

## Vidensartikel

# PVC – den mest problematiske plast af alle

*Plasttypen PVC, som bruges i alt fra rør, vinduesrammer, kabler, legetøj og medicinsk udstyr, har i årtier været under debat grundet diverse problemer koblet til især skadelige kemikalier særegent for netop PVC i såvel fremstillingen, brug og bortskaffelsen af materialet. Efter mange år med forskellige fremskridt fra industriens side, kommer man ikke udenom at PVC fortsat risikerer at udsætte miljø og befolkning for skadelig kemi i hele dets livscyklus. Fordi der i praksis findes alternativer til stort set alle slags produkter, hvor PVC fortsat bruges, og i lyset af de mange risici for sundhed og miljø, er det vores klare anbefaling at udfase PVC helt som plasttype.*

### INDHOLD

Udviklingen i brugen af PVC og dets additiver .....	2
PVC er en af de mest anvendte men samtidig mest problematiske af alle plasttyper .....	2
Endeligt mere politisk fokus på PVC som særligt problematisk plastiktype .....	3
Produktionen af PVC .....	4
Problemet starter allerede ved de stoffer, der skal bruges til PVC-produktionen .....	4
Udledning af giftige stoffer fra produktionen af PVC .....	5
Brugsfasen af PVC .....	7
Additiver udgør en særlig risiko under brugsfasen af PVC .....	7
Stor opmærksomhed på ftalater .....	7
Øvrige additiver i PVC .....	8
Alternativerne til ftalater – har vi så løst problemet? .....	9
For tidligt fødte spædbørn særligt udsatte over for skadelige PVC-blødgørere .....	11
Manglende viden om alternative kemikalier giver smuthuller i lovgivning .....	11
Bortskaffelsen af PVC .....	13
Genanvendelse af PVC – ikke helt så stor en succes .....	13
Problemer ved forbrænding af PVC .....	15
Problemer ved deponi af PVC og farligt affald/biprodukter fra PVC ifm. genanvendelse og forbrænding .....	16
Alternativer til PVC .....	17
Kilder .....	18

*Udarbejdet d. 22/3 2024 af Claudia Sick, miljøfaglig vidensansvarlig i Plastic Change*

*Disclaimer: Denne vidensartikel er stadig under udarbejdelse, og forventes i nærmeste fremtid at blive tilrettet med inddragelse af flere kilder.*

## Udviklingen i brugen af PVC og dets additiver

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

PVC er forkortelsen for polyvinylchlorid, og kaldes ofte også bare for "vinyl" i folkemunde. Særegent for PVC i forhold til andre plasttyper er indhold af grundstoffet klor (kemisk bundet med kulstof i polymeren), som er årsagen til flere af problematikkerne koblet til PVC, særligt under fremstillingen og ved bortskaffelse. PVC er den tredjehyppigst brugte plasttype i verden, næste efter 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 2021 (<https://pvc.dk/om-pvc/pvc-i-tal/>). Populariteten af PVC generelt skyldes primært dets styrke og mulighed for fleksibilitet, særligt set i forhold til at det er billigt at fremstille (1). PVC er ifølge PVC-Informationsrådet endvidere den mest anvendte plasttype i både bygge-/anlægssektoren og sundhedssektoren, og det mest anvendte materiale til drikkevandsrør i Danmark (<https://pvc.dk/om-pvc/pvc-i-tal/>).

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 skyldes monomeren vinylchlorid – altså det grundlæggende stof, som er nødvendigt til fremstilling af PVC. Efter den tid blev der gjort en del tiltag for at beskytte PVC-arbejdere mod vinylchlorid 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. gulve og rør, og mellem 1980-95 fordobledes brugen af PVC hertil.

I 1990'erne begyndte kampagner mod PVC i legetøj, med særlig stor fokus på ftalater som bruges at fremstille bl.a. blød/fleksibel PVC (3). Dette fokus skyldtes, at det blev 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 særligt omtalte ftalater er DEHP, BBP, DBP og DIBP). Substitutionen med alternativer til ftalaterne i form af andre blødgørere

#### FAKTA-BOKS: Hvor bruges PVC?

PVC bruges i alt fra fødevareremballage, kunstig læder og andre kunststoffer, bilsæder, medicinsk udstyr, legetøj og vinyl plader. PVC er den mest anvendte plasttype i byggeriet, hvor det bruges til drikkevandsrør, nedløbsrør, afløbssystemer, vinduesrammer, kabelbakker, tagrender, profiler og tagplader, dvs. primært hård PVC. Hård PVC udgør 70 % ud af al slags PVC brugt i Europa, mens blød PVC udgør 30 %.

Af eksempler på anvendelser af blød PVC (dvs. tilsat væsentlige mængder blødgørende additiver, er vinylgulve, isolering af kabler til el og telekommunikation, medicinsk udstyr (f.eks. slanger, blodposer, beholdere til medicin og føde), presenninger, fendere, reklamebannere, tekniske slanger, haveslanger, voksduge, tagfolier, transportbånd, telte, madrasser, sportsudstyr, hoppeborge, beskyttelsesudstyr mod oversvømmelser, badeforhæng, gummistøvler og regntøj

**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/>

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.

Produktionen af PVC på globalt plan estimeres at være 50-55 mio. tons årligt. (2; EU Kommissionen 2022). Kina er den største producent af PVC, der udgør næsten halvdelen af den samlede globale produktion (<https://www.politico.eu/sponsored-content/why-european-policymakers-shouldnt-listen-to-ngos-in-pvc-matters/>, EU Kommissionen 2022). I EU blev der i 2019 fremstillet ca. 6 mio. tons PVC (EU Kommissionen 2022), dvs. ca. 12 % af den globale 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, dvs. den mængde affald som skabes ifm. produktionen på fabrikkerne og som håndteres som industrielt affald (pre-consumer) (EU Kommissionen 2022). Når industrien fremlægger tal for genanvendelsesrater, er det ofte med fokus på industrielt PVC-affald, som pga. mængder og renhed er nemmere at genanvende effektivt, eller med fokus på PVC i byggeaffald, hvor der også findes store mængder af samme slags produkt, hvorved genanvendelsen også gøres nemmere. Et problem i genanvendelsen af PVC er bl.a. at additiver som i dag er forbudt i EU (men ikke i hele verden) stadig finder vej til og forurener affaldsstrømmene, så genanvendelsen forringes. Ved forbrænding af PVC skabes også et problem med udledning af giftigt dioxin. Selvom højteknologiske forbrændingsanlæg renser luften, så ses stadig i praksis, at lokalsamfund omkring nogle forbrændingsanlæg kæmper med luftforurening og forurening af fødevarer med indhold af bl.a. dioxin og PFAS (<https://www.euronews.com/green/2023/11/21/millions-in-france-warned-not-to-eat-eggs-from-backyard-chickens-due-to-forever-chemical-p>). Derudover kan de giftige stoffer fra forbrænding af bl.a. PVC lande i slagge og bundaske, som derved er farligt affald og skal deponeres (1).

## Endeligt mere politisk fokus på PVC som særligt problematisk plastiktype

Selvom der allerede i 1970-80'erne var fokus på PVCs problematiske egenskaber, dengang med fokus på bedre og sikrere arbejdsforhold for arbejderne med beskyttelse fra direkte eksponering mod vinylklorid, og sidenhen i 1990erne fokus på brugen af ftalater i PVC med erstatning med andre alternative blødgørere, blev der ikke gjort mere 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. Det er stadig den fortælling industrien har omkring PVC generelt. Men de seneste par år er PVC som polymer igen kommet i politisk fokus, 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 lige nu, 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” (problematiske kemikalier) i form af stoffer (SVHC) på kandidatlisten i EU's kemikalielovgivning REACH. I den ene ende af spektret 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.

## Produktionen af PVC

### Problemet starter allerede ved de stoffer, der skal bruges til PVC-produktionen

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.

#### 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 (uden additiver) udgør ethylen 43 % og klor 57 % (<https://pvc.dk/om-pvc/pvc-i-tal/>).

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 (1). Additiverne kan i sig selv udgøre op til ca. halvdelen af det færdige PVC-produkts vægt, hvilket er langt mere end andre plasttyper (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1464391X06705268>), 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 er med alle 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 (på 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 (2). Kviksølv er ekstremt problematisk og giftigt. Diaphragm processerne er den mest anvendte metode i USA og Europa. De metoder herunder, der bruger asbest-indholdende celler, anvendes fortsat i USA, men er generelt udfaset i EU. Membran-processerne er den nyeste metode og bruger enten asbest-belagte eller PFAS-belagte membraner – både asbest og PFAS er særligt skadelige stoffer. Denne metode er endvidere særligt energi-krævende. (1). 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. (1).

**Ethylene dichloride** (EDC) er et af de stoffer som skal bruges i fremstilling af PVC og ”forstadiet” (for de tre metoder der bruger ”ethylen-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 (1). 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 (1).

### 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. Her 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. Vinylklorid kan herefter polymeriseres, som ved de øvrige metoder, og fremstille 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 (1).

### Vinylklorid – den giftige byggesten til PVC

Uanset hvilken ”rute” der bruges til fremstilling af PVC, er vinylklorid et nødvendigt forstadium til al PVC. Monomeren **vinylklorid** (forkortes VCM) er giftigt og på EUs kandidatliste af særligt problematiske stoffer (SVHC). Stoffet er 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. (1).

## Udledning af giftige stoffer fra produktionen af PVC

Selvom der fra industriens side er gjort en del for at mindske den direkte eksponering af disse giftige kemikalier, særligt VCM, på fabrikkerne, så sker der stadig udledning til luften. I perioden 2012-16 udledte 34 EU-virksomheder VCM (2). 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 år (<https://toxicfreefuture.org/research/toxic-cargo/key-findings/>). Når EDC (som er et stof der produceres via ethylen-ruten og forstadium til vinylklorid) 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. (1). Så selvom fabriksarbejderne nu er langt mere beskyttet mod direkte eksponering fra disse giftige kemikalier under produktionen, så udsættes de omkringliggende samfund stadig for de giftige kemikalier via luftforurening.

Giftige kemikalier til PVC-produktionen såsom EDC og VCM kan desuden udgøre en stor reel forureningsfare under transport. Ganske nyligt i februar 2023 skete en togafsporing i det østlige Ohio i USA, hvor fem vogne med ca. 435.000 liter VCM forulykkede og gik i flammer. Kemikalierne i disse vogne blev nødt til at blive brændt bevidst for at undgå ukontrollerede eksplosioner, hvilket gav stor lokal forurening (1; <https://e360.yale.edu/features/pvc-plastic-un-treaty>). Det estimeres, at ca. 16.330 tons VCM fordelt i 200 vogne er i transport på amerikanske togbaner på ethvert givent tidspunkt ud til 16 amerikanske PVC producenter – risikoen for fremtidige ulykker med dette giftige kemikalie er dermed ikke ubetydelig (<https://toxicfreefuture.org/research/toxic-cargo/key-findings/>). 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 ulykkesstedet (<https://toxicfreefuture.org/research/toxic-cargo/key-findings/>). 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.

## Brugsfasen af PVC

### Additiver udgør en særlig risiko under brugsfasen af PVC

PVC er en af de plasttyper, 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. Studier viser også, at ud fra et kemikalie-perspektiv ligger PVC i toppen af de mest problematiske plastpolymerer (bl.a. Zimmermann et al. 2021).

De fleste additiver i 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 stofferne gennem luft, mad, drikke og hudkontakt. Hvor hurtigt og nemt de forskellige additiver migrerer ud af plasten, afhænger af mange forskellige faktorer, herunder stoffets opløselige i polymer-strukturen, stoffets molekylære størrelse, typen og koncentrationen af stoffet i plasten, samt temperaturen (EU Kommissionen 2022).

De største grupper af additiver, der bruges i PVC er blødgørere (plasticisers), stabilisatorer og pigmenter. Flammehæmmere er også en gruppe af stoffer, der bruges i PVC, og som er væsentlig at nævne pga. de dokumenterede skadeseffekter. Ftalater hører til under blødgørerne og har været hyppigt anvendt i særligt PVC (EU Kommissionen 2022). Blødgørere og andre additiver kan udgøre en stor del af et færdig PVC produkt, op til 50 % af det færdige PVC-produkts vægt, og brugen af især blødgørere er særligt udbredt i PVC produkter (men kan også findes til en vis grad i andre plasttyper).

Selvom additiver findes i alle slags plasttyper, afhængig af det enkelte produkt, udgør PVC, grundet mængden 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 kender skadeseffekterne for, men også for de rigtig mange kemikalier, vi stadig mangler viden for og risikovurdering af.

Monomeren vinylklorid, som er et nødvendigt, og særligt giftigt, kemikalie til fremstilling af PVC, 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 en forløber til plastpolymeren polycarbonat, risikerer at frigives fra denne type plast (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9441614/>).

### Stor opmærksomhed på ftalater

Særligt ftalaterne har været i stor fokus, fordi forskning har vist mange forskellige skadeseffekter på både miljø og mennesker. 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 sigt (<https://echa.europa.eu/da/hot-topics/phthalates>). 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 kemikalierne fortsatte brug, hvis det er under helt kontrollerede forhold, at der ingen bedre alternativer er, og at fordelene ved brugen overstiger risici ved skadeseffekterne.

Efter kampagnerne mod og øgede fokus på ftalater i 1990'erne i bl.a. blødt PVC legetøj, begyndte industrien at finde alternativer til blødgørere for de ftalater, der havde særlig fokus (herunder særligt omtalt 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 tilladelse (<https://plast.dk/det-store-plastleksikon/dehp-ftalater/>).

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 også har lignende skadeseffekter, tilføjet til forbudslisten i legetøj og småbørnsartikler med oral eksponering. Især legetøj kan være lavet af PVC. Fire af disse ftalater (DEHP, BBP, DBP, 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 lovlige (<https://echa.europa.eu/da/hot-topics/phthalates>)

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 fødevarerkontaktmaterialer og medicinsk udstyr (gældende for DEHP) samt indpakning til medicinske produkter (gældende for DEHP, DBP og BBP) (<https://echa.europa.eu/da/hot-topics/phthalates>). 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 2030 ([https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ%3AL\\_202302482](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ%3AL_202302482))

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 (4). Nogle studier viser også indikation af skadeseffekter af disse stoffer (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653520322128>).

Scip-databasen (<https://echa.europa.eu/da/scip-database>) er et værktøj fra 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.

## Øvrige additiver i PVC

Stabilisatorer, som også anvendes som additiver i PVC, omfatter typisk bly, cadmium, calcium/zink og organotin. Bly og cadmium, som begge er særligt problematiske, er i flere lande blevet forbudte, men stadig lovlige i visse verdensdele (1). I nogle lande uden for Europa er bly og cadmium



stabilisatorerne blevet erstattet med organotiner, som også er problematiske (<https://e360.yale.edu/features/pvc-plastic-un-treaty>).

Organotiner er en anden 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. pilleemballager 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 genanvendelsesindustrien (<https://e360.yale.edu/features/pvc-plastic-un-treaty>)

Vi kan alle udsættes direkte for disse skadelige additiver derhjemme, f.eks. hvis vi har PVC produkter som gulve, tapeter og legetøj i hjemmene, hvorfra der sker afgang af kemikalierne. Det er også en bekymring, at PVC-rør afgiver skadelig kemi til drikkevand (<https://e360.yale.edu/features/pvc-plastic-un-treaty>)

## Alternativerne til ftalater – har vi så løst problemet?

I takt med at flere ftalater blev regulerede i EU og USA, fremkom naturligt et behov for at erstatte med andre typer blødgørere, som ikke var ftalater, i bl.a. PVC, f.eks. i medicinsk udstyr men også andre produktgrupper som blev "ramt" af forbuddene. Tanken bag reguleringerne var selvfølgelig at erstatte med ikke-skadelige blødgørere for på den måde at løse problemet med skadeseffekterne fra ftalaterne. Men spørgsmålet er, 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 og vurderet for risici og skadeseffekter.

Selvom additiver bruges i alle slags plastktyper, og det varierer mellem de enkelte produkter hvor meget og hvilke kemikalier der er tale om (som man som forbruger i øvrigt ikke bliver oplyst om), er PVC dog et af de mest problematiske, også når det kommer til dets additiver og generel giftighed - og dermed også større risiko under brugsfasen af netop PVC.

PVC er den plasttype (sammen med PUR) som er kendt for at kræve største mængder additiver, og alene på det grundlag også være den mest skadelige af alle plasttyper, også efter at reguleringer mod skadelige kemikalier er trådt i kraft (Lithner et al. 2011, Zimmermann et al. 2019). Endvidere findes 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). Eksempelvis viser et studie fra 2019, hvor 34 forskellige hverdags-plastprodukter (med og uden fødevarekontakt) lavet af forskellige typer polymerer, blev testet for generel giftighed, oxidativ stress og hormonforstyrrende effekter. Forskerne bag studiet var alle fra Europa, hvorfor de testede produkter må formodes at stamme fra det europæiske marked. Studiet blev endvidere udført efter diverse reguleringer mod bl.a. ftalater var trådt i kraft, hvorfor de testede produkter må formodes at være lovlige og fortsat på markedet i dag. Fire forskellige PVC-produkter blev her testet, og viste, at samtlige af disse 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 produkterne, og flere produkter 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).

Et generelt og helt centralt problem med udfasningen af skadelige kemikalier fra bl.a. PVC, er manglen på viden omkring de alternativer, som så bruges i stedet som substitution for de forbudte stoffer. De mest kendte/omtalte af disse blødgørere-alternativer, som bruges i bl.a. medicinsk PVC-udstyr, i bl.a. Europa og USA i dag, er ATBC, TOTM, DEHT, DINCH og DEHA. Ingen af disse alternative blødgørere er regulerede og kan således bruges frit. TOTM og DEHA er dog pt. under en stofvurderingsproces i EU (CoRAP). DINCH, DEHA og DEHT er også erstatningsstoffer som blødgørere i fødevareremballage af bl.a. PVC, og DEHT er fundet i høje koncentrationer i forskellig fast-food mad i et amerikansk studie, hvor forbudte ftalater f.eks. DEHP i øvrigt også blev dokumenteret i 70 % af mad-prøverne. Fundet af forbudte ftalater og lovlige alternative blødgørere formodes at stamme fra de vinyl-handsker (dvs. PVC) som de undersøgte fastfood-restauranterne brugte til at håndtere maden, idet samme kemikalier også fandtes i selve handskerne – i så fald sker der jo en betydelig lækage af additiverne til fødevarerne (Edwards et al. 2021), hvilket støttes af tidligere studier af overførsel af DEHP fra PVC-handsker til fødevarer (Tsumura et al. 2001).

Beklageligvis er der langt mindre forskning og viden om disse konkrete stoffer, og samtlige af de fem stoffer (ATBC, TOTM, DEHT, DINCH og DEHA) mangler en egentlig vurdering/evaluering af skadeseffekter – det vil sige man ved reelt ikke hvad risiko for brugen er, deres giftighed og eksponering (dvs. hvor meget vi reelt bliver udsat for stofferne i vores dagligdag eller under særlige omstændigheder, f.eks. på hospitaler). TOTM er allerede mistænkt og således i EU-regi under vurdering for at være hormonforstyrrende og en PBT, mens DINCH gennem laboratorieforsøg med zebrafisk-larver indikerer giftighed for akvatisk liv (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8441171/>).

Fordi samtlige stoffer af alternative blødgørere, som erstatning for de regulerede ftalater, ikke endnu er vurderet og evalueret for skadeseffekter, bør de som sådan kategoriseres som en u hensigtsmæssig substitution (”regrettable substitution”). Først når et stof er grundigt evalueret og en mindre skadeseffekt på sundhed og miljø kan opnås i forhold til det stof, der forsøges at substitueres, bør en substitution finde sted. I praksis bliver udfasnings/transitionsperioderne forlænget (som det er sket med DEHP), fordi der ikke reelt findes bedre alternativer – og det kalder på større prioritet og midler til forskning, innovation og langt hurtigere evalueringsprocesser for alternative stoffer under bl.a. REACH.

I verdensdele og lande uden regulering mod ftalater f.eks. Asien og særligt Kina (hvor næsten halvdelen af verdens PVC produktion foregår) vil dokumenterede skadelige ftalater og andre skadelige stoffer givetvis stadig være en del af materialet, og via global handel med varer sniger dokumenterede skadelige stoffer sig altså stadig ind i vores samfund og forbrugervarer i Europa. 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 ”gamle” produkter, 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 2007 (<https://mst.dk/borger/sundhed-og-kemi/gravide-boern-og-legetoej/legetoej-uden-pvc-og-ftalater>)

## For tidligt fødte spædbørn særligt udsatte over for skadelige PVC-blødgørere

PVC bruges som bekendt til medicinsk udstyr bl.a. slanger og poser/holdere til medicin, flydende føde og blod. Blandt medicinsk udstyr lavet af plastik, hvilket omfatter 455.000 tons i alt årligt i Europa (tal fra 2021), består 27 % af PVC (Europe Medical Polymer Market Report, Global Market Insights, 2021, <https://www.politico.eu/sponsored-content/why-european-policymakers-shouldnt-listen-to-ngos-in-pvc-matters/>).

I denne sektor 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), og kemikalierne kan absorberes af medicin (f.eks. insulin) hvilket da risikerer at forstyrre medicinens funktionalitet og dermed forringer behandlingens effekt (3).

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 eksponeres i særlig grad for PVC udstyr og dermed dets potentielle skadelige kemikalier via behovet for at give føde og medicin via medicinsk udstyr. Trods forbud mod DEHP i medicinsk udstyr i Europa har studier vist, at for tidligt fødte spædbørn fortsat eksponeres fra DEHP – dog muligvis stammende fra den flydende opløsning/emulsion selv og ikke nødvendigvis lækkeret fra udstyret. Men også alternative blødgørere TOTM og især ATBC blev også fundet i den opløsning, som de små spædbørn gives.

Særligt DEHP (som er dokumenteret skadeligt) og ATBC (som man endnu ikke kender skadeseffekter af) var i det konkrete studie tættere på den af EU's kemikalieagentur (ECHA) fastsatte grænseværdi for daglig dosis (såkaldt "no-effect dose") om end den ikke blev overskredet (udgjorde ca. 10-33 % beregnet daglig eksponering af grænseværdien). Men fordi grænseværdierne er sat ud fra standardiserede raske voksne personer (ekstrapoleret ud fra dyreforsøg og under forudsætning af eksponering via munden, og for tidligt fødte spædbørn er særligt sårbare og udsatte, er der risiko for at den egentlige grænseværdi (uden skadeseffekt) for sårbare spædbørn er en del lavere. For tidligt fødte spædbørn er i den første tid under kritisk udvikling ved modning af hjerne og lunger, stofskifte, nyrer og fordøjelse (særligt de sidstnævnte som skal udskille stofferne fra kroppen), og disse organer virker ikke nær så effektivt som hos et voksent menneske. Eksponeringen af stofferne hos disse spædbørn på neonatal afdelingerne er desuden mere direkte ind i kroppen gennem blodet, frem for eksponering fra munden (sidstnævnte som forudsætning for fastsættelse af grænseværdi), og dermed bliver effekten af stofferne større i praksis på neonatal afdelingerne. Af disse grunde og trods grænseværdier risikerer de for tidligt fødte spædbørn dermed alligevel reelt at blive udsat for skadelige mængder blødgørere stoffer der bruges i PVC medicinsk udstyr. Samtidig kan en kumulativ og cocktail-effekt af forskellige skadelige stoffer også spille ind på den egentlige risiko (Panneel et al. 2023)

## 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 PVC-industrien skiftede over til efter regulering af diverse ftalater. 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 sikkerhed. 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 udstyr). Derudover er transitionsperioden for det skadelige og nu forbudte i medicinsk udstyr ftalat DEHP netop udsendt, så vi fortsat udsættes for det veldokumenterede giftige stof i mindst 5 år endnu indtil 2030 ([https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ%3AL\\_202302482](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ%3AL_202302482)).

Det danske PVC-Informationsråd kalder de alternative blødgørere ”en succesfuld substitution” (<https://pvc.dk/om-pvc/pvc-i-tal/>) men faktum er, at vi ikke reelt ved, om det er en succes eller ej. Man bør dårligt kunne kalde det en succes, førend de kemikalier, der har erstattet dokumenterede skadelige kemikalier, er helt frikendt for skadelige effekter. Det bør endvidere være industrien selv, der må tage ansvaret for at undersøge alternative stoffer til bunds, førend de bruges som substitution – men et sådant ansvar har industrien ikke hidtil udvist, og der bør således være større politisk fokus på rammer og krav lavet ud fra forsigtighedsprincippet.

## Bortskaffelsen af PVC

### Genanvendelse af PVC – ikke helt så stor en 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 (<https://pvc.dk/om-pvc/pvc-i-tal/>; EU Kommissionen 2022) gennem VinylPlus, 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 % af de PVC-produkter, der blev sat på markedet i EU i 2022 (dvs. post-consumer affald), blev genanvendt (1).

Ofte når industrien angiver ”høje” genanvendelses-rater for PVC, skelnes der ikke mellem industrielt og forbruger-affald. Det giver et misvisende billede af genanvendelses-”succesen” af PVC og fortællingen om at PVC er nemt at genanvende, og at industrien lykkes med høj genanvendelse på lige netop PVC, fordi forbruger-affaldet er mest udfordrende at genanvende grundet langt mere blandede og forurenede mængder. Industrielt affald kan til gengæld findes i store, ublandede og rene volumener og dermed er simplere reelt at genanvende. Samtidig er forbruger-affaldsfraktionen den mest relevante at nævne og sammenligne med ifht. andre affaldsfraktioner.

Selv når der i genanvendelses-raterne ikke skelnes mellem industrielt og forbruger affald lander man på ca. 21 % genanvendelse af PVC i Europa. I lyset af EU's seneste mål for genanvendelse kan man dårligt kan kalde det imponerende. PVC Informationsrådet fremhæver høje genanvendelsesrater af PVC på 35 %, og at det er over gennemsnittet for andre typer plast (<https://pvc.dk/om-pvc/pvc-og-genanvendelse/>), men her er tale om en bestemt affaldsfraktion, nemlig byggeplast, igen hvor der kan findes store volumener ”rene” (ublandende) fraktioner af PVC-affald, så indsamling og genanvendelse samlet set er mere effektivt så det er nemmere at opnå høje genanvendelsesrater.

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 blød 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 år (<https://pvc.dk/om-pvc/pvc-i-tal/>). 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 (<https://pvc.dk/om-pvc/pvc-i-tal/>; 2). Tal for den europæiske PVC-produktion varierer mellem ca. 3,8 mio. og 6 mio. årligt, afhængig af kilden (<https://pvc.dk/om-pvc/pvc-i-tal/>; EU Kommissionen 2022), og udgør dermed ca. 7-12 % af den globale produktion. Genanvendelsen af PVC på globalt plan regnes for at være væsentlig mindre end

den europæiske genanvendelse. På den måde kommer forholdsvis (sammenlignet med andre verdensdele) ”høje” europæiske genanvendelsesrater på PVC ikke til at løse verdens udfordringer med PVC cirkulariteten, og de øvrige særegne problemer koblet til PVC i hele dets livscyklus (fx PFAS i produktionsfasen, import af PVC fra andre verdensdele, diverse additiver til PVC som man har meget begrænset viden om), gør sig stadig gældende for PVC i Europa. I det lys giver en global udfasning af PVC rigtig god mening.

Grundet de mange problematiske additiver i PVC og klor-indholdet (som andre plasttyper ikke indeholder) er det i genanvendelses-regi særligt vigtigt, at netop PVC adskilles fra det øvrige plastik, sådan at det ikke forurener genanvendelses-strømmene. Det sætter store krav til forbrugernes sortering af al den plast, man omgives med, i mange forskellige plasttyper, hvor det ikke altid er tydeligt hvilken slags plasttype, der er tale om og hvordan den skal bortskaffes. En forurening på mere end 8-10 % af PVC i kildesorteret plastik til genanvendelse kan ødelægge et helt batch. Selvom højteknologiske anlæg eftersorterer den indsamlede plast, kan der alligevel ske fejlsortering, hvor uegnet plast havner i de forkerte sorterede plastfraktioner til genanvendelse. 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. Kemisk genanvendelses-teknologier for PVC er også forsøgt, men har indtil videre ikke været hverken økonomisk rentabelt eller fungeret i større skala. (1).

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 teknisk center til brug i projektet, men der er stadig tale om tests af processen, og ikke kommerciel skala (<https://www.circular-flooring.eu/news/large-scale-pilot-plant-opened/>). 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, i plasten, som gjorde at EU's kemikaliekraav i REACH ikke kunne overholdes – det blev simpelthen for dyrt at få additiverne skilt ud af plasten ([https://www.plasteurope.com/news/Closure\\_of\\_operation\\_in\\_Italy\\_Phthalates\\_issue\\_under\\_REACH\\_brings\\_do\\_t240095/](https://www.plasteurope.com/news/Closure_of_operation_in_Italy_Phthalates_issue_under_REACH_brings_do_t240095/)).

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 kan klare mellem 5 og 10 ganges omsmeltning for hhv. blød og hård PVC via mekanisk genanvendelse (<https://pvc.dk/om-pvc/pvc-og-genanvendelse/>). 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 gange (<https://resource-recycling.com/plastics/2018/02/02/study-looks-number-times-hdpe-can-recycled/>).

I Danmark skal hårdt PVC indsamles jf. Affaldsbekendtgørelsen. Hård PVC indsamles (siden 1997) gennem WUPPI-ordningen (<https://wuppi.dk/>), som er en sammenslutning af PVC-producenter i Danmark og en del af VinylPlus programmet, og eksporteres til andre lande til genanvendelse, Det er ikke lovligt at genanvende hård PVC i Danmark. 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.

Blød PVC kan teknisk set også genanvendes mekanisk, og bliver det ifølge PVC Informationsrådet i stigende omfang (<https://pvc.dk/om-pvc/pvc-og-genanvendelse/>). 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. indhold af skadelige og forbudte kemikalier) skal deponeres, og i de danske kommuner anses al blød PVC oftest som ikke-genanvendeligt, hvorfor det i dag ryger på deponi som farligt affald (<https://pvc.dk/om-pvc/pvc-og-genanvendelse/>).

Selvom lovgivningen i EU for PVC er nået langt i forhold til f.eks. 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. PVC Informationsrådet angiver, at der skønnes at der i løbet af de næste årtier vil fremkomme 200 mio. tons PVC i affaldsstrømmen, der kan indeholde bly (<https://pvc.dk/om-pvc/pvc-og-genanvendelse/>). Om end kemikalie-lovgivningen i EU er nok verdens førende, så er den også karakteriseret for at være bureaukratisk og langsommelig i forhold til at få vurderet og endeligt reguleret enkelte stoffer. Eksempelvis udkom nyligt en ny rapport fra ChemSec, der øgede antallet af plastikkemikalier til 16.000 kendte. Heraf var ca. ¼ dokumenteret skadelige, mens XX % slet ikke var vurderet og dermed ukendt hvilken skadeeffekt på miljø og sundhed de enkelte plast-kemikalier kan have. I PVC-sammenhæng bruges eksempelvis også mange alternative blødgørere, som der endnu ikke er viden om. 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 skades effekter. 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-projektet (<https://www.remadyl.eu/>) 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 finder og dokumenterer flere skadelige kemikalier, som man i dag ikke har nogen reel viden om.

## Problemer ved forbrænding af PVC

Det største problem ved forbrænding af PVC er, at det i forbrændingsprocessen skaber forskellige giftstoffer, bl.a. saltsyre (HCl, hydrogenklorid), dioxiner, samt furaner, som alle er klorholdige giftige gasser. Det vil sige, at inden for afbrænding af plastik, så er PVC synderen idet det er den eneste (af de hyppigste anvendte) type plastik med indhold af klor. Disse giftige klor-holdige kemikalier kan naturligvis også stamme fra andre anvendelser med brug af klor, men altså ikke fra plastik. Derfor er dette et særegent problem for specifikt PVC af alle plasttyper, og hvorfor PVC også i denne sammenhæng må anses som værende den mest problematiske plastpolymer.

**Dioxiner** (kemisk betegnelse: polyklorerede dibenzodioxiner, PCDD) 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, hvorvidt dioxiner og furaner udledes. Nye, højteknologiske anlæg vil som regel have filtre og processer til at fange stofferne og rense luften, der udledes, men de giftige stofferne, som ikke kan undgås at dannes fra PVC grundet klor-indholdet, vil da i stedet lande i slagge/aske, som så skal afskaffes på anden vis som farligt affald til deponi (1).

Ukontrolleret forbrænding af affald i nogle lande, regioner og verdensdele betyder også, at giftige kemikalier fra PVC forurener luften og skader lokalsamfund (1).

Eksempelvis ses ved forbrændingsanlæg i Paris, Frankrig (Europas største forbrændingsanlæg), at 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 forureningen (<https://www.euronews.com/green/2023/11/21/millions-in-france-warned-not-to-eat-eggs-from-backyard-chickens-due-to-forever-chemical-p>).

## Problemer ved deponi af PVC og farligt affald/biprodukter fra PVC ifm. genanvendelse og forbrænding

*Afsnittet er fortsat under udarbejdelse.*



## Alternativer til PVC

*Afsnittet er fortsat under udarbejdelse.*

## Kilder

- (1) Ted Schettler, HCWH webinar 2023: Reducing exposure to toxic plasticisers in PVC medical devices. <https://noharm-europe.org/issues/europe/webinar-exposure-platicisers-pvc-medical-devices>
- (2) Katia Pacella, HCWH webinar 2023: Reducing exposure to toxic plasticisers in PVC medical devices. <https://noharm-europe.org/issues/europe/webinar-exposure-platicisers-pvc-medical-devices>
- (3) Lise Bernard, HCWH webinar 2023: Reducing exposure to toxic plasticisers in PVC medical devices. <https://noharm-europe.org/issues/europe/webinar-exposure-platicisers-pvc-medical-devices>
- (4) Lucas Panneel, HCWH webinar 2023: Reducing exposure to toxic plasticisers in PVC medical devices. <https://noharm-europe.org/issues/europe/webinar-exposure-platicisers-pvc-medical-devices>

EU Kommissionen 2022: The use of pvc poly vinyl chloride in the context of a non-toxic environment

Panneel et al. 2021:

[https://www.researchgate.net/publication/354330752\\_Plasticizers\\_in\\_the\\_neonatal\\_intensive\\_care\\_unit\\_A\\_review\\_on\\_exposure\\_sources\\_and\\_health\\_hazards](https://www.researchgate.net/publication/354330752_Plasticizers_in_the_neonatal_intensive_care_unit_A_review_on_exposure_sources_and_health_hazards)

Panneel et al. 2023: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36526146/>

Bickle-Graz, Tolsa & Fischer Fumeaux (2020): Phthalates in the NICU: a survey

ECHA (2015): Background document for diisopentylphthalate [DIPP]

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* 32, 366–373

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*

Lithner, Damberg, Dave & Larsson (2009): Leachates from plastic consumer products—screening for toxicity with *Daphnia magna*. *Chemosphere*, 74 (9), 1195–1200.

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.*, 19 (5), 1763–1772.

Bejgarn, MacLeod, Bogdal & Breitholtz (2015): Toxicity of leachate from weathering plastics: An exploratory screening study with *Nitocra spinipes*. *Chemosphere*, 132, 114–119.

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., 50 (2), 924–931.

Lithner, Larsson & Dave (2011): Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. Sci. Total Environ., 409 (18), 3309–3324.

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 Addit Contam. 18:569–79.