



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Undersøgelse af PFAS i byggeaffald

Miljøprojekt nr. 2254

Januar 2024

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Claus Nygaard Thomsen, NIRAS A/S

Rasmus Gade Midtby, NIRAS A/S

Solvejg Qvist, NIRAS A/S

Tekst: NIRAS A/S

ISBN: 978-87-7038-581-7

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at Miljøstyrelsen i denne rapport henviser til en række bidrag fra konsulenter og erfaringer som fortalt af aktørerne på vandforsyningsområdet og at offentliggørelsen ikke betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Forord	4
Sammenfatning	5
Summary	6
1. Formål	7
2. Indledning	8
2.1 Rapportens indhold	8
3. Historisk anvendelse af PFAS	9
4. Kategorisering af undersøgelsen	11
4.1 Byggeår	11
4.2 Bygningstyper	11
4.3 Bygningsdele	12
4.3.1 Gulve	12
4.3.2 Væg- og gulvfliser	13
4.3.3 Maling	13
4.3.4 Ubehandlet beton og tegl, udvendigt	13
4.3.5 Fuger	14
4.3.6 Andet	14
5. Prøvetagning og forbehandling	15
5.1 Udstyr	15
5.2 Prøveudtagning	15
6. Laboratorieanalyser	17
6.1 Analysemetode	17
6.2 Analysepakke	17
6.3 Referenceværdier	19
6.4 Detektionsgrænse og Sum-værdier	19
7. Resultater	20
7.1 Tabeller	20
7.2 Diagrammer	22
7.2.1 Bygningsdele	22
7.2.2 Byggeår	31
7.2.3 Bygningstype	33
8. Diskussion og vurdering	35
9. Konklusion	37
Referencer	38
Bilag	39
Bilag 1: Analyseresultater (Excel)	39

Forord

NIRAS A/S har i efteråret 2023 udført en undersøgelse for Miljøstyrelsen, der har til formål at indsamle data om indholdet af PFAS i byggeaffald i Danmark.

Udgiver: Miljøstyrelsen

Projektgruppen har omfattet følgende personer:

Claus Nygaard Thomsen, NIRAS A/S

Rasmus Gade Midtby, NIRAS A/S

Solvejg Qvist, NIRAS A/S

Et stort tak til alle de bygherrer, som har stillet deres bygninger til rådighed for undersøgelsen.

Sammenfatning

Viden om anvendelsen af PFAS i byggebranchen øges gradvist. Miljøstyrelsen udgav i 2016 en rapport med kortlægning af brancher (MST 2016), der anvender PFAS. Regionernes Videnscenter for Miljø og Ressource udgav i 2022 flere branchebeskrivelser for PFAS (VMR 2022). Samtidig tilføjes flere PFAS-forbindelser til POP forordningens (EUT 2019) liste over POP-stoffer (Persistent Organic Polluters). POP-stoffer er karakteriseret ved sine giftige egenskaber, ved at de nedbrydes meget langsomt i naturen og ophobes i levende organismer, og ved at de kan transporteres over lange afstande via luft- og vandstrømme således, at de kan findes i miljøet langt væk fra de oprindelige kilder. PFOS (og derivater heraf), PFOA (inkl. salte heraf og PFOA-beslægtede forbindelser) og PFHxS (inkl. salte heraf og PFHxS-beslægtede forbindelser) er optaget på denne liste.

Med baggrund i den øgede viden om anvendelse af PFAS i byggebranchen undersøges i dette projekt omfanget af PFAS i byggeaffald fra nedrivninger og renoveringer i Danmark.

I denne undersøgelse er der udført prøvetagning i 31 bygninger i Øst- og Vestdanmark, fordelt mellem fire bygningstyper: Boliger, Institutioner, Erhvervsproduktion og Øvrigt erhverv. Bygningstyperne er yderligere fordelt i tre tidsperioder: Før 1950, 1950-1977 og 1977-2000. Der er udtaget prøver af maling på fem typer af overflader, fem typer gulvbelægninger, gulv- og vægfliser, fuger, udvendigt ubehandlet beton og udvendigt ubehandlet tegl. Derudover er der suppleret med et mindre prøveantal af fem bygningsdele, som indgår i bygningstypen kaldet "Andet". Der er i alt udtaget 350 prøver.

Prøverne er analyseret for 32 PFAS-forbindelser. I Danmark analyseres der allerede i dag for 22 PFAS-forbindelser, i forbindelse med undersøgelser af jord, drikkevand, grundvand, overfladevand og slam. De resterende 10 PFAS-forbindelser er udvalgt på baggrund af kortlægninger af brancher, der anvender PFAS og branchebeskrivelser med PFAS og tilgængelige analysepakker.

Der benyttes i afrapporteringen referenceværdier til grafisk præsentation og sammenligning af data; referenceværdierne er baseret på Miljøstyrelsens vejledende kvalitetskriterier for PFAS i jord, hhv. Sum af 4 PFAS og Sum af 22 PFAS. PFAS-forbindelser, som indgår i de to kvalitetskriterier, er indeholdt i de 32 PFAS-forbindelser som der er undersøgt for i dette projekt. Der findes ikke tilsvarende kvalitetskriterier for byggeaffald

Der findes grænseværdier for nogle få PFAS-forbindelser i POP-forordningen, der gælder for affald generelt. Disse grænseværdier refereres der ikke til i projektet, eftersom værdierne er markant højere end referenceværdierne fra kvalitetskriterier for PFAS i jord. Projektets analyseresultater er i øvrigt langt under grænseværdierne i POP-forordningen.

Formålet med nærværende undersøgelse har været at indsamle viden om PFAS i byggeaffald. Herunder er vist enkelte nedslag i undersøgelsens resultater:

- 68 af 350 prøver er over referenceværdien Sum af 4 PFAS
- 12 af 350 prøver er over referenceværdien Sum af 22 PFAS
- Overskridelse af referenceværdien Sum af 4 PFAS og referenceværdien Sum af 22 PFAS er jævnt fordelt for alle byggeår (tidsperioder)
- Overskridelse af referenceværdien Sum af 4 PFAS og referenceværdien Sum af 22 PFAS er jævnt fordelt for alle bygningstyper
- Prøver af malinger viser generelt markante PFAS koncentrationer på tværs af alle byggeår (tidsperioder)
- Prøver af linoleum, vinyl, gulvtæpper og parketgulve viser moderate PFAS koncentrationer, men varierer afhængig af byggeår (tidsperioder)
- Prøver af væg- og gulvfliser, tegl ubehandlet udvendigt, beton ubehandlet udvendigt og fuger har ingen nævneværdige PFAS koncentrationer

Summary

Knowledge about the use of PFAS in the construction industry is gradually increasing. In 2016, the Danish Environmental Protection Agency published a report mapping industries using PFAS (MST 2016). In 2022, the Regions' Knowledge Centre for Environment and Resource published several industry descriptions for PFAS (VMR 2022). At the same time, more PFAS compounds are added to the POP regulation list (EUT 2019) of persistent organic pollutants (POPs). POPs are characterised by their toxic properties, by their very slow degradation in nature and accumulation in living organisms, and by the fact that they can be transported over long distances via air and water currents so that they can be found in the environment far away from the original sources. PFOS (and its derivatives), PFOA (including its salts and PFOA-related compounds) and PFHxS (including its salts and PFHxS-related compounds) are included in this list.

Based on the increased knowledge about the use of PFAS in the construction industry, this report examines the extent of PFAS in construction waste from demolitions and renovations in Denmark.

In this study, sampling was carried out in 31 buildings in East and West Denmark, divided between four building types: Housing, Institutions, Industrial Production and Other Businesses. The building types are further divided into three time periods: Before 1950, 1950-1977 and 1977-2000. Paints, five floor types, floor and wall tiles, joints, exterior untreated concrete and exterior untreated bricks were sampled. In addition, a small sample number of five relevant building parts that are included in the building type called "Other" has been supplemented. 350 samples were taken.

The samples were analysed for 32 PFAS compounds. In Denmark, 22 of the PFAS compounds are already analysed in connection with studies of soil, drinking water, groundwater, surface water and sediment. The remaining 10 PFAS compounds have been selected on the basis of surveys of industries using PFAS and industry descriptions with PFAS, available analysis packages and existing archive samples tested for PFAS.

In the current project reference values are used for graphical presentation of data. The reference values are based on Danish indicative quality criteria for PFAS in soil. There are two indicative quality criteria for PFAS in soil, respectively: Sum of 4 PFAS and Sum of 22 PFAS. PFAS compounds included in the two quality requirements are contained in the 32 PFAS compounds tested for in this project. In Denmark there are currently no quality criteria for PFAS in construction waste.

There are limit values for a few PFAS compounds in the EU POP-regulation, which apply to waste in general. These limit values are not referred to in the project, since the values are significantly higher than the reference values from quality criteria for PFAS in soil. The project's analysis results are also far below the limit values in the POP-regulation.

The purpose of the present study has been to collect knowledge about PFAS in construction waste. Below are some of the results of the study:

- 68 of 350 samples are above the reference value Sum of 4 PFAS
- 12 of 350 samples are above the reference value Sum of 22 PFAS
- Exceedings of the reference value Sum of 4 PFAS and the Sum of 22 PFAS are evenly distributed for all time periods
- Exceedings of the reference value Sum of 4 PFAS and the Sum of 22 PFAS are evenly distributed for all building types
- Samples of paint in general, shows significant concentrations of PFAS and are evenly distributed for all time periods
- Samples of linoleum floors, vinyl floors, carpets and parquet floors shows moderate concentrations of PFAS and varies for each time period
- Samples of floor and wall tiles, exterior untreated bricks, exterior untreated concrete and sealants shows very limited concentrations of PFAS

1. Formål

PFAS (Per- og polyfluoralkylforbindelser) er kemisk fremstillede stoffer, som anvendes bredt i industrien på grund af deres mangefacetterede tekniske egenskaber. PFAS er anvendt i en lang række produkter og industrier blandt andet i farve- og lakindustri, malingsindustri, træ- og møbelindustri, tekstil- og læderindustri, pap- og papirindustri, gummi- og plastikindustri, metalstøberier og i kemisk industri.

PFAS-forbindelser er problematiske, da de generelt er svært nedbrydelige, transporteres over store afstande og forurener miljøet langt fra kilden til forureningen. Visse PFAS er kendt for at bioakkumulere og forårsage toksiske effekter såsom, effekter på leveren og immunsystemet, lavere fødselsvægt og effekter på fertiliteten. Endvidere mistænkes de også for at være hormonforstyrrende og kræftfremkaldende.

PFAS anvendes også i byggebranchen, enten som en del af selve byggematerialet eller anvendt i forbindelse med diverse forarbejdningsprocesser. Denne anvendelse betyder at der er en potentiel kilde til PFAS forurening af miljøet, når bygningsmassen løbende renoveres og nedrives.

Der generes årligt omkring 5 mio. tons bygge- og anlægsaffald i Danmark (MST 2021). Med den begrænsede viden der er om PFAS forekomster i affaldet, er der risiko for en utilsigtet spredning af PFAS fra byggeaffaldet til miljøet, når affaldet f.eks. genanvendes, forbrændes eller deponeres.

Dette projekt har til formål at øge den begrænsede viden, der i dag findes om PFAS i byggeaffald i Danmark.

2. Indledning

Denne undersøgelse omfatter en prøvetagning og analyse af byggeaffald fra nedrivninger og renoveringer af bygninger i Danmark. Undersøgelsen er et udtryk for en stikprøvetagning, i et udsnit af den danske bygningsmasse og specifikt udvalgte bygningsdele, som mistænkes for at kunne indeholde PFAS. Rapportens datagrundlag kan yde bidrag til vurderingen af det generelle omfang af PFAS-indhold i det danske byggeaffald.

Undersøgelsen er inddelt i kategorier, som vist på Figur 1 nedenfor, i henholdsvis tidsperiode for opførelse af de bygninger der indgår i undersøgelsen, bygningernes pågældende anvendelse (type) og de udvalgte bygningsdele som indgår i undersøgelsen.

Kategoriseringen er foretaget med henblik på at anvise eventuelle kategoriske sammenhænge for forekomster og niveauer af PFAS-forbindelser.

FIGUR 1. Kategorisering af undersøgelsen.

Byggeår (tidsperiode)

- Før 1950
- 1950-1977
- 1977-2000

Bygningstyper

- Boliger
- Institutioner
- Erhvervsproduktion
- Øvrigt erhverv

Bygningsdele

- Vinylgulve
- Linoleumgulve
- Gulvtæpper
- Parketgulve
- Træplader (som krydsfiner, OSB og MDF-plader)
- Gulv- og vægfliser
- Maling på metal
- Maling på træ
- Maling på gips
- Maling på tegl murværk
- Maling på beton
- Tegl murværk ubehandlet, udvendigt
- Tegl tagsten ubehandlet, udvendigt
- Beton ubehandlet, udvendigt
- Fuger
- Andet (som pvc fodlister, lak, gulvspartel og ubehandlet beton og tegl indvendigt)

2.1 Rapportens indhold

Kapitel 1 og 2 beskriver formålet for undersøgelsen og indleder rapporten. I kapitel 3 beskrives den tids-historiske anvendelse af PFAS. I kapitel 4 beskrives kategoriseringen af undersøgelsen i henholdsvis Byggeår, Bygningstyper og Bygningsdele samt grundlaget for udvælgelsen heraf. Kapitel 5 beskriver den metodiske tilgang til udtagningen af miljøprøver. Kapitel 6 beskriver analysemetode og valg af analysepakke. Rapporten afsluttes med en præsentation af resultaterne fra undersøgelsen i kapitel 7, diskussion og vurderinger af resultater i kapitel 8 og konklusion i kapitel 9.

3. Historisk anvendelse af PFAS

Produktionen og udviklingen af PFAS sker forskudt og opdelt i en global kontekst. Udviklingen og anvendelsen i Danmark følger industrierne i USA, Vesteuropa og Japan (OECD 2015). PFAS blev opfundet i USA i 1930'erne, hvorefter der fra 1950'erne til 00'erne ses en gradvis forøgelse af produktion, forbrug og udvikling af nye stoffer/forbindelser. I løbet af 00'erne indføres der forbud mod og begrænsninger og reduktioner af brugen af enkelte PFAS-forbindelser på grund af bekymringer om sundheds- og miljøskadelige effekter fra flere langkædede PFAS. Den efterfølgende produktion fokuserer på udviklingen af kortkædede PFAS-forbindelser og substitution af flere langkædede PFAS-forbindelser til kortkædede PFAS-forbindelser. Herunder er oplistet enkelte væsentlige forbud, begrænsninger og reduktioner:

- 2000 - PFOS, PFOA, PFHxS, salte deraf og beslægtede forbindelser udfases efter dialog mellem 3M, den førende producent globalt, og USEPA – United States Environmental Protection Agency (ITCR 2017).
- 2002 - PFOS og salte heraf reguleres efter aftaler mellem flere organisationer og nationer internationalt, herunder USA, Italien, Japan, Schweiz og Storbritannien (OECD 2023a)
- 2006 - PFOA, PFNA, PFUnDA og beslægtede forbindelser, som f.eks. fluortelomere, bliver aftalt reduceret i aftale med 8 førende globale producenter i USA (EPA 2023)
- 2006 - PFOS og beslægtede forbindelser bliver forbudt i EU på nær i ikke-kritiske anvendelsesområder under EU direktiv 2006/122/EC, og senere reguleret under EC no. 850/2004 (SC 2015)
- 2010 - PFOS og derivater defineres som POP (Persistente Organiske miljøgifte) under Stockholm Konventionen og ved EU POP-forordningen (EU nr. 850/2004 med ændringer i EU nr. 757/2010), Artikel 7, Bilag IV og V. (OECD 2023b)
- 2015 - Miljøstyrelsen fastsætter kvalitetskriterier for sum af 12 PFAS-forbindelser i drikkevand, grundvand og jord (gældende fra 2015-2019). (MST 2023)
- 2019 – Miljøstyrelsen fastsætter kvalitetskriterier for sum af hhv. 4 og 22 PFAS-forbindelser i jord. (MST 2023)
- 2023 - PFOA, salte heraf og beslægtede forbindelser og PFHxS, salte heraf og beslægtede forbindelser får fastsat grænseværdier i EU i POP-forordningen, Artikel 7, Bilag IV og V. (OECD 2023b)

I Tabel 1 herunder fremgår udviklingen af PFAS fra 1930'erne og frem til år 2000, med angivelse af årtierne for henholdsvis opfindelse af de kemiske forbindelse, påbegyndt produktion og kommerciel ibrugtagning. Tabellen viser udviklingen i USA, hvor udviklingen af PFAS startede.

TABEL 1. Udvikling af PFAS igennem tiden i USA (oversat fra ITRC 2017).

PFAS	Udvikling af PFAS igennem tiden							
	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000
PTFE	Opfundet	Slip-let belægning			Vandtætte belægnin-ger			
PFOS		Påbegyndt produktion	Smuds og vandafvi-sende pro-dukter	Brand-skum				USA reduktion af PFOS, PFOA, PFNA (og andre ud-valgte PFAS)
PFOA		Påbegyndt produktion	Beskyttende Belægninger					
PFNA					Påbegyndt produktion	Polymere		
Fluorotelo- mere					Påbegyndt produktion	Brand-skum		Den domine- rende form for brandsluk- ningsskum
Den Domi- nerende proces		Elektrokemisk fluorinering (ECF)						Fluortelomeri- sering (kort- kædede ECF)
Opfindelse af kemien			Påbegyndt kemisk produktion			Kommercielle produkter taget i brug		

4. Kategorisering af undersøgelsen

4.1 Byggeår

På baggrund af den historiske anvendelse af PFAS, gennemgået i kapitel 3, er undersøgelsen inddelt i følgende tidsperioder for byggeår: Før 1950, 1950-1977 og 1977-2000. Året 1977 er anvendt, da det følger et eksisterende tidsperiodisk skel for anvendelse af miljøskadelige stoffer.

Tidsperioderne repræsenterer udbredelsen af langkædede PFAS og afgrænser byggeåret for bygninger medtaget i denne undersøgelse til før år 2000.

4.2 Bygningstyper

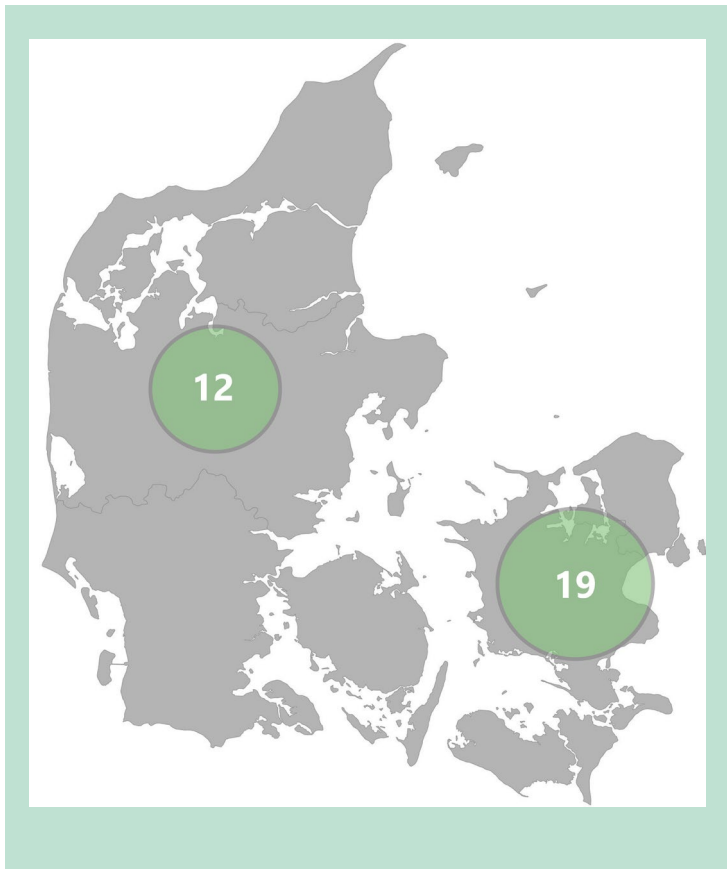
De udvalgte bygningstyper skal repræsentere et bredt udsnit af den samlede bygningsmasse i Danmark. Bygningernes materialesammensætning skal også repræsentere en betydelig andel af den type byggeaffald, der årligt generes fra nedrivninger og renoveringer.

Undersøgelsen inddeles i bygningstyperne: Bolig, Institution, Erhvervsproduktion og Øvrigt erhverv.

TABEL 2. Udvalgte bygningstyper.

Bolig	Institution	Erhvervsproduktion	Øvrigt erhverv
Bygninger til helårsbeboelse, herunder rækkehuse, villaer, etageejendomme mv.	Bygninger til undervisning, forskning, offentlig administration, hospitaler mv.	Bygninger til erhvervsproduktion, herunder landbrug, forsyning, energi mv.	Bygninger til kontor, handel, detail, lager mv.

Bygningstyper der indgår i undersøgelsen, fordeler sig i både Øst- og Vestdanmark som vist på nedenstående Figur 2.



FIGUR 2. Fordelingen og antal bygninger i Øst- og Vestdanmark

4.3 Bygningsdele

De udvalgte bygningsdele skal repræsentere et bredt udsnit af bygningsmaterialer i den danske bygningsmasse og byggeaffald. Udvælgelsen af bygningsdele er i øvrigt foretaget på baggrund af følgende:

- Informationer om specifik anvendelse og udbredelse af PFAS i bygningsmaterialer fra b.l.a.: Produktregistret, branchebeskrivelser fra Regionernes Videnscenter for Miljø og Ressourcer (VMR 2022), oplysninger fra brancheforeninger og generelt litteratur på området, herunder udenlandske studier (Glüge, J. et al.2020 og SPIN 2020), som har fokus på PFAS i forsegling af keramiske produkter, beton og fuger.
- Bygningsdelens egenskab og funktion, f.eks. vand- og smudsafvisende egenskaber. Bygningsdele er prioriteret, hvor PFAS er anvendt i selve materialet som funktioner, der bidrager til materialernes egenskaber. Byggematerialer med ophav i brancher fra Regionernes Videnscenter for Miljø- og Ressourcers branchebeskrivelser (VMR 2022), såsom farve- og lakindustri, malingsindustri, træ- og møbelindustri, tekstil- og læderindustri, pap- og papirindustri, gummi- og plastikindustri, metalstøberier og kemisk industri, er anvendt til prioritering.

4.3.1 Gulve

Undersøgelsen fokuserer på fem gulvtyper, som fremgår af Tabel 3, samt gulvfliser, der afrapporteres under kapitel 4.3.2 (væg- og gulvfliser). Gulvtyperne er udvalgt på baggrund af deres forskellige tekniske egenskaber, herunder vand- og fugtafvisende egenskaber samt modstandsdygtighed overfor slid. Dertil findes gulvopbygninger ofte i flere lag, hvor nye lag er lagt ovenpå de gamle. Dette gav undersøgelsen gode betingelser for at finde materialer fra flere tidsperioder og diversitet i materialer.

TABEL 3. Udvalgte gulvtyper.

Materiale	Antal prøver	PFAS anvendelse/formål
Linoleum	22	Vand- og fugtafvisende egenskab og som vaske- og plejemiddel tilsætningsstof.
Vinyl	16	Opskumning og reducere af overfladespænding.
Gulvtæpper	12	Smuds- og vandafvisende egenskaber, behandlingsvæske som opskummes og presses ned i tæppeulven og til imprægnering.
Træplader	8	Blegning af træfibre med kemikalier, vejrrsistent coating af træprodukter.
Parket	7	Overfladebehandling af trægulve med gulvoks og lak.

4.3.2 Væg- og gulvfliser

Der er udtaget 27 prøver af væg- og gulvfliser. Fliseprøverne er udelukkende udtaget i vådrum og køkkener. Fliser er medtaget i undersøgelsen på grund af olie- og vandafvisende egenskaber samt forsegling og tilsætningsstoffer i overfladebehandlinger, som forhindrer oxidation og aldring af stenoverflader.

4.3.3 Maling

Maling udgør en betydelig overflade i en bygning og er tilpasset mange forskellige typer af overflader. Undersøgelsen fokuserer på maling påført fem typer af overflader, som fremgår af Tabel 4.

TABEL 4. Udvalgte malede overflader.

Materiale	Antal prøver	Malingslaget	Eventuel øvrig overfladebehandling
Maling på beton	48	Tilsætningsstof (additiv) til forbedring af malingens flydeevne og udjævning.	Overfladebehandling af porøse overflader mod graffiti eller som vand- og smudsafvisende egenskab.
Maling på træ	37	"	Fremstilling af bygningstømmer og trævarer og vejrrsistent behandling af træprodukter.
Maling på metal	36	"	Overfladebehandling, pudse-, poler- og slibemidler, malinger, lak, trykfarver, imprægnering og forkromning (generelt legering af metaller).
Maling på tegl murværk	21	"	Ukendt
Maling på gips	19	"	Smuds-, fedt-, og vandafvisende pap og papiremballage.

4.3.4 Ubehandlet beton og tegl, udvendigt

Beton og tegl (murværk og tagsten) udgør en betydelig mængde af det samlede danske byggeaffald og bliver generelt genanvendt og i flere tilfælde også genbrugt. Det har derfor været et krav i udbuddet, at undersøgelsen skulle indeholde bygningsdelene beton og tegl. I undersøgelsen indgår således murværk af tegl, tagsten af tegl samt beton, herunder betonsokler-, fundamenter og støbte ydermure af beton.

Undersøgelsens fokus har været ubehandlet beton- og tegloverflader udvendigt. Under bygningsdelskategorien "Andet", kapitel 4.3.6, er der dog udtaget 1 prøve af ubehandlet tegl murværk indvendigt og 5 prøver af ubehandlet beton indvendigt. Dette prøvegrundlag kan give en indikation af PFAS på indvendige beton- og tegloverflader, men dette har ikke været et fokus i projektet.

TABEL 5. Ubehandlede overflader udvendigt.

Materiale	Antal prøver	PFAS anvendelse/formål
Tegl murværk ubehandlet, udvendigt	24	Ukendt
Beton ubehandlet, udvendigt	15	Ukendt
Tegl tagsten ubehandlet, udvendigt	6	Ukendt

4.3.5 Fuger

Der er udtaget 34 prøver af fuger, både ind- og udvendigt. Elastiske fuger er medtaget i undersøgelsen, idet fugemasse generelt har gode vand- og smudsafvisende egenskaber. Akrylfuger er ikke medtaget i undersøgelsen.

4.3.6 Andet

I forbindelse med undersøgelsen er der prøvetaget enkelte typer af bygningsdele, som falder udenfor undersøgelsens afgrænsning. Analyserne er taget med for at give et indtryk af PFAS-forekomster i øvrige bygningsdele, som ligger udenfor undersøgelsen. Baggrunden for udvælgelse af andre bygningsdele er oplistet og beskrevet i Tabel 6 herunder.

TABEL 6. Øvrige prøvetagne bygningsdele.

Materiale	Antal prøver	Note
PVC	6	Polyvinylchlorid deler egenskaber med vinylgulve.
Lak	5	Lak nævnes i forbindelse med overfladebehandling af træ generelt og er derfor undersøgt på flere overflader.
Ubehandlet beton, indvendigt	5	I undersøgelsen er der udtaget enkelte prøver af ubehandlet beton på indvendige overflader som gulve til sammenligning.
Gulvpartel	1	Cementbaseret spartelmasse til nivellering, opretning og finspartling af beton er et alternativt produkt af cement til gulve.
Ubehandlet tegl, indvendigt	1	I undersøgelsen er der udtaget én enkelt prøve af ubehandlet tegl indvendigt til sammenligning.

5. Prøvetagning og forbehandling

5.1 Udstyr

Prøver er udtaget med hobbykniv med engangsblad, malingskraber og hammer og mejsel/stemmejern. For at undgå krydskontaminering er prøvetagningsudstyret rengjort mellem hver prøvetagning med husholdningssprit, eller der er anvendt engangshobbyknive, som er kasseret efter brug. Prøverne er emballeret i aluminiumsfolie og pakket i gennemsigtige lynlåsposer.

I forbindelse med prøvetagningen er anvendt nitril-handsker, som er udskiftet mellem prøvetagningerne.

Forud for udførelsen af prøvetagninger er husholdningssprit (rengøring) og aluminiumsfolie (emballage) blevet testet for de samme PFAS-forbindelser, som prøverne analyseres for. Se nærmere om PFAS-forbindelser i analysepakken i kapitel 6.2. Husholdningssprit er analyseret som rent produkt, svarende til rent og ufortyndet. Aluminiumsfolie har været liggende i vand i 2 døgn, hvorefter vandet er testet. Der blev ikke detekteret PFAS i hverken husholdningssprit eller vand fra aluminiumsfolie. Detektionsgrænserne kan findes i kapitel 6.4.

5.2 Prøveudtagning

Som et krav i undersøgelsen er der kun udtaget prøver af bygningsmaterialer, som skal fjernes i forbindelse med renovering eller nedrivning. Prøver er udtaget nænsomt, således at mindst muligt bagved- og/eller underliggende materiale er medtaget. Flere prøver er yderligere rensset for støv eller større klæbende materialer, således at kun det materiale, som ønskes analyseret, er medtaget. Indtrængningsprøver er ikke en del af undersøgelsen.

Analyselaboratoriets anvisning og minimum for prøvemængde er 1 gram. I det omfang det er praktisk muligt, er der udtaget minimum 3 gram. Prøver er udtaget som enkeltprøver, og prøverne repræsenterer således resultater for det lokale prøveudtagningssted. Blandeprøver, med flere delprøver, ville risikere at skabe usikkerhed i forhold til datagrundlaget og kategoriseringen.

Prøver er så vidt muligt udtaget med minimum 0,5 meter til andre typer af materialer, således at sekundær forurening fra anden kilde minimeres. Af samme årsag er prøver søgt udtaget i afstand til elkabler og elskabe eller anden teknik, hvor PFAS, jf. Regionernes Videnscenter for Miljø og Ressourcers Branchebeskrivelser (VMR 2022), er benyttet.

Beton og tegl er undersøgt på overfladeniveau 0-2 mm. Ved prøveudtagningen er der ikke benyttet elektrisk værktøj, der kan opvarme materialerne og risikere afgasning. Prøver af beton er udtaget med malingskraber, mens tegl enten er prøvetaget med malingskraber eller med hammer og mejsel. Med mejsel er prøver udtaget ved at hakke flager af de yderste mm, hvor der forholdsmæssigt medtages så meget af brandhuden som muligt.

Malingsprøver er udtaget med engangsblad eller malingskraber. For maling på metal er et eventuelt lag af galvanisering, forkromning eller lignende også analyseret sammen med malingslaget. For maling på gips er underliggende pap og papiremballage også analyseret sammen med malingslaget. For maling på beton og tegl murværk er prøver i nogle tilfælde udtaget på puds og væv.

Fliser er prøvetaget med hammer og mejsel, hvor fokus har været at få så meget overfladebelægning og glasur med som muligt. Fliser er udtaget med fokus på zoner med fugt, vand og smuds, som vådrum og køkkener. Prøver er udtaget som hele stykker, men uden fliseklæb. Linoleum og vinyl er prøvetaget med hammer og stemmejern uden klæb. Hvis prøvematerialet har haft et underlag af jute net, er nettet medtaget, men ikke analyseret.

Til prøvetagning af træplader, f.eks. krydsfiner, OSB og MDF-plader, er anvendt hammer og stemmejern. For træplader er der udtaget prøvemateriale på tværs af træets profil, og ikke kun overfladen. Prøvemateriale af tværsnittet sikrer at træfibre/træspåner såvel som bindemiddel og coating bliver testet. Parketgulve er udtaget med malingskraber eller engangshobbykniv.

Prøver af maling på gips er udtaget med malingskraber og engangshobbykniv. Prøvematerialet er maling inklusiv pap/papir, da maling på gips ikke bliver separeret fra pap/papir ved bortskaffelse som ved øvrige malede overflader. Det sikrer, at den smuds-, fedt- og vandafvisende overflade på pap/papir bliver testet.

Gulvtæpper og fuger er prøvetaget med engangshobbyknive. Hele stykker af materialet er taget. For fuger er det kun elastiske fuger, der er udtaget prøve af, uden bagstop.

6. Laboratorieanalyser

Der findes grænseværdier for farligt affald for PFAS i POP-forordningen, der gælder for affald generelt. POP-forordningens grænseværdier gælder for PFOS og derivater heraf, samt PFOA, salte heraf og beslægtede forbindelser og PFHxS, salte heraf og beslægtede forbindelser. Ud over POP-forordningens grænseværdier findes der i dag ikke specifikke grænseværdier for PFAS i byggeaffald i Danmark.

Miljøstyrelsen har sat grænseværdier for PFAS i jord, drikkevand, grundvand, overfladevand og slam. Nuværende standardiserede analysepakkers indhold af PFAS-forbindelser afspejler grænseværdier/kvalitetskriterier for disse medier. For disse medier er der fastsat grænseværdier/kvalitetskriterier for hhv. Sum af 4 PFAS, Sum af 12 PFAS og Sum af 22 PFAS. Tallene 4, 12 og 22 refererer til et antal af specifikke PFAS-forbindelser.

Det er et minimumskrav for denne undersøgelse, at de 22 specifikke PFAS-forbindelser, som er indeholdt i Sum af 22 PFAS, skal indgå i analysepakken. Sum af 4 PFAS og Sum af 22 PFAS benævnes herefter som Sum 4 og Sum 22.

Denne undersøgelse fokuserer på PFAS-forbindelser udviklet før 2000. Skelnen mellem lang- og kortkædede PFAS-forbindelser fremgår af Tabel 7 herunder. I kapitel 6.2 vises i Tabel 8, hvordan Sum 22 fordeler sig mellem kortkædede og langkædede.

TABEL 7. Skelnen mellem kort- og langkædede PFAS.

Langkædede	PFCA med 7 eller flere C-F bindinger (Perfluorcarboxylsyrer) PFSA med 6 eller flere C-F bindinger (Perfluorsulfansyrer)
Kortkædede	PFCA med færre end 7 C-F bindinger (Perfluorcarboxylsyrer) PFSA med færre end 6 C-F bindinger (Perfluorsulfansyrer)

6.1 Analysemetode

I denne undersøgelse foretages analyse ved LC-MS/MS (Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry) metoden ved Medico Kemiske Laboratorium. Medico Kemiske Laboratorium er akkrediteret til PFOS-analyse på LC/MS metoden. Metoden karakteriseres som en kvantitativ metode til analyse af hvert enkelt PFAS-forbindelse.

Sideløbende er analysen blevet udvidet til at indeholde flere PFAS-forbindelser. Medico Kemiske Laboratorium analyserer for hhv. 22 PFAS-forbindelser og 32 PFAS-forbindelser. De udvidede analyser er ikke akkrediteret, men de udføres efter samme analyseprincipper og med samme kvalitetssikring, som den akkrediterede PFOS-analyse.

PFAS-forbindelser kan bestå af en blanding af lineære og forgrenede isomerer. Den analytiske metode for kvantificering af lineære og forgrenede isomerer er tilsvarende den analytiske metode, som er anvendt for jord- og vandundersøgelser. Prøver ekstraheres i henhold til DS/CEN/TS 15968, 1. udgave.

6.2 Analysepakke

Der findes flere analysepakker med hver deres specifikke PFAS-forbindelser. Undersøgelsen har taget udgangspunkt i analysepakker, hvori Sum 22 indgår. I undersøgelsen har vi valgt analysepakken med 32 PFAS-forbindelser, idet den, ud over Sum 22, yderligere har 10 PFAS-forbindelser, som viser indhold af langkædede PFAS-forbindelser.

I Tabel 8 herunder vises PFAS-forbindelser indeholdt i Sum 22. Den grønne forskudte linje markerer overgangen mellem kortkædede og langkædede PFAS-forbindelser.

TABEL 8. PFAS forbindelser i Sum 22 analyse.

Perfluorsulfansyrer PFSA	Stofnavn	CAS-nr.	Perfluorcarboxylsyrer PFCA	Stofnavn	CAS-nr.
C4FI9•SO3H	PFBS	375-73-5	C3FI7•COOH	PFBA	375-22-4
C5FI11•SO3H	PFPeS	2706-91-4	C4FI9•COOH	PFPeA	2706-90-3
C6FI13•SO3H	PFHxS	355-46-4	C5FI11•COOH	PFHxA	307-24-4
C7FI15•SO3H	PFHpS	375-92-8	C6FI13•COOH	PFHpA	375-85-9
C8FI17•SO3H	PFOS	1763-23-1	C7FI15•COOH	PFOA	335-67-1
C9FI19•SO3H	PFNS	68259-12-1	C8FI17•COOH	PFNA	375-95-1
C10FI21•SO3H	PFDS	335-77-3	C9FI19•COOH	PFDA	335-76-2
C11FI23•SO3H	PFUnDS	749786-16-1	C10FI21•COOH	PFUnDA	2058-94-8
C12FI25•SO3H	PFDoDS	79780-39-5	C11FI23•COOH	PFDoDA	307-55-1
C13FI27•SO3H	PFTTrDS	791563-89-8	C12FI25•COOH	PFTTrDA	72629-94-8
Perfluorsulfonamider					
C8FI17•SO2•NH2	PFOSA	754-91-6			
Fluortelomer sulfonater					
C6FI13•C2H4•SO3H	6:2 FTS	27619-97-2			

Sum 4 indeholder de 4 PFAS forbindelser i Sum 22, kaldet PFOA, PFNA, PFOS og PFHxS.

I Tabel 9 herunder er oplistet de 10 yderligere PFAS-forbindelser, som er medtaget i undersøgelsen. De 10 PFAS-forbindelser er forløbere (precursors), som kan nedbrydes til PFAS-forbindelser, som ikke nedbrydes yderligere. Jf. Regionernes Videnscenter for Miljø og Ressourcer (VMR 2022) er PFAS-forbindelsen MeFOSE anvendt på tværs af de fleste branchebeskrivelser.

MeFOSE nedbrydes potentielt til MeFOSAA, som kan nedbrydes til MeFOSA, som igen kan nedbrydes til PFOSA (også benævnt FOSA) og som slutteligt kan nedbrydes til PFOS. De kaldes derfor forløbere (precursors) til PFOS. 4:2 FTS og 8:2 FTS, 6:2 diPAP og 8:2 diPAP er forløbere til flere PFCA'er (f.eks. PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA og PFDA), som indgår i de 22 PFAS-forbindelser (Sum 22) i standardanalyserne i analysepakken. DiPAPs er i høj grad anvendt i pap- og papir branchen, som er interessant i forhold til pap i gips.

TABEL 9. 10 PFAS (udvidet analyse).

Perfluoroktansulfonamider	Stofnavn	CAS-nr.
C8FI17•SO2•NH•CH3	MeFOSA	31506-32-8
C8FI17•SO2•NH•C2H5	EtFOSA	4151-50-2
Perfluoroktan sulfonamido eddikesyrer		
C8FI17•SO2•NCH3•CH2•COOH	MeFOSAA	2355-31-9
C8FI17•SO2•NC2H5•CH2•COOH	EtFOSAA	2991-50-6
Perfluoroktan sulfonamido ethanol		
C8FI17•SO2•NCH3•C2H4•OH	MeFOSE	24448-09-7
C8FI17•SO2•NC2H5•C2H4•OH	EtFOSE	1691-99-2
Fluortelomer sulfonater		
C4FI9•C2H4•SO3H	4:2 FTS	757124-72-4
C8FI17•C2H4•SO3H	8:2 FTS	39108-34-4
Polyfluoralkylfosforsyre diestere		
OPOH•(OC2H4•C6FI13)2	6:2 diPAP	57677-95-9

6.3 Referenceværdier

I rapporten henvises der til Miljøstyrelsens vejledende kvalitetskriterier for jord, som henholdsvis et kvalitetskriterie for Sum 4 og Sum 22 PFAS-forbindelser. I denne undersøgelse benyttes Sum 4 og Sum 22 i databehandlingen som forholdsmæssig reference, da Sum 4 og Sum 22 historisk har været anvendt til at perspektivere analyseresultater af prøver på affald.

For Sum 4 gælder der et vejledende jordkvalitetskriterie på 0,01 mg/kg TS. For Sum 22 gælder der et vejledende jordkvalitetskriterie på 0,4 mg/kg TS.

Til sammenligning er EU POP-forordningens grænseværdier for PFAS i affald generelt hhv. 1 mg/kg, 40 mg/kg og 50 mg/kg, jf. forordningens Artikel 7, Bilag IV og V. Disse grænseværdier refereres der ikke til i projektet, eftersom grænseværdierne er markant højere end kvalitetskriterierne for PFAS i jord.

6.4 Detektionsgrænse og Sum-værdier

Ved analyse er detektionsgrænsen (LoD - limit of detection) forskellig afhængig af den enkelte PFAS-forbindelse der analyseres for. LoD benævnes i denne rapport som detektionsgrænsen og beskriver den mindste koncentration af et stof, der kan måles pålideligt ved en given analytisk metode. I analyse-resultaterne er flere analyser angivet I.D. som betyder "Ikke Detekteret". Dette er ikke ensbetydende med, at der ikke er koncentrationer af PFAS, men at koncentrationerne ikke er over detektionsgrænsen.

Det er afgørende at have de mindst mulige detektionsgrænser for en analysemetode. Detektionsgrænsen har betydning for usikkerheden i summen af referenceværdierne Sum 4 og Sum 22, eftersom koncentrationer under detektionsgrænsen sættes til en værdi af 0. Værdien er i virkeligheden ikke 0, men lavere end detektionsgrænsen, men kan ikke beregnes. Tabel 11 angiver usikkerheden, dvs. den % af Sum 4 og Sum 22, som ikke kan beregnes.

TABEL 10. Detektionsgrænsen for 32 PFAS forbindelser.

LoD (µg/kg TS)	Stof
0,2	PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDaDa, PFTTrDA, PFOSA, PFHxS, PFHpS, PFOS, PFNS, PFDS
0,5	PFBA, PFHxA, PFHpA, PFBS, PFPeS, PFUnDS, PFDaDS, PFTTrDS, N-MeFOSA, N-EtFOSA, N-MeFOSE, N-EtFOSE, 8:2 diPAP, 6:2 diPAP, MeFOSAA, EtFOSAA
1,0	PFPeA, 4:2 FTS, 6:2 FTS
2,5	8:2 FTS

Koncentrationer under detektionsgrænsen giver et skyggetal i resultaterne. I Tabel 11 herunder vises, hvor lav en procentdel, skyggetallet udgør af Sum 4 og Sum 22.

TABEL 11. Forholdet mellem referenceværdier og detektionsgrænsen.

Sum under LoD (µg/kg TS)	Referenceværdi (µg/kg TS)	Referenceværdi (mg/kg TS)	Koncentration under detektionsgrænsen	PFAS-forbindelser
<0,8	10 (Sum4)	0,01 (Sum4)	<8%	PFOA, PFNA, PFHxS, PFOS
<8,4	400 (Sum22)	0,4 (Sum22)	<2,1%	PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDaDa, PFTTrDA, PFOSA, PFHxS, PFHpS, PFOS, PFNS, PFDS, PFBA, PFHxA, PFHpA, PFBS, PFPeS, PFUnDS, PFTTrDS, 6:2 FTS, PFPeA, PFDaDS

7. Resultater

Analyseresultater er vedlagt i Bilag 1.

I dette kapitel foretages en opsummering af undersøgelsens resultater i tabelform og i diagrammer. For bygningsdelene Andet (spartel) og Andet (tegl flise ubehandlet, indvendigt) er der kun udtaget én prøve. Disse resultater er ikke medtaget som diagrammer.

7.1 Tabeller

I Tabel 12 er angivet, i hvor mange tilfælde, der sker en overskridelse af referenceværdier angivet i kapitel 6.3, på Sum 4 og Sum 22. Der er også angivet en gennemsnitlig mængde af 32 PFAS-indhold i prøver for den pågældende bygningstype. Dette er gjort for at vise forholdet kategorierne imellem.

I Tabel 13 ses en sammenstilling af analyseresultater for bygningstyper opdelt på byggeår (tidsperioder). Der er også angivet en gennemsnitlig mængde af 32 PFAS-indhold i prøver for det pågældende byggeår.

I Tabel 14 er angivet, i hvor mange tilfælde, der sker en overskridelse af referenceværdier angivet i kapitel 6.3, på Sum 4 og Sum 22. Der er også angivet en gennemsnitlig mængde af 32 PFAS-indhold i prøver for den pågældende bygningsdel.

I Tabel 15 ses en sammenstilling af analyseresultater for bygningsdele sammenkoblet med byggeår. Der er også angivet en gennemsnitlig mængde af 32 PFAS-indhold i prøver for den pågældende bygningsdel.

TABEL 12. Sammenstilling af analyseresultater for bygningstyper.

Bygningstype	Antal bygninger	Antal prøver	Antal prøver Sum 4 ≥ 0,01 mg/kg TS	Antal prøver Sum 22 ≥ 0,4 mg/kg TS	Sum 32 PFAS gennemsnit pr. prøve (mg/kg TS)
Samlet	31	350	68	12	0,46
Bolig	9	84	11	3	0,44
Institution	8	127	24	3	0,26
Erhvervsproduktion	8	71	13	2	0,06
Øvrigt erhverv	6	68	20	4	1,29

TABEL 13. Sammenstilling af analyseresultater for bygningstyper opdelt på byggeår.

Bygningstype	Antal prøver før 1950	Sum 32 PFAS gennemsnit pr. prøve før 1950 (mg/kg TS)	Antal prøver 1950-1977	Sum 32 PFAS gennemsnit pr. prøve 1950-1977 (mg/kg TS)	Antal prøver 1977-2000	Sum 32 PFAS gennemsnit pr. prøve 1977-2000 (mg/kg TS)
Samlet	94	1,01	193	0,32	63	0,07
Bolig	29	0,46	44	0,50	11	0,14
Institution	0	0,00	95	0,34	32	0,02
Erhvervs- produktion	36	0,01	23	0,06	12	0,16
Øvrigt erhverv	29	2,81	31	0,20	8	0,03

TABEL 14. Sammenstilling af analyseresultater for bygningsdele.

Bygningsdele	Antal prøver	Antal prøver Sum 4 ≥ 0,01 mg/kg TS	Antal prøver Sum 22 ≥ 0,4 mg/kg TS	Sum 32 PFAS gennemsnit pr. prøve (mg/kg TS)
Samlet	350	68	12	0,462
Linoleum	22	7	0	0,350
Vinyl	16	3	0	0,044
Gulvtæppe	12	3	2	0,103
Træplade	8	0	0	0,005
Parketgulv	7	1	0	0,017
Gulv- og vægfliser	27	0	0	0,001
Maling på beton	48	13	0	0,052
Maling på træ	37	16	6	2,799
Maling på metal	36	12	4	1,114
Maling på tegl	21	6	0	0,103
Maling på gips	19	6	0	0,059
Tegl ubehandlet, udvendigt	30	0	0	<0,000
Beton ubehandlet, udvendigt	15	0	0	<0,000
Fuge	34	0	0	0,001
Andet (PVC)	6	0	0	0,002
Andet (Lak)	5	1	0	0,198
Andet (Beton ubehandlet, indvendigt)	5	0	0	0,002
Andet (Tegl murværk ubehandlet, indvendigt)	1	0	0	Ikke detekteret (I.D.)
Andet (Spartel)	1	0	0	1,500

TABEL 15. Sammenstilling af analyseresultater for bygningsdele pr. tidsperioder.

Bygningsdele	Antal prøver før 1950	Sum 32 PFAS gennemsnit pr. prøve før 1950 (mg/kg TS)	Antal prøver 1950-1977	Sum 32 PFAS gennemsnit pr. prøve 1950-1977 (mg/kg TS)	Antal prøver 1977-2000	Sum 32 PFAS gennemsnit pr. prøve 1977-2000 (mg/kg TS)
Linoleum	4	1,204	14	I.D.	4	0,272
Vinyl	4	0,158	7	0,003	5	0,010
Gulvtæppe	3	0,011	7	0,168	2	0,011
Træplade	1	0,004	6	0,006	1	I.D.
Parketgulv	4	0,001	2	0,060	1	I.D.
Gulv- og vægfliser	8	0,001	14	I.D.	5	0,001
Maling på beton	12	0,104	24	0,039	12	0,026
Maling på træ	13	5,260	19	1,822	5	0,109
Maling på metal	12	1,600	17	1,218	7	0,025
Maling på tegl	7	0,080	11	0,141	3	0,015
Maling på gips	5	0,059	11	0,026	3	0,180
Tegl ubehandlet, udvendigt	9	I.D.	18	0,001	3	I.D.
Beton ubehandlet, udvendigt	4	0,001	11	I.D.	0	-
Fuge	6	I.D.	19	0,002	9	0,001

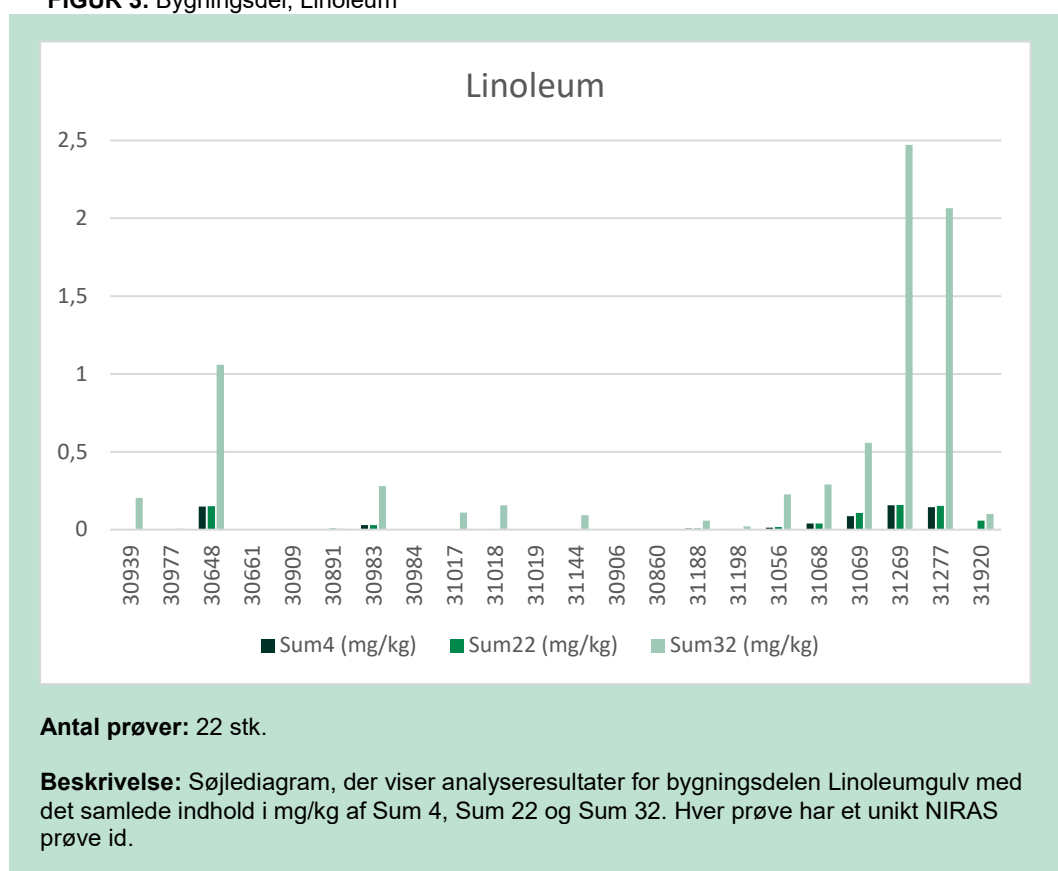
Andet (PVC)	0	-	4	0,002	2	I.D.
Andet (Lak)	1	0,182	4	0,201	0	-
Andet (Beton ubehandlet, indvendigt)	1	I.D.	4	0,002	0	-
Andet (Tegl murværk ubehandlet, indvendigt)	0	-	1	I.D.	0	-
Andet (Spartel)	0	-	0	-	1	1,501

7.2 Diagrammer

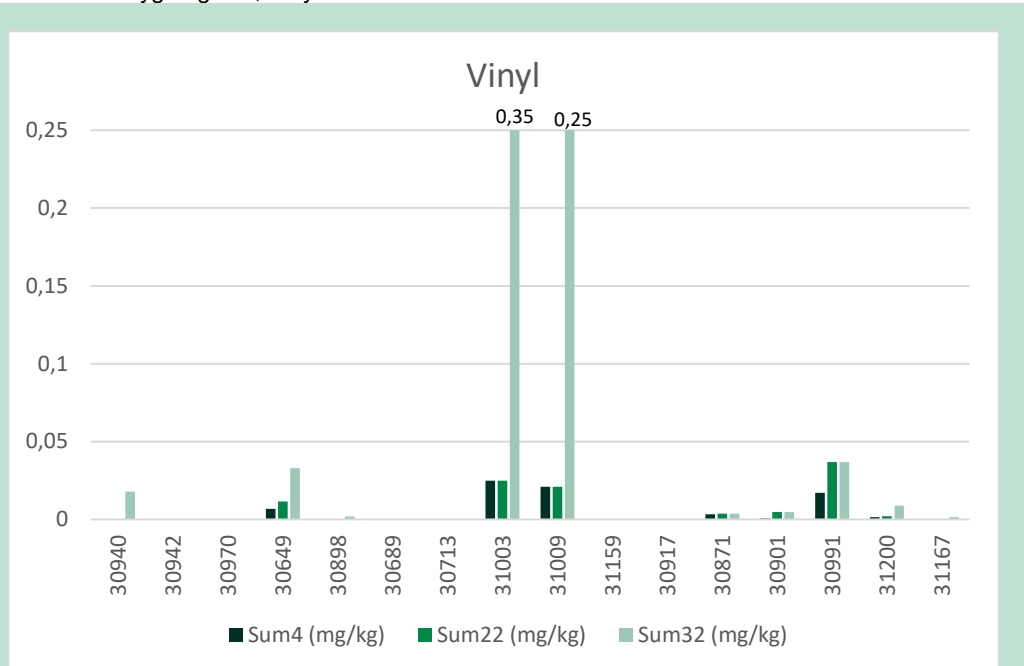
Herunder er resultaterne for kategorierne Bygningsdele, Byggeår og Bygningstype visualiseret på Figur 3-27.

7.2.1 Bygningsdele

FIGUR 3. Bygningsdel, Linoleum



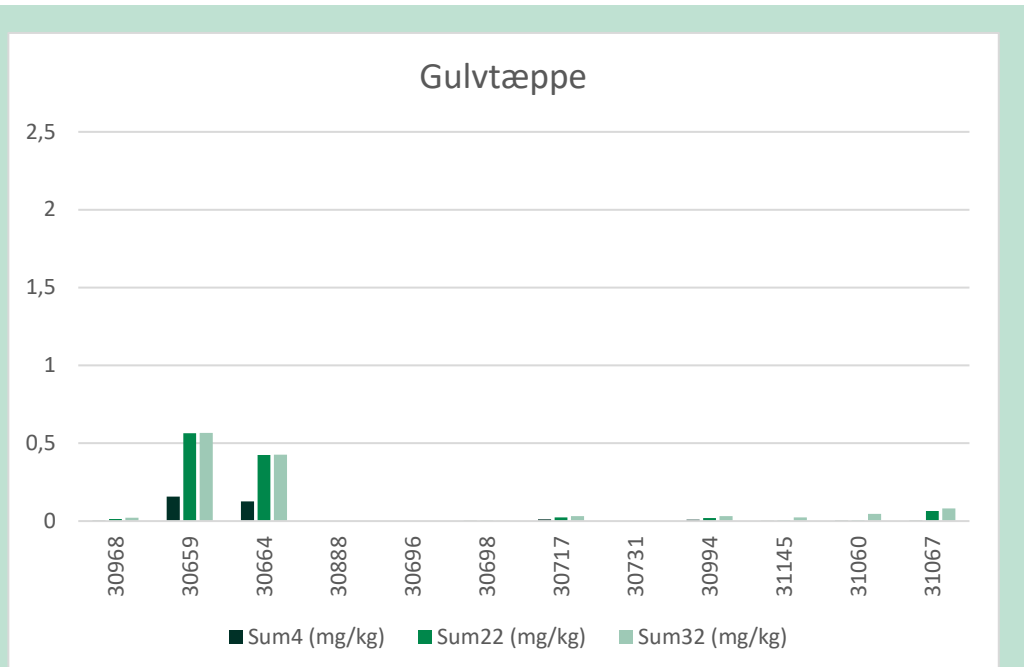
FIGUR 4. Bygningsdel, Vinyl



Antal prøver: 16 stk.

Beskrivelse: Søjlediagram, der viser analyseresultater for bygningsdelen Vinylgulv med det samlede indhold i mg/kg af Sum 4, Sum 22 og Sum 32. Hver prøve har et unikt NIRAS prøve id.

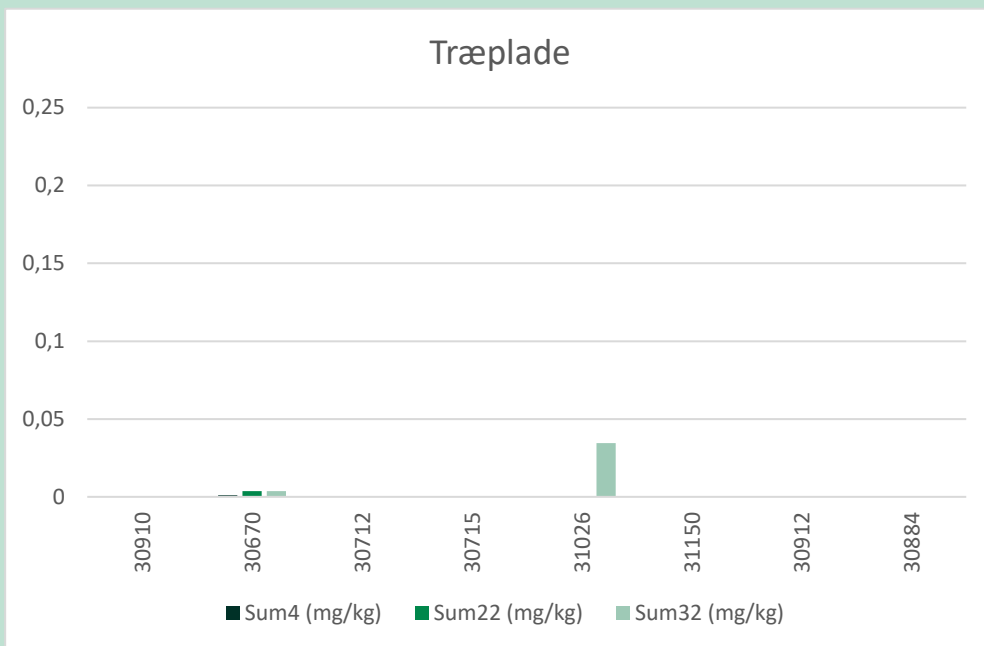
FIGUR 5. Bygningsdel, Gulvtæppe



Antal prøver: 12 stk.

Beskrivelse: Søjlediagram, der viser analyseresultater for bygningsdelen Gulvtæppe med det samlede indhold i mg/kg af Sum 4, Sum 22 og Sum 32. Hver prøve har et unikt NIRAS prøve id.

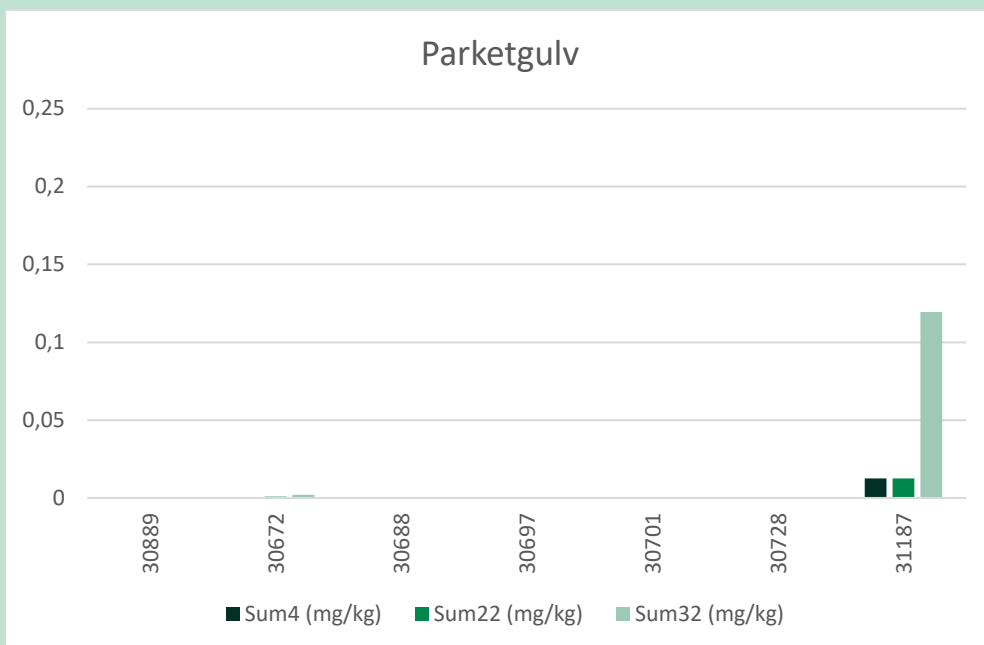
FIGUR 6. Bygningsdel, Træplader



Antal prøver: 8 stk.

Beskrivelse: Søjlediagram, der viser analyseresultater for bygningsdelen Træplader med det samlede indhold i mg/kg af Sum 4, Sum 22 og Sum 32. Hver prøve har et unikt NIRAS prøve id.

FIGUR 7. Bygningsdel, Parketgulv

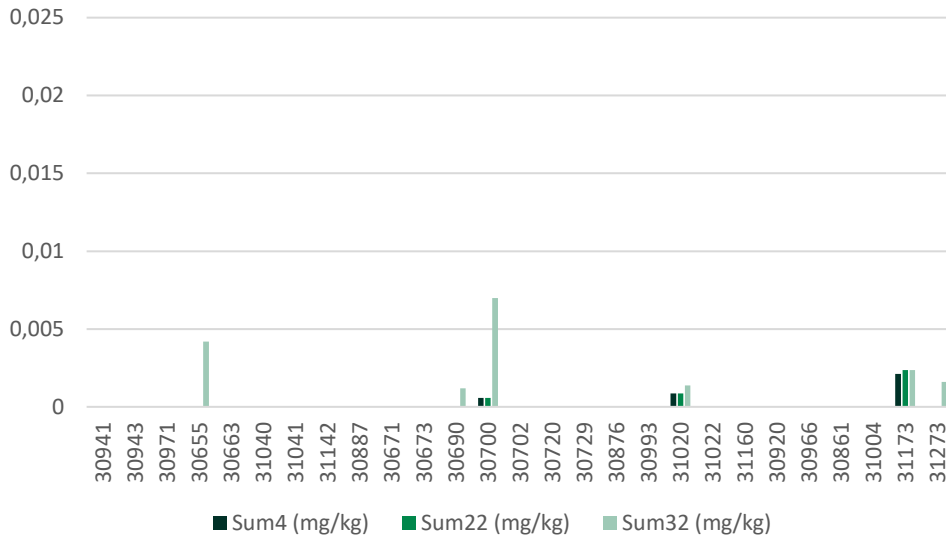


Antal prøver: 7 stk.

Beskrivelse: Søjlediagram, der viser analyseresultater for bygningsdelen Parketgulv med det samlede indhold i mg/kg af Sum 4, Sum 22 og Sum 32. Hver prøve har et unikt NIRAS prøve id.

FIGUR 8. Bygningsdel, Gulv- og vægfliser

Gulv- og vægflise

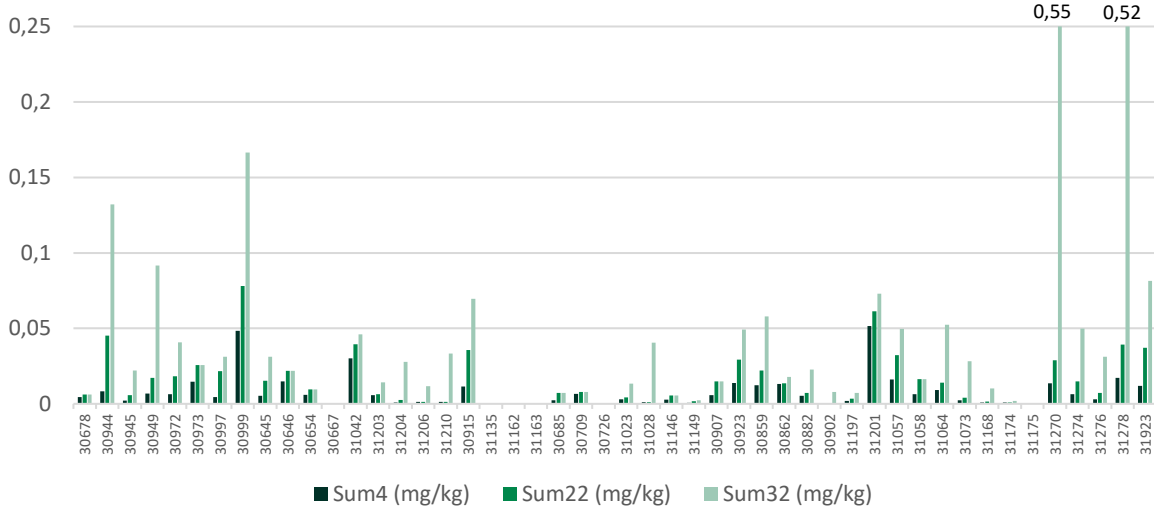


Antal prøver: 27 stk.

Beskrivelse: Søjlediagram, der viser analyseresultater for bygningsdelen Gulv- og vægfliser med det samlede indhold i mg/kg af Sum 4, Sum 22 og Sum 32. Hver prøve har et unikt NIRAS prøve id.

FIGUR 9. Bygningsdel, Maling på beton

Maling på beton

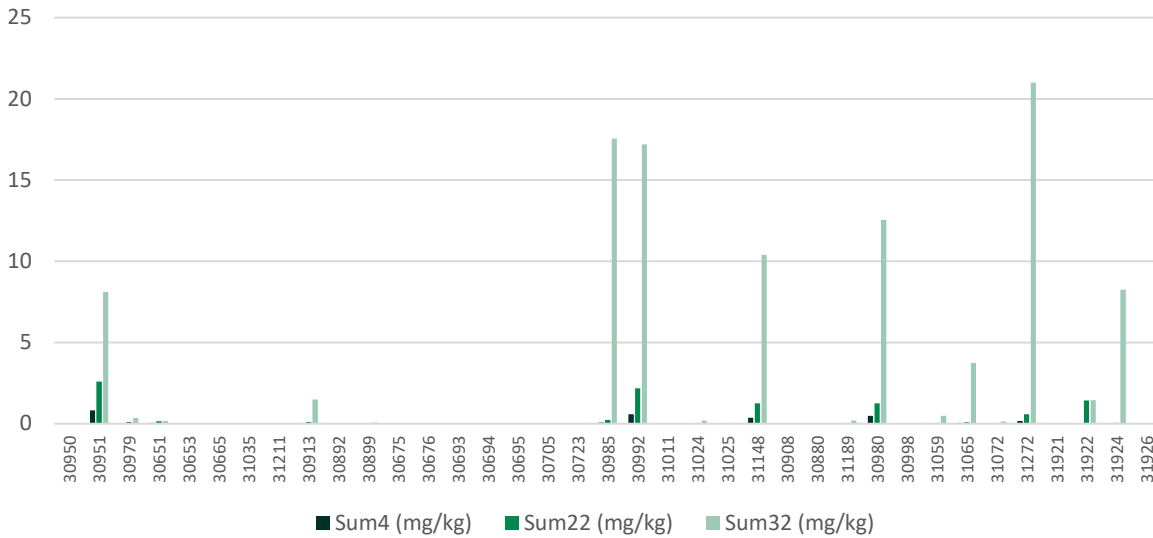


Antal prøver: 48 stk.

Beskrivelse: Søjlediagram, der viser analyseresultater for bygningsdelen Maling på beton med det samlede indhold i mg/kg af Sum 4, Sum 22 og Sum 32. Hver prøve har et unikt NIRAS prøve id.

FIGUR 10. Bygningsdel, Maling på træ

Maling på træ

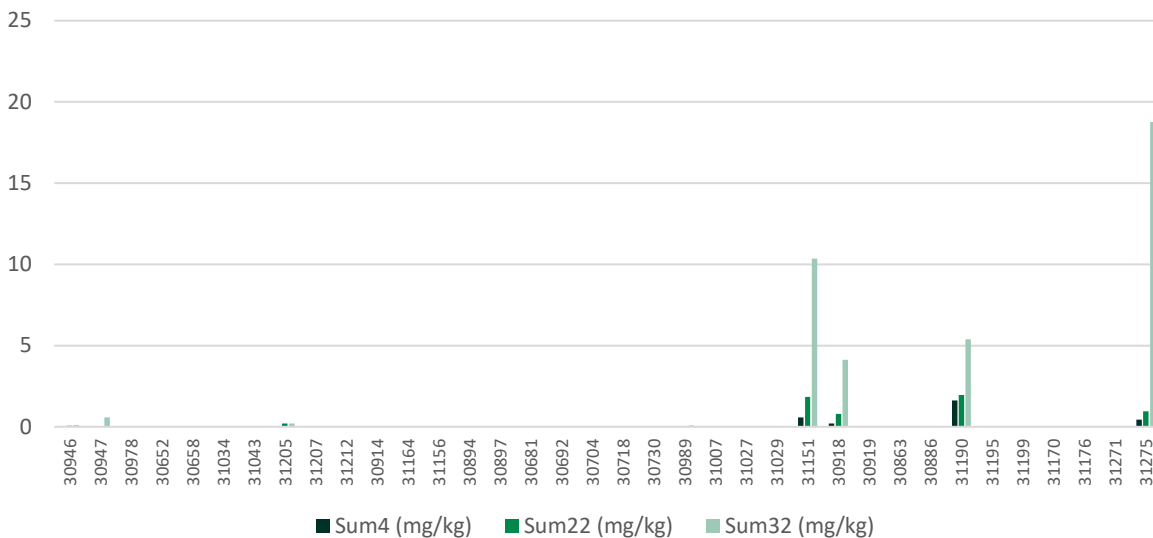


Antal prøver: 37 stk.

Beskrivelse: Søjlediagram, der viser analyseresultater for bygningsdelen Maling på træ, fordelt på byggeår med det samlede indhold i mg/kg af Sum 4, Sum 22 og Sum 32. Hver prøve har et unikt NIRAS prøve id.

FIGUR 11. Bygningsdel, Maling på metal

Maling på metal

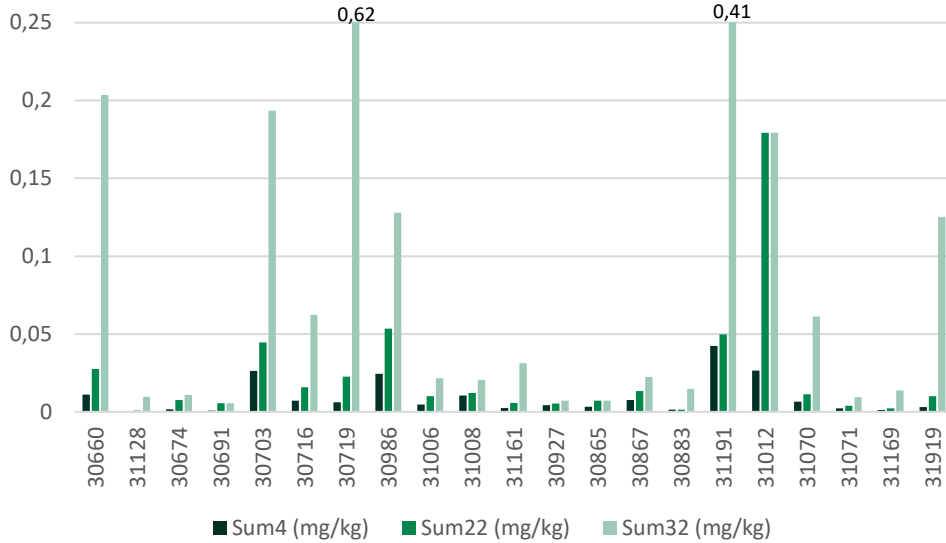


Antal prøver: 36 stk.

Beskrivelse: Søjlediagram, der viser analyseresultater for bygningsdelen Maling på metal med det samlede indhold i mg/kg af Sum 4, Sum 22 og Sum 32. Hver prøve har et unikt NIRAS prøve id.

FIGUR 12. Bygningsdel, Maling på tegl murværk

Maling på tegl murværk

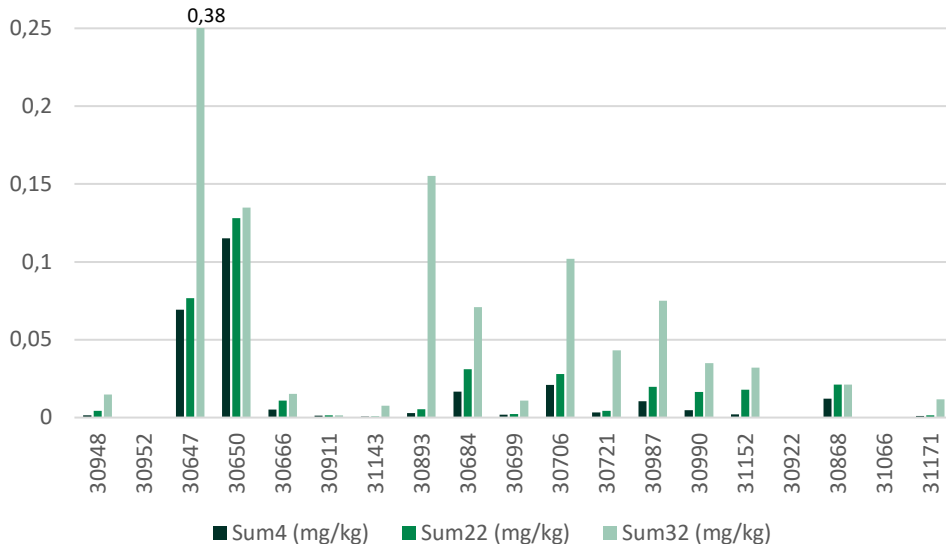


Antal prøver: 21 stk.

Beskrivelse: Søjlediagram, der viser analyseresultater for bygningsdelen Maling på tegl murværk med det samlede indhold i mg/kg af Sum 4, Sum 22 og Sum 32. Hver prøve har et unikt NIRAS prøve id.

FIGUR 13. Bygningsdel, Maling på gips

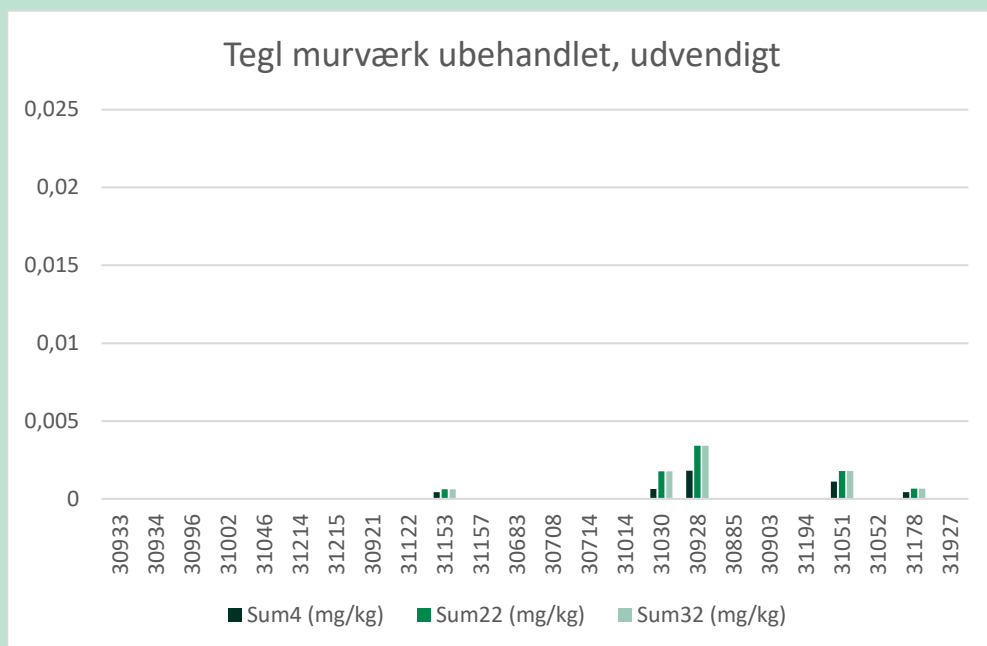
Maling på gips



Antal prøver: 19 stk.

Beskrivelse: Søjlediagram, der viser analyseresultater for bygningsdelen Maling på gips, med det samlede indhold i mg/kg af Sum 4, Sum 22 og Sum 32. Hver prøve har et unikt NIRAS prøve id.

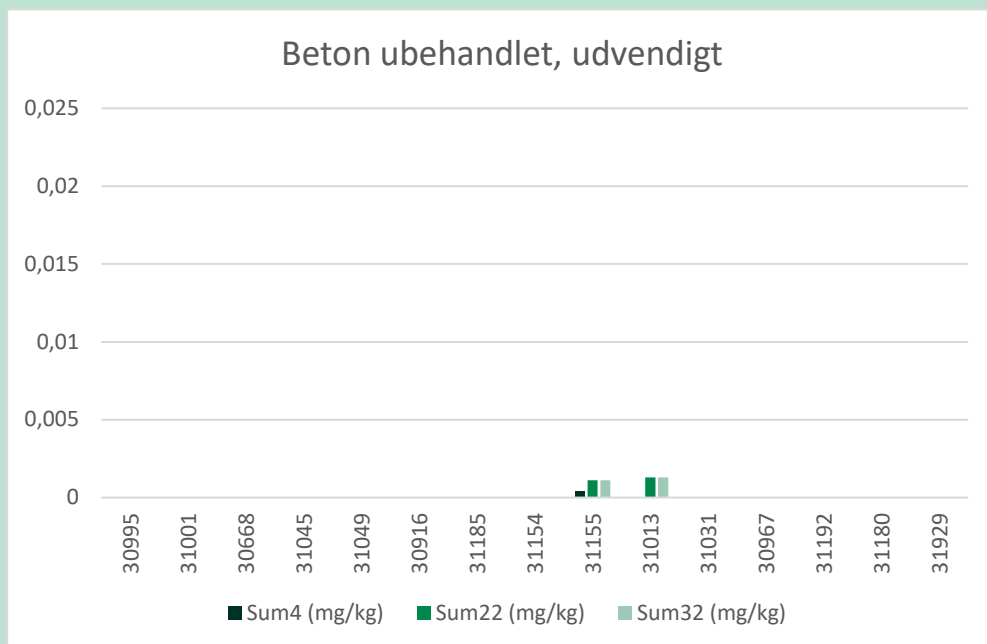
FIGUR 14. Bygningsdel, Tegl murværk ubehandlet, udvendigt



Antal prøver: 24 stk.

Beskrivelse: Søjlediagram, der viser analyseresultater for bygningsdelen Ubehandlet tegl murværk, udvendigt med det samlede indhold i mg/kg af Sum 4, Sum 22 og Sum 32. Hver prøve har et unikt NIRAS prøve id.

FIGUR 15. Bygningsdel, Beton ubehandlet, udvendigt

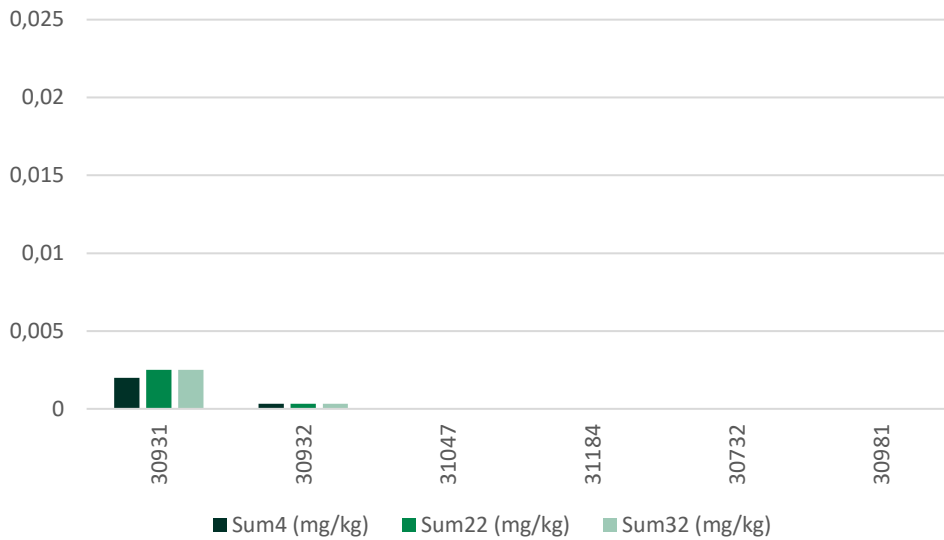


Antal prøver: 15 stk.

Beskrivelse: Søjlediagram, der viser analyseresultater for bygningsdelen Beton ubehandlet, udvendigt med det samlede indhold i mg/kg af Sum 4, Sum 22 og Sum 32. Hver prøve har et unikt NIRAS prøve id.

FIGUR 16. Bygningsdel, Tegl tagsten ubehandlet, udvendigt

Tegl tagsten ubehandlet, udvendigt

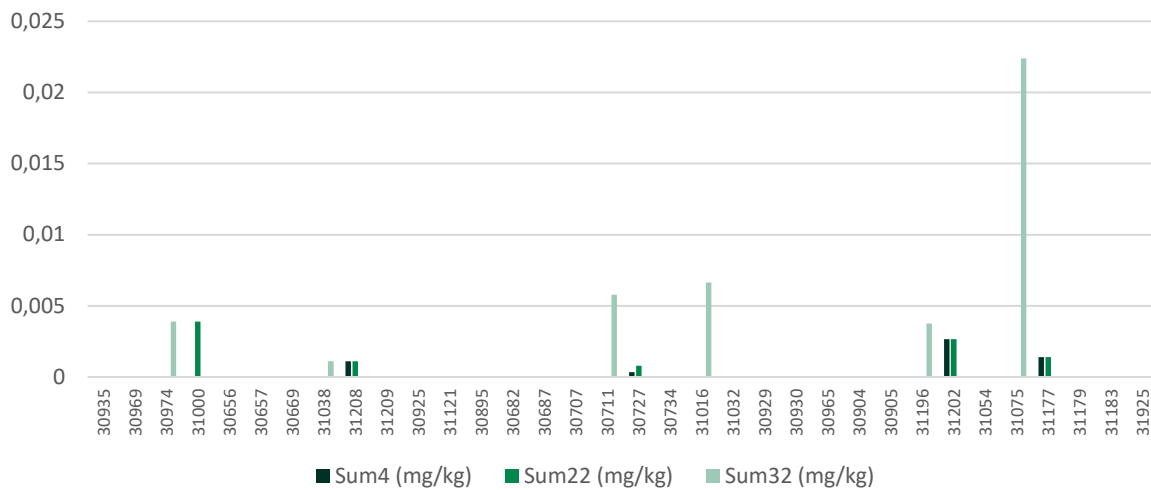


Antal prøver: 6 stk.

Beskrivelse: Søjlediagram, der viser analyseresultater for bygningsdelen Ubehandlet tegl tagsten, udvendigt med det samlede indhold i mg/kg af Sum 4, Sum 22 og Sum 32. Hver prøve har et unikt NIRAS prøve id.

FIGUR 17. Bygningsdel, Fuger

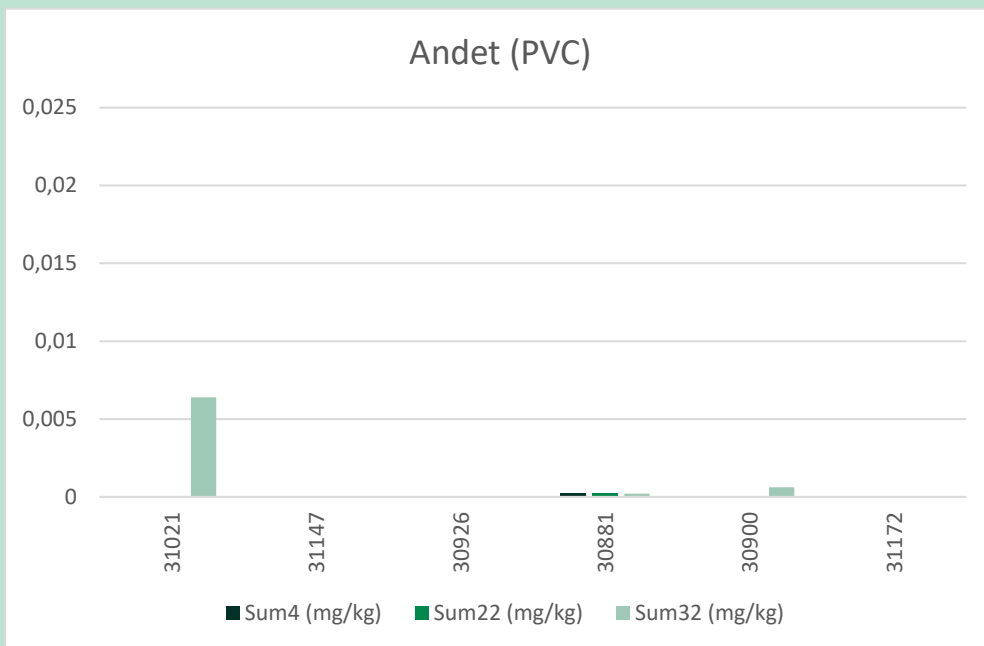
Fuger



Antal prøver: 34 stk.

Beskrivelse: Søjlediagram, der viser analyseresultater for bygningsdelen Fuger med det samlede indhold i mg/kg af Sum 4, Sum 22 og Sum 32. Hver prøve har et unikt NIRAS prøve id.

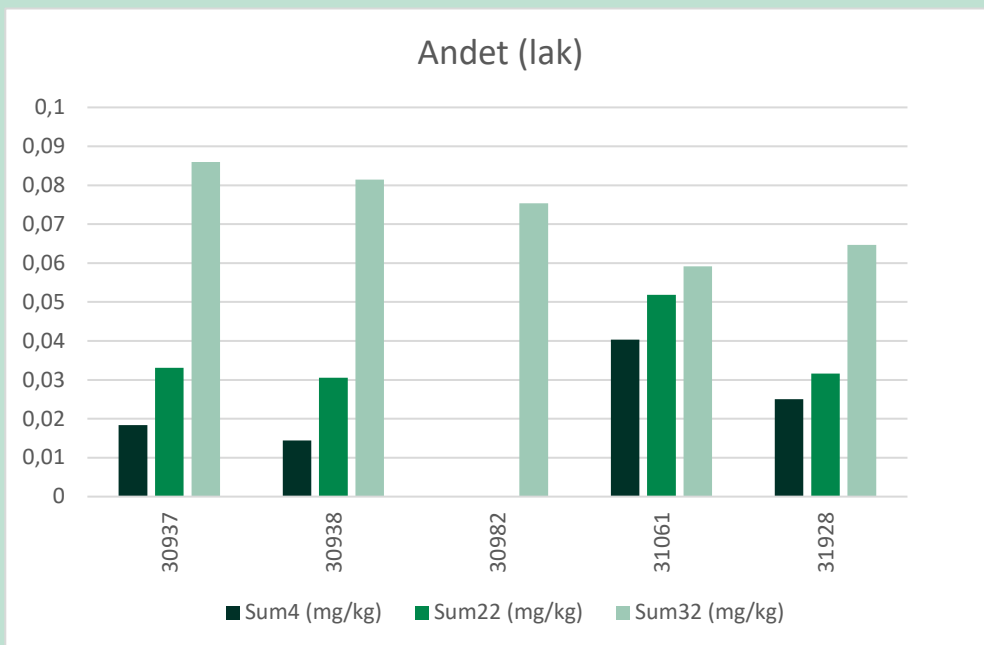
FIGUR 18. Bygningsdel, Andet (PVC)



Antal prøver: 6 stk.

Beskrivelse: Søjlediagram, der viser analyseresultater for bygningsdelen Andet (PVC), fordelt på byggeår med det samlede indhold i mg/kg af Sum 4, Sum 22 og Sum 32. Hver prøve har et unikt NIRAS prøve id.

FIGUR 19. Bygningsdel, Andet (lak)



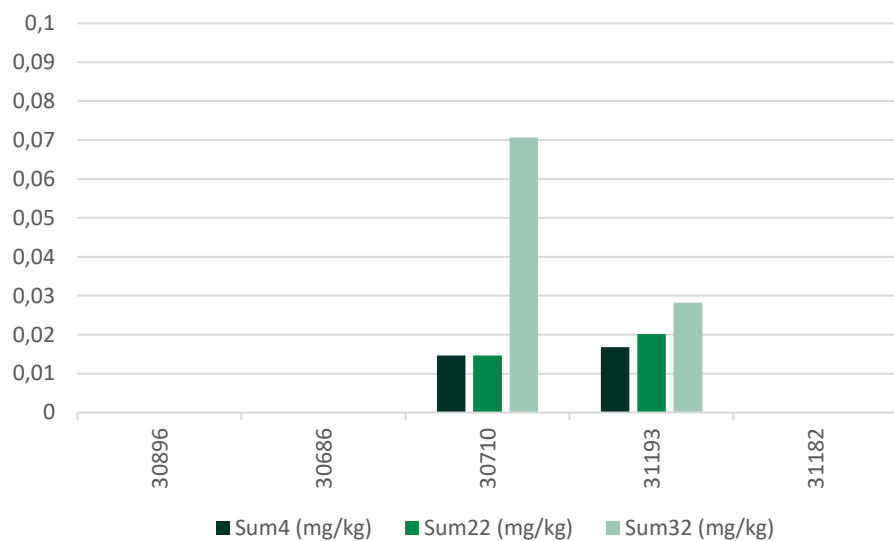
Antal prøver: 5 stk.

Beskrivelse: Søjlediagram, der viser analyseresultater for bygningsdelen Andet (lak) med det samlede indhold i mg/kg af Sum 4, Sum 22 og Sum 32. Hver prøve har et unikt NIRAS prøve id.

GUR 20. Bygningsdel, Andet (beton ubehandlet, indvendigt)

FI-

Andet (beton ubehandlet, indvendigt)

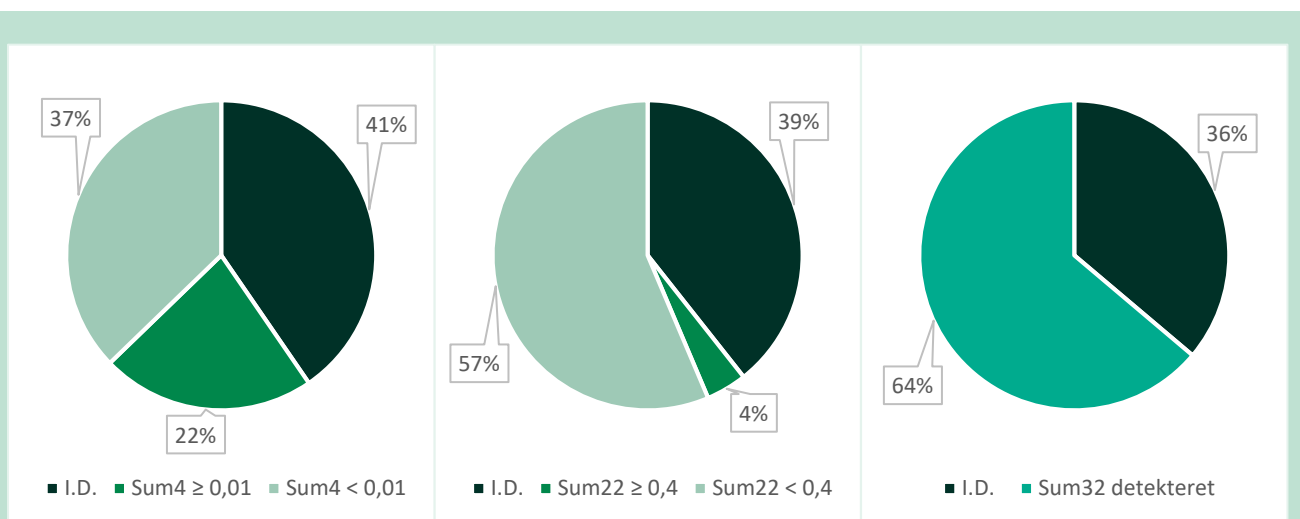


Antal prøver: 5 stk.

Beskrivelse: Søjlediagram, der viser analyseresultater for bygningsdelen Beton ubehandlet, indvendigt med det samlede indhold i mg/kg af Sum 4, Sum 22 og Sum 32. Hver prøve har et unikt NIRAS prøve id.

7.2.2 Byggeår

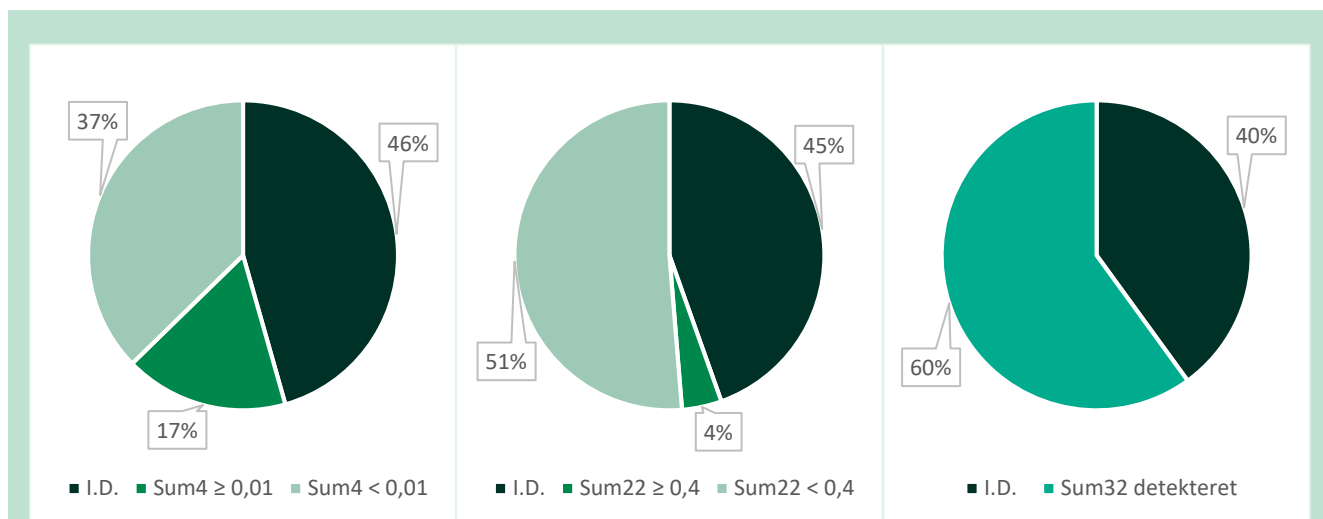
FIGUR 21. Byggeår, Før 1950.



Antal prøver: 94 stk.

Beskrivelse: Cirkeldiagrammer, der viser analyseresultater for byggeår, Før 1950, fordelt på Sum 4, Sum 22 og Sum 32 analyser med visning af, om værdien er over eller under den pågældende referencelværdi eller Ikke er detekteret (I.D.).

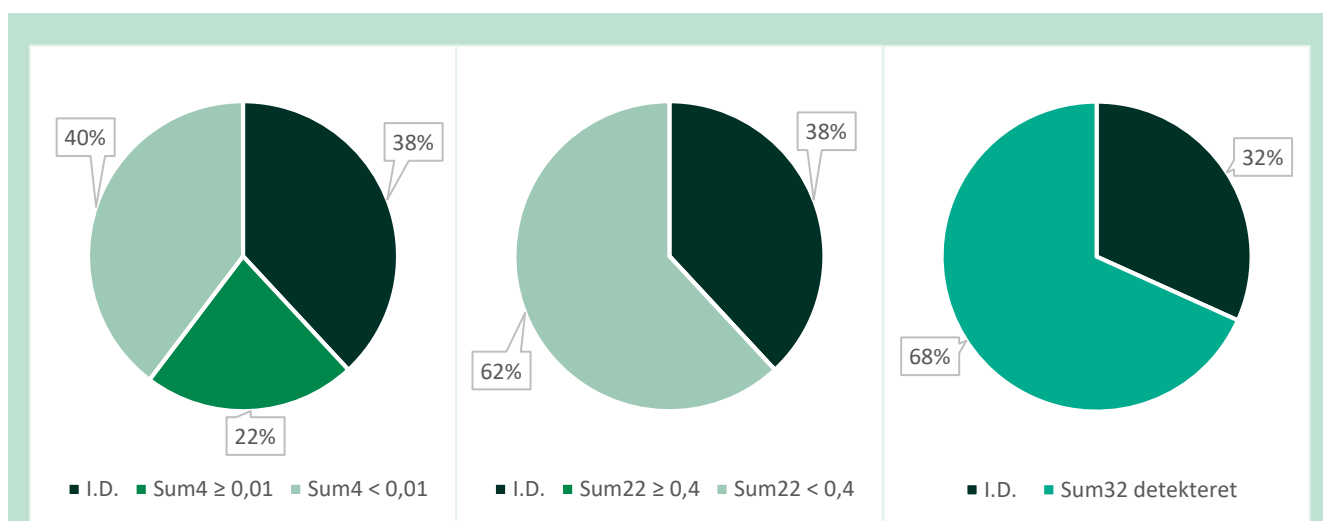
FIGUR 22. Byggeår, 1950-1977.



Antal prøver: 193 stk.

Beskrivelse: Cirkeldiagrammer, der viser analyseresultater for byggeår, 1950-1977, fordelt på Sum 4, Sum 22 og Sum 32 analyser med visning af, om værdien er over eller under den pågældende referenceniveau eller Ikke er detekteret (I.D.).

FIGUR 23. Byggeår, 1977-2000.

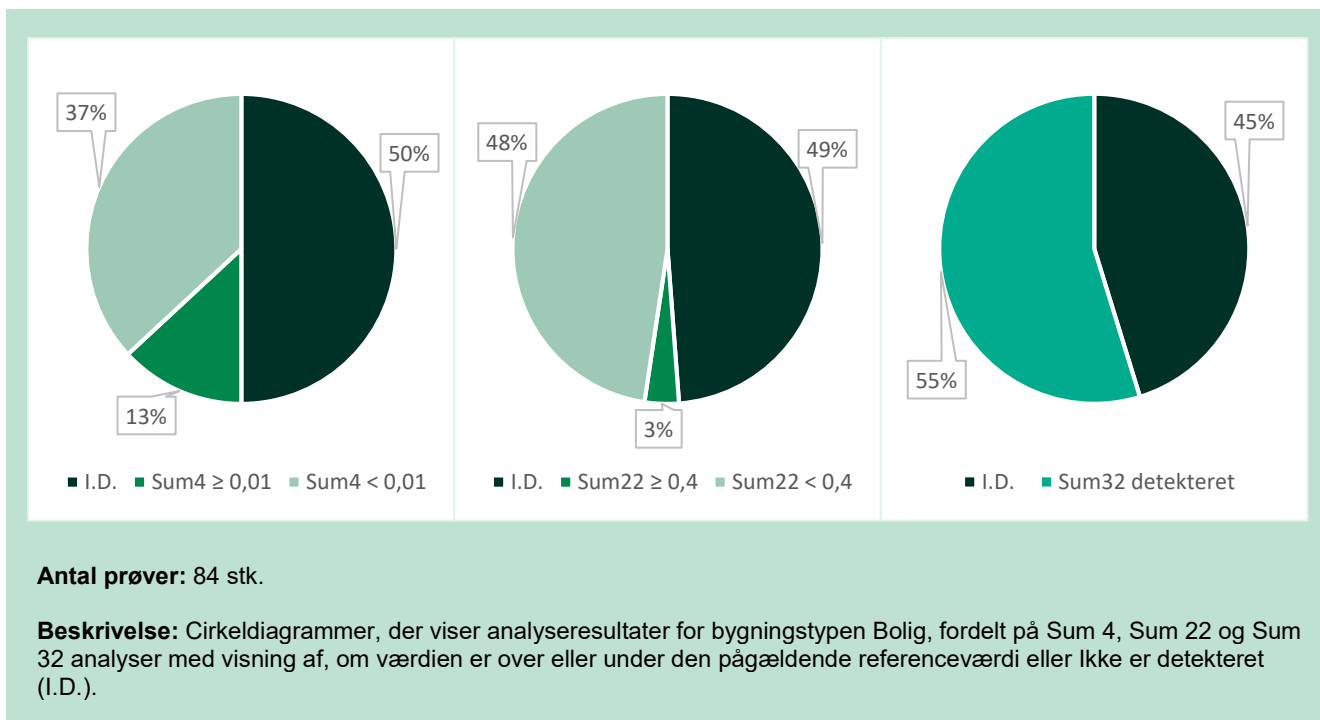


Antal prøver: 63 stk.

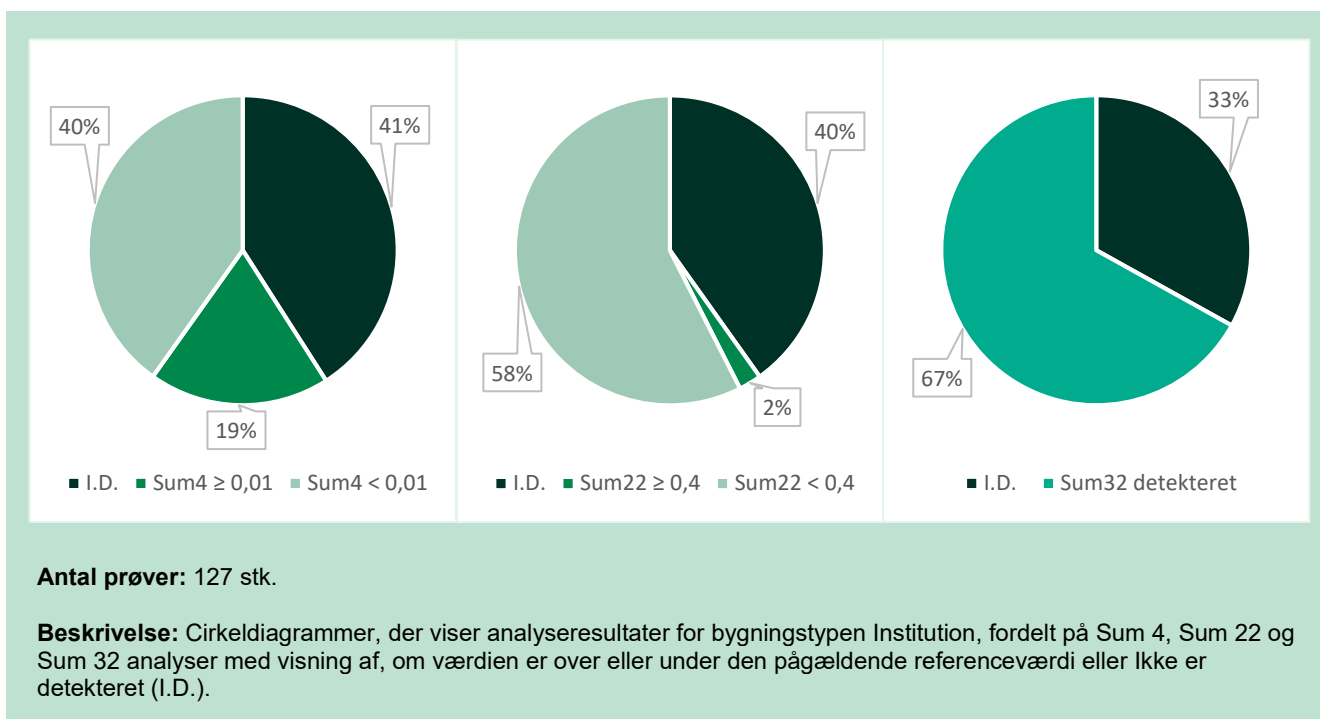
Beskrivelse: Cirkeldiagrammer, der viser analyseresultater for byggeår, 1977-2000, fordelt på Sum 4, Sum 22 og Sum 32 analyser med visning af, om værdien er over eller under den pågældende referenceniveau eller Ikke er detekteret (I.D.).

7.2.3 Bygningstype

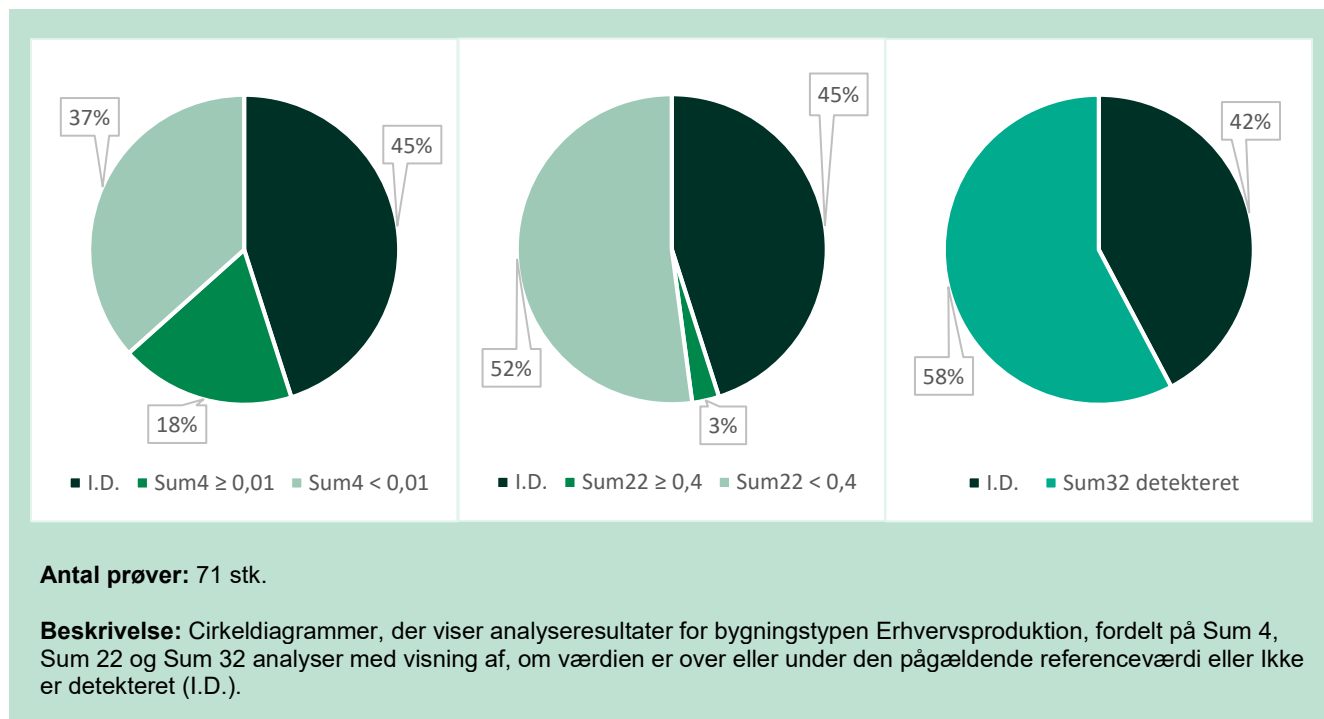
FIGUR 24. Bygningstype, Bolig.



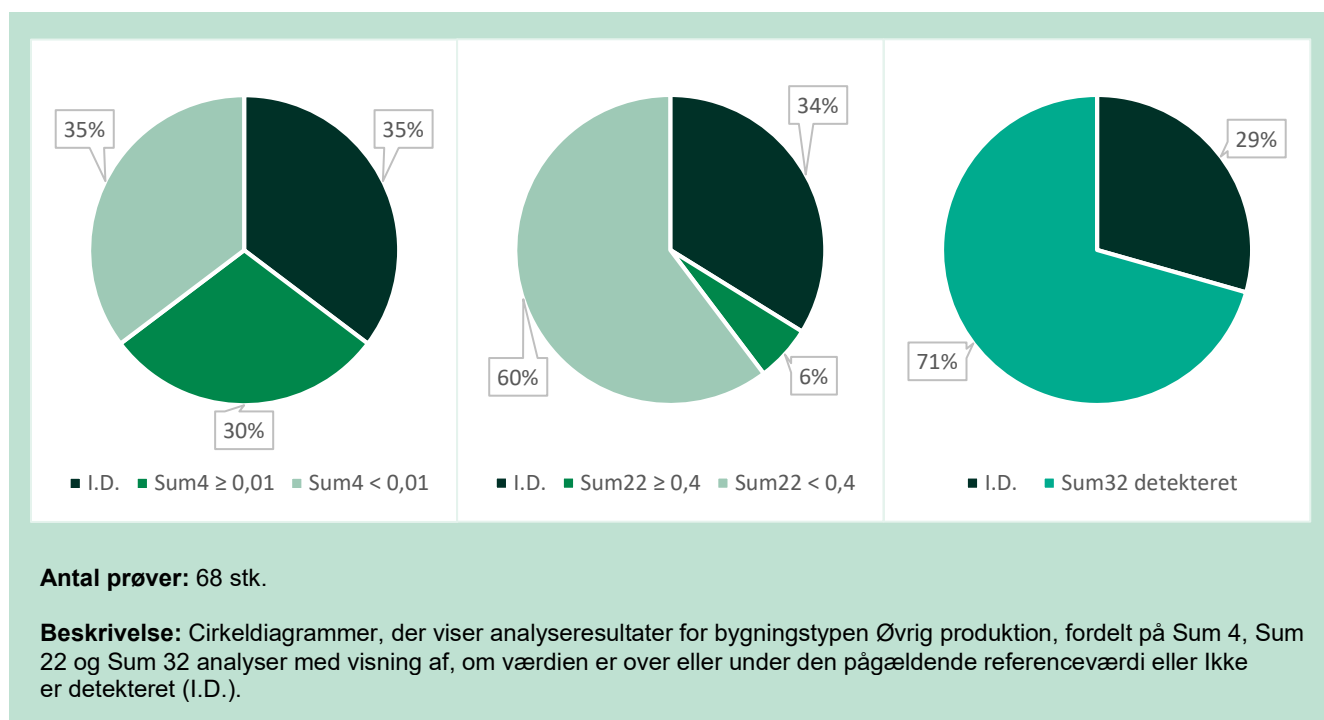
FIGUR 25. Bygningstype, Institution.



FIGUR 26. Bygningstype, Erhvervsproduktion.



FIGUR 27. Bygningstype, Øvrig production.



8. Diskussion og vurdering

I dette kapitel beskrives undersøgelsens afgrænsninger og resultaterne diskuteres i en bredere kontekst.

Kontekst

Undersøgelsen tager udgangspunkt i ét enkelt led af et større kredsløb for PFAS i byggeaffald. Undersøgelsens resultater kan dog anvendes som vidensgrundlag for yderligere undersøgelser af PFAS forekomster og konsekvenser i byggebranchen.

Der er udtaget 350 prøver af 31 bygninger fordelt på 4 bygningstyper, som ligger i Øst- og Vestdanmark. På baggrund heraf vurderes datagrundlaget at have et omfang, der retfærdiggør diskussioner af forholdet imellem de udvalgte PFAS-forbindelser og de udvalgte bygningsdele.

Analysemetoder og PFAS-forbindelser

I denne undersøgelse er der medtaget 10 PFAS-forbindelser i tillæg til de 22 PFAS-forbindelser, som der i dag findes kvalitetskrav for. Undersøgelsen omfatter dermed analyse af 32 specifikke PFAS-forbindelser (Targetanalyse).

Den udvidede analysepakke med 32 PFAS-forbindelser viser, at der detekteres PFAS-forbindelser i byggeaffald, som ikke indgår i de nuværende standardiserede 22 PFAS-forbindelser. Den i undersøgelsen anvendte metode kan alene identificere de PFAS-forbindelser der indgår i analysepakken.

Der er en risiko for, at der i byggeaffaldet kan forefindes PFAS-forbindelser som der ikke er analyseret for, men som med tiden kan nedbrydes og omdannes til de PFAS-forbindelser, der indgår i analysepakken.

Analysemetoder såsom TOF (Total Organic Fluor) og TOP (Total Oxidizable Perfluoralkyl Precursors) kunne være interessante her. TOF-analysen giver mulighed for undersøgelse af den totale mængde af fluor i et materiale. Analysen kan derved indikere en større repræsentation af kendte og ukendte PFAS-forbindelser, som der ikke vil fremgå af den i undersøgelsen anvendte analysemetode. TOP-analysen kan ydermere vise en potentiel nedbrydning af PFAS-stoffer til andre PFAS-stoffer, idet metoden simulerer en "naturlig" nedbrydning af PFAS-forbindelser ved tvungen kemisk oxidation.

Kvalitetskriterier

I de grafiske præsentationer af resultaterne, er anvendt kvalitetskriterier for jord, som en referenceværdi til sammenligning af data. Det skal nævnes at kvalitetskriterier for jord er baseret på risiko for human kontakt med jord – særligt indtagelse af jord. Kriterierne for jord er ikke baseret på risiko for udvaskning til grundvand og overfladevand. Ved håndtering og genanvendelse af bygningsaffald kan udvaskning af PFAS-forbindelser til overfladevand, grundvand mv. udgøre et miljøproblem.

Hvorvidt analyseparametre og grænseværdier der findes i jordkvalitetskriterierne i dag, skal ligges til grund for klassificering af byggeaffald er ikke undersøgt.

Bygningstyper og Byggeår

Bygningstyperne repræsenterer et bredt udsnit af bygningsmassen i Danmark. I undersøgelsen er der valgt at se bort fra bygningsmasse med tung industri og industrier med produktion af materialer og produkter, der indeholder PFAS, som er nævnt i Regionernes Videnscenter for Miljø og Ressourcer VMR (2022). Var disse industrier indeholdt i denne undersøgelse, kan det ikke udelukkes at omfanget af PFAS i byggeaffald havde været højere.

Af resultaterne i kapitel 7.2.2, Figur 21-27 ses et relativt jævnt fordelt antal prøver, som overskrider referenceværdierne for Sum 4 og Sum 22 på tværs af bygningstyper og byggeår. Øvrigt erhverv repræsenterer den bygningstype med flest prøver med indhold af PFAS. Til sammenligning repræsenterer bygningstypen Bolig færrest prøver med detektion af PFAS.

Indenfor bygningstypen Øvrigt erhverv, vurderes det at der ofte sker ejerskifte som vil være forbundet med renovering og ombygning, med tilpasning til nye funktioner eller udtryk. Det bør medtages i vurderingen, at denne bygningstype i løbet af årene kan have repræsenteret forskellige bygningstyper, f.eks. bolig eller institution.

For PFAS i prøver fordelt på byggeår er resultatet en markant forhøjet repræsentation i tidsperioderne før 1950 og 1950-1977. I tidsperioden før 1950 er den højeste gennemsnitlige mængde af PFAS i prøver fundet i bygningstypen Øvrigt erhverv. I tidsperioden 1950-1977 er den højeste gennemsnitlige mængde af PFAS i prøver fundet i bygningstyperne Bolig og Institution. Det kan ikke udelukkes at de prøvetagne bygningsdele er af nyere dato, end den tidsperiodiske inddeling viser.

Bygningsdele og Byggeår

Der er en tydelig forskel i resultaterne ved sammenligning af bygningsdelene.

Analyseresultaterne viser en forekomst af PFAS i markant grad for malinger på tværs af de tre inddelinger for byggeår, men særligt maling på træ og maling på metal skiller sig ud. For malinger på træ og metal er koncentrationer i prøverne fra tidsperioderne Før 1950 og 1950-1977 mest markante. For maling på metal viser enkelte prøver en markant forhøjet koncentration. For maling på træ viser resultaterne, at flere prøver har markante koncentrationer i alle tre tidsperioder. I prøver af bygningsdelen Andet (lak), ses moderate koncentrationer i flere tidsperioder, dog anses de 5 prøver udtaget heraf, som et lille vurderingsgrundlag.

For øvrige bygningsdele er der detekteret moderate koncentrationer i prøver af linoleum, vinyl, gulvtæppe og parketgulve. Resultaterne varierer på tværs af tidsperioder.

Resultater for bygningsdele som væg- og gulvfliser, tegl ubehandlet udvendigt, beton ubehandlet udvendigt og fuger har relativt lave koncentrationer.

Undersøgelsen indikerer at ubehandlede overfald indvendigt f.eks. fra bygningsdelen Andet (beton ubehandlet, indvendigt) har relativt lave koncentrationer. Prøveantallet er dog for begrænset til at drage en egentlig konklusion.

Afgrænsning

I dette projekt er det ikke undersøgt i hvilken grad der sker en indtrængning af PFAS fra overflader med indhold af PFAS til underliggende materialer, eksempelvis malingslag med indhold af PFAS påført en betonoverflade.

Projektet har heller ikke omfattet undersøgelse af kilden/kilderne til den PFAS-forurening, som er fundet i de bygningsdele som indgår i undersøgelsen; dvs. hvorvidt PFAS er iboende i de undersøgte materialer, eller om forureningen er sket ved afsmitning fra andre kilder.

9. Konklusion

Undersøgelsens formål var at undersøge forekomster af PFAS i byggeaffaldet i Danmark.

Konklusionen på undersøgelsen er, at der ud af 350 analyserede prøver, konstateres PFAS koncentrationer over detektionsgrænsen for 32 PFAS-forbindelser i 217 tilfælde, over detektionsgrænsen for 22 PFAS-forbindelser i 203 tilfælde og over detektionsgrænsen for 4 PFAS-forbindelser i 200 tilfælde.

Forekomster af PFAS fordeler sig relativt jævnt, på tværs af undersøgelsens udvalgte byggeår (tidsperioder) og bygningstyper.

For de 20 udvalgte bygningsdele, der indgår i undersøgelsen er der en større variation, hvor særligt koncentrationen af 32 PFAS i maling på træværk og maling på metal er markant højere end i de øvrige bygningsdele.

Referencer

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

MST (2021): Affaldsstatistik 2021 Revideret udgave, Miljøprojekt nr. 2247 <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2023/10/978-87-7038-566-4.pdf>

(EUT 2019) EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS FORORDNING (EU) 2019/1021 af 20. juni 2019 om persistente organiske miljøgifte (omarbejdning), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R1021>, besøgt den 1/12/23

ITRC (2017): History and Use of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS), https://midwestadvocates.org/assets/resources/ITRC_PFAS_Fact_Sheet.pdf, besøgt d. 13/09/23

VMR (2022): Website: Branchebeskrivelser, <https://www.miljoegressourcer.dk/udgivelser/branchebeskrivelser>, besøgt d. 13/09/23

Glüge, J. et al.(2020): An overview of the uses of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS), Environmental Science. Processes & Impacts. Royal Society of Chemistry

SPIN (2020): Database: Substances in Preparations in Nordic Countries, <http://www.spin2000.net/spinmyphp/>

OECD (2015): Working towards a global emission inventory of PFAS's: Focus on PFCA's – Status quo and the way forward, Figure reproduced from Wang et al. (2014a)

EPA (2023): Fact Sheet: 2010/2015 PFOA Stewardship program, <https://www.epa.gov/assessing-and-managing-chemicals-under-tsca/fact-sheet-20102015-pfoa-stewardship-program>, besøgt d. 9/12/2023

OECD (2023a): Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) and related chemical products, <https://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-management/perfluorooctanesulfonatepfosandrelatedchemicalproducts.htm>

OECD (2023b): Portal on Per and Poly Fluorinated Chemicals, <https://www.oecd.org/chemicalsafety/portal-perfluorinated-chemicals/countryinformation/european-union.htm>, besøgt d. 11/12/2023

SC (2015): Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, <https://www.pops.int/Implementation/IndustrialPOPs/PFAS/Guidance/tabid/5225/ctl/Download/mid/15782/Default.aspx?id=13&ObjID=19552>, besøgt d. 11/12/2023

MST (2023): Tabel 2-3, Vejledende og gældende PFAS-grænseværdier i jord, grundvand, slam og badevand, <https://edit.mst.dk/media/eplbfs0z/grænsevaerdier-ved-miljoestyrelsen.pdf>, besøgt d. 11/12/2023

Bilag

Bilag 1: Analyseresultater (Excel)

Undersøgelse af PFAS i byggeaffald

Undersøgelse af PFAS i byggeaffald

Der er gennemført en undersøgelse, der har til formål at bidrage til mere viden om PFAS i byggeaffald ved at prøvetage byggematerialer/byggeaffald i forbindelse med miljøkortlægninger. Prøverne er efterfølgende analyseret for PFAS-forbindelser.

I undersøgelsen er 31 bygninger i Øst- og Vestdanmark prøvetaget. Bygningerne kategoriseres i undersøgelsen som: boliger, institutioner, erhvervsproduktion og øvrigt erhverv. Bygningerne er opført i tre tidsperioder: Før 1950, 1950-1977 og 1977-2000. Der er i undersøgelsen udtaget prøver af maling på fem typer af overflader, fem typer gulvbelægninger, gulv- og vægfliser, fuger, udvendigt ubehandlet beton og udvendigt ubehandlet tegl. Derudover er der suppleret med et mindre prøveantal af fem bygningsdele, som indgår i bygningstypen kaldet "Andet".

Der er i alt udtaget 350 prøver, som er analyseret for 32 PFAS-forbindelser.

Undersøgelsen finder, at prøverne af malinger generelt viser markante PFAS koncentrationer på tværs af alle byggeår. Prøverne af linoleum, vinyl, gulvtæpper og parketgulve viser moderate PFAS koncentrationer, men det varierer afhængig af byggeår. Prøverne af væg- og gulvfliser, tegl ubehandlet udvendigt, beton ubehandlet udvendigt og fuger indeholder ikke nævneværdige koncentrationer af PFAS.



Miljøstyrelsen
Tolderlundsvej 5
5000 Odense C

www.mst.dk