

PVC – den mest problematiske plast af alle



Udarbejdet af Claudia Sick, miljøfaglig vidensansvarlig i Plastic Change
04-11-2024

Vidensartikel

PVC – den mest problematiske plast af alle

PVC, som bruges i alt fra rør, vinduesrammer, kabler, tøj, legetøj og medicinsk udstyr, har i årtier været under debat grundet diverse problemer koblet til især skadelige kemikalier i såvel fremstilling, brug og bortskaffelsen af materialet. Efter årtier med fremskridt fra industriens side, risikerer PVC fortsat at udsætte miljø og befolkning for skadelig kemi i hele dets livscyklus. Fordi der i praksis findes alternativer til stort set alle slags PVC-produkter, er det vores klare anbefaling at udfase PVC helt.

Brugen af PVC.....	2
PVC er en af de mest anvendte men mest problematiske af alle plasttyper.....	2
Danmarks forbrug af PVC	3
Endeligt mere fokus på PVC som særligt problematisk plastiktype	5
Produktionen af PVC	5
Problemet starter allerede ved giftige stoffer til brug i PVC-fremstilling.....	5
Ulykker med og udledning af giftige stoffer fra PVC-produktionen.....	7
Brugsfasen af PVC	9
Kemikalier udgør en særlig risiko under brug af PVC.....	9
Stor opmærksomhed på ftalater – fremgang, men med smuthuller	10
Andre skadelige kemikalier i PVC	11
Alternativerne til ftalater – er problemet så løst?	12
For tidligt fødte spædbørn særligt udsatte over for skadelig PVC-kemi	14
Manglende viden om alternative kemikalier giver smuthuller i lovgivning	15
Bortskaffelsen af PVC	16
Genanvendelse af PVC i Europa – en knap så stor succes	16
PVC-affald kræver særskilt sortering og behandling.....	17
De mange kemikalier i PVC baner vej for kemisk ”genanvendelse”	18
Bortskaffelse af PVC brugt i Danmark – primært forbrænding eller deponi	19
Forsvindende lidt PVC brugt i Danmark bliver reelt genanvendt	20
Forbrænding af PVC forurener luften og skader sundhed	23
Deponi af PVC – mere og mere PVC graves ned i jorden.....	24
Alternativer til PVC	25
Alternativer i bygge- og anlægsbranchen	25
Alternativer hos forbruger-produkter	26
Kilder.....	28

Brugen af PVC

PVC er en af de mest anvendte men mest problematiske af alle plasttyper

PVC er forkortelsen for polyvinylklorid, og kaldes ofte også bare for ”vinyl” i folkemunde – selvom vinyl teknisk set også kan omfatte andre plasttyper f.eks. EVA (ethylen vinylacetat).

PVC er i dag den tredjehyppigst brugte plasttype i verden, næsteften polyethylen (PE) og polypropylen (PP). Produktionen er stigende særligt i bygge- og anlægssektoren, både globalt men også i Danmark med 15 % stigning i PVC forbruget fra 2017 til 2021¹. Populariteten af PVC generelt skyldes primært dets styrke og mulighed for fleksibilitet, som er attraktivt, særligt fordi det er billigt at fremstille (HCWH 2023a). PVC er ifølge PVC Informationsrådet endvidere den mest anvendte plasttype i både bygge-/anlægssektoren og sundhedssektoren, og det mest anvendte materiale til drikkevandsrør i Danmark¹.

Særegent for PVC i forhold til andre plasttyper er indhold af grundstoffet klor. Selvom klor, som sådan er ”naturligt” ligesom alle andre grundstoffer og findes i mange anvendelser (f.eks. bordsalt), så er det den måde klor er kemisk bundet med kulstof i den syntetiske PVC-polymer, som er problematisk. Der er ekstremt giftige klorholdige stoffer, der skal bruges til at fremstille PVC, og der risikerer at dannes giftige klorholdige stoffer ved bortskaffelse af PVC. Dertil skal der bruges særligt mange additiver til fremstilling af et færdigt PVC produkt i forhold til andre plasttyper. For langt størstedelen af kemikalier brugt til plastik – også PVC – kender man ikke den egentlige risiko for miljø og sundhed, og flere af de undersøgte stoffer ved man er problematiske for sundhed og/eller miljø eller mistænkes at være det (Wagner et al. 2024).

PVC var en af de første typer plastik, der blev opfundet (syntetiseret) i midten af 1800-tallet. Det blev dog først rigtig populært kommercielt i starten af 1900-tallet som et alternativ til naturlig gummi. I 1970'erne begyndte forskere at opleve flere tilfælde af leverkræft blandt PVC-fabriksarbejdere, som efter videre undersøgelser blev fastslået skyldtes monomeren vinylklorid – det grundlæggende kemiske stof, som er nødvendigt til fremstilling af al PVC. Efter den tid blev der gjort en del tiltag for at beskytte PVC-arbejdere mod vinylklorid på fabrikkerne, så eksponeringen og risikoen for bl.a. leverkræft reduceredes væsentligt. Fra 1980'erne blev PVC særligt populært i industrien til produktion af bl.a. (vinyl)gulve og rør, og mellem 1980-95 fordobledes brugen af PVC hertil.

I 1990'erne begyndte organisationer at lave kampagner mod PVC i legetøj, med særlig stor fokus på blødgørere i form af ftalater som bruges at fremstille bl.a. blød/fleksibel PVC (HCWH 2023c). Dette fokus skyldtes, at det var blevet videnskabeligt dokumenteret, at mange ftalater er hormonforstyrrende, skadelige for reproduktion og fostre, og giftige for akvatisk liv.

Efter kampagnerne mod ftalater så dagens lys før årtusindeskiftet, begyndte industrien at finde alternativer til blødgørere for de ftalater, der havde særlig fokus (herunder de særligt omtalte ftalater er DEHP, BBP, DBP og DIBP). Substitutionen med alternativer til ftalaterne i form af andre blødgørere skyldtes også, at der politisk blev lavet regulering og i nogle sammenhænge deciderede forbud mod mange ftalater, der blev brugt i bl.a. rigtig mange PVC produkter.

¹ <https://pvc.dk/om-pvc/pvc-i-tal/>

FAKTA-BOKS: Hvor og til hvad bruges PVC?

PVC kan groft opdeles i hård og blød PVC. Hård PVC bruges i alt fra emballage, bilsæder, medicinsk udstyr, legetøj, vinylplader/grammofonplader, kreditkort, lamper og skum i vindmøllevinger. Bygge- og anlægsbranchen står dog for den største brug af PVC, og denne plasttype er den mest anvendte i byggeriet, hvor det bruges til drikkevandsrør, nedløbsrør, afløbssystemer, vinduesrammer, kabelbakker, tagrender, profiler og tagplader, dvs. primært hård PVC.

Blød/fleksibel PVC er tilsat væsentlige mængder bl.a. blødgørende additiver, op mod over halvdelen af produktets vægt. Af eksempler på anvendelser af blød PVC er vinylgulve, kunststoffer (bl.a. kunstig læder), isolering af kabler til el og telekommunikation, diverse medicinsk udstyr f.eks. slanger, blodposer, beholdere til medicin og flydende føde, presenninger, fendere, reklamebannere, tekniske slanger, haveslanger, voksduge, tagfolier, transportbånd, telte, madrasser, sportsudstyr, hoppeborge, badebassiner, oppustelige både, beskyttelsesudstyr mod oversvømmelser, badeforhæng, skotøj og -såler, gummistøvler og regntøj.

Hård PVC udgør 70 % ud af al slags PVC brugt i Europa, dvs. blød PVC udgør 30 % - i Danmark estimeres andelen af blød PVC at være 39 %. Danmarks brug af blød PVC udgør altså en større andel end det europæiske gennemsnit. Den danske bygge- og anlægssektors brug af hård PVC estimeres til over 90 % af den samlede forsyning i Danmark, mens det for blød PVC i samme sektor er ca. 25 %.

Kilder:

<https://plast.dk/det-store-plastleksikon/pvc-polyvinylchlorid/>, <https://www.politico.eu/sponsored-content/why-european-policymakers-shouldnt-listen-to-ngos-in-pvc-matters/>; <https://pvc.dk/om-pvc/pvc-i-tal/>

Miljøstyrelsen, 2022: Kortlægning af forsyning af PVC i Danmark, 2021 - Del af PVC indsatsen 2018-21

Produktionen af PVC på globalt plan estimeres at være 50-55 mio. tons årligt. Kina er den største producent af PVC, der står for næsten halvdelen af den samlede globale produktion. I EU blev der i 2019 fremstillet ca. 6 mio. tons PVC (EU Kommissionen 2022), mens PVC Informationsrådet angiver 3,8 mio. tons. Den store variation i tallene skyldes muligvis, at der er sket en udvikling i EU's PVC produktion de seneste år. Men ud fra disse tal udgør den europæiske PVC-produktion 7-12 % af den globale PVC produktion. I EU regner man med, at der genereres samlet set 2,9 mio. tons PVC affald årligt, hvoraf ca. 83 % er forbruger-affald (post-consumer) – resten er industrielt PVC-affald (pre-consumer), dvs. den mængde affald som skabes ifm. produktionen, som ikke når ud til forbrugere, og som håndteres som industrielt affald (EU Kommissionen 2022).

Danmarks forbrug af PVC

Miljøstyrelsen vurderer i deres PVC-kortlægningsrapporter, at forsyningen af PVC i Danmark var 64.000 tons i 2017 og 73.000 tons i 2020, dvs. en stigning på ca. 15 % over 3 år (Miljøstyrelsen 2018, 2022). Den danske brug af PVC udgør dermed godt 0,1 % af den globale produktion, og ca. 1 % af den europæiske produktion. Den danske forsyning af blød PVC i 2020 er dog formentlig underestimeret pga. den måde det er beregnet på (gennem PVC-afgifter for blød plastik, hvor mindre virksomheders brug af PVC ikke er medregnet), så forsyningen og stigningen er måske endnu større.

Stigningen de seneste år i Danmarks brug af PVC gælder for både hård og blød PVC, særligt ved øget forbrug af diverse rør og rørbeslag (hård PVC) og gulvbelægning, væg- og loftsbeklædning (blød PVC) (Miljøstyrelsen 2022). Gulvbelægning i blød PVC importeres især til Danmark fra Kina (Miljøstyrelsen

2022), hvor produktionsmetoder og brug af kemikalier kan variere væsentligt fra den europæiske PVC produktion.

I 2020 udgjorde forsyningen af hård PVC 61 % og blød PVC 39 % på det danske marked (Miljøstyrelsen 2022). Den proportionelle brug af blød PVC i forhold til al PVC i Danmark overstiger således det europæiske gennemsnit, hvor blød PVC udgør ca. 30 %. Mange produkter i blød PVC er – modsat meget af den hårde PVC som bruges primært i bygge/anlægssektoren - noget forbrugerne er i særlig tæt kontakt med, f.eks. som inventar i boliger, tøj, legetøj, badebassiner og hoppeborge. Således kan man sige, at danskerne er i forholdsvis meget tæt kontakt med blød PVC, og dermed også risikerer at udsættes for en større mængde og variation af kemikalier, som gælder særligt for blød PVC, end en gennemsnitlig europæer. Samtidig lander al den bløde PVC brugt i Danmark på deponi. Af disse grunde bør brugen af PVC have særlig stor politisk bevågenhed i Danmark.

De seneste år er brugen af PVC, såvel blød som hård, i Danmark som nævnt steget, men sådan har det ikke altid været. Fra slut 1990'erne til 2017 vurderes den årlige forsyning af hård PVC i Danmark at være faldet med ca. 25.000 tons, svarende til et fald på ca. 38 % på ca. 20 år (Miljøstyrelsen 2018). Afgifter på visse bløde PVC produkter særligt i kabler, beklædning, tagfolier og kontorartikler har betydet et markant fald i forsyningen i Danmark fra 2000 til 2017 (Miljøstyrelsen 2018). Det viser, at afgifter har været et effektivt middel for at begrænse brugen og finde bedre alternativer. Omvendt ser PVC-afgiften i nyere tid ikke ud til at have haft en effekt, hvor forsyningen de seneste år igen er steget, så afgifter er med al tydelighed i dag ikke tilstrækkeligt. Også i bilsektoren skete et fald i brugen af PVC i samme periode 2000-17, trods at der ikke har været en afgift i denne anvendelse (Miljøstyrelsen 2018). Faldet af brugen af PVC i bilsektoren viser, at det også har stort potentiale til en reduktion af PVC brugen, hvis en branche/sector selv beslutter sig for det. I Danmark var indtil 2018 kun 32 % af produkter i blød PVC pålagt en afgift (Miljøstyrelsen 2018). Mange produkter i blød PVC, hvor additiver typisk udgør en væsentlig del af produktet, er nogle som forbrugerne er i tæt og ofte daglig kontakt med, herunder inventar i biler, støvler og regntøj, legetøj, bade- og soppebassiner, hoppeborge, møbler og medicinsk udstyr (Miljøstyrelsen 2018).

Det går således den forkerte vej i Danmark i forhold til at reducere vores forbrug af PVC, som ellers var en del af Regeringens PVC-indsats for 2018-21, hvor substitution har været et af målene². Det er i sig selv problematisk, da vi vores forbrug af en af de mest skadelige plasttyper stiger. At PVC efter industriens årelange tiltag betyder, at PVC i dag ikke bruger skadelig kemi i forbindelse med fremstilling, eller at PVC ikke længere indeholder skadelige additiver, er ikke rigtigt. Og at PVC er i front med hensyn til genanvendelse er heller ikke sandt. Men fortællingen herom har muligvis været medvirkende til, at PVC forbruget i Danmark er steget de seneste år. Det er i den forbindelse problematisk, at kommunikationen fra industriens side omkring genanvendelse fokuserer på en meget bestemt PVC-affaldsfraktion, hvor genanvendelsen er højest, hvilket giver et misvisende billede af den reelle genanvendelse af PVC generelt, særligt når det kommer til PVC forbrugt i Danmark, og også når der sammenlignes med andre plasttyper generelt. Genanvendelsen af hård PVC brugt i Danmark risikerer reelt at være mindre end 5 %, dvs. langt fra de 35 % (PVC bygge-affald i EU) som oftest fremhæves af industrien. En væsentlig del af hårdt PVC-affald vurderes at lande utilsigtet i danske forbrændingsanlæg eller alternativt forblive nedgravet som aflagte rør eller andet byggeaffald, hvilket også er særligt problematisk grundet PVCs høje indhold af klor og additiver. Endeligt ryger stort set al blød PVC i Danmark på deponi i jorden (læs mere herom i senere afsnit).

² <https://mst.dk/erhverv/sikker-kemi/kemikalier/regler-og-handlingsplaner/handlingsplaner-for-kemikalieomraadet/pvc-indsats-2018-2022>

Endeligt mere fokus på PVC som særligt problematisk plastiktype

Allerede tilbage i 1970-80'erne var der fokus på PVCs problematiske egenskaber, dengang med fokus på bedre og sikrere arbejdsforhold for fabriksarbejderne med beskyttelse fra direkte eksponering mod vinylklorid, og sidenhen i 1990erne fokus på brugen af ftalater i PVC med erstatning med andre alternative blødgørere. Herefter blev der ikke gjort mere væsentligt politisk for at begrænse brugen af PVC i sig selv som problematisk plastpolymer, da de mest oplagte og kritiske problematikker blev anset som værende løst – og det er stadig den fortælling industrien har omkring PVC generelt. Men de seneste par år er PVC som polymer igen kommet i større fokus både i Europa³ og USA⁴, da der fortsat - trods industrielle fremskridt – er flere problematikker forbundet direkte med særligt PVC som plastpolymer i hele dets livscyklus – fra produktion, til brug og bortskaffelse.

På globalt plan er problematiske kemikalier og syntetiske polymerer også kommet i fokus. I forbindelse med FNs Plastiktraktat diskuteres og forhandles, hvordan et evt. forbud eller begrænsninger på problematiske polymerer og kemikalier kan se ud, f.eks. i form af en positiv eller negativ liste. I den forbindelse tales der om et nyt begreb, der retter sig mod selve de syntetiske polymerer, ”polymers of concern”, ligesom vi i kemikalielovgivningen kender det fra ”chemicals of concern” i form af særligt problematiske stoffer (SVHC) på kandidatlisten i EU's kemikalielovgivning REACH. I den ambitiøse ende af spektret i en global aftale vil bestemte polymerer, f.eks. PVC som værende en af de mest problematiske plastpolymerer af alle, og bestemte additiver blive forbudt fra en bestemt dato. I den anden – uambitiøse – ende af spektret kan det i den endelige globale aftale formuleres i form af en vejledning til, hvordan man kan undlade at bruge visse kemikalier og polymerer og lade det være op til medlemslandene at finde ud af, hvordan det skal eksekveres.

Også i dansk regi har PVC politisk været i søgelyset de sidste årtier. Allerede i 1999 lavede det daværende Miljø- og Energiministeriet en strategi for PVC-området, som førte til bl.a. afgifter på PVC produkter, forbud mod bly som stabilisator i PVC, udfasning af ftalater, og udviklingsprojekter til substitution. I Regeringens plastikhandleplan fra 2018 (Miljø- og Fødevareministeriet 2018) var en målsætning ”Kortlægning af PVC produkter på det danske marked og substitutionsmuligheder”, hvor der også skulle kortlægges graden af genanvendelse og mulighederne for substitution med andre plastiktyper. Allerede i november 2018 udkom Miljøstyrelsen med rapporten ”Kortlægning af PVC i Danmark 2018”, og godt tre år efter blev den opfulgt af en ny rapport med nyeste tal fra 2020 for den danske PVC forsyning.

Produktionen af PVC

Problemet starter allerede ved giftige stoffer til brug i PVC-fremstilling

Der er to ”ruter” til at fremstille PVC – ethylen-ruten (olie/gas baseret) og acetylene-ruten (kul baseret). Sidstnævnte bliver især brugt i Kina's PVC-produktion, mens ethylen-ruten er mest anvendt de fleste andre steder. De to ”ruter” varierer således både i hvilket fossil råstof, der bruges som basen i PVC, men også i hvilke stoffer der skal bruges i forbindelse med fremstillingen. Fælles for begge

³ <https://eeb.org/join-ngos-in-calling-the-european-union-to-ban-the-harmful-plastic-polyvinyl-chloride/>

⁴ <https://toxicfreefuture.org/press-room/epa-proposes-designating-vinyl-chloride-as-a-high-priority-chemical-40-years-after-it-was-declared-cancerous/>

ruter, og dermed al PVC produktion, er dog afhængigheden af det særligt giftige stof vinylklorid. Ethylen klorid, asbest, kviksølv og PFAS er andre giftige stoffer, der bruges i PVC fremstillingen.

Ethylen-ruten til fremstilling af PVC

Som det allerførste skridt i produktionen af PVC via ethylen-ruten, skal der bruges to grundlæggende stoffer – ethylen og klor. Ved kemisk kombination af ethylen og klor fremstilles ethylene dichloride (forkortes EDC), som dernæst kan omdannes til monomeren vinylklorid (VCM). Vinylklorid kan ved en polymeriseringsproces dernæst skabe polymeren PVC. I PVC-polymeren/resinet (uden additiver) udgør ethylen 43 % og klor 57 %⁵.

Til et færdigt PVC produkt sat på markedet tilsættes til PVC-polymeren en lang række additiver for at materialet/produktet opnår de ønskede egenskaber og funktioner til den specifikke anvendelse. Hyppigt anvendte additiver til PVC er blødgørere, stabilisatorer, fyldstoffer og pigmenter, men også flammehæmmere og smøremidler tilsættes (HCWH 2023a). Additiverne kan i sig selv udgøre op til 70% (særligt blødgørere) af det færdige PVC-produkts vægt (Wagner et al. 2024), hvilket er langt mere end andre plasttyper – men det afhænger af det enkelte produkt, hvor meget hhv. polymer og additiver udgør i det færdige produkt.

Ethylen fremstilles ved krakning af naphta. Naphta fremstilles som regel fra råolie eller gas fra undergrunden. Ethylen er i sig selv ikke et giftigt stof, men problemet er, at det primært i dag fremstilles af fossile råstoffer – om end det også er muligt at fremstille af biobaserede ressourcer ligesom det gælder for andre slags plasttyper. Ethylen bruges også i andre plasttyper såsom polyethylen (PE), og dermed ikke særegent for PVC.

Klor fremstilles fra almindelig salt (natriumklorid, NaCl), som udvindes fra saltvandsbassiner (engelsk: brine). Via elektrolyse af salten skilles grundstofferne natrium og klor ad. Til elektrolyse-processen til klor-fremstilling findes grundlæggende tre metoder: Kviksølv processer, diaphragm processer, og membran-processer. Kviksølv-processerne er den mest oprindelige metode, men er udfaset de fleste steder i EU. Enkelte PVC virksomheder, der bruger kviksølv-processer, findes dog stadig i Europa (HCWH 2023b). Kviksølv er ekstremt problematisk og giftigt. Diaphragm processerne, der bruger asbest-indholdene celler, er den mest anvendte metode i USA, men er generelt udfaset i EU pga. asbest-forbud siden 2017. USA har dog helt nyligt (2024) også forbudt brugen af asbest, så forventes at udfases de i kommende år. Membran-processerne er den nyest udviklede metode og bruger enten asbest- eller PFAS-belagte membraner (asbest-membraner skal dog udfases pga. ny lovgivning). Membran-processerne er særligt energi-krævende (HCWH 2023a). Membran-processer med PFAS-belagte membraner (f.eks. PFAS-grupperne PFSA, PTFE og PFCA) er i dag den mest anvendte i Europa. Fra diaphragm og membran processer skabes solidt affald, når diaphragmer og membraner udskiftes. De lander typisk på deponi og indeholder enten kræftfremkaldende asbest eller PFAS, som er persistent i miljøet og sundhedsskadeligt (HCWH 2023a). Da klor også bruges i andre sammenhænge end PVC, så kan det ikke siges at være særegent for PVC. Men i og med at PVC den eneste plasttype, hvor klor er en central kemisk bestanddel, og sågar udgør en væsentlig del af polymeren (57 % af PVC-resinet), adskiller PVC sig væsentligt fra alle andre plasttyper alene grundet klor-indholdet, og det er problematisk fordi produktionen af klor benytter sig af skadelige stoffer som kviksølv, asbest eller PFAS. Det store indhold af klor giver endvidere problemer i bortskaffelsen af PVC, hvilket er en af årsagerne til at PVC skal sorteres særskilt (se senere afsnit).

Ethylen dichlorid (EDC), som fremkommer ved kemisk kombination af ethylen og klor, er et af de stoffer som skal bruges i fremstilling af PVC og ”forstadiet” (for de tre metoder der bruger ”ethylen-

⁵ <https://pvc.dk/om-pvc/pvc-i-tal/>

ruten”) til monomeren vinylklorid, som er PVCs grundbyggesten. EDC er et giftigt kemikalie og meget brandbart. Ved eksponering giver det akutte skader på centralnervesystemet, lever, nyrer, luftveje, og forstyrrer hjerterytme. Det formodes endvidere at være kræftfremkaldende (HCWH 2023a). I produktionen af EDC genereres også farlige biprodukter. Over 1800 tons farligt affald med indhold af diverse gifte klor-forbindelser fra den årlige EDC produktion i USA blev transporteret rundt til bortskaffelse. Det meste farlige affald i USA afbrændes i forbrændingsanlæg og cementovne (HCWH 2023a).

Acetylen-ruten til fremstilling af PVC

En anden måde at fremstille PVC på, som adskiller sig grundlæggende fra kombinationen af ethylen og klor beskrevet ovenfor, er via acetylene-”ruten”. Denne metode er særegen ved brug af kul som råstof, og metoden bruges især i Kina’s PVC produktion. Danmark importerer større mængder bl.a. vinylgulvbelægninger fra Kina (Miljøstyrelsen 2022). Med metoden fremstilles stoffet acetylene fra calciumkarbid (også brugt som kunstgødningsmiddel), der dannes fra kul og kalksten. Acetylene og saltsyre (HCl) kombineres over en kviksølv-klor-katalysator og danner vinylklorid (VCM), som skal bruges til fremstilling af al PVC. Metoden resulterer i stort udslip af skadeligt kviksølv, og udvindingen af kul til fremstilling af acetylene er desuden også skadelig for miljø og sundhed (HCWH 2023a).

Vinylklorid – den giftige byggesten til al PVC

Uanset hvilken ”rute” der bruges til fremstilling af PVC, er monomeren **vinylklorid** (forkortes VCM) et nødvendigt sidste forstadie til fremstilling af al PVC. Ved polymerisering af VCM dannes den syntetiske plastpolymer PVC. VCM er giftigt og på EUs kandidatliste af særligt problematiske stoffer (SVHC). Stoffet er desuden meget brandbart og særligt giftigt. Ved eksponering giver det akutte skader på centralnervesystemet, lever og nyrer, mens det også giver kroniske skader på nyrer og lunger. VCM er endvidere dokumenteret kræftfremkaldende i bl.a. lever, lunger, hjerne, lymfe og blod. (HCWH 2023a).

Ulykker med og udledning af giftige stoffer fra PVC-produktionen

Selvom der fra industriens side er gjort en del for at mindske den direkte eksponering af giftige kemikalier, særligt vinylklorid (VCM), på fabrikkerne, så sker der stadig udledning til luften – også i Europa. I perioden 2012-16 udledte 34 EU-virksomheder VCM (HCWH 2023b). I USA udledte to VCM fabrikker i Texas og New Jersey samlet set ca. 28 tons VCM til luften i 2022, foruden at udlede estimeret ca. 3,3 mio. tons drivhusgasser samme år. De to amerikanske fabrikker har desuden overtrådt flere nationale lovgivningskrav de seneste år⁶. Og fra franske fabrikker er der registreret udledning fra fabrikker med VCM (s. 11 i Break Free From Plastic et al. 2024). Når ethylen dichlorid (EDC) også tages med, så udledes til luften i USA hvert år godt 180 tons EDC og VCM. I Europa for ca. 20 år tilbage (nyere data og tal kan ikke findes) udledtes det dobbelte, dvs. godt 360 tons EDC og VCM. (HCWH 2023a). Så selvom fabriksarbejderne nu er langt mere beskyttet mod direkte eksponering fra disse giftige kemikalier under produktionen, så udsættes de omkringliggende samfund, hvor produktion af PVC og de stoffer der skal bruges hertil foregår, stadig for de giftige kemikalier via luftforurening.

Giftige kemikalier til PVC-produktionen såsom EDC og VCM kan desuden udgøre en stor reel miljøforurenings- og sundhedsfare under transport. Ganske nyligt i februar 2023 skete en togafsporing i det østlige Ohio i USA, hvor fem vogne med ca. 435.000 liter (400 tons) VCM forulykkede og gik i

⁶ <https://toxicfreefuture.org/research/toxic-cargo/key-findings/>

flammer. Kemikalierne i disse vogne blev nødt til at blive brændt bevidst for at undgå ukontrollerede eksplosioner, hvilket var en kæmpe miljø- og sundhedskatastrofe med stor lokal forurening (HCWH 2023a, ⁷). Det estimeres, at ca. 16.330 tons VCM fordelt i 200 vogne er i transport på amerikanske togbaner på ethvert givent tidspunkt ud mellem 16 amerikanske PVC producenter – risikoen for fremtidige ulykker med dette giftige kemikalie er dermed langt fra ubetydelig⁷. I den amerikanske togtransport af VCM, estimeres endvidere, at op til 3 mio. mennesker fra Texas til New Jersey er i direkte sundhedsrisiko ved potentielle transportulykker, idet myndighederne anbefaler en akut evakueringsafstand på godt 1,5 km. i alle retninger fra ulykkesstedet⁷.

Risiko for ulykker med giftige kemikalier til PVC-produktionen er også til stede i Europa, også selvom det europæiske kemikalieagentur ECHA vurderer, at der ingen bekymring er herfor (ECHA 2023, inkl. appendix A & B). ECHAs vurdering om risici skyldes, at de antager, at den største risiko for eksponering/ulykker er under vedligehold på fabrikkerne, og at transporten af de giftige stoffer mellem fabrikker sker via rørsystemer. Disse antagelser kan der sættes spørgsmålstejn ved, idet EDC og VCM også i dag jævnlige transporteres med tog mellem fabrikker gennem tætbefolkede områder f.eks. mellem INOVYNs fabrikker i Belgien, Tyskland og Spanien. Tilbage i 2005 skete en togafsporing med fem togvogne fyldt med 700 tons klor-gas i Sverige lidt syd for Göteborg, og det franske miljøministerium har endvidere registreret, at der siden 2007 er sket 14 ulykker med VCM, hvoraf nogle har betydet flere tons VCM udledt til luften (flere kilder på s. 11 i Break Free From Plastic et al. 2024). Ulykker på kemi-producerende fabrikker sker, også i Europa i dag: Mellem 2010 og 2021 estimeres at over 17 mio. kg. Giftige kemikalier blev udledt til miljøet på grund af ulykker i Belgien, Holland og Tyskland alene. Inovyn i Belgien, som producerer PVC og stoffer hertil, er den virksomhed med den største effekt grundet utilsigtede udledninger (Planet Tracker 2023). Selvom ulykker aldrig er tilsigtede, så skal produktion og transporten af alle de nødvendige stoffer (herunder forløbere til det endelige produkt), særligt de giftige, naturligvis også tages i betragtning i PVCs samlede miljø- og sundhedsrisiko.

Mens produktionen af PVC adskiller sig på nogle punkter mellem Europa og USA (f.eks. hvor USA primært bruger asbest-belagte celler og Europa primært PFAS-belagte celler) er det europæiske forbrug af PVC er ikke et lukket system, og der sker væsentlig import af PVC fra lande uden for EU. PVC-Informationsrådet i Danmark angiver, at der importeres 500.000 tons PVC ud af et samlet årligt forbrug på 4,3 mio. tons (<https://pvc.dk/om-pvc/pvc-i-tal/>). PVC-importen fra bl.a. USA, Mexico, Egypten, Sydkorea og Taiwan udgør altså ca. 12 % af Europas PVC-forbrug. PVC produceret i disse lande bruger ofte andre produktionsmetoder og har andre og mindre strikse kemikalie-lovgivninger end hvad der gør sig gældende i Europa. Så trods Europa kan bryste sig med at have verdens mest ambitiøse rammer for brug af kemikalier, og i produktionen primært benytter sig af de mest fremskredne teknologier, som ikke bruger eller udleder kviksølv eller asbest (men dog i stedet PFAS), så bruger vi europæere alligevel PVC, der er produceret på andre problematiske måder - USA bruger eksempelvis fortsat især produktionsmetoder med brug af asbest.

⁷ <https://e360.yale.edu/features/pvc-plastic-un-treaty>

Brugsfasen af PVC

Kemikalier udgør en særlig risiko under brug af PVC

PVC er den plasttype (sammen med PUR), der generelt indeholder flest additiver, både i mængde/vægt og antal kemikalier, hvorfor risikoen for eksponering af potentielt skadelig kemi under brugsfasen af plastprodukter er særlig stor ved netop PVC plast i forhold til andre plasttyper. I blød PVC kan additiver udgøre op til 70 % af PVC produktets vægt (Wagner et al. 2024). Der findes samtidig et stort antal forskellige kemikalier i særligt PVC i forhold til andre plasttyper – op til mere end 1200 forskellige identificerbare kemikalier i PVC produkter (Zimmermann et al. 2021). Dette omfatter ikke kun de stoffer, der bliver bevidst tilsat som additiv til plastpolymeren, men også stoffer der opstår i materialet som kemiske reaktioner (NIAS – Non-Intentionally Added Substances). Forskning viser ligeledes, at ud fra et kemikalie-perspektiv ligger PVC i toppen af de mest problematiske plastpolymerer, når det kommer til cellegiftighed og hormonforstyrrende effekter (bl.a. Zimmermann et al. 2021). Alene på grundlag af mængden af kemikalier er PVC, alt andet lige, fortsat den mest skadelige af alle plasttyper, også efter at reguleringer mod skadelige kemikalier er trådt i kraft og substitueret med andre stoffer (Lithner et al. 2011, Zimmermann et al. 2019).

Additiver i PVC omfatter mange hundrede forskellige kemikalier, der kan kategoriseres i forskellige kemikalie-grupper, særligt blødgørere (primære og sekundære; på engelsk plasticizers), stabilisatorer (primær og sekundær/co) og pigmenter, men også antioxidant, fyldstoffer, flammehæmmere og evt. biocider (Miljøstyrelsen 2018). Ftalater hører til under blødgørerne og har været hyppigt anvendt især i PVC (men bruges også til en vis grad i andre plasttyper) (EU Kommissionen 2022). Ftalater er nok den gruppe af stoffer, som har fået mest opmærksomhed, når det kommer til PVC, fordi der længe har været dokumenteret skadelige effekter, hvorfor der nu også er regulering og forbud mod brugen af mange af ftalater, men ikke blødgørere generelt.

De fleste additiver i plastik, herunder PVC, er ikke kemisk bundet til selve polymeren, hvorved stofferne nemmere migrerer ud af materialet, hvor miljø og mennesker kommer i løbende og direkte kontakt med kemikalierne gennem luft, føde- og drikkevarer og hudkontakt. Hvor hurtigt og nemt de forskellige additiver migrerer ud af plasten, afhænger af mange forskellige faktorer, herunder det enkelte stofs opløselighed i polymer-strukturen, stoffets molekylære størrelse, typen og koncentrationen af stoffet i plasten, samt temperaturen (EU Kommissionen 2022). Jo flere additiver, der er i plasten, jo større risiko for migration ud i miljø og ind i kroppe vil der alt andet lige være.

Selvom additiver findes i alle slags plasttyper, afhængig af det enkelte produkt, udgør PVC, grundet det høje indhold af kemikalier i netop denne plasttype og grundet udbredelsen af plasttypen som den tredje-mest anvendte af alle, dog stadig en væsentlig kilde til den samlede eksponering og risiko fra skadelig kemi under brugsfasen. Det omfatter både de kemikalier, vi allerede kender skadeseffekterne for, men også for de rigtig mange kemikalier, vi stadig mangler viden for og egentlig risikovurdering af. Risikoen for at blive udsat for skadelig kemi er kort sagt særligt stor ved brugen af PVC produkter i forhold til andre plasttyper.

Forskning understøtter at PVC ligger i toppen af de mest giftige plasttyper (Zimmermann et al. 2021). I et studie fra 2019 blev 34 forskellige forbruger-plastprodukter (hhv. med og uden fødevarekontakt), formodentligt købt i EU og lavet af forskellige typer plastpolymerer, herunder PVC, testet for generel giftighed, oxidativ stress og hormonforstyrrende effekter. Studiet blev udført efter diverse EU reguleringer mod bl.a. ftalater var trådt i kraft, hvorfor de testede produkter må formodes at være lovlige og fortsat på markedet i dag. Samtlige af de fire testede PVC-produkter scorede højt på generel

giftighed, oxidativ stress og/eller hormonforstyrrende effekter (både på mandligt og kvindeligt hormon), mens for de andre typer plastik var resultaterne mere blandede afhængig af det enkelte produkt - og flere produkter af andre plasttyper end PVC var helt uden eller lavere værdier af skadelige effekter forårsaget af additiverne. Selv et PVC-fødevarekontaktmateriale (plastfilm) scorede højest på giftighed af samtlige 20 testede fødevarekontaktmaterialer blandt 8 forskellige plasttyper (HDPE, LDPE, PS, PP, PET, PUR, PLA og PVC) (Zimmermann et al. 2019). Fundene i dette studie, hvor PVC og PUR med hensyn til additiver var de to mest problematiske og "giftigste" plastpolymerer er støttet af andre studier, der også peger på PVC som mest skadeligt over for forskelligt akvatisk liv forårsaget af kemikalier, der lækker fra plasten (Lithner et al. 2009+2012, Bejgarn et al. 2015, Li et al. 2016).

Monomereren vinylklorid (VCM), som er et nødvendigt, og særligt giftigt, kemikalie til fremstilling af PVC (beskrevet i tidligere afsnit), uanset hvilken fremstillingsmetode der anvendes, kan teoretisk set frigives fra PVC i takt med at materialet langsomt nedbrydes – og dermed udgøre en risiko under brugsfasen af PVC. Konkret viden og forskning herom er dog ikke at finde umiddelbart, men det kan være en bekymring, ligesom det er bekymring at BPA, som også er dokumenteret skadeligt og den grundlæggende monomer til fremstilling af plastpolymeren polycarbonat, risikerer at frigives fra denne type plast⁸.

Stor opmærksomhed på ftalater – fremgang, men med smuthuller

Særligt ftalaterne har været i stor fokus, fordi forskning har vist mange forskellige skades effekter på både miljø og mennesker. Ftalater hører til under blødgørere, som er hyppigt anvendt i særligt PVC, men bruges også til en vis grad i andre plasttype.

Mange ftalater er dokumenterede hormonforstyrrende, skadelige for reproduktion, skader fostre, forårsager astma og luftvejsproblemer, og/eller er meget giftige for akvatisk liv, både akut og på længere sigt⁹. Enkelte ftalater er også under mistanke for at være kræftfremkaldende, mens nogle er under vurdering for at være et PBT stof (persistente, bioakkumulerende og toksiske). Af den grund er mange ftalater blevet reguleret i EU, og i alt er 14 ftalater nu på REACH Autorisationslisten, hvor stofferne som udgangspunkt efter en bestemt dato er forbudt i mange (men ikke alle) anvendelser. Virksomheder kan da ansøge om kemikaliernes fortsatte brug, hvis det er under helt kontrollerede forhold, at der ingen bedre alternativer er, og at fordelene ved brugen overstiger risici ved skades effekterne.

Efter kampagnerne mod og øgede fokus på ftalater i 1990'erne i bl.a. blød PVC legetøj, begyndte industrien at finde alternativer til blødgørere for de ftalater, der havde særlig fokus (herunder særligt omtalt ftalaten DEHP), og politisk blev der også lavet regulering mod fire ftalater (DEHP, BBP, DBP, DIBP), der blev brugt i primært PVC-produkter f.eks. kabler, udendørs reklameskilte og medicinsk udstyr. De anses som særligt problematiske stoffer (SVCH) under EU's kemikalielovgivning REACH, fordi de er hormonforstyrrende og skadelig for reproduktion. Disse fire ftalater har således siden februar 2015 i EU kun måtte bruges med særlig tilladelse¹⁰.

Siden 1999 har seks ftalater DEHP, BBP, DBP, DIDP, DNOP og DINP været forbudte i EU i legetøj, og i 2007 gjaldt forbuddet for samme seks ftalater også i småbørnsartikler med oral eksponering. Først i 2018 blev DIBP, som har lignende skades effekter, tilføjet til forbudslisten i legetøj og småbørnsartikler med oral eksponering. Især legetøj kan være lavet af PVC. Fire af disse ftalater (DEHP, BBP, DBP,

⁸ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9441614/>

⁹ <https://echa.europa.eu/da/hot-topics/phthalates>

¹⁰ <https://plast.dk/det-store-plastleksikon/dehp-ftalat/>

DIBP) har endvidere siden 2019 i EU været forbudt i visse elektronisk udstyr, men hvis de elektroniske produkter i f.eks. medicinsk udstyr og kontrolinstrumenter med indhold af disse ftalater er blevet sat på markedet inden juli 2021 er de stadig lovlige¹¹.

Danmark foreslog i 2017 en klassificering af DINP som reproduktionstoksisk. En sådan klassificering ville kunne initiere en proces under REACH i forhold til udfasning af stoffet, hvis alternativer er tilgængelige, men Udvalget for Risikovurdering (RAC) under REACH vurderede, at der ikke var basis for en sådan klassificering (Miljøstyrelsen 2018).

Siden juli 2020 har de fire ftalater DEHP, DBP, DIBP and BBP også været regulerede i EU, f.eks. i svømmevinger, gulve og fodtøj, som alle kan være lavet af PVC. Man regner med at denne regulering alene betyder, at 2000 færre drenge (som især er udsatte over for ftalaternes hormonforstyrrende effekt) hvert år undgår fertilitetsproblemer senere i livet. I november 2021 blev reguleringen for de fire ftalater pga. deres hormonforstyrrende egenskaber (foruden andre skadelige effekter på sundhed og miljø) skærpet, sådan at der i dag også kræves autorisation fra Kommissionen i anvendelser der tidligere var undtaget, f.eks. i fødevarekontaktmaterialer og medicinsk udstyr (gældende for DEHP) samt indpakning til medicinske produkter (gældende for DEHP, DBP og BBP)¹¹. Produkter i disse anvendelser, især i medicinalbranchen, fremstilles især af PVC. Det var meningen, at udfasningen af DEHP i medicinsk udstyr skulle ske senest i 2025, men i 2023 forlængede man transitionsperioden med 5 år mere til 2030¹².

Ftalater, der stadig er fuldt lovlige at bruge i alle anvendelser, også legetøj og småbørnsartikler, og som bruges i PVC produkter, er DMP og DEP (HCWH 2023d). Nogle studier viser også indikation af skadeseffekter af disse stoffer (Chi et al. 2021).

Ovenstående gennemgang af ftalaterne alene viser med al tydelighed, at forbud og udfasning mod skadelige stoffer tager lang tid, og at flere stoffer hele tiden tilføjes løbende på listen over skadelige stoffer i takt med at vi bliver klogere, når og såfremt der er tilstrækkelige ressourcer til at undersøge stofferne videnskabeligt – og at krav om udfasningerne bliver udskudt. Forskningen kan ikke følge med i industriens store brug af forskellige kemikalier, og dermed fortsætter vi med at udsættes for skadelig kemi, særligt over for materialer som indeholder høje mængder af forskellige kemikalier – og det gør sig netop gældende i særlig høj grad for PVC. Et relevant spørgsmål, der altid gør sig gældende, når nogle stoffer udfases, er hvad de substitueres med – se senere afsnit.

Scip-databasen¹³ er et værktøj fra EU's Kemikalieagentur ECHA til at søge på bestemte produkter og deres eventuelle indhold ftalater, som er på REACH kandidatlisten over særligt problematiske stoffer (SVHC). Det er nemlig lovpligtigt siden 2021 jf. EU's Affaldsrammedirektiv for fremstillere, importører og distributører at notificere i databasen omkring produkters indhold af disse særligt problematiske ftalater.

Andre skadelige kemikalier i PVC

Stabilisatorer, som også anvendes som additiver i PVC, omfatter typisk bly, cadmium, calcium/zink og organotiner. Bly og cadmium (primære stabilisatorer), som begge er særligt problematiske, er i EU og andre lande blevet forbudte, men er stadig lovlige i visse verdensdele (HCWH 2023a). Substitutionsstoffer for bly og cadmium er barium, zink, calcium, magnesium, kalium og organotiner.

¹¹ <https://echa.europa.eu/da/hot-topics/phthalates>

¹² https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ%3AL_202302482

¹³ <https://echa.europa.eu/da/scip-database>

Flere organotin-stabilisatorer er nu også blevet forbudte, mens andre anvendte stabilisatorer har mistænkte problematiske sundhedsegenskaber og er under evaluering under REACH, sammen med flere andre stoffer der anvendes som co-stabilisatorer og UV-stabilisatorer (Miljøstyrelsen 2018). I nogle lande uden for Europa er bly og cadmium blevet erstattet med organotiner, som også er problematiske¹⁴.

Organotiner er en gruppe af særligt problematiske stoffer, som bruges som additiver til at øge holdbarheden af PVC produkter. Stofferne anvendes særligt i USA, men findes også f.eks. pilleemballage i Europa. Stofferne er neurotoksiske, forstyrrer reproduktion og immunsystemet. De er regulerede i Europa i legetøj, og de er også forbudte at bruge i skibsmaling, da det kan ændre kønnet hos marine organismer. Risiko for at blive udsat for stofferne er særlig stor blandt arbejdere i genanvendelsesindustrien¹⁴. Fordi PVC produceret før forbud mod bly som stabilisator trådte i kraft og "gamle" PVC-produkter med indhold af bly, men også nu forbudte ftalater og andre stoffer dermed stadig kan findes i brug i samfundet og løbende sorteres til genanvendelse, har det været forbudt at genanvende hård PVC i Danmark helt indtil 2023. Den danske særregel om forbud mod anvendelse af blyholdigt PVC-affald blev dog nyligt i 2023 ophævet pga. nye EU-regler^{15 16}.

Flammehæmmere er også en gruppe af stoffer, der bruges i PVC, som er væsentlig at nævne (om end det ikke er særegent for PVC) grundet dokumenterede skades effekter. En række af stoffer, som kan anvendes som flammehæmmere i PVC produkter, særligt kabler og PVC skum, er klassificerede som reproduktionstoksiske eller kræftfremkaldende og er på Kandidatlisten over særligt problematiske stoffer (SVHC stoffer) eller er under evaluering under REACH (Miljøstyrelsen 2018).

Vi kan alle udsættes direkte for disse skadelige additiver i vores hjem og hverdag, f.eks. hvis vi har PVC produkter som vinylgulve, tapeter og legetøj i hjemmene, hvorfra der sker afgasning af kemikalierne. Det er også en bekymring, at PVC-rør potentielt afgiver skadelig kemi til drikkevand og mere end rør i andre materialer (Wu et al. 2023), også selvom gældende lovgivning og grænseværdier - naturligvis – bliver overholdt. Det ses, i takt med at målemetoder bliver bedre og man får mere viden om enkelte stoffers skadelige effekt, at man løbende ændrer lovgivning og grænseværdier, f.eks. som det ganske nyligt er sket med BPA. Her har Den Europæiske Fødevarer sikkerhedsautoritet (EFSA) i 2023 sænket grænseværdier på det tolerable daglige indtag (TDI) med faktor 20.000, ni år efter den første grænseværdi blev sat¹⁷.

Alternativerne til ftalater – er problemet så løst?

I takt med at flere ftalater blev dokumenteret skadelige og herefter regulerede i EU og USA, fremkom naturligt et behov for at erstatte med andre typer blødgørere, som ikke er ftalater. For PVC var substitutioner for ftalater f.eks. relevant i medicinsk udstyr men også mange andre produktgrupper som blev "ramt" af ftalat-forbuddene. Tanken bag reguleringerne var selvfølgelig at erstatte med ikke-skadelige blødgørere for på den måde at løse problemet med skades effekterne fra ftalaterne. Et åbent spørgsmål er så, om vi nu er helt fri for skadelig kemi i PVC. Groft set ved vi det ikke, da de fleste alternative kemikalier, der nu bruges som erstatning, ikke er undersøgt til bunds videnskabeligt og vurderet for risici og skades effekter på samme måde som ftalaterne. Vi har formodentlig erstattet med

¹⁴ <https://e360.yale.edu/features/pvc-plastic-un-treaty>

¹⁵ <https://wuppi.dk/hvad-siger-eu-forordning-bly/>

¹⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R0923>

¹⁷ <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/ful/10.2903/j.efsa.2023.e211015>

nogle mindre skadelige stoffer end de velkendte ftalater, men det er ikke ensbetydende med, at vi har løst problemet med skadelig kemi i PVC helt.

Et helt centralt problem med udfasningen af skadelige kemikalier fra bl.a. PVC, er manglen på viden omkring de alternativer, som bruges i stedet som substitution for de forbudte ftalater. De mest kendte/omtalte af disse blødgørere-alternativer, som i dag bruges i bl.a. medicinsk PVC-udstyr, i bl.a. Europa og USA, er stofferne ATBC, TOTM, DEHT, DINCH og DEHA. Ingen af disse alternative blødgørere er regulerede og kan således bruges frit. TOTM og DEHA er pt. under en stofvurderingsproces i EU (CoRAP).

DINCH, DEHA og DEHT bruges som erstatnings-blødgørere i fødevareemballage af bl.a. PVC, og DEHT er fundet i høje koncentrationer i forskellig fast-food mad i et nyligt amerikansk studie fra 2021. I samme studie blev nu forbudte ftalater (f.eks. det mest omtalte DEHP) i øvrigt og interessant også dokumenteret i 70 % af mad-prøverne. Fundet af forbudte ftalater og lovlige alternative blødgørere formodes at stamme fra de vinyl-handsker (dvs. fremstillet af PVC) som de undersøgte fastfood-restauranter brugte til at håndtere maden, idet samme kemikalier også fandtes i vinyl-handskerne selv. Både dette og tidligere studier finder altså, at der sker en betydelig lækage og migration af PVC additiver til fødevarer (Edwards et al. 2021, Tsumura et al. 2001), og denne problematik er også særligt relevant i medicinsk udstyr og andre produkter af PVC, som mennesker er i tæt kontakt med.

Beklageligvis er der langt mindre forskning og viden om disse konkrete stoffer, og samtlige af de fem alternative blødgørere (ATBC, TOTM, DEHT, DINCH og DEHA) mangler en egentlig vurdering/evaluering af skades effekter – det vil sige man ved reelt ikke hvad risiko for brugen er, deres giftighed og eksponeringsgrad (dvs. hvor meget vi reelt bliver udsat for stofferne i vores dagligdag eller under særligt sårbare omstændigheder, f.eks. på hospitaler via medicinsk udstyr). TOTM er allerede mistænkt og således i EU-regi under vurdering for at være hormonforstyrrende og et persistent, bioakkumulerende og toksisk stof (PBT), mens DINCH gennem laboratorieforsøg med zebrafisk-larver indikerer giftighed for akvatisk liv (Saad et al. 2021). I en amerikansk evaluering af TOTM af University of Cincinnati fra 2018¹⁸ skrives bl.a. at *"TOTM could have the potential to induce hepatocellular tumors in rodents"* og *"several studies have shown that TOTM is a weak inducer of peroxisome proliferation in rats"* omend det er mindre potent end den forbudte ftalat DEHP. Endeligt skrives også i denne evaluering: *"TOTM has not been tested in a standard carcinogenicity assay so the long term effects on cancer are unknown."*

Problemet med manglende viden kalder i den grad på større prioritet og midler til forskning, innovation og langt hurtigere evalueringsprocesser for alternative stoffer under bl.a. REACH. I praksis bliver udfasnings/transitionsperioderne forlænget (som det er sket med DEHP i medicinsk udstyr¹⁹), fordi der ikke reelt findes bedre alternativer – og det er givetvis problematisk, når man allerede kender til de skadelige effekter som et givent stof har.

I verdensdele og lande uden regulering mod bl.a. ftalater f.eks. i Asien og særligt Kina (hvor næsten halvdelen af verdens PVC produktion foregår) vil dokumenterede skadelige ftalater og andre skadelige stoffer givetvis stadig kunne være en del af PVC-produkter, og via global handel sniger dokumenterede skadelige stoffer sig altså stadig ind i vores samfund og forbrugervarer i Europa. Det ses f.eks. med online handelsplatforme rettet direkte til forbrugere, hvor produktionen af varerne foregår uden for EU og størstedelen af de importerede varer ikke lever op til gældende EU-lovgivning, hverken hvad angår

¹⁸ <https://www.cpsc.gov/s3fs-public/Toxicity%20Review%20of%20TOTM.pdf?Yjo0hEI05eJsEziyutApCzEobdUITWhX>

¹⁹ https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ%3AL_202302482

sikkerhed og sundhedsskadelig kemi²⁰. Historisk PVC-affald med indhold af skadelig kemi, herunder ftalater (produceret før regulering trådte i kraft), betyder også forurening af nye genanvendte plastprodukter. Og tests af forbrugerprodukter fra både Danmark og Sverige viser, at der stadig findes forbudte ftalater i PVC produkter på markedet²¹, så man på trods af forbud stadig kan udsættes direkte for de giftige kemikalier. Også derfor anbefaler Miljøstyrelsen af afskaffe ældre plastprodukter af blød PVC, f.eks. legetøj, produceret før 2007²².

For tidligt fødte spædbørn særligt udsatte over for skadelig PVC-kemi

PVC bruges til medicinsk udstyr som slanger, poser og beholdere til blod, urin, medicin og flydende føde, masker, handsker, forklæder, hoved- og skobeklædning. Blandt medicinsk udstyr lavet af plastik består 26-27 % af PVC, både globalt og i EU²³.

I sundhedssektoren optræder to slags problemer ved PVCs additiver hos indlagte patienter på hospitalerne. Kemikalierne kan lække fra udstyr til emulsionen som gives til patienterne (f.eks. føde, medicin), som det er set i studier med PVC-produkter og fødevarer (Edwards et al. 2021, Tsumura et al. 2001), og kemikalierne kan absorberes af medicin (f.eks. insulin), hvilket da risikerer at forstyrre medicinens funktionalitet og dermed forringer behandlingens effekt (HCWH 2023c).

For tidligt fødte spædbørn indlagt på neonatal afsnit er især interessante i denne sammenhæng, da de er særligt sårbare patienter under kritisk udvikling af vitale organer, mens de samtidig på neonatal-afdelinger eksponeres i særlig grad for PVC udstyr og dermed for dets potentielle skadelige kemikalier, grundet det akutte og livsvigtige behov for at give føde og medicin via medicinsk udstyr. Trods forbud mod ftalaten DEHP i medicinsk udstyr i EU har studier vist, at for tidligt fødte spædbørn fortsat eksponeres for DEHP – dog muligvis stammende fra den flydende opløsning/emulsion selv og ikke nødvendigvis lækket fra det medicinske udstyr. Men også alternative blødgørere TOTM og især ATBC bliver ifølge studier også fundet i de opløsninger, som de små spædbørn gives gennem medicinsk udstyr af PVC (Paneel et al. 2021, 2023).

Særligt ftalaten DEHP (som er dokumenteret skadeligt og forbudt) og den alternative blødgører ATBC (som er lovligt men man endnu ikke til bunds kender eventuelle skades effekter af) var i et konkret studie (Paneel et al. 2023) i forhold til andre stoffer tættere på den af EU's kemikalieagentur (ECHA) fastsatte grænseværdi for daglig dosis (såkaldt "no-effect dose") om end den ikke blev overskredet, idet det udgjorde ca. 10-33 % daglig eksponering i forhold til grænseværdien. 1/10 og 1/3 dosis af grænseværdien lyder måske ikke af meget, men her er det ganske relevant at se på, hvordan grænseværdier egentlig bliver sat. Sådanne grænseværdier er sat ud fra standardiserede raske voksne personer, ekstrapoleret ud fra dyreforsøg, og under forudsætning af eksponering af stoffet gennem munden. For tidligt fødte spædbørn er særligt sårbare og udsatte, og hermed er der risiko for at den egentlige grænseværdi uden skades effekt (no effect dose) for sårbare spædbørn i praksis er en del lavere end den man opererer med og laver lovgivning ud fra. For tidligt fødte spædbørn er særligt udsatte over for effekten af kemikalier, fordi de i den første tid er under kritisk udvikling i form af modning af hjerne og lunger, stofskifte, nyrer og fordøjelse (særligt nyrer og fordøjelse er organer som aktivt skal udskille stofferne fra kroppen), og disse organer virker ikke nær så effektivt som hos et voksent og rask menneske. Eksponeringen af stofferne hos disse spædbørn på neonatal afdelingerne

²⁰ <https://www.dr.dk/nyheder/indland/forbrugerradet-taenk-koebte-38-produkter-paa-temu-og-dumpede-30-af-dem>

²¹ <https://taenk.dk/test/kemitest-ftalater-i-plastikprodukter>

²² <https://mst.dk/borger/sundhed-og-kemi/gravide-boern-og-legetoej/legetoej-uden-pvc-og-ftalater>

²³ <https://pvcmed.org/healthcare/facts-figures/>

er desuden mere direkte ind i kroppen gennem blodet (føde og medicin gives intravenøst til for tidligt fødte spædbørn), frem for eksponering gennem munden som er antagelsen ved fastsættelse af grænseværdien. Dermed bliver effekten af stofferne større i praksis for patienter på neonatal afdelingerne. Endeligt kan en kumulativ og cocktail-effekt af forskellige skadelige stoffer også spille ind på den faktiske risiko (Panneel et al. 2023). Af disse grunde risikerer de for tidligt fødte spædbørn dermed alligevel reelt at blive udsat for skadelige mængder blødgørende stoffer, der bruges i PVC medicinsk udstyr, også selvom lovgivning og grænseværdier overholdes. Det samme kan gælde for andre sårbare patienter på hospitaler, som har organer med nedsat funktion og ikke virker som hos et rask menneske.

Manglende viden om alternative kemikalier giver smuthuller i lovgivning

De største huller i lovgivningen, der gør, at vi fortsat i dag er i risiko for sundhedsskadelige effekter fra brugen af PVC, handler især om den manglende viden om giftigheden og eksponeringen af de alternative blødgørere, som mange ftalater blev erstattet med i takt med, at der blev lavet regulering. Samtlige alternative blødgørere mangler en egentlig risikovurdering, og der er eksempelvis ingen information om de alternative blødgørere i EUs forordning om medicinsk udstyr fra 2017 om mærkning og sikkerhed²⁴. Desuden viser en undersøgelse fra 2019, at der også mangler viden blandt hospitalspersonale omkring risici ved brugen af PVC udstyr, idet kun 1/3 af læger og sygeplejersker på neonatal afdelinger kender til ftalater og endnu færre, hvad man kan gøre for at reducere eksponering af potentielt skadelige kemikalier herfra (Bickle-Graz et al. 2020).

EFSA (Den Europæiske Fødevarerikkerhedsautoritet) har trods begrænset viden om stofferne autoriseret de blødgørende additiver ATBC, DEHT, DEHA og DINCH i fødevarekontaktmaterialer med fastsatte grænseværdier (f.eks. er TDI, Tolerable Dose Intake, for ATBC i fødevarekontaktmaterialer 1 mg pr. kg. kropsvægt), mens der ingen information er om TOTM, hverken i brugen i fødevarekontaktmaterialer (fra EFSA) eller medicinsk udstyr (EU's Forordning om medicinsk udstyr²⁴) (HCWH 2023d). Derudover er transitionsperioden for det skadelige og nu forbudte ftalat DEHP i medicinsk udstyr nyligt blevet udskudt med 6 år, så vi fortsat udsættes for det veldokumenterede giftige stof indtil 2030 i stedet for i 2024²⁵.

Det danske PVC-Informationsråd kalder de alternative blødgørere "en succesfuld substitution"²⁶, men faktum er, at vi ikke reelt ved, om det er en succes eller ej. Det kan dårligt kaldes en succes, førend de kemikalier, der har erstattet dokumenterede skadelige kemikalier, er helt frikendt for skadelige effekter via grundige, standardiserede og videnskabelige evalueringer. Det bør endvidere være industrien selv, der må tage ansvaret for at finansiere sådanne undersøgelser af alternative stoffer til bunds, førend de bruges som substitution – men af mangel på dette, bør der således være større politisk fokus på rammer og krav lavet ud fra forsigtighedsprincippet, når det kommer til brugen af kemikalier i fremtiden.

Om end kemikalie-lovgivningen i EU nok er verdens førende, så er den også karakteriseret ved at være bureaukratisk og langsommelig i forhold til at få vurderet og endeligt reguleret enkelte stoffer. Eksempelvis udkom nyligt en ny rapport fra PlastChem Project, der øgede antallet af kemikalier, der bliver brugt til fremstilling af plastik, til 16.000 kendte. Ca. 25 % af disse (6200 kemikalier) anses som værende problematiske, da de er persistente, bioakkumulerende, mobile og toksiske (PBMT), mens

²⁴ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R0745>

²⁵ https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ%3AL_202302482

²⁶ <https://pvc.dk/om-pvc/pvc-i-tal/>

størstedelen (over 10.000 kemikalier) slet ikke er undersøgt og vurderet, og dermed er det ukendt hvilken effekt på miljø og sundhed de enkelte af disse plast-kemikalier kan have (Wagner et al. 2024). PlastChem Project rapporten konkluderer endvidere, at PVC sammen med gummi, polycarbonate, og polyurethaner er den plasttype, der risikerer at indeholde og afgive til omgivelserne størst antal forskellige problematiske kemikalier. Det er således mere sandsynligt, at PVC og de tre øvrige mest skadelige plasttyper i dag indeholder skadelige kemikalier, end at det ikke gør (Wagner et al. 2024).

Bortskaffelsen af PVC

Genanvendelse af PVC i Europa – en knap så stor succes

I EU regner man med, at der genereres samlet set 2,9 mio. tons PVC affald årligt, hvoraf ca. 83 % er forbruger-affald (post-consumer) – resten er industrielt PVC-affald, dvs. den mængde affald som skabes ifm. produktionen på fabrikkerne og som håndteres som industrielt affald (pre-consumer) (EU Kommissionen 2022).

Tal fra 2022 viser, at der i Europa blev genanvendt godt 800.000 tons PVC ud af ca. 3,8-6 mio. tons PVC i årlig produktion i Europa (²⁷; EU Kommissionen 2022) gennem VinylPlus²⁸, som er den europæiske PVC-industris miljøprogram. Størstedelen (62 %) kom dog fra industrielt PVC-affald (rester på fabrikkerne ifm. produktionen af PVC produkter), mens 38 % kom fra PVC affald fra forbrugere. Det betyder, at blot ca. 12 % i forhold til PVC-produkter, der blev sat på markedet i EU i 2022 (dvs. post-consumer affald), blev genanvendt (HCWH 2023a).

Når industrien angiver ”høje” genanvendelses-rater for PVC, skelnes der ofte ikke mellem industrielt (pre-consumer) og forbruger-affald (post-consumer). Det giver et misvisende billede af genanvendelses-”succesen” af PVC og fortællingen om at PVC er nemt at genanvende. Forbruger-affald er, uanset plasttype, mest udfordrende at genanvende, fordi det består af langt mere blandede og forurenede mængder. Industrielt affald kan findes i store volumener af samme type affaldsprodukt og er dermed simplere i praksis at genanvende effektivt. Når der skal sammenlignes genanvendelsesrater med andre plasttyper, så er forbruger-affaldsfraktionen den mest relevante og interessante at fokusere på, fordi det er her det er mest udfordrende med både logistik og tekniske aspekter.

Selv når der i genanvendelses-raterne ikke skelnes mellem industrielt og forbruger affald lander man på 13-21 % genanvendelse af PVC i Europa (beregnet fra tal fra EU Kommissionen 2022 og PVC Informationsrådet). I lyset af EU's seneste mål for genanvendelse kan man dårligt kalde det en stor succes. PVC Informationsrådet fremhæver høje genanvendelsesrater af PVC på 35 %, og at det er over gennemsnittet for andre typer plast²⁹, men her er tale om en helt bestemt affaldsfraktion, nemlig byggeplast, hvor der kan findes store volumener ”rene”(ublandende) fraktioner af PVC-affald, så indsamling og genanvendelse samlet set er mere effektivt. På den måde opstår fortællinger om høje genanvendelsesrater – men det er langt fra repræsentativt for genanvendelsen af PVC generelt, og det er ligeledes misvisende at sammenligne det med andre plasttyper generelt.

²⁷ <https://pvc.dk/om-pvc/pvc-i-tal/>

²⁸ <https://www.vinylplus.eu/>

²⁹ <https://pvc.dk/om-pvc/pvc-og-genanvendelse/>

Gennem Vinyl-Plus programmet estimeres, at der blev genanvendt i alt ca. 8,1 mio. tons PVC i Europa i perioden 2000 og 2022 med en stigning år for år (med enkelte undtagelser). De seneste par år er der dog sket en vis udfladning, dvs. der er ikke lige så stor stigning som i starten af perioden. Stigningen over de 22 år skyldes især større genanvendelse af store mængder PVC vinduesprofiler og i nogen grad diverse bløde PVC-produkter (bl.a. gulv og tagbeklædning). I 2021 og 2022 blev tilføjet en ny slags PVC-produkter, som ikke tidligere blev genanvendt, nemlig hårde PVC produkter som folier. Ser man bort fra denne ”nye” fraktion, så er genanvendelsen af PVC ikke steget væsentligt de seneste 5 år²⁷. Ud fra denne betragtning ser det ud til at muligheden for at genanvende væsentligt mere PVC ikke er så stor på eksisterende PVC produkter, om end flere fremskridt og øget potentiale naturligvis ikke kan udelukkes i kommende år.

Globalt produceres en estimeret 50-55 mio. tons PVC årligt, hvoraf den europæiske PVC-produktion udgør blot ca. 10 % eller mindre (³⁰; EU Kommissionen 2022). Genanvendelsen af PVC på globalt plan regnes for at være væsentlig mindre end den europæiske genanvendelse, som ligger på 13-21 %. På den måde kommer ifølge industrien forholdsvis ”høje” europæiske genanvendelsesrater på PVC ikke til at løse verdens udfordringer med PVC-cirkulariteten. Dertil kommer de øvrige særegne problemer koblet til PVC i hele dets livscyklus, såsom brugen af PFAS eller andre skadelige stoffer i produktionsfasen, import af PVC fra andre verdensdele med andre lovgivninger, høje mængder additiver til PVC som man har meget begrænset viden om, og disse aspekter gør sig stadig gældende for PVC-forbruget i Europa. Også i dét lys giver en global udfasning af PVC rigtig god mening.

PVC-affald kræver særskilt sortering og behandling

Grundet de mange additiver i PVC og det høje klor-indhold er det i genanvendelses-regi særligt vigtigt, at netop PVC-affald holdes adskilt fra al øvrig plastik-affald, så det ikke forurener genanvendelses-strømmene og kan behandles i særskilte processer egnet til PVC. Det sætter store krav til forbrugernes sortering af al den plast, man omgives med i samfundet og hverdagen, der består af et væld af forskellige produkter og plasttyper, hvor det langt fra er tydeligt i bortskaffelses-fasen hvilken slags plasttype, der er tale om og hvordan den skal bortskaffes. Den almindelige forbruger vil næppe vide, at PVC-legetøj er lavet af PVC, når varen for længst er pakket ud af emballagen (hvor informationen oftest står), brugt i en rum tid og så skal bortskaffes i affaldssorteringen. Selv folk, der arbejder med affald og plastik i dagligdagen, kan have svært ved at kende forskel på de forskellige plasttyper³¹. Og selv hvis forbrugeren er bekendt med det, er det spørgsmålet i hvor høj grad forbrugerne følger de rigtige anvisninger om at køre PVC-affald på genbrugspladsen frem for at smide det ud derhjemme med den øvrige plastik til genanvendelse. En forurening på mere end 8-10 % af PVC i kildesorteret plastik til genanvendelse kan ødelægge et helt batch (Miljøstyrelsen 2018). Det danske system med særskilt sortering af PVC affald, der pålægger den enkelte forbruger et enormt ansvar for både at kunne identificere en bestemt plasttype, og derudover at køre det særskilt til genbrugspladsen, er enormt sårbart og lægger op til, at der sker fejl. Den smarteste løsninger hertil vil være at en så krævende plasttype, hvad angår sortering, slet ikke findes på markedet, særligt når der findes alternativer.

Selvom højteknologiske anlæg eftersorterer den indsamlede plast, der er kildesorteret derhjemme, kan der alligevel ske fejlsortering i maskinerne, hvor uegnet plast havner i de forkerte sorterede plastfraktioner til genanvendelse. Alternativt frasorteres PVCen i den kildesorterede plastik, da scannerne på sorteringsanlæggene ikke er kodet til at genkende denne plasttype. Er det tilfældet, så

³⁰ <https://pvc.dk/om-pvc/pvc-i-tal/>

³¹ <https://www.tv2ostjylland.dk/oestjylland/ingen-genanvendelse-her-graver-de-stadig-affald-ned>

ryger PVC'en i restaffalds-fraktionen og dermed til forbrænding, som i sig selv er problematisk (se senere afsnit). Miljøstyrelsen skriver i deres PVC kortlægningsrapport fra 2018: "For mange forbrugerprodukter, og fra anvendelser hvor blød PVC anvendes til mindre artikler eller komponenter, vurderes det dog, at en væsentlig del stadig vil blive bortskaffet til affaldsforbrænding, da produkterne antages at ende i affaldsfraktioner, som går til forbrænding." (Miljøstyrelsen 2018).

Industrien selv fremhæver PVC som en særligt egnet plasttype til genanvendelse og dermed som en plasttype, der passer godt ind i den cirkulære økonomi, fordi det angiveligt kan klare mellem 5 og 10 ganges omsmeltning for hhv. blød og hård PVC via mekanisk genanvendelse³². Hvor mange cyklusser en bestemt plasttype i praksis kan genanvendes afhænger dog i høj grad af renheden af plaststrømmene, additiver og hvilke slags produkter, det genanvendes til. Desuden er også andre plasttyper, f.eks. HDPE, der kan genanvendes lige så mange gange³³.

De mange kemikalier i PVC baner vej for kemisk "genanvendelse"

Genanvendelse af PVC netop er særligt problematisk, fordi denne plasttype kan indeholde problematiske kemikalier med op til 70 % af materialets samlede vægt, hvilket i høj grad vanskeliggør – teknisk og dermed økonomisk - en sikker genanvendelse (Wagner et al. 2024). For den bløde PVC er mekanisk genanvendelse særligt teknisk udfordrende, både pga. det særligt høje indhold (vægtmæssigt) af additiver og fordi blødt materiale er teknisk sværere at findele (shredde) end hårdt materiale som en del af den mekaniske genanvendelses-proces, hvor plast-affald findeles, vaskes og omsmeltes (EU Kommissionen 2022). Additiverne i PVC betyder ofte downcycling, sådan at der ikke kan produceres samme slags produkter med genanvendt indhold – undtagelser her er rør og vinduesrammer, som grundet store volumener af ublandede affaldsfraktioner kan holdes i mere lukkede kredsløb.

Additiver – mængden og variationen heraf som netop er udpræget hos PVC - er netop en stor forhindring for mekanisk genanvendelse, som ikke kan fraskille additiverne fra polymer-strukturen. Dette gør sig gældende for al plastik uanset type, da al plastik indeholder additiver, men PVC indeholder særligt høje mængder kemikalier. Industrien bag kemiske genanvendelse har her meldt sig på banen. Kemiske genanvendelses-teknologier bør mere retvisende kaldes nedbrydningsteknologier, da reel genanvendelse til ny plastik (hvilket kræver en anden proces i form af polymerisering) ikke er en del af teknologierne i sig selv. Disse teknologier omfatter bl.a. pyrolyse, gasification og kemisk depolymerisering, og industrien bag har i mange år fremlagt en fortælling om, at de kan løse udfordringen med additiver og plast-genanvendelse. Teknologierne kan teoretisk set være et led i at fremstille ny plastik i lige så høj kvalitet, som "jomfrueligt" plastik fremstillet af olie. Kemisk genanvendelses-teknologier for PVC er da også forsøgt, men har indtil videre ikke været hverken økonomisk rentabelt eller fungeret i større skala. (HCWH 2023a). Derudover glemmes i fortællingen oftest at processerne er væsentligt energikrævende, giver dårligt udbytte og også har andre udfordringer (Zero Waste Europe 2023). Netop derfor rangerer kemisk genanvendelse lavere i EU's affaldshierarki end mekanisk genanvendelse.

Circular Flooring Project /CreaSolv (bl.a. Tyskland, Frankrig m.fl.) og VinyLoop (Italien) er måske de mest kendte og største projekter/forsøg med kemisk genanvendelse af PVC. Førstnævnte, som bruger kemisk oprensning som teknologi og er målrettet vinylgulve, er stadig i forsøgsfase (siden 2019) med væsentlig økonomisk støtte fra bl.a. EU's Horizon 2020 programmet. I foråret 2024 åbnede et nyt

³² <https://pvc.dk/om-pvc/pvc-og-genanvendelse/>

³³ <https://resource-recycling.com/plastics/2018/02/02/study-looks-number-times-hdpe-can-recycled/>

teknisk center til brug i projektet, men der er stadig tale om tests af processen, og ikke kommerciel skala³⁴. Italienske VinyLoop forsøgte sig siden 2002 med kemisk oprensning af blød PVC kabler og film, men gik konkurs i 2018 grundet problemet med additiver, særligt blødgørere, som gjorde at EU's kemikaliekraft i REACH ikke kunne overholdes – det blev simpelthen for dyrt at få additiverne skilt ud af plasten³⁵.

Bortskaffelse af PVC brugt i Danmark – primært forbrænding eller deponi

I Danmark er der forskel på blød og hård PVC hvad angår sortering og regler for bortskaffelse. I Danmark skal hårdt PVC indsamles jf. Affaldsbekendtgørelsen. Hård PVC indsamles (siden 1997) gennem WUPPI-ordningen³⁶, som er en sammenslutning af PVC-producenter i Danmark og en del af VinylPlus programmet, og eksporteres herefter til andre lande til genanvendelse. De hårde PVC-produkter, der indsamles til genanvendelse gennem WUPPI-ordningen, er dog primært fra bygge/anlægssektoren, dvs. rør (til vand, kloak, dræn, nedløb), døre, vinduer og paneler, tagrender, tagplader, elrør og kabelkanaler. I alt blev ca. 5000 tons hård PVC indsamlet i Danmark til genanvendelse, hvoraf halvdelen var gennem WUPPI-ordningen (Miljøstyrelsen 2018).

Det har indtil 2023 ikke været lovligt at genanvende hård PVC i Danmark grundet risiko for blyindhold i PVC-affaldet. Denne danske særregel blev dog ophævet i 2023 grundet nye regler i EU, som langt om længe forbyder brugen af bly som stabilisator i PVC. Det vurderes dog ikke af WUPPI selv, at hård PVC de kommende mange år vil blive genanvendt i Danmark³⁷ – ligesom al anden indsamlet plastik-affald i dag eksporteres til udlandet til genanvendelse, hvor infrastruktur, teknologien og anlæggene er veletableret.

Blød PVC kan teknisk set også genanvendes mekanisk, og bliver det ifølge PVC Informationsrådet i stigende omfang i EU³⁸. Genanvendelse af blød PVC (f.eks. kabler, tagbelægninger, vinylgulve, presenninger, medicinsk udstyr, folier og slanger) genanvendes i EU også som en del af VinylPlus programmet. "Gamle" PVC-produkter som indeholder i dag klassificerede og forbudte additiver, f.eks. visse ftalater, bruges i nye produkter som geomembraner i tunneler. Selvom dette anses som værende sikkert for mennesker og miljø, kommer man ikke udenom, at dokumenterede skadelige (og i dag forbudte) kemikalier fra PVC fortsat er en del af vores samfund i mange år fremover. Ikke-genanvendeligt PVC (f.eks. grundet indhold af skadelige og forbudte kemikalier) skal i Danmark deponeres, og i de danske kommuner anses al blød PVC oftest som ikke-genanvendeligt, hvorfor det i dag ryger på deponi som farligt affald – og det er mange forbrugere ifølge danske renovationselskaber langt fra bevidste om³⁹.

Selvom lovgivningen i EU for PVC endeligt – efter mange årtiers viden om de skadelige effekter af stofferne og lange bureaukratiske politiske processer – er nået langt i forhold til særligt skadelige stoffer som ftalater, bly og cadmium, så vil historiske PVC-produkter, der blev produceret før disse lovgivninger, udgøre en forurenings-risiko i affaldsstrømmene i mange år fremover. Det skønnes, at der i løbet af de næste årtier vil fremkomme 200 mio. tons PVC i affaldsstrømmen, der kan indeholde

³⁴ <https://www.circular-flooring.eu/news/large-scale-pilot-plant-opened/>

³⁵ https://www.plasteurope.com/news/Closure_of_operation_in_Italy_Phthalates_issue_under_REACH_brings_do_t240095/

³⁶ <https://wuppi.dk/>

³⁷ <https://wuppi.dk/eu-forordning-bly/>

³⁸ <https://pvc.dk/om-pvc/pvc-og-genanvendelse/>

³⁹ <https://www.tv2ostjylland.dk/odder/advarer-aflagte-badebassiner-ender-i-hul-i-jorden>

bly³⁸. Dertil kommer, at der generelt mangler viden om og vurderinger af de mange i dag lovlige stoffer, der bruges som substitution, herunder alternative blødgørere (Paneel et al. 2023).

I det lys og så længe lovgivningen globalt tillader at industrien kan bruge nye stoffer, der endnu ikke er verificerede som værende sikre for miljø og sundhed, så kan vi – trods forbud mod visse ftalater, bly og cadmium – risikere at mange flere stoffer i de mange kommende år vil dokumenteres at have lignende skadeseffekter. På den måde kan der gå mange flere år, førend vi har produkter, såvel nye som genanvendte, der er fri for al skadelig kemi. Remadyl-projektet⁴⁰ er et eksempel på et forsøg for at fjerne skadeligt bly og ftalater fra ”historisk” PVC-affald. Her er, ligesom med kemisk genanvendelse af PVC, endnu tale om et pilotprojekt. Desuden kan der komme nye problemer i fremtiden, i takt med at man dokumenterer flere skadelige kemikalier, som man i dag ikke har nogen dybdegående viden om.

Forsvindende lidt PVC brugt i Danmark bliver reelt genanvendt

På den danske PVC Informationsrådets hjemmeside omkring genanvendelse af PVC er den første overskrift ”PVC i front i Danmark og Tyskland”. Herunder står ”De mange års investeringer har betydet, at PVC'en er i front, når det gælder genanvendelse af byggeplast i bl.a. Danmark og Tyskland. Genanvendelsesgraden er 35%, hvilket er over gennemsnittet for plast generelt.”⁴¹ Selvom det i sætningen er defineret, hvilket affaldsfraktion det handler om – byggeplast – så vil den gængse dansker nok mest bide mærke i, at PVC angiveligt er i front i Danmark, når det kommer til genanvendelse, og at PVC klarer sig bedre end alle andre plasttyper. Det er problematisk, at byggeaffald af PVC sammenlignes med al anden plast generelt – skal det være sammenligneligt, må man i begge tilfælde fokusere på samme affaldsfraktion. Mest relevant og objektivt dog for at vurdere en udvalgt plasttypes reelle succes i det store perspektiv, hvad angår genanvendelse, må være at kigge på al plastaffald inden for plasttypen, og ikke bestemte fraktioner eller sektorer, da man på den måde kan ”cherry picke” og således fremhæve de højest mulige tal – sådan som PVC Informationsrådet og PVC-industrien i øvrigt ofte kommunikerer omkring genanvendelsen af PVC.

Hård PVC i Danmark bliver til en vis grad genanvendt, især bestemte produktgrupper som byggeaffald som indsamles gennem WUPPI-ordningen, men PVC generelt, både hård og blød, bliver ikke genanvendt mere end andre gængse plasttyper som PE, PP og PET. Stort set al blød PVC i Danmark, som i dag udgør knap 40 % af PVC forsyningen i Danmark, ryger på deponi, så her er genanvendelsen af PVC reelt tæt på 0 %.

Fejlsortering som konsekvens af den særskilte sorteringsordning for PVC-affald er en udfordring i forhold til genanvendelsen af hård PVC (byggeaffald undtaget) i Danmark. Den særskilte sorteringsordning, der kræver, at al PVC-affald - af gode grunde - skal køres ekstraordinært til genbrugspladsen af forbrugeren selv, modsat stort set alle andre plasttyper, der kan sorteres nemt i samme beholder hjemme hos borgeren selv, øger risikoen for, at PVC ikke bortskaffes korrekt, og mod anvisninger ender i forbrænding, hvor det skaber problemer (Miljøstyrelsen 2023).

Når man sammenligner genanvendelsesrater for en meget specifik affaldsfraktion (PVC i byggeaffald) med al plastik generelt, svarer det til at sammenligne og fremhæve genanvendelsen af f.eks. PET-flasker, hvor genanvendelsen er over 90 %, med plast generelt. Det er ikke et rimeligt sammenligningsgrundlag. Et andet problem med sammenligningen er, at man faktisk ikke ved hvad den reelle genanvendelse er for plastik generelt. Miljøstyrelsen (2023) har indtil videre kun lavet estimater for den reelle genanvendelse af emballage lavet af bl.a. plastik, hvor man både tage højde

⁴⁰ <https://www.remadyl.eu/>

⁴¹ <https://pvc.dk/om-pvc/pvc-og-genanvendelse/>

for den andel, der indsamles og hvor meget der så af denne indsamlede andel så i sidste ende genanvendes. Her lander man på en reel genanvendelse på 23 % for plastikemballage – med et tab på 50 % i indsamlingsleddet, og en tabsrate på 54 % af den indsamlede plastik som i sidste ende genanvendes på udenlandske anlæg.

Bruger man tal for PVC affaldseksport med henblik på at beregne genanvendelsesraten, og sammenholder det med mængden af PVC-affald *genereret* årligt i Danmark (og ikke ud fra den *tilgængelige*, og væsentlig mindre, mængde PVC-affald, hvorved al nedgravet/utilgængeligt PVC-affald ikke medregnes), lander man på en genanvendelsesgrad på 1,6 - 7,8 %. måske endnu mindre, med seneste tal fra 2017 (se redegørelse af beregning i faktaboks nedenfor). Det er langt fra de 35 %, som oftest fremhæves af PVC industrien⁴², og langt under de beregnede 23 % reel genanvendelse af dansk forbrugt plastikemballage generelt. Fordi der for PVC ikke er data for, hvor stort tabet er efter eksport (for plastemballage er tabsraten 54 % efter eksport), så vil det være mere retvisende at sammenligne med plastemballage *indsamlet med henblik på* genanvendelse – og således er genanvendelsesgraden hele 50 % for plastemballage (Miljøstyrelsen 2023), endnu længere fra (og højere end) genanvendelsen af PVC. Dermed holder fortællingen om, at PVC er i front på genanvendelse dårligt.

⁴² <https://pvc.dk/om-pvc/pvc-og-genanvendelse/>

Den reelle genanvendelse af al PVC i Danmark

Den total mængde (hård) PVC-affald indsamlet med henblik på genanvendelse var i 2017 registreret til ca. 5000 tons, dvs. 8 % af den totale estimerede mængde PVC-affald genereret i 2017 (30.000 tons hård PVC og 36.000 tons blød PVC = 66.000 tons for al PVC-affald). Sidstnævnte er dog behæftet med større usikkerheder pga. manglende data, og beregnet på basis af viden om det historisk forbrug og antagelser om levetider. Dette er seneste tal fra Miljøstyrelsen om specifikt PVC-affald og eksport – derfor kan der ikke laves beregninger fra nyere tal, og der kan være sket en udvikling i eksporten siden 2017.

Halvdelen, dvs. ca. 2500 tons, af den indsamlede hårde PVC blev indsamlet via WUPPI-ordningen, der indsamler byggeaffald. For den anden halvdel er det uklart, hvilke aktører og virksomheder der har stået for indsamlingen, men det er muligt, at det til dels er via de kommunale genbrugspladser.

Interessant, så er der i danske eksport-statistikker kun opgivet til 1000-1500 ton hård PVC-affald, dvs. 3500-4000 tons mindre end registreret som værende indsamlet. Miljøstyrelsen forklarer det med, at PVC-affald indsamlet på kommunale genbrugspladser muligvis er registreret og eksporteret som ”blandet plastik-affald”, fordi det også indeholder andre plasttyper. Hvad der så sker med PVC-affaldet i denne blandede fraktion efter eksport, er uklart – i værste fald bliver PVC-affaldet sorteret fra som rest-fraktion i sorteringsanlæg, der som oftest primært genanvender PET, PE og PP, og lander i forbrænding.

Tager man udgangspunkt i hvad der reelt er registreret som PVC eksporteret i affaldseksport-statistikker fra 2017 og antager at 0 % af blød PVC i Danmark bliver genanvendt, så kan genanvendelses-graden for al PVC brugt i Danmark (i 2017) beregnes således:

I værste fald: 1000 ton PVC eksporteret / 64.000 ton PVC-affald = **1,6 %**

I bedste fald: 5000 ton PVC indsamlet med henblik på genanvendelse / 64.000 ton PVC-affald = **7,8 %**.

PVC-industrien fokuserer ofte kun på den hårde PVC (fordi stort set al blød PVC i Danmark ryger på deponi) og tager udgangspunkt i det *tilgængelige* PVC-affald (hvilket udgør halvdelen af de 30.000 tons hård PVC-affald), altså det mængde affald som ikke efterlades nedgravet i form af nedslidte rør og byggeaffald. Bruger man disse antagelser, lander man på genanvendelsesgrad for hård PVC på (i bedste fald): 5000 tons hård PVC indsamlet med henblik på genanvendelse / 15.000 tons *tilgængeligt* hård PVC-affald = 33 %. Med sådanne beregningsmetoder, der ikke repræsenterer den egentlige mængde affald genereret og med en grov antagelse om at al indsamlet affald reelt bliver genanvendt, kan man få høje genanvendelsesgrader, men samtidig vildlede omkring den reelle genanvendelsesgrad af plasttypen i det store perspektiv.

Tallene på tab efter eksport til egentlig genanvendelse er ikke opgivet for PVC-affald fra Danmark – derfor kan den *reelle* genanvendelse, hvor der medregnes tab ved både indsamling og efter eksport, ikke beregnes, og derfor kan genanvendelsesgraden være endnu mindre end ovenfor beregnet. For plastemballage er tabsraten efter eksport 54 %, dvs. blot estimeret 46 % af den indsamlede og eksporterede plastemballage bliver i sidste ende genanvendt. Tabsraten ifm. indsamlingen af plastemballage er estimeret til 50 %. Således lander man på en reel genanvendelse af plastemballage i Danmark (tal fra 2021) på 23 %.

Kilder: Miljøstyrelsen: Kortlægning af PVC i Danmark 2018 (2018) & Emballagestatistik 2021 (2023)

Forbrænding af PVC forurener luften og skader sundhed

Forbrænding af PVC er særligt problematisk og forurener miljø og sundhed grundet dets høje indhold af både klor og diverse additiver, som er særegent for PVC, også i dag trods årtiers arbejde med udfasning af skadelige kemikalier. Klor vil altid være en grundlæggende byggesten i PVC, og afhængigheden af en stor mængde additiver, herunder størstedelen som vi ikke kender risikoen for (Wagner et al. 2023) fortsætter også med at være en fast bestanddel af PVC-produkter.

Ved forbrænding af PVC skabes et problem med udledning af giftigt dioxin og andre giftige restprodukter grundet både klor og de mange additiver. Selvom højteknologiske forbrændingsanlæg renser udstødnings-røgen, så ses stadig i praksis, at lokalsamfund omkring nogle forbrændingsanlæg, også moderne af slagsen, kæmper med luftforurening og forurening af fødevarer med indhold af bl.a. dioxin og PFAS⁴³. Selvom PVC ikke er den eneste kilde til f.eks. dioxiner, så er det medvirkende årsag til en sådan forurening – andre plasttyper forurener ikke på samme måde ved afbrænding, hvorfor afbrænding af plastaffald generelt er tilladt (og en vigtig del af vores fjernvarme-system i dag i Danmark), mens det for PVC-affald ikke bør ske, fordi det ved forbrænding netop kan danne giftige restprodukter (Miljøstyrelsen 2018) – derfor den særskilte sorteringsordning for PVC.

Det faktum, at PVC i Danmark skal køres til genbrugspladsen af forbrugerne selv, øger betragteligt risikoen for, at PVC mod anvisningerne ender i forbrændingsanlæg. For plastik generelt, der kan sorteres derhjemme, regnes tabsraten for 50 % for emballage-delen (Miljøstyrelsen 2023), dvs. op til halvdelen af plastemballage-affald ryger formodentlig til forbrænding – og det er trods den særdeles nemme hjemmesorterings-ordning for forbrugerne, modsat den for PVC-affald. Case-undersøgelser i Norge, Europa og Kina viser, at for alle regioner bliver mere PVC-affald i dag brændt af end det hhv. deponeres eller genanvendes (Wagner et al. 2024). Også i Danmark formodes der at ende en væsentlig andel af blød PVC-affald fra forbrugerprodukter til forbrænding, selv om det ikke er tilsigtet (og at det foreskrives at al blød PVC skal bortskaffes til deponi),

De klorholdige giftige gasser, som fremkommer ved forbrænding af PVC, omfatter bl.a. saltsyre (HCl, hydrogenklorid), dioxiner, samt furaner. Inden for afbrænding af plastik, så er PVC således synderen, idet det er den eneste type plastik med højt indhold af klor. Disse giftige klorholdige kemikalier kan naturligvis også stamme fra andre anvendelser med brug af klor, men altså ikke fra andre typer plastik. Derfor er dette et særegent problem for specifikt PVC i forhold til alle plasttyper, og hvorfor PVC også i denne sammenhæng må anses som værende den mest problematiske plastpolymer.

Hydrogenklorid, også i folkemunde kaldet saltsyre, er ekstremt korrosivt for metaller, og skader derfor nemt udstyr og dermed faciliteter og infrastruktur ifm. genanvendelse.

Dioxiner (kemisk betegnelse: polyklorerede dibenzodioxiner, PCDD) er en gruppe af kemikalier, som er meget skadelige for både mennesker, dyr, planter og miljø. De skadelige effekter omfatter øget risiko for kræft, reproduktionsforstyrrelser og andre hormonforstyrrelser, nedsættelse af immunforsvaret og neurotoksiske effekter.

Furaner (kemisk betegnelse: polyklorerede dibenzofuraner) er nært beslægtet med dioxiner og har lignende egenskaber og skadeseffekter.

Både gamle og moderne (højteknologiske) forbrændingsanlæg risikerer at udlede disse skadelige kemikalier til luften. Det afhænger af det enkelte forbrændingsanlægs design og driftsparametre,

⁴³ <https://www.euronews.com/green/2023/11/21/millions-in-france-warned-not-to-eat-eggs-from-backyard-chickens-due-to-forever-chemical-p>

hvorvidt dioxiner og furaner udledes. Nye, højteknologiske anlæg vil som regel have filtre og processer til at rense giftige stoffer fra i udstødnings-røgen, men de klorholdige giftige stoffer fra afbrænding af bl.a. PVC, vil da i stedet lande i slagge/asken, som så skal afskaffes på anden vis som farligt affald til deponi (HCWH 2023a). Bundaske/slagge fra forbrændingsanlæg bruges dog også til byggematerialer, f.eks. vejbelægning (Zero Waste Europe 2022), og på den måde kan de skadelige kemikalier forurene miljøet og eksponere mennesker for dem til skade for folkesundheden.

I Paris i Frankrig ligger Europas største forbrændingsanlæg, og her er luftforurening med dioxiner, furaner og PFAS er et meget reelt problem for lokalsamfundet. Her frarådes at spise æg fra høns i forholdsvis stor afstand fra forbrændingsanlægget, simpelthen fordi de har for højt indhold af dioxiner, så det udgør en reel sundhedsfare for mennesker at spise æggene. Flere millioner af mennesker i Frankrig er påvirket af forureningen⁴³. Det er uvist, hvor stor en rolle, at afbrænding af PVC er i dette konkrete tilfælde, men væsentlige mængder PVC regnes for at blive afbrændt i Europa (Wagner et al. 2024).

Ukontrolleret forbrænding af affald i nogle lande, regioner og verdensdele betyder også, at giftige kemikalier fra PVC forurener luften og skader lokalsamfund (HCWH 2023a). Ukontrolleret afbrænding sker naturligvis for al slags plastik, men fordi PVC indeholder store mængder klor og generelt en stor mængde og variation af skadelige kemikalier er denne plasttype særligt problematisk og forurenende for lokalsamfund, hvor dette sker.

Forbrænding af plastik, uanset polymer-type, vil aldrig være bæredygtigt og på linje med en grøn omstilling, hvor frakobling for afhængigheden af fossile brændstoffer, og cirkulære system omkring materialer, råvarer og ressourcer er nøglen. Derfor er det ej heller en positiv udvikling, når Miljøstyrelsen (2018) noterer sig i deres PVC kortlægnings-rapport, at – grundet mangel på bl.a. rentabiliteten af PVC-genanvendelsen, såvel mekanisk som kemisk – undersøges muligheder for forbrænding af PVC med energiindvinding, hvor der samtidig opsamles klor i form af saltsyre og/eller salte. Affaldsforbrænding, selv med energindvinding og produktion af strøm, som det allerede sker bredt i dansk regi for plastaffald generelt, vil altid lægge nederst i affaldshierarkiet og er ikke en vej man bør gå. Ikke mindst når andre bedre alternativer som reduktion og substitution med mere bæredygtige og mindre gifte materialer faktisk er muligt – og det er det for PVC (ECHA 2023, EU Kommissionen 2022).

Deponi af PVC – mere og mere PVC graves ned i jorden

I Danmark ryger stort set al blød PVC, der sorteres på genbrugspladser, på deponi under jorden. Ved fortsat brug af PVC vil mængderne på deponi således blot stige. Fejlsortering af PVC betyder også, at en væsentlig andel blød PVC ryger til forbrænding (Miljøstyrelsen 2018) og her giver forurening med skadelige kemikalier som beskrevet i forrige afsnit. Følgende produkter af blød PVC, som er almindeligt i forbrugernes hverdag, ender enten på deponi eller til forbrænding i Danmark: Badebassiner, badebolde, badedyr, bruseforhæng, gummibolde, gummistøvler, haveslanger, luftmadrasser (uden pumper), regntøj, skriveunderlag af plast, svømmevinger, tisseunderlag, vinylgulve og voksduge⁴⁴.

Det danske renovationsselskab RenoSyd meldte i sommeren 2024, at det var eksploderet med badebassiner af blød PVC på genbrugspladsen i kølvandet på en kommunikationskampagne til forbrugerne om korrekt sortering af bl.a. badebassiner⁴⁵. PVC som altså ryger på direkte i jorden på

⁴⁴ <https://www.tv2ostjylland.dk/oestjylland/ingen-genanvendelse-her-graver-de-stadig-affald-ned>

⁴⁵ <https://www.tv2ostjylland.dk/odder/advarer-aflagte-badebassiner-ender-i-hul-i-jorden>

deponi. Hos Silkeborg Forsyning udkom også en artikel om deponi af blød PVC-affald som badebassiner, vandslanger og gummistøvler, der hos dem bliver gravet ned i jorden ved Balle på Djursland, hvor i alt 8 jyske kommuner deponerer PVC affald. Ifølge dem er mængden af PVC affald til deponi i Danmark stigende. Og anbefalingen til de danske forbrugere fra driftslederen på Tandskov Genbrugsplads, som ejes af Silkeborg Forsyning, er klar: Det bedste er, hvis man ikke køber produkter af PVC⁴⁴.

Endeligt skabes der også solidt affald allerede i forbindelse med fremstillingen af PVC. Fra diaphragm og membran processer, som bruges i bl.a. USA og Europa, skabes solidt affald, når diaphragmer og membraner udskiftes. Disse ender typisk på deponi og indeholder enten kræftfremkaldende asbest eller PFAS, som er persistent i miljøet og sundhedsskadeligt (HCWH 2023a). Brugen af asbest har været forbudt i EU i flere år, men er først helt nyligt blevet forbudt i USA; der går dog nogle år, før det er helt udfaset her, og i stedet substitueres med processer, der bruger PFAS, ligesom i EU.

Alternativer til PVC

Der er rige muligheder for at udfase PVC i langt de fleste anvendelser. I EU Kommissionens rapport om brugen af PVC og alternativer (EU Kommissionen 2022) fokuserede de – ud fra en prioriteret risikovurdering for eksponering og generelt indhold af kemikalier – på følgende produkter af PVC: rør og rørbeslag (til kloak, regnvand og drikkevand), kabler, vinduesrammer, gulvbelægning, emballage, oppusteligt legetøj, støvler og skosåler, bilinteriør og medicinsk udstyr. EU Kommissionen konkluderer i deres rapport, at der i langt størstedelen af tilfældene findes teknisk brugbare alternativer til PVC.

Alternativerne kan groft inddeles i tre grupper: ikke-plastik materialer (f.eks. træ, læder, tekstil i naturmaterialer), andre plasttyper, og øvrige nyere materialer (f.eks. bioplastik). Alternativerne er ikke uden ulemper, og pris spiller her en central rolle i størstedelen af tilfældene. Kommissionen vurderer ydermere, at udfasning af PVC til alternativerne med stor sandsynlighed vil reducere risikoen for skadeseffekter på sundhed og miljø.

Alternativer i bygge- og anlægsbranchen

PVC i bygge- og anlægsbranchen fylder som bekendt meget i det samlede forbrug af især hård PVC. Men bedre alternativer, der både er kommercielt tilgængelige, funktionelle og i visse tilfælde mere holdbare, er til stede.

For rør og rørbeslag findes gode og i forhold til PVC bedre alternativer, der er kommercielt tilgængelige (særligt rustfrit stål, messing, aluminium, beton, forglasset ler), der har lignende eller højere holdbarhed men generelt er dyrere. Det vil givetvis variere afhængig af situation og specifik anvendelse, hvilket alternativ der giver mest mening, både funktionelt og miljømæssigt, og i enkelte tilfælde kan der være udfordring med teknisk gennemførlighed.

PVC industrien, herunder det danske PVC Informationsrådet peger i denne sammenhæng på, at livscyklusanalyser (LCAer) viser, at PVC er det mest bæredygtige materiale til rør i forhold til andre materialer (f.eks. denne LCA rapport: *Sustainable Solutions Corporations, 2017: Life cycle assesment of PVC water and sewer pipe and cpmparative sustainability analysis of pipe material*). Samtidig anerkender PVC Informationsrådet, at LCAer har begrænsninger, herunder at toksiske effekter fra materialet gennem hele dets livscyklus ikke medtages i LCAer, men mener dog stadig, at LCAer kan

bruges til at afgøre, hvorvidt et materiale er bedre end et andet miljømæssigt (PVC Informationsrådet 2024). Der må vi være enige om at være uenige. Toksiske effekter er særdeleshed relevante, særligt når det kommer til PVC (både ifm. fremstilling, brugsfase/additiver og bortskaffelsen), og afgørende i den samlede vurdering af materialernes samlede risiko i forhold til miljø og sundhed. Derfor kan man ikke på basis af livscyklusanalyser konkludere, at PVC er det bedste alternativ til brug i f.eks. rør, men for den sags skyld også andre anvendelser.

For vinduesrammer findes alternative ikke-plastik materialer (træ, aluminium, glasfiber), som dog er dyrere i startomkostning men billigere i det lange løb grundet længere holdbarhed. Bæredygtig udvinding og fremstilling af disse materialer skal selvfølgelig tænkes ind.

For gulvbelægning findes alternativer, både ikke-plastik materialer, og andre plastiktyper (træ, evt. laminat i visse tilfælde, linoleum, fliser i porcelæn, keramik, glas og cement, sten, evt. biobaseret plastik f.eks. fremstillet af bambus, men mere viden mangler herom). Det vil givetvis variere afhængig af situation og specifik anvendelse, hvilket alternativ der giver mest mening, både funktionelt og miljømæssigt.

For kabler er alternativer og risiko mere mudret. Der er teknisk brugbare alternativer til PVC, i form af andre plasttyper, men det er fortsat uklart om f.eks. uønskede kemikalier i nogle af disse alternative plasttyper er lige så skadelige som PVC, og at man derved ikke opnår en reduceret sundhedsrisiko ved visse af alternativerne. Nogle kemikalier, der er relevante i den sammenhæng, er der EU regulering undervejs. Det understreger, at der fortsat er meget viden, vi ikke har om enkelte produkters indhold og risici for sundhed og miljø – og det kalder på større producent ansvar i transparens og dokumentation.

Alternativer hos forbruger-produkter

Inden for de mere forbruger-rettede produkter og produkter, som befolkningen er i tæt kontakt med, findes også gode alternativer for størstedelen.

For emballage er der allerede det seneste årti set en markant reduktion af brugen af PVC, om end det stadig findes på markedet. Det viser, at reduktion og udfasning er mulig, og der er rigt med alternativer, både ikke-plastik materialer og andre plastiktyper (f.eks. aluminium, papir/pap, glas, PET, PE, PP, PA, EVOH).

For oppusteligt legetøj og oppustelige både i blød PVC findes der alternativer, der sågar i visse tilfælde er mere holdbare end PVC (EVA, CSPE, PP, termoplastiske elastomerer evt. blandet med PUR – sidstnævnte dog med evt. lignende risiko ifht. kemikalier men længere holdbarhed). Ulempen er, at prisen for alternativerne generelt er højere.

Sko og skosåler kan også laves af læder, naturlige fibre, naturlig gummi, og andre plasttyper end PVC (f.eks. EVA). Nogle af materialerne er dyrere ved køb (startomkostning), men det opvejes muligvis i det længere løb ved en længere holdbarhed af produktet ved brug af de alternative materialer.

For bilinteriør er der allerede sket en stor reduktion i brugen af PVC, og der findes alternative brugbare materialer såsom læder, naturlige fibre/tekstiler, ABS og termoplastiske olefiner,

Inden for hospitalsudstyr er der ligeledes allerede sket en vis udfasning af PVC for visse anvendelser med andre plasttyper som alternativ. F.eks. med PE, PMPC, PP, silikone, nitril og EVA – hvilket materiale specifikt er helt afhængig af det enkelte produkt og dets funktion. Alternativerne til PVC er generelt dyrere. Der har desuden været stor fokus på at udfase ftalater til fordel for alternative

blødgørere. Om end de alternative blødgørere formodes at være mindre skadelige end mange kendte og velundersøgte ftalater, så er det et problem, at der fortsat mangler forskning og systematiske risikovurderinger for mange af stofferne, som gør at vi reelt ikke kender de detaljerede potentielle miljø- og sundhedseffekter for de enkelte stoffer, der er brugt som substitution (HCWH 2023d). En specifik anvendelse, hvor man endnu ikke har et teknisk brugbart alternativ, er blodposer. Det er ofte det ene eksempel, som fremhæves af PVC-industrien. Her bør der prioriteres midler til forskning i alternativer, som er bedre for miljø og sundhed.

Den samlede konklusion må være, at det vil gavne miljø og sundhed at udfase PVC i langt de fleste tilfælde, men at det har en økonomisk omkostning, ligesom det gør sig gældende for de fleste andre aspekter i den grønne omstilling. Men på sigt og i et miljø- og sundhedsperspektiv vil det være penge givet rigtig godt ud.

Kilder

- Bejgarn, MacLeod, Bogdal & Breitholtz (2015): Toxicity of leachate from weathering plastics: An exploratory screening study with *Nitocra spinipes*. *Chemosphere*
- Bickle-Graz, Tolsa & Fischer Fumeaux (2020): Phthalates in the NICU: a survey. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*
- Break Free From Plastic, Rethink Plastic, Zero Waste Europe, Client Earth, Health Care Without Harm & EEB (2024): PVC Problem Very Clear – Why the ECHA report supports phasing out PVC as the most effective and future-proof risk management measure
- Chi, Liu, Tan, Lin, Wu & Li (2021): Revealing the toxicity of dimethyl phthalate (DMP) to the oxygen-carrying function of red blood cells (RBCs): The iron release mechanism. *Chemosphere*
- ECHA (2015): Background document for diisopentylphthalate [DIPP]
- ECHA (2023): Investigation report on PVC and PVC additives
- Edwards, McCray, VanNoy et al. (2022): Phthalate and novel plasticizer concentrations in food items from U.S. fast food chains: a preliminary analysis. *J Expo Sci Environ Epidemiol*
- EU Kommissionen 2022: The use of pvc poly vinyl chloride in the context of a non-toxic environment
- Health Care Without Harm (HCWH) 2023: Webinar: Reducing exposure to toxic plasticisers in PVC medical devices.
- (a) Ted Schettler (Science Director, Science and Environmental Health Network)
 - (b) Katia Pacella (MSc Environmental management, Chemical pollution, HCWH)
 - (c) Lise Bernard (Pharmacist, Clermont-Ferrand University Hospital)
 - (d) Lucas Panneel (Medical Doctor, Neonatal Intensive Care Unit, Antwerp University Hospital)
- <https://europe.noharm.org/resources/webinar-reducing-exposure-toxic-plasticisers-pvc-medical-devices>
- Li, Getzinger, Ferguson, Orihuela, Zhu & Rittschof (2016): Effects of toxic leachate from commercial plastics on larval survival and settlement of the barnacle *Amphibalanus amphitrite*. *Environ. Sci. Technol.*
- Lithner, Larsson & Dave (2011): Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. *Sci. Total Environ.*
- Lithner, Damberg, Dave & Larsson (2009): Leachates from plastic consumer products–screening for toxicity with *Daphnia magna*. *Chemosphere*
- Lithner, Nordensvan & Dave (2012): Comparative acute toxicity of leachates from plastic products made of polypropylene, polyethylene, PVC, acrylonitrile-butadiene-styrene, and epoxy to *Daphnia magna*. *Environ.Sci. Pollut. Res.*
- Miljø- og Fødevareministeriet (2018): Plastik uden spild – Regeringens Plastikhandlingsplan.
- Miljøstyrelsen (2018): Kortlægning af PVC i Danmark 2018
- Miljøstyrelsen (2022): Kortlægning af forsyning af PVC i Danmark, 2021 - Del af PVC indsatsen 2018-21
- Miljøstyrelsen (2023): Emballagestatistik 2021
- Panneel, Govindan, Jorens & Covaci (2021): Plasticizers in the neonatal intensive care unit: A review on exposure sources and health hazards. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*
- Panneel, Cleys, Breugelmans, Christia, Malarvannan, Poma, Jorens, Mulder & Covaci (2023): Neonatal exposure to phthalate and alternative plasticizers via parenteral nutrition. *Int J Pharm.*
- Planet Tracker (2023): Toxic Footprints Europe

PVC Informationsrådet (2024): Er PVC en særligt problematisk plastiktype?

Saad, Bereketoglu & Pradhan (2021): Di(isononyl) cyclohexane-1,2-dicarboxylate (DINCH) alters transcriptional profiles, lipid metabolism and behavior in zebrafish larvae. *Heliyon*

Tsumura, Ishimitsu, Kaihara, Yoshii, Nakamura, Tonogai (2001): Di(2-ethylhexyl) phthalate contamination of retail packed lunches caused by PVC gloves used in the preparation of foods. *Food Additives and Contaminants*

Wagner, Monclús, Arp, Groh, Løseth, Muncke, Wang, Wolf & Zimmermann (2024): State of the science on plastic chemicals - Identifying and addressing chemicals and polymers of concern.

Wu, Chen, Peng, Almuhtaram & Andrews (2023): Leaching of Dibutyltin from Virgin Polyvinyl Chloride Pipe Material. *ACS ES&T Water*

Zero Waste Europe (2022): Toxic Fallout - Waste Incinerator Bottom Ash in a Circular Economy.

Zero Waste Europe (2023): Leaky Loop “Recycling” – A technical correction on the quality of pyrolysis oil made from plastic waste.

Zimmermann, Dierkes, Ternes, Völker & Wagner (2019): Benchmarking the in Vitro Toxicity and Chemical Composition of Plastic Consumer Products. *Environmental Science & Technology*

Zimmermann, Bartosova, Braun, Oehlmann, Völker & Wagner (2021): Plastic Products Leach Chemicals That Induce In Vitro Toxicity under Realistic Use Conditions. *Environmental Science & Technology*