

The top half of the page features a complex, abstract graphic. It includes several glowing, interconnected molecular or network-like structures in shades of orange, yellow, and blue. The background is a gradient of blue and purple with a bokeh effect. The letters 'PFAS' are prominently displayed in a large, white, sans-serif font across the center of this graphic.

PFAS

PFAS i nye og eksisterende byg- gematerialer ved renovering

Teknisk rapport – analyse af byggematerialer



TEKNOLOGISK
INSTITUT



TEKNOLOGISK
INSTITUT

**Henning
Larsen** —



Rådet for
Grøn
Omstilling



Søren Jensen

PFAS i nye og eksisterende byggematerialer ved renovering

Teknisk rapport – analyse af byggematerialer



Projektteamet

Projektteamet består af eksperter fra Teknologisk Institut, WSP Danmark A/S, Henning Larsen Architects, Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma A/S og Rådet for Grøn Omstilling

Finansieret af

Projektet "PFAS i nye og eksisterende byggematerialer ved renovering" er et projekt, som er finansieret af Grundejernes Investeringsfond og Realdania.

September 2025



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Gregersensvej 4
2630 Taastrup
Byggeri og Anlæg
Anke Oberender

Kvalitetssikring:

Sagsansvarlig: Anke Oberender, Teknologisk Institut, tlf. 72203179, aob@teknologisk.dk
Kvalitetssikring af: Katrine Hauge Smith, WSP, tlf. 28758380, katrine.smith@wsp.com

Opgavenr.: 2011481

Versionsnr.: 1.1

1. september 2025

Resultater af Institutts opgaveløsning beskrevet i denne rapport, herunder fx vurderinger, analyser og udbedringsforslag, må kun anvendes eller gengives i sin helhed, og må alene anvendes i denne sag. Institutts navn eller logo eller medarbejderens navn må ikke bruges i markedsføringsøjemed, medmindre der foreligger en forudgående, skriftlig tilladelse hertil fra Teknologisk Institut, Direktionssekretariatet.



Sammenfatning

Rapporten "PFAS i nye og eksisterende byggematerialer ved renovering" undersøger forekomsten af PFAS i nye byggematerialer på det danske marked. Undersøgelsen er gennemført af et team fra Teknologisk Institut, WSP Danmark A/S, Henning Larsen Architects, Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma A/S og Rådet for Grøn Omstilling, med finansiering fra Grundejernens Investeringsfond og Realda-
nia.

PFAS er en gruppe på og imod 12.000 menneskeskabte kemiske forbindelser, der er ekstremt persistente i miljøet og kan være skadelige for mennesker og miljø. De har været anvendt bredt i byggematerialer pga. deres vand-, fedt- og smudsafvisende egenskaber. Formålet med undersøgelsen var at kortlægge forekomsten af PFAS i forskellige byggematerialer, der anvendes ved renovering i Danmark, for at øge vidensgrundlaget og på sigt minimere brugen af PFAS-holdige materialer.

Der blev udvalgt 44 forskellige byggematerialer fordelt på 8 produktgrupper:

1. Facadepaneller/profiler af metal (7 produkter)
2. Facadepaneller/profiler af træ (3 produkter)
3. Isoleringsmaterialer (7 produkter)
4. Vægplader (8 produkter)
5. Tagflade banevarer/belægninger (4 produkter)
6. Nedløbsrør (5 produkter)
7. Gulv/væg banevarer (6 produkter)
8. Tape og fugebånd (4 produkter)

Materialerne blev analyseret for:

- Total organisk fluor (TOF) via bestemmelse af total fluor (TF) og total uorganisk fluor (TIF)
- 69 specifikke PFAS-forbindelser (targetanalyse)
- For udvalgte prøver blev der også udført TOP-analyse (Total Oxidizable Precursors)

Undersøgelsen viste:

- TF (Total fluor) blev påvist i 17 ud af 35 prøver med koncentrationer mellem 10 og 1758 mg/kg
- Af de 44 prøver, der indgik i undersøgelserne, var det ikke muligt at gennemføre TOF-bestemmelsen på 9 produkter
- 8 prøver havde TF-indhold over Restriktionsforslaget foreslåede grænseværdi på 50 mg/kg. Det betyder at, producenter i følge Restriktionsforslaget skal dokumentere at der er tale om PFAS eller ikke-PFAS.
- TOF (Total organisk fluor) blev påvist i 7 ud af 35 prøver med koncentrationer mellem 31 og 1758 mg/kg, hvilket indikerer PFAS.
- PFAS-targetanalysen er gennemført for alle 44 prøver. Specifikke PFAS-forbindelser blev fundet i 6 ud af 44 prøver med koncentrationer mellem 1 og 40 µg/kg



- De højeste koncentrationer (20-40 µg/kg) blev målt for 6:2 FTOH i tre prøver, hvilket for to af de undersøgte byggevarer vil betyde en overskridelse af Restriktionsforslagets foreslåede grænseværdi på 25 µg/kg
- Andre påviste PFAS-forbindelser omfattede PFBA, MePFBSA, 6:2 FTS og diSAmPAP med koncentrationer mellem 1 og 1,7 µg/kg

De materialer, hvor der blev fundet hhv. TOF og PFAS-targetstoffer, inkluderede:

- Facadepaneller af metal (særligt aluminiumspaneler)
- Isoleringsmaterialer (stenuld og glasuld)
- Tagdug (EPDM)
- Træprodukter (et akustik-systempanel og en gulvbelægning)
- Tætningsbånd (EPDM cellegummi)

Tabellen opsummerer, hvor der er fundet hhv. TOF og PFAS-forbindelser (PFAS-target).

Antal produkter	Produktgruppe	TOF	PFAS-target
7 produkter	Facadepaneller/profiler metal	1 ud af 7	3 ud af 7
3 produkter	Facadepaneller/profiler træ	-	-
7 produkter	Isolering	3 ud af 7	-
8 produkter	Vægplader	-	1 ud af 8
4 produkter	Tagflade banevare/belægninger	1 ud af 4*	1 ud af 4*
5 produkter	Nedløbsrør	-	-
6 produkter	Gulv/væg banevare	1 ud af 6	-
4 produkter	Tape og fugebånd	1 ud af 4*	1 ud af 4*

* sammenfald mellem produkter med fund af TOF og PFAS-targetstof

Undersøgelsen viste følgende udfordringer:

- Forbehandling af byggematerialer var vanskelig for flere prøver
- TOF-analysen kunne ikke gennemføres for 9 prøver pga. materialernes egenskaber
- Matrixeffekter påvirkede PFAS-targetanalysen for 17 prøver, hvor visse forbindelser ikke kunne bestemmes

Undersøgelsen indikerer, at PFAS findes i forskellige byggematerialer på det danske marked, både i form af total organisk fluor og specifikke PFAS-forbindelser. Der er sammenfald mellem måling af TOF og PFAS-forbindelser for nogle materialer, mens targetanalyserne ikke kunne kvalificere TOF-indholdet i andre materialer. Dette kan skyldes en stor forskel på detektionsgrænser mellem TOF-analysen og targetanalysen. Dette understreger også behovet for at kombinere flere analysemetoder for at få et komplet billede af PFAS-indholdet i byggematerialer.



Rapporten bidrager med vigtig viden om forekomsten af PFAS i byggematerialer, hvilket kan bruges til at informere byggeriets aktører og beslutningstagere om problemets omfang og dermed understøtte arbejdet med at minimere brugen af PFAS-holdige materialer i fremtiden.



Indhold

Forkortelser	9
1. Indledning	10
1.1. Formål	10
2. Baggrund.....	11
2.1. Lovgivning vedrørende PFAS i byggematerialer	12
2.2. Litteraturgennemgang vedr. PFAS i byggematerialer	14
2.2.1. Studier af PFAS i byggematerialer	15
2.2.2. Undersøgelser af PFAS i byggematerialer	15
2.3. Viden om kemisk analyse af PFAS	17
2.3.1. Analysetilgang for projektet	20
3. Undersøgelse af byggematerialer for indhold af PFAS.....	22
3.1. Udvælgelse og indhentning af produkter til analyse.....	22
3.2. Prøvehåndtering og kemisk analyse	23
3.2.1. Prøvehåndtering.....	23
3.2.2. Kemisk analyse	25
4. Resultater	26
4.1. Total organisk fluor (TOF).....	26
4.1.1. Facadepaneller/profiler af metal og træ	27
4.1.2. Isoleringsmaterialer	29
4.1.3. Vægplader	30
4.1.4. Tagflade banevarer/belægninger	31
4.1.5. Nedløbsrør	32
4.1.6. Gulv /væg banevarer.....	32
4.1.7. Tape og fugebånd	33
4.2. Resultater af PFAS-targetanalysen	35
4.3. Resultater TOP-analyse	39
5. Usikkerheder ved prøvetagning.....	40
6. Diskussion og Konklusion.....	40



7. Referencer	43
8. Bilag A - Analysemetoder	46
9. Bilag B – Analyseomfang for projektet	48



Forkortelser

PFAS-relaterede forkortelser:

PFAS	Per- og polyfluoralkylstoffer
AOF	Adsorberbart organisk fluor
EOF	Ekstraherbart organisk fluor
HRMS	Høj-opløsnings massespektrometri
TF	Total fluor
TIF	Total uorganisk fluor
TOF	Total organisk fluor
TOP	Total oxiderbare precursorer

Specifikke PFAS-forbindelser:

PFBA	Perfluorbutansyre
PFBS	Perfluorbutansulfonsyre
PFOS	Perfluoroktansulfonsyre
PFOA	Perfluoroktansyre
PFHxS	Perfluorhexansulfonsyre
MePFBSA/MeFBSA	N-Methylperfluorbutansulfonamid
6:2 FTOH	6:2 Fluortelomer alkohol
6:2 FTS	6:2 Fluortelomer sulfonsyre
diSAmPAP	Perfluoroktansulfonamid fosfat diester



1. Indledning

Denne tekniske rapport er udarbejdet som del af arbejdet i projektet "PFAS i nye og eksisterende byggematerialer ved renovering". Projektet er gennemført af et team af eksperter fra Teknologisk Institut, WSP Danmark A/S, Henning Larsen Architects, Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma A/S og Rådet for Grøn Omstilling. Formålet med projektet er at belyse, hvor stort et problem PFAS udgør i byggematerialer til renovering. Viden fra projektet skal videreformidles til byggeriets aktører samt på et strategisk niveau til beslutningstagere. Projektet er finansieret af Grundejernes Investeringsfond og Realda-
nia.

Denne tekniske rapport omhandler undersøgelsen af udvalgte nye byggematerialer for deres indhold af PFAS-forbindelser. I rapporten indgår information om lovgivning vedrørende PFAS i byggematerialer (afsnit 2.1) samt en opsummering af viden fra den i projektet gennemførte litteraturstudie (afsnit 2.2). I afsnit 3.1 findes information vedr. opstilling af udvælgelseskriterier og indhentning af oplysninger om anvendelse af byggematerialer til renovering og nybyggeri i DK. Disse afsnit er udarbejdet i samarbejdet med projektpartnerne WSP Danmark A/S, Henning Larsen Architects, Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma A/S. Teknologisk Institut har sammen med Henning Larsen Architects stået for indhentning/indkøb af byggevarer til kemisk analyse. Teknologisk Institut har derudover stået for kontakt med laboratoriet samt udarbejdelsen af nærværende rapport.

1.1. Formål

Formålet med analysen af byggematerialer er at kortlægge forekomsten af PFAS i forskellige typer byggematerialer, der anvendes på det danske marked, især i forbindelse med renovering men også nybyggeri. Dette vil bidrage til en øget forståelse af PFAS-problematikken i byggebranchen, øge viden om PFAS i byggematerialer og dermed bidrage til at brugen af PFAS-holdige materialer på sigt kan minimeres.



2. Baggrund

Per- og polyfluoralkylstoffer (PFAS) udgør en omfattende gruppe af menneskeskabte kemiske forbindelser, der har været anvendt bredt i forskellige industrier og produkter grundet deres vand-, fedt- og smudsafvisende egenskaber, ligesom brug af PFAS kan øge holdbarheden af et materiale. En række PFAS-stoffer er imidlertid skadelige for både mennesker og miljø, hvilket har ført til øget fokus på deres anvendelse og spredning i miljøet.

Inden for byggeriet er vidensgrundlaget om PFAS' forekomst i byggematerialer begrænset, selvom det er kendt, at PFAS er blevet anvendt i visse materialer. Denne problemstilling har dog ikke haft samme opmærksomhed som PFAS i forbrugerprodukter, på trods af byggeriets betydelige rolle i forhold til både miljøpåvirkning og affaldshåndtering.

Internationale og nationale undersøgelser har peget på, at PFAS kan findes i flere materialetyper i byggeriet. Eksempelvis har Green Science Policy Institute i USA identificeret specifikke materialegrupper med mulig PFAS-anvendelse (Fernández, et al., 2021). I Danmark har der ligeledes været initiativer til at kortlægge PFAS i byggematerialer, men med fokus på indhold af PFAS i eksisterende bygninger og byggeaffald. Lassen et al (2024) har lavet en større undersøgelse af indhold af PFAS i bygninger til nedrivning, ligesom lignende stikprøveundersøgelser er foretaget af Teknologisk Institut (2023) og Medico Kemiske Laboratorium (Eriksen, 2023). Hertil kommer et projekt med fokus på PFAS i nyindkøbt maling, som er gennemført i samarbejde mellem Forbrugerrådet Tænk, Teknologisk Institut, Aalborg Universitet og Henning Larsen (Haahr et al., 2024). Derudover findes der brancheopgørelser, som viser, hvilke sektorer der historisk har anvendt PFAS, f.eks. (Nicolajsen og Tsitonaki, 2016). Samlet set indikerer disse undersøgelser, at der ikke blot er en risiko for PFAS i nye byggematerialer, men også i eksisterende bygninger og byggeaffald.

Der er dog stadig betydelige videnshuller. Byggebranchen mangler viden om, hvor PFAS findes i byggematerialer, og hvordan dette skal håndteres. Dette gælder både ved renovering, hvor arbejdsmiljø og affaldshåndtering kan være påvirket, og ved valg af nye materialer. Der er også usikkerhed om, hvordan PFAS i byggematerialer kan påvirke indeklimaet eller føre til udvaskning til miljøet fra udendørs anvendelser, såsom overfladebehandlinger. Yderligere kompleksitet opstår ved, at PFAS-gruppen består af op imod 12.000 forbindelser (MST, 2025), hvoraf kun få er regulerede, og kun en delmængde kan analyseres for med de nuværende metoder.

Markedet for byggematerialer gør det vanskeligt at gennemskue, hvorvidt produkter indeholder PFAS, hvilket skaber udfordringer for aktører i byggeriet. Samtidig kan tilstedeværelsen af PFAS i byggematerialer hæmme genbrug og genanvendelse, hvis der ikke fastsættes klare retningslinjer om fx hvordan PFAS måles, ligesom grænseværdier/retningslinjer for hvor meget PFAS et byggemateriale må indeholde for at kunne genanvendes eller genbruges, er relevant. Byggeriets aktører spiller en central rolle i at sikre korrekt håndtering af byggeaffald og reducere spredning af PFAS, men det kræver både øget



bevidsthed blandt aktørerne og politisk handling, f.eks. gennem forbud eller fastsættelse af grænseværdier.

På trods af øget opmærksomhed på PFAS i andre kontekster, såsom brandøvelsespladser og spildevandsslam, er byggeriets betydning i denne sammenhæng stadig underbelyst. En systematisk kortlægning af PFAS i byggematerialer og deres påvirkning på miljøet er afgørende. Dette projekt bidrager til at belyse problemstillingen og fungerer som et vidensgrundlag.

2.1. Lovgivning vedrørende PFAS i byggematerialer

PFAS inddeles i 4 overordnede stofgrupper i dette projekt vedr. PFAS i byggeriet. Grænsefladen mellem stofgrupperne er ikke skarp og forskellige publikationer arbejder med forskellige måder at gruppere stofferne på. Denne inddeling tager udgangspunkt i (Baun et al, 2023)'s inddeling, men er yderligere forenklet:

1. Perfluoralkylsyre (PFAA). Alle brintatomer på kulstofkæden er erstattet med fluoratomer. PFAA's består af undergrupper som fx. PFSA (perfluoralkyl sulfonsyre) og PFCA (perfluorcarboxylsyre). PFOS og PFHxS tilhører PFSA-undergruppen og PFOA tilhører PFCA-undergruppen.
2. Polyfluoralkylsyre. Har både fluor og brint bundet til kulstofkæden. Kan omdannes til PFAA, hvilket også kaldes *precursorer*. Består af undergrupper som fx fluortelomere (fx 6:2 FTS eller 6:2 FTOH).
3. Fluorerede polymerer. Fluorpolymerer, hvor hele kulstofkæden er fluoreret eller fluorerede sidekæde polymerer ("*fluorinated sidechain polymers*"). Vigtige forbindelser er teflon/PTFE, PVDF, PFPEs
4. F – gasser. PFAS på gasform, som anvendes i varme og køleprodukter. Det er ikke alle F-gasser som er PFAS.

PFAS er reguleret via Kemikalielovgivningen:

- Stockholm konventionen og POP-Forordningen
- REACH forordningen og CLP-forordningen

Stockholm konventionen (Stockholm Convention on persistent organic pollutants (POPs), 2023), som er en global konvention, omfatter forbud eller restriktioner mod en række persistente, organiske miljøgifte (POP – *persistent organic pollutants*). På nuværende tidspunkt omfatter konventionen følgende PFAS:

- PFOS og derivater af PFOS (optaget på restriktionslisten i 2009)
- PFOA, dets salte og øvrige PFOA-relaterede kemikalier (optaget på elimineringslisten i 2019)
- PFHxS, dets salte og relaterede kemikalier (optaget på elimineringslisten i 2022)

Stockholm konventionen bliver via POP-Forordningen implementeret i europæisk lovgivning. POP-Forordningen begrænser markedsføring og sætter betingelser for fremstilling og anvendelse af forskellige POP-stoffer. Det gælder med forbehold for de undtagelser, der er beskrevet i artikel 4 i Forordningen.



Forbuddet gælder nemlig ikke for et stof, der er til stede som utilsigtet sporforurening (se Tabel 1). Derudover omfatter forordningen grænseværdier for destruktion af POP-stoffer i affald.

Selvom nogle PFAS-forbindelser er omfattet af både Stockholm Konventionen og POP-Forordningen, er der vise typer PFAS-forbindelser og anvendelser, der fortsat er lovlige.

REACH-forordningen pålægger producenter og importører af kemiske stoffer en række pligter vedr. registrering, vurdering og godkendelse af kemiske stoffer. REACH indeholder en liste over stoffer, som der er forbud mod i specifikke produkter. Forordningen er direkte forbundet med CLP-Forordningen om klassificering, mærkning og emballering af stoffer og blandinger. Langkædede perfluorcarboxylsyre (C9-C14 PFCA'er), deres salte og relaterede stoffer har været begrænset i EU/EØS siden februar 2023.

På nuværende tidspunkt findes der ingen grænseværdier for PFAS i byggematerialer, men der er fastsat eller forslået forskellige grænseværdier relateret til produkter (se Tabel 1). Der findes grænseværdier for PFAS på miljøområdet i form af kvalitetskrav til drikkevand, overfladevand samt jord- og grundvandskvalitetskriterier, som ikke gennemgås nærmere her.

I januar 2023 indleverede Danmark sammen med fire andre lande (Tyskland, Nederlandene, Norge og Sverige) et forslag til et forbud i EU, som vil gælde hele gruppen af de cirka 10.000 PFAS-stoffer (ECHA, 2023). Det er det mest omfattende forslag til begrænsning af kemikalier i EU nogensinde. Forslaget blev herefter sendt i offentlig høring. Forslaget bliver i øjeblikket vurderet af ECHA's videnskabelige udvalg for risikovurdering (RAC) og socioøkonomisk analyse (SEAC). Forslaget benævnes "Restriktionsforslaget" i teksten.

Tabel 1 PFAS-grænseværdier relateret til produkter

Utilsigtet sporforurening: Forbuddet i POP-Forordningen gælder ikke for stoffer, der er til stede som utilsigtet sporforurening.	Følgende koncentrationer for utilsigtet sporforurening gælder: PFOS: 10 mg/kg (0,001 vægtprocent (%)) PFOA eller salte heraf: 0,025 mg/kg PFOA beslægtet forbindelse: 1 mg/kg PFHxS eller salte heraf: 0,025 mg/kg PFHxS beslægtede forbindelser: 1 mg/kg
Forbud i fødevarekontaktmaterialer af papir og pap	Danmark har siden juli 2020 forbudt markedsføring af fødevarekontaktmaterialer af papir og pap, hvor der er anvendt PFAS. Forbuddet gælder både direkte anvendelser og indirekte anvendelser, som fx genanvendte materialer, hvilket er beskrevet i BEK nr. 681 af 25/05/2020. Fødevarestyrelsen har indført en indikatorværdi på totalt organisk fluor (TOF) i fødevareemballage af pap og papir på 20 µg/g papir (20 mg/kg). Indhold under denne værdi betragtes som lovlig utilsigtet baggrundsforurening. Analysemetoder for totalt organisk fluor (TOF) og ekstraherbart organisk fluor (EOF) kan begge anvendes.



REACH begrænsninger (REACH Forordningen)	REACH omfatter en liste over stoffer, som der er forbud og anvendelsesbegrænsninger mod. C9-C14 PFCA-forbindelser findes på denne liste: - Perfluorcarboxylsyrer (C9-14 PFCA'er), deres salte og relaterede stoffer har været begrænset i EU/EØS siden februar 2023. - C9-C14 PFCA'er må ikke fremstilles eller markedsføres som et stof som sådan fra den 25. februar 2023. - C9-C14 PFCA'er må ikke anvendes eller markedsføres fra den 25. februar 2023 i: a) et andet stof, som en bestanddel b) en blanding c) en artikel (med undtagelse af artikler, der er markedsført før 25. februar 2023), medmindre koncentrationen i stoffet, blandingen eller artiklen er under 25 ppb for summen af C9-C14 PFCA og salte heraf eller 260 ppb for summen af C9-C14 PFCA-beslægtede stoffer. Undecafluorhexansyre (PFHxA), dens salte og relaterede stoffer, vil stå over for restriktioner fra april 2026.
Restriktionsforslaget (ECHA, 2023)	I Restriktionsforslaget er der oplyst følgende forslag til grænseværdier: - 25 ppb for enhver PFAS-forbindelse, der er målt med target analyse (Fluorpolymerer er ikke inkluderet) - 250 ppb for summen af PFAS målt med target analyse (nedbrydning af precursors kan inkluderes ved TOP assay, fluorpolymerer er ikke inkluderet) - 50 ppm for PFAS (inklusive fluorpolymerer). Hvis totalfluorid (TF) indholdet overskrider 50 mg/kg skal producenten dokumentere om indholdet skyldes PFAS.
Enheder	ppm = mg/kg ppb = µg/kg vægtprocent, % = 10.000mg/kg 0,01% = 100 mg/kg

2.2. Litteraturgennemgang vedr. PFAS i byggematerialer

Der er gennemført en litteraturgennemgang med henblik på at indhente relevant og aktuel viden om PFAS i byggematerialer og at skabe et fagligt grundlag for at udvælge materialer til kemisk analyse. Litteraturgennemgang har haft fokus på danske og internationale studier og der har været et omfattende grundlag til rådighed. Nedenfor er hovedpointerne fra litteraturstudiet opsummeret.

PFAS har en utrolig bred anvendelse, også i byggeriet. Anvendelser er fx membraner til flade tage, tekstiler, gulvbelægning, facademateriale, maling, tætnings- og klæbemidler osv. I Restriktionsforslaget er angivet, at der bliver anvendt mellem 5.241 og 12.725 tons PFAS om året i Europa (EEA). Heraf udgøres



mellem 4.254 og 10.320 tons om året af fluorpolymerer, dvs. ca. 81 % af brugen af PFAS i byggeriet udgøres af fluorpolymerer. I Restriktionsforslaget er byggeriet en specifik udpeget sektor.

2.2.1. Studier af PFAS i byggematerialer

Der er i litteraturen lavet opgørelser over anvendelser af PFAS i byggeriet på baggrund af opgørelser i produktdata-baser, patent og hjemmesidesøgninger, hvilket også er gengivet og afspejlet i Restriktionsforslaget, hvor byggeri er udpeget som en specifik sektor, der er omfattet af forslaget til forbud. På baggrund af nogle udvalgte centrale studier, som er identificeret i litteraturstudiet, er en overordnet oversigt over anvendelse af PFAS i byggematerialer stillet op i Tabel 2. Listen er ikke udtømmende.

Tabel 2 Oversigt over anvendelse af PFAS i byggeriet (baseret på Gluege et al. (2020), ECHA (2023), Fernández et al. (2021), Gaines, L.G.T. (2021), OECD (2022)). Listen er ikke udtømmende.

Produktgruppe	Beskrivelse af anvendelse
Membraner, eksempelvis til flade tage, stadiontage. Materialer af fx tekstiler, fiberglas, gummi, PVC, termoplast	PFAS anvendes som belægning/imprægnering
Gulve Forskellige typer er tæpper, måtter og elastiske gulve.	PFAS anvendes som belægning/imprægnering Derudover anvendelse i rengøringsmidler til gulve
Materialer af metal	PFAS anvendes som belægning, fx tagmateriale og facade-materiale
Plademateriale/gulve af træ	Komposit træ (tilsætning af bindere) Belægning, lak
Materialer af plastik, PVC	PFAS anvendes som belægning eller lak
Beton og tegl	PFAS anvendes som belægning Additiv i cement, betonblandinger
Glas, sten og keramiske overflader, fx vinduer og sanitet	PFAS anvendes som belægning
Maling og andet overfladebehandling	PFAS tilsættes maling, blandt andet til forbedring af flyde-evne
Tætnings- og klæbemidler	Fuger, forseglinger, klæbemidler
Ledninger og kabler	Belægninger. Isoleringsmateriale
Pakninger, forseglinger	PTFE-tape, o-ringe,
Solceller	Anvendes som belægning i forskellige dele. Derudover også i batterier, der lagrer energi

2.2.2. Undersøgelser af PFAS i byggematerialer

Der er også lavet egentlige undersøgelser (kemiske analyser) af indhold af PFAS i byggematerialer, som har påvist forekomst af PFAS i byggematerialer, både i nye byggematerialer, i eksisterende bygninger og i byggeaffald. Tabel 3 giver et overblik over væsentlige studier, der har omfattet kemiske analyser af PFAS i byggematerialer. Sammenligningen viser, hvordan undersøgelserne adskiller sig ift. undersøgte



bygge materialer, antal og type af prøver, undersøgte PFAS-forbindelser, samt hvilke koncentrationsniveauer af PFAS/PFAS-forbindelser, der blev målt.

Tabel 3 Sammenligning af undersøgelsesresultater fra væsentlige studier, der har testet PFAS i byggematerialer

Undersøgelse	Undersøgte byggematerialer	Antal prøver	Undersøgte PFAS-forbindelser	Fund og koncentrationsniveauer
Becanova et al, 2016 (Tjekkisk undersøgelse)	OSB, træ, isoleringsmaterialer, monterings- og tætningsskum, facade materialer, polystyren, air conditioner	54 prøver OSB, træ: 14 prøver Isoleringsmaterialer: 16 prøver Monterings og tætningsskum: 6 prøver Facade materialer: 8 prøver Polystyren: 5 prøver Air conditioner: 5 prøver	Target15	Max 34 µg/kg sum PFAS 46 fund i alt: OSB, træ: 14 fund Isoleringsmaterialer: 16 fund Monterings og tætningsskum: 4 fund Facade materialer: 6 fund Polystyren: 1 fund Air conditioner: 5 fund
Janusek et al, 2019 (Tysk undersøgelse)	Belægninger, maling, farve, lak, OSB, fuger, trælím, folie (til facader/glas), folie (emballage af byggematerialer), folie (tagmateriale), folie (solceller)	23 prøver af byggematerialer Belægning: 4 prøver Maling: 3 prøver Overfladebehandling: 1 prøve Lak: 2 prøver OSB: 1 prøve Fuge: 1 prøve Trælím: 1 prøve Folier: 9 prøver	Target29	Eksempelvis: 1,7 mg/kg sum af FTOH'er 890 µg/kg sum af 5 PFAS-forbindelser 9 fund i alt: Belægning: 3 fund Overfladebehandling: 1 fund OSB: 1 fund Fuge: 1 fund Folier: 3 fund
Meermann et al. , 2024 (Tysk undersøgelse)	Maling (udendørs) og tætning materialer	5 prøver (maling), 3 prøver (tætning materialer)	EOF	EOF i 5 af prøverne i størrelsesorden 40-180 µg/kg
Teknologisk Institut Haahr et al, 2024 (Dansk undersøgelse)	Maling (indendørs)	30 prøver (maling)	Indikation af PFAS. Total Fluor (TF) og Total Inorganic Fluor (TIF). Herfra beregnes Total Organic Fluor (TOF).	TF blev påvist i 22 prøver. 5 prøver havde indhold over 50 mg/kg De 2 prøver med højest indhold blev analyseret for 50 specifikke PFAS-



			Indhold under 50 mg/kg bliver betragtet som baggrundsforurening. Høje påviste indhold TOF blev analyseret for 50 specifikke PFAS-forbindelser	forbindelser. Der var ingen fund
Healthy Building Network, 2023 (Amerikansk undersøgelse)	Maling (indendørs, udendørs, specialmaling (fx dry-erase, vejstribe-maling, tavlemaling, badeværelse/spa))	94 prøver (maling)	Indikation af PFAS TF (total fluor) (PIGE method) 21 prøver blev testet for EOF (CIC method)	Halvdelen af alle malinger indeholdt TF. 21 med indhold af TF blev testet for EOF 18 ud af 21 viste indhold af EOF.
Miljøstyrelsen Thomsen et al., 2024 (Dansk Undersøgelse)	Eksisterende bygninger inden nedrivning med byggeår indtil år 2000: Maling, gulvbelægning (linoleum, vinyl, gulvtæpper, træplader, parketgulve), gulv- og vægfliser, fuger, udvendigt ubehandlet beton, udvendigt ubehandlet tegl, PVC, lak, ubehandlet beton og tegl indvendigt, gulvspartel	31 bygninger 350 materialeprøver	Target32	Fund i 217 af prøverne Max værdier PFAS32: 21 mg/kg (maling) 0,350 mg/kg (gulve) 0,007 mg/kg (fliser) 0,022 mg/kg (fuger) 0,003 mg/kg (tegl) 0,0013 mg/kg (beton) Der blev fundet særligt høje koncentrationer af diPAP i maling på træværk og metal.
Teknologisk Institut, 2023 (Dansk undersøgelse)	Linoleum, vinyl, tapet, maling på træværk	Undersøgelse af 10 stikprøver i eksisterende byggeri	Target32	Max værdier PFAS 32 : 0,122 mg/kg (linoleum) 50,5 mg/kg (maling) Der blev fundet høje koncentrationer af især diPAP'er.
Medico Kemiske Laboratorium Eriksen, 2023 (Dansk Undersøgelse)	Byggeaffald – ikke nærmere beskrevet	100 prøver af byggeaffald (Fund i 1/3 af prøverne)	Target29	Max 1 mg/kg Der blev fundet særligt høje koncentrationer af diPAP i linoleum og maling

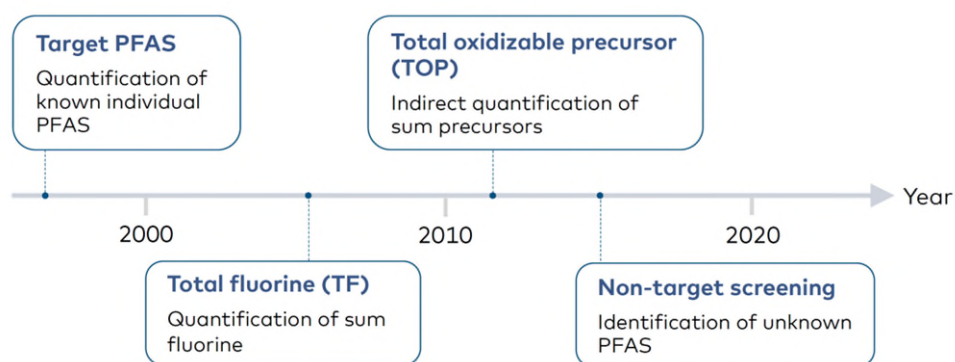
2.3. Viden om kemisk analyse af PFAS

PFAS-analysemetoder omfatter en række forskellige metoder, der omfatter analyser af:

- specifikke PFAS-forbindelser (kaldt targetanalyser),



- gruppemetoder eller sumparameter, der måler den samlede mængde af en gruppe stoffer/forbindelser, uden at skelne mellem de enkelte stoffer/forbindelser (fx samlede mængde fluor i en prøve, total fluor – TF eller den samlede mængde total organisk fluor, TOF)
- ukendte PFAS-forbindelser i en prøve ved hjælp af avancerede screeningsmetoder (HRMS-metoder)



Figur 1 Tidslinje for introduktion af vigtige PFAS-analyser (TemaNord 2025:508, 2025)

Selvom der sker en del udvikling/videreudvikling af PFAS-analysemetoder, er der fortsat en række udfordringer forbundet med PFAS-analyser af produkter (Krause et al., 2024; TemaNord 2025:508, 2025) (Figur 1). Eksempelvis er screeningsmetoderne fortsat dyre, tidskrævende og forudsætter meget ekspertise ved bearbejdning og fortolkning af resultaterne, og det store antal matricer, dvs. materialer, der indeholder PFAS, gør standardiseringen af metoderne vanskeligt. For kvantificering af target-PFAS er der behov for passende referencestandarder. Disse er kun tilgængelige for visse PFAS og targetanalysen er derfor begrænset til disse specifikke stoffer. Udviklingen på området er drevet af dels praktiske analytiske årsager og udviklingen af reguleringen.

Der er på nuværende tidspunkt ikke kommercielt tilgængelige analysemetoder, der kan måle al PFAS. En væsentlig udfordring er analysen af fluorpolymerer. Analysemetoderne er begrænsede ift. hvilke forbindelser, der bliver analyseret for eller i form af detektionsgrænsen. Eksempelvis kan man ved hjælp af en targetanalyse bestemme koncentrationen af specifikke enkelte PFAS-forbindelser og ved lav detektionsgrænse. Desværre er analysen begrænset til de forholdsvis få PFAS-forbindelser, som der er udviklet specifikke referencestandarder for. På den anden side kan man med en gruppemethode som fx TF (total fluor) bestemme totalindholdet af fluor samt indholdet af organiske fluorforbindelser. Man får derved en indikation på PFAS, da organiske ikke-PFAS-forbindelser også er inkluderet og analysen ikke skelner mellem forskellige PFAS-forbindelser. Samtidig er detektionsgrænserne højere end for targetanalyser. Tabel 4 viser en sammenligning af forskellige PFAS-analysemetoder (se også Bilag A).



Tabel 4 Sammenligning af forskellige PFAS-analysemetoder (baseret på information fra Eurofins A/S, Krause et al., 2024, Mortensen, et. al. (2024), ECHA (2023))

Metode	Beskrivelse	Fordele	Ulemper
TF (total fluorine) (TIF og TOF)	Bestemmes ved Combustion Ion Chromatography (CIC) Repræsenterer summen af al fluor i en prøve, også det uorganiske (TIF – total inorganic fluorine). Det uorganiske fluor (TOF – total organic fluorine) trækkes fra, og resultatet udtrykkes som TOF. Screeningsmetode.	Totalværdi. Metoden detekterer fluorpolymerer, men ikke specifikt. De bliver udtrykt som TOF.	Kun en indikation på PFAS, da organiske ikke-PFAS-forbindelser også er inkluderet. Kan ikke skelne mellem forskellige PFAS-forbindelser. Høj detektionsgrænse på 10 mg/kg ift. en del undersøgelsesresultater har påvist PFAS i størrelsesordenen µg/kg.
Target analyse	Bestemmes ved LC-MS/MS Bestemmer indholdet af udvalgte forbindelser. Der er pt. muligt at analysere for 50- 100 forbindelser, men ofte – fx i miljøundersøgelser - analyseres der kun for de forbindelser, der er fastsat grænseværdier for.	Kvantitativ bestemmelse af specifikke forbindelser Lav detektionsgrænse	Analysen er begrænset til de PFAS, som der findes analysestandarder for. Måler ikke fluorpolymerer
EOF	Måler samlede mængde organisk bundet fluor, der kan ekstraheres fra en fast prøve ved hjælp af et specifikt opløsningsmiddel.	Giver et mål for organisk fluor	Måler ikke specifikke PFAS-forbindelser
AOF	Anvendes til væskeprøver (f.eks. vand)	Giver et samlet mål for organisk fluor	Måler ikke specifikke PFAS-forbindelser Kort-kædede PFAS-forbindelser kan underestimeres ved AOF-analysen
TOP (total oxidizable precursor) assay	Oxiderer precursorer, således at de kan måles som perfluorforbindelser (dvs. slutproduktet)	Måler på specifikke forbindelser og medtager ukendte precursorer Lav detektionsgrænse.	Ikke en totalværdi Måler ikke fluorpolymerer
HRMS	Avancerede kromatografiske metoder til præcis massebestemmelse af PFAS-forbindelser i en prøve	Kan identificere ukendte PFAS Suspect screening med analysepakker på 1000+ forbindelser	Kvantificering af stofferne forudsætter at referencestandarder kan skaffes for de enkelte PFAS



			Forudsætter stor ekspertviden ved fortolkning af analyseresultater Non-target prøver er typisk dyre at udføre.
--	--	--	---

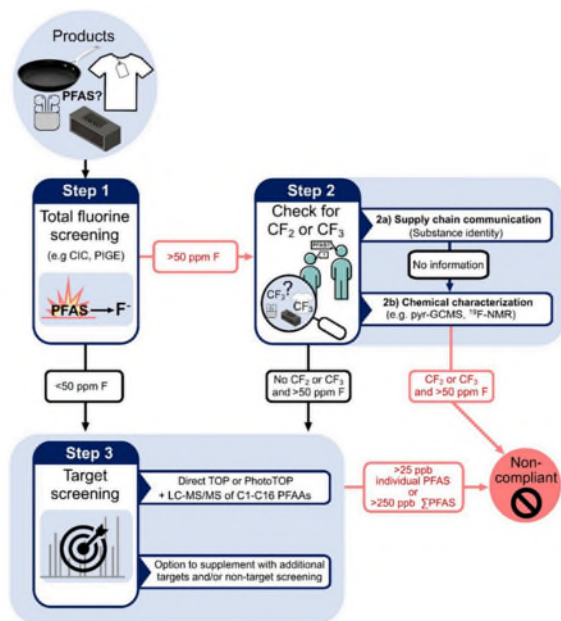
2.3.1. Analysetilgang for projektet

I Restriktionsforslaget er der oplistet følgende forslag til grænseværdier (se Tabel 1):

- 25 ppb for enhver PFAS-forbindelse, der er målt med targetanalyse (Fluorpolymerer er ikke inkluderet)
- 250 ppb for summen af PFAS målt med targetanalyse (nedbrydning af *precursors* kan inkluderes ved TOP assay, fluorpolymerer er ikke inkluderet)
- 50 ppm for PFAS (inklusive fluorpolymerer). Hvis totalfluorid (TF) indholdet overskrider 50 mg/kg skal producenten dokumentere om indholdet skyldes PFAS.

Restriktionsforslaget beskriver en trinvis tilgang for undersøgelse af produkter for PFAS, som skal imødekomme de begrænsninger, der er forbundet med forskellige analysemetoder. Der beskrives en top-down tilgang til den omfattende vurdering af organisk fluor, startende med analyse af total fluor (TF) eller ekstraherbar organisk fluor (EOF). Baseret på resultaterne fra de indledende analyser udvælges prøver af interesse for yderligere bestemmelse af det specifikke indhold af organisk fluor. Disse prøver analyseres ved targetanalyser. Ved at sammenligne summen af targetanalyserne med de samlede fluormålinger, kan indholdet af ikke-quantificerbart organisk fluor opnås ved massebalanceberegninger. Er der behov for yderligere identifikation af ikke-quantificerbart organisk fluor, kan man benytte metoderne som TOP (total oxiderbar precursor) assay eller suspect screening/non-target screening. Denne tilgang kan tilpasses og enkelte elementer kan udelades ift. ressourcer, tidsbegrænsninger og i tilfælde af, at identiteten af ukendte organiske fluorstoffer ikke er nødvendig.

I henhold til Restriktionsforslaget, skal producenterne dokumentere, at det målte TF-indhold, skyldes PFAS, hvis indholdet overstiger 50 mg/kg. Vestergren et al. (2024) (se Figur 2) forslår derfor en pragmatisk tilgang, hvor der efter TF-analysen indhentes nærmere produktoplysninger i værdikæden, hvis TF-indholdet overskrider 50 mg/kg.



Figur 2 Forslag til 3-trins analysearbejdsgang, som virksomheder eller myndigheder vil kunne implementere til at vurdere manglende overholdelse af den foreslåede brede begrænsning af PFAS under REACH (Vestergren et al., 2024).

Projektets analysestrategi lægger sig op ad Restriktionsforslagets forslag til grænseværdier og analysearbejdsgangen foreslået af Vestergren et al (2024), således at der både måles med TF og targetanalyse med 69 forbindelser. TF kan give en indikation om tilstedeværelsen af PFAS, herunder fluorpolymerer, mens target kan påvise forekomsten af udvalgte PFAS-forbindelser (Perfluoralkylsyre og Polyfluoralkylsyre). TF måler på det totale fluor indhold, men metoden bestemmer også det totale uorganiske fluor indhold (TIF), således at det totale organiske fluor indhold (TOF) kan bestemmes som differencen mellem TF og TIF.



3. Undersøgelse af byggematerialer for indhold af PFAS

3.1. Udvælgelse og indhentning af produkter til analyse

Der er foretaget undersøgelser af stikprøver fra byggematerialer med det formål at teste et bredt udsnit af materialer fordelt på forskellige produktgrupper. Grundet projektets omfang er undersøgelsen afgrænset til 8 udvalgte produktgrupper. Litteraturgennemgangen vedr. PFAS i byggematerialer har vist, at PFAS findes i mange forskellige typer byggematerialer, og anvendelsen af PFAS i disse materialer har potentiel risiko for påvirkning af indeklima, miljø og arbejdsmiljø.

I rapporten "Konsekvensanalyse for brug af PFAS i byggeriet" (særskilt rapport og delleverance i projektet *PFAS i nye og eksisterende byggematerialer ved renovering*) præsenteres resultaterne af en analyse i forhold til påvirkninger på miljø og sundhed, der følger af brugen af PFAS i byggematerialer. Analysen tager udgangspunkt i hele byggematerialets livscyklus.

Tidligere undersøgelser fra Danmark har bl.a. belyst PFAS i byggeaffald, eksisterende byggeri samt i maling. Der er pt ikke danske undersøgelser, der er målrettet nye byggematerialer, udover undersøgelsen af maling. Fokus har derfor været på nye byggematerialer, der anvendes til både renovering og nybyggeri i Danmark. Da maling har været undersøgt i en tidligere undersøgelse, er denne produktgruppe ikke medtaget i nærværende undersøgelsen.

Udvælgelsen af produktgrupper er baseret på en systematisk litteratursøgning, der har indikeret potentiel tilstedeværelse af PFAS-forbindelser. Der er specifikt udvalgt materialer, som er alment tilgængelige på markedet til både direkte business-to-business kanaler og til private forbrugere, samt materialer der har relativ stor udbredelse og anvendes i betydelige mængder i byggebranchen.

Der er lagt vægt på at styrke vidensgrundlaget om PFAS i nye byggeprodukter, og ved udvælgelsen af produkter til undersøgelsen er der benyttet følgende udvælgelseskriterier:

- Mest anvendte produkter i Danmark: Der er indhentet en opgørelse af de mest solgte produkter fra et større dansk bygge marked, der sælges til B2C samt B2B.
- Business to Business: i vise produktkategorier er fokus i undersøgelsen lagt på produkter, der primært sælges B2B.
- Produkter, der er eksponeret til udemiljøet
- Produkter, der er eksponeret til indeklima
- Produkter med etableret eller potentiale for etablering af genanvendelsesløsning
- Mellem 3-6 forskellige produkter indenfor 5-8 produktkategorier
- Produkter af både mineralske og biobaserede materialer
- Anvendelser af PFAS i byggematerialer, der er udpeget i tidligere studier



På baggrund af disse kriterier og det maksimale antal prøver, som der kunne undersøges i projektet, er der udvalgt 44 produkter til undersøgelsen (se Tabel 5).

Tabel 5 Antal produkter per produktgruppe

Antal produkter	Produktgruppe
7 produkter	Facadepaneller/profiler metal
3 produkter	Facadepaneller/profiler træ
7 produkter	Isolering
8 produkter	Vægplader
4 produkter	Tagflade banevare/belægninger
5 produkter	Nedløbsrør
6 produkter	Gulv/væg banevare
4 produkter	Tape og fugebånd

3.2. Prøvehåndtering og kemisk analyse

3.2.1. Prøvehåndtering

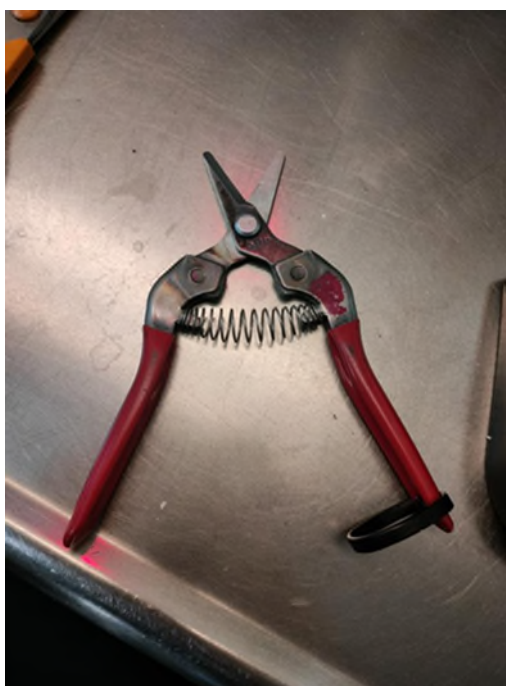
Produktprøver til undersøgelsen er indhentet ad tre veje (se Tabel 6):

- Indkøb via byggemarkeder (fysisk eller online-bestilling)
- Bestilling af vareprøver hos relevante producenter
- Indhentning via byggepladser.

Prøverne blev opbevaret hos Teknologisk Institut. For prøver, der er indkøbt i større oppakning, som fx ruller af tagbanevarer eller isoleringsmaterialer, er der af Teknologisk Institut udtaget en repræsentativ delmængde, der er afleveret på laboratoriet til den videre forbehandling og efterfølgende kemiske analyse. For prøver, der er indkøbt eller indhentet i mindre mængder, er alt prøvemateriale afleveret på laboratoriet til den videre forbehandling og efterfølgende kemiske analyse. Alle prøver er forbehandlet og analyseret hos analyselaboratoriet Eurofins A/S. Laboratoriet har haft ansvar for forbehandlingen af prøvematerialet.

Prøverne blev neddelt i Eurofins' laboratorie i Aabybro. Prøver blev neddelt til en partikelstørrelse på ca. 2 x 2 mm. Det neddelte materiale blev overført til et materialebæger, hvorfra delprøver blev udtaget til de udførte analyser. Som udgangspunkt skal der til PFAS-targetanalyserne bruges 20 gram prøvemateriale, mens der til TF-analysen kun skal bruges 4 g.

Til neddelingen af prøverne blev der brugt pladesaks, stemmejern eller knibtang og til en enkelt prøve en sav. Til en enkelt prøve (en metalplade), der ikke kunne klippes ud i mindre stykker blev en hulboremaskine brugt til at skabe spåner af metalpladen. Delprøver fra det neddelte prøvemateriale er udtaget som tilfældig stikprøve til analyserne.



Figur 3 Værktøj til neddeling af prøverne



3.2.2. Kemisk analyse

Tabel 6 viser en oversigt over de analyserede prøver. Samtlige prøver er sendt til analyse med henblik på at bestemme indhold af TF, herunder TOF samt PFAS69. For enkelte prøver har det dog ikke været muligt at gennemføre TF-analysen. Tre prøver er undersøgt ved TOP22. I Bilag B findes en oversigt over omfanget af analyseprogrammet.

Tabel 6 Oversigt over analyserede prøver – prøvemærkning, produktgrupper, prøveindhentning og analyseomfang

Prøvenummer	Prøvemærkning	Produktgruppe	Prøveindhentning	Analyseomfang
1.01	Metalpanel	Facadepaneller/profiler metal	vareprøve	PFAS69
1.02	Alu-panel	Facadepaneller/profiler metal	vareprøve	PFAS69
1.04	Alu-panel	Facadepaneller/profiler metal	vareprøve	TF/TOF, PFAS69, TOP
1.08	Zink-panel	Facadepaneller/profiler metal	Vareprøve	PFAS69
1.09	Alu-panel	Facadepaneller/profiler metal	vareprøve	TF/TOF, PFAS69
1.11	Overfladebehandlet metal	Facadepaneller/profiler metal	vareprøve	PFAS69
1.12a+b	Overfladebehandlet metal	Facadepaneller/profiler metal	vareprøve	PFAS69
1.22	Modificeret træ	Facadepaneller/profiler træ	vareprøve	TF/TOF, PFAS69
1.23	Modificeret træ	Facadepaneller/profiler træ	vareprøve	TF/TOF, PFAS69
1.24	Modificeret træ	Facadepaneller/profiler træ	vareprøve	TF/TOF, PFAS69
2.01	Stenuld	Isolering	byggemarked	TF/TOF, PFAS69
2.06	Glasuld	Isolering	byggeplads	TF/TOF, PFAS69
2.07	Glasuld	Isolering	byggemarked	PFAS69
2.08	Fenolskum	Isolering	byggeplads	TF/TOF, PFAS69
2.11	Træfiber	Isolering	byggeplads	TF/TOF, PFAS69
2.13	EPS	Isolering	byggemarked	TF/TOF, PFAS69
2.14	Stenuld	Isolering	byggeplads	TF/TOF, PFAS69
3.01	OSB-plade	Vægplader	vareprøve	TF/TOF, PFAS69, TOP
3.03	Gips	Vægplader	byggeplads	TF/TOF, PFAS69
3.07	OSB	Vægplader	byggemarked	TF/TOF, PFAS69
3.08	Spånplade	Vægplader	byggemarked	TF/TOF, PFAS69
3.09	Træ systempanel	Vægplader	vareprøve	TF/TOF, PFAS69
3.10	Træ systempanel	Vægplader	vareprøve	TF/TOF, PFAS69
3.11	Krydsfiner	Vægplader	byggemarked	TF/TOF, PFAS69
3.12	OSB	Vægplader	byggemarked	TF/TOF, PFAS69
4.01	Tagpap	Tagflade banevare/ belægninger	byggemarked	TF/TOF, PFAS69
4.03	Tagpap	Tagflade banevare/ belægninger	byggemarked	TF/TOF, PFAS69
4.05	EPDM	Tagflade banevare/ belægninger	byggemarked	TF/TOF, PFAS69
4.07	Bølgeplade	Tagflade banevare/ belægninger	byggeplads	TF/TOF, PFAS69
5.02	Stålrør	Nedløbsrør	byggemarked	PFAS69



5.04	Zinkrør	Nedløbsrør	byggeplads	PFAS69
5.05	Alu/zinkrør	Nedløbsrør	byggemarked	PFAS69
5.08	PVC-rør	Nedløbsrør	byggemarked	TF/TOF, PFAS69
5.09	PVC-rør	Nedløbsrør	byggemarked	TF/TOF, PFAS69
6.01	Vinyl	Gulv/væg banevare	vareprøve	TF/TOF, PFAS69
6.02	Vinyl	Gulv/væg banevare	vareprøve	TF/TOF, PFAS69
6.03	Linoleum	Gulv/væg banevare	vareprøve	TF/TOF, PFAS69
6.05	Linoleum	Gulv/væg banevare	vareprøve	TF/TOF, PFAS69, TOP
6.08	Overfladebehandlet træ	Gulv/væg banevare	vareprøve	PFAS69
6.09	Overfladebehandlet træ	Gulv/væg banevare	vareprøve	PFAS69
7.01	Skum	Tape og fugebånd	byggemarked	TF/TOF, PFAS69
7.02	Gummi/EPDM	Tape og fugebånd	byggemarked	TF/TOF, PFAS69
7.03	Butyl	Tape og fugebånd	byggemarked	TF/TOF, PFAS69
7.04	Plastik	Tape og fugebånd	Byggemarked	TF/TOF, PFAS69

4. Resultater

4.1. Total organisk fluor (TOF)

Analysen af total organisk fluor gennemføres ved en indledende bestemmelse af total fluor (TF) og total uorganisk fluor (TIF) i en prøve. Efterfølgende bestemmes indholdet af total organisk fluor (TOF) som differencen mellem total fluorindholdet og indholdet af uorganisk fluor.

Som nævnt tidligere, skal producenterne iht. Restriktionsforslaget dokumentere, at det målte TF-indhold i en prøve skyldes PFAS, hvis indholdet overstiger 50 mg/kg. Bestemmelsen af og et resultat for total fluor (TF) kan derfor ikke stå alene. Det er nemlig et påvist indhold af TOF, som indikerer, at PFAS er til stede.

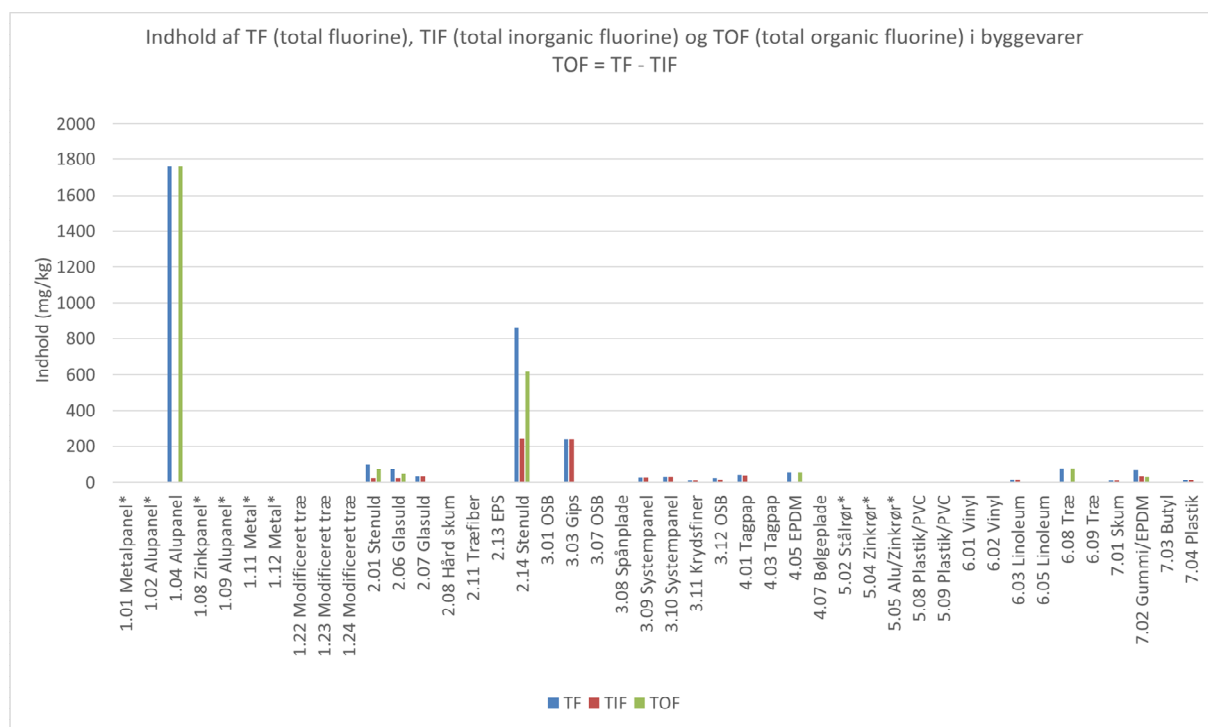
I alt er 44 prøver sendt til bestemmelse af indhold af TF/TOF. Analysen kunne ikke gennemføres for 9 prøver på grund af prøvematerialernes egenskaber, dvs. materialernes beskaffenhed. CIC-metoden, som er anvendt i projektet, er baseret på forbrændingsionkromatografi, som ikke alle materialer er egnet til. Dette er indikeret ved et "*" bag prøvebetegnelsen i figuren nedenfor og fremgår af analyseomfanget i Tabel 6.

Som det kan ses af Figur 4 er der detekteret TF i 17 af prøverne. TIF er fundet i 14 prøver, og 7 prøver viser et indhold af TOF. Indhold af TF ligger mellem 10 og 1758 mg/kg. Indhold af TOF ligger mellem 31 og 1758 mg/kg.



I 18 prøver var indhold af TF og TIF lavere end analysens detektionsgrænse på 10 mg/kg. Da er derfor ikke vist resultater for disse prøver på graferne.

Resultaterne uddybes i de efterfølgende afsnit.



Figur 4 Indhold af TF, TIF og TOF i 44 byggevarer. * indikerer, at TF-analysen ikke har kunne gennemføres for den pågældende prøve

4.1.1. Fasadepaneller/profiler af metal og træ

Figur 5 viser analyseresultater for indhold af TF i de undersøgte facadepaneller. De undersøgte produkter omfatter forskellige metalpaneller til anvendelse som facadebeklædning og som alle er overfladebehandlet (fx pulver lakeret, coated). Desuden er der undersøgt tre facadepaneller af træ, som alle er behandlet (fx imprægneret, varmebehandlet).

TF er blevet målt i én af de undersøgte prøver - 1.04 Alupanel, som er et aluminiumspanel med polymer coated overflade. Indholdet af TF ligger på 1758 mg/kg. Indholdet af TF ligger over Restriktionsforslagets grænseværdi på 50 mg/kg TF. Indhold af fluor kan tilskrives organisk fluor, dvs. TOF-indholdet i prøven ligger på 1758 mg/kg.

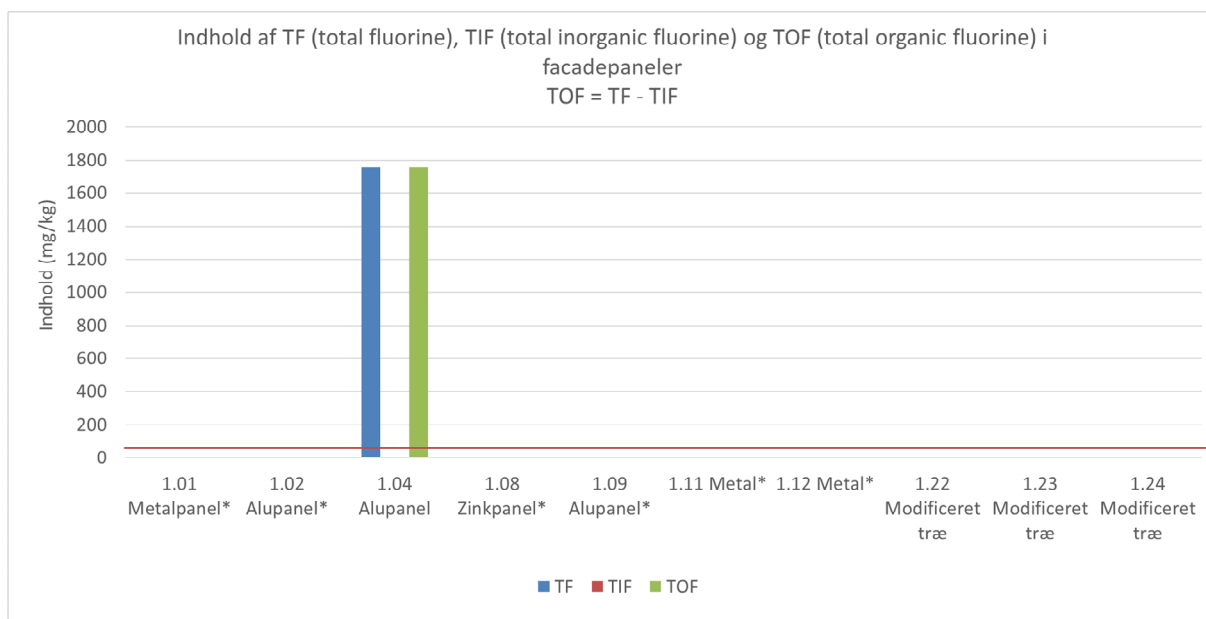


Det har ikke været muligt at gennemføre bestemmelsen af TF for følgende prøver på grund af materialernes egenskaber:

- 1.01 Metalpanel
- 1.02 Alupanel
- 1.08 Zinkpanel
- 1.09 Alupanel
- 1.11 overfladebehandlet metal
- 1.12 overfladebehandlet metal

Analyseresultaterne for de tre facadepaneler af træ (prøvenummer 1.22, 1.23, 1.24) ligger under analysens detektionsgrænse på 10 mg/kg.

Det bemærkes desuden, at targetanalysen er foretaget på alle 10 produkter. Her er der påvist indhold af PFAS over detektionsgrænsen for 1.08 zinkpanel samt 1.11 og 1.12, som er overfladebehandlet metal. Se også afsnit 4.2.



Figur 5 Indhold af TF, TIF, TOF i facadepaneler af metal og træ. Den røde linje viser niveauet for Restriktionsforslagets grænseværdi på 50 mg/kg for TF. * indikerer, at TF-analysen ikke har kunne gennemføres for den pågældende prøve



4.1.2. Isoleringsmaterialer

Figur 6 viser analyseresultater for indhold af TF i de 7 undersøgte isoleringsmaterialer. Der er undersøgt mineraluldsprodukter af hhv. sten- og glasuld, et træfiber-baseret produkt, et EPS-baseret produkt og et fenolskum-baseret produkt til hhv. facade-/vægisolering.

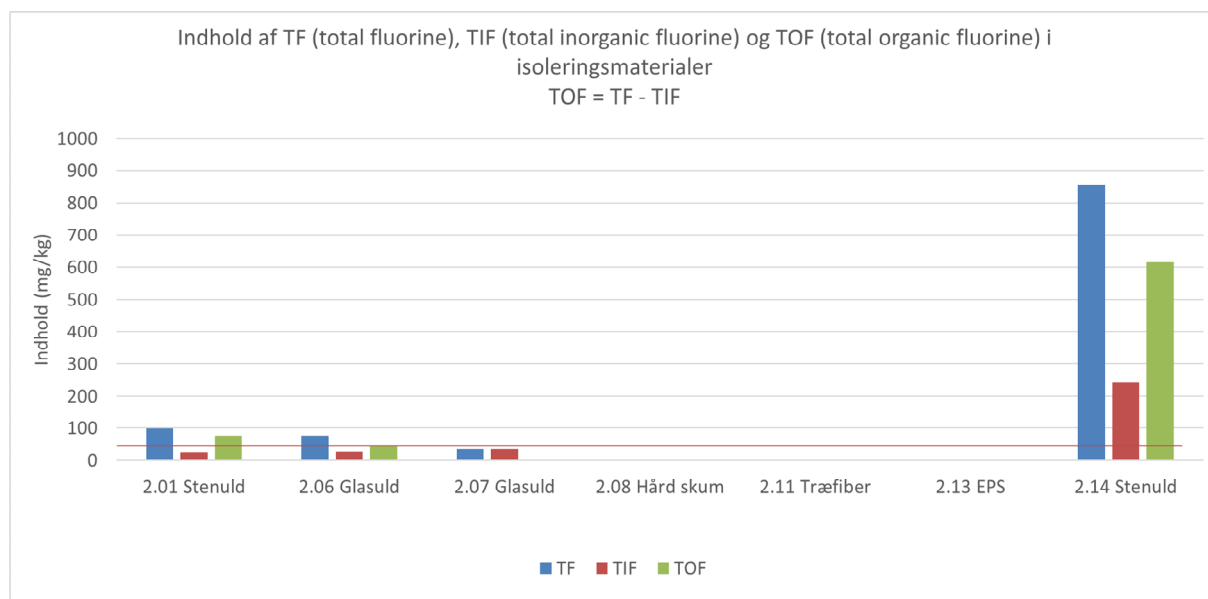
TF og TIF er blevet målt i fire af de undersøgte isoleringsmaterialer bestående af mineraluld. Indhold af TF ligger mellem 35 og 858 mg/kg. Som det kan ses af Figur 5, ligger TF-indhold for 3 af prøverne dermed over Restriktionsforslagets grænseværdi på 50 mg/kg TF.

Det uorganiske indhold af fluor, TIF, ligger mellem 24 og 242 mg/kg i de 4 prøver.

TOF er blevet påvist i tre af prøverne. Indholdet af TOF ligger mellem 47 og 616 mg/kg, hvilket indikerer PFAS.

Analyseresultaterne for de tre øvrige isoleringsmaterialer (prøvenummer 2.08, 2.11, 2.13) ligger under analysens detektionsgrænse på 10 mg/kg.

Det bemærkes desuden, at targetanalysen er foretaget på alle 7 produkter. Her er der ikke påvist indhold af PFAS over detektionsgrænsen på $< 1 \mu\text{g/kg}$ (for de fleste PFAS-forbindelser). Se også afsnit 4.2.



Figur 6 Indhold af TF, TIF, TOF i isoleringsmaterialer. Den røde linje viser niveauet for Restriktionsforslagets grænseværdi på 50 mg/kg for TF.



4.1.3. Vægplader

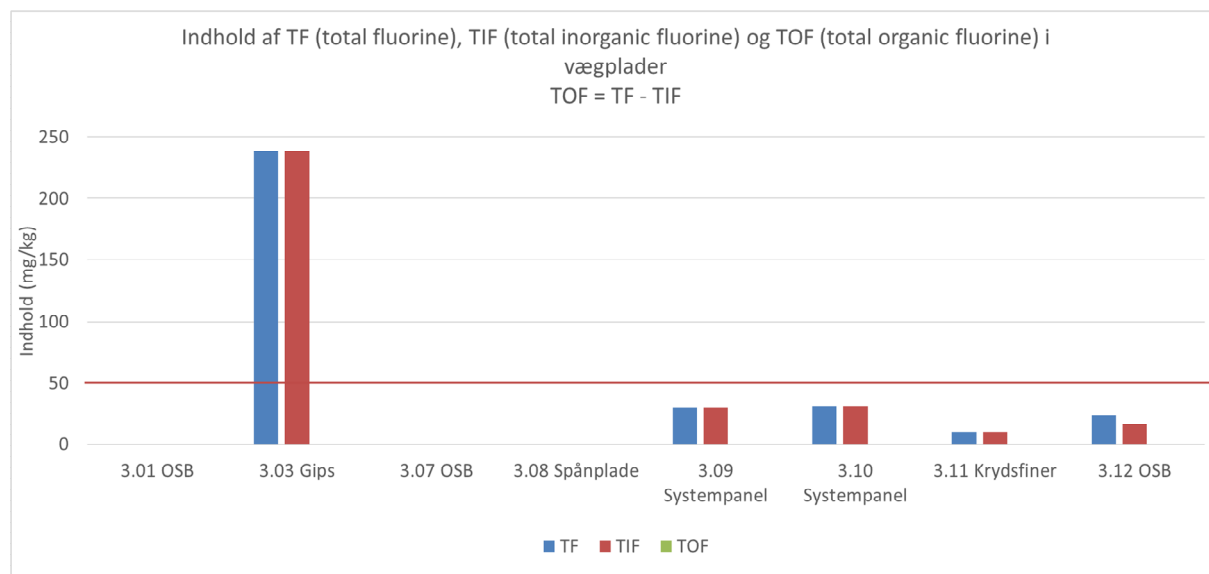
Figur 7 viser analyseresultater for indhold af TF i de 8 undersøgte vægplader, der omfatter 3 typer OSB-plader, en type gipsplade, en spånplade, en krydsfinerplade samt to akustik systempaneler af træ.

Der er målt indhold af TF i 5 af de undersøgte produkter. Indholdet af TF ligger mellem 10 og 238 mg/kg. 1 af prøverne har et indhold af TF, der ligger over Restriktionsforslagets grænseværdi på 50 mg/kg TF, og som det ses af Figur 7, gælder dette for prøve 3.11 gips. Indhold af fluor i prøven kan tilskrives uorganisk fluor. Det samme gælder prøverne 3.03, 3.09, samt 3.10. og 3.12¹.*.

Der er således ikke i de undersøgte vægplader påvist et indhold af Total Organisk Fluor, der indikerer PFAS.

Analyseresultaterne for de tre øvrige materialeprøver (prøvenummer 3.01, 3.07, 3.08) ligger under analysens detektionsgrænse.

Det bemærkes desuden, at targetanalysen er foretaget på alle 8 produkter. Her er der påvist indhold af PFAS over detektionsgrænsen for 3.09 systempanel. Se også afsnit 4.2.



Figur 7 Indhold af TF, TIF, TOF i vægplader. Den røde linje viser niveauet for Restriktionsforslagets grænseværdi på 50 mg/kg for TF

¹ For prøve 3.12 kan indholdet af fluor på 24 mg/kg ikke 100% tilskrives uorganisk fluor. Der er målt et indhold af uorganisk fluor på 17 mg/kg, og indhold af TOF kan ikke yderligere kvantificeres, da det ligger under analysens detektionsgrænse på 10 mg/kg.



4.1.4. Tagflade banevarer/belægninger

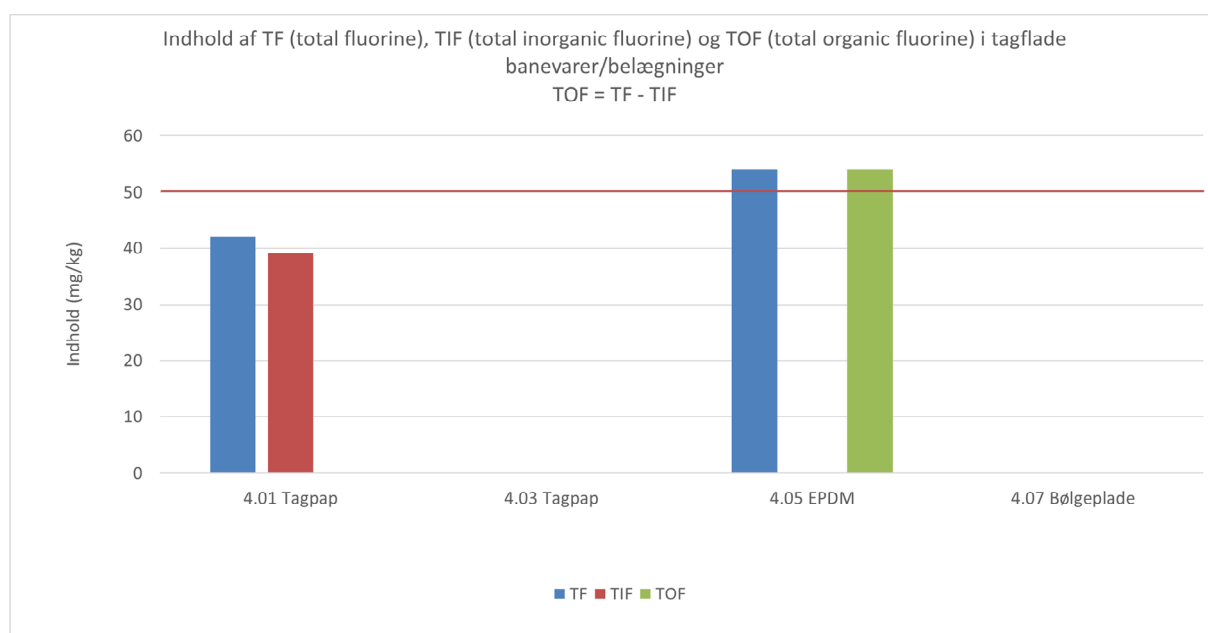
Figur 8 viser analyseresultater for indhold af TF i de undersøgte banevarer og belægninger til tagflader. Der er undersøgt 2 typer tagpap, en type EPDM-tagdug, samt en type bølgeplade.

Der er målt indhold af TF i to af de undersøgte produkter. For prøve 4.01 tagpap ligger indholdet af TF på 42 mg/kg og indholdet på uorganisk fluor er på 39 mg/kg. Indhold af TF tilskrives derfor uorganisk fluor på grund af analyseusikkerhed.

Analyseresultatet for TF for prøve 4.05 EPDM ligger på 54 mg/kg. Indholdet af TF ligger over den af Restriktionsforslagets grænseværdi på 50 mg/kg TF. Indhold af TF kan tilskrives indhold af TOF, der ligger tilsvarende på 54 mg/kg og indikerer PFAS.

Analyseresultaterne for de to øvrige materialeprøver (prøvenummer 4.03, 4.07) ligger under analysens detektionsgrænse.

Det bemærkes desuden, at targetanalysen er foretaget på alle 4 produkter. Her er der påvist indhold af PFAS over detektionsgrænsen for 4.05 EPDM. Se også afsnit 4.2.



Figur 8 Indhold af TF, TIF, TOF i tagflade banevarer/belægninger. Den røde linje viser niveauet for Restriktionsforslagets grænseværdi på 50 mg/kg for TF



4.1.5. Nedløbsrør

Denne produktgruppe omfatter 5 forskellige typer af nedløbsrør af hhv. stål, zink, alu/zink, samt PVC. Analyseresultaterne for materialeprøverne 5.08 PVC og 5.09 PVC ligger under analysens detektionsgrænse. Bestemmelsen af TF kunne ikke gennemføres for de tre øvrige prøver af nedløbsrør (prøvenummer 5.02, 5.04, 5.05, alle af metal), på grund af prøvematerialernes beskaffenhed.

Det bemærkes desuden, at targetanalysen er foretaget på alle 5 produkter. Her er der ikke påvist indhold af PFAS over detektionsgrænsen. Se også afsnit 4.2.

4.1.6. Gulv /væg banevarer

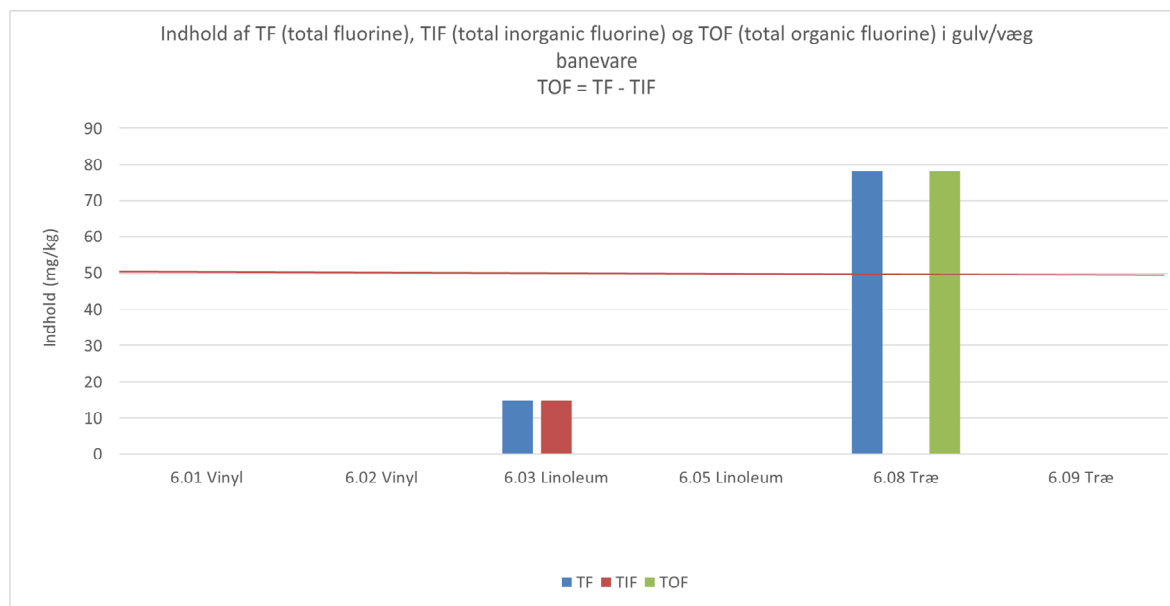
Figur 9 viser analyseresultater for indhold af TF i de 6 undersøgte banevarer til gulve og vægge. Der er undersøgt 2 typer gulvbelægninger af vinyl, 2 typer gulvbelægninger af linoleum samt 2 gulvbelægninger af overfladebehandlet træ. Der er målt indhold af TF i to af de undersøgte produkter – 6.03 linoleum og 6.08 træ.

Indhold af TF i prøve 6.03 linoleum ligger på 15 mg/kg og kan tilskrives uorganisk fluor.

Indhold af TF i prøve 6.08 overfladebehandlet træ ligger på 78 mg/kg og dermed over Restriktionsforslagets grænseværdi på 50 mg/kg TF. Indholdet af fluor tilskrives organisk fluor, og indholdet af TOF i prøve 6.08 ligger på 78 mg/kg. Dette indikerer PFAS.

Analyseresultaterne for de fire øvrige materialeprøver (prøvenummer 6.01, 6.02, 6.05, 6.09) ligger under analysens detektionsgrænse.

Det bemærkes desuden, at targetanalysen er foretaget på alle 6 produkter. Her er der ikke påvist indhold af PFAS over detektionsgrænsen. Se også afsnit 4.2.



Figur 9 Indhold af TF, TIF, TOF i gulv/væg banevare. Den røde linje viser niveauet for Restriktionsforslagets grænseværdi på 50 mg/kg for TF

4.1.7. Tape og fugebånd

Figur 10 viser analyseresultater for indhold af TF i de 4 undersøgte typer tape/fugebånd. Der er undersøgt et fugebånd af polyurethanskum, et EPDM cellegummigtætningsbånd, en butyltætningstape, samt et PE-baseret tætningsstape. Der er målt indhold af TF i tre af de undersøgte produkter.

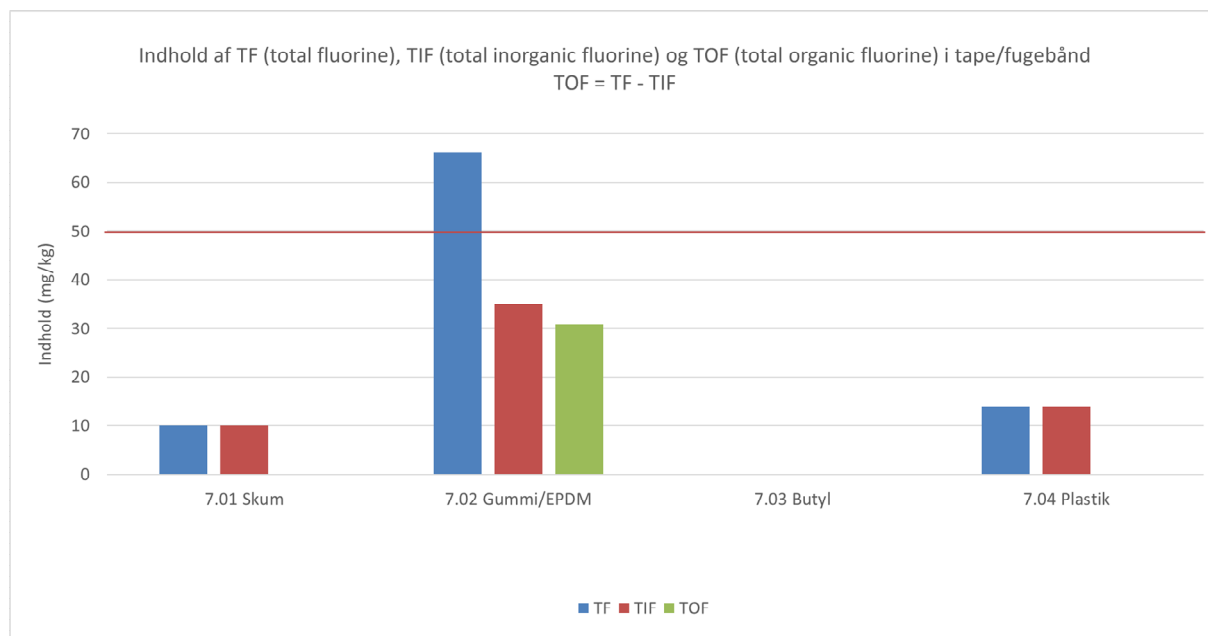
For prøve 7.01 skum ligger indholdet af TF på 10 mg/kg og kan tilskrives indhold af uorganisk fluor.

For prøve 7.04 Plastik ligger indholdet af TF på 14 mg/kg og kan tilskrives indhold af uorganisk fluor.

Indhold af TF i prøve 7.02 Gummi/EPDM ligger på 66 mg/kg og overskrider dermed Restriktionsforslagets grænseværdi på 50 mg/kg TF. Som det kan ses af Figur 10 viser prøve 7.02 Gummi/EPDM et indhold af TIF på 35 mg/kg og et indhold af TOF på 31 mg/kg. Indholdet af TOF indikerer PFAS.

Analyseresultatet for prøve 7.03 Butyl ligger under analysens detektionsgrænse.

Det bemærkes desuden, at targetanalysen er foretaget på alle 4 produkter. Her er der påvist indhold af PFAS over detektionsgrænsen for 7.02 Gummi/EPDM. Se også afsnit 4.2.



Figur 10 Indhold af TF, TIF, TOF i tape/fugebånd. Den røde linje viser niveauet for ECHA restriktionsforslaget på 50 mg/kg for TF



4.2. Resultater af PFAS-targetanalysen

Alle 44 byggevarer er analyseret for indhold af 69 specifikke PFAS-stoffer samt sum af PFAS69. En oversigt over disse targetstoffer findes i Bilag B. Der er fundet indhold af PFAS-targetstoffer i 6 af de 44 undersøgte byggematerialer. I de øvrige byggematerialer var analyseresultaterne lavere end analysens detektionsgrænse.

Som det kan ses af Figur 11 er det hhv. tre forskellige facadepaneler af metal (prøve 1.08, 1.11 og 1.12), et akustik-systempanel af træ (prøve 3.09), en EPDM-tagdug (prøve 4.05), samt et EPDM cellegumming-tætningsbånd (prøve 7.02), som viser indhold af PFAS-targetstoffer. Indhold af PFAS ligger mellem 1 og 40 µg/kg.

I prøve 4.05 er der desuden målt et indhold af TF på 54 mg/kg, som kan tilskrives organisk fluor, dvs. TOF er 54 mg/kg.

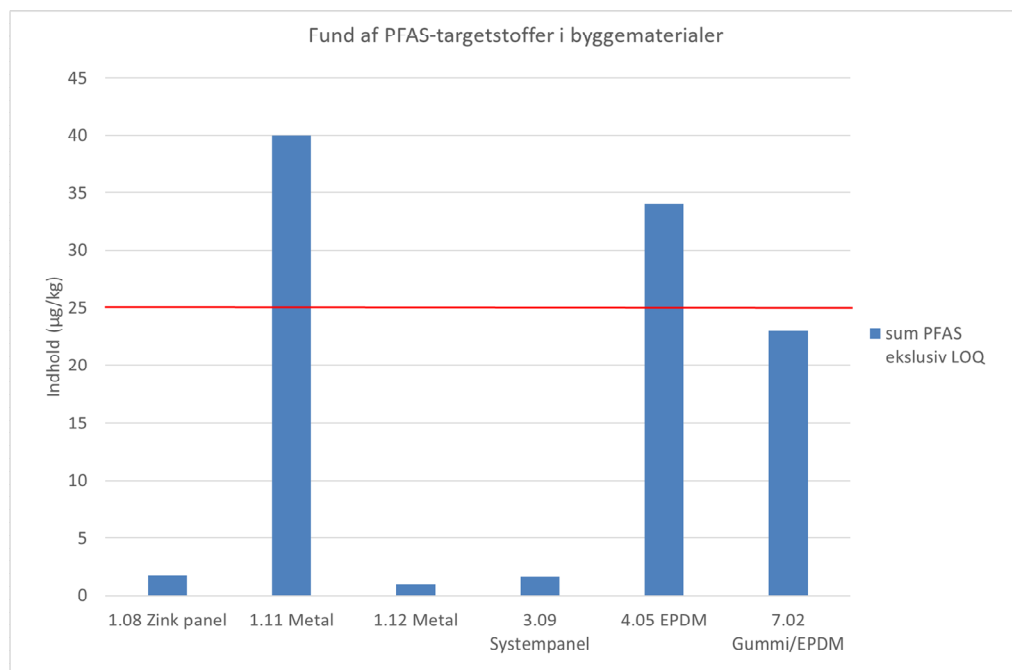
I prøve 7.02 er der desuden målt et indhold af TF på 66 mg/kg, indhold af TIF på 35 mg/kg og et indhold af TOF på 31 mg/kg.

Som det kan ses af Figur 12 er der forskel på, hvilke targetstoffer, der er blevet detekteret i byggematerialerne. 6:2 FTOH (fluortelomer alkohol) er fundet i tre af prøverne og i de højeste koncentrationer, som ligger mellem 20 og 40 µg/kg. For to af de undersøgte byggevarer vil det betyde en overskridelse af den af Restriktionsforslagets grænseværdi på 25 µg/kg for PFAS-targetstoffer. Se også Tabel 10.

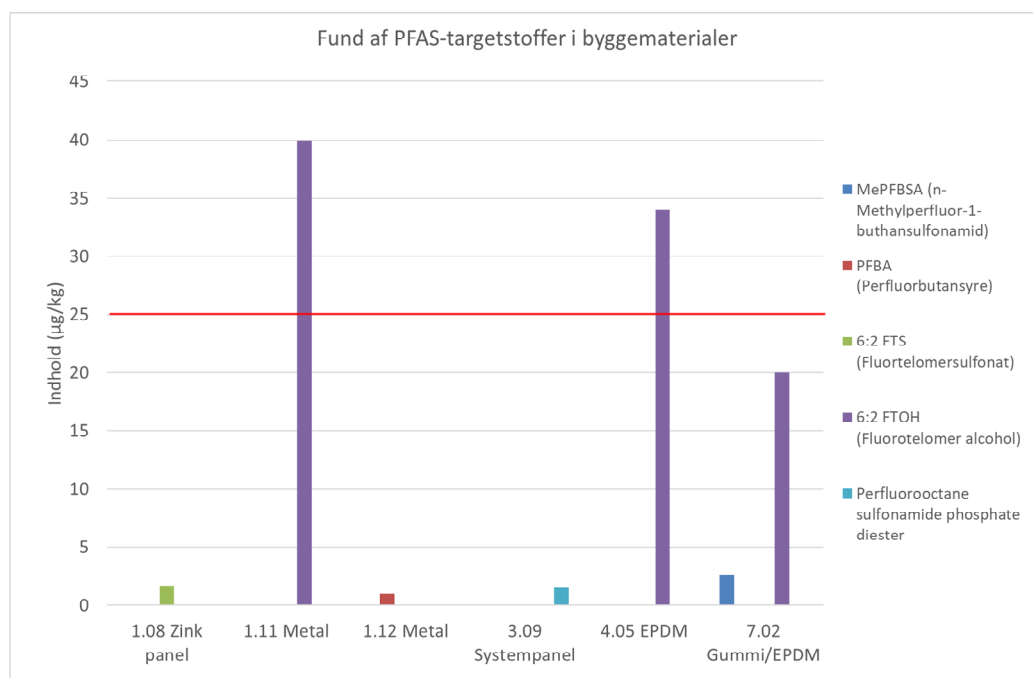
Derudover er der blevet målt PFBA (Perfluorobutanoic acid), MePFBSA (n-Methylperfluor-1-buthansulfonamid), 6:2 FTS (6:2 Fluortelomer sulfonic acid), samt diSAmPAP (Perfluorooctane sulfonamide phosphate diester). Koncentrationen af disse stoffer ligger mellem 1 og 1,7 µg/kg, og ligger dermed under Restriktionsforslagets grænseværdi på 25 µg/kg for PFAS-targetstoffer.

De targetstoffer, som der er blevet detekteret i prøverne, tilhører følgende gruppe af PFAS-forbindelser:

- o PFBA (Perfluorobutanoic acid) (CAS-nr. 375-22-4) er en kortere perfluorocarboxylsyre (PFCA), dvs. en undergruppe til Perfluoralkylsyrer (Nicolajsen&Tsitonaki, 2016; Warming et al., 2025).
- o MePFBSA (n-Methylperfluor-1-buthansulfonamid) (CAS nr. 68298-12-4) er en perfluoreret sulfonamid-forbindelse.
- o diSAmPAP (Perfluorooctane sulfonamide phosphate diester) (CAS 2965-52-8) klassificeres som en PFOS-precursor
- o 6:2 FTOH (6:2 Fluortelomer alkohol) og 6:2 FTS (6:2 Fluortelomer sulfonic acid) er fluortelomere og tilhører gruppen af polyfluorerede stoffer, som er precursors til perfluoralkylsyrer (PFAA), dvs. som kan nedbrydes til de meget persistente PFAA'er.



Figur 11 Indhold af PFAS-targetstoffer (sum af PFAS69) i undersøgte byggematerialer. Den røde linje viser niveauet for Restriktionsforslagets grænseværdi på 25 µg/kg for PFAS-targetstoffer



Figur 12 Indhold af specifikke PFAS-targetstoffer i undersøgte byggematerialer. Den røde linje viser niveauet for Restriktionsforslagets grænseværdi på 25 µg/kg for PFAS-targetstoffer



Tabel 7 Oversigt over fund af PFAS-forbindelser i undersøgte byggematerialer. Til sammenligning vises resultater fra TF/TOF-bestemmelsen.

	Prøve	1.08 Zink panel	1.11 Metal	1.12 Metal	3.09 Systempa- nel	4.05 EPDM	7.02 Gummi/ EPDM
Parameter	Enhed						
MePFBSA (n-Methylper- fluor-1-buthansulfon- amid)	µg/kg	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	2,7
PFBA (Perfluorbutansyre)	µg/kg	<1,0	<1,0	1	<1,0	<1,0	<1,0
6:2 FTS (Fluortelomersul- fonat)	µg/kg	1,7	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
6:2 FTOH (Fluorotelomer alcohol)	µg/kg	<10	40	<10	0	34	20
Perfluorooctane sulfon- amide phosphate diester	µg/kg	<1,0	<1,0	<1,0	1,6	<1,0	<1,0
TF	mg/kg	-	-	-	30	54	66
TIF	mg/kg	-	-	-	30	<10	35
TOF	mg/kg	-	-	-	<10	54	31

Tabel 8 giver et overblik over laboratoriets prøvekommentarer vedr. PFAS-targetanalyse. Som det kan ses af tabellen, har det på grund af matrixeffekter ikke været muligt at bestemme indhold af forskellige PFAS-targetstoffer i 17 af de undersøgte byggematerialer, hhv. kunne bestemmes ved en højere detektionsgrænse. Det gælder i høj grad n:2 FTOH'erne og især 6:2 FTOH.

Tabel 8 Oversigt over prøvekommentarer vedr. PFAS-targetanalyse af byggematerialerne

Prøvenummer	Prøvekommentar
1.01 metalpanel	6:2 FTOH kunne ikke analyseres grundet matrix effekter.
1.04 Alupanel	DPOSA kunne ikke analyseres grundet matrix effekter
1.09 Alupanel	Kvantificeringsgrænsen for 6:2 FTOH er hævet grundet matrix effekter.
1.22 Modifieret træ	6:2 FTOH og 8:2 FTOH kunne ikke analyseres grundet matrix effekter.
1.23 Modifieret træ	MeFOSA, MeFOSE, EtFOSE, 6:2 FTOH, 8:2FTOH, 10:2 FTOH og 12:2 FTOH kunne ikke analyseres grundet matrix effekter.
1.24 Modifieret træ	MeFOSA, MeFOSE, EtFOSE, 6:2 FTOH, 8:2FTOH, 10:2 FTOH og 12:2 FTOH kunne ikke analyseres grundet matrix effekter.
2.08 Hård skum	PFBA kunne ikke analyseres grundet matrix effekter
2.11 Træfiber	6:2 FTOH kunne ikke analyseres grundet matrix effekter
3.01 OSB	DPOSA, 6:2 FTAB, MeFOSA, MeFOSE, EtFOSA, 6:2 FTOH, 8:2 FTOH, 10:2 FTOH og 12:2 FTOH kunne ikke analyseres grundet matrix effekter



3.07 OSB	6:2 FTOH kunne ikke analyseres grundet matrix effekter.
3.08 Spånplade	6:2 FTOH kunne ikke analyseres grundet matrix effekter.
3.09 Systempanel	6:2 FTOH kunne ikke analyseres grundet matrix effekter.
3.10 Systempanel	MeFOSA, MeFOSE, 6:2 FTOH, 8:2FTOH, 10:2 FTOH og 12:2 FTOH kunne ikke analyseres grundet matrix effekter
3.11 Krydsfiner	6:2 FTOH kunne ikke analyseres grundet matrix effekter.
6.03 Linoleum	6:2 FTOH, 8:2 FTOH, 10:2 FTOH, 12:2 FTOH, MeFOSE, og EtFOSE kunne ikke analyseres grundet matrix effekter
6.05 Linoleum	DPOSA, 6:2 FTAB, MeFOSA, MeFOSE, EtFOSA, 6:2 FTOH, 8:2 FTOH, 10:2 FTOH og 12:2 FTOH kunne ikke analyseres grundet matrix effekter
7.01 Skum	6:2 FTOH, 8:2 FTOH, 10:2 FTOH, og 12:2 FTOH kunne ikke analyseres grundet matrix effekter. Kvantificeringsgrænsen for MeFOSE er hævet grundet matrix effekter



4.3. Resultater TOP-analyse

TOP-analysen er designet til at detektere og kvantificere precursorer til PFAS. Precursorer er stoffer, der kan omdannes til mere persistente og potentielt skadelige PFAS-forbindelser i miljøet. Metoden fungerer ved at udsætte prøven for en kraftig oxidationsproces, som simulerer de nedbrydningsprocesser, der kan forekomme i miljøet.

Ved at sammenligne resultaterne af en target-analyse før og efter oxidationen, kan man identificere, hvor meget af de målte PFAS-forbindelser der stammer fra precursorer. En stigning i koncentrationen af en given PFAS-forbindelse efter oxidation indikerer tilstedeværelsen af precursorer til denne forbindelse. TOP-analysen giver altså et indirekte mål for mængden af precursorer, men identificerer ikke de specifikke precursor-stoffer.

Der er gennemført en TOP-analyse for tre udvalgte byggematerialer (se Tabel 9). Analyseresultaterne for TOP-analysen på alle tre prøver var mindre end analysemetodens detektionsgrænse.

For prøve 1.04 Alupanel blev der ved TOF-analysen målt et indhold af TOF på 1758 mg/kg. Der blev ikke detekteret PFAS-targetstoffer ved PFAS69 analysen for denne prøve.

For prøverne 3.01 OSB-plade og prøve 6.05 linoleum blev der hverken målt TOF eller PFAS69.

Tabel 9 Oversigt over prøver, der er analyseret for TOP

Prøvenummer	Prøvemærkning	Produktgruppe	Prøveindhentning	Analyseomfang
1.04	Alu-panel	Facadepaneller/profiler metal	vareprøve	TOF, PFAS69, TOP
3.01	OSB-plade	Vægplader	vareprøve	TOF, PFAS69, TOP
6.05	Linoleum	Gulv/væg banevare	vareprøve	TOF, PFAS69, TOP



5. Usikkerheder ved prøvetagning

De prøver, som er undersøgt i projektet, er stikprøver af byggematerialer. Delprøver til kemisk analyse er udtaget som tilfældig stikprøve. Resultater fra analyserne skal derfor ses som et øjebliksbillede. Resultaterne siger derfor ikke noget om evt. variationer mellem éns produkter indenfor samme produktgruppe eller variationen i produktet og variationer over tid.

Prøverne er analyseret som en gennemsnitsprøve, dvs. hele prøvematerialet er indgået i analysen. Denne tilgang er valgt, for at få information om det gennemsnitlige indhold af TF eller PFAS i de udvalgte byggematerialer.

For materialer, der består af forskellige lag/delmaterialer, betyder det, at resultaterne viser den gennemsnitlige koncentration af fx TF eller PFAS-forbindelser i prøven. Det betyder også, at man ikke kan skelne mellem koncentration af TF eller PFAS-forbindelser i fx en overfladebehandling på et byggemateriale og i resten af materialet. Man kan altså tale om en form for "fortynding".

6. Diskussion og Konklusion

I projektet er 44 stikprøver af byggematerialer blevet undersøgt for deres indhold af PFAS. Dette er gjort ved en todelt kemisk analyse bestående af en TF-analyse og en PFAS-targetanalyse for 69 targetstoffer. For 3 prøver er der derudover gennemført en TOP-analyse for at belyse indhold af *precursors*. Byggematerialerne fordeler sig på 8 produktgrupper med 3-8 produkter i hver gruppe.

Analyseresultaterne viser følgende (se også Tabel 10):

TF/TOF

- Af de 44 prøver var det ikke muligt at gennemføre TF-analyse på 9 produkter.
- Der er målt indhold af TF i 17 ud af 35 testede prøver. Indhold af TF ligger mellem 10 og 1758 mg/kg. For 8 prøver ligger indholdet af TF dermed over Restriktionsforslagets grænseværdi på 50 mg/kg, hvilket betyder at oprindelsen af det totale fluor skal nærmere undersøges.
- Der er bestemt TOF i 7 ud af 35 testede prøver. Indhold af TOF ligger mellem 31 og 1758 mg/kg. Indhold af TOF indikerer tilstedeværelse af PFAS-forbindelser.

PFAS-targetstoffer

- Der er målt specifikke PFAS-forbindelser i 6 ud af 44 prøver. Indhold af PFAS-forbindelser ligger mellem 1 og 40 µg/kg.
- Der er målt indhold af 5 forskellige PFAS-forbindelser ud af de specifikke 69 PFAS-forbindelser, der er omfattet af targetanalysen.
- De højeste koncentrationer på mellem 20-40 µg/kg er fundet for 6:2 FTOH i tre af prøverne. For to af de undersøgte byggevarer vil det betyde en overskridelse af Restriktionsforslagets grænseværdi på 25 µg/kg for PFAS-targetstoffer.



- Derudover er der blevet målt PFBA (Perfluorobutanoic acid), MePFBSA (n-Methylperfluor-1-buthansulfonamid), 6:2 FTS (6:2 Fluorotelomer sulfonic acid), samt diSamPAP (Perfluorooctane sulfonamide phosphate diester). Koncentrationen af disse stoffer ligger mellem 1 og 1,7 µg/kg, og ligger dermed under Restriktionsforslagets grænseværdi på 25 µg/kg for PFAS-targetstoffer.

Undersøgelsen har vist, at forbehandling af byggematerialerne har været tidskrævende og vanskelig for flere prøver på grund af materialernes egenskaber. Resultaterne viser også, at der dels er begrænsninger ved de forskellige analyser og behov for kombination af flere analysemetoder for at belyse indhold af PFAS i byggematerialer:

- TF-analysen har ikke kunne gennemføres for 9 prøver på grund af materialernes egenskaber. Alle 9 produkter var metal produkter.
- Matrixeffekter har haft betydning for PFAS-targetanalyse for 17 prøver, for hvilke indholdet af en række targetstoffer ikke kunne bestemmes, hhv. kunne bestemmes ved en højere detektionsgrænse. Det gælder i høj grad n:2 FTOH'erne og især 6:2 FTOH.
- Der er sammenfald mellem måling af TOF og PFAS targetstoffer for nogle materialer, mens targetanalyserne ikke har kunne kvalificere TOF-indhold i andre materialer.

Tabel 10 Opsummering af resultater fra kemisk analyse af TOF og PFAS-targetanalyse

Antal produkter	Produktgruppe	TOF	PFAS-target
7 produkter	Facadepaneller/profiler metal	1 ud af 7	3 ud af 7
3 produkter	Facadepaneller/profiler træ	-	-
7 produkter	Isolering	3 ud af 7	-
8 produkter	Vægplader	-	1 ud af 8
4 produkter	Tagflade banevare/belægninger	1 ud af 4*	1 ud af 4*
5 produkter	Nedløbsrør	-	-
6 produkter	Gulv/væg banevare	1 ud af 6	-
4 produkter	Tape og fugebånd	1 ud af 4*	1 ud af 4*

* sammenfald mellem produkter med fund af TOF og PFAS-targetstof

En sammenligning af denne undersøgelse med tidligere udførte undersøgelser, jf. Tabel 3 er meget vanskelig. Dette skyldes dels variationen af analysemetoder anvendt i undersøgelserne og variationen i de byggematerialer, som er prøvetaget i undersøgelserne. Denne undersøgelse kan i forhold til design af undersøgelsen bedst sammenlignes med (Beconava et al, 2016) og (Janusek et al, 2019), men disse undersøgelser har ikke anvendt TF analysen, men alene targetanalyser. Sammenlignes antal fund for targetanalyser i de 3 undersøgelser ses det, at der i Beconova et al, 2016 er gjort 46 fund af PFAS i 54 prøver, i Janusek et al, 2019 er gjort 9 fund af PFAS i 23 prøver, mens denne undersøgelse har gjort 6 fund i 44 prøver. Dette er markant lavere på trods af, at der i denne undersøgelse er inkluderet et markant højere antal PFAS-forbindelser ift. de andre 2 undersøgelser. Undersøgelserne har dog ikke inkluderet de samme produktgrupper, hvilket kan være en årsag, og det bemærkes at der også er en



stor forskel på fund mellem de to øvrige undersøgelser. Endelig er denne undersøgelse foretaget i Danmark i 2024/2025, hvorimod de andre 2 undersøgelser er foretaget i Tjekkiet og Tyskland i henholdsvis 2016 og 2019. Forskellen i markeder, der er undersøgt og årstal for undersøgelsen kan også være en årsag til forskellige fundprocenter. I Thomsen et al, 2024 er der gjort mange fund af PFAS i eksisterende bygninger. En stor del af disse fund er gjort i malingslag. Derudover har andre undersøgelser påvist PFAS i maling. Maling i byggeriet kan derfor være en betydende kilde til PFAS i byggeriet.



7. Referencer

Baun, A., Bjerg, P.L., Jensen, J., Jensen, T.K., Lyngberg, A., Strobel, B.W., Vinggaard, A., Vorkamp, K., Trier, X. (2023) Begrænsning af menneskers og miljøets eksponering for PFAS i Danmark Del 1: Identifikation af videnshuller, <https://mst.dk/media/y0uctupn/rapport-om-videnshuller-om-pfas-skrevet-af-pfas-vi-denstaskforce.pdf>

Bečanová, J., Melymuk, L., Vojta, Š., Komprdová, K., Klánová, J. (2016) Screening for perfluoroalkyl acids in consumer products, building materials and wastes, Chemosphere 164 (2016), p. 322-329

ECHA (2023) ANNEX XV RESTRICTION REPORT, PROPOSAL FOR A RESTRICTION, <https://echa.europa.eu/documents/10162/f605d4b5-7c17-7414-8823-b49b9fd43aea> ; inclusive bilag: <https://echa.europa.eu/da/registry-of-restriction-intentions/-/dislist/details/0b0236e18663449b>

Eriksen, J.V. (2023) PFAS i byggeaffald – en mulig kilde til miljøforurening, Dansk Kemi 104, nr. 4, 2023, <https://www.kemifokus.dk/wp-content/uploads/sites/7/DAK4-2023-s30-32.pdf>

Fernández, S. R., Kwiatkowski, C., Bruton, T. (2021) Building a better world – eliminating unnecessary PFAS in building materials, Green Science Policy Institute, <https://greensciencepolicy.org/docs/pfas-building-materials-2021.pdf>

Gaines, L.G.T. (2021) Historical and current usage of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). A literature review. [Historical and current usage of per- and polyfluoroalkyl substances \(PFAS\): A literature review - Gaines - 2023 - American Journal of Industrial Medicine - Wiley Online Library](https://www.wiley.com/doi/10.1002/jbm.b.35000)

Glüge, J., Scheringer, M., Cousins, I.T., DeWitt, J.C., Goldenman, G., Herzke, D., Lohmann, R., Ng, C.A., Trier, X., Wang, Z. (2020) An overview of the uses of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS), Environmental Science: Processes & Impacts 22 (2020), p. 2345

Haahr, S.P., Christiansen, N.R.M., Vourdougiannis, L., Tosi, I., Lyng, N.L. (2024) Problematic chemicals in paint – Study of unwanted chemistry in interior paint, <https://taenk.dk/system/files/2024-08/Problematic%20Chemicals%20in%20Paint.pdf>

Healthy Building Network (2023) PFAS in Paints, Per- and Polyfluoroalkyl Substances in Paints, <https://habitablefuture.org/wp-content/uploads/2024/03/97-pfas-in-paints.pdf>

Janousek, R. M., Lebertz, S., Knepper, T.P. (2019) Previously unidentified sources of perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances from building materials and industrial fabrics, Environmental Science: Processes & Impacts 21 (2019), p. 1936



Knepper, T.P., Janousek, R.M. (2020) Potential SVHCs in environment and products: Measurements of the presence of potential substances of very high concern in the environment and in products, final report on behalf of the German Environment Agency, Texte 114/2020, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/texte_114-2020_potential_svhcs_in_environment_and_products.pdf

Krause, M., Stoesser, J., De Carvalho, A.R., Hanozin, E., Jacobs, G., Voorspoels, S., Polcher, A. (2024) Analysis of needs for enforcement of PFAS in articles and chemical products, TemaNord 2024:510, <https://pub.norden.org/temanord2024-510/>

Meermann, B., von der Au, M., Potrykus, A., Schramm, B., Obajdin, K., de Brunijne, E.A., Zotz, F., Broneder, C. (2024) Investigation of the occurrence of PFAS (per- and polyfluorinated alkyl compounds) in waste streams, Final Report, TEXTE 86/2024, <https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/investigation-of-the-occurrence-of-pfas-per>

Miljøstyrelsen (2025) PFAS, <https://mst.dk/erhverv/sikker-kemi/kemikalier/fokus-paa-saerlige-stoffer/pfas>

Mortensen, P., Olsen, J.K., Olesen, M.R. (2024) Analysemetoder for PFAS-forbindelser – nuværende muligheder, fremtiden og forslag til analysestrategi, <https://www.miljoegressourcer.dk/artikel/analysemetoder-for-pfas-forbindelser-nuvaerende-muligheder-fremtiden-og-forslag-til-analysestrategi>

Nicolajsen, E.S., Tsitonaki, K. (2016) Kortlægning af brancher der anvender PFAS, Miljøprojekt nr. 1905, november 2016, <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2016/12/978-87-93529-43-4.pdf>

OECD (2022) *Per- and Polyfluoroalkyl Substances and Alternatives in Coatings, Paints and Varnishes (CPVs): Report on the Commercial Availability and Current Uses*, OECD Series on Risk Management of Chemicals, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/6745457d-en>.

Stockholm Convention on persistent organic pollutants (POPs) (2023) <https://chm.pops.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/2232/Default.aspx>

Teknologisk Institut (2023) Akut brug for viden om PFAS i byggematerialer, <https://www.teknologisk.dk/ydelser/akut-brug-for-viden-om-pfas-i-byggematerialer/45230>

TemaNord 2025:508 (2025) Inspiration, Experiences and Tools: Conference and Workshop on PFAS Substitutions and Enforcement in the Nordic Countries, September 2024, <https://pub.norden.org/temanord2025-508/temanord2025-508.pdf>



Thomsen, C.N., Midtiby, R.G., Qvist, S. (2024) Undersøgelse af PFAS i byggeaffald, Revideret udgave, Miljøprojekt nr. 2261, februar 2024, <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2024/02/978-87-7038-593-0.pdf>

Vestergren, R., Appelblom, A., Bălan, S.A., Brandsma, S.H., Bruton, T.A., Cousins, I.T., Gauthier, J.R., Heggelund, A., Ivarsson, J., Kärrman, A., Melymuk, L., Olisah, C., Rosen, A., Sawidou, E.K., Schellenberger, S., Skedung, L., Talasniemi, P., Wickman, T., Zweigle, J., Zwiener, C., Benskin, J.P. (2024) A systematic workflow for compliance testing of emerging international classwide restrictions on PFAS, Environ. Sci. Technol. 2024, 58, 14968-14972, https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/acs.est.4c06570?ref=article_openPDF

Warming, M., Bak, E., Jespersen, M. (2025) Undersøgelse af PFAS i dansk tekstilaffald, Miljøprojekt nr. 2295, Februar 2025, <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2025/02/978-87-7038-716-3.pdf>



8. Bilag A - Analysemetoder

Target-analyser:

Target-analyser er målrettede analyser, der specifikt søger efter et forudbestemt sæt af PFAS-forbindelser, typisk dem der er reguleret af lovgivningen. Disse analyser benytter oftest LC-MS/MS (Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry) og giver et kvantitativt mål for koncentrationen af de specifikke PFAS-forbindelser i prøven. Fordelen ved target-analyser er, at de er præcise og følsomme for de målte forbindelser. Ulempen er, at de kun detekterer de forbindelser, der specifikt søges efter, og dermed kan overse andre PFAS-forbindelser, der måtte være til stede.

EOF (Extractable Organic Fluoride):

EOF-analyser måler den samlede mængde organisk bundet fluor, der kan ekstraheres fra en fast prøve (f.eks. jord eller byggematerialer) ved hjælp af et specifikt opløsningsmiddel. Metoden involverer forbrænding af det ekstraherede materiale ved høj temperatur, hvorved organisk bundet fluor omdannes til hydrogenfluorid (HF), som derefter måles ved ionkromatografi. EOF giver et samlet mål for organisk fluor, men kan ikke identificere de specifikke PFAS-forbindelser, der bidrager til det målte fluorindhold.

AOF (Adsorbable Organic Fluoride):

AOF-analyser ligner EOF-analyser, men anvendes til væskeprøver (f.eks. vand). I AOF-analyser opkoncentreres PFAS i vandprøven først ved adsorption på en fast fase, hvorefter den faste fase forbrændes, og det dannede hydrogenfluorid måles. Ligesom EOF giver AOF et samlet mål for organisk fluor, men ikke information om de specifikke PFAS-forbindelser. Det er vigtigt at være opmærksom på, at kortkædede PFAS-forbindelser kan have dårligere adsorptionseffektivitet og derfor underestimeres ved AOF-analyse.

TF (Total Fluoride)

TF repræsenterer summen af alle fluorholdige forbindelser i en prøve. Det omfatter både uorganisk fluor (IF) og organisk fluor (OF), som kan bestå af forskellige PFAS-forbindelser. TF kan bestemmes ved hjælp af teknikker som forbrændingsionkromatografi (combustion ion chromatography . CIC), instrumentel neutronaktiveringsanalyse (INAA), partikelinduceret gammastråleemissionsspektroskopi (PIGE) og røntgenfotoelektron-spektroskopi (XPS) (Krause et al., 2024). Ulempen med metoden er, at TF-analysen ikke kan skelne mellem PFAS og uorganisk fluor eller ikke-PFAS organisk fluor.

TOF (Total Organic Fluoride)



TOF-analyser måler det totale indhold af organisk fluor i en prøve uden forudgående ekstraktion eller opkoncentrering. Prøven forbrændes direkte, og det dannede hydrogenfluorid måles. TOF giver et samlet mål for organisk fluor, men har typisk en højere detektionsgrænse end EOF og AOF, og giver heller ikke information om specifikke PFAS-forbindelser.

TOP (Total Oxidizable Precursors)

TOP-analysen er designet til at detektere og kvantificere *precursorer* til PFAS. Precursorer er stoffer, der kan omdannes til mere persistente og potentielt skadelige PFAS-forbindelser i miljøet. Metoden fungerer ved at udsætte prøven for en kraftig oxidationsproces, som simulerer de nedbrydningsprocesser, der kan forekomme i miljøet. Ved at sammenligne resultaterne af en target-analyse før og efter oxidationen, kan man identificere, hvor meget af de målte PFAS-forbindelser der stammer fra precursorer. En stigning i koncentrationen af en given PFAS-forbindelse efter oxidation indikerer tilstedeværelsen af precursorer til denne forbindelse. TOP-analysen giver altså et indirekte mål for mængden af precursorer, men identificerer ikke de specifikke precursor-stoffer.

HRMS (High Resolution Mass Spectrometry):

HRMS er en avanceret analyseteknik, der benytter massespektrometri med høj opløsning til at identificere og kvantificere et bredt spektrum af stoffer i en prøve, inklusive ukendte PFAS-forbindelser. HRMS kan detektere stoffer baseret på deres præcise masse og kan dermed give et "kemisk fingeraftryk" af prøven. Denne metode er særligt nyttig til at identificere nye eller uregulerede PFAS-forbindelser, som ikke dækkes af target-analyser.

Der findes to hovedtyper af HRMS-screeninger:

- **Suspect Screening:** Her søger man efter et forudbestemt sæt af "mistænkte" PFAS-forbindelser, baseret på eksisterende viden og erfaring.
- **Non-Target Screening:** Her analyseres prøven "i blinde" uden at søge efter specifikke forbindelser. Denne metode kan afdække helt ukendte stoffer, men er mere kompleks at fortolke.

En udfordring ved HRMS er kvantificeringen af de detekterede stoffer. For at kunne bestemme koncentrationen af et stof, skal man have en referencestandard for stoffet. Da der ikke findes referencestandarder for alle PFAS-forbindelser, kan det være vanskeligt at kvantificere alle de stoffer, der detekteres ved HRMS.



9. Bilag B – Analyseomfang for projektet

Analyse	Analyseomfang
TF, TIF, TOF	Total fluor (TF), Total uorganisk fluor (TIF), Total organisk fluor (TOF) Inhouse method, analysis by Combustion Ion Chromatography (CIC) with reference to ASTM D7359:2018 Total Organic Fluorine content (TOF) = Total Fluorine (TF) – Total Inorganic Fluorine (TIF) LOQ 10 mg/kg
PFAS 69	H4PFUnA (2H,2H,3H,3H-Perfluorundekansyre) MePFBSA (n-Methylperfluor-1-buthansulfonamid) MeFBSAA (Perfluorbutansulfonylamid(N-methyl)acetat) PFEESA perfluor(2-ethoxyethan)sulfonsyre PFPrS (Perfluorpropionsulfonat) PFMPA (Perfluor-3-metoxypropansyre) Perfluor([5-methoxy-1,3-dioxolan-4-yl]oxy)eddikesy PFBA (Perfluorbutansyre) PFBS (Perfluorbutansulfonsyre) PFBSA (Perfluorbutansulfonamide) PFMBA/PF5OHxA (Perfluor-4-methoxybutansyre) PFPeA (Perfluorpentansyre) PFPeS (Perfluorpentansulfonsyre) PFHxA (Perfluorhexansyre) PFHxS (Perfluorhexansulfonsyre) Perfluor-4-(perfluorethyl)cyclohexylsulfonsyre 9CI-PF3ONS 3:3 FTCA (Fluorotelomer carboxylsyre) 4:2 FTS (Fluortelomersulfonat) PFHpA (Perfluorheptansyre) HPFHpA (7H-perfluorheptansyre) PFHpS (Perfluorheptansulfonsyre) NFDHA/3,6-OPFHpA (Nonafluor-3,6-dioxaheptansyre) PFHxSA (Perfluorhexanesulfonamid) PFOA (Perfluoroktansyre) P37DMOA (Perfluor-3,7-dimethyloktansyre) PFOS (Perfluoroktansulfonsyre) 11CI-PF3OUdS 6:2 FTS (Fluortelomersulfonat) 6:2 FTOH (Fluorotelomer alcohol) PFOSA (Perfluoroktansulfonamid) MeFOSA (N-methylperfluoroktansulfonamid)



	EtFOSA (N-ethylperfluoroktansulfonamid) FOSAA (Perfluoroktansulfonamid-eddikesyre) Perfluorooctane sulfonamide phosphate diester MeFOSAA (N-methylperfluoroktansulfonamid-edd.syre) EtFOSAA (N-ethylperfluoroktansulfonamid-edd.syre) MeFOSE (N-methylperfluoroktansulfonamid-ethanol) EtFOSE (N-ethylperfluoroktansulfonamid-ethanol) 5:3 FTCA (Fluorotelomer carboxylsyre) 6:2 diPAP (Fluorotelomer phosphatdiester) 6:2/8:2 Fluorotelomer phosphate diester Capstone Produkt A Capstone Produkt B PFNA (Perfluornonansyre) PFNS (Perfluornonansulfonsyre) 7:3 FTCA (Fluorotelomer carboxylsyre) PFDA (Perfluordekansyre) PFDS (Perfluordekansulfonsyre) Perfluorodekansulfonamid 8:2 FTS (Fluortelomersulfonat) 8:2 FTOH (8:2 Fluorotelomer alcohol) 8:2 diPAP (Fluorotelomer phosphatdiester) PFUnDA (Perfluorundekansyre) PFUnDS (Perfluorundekansulfonsyre) PFDoDA (Perfluordodekansyre) PFDoDS (Perfluordodekansulfonsyre) 10:2 Fluorotelomer sulfonic acid (10:2 FTS) 10:2 Fluorotelomer phosphate diester 10:2 FTOH (10:2 Fluorotelomer alcohol) PFTrDA (Perfluortridekansyre) PFTrDS (Perfluortridekansulfonsyre) PFTeDA (Perfluortetradekansyre) 12:2 FTOH (12:2 Fluorotelomer alcohol) PFHxDA (Perfluorhexadekansyre) PFODA (Perfluoroktadekansyre) HFPO-DA (GenX) ADONA Sum af PFAS Metode: intern metode LC-MS/MS DL < 1 µg/kg (højere for enkelte stoffer, hhv. < 5/ < 10 µg/kg)
--	--



TOP 22	PFBS (Perfluorbutansulfonsyre)(TOP) PFHxA (Perfluorhexansyre)(TOP) PFHpA (Perfluorheptansyre)(TOP) PFOA (Perfluoroktansyre)(TOP) PFNA (Perfluornonansyre)(TOP) PFDA (Perfluordekansyre)(TOP) PFOSA (Perfluoroktansulfonamid)(TOP) PFUnDA (Perfluorundekansyre)(TOP) PFDoDA (Perfluordodekansyre)(TOP) 6:2 FTS (Fluortelomersulfonat)(TOP) PFBA (Perfluorbutansyre)(TOP) PFPeA (Perfluorpentansyre)(TOP) PFHpS (Perfluorheptansulfonsyre)(TOP) PFOS (Perfluoroktansulfonsyre)(TOP) PFTTrDA (Perfluortridekansyre)(TOP) PFHxS (Perfluorhexansulfonsyre)(TOP) PFDS (Perfluordekansulfonsyre)(TOP) PFPeS (Perfluorpentansulfonsyre)(TOP) PFNS (Perfluornonansulfonsyre)(TOP) PFDoDS (Perfluordodekansulfonsyre)(TOP) PFUnDS (Perfluorundekansulfonsyre)(TOP) PFTTrDS (Perfluortridekansulfonsyre)(TOP) Metode: Environ. Sci. Technol. 2012 LC-MS/MS DL < 5 µg/kg / < 10 µg/kg
--------	---



TEKNOLOGISK
INSTITUT