

# Indeholder vores prøvetagningsudstyr og beklædning PFAS?

ATV Vintermøde 2024

v/ Teamleder, civilingeniør Jette Kjøge Olsen

**RAMBOLL**

Bright ideas.  
Sustainable change.



Miljøministeriet  
Miljøstyrelsen



# Udfordringer ved prøveudtagning for PFAS

- Anvendes i mange produkter og feltudstyr
- Kvalitetskrav er på et højt niveau
  - Selv en lille krydskontaminering kan påvirke resultaterne
- Der er mange forskellige PFAS-forbindelser, op til 12.000...
  - Langt de fleste er stadig tilladt at bruge i dag
- PFAS findes overalt bl.a. er det fundet i regn, støv, havskum...

## Udviklingsprojekt for Miljøstyrelsen

- Vi skal have ens procedure, når der udtages PFAS-prøver – så vi kan stole på resultaterne!
- Teste udstyr og udføre leverandør-henvendelse
- Litteraturstudie af vejledninger fra andre lande
- Checklister og procedure for jord, grundvand, overfladevand og luft
- Lige udkommet link: <https://mst.dk/publikationer/2024/februar/pfas-provetagnings-procedurer-og-tests-af-feltudstyr>

TAK til kollegaer 😊

- Anna Rosenberg Pedersen, Rambøll
- Helena Hjørringgaard, Rambøll
- Svend Jensen, Rambøll
- Nanna Thomsen, Rambøll

PFAS prøvetagnings-  
procedurer og  
tests af feltudstyr  
For jord, grundvand,  
overfladevand og luft



Miljøministeriet  
Måltovsvej 10  
1256 København Ø

Miljøprojekt nr. 2257

Teknologiprogram for jord  
og grundvandsforurening

Februar 2024



**Σ22 PFAS:** PFBS, PFPS, **PFHxS**, PFHpS, **PFOS**, PFNS, PFDS, PFUnS, PFDoS, PFTrS, *PFOSA*, *6:2 FTS*, PFBA, PFPA, PFHxA, PFHpA, **PFOA**, **PFNA**, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTrDA  
*(Kursiv: precursor)*  
**(Rød: Σ4 PFAS)**

# Grænseværdier PFAS

- Lave grænseværdier - lille krydskontaminering potentielt kan give en falsk positiv prøve !

	Σ4 PFAS	Σ22 PFAS	PFOS	PFOA-ækvivalenter Σ24 PFAS
<b>Jordkvalitetskriterie</b>	10 µg/kg TS	400 µg/kg TS		
<b>Grundvand/drikkevand-kvalitetskriterie</b>	2 ng/l	100 ng/l		
<b>Spildevandsslam</b> (vejledende)	10 µg/kg TS	400 µg/kg TS		
<b>Badevand</b>	40 ng/l			
<b>Overfladevand</b> (marin)			0,13 ng/l	4,4 ng/l
<b>Overfladevand</b> (fersk)			0,65 ng/l	4,4 ng/l
<b>Biota</b> (human indtag)				0,077 µg/kg vådvægt
<b>Sediment</b> (fersk)			13,5 mg/kg tørvægt (5% OC) 270 mg/kg tørvægt x foc	

# PFAS - ser vi kun toppen af isbjerget?

Vi analyserer i dag kun for op til 24 PFAS, pga. kriterierne.

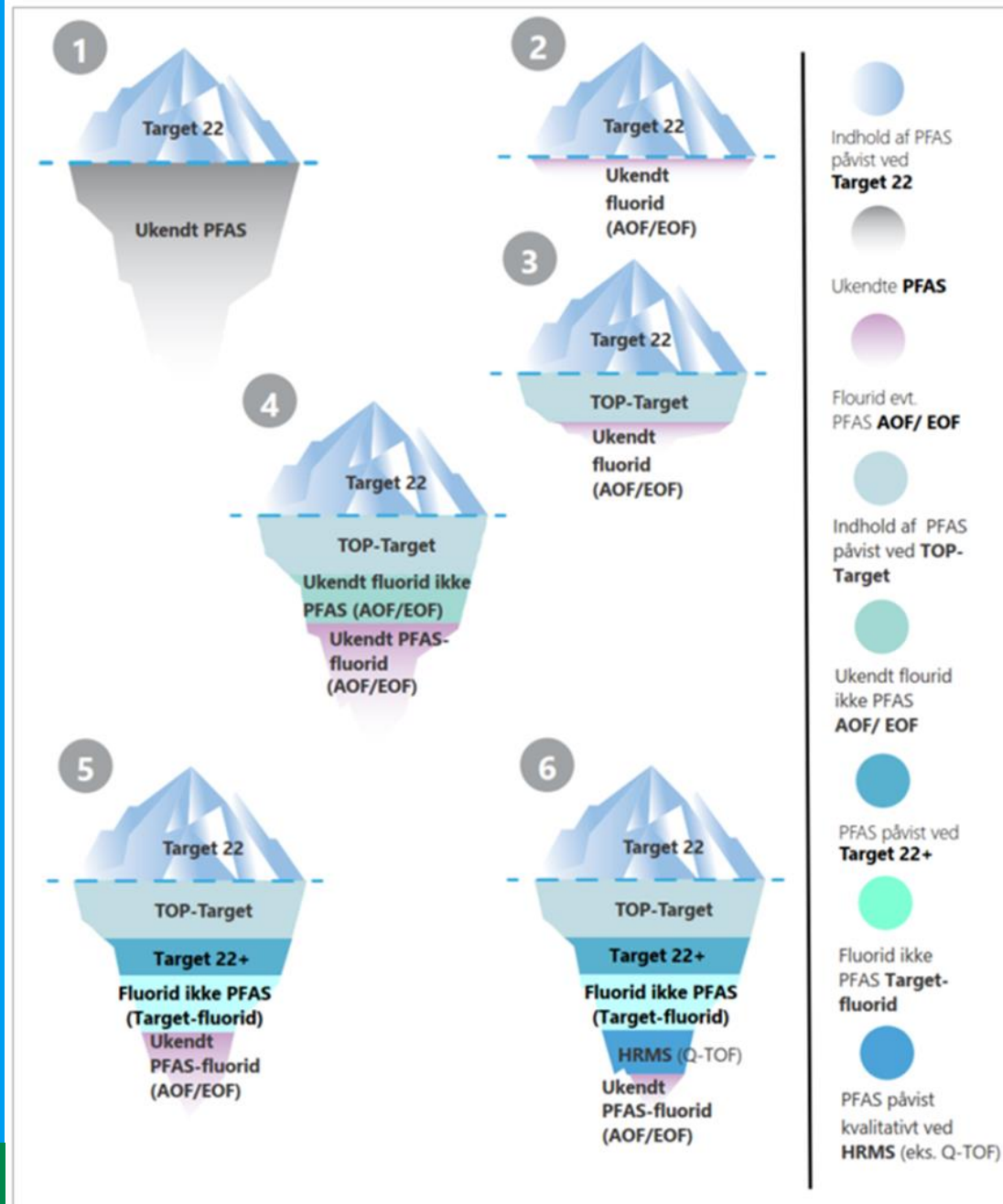
Hvad med **precursorer** (forløbere) til de 24 PFAS?  
– der med tiden kan omdannes til de 24 PFAS?

Findes som nævnt op mod 12.000 PFAS'er...

Behov for at vi ser på PFAS'er under isbjerget?

– **Alternative analysemetoder kan anvendes**

Udviklingsprojekt for Miljøstyrelsen – ved at blive udgivet.

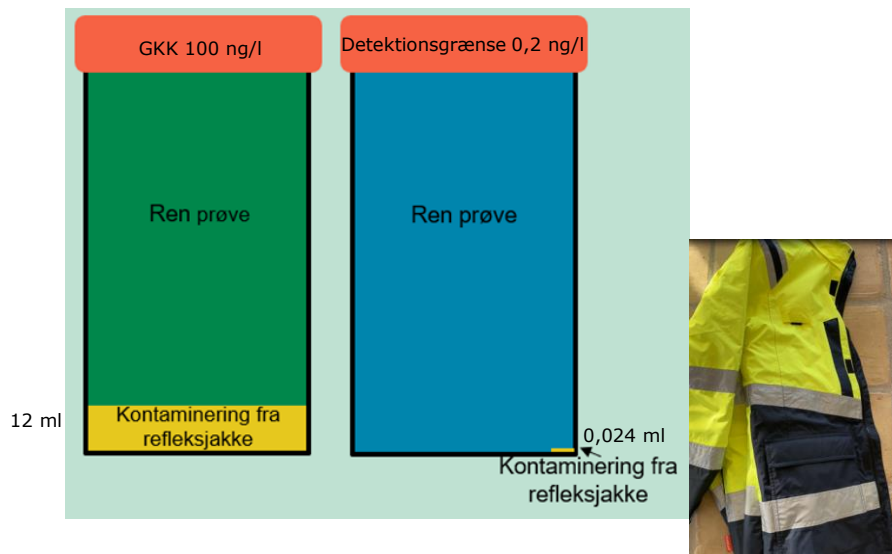


# Beregning af krydskontamineringsrisiko

## - Vandprøve til vandprøve

**Scenarie: Der drypper vand fra en refleksjakke (med PFAS) ned i en vandprøve (100 ml).**

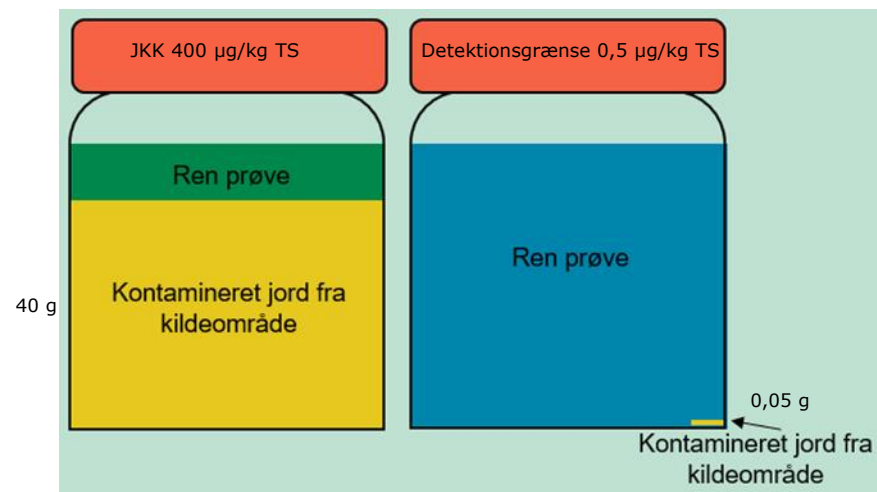
Hvor stor en volumen med en bestemt koncentration, skal tilføres en ren vandprøve før den samlede koncentration af prøven enten overskrider grundvandskvalitetskriterie (GKK 100 ng/l for  $\Sigma$  22 PFAS ) eller detektionsgrænsen (0,20 ng/l)?



## - Jordprøve til jordprøve

**Scenarie: Udstyr anvendt til jordprøvetagning i PFAS-forurenet jord rengøres ikke inden udstyret benyttes i et ikke-forurenet område.**

Hvor meget PFAS-forurenet jord på 500  $\mu\text{g}/\text{kg}$  TS, lidt over JKK på 400  $\mu\text{g}/\text{kg}$  TS  $\Sigma$  22 PFAS, skal der til før den samlede konc. af jordprøven (50 g) overskrider hhv. JKK eller detektionsgrænsen 0,5  $\mu\text{g}/\text{kg}$  TS?



# Beregning af kryds-kontamineringsrisiko - jordprøve til vandprøve

**TABEL 8.** I JAGG omregnes jordkoncentrationerne til vandkoncentration.

Stof	Vandkoncentration i ng/l
Kildekoncentration på 2,5 µg/kg TS (stærk forurenede jord)	
PFDODA	1,2
PFPeA	1.830
PFOS	139
PFOA	701
PFNA	310
PFHxS	790
Kildekoncentration på 2,5 ng/kg TS (detektionsgrænsen for jord)	
PFDODA	0,0012
PFPeA	1,8
PFOS	0,14
PFOA	0,70
PFNA	0,31
PFHxS	0,80

Der er stor **forskel på detektionsgrænserne for hhv. vand og jord**. Derfor er det interessant at undersøge hvad risikoen er for at forurene en grundvandsprøve med f.eks. kontamineret jord, der kan sidde på f.eks. boresnegl og komme i forbindelse med grundvandet ved filtersætning af boringen.

Til omregning af jordkoncentrationen til en vandkoncentration laves en **fugacitetsberegning i JAGG 2.1**. Der regnes med, at der overføres 5 g jord fra boresneglen/forerør. Opblandes i 4,7 l vand i filtret. Der antages det er sandmuld.

I regneeksemplet benyttes hhv. en kildekoncentration på 500 µg/kg TS, der svarer til forurenede jord over JKK (400 µg/kg TS) samt et indhold på 0,5 µg/kg svarende til detektionsgrænsen for PFAS i jord. Antages at hver af PFAS i PFAS4 udgør 25% hver bliver det følgende:

**Forurenede jord (500 µg/kg TS):** 104 ng/l PFAS  $\sum 4$  – dvs. 52 gange GKK (2 ng/l).

**Jord med indhold på detektionsgrænsen (0,5 µg/kg TS):** 0,1 ng/l for PFAS  $\sum 4$  - dvs. 20 gange under GKK (2 ng/l).

→ **Dvs. ren jord med indhold under JKK kan forurene en vandprøve.**

# Test af udstyr

- Undersøgelse af PFAS-afsmitning til vandfasen:

## Prøvetagningsudstyr/beklædning

**MP1 pumpe med kabel (brugt – rengjort)**

**Geo Duplo Plus pumpe med ledning (ny)**

**Eco Plus pumpe med ledning (ny)**

**Refleksjakke (Kansas arbejdsjakke) (ny)**

**LDPE-slange til MP1-pumpe (ny)**

**LDPE-slange til engangspumper (ny)**

**Nitrilhandsker cobalt basic-plus (ny)**

**Nitrilhandsker blue eco-plus (ny)**

**O-ring til PE rør og filtre (ny)**

**Teflon-gevindtape til samling af rør (ny)**



# Resultater - test af udstyr

Prøvetagningsudstyr	Sum af 4 PFAS [ng/l]	Sum af 22 PFAS [ng/l]
MP1 pumpe med kabel (brugt og rengjort)	i.p.	i.p.
Geo Duplo Plus pumpe med ledning (ny)	i.p.	i.p.
Eco Plus pumpe med ledning (ny)	i.p.	i.p.
Refleksjakke (Kansas) (ny)	1,8	820
LDPE-slange til MP1-pumpe (ny)	i.p.	i.p.
LDPE-slange til engangspumper (ny)	i.p.	i.p.
Nitril-handsker cobalt basic-plus (ny)	i.p.	i.p.
Nitril-handsker blue eco-plus (ny)	i.p.	i.p.
O-ring til PE rør og filtre (ny)	i.p.	i.p.
Teflon-gevindtape til rørsamling (ny)	35	39
<b>Grundvandskvalitetskriterium<sup>1</sup></b>	<b>2</b>	<b>100</b>

<sup>1</sup> Liste over kvalitetskriterier i relation til forurennet jord, Miljø- og Fødevareministeriet, Miljøstyrelsen, juli 2021



**8,2 gange GKK PFAS22**  
Særlig OBS ved regnvejr hvor regn kan dryppe fra beklædning til prøven



**17,5 gange GKK PFAS4**  
Undlad at benytte Teflon-gevindtape ved rørsamlinger



# Diverse udstyrstest udført af rådgivere

- Nitril-handsker – 4 test, flere typer testet – ikke påvist PFAS \*\*\*\*
- **Engangspumper** til vandprøver – 7 test, flere typer – påvist PFAS i 1 test \*\*\*\*
- **MP1-pumper**/komponenter herfra – påvist PFAS i 3 test \*\*\*\*
- PE-slanger til vandprøver – flere typer testet – ikke påvist PFAS \*\*\*\*
- **Pejl** – 3 test, nye og brugte – påvist PFAS i 1 test \*\*
- **Spande** – 7 test – påvist PFAS i 1 test \*\*\*\*
- **Labels** – 2 test – påvist PFAS i 1 test \*\*
- Poser – 2 test – ikke påvist PFAS \*\*
- **O-ring til rørsamling** – 3 test, flere typer – påvist PFAS i 1 test \*\*
- **Kniv/murske** – 2 test, påvist PFAS i 1 test \*\*
- **Kajakrør med gummiprop/gummiprop alene** – 2 test - påvist PFAS i 2 test \*\*
- **Regnjakke/refleksjakke** – 2 test – påvist PFAS i 2 test \*\*
- **Teflontape** – 1 test – påvist PFAS \*
- Regnbukser, rilsan-pose, geoteknik-pose, strips, feltnotepapir, kajakrør lille/stor og lang, sæbe samt transportkasse - 1 test – ikke påvist PFAS \*

\* Antal test udført \* Ikke påvist PFAS \* PFAS påvist over GKK eller detektionsgrænsen



# Diverse udstyrstest udført af rådgivere

## - Påvist sum 22 PFAS (ng/l)

- **Engangspumper** til vandprøver – 7 test, flere typer – påvist PFAS i 1 test **1,1 ng/l**
- **MP1-pumper**/komponenter herfra – påvist PFAS i 3 test **1,7-140 ng/l**
- **Pejl** – 3 test, nye og brugte – påvist PFAS i 1 test **3 ng/l**
- **Spande** – 7 test – påvist PFAS i 1 test **0,31 ng/l**
- **Labels** – 2 test – påvist PFAS i 1 test **15 ng/l**
- **O-ring til rørsamling** – 3 test, flere typer – påvist PFAS i 1 test **1,2 ng/l**
- **Kniv/murske** – 2 test, påvist PFAS i 1 test **0,2 ng/l**
- **Kajakrør med gummiprop/gummiprop alene** – 2 test - påvist PFAS i 2 test **1,1-2 ng/l**
- **Regnjakke/refleksjakke** – 2 test – påvist PFAS i 2 test – **3,9-820 ng/l**
- **Teflontape** – 1 test – påvist PFAS **39 ng/l**

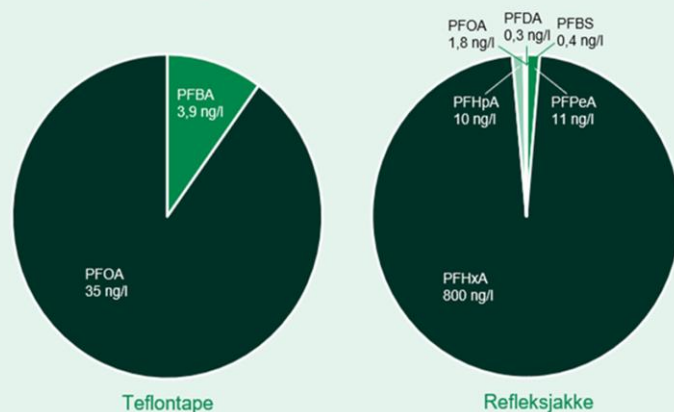
• Kender desværre ikke hvilke stoffer der er påvist, kun PFAS 22:

PFOA ved teflon-tape – anvendt ved gummi og plastindustri

PFHxA ved refleksjakke – anvendt ved tekstil og beklædningsindustri

### PFAS-fingerprint

Cirkeldiagrammene nedenfor viser koncentrationerne af de forskellige PFAS-forbindelser, der blev påvist i vandet fra teflontapen og refleksjakken.



# Konklusion på leverandør-henvendelser

- Seks leverandører er blevet kontaktet. Fire har vendt tilbage
- Typiske leverandører indenfor udstyr og arbejdstøj i Danmark
- De fleste oplyser at deres produkter iflg. varedeklARATIONER ikke indeholder PFAS
- Nogle har udført enkelte tests, men vurderer at det ikke udgør et videnskabeligt grundlag til at de kan bruge det.



# Hvad kan indeholde PFAS? - Hvad siger litteraturen?

Indeholder PFAS	Kan indeholde PFAS	PFAS-frit
PTFE (Teflon® og Hostaflon®) Anvendes f.eks. som belægning i slanger/tape til glideflader	Kosmetik, shampoo/balsam, myggespray og solcreme	HDPE Anvendes f.eks. i slanger, spande og beholdere
PVDF (Kynar®) Anvendes f.eks. i slanger, film/belægning på aluminium	Latex Anvendes f.eks. i handsker	PP Anvendes f.eks. i slanger og poser
PCTFE (Neoflon®) Anvendes f.eks. i ventiler, pakninger og fødevareremballage	Glas Anvendes f.eks. til prøvetagningsudstyr	Silikone Anvendes f.eks. i slanger
ETFE (Tefzel®) Anvendes f.eks. i ledningsisolering og foring til rør	Tyvek® Anvendes ofte i beskyttelsesdragter	Neopren Anvendes f.eks. til waders
FEP (Teflon® FEP og Hostaflon® FEP) Anvendes f.eks. i ledningsisolering, foring til rør og noget laboratorieudstyr	Polyurethane (PU) Anvendes f.eks. i beklædning	Rustfrit stål* Anvendes f.eks. i redskaber som tænger, sakse og boresnegl og forerør
Gore-Tex Anvendes f.eks. til beklædning	Post-it notes og labels	Gummi Anvendes f.eks. i beklædning og slanger
Skyllemiddel og pletfjernere	Nitril Anvendes til handsker	PVC Anvendes f.eks. i filterrør
	LDPE Anvendes f.eks. i flasker, plastikposer, spande, slanger og rør	Bentonit
	Aluminiumsfolie	

# Generelle anbefalinger

## - inden og under prøvetagningen

- 1) Områder med lavest koncentrationen af PFAS undersøges først – **undgå krydskontaminering mellem prøvepunkter.**
- 2) Udtag prøve til at vurdere den **diffuse PFAS-belastning** i området.
- 3) Udstyr skal rengøres i **PFAS-frit vand** inden prøvetagninger. PFAS-frit vand kan være drikkevand, der er testet jævnligt for PFAS – OBS på anvendelse af koblinger/slanger!
- 4) Vær opmærksom på at beklædning, værnemidler, kosmetik, shampoo, myggespray og solcreme kan indeholde PFAS – **ikke i direkte kontakt med prøven!**
- 5) Bær **nitril-handsker**, der skiftes mellem hver prøvetagning.
- 6) Brug **kun prøveemballage leveret af analyselaboratoriet.** Undgå overførsel fra en beholder til en anden, da PFAS adsorberer til mange materialer.
- 7) **Vejret noteres** – vigtigt hvis der regner – afsmitning fra tøj mv.
- 8) Overvej **kontrolprøver** til tjek af udstyr og kan analyseres såfremt der påvises PFAS i prøven.



- Udkast til procedurer er sendt rundt til kommentering ved alle regionerne, flere rådgivere, VMR og MST.

# Prøvetagningsprocedure: JORD

Direkte i kontakt med jordprøven		Indirekte i kontakt med jordprøven	
Boresnegl, håndbor, pælespade, karteringsspyd, golfsamler*	1, 3	Borejournal (alm. papir)	1
Forerør	3	Strips	1
Spartel/kniv	1, 3	Børste	3
Plastbeholder og pose til opbevaring af jordprøven rekvireret fra laboratorie	1	Spand	1, 3
Nitrilhandsker	1, 2	Hudplejeprodukter/kosmetik	2
		Beklædning	1, 2, 3
		Teflontape	1, 2, 3
		Tuscher og kuglepen	2, 3
		Køleelementer og -taske	2
		Labels og post-it notes	2, 3

Indeholder PFAS	Kan indeholde PFAS	PFAS-frit
-----------------	--------------------	-----------

**Øvrige prøvetagningsprocedurer for hhv. grundvand, overfladevand og luft ses i rapporten.**

## Overvej følgende:

- Jorden må ikke komme i kontakt med andet end rene nye handsker og kniv/metalspartel inden det kommer direkte i emballage.
- Ved blandeprøver kan jorden blandes i en spand, der er foret med PFAS-fri prøvetagningspose eller en PFAS-fri spand.
- Rækkefølgen for udførte boringer, prøveudtagninger noteres, så evt. krydskontaminering kan opspores
- Ekstra tiltag ved vertikal og horisontal afgrænsning af PFAS-forurening i jorden:
  - Rengør mellem hver prøve
  - Rengør snegl/forerør mellem hver boring
  - Kontrolprøver af skyllevand
- Udfyld checkliste - dokumentation

# Checkliste - eksempel

## Bilag 1. Checkliste – Jord

Sagsnavn:		Adresse:	
Sagsnr.:	Udført af:	Dato:	Boring nr./prøvepunkt:
Vejr (sne, regn, sol):			

Checklisten fungerer ved at, hvis der sættes kryds i en af boksene, kan der være en risiko for PFAS-krydskontaminering. Prøvetageren beskriver afvigelse og sammen med projektleder adresseres afkrydsningerne.

<p><b>Anvendt beklædning og sikkerhedsudstyr:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Regnjakke, <input type="checkbox"/> Regnbukser, <input type="checkbox"/> Sikkerhedssko, <input type="checkbox"/> Refleksjakke, <input type="checkbox"/> Refleksbukser</p> <p>Anden vandafvisende beklædning prøvetager har haft på: _____</p> <p><input type="checkbox"/> Prøvetager har ikke anvendt nye handsker mellem hver prøvetagning</p> <p><input type="checkbox"/> Prøvetager har brugt solcreme, håndcreme eller insektspray</p> <p><b>Kontrolprøve af udstyr (hvis relevant):</b></p> <p><input type="checkbox"/> Kontrolprøve af skyllevandet er ikke udtaget under prøvetagning</p> <p>Kontrolprøve af skyllevandet er udtaget som blandeprøve fra følgende udstyr: _____</p> <p><b>Rengøring af udstyr:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Udstyr er ikke rensset med PFAS-frit vand (angiv om det er alt udstyr eller enkelte): _____</p> <p>PFAS-frit vand til rensning af prøvetagningsudstyr er fra: _____</p>	<p><b>Anvendt udstyr i direkte kontakt med prøven:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Førerør, <input type="checkbox"/> Karteringsspyd, <input type="checkbox"/> Kniv, <input type="checkbox"/> Pælespade, <input type="checkbox"/> Håndbor, <input type="checkbox"/> Golfsamler, <input type="checkbox"/> Nitrilhandsker</p> <p>Andet: _____</p> <p><b>Øvrige registreringer:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Der er anvendt andre prøvebeholder/poser end de rekvirerede fra laboratorie</p> <p><input type="checkbox"/> Prøven har været overført mellem flere beholdere</p> <p><input type="checkbox"/> Vandtætte feltbøger, -papir eller flaskeemballage og skrivegenstande har været i kontakt med prøverne</p> <p><input type="checkbox"/> Plastikclipboards, Post-It Notes, labels eller plastikmapper har været i kontakt med prøverne</p>
Andre afvigelser, beskriv, tegn og forklar:	



# Er PFAS-krydskontaminering et reelt problem?

## Flere test af udstyr viser - der kan potentielt ske en afsmitning af PFAS ved prøvetagning

- OBS - test er dog udført på en måde så de afspejler et **worst-case** scenarie.

Hvis vi ser på alle PFAS analyser udført for regionerne frem til efteråret 2023:

- I **70% af alle jordprøver** (3.703 stk.) er der detekteret mindst en PFAS-forbindelse, og i **14%** af alle jordprøver er der en overskridelse af  $\Sigma 4$  PFAS-kriteriet.
- I **75% af alle vandprøver** (14.102 stk.) er der detekteret mindst en PFAS-forbindelse, og i **51%** af alle vandprøver er  $\Sigma 4$  PFAS-kriteriet overskredet.

**Rigtig mange prøver der detekteres mindst en PFAS-forbindelse** i både jord og vand, kan måske forklares med:

- a) Prøver udtages, hvor der forventes PFAS-forurening jf. branchebeskrivelser
- b) Diffus PFAS-belastning
- c) Krydskontaminering under prøvetagning

*Overvej konsekvens for **falsk positiv resultat ved krydskontaminering** – aftal nærmere vedr. foranstaltninger der er nævnt ift. begrænsning af krydskontaminering, f.eks. ekstra rengøring, kontrolprøver, anvende alternativ udstyr, der er PFAS-frit.*



Tak for  
opmærksomheden

# Spørgsmål?



Jette Kjøge Olsen  
Teamleder,  
Civilingeniør  
[JETK@ramboll.dk](mailto:JETK@ramboll.dk)  
Mobil: 51 61 24 06