

Undersøgelse af sammenhørende koncentrationer for PFAS i jord og porevand sammenholdt med koncentrationer fra udvaskningstest og grundvandsprøver

Søren Dyreborg, NIRAS



Projektgruppe :



Jannick Kolbjørn Jensen
Lotte Kjær Nielsen
Arne Rokkjær
Nina Tuxen
(Gustav Skak Schøller)



BEREDSKABSSTYRELSEN HOVEDSTADEN
Martin Kobbro Madsen

NIRAS

Søren Dyreborg (PL)
Freja Rebecca Johansen
Helene Draborg
Anders G. Christensen
Therese Elouise Lyng Petersen
+ mange andre 😊

NIRAS



Dagsorden

Baggrund og formål

Kort introduktion til lokaliteten

Undersøglesaktiviteter (jord – udvaskningsforsøg –
porevand - grundvand)

Resultater

Opsummering

Baggrund og formål

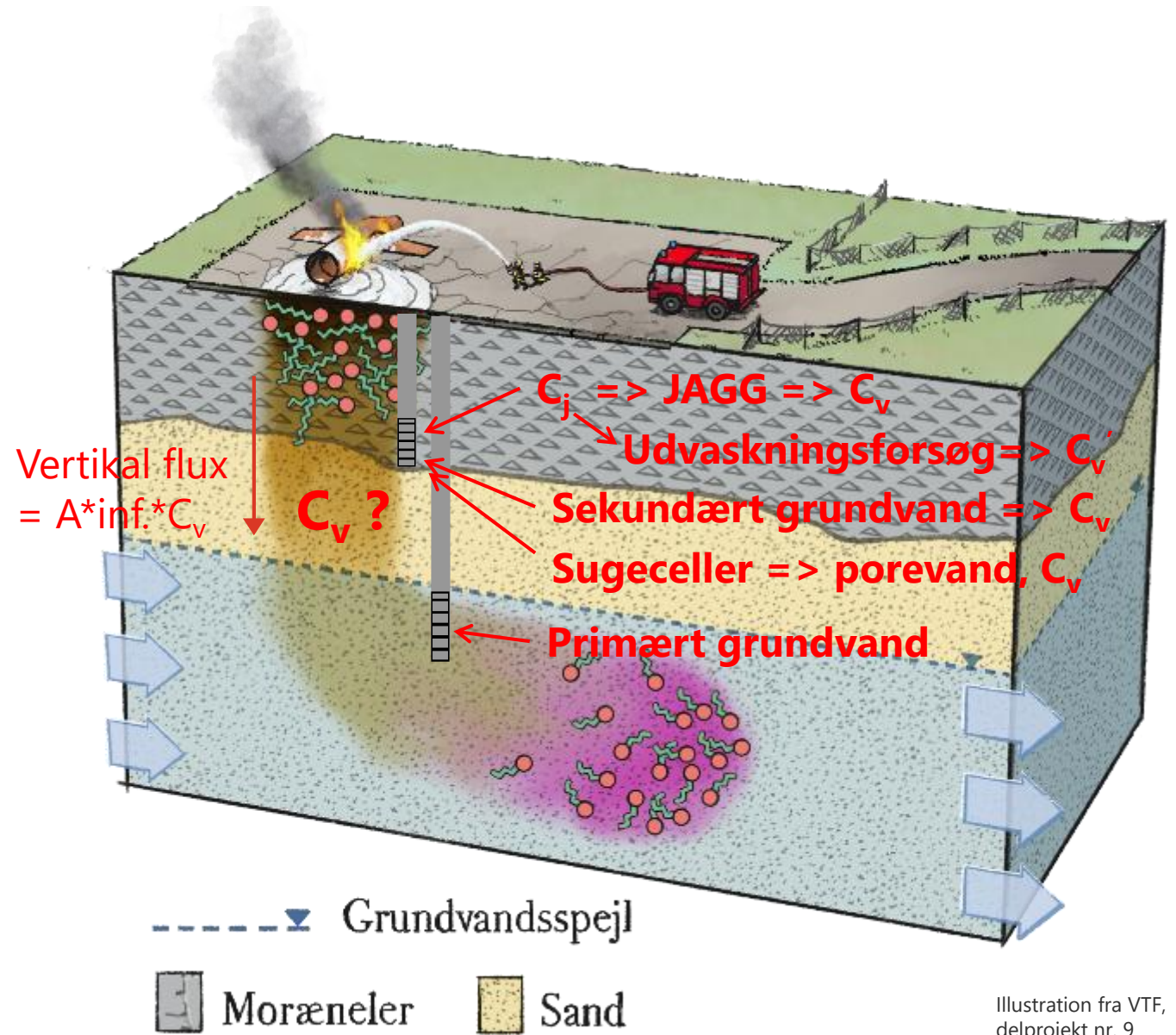
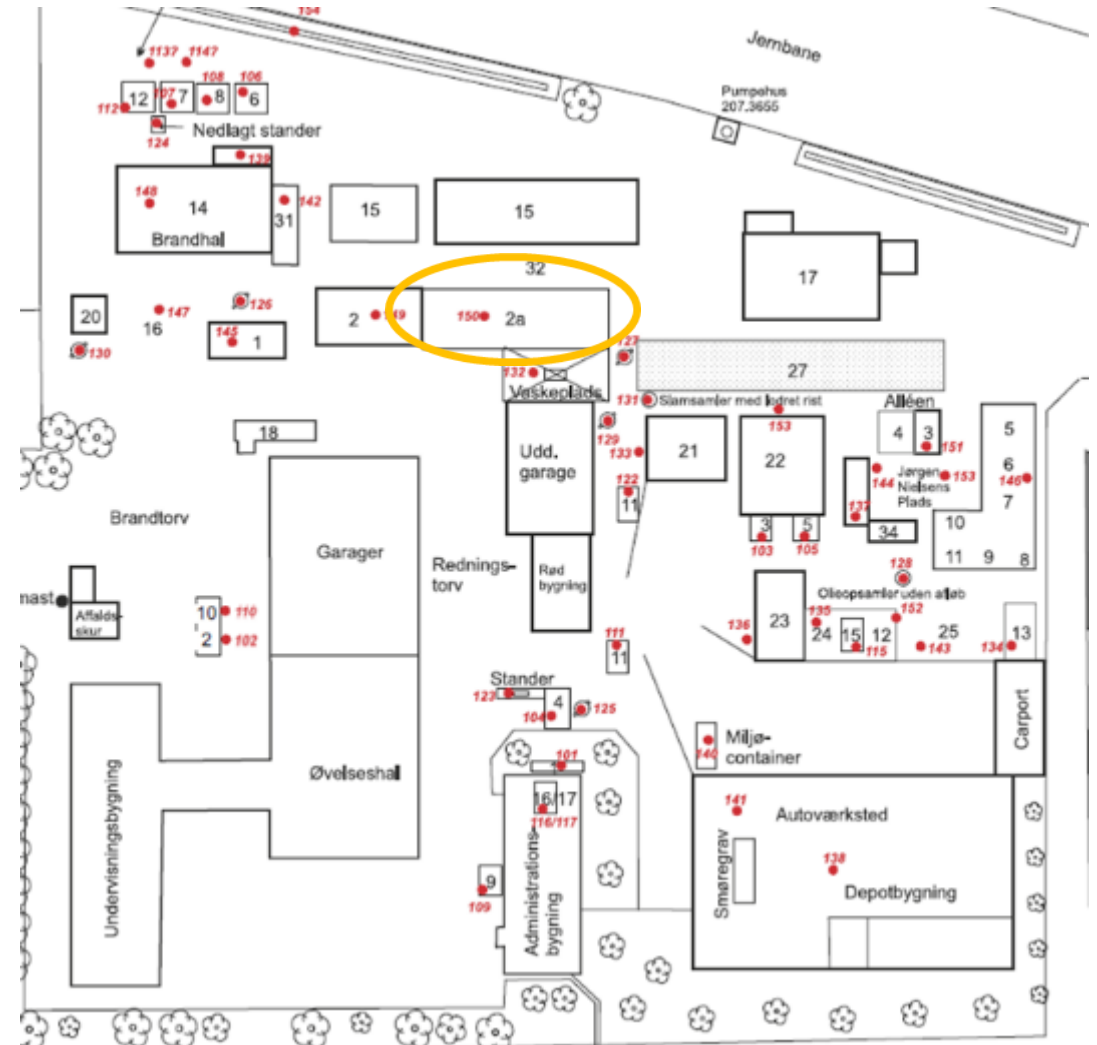


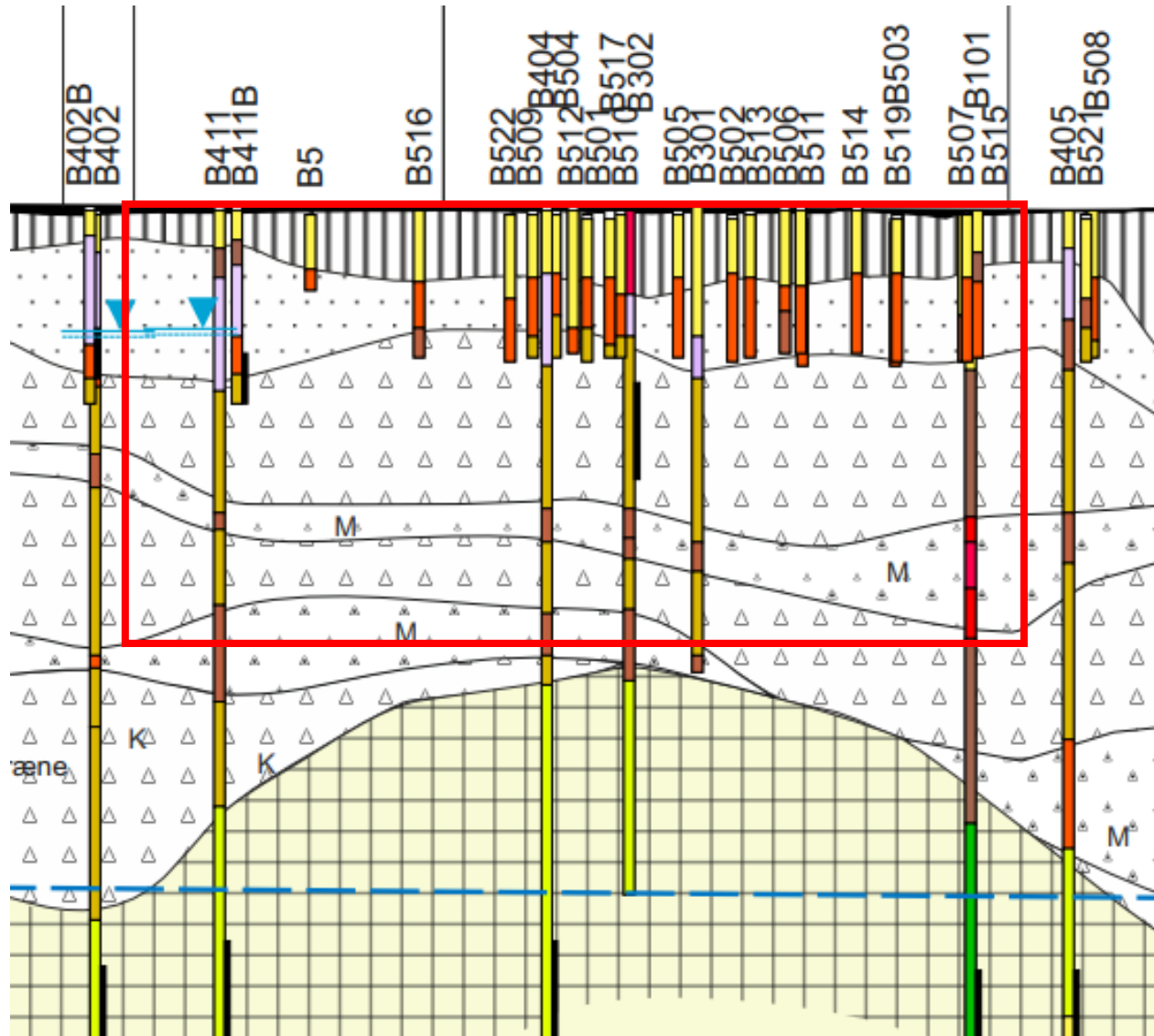
Illustration fra VTF,
delprojekt nr. 9

Introduktion til lokaliteten

- Ejendommen har siden 1969 været anvendt til forskellige brand- og redningsøvelser, og er stadig i aktiv drift
- I 2013 kom den første indikation på PFAS
- "Hovedkildeområdet er brandøvelsespladsen"
- I 2023 overtog Region Hovedstaden ansvaret for undersøgelserne
- Risiko objekt
 - OSD og indvindingsopland til flere forskellige vandværker



Geologi og hydrogeologi



- Fyld 2-3 m
- Vekslede lag af sand, moræneler, morænesand
- Herefter kalk
- Terrænnært grundvand (ca. 3-4 m u.t.)
- Primært grundvand (ca. 14-15 m u.t.)

- Fokus på den umættede zone



Udførte undersøgelser på og omkring lokaliteten

Aktiviteter:

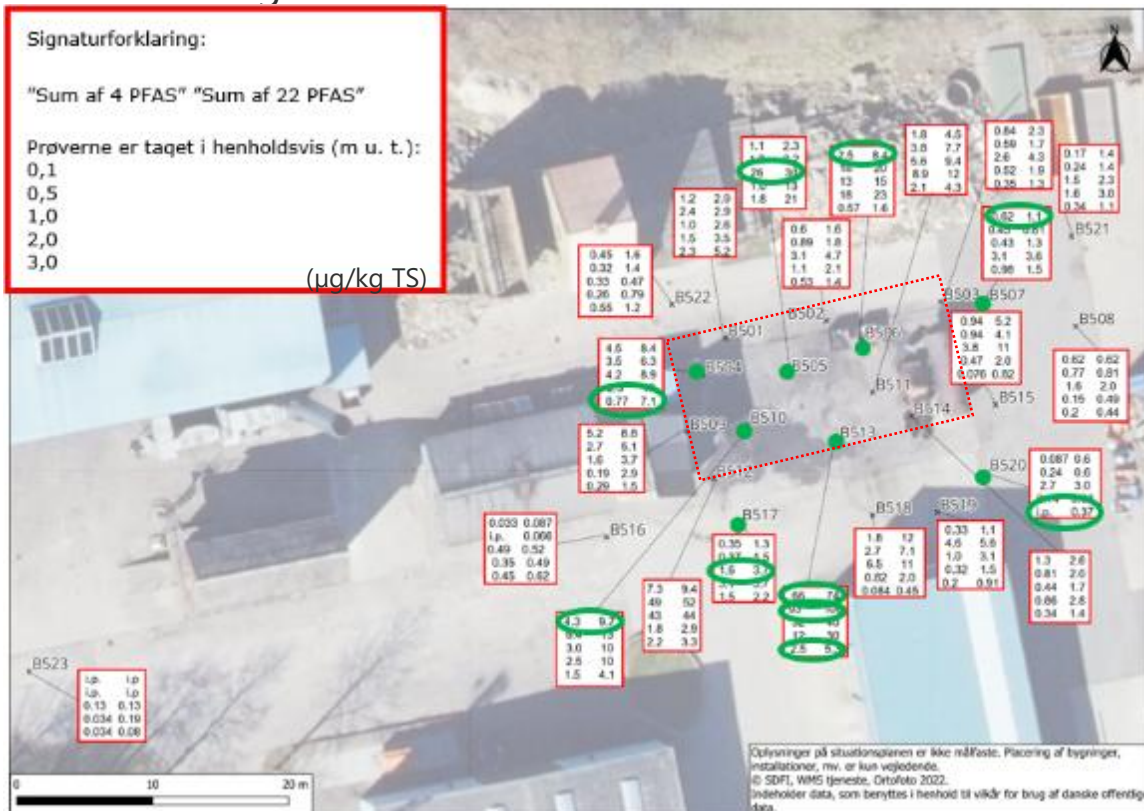
- Overfladejordprøver
- Boringer
- Grundvandsprøver
- Sugeceller
- TV inspektion
- Sporstofforsøg
- ...



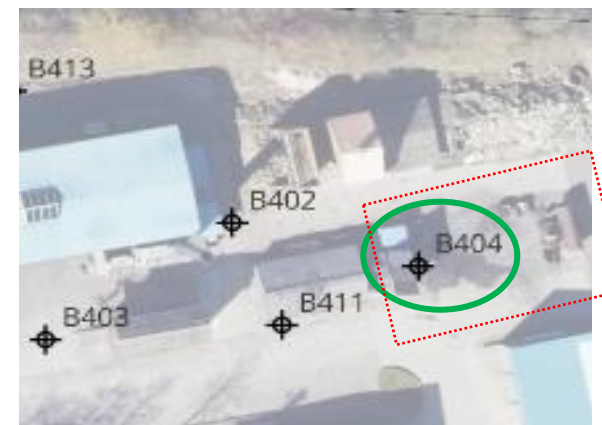
Udvalgte udførte undersøgelser på og ved brandøvelsespladsen

Jordprøver og udvaskningsforsøg

B5XX - boringer til 3 m u.t.



Dybere boringer (fx **B404** til 17 m u.t.)



Udvaskningsforsøg, Batch



L:S 2:1

- Udvaskningsforsøg i jordprøver fra udvalgte boringer
 - Korte boringer : B504, B505, B506, B507, B510, B513, B517, B520 (10 prøver)
 - Dyb boring : **B404** (11 prøver), 4 andre andre

Udvalgte udførte undersøgelser på og ved brandøvelsespladsen

Grundvand og porevand (sugeceller)

- Terrænnært grundvand udtaget i B411B
- Primært grundvand udtaget i B404 og B411
- Porevandprøver udtaget i sugeceller
 - BRCS1 ved boring B404 – 4 dybder
 - BRCS2 ved boring B513 – 3 dybder
 - BRCS3 ved boring B411 – 4 dybder

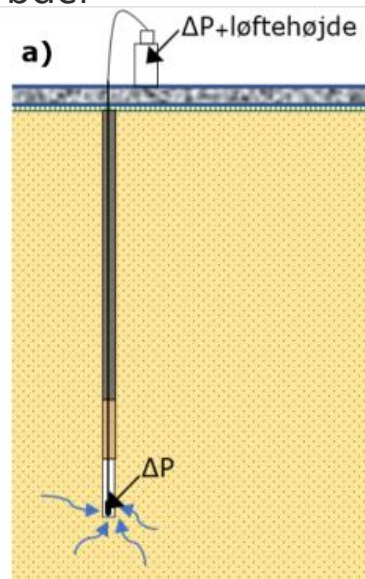
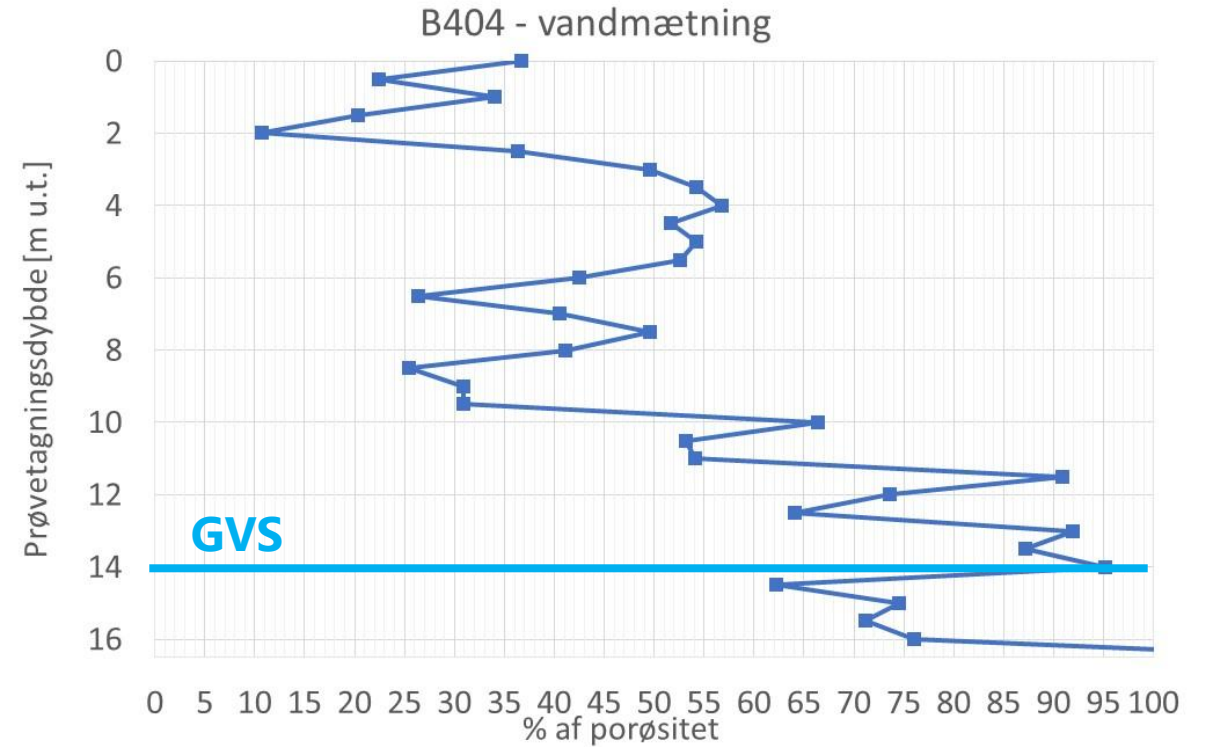
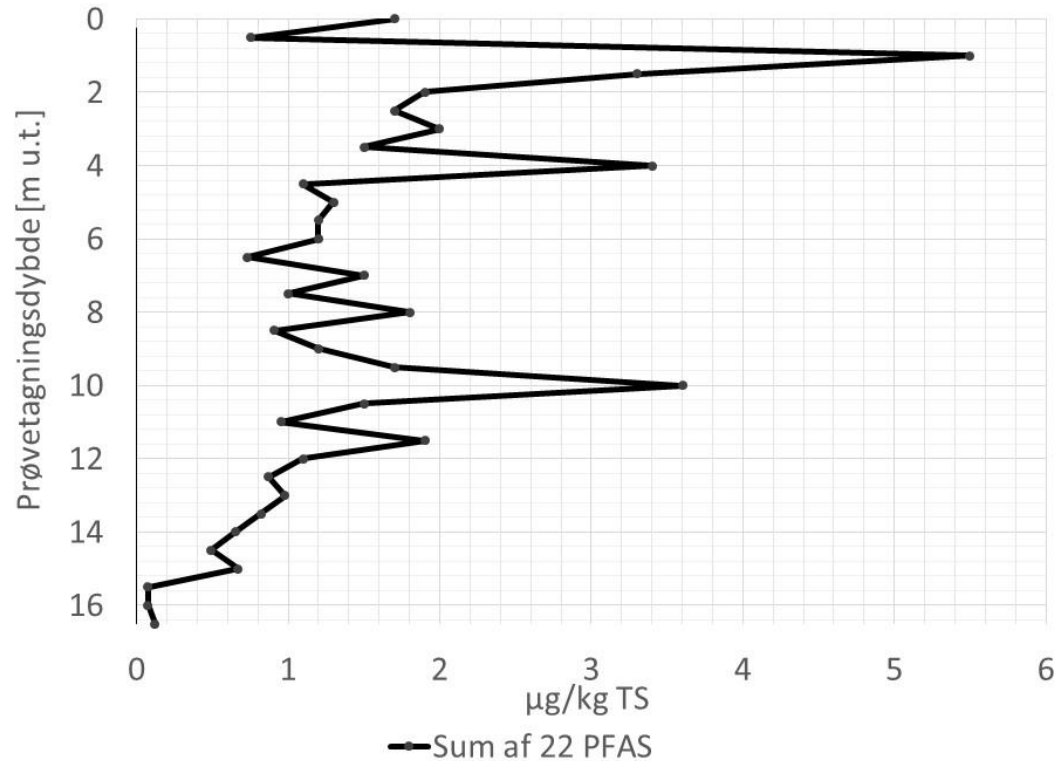


Illustration fra Miljøprojekt
nr. 2294, 2025

Resultater – jordprøver fra B404



- Højeste koncentrationer af PFAS i topjorden
- Falder med dybden
- Dog forholdsvis lave koncentrationer i jorden

Resultater – jordprøver fra B404 - fingeraftryk

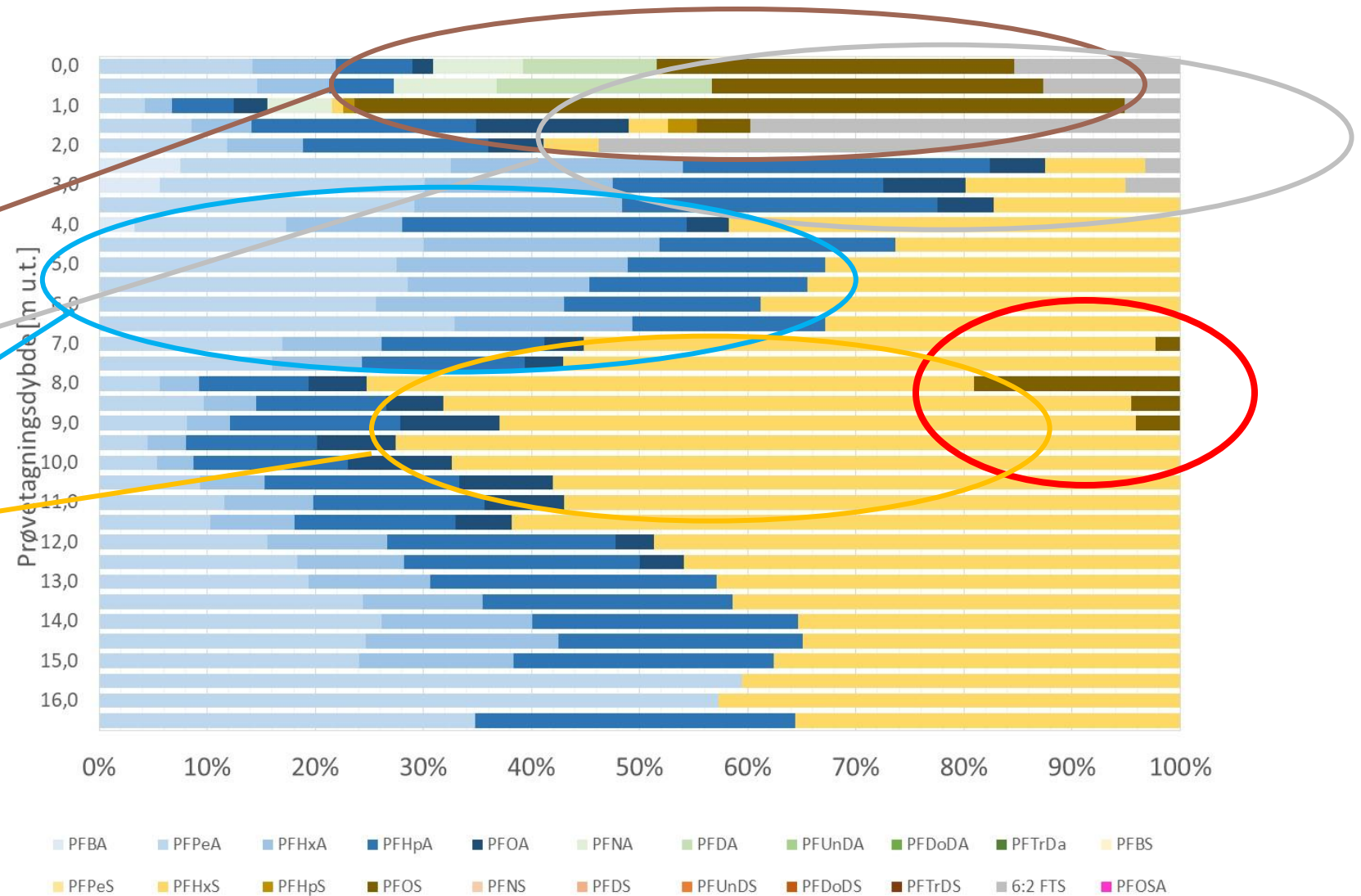
Tydelig chromatografering af PFAS

PFOS (brun) dominerende i topjorden (0-2 m)

6:2 FTS (grå) dominerende i 0-3 m dybde

PFAS carboxylsyrer (blå) og PFHxS (gul, sulfonsyre) i dybden

Spændende:
PFOS : 7-9 m u.t. (men også PFOA)



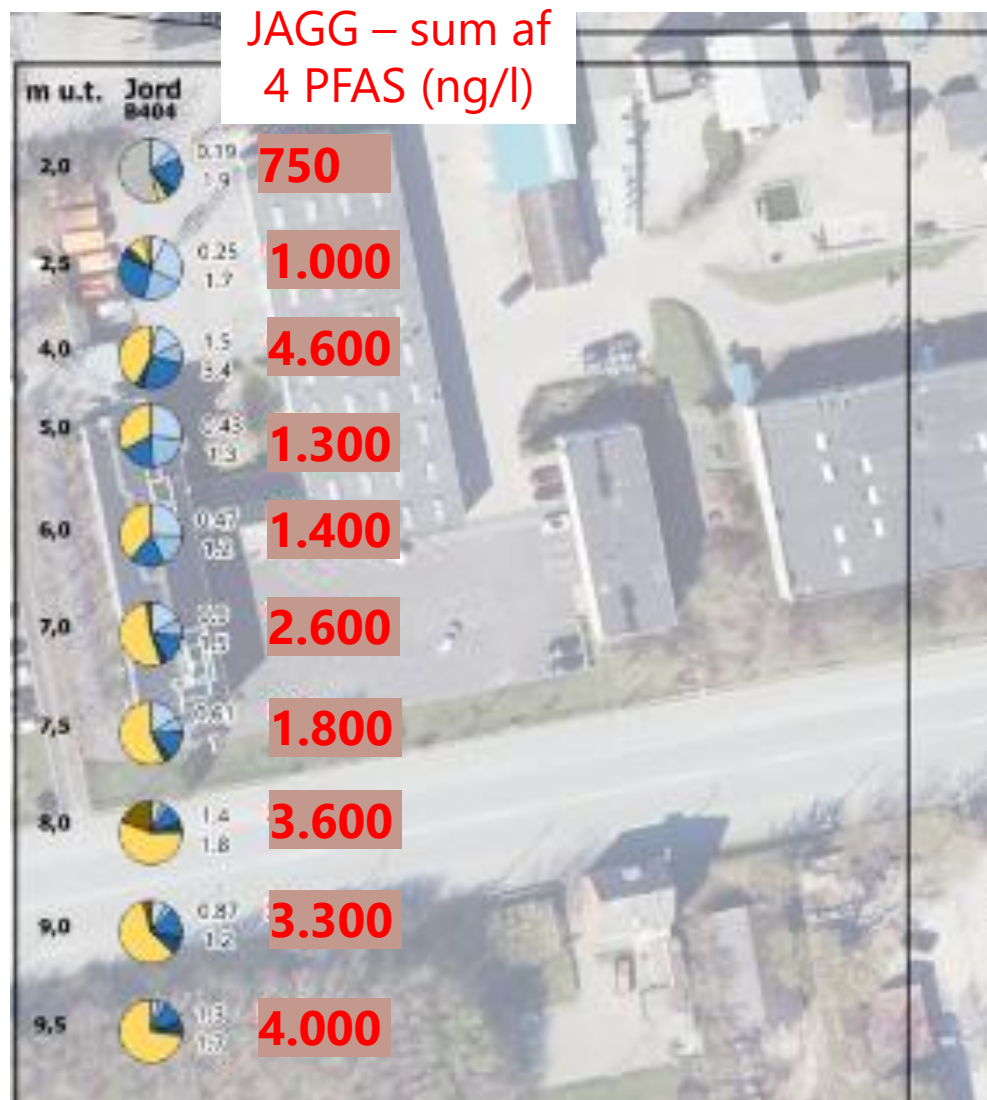
Resultater – jordprøver fra B404 – Beregninger med JAGG

Forudsætninger: Observeret jordtype samt standard parametre i JAGG (foc=0,1%,typisk)

JAGG giver høje koncentrationer i vandet

Overskridelser af grundvandskvalitetskriteriet for sum af 4 PFAS i grundvand for alle jordprøver

Lave koncentrationer i jord giver overskridelser af grundvandskvalitetskriteriet i vandet



Dybde	Jord (µg/kg TS)	JAGG (ng/l)
2,0	0,19	750
2,5	0,25	1.000
4,0	1,50	4.600
5,0	0,43	1.300
6,0	0,47	1.400
7,0	0,90	2.600
7,5	0,61	1.800
8,0	1,40	3.600
9,0	0,87	3.300
9,5	1,30	4.000

Sum af 4 PFAS (jord/vand)

Resultater – jordprøver fra B404 – udvaskningsforsøg (eluat – sum af 4 PFAS)

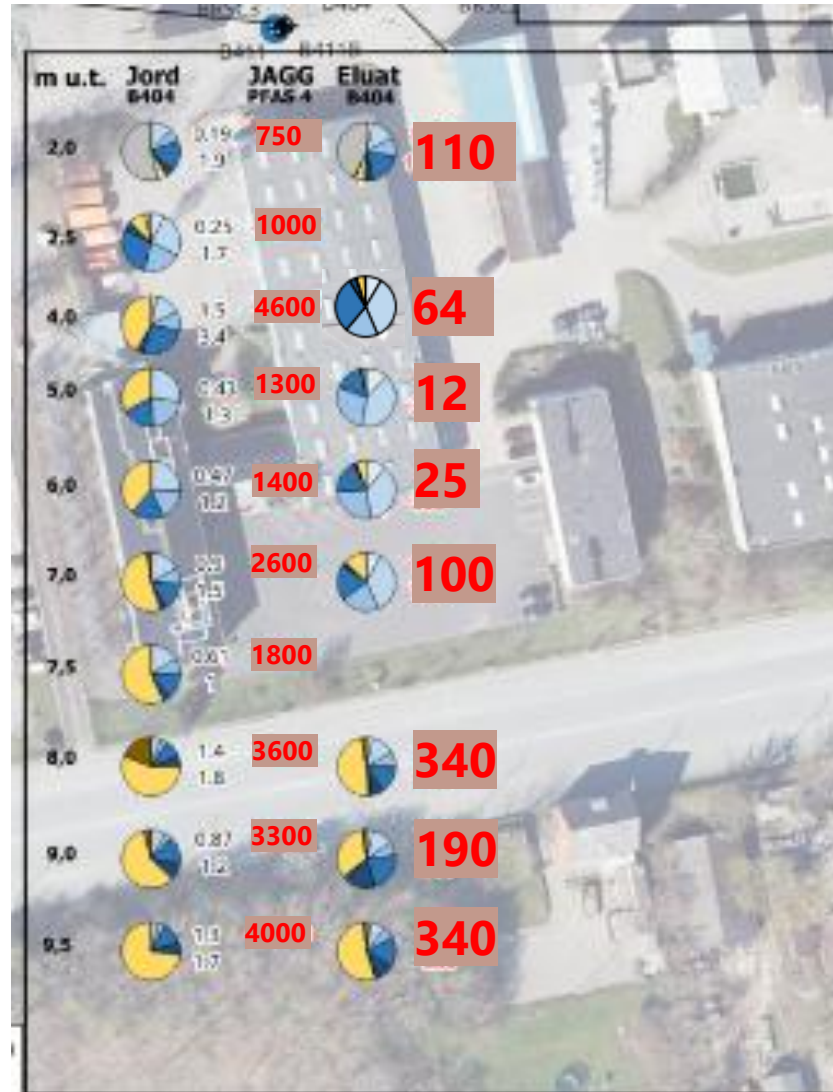
Høje koncentrationer af PFAS i eluatet fra udvaskningsforsøgene

Koncentrationerne i eluatet afspejler koncentrationerne i de pågældende jordprøver - stigende koncentrationer i jordprøverne betyder stigende koncentrationer i eluatet

JAGG: kunne indikerer at foc er sat for lavt (foc=0,1%)

Fingeraftryk for jord og eluat varierer

Flere PFAS påvises i eluatet sammenlignet med jordprøverne



Dybde	JAGG	Eluat
2,0	750	110
2,5	1.000	-
4,0	4.600	64
5,0	1.300	12
6,0	1.400	25
7,0	2.600	100
7,5	1.800	-
8,0	3.600	340
9,0	3.300	190
9,5	4.000	340

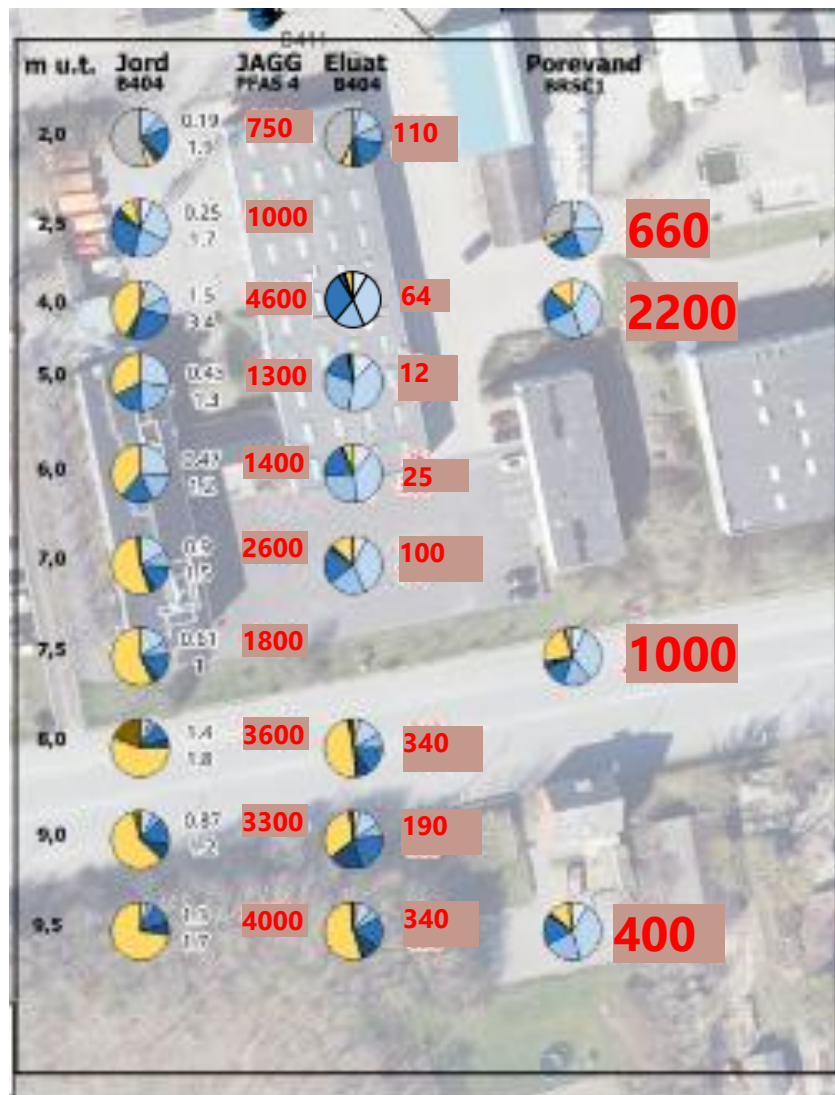
Sum af 4 PFAS (vand, ng/l)

Udvaskningsforsøg - påvisningsgrad i jord og eluat (25 prøver)

- PFAS påvises hyppigere i eluat fra udvaskningsforsøg end i jorden
- Jordkoncentrationer tæt på eller under detektionsgrænsen, PFAS påvises i eluat
- Tungere PFAS påvises sjældent
- Lavere detektionsgrænser for vandprøver sammenlignet med jordprøver

PFAS	Jordprøver	Eluatprøver
PFBA	6	25
PFBS	0	20
PFPeA	22	25
PFPeS	0	14
PFHxA	21	25
PFHxS	17	24
PFHpA	22	25
PFHpS	4	12
PFOA	17	25
PFOS	13	18
6:2 FTS	11	15
PFOSA	2	7
PFNA	9	16
PFNS	0	1
PFDA	7	10
PFDS	2	0
PFUnDA	1	4
PFUnDS	0	0
PFDoDA	1	2
PFDoDS	0	0
PFTrDA	0	0
PFTrDS	0	0

Resultater – B404 – JAGG, eluat og porevand (sugecelle)



Høje koncentrationer af PFAS i porevand fra sugeceller

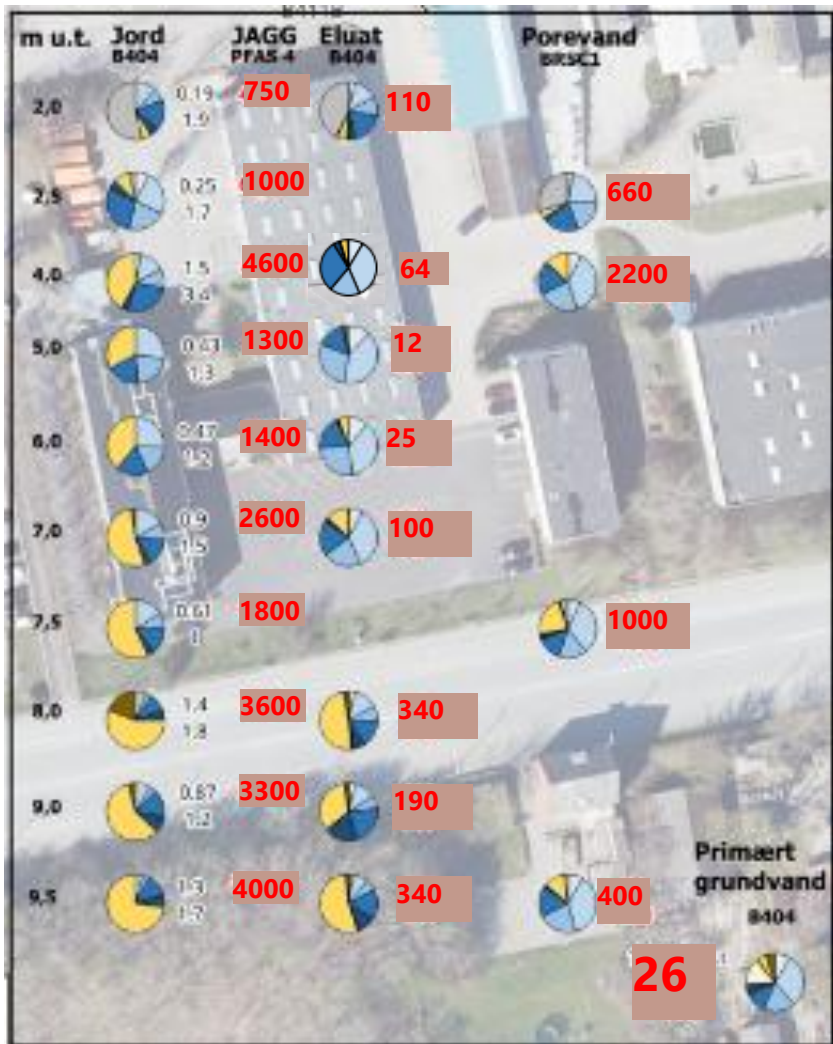
Fingeraftryk for eluat og porevand passer rimeligt

Dybde	JAGG	Eluat	Porevand
2,0	750	110	-
2,5	1.000	-	660
4,0	4.600	64	2.200
5,0	1.300	12	-
6,0	1.400	25	-
7,0	2.600	100	-
7,5	1.800	-	1.000
8,0	3.600	340	-
9,0	3.300	190	-
9,5	4.000	340	400

Sum af 4 PFAS (vand, ng/l)

Resultater – B404 – JAGG – eluat - porevand – primært grundvand

Fingerprints og koncentrationer ændres i det primære grundvand



Dybde	JAGG	Eluat	Porevand	Grundvand
2,0	750	110	-	-
2,5	1.000	-	660	-
4,0	4.600	64	2.200	-
5,0	1.300	12	-	-
6,0	1.400	25	-	-
7,0	2.600	100	-	-
7,5	1.800	-	1.000	-
8,0	3.600	340	-	-
9,0	3.300	190	-	-
9,5	4.000	340	400	-
15,0	1.000	-	-	26

Sum af 4 PFAS (vand, ng/l)

Opsamling – B404

- Fugacitetsberegninger med JAGG giver høje koncentrationer og ser ud til at overestimere koncentrationer i porevandet
- Udvaskningstest viser flere PFAS i eluat i forhold til jord, men sammenlignet med JAGG nogle lavere koncentrationer i vandet
- Porevandskoncentrationer fra sugeceller viser højere koncentrationer end eluatprøverne men lavere end JAGG.
- Målt koncentration i grundvandet (primært) lavere end hvad der findes/beregnes i porevandet

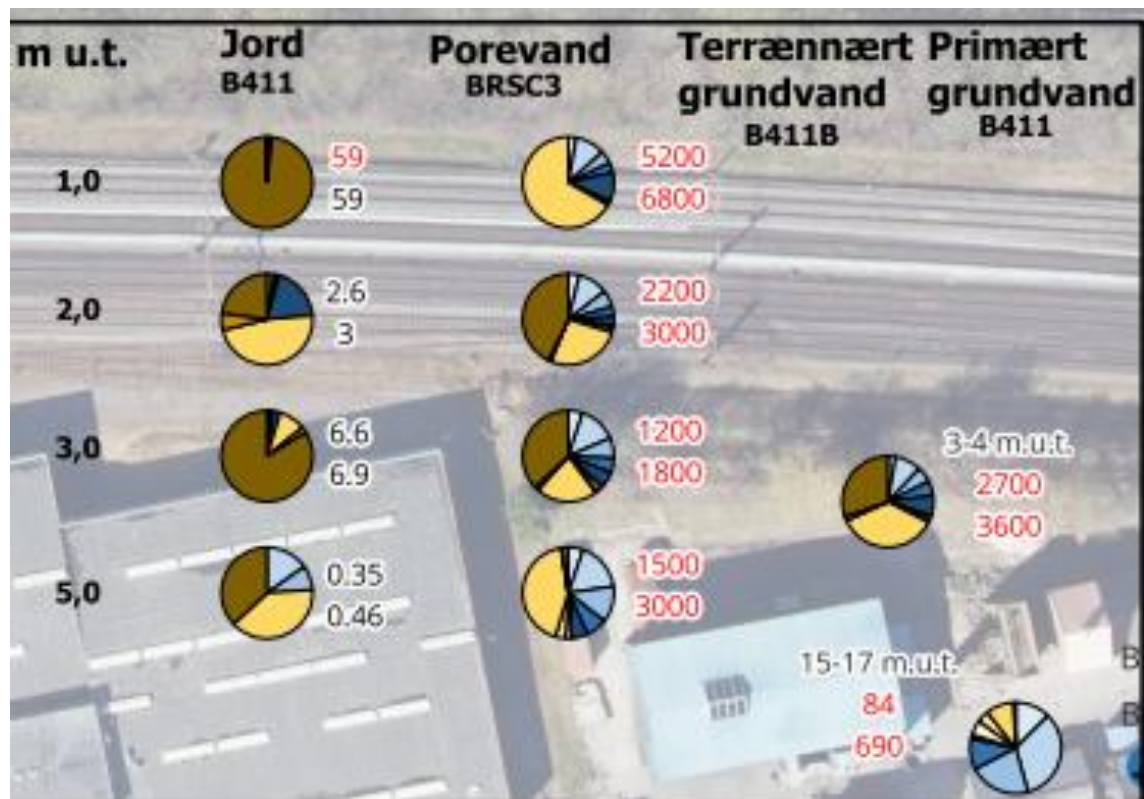
Resultater – jordprøver fra B411 – JAGG, porevand samt (terrænnært) grundvand

Koncentration i terrænnært grundvand i B411 er i samme størrelsesorden som i porevandet

Fingerprints i terrænnært grundvand passer godt overens med porevand

Fingerprints og koncentration ændres i det primære grundvand

(JAGG, 3,0 m: 9.100 ng/l)



Hvordan kan koncentrationen bedst bestemmes i vand i forhold til beregning af flux?

Eksempel, Brandøvelsespladsen:

Eluat (udvaskningsforsøg) – 18 prøver (6 steder, forskellige dybder):

Vertikal flux (sum af 4 PFAS): 2 - 1.710 mg/år,
gennemsnit: 253 mg/år

Sugeceller, 2 områder, 7 niveauer.:

Vertikal flux (sum af 4 PFAS): 53 - 486 mg/år,
gennemsnit: 199 mg/år

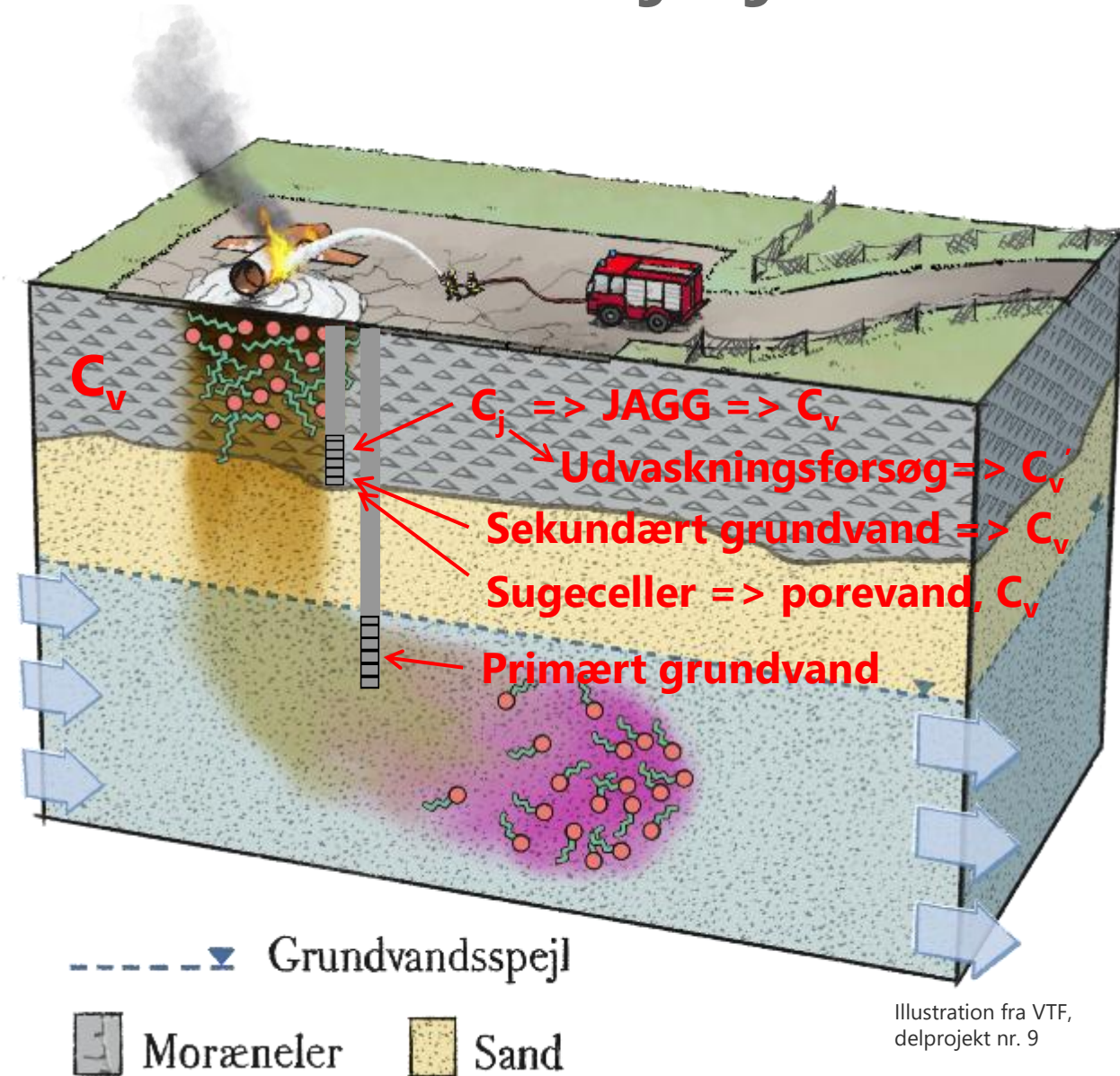


Illustration fra VTF,
delprojekt nr. 9

Take home message

- Der er påvist en tydelig vertikal chromatografering af PFAS i jordprøver udtaget i den umættede zone
- Fugacitetsberegninger i JAGG giver høje koncentrationer i porevandet, også i forhold til målte værdier
- Udvaskningsforsøg viser flere PFAS i eluat i forhold til jord
- I nogle tilfælde er der god overensstemmelse mellem eluat og porevand
- Der er god overensstemmelse mellem, hvad der påvises i porevandet og terrænnært grundvand
- Desværre ikke noget entydig billede af bedste metode => flere erfaringer før vi kan anbefale noget



For yderligere spørgsmål:

Søren Dyreborg

sdg@niras.dk

+ 45 60 40 91 67