



## PFAS på fyld- og lossepladser

På gamle fyld- og lossepladser kan der være deponeret produkter behandlet med eller indeholdende PFAS-forbindelser. Dette kan f.eks. være gamle tæpper, overfladebehandlet pap og papir, imprægneret tøj, rester af gamle imprægneringsprodukter og -emballage eller byggeaffald, især affaldsfraktioner behandlet med PFAS-holdigt maling og lim /3/. En opgørelse fra Danske Regioner i 2021 /5/ viser, at der i grundvandet på 23% af 258 undersøgte lossepladser er påvist sum af 4 PFAS højere end 0,02 µg/l (dvs. 10 gange kvalitetskriteriet).

Der kan generelt skelnes mellem ukontrollerede lossepladser, som er anlagt uden membran og perkolatopsamling (anlagt før 1973), og kontrollerede lossepladser, anlagt med bundmembran og/eller perkolatopsamling (anlagt fra slutningen af 1960'erne). Lossepladser har modtaget mange forskellige typer affald (dagrenovation, industriaffald, slagge, slam mv.). Fyldpladser har derimod kun modtaget forholdsvist inerte affaldstyper som f.eks. lettere forurenede jord, haveaffald mv. Specialdepoter er hovedsageligt anlagt efter 1980 og har kun modtaget en speciel type affald, f.eks. miljøfarligt affald, slagge eller aspest. I midten af 1990'erne blev betegnelserne losseplads og fyldplads erstattet af fællesbetegnelsen "affaldsdeponi" /29/.

Den første PFAS-forbindelse (PTFE – teflon) blev opdaget i 1938. Produktionen af andre PFAS-forbindelser startede i 1949, men brugen af stofferne slog først for alvor igennem i 1966-1990 /3/. Den største produktion af PFAS fandt sted i perioden 1990-2000, hvor der globalt blev produceret ca. 3.000 tons/år. Frem til år 2000 var produktionen domineret af salte af perfluoroktansulfonsyre (PFOS) herunder perfluoroktansulfonfluorid (POSF) /1/. Efter 2002 er der løbende blevet indført forskellige reguleringer for brugen af de PFOS-baserede PFAS-forbindelser, hvilket har medført en tendens til anvendelse af PFAS-forbindelser med mindre end 6 kulstofatomer i den fluorerede del af kulstofkæden. Brugen af PFAS er særligt faldet på områder, hvor der findes alternative stoffer /1/,/3/. Fra 2003 til 2007 skete der i Danmark et drastisk fald i den indberettede mængde PFAS til produktregistret, hvilket må formodes at skyldes den nye EU-lov fra 2006, der begrænsede brugen af PFOS og relaterede stoffer til få industrier /1/,/2/.

I Danmark var forbruget af PFAS i 2001 op til 50 tons/år. Efter udfasning af PFOS er PFAS-forbruget frem mod 2014 faldet til ca. 3 tons/år. Der har aldrig været direkte produktion af PFAS-forbindelser i Danmark /1/.

I 1997 blev der i Danmark indført en ny lov om affaldsregulering, hvilket betød, at al affald der kan bortskaffes via forbrænding, ikke må deponeres i kontrollerede affaldsdeponier /22/. I 1994 og 1996 blev der i Danmark deponeret hhv. 2,5 og 2,6 mio. tons affald, svarende til hhv. 20 og 24% af den samlede affaldsmængde. I 1998 var mængden af deponeret affald faldet til 1,9 mio. tons, svarende til 15% af den samlede affaldsmængde. Frem til i dag er den årlige mængde deponeret affald i Danmark faldet støt og således blev der i 2019 jf. den sidste opgørelse over affaldsstatistik deponeret 0,4 mio. tons affald i Danmark, svarende til 3,2% af alt produceret affald /23/,/24/.

På baggrund af ovenstående må det antages, at der kan forventes PFAS-forbindelser i affald deponeret især i perioden 1966-2006. Affald deponeret før 1949 forventes ikke at indeholde PFAS-forbindelser, mens affald fra perioden 1949-1966 må forventes at indeholde begrænsede mængder PFAS.

#### Kilder til forurening med PFAS på lossepladser

Deponi af produkter behandlet med PFAS kan udgøre en potentiel forureningskilde over for jord og grundvand. Flere studier har påvist indhold af PFAS-forbindelser i perkolat fra gamle lossepladser. Forurening med PFAS fra gamle lossepladser kan forventes at indeholde et bredt spektrum af PFAS-forbindelser /3/.

I en svensk undersøgelse af lossepladsperkolat /8/ er der identificeret en række typer af affald, der kan knyttes til forurening med PFAS:

- Husholdningsprodukter (f.eks. husholdningskemikalier, kosmetik og hudplejeprodukter, non-stick produkter, tekstiler og læder, tæpper samt elektronik og maling)
- Papir, emballage og trykte produkter
- Bygge- og nedrivningsaffald (f.eks. materialer påført overfladebehandling eller maling)
- Kabler og ledninger (f.eks. belægnings og kapper)
- Medicin og medicinsk udstyr
- Pesticider (biocidprodukter og plantebeskyttelsesmidler)
- Spildevandsslam

I litteraturen nævnes særligt maling anvendt i byggeindustrien før 2002, som potentiel kilde til PFAS-udvaskning fra fyld- og lossepladser /1/,/3/. Dette er særligt relevant i forbindelse med fyldpladser for byggeaffald og ældre lossepladser for dagrenovation /3/. Derudover kan diverse husholdningsaffald, inkl. tæpper og møbler, afskaffet ved deponi frem til slutningen af 1980'erne også generelt bidrage til fund af PFAS i perkolat fra lossepladser /1/.



PFAS-forbindelser har været anvendt i en lang række industrier, hvorfra det kan forventes at være deponeret på lossepladser i forbrugerprodukter eller affald. Udvalgte industrier, der kan give anledning til PFAS-forurening i forbrugerprodukter og affald, gennemgås nedenfor /1/.

#### *Affald fra forkromningsindustri*

Forkromningsindustrien var den største forbruger af PFOS-relaterede stoffer i Europa i 2014, og der kan findes høje koncentrationer af PFOS i affald herfra, som dog sandsynligvis

er blevet håndteret som anmeldelsespligtigt kemikalieaffald (farligt affald) siden begyndelsen af 1970'erne /30/. Særligt har forkromningsindustrien anvendt PFOS som tetraethylammonium salt (CAS nr. 56773-42-3) /1/,/30/. Anvendelse af PFOS til hård forkromning blev tilladt efter 2006, men under forbehold for, at anvendelsen af PFOS blev udfaset, så snart det var teknisk og økonomisk muligt at anvende sikrere alternativer. Se også PFAS fakta-ark for forkromningsindustri i /10/.

#### *Affald fra malingsindustri*

Malingsindustrien har tidligere anvendt PFAS i udvalgte malingsprodukter. Malingen kan bl.a. have indeholdt PFOS og PFOS-relaterede forbindelser. Gennem tiden er der bortskaffet store mængder overskydende maling ved forbrænding eller deponi, idet malingsprodukterne ikke har kunnet genanvendes. Endvidere kan der udvaskes PFAS fra maling på murbrokker og beton, der deponeres på fyldpladser /1/. I /9/ er der beregnet et estimat af forureningsindhold fra PFAS i maling i en fyldplads. I estimatet er der antaget en fyldplads på 50.000 m<sup>3</sup>, hvoraf 25% er fyldt op med 30 cm tykke brokker med et malingslag med en tykkelse på 30 µm. Dette giver en estimeret mængde på ca. 0,6 kg PFAS på fyldpladsen. Se også PFAS fakta-ark for malingsindustrien i /11/.

#### *Affald fra tæppe- og møbelindustri*

På baggrund af brugen af PFAS-forbindelser i Danmark i 2007 kan det forventes, at størstedelen af de PFAS-forbindelser, der findes i fast affald, vil stamme fra tæpper og imprægneret tøj med en total mængde på 10-30 tons/år (i opgørelsen er tæpper og imprægneret tøj opgivet som én samlet affaldsfraktion). Heraf vil størstedelen findes som forskellige side-kædede fluorpolymerer. /6/. I tæppe- og møbelindustrien er PFAS anvendt til overfladebehandling af tæpper og møbler. Tæppeindustrien udgjorde tidligere op til 30% af det samlede PFAS-forbrug i Danmark, og det er sandsynligt, at stort set alt, der er produceret før 2002 er overfladebehandlet med PFAS-forbindelser, herunder PFOS. Det forventes, at al brug af PFOS til tæpper og lædermøbler i Europa er stoppet omkring 2002, hvor 3M stoppede sin produktion af PFOS-relateret overfladebehandling. Efter 2002 kan der være anvendt andre PFAS-forbindelser til at skabe de ønskede smuds- og vandafvisende egenskaber /1/.

Det er estimeret, at der i årene frem til 2002 er blevet anvendt 146 tons PFOS/år til produktion af tæpper i EU-landene /6/. I disse år var den gennemsnitlige koncentration af PFOS i PFOS-imprægnerede tæpper 88 mg/kg. Endvidere er det estimeret, at der i perioden 2012-2016 ville blive bortskaffet ca. 146 tons PFOS/år i en affaldsvolumen på 1,9 millioner tæpper i EU med et gennemsnitligt indhold på 75 mg/kg PFOS pr. tæppe. I estimatet indgår både tæpper med og uden PFOS-imprægnering /6/.

I EU blev der i årene frem til 2002 anvendt ca. 6 tons PFOS/år til lædermøbler /6/. I 2010 blev der bortskaffet en tilsvarende mængde PFOS med møbler i en total affaldsvolumen på ca. 71.000 tons polstrede møbler (med og uden PFOS-imprægnering) med et gennemsnitligt indhold af PFOS på 2,4 mg/kg pr. møbel. I estimatet er det antaget, at PFOS-koncentrationerne i lædermøbler typisk er på 80 mg/kg i de møbler, hvor der anvendes PFOS i produktionen /6/.

Lædermøbler og tæpper har generelt en lang levetid hos forbrugerne, hvorfor det kan forventes, at der stadig i dag er produkter i omløb som er behandlet med PFAS. Disse produkter udgør en potentiel forureningskilde den dag, de bortskaffes. Det skal dog bemærkes, at bortskaffelse af disse i dag primært foregår via forbrænding, hvilket mindsker risikoen for PFAS-punktkilder fra fremtidigt *deponi* af tæpper og lædermøbler. Det er sandsynligt, at tæpper og møbler produceret før starten af 1990'erne er deponeret på fyld- og lossepladser og dermed udgør en risiko for udvaskning af PFAS-forbindelser

/1/. Foruden deponi af færdige møbler må det forventes, at deponi af affaldsprodukter og slam fra selve industrien kan indeholde større opkoncentrerede indhold af PFAS.

Se også PFAS fakta-ark for tekstil- og læderindustri i /12/, tæppeindustri i /13/ samt træ- og møbelindustri i /14/

#### *Andre affaldsprodukter, der kan indeholde PFAS*

De ovenfor nævnte industrier er dem, der forventes at kunne bidrage til de største indhold af PFAS på lossepladser. Endvidere skal det nævnes, at der også i følgende produkter er viden om tidligere brug af PFAS, som derfor også kan forventes at forårsage forurening på lossepladser. De efterfølgende nævnte referencer refererer til tilhørende PFAS fakta-ark for relevante brancher:

- Pap og emballage /15/
- Rengøringsmidler og voks (til f.eks. bilvask) /16/,/21/
- I opløsningsmidler fra f.eks. renseserier /17/
- Gummi- og plast /18/
- Affald fra trykkerier /19/
- Elektronik /20/
- Imprægneret tøj /12/
- Pesticider /21/



Foruden ovenfor listede kilder til potentielt PFAS-holdigt affald er der i en screeningsundersøgelse foretaget af Eurofins Miljø påvist PFAS i tapet /25/. Om indholdet af PFAS i tapeten skyldes det tapetlim, der anvendes ved ophæng af tapetet eller maling, som tapetet efterfølgende er malet med, står dog hen i det uvisse. Det kan også tænkes, at der kan være blevet anvendt PFAS i fremstillingen af tapet, f.eks. for at samle savsmulds-tapet.

Derudover kan shredderaffald muligvis udgøre en kilde til PFAS. Shredderaffald er en affaldsfraktion, der består af svært genbrugeligt restaffald fra skrottede biler, hårde hvidevarer mv., efter man har udtaget de genanvendelige dele til genbrug og har fundet restproduktet samt frasorteret evt. resterende metaller. Shredderaffald består bl.a. af plast og gummi (der kan indeholde PFAS /18/) tekstiler (som kan være imprægneret med PFAS) mm. /26/. Der mangler dog endnu undersøgelser, der kan bekræfte, at shredderaffald dermed også indeholder PFAS og evt. i hvor store mængder. Frem til og med 2012 er alt shredderaffald i Danmark blevet deponeret, hvorefter der er sket en stigende tendens til genanvendelse og forbrænding. I 2022 deponeres 29 % af en samlet årlig mængde på ca. 187.000 tons /26/.

#### Specifikke PFAS-forbindelser påvist ved lossepladser

##### *Udenlandske undersøgelser*

Ved en tysk undersøgelse er der analyseret prøver fra perkolat fra 22 lossepladser. Prøverne blev analyseret for 43 forskellige PFAS. I undersøgelsen blev der påvist sum af PFAS i prøverne i koncentrationer på 0,031-13 µg/l. Heraf var de dominerende stoffer PFBA, der udgjorde gennemsnitligt 27%, og PFBS, der udgjorde gennemsnitligt 21% /6/.

I et studie udført i USA undersøgtes udvaskning af op til 70 forskellige PFAS-forbindelser i kommunalt affald på 7 lokaliteter. PFAS-indholdet i det analyserede perkolat blev påvist til 1-10 ng/l for de enkelte forbindelser. I et studie fra Canada, er der analyseret lossepladserperkolat på en kommunal losseplads, hvor der blev påvist et samlet indhold af PFAS i perkolat på mellem 2,5 og 36 µg/l. I begge studier sås der størst udvaskning af perfluoralkyl carboxylsyrer (f.eks. PFPeA, PFHxA, PFHpA og PFOA) /7/.

Ved en undersøgelse af deponeret affald fra et garveri til produktion af lædersko i USA er der konstateret en forureningsfane i grundvandet, hvor der er påvist koncentrationer af sum af PFOS og PFOA på 0,06-71 µg/l /27/.

I Sverige er der udført en relativt omfattende undersøgelse /8/ baseret på perkolatdata fra 117 forskellige aktive og nedlagte lossepladser. Undersøgelsen påviste mellem 1-34 forskellige PFAS-forbindelser i målbare niveauer i alle undersøgte perkolatprøver. De højeste niveauer, der blev påvist, var af stofferne PFBA, PFBS, PFPeA, PFHxA og PFOS. For disse forbindelser blev der påvist koncentrationer på op til mellem 23-75 µg/l med en gennemsnitsværdi på 0,43-1,2 µg/l. I undersøgelsen var det maksimale indhold af sum af 11 PFAS-forbindelser (PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFBS, PFHxS, 6:2 FTS, PFOS) påvist i én prøve på 194 µg/l, mens gennemsnittet for sum af 11 PFAS var 1,5 µg/l. De 5 hyppigst påviste forbindelser var PFHxA, PFOA, PFPeA og PFHpA med en detektionsfrekvens på 96-99%. Dernæst fulgte PFHxS, PFBS og PFBA med en detektionsfrekvens på 89-94%. Ud af de 34 forbindelser der blev analyseret for, var der 9 PFAS-forbindelser, som ikke blev påvist over detektionsgrænsen i nogen prøver; PFNS, PFDS, PFDoDS, EtFOSE, MeFOSA, MeFOSE, PFHxDA, PFODA og PFTrDA. Generelt sås der i undersøgelsen en tendens til højere PFAS-niveauer i perkolat fra aktive lossepladser sammenlignet med inaktive lossepladser. Datagrundlaget var dog for lille til, at der kunne drages klare konklusioner om betydningen af en losseplads' deponeringsstatus for mængden af PFAS i perkolat /8/.

#### *Danske undersøgelser*

Via NOVANA-programmet i 2004-2005 blev perkolat fra to lossepladser analyseret for PFOS og relaterede forbindelser. I undersøgelsen blev der påvist PFOS i koncentrationer på 0,0038 µg/l i en enkelt prøve af perkolat fra Stige Losseplads. I alle andre prøver var indholdet af PFAS-forbindelser lavere end detektionsgrænsen (0,0002-0,0022 µg/l) /6/.

I en anden dansk undersøgelse fra 2014 /1/ blev der udvalgt tre lossepladser samt en fyldplads. På de 4 pladser blev der udtaget i alt 10 vandprøver, som blev analyseret for 9 PFAS-forbindelser (PFHpA, PFOA, PFNA, PFBS, PFHxS, PFOS, PFDS, PFOSA og PFHxA). På lossepladserne blev der påvist indhold af 5 forskellige forbindelser (PFBS (0,014 µg/l), PFOS (0,016 µg/l), PFOA (0,011-0,015 µg/l), PFHpA (0,023 µg/l) og PFHxA (0,041 µg/l)).

I forbindelse med en forureningsundersøgelse af en tidligere losseplads, hvor der er blevet deponeret rester og slam fra en tidligere tæppefabrik, er der påvist en sum af 12 PFAS på op til 60 µg/l i grundvand udtaget umiddelbart under, hvor der er blevet deponeret slam fra fabrikken. Indholdet bestod hovedsageligt af PFHxS, PFHpA, PFOA, 6:2 FTS, PFBA og PFPeA /28/.

Der gøres opmærksom på, at der ved de tidligere undersøgelser ikke altid er analyseret for alle de 22 forbindelser, der i dag findes kriterier for (fra 2015-2021 kun 12 PFAS), og at der derfor er risiko for, at der kan findes andre PFAS-forbindelser end de nævnte på pladserne. Derudover har detektionsgrænserne tidligere været højere end i dag.

I PFAS fakta-ark for industrierne forkromningsindustri, malingsindustri, træ- og møbelindustri m.fl. fremgår i bilag de PFAS-forbindelser, der er blevet benyttet i disse brancher, og som ved deponering af affaldsprodukter fra disse industrier derfor også vil kunne findes ved lossepladser. Ligeledes findes der i PFAS-håndbogen /3/ en oversigt i bilag 2-3 over stoffer anvendt i forskellige brancher.

## Litteratur

- /1/ Miljøministeriet. Miljøstyrelsen. Screeningsundersøgelse af udvalgte PFAS-forbindelser som jord- og grundvandsforurening i forbindelse med punktkilder. Af Tsitonaki, K., Jepsen, T.S. & Larsen, T.H. Miljøprojekt nr. 1600, 2014
- /2/ Miljø- og Fødevareministeriet. Kortlægning af brancher der anvender PFAS. Af Nicolajsen, E.S. & Tsitonaki, K. Miljøprojekt nr. 1905, november 2016.
- /3/ Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer. Håndbogen om undersøgelse og afværge af forurening med PFAS-forbindelser. Teknik og Administration nr. 1, 2022.
- /4/ Bečanová, J., Melymuk, L., Vojta, Š., Komprdová, K og Klánová, J. (2016) Screening for perfluoroalkyl acids in consumer products, building materials and wastes. Chemosphere, 164, 322-329.
- /5/ Erfaringsopsamling fra Danske Regioner, 2021 i forbindelse med udarbejdelse af notat: Regionernes indsats over for PFAS-relateret jordforurening 2014-2021. Udarbejdet af Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer.
- /6/ Miljøministeriet. Miljøstyrelsen. Survey of PFOS, PFOA and other perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances. Af Lassen, C., Jensen, A.A., Potrykus, A., Christensen, F., Kjølholt, J., Jeppesen, C.N., Mikkelsen, S.H. & Innanen, S. Miljøprojekt nr. 1475, 2013.
- /7/ Miljøministeriet. Miljøstyrelsen. Spredning og sammensætning i grundvand ved PFAS-forureninger. Af Falkenberg, J., Christensen, A.G. og Filipovic, M. Miljøprojekt nr. 1892, 2016.
- /8/ Länsstyrelserna, Naturvårdsverket, Jordbruksverket samt Havs- och vattenmyndigheten, 2022. PFAS vid deponier. Handläggarstöd med fokus på PFAS i lakvatten. Available at: <https://www.miljosamverkansverige.se/wp-content/uploads/2022-01-27-Rapport-PFAS-vid-deponier.pdf>
- /9/ Larsen, H.F. (2005): Baggrundsdokument for miljøvejledning for maling og maleydelser. Miljøstyrelsen. 28 november 2005.
- /10/ Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer. Datablad for forkromningsanlæg. 2021.
- /11/ Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer. Fakta-ark: PFAS i malingsindustrien. 2022.
- /12/ Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer. Faktaark: PFAS i tekstil- og læderindustrien. 2022.
- /13/ Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer. Faktaark: PFAS i tæppeindustri. 2022.
- /14/ Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer. Faktaark: PFAS i træ- og møbelindustri. 2022.
- /15/ Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer. Datablad for pap- og papirindustri. 2021.
- /16/ Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer. Faktaark: PFAS i vaskehaller. 2022.
- /17/ Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer. Faktaark: PFAS i renserier. 2022.
- /18/ Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer. Faktaark: PFAS i gummi- og plastindustrien. 2022.
- /19/ Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer. Faktaark: PFAS i trykkerier. 2022.
- /20/ Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer. Faktaark: PFAS i elektronikindustrien. 2022.
- /21/ Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer. Faktaark: PFAS i kemisk industri. 2022.
- /22/ Waste-to-energy in Denmark. RenoSam, Copenhagen, Denmark. 2006.

- /23/ Miljøministeriet. Miljøstyrelsen. Waste Statistics 2005. Environmental Review No. 6, 2007.
- /24/ Miljø- og Fødevareministeriet. Miljøstyrelsen. Affaldsstatistik 2019. Miljøprojekt nr. 2152. December 2020.
- /25/ Webinar: PFAS i byggematerialer. Eurofins Miljø. December 2022.
- /26/ <https://mst.dk/affald-jord/affald/affaldsfraktioner/shredderaffald/>. Besøgt 08/12 2022.
- /27/ United States Environmental Protection Agency. Investigations Underway at Wolverine World Wide. Wolverine World Wide Sites. Rockford and Belmont, Michigan. November 2018. <https://www.epa.gov/mi/wolverine-world-wide-tannery>.
- /28/ Region Midtjylland. Rapport: Forureningsundersøgelse. Storringsvej 3 og Vengevej 6B, 8660 Skanderborg. 21. juni 2019.
- /29/ Miljøministeriet. Miljøstyrelsen. Metode til risikovurdering af gasproducerende lossepladser. Af Nilausen, L., Bote, T.V., Bloch, K.S., Kjeldsen, P., Andersen, C.E. og Andersen, L. Miljøprojekt nr. 648, 2001.
- /30/ Miljøministeriet. Miljøstyrelsen. Afgift på farligt affald. Af N. Dengsøe. Miljøprojekt nr. 607, 2001.