

## Potentielt indhold af PFAS-stoffer i kabler

---

Rekvirent	European Energy
IPU projekt nummer	1020546
IPU projekt titel	PFAS i kabler
Version	2
Frigivet den	17. april 2023

---

### Forfattere

Navn

Christian Ravn

Torben Tang

Tilknytning

IPU

IPU

## Indhold

1.	Introduktion .....	3
2.	PFAS-stoffer og typiske anvendelser .....	3
3.	Omfattede kabler samt relevante standarder og definitioner .....	4
3.1	KOPOFLEX (Type 0) .....	5
3.2	HFiberCORE D12-24 G657A1 (Type 5) .....	5
3.3	Scanfiber® Uni CT U-DQ(ZN)BH Dca (Type 5) .....	6
3.4	TOPSOLAR® H1Z2Z2-K Cca Sort Tr-1000 (Type 1) .....	6
3.5	ALUflex® XGLite S 0,6/1 kV HF (Type 2) .....	6
3.6	SCANFLEX-NTMCGCWOEU-18-30-kV (Type 3) .....	6
3.7	MV RHZ1-OL 18/30 KV (Type 4) .....	6
3.8	X-Volt Nordic 18/30 KV (Type 4) .....	7
4.	PoP certifikat .....	7
5.	Konklusion .....	7
6.	Referencer .....	7

## 1. Introduktion

European Energy planlægger at opstille en solcellepark på et område på Bornholm, som også anvendes til indvinding af drikkevand. Til belysning af de miljømæssige konsekvenser, har MOE udarbejdet en miljøvurderingsrapport [1] for European Energy. Miljøvurderingsrapporten henviser blandt andet til [2] der beskriver risikoen for grundvandsforurening ved en solcellepark - som følge af udvaskning af farlige stoffer fra solcellepanelerne eller andre nødvendige installationer (såsom transformestationer, kabler, mv.).

IPU har tidligere udarbejdet et notat [3] der er en specifik analyse af mulig udvaskning af PFAS-stoffer - samt evt. andre problematiske stoffer - fra de påtænkte solcellepaneler (Longi LR5-72HBD). Da de kabler, som også er nødvendige ved opførelse af en solcellepark, ikke var en del af dette notat – er et nærværende notat blevet udarbejdet. Notatet kan således ses som et tillæg til [3].

## 2. PFAS-stoffer og typiske anvendelser

PFAS er en forkortelse der dækker perfluoroalkyl- og polyfluoroalkyl-forbindelser (på engelsk "substances"). Bagerst i [4] er der en liste over ca. 1000 specifikke forbindelser af denne type. [5] angiver at der findes omkring 3000 forbindelser i denne gruppe, 11 af disse er så uønskede at de er optaget på EU's liste over "Substances of Very High Concern" (SVHC).

PFAS er således (organisk)-kemiske forbindelser hvor flere (poly) eller alle (per) hydrogen-atomer er udskiftet med fluor-atomer. Herved sker der nogle markante ændringer af stoffernes egenskaber. Der er typisk tale om at:

- Den kemiske bestandighed øges, hvad der samtidig gør at nedbrydningen i naturen går meget langsomt.
- Den termiske bestandighed øges. Dette er godt i brugssituationen, men gør samtidigt at nedbrydning ved forbrænding er vanskelig.
- Bestandigheden mod UV-lys er god. Dette er særdeles godt til komponenter der står ude i solen, men gør samtidig at nedbrydningen i naturen går meget langsomt.
- Overfladespændingen falder, så stofferne ikke er blandbare med vand eller olie.
- Der opnås god elektrisk isolationsevne.

Der har i den senere år været stigende interesse for de miljømæssige konsekvenser af brugen af PFAS. [4] viser at der forbruget toppede omkring år 2000, siden er der tilsyneladende sket et fald i forbruget.

PFAS-stoffer anvendes mange steder i elektronikindustrien [5-6], typisk pga. en eller flere af ovenstående egenskaber. I de færdige produkter kan PFAS-stoffer f.eks. hjælpe med at øge UV-stabiliteten eller med at øge fugtbeskyttelsen.

En gennemgang af [5] viser at PFAS kun omtales i forbindelse med kabler hvor kappen/isoleringen er fremstillet af FEP (fluoreret ethylenpropylen) og PFA (perfluoroalkoxyl polymer). Det vil sige at hovedparten af materialet er selve det rene PFAS-stof. Det anvendes dog kun hvor der er (specielle) behov for de egenskaber som PFAS-polymerer kan give. På grund af den meget høje pris finder de primært anvendelse i Aerospace. Det vil ofte være tale om meget stor temperaturbestandighed kombineret med ubrændbarhed, begrænset partikelafgivelse og kemikaliebestandighed.

Tilsyneladende er brugen af PFAS (som additiv) i normale kabler begrænset. Dette er baseret på den manglende omtale i [5].

Ifølge [7] er det mest anvendte PFAS i elektronikbranchen 1,1-difluorethen/hexafluorpropen polymer (sælges ofte under navnet "Viton", CAS nr. 9011-17-0) med en maksimal indberettet mængde på 17,3 tons i år (2003). Ifølge laboratorie-kemikalie-forhandleren Sigma Aldrich (2016) finder stoffet anvendelse som overtræk til kabler og ledninger. Der står specifikt i rapporten fra Miljøstyrelsen "Det ses at den høje mængde af CAS nr. 9011-17-0 kun ses i år 2003, før reglerne for ajourføring af

indberettede mængder blev indført. Det ses desuden, at den store mængde er indberettet af en enkelt virksomhed. Denne indberetning kan derfor være hæftet med stor usikkerhed.”

Søges der specifikt på ”CAS Nr. 9011-17-0 og cable” kommer der kun hits fra kemikalie leverandører der videresælger produkter fra Sigma Aldrich.

Søges der specifikt på ”Viton og cable” kommer der ligeledes kun hits hvor Viton er den rene PFAS-polymerer i forbindelse med kabler.

Der markedsføres PFAS baserede additiver (for eksempel DYNAMAR FX 9613 fra 3M) som er udviklet til at forbedre processering af termoplast som for eksempel PE. Producenten skriver specifikt at det kan anvendes i kabler og ledninger. Der er også patenter der beskriver denne anvendelse. Det er derfor tænkeligt at dette eller tilsvarende additiver kunne være tilsat HDPE eller XLPE som ofte bruges i kabler.

### 3. Omfattede kabler samt relevante standarder og definitioner

Solcellepaneler leveres med en elektronikboks (”junction box”) og en del kabler. Da disse også er udsat for vind og vejr, er kravene til vejrbestandighed og fugtbeskyttelse høje.

Der er adskillige standarder der specificerer brandegenskaber og røgudvikling under brand. Brandegenskaber er vigtige for at kunne begrænse spredning af brand, røg og gasudvikling er vigtig for at sikre mod forgiftning, mulighed for at kunne se under flugt og sikre mod efterfølgende skader på udstyr. De følgende standarder er eksempler på sådanne standarder relevante for kabler:

**IEC 60754-1:2011** definerer udstyr og procedure for bestemmelse af den koncentration af halogen-syregas, som ikke er hydrogenflourid, der udvikles under forbrænding af materialer der er baseret på halogenerede polymerer og materialer som indeholder halogenerede additiver.

**IEC 60754-2:2019** definerer udstyr og procedure (ledningsevne og pH af en vandlig opløsning af forbrændingsprodukter) for bestemmelse af den koncentration af halogen-syregas, inkluderende hydrogenflourid og hydrogenjodid, der udvikles under forbrænding af materialer der er baseret på halogenerede polymerer og materialer som indeholder halogenerede additiver. Denne metode er ikke specifik (i modsætning til IEC 60754-3:2019) da den ikke tillader identifikation af de enkelte halogener.

**IEC 60754-3:2019** definerer udstyr og procedure (ionkromatografi af en vandig opløsning af forbrændingsprodukter) for bestemmelse af den koncentration af halogen-syregas, inkluderende hydrogenflourid og hydrogenjodid, der udvikles under forbrænding af materialer der er baseret på halogenerede polymerer og materialer som indeholder halogenerede additiver. Denne metode ligner IEC 60754-2:2019, men er mere følsom. Desuden er metoden specifik da den tillader identifikation af de fire halogener hver for sig.

Standarden IEC 60754-3:2019 vil således kunne bruges til at undersøge, om et materiale – med ukendt sammensætning – indeholder halogener (se definition herunder). Hvis materialet ikke indeholder fluor, kan det per definition heller ikke indeholde PFAS stoffer.

**IEC 61034-1** angiver detaljer omkring testudstyr der anvendes til at måle røgudvikling som følge af at optiske fiberkabler bliver afbrændt på specifikke måder – f.eks. horisontalt.

**IEC 60332-1-1:2004+A1:2015** specificerer udstyr til test af modstanden mod vertikal flamme udvikling for elektriske eller optiske kabler.

Andre standarder vedrører om der kan ske brandspredning fra dryppende brændende materiale fra et (højt placeret) brændende kabel.

**Halogener** er en fælles betegnelse for grundstofferne fluor (F), klor (Cl), brom (Br) og jod (I).

**Polyolefin** er en betegnelse for polymerer som har den generelle formel  $(CH_2CHR)_n$  hvor R er en alkyl-gruppe (et organisk molekyle som udelukkende består af kulstof og hydrogen atomer, og som

ikke indeholder et aromatisk ringsystem som f.eks. benzen). Polymerer af denne type bliver til vand og CO<sub>2</sub> hvis de brænder under ideelle forhold. Typiske polyolefiner er f.eks. polyethylen (PE), polypropylen (PP) og polymethylpenten.

**FRNC** og **LSZH** er betegnelser for kabler der følger de ovenstående (eller tilsvarende) standarder:

FRNC betyder "Flame Retardant Non-Corrosive", det vil sige der er en sikkerhed mod brandspredning og at der ikke udvikles korrosive gasser ved brand. Brandbeskyttelsen opnås normalt med tilsætning af mineralske fyldstoffer (ofte aluminiumhydroxid) som "kvæler" ilden. Brandsikkerheden kan også opnås ved at anvende fluorpolymerer (eksempel FEP-kabel), men på grund af den meget høje pris finder de primært anvendelse i Aerospace.

LSZH, LSOH, LS0H, LSFH, OHLS eller ZHFR betyder "Low smoke zero halogen" eller "low smoke free of halogen". Betegnelsen dækker over materialer ikke afgiver røg under forbrænding og som ikke indeholder halogener. Med halogener forstås normalt klor eller brom som indgår i mange flammehæmmere eller PVC (polyvinylchlorid). Fluor er formelt også et halogen (se definition ovenfor) men i standarden IEC 60754-1:2011 analyseres der specifikt ikke for fluor. Jod, der er det sidste af de fire halogener, anvendes kun sjældent i forbindelse med polymerer. IEC 60754-3:2019 analyserer for alle fire halogener og vil derfor også påvise PFAS hvis det findes i mængder der overskrider fluorgrænseværdien for standarden.

Kablerne der anvendes til solcelle-parker har flere forskellige formål. Nedenfor gennemgås de kabler som der er modtaget information om, dog vil det typisk kun være nødvendigt med ét kabel af hver type for at lave en given installation. For at gøre det mere overskueligt, har vi valgt at give de forskellige typer numre, som følger:

0. Føringsrør der beskytter kabler ved f.eks. nedgravning. Dette er teknisk set blot et rør og ikke et kabel.
1. Jævnstrømskabel der anvendes mellem solcellepanel og inverter.
2. Vekselsstrømskabel (0,8 kV) der anvendes mellem inverter og DTR (distribution transformer).
3. Mellemspændingskabel (10 kV) (vekselstrøm) der anvendes mellem DTR og SWG (switchgear).
4. Mellemspændingskabel (10 kV) (vekselstrøm) der anvendes mellem SWG og Power transformer (offentligt net).
5. Lyslederkabel der anvendes til datakommunikation.

### 3.1 KOPOFLEX (Type 0)

Dette føringsrør er beregnet til at beskytte kabler mod mekanisk overlast og tillader ofte at et nyt kabel trækkes i røret ved udskiftning eller ombygning. Det kan anvendes til både lysledere, datakabler og effektkabler op til 1000 Volt. Det er forsynet med en beskyttende yderkappe, der er robust nok til at kablet er egnet til udendørs og/eller nedgravet anvendelse. Røret er fremstillet af sort HDPE (Høj Densitet PolyEthylen) og UV-bestandigt.

Røret opfylder EN 61386-1 og 61386-24 som angiver krav til rørsystemer til fremføring af kabler.

### 3.2 HFiberCORE D12-24 G657A1 (Type 5)

Dette kabel er et lyslederkabel der anvendes til at overføre data mellem forskellige enheder. Det er forsynet med en beskyttende yderkappe, der er robust nok til at kablet er egnet til udendørs brug og til nedgravning. Det er også forsynet med en glasfiberarmring som virker som trækaflastning og gnaverbekyttelse. Yderkappen er HDPE (Høj Densitet PolyEthylen), sort og UV-bestandig.

Da kablet opfylder IEC 60754-3 er indeholdet af PFAS mindre end fluorgrænseværdien for standarden.

### 3.3 Scanfiber® Uni CT U-DQ(ZN)BH Dca (Type 5)

Dette kabel er et lyslederkabel der anvendes til at overføre data mellem forskellige enheder. Det er forsynet med en beskyttende yderkappe, der er robust nok til at kablet er egnet til udendørs brug og til nedgravet anvendelse. Det er også forsynet med en glasfiberarmering som virker som trækaflastning og gnaverbeskyttelse. Yderkappen er FRNC (se ovenfor), sort, UV-beständig og halogenfri.

Da kablet opfylder IEC 60754-2 er indeholder af PFAS mindre end fluorgrænseværdien for standarden. Bemærk at denne standard er mindre restriktiv end IEC 60754-3.

IPU har modtaget en erklæring fra producenten Weinert Fiber Optics GmbH, dateret 13. marts 2023. Det erklæres at de mangler information vedrørende EU-regulering No. 2019/1021 vedrørende kontrol og begrænsning af langsomt nedbrydelige (persistente) organiske forurenende substanser (POP) fra en af deres underleverandører.

### 3.4 TOPSOLAR® H1Z222-K Cca Sort Tr-1000 (Type 1)

Et enkeltlederkabel som (formodentlig) er beregnet til at serieforbinde solcelleelementer og tilslutning af inverter. Kablet har en halogenfri LSZH-isolering og yderkappe. Kablet er UV bestandigt og egnet til udendørsanvendelse.

IPU har modtaget en konformitetserklæring fra producenten TOP Cable S.A. dateret 24. februar 2023. Det erklæres at produktet opfylder EU regulering No. 2019/1021 vedrørende kontrol og begrænsning af persistente organiske forurenende substanser (POP).

### 3.5 ALUflex® XGLite S 0,6/1 kV HF (Type 2)

Dette kabel er et aluminiumskabel beregnet til trefaset strøm og anvendes (formentlig) til forbindelse mellem inverter og distributions transformator. Kablet er isoleret med XLPE halogenfri compound. XLPE er tværbundet polyethylen. Materialet er betydeligt mere varmebestandigt end polyethylen og sammen med de gode isolationsegenskaber gør det at det finder stor anvendelse i kabler.

IPU har modtaget en konformitetserklæring fra producenten TT kabeli electric cable works, dateret 17. februar 2023. Det erklæres at produktet opfylder EY regulering vedrørende kontrol og begrænsning af persistente organiske forurenende substanser (POP).

### 3.6 SCANFLEX-NTMCGCWOEU-18-30-kV (Type 3)

SCANFLEX-NTMCGCWOEU-18-30-kV er et mellemspændingskabel med ethylenpropylen gummi (EPR) isolering (se ovenfor). Yderkappen er fremstillet af rød 5GM3 compound. Det anvendes (formentlig) til tilslutning mellem distributions transformator og switch gear. Der er ikke angivet nogen information om halogener eller relevante normer omhandlende halogener (IEC 60754) på Scancab's hjemmeside eller datablad.

IPU har ikke modtaget nogen konformitetserklæring fra producenten.

### 3.7 MV RHZ1-OL 18/30 KV (Type 4)

MV RHZ1-OL 18/30 KV er et mellemspændingskabel med XLPE isolering (se ovenfor). Det anvendes (formentlig) til tilslutning mellem switch gear og transformator. Kablet er isoleret med XLPE halogenfri polyolefin (se ovenfor) type DMZ1.

IPU har modtaget en konformitetserklæring fra producenten TOP Cable S.A. dateret 24. februar 2023. Det erklæres at produktet opfylder EU regulering No. 2019/1021 vedrørende kontrol og begrænsning af persistente organiske forurenende substanser (POP).

### 3.8 X-Volt Nordic 18/30 KV (Type 4)

Dette kabel er også et mellemspændingskabel med tværbundet polyethylen isolering. Det anvendes (formentlig) til tilslutning mellem switch gear og transformator. Kablet er isoleret med en tværbundet polyethylen af typen DIX8.

IPU har modtaget en konformitetserklæring fra producenten TOP Cable S.A. dateret 24. februar 2023. Det erklæres at produktet opfylder EU regulering No. 2019/1021 vedrørende kontrol og begrænsning af persistente organiske forurenende substanser (POP).

## 4. PoP certifikat

Udover de PFAS-stoffer der er på EU's SVHC liste (se afsnit 2), er flere af stofferne i PFAS familien også repræsenteret på listen over stoffer omfattet af EU's POP (Persisten Organic Pollutant) direktiv. Listen omfatter for tiden 31 stoffer, heriblandt både PFOS- og PFOA-stoffer inkl. en lang række derivater, der alle hører til gruppen af PFAS-stoffer. Kravet i POP direktivet er, at hvis noget affald der skal bortskaffes indeholder mere en 50 mg pr. kilo affald af disse stoffer (PFAS), skal affaldet behandles på en særlig måde. For andre stoffer på POP listen kan mængdekravet være anderledes. For anvendelse af PFOA, f.eks. til polymerer i elektronik, er kravene endnu skarpere idet mængden af PFOA i den enkelte komponent (f.eks. et kabel) højst må være 25 ppb [8] (svarende til 25 µg pr. kilo).

Der er modtaget et såkaldt POP certifikat fra virksomheden Top Cable (Barcelona, Spanien). Certifikatet siger at virksomhedens produkter kaldet "TOPSOLAR® H1Z2Z2-K Cca Black", "MV RHZ1-OL 18/30 KV" og "X-Volt Nordic 18/30 KV", inklusive emballage, opfylder reglerne i POP direktivet.

Der er yderligere modtaget et POP-certifikat fra virksomheden TT kabeli (Široki Brijeg, Bosnien Hercegovina), hvori det bedyres at virksomhedens produkt "ALUflex® XGLite S 0,6/1 kV HF" i fremstillet i henhold til EU's POP-direktiv.

## 5. Konklusion

Efter gennemgang af det modtagne materiale, og en søgning i litteraturen og på internettet, er det IPU's opfattelse af kabler til solcelleanlæg generelt - med stor sandsynlighed ikke indeholder PFAS-stoffer. IPU har derudover modtaget såkaldte POP erklæringer der dækker kabler af typerne 1, 2 og 4 (se afsnit 3.0 for definition af typer). Endelig opfylder ét lyslederkabel (type 5) standarden IEC 60754-3, der stort set udelukker at dette kabel kan indeholde PFAS.

Det er således kun det føringsrør som nogle af kablerne lægges i (type 0) og 10 kV mellemspændingskabler (type 3) hvor vi ikke direkte har certifikater der siger at kablerne er fremstillet uden PFAS. Det virker dog usandsynligt at netop disse to kabeltyper skulle indeholde PFAS.

Hvis man alligevel ønsker at være helt sikker, kan man enten foretage en test i henhold til standarden IEC 60754-3 af disse to kabeltyper, eller bestille en kemisk analyse efter SVHC stoffer hos f.eks. Eurofinns.

## 6. Referencer

- [1] "Miljøvurderingsrapport, Kildevad solcellepark" rapport skrevet af MOE bestilt af European Energy, 15. august (2022)
- [2] "Risiko for grundvandsforurening ved solcellepark, Kildeplads ved Vittarp", rapport skrevet af Via University College bestilt af European Energy, 18. marts (2021)
- [3] "Mulig udvaskning af PFAS-stoffer fra solcellepaneler", Notat udarbejdet af IPU, Version 4, frigivet 28. november 2022

- [4] Datablade for delkomponenter der indgår i Hi-MO 5 solcellepanelerne samt kortfattet "Bill of Material (BOM)". Samling af datablade modtaget fra European Energy, 3. november (2022)
- [5] "Förekomst och användning av högfluorerade ämnen och alternativ", Kemikalieinspektionen (Sverige) rapport 6/15 (2015)
- [6] "PFAS i elektronikindustrien", notat udarbejdet af Niras, [Fakta-ark PFAS i elektronik sept22.pdf \(miljoeogressourcer.dk\)](#), september (2022)
- [7] "Kortlægning af brancher der anvender PFAS", Miljøstyrelsen, Miljøprojekt nr. 1905 (2016)
- [8] Tüv hjemmeside besøgt 3. marts 2023, <https://www.tuvsud.com/en/e-ssentials-newsletter/consumer-products-and-retail-essentials/e-ssentials-10-2020/eu-pfoa-restriction-is-now-published-under-pops-regulation>