiv”.

¹² <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/plast/materialatervinning-av-plast/>

¹³ Tidigare eller pågående initiativ att separera eller destruera additiv från polymert material inkluderar exempelvis Vinyloop® (upplösning/utfällning, mjukgörare i PVC) och FORMAS-projektet DeToxoLys, 2021-2023 (solvolys).

¹⁴ Kemikalieinspektionen, (2023) Rapport 1/23: Regeringsuppdraget Giftfritt från början, Kemikalieinspektionens arbete för giftfri cirkulär ekonomi 2021–2022. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen.

En utgångspunkt i regeringsuppdraget ”Giftfritt från början” är arbetet med att fasa ut användningen av särskilt farliga ämnen i design och produktionsled. Särskilt farliga ämnen är på grund av sina inneboende egenskaper olämpliga att återanvända eller återvinna. Genom att fasa ut särskilt farliga ämnen slipper återvinningsindustrin hantera dem i avfallsledet. Därmed möjliggörs giftfria kretslopp samtidigt som allvarliga skador på människor och miljö förebyggs¹⁵.

Vi har därför inom detta deluppdrag valt ett generellt angreppssätt där vi bedömer förekomsten av särskilt farliga ämnen i återvinningsledet som ”problematiske ämnen” och som utgörande ett hinder i återvinningen. Halterna av problematiske ämnen är också en faktor vi har med i bedömningen och är ett av skälen till att vi oftast har exkluderat oavsiktligt ”tillsatta” ämnen samt restmonomerer.

I Kemikalieinspektionens substitutionsverktyg – PRIO – kallas särskilt farliga ämnen för ”utfasningsämnen”. PRIO:s kriterier för utfasningsämnen samt databas har varit till stor hjälp i arbetet med rapporten samt bedömningen av enskilda ämnen.

1.3 Tidigare kartläggningar av ämnen i plast

Under senare år har det genomförts många kartläggningar av kemiska ämnen som potentiellt förekommer i plast. Vissa kartläggningar har fokuserat på specifika grupper av ämnen, till exempel ämnen på kandidatförteckningen eller ämnen med en specifik teknisk funktion, medan andra har varit mer uttömmande och listat tusentals ämnen som potentiellt förekommer i plast. Det är inte inom ramen för uppdraget att göra en heltäckande översikt av genomförda kartläggningar men ett par studier diskuteras översiktligt nedan.

Danska Miljöstyrelsen presenterade 2014 en kartläggning av ämnen på bland annat kandidatförteckningen som är relevanta för plast¹⁶. I kartläggningen identifierades 132 ämnen och rapporten redogör för ämnernas tekniska funktion och vilka polymertyper och varor av plast som ämnena kan förekomma i. Rapporten tar också upp potentialen för migration av ämnena från plasten och exponering för konsumenter, samt vad som händer med ämnena vid återvinning av plasten och då särskilt vid mekanisk återvinning. Norska Miljödirektoratet (tidigare Klima- og forurensningsdirektoratet, Klif) gjorde en liknande kartläggning av farliga ämnen i

¹⁵ Kemikalieinspektionen, (2023) Rapport 1/23: Regeringsuppdraget Giftfritt från början, Kemikalieinspektionens arbete för giftfri cirkulär ekonomi 2021 – 2022. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen.

¹⁶ Danish EPA, (2014). Report 132: Hazardous substances in plastics. Survey of chemical substances in consumer products, Copenhagen: Denmark.

plast 2013¹⁷ och som också bland annat redogör för vilka polymertyper och varor av plast som utvalda ämnen kan förekomma i. Rapporten tar även upp möjliga alternativa ämnen som kan användas för att uppnå samma tekniska funktion.

Åren 2016–2018 kartlade Echa plastadditiv som förekommer på EU-marknaden i syfte att identifiera ämnen som är registrerade i Reach i volymer som överstiger 100 ton¹⁸. I samarbete med industrirepresentanter sammanställde Echa en lista med 419 additiv som därefter prioriterades utifrån ämnernas potential för migration från plastmatriser. Migrationen bestämdes utifrån befintliga modelleringsmetoder. Ämnen med hög benägenhet att migrera och därmed kunna frisläppas från plasten prioriterades för utredning av regulatoriska åtgärder utifrån ett riskperspektiv.

Kemikalieinspektionen presenterade 2019 en kartläggning av ämnen i produktregistret som kan förekomma i plast¹⁹. Av 2 500 identifierade ämnen prioriterades 66 ämnen som uppfyllde vissa farokriterier, som antas finnas kvar i plasten vid slutanvändningen, och där det behövdes en detaljerad granskning om behoven av reglering. Kartläggningen var en del av regeringsuppdraget om kartläggning av farliga ämnen 2017–2020.

Andra kartläggningar har haft ambitionen att mer fullständigt identifiera potentiella ämnen i plast. Groh *et al.* publicerade 2019 en databas över ämnen associerade med plastförpackningar, Chemicals associated with Plastic Packaging database (CPPdb)²⁰. I databasen finns över 4 000 ämnen av (potentiell) relevans för plastförpackningar, varav drygt 900 ämnen bedömdes vara av högre relevans. Listan på ämnen inkluderar monomerer, intermediärer, lösningsmedel, mjukgörare, stabilisatorer med mera. Drygt 100 av de sistnämnda 900 ämnena rankades högt ur ett farlighetsperspektiv för antingen hälsa eller miljö baserat på utvalda kriterier.

Kemikalieinspektionen rapporterade en liknande databas över ämnen i elastomera material 2018 som en del av regeringsuppdraget om kartläggning av farliga ämnen 2017–2020²¹. Cirka 3 000 ämnen identifierades som potentiellt förekommande i

¹⁷ Report TA-3017 (2013), Hazardous substances in plastic materials, Klima- og forurensningsdirektoratet, Norge.

¹⁸ Plastic additives initiative. Echa, (2019). Available on: <https://echa.europa.eu/sv/plastic-additives-initiative>.

¹⁹ Kemikalieinspektionen (2019), PM nr 2/19: Survey on substances in plastics in the Swedish product register. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen.

²⁰ Groh, K., Backhaus, T., Carney-Almroth, B., Geueke, B., Inostroza, P.A., Lennquist, A., Leslie, H.A., Maffini, M., Slunge, D., Trasande, L., Warhurst, M., Muncke, J. (2019). Overview of known plastic packaging-associated chemicals and their hazards. *Science of the Total Environment*. 651 (2019) 3253–3268.

²¹ Kemikalieinspektionen (2018), PM nr 4/18: Chemical Substances in Elastomer Materials. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen.

elastomera material, varav cirka 800 ämnen granskades mer utförligt. Ingen ytterligare prioritering av ämnen baserat på inneboende egenskaper genomfördes inom ramen för det uppdraget.

Ytterligare två nya studier har kartlagt ämnen i plast ur ett brett perspektiv. Aurisano *et al.* inkluderade över 6 000 ämnen relevanta för plast varav drygt 1 500 ämnen bedömdes som prioriterade för substitution²². Databasen har sammanställt data från cirka 35 källor med uppgifter om ämnens tekniska funktion och relevans för olika polymera material när tillgängligt. Wiesinger *et al.* sammanställde data för över 10 000 ämnen relevanta för plast varav drygt 2 400 bedömdes som problematiska ur ett farlighetsperspektiv²³. Även i denna studie inhämtades information från ett stort antal källor (drygt 60 källor användes) och data sammanställdes över ämnens tekniska funktion och polymerrelevans. De båda sistnämnda kartläggningarna refereras bland annat i två nyligen publicerade rapporter från FN:s miljöprogram UNEP (United Nations Environment Program)^{24,25}. Rapporterna kommer bland annat användas i förhandlingarna om det globala plastavtalet under 2023–2024.

1.4 Val av produktkategorier

Mindre än tio procent av plasten i samhället materialåtervinns idag. Detta trots att de fem mest använda plasttyperna, som utgjorde 70 % av plastanvändningen 2015, är återvinningsbara termoplaster. De fem plasterna är PE²⁶, som främst används inom förpackningar, plastfilm, leksaker och jordbruksplast, PP som främst används inom bildelar, kapsyler och förpackningar, PS i isolering och förpackningar, PVC i fönster, rör och golv, samt PET i flaskor och förpackningar²⁷.

Fokus för det här deluppdraget inom regeringsuppdraget ”Giftfritt från början” är att utreda den del av problemet som kan härledas till innehållet av problematiska ämnen i plast generellt (se avsnitt 1.2.1). Vår utgångspunkt har varit

²² Aurisano, N., Weber, R., Fantke, P., (2021). Enabling a circular economy for chemicals in plastics. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 31, 100513.

²³ Wiesinger, H., Wang, Z. & Hellweg, S. (2021), Deep Dive into Plastic Monomers, Additives, and Processing Aids. *Environ. Sci. Technol.* 55, 9339-9351.

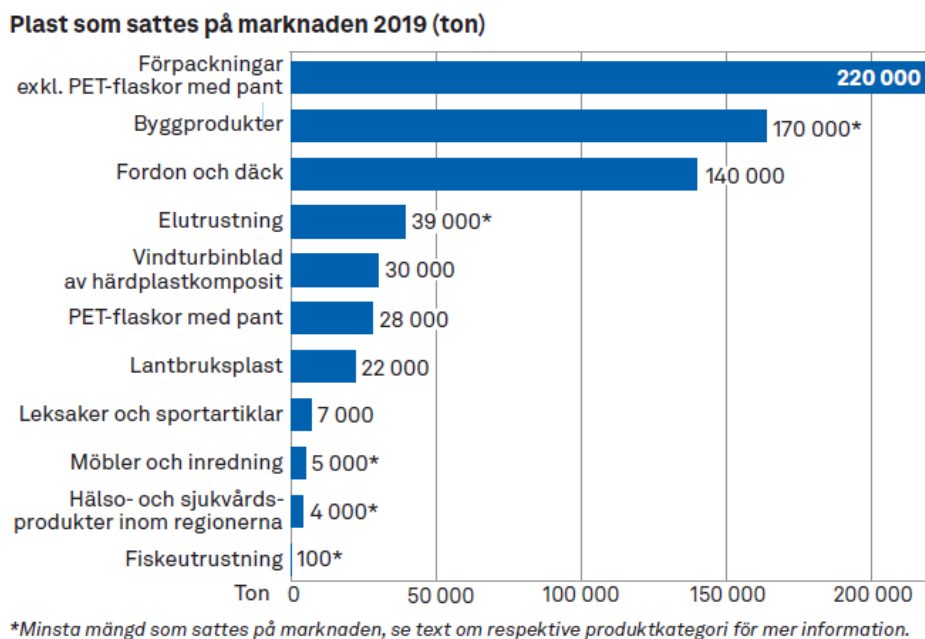
²⁴ BRS (2023). Global Governance of plastics and associated chemicals. Secretariat of the Basel, Rotterdam and Stockholm Conventions, United Nations Environment Programme, Geneva. Karen Raubenheimer, Niko Urho.

²⁵ United Nations Environment Programme and Secretariat of the Basel, Rotterdam and Stockholm Conventions (2023). Chemicals in plastics: a technical report. Geneva.

²⁶ Vanliga förkortningar för plaster används generellt i rapporten utan ytterligare beskrivning, se ordlistan. En sammanställning av vanliga plaster finns i Bilaga 2.

²⁷ Material Economics. (2017). Ett värdebeständigt svenskt materialsystem. <http://databas.resource-sip.se/storage/vardebestmtrlssystemrapport180118.pdf>

Naturvårdsverket kartläggning av plastflöden i Sverige 2020²⁸. Från kortversionen av rapporten²⁹ är följande graf Figur 1: Mängd plast som sattes på marknaden 2019 inom respektive produktkategori) hämtad som illustrerar mängder fördelade på produktkategorier³⁰:



Figur 1. Mängd plast som sattes på marknaden 2019 inom respektive produktkategori.

Vi har i vår utredning valt att fokusera på de fem största produktkategorierna:

- Förpackningar exklusive PET-flaskor med pant
- Byggprodukter
- Fordon och däck
- Elutrustning
- Vindturbinblad av hårdplastkomposit

En produktgrupp som inte ingår i Naturvårdsverkets kartläggning är syntetiska textilier³¹. Det pågår en rad initiativ kring textilier, och Kemikalieinspektionen har

²⁸ Naturvårdsverket, (2022). Rapport 7038: Kartläggning av plastflöden i Sverige 2020. Stockholm: Naturvårdsverket.

²⁹ Plast i Sverige – fakta och praktiska tips, (2022). Infoserien 8887, Naturvårdsverket.

³⁰ Naturvårdsverkets siffror är osäkra och att vissa flöden av plast innehåller endast en delmängd som till exempel kartläggningen av plast inom byggsektorn.

³¹ Cirka 140 000 ton kläder och hemtextil sattes på den svenska marknaden 2019 varav cirka hälften är syntetiska textilier. Det innebär att textil är den fjärde största produktkategorin när det gäller plast. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/textil/dagens-textila-floden-ar-en-global-miljoutmaning/sa-paverkar-konsumtionen-i-sverige/>

relativt nyligen gjort en kartläggning av farliga ämnen i textilier³². Det är en av orsakerna till att vi inte har prioriterat textilier för ytterligare kartläggning inom ramen för detta uppdrag. I de följande kapitlen beskriver vi de fem utvalda produktkategorierna med inriktning mot vilka plastmaterial och varor som förekommer samt de problematiska ämnen som vi har kunnat identifiera inom ramen för uppdraget. I kapitel 3 – Kemiska tillsatssämnen i plast – har vi sammanställt informationen om de volymmässigt största typerna av additiv, som till stora delar är gemensamma för flera produktkategorier, samt om ytterligare additiv som uppmärksammats för deras potentiellt farliga egenskaper.

1.5 Materialåtervinning av plast

I avsnittet nedan beskriver vi översiktligt materialåtervinning av plast. För en mer utförlig beskrivning se exempelvis Naturvårdsverkets rapport ”Uppdrag att föreslå åtgärder för att materialåtervinningen av plast ska öka”³³.

Materialåtervinning av plast delas ofta in i mekanisk och kemisk återvinning av plast. Gemensamt för teknikerna är att plasten normalt behöver sorteras för att uppnå en kvalitet som är lämplig för återvinningsprocessen, där behovet av sortering beror på källan och på efterföljande process. Ett generellt konstaterande är att plastavfall som inte lämpar sig för mekanisk återvinning kan ha potential för kemisk återvinning, men att kemisk återvinning normalt är en mer komplicerad och därmed dyrare process än mekanisk återvinning.

I återvinningsprocessen inklusive sorteringen finns det exempel på teknik för att separera ut vissa polymera material som innehåller problematiska ämnen. Det finns också exempel på tekniker att separera ut vissa additiv från ett polymert material. Inom ramen för den här uppdraget utgår vi emellertid från additivens inneboende egenskaper om de ska anses som problematiska eller inte oavsett om det finns materialåtervinningstekniker för att avskilja eller destruera dessa ämnen från plasten.

1.5.1 Mekanisk återvinning

Vid mekanisk återvinning behandlas plasten genom till exempel malning, smältfiltrering och pelletering och omformas till nya produkter. Processen lämpar sig väl för vanliga termoplaster såsom PE, PP, PVC, PS och ABS. Ofta tillsätts ytterligare additiv till det återvunna materialet för att uppnå önskvärda egenskaper. Dessutom blandas ofta det återvunna materialet med ny råvara för att uppnå en

³² Kemikalieinspektionen, (2021). Rapport 4/21: Kartläggning av farliga kemiska ämnen i textil, En del i uppdraget om kartläggning av farliga ämnen 2017–2020. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen.

³³ Naturvårdsverket, (2021). Skrivelse 2021-11-25: Uppdrag att föreslå åtgärder för att materialåtervinningen av plast ska öka. Ärendenr NV-09063-20.

jämn kvalitet över tid. Kvalitén och eventuellt kvarvarande innehåll av potentiellt problematiska ämnen i det återvunna materialet kommer bland annat att bero på sorteringsgrad men också på i vilken grad polymeren brutits ner under användning eller i den mekaniska återvinningsprocessen. Att nedbrytning sker under återvinningsprocessen är en av utmaningarna med vissa polymerer. I vår kartläggning har vi dock valt att inte fokusera på nedbrytningsprodukter från plasten (se avsnitt 1.2).

1.5.2 Upplösning/utfällning

Metoden innebär upplösning och utfällning och är enbart en fysikalisk-kemisk process. Den baseras på att man kan separera polymeren från tillsatsmedel såsom additiv eller fyllmedel genom ämnens olika egenskaper. Utmaningar med metoden är bland annat att det behövs försorterade avfallsströmmar med optimerade lösningsmedelssystem. Upplösning och utfällning omfattas ibland av begreppet kemisk återvinning³⁴.

1.5.3 Kemisk återvinning

Kemisk återvinning kan generellt delas in i teknikerna depolymerisering, solvolys, pyrolys och förgasning. Teknikerna varierar beroende på grad av nedbrytbarhet av det polymera materialet och andra tillsatser som ingår i materialet. Med depolymerisering avses sönderdelning av polymeren till ingående monomerer och lämpar sig väl för kondensationspolymerer som på grund av polymerernas struktur kan sönderdelas till de ursprungliga monomererna. Solvolys, pyrolys och förgasning är olika former av nedbrytning av materialet som sker under hög temperatur under olika förhållanden och ger produkter som kan användas som råvara i fortsatta processer. Solvolys är en termokemisk process som ofta sker i vatten vid hög temperatur (200–400 °C) och tryck som bryter ner materialet till en oljeprodukt. Pyrolys sker i en syrefattig miljö vid 400 °C eller mer och ger pyrolysolja, medan förgasning sker ihop med syre vid 700 °C eller mer och ger syntesgas (CO och H₂). En mer detaljerad beskrivning av teknikerna ges i rapporten ”Kemisk återvinning av plast”³⁴. Materialkompositionen påverkar den erhållna produkten i olika grad beroende på vilken teknik som avses. Det kan därmed även vid kemisk återvinning finnas behov av förhållandevis rena plastflöden, även om vissa processer möjliggör mer blandade och kontaminerade plaster.

³⁴ Lassesson, H., Gottfridsson, M., Nellström, M., Rydberg, T., Josefsson, L., Mattsson, C. (2021) Kemisk återvinning av plast. Rapport 6990, Naturvårdsverket.

2. Metoder och aktiviteter i uppdraget

Information om ämnen och tillsatser i plast som kan förekomma i de olika prioriterade produktkategorierna har inhämtats från olika källor som redovisas under respektive avsnitt. Litteraturen om kemiska ämnen i plast är väldigt omfattande och vi har därför fokuserat på framför allt myndighetsrapporter, branschsammanställningar och annan referenslitteratur om additiv i plast. Relevanta vetenskapliga artiklar har också använts, särskilt översiktsartiklar, men vi har inte haft ambitionen att systematiskt identifiera ytterligare vetenskapliga artiklar.

Rapporter och sammanställningar om förekomsten av additiv inom respektive prioriterad produktkategori har bland annat varit källor till information. Inom området byggprodukter tog vi dessutom fram en kompletterande kunskapssammanställning om ämnen som försvårar återvinning av plast inom byggsektorn³⁵. Projektet genomfördes av RISE under hösten 2022. Vi har också gjort kompletterande sökningar efter hälso- och miljöfarliga ämnen i SundaHus databas³⁶ över bedömda byggprodukter.

För vissa additiv som till stora delar är gemensamma för flera produktkategorier har vi dessutom sammanställt information som utgår från additivens tekniska funktion. Det gäller de volymmässigt största typerna av additiv samt för ytterligare additiv som uppmärksammats för deras potentiellt farliga egenskaper. Den informationen inleder kartläggningen och finns i kapitel 3 – Kemiska ämnen i plast. Syftet har varit att komplettera den specifika informationen om förekomsten av problematiska ämnen inom respektive produktkategori med information som utgår från respektive additiv och polymertyp. Man bör dock notera att vissa additiv troligtvis inte förekommer i alla produktkategorier även om ämnet har indikerats för en specifik polymertyp som förekommer i produktgruppen. Till exempel är det ett rimligt antagande att flamskyddsmedel inte bör förekomma som tillsats i förpackningar.

2.1 Prioritering av ämnen utifrån ett hälso- och miljöperspektiv

Med problematiska ämnen avser vi hälso- och miljöfarliga ämnen som uppfyller PRIO:s kriterier för utfasningsämnen. Ämnen som finns i PRIO-databasen³⁷ har en harmoniserad klassificering eller, i de fall det saknas en harmoniserad

³⁵ Kemikalieinspektionen, (2023). PM 2/23: Ämnen som hindrar eller försvårar återvinning av plast i prioriterade produktgrupper inom byggsektorn. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen.

³⁶ <https://www.sundahus.se/>

³⁷ [Sök i Prio-guiden - Kemikalieinspektionen](#)

klassificering, har de farliga egenskaperna verifierats av en expertkommitté. Några ämnesgrupper i PRIO anses dessutom generellt uppfylla kriterierna för utfasningsämnen, till exempel tungmetallerna bly, kadmium och kvicksilver samt per- och polyfluorerade alkylsubstanser (PFAS). Förutom PRIO:s urval av utfasningsämnen har vi i uppdraget valt att även prioritera ämnen där en majoritet av anmälarna till Echa:s klassificerings- och märkningsregister egenklassificerat ämnen med något av kriterierna för att betraktas som utfasningsämnen i PRIO. Vi har också valt att prioritera ämnen som är under utvärdering för hormonstörande egenskaper och ämnen som är under utvärdering för att betraktas som svårnedbrytbara (persistenta), ansamlas i levande organismer (bioackumulerande) och giftiga (toxiska), (PBT), alternativt mycket svårnedbrytbara och mycket bioackumulerande (vPvB).

Ämnen som uppfyller något eller några av nedanstående kriterier har prioriterats i uppdraget:

- CMR kategori 1A eller 1B (harmoniserad/egenklassificering > 50 %)
- Fluorerade växthusgaser
- Hormonstörande
- Kraftigt allergiframkallande (harmoniserad/egenklassificering > 50 %)
- Ozonedbrytande (harmoniserad/egenklassificering > 50 %)
- PBT/vPvB
- Särskilt farliga metaller (bly, kadmium och kvicksilver)
- PFAS
- Potentiellt hormonstörande³⁸
- Potentiellt PBT/vPvB

Prioriteringen av ämnen är baserade på uppgifter om hälso- och miljöfarliga egenskaper tillgängliga för Kemikalieinspektionen under 2022–2023.

2.2 Studiebesök

För att samla in kunskap om hur materialåtervinningen går till i praktiken genomfördes två studiebesök inom ramen för uppdraget. Det första var på Svensk Plaståtervinnings anläggning i Motala som tar emot plastförpackningar från svenska hushåll. Det andra studiebesöket var på Stena Recyclings anläggning i Halmstad som tar emot och återvinner plast från elektronikavfall.

³⁸ Kriteriet Potentiellt hormonstörande finns ännu inte i Kemikalieinspektionens verktyg PRIO men är under utredning. I detta uppdrag omfattar kriteriet ämnen som finns upptagna på Echa:s ED Assessment List för misstänkt hormonstörande ämnen.

2.2.1 Svensk Plaståtervinning

Svensk Plaståtervinning³⁹ tar idag emot cirka 100 000 ton plastavfall per år från svenska hushåll för sortering i sin anläggning i Motala som togs i bruk 2019. Det motsvarar cirka hälften av de återvinningsbara plastförpackningar som kommer från hushållen. Det beräknas att resten hamnar i hushållsavfall eller utgörs av snabbmatsförpackningar som slängs i kommunala papperskorgar utomhus. Av den insamlade plasten går cirka 70 % vidare till sortering, övrigt är sådant som inte är plast och som är felsorterat avfall. Anläggningen har idag kapacitet att sortera det inkommande plastavfallet till 5 fraktioner eller polymertyper.

Dessa polymertyper är:

- hårdplast PP
- hårdplast HDPE
- hårdplast PET (ofärgade flaskor)
- ofärgad termoformerad PET (till exempel PET-tråg)
- mjukplast LDPE

Tekniken som används för att sortera och separera plasten är förutom mekaniska metoder också NIR-detektorer (Near Infra Red) samt VIS-detektorer (synligt ljus) som möjliggör separation av olika polymertyper och färger. Olika polymertyper skiljs åt med hjälp av tryckluft. Plast som inte kan sorteras ut i någon av de 5 fraktionerna, exempelvis flerskiktplast, blir till rejekt som sedan skickas till energiåtervinning eller används som bränsle i cementindustrin.

Anläggningen i Motala tar emot avfall och säljer i de flesta fall det sorterade avfallet vidare som avfall till andra aktörer som utför tvätt och granulering. Svensk Plaståtervinning har partnerskap med aktörer i norra Europa, bland annat i Tyskland, där de sorterade plastfraktionerna materialåtervinns. Av plastavfallet som säljs vidare går PET-fraktionen mestadels till att producera nya förpackningar. Hårdplast högdensitetspolyeten (HDPE) återvinns till cirka 50 % medan PP ofta blir till nya hushållsprodukter. Mjukplasten återvinns ofta till avfallspåsar. Plastförpackningar som utgörs av PET-flaskor samplas in separat och materialåtervinns av Returpack i Norrköping.

I anslutning till den befintliga anläggningen i Motala bygger Svensk Plaståtervinning en ny anläggning, Site Zero, som beräknas stå helt klar 2025. Den första etappen av byggnationen av Site Zero som togs i drift våren 2023 innebar en utökad sorteringsförmåga. Antalet återvinningsbara fraktioner blir totalt 12 plastfraktioner, bland andra tillkommer PVC som en egen fraktion. Att plast av

³⁹ Svensk plaståtervinning. Hämtad 2023-03-08 från <https://www.svenskplastatervinning.se/>

PVC, som ofta förknippas med innehåll av farliga ämnen, kan utsorteras som egen plastfraktion minskar risken för den ska kontaminera andra fraktioner.

De nya fraktionerna som tillkommer är:

- hårdplast PET (färgade flaskor)
- PP-film
- EPS
- PS
- PVC
- Två kvaliteter av polyolefin-mix

Med fler utsorterade plastfraktioner kommer andelen plast till materialåtervinning att öka och mängden plast till rejekt att minska. Rejekt som uppkommer i anläggningen innebär en kostnad för Svensk Plaståtervinning eftersom förbränningsanläggningarna i sin tur måste betala för utsläppsrätter. Ungefär 8 % av Sveriges totala CO₂-utsläpp beräknas komma från förbränning av plast.

Hos Svensk Plaståtervinning finns planer på att utöka verksamheten till 2025 så att även tvättning och granulering kan utföras på Motalaanläggningen, vilket innebär att de i så fall blir tillverkare av återvunnen plastpellets.

2.2.2 Stena Nordic Recycling Center

Stena Nordic Recycling Center i Halmstad är Stena Recycling AB:s största återvinningsanläggning i Sverige. Anläggningen tar emot demonterade personbilar för fragmentering, elektronikavfall från återvinningscentraler samt krymp- och sträckfilm (LDPE) för materialåtervinning. Återvinning av plast sker för två avfallsflöden; plast från elektronikavfall samt krymp- och sträckfilm (LDPE). Fokus för studiebesöket var att få förståelse för hur återvinningen av plast från elektronikavfall går till och hur problematiska ämnen som flamskyddsmedel och farliga metaller hanteras.

2.2.2.1 Materialåtervinning av personbilar

Återvinningsanläggningen i Halmstad är Sveriges största, med kapacitet att ta emot 100 000 bilar/år. På anläggningen utförs fragmentering av demonterade bilar för vidare sortering. Generellt är materialsorteringen i Halmstad fokuserad på metaller (järn och ädelmetaller) och det sker ingen materialåtervinning av plast från bilar i idag. Den utsorterade plasten från bilar återfinns i två av fraktionerna; den lätta fraktion ”Shredder Light Fraction” (SLF) och metaller (ej järn) ”Non Ferrous Metals” (NF) som tillsammans utgör cirka 30 % av materialen av en bil. Dessa fraktioner tas vidare för ytterligare separation, men i syfte att återvinna fler

metaller. SLF- och NF-fraktionerna som innehåller plast går sedan till energiåtervinning inom cementindustrin. Stena Recycling uppger att cirka 35 polymertyper har identifierats i plastfraktionen.

2.2.2.2 Materialåtervinning av plast från elektronik

Plast från elektronik är en av två avfallsströmmar som materialåtervinns i Halmstad. Utöver plast återvinns ädelmetallerna guld (Au), silver (Ag), platina (Pt) och koppar (Cu) ur kretskort och kablar. Från plastavfallet tillverkar och säljer Stena Recycling pellets av framför allt två återvunna plasttyper; ABS och PS.

Processen för hantering och behandling av elektronikavfall börjar med manuell demontering. Syftet är att man innan fragmentering avlägsnar de delar av elektroniken som innehåller särskilt farliga ämnen. Exempelvis behöver man avlägsna batterier och komponenter som CRT-skärmar⁴⁰ som kan innehålla bly. Även LCD-skärmar med bakprojektion, som kan innehålla kvicksilver, och kondensatorer, som kan innehålla PCB, tas bort manuellt. Därefter sker en fragmentering och separering av metaller och plast genom bland annat en virvelströmsmagnet och densitetsseparation. Mycket av kretskorten separeras bland annat i virvelströmsmagneten. Därefter följer flera densitetsbad för att separera ut plasttyper och ädelmetaller. Genom att justera densiteten i badet kan man sortera ut mer/mindre brominnehållande plast, vilket gör systemet flexibelt och anpassningsbart vid skärpta gränsvärden på bromerade ämnen i lagstiftningen.

Den resterande plastfraktionen som erhålls efter det sista densitetsbadet är en blandning bestående av ABS och PS. Dessa två polymertyper separeras slutligen genom elektrostatisk separation, vilket ger ABS och PS i två fraktioner med en renhet av 95 %. Eftersom separationen bygger på elektrostatisk separation, det vill säga polymerens laddning, så utgör svarta pigment inte ett problem för identifieringen/sorteringen av svart plast. Fraktionerna av ABS och PS granuleras och kontrolleras med XRF för att säkerställa att totalhalten av brom i de producerade pelleten är under gällande gränsvärden för bromerade flamskyddsmedel i POPs-förordningen⁴¹.

Totalt uppskattar Stena att cirka 40 % av elektronikplasten sorteras ut som rejekt och går till förbränningsanläggningar för energiåtervinning.

⁴⁰ CRT-skärm är en analog och äldre typ av bildskärm som användes till stationära datorer. CRT är en förkortning av engelskans Cathode Ray Tube.

⁴¹ Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 2019/1021 om långlivade organiska föreningar (POPs).

2.3 Branschdialog

Inom ramen för uppdraget har vi också genomfört en branschdialog med experter från olika delar av plastens värdekedja för att inhämta kunskap om problematiska ämnen som hindrar återvinning. Genom branschdialogen fick vi en större förståelse för när i värdekedjan additiven tillsätts samt vilken aktör som har tillgång till information om innehållet av tillsatta kemikalierna i plasten. Förenklat kan man identifiera följande steg i värdekedjan: i) utvinning av råmaterial (monomerer), ii) polymerisering, iii) kompondering⁴², iv) konvertering⁴³, v) produktifiering, vi) efterbehandling, vii) användning, viii) insamling, ix) sortering, x) återvinning. Beroende på återvinningsprocess kan det återvunna materialet därefter (i vissa fall) återföras till värdekedjan i olika skeden. Additiv kan tillsättas till olika steg i värdekedjan, förutom i komponderingen även i polymeriseringssteget eller konverteringssteget.

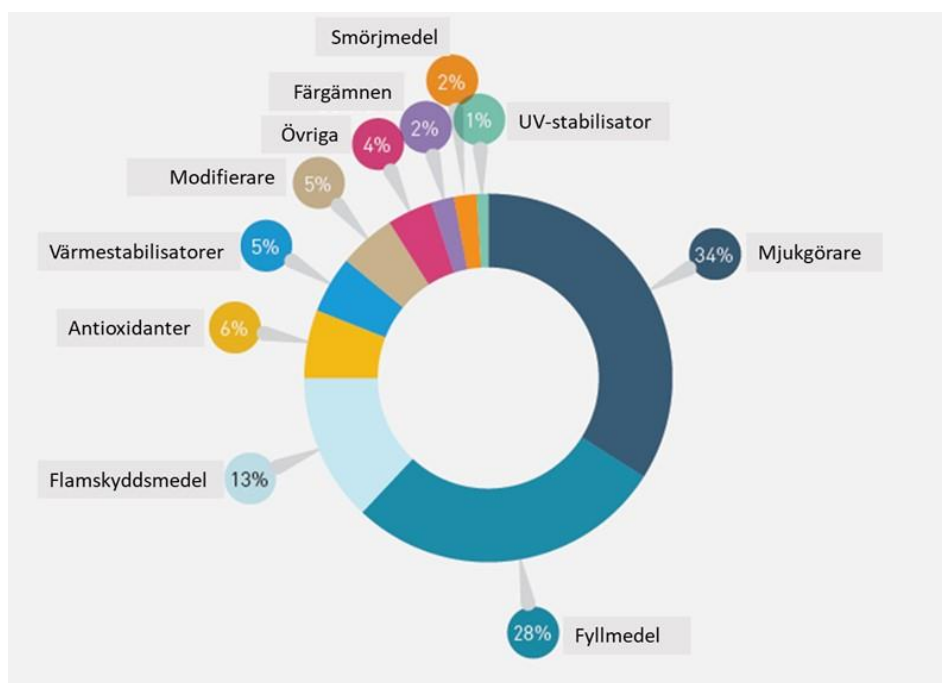
Kunskapen om enskilda ämnen i material är begränsad i värdekedjan och generellt överförs bara den information som krävs enligt gällande kemikalielagstiftning. Det kan till exempel handla om information av farliga ämnen i ett säkerhetsdatablad, eller innehåll av ämnen i ett material som är reglerat i lagstiftningen, till exempel en migrationsgräns i ett material avsett för kontakt med livsmedel. I de fall man ställer krav på ett material eller en produkt handlar det främst om funktionskrav, inte på kemiskt innehåll. Således är stora mängder av det kemiska innehållet okänt eller konfidentiellt. Kunskapen om kemiskt innehåll blir därmed begränsad i senare skeden i värdekedjan, inklusive avfallsledet.

⁴² Teknik för inblandning av additiv i polymeren samt blandning av olika polymerer.

⁴³ Konvertering är det sista steget i den industriella bearbetningen av blåst polymerfilm efter extrudering och tryckning. Utrustning för konvertering av film och folie utför konverteringsprocesser som till exempel skärning och omspolning, stansning och efterbehandling.

3. Tillsatsämnen i plast

Plaster kan innehålla en stor mängd olika tillsatsämnen eller additiv för att uppnå önskvärda egenskaper hos det polymera materialet. Additiv kan delas in i 4 huvudkategorier: funktionella additiv, färgämnen, fyllmedel och förstärkningsmedel⁴⁴. Dessa additiv kan tillsättas i olika skeden av produktionsprocessen, till exempel vid tillverkningen av det polymera materialet eller i en efterföljande kompondering. De mest använda additiven redogörs för i Figur 2 och Tabell 1. Mjukgörare, fyllmedel och flamskyddsmedel är de additiv som används i störst volymer. Under perioden 2000–2014 stod de tillsammans för cirka 75 % av användningen av additiv för produktion av plast på den globala marknaden⁴⁵.



Figur 2. Fördelning av de mest använda additiven i den globala plastproduktionen 2000–2014. Bilden är hämtad från FN-rapporten "Chemicals in plastics: a technical report, 2023 och översatt från engelska till svenska.

⁴⁴ Med funktionella additiv avser vi ämnen som är avsiktligt tillsatta till polymeren för att uppnå specifika egenskaper hos materialet och som inte är kemiskt bundna till polymeren, se till exempel. i) Hahladakis *et al.*, An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. *Journal of Hazardous Materials* 344 (2018) 179-199; ii) United Nations Environment Programme and Secretariat of the Basel, Rotterdam and Stockholm Conventions (2023). Chemicals in plastics: a technical report. Geneva.

⁴⁵ United Nations Environment Programme and Secretariat of the Basel, Rotterdam and Stockholm Conventions (2023). Chemicals in plastics: a technical report. Geneva.

Förutom additiv kan andra ämnen betraktas som avsiktligt tillsatta ämnen och finnas i varierande grad i materialet, till exempel resthalter av monomerer eller katalysatorer⁴⁶. Plasten kan också innehålla oavsiktligt tillsatta ämnen, såsom föroreningar och biprodukter från tillverknings- eller återvinningsprocessen eller ämnen som har bildats under plastens livscykel.

Vi har i uppdraget valt att i första hand fokusera på additiv som förekommer i höga halter i plasterna jämfört med exempelvis restmonomerer eller oavsiktligt tillsatta ämnen som vanligtvis förekommer i låga halter, men har även inkluderat andra ämnen eller ämnesgrupper i de fall vi har ansett det vara relevant för produktgruppen. I Tabell 1 redogörs översiktligt för olika kategorier av additiv med exempel på olika ämnen eller ämnesgrupper, och i vilka halter additiven normalt förekommer i materialet.

⁴⁶ Groh, K., Backhaus, T., Carney-Almroth, B., Geueke, B., Inostroza, P.A., Lennquist, A., Leslie, H.A., Maffini, M., Slunge, D., Trasande, L., Warhurst, M, Muncke, J. (2019). Overview of known plastic packaging-associated chemicals and their hazards. *Science of the Total Environment*. 651 (2019) 3253–3268.

Tabell 1. Beskrivning av additiv, exempelämnena och översiktliga halter i plasten.

Kategorier av additiv	Beskrivning av funktion	Exempel på ämnen eller ämnesgrupp	Halt (%)
<i>Funktionella additiv, exempel¹</i>			
Mjukgörare	Gör materialet mjukt, flexibelt och mer slagåligt	Ftalater, kort- och mellankedjiga klorparaffiner, cyklohexanoater	10–70
Flamskyddsmedel	Försvårar antändning av material, minskar brandspridning	Halogenerade, fosfor- och kvävebaserade samt oorganiska flamskyddsmedel	2–28
Antioxidanter	Förhindrar nedbrytning genom oxidation	Fenolbaserade antioxidanter, fosfiter	0,05–3
UV-stabilisatorer	Förhindrar nedbrytning under inverkan av ljus och syre	Bensotriazol, Cd- och Pb-föreningar	0,1–10
Värmestabilisatorer	Förhindrar nedbrytning av framför allt PVC vid uppvärmning	Cd- och Pb-föreningar, nonylfenol, Ba- och Ca-salter	0,1–3
Smörjmedel	Bland annat för att underlätta bearbetning	Fettsyrastrar, vaxer, stearater	0,1–3
Blåsmedel	För tillverkning av skumplaster	Azodikarbonamid, pentan	Beror på tillsats och applikation
Biocider	Förhindrar mikrobiologisk tillväxt	Tributyltennoxid, triklosan, katon	0,001–1
<i>Färgämnen</i>			
Pigment	Färgämne (olösligt i materialet)	Titandioxid, zinkoxid, kimrök, Cd- och Pb-föreningar	0,25–5
Lösliga färgämnen	Färgämne (lösligt i materialet)	Azofärgämnen, antrakinoner	0,001–10
<i>Fyllmedel</i>			
	För utfyllnad eller egenskapsförbättring	Mica, talk, kaolin, kalciumkarbonat, bariumsulfat	<50
<i>Förstärkningsmedel</i>			
	Förstärkning, egenskapsförbättring	Glasfiber, kolfiber	15–30

¹ Vissa funktionella additiv i tabellen kan också betraktas som processhjälpmedel då deras huvudsakliga funktion utnyttjas i tillverkningen av plasten. Dit hör exempelvis värmestabilisatorer, blåsmedel samt smörjmedel.

Översikten av olika additiv baserat på deras funktion visar på stora skillnader i vilka halter additiven behöver tillsättas för att ge plasten de önskvärda egenskaperna. Flera av de additiv som kan förekomma i höga halter i plast har uppmärksammas för deras potentiellt problematiska egenskaper. Det gäller bland

annat flamskyddsmedel, mjukgörare, stabilisatorer inklusive antioxidanter och färgämnen. Då dessa additiv är relevanta för flera prioriterade produktkategorier återges i de kommande avsnitten i detta kapitel en översiktlig beskrivning av dessa additiv inklusive exempel på ämnen eller ämnesgrupper. Vi beskriver också översiktligt fyllmedel som används i stora volymer samt blåsmedel. En mer ingående diskussion om problematiska ämnen för respektive produktgrupp ges i kapitel 4–8.

Genom att utgå från additivens funktion har vi kunnat identifiera problematiska ämnen som kan förekomma inom respektive produktkategori. Arbetssättet kompletterar informationen om problematiska ämnen i kapitel 4–8 som i stället utgår från respektive produktkategori. Sammanställningar av problematiska ämnen finns i Bilaga 1. För att identifiera potentiellt problematiska ämnen och ämnesgrupper inom respektive kategori av additiv har vi använt flera olika källor. Källorna är valda i syfte att identifiera relevanta ämnen som både har använts historiskt i plast och som används idag. Vi har valt att utgå från ett begränsat urval specifika källor för respektive kategori av additiv.

3.1 Mjukgörare

Mjukgörande additiv är kemiska ämnen, ofta i form av alifatiska- eller aromatiska karboxylsyrastrar, som tillsätts polymeren för att göra den mjukare, mer flexibel och slagtålig. Det finns ett femtiotal mjukgörare på marknaden⁴⁷ och nya typer ersätter idag äldre ämnen som har högre hälso- eller miljöpåverkan. Kriterier för att en mjukgörare ska kunna användas för en specifik polymer är att den ska vara kompatibel med polymeren, undgå att extraheras med vatten eller lösningsmedel, vara stabil i värme/kyla och för ljus samt fungera processtekniskt vid komponenteringen. Andra viktiga egenskaper är låg lukt, smak, toxicitet samt att kostnaden är rimlig. Eftersom ingen enskild mjukgörare uppfyller alla dessa krav för en specifik polymer är det ofta nödvändigt att blanda flera mjukgörare för att uppnå önskat resultat i slutprodukten⁴⁸.

Totalt används cirka 1,3 miljoner ton mjukgörare per år på den europeiska marknaden⁴⁹. Den största volymen av mjukgörare används till mjukgjord PVC som i sin tur används i en mängd olika produkter, allt från VVS-komponenter, byggmaterial, bilinteriörer, möbler, elektrisk isolering, och äldre förpackningsmaterial⁴⁸. Andra polymerer som kan vara mjukgjorda är bland annat

⁴⁷ European Plasticisers, Cefic. https://www.plasticisers.org/wp-content/uploads/2019/08/Plasticisers_Factsheet_EN_MAY2020.pdf

⁴⁸ Handbook for the Chemical Analysis of Plastic and Polymer Additives, 2nd ed.

⁴⁹ European Plasticisers, Cefic. https://www.plasticisers.org/wp-content/uploads/2019/08/Plasticisers_Factsheet_EN_MAY2020.pdf

cellulosabaserade polymerer (till exempel cellulosacetat), polyvinyl (till exempel PVAc och PVB), polyakrylater (till exempel PMMA), fluorplaster, och elastomerer (latexgummi, NBR, CR)^{50,51}.

Beroende på vilken kemisk familj mjukgöraren tillhör, kan de delas in i grupperna aromatiska dikarboxylsyrastrar (till exempel ftalater), trimellitater, alifatiska dikarboxylsyrastrar, monokarboxylsyrastrar, epoxiderade fettsyrastrar, citronsyrastrar, cyklohexanoater (till exempel DINCH), bensoater och dibensoater, sulfonater, fosfatestrar och klorparaffiner (se Tabell 2). Av dessa är det främst ftalater, klorparaffiner och några fosfatestrar som har problematiska egenskaper.

Den volymmässigt största gruppen av mjukgörare är ortoftalater som är diestrar av 1,2-bensendikarboxylsyra (ftalsyra) där de båda alkylkedjorna kan vara av olika längd och grad av förgrening. De lågmolekylära ortoftalaterna (kedjelängd på 3–6 kol i huvudkedjan) tappar emellertid mark till förmån för högmolekylära ortoftalater (kedjelängd på över 7 kol i huvudkedjan), cyklohexanoater och tereftalater (diestern i 1,4-position i stället för 1,2-position). Den vanligaste lågmolekylära ftalsyraestern var tidigare dietylhexylftalat (DEHP) som har haft sin största användning i PVC. Den är sedan 2020 förbjuden i konsumentvaror samt uppförd på kandidatförteckningen och har fasats ut från en stor del av sin tidigare användning. DEHP är också förbjuden i RoHS-direktivet tillsammans med BPP, DBP och DIBP. Ersättare till DEHP är exempelvis högmolekylära ftalater såsom DINP, DIDP och DPHP samt cyklohexanoaten DINCH och tereftalaten DEHT. Mindre vanliga ersättare är estrar av isoftalsyra samt trimellitater (se Tabell 2).

Många ortoftalater har visat sig vara giftiga för både människor och djur. Ftalater som används i mjukgjorda PVC-golv har associerats med allergiska symtom hos barn. Flera ftalater har fortplantningsstörande egenskaper och de har kopplats till hormonstörningar som problem med ämnesomsättning, diabetes och negativ påverkan på fosterutveckling samt den tidiga utvecklingen hos små barn. Det är främst lågmolekylära ortoftalater som har fortplantningsstörande egenskaper, medan de med högre molekylvikter (till exempel DINP, DIDP, DPHP) har mildare egenskaper. Även DINCH är oklassificerad och uppvisar inga fortplantningsstörande egenskaper i de studier som finns tillgängliga.

Både låg- och högmolekylära ftalater används som mjukgörare. Lågmolekylära ftalater (C3–C6 i huvudkedjan) förekommer främst i PVC men kan också finnas i vinylpolymerer (PVA, PVDC, PVAc), i PUR-skum, cellulospolymerer, ABS och

⁵⁰ Plastics Additives, Gächter/Müller, 3rd Ed. 1990.

⁵¹ Herman F. Mark, Wiley Interscience, Encyclopedia of Polymer Science and Technology, John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey.

PMMA. Vanliga produktgrupper är plastgolv, skyddsglas, förpackningar och läderimitationsmaterial. Högmolekylära ftalater (C7–C14 i huvudkedjan) har också ofta funktionen som mjukgörare i samma typ av polymerer i produktgrupperna golv- och väggmaterial, blodpåsar, matförpackningar, klädsel, kabelisolering, rör, slangar, fordonsglas, tryckfärger och leksaker^{52,53,54}. Lågmolekylära ftalater med kortare kedjelängd (<C4) har främst andra användningar, till exempel som lösningsmedel⁵⁵.

En ytterligare historiskt vanlig grupp av mjukgörare är klorparaffiner som ofta också har funktionen som flamskyddsmedel. Beroende på kolkedjelängd benämns de som kortkedjiga (SCCP, C10–C13), mellankedjiga (MCCP, C14–C17) eller långkedjiga (LCCP, >C17). SCCP har använts som flamskyddsmedel och mjukgörare främst i PVC-material men användes också i färger, lim och tätningsmedel. MCCP har använts som ett alternativ till SCCP. SCCP är sedan 2012 förbjuden genom POPs-förordningen och MCCP har nyligen föreslagits till Stockholmskonventionen, vilket i förlängningen innebär ett förbud.

Ett annat sätt att ge materialet flexibla egenskaper är genom inympning av en elastomer i polymerkedjan, till exempel materialet HIPS som är en sampolymer av PS och inympad butadien. Mjukgörare kan också tillsättas i låga halter som processförbättrande medel (så kallat externt smörjmedel) eller för att exempelvis påskynda och intensifiera infärgning. Polyolefiner behöver som regel inte mjukgöras utan dessa kan uppvisa flexibla egenskaper utan att mjukgörande additiv tillsätts⁵⁶.

⁵² Handbook for the Chemical Analysis of Plastic and Polymer Additives, 2nd edition.

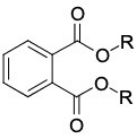
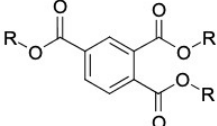
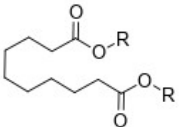
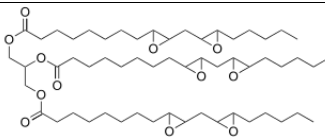
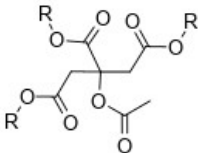
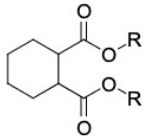
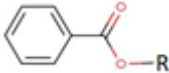
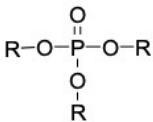
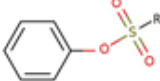
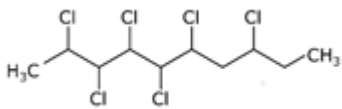
⁵³ Danish EPA, (2014). Report 132: Hazardous substances in plastics. Survey of chemical substances in consumer products, Copenhagen, Denmark.

⁵⁴ Nordic Council of Ministers, (2017). Report TemaNord 2017:505: Hazardous substances in plastics - ways to increase recycling.

⁵⁵ ECHA (2021). Assessment of regulatory needs. Ortho-phthalates.

⁵⁶ Herman F. Mark, Wiley Interscience, Encyclopedia of Polymer Science and Technology, John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey.

Tabell 2. Exempel på mjukgörare i plast.

Grupp	Exempel på ämnen	Exempel på struktur	Exempel på polymerer
Aromatiska dikarboxylsyrastrar	Ortoftalater: DEHP, DMEP, DBP, DIBP, DPP, BBP, DPHP Tereftalater: DEHT	 Ortoftalat	PVC, PUR, PS
Trimellitater	TOTM, TINTM, TIDTM, TITDTM		PVC, ABS, PMMA, syntetiskt gummi
Alifatiska dikarboxylsyrastrar	Estrar av adepinsyra, azelainsyra, sebacinsyra, succenylsyra, maleinsyra, fumarsyra		PVC, PVDC, PS, CA, elastomerer
Epoxiderade fettsyrastrar	Epoxiderad soyaolja, epoxiderad tallolja, epoxiderad linolja		PVC, PS, ABS, syntetiskt gummi
Citronsyrastrar	Tributylcitrat	 o-Acetylcitrat	PVC, PVDC, CA, syntetiskt gummi
Cyklohexanoater	DINCH		PVC, PVDC, syntetiskt gummi
Bensoater	DGD, IDB, INB	 Inkl.dibensoater	PVC PVA-limmer
Fosfatestrar	TCEP, TCPP, TDCP		PUR, PVC, PA, PC
Sulfonater	Alkylsulfonsyra- fenylestrar (ASE)		PVC
Klorparaffiner	SCCP, MCCP, LCCP	 SCCP	PVC, PUR, akryl, elastomerer

3.1.1 Identifierade mjukgörare

Från utvalda källor identifierade vi ungefär 200 mjukgörare som listas i Bilaga 1. Förutom Echas plastadditivprojekt och utvalda ämnesgrupper som finns upptagna i PRIO-databasen återfinns bland annat ämnen som i en studie från 2018 identifierades som alternativ till otillåtna mjukgörare⁵⁷. En fullständig källförteckning finns i Bilaga 1. Med utgångspunkt för de kriterier som anges i avsnitt 2.1 är det drygt 40 ämnen eller ämnesgrupper som kan vara problematiska ur ett återvinningsperspektiv. Information om eventuell förekomst i plast av prioriterade mjukgörare i respektive produktgrupp har inkluderats i Bilaga 1 i den mån sådan information varit tillgänglig. Vissa användningar av mjukgörare diskuteras dessutom mer utförligt under respektive produktkategori.

3.2 Flamskyddsmedel

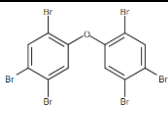
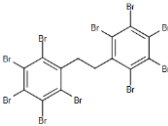
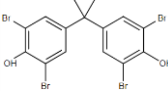
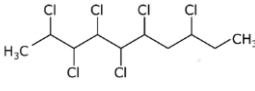
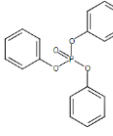

Flamskyddsmedel⁵⁸ behöver tillsättas i många polymera material eftersom de flesta plaster är lättantändliga och brinner bra. Ett stort antal olika polymera material kan flamskyddas, såsom PUR, PVC, PA, ABS och polyolefiner när brandsäkerhetskrav behöver uppfyllas i den berörda applikationen. Produkternas brandsäkerhet kan också uppnås på andra sätt till exempel genom materialdesign och barriärteknologi. De dominerande användningsområdena för flamskyddsmedel är inom elektronik, byggsektorn, transportsektorn samt inredning (möbler).

Flamskyddsmedel kan generellt delas in i halogenbaserade, fosfor- och kvävebaserade samt oorganiska flamskyddsmedel, och den flamskyddande mekanismen beror på den kemiska strukturen (Tabell 3). Vissa ämnen kan användas enskilt för att uppnå den flamskyddande effekten, men i vissa fall kombineras olika ämnen för att uppnå önskad funktion. Det finns också reaktiva flamskyddsmedel som är kemiskt bundna till polymeren. Reaktiva flamskyddsmedel blir en integrerad del av polymeren kan därför inte migrera och frisläppas i motsvarande grad som additivt tillsatta flamskyddsmedel.

⁵⁷ Björkblom, C., Wallberg, P., Johansson, Å., Sundberg, E., Nilsson, S., Ericson, M. (2018). Substitutes for regulated plasticizers. Project number 13005713, SWECO.

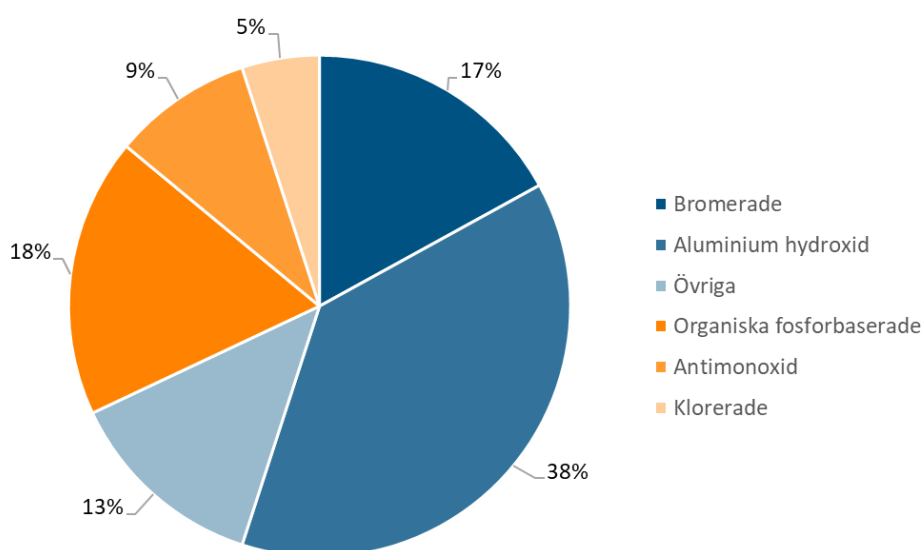
⁵⁸ För en mer utförlig beskrivning av flamskyddsmedel se till exempel: Kemikalieinspektionen, (2020). PM 1/20: Kartläggning av alternativ till bromerade, klorerade och fosforinnehållande flamskyddsmedel i elektronik, Sundbyberg: Kemikalieinspektionen.

Tabell 3. Exempel på flamskyddsmedel

Grupp	Exempel på ämnen	Exempel på struktur	Exempel på polymerer
Halogenerade	Polybromerade difenyletrar, till exempel hexabromdifenyleter		ABS, HIPS, PA, PBT, polyolefiner
	Dekabromdifenyletan		PUR, PVC(mjuk), HIPS, polyolefiner
	Tetrabrombisfenol A		ABS, polyolefiner, reaktivt i epoxi
	Klorparaffiner, till exempel SCCP		PVC(mjuk), PUR, akryl, elastomerer
Fosforbaserade	Trialkyl- och triarylfosfater, till exempel trifenylfosfat		ABS, PC-ABS
	Ammoniumpolyfosfat		
Kvävebaserade	Triazintriaminderivat, till exempel melamin		PUR
Oorganiska	Diantimontrioxid, Sb ₂ O ₃ Aluminiumtrihydroxid		PVC, polyolefiner

Av den globala konsumtionen av flamskyddsmedel står halogenbaserade flamskyddsmedel för drygt 20 % av marknaden medan 18 % utgör organiska fosforbaserade (Figur 3)⁵⁹. De oorganiska flamskyddsmedlen aluminiumhydroxid och antimonoxid (synergist, det vill säga förstärker den flamskyddande funktionen i kombination med halogenerade flamskyddsmedel) utgör drygt 45 % av marknaden.

⁵⁹ PINFA, (2021). Innovative and sustainable flame retardants in transportation (www.pinfa.eu).



Figur 3. Användningen av halogenerade, fosforbaserade, kvävebaserade och oorganiska flamskyddsmedel globalt.

Det har uppskattats att det idag finns cirka 80 halogenerade flamskyddsmedel på marknaden⁶⁰. Bromerade flamskyddsmedel är mest effektiva följt av klorerade. Flera bromerade aromatiska flamskyddsmedel har uppmärksammats historiskt på grund av deras negativa effekter på hälsa och miljö. Det gäller till exempel polybromerade bifenyler (PBB), polybromerade difenyletrar (PBDE) och bromerade cykloalkaner (HBCDD). Dessa ämnen är sedan flera år förbjudna i elektrisk och elektronisk utrustning genom RoHS-direktivet (PBB och PBDE) eller globalt i Stockholmskonventionen. De klorerade flamskyddsmedlet SCCP omfattas sedan 2012 av POPs-förordningen och MCCP har nyligen föreslagits till Stockholmskonventionen på grund av dess PBT-egenskaper. Dechlorane Plus identifierades som SVHC⁶¹ i Reach 2018 och inkluderades i Stockholmskonventionen för global utfasning under 2023.

⁶⁰ Kemikalieinspektionen, (2020). PM 1/20: Kartläggning av alternativ till bromerade, klorerade och fosforinnehållande flamskyddsmedel i elektronik, Sundbyberg: Kemikalieinspektionen.

⁶¹ Ämnen som ingår mycket stora betänkligheter, Substances of very high concern.

Echa har nyligen utvärderat behoven av riskhanteringsåtgärder för flamskyddsmedel⁶². För gruppen bromerade aromatiska flamskyddsmedel är Echas slutsatser att det finns behov av reglering för ytterligare ämnen på grund av potentiella eller bekräftade PBT/vPvB-egenskaper. Enligt Echa har även vissa bromerade alifatiska flamskyddsmedel behov av riskreducerande åtgärder.

Otillåtna halogenerade flamskyddsmedlen kan fortfarande vara problematiska ur perspektivet plaståtervinning. Flera av de produktkategorier som prioriterats i projektet är potentiellt flamskyddade och har lång livslängd. Plasterna i produkter som ska återvinnas kan därför innehålla flamskyddsmedel som är förbjudna sedan flera år tillbaka.

Halogenerade flamskyddsmedel har i många applikationer ersatts av andra klasser av flamskyddsmedel eftersom de har potentiellt problematiska egenskaper för hälsa eller miljö. Alternativen till de halogenerade flamskyddsmedlen är i många fall fosforbaserade men det har tidigare konstaterats att det ofta saknas miljö- och hälsorelaterade data för dessa alternativ⁶³. I Echas utvärdering av flamskyddsmedel, som utgår från data i registreringsdossierer i Reach, konstaterar Echa att egenskaperna för fosforbaserade flamskyddsmedel skiljer sig åt beroende på kemisk struktur och att vissa har problematiska egenskaper där det kan finnas behov av regleringar på EU-nivå. Bland annat har Echa identifierat behov av användningsbegränsning för gruppen klorerade alkylfosfater där TCEP, TCPP och TDCP ingår. Ämnena används bland annat i polyuretanskum i möbler men även annan användning i plast är relevant. TCEP ingår i Reach-förordningens bilaga XIV och får inte användas inom EU utan tillstånd.

3.2.1 Identifierade flamskyddsmedel

Från utvalda källor identifierade vi ungefär 500 flamskyddsmedel (Bilaga 1). Bland annat inkluderade vi ämnen från Echastilläggsprojektet, flamskyddsmedel upptagna i PRIO-databasen samt ytterligare ett par ämnesspecifika källor. En fullständig källförteckning finns i Bilaga 1. Med utgångspunkt för de kriterier som anges i avsnitt 2.1 är det drygt 50 ämnen eller ämnesgrupper som kan vara problematiska ur ett återvinningsperspektiv⁶⁴.

⁶² Echa, (2023). Regulatory strategy for flame retardants.

⁶³ Miljöstyrelsen 2016. Environmental and health screening profiles of phosphorous flame retardants.

⁶⁴ Några av de identifierade flamskyddsmedlen kan användas reaktivt i polymera applikationer. Additiva och reaktiva flamskyddsmedel kan vara problematiska på olika sätt ur ett återvinningsperspektiv. Vi har inom ramen för det här uppdraget fokuserat på additiva flamskyddsmedel.

Information om eventuell förekomst i plast av prioriterade flamskyddsmedel i respektive produktgrupp har inkluderats i Bilaga 1 i den mån sådan information varit tillgänglig⁶⁵. Vissa användningar av flamskyddsmedel diskuteras dessutom mer utförligt under respektive produktkategori.

3.3 Antioxidanter och stabilisatorer

Antioxidanter och stabilisatorer används som tillsatser i polymera material för att hindra nedbrytning under tillverkningen eller under materialets livscykel. Under inverkan av syre kan polymerkedjorna oxideras med missfärgning och försämrade mekaniska egenskaper som resultat. Processen accelereras under inverkan av ljus eller värme, men kan förhindras genom tillsats av lämpliga antioxidant eller UV-stabilisatorer. Värmestabilisatorer förhindrar termisk nedbrytning av polymerkedjan särskilt under tillverkningsprocessen och är mycket vanliga för PVC. Förutom specifikt UV- och värmestabilisatorer finns andra ämnen som också kan definieras som stabilisatorer. Exempel på antioxidant och stabilisatorer ges i Tabell 4.

Olika polymertyper oxideras i olika grad men man behöver tillsätta antioxidant till flera av de vanligaste basplasterna, till exempel olefinplaster och PS.

Antioxidanterna karakteriseras baserat på verkningsmekanism och ämnesgrupp, vanliga antioxidant är steriskt hindrade fenoler och aromatiska aminer som är så kallade vätedonatorer. Andra grupper inkluderar bland annat fosfiter och steriskt hindrade aminer.

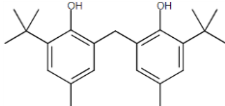
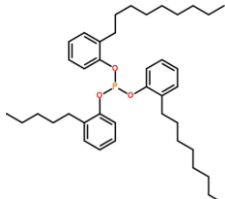
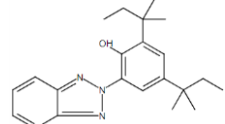
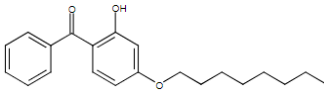
UV-stabilisatorer skyddar polymeren för inverkan av solljus och syre. Även om polymeren inte absorberar ljus kan föroreningar eller olika nedbrytningsprodukter inverka på ljusabsorptionen och accelerera nedbrytningen. Många av de vanligaste plasterna behöver därför tillsättning av ljusstabilisatorer, till exempel olefinplaster men även en mängd andra polymerer. De vanligaste grupperna av UV-stabilisatorer är hydroxibensofenoner, bensotriazol och steriskt hindrade aminer. Även färgämnen kan skydda polymeren mot nedbrytning av solljus (se avsnitt 3.4).

Värmestabilisatorer är främst associerade med PVC. Vid uppvärmning av polymeren i samband med processbearbetning frigörs väteklorid som i sin tur katalyserar ytterligare avgivning av väteklorid. Avspjälkningen av väteklorid börjar redan vid runt 60 °C, mycket lägre än normal processtemperatur (160–220 °C). Vid avsaknad av värmestabilisatorer bildas dubbelbindningar som leder till missfärgning och slutligen också till förändrade materialegenskaper.

⁶⁵ Användningsområden för identifierade flamskyddsmedel är inte begränsad till plast utan kan ha andra användningar, såsom i textila applikationer eller ingå i ytbehandlingsprodukter.

Värmestabilisatorer tillsätts därför till polymeren med uppgiften att neutralisera avgiven väteklorid för att förhindra ytterligare avspjälkning. Historiskt har kadmium- och blyinnehållande stabilisatorer använts men ersatts av bland annat tenn och barium/zink-baserade ämnen samt andra organiska stabilisatorer.

Tabell 4. Exempel på antioxidanter och stabilisatorer.

Grupp	Exempel på ämnen	Exempel på struktur	Exempel på polymerer
Fenoler	6,6'-Di-tert-butyl-2,2'-metylendi-p-kresol		PE, ABS, elastomerer
Fosfiter	Tris(nonylfenyl)fosfit		Polyolefiner, PVC, ABS, elastomerer
Bensotriazoler	UV-328		PP, PVC, PUR, PS, elastomerer
Bensofenoner	Oktabenson		Polyolefiner, PUR, PVC, ABS, PMMA, PS
Metallorganiska /organiska	Cd- och Pb-stabilisatorer, organiska tennföreningar		PVC

Med undantag för värme- och UV-stabilisatorer har antioxidanter inte uppmärksammats i lika hög grad som flamskyddsmedel och mjukgörare för deras potentiella miljö- och hälsofarliga egenskaper. Ett par antioxidanter som används i plast är emellertid identifierade som SVHC i Reach-förordningen och uppförda på kandidatförteckningen (6,6'-di-tert-butyl-2,2'-metylendi-p-kresol och tris(nonylfenyl)fosfit som innehåller $\geq 0,1$ % 4-nonylphenol). Av UV-stabilisatorerna har särskilt gruppen bensotriazoler uppmärksammats. UV-328 inkluderades 2023 för global utfasning i Stockholmskonventionen, ett par bensotriazoler kräver tillstånd för användning inom EU, och ytterligare bensotriazoler är under utredning inom EU för potentiella PBT-egenskaper. Av värmestabilisatorerna är kadmium och kadmiumbaserade ämnen förbjudna i Reach-förordningen i polymera material med en haltgräns av 0,01 %, med en tillåten haltgräns i återvunnen styv PVC som är tio gånger högre jämfört med

jungfruligt material för vissa användningar⁶⁶. Bly-stabilisator i polymera material av PVC är förbjudna i Reach med en haltgräns av 0,1 % från och med den 29 november 2024. För vissa produktgrupper av hård PVC tillåts emellertid en högre haltgräns av bly under en längre period för att främja återvinning⁶⁷. Enligt europeisk industri fasades blystabilisatorer frivilligt ut redan 2015, men de kan förekomma i material som finns kvar på marknaden och i importerade varor.

3.3.1 Identifierade antioxidanter och stabilisatorer

Från utvalda källor identifierade vi mer än 100 antioxidanter och stabilisatorer (Bilaga 1). En majoritet identifierades från Echas plastadditivprojekt samt en nyligen publicerad sammanställning av additiv i PVC från EU-kommissionen. Utöver dessa källor använde vi konsultprojektet om potentiellt problematiska ämnen i byggprodukter. Med utgångspunkt för de kriterier som anges i avsnitt 2.1 är det ett 30-tal ämnen eller ämnesgrupper som kan vara problematiska ur ett återvinningsperspektiv. Information om eventuell förekomst i plast av prioriterade flamskyddsmedel i respektive produktgrupp har inkluderats i Bilaga 1 i den mån sådan information varit tillgänglig. Vissa antioxidanter och stabilisatorer diskuteras dessutom mer utförligt under respektive produktkategori.

3.4 Färgämnen och pigment

Plaster och polymera material infärgas främst för att göra produkten mer attraktiv men tillsatsen kan även göra att materialets livslängd ökar genom att pigment/färgämne fungerar som en stabilisator för polymeren. Det finns fyra grupper av färgämnen som används i plast; lösliga färgämnen, organiska pigment, oorganiska pigment och särskilda färgämnen. Färgämnen och pigment skiljer sig på det sättet att färgämnen är lösliga i den plast där de används medan pigment är olösliga i polymeren. De lösliga färgämnena är organiska föreningar som används för att ge en ljus transparent färg och används i halter på 0,25–5 %. De är dyra, har begränsad ljus- och värmebeständighet och har låg tendens att migrera. Organiska pigment migrerar inte lätt från plasten och används som tillsatser i halter från 0,001–2,5 %. Oorganiska pigment har ingen migrationstendens och har hög temperatur och UV/VIS-resistens. De som räknas som ”särskilda färgämnen” är bland annat aluminiumpulver, kopparpulver och fluorescenta färgämnen⁶⁸.

De vanligaste pigmenten är titandioxid, kalciumkarbonat, zinkoxid, antimonoxid och zinkstearat. Vanliga färgämnen är azoföreningar, ftalocyaniner, naftalener och antrakinoner. Pigment används vanligen till PE, PP och PVC medan färgämnen

⁶⁶ Begränsades redan i direktiv 91/338/EEC. Reach bilaga XVII, post 23.

⁶⁷ Reach bilaga XVII, post 63.

⁶⁸ Report TA-3017 (2013), Hazardous substances in plastic materials, Klima- og forurensningsdirektoratet, Norge.

generellt fungerar bättre till PS, PC och akrylater⁶⁹. Exempel på färgämnen och pigment ges i Tabell 5 nedan.

Tabell 5. Exempel på färgämnen och pigment.

Grupp	Exempel på ämnen	Exempel på polymerer
Lösliga färgämnen	Basic violet 3 Malachite green hydrochloride Malachite green oxalate C.I. Disperse Yellow 3 C.I. Solvent Yellow 14 Solvent Orange 63	Mest i tryckfärg, men även plast Olika typer av plast Olika typer av plast Olika typer av plast PMMA, PS, PVC PS, SAN, ABS, PMMA, PC, PET, PA
Organiska pigment	Alizarinderivat Ftalocyaniner Bensidiner Kimrök Azopigment, till exempel: - Pigment Red 176 - Pigment Yellow 13 - Pigment Orange 34	PVC, PE, PP, PS, PA, ABS med flera
Oorganiska pigment	Titandioxid Kalciumkarbonat Zinkoxid Antimonoxid Zinkstearat Zinksulfid Järnoxid Krom- och molybden-salter Ultramarin Kobolt(II)diacetat Kadmiumbaserade pigment, till exempel: - kadmiumselenid - kadmiumsulfid Blybaserade pigment, till exempel: - blyvitt - blykromat - blykromatmolybdatsulfat - blykromatsulfat	Ersättare till blyvitt ABS, PTMT, PVC, PE, epoxi PET Alla typer av plast Alla typer av plast (Tillverkning av andra pigment) HDPE, LDPE, PVC, PP
Särskilda färgämnen	Aluminium- och kopparpulver Blykarbonat Vismutklorid	Olika typer av plast

Oorganiska pigment baserade på kadmium och bly har tidigare ofta använts i plast. Kadmiumpigment användes för att få djupröda och ljusgula färger och har förekommit i de flesta plasttyper. Pigmenten har utmärkt temperaturbeständighet och användes därför i bland annat byggprodukter och elektroniska produkter som

⁶⁹ Wachtmeister, J., Holmberg, L., Norberg, O., och Ekman, E., (2021). Plastkartläggning – Sammanfattande rapport. Trossa AB.

har lång livslängd. Kadmium- och kadmiumbaserade ämnen är sedan länge förbjudna i polymera material. Bestämmelserna finns idag införda i bland annat Reach-förordningen. Användningen av vissa blybaserade pigment såsom blyvitt har varit förbjuden i Europa sedan 1989. Ytterligare blypigment som har använts i plaster finns uppförda på Reach-förordningens tillståndsförteckning. Det finns dock indikationer på att bly fortfarande förekommer i exempelvis vitfärgade kablar till elektroniska konsumentprodukter⁷⁰. Ytterligare oorganiska pigment inkluderar bland annat kobalt (II) diacetat som har använts som ljusblått pigment i polyesterplast⁷¹, zinkoxid (som ersättare till blyvitt), titaniumdioxid samt diantimontrioxid⁷² som används som vita pigment i plaster.

Av de exempel på färgämnen som kan finnas i plast och som tas upp i Tabell 5 är Basic violet 3 identifierat som SVHC i Reach-förordningen och uppfört på kandidatförteckningen (när ämnet innehåller $\geq 0,1$ % av Michler's keton). En ytterligare grupp av ämnen i Tabell 5 är azofärgämnen (kan även förekomma som pigment), vilka kan förekomma i infärgade plaster (till exempel PVC, PE, PP, PS, PA, ABS, SAN, PMMA⁷³). Vissa azofärgämnen kan brytas ner till cancerframkallande eller mutagena arylaminer och är därför förbjudna i textilier och läderartiklar⁷⁴.

Kimrök eller ”Carbon Black” som det ofta kallas är ett kolbaserat pulver som kan finnas i olika partikelstorlek men också i olika renhetsgrader beroende på hur det är framställt. Den kimrök som används som svart pigment i plast är ofta av en finare/renare form än den som används som fyllmedel (se avsnitt 3.5). Troligen är den största delen av svarta plaster infärgade med kimrök men det finns också andra dyrare organiska svarta färgämnen. De eventuella hälso- och miljöfarliga egenskaperna för kimrök beror främst på innehåll av PAH:er. Problem med sortering av svarta plaster diskuteras i avsnitt 3.7.

3.5 Fyllmedel

Fyllmedel är vanligtvis pulverformiga ämnen som tillsätts plaster och elastomerer i utdrysande (prissänkande) eller egenskapsförbättrande syfte. Men fyllmedlet påverkar också de mekaniska egenskaperna hos materialet. Dessutom kan fyllmedlet bidra till materialets färg och opacitet samt dess elektromagnetiska

⁷⁰ Kemikalieinspektionen (2023), Tillsynsrapport 3/23: Tillsyn av e-handel varor 2022. Sundbyberg: Sverige.

⁷¹ Danish EPA, (2014). Report 132: Hazardous substances in plastics. Survey of chemical substances in consumer products, Copenhagen, Denmark.

⁷² Öko-Institut e.V. (2019). RoHS Annex II Dossier for Diantimony trioxide (flame retardant). Restriction proposal for substances in electrical and electronic equipment under RoHS.

⁷³ Wachtmeister, J., Holmberg, L., Norberg, O., och Ekman, E., (2021). Plastkartläggning – Sammanfattande rapport. Trossa AB.

⁷⁴ Reach-förordningen, bilaga XVII post 43.

egenskaper. Fibrösa fyllmedel ger också förstärkande egenskaper till materialet. Exempel på vanliga fyllmedel är krita - kalciumkarbonat (PVC, PP, PE), talk (PP), mica-glimmer (PA, PP, PBT), trämjöl (fenol-formaldehydplast) och inte minst glasfiber som kan användas som förstärkning till de flesta polymerer. Halterna av oorganiska fyllmedel i plast kan vara mycket stora, till exempel kan 20–80 % krita tillsättas i PVC⁷⁵. Andra exempel är kimrök som tillsätts i koncentrationer på 20–25 % i mörka gummimaterial. I ljusa material tillsätts silika eller krita i liknande halter för att öka hårdheten⁷⁶. De höga halterna av fyllmedel kan generellt leda till tekniska hinder för återvinningen (se avsnitt 3.7).

Fyllmedel kan delas in i olika kategorier beroende på om de har organiskt eller oorganiskt ursprung samt utifrån partikeltyp (fibrösa eller partikulära). Den oorganiska gruppen är stor och omfattar ämnen som har sitt ursprung från mineraler, leror men också kemiskt framtagna ämnen (se Tabell 6).

Tabell 6: Exempel på fyllmedel.

Ursprung	Ämnesfamilj	Fyllmedel
Oorganiskt	Oxider	Glas (fibrer, sfärer, flak), MgO, SiO ₂ , Sb ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃ , TiO ₂ , ZnO, Fe ₂ O ₃
Oorganiskt	Hydroxider	Al(OH) ₃ , Mg(OH) ₂
Oorganiskt	Salter	CaCO ₃ (krita), BaSO ₄ , CaSO ₄ , fosfater
Oorganiskt	Silikater	Talk, mica, kaolin, wollastonit, montmorillonit, nanoclay, fältspat, asbest
Oorganiskt	Metall	Bor, stål, aluminium
Organiskt	Kol, grafit	Kolfiber, grafitfiber och flak, kolnanotuber, kimrök
Organiskt	Naturliga polymerer	Cellulosafiber, hampa, trämjöl och fiber, bomull, ull, sisal, stärkelse, kork, nötskal
Organiskt	Syntetiska polymerer	Fibrer: PA, PE, aramid, PVOH

Kimrök används som fyllmedel främst i gummi och elastomerer för att öka styvheten, styrkan och nötningsmotståndet hos materialet. I plaster används det främst som pigment och färgämne (se avsnitt 3.4). Asbest är ett fibröst mineral som är cancerframkallande och kan finnas i äldre golvmaterial såsom vinylgolv och limmer för att stärka upp hållbarheten men även för att brandsäkra materialet (se avsnitt 5.1.1.3). Teflon (PTFE) är en perfluorerad polymer och räknas därför till gruppen PFAS som är ämnen med mycket persistenta egenskaper. Polymeren

⁷⁵ Plastics additives handbook, 5th edition, Hanser Publishers, Munich 2001.

⁷⁶ Materiallära, 12 utgåvan, Karlebo. 1993 Liber Utbildning AB.

klarar höga användningstemperaturer och används därför som fyllmedel i material i syfte att minska ”dripping”, det vill säga att materialen inte ska smälta som termoplaster annars kan göra.

Det uppstår hälsorisker med fyllmedel, främst vid hantering och användning av ämnet genom inhalation av partiklar <10 µm. Damm från vissa fyllmedel kan betraktas som cancerframkallande. Detta gäller exempelvis titandioxid, kristallint silika och asbest med flera.

3.6 Blåsmedel

Blåsmedel är en grupp av ämnen som tillsätts för att skumma plasten och ge bubblor. Detta görs i syfte att minska vikten, förbättra mjukheten, ge isolering, ge stötdämpande egenskaper eller lägga till motståndskraft i slutprodukten.

Fysikaliska blåsmedel är flyktiga vätskor som genomgår en förändring av det fysiska tillståndet under bearbetningen, för att i slutändan bilda en cellulär struktur i plast eller komposit. Det kan exempelvis vara i form av komprimerade gaser som injiceras under bearbetningen. Konventionella gaser är koldioxid, kväve och argon men historisk användning finns för klorfluorkarboner (CFC) och klorfluorkolväten (HCFC), ämnen som är förbjudna idag eftersom de skadar ozonskiktet. Kemiska blåsmedel är ämnen (oorganiska och organiska) med låg molekylvikt som kemiskt bryts ned vid förhöjd temperatur för att frigöra gaser som ger upphov till den cellformade strukturen i skumplasten. Exempel på oorganiska ämnen är natriumbikarbonat, ammoniumkarbonat, ammoniumbikarbonat och kalciumazid. Organiska blåsmedel är bland annat azodikarbonamid (ADCA), toluenesulfonylhydrazid och azobisisobutyronitril. Blåsmedel kan finnas kvar i plasten under lång tid och vara problematisk i återvinningen. Plasten i bland annat skumplast i kylar och frysar kan innehålla ozonedbrytande ämnen (CFC, HCFC) och därför behöver denna utrustning hanteras separat vid återvinning där dessa gaser kan tas om hand⁷⁷. ADCA är identifierad som SVHC i Reach och uppförd på kandidatförteckningen och kan finnas i skummad plast och strukturskum av epoxi⁷⁸.

⁷⁷ Elkretsen, hemsida. Hämtad 2023-08-21 från <https://www.el-kretsen.se/>

⁷⁸ Danish EPA, (2014). Report 132: Hazardous substances in plastics. Survey of chemical substances in consumer products, Copenhagen, Denmark.

3.7 Kemiska ämnen som kan utgöra tekniska hinder för återvinningen

Huvudinriktningen för regeringsuppdraget har varit att identifiera kemiska ämnen som är problematiska i återvinningen på grund av hälso- eller miljöegenskaper. Förekomsten av dessa ämnen utgör således ett hinder för återvinning men hindren kan också vara av teknisk natur i återvinningsprocesserna eller påverka kvaliteten och funktionen hos den återvunna råvaran. Det här är ett område som vi översiktligt har tittat på och som också har påtalats som ett viktigt område i den branschdialog som genomfördes inom ramen för uppdraget (se avsnitt 2.3). Ämnen som utgör tekniska hinder är ofta kopplade till valet av teknisk metod för återvinning.

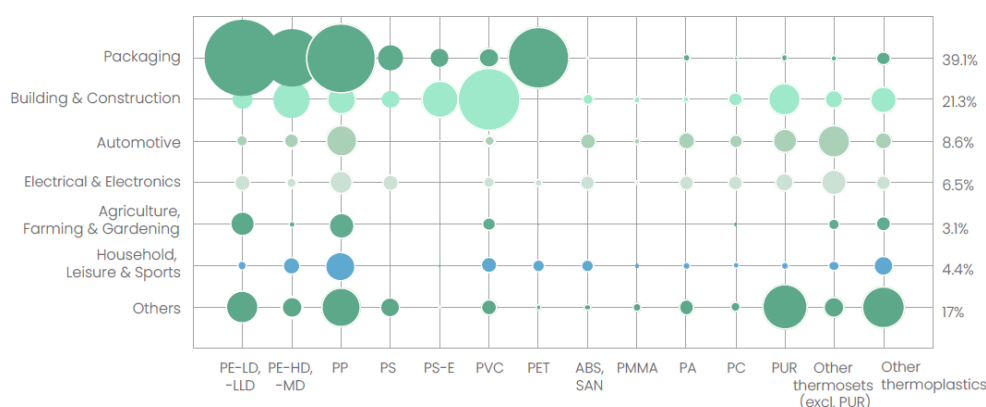
Ett vanligt exempel på sådana ämnen är kimrök (Carbon black) och andra svarta pigment som försvårar separation av olika polymersorter med NIR-detektorer (Near Infra Red) samt VIS-detektorer (synligt ljus)⁷⁹. Det finns emellertid andra separationsmetoder där innehållet av kimrök inte är lika känsligt för separationen till exempel via kemisk återvinning eller upplösning i organiska lösningsmedel. Vid mekanisk återvinning kan kimrök också ge missfärgning av den återvunna plastråvaran. Det begränsar vilka slutprodukter råvaran är lämplig för.

Ytterligare exempel är plastkompositer där fyllmedel, ofta krita (kalciumkarbonat), biobaserad fiber (trä, hampa) eller glasfiber som påverkar densitetsseparationer av potentiellt återvinningsbara plaster och försvårar smältfiltrering vid mekanisk återvinning. Bionedbrytbara polymerer som inte fungerar tillsammans med ”vanliga” polymerer och blandmaterial (flerskiktsplast alternativt homogena blandningar) av olika polymerer som försvårar återvinningen till exempel vid sortering av värdefulla polymerer i existerande återvinningssystem. Här kontaminerar bionedbrytbara polymerer rena fraktioner av annan polymer återvunnen råvara.

⁷⁹ Svarta pigment absorberar alla våglängder inom NIR och VIS spektrum vilket gör att detektorerna inte kan urskilja de olika polymerernas karaktäristiska våglängder.

4. Förpackningar

I Sverige sätts årligen cirka 1,3 miljoner ton plastråvara på marknaden, varav cirka 30–40 % används för tillverkning av plastförpackningar^{80, 81}. På den europeiska marknaden är andelen plast som används till förpackningar något större, 39,1 %, se Figur 4 nedan⁸². Med en förpackning menas en produkt vars syfte är att innehålla, skydda eller presentera en vara. De vanligast förekommande plasttyperna i plastförpackningar är LDPE, PP, PET, HDPE, PS och PVC⁸².



Figur 4. Användning av plastråvara för tillverkning av plastprodukter på den europeiska marknaden uppdelat på bransch och polymertyp (Plastics Europe 2022).

Ungefär 60 % av alla tillverkade plastförpackningar används inom livsmedelproduktion för förvaring av mat och dryck. Resten utgörs av förpackningar som används inom sjukvård, kosmetik, konsument- och hushållsartiklar, kläder samt för transport⁸³ eller av emballage som används inom bygg- och jordbrukssektorn⁸⁴. De vanligaste förpackningsplasterna är PE (LDPE och HDPE), PP, PET, PS samt olika typer av flerskiktsmaterial av plast⁸⁵.

Förpackningar omfattas av producentansvar, vilket innebär att producenterna enligt lag ska ta fram resurseffektiva och återvinningsbara förpackningar som är fria från farliga ämnen⁸⁶. I producentansvaret ingår att de företag som sätter en förpackning på den svenska marknaden ansvarar för att förpackningen samlas in

⁸⁰ Naturvårdsverket, (2022). Rapport 7038: Kartläggning av plastflöden i Sverige 2020. Stockholm: Naturvårdsverket.

⁸¹ Rickard Jansson utvecklingsingenjör Svensk Plaståtervinning, muntlig referens.

⁸² PlasticsEurope.2022. Plastics – the facts October 2022.

⁸³ Groh K.J., Backhaus T., Carney-Almroth B. (2018). Chemicals associated with plastic packaging: Inventory 1 and hazards.

⁸⁴ Naturvårdsverket, (2022). Rapport 7038: Kartläggning av plastflöden i Sverige 2020. Stockholm: Naturvårdsverket.

⁸⁵ Plastförpackningar - En Återvinningsmanual från FTI version 7.0.

⁸⁶ Förordning (2022:1274) om producentansvar för förpackningar.

och återvinns efter att den blivit avfall. Den nya förordningen (2022:1274) om producentansvar för förpackningar⁸⁷ trädde i kraft 1 januari 2023. Den uppdaterade förordningen ger ett utökat producentansvar för utformningen av förpackningar samt för insamlingen och behandlingen av förpackningar. Enligt den nya förpackningsförordningen ska minst 50 % av plastförpackningarna per år materialåtervinnas till och med år 2029. Därefter ska materialåtervinningen av plastförpackningar uppgå till minst 55 % per år. För förpackningar som innehåller mer än 50 % plast är målet att i genomsnitt minst 30 % av plasten ska vara återvunnen plast från och med 2030.

Förpackningsinsamlingen drivs av producentansvarsorganisationer som sköter logistiken kring insamlingen av förpackningar från berörda verksamheter. I Sverige finns två godkända aktörer, TMR (Tailor-Made Responsibility) och FTI (Förpackningsinsamlingen). FTI består i sin tur av fyra materialbolag; Svensk Plaståtervinning, Metallkretsen, Returkartong samt Svensk Glasåtervinning. Svensk Plaståtervinning hanterar insamlandet av förpackningar från svenska hushåll och företag samt återvinningscentraler. Projektgruppen har inom ramen för detta regeringsuppdrag genomfört ett studiebesök på Svensk Plaståtervinnings anläggning i Motala (se avsnitt 2.2) för att inhämta kunskap om hur insamling och sorteringen av förpackningsavfall från svenska hushåll går till. Sorteringen av förpackningsavfall är grundläggande för att uppnå en effektiv materialåtervinning.

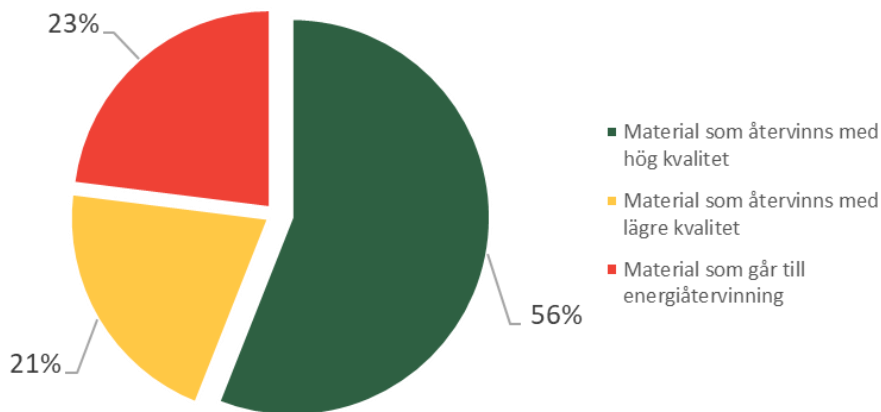
I en kartläggning av Naturvårdsverket uppskattades att cirka 220 000 ton plastförpackningar exklusive PET-flaskor sattes på den svenska marknaden 2020⁸⁸. Samtidigt uppskattades att det uppkom cirka 315 000 ton plastavfall av förpackningar.

Svensk Plaståtervinning hanterar en stor del av plastavfallet som kommer från återvinningsstationer eller fastighetsnära insamlingar (exempelvis soprum eller soptunnor). Data från en plockanalys utförd på Site Zero i mars 2023⁸⁹ visar att drygt hälften (56,2 %) av den inkommande plasten kan materialåtervinnas med hög kvalitet, vilket bland annat innebär det återvunna materialet kan användas i nya förpackningar. Cirka en femtedel (20,9 %) kan materialåtervinnas med låg kvalitet där det återvunna materialet sällan kan användas i nya förpackningar medan nästan en fjärdedel (22,9 %) av plasttyperna inte kan materialåtervinnas, utan går till energiåtervinning (Figur 5).

⁸⁷ Förordning (2022:1274) om producentansvar för förpackningar.

⁸⁸ Naturvårdsverket, (2022). Rapport 7038: Kartläggning av plastflöden i Sverige 2020. Stockholm: Naturvårdsverket.

⁸⁹ Plastförpackningar - En Återvinningsmanual från FTI version 7.0.



Figur 5. Andelen plastavfall som kan materialåtervinnas med hög respektive lägre kvalitet samt andel som kan energiåtervinnas. Data är baserad på en plockanalys av insamlade plastförpackningar från Svensk Plaståtervinnings anläggning Site Zero i mars 2023. Bilden är modifierad.

I Figur 5 har andra och felsorterade material (exempelvis papper, kartong, metall) som kommer till anläggningen tillsammans med den insamlade plasten exkluderats. Mängden felsorterat avfall från konsument utgör ungefär 32 % och blir i regel bortsorterat och hamnar i rejektet som går till förbränning eller till metallåtervinning⁹⁰.

Tabell 7 visar att mängden *Annan plast*, i förpackningsavfall, däribland PVC, som återfinns i den icke-materialåtervinningsbara fraktionen uppgår till mindre än 6 %. Enligt Svensk Plaståtervinning innehåller PVC-fraktionen generellt mycket lite förpackningsmaterial. Det består i stället av en blandning av olika plastprodukter, som exempelvis vinylhandskar, uppblåsbara plastleksaker samt kreditkort och andra plastkort. En förklaring till det tros vara liten användning av PVC som förpackningsmaterial. I Sverige har FTI på uppdrag av Svensk Plaståtervinning tagit fram en återvinningsmanual för plastförpackningar med syfte att ge vägledning kring hur en materialåtervinningsbar förpackning ska utformas⁹⁰. I manualen kategoriseras PVC som en icke-materialåtervinningsbar plasttyp. Manualen innehåller även riktlinjer för tillsatser, barriärer och förslutningar. Vad gäller användning av PVC som barriärmaterial framgår det av manualen att PVC helt bör undvikas. På den europeiska marknaden, mestadels i länderna kring Medelhavet, förekommer fortfarande PVC i krympetiketter på flaskor. Importen av dessa flaskor till Sverige är dock relativt sett låg.

⁹⁰ Plastförpackningar - En Återvinningsmanual från FTI version 7.0.

Tabell 7 Fördelningen av polymertyp för insamlade plastförpackningar från en plockanalys utförd på Svensk Plaståtervinnings anläggning Site Zero i mars 2023.

	Polymertyp	Andel (%)
Material som återvinns med hög kvalitet		56,2
	Styv PP (ej svart)	17,5
	Flexibel PE transparent	14,6
	Styv PE (ej svart)	10,3
	PET-tråg transparent ofärgad	6,2
	PET-flaskor transparent ofärgad	4,9
	PS	1,5
	Flexibel PP transparent	1,2
Material som återvinns med låg kvalitet		20,9
	Flexibel PE färgad	10,1
	EPS/XPS	30,
	Flexibel PP färgad	2,5
	PET-flaskor heltäckande krympetikett	1,4
	PET-flaskor transparent färgad	1,3
	PET-flaskor färgad opak	1,2
	PE-skum	0,7
	Styv LDPE	0,6
Material som energiåtervinns		22,9
	Flexibel PE multilaminat	6,0
	Annan plast (ABS, PC, PVC med flera)	5,7
	Styv svart plast	5,6
	Flexibel svart plast	2,3
	PET-tråg transparent ofärgad multilaminat	2,0
	PET-tråg färgad opak	1,3

4.1 Problematiska ämnen i plastförpackningar

Under perioden 2017–2019 finansierade MAVAs foundation, en schweizisk icke-statlig organisation, ett forskningsprojekt⁹¹ med syfte att kartlägga hälso- och miljöfarliga ämnen som används vid tillverkning av plastförpackningar⁹². Studien inkluderade förpackningar avsedda att komma i kontakt med livsmedel och övriga plastförpackningar för andra ändamål. Projektet leddes av branschorganisationen

⁹¹ Hazardous Chemicals in Plastic Packaging (HCPP) Project: State of the art, prioritization, and assessment.

⁹² <https://www.foodpackagingforum.org/hcpp-project>

Food Packaging Forum. Resultatet redovisades i form av en databas (Chemicals associated with Plastic Packaging (CPPdb)⁹³ samt flera artiklar^{94,95,96}. Databasen innehåller totalt 4 283 ämnen som identifierats som sannolikt förekommande (engelska *likely associated*) eller möjligen förekommande (*possibly associated*) i tillverkningen av plastförpackningar och/eller som förekommande i slutprodukten. Databasen innehåller även information om kemiska ämnens användning, funktion samt hälso- och miljöfarliga egenskaper i de fall information har varit tillgänglig. I detta regeringsuppdrag har vi utgått från Food Packaging Forums databas för att identifiera farliga ämnen som förekommer i plastförpackningar och som kan utgöra ett hinder för materialåtervinning. Eftersom förpackningar av plast har en relativt kort livslängd och de flesta förpackningar kan anses bli till avfall inom ett år, innebär det att när ändringar i lagstiftningen träder i kraft kommer det att ha en direktverkan på tillverkning och produktion av nya förpackningar. Ämnen som finns med i databasen som redan omfattas av en begränsning eller kräver tillstånd enligt Reach-förordningen eller är förbjudna i annan lagstiftning, exempelvis POPs-förordningen eller förpackningsdirektivet (94/62/EG), anses vara utfasade och har därför inte primärt lyfts fram som problematiska för återvinning av plastförpackningar som produktgrupp. Likaså har processkemikalier som används under tillverkningsfasen prioriterats ner med motiveringen att de inte borde förekomma annat än i spårmängder i plastavfallet som ska materialåtervinnas. Läs mer om avgränsningar i avsnitt 1.2.

För att få fram en relevant lista på problematiska ämnen som sannolikt förekommer i plastförpackningar, har vi i denna utredning utgått ifrån identifierade ämnen på Lista A i databasen⁹⁷. Databasen innehåller bland annat godkända ämnen från bilaga I i förordning (EG) nr 10/2011 som reglerar innehållet av kemiska ämnen i material och produkter av plast som är avsedda att komma i kontakt med livsmedel⁹⁸.

⁹³ SF3 Database of Chemicals associated with Plastic Packaging (CPPdb), ListA (likely associated) and ListB (possibly associated) DOI: 10.7287/peerj.preprints.27036v1/supp-3.

⁹⁴ Groh K.J., Backhaus T., Carney-Almroth B. (2018). Chemicals associated with plastic packaging: Inventory and hazards.

⁹⁵ Geueke B, Inostroza P, Maffini M, Backhaus T, Carney-Almroth B, Groh KJ and Munche J. Food Packaging Forum 2018 "Prioritization approaches for hazardous chemicals associated with plastic packaging".

⁹⁶ Groh, K., Backhaus, T., Carney-Almroth, B., Geueke, B., Inostroza, P.A., Lennquist, A., Leslie, H.A., Maffini, M., Slunge, D., Trasande, L., Warhurst, M., Muncke, J. (2019). Overview of known plastic packaging-associated chemicals and their hazards. *Science of the Total Environment*. 651 (2019) 3253–3268.

⁹⁷ SF3 Database of Chemicals associated with Plastic Packaging (CPPdb), ListA (likely associated) and ListB (possibly associated) DOI: 10.7287/peerj.preprints.27036v1/supp-3.

⁹⁸ Förordning (EG) nr 10/2011 om material och produkter av plast som är avsedda att komma i kontakt med livsmedel.

Lista A innehåller totalt 906 ämnen. Till dessa ämnen lade vi till information om faroegenskaper. Vi kunde hitta information om hälso- eller miljöfarliga egenskaper för ungefär 70 % av ämnena. Därefter applicerade vi ett farofilter. Se avsnitt 2.1 för beskrivning av källor till identifiering av ämnenas faroegenskaper samt kriterier för det farobaserade filtret.

Av totalt 906 ämnen på Lista A där information om faroegenskaper fanns, uppfyllde 191 ämnen de uppsatta farokriterierna (se Bilaga 1, Förpackningar). Till dessa 191 ämnen lades till information om teknisk funktion och ämnesgrupp^{99,100}. Ungefär 45 % av ämnena på listan utgjordes av monomerer, intermediärer eller av processkemikalier som exempelvis initiatörer, katalysatorer, tvärbindare, blåsmedel, tensider, smörjmedel och lösningsmedel. Dessa ämnen nedprioriterades med motiveringen att de främst används under tillverkningsprocessen och inte är avsedda att finnas kvar i den slutliga plasten. För en utförligare beskrivning av avgränsningar, se avsnitt 1.2. Bland de 104 ämnena som fanns kvar på nettolistan fanns ämnen med följande teknisk funktion: flamskyddsmedel, mjukgörare, pigment och färgämnen, stabilisator (värme och UV), antioxidanter, antistatmedel och biocider. Ämnen med flamskyddande funktion anses vara av låg relevans för förpackningar eftersom plastförpackningar inte omfattas av några brandsäkerhetskrav och man vanligtvis inte tillsätter flamskyddsmedel i produktgruppen (se avsnitt 3.2). Likaså gör vi antagandet att användningen av kadmium- och blyföreningar som värmestabilisatorer i PVC eller som färgpigment i plast inte heller utgör ett problem för återvinningen av förpackningsmaterial idag eftersom förekomsten av tungmetallerna kadmium, bly, kvicksilver och sexvärt krom i förpackningsmaterial är reglerad i förpackningsdirektivet. Reglerna innebär att den totala koncentrationen av de fyra tungmetallerna inte får överstiga 100 µg/g förpackningsmaterial. Återstår 63 prioriterade ämnen på listan över problematiska ämnen i förpackningar. Dessa ämnen tillhör additivgrupperna mjukgörare, antioxidanter och stabilisatorer, pigment och färgämnen, antistatmedel samt biocider.

4.1.1 Mjukgörare

För produktgruppen förpackningar är användningen av mjukgörare starkt förknippat med mjukgjord PVC. Historiskt har ämnesgruppen ftalater, däribland DEHP, varit den dominerande gruppen av mjukgörare. Exempel på tillämpningsområden för mjuk PVC är blodpåsar inom sjukvården och plastfilm

⁹⁹ Groh, K., Backhaus, T., Carney-Almroth, B., Geueke, B., Inostroza, P.A., Lennquist, A., Leslie, H.A., Maffini, M., Slunge, D., Trasande, L., Warhurst, M., Muncke, J. (2019). Overview of known plastic packaging-associated chemicals and their hazards. *Science of the Total Environment*. 651 (2019) 3253–3268.

¹⁰⁰ Echa projekt om plastadditiv, 2019 ([Plastic additives initiative - ECHA \(europa.eu\)](https://echa.europa.eu/plastic-additives-initiative))

till kött, frukt, grönsaker vid butiksinpackning enligt Livsmedelsverket¹⁰¹. Flertalet av ftalaterna som kan förekomma i förpackningsmaterial av PVC finns uppförda på Reach-förordningens kandidatförteckning och/eller tillståndsförteckning på grund av sina fortplantningsstörande eller hormonstörande egenskaper för hälsa och miljö. Användningen av ftalaten DEHP i material som är avsedd att komma i kontakt med livsmedel¹⁰² eller i medicintekniska produkter¹⁰³ är undantagen krav på tillstånd enligt artikel 56(5) i Reach-förordningen. Positivlistan i bilaga 1 till förordningen (EG) nr 10/2011 om material och produkter av plast som är avsedda att komma i kontakt med livsmedel uppdaterades i juli 2023. Ändringen innebär bland annat sänkta gränsvärden för specifik migration (SML) uttryckt i mg ämne per kg livsmedel (mg/kg) för fem ftalater. För DEHP innebär det att halten sänks från 1,5 till 0,6 mg/kg.

Trimellitater, fosfatestrar och citronsyrastrar är andra grupper av ämnen som används som mjukgörare i PVC (se avsnitt 3.1). Ämnet TOTM som tillhör ämnesgruppen trimellitater utreds för misstänkta PBT/vPvB egenskaper och ämnena trifenylfosfat och tributylcitrat som är en fosfatester respektive en citronsyraester utreds båda för misstänkt hormonstörande egenskaper.

4.1.2 Antioxidanter och stabilisatorer

Inom gruppen antioxidant som finns i plastförpackningar är det ett ämne, (6,6'-di-tert-butyl-2,2'-metylendi-p-kresol), som har klassificerats som fortplantningsstörande och är upptaget på kandidatförteckningen i Reach. Antioxidanter och stabilisatorer förekommer generellt i låga halter, runt 0,5 %, i förpackningar av polyolefiner (LDPE, LLDPE). Det finns ytterligare fem ämnen som är under utredning och misstänks ha hormonstörande och/eller persistenta, bioackumulerande och toxiska eller mycket persistenta och mycket bioackumulerande egenskaper.

Bensofenon är en vanligt förekommande UV-stabilisator som används i polymerer som HDPE, LDFE, LLDPE, PP, PS samt PVC till förpackningsmaterial. Ämnet är godkänt för användning i plastmaterial i kontakt med livsmedel men är klassificerat som cancerframkallande.

¹⁰¹ <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/tillagning-och-forvaring/forpackningar/plast>.

¹⁰² Förordningen (EG) nr 10/2011 om material och produkter av plast som är avsedda att komma i kontakt med livsmedel.

¹⁰³ Medicintekniska produkter som omfattas av direktiven 90/385/EEG, 93/42/EEG och 98/79/EG.

Gruppen organiska tennföreningar är främst förknippad med användningen som värmestabilisator i PVC. Flertalet av ämnena i gruppen uppvisar fortplantningsstörande egenskaper. Dibutyltenndilaurat används som värmestabilisator i polyolefiner samt mjuk PVC i koncentrationer runt 3 %.

4.1.3 Pigment och färgämnen

Listan av problematiska pigment och färgämnen (exklusive kadmium- och blyföreningar) som kan förekomma i plastförpackningar utgörs främst av ämnen som tillhör gruppen azoföreningar. Samtliga fyra identifierade ämnen är uppförda på kandidatförteckningen i Reach då de uppfyller något/några av egenskaperna cancerframkallande, mutagen eller reproduktionsstörande, och ett azofärgämne (4,4-metylendianilin) finns med på tillståndsförteckningen i Reach på grund av sina cancerframkallande och mutagena egenskaper.

Kobolt(II)diacetat är ett organiskt pigment som används i PET och är upptaget på kandidatförteckningen i Reach på grund av dess cancerframkallande, mutagena och fortplantningsstörande egenskaper. Zinkkromat är ett gult pigment som används i plastförpackningar av PE, PP, PVC i typiska halter på 0,001–10 %.

Koppar och kopparföreningar används som färgämne men har även en funktion som biocid. Koppar är under utredning för hormonstörande egenskaper.

4.1.4 Antistatmedel

Antistatmedel tillsätts till polymerer för att motverka att elektrostatiska laddningar ska uppkomma på polymerens yta. Syntetiska polymerer har ofta en opolär yta jämfört med naturliga polymerer, vilket skapar laddningar i ytskikten. Dessa krafter leder till att det kan bli problem med att dra isär plastfilmer. Antistatmedel tillsätts framför allt till PE, PP, PVC, PS och ABS.

Flera ämnen ur gruppen borater som används som antistatmedel är högvolymerkemikalier och produceras i över 100 ton per år i EU. Antistatmedel tillsätts i polyolefiner och mjuk PVC i halter runt 5 %. Flera borater har tagits upp på kandidatförteckningen i Reach på grund av sina fortplantningsstörande egenskaper.

4.1.5 Biocider

Biocider är av sin natur potenta ämnen då syftet är att förhindra mikrobiell tillväxt på polymeren. Flertalet biocider som förekommer i plastförpackningar har miljö- och hälsofarliga egenskaper. Dock är halterna av de tillsatta biocidämnen låga och används i halter på 0,001–1 % av polymeren.

4.2 Slutsatser om problematiska ämnen i plastförpackningar

Plastförpackningar är generellt en relativt ren avfallsström sett till innehåll och halter av ingående additiv. En viktig orsak är att det inte finns några krav på flamskydd för produktgruppen. Dessutom används inte heller mjukgörare i någon större utsträckning eftersom den mjukplast som främst används för förpackningar är gjord av lågdensitetspolyeten (LDPE) och således inte behöver någon tillsats för att bli mjuk. Användningen av mjukgörare i plastförpackningar är främst kopplad till mjuk PVC som totalt sett utgör en mindre andel av förpackningsmaterialet.

De vanligaste förekommande polymererna i plastförpackningar tillhör familjen termoplaster. Det är en grupp plaster som lämpar sig väl för materialåtervinning och har potential för hög återvinningsbarhet. Detta – i kombination med lågt innehåll av problematiska additiv – gör plastförpackningarna till en värdefull avfallsström med stor potential för materialåtervinning.

Eftersom förpackningar har en relativt kort livslängd, kommer begränsningar eller förbud att ha en direkt påverkan på vad som återfinns i avfallsströmmen. Inom ramen för detta projekt gör vi antagandet att användningen av ämnen i förpackningar som omfattas av förbud eller begränsning inom Reach-förordningen eller annan EU-lagstiftning har fasats ut i EU och primärt inte utgör ett problem för materialåtervinningen av plastförpackningar.

Av de 63 ämnena som vi har identifierat som problematiska och som kan förekomma i plastförpackningar, är mer än hälften identifierade som SVHC-ämnen och uppförda på Reach-förordningens kandidatförteckning. Nästan hälften av dessa också är upptagna på tillståndsförteckningen. Ämnen i plastförpackningar som kräver tillstånd för att få användas lyfts inte primärt fram som problematiska för återvinningen av plastförpackningar idag. Dessa utgörs av ämnen som tillhör additivgrupperna UV-stabilisatorer (bensotriazol), mjukgörare (ftalater, klorparaffiner) och färgämnen (azoföreningar). Avvikelse kan dock förekomma trots bestämmelserna, exempelvis i importerade förpackningar. Totalt sett bedömer vi dock den andelen som liten i sammanhanget.

I Tabell 8 listar vi exempel på ämnen som har inneboende faroegenskaper som faller för våra kriterier och som kan göra dem olämpliga att återcirkulera, men som ännu inte är begränsade eller förbjudna i lagstiftningen. Vissa av ämnena har identifierats som SVHC-ämnen. Dessa ämnen utgörs av additivgrupperna antioxidanter och stabilisatorer, pigment och färgämnen, antistatmedel samt biocider. Flertalet av ämnena som listas i tabellen förekommer generellt i låga halter i de polymerer som återvinns idag och vår bedömning är att de inte utgör

ett generellt problem i återvinningen. Mjuk PVC innehåller högre halter men den fraktionen går till förbränning idag. För en mer detaljerad lista se Bilaga 1, Förpackningar.

Tabell 8. Exempel på problematiska ämnen i plastförpackningar.

Additiv	Ämne/ ämnesgrupp	Exempel	CAS-nr	Faroeegenskaper (enligt PRIO:s utfasningskriterier) ¹	Polymertyp	Typiska halter (vikt %)
Mjukgörare	Ftalatestrar	Dietylhexyl- ftalat (DEHP)	117-81-7	Fortplantnings- störande, hormonstörande	Mjuk PVC	2–35
Mjukgörare	Ftalatestrar	Dietylftalat (DEP)	84-66-2	Pot. ED	Mjuk PVC	2–35
Mjukgörare	Fosfatestrar	Trifenylfosfat (TPP)	115-86-6	Pot. ED	Mjuk PVC	2–35
Mjukgörare	Trimellitater	TOTM	3319-31-1	Pot. PBT/vPvB	Mjuk PVC	
Mjukgörare	Citronsyra- estrar	Tributylcitrat	77-94-1	Pot. ED	Mjuk PVC	
Antioxidanter	Steriskt hindrade fenoler	6,6'-Di-tert-butyl- 2,2'-metylendi- p-kresol	119-47-1	Pot. PBT/vPvB, pot. ED	Polyolefiner, ABS	0,5
Stabilisatorer	Bensofenoner	Bensofenon	119-61-9	Cancer- framkallande	HDPE, LDPE, LLDPE, PP, PS och PVC	0,05–3
Stabilisatorer	Organiska tennföreningar	Dibutyltenn- dilaurat	77-58-7	Fortplantnings- störande	Polyolefiner, mjuk och hård PVC	3
Pigment och färgämnen	Oorganiskt pigment	Zinkkromat	13530-65-9	Cancer- framkallande	PE, PP, PVC	0,001–10
Pigment och färgämnen	Oorganiskt pigment	Kobolt(II) diacetat	71-48-7	Cancerframkallande, fortplantningsstörande, kraftigt allergi- framkallande	PET	0,001–10
Pigment och färgämnen	Azofärgämnen	Dinatrium-3,3'- [[1,1'bifenyl]-4,4'- diylbis(azo)]bis(4- aminonaftalen-1- sulfonat)	573-58-0	Cancerframkallande	PS, PVC	0,001–10
Antistat- medel	Borater	Dinatrium tetraborat dekahydrat	1303-96-4	Fortplantningsstörande	Polyolefiner, mjuk PVC	5
Biocider		Glutaral	111-30-8	Kraftigt allergi- framkallande		0,001–1

¹ I detta uppdrag omfattas även potentiellt PBT/vPvB samt potentiellt hormonstörande egenskaper (se avsnitt 2.1.1).

5. Byggprodukter

Byggsektorn är idag den näst största enskilda användaren av plast, efter förpackningssektorn, och förbrukar 262 000 ton plast per år¹⁰⁴. Stora mängder plast finns i följande produktgrupper:

- Rör
- Isolering
- Golv och väggmattor
- Fukt och väderskydd
- Fönster och dörrar
- Elinstallationer.

Naturvårdsverket gör en bedömning att mängden plast i produktgrupperna i punktlistan ovan som sätts på marknaden årligen är minst 170 000 ton¹⁰⁵. Enligt en plastkartläggning som gjordes 2019 materialåtervinns mindre än 1 procent av plastavfallet som uppstår inom byggsektorn¹⁰⁶. Utöver byggprodukter använder byggsektorn också stora mängder plastförpackningar i form av förpackade byggprodukter som avemballeras på byggarbetsplatserna¹⁰⁷. Dessa plastförpackningar, till exempel krymp- och sträckfilm, bubbelplast, plastband och virkesfolie, omfattas – som andra typer av plastförpackningar – av producentansvar och ingår inte i redovisningen av byggprodukter. De elinstallationer som behandlas i detta kapitel är kablar men det finns även andra elinstallationer av plast i byggprodukter.

Enligt statistik från Plastics Europe¹⁰⁸ utgörs den europeiska användningen av plast inom byggsektorn till mer än en tredjedel av PVC (Figur 6) och därefter av PE (HDPE, MDPE, LDPE och LLDPE) och PS. Vad gäller PVC stämmer dock inte denna fördelning med användningen i Sverige då det används betydligt mindre PVC i fönster och dörrar än i övriga Europa. Marknadsandelarna för PVC-fönster i

¹⁰⁴ Ahlm, M., Boberg, N., Hytteborn, J., Miliute-Plepiene, J. & Nielsen, T. (2021). Kartläggning av plastflöden i byggsektorn, rapport 6973, Naturvårdsverket.

¹⁰⁵ Naturvårdsverket, (2022). Rapport 7038: Kartläggning av plastflöden i Sverige 2020. Stockholm: Naturvårdsverket, Tabell 37

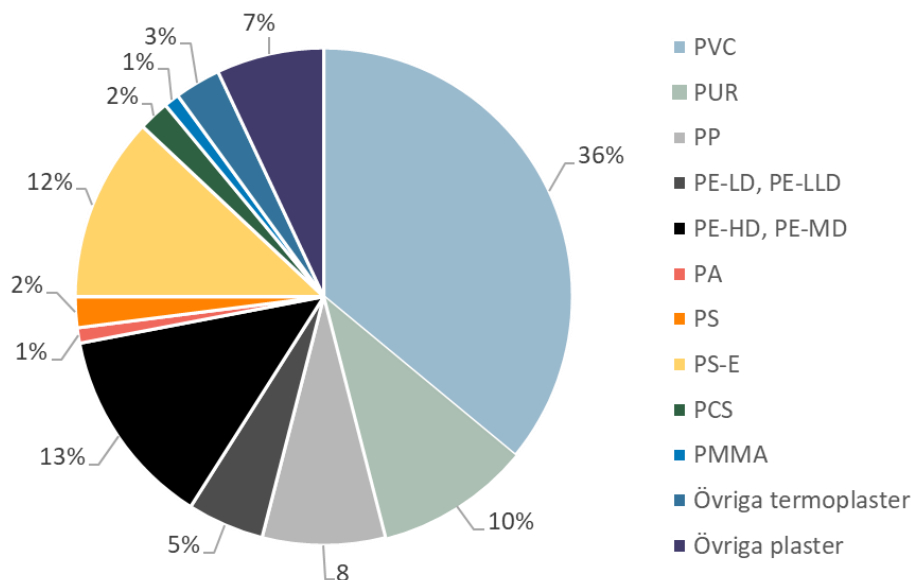
¹⁰⁶ Ljungkvist Nordin, H., Lindkvist, L., Boss, A., Baumann, H., Boberg, N., (2019). Kartläggning av plastavfallsflöden, återvinningsmetoder och marknader: kunskapsunderlag för ett returaffineri, Rapport Nr C 516, IVL Svenska Miljöinstitutet.

¹⁰⁷ Naturvårdsverket, (2022). Rapport 7038: Kartläggning av plastflöden i Sverige 2020. Stockholm: Naturvårdsverket

¹⁰⁸ PlasticsEurope. (2020). Plastics - the Facts 2020. PlasticsEurope

Europa uppgår till cirka 50 % till skillnad från de nordiska länderna där PVC-fönster utgör 8–10 % av marknaden ¹⁰⁹.

Betydelsen av förkortningarna för de olika plasterna i Figur 6 finns i ordlistan i slutet av rapporten.



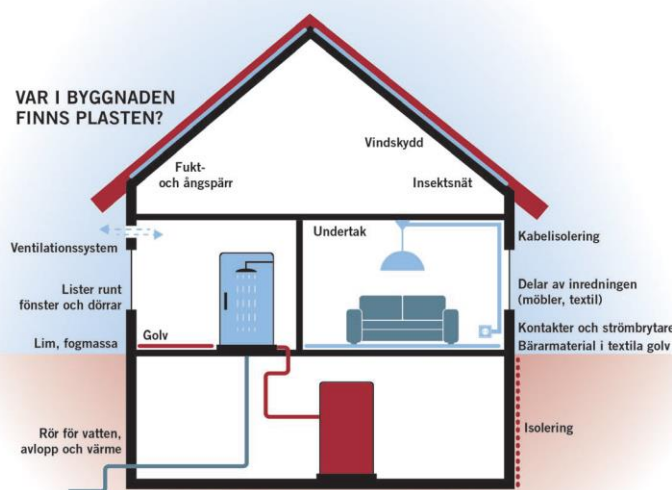
Figur 6. Efterfrågan av plast inom bygg- och anläggningssektorn i Europa år 2019 fördelat på polymertyp.

Plast som byggmaterial introducerades på 1950-talet och har därefter ökat stadigt i användning. En nybyggd villa innehåller uppskattningsvis 19 kg plast per kvadratmeter¹¹⁰. Några av orsakerna till ökningen är att plastprodukter brukar vara förhållandevis lätta att installera och kräver minimalt underhåll. Ändrad byggteknik har också skapat ett behov av att isolera mot fukt och luftgenomströmningar. Plast blev ett vanligt materialval för detta. I samband med oljekrisen i början av 1970-talet, då flertalet bostäder fortfarande värmdes upp med olja, ökade även användning av isolering bestående av plast och gummi runt fönster och dörrar¹¹⁰.

¹⁰⁹ Naturvårdsverket, (2022). Rapport 7038: Kartläggning av plastflöden i Sverige 2020. Stockholm: Naturvårdsverket.

¹¹⁰ Jansson, A., Boss, A., Lundberg, L. (2019). Återvinning av plast från bygg- och rivningsprocesser. Rapport 2019:10, RISE Research Institutes of Sweden.

Den tekniska livslängden för plastprodukter inom byggsektorn är mellan 30 och 50 år för inbyggda system som är svåra att byta, till exempel fukt- och ångspärr med mera. För plaströr garanterar tillverkarna livslängder på upp till 150 år. För att garantera beständighet och kvalitet har det utvecklats internationella standarder samt frivilliga test- och märksystem för byggprodukter som används av tillverkare av byggprodukter. Det är emellertid vanligt att byggprodukter av plast byts ut innan de uppnått sin tekniska livslängd, till exempel vid hyresgästanpassningar eller renoveringar. Mot bakgrund av de långa livslängderna för plastprodukter inom byggsektorn har vi i den här rapporten också tagit med historisk användning med ungefärliga uppgifter om när produkterna användes. Gammal inbyggd plast i byggnader kan i många fall innehålla problematiska ämnen som idag är förbjudna i nya produkter. Figur 7. visar var i en byggnad som plast kan finnas.



Figur 7. Var i byggnaden finns plasten¹¹¹?

5.1 Golv

Den största andelen plastmaterial i byggnader återfinns i golvmaterial såsom laminatgolv och plastmattor. Plastgolvsförsäljningen i Sverige har legat kring fem till sex miljoner kvadratmeter årligen de senaste tio åren. På 1990-talet var försäljningen uppe på 15 miljoner kvadratmeter. Cirka 25 % av golven som lades i byggnader i Sverige 2017 var plastgolv. I Europa är försäljningen av plastgolv

¹¹¹ Naturvårdsverket, (2020). Rapport 6923: Möjligheter till minskad klimatpåverkan genom cirkulär användning av plast i byggsektorn; Stockholm: Naturvårdsverket; 2021

högre än i Norden där vi har en stark tradition av trägolv. Det vanligast förekommande plastmaterialet i golv är PVC, så kallade vinylgolv.¹¹²

Väggmattor av PVC installeras ofta i badrum och andra våtutrymmen eftersom dessa utgör en bra fuktbarriär. I våtutrymmen ska det också finnas fuktspärr, vanligen en plastfilm av polyeten innanför våtrumstapeten eller kaklet som förhindrar vatten att komma in i bakomliggande väggkonstruktion.

5.1.1 Problematiska ämnen i PVC-golv

5.1.1.1 Värmestabilisatorer

Värmestabilisatorer tillsätts alltid för att PVC ska klara den värme som bearbetningen till färdig produkt kräver. De kan också behövas till produkter som utsätts för värme under användningen. Tennstabilisatorer (dibutyltennföreningar) har använts i liten omfattning för speciella ändamål i transparenta skikt. År 1994 stod tennstabilisatorerna för mindre än 4 % av stabilisatoranvändningen i golven som gick till den svenska marknaden¹¹³. Fem år senare hade användningen sjunkit med över 80 % och de svenska golv tillverkarna bedömde att tennstabilisatorerna helt skulle vara borta inom tre till fyra år¹¹⁴. Svenska golv tillverkare använde blystabilisatorer tidigare men de fasades ut under 1980-talet¹¹³.

5.1.1.2 Mjukgörare

Fram till åren 2000–2001 var DEHP den dominerande mjukgöraren i svensk produktion av PVC-golv¹¹⁵. När ett förslag om att klassificera DEHP som fortplantningsstörande kom började de svenska tillverkarna att ersätta DEHP med DINP och DIDP, som var de huvudsakliga mjukgörarna från cirka år 2000 till 2011¹¹⁶. DEHP kan dock ha förekommit i golv importerat från övriga EU under samma period eftersom DEHP först 2015 blev tillståndspliktig enligt Reach-förordningen. Ett antal svenska golv tillverkare började från år 2010 att

¹¹² Almasi, A., Ahlm, M., Berglund, R., Bolinus, D.J. (2020). Möjligheter till minskad klimatpåverkan genom cirkulär användning av plast i byggsektorn. Rapport 6923, Naturvårdsverket.

¹¹³ Kemikalieinspektionen, (1996). Rapport 6/96: Additiv i PVC, Märkning av PVC, Solna: Kemikalieinspektionen.

¹¹⁴ Kemikalieinspektionen (2001). Rapport 2/01: Arbetet för minskad miljöbelastning från PVC. Solna: Kemikalieinspektionen.

¹¹⁵ Rydström, A.-M., Jacobson, A., Belleza, E., Rydberg, T., (2020). Kartläggning av mängden PVC som finns inbyggd i samhället. Rapport B 2391, IVL Svenska Miljöinstitutet.

¹¹⁶ Palm Cousins, A., Loh Lindholm, C., (2016). Produktval av golv- och väggbeklädnader av PVC som innehåller DINP/DIDP, Rapport B 2262, IVL Svenska Miljöinstitutet.

använda sig av DINCH som mjukgörare, en omställning som var helt genomförd 2011. Detta var en förändring som påverkade branschen på europeisk nivå¹¹⁷.

5.1.1.3 Fyllmedel och armering

Heterogena PVC-golv behöver armering för att underlätta installation. Ett vanligt förekommande armeringsmaterial är glasfiber som började användas när asbest fasades ut på 1970-talet¹¹⁷. Enligt Arbetsmiljöverket kan det förekomma asbest i byggnader uppförda före 1979¹¹⁸. Troligen är mängden asbestinnehållande PVC golv som idag finns kvar i byggnader i Sverige ganska liten. Även homogena PVC-golv innehöll asbest, men då som fyllmedel. Vid tillverkning av homogena golv gjordes försök med att ersätta asbest med en produkt baserad på cellulosa/sojafiber som kallades Polysoy, men det byttes ut redan året efter mot krita som sedan dess varit det dominerande fyllmedlet i PVC-golv¹¹⁷.

5.1.1.4 Pigment

Kadmium har tidigare använts som pigment i golv men fasades ut i samband med att förbudet mot kadmium i plast infördes i Sverige 1982. Äldre golv som har nyanser av gult, orange eller rött kan tyda på innehåll av kadmium¹¹⁹. Kadmium, i bland annat PVC-golv, blev 1993 sedan förbjuden på EU-nivå¹¹⁷. Bestämmelserna finns idag införda i Reach-förordningen.

5.2 Rör och rördelar

Plast har länge använts för att tillverka olika sorters rör och rördelar. Fördelarna är många. Det finns plaströr som har en beprövad livslängd på över 100 år. De har låg vikt, vilket sparar energi vid transport och kan minska behovet av maskiner för att utföra tunga lyft. Rören är lätta att installera och rörlängderna kan enkelt ändras.

I Sverige installeras varje år stora mängder av plaströr i nybyggnationer och vid underhåll av infrastruktur och byggnader. Plaströr tillverkas främst av plasttyperna PVC, PP-H, PP-CO¹²⁰, HDPE och PEX. Även ABS-plast används i vissa industriella applikationer. Tidigare var PVC den vanligaste plasttypen i rör men

¹¹⁷ Rydström, A.-M., Jacobson, A., Belleza, E., Rydberg, T., (2020). Kartläggning av mängden PVC som finns inbyggd i samhället. Rapport B 2391, IVL Svenska Miljöinstitutet.

¹¹⁸ <https://www.av.se/produktion-industri-och-logistik/asbest/huvudsakliga-risker-med-asbest/>, Webbplatsen besöktes 2023-06-26

¹¹⁹ Sveriges Byggindustrier (2017). Resurs- och avfallsriktlinjer vid byggande och rivning, Stockholm: Sveriges Byggindustrier.

¹²⁰ Polypropen copolymer: Polypropenrör som säljs i Sverige är av copolymertyp, dvs. PP-PE copolymer, även att det ofta på märkningen endast står PP och inte PPCO som det borde stå. Copolymeren är slagttålig även i kyla, till skillnad från PP homopolymeren. PPCO används mycket i dagvattenbrunnar och avloppsrör. Rören är oftast bruna, grå eller svarta. Boss, A., (2018). Slutrapport för projekt, Innovativ återvinning av rör och profiler (REPIPE), RE:SOURCE.

idag är PE den dominerande polymertypen för rör med 60–70 procent av marknaden¹²¹. Dessa rör tillverkas till stor del i Sverige och tillverkningen uppgår till cirka 100 000 ton per år. Det är flera olika typer av rör som används såsom vatten och avloppsrör, rör för dränering och brunnar, rör för värme och ventilation, kabelskyddsror och elinstallationsrör¹²².

5.2.1 HDPE-vattenledningsrör

Rör i kontakt med dricksvatten ska enligt svenska byggregler inte avge hälsoskadliga ämnen till dricksvattnet. Det är byggherren, det vill säga den som för egen räkning utför eller låter utföra byggnadsarbeten, som ansvarar för att den färdiga byggnaden uppfyller kraven i byggreglerna. För att underlätta val av lämpliga produkter kan en tillverkare låta typgodkänna sina produkter. Ett typgodkännande är ett uttalande om att produkten bedömts motsvara kraven i de svenska byggreglerna i de delar som anges i typgodkännandet. I Sverige har det varit frivilligt att typgodkänna produkter i kontakt med dricksvatten men i praktiken har typgodkännandesystemet fungerat som en branschstandard. I Sverige finns certifierings-organet INSTA-CERT, som bland annat certifierar plaströr med det nordiska märket NORDIC POLY MARK¹²³. Även utländska godkännandesystem och normer, som exempelvis 'KTW Guidelines' eller DVGW- W270, används och har följts i Sverige de senaste 30 åren. Tidigare har det rapporterats om läckage av ämnen som ger bismak eller odörer¹²². Genom nya bestämmelser i EU:s dricksvattendirektiv blir det obligatoriskt att bara använda ämnen som finns uppförda på den så kallade positivlistan i kontakt med dricksvatten. Ämnen på positivlistan ska vara bedömda och godkända för kontakt med dricksvatten av EU utifrån ett hälsofarlighetsperspektiv. Arbetet med att upprätta positivlistan utförs av riskbedömningskommittén inom Echa och kommer att ta flera år.

5.2.1.1 Problematiska ämnen i PE-rör

5.2.1.1.1 Färgpigment

För specifika applikationer har kadmium använts tidigare som färgpigment i plaströr med gul, orange och röd nyans¹²⁴. Ett generellt kadmiumförbud infördes i Sverige 1982.

¹²¹ Ahlm, M., Boberg, N., Hytteborn, J., Miliute-Plepiene, J. & Nielsen, T. (2021). Kartläggning av plastflöden i byggsektorn. Rapport 6973, Naturvårdsverket.

¹²² Kemikalieinspektionen, (2023). PM 2/23: Ämnen som hindrar eller försvårar återvinning av plast i prioriterade produktgrupper inom byggsektorn. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen

¹²³ <https://www.svensktvatten.se/vattentjanster/dricksvatten/distribution/material-i-kontakt-med-dricksvatten>, besökt 2023-09-29

¹²⁴ Rydström, A.-M., Jacobson, A., Belleza, E., Rydberg, T., (2020). Kartläggning av mängden PVC som finns inbyggd i samhället. Rapport B 2391, IVL Svenska Miljöinstitutet.

5.2.2 PEX-rör för vatten och värme

Rör för värmegolv består vanligtvis av PEX (tvärbunden polyeten) med en yttre syrebarriär av EVOH (etylvinylalkohol-copolymer). Denna funktion förhindrar effektivt syremolekyler i vattnet att diffundera genom rörets väggar. Därmed skyddas gjutjärnskomponenter i systemet från korrosion. I och med tvärbindingarna i PEX går inte materialet att smälta om och omforma som vanliga termoplaster. Men tvärbindingen gör att materialet blir mer flexibelt och dess egenskaper mindre varierande med temperaturskiftningar.

På senare år används även PEX-rör i stället för kopparledningar i hus, både för dricksvatten och värmeledningar. För dricksvatten behövs ingen EVOH-barriär, då syremättnaden i vattnet redan är nådd¹²⁵.

5.2.2.1 Problematiska ämnen i PEX-rör

5.2.2.1.1 Antioxidant

Tris(nonylfenyl)fosfit som innehåller mer än 0,1 % 4-nonylfenol, grenad och linjär (4-NP) är uppförd på kandidatförteckningen som ett hormonstörande ämne.

Viktigt att notera att samma antioxidant också kan förekomma i en kvalitet där halterna av nonylfenol inte övergår 0,1 %. Denna ”renare” kvalitet av tris(nonylfenyl)fosfit är inte uppförd på kandidatförteckningen.

5.2.3 PVC-rör

PVC har använts som rörmaterial sedan mitten av 1950-talet¹²⁶. Först användes PVC till VA-ledningar i mark, framför allt till tryckledningar i små dimensioner. Användandet av PVC ökade under 1960-talet och samtidigt ökade även dimensionerna för PVC-rör. Markavloppsrör av PVC och PE började användas 1968 och kom därefter snabbt att ta över marknaden från betongrören för självfallsledningar upp till 200 mm i diameter

Utvecklingen har fortsatt och idag används PVC-rör inom flertalet applikationer inom byggnadssektorn. Delvis används det under mark, i avloppsledningsnätet samt i dräneringsrör. Det används även inuti byggnader för elinstallationer så kallat VP-rör. PVC användes även i vattenförsörjningsnätet fram till 1990-talet, men sedan dess används PE vid nyinstallation¹²⁷.

¹²⁵ “Uponor PEX piping systems (1118689)”, Tekniskt informationsblad från Uponor, tillgängligt via: <https://www.uponor.com/sv-se/vvs/produktkatalog/rorsystem-pex/pex-ror/uponor-aqua-pipe/uponor-aqua-pipe-natural-pn10#tab-documents>

¹²⁶ Malm, A., Horstmark, A., Larsson, G., Uusijärvi, J., Meyer, A., Jansson, E., (2011). Rörmaterial i svenska VA-ledningar - egenskaper och livslängd, Stockholm: Svenskt Vatten.

¹²⁷ Rydström, A.-M., Jacobson, A., Belleza, E., Rydberg, T., (2020). Kartläggning av mängden PVC som finns inbyggd i samhället. Rapport B 2391, IVL Svenska Miljöinstitutet.

5.2.3.1 Problematiska ämnen i PVC-rör

5.2.3.1.1 Värmestabilisatorer

Före 2001 kan blystabilisatorer förekomma men enligt de svenska plaströrstillverkarna har användningen helt upphört efter detta. Utfasningsperioden var relativt kort och påbörjades några år tidigare¹²⁸. I stora delar av Europa fasades blystabilisatorer ut något senare, åren 2005–2010¹²⁹. Tennstabilisatorer har aldrig använts i svensk produktion av rör, men har förekommit som stabilisator i till exempel USA och Frankrike¹³⁰.

5.2.3.1.2 Färgpigment

Blykromat har förekommit i den rödbruna färgen som använts för avloppsrör i mark. Pigmenthalten var 0,15–0,2 viktprocent¹³⁰. År 1999 upphörde denna användning och i stället började organiska pigment att användas¹²⁸.

5.3 Profiler och lister

Det finns en rad olika användningsområden för plastprofiler inom byggsektorn. Det kan vara som tak-, golv- eller hörnlister eller som foder runt dörrar och fönster. Andra vanliga användningsområden är kabelkanaler och kabelskyddsror. Materialen kan variera och PVC såväl som PP och HDPE förekommer¹³¹.

Plastfönster har fönsterkarmar av PVC-profiler. På 1950-talet kom de första PVC-fönstren och idag är PVC-fönster mycket populära i Europa med en marknadsandel på över 50 %¹³². Också i Sverige ökar användningen av plastfönster men har inte kommit upp i lika hög marknadsandel som i Europa¹³¹. PVC används även till andra typer av synliga byggprofiler, till exempel till dörrkarmar, foder, golvsocklar, trappnosar och kabelkanaler. Dolda skarvprofiler i väggar och lister inbyggda i köksinredningar förekommer också. Även utomhus kan PVC-profiler användas, till exempel till hängrännor och stuprör. I slutet av 1960-talet kom ett korrugerat plastmaterial som blev populärt att använda som tak över uteplatser. PVC används också som fasadbeklädnad, men det förekommer

¹²⁸ Kemikalieinspektionen (2001). Rapport 2/01: Arbetet för minskad miljöbelastning från PVC. Solna: Kemikalieinspektionen.

¹²⁹ Rydström, A.-M., Jacobson, A., Belleza, E., Rydberg, T., (2020). Kartläggning av mängden PVC som finns inbyggd i samhället. Rapport B 2391, IVL Svenska Miljöinstitutet.

¹³⁰ Kemikalieinspektionen, (1996). Rapport 6/96: Additiv i PVC, Märkning av PVC, Solna: Kemikalieinspektionen.

¹³¹ Kemikalieinspektionen, (2023). PM 2/23: Ämnen som hindrar eller försvårar återvinning av plast i prioriterade produktgrupper inom byggsektorn. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen

¹³² Broschyr från EPPA – Trade Association of European suppliers of window systems <http://eppa-profiles.eu/wp-content/uploads/>, Windows for life brochure

inte i några större volymer. På 70-talet marknadsfördes PVC-fasader till hus som ett hållbart material framför allt för utsatta lägen på västkusten¹³³.

Traditionellt sett har lister som tätar runt fönster och dörrar bestått av vulkaniserat (kemiskt tvärbundet) gummi av EPDM, silikon eller nitril. Idag ökar andelen så kallade TPE-material (termoplastiska elastomerer) i olika typer av lister.

TPE-material har elastiska egenskaper som ett gummimaterial men processbarhet som en termoplast, eftersom de inte har några kemiska tvärbindingar.

TPE-materialen får i stället sina elastiska egenskaper genom sin kemiska struktur som består av styva och flexibla segment i polymerkedjan. Fördelen med vulkaniserat gummi är att de generellt har bättre sättningsegenskaper, vilket behövs i vissa applikationer.

5.3.1 Problematiske ämnen i profiler och lister

5.3.1.1 Värmestabilisatorer

Stabilisatorer är en viktig tillsats för många PVC-profiler då infästningen av dessa produkter ofta är anpassade och har begränsat utrymme för expansion på grund av till exempel värme.

Kadmiumstabilisatorer var förr vanligt i styva PVC-profiler men förbjöds i Sverige redan 1982. EU förbjöd kadmium 1991 men eftersom profiler inte omfattades av förbudet fortsatte användningen hos vissa tillverkare ändå fram till år 2000¹³³.

Användningen av kadmium i EU minskade dock kraftigt från ungefär 600 ton per år 1992, till 100 ton per år 1997 och 50 ton per år 1998. Efter 2001 är kadmium i princip utfasat på frivillig väg av PVC-industrin¹³⁴.

När Kemikalieinspektionen undersökte användningen av additiv i PVC under åren 1995–1996¹³⁵ hade blystabilisatorer varit vanliga till styva och skummade profiler men från och med 1996 hade cirka 80 % av dessa produkter gått över till kalcium-zinkstabilisatorer. De flesta mjuka PVC-profiler stabiliserades redan tidigare med kalcium-zink. Även kanaler för el-, tele- och datakablar stabiliserades med bly¹³⁵. Sedan ökade användningen av kalcium-zinkstabilisatorer och år 2000 hade de marknadsledande profiltillverkarna gått över till dessa stabilisatorer¹³⁶. Idag

¹³³ Rydström, A.-M., Jacobson, A., Belleza, E., Rydberg, T., (2020). Kartläggning av mängden PVC som finns inbyggd i samhället. Rapport B 2391, IVL Svenska Miljöinstitutet.

¹³⁴ VinylPlus, 2001. Vinyl 2010 The Voluntary Commitment of the PVC industry. [Online] Available at: https://vinylplus.eu/uploads/Modules/Documents/vc2001_en.pdf

¹³⁵ Kemikalieinspektionen, (1996). Rapport 6/96: Additiv i PVC, Märkning av PVC, Solna: Kemikalieinspektionen.

¹³⁶ Kemikalieinspektionen (2001). Rapport 2/01: Arbetet för minskad miljöbelastning från PVC. Solna: Kemikalieinspektionen.

används kalcium-zinkstabilisatorer för samtliga profiler¹³⁷. Förut användes endast tennstabilisatorer för att tillverka tillräckligt genomskinliga lister¹³⁸ och dessa förekommer fortfarande¹³⁹ i transparenta PVC profiler, till exempel korrugerat plasttak, skyddsplast och i etikettlister¹⁴⁰.

5.3.1.2 Mjukgörare

För att kunna få mjuka och böjliga profiler tillsätts mjukgörare. DEHP har varit en vanlig mjukgörare för tillverkningen av profiler av PVC¹³⁸. DEHP fasades senare ut och förekommer troligen inte efter 2015.

5.3.1.3 Färgpigment

Hängrännor och stuprör av PVC kan förekomma i olika färger. Kadmium kan förekomma som pigment i äldre plastprofiler som har en nyans i gul eller röd¹⁴¹. Användningen av kadmium som färgpigment förbjöds i Sverige 1982.

Även blykromater/molybdat har använts som färgpigment i vissa hyllkantlister men år 2001 beräknades dessa försvinna ur produktionen inom 5 år¹⁴².

5.4 Kablar

PVC i installations- och lågspänningskablar har använts sedan 1950-talet i byggnader och förekommer också som mantelmaterial i högre spänningsklasser. Idag har halogenfria kablar till stora delar ersatt PVC-kabel vid installationer eftersom halogenfria kablar har bättre brandegenskaper då de ger en betydligt mindre rökutveckling vid brand. I princip all installationskabel av PVC samlas idag in vid rivning av hus, och den drivande faktorn är inte PVC-innehållet utan kopparn som finns i kabeln¹⁴⁰.

5.4.1 Problematiska ämnen i kablar

5.4.1.1 Värmestabilisatorer

Fram till 1990 användes bly som stabilisator i PVC-kablar. Till år 1999 var bly nästan avvecklade från kablar men för vissa specialkablar som skulle tåla högre

¹³⁷ Rydström, A.-M., Jacobson, A., Belleza, E., Rydberg, T., (2020). Kartläggning av mängden PVC som finns inbyggd i samhället. Rapport B 2391, IVL Svenska Miljöinstitutet.

¹³⁸ Kemikalieinspektionen, (1996). Rapport 6/96: Additiv i PVC, Märkning av PVC, Solna: Kemikalieinspektionen.

¹³⁹ Dibutyltennföreningar får inte användas efter år 2012 i varor som säljs till allmänheten.

¹⁴⁰ Rydström, A.-M., Jacobson, A., Belleza, E., Rydberg, T., (2020). Kartläggning av mängden PVC som finns inbyggd i samhället. Rapport B 2391, IVL Svenska Miljöinstitutet.

¹⁴¹ Sveriges Byggindustrier, (2017). Resurs- och avfallsriktlinjer vid byggande och rivning, Stockholm: Sveriges Byggindustrier.

¹⁴² Kemikalieinspektionen (2001). Rapport 2/01: Arbetet för minskad miljöbelastning från PVC. Solna: Kemikalieinspektionen.

temperaturer fortsatte användningen ytterligare några år. I genomskinliga kablar har tennorganiska föreningar använts men dessa fasades ut ungefär samtidigt som bly.

5.4.1.2 Mjukgörare

Historiskt har DEHP används i PVC-kablar men från 1999 används andra ftalater såsom DIDP som inte har samma fortplantnings- och hormonstörande egenskaper¹⁴³.

5.4.1.3 Flamskyddsmedel

Flamskyddsmedel används för att förhindra kabelbränder i PVC-kablar. Vanliga flamskydd är dantimontrioxid¹⁴⁴ samt mellankedjiga klorparaffiner (MCCP). Mellankedjiga klorparaffiner är bedömda som PBT/vPvB och utfasade sedan 1998 och vissa aktörer har fasat ut dantimontrioxid från kabelsortimentet¹⁴³.

5.5 Tätningsskikt

I gruppen tätningsskikt inräknas underlagstak, takmembran, vindskydd, byggfolier (luft- och ångspärr) och fuktskyddsmattor. Tätningsskikten är vanligen film eller membran av plast och har som främsta uppgifter att hindra vinddrag och skydda en byggnadskonstruktion från fukt. De används även som tätningsskikt i våtrum för både väggar och golv¹⁴⁵.

Plasttyper som används i tätningsskikt är LDPE, PP, laminerade PE/PP-folier, PP-CO, PVC, PU-belagd polyester och TPE, ofta styrenbaserad. Takdukar av plast används framför allt på tak som är låglutande (<6 grader), men även till en viss del för tak med något brantare lutning. Byggnader med låglutande tak är vanliga på industrilokaler, lagerhallar, köpcentrum och kontor. Idag läggs det 8–13 miljoner kvadratmeter ny takduk årligen där cirka 60 % är omläggning och cirka 40 % är nyläggning. PVC är den mest använda polymeren i takduk. Andra polymerer som används i takdukar är klorerad polyeten (CPE), termoplastisk eller flexibel polyolefin (TPO eller FPO)¹⁴⁶.

¹⁴³ Kemikalieinspektionen (2001). Rapport 2/01: Arbetet för minskad miljöbelastning från PVC. Solna: Kemikalieinspektionen.

¹⁴⁴ Dantimontrioxid är klassificerad som Cancer kategori 2, och faller således inte för kriterierna för särskilt farliga ämnen. Vi har ändå valt att ha med ämnen utifrån ett försiktighetsperspektiv eftersom det har varit mycket vanligt i kablar.

¹⁴⁵ Kemikalieinspektionen, (2023). PM 2/23: Ämnen som hindrar eller försvårar återvinning av plast i prioriterade produktgrupper inom byggsektorn. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen.

¹⁴⁶ Takdukproducenternas Förening. Hämtat från <http://www.takdukproducenterna.se/material.htm>

5.5.1 Problematiska ämnen i tätningsskikt

5.5.1.1 Värmestabilisatorer

Eftersom takduk är utsatt för stor yttre meteorologisk påverkan är värmestabilisatorer viktiga. Fram till 2000-talet var blystabilisatorer dominerande i PVC¹⁴⁷.

5.5.1.2 Mjukgörare

Takduk av PVC är mjukgjord för att vara flexibel. Historiskt sett har DEHP och DINP varit de vanligaste förekommande mjukgörarna. Från mitten av 1990-talet har användningen av DEHP fasats ut och sedan dess har nästan uteslutande DINP använts som mjukgörare i takduk¹⁴⁷.

5.5.1.3 Flamskyddsmedel

Alla takdukar av PVC innehåller flamskyddsmedel eftersom det råder hårda krav på brandsäkerhet. Det mest använda är flamskyddsmedlet idag är diantimontrioxid¹⁴⁸ som använts sedan takduk började produceras på 1970-talet¹⁴⁷.

5.6 Isolering

Skivor av isolermaterial används som isolering under betongplattor på mark och runt grunden på en byggnad. Dessa skivor består vanligen av polystyren (EPS och XPS). Det används också som syllisolering och för att isolera värmegolv. Stegljudsdämpare under golv och tätning runt exempelvis fönster och dörrkarmar består också ofta av skummade plastmaterial. Polyuretan (PUR) är ett vanligt sådant material med god isolerande förmåga men utgör ett problem i mekaniska återvinningsprocesser eftersom det är en hårdplast och inte går att smälta ner. Vid upphettning av PUR kan det också bildas isocyanater som kan orsaka astma och hudallergier.

5.6.1 Problematiska ämnen i isolering

5.6.1.1 Flamskyddsmedel

Brandsäkerhetskrav i Sverige föreskriver inte att flamskyddsmedel ska användas för EPS och XPS men i till exempel Storbritannien finns det brandsäkerhetskrav som leder till att flamskyddsmedel tillsätts. Historiskt inom EU har HBCDD använts under många år som flamskyddsmedel i byggprodukter av EPS och XPS.

¹⁴⁷ Rydström, A.-M., Jacobson, A., Belleza, E., Rydberg, T., (2020). Kartläggning av mängden PVC som finns inbyggd i samhället. Rapport B 2391, IVL Svenska Miljöinstitutet.

¹⁴⁸ Diantimontrioxid faller inte för kriterierna som gäller särskilt farliga ämnen då det har klassificeringen Cancer kategori 2, men eftersom det är vanligt förekommande har vi prioriterat ämnet utifrån försiktighetsprincipen.

HBCDD är sedan 2016 reglerat inom EU. Under den epok som HBCDD användes var andelen flamskyddad EPS/XPS i Sverige väldigt liten, till skillnad från många andra länder. Eftersom isoleringsmaterial generellt sett är skrymmande, sker det vanligtvis inga längre transporter och importen av monteringsfärdig isolering är således låg¹⁴⁹. Enligt plastbranschen var endast 0,5 procent av den polystyren som användes i svenska byggnader flamskyddad med HBCDD. Enligt Kemikalieinspektionens produktregister importerades cirka 120 ton HBCDD till Sverige 1997 och gick sedan ner till 3,5 ton 2004. Huvuddelen användes troligen till att flamskydda EPS¹⁵⁰.

5.7 Fogmassor

Fogmassor är sprutbara trögflytande massor som används för att tätta rörelsefogar och andra anslutningar mellan byggnadsdelar mot luftläckage, inläckande nederbörd, fukt och ljud. Massorna används till exempel i fogar mellan betongelement, runt fönster och i våtutrymmen. Vanliga polymertyper är polyuretan, silikon, MS-polymer, akrylat samt oljebaserade fogmassor. Valet av fogmassa beror på vilka tekniska krav som ställs såsom elasticitet, rörelseupptagningsförmåga, övermålningsbarhet med mera.

5.7.1 Problematiske ämnen i fogmassor

5.7.1.1 Mjukgörare och flamskyddsmedel

Historiskt har PCB¹⁵¹ använts som mjukgörare i polysulfidgummi i framför allt rörelsefogar mellan betongelement. Dessa fogmassor användes i hus byggda mellan 1956 och 1973 och var vanligt i flerbostadshus inom det så kallade miljonprogrammet¹⁵². PCB förbjöds i Sverige redan 1972 och är idag förbjudet internationellt genom Stockholmskonventionen. Förekomsten av PCB-haltiga fogmassor har inventerats i Sverige och ska enligt PCB-förordningen¹⁵³ saneras om halterna övergår 500 mg/kg. Massor med halter på 50–500 mg/kg ska saneras senast i samband med renovering, ombyggnad eller rivning.

Fogmassor av polyuretan (PUR) som används idag kan enligt SundaHus databas innehålla mellankedjiga klorparaffiner (C14 – C17). Detta ämne är upptaget på kandidatförteckningen i Reach. Kortkedjiga klorparaffiner (C10 – C13) har också

¹⁴⁹ Danish EPA, (2014). Report 1536/2014, Survey of brominated flame retardants

¹⁵⁰ Kemikalieinspektionen, (2006). Rapport 3/06: Hexabromcyclododekan (HBCDD) och tetrabrombisfenol – A (TBBPA), Sundbyberg: Kemikalieinspektionen

¹⁵¹ Polyklorerade bifenyler

¹⁵² Bernevi Rex, G., (2019), Inventering och sanering av PCB i byggnader och anläggningar, Rapport 6884, Naturvårdsverket.

¹⁵³ Förordning (2007:19) om PCB m.m. Naturvårdsverket

tidigare använts i PUR-fogmassa samt i akryl-fogmassa inom EU¹⁵⁴. Kortkedjiga klorparaffiner är förbjudna och upptagna som POPs-ämnen i Stockholmskonventionen sedan 2012.

5.7.1.2 Biocider

I några typer av fogmassor används biocider i låga halter. Det gäller till exempel fogmassor av typen akryl och silikon. Biociderna är biologiskt aktiva för att motverka påväxt av mikroorganismer. Isotiazolinoner är vanligt förekommande biocider i fogmassor.

5.8 Härdplaster

Härdplaster är polymerer som är tvärbundna i ett tredimensionellt nätverk. Vanligen består härdplast av bas och härdare som blandas i rätt proportioner för att bilda ett konstruktionsmaterial. Det är också vanligt att blanda in fibrer vid härdningen av plasten, till exempel glasfibrer eller kolfibrer, för att förstärka plasten ytterligare. Detta kallas för kompositmaterial. Härdplaster är vanligt förekommande inom byggindustrin och används ofta i lack, lim och andra flytande bindemedel som appliceras och sedan stelnar i tätande, isolerande eller skyddande syften. Exempel på härdplaster är polyesterharts, epoxi, vinylesterharts samt polyuretan.

Polyesterharts är en flerkomponentsprodukt som ofta används för att täcka hål i kombination med exempelvis glasfibervävnad och bildar då en härdplastkomposit¹⁵⁵. Epoxiprodukter har två eller fler komponenter som blandas med en härdare för att bilda en solid skyddande plastyta. Epoxi har en lång rad olika användningsområden: som beläggningar i exempelvis industrigolv, vid relining av rör, i fogmaterial, spackel, färger, lim, lacker, injekteringsmedel och i kompositer som till exempel i vindkraftverkens rotorblad¹⁵⁶.

Vinylesterharts är ett kompositmaterial med liknande egenskaper som polyester och epoxiharts¹⁵⁷. Polyuretan används för dess goda isoleringsförmåga främst i isoleringsskum, flythjälpmiddel, ytbeläggningsmaterial, lim och målarfärg. De flesta härdplaster, såsom epoxi, är mycket giftiga innan de härdats och de kan lätt orsaka allergiska eksem och astma vid minsta beröring. Det behövs heltäckande

¹⁵⁴ Report TA-3017 (2013), Hazardous substances in plastic materials, Klima- og forurensningsdirektoratet, Norge

¹⁵⁵ <https://www.swedol.se/presto-polyesterharts-2k-44600429.html>, besökt 2023-10-02

¹⁵⁶ <https://www.av.se/arbetsmiljoarbete-och-inspektioner/publikationer/broschyrer/jobba-ratt-med-epoxi-adi-150-broschyr/>, besökt 2023-10-02

¹⁵⁷ Vinylesterharts. <https://chemify.com/se/vinylesterharts/> besökt 2023-06-29.

skyddsutrustning när dessa appliceras¹⁵⁸. När hårdplaster och kompositerna väl har härdats är de mycket svåra att avlägsna, vilket gör eventuell återvinning komplicerad. Det finns dock tekniker inom kemisk återvinning som solvolys och pyrolys som kan bryta ned kompositerna och hårdplaster som epoxi¹⁵⁹. Andra produkter som kan tillverkas av komposit, som glasfiberarmerad polyester, är stolpar för belysning på väg, cykelbanor och ljusspår samt stolpar för luftledning av el¹⁶⁰.

5.9 Andra problematiska ämnen som har använts i byggsektorn inom EU

Vid litteraturgenomgången har vi funnit ytterligare uppgifter om additiv som potentiellt har använts i plast inom byggsektorn i Sverige (se Bilaga 1). Tabellerna i bilagan ger en översikt över de problematiska ämnen som vi har påträffat inom ramen för uppdraget.

5.10 Slutsatser om problematiska ämnen i byggprodukter

Plast har använts i byggprodukter sedan 1950-talet i framför allt golv, rör, profiler och lister, kablar, tätningsskikt, isolering och fogmassor. En stor andel av de problematiska ämnena som finns inbyggda i fastigheter går att härleda till gammal PVC. Historiskt har PVC innehållit problematiska ämnen såsom mjukgöraren DEHP, bly- och kadmiumstabilisatorer, kadmumpigment och i vissa fall asbest. Dessa problematiska ämnen är numera utfasade i nya produkter. I rörelsefogar utomhus mellan betongelement av polysulfidgummi användes PCB som mjukgörare, framför allt vid uppförandet av det så kallade miljonprogrammet. Användningen av HBCDD som flamskydd för polystyrenisolering var vanlig utomlands men inte vanlig i fastigheter i Sverige. Uppgifter om när dessa ämnen användes samt tidpunkt för utfasning finns redogjort för i rapporten och framgår också av sammanställning nedan över problematiska ämnen i byggsektorn.

Idag kan det fortfarande förekomma problematiska ämnen i byggprodukter på marknaden, såsom mellankedjiga klorparaffiner som mjukgörare i vissa fogmassor, tennorganiska föreningar i stabilisatorer i transparenta PVC-profiler

¹⁵⁸ <https://www.av.se/arbetsmiljoarbete-och-inspektioner/publikationer/broschyrrer/jobba-ratt-med-epoxi-adi-150-broschyr/>, besökt 2023-06-29

¹⁵⁹ Lassesson, H., Gottfridsson, M., Nellström, M., Rydberg, T., Josefsson, L.,

Mattsson, C. (2021) Kemisk återvinning av plast. Rapport 6990, Naturvårdsverket.

¹⁶⁰ Naturvårdsverket, (2022). Rapport 7038: Kartläggning av plastflöden i Sverige 2020. Stockholm: Naturvårdsverket.

och diantimontrioxid¹⁶¹ i PVC – takduk. Tris(nonylfenyl)fosfit används som antioxidant i PEX-rör men det är oklart om det är det problematiska ämne som innehåller mer än 0,1 procent nonylfenol eller om det är en renare kvalitet. Biocider av typen isotiazolinoner är vanligt förekommande i akryl- och silikonfogmassor men eftersom halterna är mycket låga bedömer vi inte dessa som problematiska i återvinningsledet. I Tabell 9 har vi sammanställt problematiska ämnen som förekommer eller har förekommit i byggsektorn och när ämnena i förekommande fall slutade användas. Andra problematiska ämnen som kan förekomma i byggprodukter har vi samlat i Bilaga 1 till rapporten.

Tabell 9. Sammanställning av problematiska ämnen i byggsektorn

Additiv	Faroregenskaper (enligt PRIO:s utfasningskriterier) ¹	Funktion	Polymer	Typ av produkt	Årtal
Asbest	Cancerframkallande	Fyllmedel och armering	PVC	Golv	Slutade användas senast 1977 .
Bensylbutylftalat (BBP)	Fortplantningsstörande, hormonstörande	Mjukgörare	PVC	Golv	Användes cirka 1960–2000 .
Blyföreningar	Fortplantningsstörande	Stabilisator	PVC	Golv	Fasades ut under 1980-talet .
Blyföreningar	Fortplantningsstörande	Stabilisator	PVC	Kablar	Fasades ut under 1990-talet . Upphört till 2001 .
Blyföreningar	Fortplantningsstörande	Stabilisator	PVC	Profiler och lister	Avveckling åren 1995–1997 .
Blyföreningar	Fortplantningsstörande	Stabilisator	PVC	Rör	Svenska tillverkare hade helt upphört med användningen till slutet av 2001 . I övriga EU. upphörde användningen 2005–2010 .
Blyföreningar	Fortplantningsstörande	Stabilisator	PVC	Takduk	Dominerande fram till 2000-talet . Slutade användas senast 2001 .
Blykromat	Cancerframkallande, fortplantningsstörande	Pigment	PVC	Rör	Slutade användas senast 1999 (rödbruna avloppsrör).

¹⁶¹ Diantimontrioxid faller inte för kriterierna som gäller särskilt farliga ämnen då det har klassificeringen Cancer kategori 2, men eftersom det är vanligt förekommande har vi prioriterat ämnet utifrån försiktighetsprincipen.

Additiv	Faroegenskaper (enligt PRIO:s utfasningskriterier) ¹	Funktion	Polymer	Typ av produkt	Årtal
DEHP	Fortplantningsstörande, hormonstörande	Mjukgörare	PVC	Golv	Användes i Sverige senast till och med 2000–2001 .
DEHP	Fortplantningsstörande, hormonstörande	Mjukgörare	PVC	Kablar	Började fasas ut under 1990-talet . Upphört till 2001 .
DEHP	Fortplantningsstörande, hormonstörande	Mjukgörare	PVC	Profiler och lister	Användes senast fram till 2015 .
DEHP	Fortplantningsstörande, hormonstörande	Mjukgörare	PVC	Takduk	Slutade användas senast 1996 .
Diantimontrioxid	Cancerframkallande (kategori 2) ¹⁶¹	Flamskydd	PVC	Kablar	Pågående utfasning.
Diantimontrioxid	Cancerframkallande (kategori 2) ¹⁶¹	Flamskydd	PVC	Takduk	Används idag, totala mängden minskat med tiden.
HBCDD	PBT/vPvB	Flamskydd	EPS XPS	Isolering	Reglerad inom EU från 2016 . Bara cirka 0,5% av EPS/XPS i Sverige var flamskyddad med HBCDD.
Kadmiumföreningar	Bland annat cancerframkallande (kadmiumjonen)	Pigment	PVC	Golv	Slutade användas senast i början på 1980-talet .
Kadmiumföreningar	Bland annat cancerframkallande (kadmiumjonen)	Pigment	PVC	Profiler och lister	Förbjöds i Sverige 1982 .
Kadmiumföreningar	Bland annat cancerframkallande (kadmiumjonen)	Stabilisator	PVC	Profiler och lister	Förbjöds i Sverige 1982 . Användning inom EU förekommer fram till 2000 .
Kadmiumföreningar	Bland annat cancerframkallande (kadmiumjonen)	Pigment	PE	Rör	Förbjöds i Sverige 1982 .
Kortkedjiga klorparaffiner (C10 – C13)	PBT/vPvB	Mjukgörare/flamskydd	PUR Akryl	Fogmassa	Används inte idag. Reglerad inom EU från 2012 .
Mellankedjiga klorparaffiner (C14 – C17)	PBT/vPvB	Mjukgörare/flamskydd	PUR	Fogmassa	Används idag i viss utsträckning.
Mellankedjiga klorparaffiner (C14 – C17)	PBT/vPvB	Flamskydd	PVC	Kablar	Utfasad senast 1998 .

Additiv	Faroegenskaper (enligt PRIO:s utfasningskriterier) ¹	Funktion	Polymer	Typ av produkt	Årtal
PCB	PBT/vPvB	Mjukgörare/ flamskydd	Polysulfid- gummi	Fogmassa	Användes mellan 1956 och 1973 . Är förbjudet sedan 1972 .
Tennorganiska föreningar	Fortplantningsstörande	Stabilisator	PVC	Genomskinlig kabel	Slutade användas senast 2000 .
Tennorganiska föreningar Dibutyltenn	Fortplantningsstörande	Stabilisator	PVC	Golv	Fram till 1994 .
Tennorganiska föreningar	Fortplantningsstörande	Stabilisator	PVC	Profiler och lister	Förekommer fortfarande i transparenta PVC profiler, till exempel korrugerat plasttak, skyddsplasten och i etikettlister.
Tris(nonylfenyl)-fosfit (> 0,1 % nonylfenol)	Hormonstörande	Antioxidant	PEX	Rör	Observera att den "renare" varianten av tris(nonylfenyl)fosfit inte är uppförd på kandidatförteckningen och ska således inte betraktas som hormonstörande.

¹ I detta uppdrag omfattas även potentiellt PBT/vPvB samt potentiellt hormonstörande egenskaper (se avsnitt 2.1.1).

6. Fordon och däck

6.1 Fordon

Mängden plast i fordon varierar efter typ av fordon, modell och tillverkningsår. Från att ha ökat i andel under 1900-talet har det inte skett någon större förändring i andel plast i fordon under 2000-talet och andelen uppskattas i dag till cirka 20 vikt%¹⁶². Det kommer sannolikt inte att ske någon större förändring i andel plast i förhållande till andra materialslag de närmaste åren. Av de fordon under 3,5 ton som samlades in under producentansvaret för bilar 2020 uppskattade Naturvårdsverket mängden plast till 53 000 ton¹⁶³. Det totala antalet polymertyper i fordon kan vara högt¹⁶⁴, där de vanligaste omfattar bland annat PP, PUR, PE, PA och ABS (Figur 8). Flera ytterligare plaster ingår normalt i fordon såsom PC, PVC, PMMA och POM.¹⁶⁵ Vilka polymertyper samt mängden plast som används i fordon varierar mellan modeller och tillverkningsår. EuRIC¹⁶⁶ och Plastics Europe¹⁶⁷ anger att PP är den vanligast polymertypen i fordon följt av bland annat PUR.

En stor mängd komponenter i en bil kan vara tillverkade av plast, både exteriört och interiört. Några exempel listas nedan men det finns många fler exempel som redovisas utförligt i andra källor¹⁶⁸.

- Stötfångare
- Underredsskydd
- Interiör, till exempel instrumentbräden och stolpbeklädnader
- Bilsäten, stommar och fyllnadsmaterial
- Elektriska komponenter inklusive kablar
- Drivlinekomponenter

¹⁶² Emilsson, E., Dahllöf, L., Ljunggren Söderman, M., (2019). Plastics in passenger cars. A comparison over types and time. IVL Report C454. (Andelen plast i fordon beräknas ibland exklusive däck, batterier och vätskor och kan då antas vara cirka 30 % lägre, det vill säga cirka 15 vikt%.)

¹⁶³ Naturvårdsverket, (2022). Rapport 7038: Kartläggning av plastflöden i Sverige 2020. Stockholm: Naturvårdsverket.

¹⁶⁴ EuRIC anger att 39 olika basplaster kan ingå i ett fordon; Volvocars anger att >400 olika varianter av termoplaster ingår i en Volvo.

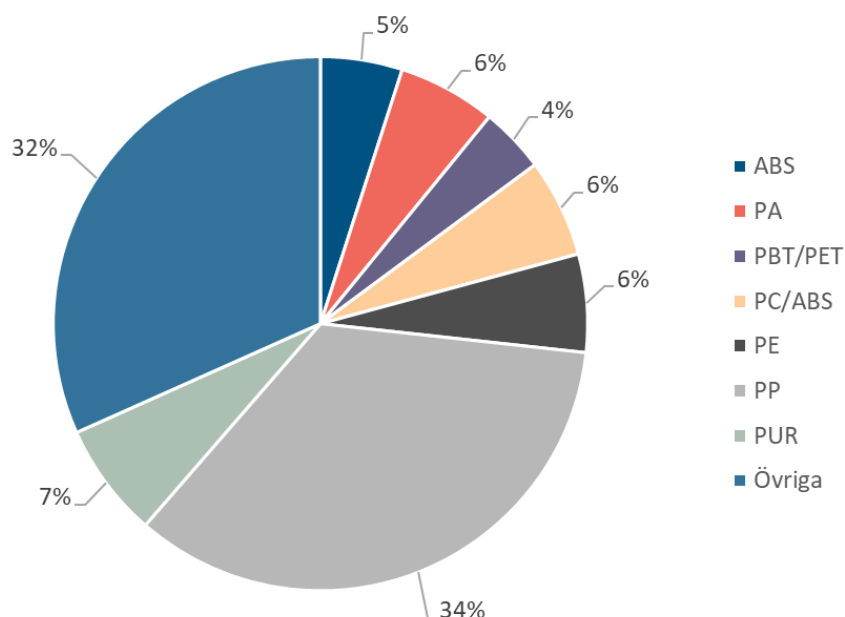
¹⁶⁵ Lassesson, H., Gottfridsson, M., Nellström, M., Rydberg, T., Josefsson, L., Mattsson, C. (2021) Kemisk återvinning av plast. Rapport 6990, Naturvårdsverket.

¹⁶⁶ EuRIC, 2020. EuRIC call for recycled plastic content in cars – position paper.

¹⁶⁷ Plastics Europe, 2022. Plastics – the Facts 2022.

¹⁶⁸ Se till exempel: Plastics Industry Trade Association, 2016. Automotive recycling. Devalued is now revalued.

Elektriska komponenter inklusive kablar diskuteras inte för fordon specifikt i detta avsnitt utan ingår i avsnittet om elektronik.



Figur 8. Polymertyper i fordon, data från IVL¹⁶⁹.

Enligt producentansvaret för fordon ska minst 95 % av vikten av fordonet återanvändas eller återvinnas varav minst 85 % av fordonets vikt ska återanvändas eller materialåtervinnas¹⁷⁰. Det första steget i avfallshanteringen av fordon är en demontering av bland annat reservdelar, däck och batterier, glaspartier, krockkuddar samt avlägsnande av bränsle, olja, glykol och andra vätskor. Därefter sker en fragmentering av fordonet där framför allt metaller sorteras ut för att uppnå målen i producentansvaret. Plast från fordonet sorteras endast ut i mindre grad i Sverige och den största delen blir en restfraktion som går till energiåtervinning. En mindre del går till deponi. EuRIC tar upp möjligheten med separering per polymertyp av den fragmenterade plasten med densitetsseparation eller NIR-teknologi men att det på grund av komplexiteten och bristande incitament endast sker i mindre grad och då enbart för de vanligaste polymererna¹⁷¹. Vid Stena Recyclings fragmenteringsanläggningar återvinns över 100 000 fordon varje år (se avsnitt 2.2.2.1), men plasten hamnar idag enbart i restfraktionen och går till energiåtervinning. Det har dock genomförts pilotförsök med att separera olika

¹⁶⁹ Emilsson, E., Dahllöf, L., Ljunggren Söderman, M., (2019). Plastics in passenger cars. A comparison over types and time. Report C454, IVL. (Sammanvägd data från olika modeller.)

¹⁷⁰ Förordning (2023:132) om producentansvar för bilar.

¹⁷¹ EuRIC 2020. EuRIC call for recycled plastic content in cars, position paper.

plaster. Man lyfter bland annat möjligheten att med ny teknik även separera olika svarta plaster som tidigare varit problematiskt¹⁷².

Förutom den potentiella möjligheten att sortera ut plaster efter fragmenteringen lyfter Naturvårdsverket i rapporten Kemisk återvinning av plast¹⁷³ möjligheten att i demonteringssteget ta vara på högkvalitativa material för antingen mekanisk eller kemisk återvinning. I rapporten konstateras det emellertid att det då skulle krävas en utökning av sådana verksamheter jämfört med idag. Det finns dock en drivkraft att utnyttja återvunnen plast i nyproduktionen av fordon inklusive återvunnen plast från fordon. Volvo anger bland annat målet att använda 25 % återvunnen eller biobaserad plast i nya bilar till 2025¹⁷⁴. EU-kommissionen presenterade i juli 2023 en ny förordning som kommer ersätta det nuvarande ELV-direktivet (2000/53/EC)¹⁷⁵. I förslaget ingår bland annat krav på 25 % återvunnen plast i fordon, varav 25 % av denna plast ska vara återvunnen plast från fordon. Krav på återvinning av plast har tidigare inte funnits i ELV-direktivet.

Stötfångare av PP har lyfts fram som en plastkomponent med stor potential för separat insamling¹⁷⁶. Genom separat demontering innan fordonet går till fragmentering skapas möjligheter att antingen reparera och återanvända eller återvinna till nya stötfångare eller andra produkter. Stötfångare lämpar sig väl för återvinning då det generellt är ett monomaterial och är en förhållandevis stor komponent som går att demontera. En försöksstudie över möjligheterna att sortera ut plast från stötfångare genomfördes 2020 för att undersöka förutsättningarna för en nationell uppskalning av insamlingen¹⁷⁷. Studien visade att det finns potential men att ett sådant insamlingssystem är beroende av stora volymer för lönsamhet, kostnadseffektiva logistiklösningar och utveckling av nya affärsmodeller. Volvo har som mål att genom closed-loop recycling återvinna 150 ton plast i stötfångare i Sverige per år¹⁷⁸.

¹⁷² Stena Recycling, maj 2023, muntlig referens.

¹⁷³ Lassesson, H., Gottfridsson, M., Nellström, M., Rydberg, T., Josefsson, L., Mattsson, C. (2021) Kemisk återvinning av plast. Rapport 6990, Naturvårdsverket.

¹⁷⁴ www.volvocars.com/se/v/sustainability/circular-economy

¹⁷⁵ https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/end-life-vehicles_eu

¹⁷⁶ Stenmarck, Å., Belleza, E., Fråne, A., Johannesson, C., Sanctuary, M., Strömberg, E., Welling, S., (2018). Ökad plaståtervinning – potential för utvalda produktgrupper. Rapport 6844, Naturvårdsverket

¹⁷⁷ Ljungkvist Nordin, H., Lindkvist, L., Ekici, S., (2020). Cirkulär fordonsplast. Rapport C481, IVL.

¹⁷⁸ Linnea Petersson, Volvo. Naturvårdsverkets Plastbubbel (seminarium) – en dag om hållbar plastanvändning, 26/1-2023.

Andra komponenter som tidigare har lyfts fram med potential för demontering och återvinning inkluderar underredsskydd av PP och stolpbeklädnader av ABS¹⁷⁹. Gemensamt för samtliga dessa tre komponenter är att de är förhållandevis stora komponenter med homogen plastsammansättning och är möjliga att demontera.

6.1.1 Problematiska ämnen i fordon

Som för övriga produktgrupper är informationen ofta bristfällig om kemiska ämnen i fordonsplast. SCIP-databasen kan potentiellt användas för att spåra ämnen på kandidatförteckningen i fordon i framtiden. Databasen är dock inte användbar för återvinnare idag eftersom de bilar som återvinns idag sattes på marknaden innan kravet på rapportering till SCIP-databasen infördes¹⁸⁰. Fordonsbranschen har gemensamt tagit fram en global lista på kemiska ämnen som är förbjudna eller som ska deklarerars i fordonsdelar och material – GADSL (Global Automotive Declarable Substance List)¹⁸¹. GADSL är inkluderat i IMDS (International Material Data System)¹⁸², ett materialdatasystem som används av bilbranschen för att samla information om material och komponenter inklusive ingående kemiska ämnen. IMDS-databasen är dock inte heltäckande, till exempel för sådana ämnen som tillkommit som deklarerbara i GADSL under fordonets livslängd och som därför inte redovisats i materialet eller komponenten. Databasen är heller inte offentligt tillgänglig. Enligt vägledningsdokumentet för GADSL omfattar listan på deklarerbara ämnen sådana ämnen som kan förväntas i material eller komponenter i fordon, det är emellertid svårt att avgöra hur frekvent förekommande ett specifikt ämne är i ett material eller i en komponent. Kemikalieinspektionens bedömning är därför att GADSL enbart bör användas som en indikation på ett ämnes förekomst inom produktkategorin.

Problematiska ämnen i plast i fordon inkluderar bland annat de ämnen och ämnesgrupper som är otillåtna i homogent material i ELV-direktivet (bly, kadmium, kvicksilver och sexvärt krom). Trots att dessa varit förbjudna över vissa koncentrationer sedan 2003 kan de fortfarande finnas i materialen på grund av ett fordonets livslängd (medellivslängden uppskattad till 17 år)¹⁸³. IVL har uppskattat förekomsten av särskilt farliga ämnen i plast från personbilar med fokus på metaller som är förbjudna i ELV-direktivet och vissa förbjudna ämnen i POPs-förordningen och i RoHS-direktivet, bland annat bromerade

¹⁷⁹ Stenmarck, Å., Belleza, E., Fråne, A., Johannesson, C., Sanctuary, M., Strömberg, E., Welling, S., (2018). Ökad plaståtervinning – potential för utvalda produktgrupper. Rapport 6844, Naturvårdsverket.

¹⁸⁰ Kemikalieinspektionen, (2023). PM 1/23: Evaluation of the SCIP database. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen.

¹⁸¹ www.gadsl.org

¹⁸² www.public.mdssystem.com

¹⁸³ Uppgifter från Bilretur (www.bilretur.se)

flamskyddsmedel och ftalater (Tabell 10)¹⁸⁴. IVL gjorde en uppskattning av hur stor andel av fordonsplasten över tid innehåller särskilt farliga ämnen och kan vara ett problem för återvinningen. Uppskattningen baserades på data över mängden plast i ett fordon, plastens komposition och när ämnena förbjöds i plasten. Olika scenarier gav olika resultat, till exempel visar resultaten att bromerade flamskyddsmedel kommer att finnas kvar under lång tid i plasten (ungefär fram till 2040) men att andelen plast med potential för återvinning ökar, med antagandet att sådana ämnen enbart finns i specifika polymertyper (till exempel ABS och PUR). Studien tar inte hänsyn till halterna av additiv i plasterna och inte heller till huruvida olika plastdelar i fordonet tillverkade av samma polymertyp har olika innehåll av problematiska ämnen. Men även om en viss andel av plasten har potential för återvinning, sker sortering av olika plastsorter från fordon enbart i mindre grad i Sverige.

¹⁸⁴ Dämien, J.B., Ryberg, T., (2023). Plast och särskilt farliga ämnen i samhället. Fallstudie av vissa varor inom vägfordonssektorn. Rapport 1, SMED.

Tabell 10. Problematiska ämnen i fordon, data från IVL:s studie om särskilt farliga ämnen i fordonsplast¹⁸⁴.

Ämnesgrupp	Ämne	Funktion	Exempel på polymerer	Förväntad utfasning / förbud (årtal)
Metaller	Bly	Pigment, värme- / UV-stabilisator	Pigment, alla typer av plast; stabilisator, främst PVC	2001 / 2003
Metaller	Kadmium	Pigment, värme- / UV-stabilisator, katalysator	Pigment, alla typer av plast; stabilisator, främst PVC	2001 / 2003
Metaller	Sexvärt krom	Pigment, katalysator	PVC, PE, PP, med flera	2000 / 2003
Metaller	Kvicksilver	Pigment, katalysator	PVC, PUR	Ingen data / 2003
Bromerade alifatiska/aromatiska	TetraBDE	Flamskydd	ABS, HIPS, PA, PBT, polyolefiner	Ingen data / 2010
Bromerade alifatiska/aromatiska	PentaBDE	Flamskydd	ABS, HIPS, PA, PBT, polyolefiner	2004 / 2010
Bromerade alifatiska/aromatiska	HexaBDE	Flamskydd	ABS, HIPS, PA, PBT, polyolefiner	Ingen data / 2010
Bromerade alifatiska/aromatiska	HeptaBDE	Flamskydd	ABS, HIPS, PA, PBT, polyolefiner	Ingen data / 2010
Bromerade alifatiska/aromatiska	DekaBDE	Flamskydd	ABS, HIPS, PA, PBT, polyolefiner	2013 / 2018
Bromerade alifatiska/aromatiska	HBCDD	Flamskydd	EPS, XPS, HIPS, PVC	2002 / 2016
Bromerade alifatiska/aromatiska	Hexabrom-bifenyl	Flamskydd	ABS, PUR (skum)	2001 / 2010
Perfluorerade ämnen	PFOS	Ytaktiva ämnen	Ytbehandling, fluorpolymerer	2002 / 2010
Perfluorerade ämnen	PFOA	Ytaktiva ämnen	Ytbehandling, fluorpolymerer	2002 / 2020
Klorparaffiner	SCCP	Mjukgörare/ flamskydd	PVC	1994 / 2018
Ftalater	DEHP, BBP, DBP, DIBP	Mjukgörare	PVC	2001 (DEHP), 2015 (BBP, DBP, DIBP) / 2019

Bromerade flamskyddsmedel i återvunnen PE, PP, ABS och PS från fordon och elektronik analyserades av RiSE 2019¹⁸⁵. Plasterna isolerades genom bland annat densitetsseparation som, förutom att separera olika plaster, också kan avskilja plaster med höga halter av brom som kan tyda på förekomst av bromerade flamskyddsmedel. Densitetsseparationen leder därmed till att en andel av plasten separeras ut medan resten av plasten med högre brominnehåll blir avfall. Av den separerade plasten var utfallet att i princip alla prover (totalt 54 prover) innehöll brom, men att alla utom två uppfyllde de legala haltgränserna för bromerade flamskyddsmedel i RoHS-direktivet (avseende totalt uppmätt brom, 1 000 ppm). För 17 prover kunde reglerade bromerade flamskyddsmedel specifikt identifieras (särskilt dekaBDE, känd för användning i bland annat fordon)¹⁸⁶, men totalhalten brom kom i huvudsak från icke-identifierade ämnen. Även HBCDD kunde detekteras i några prover och i två PS-prover översteg halten av HBCDD 100 ppm vilket är gränsen i POPs-förordningen. TBBPA och dekabromdifenyletan (DPDPE) kunde också detekteras i vissa prover.

6.1.2 Problematiska ämnen i stötfångare

Stötfångare av PP är den plastkomponent i fordon som har lyfts fram med störst potential för demontering och återvinning. På grund av exponeringen för ljus finns behov av ljusstabilisatorer i ytskiktet eller i det homogena materialet. UV-328, en fenolisk bensotriazol, som nyligen har tagits upp på Stockholmskonventionen har identifierats som ett potentiellt förekommande ämne i dessa plastkomponenter, ämnet kan även återfinnas i bilgrillar och andra exteriöra plastkomponenter¹⁸⁷. Ytterligare bensotriazoler har identifierats som möjliga alternativ till UV-328 men flera av dem är potentiellt problematiska på grund av deras egenskaper (se Bilaga 1).

6.1.3 Andra problematiska ämnen i fordon

Förutom komponentspecifik information är det relevant att även beakta olika sammanställningar med potentiella ämnen inom fordonssektorn. I kombination med information om teknisk funktion och polymertyp har vi identifierat potentiellt problematiska ämnen som kan förekomma i plast inom fordonssektorn. En delmängd av ämnena och ämnesgrupperna i GADSL kan exempelvis associeras

¹⁸⁵ Andersson, M., Oxfall, H., Nilsson, C., (2019). Mapping and evaluation of some restricted chemical substances in recycled plastics originating from ELV and WEEE collected in Europe. Report 28, RiSE.

¹⁸⁶ BAT/BEP Guidance relevant to the PBDEs listed under the Stockholm Convention on POPs (March 2021).

¹⁸⁷ Stockholmskonventionen (2022) UV-328 Risk management evaluation, 2nd draft.

med plast¹⁸⁸. En sammanställning av potentiellt problematiska ämnen i kartlagda additivgrupper som kan förekomma i fordon finns i Bilaga 1.

Det kan förekomma flera potentiellt problematiska flamskyddsmedel i plast i fordon. Förutom halogenerade flamskyddsmedel har vi identifierat exempelvis vissa fosforbaserade och oorganiska flamskyddsmedel som är potentiellt problematiska. PINFA (Phosphorous, Inorganic and Nitrogen Flame retardants Association) har sammanställt användningen av icke-halogenerade flamskyddsmedel i olika polymera material inom transportsektorn¹⁸⁹. Icke-halogenerade flamskyddsmedel ersätter i dag ofta halogenerade flamskyddsmedel för att uppnå olika krav på brandsäkerhet i bland annat interiören. Fyllnadsmaterialet i bilsäten (PUR), där polybromerade difenyletrar tidigare har använts¹⁹⁰, är exempelvis en komponent i fordon med potentiell användning av olika fosforbaserade flamskyddsmedel¹⁹¹. Andra interiöra detaljer av polymera material som kan flamskyddas i fordon inkluderar exempelvis golvmaterial, väggar och tak, instrumentpaneler med mera. Trifenylfosfat rapporteras för användning i instrumentpaneler av PC/ABS¹⁸⁹. Vissa material kan dock uppfylla krav på brandsäkerhet utan inblandning av flamskyddsmedel¹⁸⁹. Ett område där behoven av flamskydd i polymera material uppmärksammas är elfordon och olika drivlinekomponenter av plast (till exempel batterier). Användningen av plast i dessa komponenter leder till nya behov av användning av flamskyddsmedel jämfört med tidigare bensin- och dieslbilar¹⁹².

6.2 Däck

Årligen genereras cirka 3 000 000 ton uttjänta däck inom EU¹⁹³ varav 85 000 ton i Sverige¹⁹⁴. Största andelen av uttjänta däck i Sverige går till energiåtervinning (65 %) medan 25 % går till återvinning och 9 % används som sprängmattor¹⁹⁴. På grund av materialets unika egenskaper finns det ett stort antal användningsområden beskrivna. De uttjänta däcken används hela eller sönderdelade i strimlor eller som granulat och pulver beroende på

¹⁸⁸ Nyckelord som bedömts som relevanta för plast i GADSL: plastic, polymer, monomer, elastomer, rubber, flame retardant samt specifika polymertyper.

¹⁸⁹ PINFA, (2021). Innovative and sustainable flame retardants in transportation (www.pinfa.eu).

¹⁹⁰ BAT/BEP Guidance relevant to the PBDEs listed under the Stockholm Convention on POPs (March 2021). Enligt Sternbeck et. al påträffades emellertid penta-BDE och deka-BDE väldigt sällan i polyuretanskum i fordon tillverkade i slutet av 90-talet (Särskilt farliga ämnen, avfall och materialåtervinning, WSP, 2016).

¹⁹¹ Som nämnts tidigare i rapporten är PUR emellertid vanligtvis en hårdplast som inte går att återvinna mekaniskt genom nedsmältning.

¹⁹² i) PINFA, (2021). Innovative and sustainable flame retardants in transportation (www.pinfa.eu).

ii) BASF, How flame-retardant plastics contribute to electric vehicle safety.

¹⁹³ Mechanical Tyre Recycling Fact Sheet, EuRIC MTR (Mechanical Tyre Recycling Branch).

¹⁹⁴ Patricio, J., Andersson-Sköld, Y., Gustafsson, M., (2021). End-of-Life tyres applications. Technologies and environmental impacts, Rapport 1100A, VTI.

användningsområde (Tabell 11). På senare tid har ett av de större användningsområdena för granulat varit som fyllnadsmaterial i granulatform på konstgräsplaner. Granulatanvändningen har emellertid minskat på senare år enligt statistik från Svensk Däckåtervinning¹⁹⁵, vilket bland annat beror på miljökonsekvenserna för mikroplastspridning från konstgräsplaner.

Tabell 11. Återvinning av däck.

Form	Exempel på användningar
Granulat eller pulver	Konstgräsplaner
Granulat eller pulver	Platsgjutet gummi, till exempel lekplatser
Granulat eller pulver	Inblandning i betong och asfalt
Granulat eller pulver	Gjutna produkter
Strimlor eller hela däck	Sprängmattor
Strimlor eller hela däck	Andra applikationer, till exempel som komponenter i lättvikts- och dräneringsmaterial

Kemisk återvinning kan vara ett alternativ för uttjänta däck som inte lämpar sig för återvinning för de ovan nämnda applikationerna¹⁹⁴. Pyrolysis utnyttjas för att producera pyrolysolja, kimrök, och syngas från antingen strimlor eller granulat av elastomeren. Pyrolysoljan kan utnyttjas för framställning av bland annat smörjolja eller bränslen och kimröken som bindemedel och pigment. Kvaliteten på pyrolysoljan beror på sammansättningen av de uttjänta däcken och på pyrolysisprocessen. Pyrolysis av däck sker idag enbart i en anläggning i Sverige, men det planeras för en storskalig satsning på teknologin och prognosen är att cirka 40 % av den svenska volymen av uttjänta däck skulle kunna återvinnas inom ett par års sikt¹⁹⁶. Ytterligare en möjlighet till att utnyttja uttjänta däck är genom devulkanisering varvid svavelbryggor som skapades vid vulkaniseringen bryts. Det återvunna materialet kan till viss del blandas in i nya däck eller gummiprodukter.

Innehållet i däck varierar med vilken typ av däck som avses, men i huvudsak består däck av gummi (40–45 %), fyllmedel (cirka 30 %), stål och andra förstärkningsmaterial (cirka 15 %) samt övriga ämnen (cirka 15 %). Sådana övriga ämnen inkluderar bland annat stabilisatorer, oljor och ämnen för vulkanisering. Gummisammansättningen och även innehållet av övriga ämnen varierar beroende på om det är personbilsdäck eller lastbilsdäck och om det är sommar- eller vinterdäck. Generellt har ett personbilsdäck en högre andel syntetiskt SBR-gummi, (i snitt 24 %) jämfört med naturgummi (i snitt 19 %). På grund av komplexiteten och den stora variationen av tillsatser för olika tillverkare är det svårt att förutse det kemiska innehållet i däckgummi. Flera ämnen tillsätts också reaktivt vid

¹⁹⁵ Svensk Däckåtervinning, (2021). Årsrapport.

¹⁹⁶ Plastforum, 30 mars 2023.

tillverkningen, till exempel vulkaniseringsmedel, medan andra ämnen reagerar och bildar omvandlingsprodukter under användningsfasen. Några litteratursammanställningar av potentiella ämnen i däck¹⁹⁷ och granulat^{198,199} omfattar runt 200–350 ämnen (se Bilaga 1, Däck).

6.2.1 Problematiska ämnen i däck

Ämnesgrupper som har uppmärksammats i däck inkluderar bland annat PAH:er, ftalater och metaller såsom zink samt olika tungmetaller²⁰⁰ (Tabell 12). Innehållet av PAH:er är idag förbjudet i däck och granulat i bilaga XVII till Reach-förordningen²⁰¹. Echa har utvärderat risken för vissa prioriterade kemiska ämnen vid användning av granulat på konstgräsplaner. Utvärderingen visade att risken för hälsoeffekter från bland annat PAH:er och ftalater är acceptabel ur ett hälsoriskperspektiv²⁰² eftersom halterna är låga. Baserat på Echas slutsatser anser Kemikalieinspektionen att risken för hälsoeffekter från att använda konstgräsplaner är acceptabel²⁰³. Granulat används också i platsgjutet gummi som fallskydd. Kemikalieinspektionen har i tillsynsprojekt analyserat förekomsten av farliga ämnen i material i barns offentliga miljöer, bland annat i olika fallskyddsmaterial²⁰⁴. PAH:er kunde identifieras i sådana material, vilket troligen beror på att äldre bildäck använts för tillverkningen av granulatet, däck som tillverkades innan PAH-förbudet i Reach-förordningen trädde i kraft 2015. Kemikalieinspektionen konstaterade dock att granulaten från återvunnet material ofta används i underliggande lager medan syntetiska gummigranulat, där inga PAH:er påträffades, användes i gjutna yttskikt.

¹⁹⁷ Kemikalieinspektionen (2018), PM nr 4/18: Chemical Substances in Elastomer Materials. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen.

¹⁹⁸ US EPA, (2016). Federal Research Action Plan on Recycled Tire Crumb Used on Playing Fields and Playgrounds STATUS REPORT, EPA/600/R-16/364.

¹⁹⁹ Echa, (2021). Annex XV investigation report. Investigation into whether substances in infill material cause risks to the environment and human health that are not adequately controlled – prioritisation and preliminary risk assessment.

²⁰⁰ Se till exempel Halsband, C., Sorensen, L., Booth, A.M., Herzke, D., (2020). Car Tire Crumb Rubber: Does Leaching Produce a Toxic Chemical Cocktail in Coastal Marine Systems?, *Frontier in Environmental Science*, Volume 8, Article 125; Patricio, J., Andersson-Sköld, Y., Gustafsson, M., (2021). End-of-Life tyres applications. Technologies and environmental impacts, Rapport 1100A, VTI.

²⁰¹ Förbud för 8 listade PAH:er i högaromatiska oljor och däck. Förbudet inkluderar artiklar och från augusti 2022 även granulat som används på konstgräsplaner och på lekytor i lös form.

²⁰² Echa, (2017). Annex XV report. An Evaluation of the possible health risks of recycled rubber granules used as infill in synthetic turf sports fields.

²⁰³ <https://www.kemi.se/hallbarhet/amnen-och-material/konstgrasplaner-och-fallskydd>.

²⁰⁴ Kemikalieinspektionen, (2021). Tillsynsrapport 4/21: Material i barns offentliga miljöer. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen.

I en ytterligare utvärdering av potentiella hälsorisker för gummigranulat anger Echa att risken för kobolt och zink inte kan uteslutas och att en mer förfinad riskbedömning behöver genomföras²⁰⁵. Ur ett miljöperspektiv var slutsatsen att det finns behov av att ytterligare utreda risken för kadmium, kobolt, bly, zink, 4-tert-oktylfenol, BPA, DEHP, BBP och bensotiazol-2-tiol. Andra studier har fokuserat på analyser av förekomsten av ämnen i vattenförekomster från däckslitage²⁰⁶. Exempelvis har antioxidanten 6PPD uppmärksammats i en studie som visade på att användningen av antioxidanten kan leda till toxiska nivåer av 6PPD-kinon i miljön²⁰⁷.

Tabell 12. Ämnen identifierade som potentiellt problematiska ur ett miljö- eller hälsoriskperspektiv i granulat för konstgräsplaner²⁰⁵.

Ämnen eller ämnesgrupp ¹	Hälsa	Miljö	Övrigt
PAH:er		x	Förekommer i högaromatiska oljor och kimrök, potentiellt olika nivåer i däck producerade inom eller utanför EU.
Kobolt	x	x	Olika koboltföreningar kan förekomma i däck som kopplingsmedel.
Zink	x	x	Zinkoxid (~2 %) används som vulkaniseringshjälpmedel.
Ftalater (DEHP, BBP)		x	Enligt ETRMA används inte ftalater vid tillverkning av däck men kan förekomma på grund av blandade materialströmmar med andra gummiartiklar.
Fenolderivat (4-tert-oktylfenol, BPA)		x	Olika användningsområden, till exempel som antioxidant och i klubbmedel.
Bensotiazol-2-tiol		x	Används som vulkaniseringshjälpmedel.
Övriga tungmetaller (till exempel Cd, Pb)		x	Kan förekomma som föroreningar.

¹Notera att inte alla ämnen som identifierats som potentiellt problematiska av Echa faller för kriterierna i denna rapport, till exempel zinkoxid och bensotiazol-2-tiol.

²⁰⁵ Echa, (2021). Annex XV investigation report. Investigation into whether substances in infill material cause risks to the environment and human health that are not adequately controlled – prioritisation and preliminary risk assessment.

²⁰⁶ Se till exempel Johannessen, C., Helm, P., Metcalfe, C. D., (2021). Detection of selected tire wear compounds in urban receiving waters, *Environ. Pollut.*, Okt 15;117659.

²⁰⁷ Tian Z, Zhao H, Peter KT, Gonzalez M, Wetzel J, Wu C, Hu X, Prat J, Mudrock E, Hettinger R, Cortina AE, Biswas RG, Kock FVC, Soong R, Jenne A, Du B, Hou F, He H, Lundeen R, Gilbreath A, Sutton R, Scholz NL, Davis JW, Dodd MC, Simpson A, McIntyre JK, Kolodziej EP., (2021). A ubiquitous tire rubber-derived chemical induces acute mortality in coho salmon. *Science*. Jan 8;371(6525):185-189.

Gummigranulat omfattas dessutom av den nyligen beslutade Reach-begränsningen för mikroplaster och blir förbjudet att sättas ut på marknaden 8 år efter att begränsningen trädde i kraft²⁰⁸. För användningen som granulat är det inte innehållet av kemiska ämnen som är problematiskt utan i stället den fysiska formen (partiklarna) hos materialet.

En sammanställning över potentiellt problematiska ämnen i däck finns i Bilaga 1, Däck. Ämnena har identifierats av Echa²⁰⁹ och av Kemikalieinspektionen i regeringsuppdraget om kartläggning av farliga ämnen 2017–2020²¹⁰. Med utgångspunkt för de kriterier som anges i avsnitt 2.1 är det ett 90-tal ämnen eller ämnesgrupper som kan vara problematiska, bland annat PAH:er, ftalater och tungmetaller.

6.3 Slutsatser om problematiska ämnen i fordon och däck

Plast ingår i många olika komponenter i fordon. Ett stort antal plaster kan återfinnas i fordon där polymertyperna kan variera mellan olika modeller och tillverkningsår. Idag sker inte någon sortering eller återvinning av plaster från fordon i högre grad i Sverige, utan det mesta av plasten går till energiåtervinning. Nya krav på inblandning av återvunnen plast från fordonssektorn kan dock leda till ökade krav på sortering av olika plastsorter från fordon i framtiden. Kunskapen om problematiska ämnen i plasten är begränsad och till viss del inte heller offentligt tillgänglig. Problematiska ämnen som kan förekomma i fordonsplast och som nyligen har kartlagts är bland annat bromerade flamskyddsmedel och mjukgörare. Ytterligare potentiellt problematiska ämnen som kan förekomma i fordonsplast listas i Bilaga 1.

Den kemiska sammansättningen av däck är komplex och kan dessutom variera mellan olika typer och tillverkare. Utifrån en sammanställning av ämnen i däck är det flera ämnen och ämnesgrupper som är potentiellt problematiska ur ett faroperspektiv. Ur ett riskperspektiv har man visat att olika ämnen och ämnesgrupper riskerar att migrera ut från däck eller material som härrör från materialåtervinning av däck. Det finns emellertid begränsad kunskap om lakbarhet, biotillgänglighet och toxicitet för de olika användningsområdena för uttjänta

²⁰⁸ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_4581.

²⁰⁹ Echa, (2021). Annex XV investigation report. Investigation into whether substances in infill material cause risks to the environment and human health that are not adequately controlled – prioritisation and preliminary risk assessment.

²¹⁰ Kemikalieinspektionen, (2020). Rapport 3/20: Regeringsuppdraget om kartläggning av farliga ämnen 2017–2020. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen.

däck²¹¹. Det krävs därför mer kunskap och riskbedömningar för de olika användningsområdena. Ur ett hälsoperspektiv är det främst användningen som granulat i fotbollsplaner som har varit i fokus. Försäljningen av granulat kommer emellertid att förbjudas inom ett par år genom den nyligen antagna Reach-begränsningen om mikroplaster.

²¹¹ Mohajerani, A., Kurmus, H., Conti, D., Cash, L., Semcesen, A., Abdurahman, M., Rahman, M., (2022). Environmental impacts and leachate analysis of waste rubber incorporated in construction and road materials: A review. *Sci. Total Environ.* 835;155269.

7. Elutrustning

Elutrustning²¹² är volymmässigt den fjärde största produktkategori som sätts på den svenska marknaden beräknat utifrån innehållet av plast (39 000 ton), se Bilaga 1. I dag samlas det in cirka 24 500 ton elutrustning för återvinning. Sverige är ett av de länder i världen som genererar störst volym avfall av elutrustning (WEEE) per capita men också ett av de länder som är bäst på att återvinna avfallet (cirka 68 %) ²¹³.

Elutrustning är en bred produktkategori som innehåller flera produktgrupper, och volymerna som sätts på marknaden ökar stadigt (dubbling i EU under 30 år²¹⁴) i takt med att det globala välståndet ökar. En trend är att produkterna blir mer plastbaserade, vilket resulterat i tunnare skärmar, laptops och paddor. Dock är detta en produktkategori där det har identifierats många problematiska ämnen. Några exempel är bromerade flamskyddsmedel (PBDE, HBCDD), mjukgörare i form av kortkedjiga ftalsyraestrar (DEHP, DBP med flera), klorparaffiner (SCCP, MCCP), bly- och tennstabilisatorer, kadmium- och blybaserade pigment, och freon i fylld skumplast. Många av dessa ämnen finns eller har funnits i form av tillsatser i plasten för att stabilisera, ge brandskyddande egenskaper eller göra plasten mjukare eller mer funktionell och tilltalande. Det kan finnas problematiska ämnen även i andra delar av produkten, såsom i elektronikkomponenter (kondensatorer och kretskort), kablar och skärmar, och dessa ämnen kan riskera att kontaminera plasten vid återvinningsprocessen. Cirka 70 olika grundämnen har blivit identifierade i elutrustning²¹⁵. Detta kan i vissa fall utgöra ett problem, men ger även återvinningen möjlighet att bli lönsam genom att man kan återvinna/utvinna värdefulla metaller som koppar, guld, silver, platina och sällsynta halvledande ämnen. Återvinning av plast från denna produktkategori skulle annars vara svår att finansiera på grund av de låga råvarupriserna för jungfrulig plast.

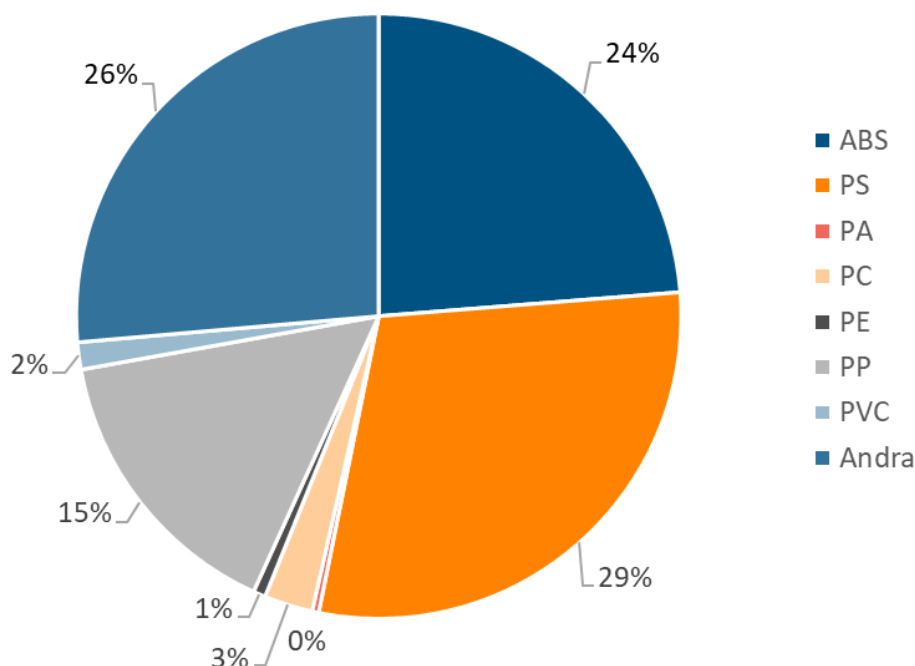
Ett stort problem med plaståtervinning från denna produktkategori (i likhet med byggprodukter) är att produkterna kan vara mycket gamla och därför innehålla ämnen som är förbjudna idag. Materialet från dessa produkter kan i samband med återvinningsprocessen blandas med material från nyare produkter, vilket kan leda till en kontaminering av materialströmmarna.

²¹² Elutrustning innefattar både elektronik och elektriska produkter i denna rapport.

²¹³ Baserat på data från "The Global E-waste Monitor 2020, Quantities, flows, and the circular economy potential" (142 000 ton, 2017 av 208 000 ton, 2019).

²¹⁴ European Commission, (2014): Study on Collection Rates of waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE).

²¹⁵ Forti V., Baldé C.P., Kuehr R., Bel G. The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam.



Figur 9. Plasttyper i elavfall 2020²¹⁶. För kategorin elutrustning har man i återvinningsflödet i Sverige identifierat i huvudsak 7 plasttyper (PS, ABS, PP, PC, PVC, PE och PA) samt en oidentifierad grupp av andra polymerer.

Idag återvinns ungefär 50 % av plasten i elutrustning som samlas in i Sverige²¹⁶. I avfallsflödet har man identifierat sju olika plasttyper (PS, ABS, PP, PC, PVC, PE och PA) som utgör nästan 75 % av avfallet samt en fraktion med andra polymerer som står för nästan en fjärdedel. Med dagens återvinningsteknik kan man separera 3 fraktioner av plast; ABS och PS, samt en lägre fraktion av PE/PP. Plasten används främst till nya produkter inom samma produktkategori (se avsnitt 2.2.2.2).

En stor del av plasten vid återvinningen (cirka 40 %) är rejekt innehållande polymertyper som inte går att sortera ut, ofta beroende på att det finns innehåll av bromerade flamskyddsmedel eller att det är blandpolymerer, alternativt plaster fyllda med additiv som ökar polymerens densitet. Genom att studera flera rapporter kan man konstatera att de blandplaster som är vanliga i höljen till elektronik (PC/ABS, PPE/HIPS, PPE/PS) inte återvinns och likaså återvinns inte HIPS, PBT, PET och PMMA, vilka är vanliga i elektronik. Orsaken till att plasterna i denna produktkategori innehåller flamskyddsmedel är att det är få rena polymerer som klarar de brandkrav som finns idag²¹⁷. Att en stor andel plast

²¹⁶ Naturvårdsverket, (2022). Rapport 7038: Kartläggning av plastflöden i Sverige 2020. Stockholm: Naturvårdsverket.

²¹⁷ PINFA (2017), 3rd edition, Flame Retardants in Electric and Electronic Applications - non-halogenated phosphorus, inorganic and nitrogen (PIN) flame retardants, CEFIC, Brussels, Belgium.

innehåller bromerade flamskyddsmedel beror främst på strömmar med äldre produkter men kan även bero på att icke förbjudna ämnen används, som exempelvis oligomera och polymera bromerade ämnen, samt andra nyare bromerade flamskyddsmedel²¹⁸.

Det finns dock krav i Ekodesigndirektivet (2009/125/EG) sedan 2021 att halogenerade²¹⁹ flamskydd inte alls får förekomma i höljen och stativ till elektriska bildskärmar.

Det finns studier som visar att bromerade flamskyddsmedel fortfarande finns i relativt nya produkter. Analyserna visade att 28 % av produkterna hade ett brominnehåll med medelhalter över 500 ppm (se avsnitt 6.1.1)²²⁰. Samma studie visar att det största bidraget troligen kom från ämnen som ännu inte omfattas av begränsningsregler.

Andra orsaker som förhindrar att återvinning kan ske är att en stor del av plasten är infärgad med kimrök som gör plasten svart, och detta försvårar identifiering av plasttyp vid sorteringen. Det finns teknik som gör det möjligt att sortera svart plast, till exempel genom elektrostatisk utsortering, vilket sker hos en aktör i Sverige.

Många problematiska ämnen i elutrustning är idag reglerade till exempel genom RoHS-direktivet (2011/65/EU). I Sverige finns även en kemikalieskatt för elektronik, vilket är ett styrmedel för att fasa ut vissa problematiska ämnen. Det finns också bestämmelser i POPs-förordningen för vilka halter av POPs-ämnen som maximalt får finnas i avfallet/återvunna produkten. Vidare sätter WEEE-direktivet upp återvinningsmål och regler för hur återvinningen av elutrustning ska gå till, till exempel vilka ämnen och komponenter som måste avlägsnas från produkter innan återvinningsprocessen.

7.1 Var finns plasten i elektronik?

Elutrustning kan variera stort vad gäller sammansättning av olika materialtyper. En spis har förhållandevis liten andel plast (2 %) och stor andel metall (78 %), medan en dammsugare omvänt har en stor andel plast (61 %) och en lägre andel metall (26 %). Polymera material finns på flera nivåer i elutrustning. Generellt används termoplaster främst i de yttre höljen, medan hårdplast eller andra värmetåligen specialplaster används i de inre delarna av produkten.

²¹⁸ SFT, (2009). Report 2462: Emerging “New” Brominated Flame Retardants In Flame Retarded Products and The Environment. The Norwegian Pollution Control Authority, Oslo Norway.

²¹⁹ Halogenerade flamskyddsmedel innefattar alla flamskyddsmedel som innehåller halogener, det vill säga klor, brom och fluor.

²²⁰ Andersson, M., Oxfall, H., Nilsson, C., (2019). Mapping and evaluation of some restricted chemical substances in recycled plastics originating from ELV and WEEE collected in Europe. Report 28, RISE.

Om man exempelvis utgår från en vanlig persondator finns polymerbaserade material i den innersta elektroniken i form av inkapslingar och ingjutningar av elektroniska komponenter som till exempel IC-kretsar och motstånd. Det finns också plast i mönsterkortet där de elektriska komponenterna är fastmonterade samt i den skyddande lödmasken och ingjutningen av kretskortet. Vidare finns plast i produktens stomme och rack där bland annat fler moderkort och komponenter sitter sammankopplade i produkten. Slutligen skyddas och isoleras produkten vanligen genom ett yttre plastbaserat hölje. Andra plastinnehållande komponenter är handtag, dekorer, lister, inredningar och isolering. Mellan olika komponenter och delar finns också kablar av olika slag som innehåller plast som i många fall innehåller flamskyddsmedel och mjukgörare (se avsnitt 7.2.6)²²¹.

7.1.1 Komponenter

Elektroniska komponenter innehåller en stor mängd metaller och halvledare. Komponenterna skyddas ofta med, eller är ingjutna i, isolerande och ofta flamskyddade plastmaterial. Till exempel kan IC-kretsar innehålla polyakrylat²²²; induktorer kan innehålla PMMA eller PPS; i transformatorer återfinns polymetylpolyfenylpolyisocyanat; kondensatorer kan innehålla PBT, poly[(fenylglycidyleter)-co-dicyklopentadien], PET, PP, PC, PS och PPS²²³. Andra vanliga inkapslingsplaster är PEEK, PSF, PES, EP och silikon²²¹.

7.1.2 Kretskort

Kretskortet där de elektroniska komponenterna är monterade är ett laminerat material bestående av hårdplaster i form av epoxiharts (DICY-härdad) eller fenolharts (non-DICY). Den vanligaste laminattypen kallas för FR4 (FR- flame retardant) och innehåller normalt det bromerade flamskyddsmedlet TBBPA. Bromhalten i laminatet kan vara 20 % (w/w). Kortet kan också bestå av eller innehålla andra polymerer som PTFE och aramid, och är förseglat i en skyddslack eller lödmask (ofta grön) av silikon, PUR, EP, polyakrylat eller parylen-polymer. Men det är tack vare innehållet av både ädelmetaller (Au, Ag, Pt och Cu) och halvledare som korten återvinns i Sverige idag²²⁴. Hårdplasten förbränns i samband med materialåtervinningen av metallerna.

²²¹ Herman F. Mark, Wiley Interscience, Encyclopedia of Polymer Science and Technology, John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey.

²²² Polyakrylat avses i detta fall som ämne med CAS-nr 25767-43-5

²²³ Kemikalieinspektionen, (2012). PM 12/3: Kemiska ämnen i elektroniska komponenter. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen.

²²⁴ Kemikalieinspektionen, (2012). PM 12/3: Kemiska ämnen i elektroniska komponenter. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen.

7.1.3 Höljen

Den största delen plast i en elektrisk produkt brukar generellt vara produktens yttre hölje. Det ska vara av god kvalitet och skydda produkten från elektriska stötar, slitage och hetta. Det material som är tekniskt och ekonomiskt mest fördelaktigt är ABS och HIPS. Även PC kan förekomma samt polymerblandningar av typen PC/ABS och PPE/HIPS. För att materialet ska få egenskaper i enlighet med internationell flamsäkerhetsstandard UL 94 V (eller liknande) behöver flamskyddsmedel tillsättas då inga rena polymerer har dessa egenskaper. Normal tillförsel av flamskyddsmedel (aromatiska fosfatestrar) är halter på 8–15 % för PC/ABS och 10–20 % för PPE/HIPS. Dock krävs det nästan alltid en tillsats av ett co-additiv i form av PTFE för att förhindra ”dripping”. Även bromerade flamskyddsmedel används i höljen och i halter om 10–20 % (se avsnitt 7.3)

7.1.4 Isolering och skummad plast

Skummad plast kan både isolera mot kyla (exempelvis kylskåp) och värme (kablar, ugnar med mera) men används även i stötdämpande och ljudisolerande syfte. Skumplast i form av EPS har historiskt innehållit PBDE och ämnet HBCDD har använts i både EPS och XPS. Halt för HBCDD i XPS är <3 % och för EPS <1 %²²⁵. Freoner CFC och HCFC kan fortfarande finnas i isoleringen till gammal kylutrustning²²⁶. En stor del av skumplasten i elutrustning består av PUR. Skumplast från elutrustning materialåtervinns inte idag.

7.1.5 Kablar

Elektroniska komponenter kan vara sammankopplade internt via kablar och elutrustning kan vara kopplade med externa kablar som kan bestå av både plast, gummi och problematiska tillsatser. För innehåll i kablar se avsnitt 7.2.6.

7.2 Problematiska ämnen i olika produktgrupper inom elutrustning

Mängden plast i elutrustning motsvarar cirka 7 % av totala produktionen av plast i världen²²⁷. I detta kapitel beskriver vi produktgrupper och volymer definierade efter kategorierna för elutrustning i WEEE-direktivet genom att använda Naturvårdsverkets siffror från kartläggningen av plastflöden 2020. Vidare beskriver vi vanliga plasttyper och additiv som kan förekomma där. De största volymerna av plast från avfall av elutrustning är från kategorin *Diverse*

²²⁵ Haarman, A., Magalini, F., and Courtois, J., (2020). Study on the Impacts of Brominated Flame Retardants on the Recycling of WEEE plastics in Europe. Sofies, Geneva, Switzerland (sofiesgroup.com).

²²⁶ Naturvårdsverket, (2022). Rapport 7038: Kartläggning av plastflöden i Sverige 2020. Stockholm: Naturvårdsverket.

²²⁷ Plastic Europe (2022), Plastics - the facts, PlasticsEurope AISBL, Brussels, Belgium.

elutrustning²²⁸ (12 400 ton), följt av *Temperaturregleringsutrustning*²²⁹ som är den grupp som innehåller störst andel plast (22 %) Plast från Gruppen *Stor elutrustning* återvinns också men i mycket mindre volym och andelen plast är låg (Tabell 13). Förutom dessa WEEE-kategorier behandlas även grupperna kablar (avsnitt 7.2.6) och batterier (avsnitt 7.2.7), vilka är komponenter som kan ingå i flera av de nämnda WEEE-kategorierna.

Tabell 13. Andel plast i olika WEEE-kategorier²³⁰.

Elutrustning (kategorier enligt WEEE)	Andel plast (%)	Insamlad mängd plast (ton)	Återvunnen mängd (ton)
Temperaturregleringsutrustning	22	6 600	3 700
Diverse elutrustning	18	12 400	8 100
Solcellspaneler	15	0	0
Lampor	4	100	0
Stor elutrustning (exklusive solcellspaneler)	3	1000	40

7.2.1 Temperaturregleringsutrustning

Den insamlade mängden elutrustning i denna grupp som omfattar bland annat frys, kyl och AC²³¹ är 31 500 ton varav 6 600 ton uppskattas vara plast. Av denna mängd materialåtervinns 3 700 ton i Sverige vilket motsvarar mer än hälften (56 %) av insamlad mängd. Plastmaterial finns vanligen på utsidan i dekor och handtag, hyllor, lådor och hygieniska innermattor men förekommer även i form av skumplast i isolerande delar. Den dominerande polymertypen i temperaturregleringsutrustning är PS (67 %), följt av ABS (16 %) och PP (12 %)²³⁰, men sammansättningen varierar med produkttyp och i till exempel frysar kan andelen PUR-skum vara upp till 18 % (Figur 10)²³². Skumplast kan innehålla CFC- eller HCFC/HFC-gas och i nästan hälften av de insamlade kyl-/frysskåpen finns fortfarande freoner (även HFC) även om de förbjöds 1995²³³ eftersom de är skadliga för ozonskiktet. Återvinning av dessa produkter sker därför separat så att

²²⁸ Diverse Elutrustning: Liten elutrustning, bildskärmar och liten IKT (WEEE-kategorier).

²²⁹ Temperaturregleringsutrustning: Kyl, frysar, AC, avfuktningssystem, värmepumpar, radiatorer.

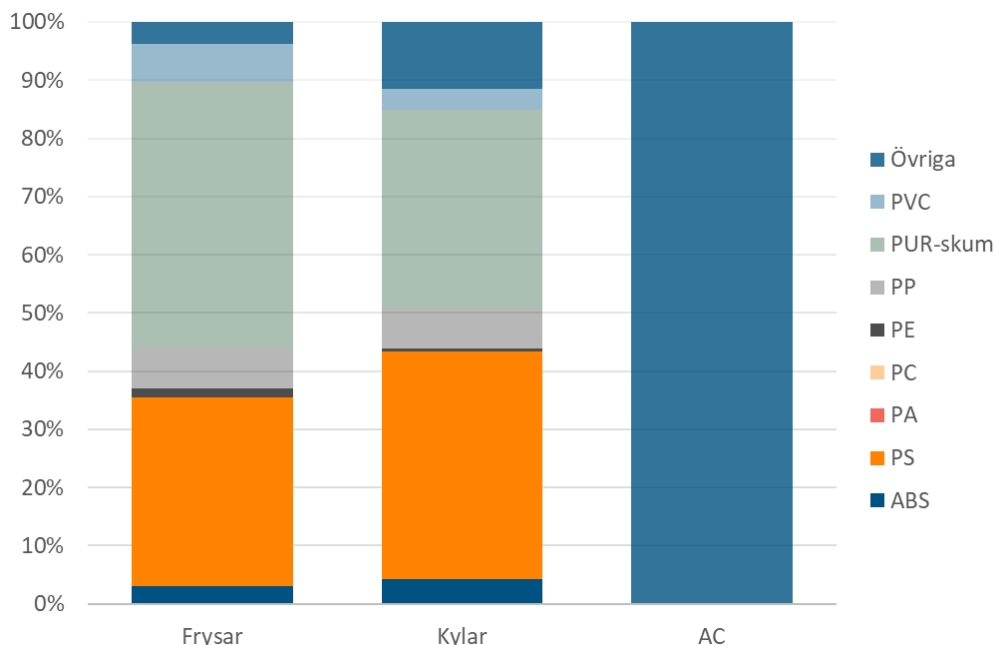
²³⁰ Naturvårdsverket, (2022). Rapport 7038: Kartläggning av plastflöden i Sverige 2020. Stockholm: Naturvårdsverket.

²³¹ Förutom kyl, frys, AC ingår avfuktningssystem, värmepumpar, radiatorer med mera.

²³² CECED, (2018). Material Flows of the Home Appliance Industry, Technical Report.

²³³ Info om freon i skumplast hämtad 2023-09-21 från <https://www.el-kretsen.se/kylskap-och-frysar>

gaserna kan samlas upp (även köldmedia). Brominnehåll kan förekomma i denna grupp och en studie redovisar ett medelvärde på 353 ppm brom där TBBPA var det dominerande flamskyddsmedlet²³⁴.



Figur 10. Fördelningen av polymertyper i procent i elavfall från frysar, kylar och AC som ingår i temperaturreglingsutrustning²³⁵.

7.2.2 Diverse elutrustning

*Diverse elutrustning*²³⁶ är en gruppering hämtad från Naturvårdsverkets kartläggning av plastflöden där tre WEEE-kategorier ingår (*Liten elutrustning*²³⁷, *Bildskärmar* och *Liten IKT*²³⁸). Den insamlade mängden elutrustning i denna grupp är 61 200 ton varav 18 % uppskattas vara plast. Av denna mängd materialåtervinns 8 100 ton, vilket är en ganska stor andel (65 %). Av den totala insamlade mängden bidrar *Liten elutrustning* med 28 000 ton, *Bildskärmar* med 17 900 ton och *Liten IKT* med 15 300 ton. Uppdelat per polymertyp domineras gruppen av "Andra eller

²³⁴ Haarman, A., Magalini, F., and Courtois, J., (2020). Study on the Impacts of Brominated Flame Retardants on the Recycling of WEEE plastics in Europe. Sofies, Geneva, Switzerland (sofiesgroup.com).

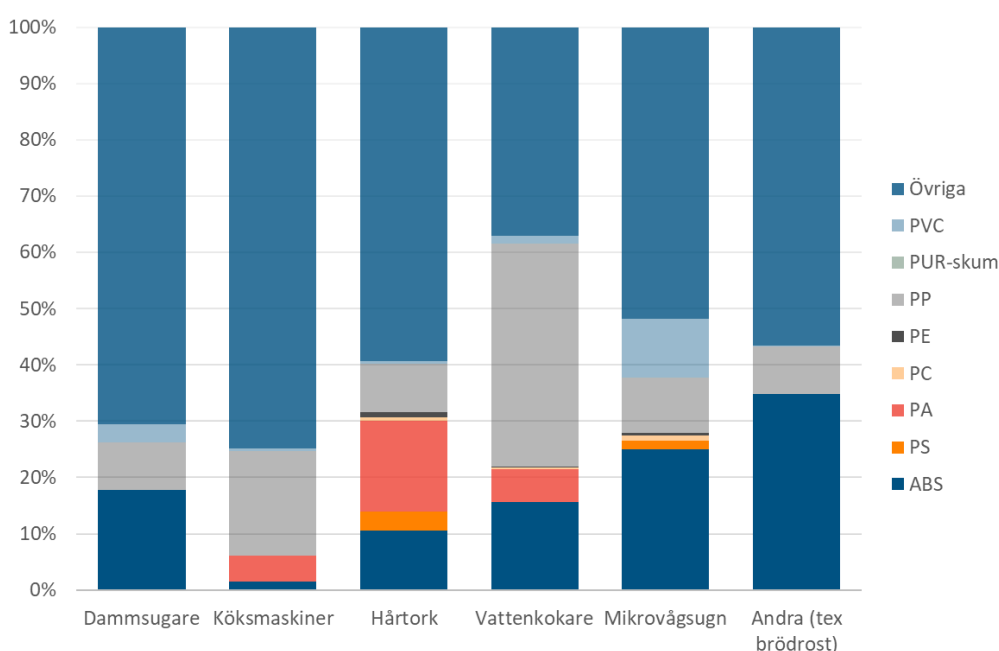
²³⁵ European Committee of Domestic Equipment Manufacturers (CECED), (2018). Material Flows of the Home Appliance Industry.

²³⁶ Diverse utrustning: Liten elutrustning (dammsugare, armaturer, mikroågsugnar, strykjärn); Bildskärmar (monitorer, laptops, TV); IKT (mobiltelefoner, iPads, GPS och navigationsutrustning, datorer, skrivare med mera.).

²³⁷ Liten utrustning enligt WEEE: yttre dimension <50 cm till exempel dammsugare, armaturer, radio, hårtorkar.

²³⁸ Liten it- och telekommunikationsutrustning. En produktkategori enligt WEEE-direktivet: Mobiltelefoner, GPS, fickräknare, routrar, persondatorer, skrivare, telefoner (yttre dimension <50cm).

ospecificerade polymertyper” (41 %) följt av ABS (28 %), PP (31 %), PS (12 %), PC (4 %), PE (0,8 %) och PA (0,5 %) ²³⁹. Sammansättningen av polymerer per produkttyp varierar inom gruppen *Liten elutrustning* (Figur 11). I gruppen ingår flertalet produkttyper (till exempel dammsugare, mikrovågsugnar, kaffebryggare, hushållsapparater) som genererar värme och därför innehåller plasten ofta flamskyddsmedel. Små hushållsprodukter innehåller som regel mer bromerade flamskyddsmedel än andra grupper ²⁴⁰. I en studie har man påvisat 0,3 % brom i liten utrustning, främst innehåll av TBBPA och lägre halt av PBDE. I liten It- och telekomutrustning (*Liten IKT*) fann man 1,2 % brom, främst TBBPA men även PBDE ²⁴¹.



Figur 11. Fördelningen av polymertyper i procent i elavfall från dammsugare, köksmaskiner, hårtorkar, vattenkokare, mikrovågsugnar samt andra (exempelvis brödrostar) som ingår gruppen *Liten elutrustning*. Data från CECED 2018 ²⁴².

7.2.2.1 Skärmar, monitorer och TV-apparater

Denna produktgrupp har genomgått stora förändringar de senaste åren då LED och LCD-skärmar har ersatt de gamla blyinnehållande CRT-skärmarna. Andelen plast har följaktligen ökat i dessa produkter. Många av skärmtyperna ska inte återvinnas

²³⁹ Naturvårdsverket, (2022). Rapport 7038: Kartläggning av plastflöden i Sverige 2020. Stockholm: Naturvårdsverket.

²⁴⁰ Circular plastic alliance; och CECED, (2018). Material Flows of the Home Appliance Industry, Technical Report.

²⁴¹ Haarman, A., Magalini, F., and Courtois, J., (2020). Study on the Impacts of Brominated Flame Retardants on the Recycling of WEEE plastics in Europe. Sofies, Geneva, Switzerland (sofiesgroup.com).

²⁴² European Committee of Domestic Equipment Manufacturers (CECED), (2018). Material Flows of the Home Appliance Industry.

tillsammans med annan elutrustning på grund av sitt innehåll av problematiska ämnen (Hg, Pb) som kan kontaminera processen. Det är oklart i vilken utsträckning plaster från dessa returneras tillbaka i processen efter att man avlägsnat problematiska ämnen (och de material de ingår i). Innehållet av plast i skärmar och monitorer kan variera men en schweizisk studie från 2009 uppskattar att det finns cirka 30 % plast i skärmar av främst ABS följt av PA, PC, EPS, PMMA, PE och PVC²⁴³. Äldre TV-apparater kan dessutom innehålla stora delar HIPS och PPO/PS. I plast till CRT-skärmar har höga halter brom identifierats (2,3 %), bland annat TBBPA (1,7 %) och dekaBDE (0,4 %). Samma studie påvisade 1,0 % brom i plast till FPD-skärmar där 0,2 % var TBBPA och 0,27 % dekaBDE²⁴⁴

7.2.2.2 Bärbara datorer

Isolering och plastdelar i bärbara datorer kan innehålla PUR och PUR-skum, som eventuellt kan innehålla blåsmedel av HFC-typ. Olika typer av flamskyddsmedel har använts till att skydda plasten i kretskortet samt i andra plastdelar. Historiskt har bromerade flamskyddsmedel varit vanliga i bärbara datorer men de har i stor utsträckning ersatts av fosforbaserade flamskyddsmedel. Exempel på detta är TPP i PC/ABS och DPMP i PUR-baserade delar. I vissa fall har man påträffat klorerade polymerer och andra fosforbaserade flamskydd²⁴⁵.

7.2.2.3 Mikrovågsugnar

Produktens hölje kan till exempel bestå av PC/ABS. PUR och PUR-skum kan finnas i tätningsmedel och isolering men även i vissa plastdelar. Flamskyddsmedel som påträffats i produkttypen är TPP i PC/ABS-höljen, DPMP i PUR-skumisolering (i vissa fall), TCPP i PUR och bromerad epoxi i produktens kretskort. Klorerade polymerer och andra fosforbaserade flamskyddsmedel påträffades även i produktgruppen²⁴⁵.

7.2.2.4 Hushållsapparater, köksmaskiner

Denna ospecificerade grupp kan ha höljen av flera plaster som exempelvis PC/ABS, PS, PE och PP. Om isolering ingår i produkten kan den bestå av EPS²⁴⁵. En produkt att notera på grund av dess stora plastinnehåll är dammsugare

²⁴³ Wäger, P., Böni, H., Buser, A., Morf, L., Schlupe, M., and Streicher, M., (2009). Recycling of Plastics from Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) - Tentative Results of a Swiss Study. Empa, Technology and Society Laboratory, Gallen, and GEO Partner AG, Zürich, Switzerland.

²⁴⁴ Haarman, A., Magalini, F., and Courtois, J., (2020). Study on the Impacts of Brominated Flame Retardants on the Recycling of WEEE plastics in Europe. Sofies, Geneva, Switzerland (sofiesgroup.com).

²⁴⁵ Skatteverket/Kemikalieinspektionen (2021) Rapport, Utvärdering av skatten på kemikalier i viss elektronik, del 2. Redovisning av regeringsuppdrag Fi2019/04008/S2.

(60 % plast) som dock också har en stor andel oidentifierad polymer (43 %).
Köksmaskiner och hårtorkar har också stor andel plast, cirka 30 %²⁴⁶.

7.2.2.5 Kaffebryggare

Kaffebryggare med yttre hölje av PC/ABS kan vara flamskyddade med TPP. TCEP och TCPP har påträffats i epoxilaminaten i kretskort och i konstruktionsplast till kaffebryggare och mikrovågsugnar²⁴⁷. Bromerad epoxi är vanlig i kretskort i denna typ av produkt och klorerade polymerer och andra fosforbaserade flamskyddsmedel har också påträffats²⁴⁷.

7.2.2.6 Liten IT och telekommunikationsutrustning (IKT)

Exempel på liten IT- och telekommunikationsutrustning (*Liten IKT*) är mobiltelefoner, vilka kan bestå av 40 % plast samt 10 % glas (och keramer), och resten metaller²⁴⁸. I denna grupp har man i en studie identifierat höga halter (1,2 %) brom i plasten, bland annat i form av TBBPA (0,3 %) och dekaBDE (0,1 %) ²⁴⁹. Kortkedjiga klorparaffiner SCCP har påträffats i billigare elektronik som exempelvis mobiler, paddor och spelkontroller²⁵⁰. Kemikalieinspektionen har hittat SCCP, DEHP och DBP i mjukgjorda plastkomponenter som exempelvis laddkablar och konstläder i hörlurar vid genomförda inspektioner²⁵¹. Samma ämnen fanns även i en hushållsmixer och i en massageapparat för kroppen. SCCP och DEHP fann vi även i en nackmasserare med värmefunktion²⁵². Flamskyddsmedlet TCPP påträffades i skumplasten närmast örat i hörluren²⁵². Flamskyddsmedlet HBCDD har påträffats i EPS men även i HIPS i elektriska varor som VCR-höljen²⁵³. Även TDCP, som är förbjudet i leksaker, har påträffats i höljen till videoapparater^{253,250}. Ämnet azodikarbonamid (ADCA) är identifierat som SVHC i Reach-förordningen och har tagits upp på kandidatförteckningen.

²⁴⁶ European Committee of Domestic Equipment Manufacturers Bryssel 2017.

²⁴⁷ Skatteverket/Kemikalieinspektionen (2021) Rapport, Utvärdering av skatten på kemikalier i viss elektronik, del 2. Redovisning av regeringsuppdrag Fi2019/04008/S2.

²⁴⁸ UNEP, Basel Convention (2009), Mobile Phone Partnership Initiative - Guidance document on the environmentally sound management of used and end-of-life mobile phones.

²⁴⁹ Haarman, A., Magalini, F., and Courtois, J., (2020). Study on the Impacts of Brominated Flame Retardants on the Recycling of WEEE plastics in Europe. Sofies, Geneva, Switzerland (sofiesgroup.com).

²⁵⁰ Nordic Council of Ministers, (2017). Report TemaNord 2017:505: Hazardous substances in plastics - ways to increase recycling.

²⁵¹ Kemikalieinspektionen, (2023). Tillsynsrapport 3/23: Tillsyn av e-handel varor 2022, Med särskilt fokus på marknadsplatser och dropshipping, Sundbyberg: Kemikalieinspektionen.

²⁵² Kemikalieinspektionen, (2021). Tillsynsrapport 10/21: Tillsynsprojekt om hemelektronik 2021, Tillsyn av hemelektronik och batterier. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen.

²⁵³ Danish EPA, (2014). Report 132: Hazardous substances in plastics. Survey of chemical substances in consumer products, Copenhagen, Denmark.

Även om ämnet ska brytas ned vid tillverkning har det påträffats i skumplasten i vadden till hörlurar²⁵⁴

7.2.2.7 Stationära datorer

En stationär dator (PC) kan innehålla cirka 20 % plast. Plastsorterna fördelas huvudsakligen på ABS (57 %), PPO (36 %), HIPS (5 %) och PC/ABS (2 %). I äldre datorer kan man hitta PVC i monitorer och i musikutrustning²⁵⁵. Stationära datorer innehåller också flamskyddsmedel i moderkort och kretskort.

7.2.2.8 Skrivare och kopieringsapparater

Skrivare kan innehålla 30 % plast och stora kopieringsmaskiner cirka 7 %²⁵⁶. Höljen till denna typ av produkt kan bestå av PC/ABS, PS, HIPS, ABS och PC. Då dessa produkter kan bli varma är det troligt att plasten är flamskyddad. Antagligen används liknande flamskyddsmedel som till datorer.

7.2.3 Solcellspaneler (Fotovoltaiska paneler)

Idag står solkraft för 4 % av världens energiproduktion. Produktionsvolymerna av solcellspaneler har ökat kraftigt sedan 2006 och bidragit till att totala mängden av elutrustning har ökat²⁵⁷. Denna produktgrupp innehåller cirka 15 % plast, vilket motsvarar 28,5 ton plast som idag inte återvinns i Sverige²⁵⁸. I framtiden beräknas produktionen av kiselbaserade paneler uppgå till 8 miljoner ton 2030 och nå 80 miljoner ton 2050. Den förväntade livslängden på solcellspaneler är 30 år och idag är det generellt mycket lite av solcellspanelerna som återvinns. Det mesta av materialet läggs i stället på deponi, trots vetenskapen om innehåll av farliga ämnen som exempelvis bly. I USA återvinns i dag 10 % av solcellspanelerna. Det finns en god potential för materialåtervinning då solcellspaneler innehåller värdefulla metaller som silver, aluminium och koppar. Plast (EVA polymer) används i inkapslingen av cellerna som också har en bakre skiva av PET-PVF. En utmaning

²⁵⁴ RoHS prioritized Substances, <https://rohs.exemptions.oeko.info/substance-review-2018/2019-consultation-4/substance-prioritisation>

²⁵⁵ OECD, 2nd workshop of Environmentally Sound Management on Wastes Destined for Recovery Operations. The Evolution of Materials Used in Personal Computers. Vienna, Austria.

²⁵⁶ Wäger, P., Böni, H., Buser, A., Morf, L., Schlupe, M., and Streicher, M., (2009). Recycling of Plastics from Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) - Tentative Results of a Swiss Study. Empa, Technology and Society Laboratory, Gallen, and GEO Partner AG, Zürich, Switzerland.

²⁵⁷ EC (2014). Final report art7: Study on collection rates of WEEE, European Commission

²⁵⁸ Naturvårdsverket, (2022). Rapport 7038: Kartläggning av plastflöden i Sverige 2020. Stockholm: Naturvårdsverket.

vid återvinning av solcellspaneler är att det är svårt att separera de olika skikten åt och oftast återvinns endast den yttre ramen av aluminium och skyddsskivan av glas, vilket motsvarar 80 % av panelens vikt²⁵⁹.

7.2.4 Lampor

Plastinnehållet för WEEE-gruppen *Lampor* som omfattar lysrör, urladdningslampor med mera²⁶⁰ är lågt och utgör endast cirka 4 %. Idag är det också en låg mängd plast som samlas in (cirka 100 ton) från denna produktgrupp²⁶¹. I gruppen *Lampor* kan särskilt farliga ämnen förekomma exempelvis kvicksilver i lysrör, men inte i plasten.

7.2.5 Stor elutrustning (exklusive solcellspaneler)

Totala insamlade mängden WEEE för gruppen *Stor elutrustning*²⁶² i Sverige är cirka 62 100 ton varav 3 % är plast. Av detta materialåtervinns cirka 40 ton och den största mängden förbränns²⁶¹. Det är i denna grupp man hittar vitvaror som till exempel spisar och tvätt- och torkutrustning och där kan plastandelen variera från 2 % (spisar) till 27 % (torktumlare)²⁶³. Plast förekommer främst i handtag, lister, dekorer, isolering och kablage. Den mest förekommande plasten i *Stor elutrustning* är PP (59 %) följt av ABS (16 %), PS (3 %) och PVC (2 %)²⁶¹. Sammansättningen av polymerer varierar inom gruppen *Stor utrustning* (Figur 12). Dock ger metall det största bidraget till materialåtervinning i denna grupp²⁶⁴. Bromerade flamskyddsmedel kan förekomma även i denna produkt och i en studie från 2020 uppmättes brominnehåll (medelvärde) på 1541 ppm för denna grupp.

²⁵⁹ ACS. Chemical & Engineering News, May 23, 2022. Page 24.

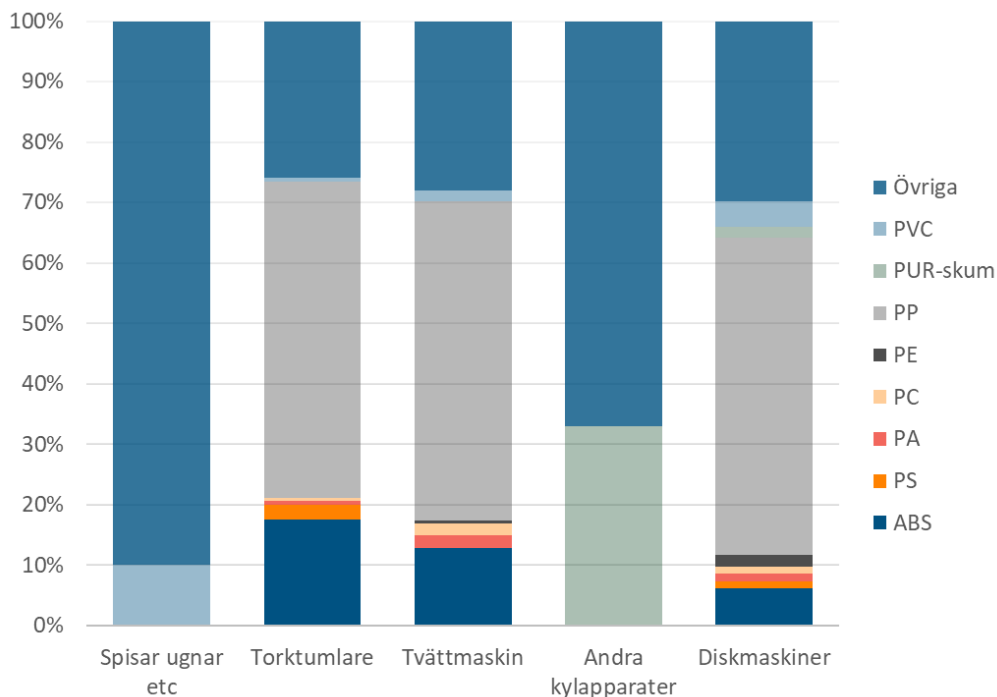
²⁶⁰ Lampor: Lysrör, urladdningslampor, högtrycksnatriumlampor, metallhalogenlampor, lågtryckslampor, LEDlampor.

²⁶¹ Naturvårdsverket, (2022). Rapport 7038: Kartläggning av plastflöden i Sverige 2020. Stockholm: Naturvårdsverket.

²⁶² Stor utrustning: En produktkategori enligt WEEE-direktivet (yttre dimension > 50 cm) till exempel vitvaror (tvättmaskiner, torktumlare, diskmaskiner), spisar med mera.

²⁶³ European Committee of Domestic Equipment Manufacturers Bryssel, Genomsnittlig plastinnehåll per produktgrupp 2017

²⁶⁴ European Committee of Domestic Equipment Manufacturers (CECED), 2018. Material Flows of the Home Appliance Industry.



Figur 12. Polymertyper i elavfall i procent från vitvaror (tvättmaskiner, torktumlare, diskmaskiner), spisar, diskmaskiner med flera) som ingår i Stor elutrustning²⁶⁵. Data från CECED 2018²⁶⁶.

7.2.6 Elkablar

Elektriska ledare utgörs främst av koppar (om det inte är en glasfibernkabel). Endast undantagsvis ingår silver, aluminium, legeringen konstantan eller annan metall i ledarna. En ledare måste isoleras med ett lämpligt material för att inte ska inträffa en kortslutning. Det vanligaste isoleringsmaterialet är PVC. Vanliga är också EP-gummi samt plaster som PE, PP, PUR, PA, PTFE, FEP, SI och neoprengummi. I miniatyrkablar och i speciella lågförlustkablar används PTFE mellan inner- och ytterledare. Kablar för fiberoptik har en kärna (av glas eller PMMA) kring vilken det finns en mantel. Omkring denna brukar det finnas ett skyddande hölje.

7.2.6.1 Telekablar

Ledaren i telekablar utgörs förenklat av antingen av koppar eller av optisk fiber. Isolering av den optiska fibern var tidigare uteslutande PVC men har nu till största delen ersatts med polymerer som PE eller PES. Flera kombinationer av material är dock möjlig (Tabell 14): ledaren kan bestå av metall, glasfiber eller ledande plast; isoleringen kan bestå av olika polymerer (polyakrylat, TPU, PVC, PES, PTFE, PO med flera); den kan vara skärmad eller mantlad med metall samt ha ett ytterhölje av polymer (PO, TPU, PVC med flera). Den flamskyddas med oorganiska salter

²⁶⁵ Stor utrustning: En produktkategori enligt WEEE-direktivet (yttre dimension > 50 cm) till exempelvitvaror (tvättmaskiner, torktumlare, diskmaskiner), spisar med mera.

²⁶⁶ European Committee of Domestic Equipment Manufacturers (CECED), (2018). Material Flows of the Home Appliance Industry.

som magnesiumhydroxid eller aluminiumhydroxid. Den lilla mängd PVC som fortfarande används flamskyddas med diantimontrioxid.

Tabell 14. Telekablar: Förenklad beskrivning av telekablar enligt SS 424 16 75.

Ledare	Isolering	Skärmning/mantel	Ytterhölje	Flamskyddsmedel
Aluminium, brons, koppar, glasfiber, ledande plast	Polyakrylat, PO, TPU, PVC, PE, PP, PA, TPE, PES, PTFE, FEP, och cellpolyolefin	Aluminium, bly och koppar	PO, TPU, PVC, PE, PA eller TPE	Icke halogenerat

7.2.6.2 Kraftkablar

Gruppen omfattar kraftkablar, styrkablar och installationskablar. Beroende på användning kan dessa kablar vara konstruerade på olika sätt med olika lager av material (Tabell 15). Principen för uppbyggnaden av dessa kablar är ett innerlager med ledande metall, en isolator i form av polymer (PVC, EPDM, PUR, PEX med flera), en mantel av metall, ett ytterhölje av polymer (PUR, PVC, PEX med flera). Kabeln kan också vara försedd med en märkning om att den inte innehåller något halogenerat flamskyddsmedel.

Tabell 15. Kraftkablar: Förenklad beskrivning av kraft-, styr- och installationskablar enligt SS 424 17 01.

Ledare	Isolering	Skärmning/mantel	Ytterhölje	Flamskyddsmedel
Aluminium, koppar eller järn	Papper, gummi, EPDM, SI, PUR, PVC, PE, CR, fluorplast eller PEX, PO_FR	Aluminium, koppar eller förzinkat stål	PUR, PVC, CR, EPDM, PO_FR eller PEX_FR	Icke halogenerat

7.2.6.3 Mjuktgörare och flamskyddsmedel i kablar

Klorparaffiner (SCCP, MCCP) användes tidigare som mjuktgörare för att brandsäkra och uppfylla brandkrav i till exempel isoleringen av PVC till elkablar och kontakter. Dessa har ersatts med halogenfria alternativ som till exempel diantimontrioxid (0,5–2 % inblandning) och aluminiumhydrat (20–30 % inblandning). Som alternativ till PVC-kablar finns kablar som är mantlade och isolerade med polyolefin-baserade material (till exempel PEX) vilka ofta är metallhydratfyllda. Datorkablar kan flamskyddas med triarylfosfatestrar (till exempel TPP). I koaxialkablar används vanligen massiv PE eller PE-skum mellan innerledaren och skärmen, medan ytterhöljet består av PVC. I halogenfria kablar

”HFFR”, är det vanligast med ATH, AOH, MDH och nanokompositer²⁶⁷. Polybromerade difenyletrar (PBDE) har också påträffats i kablar till elutrustning²⁶⁸ trots att ämnena är otillåtna i ny elektronik som sätts på marknaden.

Bland de ämnen som ursprungligen prioriterades för en ny uppdatering av RoHS-direktivet finns perfluorerade ämnen (PFDA, PFUnDA, PFTeDA, PFDoDA, PFTrDA) med SVHC-egenskaper vilka används som flamskydd i plastisolering till kablar²⁶⁹.

Generellt utgörs 44 % av alla plasttäckta interna och externa kablar av PVC²⁷⁰. Det kan förekomma ftalater upp till 28 % i kablar och av alla ftalater är DINP och DIDP dominerande²⁷⁰. Historiskt har även DEHP, DBP och DIBP använts.

Det finns också uppgifter på att andra ftalater använts i kablar exempelvis DIOP och DOP. Även trimellitater används som till exempel tris(2-etylhexyl)bensen-1,2,4-trikarboxylat vilken har misstänkt PBT- och hormonstörande egenskaper²⁷¹.

7.2.7 Batterier

Cirka 35 % av alla batterier som sattes på marknaden 2015 användes till elutrustning. Av dessa är den största produktgruppen små hushållsprodukter, vilket står för cirka 18 % av batterierna²⁷². Enligt WEEE-direktivet ska batterier avlägsnas från produkten och hanteras separat vid återvinning. Batterier kan vara av flera olika slag och storlekar. Elbilar har till exempel blivit allt vanligare och dessa fordon har mycket stora och komplexa batterier. Batterier i bärbara datorer ska också avlägsnas vid återvinning på grund av brandrisk och innehåll av elektrolyter. Fluorbaserade polymerer (PVDF, FEP) fungerar som bindemedel (binder) i batterier. Som separatormaterial mellan anod och katod kan PVDF²⁷³ användas, men PP och PE används också. I själva anodmaterialet kan det finnas PVDF, men SB-gummi och karboximetylcellulosa används också²⁷⁴.

²⁶⁷ Echa, (2023). Regulatory strategy for flame retardants.

²⁶⁸ Nordic Council of Ministers, (2017). Report TemaNord 2017:505: Hazardous substances in plastics - ways to increase recycling.

²⁶⁹ RoHS prioritized Substances, <https://rohs.exemptions.oeko.info/substance-review-2018/2019-consultation-4/substance-prioritisation>

²⁷⁰ Bibi, M., Andersson, H., Jensen, C., Rydberg, T., (2012). Vad vet vi om farliga ämnen vid materialåtervinning av plast? Rapport B2031, IVL.

²⁷¹ Bolgar, M., Hubball, J., Groeger, J., & Meronek, S. (2015). Handbook for the Chemical Analysis of Plastic and Polymer Additives (2nd ed.). CRC Press.

²⁷² CECED, (2018). Material Flows of the Home Appliance Industry, Technical Report.

²⁷³ PVDF: P(VDF-HFP) eller P(VDF-TrFE).

²⁷⁴ Rensmo, A. (2022). Per- and PolyfluoroalkylSubstance (PFAS) Emissions from Recycling Processes of Lithium-Ion Batteries. Examensarbete, UPTEC K, 2017, Uppsala Universitet.

7.3 Övriga problematiska ämnen i elutrustning

Bromerade flamskyddsmedel kan finnas i ytterhöljen till elutrustning men eftersom tillsats av flamskyddsmedel inte är ett krav i höljen förekommer det ibland inte. I många rapporter deklarerar bromhalten i plast baserat på fraktioner från återvinning av elutrustning men då ofta i form av medelvärden. En rapport²⁷⁵ beskriver dock halter för bromerade flamskyddsmedel med (potentiella) PBT/vPvB-egenskaper (till exempel DBDPE) i externa plasthöljen (ABS, HIPS, PE och PP) i halter om 11–25 % (Tabell 16). Ett annat bromerat flamskyddsmedel med potentiella PBT-egenskaper är EBTBP som hittats i plast (HIPS, PP, PS) och i kablar, kopplingar och strömbrytare. TBPT²⁷⁶ har liknande egenskaper och har påträffats i ABS och HIPS. Det fosforbaserade flamskyddsmedlet TPP som har potentiellt hormonstörande egenskaper, kan tillsättas i polymerblandningar av PC/ABS och PPE/HIPS i halter på 8–20 %. TXP är en arylfosfat med bland annat fortplantningsstörande egenskaper och kan finnas i plaster som PVC, EPDM, PUR och PC/ABS²⁷⁷.

Tabell 16. Flamskyddsmedel i plasthöljen i elutrustning.

Ämne	Förkortning	Polymer	Halt i plast i höljen (%)
Trifenylfosfat	TPP	PC/ABS PPE/HIPS	8–15 10–20
Bis(tribromfenoxi)etan	BTBPE	ABS, HIPS	18 16
Dekabromdifenyletan	DBDPE	ABS HIPS PE PP	15 11 25 20
Tris(tribromfenyl)triazin	TBPT	ABS HIPS	15–17 13–15
Etylen bis(tetrabromftalimid)	EBTBP	HIPS	13
Tetrabrombisfenol A-bis (2,3-dibrompropyl eter)	TBBPA-DBPE	HIPS, PP	3
Tetrabrombisfenol A	TBBPA	PC/ABS	20
Polybromerade difenyletrar (främst dekaBDE) i äldre elektronik.	PBDE	ABS HIPS PE PP	10–15 10 27 26

Tabellen är baserad på uppgifter från rapporten Haarman et al. (2020)²⁷⁸.

²⁷⁵ Haarman, A., Magalini, F., Courtois, J., (2020). Study on the Impacts of Brominated Flame Retardants on the Recycling of WEEE plastics in Europe. Sofies, Geneva, Switzerland (sofiesgroup.com).

²⁷⁶ TBPT kan även benämnas TTBPT och TTBP-TAZ

²⁷⁷ Danish EPA, (2016). Report 1823: Environmental and health screening profiles of phosphorous flame retardants - A LOUS follow-up project, København, Denmark.

²⁷⁸ Haarman, A., Magalini, F., and Courtois, J., (2020). Study on the Impacts of Brominated Flame Retardants on the Recycling of WEEE plastics in Europe. Sofies, Geneva, Switzerland (sofiesgroup.com)

Ett ytterligare problematiskt ämne som också kan användas i elutrustning är diantimontrioxid som misstänks kunna orsaka cancer²⁷⁹. Det fungerar som en flamskydds-synergist i kombination med halogenerade material som PVC. Ämnet har även påträffats i PO, ABS och PA²⁸⁰. Vissa borsföreningar (till exempel borsyra) har fortplantningsstörande egenskaper och förekommer som flamskydd i till exempel PS-skum och kablar²⁸¹.

Två tennorganiska stabilisatorer (DOTE och MOTE) med fortplantningsstörande egenskaper, vilka används främst i PVC i elutrustning, fanns med på den första prioriteringslistan inför kommande revidering av RoHS-direktivet. En annan kandidat var bensotriazolol av typen UV-stabilisatorer (UV-350, -320, -327, -328) vilka har PBT/vPvB egenskaper och kan förekomma i formaldehydharts²⁸¹.

7.4 Slutsatser om problematiska ämnen i elutrustning

Återvinningen av plast från elutrustning medför särskilda utmaningar då plasten i produkterna är integrerad i avancerad elektronik som kan innehålla många problematiska ämnen. Plasten som omger eller inkluderas i elutrustning måste därför skiljas bort från elektroniken innan återvinning och detta görs också idag på olika sätt. Dock finns problem med att få ut rena materialströmmar, vilket bland annat beror på innehåll av problematiska ämnen men också på tekniska hinder. De ämnen som är mest problematiska i elektronikplast är olika typer av hälso- eller miljöskadliga bromerade flamskyddsmedel som främst härstammar från äldre produkter. Uppskattningsvis 40 % av den insamlade elektronikplasten måste destrueras på grund av brominnehållet. Alla bromerade ämnen har dock inte samma egenskaper och det förekommer en del både polymerbaserade och additiva bromerade ämnen med lägre grad av farlighet som används i ytterhöljen. I Kemikalieinspektionens tillsyn hittar vi också en hel del förbjudna ämnen såsom DEHP, DBP och SCCP i framför allt enklare billig importerad elektronik. Utöver de problematiska ämnena som är förbjudna i RoHS-direktivet eller

²⁷⁹ Diantimontrioxid är klassificerad som Cancer kategori 2, och faller således inte för kriterierna för särskilt farliga ämnen. Vi har ändå valt att ha med ämnet utifrån ett försiktighetsperspektiv.

²⁸⁰ ECHA, Plastic initiative: <https://echa.europa.eu/sv/plastic-additives-initiative>

²⁸¹ Danish EPA, (2014). Report 132: Hazardous substances in plastics. Survey of chemical substances in consumer products, Copenhagen, Denmark.

POPs-förordningen har vi identifierat ytterligare ett antal problematiska ämnen i plast i elutrustning (Tabell 17):

- fyra bromerade flamskyddsmedel (BTBPE, DBDPE, EBTBP, TBPT) vilka har PBT egenskaper
- tre fosforbaserade flamskyddsmedel (TXP, TCEP, TPP)
- fem perfluorerade flamskyddsmedel (PFDA, PFUnDA, PFDODA, PFTrDA, PFTeDA)
- stabilisatorer (DOTE, MOTE, bensotriazol)er)
- samt blåmedel

Plasten i kablar innehåller många problematiska flamskyddsmedel och mjukgörare (ftalater), vilket hindrar att dessa återvinns. Idag tas bara metallen tillvara. De tekniska hinder som är vanliga i denna produktkategori är till exempel att vissa plaster är polymerblandningar som inte går att separera, att polymeren har fyllmedel som ökar plastens densitet eller att polymeren i sig har för hög densitet för att sorteras via vattenbad. Härdplaster såsom PUR i isolering eller epoxi i elektroniken utgör också en teknisk utmaning och dessa återvinns inte idag.

Tabell 17. Problematiska ämnen i elutrustning.

Funktion	Ämne	CAS-nr	Faroegenskaper (enligt PRIO:s utfasningskriterier) ¹	Användning	Polymer
Mjukgörare	DEHP	117-81-7	Fortplantningsstörande, hormonstörande	Kablar, äldre	PVC
Mjukgörare	DBP	84-74-2	Fortplantningsstörande, hormonstörande, pot. PBT/vPvB	Kablar, äldre	PVC
Mjukgörare	DIBP	84-69-5	Fortplantningsstörande, hormonstörande	Kablar, äldre	PVC
Mjukgörare	MCCP	85535-85-9, 1372804-76-6	PBT/vPvB	Elutrustning	Plast
Flamskyddsmedel	PBDE PentaBDE, OktaBDE, DekaBDE	-	PBT/vPvB	Elutrustning	Plast
Flamskyddsmedel	DBDPE	84852-53-9	Pot. PBT/vPvB	Kablar, höljen	HIPS, ABS, PE, PP
Flamskyddsmedel	HBCDD och dess isomerer	25637-99-4, 3194-55-6, 134237-50-6, 134237-51-7, 134237-52-8	PBT/vPvB	Isolering	EPS, XPS, HIPS
Flamskyddsmedel	BTBPE	37853-59-1	PBT/vPvB	Plasthöljen i elutrustning	HIPS, ABS

Funktion	Ämne	CAS-nr	Faroegenskaper (enligt PRIO:s utfasningskriterier) ¹	Användning	Polymer
Flamskyddsmedel	Diantimontrioxid	1309-64-4	Cancerframkallande (kategori 2) ²⁸²	Kablar	Plast
Flamskyddsmedel	EBTBP	32588-76-4	Pot. PBT/vPvB	Plasthöljen i elutrustning	HIPS, ABS
Flamskyddsmedel	Perfluorodekansyra (PFDA)	335-76-2	PBT/vPvB, PFAS, fortplantningsstörande	Kablar	Plast
Flamskyddsmedel	Perfluorodekansyra (PFDODA)	307-55-1	PBT/vPvB, PFAS	Kablar	Plast
Flamskyddsmedel	Perfluortetradekansyra (PFTeDA)	376-06-7	PBT/vPvB, PFAS	Kablar	Plast
Flamskyddsmedel	Perfluoritridekansyra (PFTriDA)	72629-94-8	PBT/vPvB, PFAS	Kablar	Plast
Flamskyddsmedel	Perfluorundekansyra (PFUnDA)	2058-94-8	PBT/vPvB, PFAS	Kablar	Plast
Flamskyddsmedel	TBBPA-DBPE	21850-44-2	Pot. ED	Plasthöljen i elutrustning	HIPS, PP
Flamskyddsmedel	TBBPA	79-94-7	Cancerframkallande, pot. PBT/vPvB, pot. ED	Plasthöljen i elutrustning	PC/ABS
Flamskyddsmedel	TBPT	25713-60-4	Pot. PBT/vPvB	Elutrustning	ABS, HIPS
Flamskyddsmedel	TXP	25155-23-1	Fortplantningsstörande, pot. PBT/vPvB	Elutrustning	Plast
Flamskyddsmedel	TDCP	13674-87-8	Cancerframkallande ²⁸³	Elhöljen och halvledare samt i isolering	Termoplast, PUR-skum
Flamskyddsmedel	TCEP	115-96-8	Fortplantningsstörande	Elutrustning	Plast
Flamskyddsmedel	TPP	115-86-6	Pot. ED	Elutrustning	PPE/ HIPS, PC/ABS
Flamskyddsmedel	Borsyra	10043-35-3, 11113-50-1	Fortplantningsstörande	Kablar	PS-skum, PVC
Stabilisator	DOTe MOTe	15571-58-1 27107-89-7	DOTe: Fortplantningsstörande, DOTe/MOTe: pot. PBT/vPvB	Elutrustning	Plast

²⁸² Diantimontrioxid är klassificerad som Cancer kategori 2, och faller således inte för kriterierna för särskilt farliga ämnen. Vi har ändå valt att ha med ämnen utifrån ett försiktighetsperspektiv eftersom det har varit mycket vanligt i kablar.

²⁸³ TDCP faller inte för kriterierna som gäller särskilt farliga ämnen då det har klassificeringen Cancer kategori 2, men eftersom det är vanligt förekommande har vi prioriterat ämnet utifrån försiktighetsprincipen. TCEP, TDCP och TCPP ingår också i Kommissionens färdplan för begränsningar (<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/49734>).

Funktion	Ämne	CAS-nr	Faroegenskaper (enligt PRIO:s utfasningskriterier) ¹	Användning	Polymer
Stabilisator	UV-328 UV-320 UV-350 UV-327	25973-55-1 3846-71-7 36437-37-3 3864-99-1	PBT/vPvB PBT/vPvB PBT/vPvB PBT/vPvB	Elutrustning	Plast
Stabilisator	Bly och blyföreningar		Fortplantningsstörande	Kablar	PVC
Pigment/färgämne	Kadmium och kadmiumföreningar		Bland annat cancerframkallande (kadmiumjonen)	Kan förekomma i gammal elektronik som elektroniska leksaker, höljen för TV-apparater och datorer.	Plast
Pigment/färgämne	Polycykliska aromatiska kolväten (PAH)		Bland annat cancerframkallande	Förekommer som föroreningar i mjukgörare och kimirök.	Svart plast
Blåsmedel	Azodikarbonamid (ADCA)	123-77-3	Kraftigt allergi- framkallande	Headset (skum), isolering kyl/frys	Skumplast
Blåsmedel	Klorfluorkarboner (CFC)		Ozon-nedbrytande	Isolering kyl/frys	Skumplast
Blåsmedel	Väteklorfluorkarboner (HCFC)		Ozon-nedbrytande	Kyl/frys	Skumplast
Blåsmedel	Väteklorfluorkarboner (HCFC)		Ozon-nedbrytande	Kyl/frys	Skumplast

¹ I detta uppdrag omfattas även potentiellt PBT/vPvB samt potentiellt hormonstörande egenskaper (se avsnitt 2.1.1).

8. Vindturbinblad

Antalet nya vindkraftsparker ökar snabbt i Sverige såväl som globalt. De första vindkraftverken i Sverige togs i bruk under 1970-talet men det är först under de två senaste årtiondena som utbyggnaden tagit fart ordentligt. Teknikutvecklingen, som lett till bättre effekt från vindkraftverken, i kombination med en ökande efterfrågan på fossilfri el gör att vindkraft ses som en av de viktigaste energikällorna inom klimatomställningen. Den genomsnittliga livslängden för ett vindkraftverk är 20 till 30 år varefter de monteras ned och de ingående materialen tas om hand. Stål och järn, som till största delen finns i vindkraftverkets torn, utgör mellan 80 och 90 procent av vindkraftverkets vikt²⁸⁴. Vindturbinbladen består av ett kompositmaterial med härdplast och glasfiber vilket utgör mellan 8 och 12 procent av vindkraftverkets totala vikt. Enligt Naturvårdsverkets statistik (se även Figur 1) står kompositmaterial med härdplast inom vindturbinblad avsedda för den svenska marknaden för 30 000 ton 2019 vilket gör det till den femte största produktkategorin för plaster²⁸⁵. För Europa uppskattas ökningen av mängderna vindturbinblad som tas i bruk bli från 25 000 ton 2025 till 52 000 ton 2030²⁸⁶. I takt med att mängden uttjänta vindturbinblad ökar kommer behovet av cirkulära lösningar för dessa materialströmmar att öka.

Vindturbinblad tillverkas generellt med en kombination av laminat- och sandwichkonstruktion i ett komplext 3D-nätverk av plast och fibrer. Materialsammansättningen kan variera mellan olika tillverkare men generellt utgör härdplastkomposit, bestående av ungefär 50–70 % glasfiber och resterande del härdplast (epoxi, polyester eller vinylester), det huvudsakliga materialet i vindturbinblad. Termoplaster såsom PVC och PET används för sammanfogning och tätning mellan olika lager. Kärnan består ofta av balsaträ för att hålla nere vikten. Ytbehandling bestående av polyakrylat, PUR eller fluorpolymerer används för att göra vindturbinbladen väderbeständiga^{287,288}.

²⁸⁴ Vindkraftens resursanvändning- Underlag till Nationell strategi för en hållbar vindkraftsutbyggnad. Ett livscykelperspektiv på vindkraftens resursanvändning och växthusgasutsläpp. Energimyndigheten 2021.

²⁸⁵ Naturvårdsverket, (2022). Rapport 7038: Kartläggning av plastflöden i Sverige 2020. Stockholm: Naturvårdsverket.

²⁸⁶ Emerging waste streams- Opportunities and challenges of the clean-energy transition from a circular economy perspective. EEA 2021.

²⁸⁷ Mattson, C., André, A., Juntikka, M., Tränkle, T., Sott, R. (2020). Chemical recycling of End-of-Life wind turbine blades by solvolysis/HTL. In IOP conference series: materials science and engineering (Vol. 942, No. 1, p. 012013). IOP Publishing.

²⁸⁸ DecomBlades, Wind industry blade decommissioning. Hämtad 2023-09-26 från <https://decomblades.dk/>

8.1 Hantering av uttjänta vindturbinblad

Det finns flera anledningar till att vindkraftverk plockas ned. Det kan bero på att de nått slutet av sin livslängd så att det inte längre är ekonomiskt att underhålla och reparera vindkraftverken eller att det är mer lönsamt att sätta upp helt nya och bättre vindkraftverk på samma plats. Det kan också bero på att tillståndets giltighetstid har löpt ut. Många komponenter i ett vindkraftverk, inklusive vindturbinbladen, kan renoveras och det finns idag en andrahandsmarknad med flera bolag som erbjuder ombyggnadsservice av komponenter²⁸⁹.

För vindturbinblad som inte kan återanvändas i andra vindkraftverk är återanvändning som byggelement ett område under utveckling. Ett alternativ till direkt återanvändning av vindturbinbladen är mekanisk bearbetning och inblandning som förstärkande fyllnadsmedel för byggnadsmaterial och andra kompositmaterial. Efter malning får man ut ett kompositmaterial bestående av glasfiber och hårdplast som separeras från övriga komponenter såsom balsaträ, termoplast och ytbehandling. Olika kemiska återvinningsprocesser baserade på solvolys, pyrolys och förgasning är också under utveckling idag. Gemensamt för de kemiska återvinningsteknikerna är att de kan separera förstärkningsmaterialet från plasterna och ge återvunnen glasfiber och olika fraktioner av kemiska byggblock som produkter^{290,291}.

8.2 Problematiska ämnen i vindturbinblad

Den primära utmaningen med att återvinna vindturbinblad ligger i den komplexa blandningen av förstärkningsmaterial, hårdplaster och termoplast som är svåra att separera från varandra. Den exakta materialsammansättningen för vindturbinblad deklarerar generellt sett inte av tillverkare, vilket också gör det svårt att få information om ingående tillsatsämnen. Baserat på kännedom om ingående polymerer har vi dock identifierat ett antal potentiellt problematiska ämnen.

Polymera PFAS såsom fluoretylenvinyleter (FEVE) och etylentetrafluoretylen (ETFE) har använts för ytbehandling av vindturbinblad på grund av deras vatten-

²⁸⁹ Vindkraftens resursanvändning- Underlag till Nationell strategi för en hållbar vindkraftsutbyggnad. Ett livscykelperspektiv på vindkraftens resursanvändning och växthusgasutsläpp. Energimyndigheten 2021,

²⁹⁰ Rani, M., Choudhary, P., Krishnan, V., & Zafar, S. (2021). A review on recycling and reuse methods for carbon fiber/glass fiber composites waste from wind turbine blades. *Composites part B: engineering*, 215, 108768.

²⁹¹ Chen, J., Wang, J., & Ni, A. (2019). Recycling and reuse of composite materials for wind turbine blades: An overview. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 12, ss. 567-577.

och smutsavstötande förmåga och goda motståndskraft mot UV-strålning²⁹². Låg molekylära PFAS inklusive perfluorbutansulfonamid (PFBSA) har också rapporterats för ytbehandling av vindturbinblad²⁹³ även om den exakta funktionen för dessa ämnen är okänd. PFAS som grupp är problematisk på grund av kol-fluorbindningens stabilitet vilket gör dem väldigt svårnedbrytbara i miljön²⁹⁴. Vissa PFAS kan även anrikas i djur och människor samt ge upphov till toxiska egenskaper^{295,296}. Mot bakgrund av det stora antalet PFAS med kommersiella tillämpningar och deras problematiska miljöegenskaper har Sverige tillsammans med fyra andra medlemsländer lagt fram ett begränsningsförslag för PFAS i EU²⁹³. Förslaget begränsar användningen inom alla tillämpningar, utom där den kan anses vara kritisk för viktiga samhällsfunktioner, och sätter ett gränsvärde på 50 ppm PFAS (baserat på totalt fluorinnehåll) i material och varor. Det finns inga uppgifter på hur vanligt förekommande PFAS-behandling av vindturbinblad är, men ytbehandling och färg utgör cirka 1–3 % av ett vindturbinblads totala vikt^{297,298}. För vindturbinblad som behandlats med PFAS skulle dessa ämnen därmed kunna utgöra ett hinder för återvinning om de inte kan separeras från övriga material.

För vindturbinblad som inte är ytbehandlade med UV-beständiga polymerer, såsom FEVE eller ETFE, behöver stabilisatorer tillsättas för att plasten inte ska tappa sina mekaniska egenskaper över tid²⁹⁹. Bensotriazoloner är de mest vanligt förekommande organiska UV-stabilisatorerna för epoxi³⁰⁰ och polyester²⁹⁸ som ofta utgör det yttre lagret av vindturbinblad²⁹⁷. Som vi beskrivit i tidigare kapitel är dessa ämnen, som ofta går under namnen UV-320, UV-327, UV-328 och UV-350, misstänkta eller bekräftade PBT ämnen och diskuteras för ett antal regulatoriska

²⁹² Glüge, J., Scheringer, M., Cousins, I.T., DeWitt, J.C., Goldenman, G., Herzke, D., Lohmann, R., Ng, C.A., Trier, X., Wang, Z., (2020). An overview of the uses of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). *Environmental processes and impacts*, 22, ss 2345-2373.

²⁹³ ECHA Restriction proposal for per- and polyfluoroalkyl substances Annex A. Hämtad 2023-09-26 från <https://echa.europa.eu/registry-of-restriction-intentions/-/dislist/details/0b02336e18663449b>

²⁹⁴ Lohmann, R., Cousins, I. T., DeWitt, J. C., Glüge, J., Goldenman, G., Herzke, D.,... & Wang, Z. (2020). Are fluoropolymers really of low concern for human and environmental health and separate from other PFAS?. *Environmental science & technology*, 54(20), 12820-12828.

²⁹⁵ DeWitt, J. C. (Ed.). (2015). Toxicological effects of perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances, 11684. Basel, Switzerland: Springer International Publishing.

²⁹⁶ Cousins, I. T., DeWitt, J. C., Glüge, J., Goldenman, G., Herzke, D., Lohmann, R., & Wang, Z. (2020). The high persistence of PFAS is sufficient for their management as a chemical class. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 22(12), 2307-2312.

²⁹⁷ DecomBlades, Wind industry blade decommissioning. Hämtad 2023-09-26 från <https://decomblades.dk/>

²⁹⁸ Mattson, C., André, A., Juntikka, M., Tränkle, T., Sott, R. (2020). Chemical recycling of End-of-Life wind turbine blades by solvolysis/HTL. In IOP conference series: materials science and engineering (Vol. 942, No. 1, p. 012013). IOP Publishing.

²⁹⁹ Maheshwari, N., Thakur, S., Neogi, P., & Neogi, S. (2015). UV resistance and fire retardant property enhancement of unsaturated polyester composite. *Polymer Bulletin*, 72, ss. 1433-1447.

³⁰⁰ Nikafshar, S., McCracken, J., Dunne, K., & Nejad, M. (2021). Improving UV-Stability of epoxy coating using encapsulated halloysite nanotubes with organic UV-Stabilizers and lignin. *Progress in Organic Coatings*, 151, 105843.

åtgärder. Då UV-stabilisatorer används i relativt höga halter för att ge den eftersträvade funktionen är de också att betrakta som problematiska ur ett återvinningsperspektiv.

Epoxi, som ofta utgör en stor andel av vindturbinblad, är en härdplast som bildar ett hårt skikt genom att harts och härdare får reagera med varandra och bilda en polymer med tvärbindingar. Epoxi finns i många olika formuleringar där reaktionsprodukten mellan epiklorhydrin och bisfenol A (BPA) är den vanligaste (cirka 75 % av marknaden). Formuleringar med andra bisfenoler och härdare är också vanligt förekommande³⁰¹. Den härdade epoxin innehåller främst bisfenoler bundna med stabila eterbindingar men kan även innehålla en viss mängd icke-reagerad bisfenol³⁰². Då mängden icke-reagerad bisfenol i den härdade epoxin beror på en rad olika processbetingelser är det inte möjligt att ange generella resthalter i epoxiprodukter. En tidigare rapport från Kemikalieinspektionen uppskattar dock att resthalter av BPA i epoxiprodukter på den svenska marknaden är mindre än 1 ppm³⁰². BPA är klassat som fortplantningsstörande och har upptagits på kandidatförteckningen samt i bilaga XVII i Reach-förordningen som ett otillåtet ämne för användning i termopapper. Baserat på liknande kemisk struktur- och screeningtester kan man misstänka att flera bisfenoler har liknande egenskaper. I likhet med resonemang som förts i tidigare kapitel är halterna av bisfenoler så pass låga att de inte bör utgöra ett hinder för återvinning av material från vindturbinblad. Det bör dock nämnas att det saknas kunskap om lakbarhet, biotillgänglighet och toxicitet för de för uttjänta vindturbinblad som bearbetats mekaniskt.

8.3 Slutsatser om problematiska ämnen i vindturbinblad

Den kemiska sammansättningen av vindturbinblad är komplex, varierande mellan olika tillverkare och till stor del konfidentiell. Användningen av PFAS som ytbehandling av vindturbinblad utgör en grupp problematiska ämnen som kan utgöra ett hinder för återvinning. Det finns även indikationer på att stabilisatorer såsom bensotriazol används i vindturbinblad. Utifrån ett riskperspektiv är det värt att notera att vi inte lyckats hitta några studier på lakbarhet, biotillgänglighet och toxicitet för de uttjänta vindturbinblad som bearbetats mekaniskt för användning som förstärkningsmaterial.

³⁰¹ Kemikalieinspektionen (2017). Rapport 5/17: Bisfenoler – En kartläggning och analys. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen.

³⁰² Kemikalieinspektionen (2013). Rapport 7/13: Avgivning av bisfenol A (BPA) vid renovering av dricksvattenrör. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen.

9. Vägar framåt – Hinder och möjligheter för renare plastflöden

9.1. Problematiska ämnen

Sverige bör även fortsättningsvis driva på takten i EU-arbetet med att stärka informationskraven och utvärdera ämnen samt föreslå tillstånd och förbud för särskilt farliga ämnen. Eftersom mycket av handeln med varor och produkter bedrivs på global nivå, är ytterligare åtgärder nödvändiga även på den globala nivån. Marknadskontrollen behöver också förstärkas, i synnerhet för importerade varor där många förbjudna ämnen påträffas i hög utsträckning. Branschvisa tillsynsinsatser mot olika varor av plast skulle synliggöra problemen med otillåtna ämnen i olika branscher och ge en fördel för aktörer som lever upp till lagstiftningen.

Det här deluppdraget inom regeringsuppdraget ”Giftfritt från början” är inriktat på att utreda vilka ämnen som är problematiska för att plast ska kunna återvinnas. Naturvårdsverket har ett bredare parallellt uppdrag – *rätt plast på rätt plats* – där även förslag till åtgärder ingår. Inom ramen för våra respektive uppdrag har vi därför haft täta kontakter med möjligheter att ge inspel i de olika uppdragen. I denna rapport ger vi en överblick över ämnen i plast som är problematiska utifrån ett hälso- och miljöperspektiv och som därmed kan utgöra ett hinder i återvinningsledet eftersom dessa ämnen inte ska återintroduceras i nya produkter. Den relativa förekomsten i olika plastmaterial har också betydelse för vår bedömning av ifall ämnena är problematiska. Målsättningen har varit att få fram de mest relevanta ämnena för olika produktkategorier varför antalet ämnen som vi listar är färre än i tidigare screeningstudier som har genomförts^{303, 304} där fokus mera varit riktat på det totala antalet ämnen som används inom plasttillverkning. Ett alternativt tillvägagångssätt hade varit att utgå från omfattande bruttolistor på ett större antal ämnen i plast (se avsnitt 1.3). Vår bedömning är dock att dessa listor som samlar in information brett om ämnen kan vara behäftade med osäkerheter om ämnenas användning i plast och i ämnenas tekniska funktion. Additiv som kan karaktäriseras som särskilt farliga ämnen och som dessutom förekommer i högre halter i plasten bedömer vi har hög relevans. Två grupper av additiv där vi hittar många problematiska ämnen är mjukgörare och flamskyddsmedel. Där har det historiskt förekommit en del särskilt farliga ämnen, varav en del fortfarande förekommer i de plastflöden som hanteras inom olika

³⁰³ Wiesinger, H., Wang, Z. & Hellweg, S. (2021), Deep Dive into Plastic Monomers, Additives, and Processing Aids. *Environ. Sci. Technol.* 55, 9339-9351.

³⁰⁴ Aurisano, N., Weber, R., Fantke, P. (2021). Enabling a circular economy for chemicals in plastics. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 31, 100513.

sektorer. Ämnen av lägre relevans, anser vi inom ramen för detta projekt, är generellt sett resthalter av monomerer samt olika processkemikalier och föroreningar i plasten samt additiv i låga halter i produkterna. Även ämnen med låga halter kan utgöra ett problem när kraven på renhet är hög för det återvunna materialet, till exempel för material i kontakt med livsmedel eller i leksaker och barnavårdsartiklar.

Bedömningen av vilka ämnen som utgör ett problem för återvinningen kan dock förändras med ny kunskap om olika ämnens faroegenskaper, användning och återvinningstekniker. Det saknas alltså kunskap om hälso- och miljöegenskaper för ett stort antal ämnen på marknaden³⁰⁵, särskilt i lägre volymer (under 10 ton)³⁰⁶ samt när det gäller ämnen som inte tillverkas inom EU men finns i importerade varor. Särskilt privatimport via e-handel från länder utanför EU och EES innebär att produkter som innehåller okända eller förbjudna kemikalier kan komma i omlopp i EU eftersom det då inte finns något företag med kunskap om reglerna som ansvarar för importen³⁰⁷.

Sverige bör därför även fortsättningsvis driva på takten i EU-arbetet med att stärka informationskraven, utvärdera ämnen samt föreslå tillstånd och förbud för särskilt farliga ämnen. Eftersom mycket av handeln med varor och produkter bedrivs på global nivå, är ytterligare åtgärder nödvändiga även på den globala nivån. Arbetet i Stockholmskonventionen med att förbjuda och begränsa långlivade organiska föroreningar med allvarliga hälsofarliga och miljöfarliga egenskaper (POPs, Persistent Organic Pollutants) behöver utvecklas vidare med flera ämnen. Marknadskontrollen behöver också förstärkas, i synnerhet för importerade varor där många förbjudna ämnen påträffas i hög utsträckning. Branschvisa tillsynsinsatser mot olika varor av plast skulle synliggöra problemen med otillåtna ämnen i olika branscher och ge en fördel för aktörer som lever upp till lagstiftningen. Om vi i samhället ska nå en cirkularitet för plast behövs dessa åtgärder för att skydda plastströmmarna från problematiska ämnen.

³⁰⁵ Kemikalieinspektionen, (2022). Rapport 3/22: Miljö kvalitetsmålet Giftfri miljö – Fördjupad utvärdering av miljömålen 2023. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen.

³⁰⁶ Tillverkare eller importörer av ämnen över 1 ton ska enligt Reach-förordningen (EG) 1907/2006 registrera sina ämnen hos den centrala myndigheten – Echa. Registreringskraven är emellertid låga för ämnen som tillverkas eller importeras i spannet 1 till 10 ton.

³⁰⁷ Kemikalieinspektionen, (2021). Rapport 3/21. Ökad e-handel – ökade kemikalierisker? – En kartläggning av e-handelns utmaningar och förslag till åtgärder. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen.

9.2. Olika livslängd och kravprofil för olika produktkategorier

Lösningar för förbättrad materialåtervinning av plast behöver anpassas individuellt för respektive produktkategori. Vi ser därför ett behov av separata vägledningar för ökad återvinning där kunskapen är samlad om vilka ämnen som kan vara problematiska för respektive produktkategori.

De plastflöden som blir till avfall idag härstammar från produkter som i vissa fall är flera årtionden gamla och de designades inte med cirkulära materialflöden i åtanke. Skillnaderna i förekomst av tillsatssämnen är därför stora mellan olika produktkategorier som till exempel förpackningar, som förbrukas och återvinns på kort tid, och byggprodukter som kan ha livslängder i byggnader på 50 år eller mer. Kraven på funktion mellan de olika produktkategorierna skiljer sig också markant. Ett tydligt exempel är att det finns brandskydds krav för elektriska produkter men inte för förpackningar. Detta har varit ett av motiven till att utreda ämnena per produktkategori. Lösningar för förbättrad materialåtervinning av plast behöver anpassas individuellt för respektive kategori. Därför ser vi ett behov av separata vägledningar för ökad återvinning där kunskapen är samlad om vilka ämnen som kan vara problematiska för respektive produktkategori.

9.3. Information och spårbarhet – nyckeln till hållbara cirkulära materialflöden

Införandet av så kallade produktpass i olika produktregelverk inom EU är en ny plattform för information som bland annat möjliggör förbättrad information om innehållet i varor, vilket även återvinningsledet bör kunna ta del av. Återvinning genom så kallade ”slutna loopar” är en framgångsrik modell för att bibehålla kontrollen av den återvunna råvaran genom ett väl fungerande samarbete längs hela värdekedjan. Vi ser också ett behov av förbättrad kvalitetskontroll av återvunnen plastråvara samt fler kemiska analyser för att säkerställa att halterna av vissa oönskade ämnen och ämnesgrupper inte är förhöjda.

För aktörer i leverantörskedjorna är information om det kemiska innehållet och spårbarhet avgörande för att ta fram säkra produkter av återvunna material. Kunskapen om kemiskt innehåll samt tillgång till information skiljer sig mellan produktkategorier, vilket återspeglas i på vilken detaljnivå vi kan redogöra för kemiskt innehåll för de olika produktkategorierna. Genom den branschdialog som vi genomförde inom ramen för uppdraget påpekade branschen att det ofta är svårt att få fullständig information om innehåll i plasten. Tillgänglig kunskap är dessutom ofta övergripande, till exempel per polymertyp, vilket leder till osäkerheter i hur sannolikt det är att ett specifikt ämne faktiskt förekommer i en

viss produktgrupp och varukategori. Mer detaljerad kunskap om särskilt farliga ämnens förekomst i varor kan dock förväntas framöver genom fler anmälningar till SCIP-databasen³⁰⁸. Införandet av så kallade produktpass i olika produktregelverk inom EU är en ny plattform för information som bland annat möjliggör förbättrad information om innehållet i varor. Här är det viktigt att också återvinningsledet får ta del av informationen så att det blir en spårbarhet genom hela värdekedjan. Återvinning genom så kallade ”slutna loopar” är också sätt att bibehålla kontrollen av den återvunna råvaran genom ett väl fungerande samarbete längs hela värdekedjan. Ett välkänt exempel är återvinningen av PET-flaskor, vilket skulle kunna utgöra modell även för andra värdekedjor. Efterfrågan ökar också på förbättrad kvalitetskontroll av återvunnen plastråvara, och genom kemiska analyser kan man säkerställa att halterna av vissa oönskade ämnen och ämnesgrupper inte är förhöjda.

9.4. Rätt design minskar mängden problematiska ämnen

Rätt design ger renare plastflöden. Ett strategiskt förhållningssätt är EU-arbetet med riktlinjer för "safe and sustainable by design". Kemikalieinspektionens verktyg för substitution – PRIO – är också ett stöd i det arbetet. Genom att minska den kemiska komplexiteten och reducera antalet plastsorter ökar förutsättningarna generellt för materialåtervinning. Arbetet med internationella standarder för olika plasttyper är här ett viktigt styrmedel för att skapa normer för branschen, vilket kan minska variationen i utbudet av plaster utan att hindra utvecklingen av nya och bättre plaster. Näringslivet behöver ta ledarrollen i det här arbetet.

Renare plastflöden ökar möjligheterna till återvinning och genom en mer medveten design kan problematiska ämnen undvikas. I EU:s kemikaliestrategi för hållbarhet – På väg mot en giftfri miljö³⁰⁹ – och i förslaget om förordning om ekodesign för hållbara produkter³¹⁰ finns en tydlig inriktning mot vad som bör eftersträvas. EU har också ett pågående arbete med att utforma riktlinjer för ”safe and sustainable by design³¹¹” vilket är ett strategiskt förhållningssätt för att skapa hållbara material och kemikalier. Kemikalieinspektionens verktyg för substitution

³⁰⁸ Kemikalieinspektionen, (2023). PM 1/23: Evaluation of the SCIP database. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen.

³⁰⁹ https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:f815479a-0f01-11eb-bc07-01aa75ed71a1.0011.02/DOC_1&format=PDF

³¹⁰ https://environment.ec.europa.eu/document/download/11246a52-4be4-4266-95b1-a15dbf145f51_en?filename=COM_2022_142_1_EN_ACT_part1_v6.pdf

³¹¹ https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/key-enabling-technologies/advanced-materials-and-chemicals_en#:~:text=Safe%20and%20sustainable%20by%20design%20is%20a%20systemic,the%20possibility%20to%20recycle%2C%20reuse%20or%20repurpose%20them.

– PRIO³¹² kan ge stöd i arbetet med att undvika farliga ämnen. Ett nyckelbegrepp för att fasa ut problematiska ämnen från plastflöden är funktionell substitution. Inom funktionell substitution sätts funktionen hos den slutliga produkten i fokus snarare än att söka efter ersättningsämnen med liknande kemisk struktur, vilket ofta kan leda till att man introducerar ett nytt problematiskt ämne. Ett annat viktigt designkoncept för att undvika problematiska ämnen i plastflöden och öka möjligheterna till återvinning är att minska den kemiska komplexiteten. Antalet möjliga plastsorter är stort – mer än 100 000 kvaliteter – eftersom det går att modifiera ”grundpolymererna” genom att blanda och konfigurera dem på en rad olika sätt samt tillsätta additiv. Om antalet kvaliteter reduceras, ökar möjligheterna att återvinna plasten. Det pågående arbetet med att ta fram internationella standarder för olika plasttyper är ett viktigt styrmedel för att skapa normer för branschen, vilket kan minska variationen i utbudet av plaster utan att hindra utvecklingen av nya och bättre plaster. Näringslivet behöver ta ledarrollen i det här arbetet.

³¹² <https://www.kemi.se/prioguiden/start>

Ordlista

Ord	Beskrivning
ABS	Akrylnitrilbutadienstyren
ADCA	Azodikarbonamid
AOH	Aluminiumoxidhydroxid (Boehmite)
Aramid	En allmän benämning för aromatiska polyamidfibrer. Ett välkänt handelsnamn är Kevlar.
Asbest	Samlingsnamn för sex fibrösa mineraler (amosit, krysotil, krokidolit, tremolit, aktinolit och antofyllit).
ATH	Aluminiumtrihydroxid
ATO	Diantimontrioxid
Azo-färgämnen/ pigment	Organiska ämnen som innehåller en azo-grupp. Kan brytas ner till arylaminer som kan vara cancerframkallande, störa fortplantningsförmågan eller vara allergiframkallande.
BBP	Butylbensylftalat
Blåsmedel	Blåsmedel är en grupp av ämnen som tillsätts i syfte att skumma plasten och ge bubblor.
BPA	Bisfenol A
BTBPE	Bis(tribromfenoxi)etan
CA	Cellulosaacetat
CAB	Cellulosaacetatbutyrat
CAP	Cellulosaacetatpropionat
CAS-nummer	Chemical Abstracts Service (CAS), unika identitetsnummer för kemiska föreningar, polymerer, biologiska sekvenser, blandningar och legeringar.
CECED	European Committee of Domestic Equipment Manufacturers, representerar vitvaruindustrin i Europa.
Cellpolyolefin	Polyolefin-isolering
C.I.	Colour Index = ett indexnummer för pigment och färgämnen.
CMR-ämne	CMR-ämnen är cancerframkallande, skadar arvsmassan (mutagena) eller stör fortplantningsförmågan (reproduktionstoxiska).
Copolymer	Sampolymer (= minst två polymertyper som har kombinerats till en polymer genom kovalenta bindningar).
CR	Polykloropren (alternativt kloroprengummi)
CRT	Katodstrålerör (Cathode Ray Tube)
DBDPE (= EBP)	Dekabromdifenyletan
DBP	Dibutylftalat
DEHP	Di(2-etylhexyl)ftalat
DEHT	Di(2-etylhexyl)tereftalat

Ord	Beskrivning
DGD	Dipropylenglykoldibensoat
DIBP	Diisobutylftalat
DIDP	Diisodecylftalat
DICY-cured epoxy	Dicyanidamid-härdande epoxiförening
DINA	Diisononyladipat
DINCH	Diisononylcyklohexan-1,2-dikarboxylat
DINP	Diisononylftalat
DIOP	Diisooktylftalat
DMEP	Bis(2-metoxietyl)ftalat
DMMP	Dimetylmetylfosfonat
DOP	Di-n-oktylftalat
DPHP	Dipropylheptylftalat
DPMP	Difenylmetylfosfat
DPP	Dipentylftalat
Dripping	Antidripping agents tillsättes plasten för att förhindra smältning.
DOTe	Tennoorganisk stabilisator: Etylhexyl-10-etyl-4,4-dioctyl-7-oxo-8-oxa-3,5-ditia-4-tenntetradekanoat
EBTBP	Etylen bis(tetrabromftalimid)
Echa	Europeiska kemikaliemyndigheten (European Chemicals Agency)
EEE	Elektrisk och Elektronisk utrustning (Electric and Electronic Equipment)
Elastomer	Polymerkedja som är elastisk (=elast).
Elutrustning	I denna rapport innefattar detta både elektronik och elektriska produkter.
EP	Epoxiharts
EPDM	Etenpropendienmonomer-gummi
EPM	Etenpropen-sampolymer elastomer
EPS	Expanderad Polystyren
EVA	Etenvinylacetat sampolymer
FEP	Fluorerad etenpropen
FPD	Platta skärmar (Flat panel display)
Ftalocyaniner	Ftalocyaniner är syntetiska blåa och gröna färgämnen som är metallkomplexfärgämnen med Cu, Co eller Ni.
Förgasning	Nedbrytning av material vid hög temperatur. Förgasning sker ihop med syre vid 700 °C eller mer och ger syntesgas (CO och H ₂).
GADSL	Global Automotive Declarable Substance List

Ord	Beskrivning
Gummi	Polymer som har elastiska egenskaper.
HBCDD	Hexabromcyklododekan, förekommer i flera isomerer.
HDPE	Högdensitetspolyeten (High Density Polyethylene)
HeptaBDE	Heptabromdifenyleter. Tillhör gruppen PBDE.
HexaBDE	Hexabromdifenyleter. Tillhör gruppen PBDE.
HFC	Fluorerade kolväten (Hydrofluorocarbon)
HIPS	Slagtålig polystyren (High Impact Polystyrene)
HIPS/ABS	Plastlegering av ABS och HIPS
HIPS/PC	Plastlegering av HIPS och PC
IDB	Isodecylbensoat
INB	Isononylbensoat
Initiator	Ett ämne som startar polymeriseringsreaktionen och/ används för att kontrollera polymeriseringsreaktionen.
Injekteringsmedel	Injektion är en metod som kan användas när man behöver täta berg eller betong för att minska risken för att vatten ska tränga in eller motverka ras i marklagret. Injekteringsmedel är en kemisk produkt som sprutas in i håligheten och härdar på plats.
Katalysator	Ett ämne som startar en reaktion.
KIFS	Kemikalieinspektionens föreskrifter
Kimrök	Kolpulver som används som svart pigment och fyllmedel i plast (Carbon Black).
Kompondering	Teknik för inblandning av additiv i polymeren samt blandning av olika polymerer.
Konstantan	Legering som består av 55 % koppar, 44 % nickel och 1 % mangan.
Konvertering	Konvertering är det sista steget i den industriella bearbetningen av blåst polymerfilm efter extrudering och tryckning. Utrustning för konvertering av film och folie utför konverteringsprocesser som till exempel skärning och omspolning, stansning och efterbehandling.
LCCP	Långkedjiga klorparaffiner
LCD	Flytkristallskärm (Liquid Crystal Display)
LDPE	Lågdensitetspolyeten (Low Density Polyethylene)
LLDPE	Linjär lågdensitetspolyeten
MCCP	Mellankedjiga klorparaffiner
MDH	Magnesiumdihydroxid
MOCA	2,2'-Diklor-4,4'-metylendianilin
MOTE	Tennorganisk stabilisator: 2-Etylhexyl-10-etyl-4-[[2-[(2-etylexyl)oxy]-2-oxoetyl]tio]-4-oktyl-7-oxo-8-oxa-3,5-ditia-4-tenntetradekanoat
NBR	Nitrilbutadiengummi

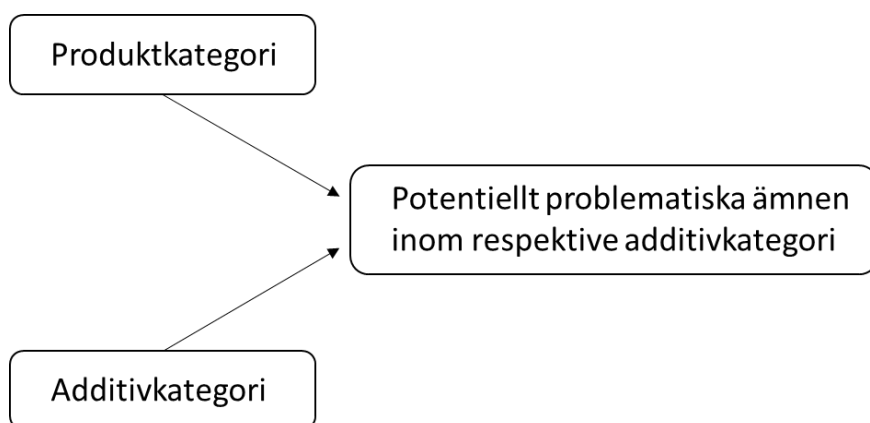
Ord	Beskrivning
NIR	Near-infrared (= sensor för identifiering via nära-infraröd-reflektion)
Non-DICY	Icke dicyanidamid-härdande harts. Är av typen fenolhärdande.
OktaBDE	Oktabromdifenyleter. Tillhör gruppen PBDE.
Ortoftalater	Estrar av 1,2-bensendikarboxylsyra, vanligen kallade ftalater.
PA	Polyamid, till exempel PA 6 (nylon).
PAH	Polycykliska aromatiska kolväten (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) tillhör en grupp ämnen där många har cancerframkallande egenskaper.
Parylen	Polyparylen = Diklordi-p-xylylen
PBB	Polybromerade bifenyler
PBDE	Polybromeradedifenyletrar tillverkades och salufördes i flera kommersiella blandningar: PentaBDE, OktaBDE och DekabDE
PBT	Persistent, bioackumulerande och toxisk
PBT	Polybutentereftalat
PC	Polykarbonat
PC/ABS	Polykarbonat / Akrylnitrilbutadienstyren, blandning
PCB	Polyklorerade bifenyler
PE	Polyeten (alternativt polyetylen)
PEEK	Polyeterketon
PentaBDE	Pentabromdifenyleter. Tillhör gruppen PBDE.
PES	Polyetersulfon
PET	Polyetentereftalat
PEX	Förnätad polyeten
PEX_FR	Flamskyddad PEX
PFDA	Perfluordekansyra
PFDODA	Perfluordodekansyra
PFNA	Perfluoronansyra
PFTeDA	Perfluortetradekansyra
PFTTrDA	Perfluortridekansyra
PFUnDA	Perfluorundekansyra
Plastlegering	Polymerblandning där flera polymertyper är sammansmälta
PMMA	Polymetylmetakrylat
PO	Polyolefin
PO_FR	Flamskyddad PO
POM	Polyoximetylen

Ord	Beskrivning
POPs-förordningen	POPs-förordningen förbjuder eller begränsar användningen av långlivade organiska föroreningar i både kemiska produkter och varor. POPs står för Persistent Organic Pollutants.
PP	Polypropen
6PPD	N-(1,3-Dimetylbutyl)-N'-fenyl-p-fenylendiamin
PPE	Polyfenyleneter
PPE/PS	Polyfenyleneter / Polystyren, blandning ("Noryl")
ppm	Miljondelar, parts per million (1 % = 10'000 ppm)
PPO (= PPE)	Polyfenyleneter
PPS	Polyfenylensulfid
PS	Polystyren
PSF	Polysulfon
PTFE	Polytetrafluoreten (Teflon)
PUR	Polyuretan
PVAc	Polyvinylacetat
PVB	Polyvinylbutyral
PVC	Polyvinylklorid
PVDC	Polyvinylidendiklorid
PVDF	I den här rapporten betecknar PVDF antingen: P(VDF-HFP) eller P(VDF-TrFE)
P(VDF-HFP)	Poly(vinylidenfluorid co-hexafluorpropylen)
P(VDF-TrFE)	Poly(vinylidenfluorid co-trifluoretylen)
PVOH	Polyvinylalkohol (även PVA)
Pyrolys	Nedbrytning av material som sker under hög temperatur i en syrefattig miljö vid 400 °C eller mer och ger pyrolysolja.
Rejekt	Plastmaterial som inte kan sorteras ut för materialåtervinning utan går till energiåtervinning.
RoHS	RoHS-direktivet reglerar elektrisk och elektronisk utrustning inom EU (Restriction of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment).
PRIO-guiden	https://www.kemi.se/prioguiden/start
Sampolymer	Polymer som är en reaktionsprodukt av minst två polymertyper. Samma sak som co-polymer.
SAN	Styrenakrylnitril
SCCP	Kortkedjiga korparaffiner
SI	Silikonplast
SLF	Lätt fraktion inom bildemonteringen som innehåller plast (Shredder Light Fraction)

Ord	Beskrivning
Solvolyt	En termokemisk process som ofta sker i vatten vid hög temperatur (200–400 °C) och tryck som bryter ner materialet till en oljeprodukt.
SVHC	Ämnen som inger mycket stora betänkligheter (Substances of very high concern, Reach)
TBBPA	Tetrabrombisfenol A
TBBPA-DBPE	Tetrabrombisfenol A-bis(2,3-dibrompropyleter)
TBPT	Tris(tribromfenyl)triazin
TCEP	Tris(2-kloretyl)fosfat
TCP	Trikresylfosfat
TCPP	Tris(2-klor-1-metyletyl)fosfat
TDCP	Tris(2-klor-1-(klormetyl)etyl)fosfat
TEE	Temperature exchange equipment, also referred to as cooling and freezing equipment (C&F)
Tensider	Ämnen som sänker ytspänningen genom att de har en fettlös och en vattenlös del i molekylstrukturen.
TetraBDE	Tetrabromdifenyleter. Tillhör gruppen PBDE.
TIDTM	Triisodecyltrimellitat
TINTM	Triisononyltrimellitat
TITDTM	Triisotridecyltrimellitat
TOTM	Trioktyltrimellitat
TPE	Termoplastisk elastomer
TPP	Trifenylfosfat
TPU	Termoplastisk polyuretan
Trimellitater	Trialkyl bensen-1,2,4-trikarboxylat derivat
TTBPTAZ	Tris(tribromfenoxi)triazin
TTBPT	Tris(tribromfenyl)cyanurat
Tvärbindare	Binder ihop polymerer till ett nätverk av kovalenta bindningar.
TXP	Trixylylfosfat
UPE	Omättad polyester (hårdplast)
vPvB	Very persistent and very bioaccumulating. Ett ämne som är mycket svårnedbrytbart (persistent) och som i hög grad lagras i vävnader (bioackumulerande).
Vulkanisering	Process där rågummi och svavel reagerar (tvärbindingar uppstår) och bildar ett elastiskt material.
WEEE	Elavfall (Waste Electrical & Electronic Equipment)
XRF	Röntgenfluorescens (X-ray fluorescence)

Bilaga 1: Problematiska ämnen i plast som hindrar återvinning

För att identifiera problematiska ämnen inom prioriterade produktkategorier har vi använt två metoder som kompletterar varandra. Vi har utgått dels från respektive produktkategori, dels från additiven. Vår bedömning är att detta arbetssätt leder till mer utförlig information av potentiellt problematiska ämnen inom produktkategorierna än om vi enbart hade utgått från respektive produktkategori. Metodiken har använts för mjukgörare, flamskyddsmedel och stabilisatorer. Alla potentiellt problematiska ämnen inom respektive additivkategori som har identifierats inom ramen för projektet finns i Excel-filerna. Om du har problem med tillgängligheten av dessa Excel-filer kan du kontakta Kemikalieinspektionen, kemi@kemi.se.



Figur B1. Metodik för att identifiera potentiellt problematiska mjukgörare, flamskyddsmedel och stabilisatorer inom respektive produktkategori.

Mjukgörare, flamskyddsmedel och stabilisatorer

För att identifiera potentiellt problematiska ämnen i förpackningar och däck utgick vi från tidigare sammanställda listor inom respektive produktkategori (se kapitel 4 och 6). Listorna finns i Excel-filer som du når via länkarna nedan.

[Mjukgörare - Sammanställning av kunskap om mjukgörare som kan hindra återvinning](#)

[Flamskyddsmedel - Sammanställning av kunskap om flamskyddsmedel som kan hindra återvinning](#)

[Stabilisatorer - Sammanställning av kunskap om stabilisatorer som kan hindra återvinning](#)

Förpackningar och däck

[Däck - Sammanställning av kunskap om ämnen i däck som kan hindra återvinning](#)

[Förpackningar - Sammanställning av kunskap om ämnen i förpackningar som kan hindra återvinning](#)

Bilaga 2: Vanliga polymertyper

Akrylnitrilbutadienstyren (ABS) är en termoplast av typen additionspolymer och är känd som en av de vanligaste ingenjörspatserna. Det är också vanligt att den ingår i legeringar med andra polymerer som till exempel PC/ABS. ABS-plast och dess legeringar är vanliga i exempelvis elektronik och fordon.

Polyamid (PA) är en termoplast av typen kondensationspolymer. Det finns flera olika typer av polyamid där PA 6 och PA 66 är de vanligaste.

Polybutentereftalat (PBT) och **polyetentereftalat (PET)** är termoplastiska polyestrar som är kondensationspolymerer. De är bland annat vanliga i elektronik och fordon.

Polyeten (PE) tillhör familjen polyolefiner och är den vanligaste termoplasten. Den förekommer i olika typer beroende på polymerens densitet. Mjuk plast som till exempel plastfolie är av låg densitet (LDPE), hård plast är av hög densitet (HDPE). Egenskaperna hos PE beror på innehåll av sidogrenar, kristallinitet och densitet. Polyeten är exempelvis vanlig som kabelisolering med då ofta som en tvärbunden variant som kallas PEX och som inte är termoplastisk.

Polyfenyleneter (PPE eller PPO) är en termoplast som tillhör polymerfamiljen polyetrar. Den är känd som en plast med mycket hög prestanda som ofta legeras med andra polymerer såsom PA och PBT. PPE används bland annat i elektronik.

Polyfenylensulfid (PPS) är en kristallin termoplast med hög prestanda och används bland annat i applikationer med hög användningstemperatur såsom i hårtorkar eller transformatorer.

Polykarbonat (PC) är en kondensationspolymer som ofta är baserad på BPA. Den är glasklar och används bland annat i bilstrålkastare. Polykarbonat kan flamskyddas reaktivt med TBBPA. PC används ofta i legeringar såsom PC/ABS.

Polymetylmetakrylat (PMMA) är en amorf termoplastisk additionspolymer av familjen polyakrylater. Den kan vara transparent och används bland annat som plastglas, så kallad plexiglas. PMMA har därmed många användningsområden där ljusgenomsläpplighet är viktig såsom i viss elektronik.

Polyoximetylen (POM) är en kristallin termoplastisk kondensationspolymer av familjen acetalplaster.

Polypropen (PP) är en termoplastisk additionspolymer av familjen polyolefiner och är en av de största volymplasterna. Den förekommer i en mängd olika kvalitéer beroende på tillverkningsmetod och inblandning av tillsatser.

Polystyren (PS) är en termoplastisk additionspolymer med många användningsområden, bland annat i förpackningar. PS är dock spröd, men blandas eller co-polymeriseras med en elastomer (butadiengummi) för att öka slagsegheten och ger då ett material som betecknas HIPS. Extruderad polystyren (XPS) används för dess isolerande egenskaper. Expanderad polystyren (EPS) som har expanderats till ett skumlikande material (exempelvis frigolit) används till olika isolerande produkter, bland annat förpackningar och byggnadsmaterial.

Polytetrafluoreten (PTFE) är en termoplastisk additionspolymer av familjen fluorpolymerer. PTFE har utmärkta dielektriska egenskaper och är således utmärkt som isolator i kablar med höga prestandakrav. Polymeren finns även som material i kretskort och som ”antidripping agent” i plast.

Polyuretan (PUR) är en hårdplast av typen kondensationspolymer och anses vara en ingenjörplast. Polymeren är i de flesta fall en reaktionsprodukt av en diisocyanat och en polyol. Diisocyanater är allergiframkallade ämnen och därför sker tillverkningen av PUR under mycket kontrollerade former. PUR kan användas i exempelvis färger och lacker men även vara en mjuk eller hård skumplast med en stor användning i bland annat möbler, i fordon och som isolering. Det finns också en termoplastisk variant av PUR som heter TPU.

Polyvinylklorid (PVC) är en termoplastisk additionspolymer och en av de största volymplasterna. PVC är i grunden en styv plast men kan bli mjuk genom tillsats av mjukgörande ämnen. Plasten har många användningsområden, bland annat i byggsektorn. I elektronik används den idag främst som isolering i kablar.

Styrenakrylnitril (SAN) är en amorf termoplastisk additionspolymer och är en hård och transparent plast. Den används bland annat i olika förpackningar och i elektronik.

Termoplastiska elastomerer (TPE), eller termoelaster, är mjuka termoplaster med hög seghet och förekommer i flera olika former. De vanligaste termoelasterna är TPE-S (styren), TPE-O (olefin), TPE-U (uretan), TPE-E (ester) och TPE-A (amid). Materialen fungerar i de flesta fall som termoplaster och är smältbara till skillnad från gummin. Användningen av TPE-material har ökat då det är ett kostnadseffektivt alternativ till gummi i många applikationer. Exempel på användningar är bland annat i byggprodukter och i fordon.

Kemikalieinspektionen

Box 2, 172 13 Sundbyberg
08-519 41 100

Besöks- och leveransadress

Vasagatan 12 D, 172 67 Sundbyberg

kemi@kemi.se

www.kemikalieinspektionen.se

KEMI
Kemikalieinspektionen