



PFAS

Regionernes testgrund i Korsør – hvad ved vi nu og hvad i fremtiden?

Hvordan går det med udviklingen af nye undersøgelsesmetoder i PFAS sager?

v. Søren Dyreborg

PFAS- Testcenter i Korsør



- Problematikken med PFAS startede i 2020

- 2022 indgået et partnerskab bestående Slagelse kommune, RESC Korsør samt Region Sjælland.

- Indviet i maj 2023

Foto fra:
<https://www.miljoeogressourcer.dk/testsite/11>

PFAS- Testcenter i Korsør



Igangværende projekter

ARAGORN - Achieving Remediation And GOVERning Restoration of contaminated soils NOW



EU projekt: KU,
NIRAS, Eurofins

In-situ biotreatment for PFAS degradation in topsoil

P&T plant for management of PFAS contaminated surface water, runoff water and fire-training water

Ultraaqua A/S

Scenarios - beyond state of the art monitoring and remediation technologies

EU projekt: GEO

Treatment of drainwater using resins

Treatment of PFAS contaminated soil for recirculation of raw materials

Teknologisk institut

MST projekt (styret af Reg. H.) : Pilotforsøg med on-site rensning af PFAS forurennet jord

Termisk oprensning

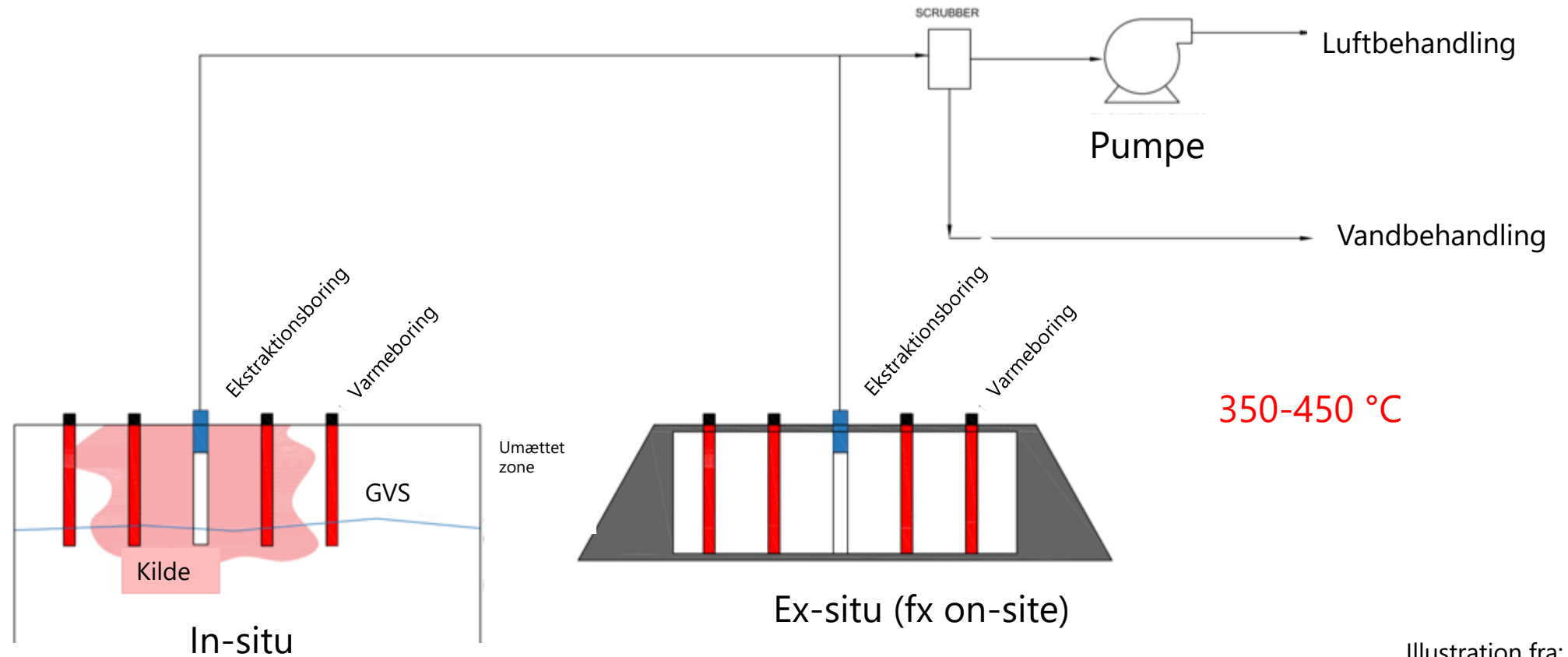
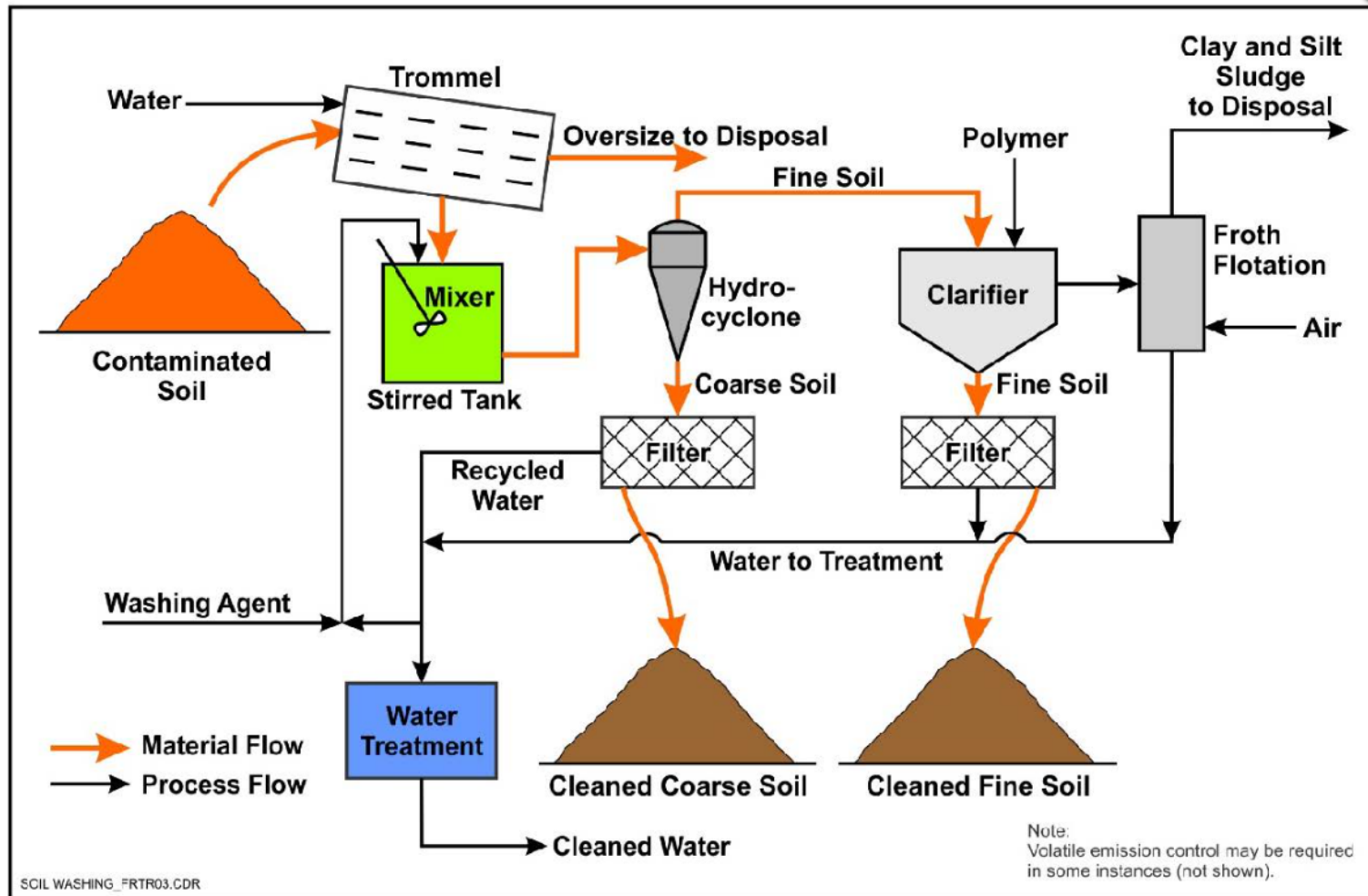


Illustration fra:

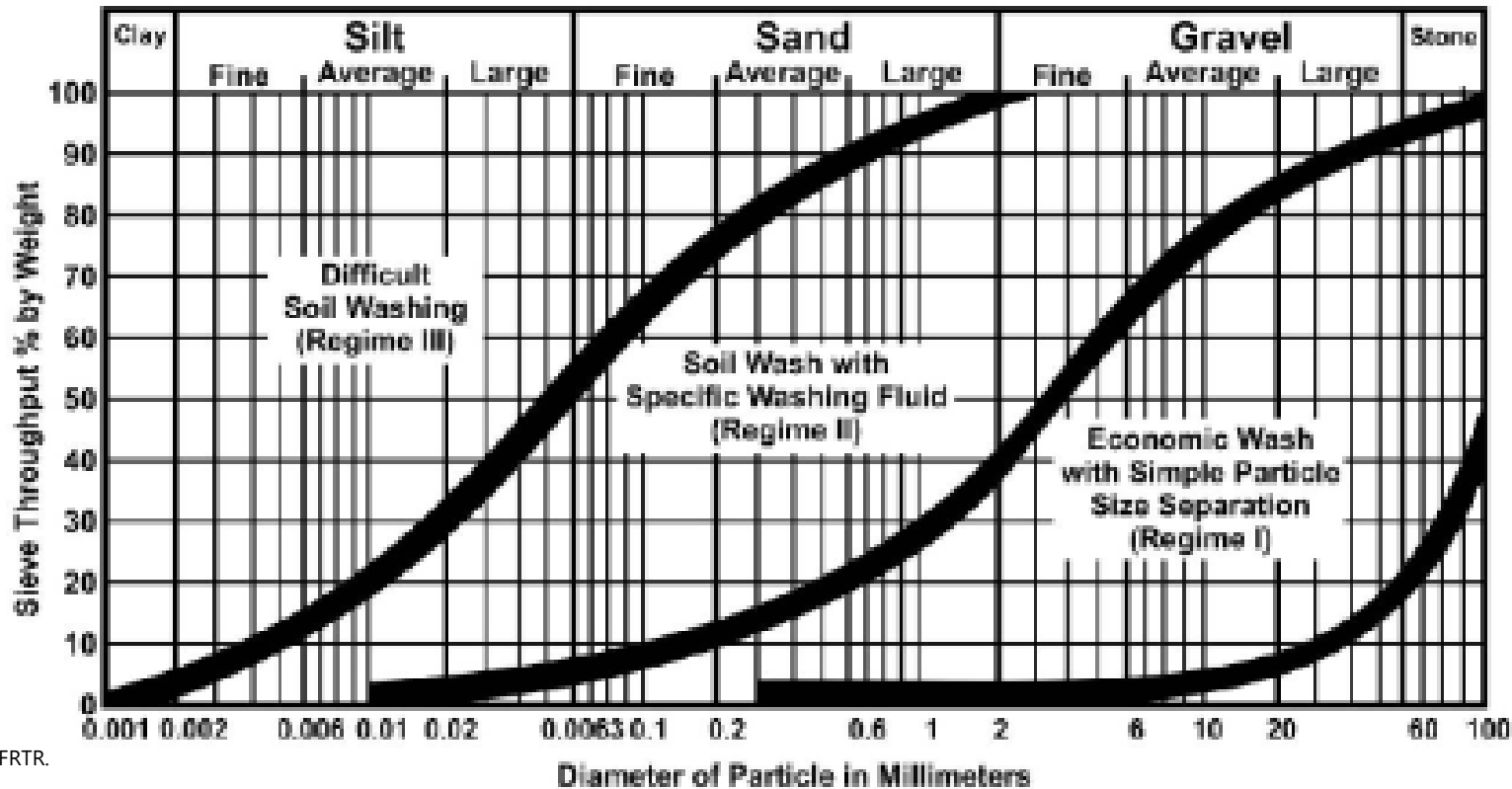


Jordvaskning



Fra FRTR.

Jordvaskning



Fra FRTR.

Source: Soil Washing Treatment EPA/540/G-99/17 (1990)

SOIL WASHING TREATMENT, FRTR/CEC

Erfaringer (Belgien):

- <math><40\%</math> organisk materiale samt <math><40\%</math> finkornet
- 95-98% effekt på den grovkornet materiale
- Finkornet materiale deponeres
- Vaskevand skal renses

PFAS- Testcenter i Korsør



Hvis du vil vide mere:

<https://www.regionsjaelland.dk/klima-og-miljoe/jordforurening/testgrunde-og-udviklingsprojekter/pfas-testcenter-paa-tidligere-korsoer-brandskole>

<https://www.miljoeogressourcer.dk/testsite/11>



Hvad har vi lært de sidste år mht. PFAS ?



“Standard analyser – før juni 2021”

	Før juni 2021	
PFOS (Perfluoroktansulfonsyre)	x	6 ng/l
PFOA (Perfluoroktansyre)	x	3 ng/l
PFHxS (Perfluorhexansulfonsyre)	x	
PFNA (Perfluornonansyre)	x	
PFBA (Perfluorbutansyre)	x	
PFPeA (Perfluorpentansyre)	x	
PFHxA (Perfluorhexansyre)	x	
PFHpA (Perfluorheptansyre)	x	
PFDA (Perfluordekansyre)	x	
PFBS (Perfluorbutansulfonsyre)	x	
PFOSA (Perfluoroktansulfonamid)	x	
6:2 FTS (Fluortelomersulfonat)	x	

Juli 2019 : Foreløbige drikkevandskriterier

Sum af 12 PFAS = 100 ng/l

> 10.000 forskellige PFAS



"Standard analyser – efter juni 2021"

	Før Juni 2021	Efter Juni 2021
PFOS (Perfluoroktansulfonsyre)	x	x
PFOA (Perfluoroktansyre)	x	x
PFHxS (Perfluorhexansulfonsyre)	x	x
PFNA (Perfluornonansyre)	x	x
PFDA (Perfluorbutansyre)	x	x
PFPeA (Perfluorpentansyre)	x	x
PFHxA (Perfluorhexansyre)	x	x
PFHpA (Perfluorheptansyre)	x	x
PFDA (Perfluordekansyre)	x	x
PFBS (Perfluorbutansulfonsyre)	x	x
PFOSA (Perfluoroktansulfonamid)	x	x
6:2 FTS (Fluortelomersulfonat)	x	x
PFUnDA (Perfluorundekansyre)		x
PFDoDA (Perfluordodekansyre)		x
PFHpS (Perfluorheptansulfonsyre)		x
PFDS (Perfluordekanesulfonsyre)		x
PFPeS (Perfluorpentansulfonsyre)		x
PFTTrDA (Perfluortridekansyre)		x
PFDoDS (Perfluordodekansulfonsyre)		x
PFNS (Perfluornonansulfonsyre)		x
PFTTrDS (Perfluortridekansulfonsyre)		x
PFUnDS (Perfluorundekansulfonsyre)		x

2 ng/l Drikkevandskriterium

Sum af 22 PFAS = 100 ng/l



"Standard analyser – 2024 - 24 PFAS"

	Før Juni 2021	Efter Juni 2021	2024
PFOS (Perfluoroktansulfonsyre)	x	x	x
PFOA (Perfluoroktansyre)	x	x	x
PFHxS (Perfluorhexansulfonsyre)	x	x	x
PFNA (Perfluornonansyre)	x	x	x
PFBA (Perfluorbutansyre)	x	x	x
PFPeA (Perfluorpentansyre)	x	x	x
PFHxA (Perfluorhexansyre)	x	x	x
PFHpA (Perfluorheptansyre)	x	x	x
PFDA (Perfluordekansyre)	x	x	x
PFBS (Perfluorbutansulfonsyre)	x	x	x
PFOSA (Perfluoroktansulfonamid)	x	x	
6:2 FTS (Fluortelomersulfonat)	x	x	
PFUnDA (Perfluorundekansyre)		x	x
PFDoDA (Perfluordodekansyre)		x	x
PFHpS (Perfluorheptansulfonsyre)		x	x
PFDS (Perfluordekanesulfonsyre)		x	x
PFPeS (Perfluorpentansulfonsyre)		x	x
PFTTrDA (Perfluortridekansyre)		x	x
PFDoDS (Perfluordodekansulfonsyre)		x	
PFNS (Perfluornonansulfonsyre)		x	
PFTTrDS (Perfluortridekansulfonsyre)		x	
PFUnDS (Perfluorundekansulfonsyre)		x	
PFHxDA (Perfluorhexadekansyre)			x
PFODA (Perfluoroktadekansyre)			x
PFTeDA (Perfluortetradekansyre)			x
6:2 FTOH (Fluorotelomer alcohol)			x
8:2 FTOH (8:2 Fluorotelomer alcohol)			x
ADONA (Dodecafluor-3H-4,8-dioxanonanoat)			x
C6O4			x
HFPO-DA (GenX)			x

PFOA
Ækvivalenter

https://mst.dk/media/4ito23o2/graen-sevaerdier-ved-miljoestyrelsen_11-04-2024.pdf



Vand – avanceret analyser – PFAS 35

Komponent	Enhed	B411B	B411	B404	B101
PFOS (Perfluoroktansulfonsyre)	ng/l	1.100	4,8	8,5	<10
PFOA (Perfluoroktansyre)	ng/l	260	8,8	8,7	20
PFHxS (Perfluorhexansulfonsyre)	ng/l	1.300	69	7,8	73
PFNA (Perfluorononansyre)	ng/l	<10	1,2	0,89	<10
PFBA (Perfluorbutansyre)	ng/l	100	86	14	340
PFPeA (Perfluorpentansyre)	ng/l	340	230	48	1.600
PFHxA (Perfluorhexansyre)	ng/l	200	150	29	770
PFHpA (Perfluorheptansyre)	ng/l	190	75	18	680
PFDA (Perfluordekansyre)	ng/l	<10	<0,30	<0,30	<10
PFBS (Perfluorbutansulfonsyre)	ng/l	42	37	24	17
PFOSA (Perfluoroktansulfonamid)	ng/l	<10	<0,30	<0,30	<10
6:2 FTS (Fluortelomersulfonat)	ng/l	<10	<0,30	<0,30	<10
PFUnDA (Perfluorundekansyre)	ng/l	<10	<0,30	<0,30	<10
PFDoDA (Perfluordodekansyre)	ng/l	<10	<0,30	<0,30	<10
PFHpS (Perfluorheptansulfonsyre)	ng/l	61	<0,30	<0,30	<10
PFDS (Perfluordekanesulfonsyre)	ng/l	<10	<0,30	<0,30	<10
PFPeS (Perfluorpentansulfonsyre)	ng/l	54	29	1,8	15
PFTTrDA (Perfluortridekansyre)	ng/l	<10	<1,0	<1,0	<10
PFDoDS (Perfluordodekansulfonsyre)	ng/l	<10	<1,0	<1,0	<10
PFNS (Perfluoronansulfonsyre)	ng/l	<10	<0,30	<0,30	<10
PFTTrDS (Perfluortridekansulfonsyre)	ng/l	<10	<0,30	<0,30	<10
PFUnDS (Perfluorundekansulfonsyre)	ng/l	<10	<0,30	<0,30	<10
HPFHpA (7H-perfluorheptansyre)	ng/l	<10	<0,30	<0,30	<10
P37DMOA (Perfluor-3,7-dimethyloktansyre)	ng/l	<1000	<2,0	<2,0	<1000
4:2 FTS (Fluortelomersulfonat)	ng/l	<10	<0,30	<0,30	<10
8:2 FTS (Fluortelomersulfonat)	ng/l	<20	<0,30	<0,30	<20
MeFOSA (N-methylperfluoroktansulfonamid)	ng/l	<10	<1,0	<1,0	<10
EtFOSA (N-ethylperfluoroktansulfonamid)	ng/l	<10	<1,0	<1,0	<10
FOSAA (Perfluoroktansulfonamid-eddikesyre)	ng/l	<10	<0,30	<0,30	<10
MeFOSAA (N-methylperfluoroktansulfonamid-eddikesyre)	ng/l	<10	<0,30	<0,30	<10
EtFOSAA (N-ethylperfluoroktansulfonamid-eddikesyre)	ng/l	<10	<0,30	<0,30	<10
MeFOSE (N-methylperfluoroktansulfonamid-ethanol)	ng/l	<10	<1,0	<1,0	<10
EtFOSE (N-ethylperfluoroktansulfonamid-ethanol)	ng/l	<10	<1,0	<1,0	<10
PFTeDA (Perfluortetradekansyre)	ng/l	<10	<1,0	<1,0	<10
PFHxDA (Perfluorhexadekansyre)	ng/l	<10	<0,30	<0,30	<10
Sum af 22 PFAS	ng/l	3.647	691	161	3.515
Sum af 35 PFAS	ng/l	3.647	691	161	3.515

PFAS 22

PFAS 35

Vand – avanceret analyser – TOP – PFAS 30



		R411B	R411	R404	R101
PFBA (Perfluorbutansyre)	ng/l	100	86	14	340
PFBA (TOP)	ng/l	160	120	18	300
PFBS (Perfluorbutansulfonsyre)	ng/l	42	37	24	17
PFBS (TOP)	ng/l	41	32	24	18
PFPeA (Perfluorpentansyre)	ng/l	340	230	48	1.600
PFPeA (TOP)	ng/l	380	320	48	1.400
PFHxA (Perfluorhexansyre)	ng/l	200	150	29	770
PFHxA (TOP)	ng/l	670	200	25	830
PFHxS (Perfluorhexansulfonsyre)	ng/l	1.300	69	7,8	73
PFHxS (TOP)	ng/l	1.100	53	7,6	57
PFHpA (Perfluorheptansyre)	ng/l	190	75	18	680
PFHpA (TOP)	ng/l	160	69	15	600
PFHpS (Perfluorheptansulfonsyre)	ng/l	61	<0,30	<0,30	<10
PFHpS (TOP)	ng/l	54	<0,30	<0,30	<10
PFOA (Perfluoroktansyre)	ng/l	260	8,8	8,7	20
PFOA (TOP)	ng/l	210	7,5	10	18
PFOS (Perfluoroktansulfonsyre)	ng/l	1.100	4,8	8,5	<10
PFOS (TOP)	ng/l	1.300	4,4	6,7	<10
6:2 FTS (Fluortelomersulfonat)	ng/l	<10	<0,30	<0,30	<10
6:2 FTS (TOP)	ng/l	<10	<0,30	<0,30	<10
PFNA (Perfluornonansyre)	ng/l	<10	1,2	0,89	<10
PFNA (TOP)	ng/l	<10	1	0,8	<10
PFHxDA (Perfluorhexadekansyre)	ng/l	<10	<0,30	<0,30	<10
PFHxDA (TOP)	ng/l	4,5	<0,30	<0,30	<10
Sum af 30 PFAS	ng/l	3.500	660	160	3.500
Sum af 30 PFAS (TOP)	ng/l	4.100	810	160	3.200

TOP = Total oxidable precursors = kraftig oxidation med persulfat af precursors

Udvalgte resultater:



Vand – avanceret analyser – AOF og fluorid

AOF = Adsorberbar Organisk Fluor

		B411B	B411	B404	B101
Sum af 22 PFAS	ng/l	3.647	691	161	3.515
AOF (Adsorberbar Organisk Fluor)	ng/l	8.000	<3.000	<3.000	3.000
Fluorid	mg/l	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0

Vand – avanceret analyser – Ultra korte PFAS



		B411B	B411	B404	B101
TFA (Trifluoreddikesyre)	ng/l	570	230	370	340
PFPPrA (Perfluoropropionic acid)	ng/l	54	73	21	160
TFMS (Trifluormethansulfonsyre)	ng/l	8,9	1	33	<1
PFEtS (Perfluoroethanesulfonic acid)	ng/l	<3	<3	<3	<3
PFPPrS (Perfluorpropionsulfonat)	ng/l	<3	<3	<3	<3
Sum af 22 PFAS	ng/l	3.647	691	161	3.515

Trifluoreddikesyre

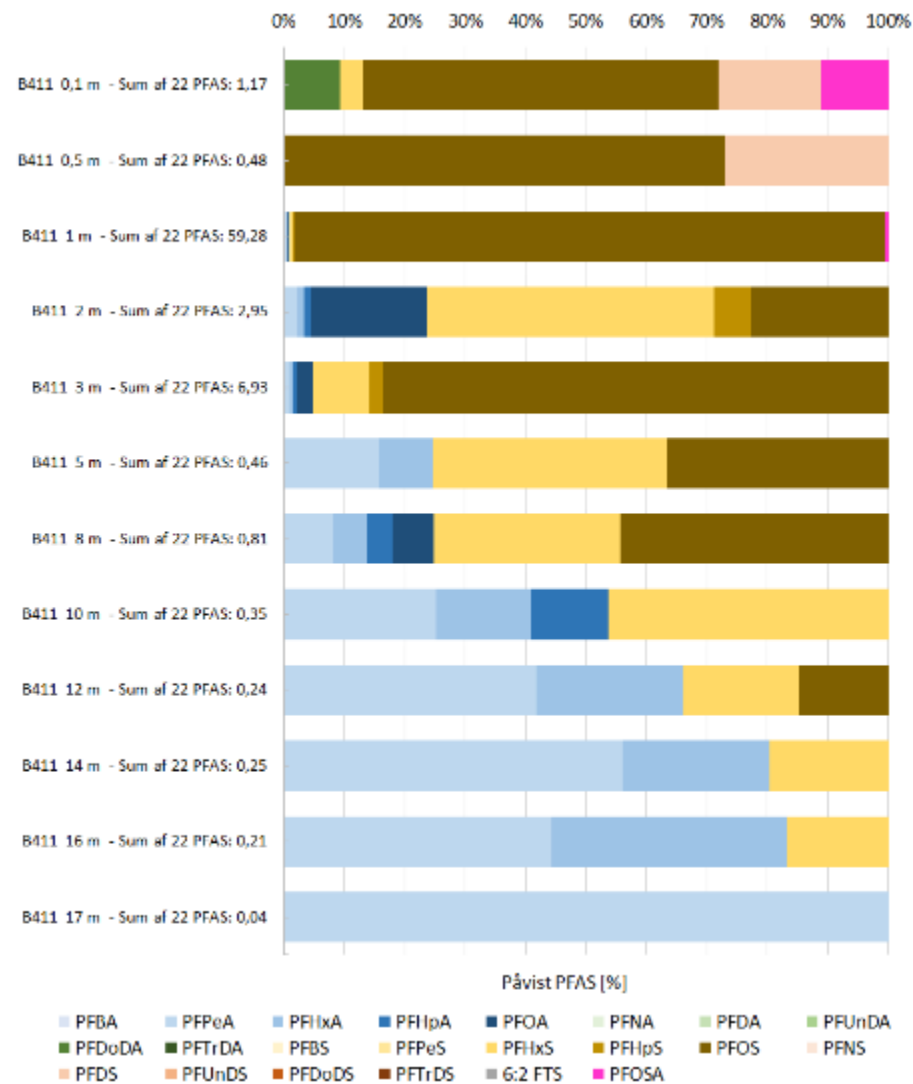
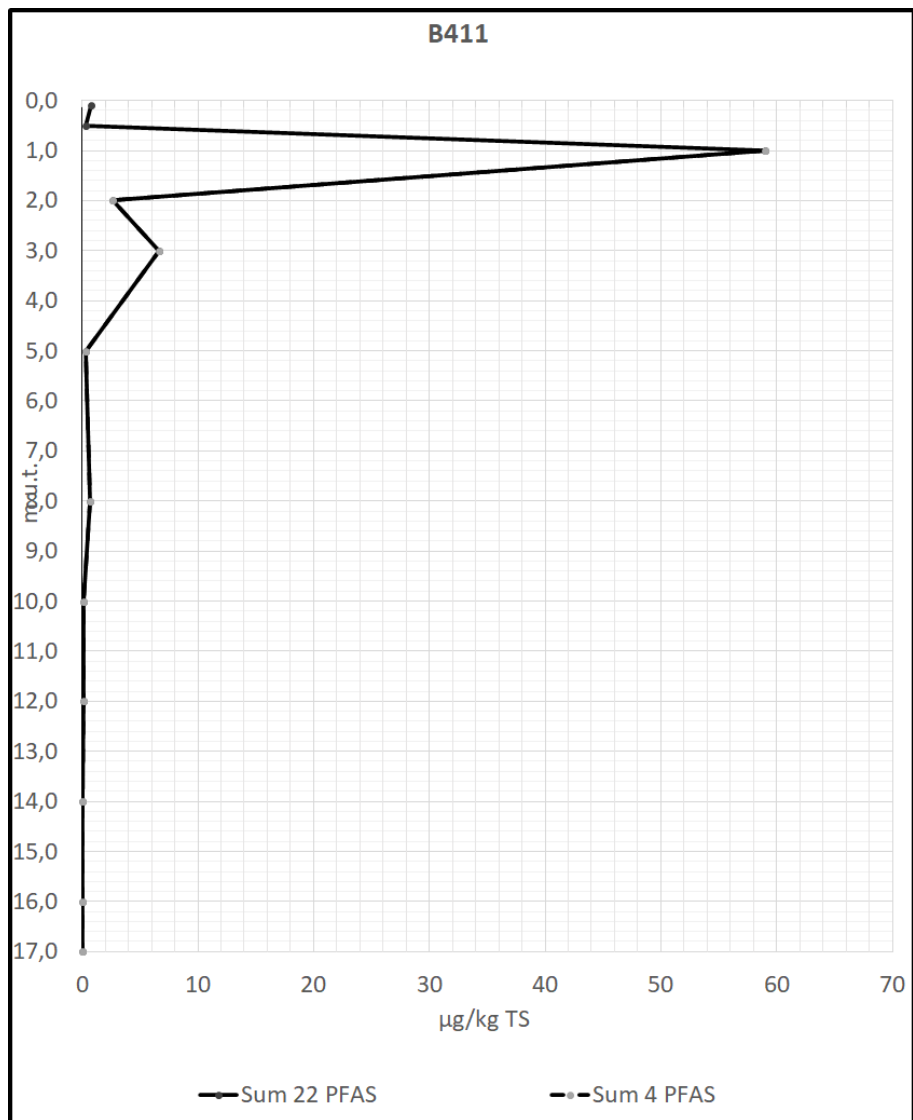




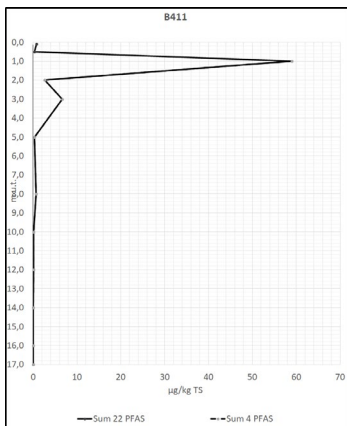
Vand – opsummering

- Vi kommer til at måle for flere PFAS end i dag
 - Skal overveje, hvad og hvorfor
- Hvad med precursorer ? Er TOP analysen svaret ?
- Kommer der en metode, som kan måle for "total PFAS" ?
 - Og skal TFA så være med ?
- AOF – kan afsløre ukendte PFAS - måske
- Fluorid – kan ikke anvendes pt. pga. høje detektionsgrænser
- Ultra korte PFAS – hvad med dem ?

Jordforureninger



Jordforureninger - Ekstraherbar Organisk Flour



		B411/0,5	B411/1	B411/10
PFBA (Perfluorbutansyre)	µg/kg ts.	<0,10	<0,10	<0,10
PFBS (Perfluorbutansulfonsyre)	µg/kg ts.	<0,030	<0,030	<0,030
PFPeA (Perfluorpentansyre)	µg/kg ts.	<0,030	0,26	0,087
PFPeS (Perfluorpentansulfonsyre)	µg/kg ts.	<0,10	<0,10	<0,10
PFHxA (Perfluorhexansyre)	µg/kg ts.	<0,030	0,079	0,054
PFHxS (Perfluorhexansulfonsyre)	µg/kg ts.	<0,030	0,35	0,16
PFHpA (Perfluorheptansyre)	µg/kg ts.	<0,030	0,068	0,044
PFHpS (Perfluorheptansulfonsyre)	µg/kg ts.	<0,030	0,079	<0,030
PFOA (Perfluoroktansyre)	µg/kg ts.	<0,030	0,091	<0,030
PFOS (Perfluoroktansulfonsyre)	µg/kg ts.	0,35	58	<0,030
6:2 FTS (Fluortelomersulfonat)	µg/kg ts.	<0,030	<0,030	<0,030
PFOSA (Perfluoroktansulfonamid)	µg/kg ts.	<0,10	0,24	<0,10
PFNA (Perfluornonansyre)	µg/kg ts.	<0,030	0,11	<0,030
PFNS (Perfluornonansulfonsyre)	µg/kg ts.	<0,20	<0,20	<0,20
PFDA (Perfluordekansyre)	µg/kg ts.	<0,10	<0,10	<0,10
PFDS (Perfluordekansulfonsyre)	µg/kg ts.	0,13	<0,030	<0,030
PFUnDA (Perfluorundekansyre)	µg/kg ts.	<0,10	<0,10	<0,10
PFUnDS (Perfluorundekansulfonsyre)	µg/kg ts.	<1,0	<1,0	<1,0
PFDoDA (Perfluordodekansyre)	µg/kg ts.	<0,10	<0,10	<0,10
PFDoDS (Perfluordodekansulfonsyre)	µg/kg ts.	<1,0	<1,0	<1,0
PFTTrDA (Perfluortridekansyre)	µg/kg ts.	<0,10	<0,10	<0,10
PFTTrDS (Perfluortridekansulfonsyre)	µg/kg ts.	<1,0	<1,0	<1,0
Sum af 22 PFAS	µg/kg ts.	0,48	59	0,35
Ekstraherbar Organisk Flour	µg F/kg ts.	7200	4350	3950

Jordforureninger - udvaskningstest



Prøve A	
	µg/kg TS
PFHxA	<0,500
PFHpA	<0,500
PFOA	<0,500
PFNA	<0,500
PFBS	<0,500
PFHxS	<0,500
PFOS	0,584
PFOSA	<0,500
PFBA	<0,500
PFPeA	<0,500
PFDA	<0,500
6:2 FTS	<0,500
Sum PFAS	0,584

Jordforureninger - udvaskningstest



	Prøve A		Prøve B	
	µg/kg TS	µg/l	µg/kg TS	µg/l
PFHxA	<0,500	<0,0050	<0,500	0,0098
PFHpA	<0,500	<0,0010	<0,500	0,01
PFOA	<0,500	0,0036	<0,500	0,047
PFNA	<0,500	<0,0010	<0,500	<0,0010
PFBS	<0,500	<0,0010	<0,500	0,0019
PFHxS	<0,500	0,0038	<0,500	0,15
PFOS	0,584	0,18	<0,500	0,068
PFOSA	<0,500	0,0063	<0,500	<0,0010
PFBA	<0,500	<0,0010	<0,500	<0,0010
PFPeA	<0,500	<0,0050	<0,500	<0,0050
PFDA	<0,500	<0,0010	<0,500	<0,0010
6:2 FTS	<0,500	<0,0010	<0,500	<0,0010
Sum PFAS	0,584	0,19	i.p.	0,29

Jordforureninger - udvaskningstest



Forsøg:
10 prøver
Homogenisering

Jord

Udvaskningstest
(L:S 2:1), måling på
eluat

PFAS	Påvist i antal jordprøver	Påvist i antal eluatprøver
PFBA	4	10
PFBS	0	5
PFPeA	10	10
PFPeS	0	4
PFHxA	10	10
PFHxS	6	10
PFHpA	10	10
PFHpS	3	6
PFOA	9	10
PFOS	8	10
6:2 FTS	7	10
PFOSA	2	6
PFNA	7	9
PFNS	0	1
PFDA	6	7
PFDS	2	0
PFUnDA	1	3
PFUnDS	0	0
PFDoDA	1	2
PFDoDS	0	0
PFTTrDA	0	0
PFTTrDS	0	0

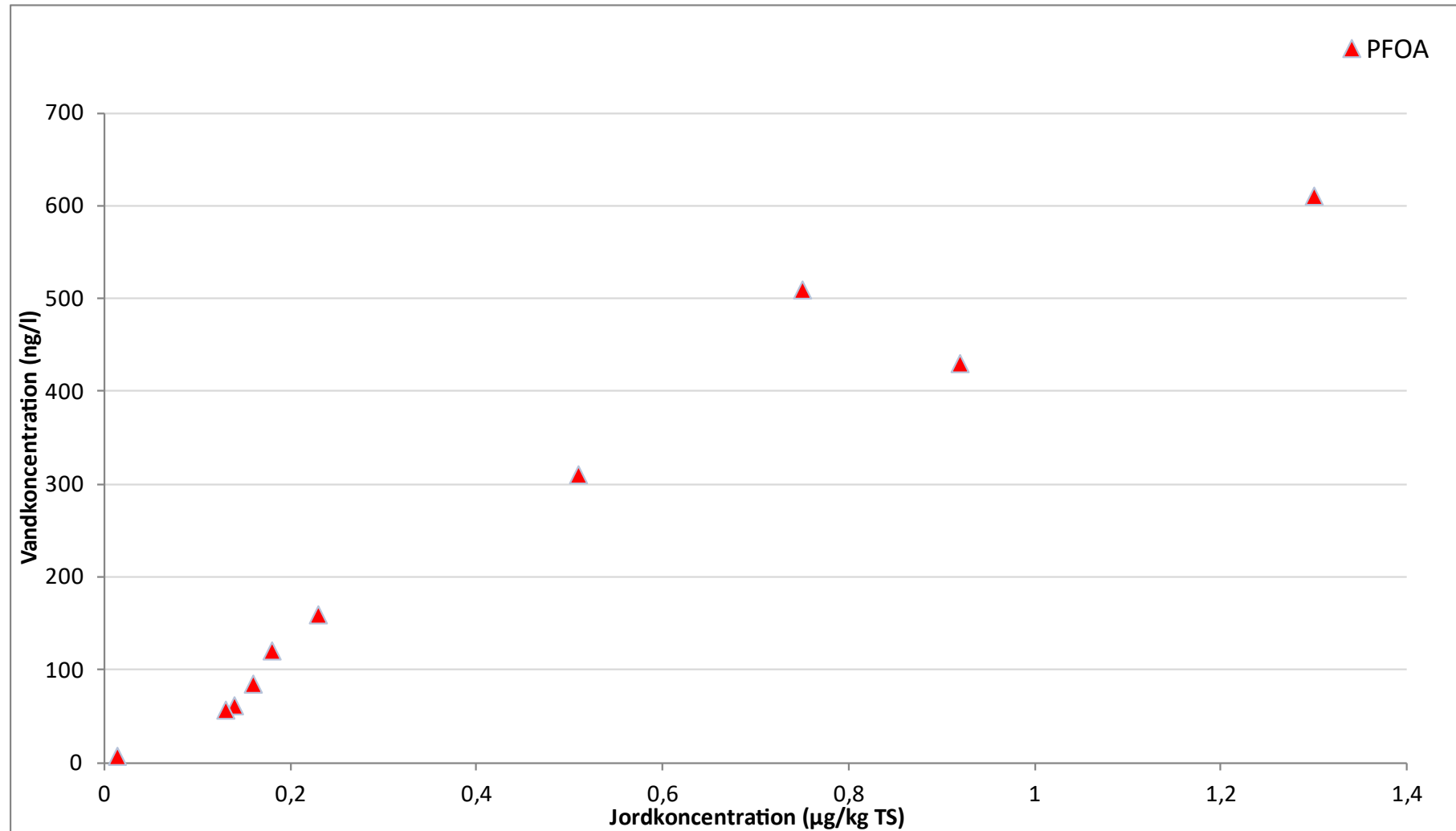
Jordforureninger - udvaskningstest



PFAS	Påvist i antal prøver	Laveste koncentration (ng/l)	Højeste koncentration (ng/l)
PFBA	10	21	140
PFBS	5	0,4	4,0
PFPeA	10	53	660
PFPeS	4	0,4	15
PFHxA	10	34	360
PFHxS	10	3,1	820
PFHpA	10	36	490
PFHpS	6	1,1	44
PFOA	10	7,4	610
PFOS	10	26	25.000
6:2 FTS	10	4	2.000
PFOSA	6	0,4	160
PFNA	9	2,1	240
PFNS	1	1,2	1,2
PFDA	7	0,68	70
PFDS	0	i.p.	i.p.
PFUnDA	3	4,4	6,2
PFUnDS	0	i.p.	i.p.
PFDoDA	2	0,5	0,58

NIRAS - Søren Lyrebørg

Jordforureninger - udvaskningstest





Jord – opsummering

- Vi påviser generelt lave koncentrationer
- Og i topjorden (0-10 cm) findes generelt ofte et indhold
- Detektionsgrænserne kan være et problem.
- EOF kan ikke anvendes p.t.
- Er udvaskningstest vejen frem ?



For yderligere spørgsmål:

Søren Dyreborg
sdg@niras.dk

+ 45 60 40 91 67

