

DANSK MILJØRÅDGIVNING A/S
... din rådgiver gør en forskel



Infiltration af PFAS gennem overjord

Andreas Houlberg Kristensen, Poul Larsen,
Søren Bastholm, Thomas Poulsen og Per Loll
DMR A/S

Agnieszka T. Bentzen, Steffen Gram
Lauridsen, Anne Marie Schondelmaier
og Lea Bergholt Isager
Region Syddanmark

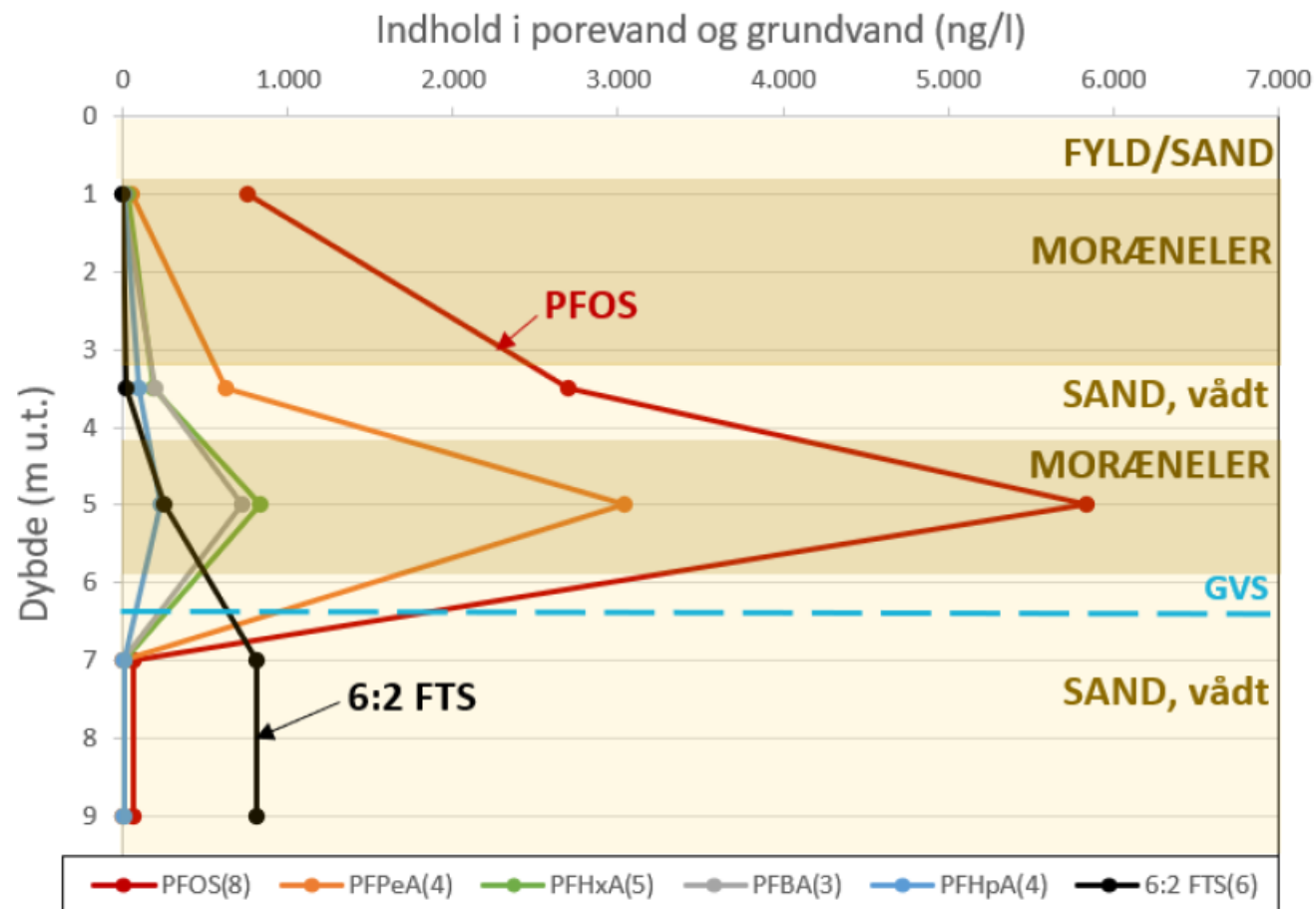
Temadag 2. marts 2026

www.dmr.dk



Udtagning af porevandsprøver

- Anvendt af DMR på forureningsundersøgelser i 15 år.
- Veldokumenteret og plug'n'play



Fokuspunkter ved porevandsundersøgelser



- Valg af fluxplan (dybde)
- Areal af undersøgelsesområde (hvor mange sugeceller er nødvendigt)
- Jordtype i installationsdybden og lagfølge over/under
- Sten, grus eller fast affald, der kan bryde den hydrauliske kontakt
- Valg af vakuum (maks. eller konstant flow)

... altså konceptuelle problemstillinger, der er analoge til udtagning af grundvandsprøver og poreluftprøver!



Bestemmelse af nettoinfiltration, N

- Kaldes også nettonedsivning eller grundvandsdannelse
- Kan på lokalitetsniveau variere fra <50 til >1.000 mm pr. år
- Styres af befæstelse, jordtype, lagfølge, terrænhældning mv.
- Stor skalaeffekt
- Tabelopslag i JAGG (årsmiddel på kommuneniveau)

... det "svage led" ved bestemmelse af
vertikal flux på forurenede lokaliteter

Formål med nyt projekt

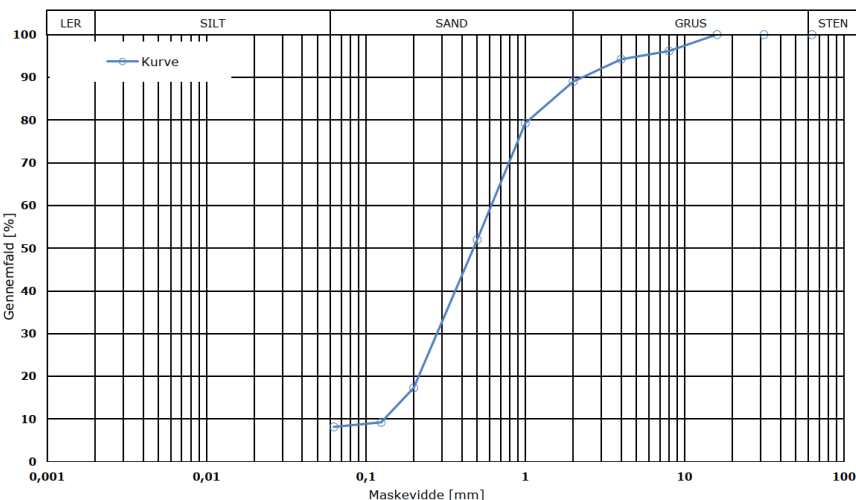
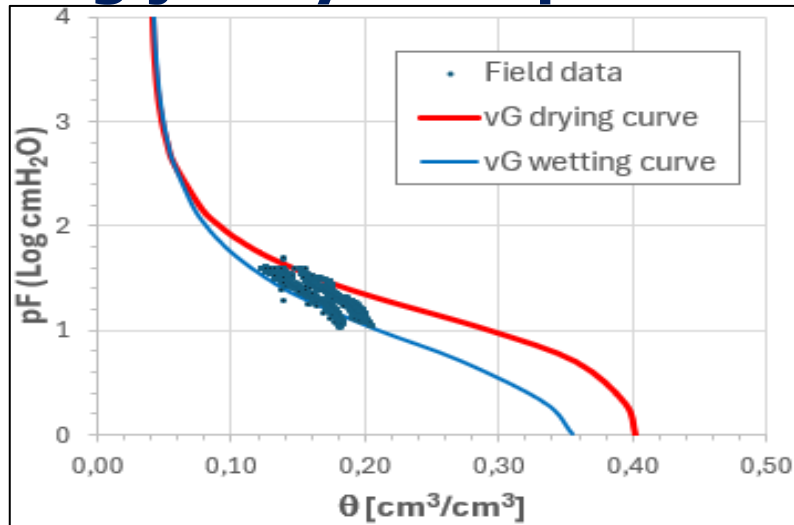


- Udvikling af strategi til at bestemme vertikal PFAS-flux på lokalitetsniveau
- Afprøvning på lokalitet med terrænnær PFAS-forurening

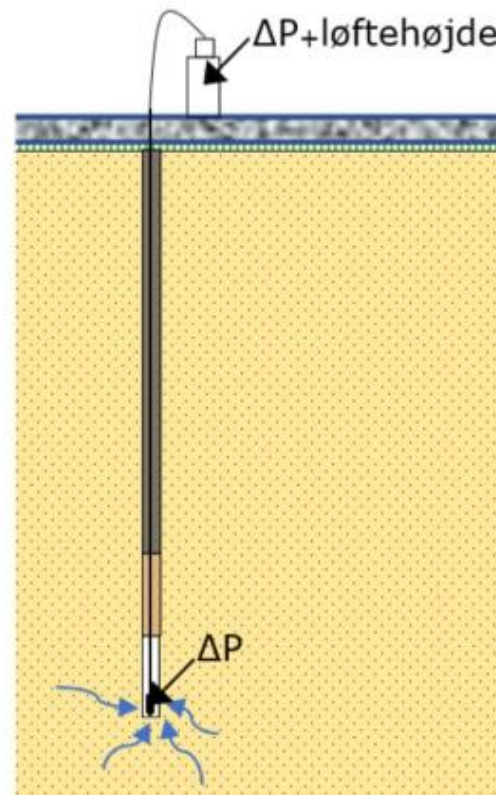


PFM-metoden (**P**oint **F**lux **M**easurements)

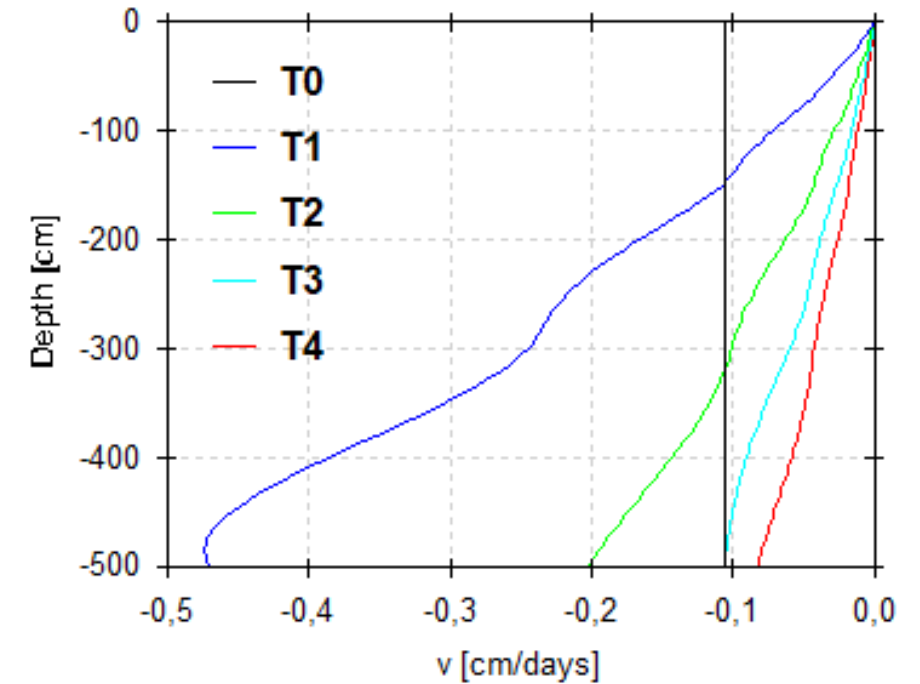
1) Bestemmelse af retentionsegenskaber og jordfysiske parametre



2) Nedbørs- og porevandsmonitering

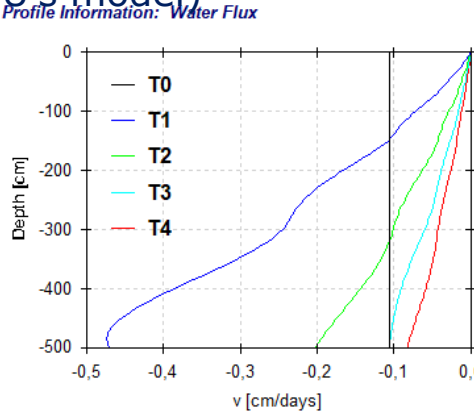


3) Modellering



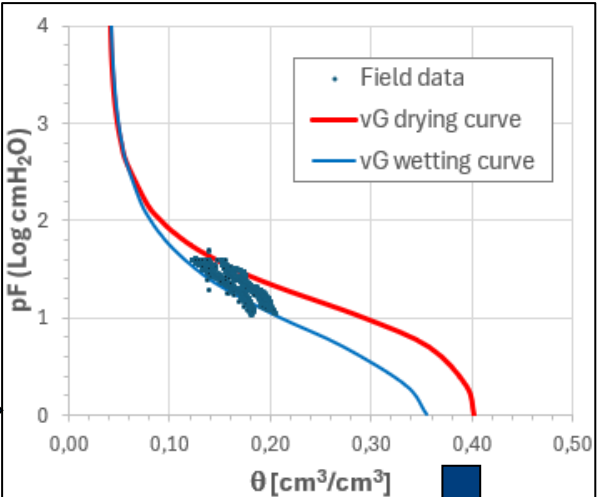
Trin 1 og 2 kører sideløbende

Modellering af stoftransport
(f.eks. Hydrus, LEACH eller
DTU's model)



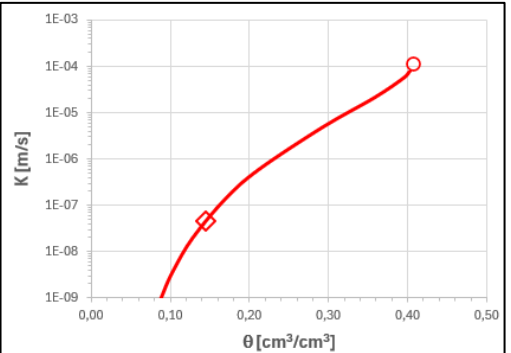
Vertikal
flux

Fitting van Genuchten

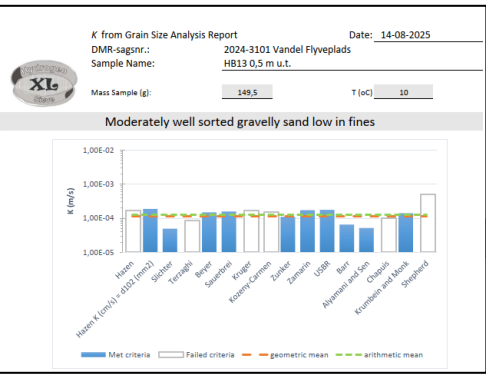
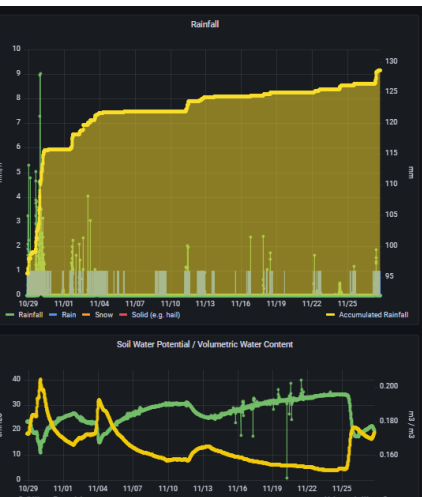


The van Genuchten (1980) model

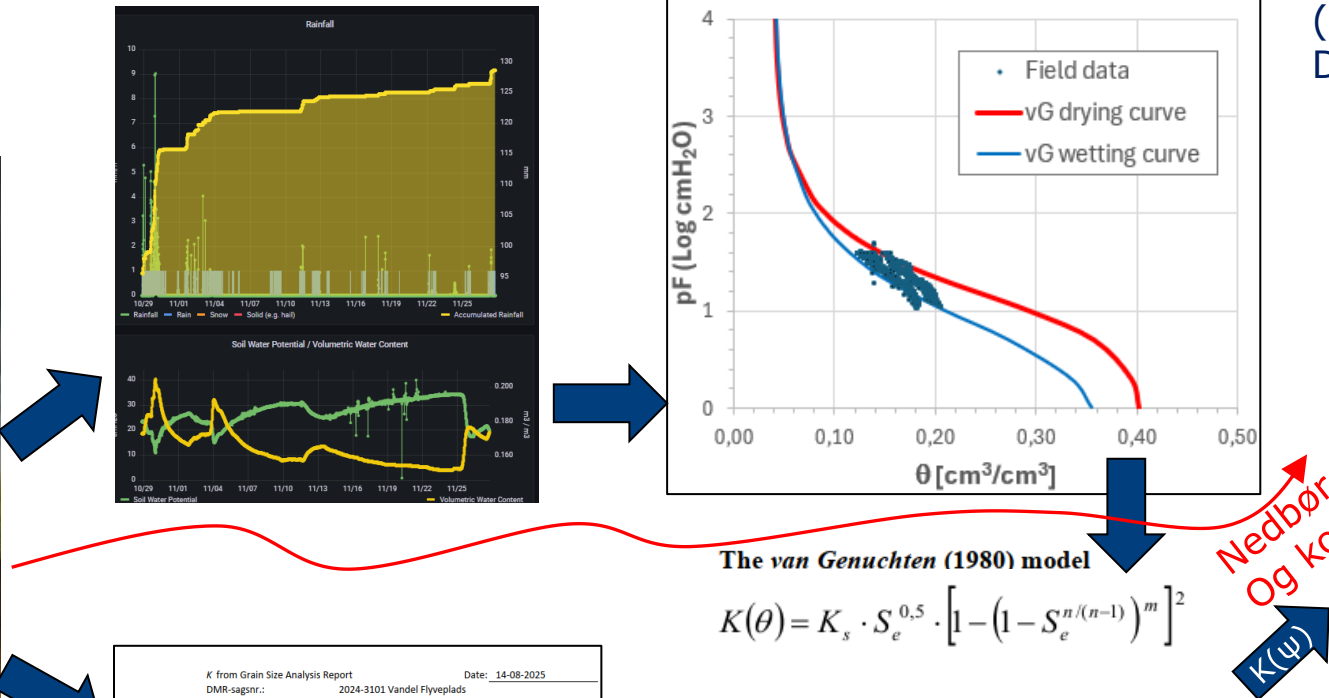
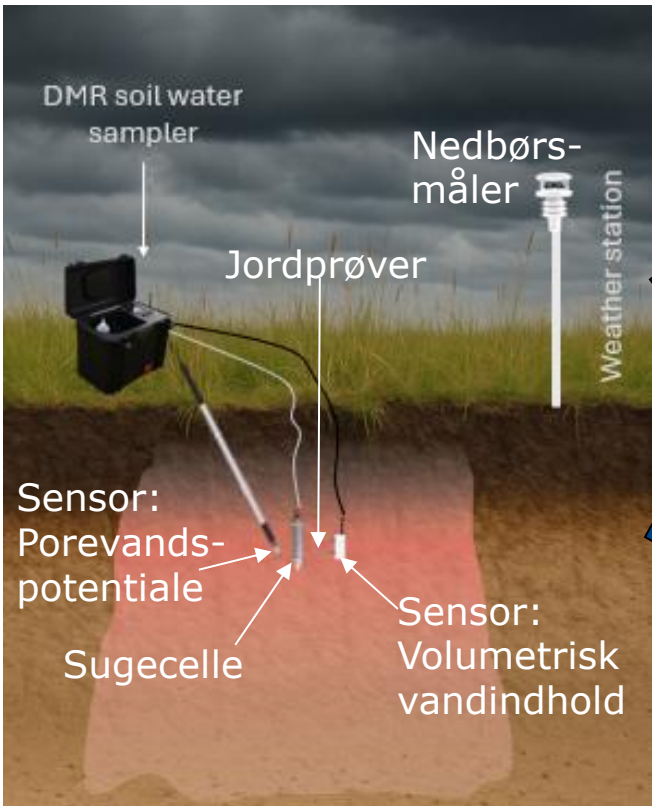
$$K(\theta) = K_s \cdot S_e^{0.5} \cdot \left[1 - \left(1 - S_e^{n/(n-1)} \right)^m \right]^2$$



Monitoring



Estimat af K_s fra
HydrogeoSieve



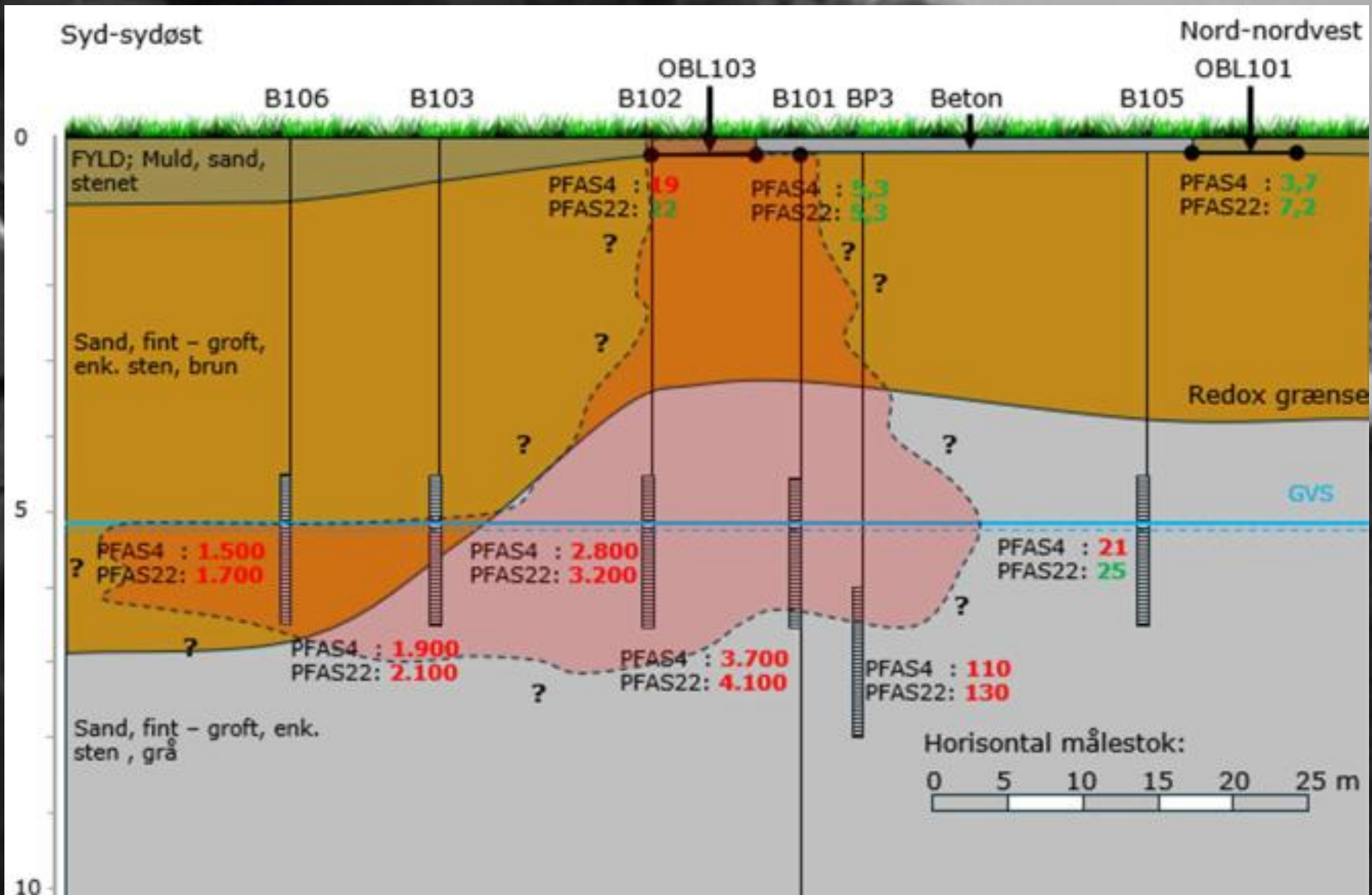
Testlokalitet: Vandel Flyveplads

- Tidl. rullebane af beton
- Brandøvelsesplads (1972-1992)



- Rullebane er i dag tilgroet
- Området anvendes til solcellepark og div. erhvervsformål





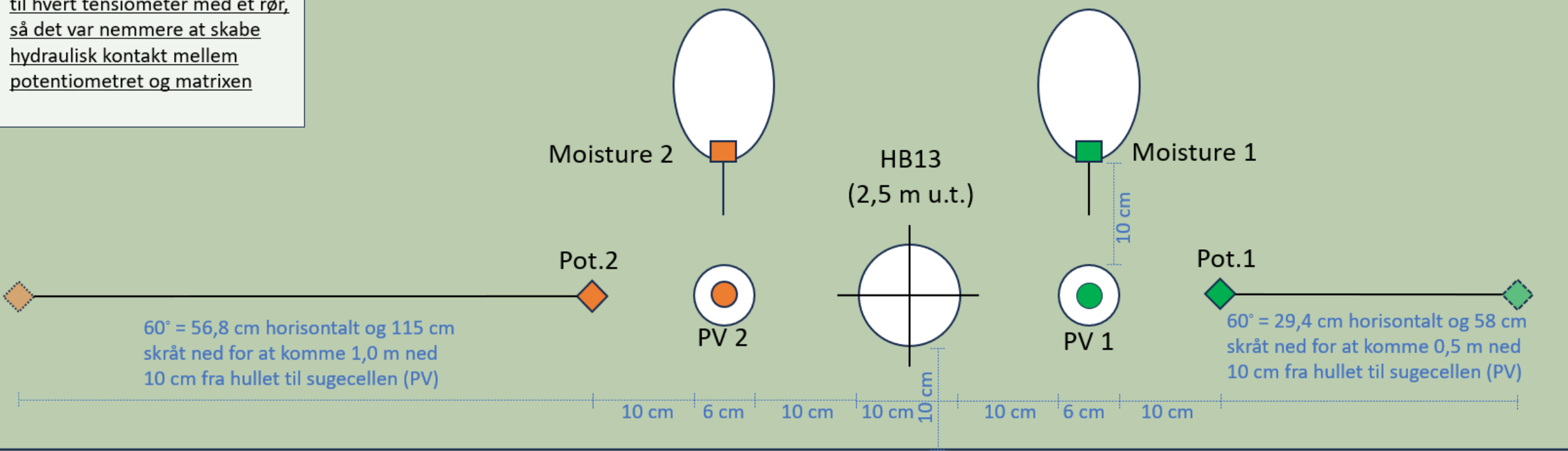
Udviklingsprojekt 2025

- Vejrstation/nedbørsmåler
- 17 boringer/28 jordanalyser
- 8 sugeceller/46 porevandsprøver (3-7 prøver fra hver sugecelle)
- Analyser for PFAS22
- Monitering af vol. vandindhold og porevandspotentiale i 1 punkt / 2 dybder (0,5 og 1,0 m)
- Kornkurver, HydrogeoSieve, gravimetrisk vandindhold og glødetab
- Jordkerner til bestemmelse af densitet, porøsitet og vandmætning



Der blev tilsat ca. 1-1,5 dl vand til hvert tensiometer med et rør, så det var nemmere at skabe hydraulisk kontakt mellem potentiometret og matrixen

Installation Vandel Flyveplads 29/7 2025



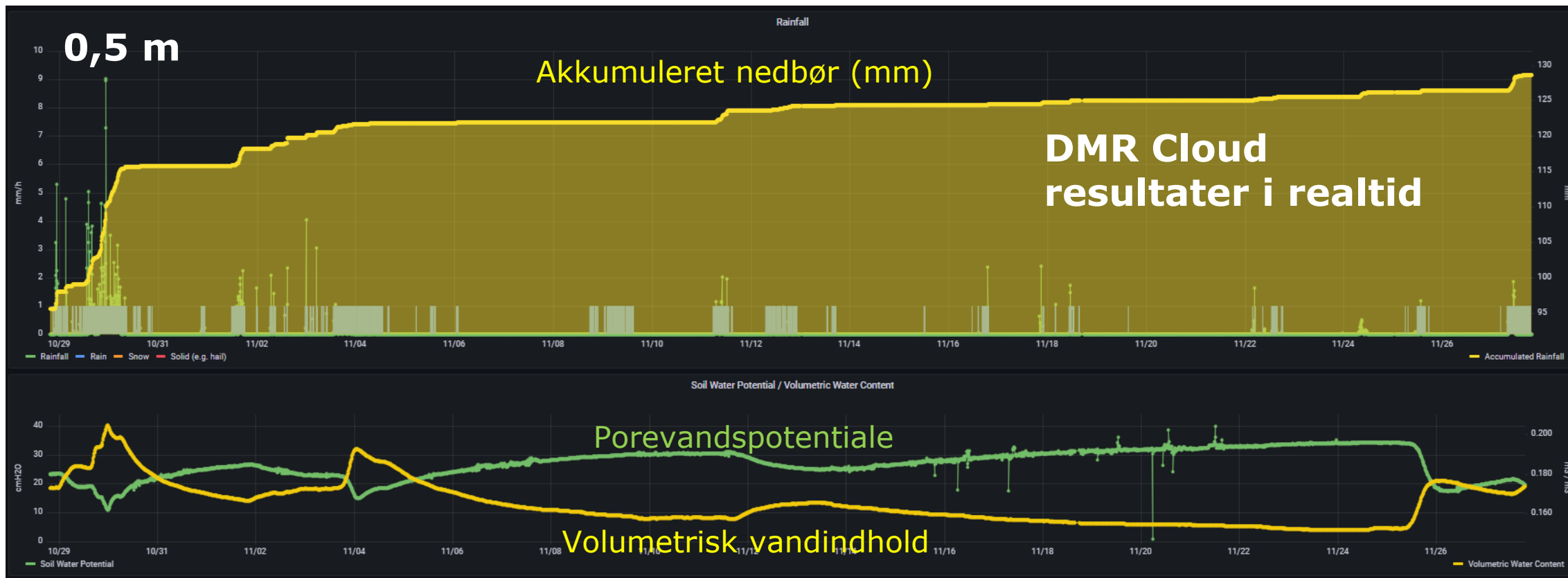
Beton

- Farvekoder:
- Green square: Installeret 0,5 m u.t.
 - Orange square: Installeret 1,0 m u.t.

- Signature:
- Orange square: Volumetrisk vandindhold (Teros 10)
 - Orange diamond: Potensiometer (Teros 32)
 - Orange circle: Sugecelle (Supersteel)
 - White circle: Installationshul
 - Circle with cross: Håndboring

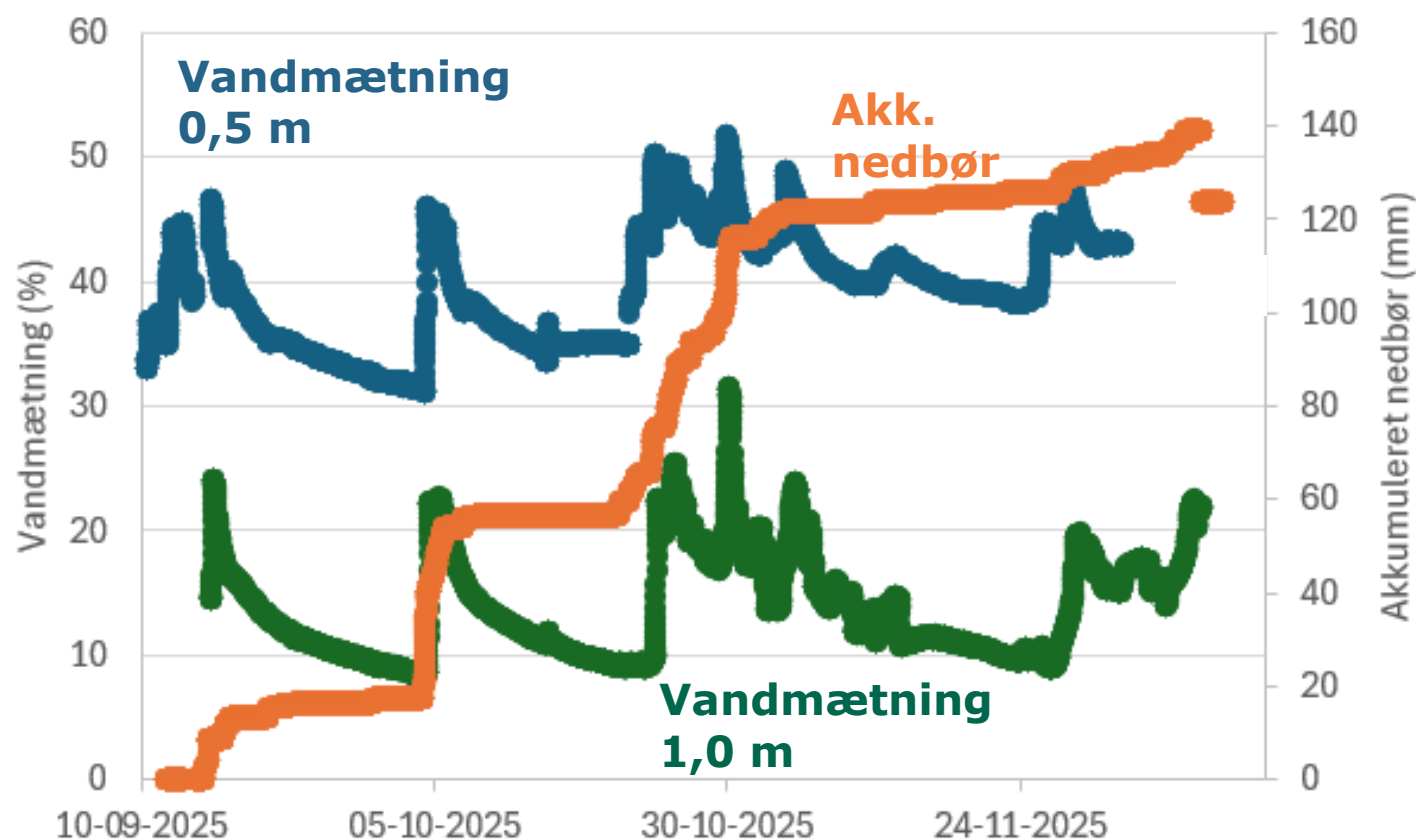
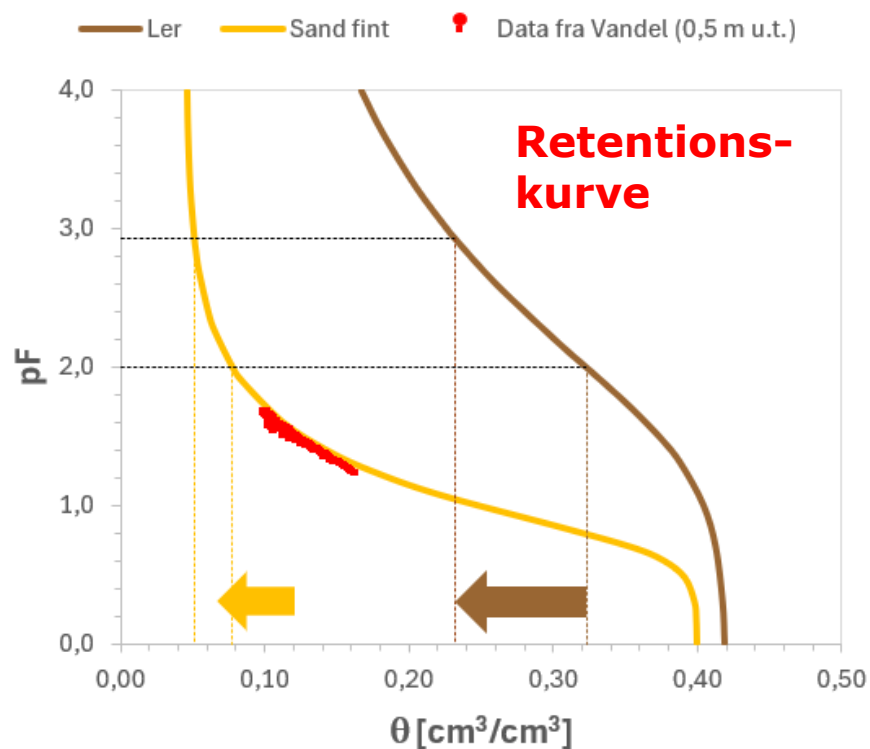


Resultater – infiltration af nedbør



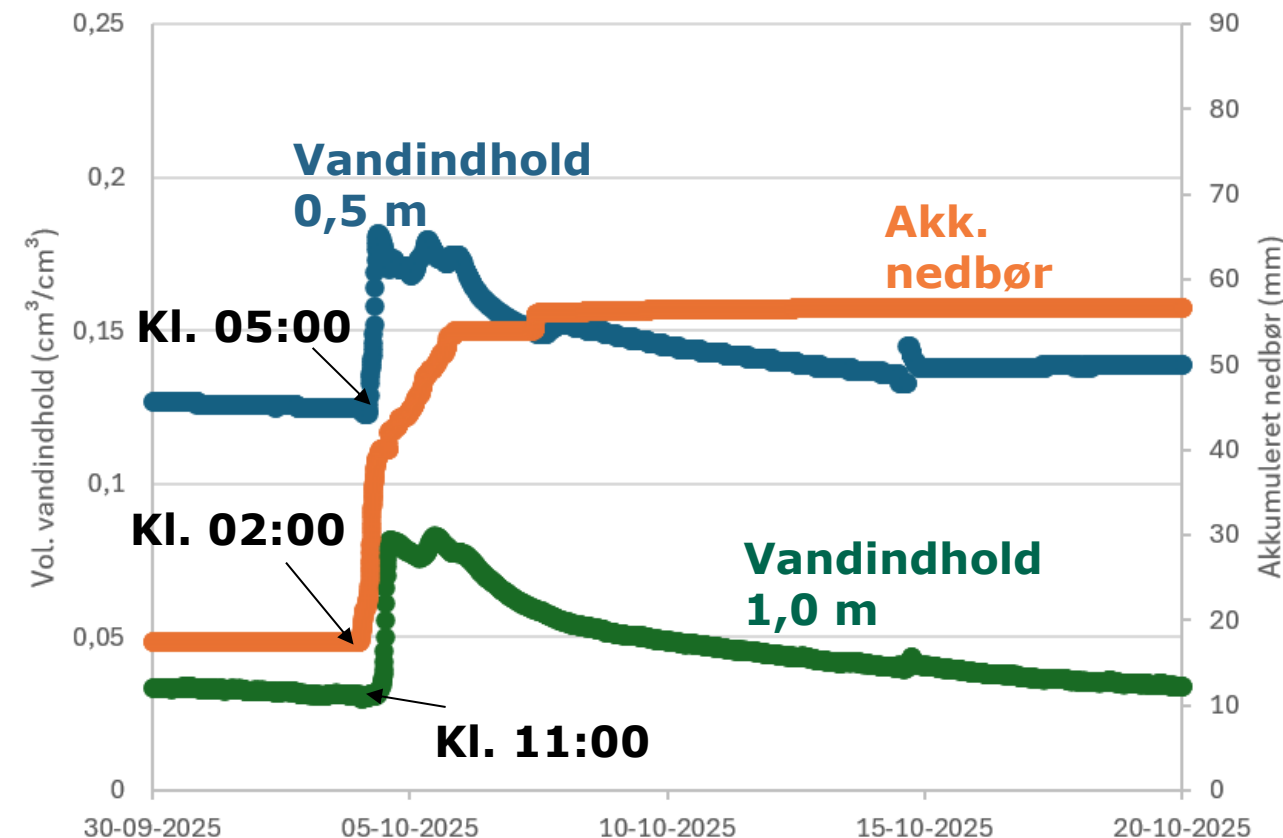
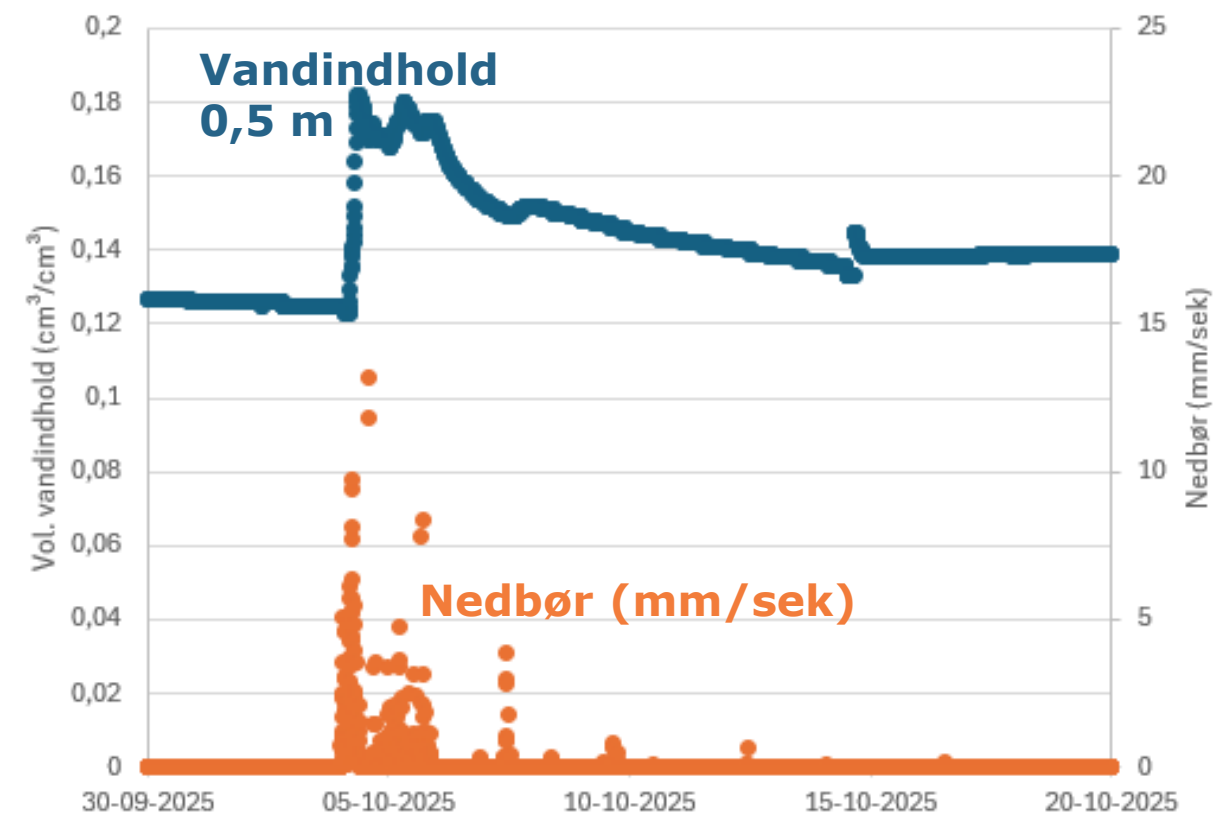
Resultater – infiltration af nedbør

- Tæt sammenhæng mellem nedbør og vandindhold
- Højt vandindhold i 0,5 m (muldet/lerklumper, glødetab 0,8%)
- Lavere vandindhold i 1,0 m (gruset, glødetab 0,4%)

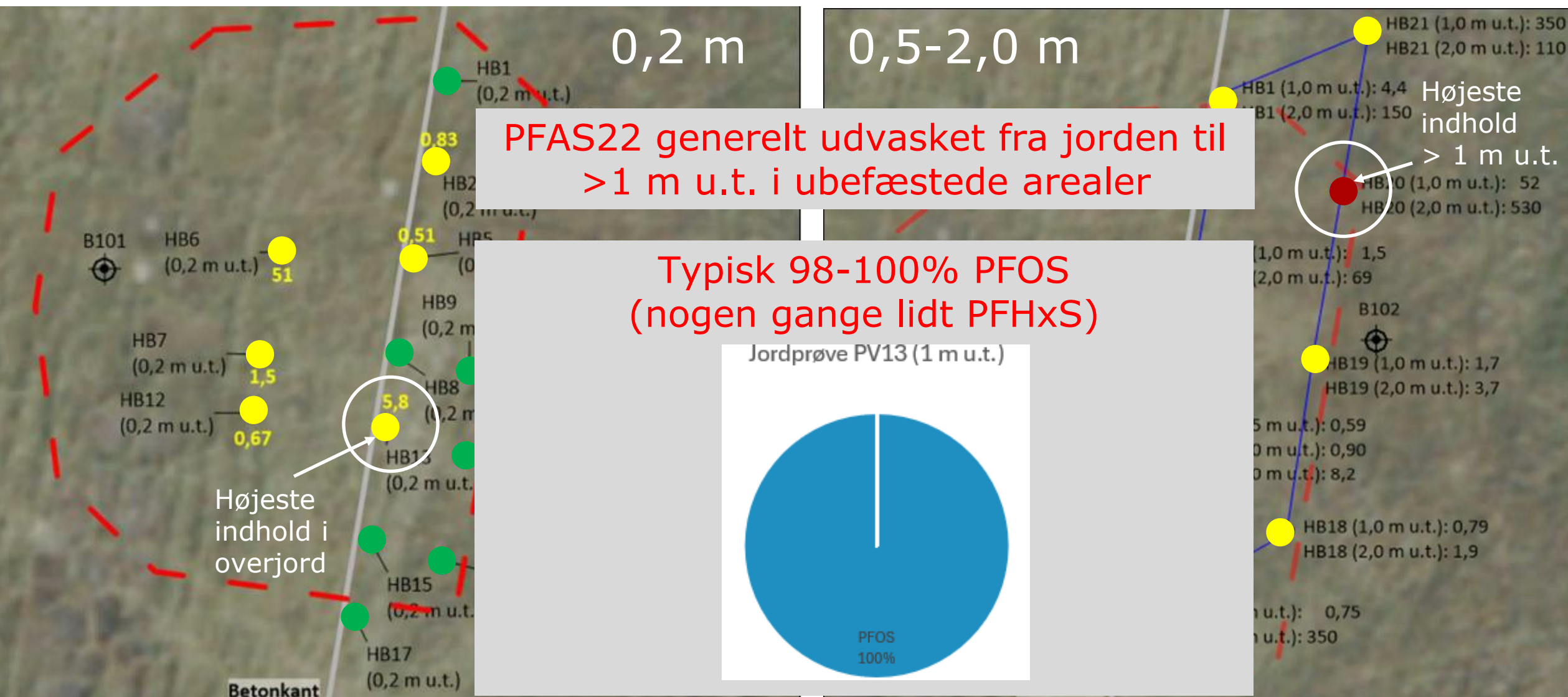


Resultater – infiltration af nedbør

- Porevandshastighed ca. 10-20 cm pr. time
- Afdræning over ca. 1-3 uger



Resultater – jordforurening (PFAS22)

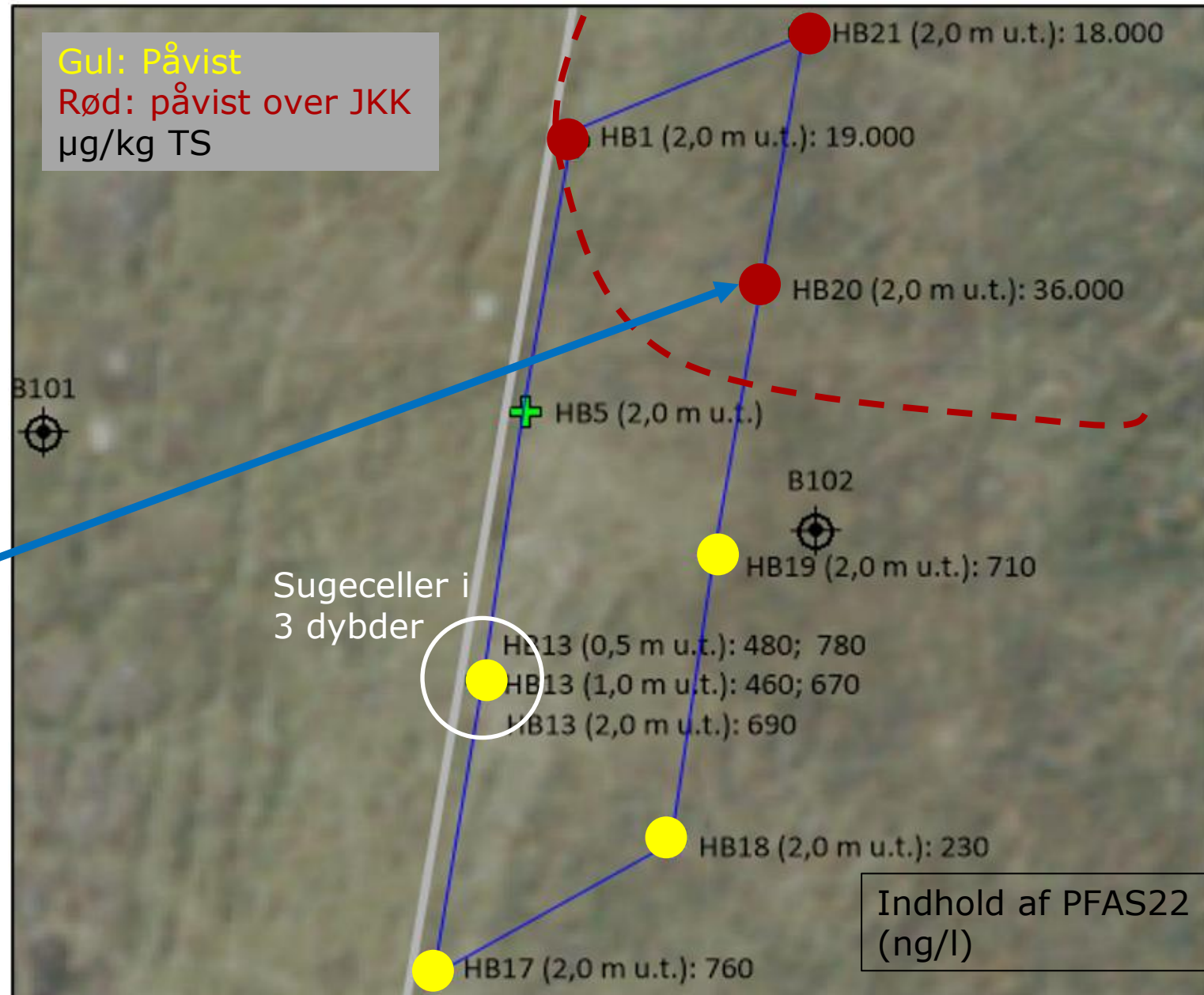
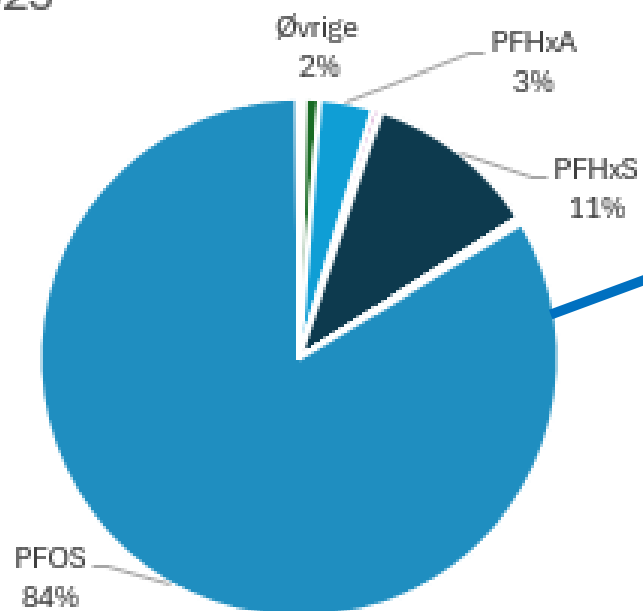


Grøn: ikke påvist Gul: påvist Rød: påvist over JKK - µg/kg TS

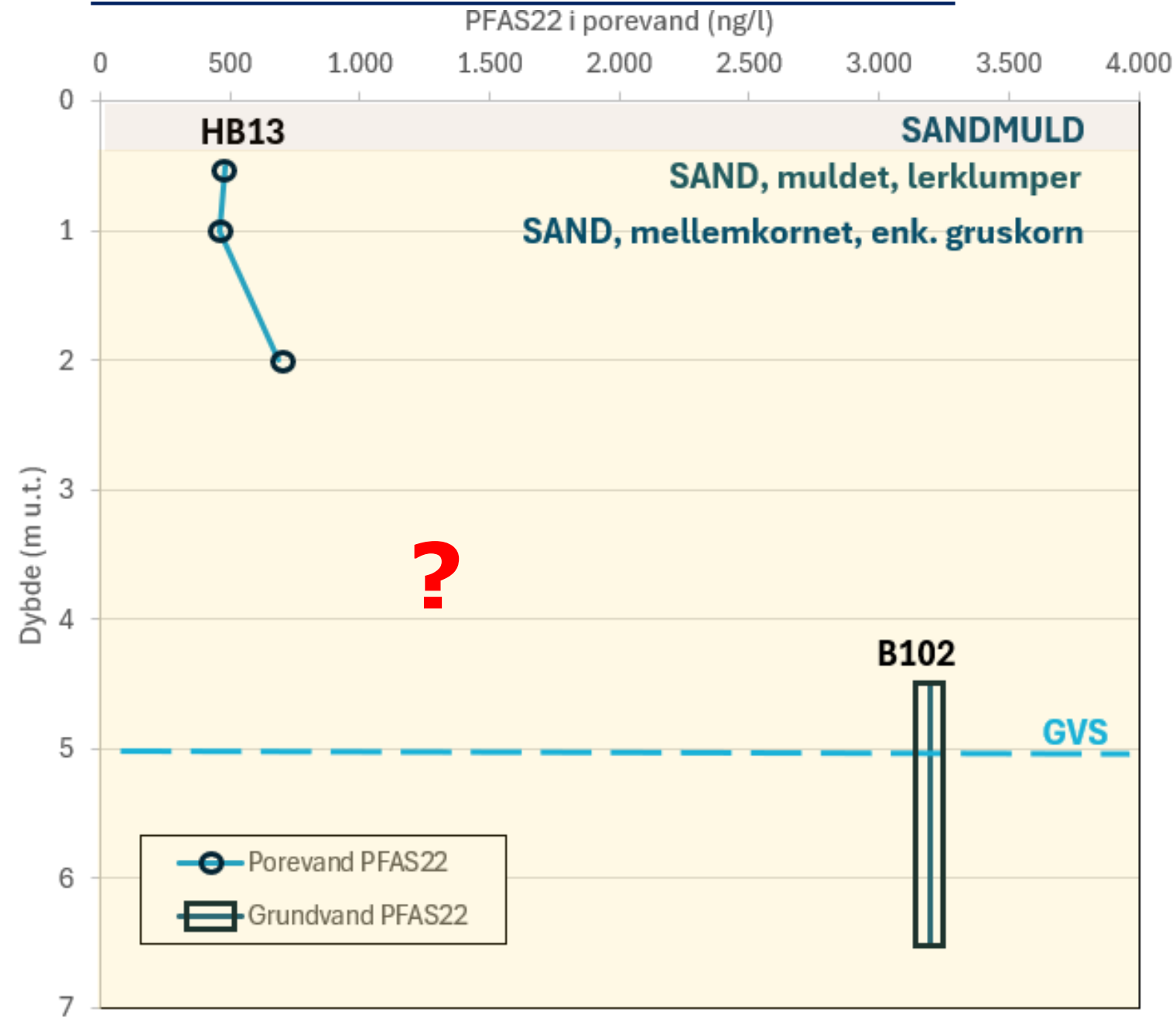
Resultater – porevandsforurening (PFAS22)

- Porevandsforurening ikke afgrænset
- Hotspot mod nord

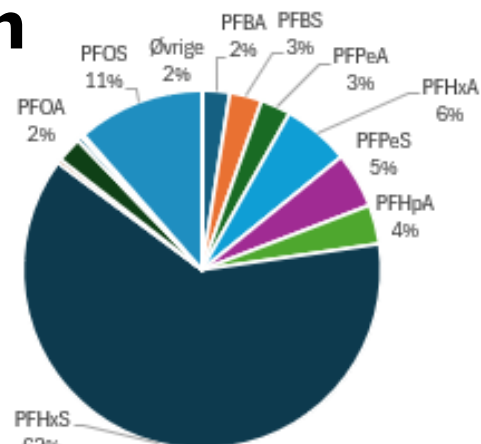
PV20 29-10-2025



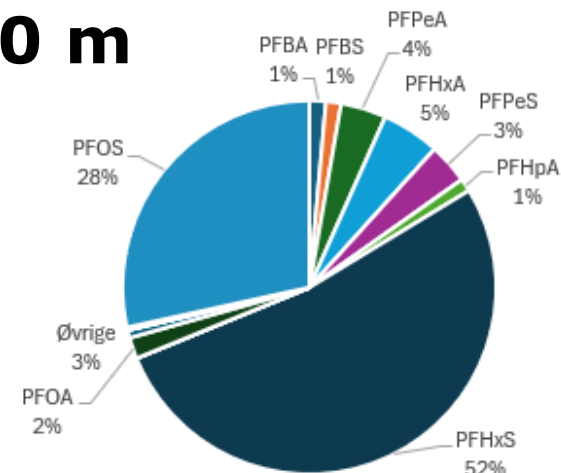
Resultater – vertikal variation



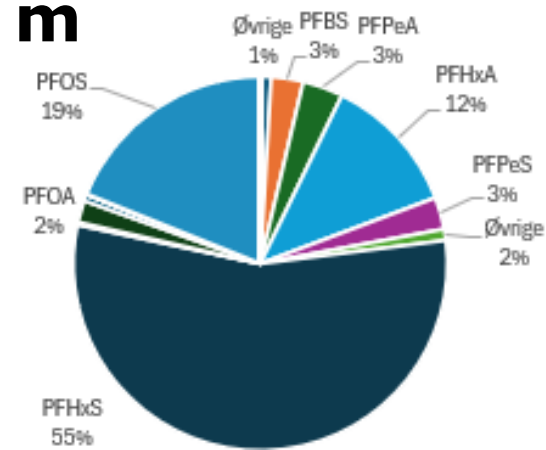
0,5 m



1,0 m

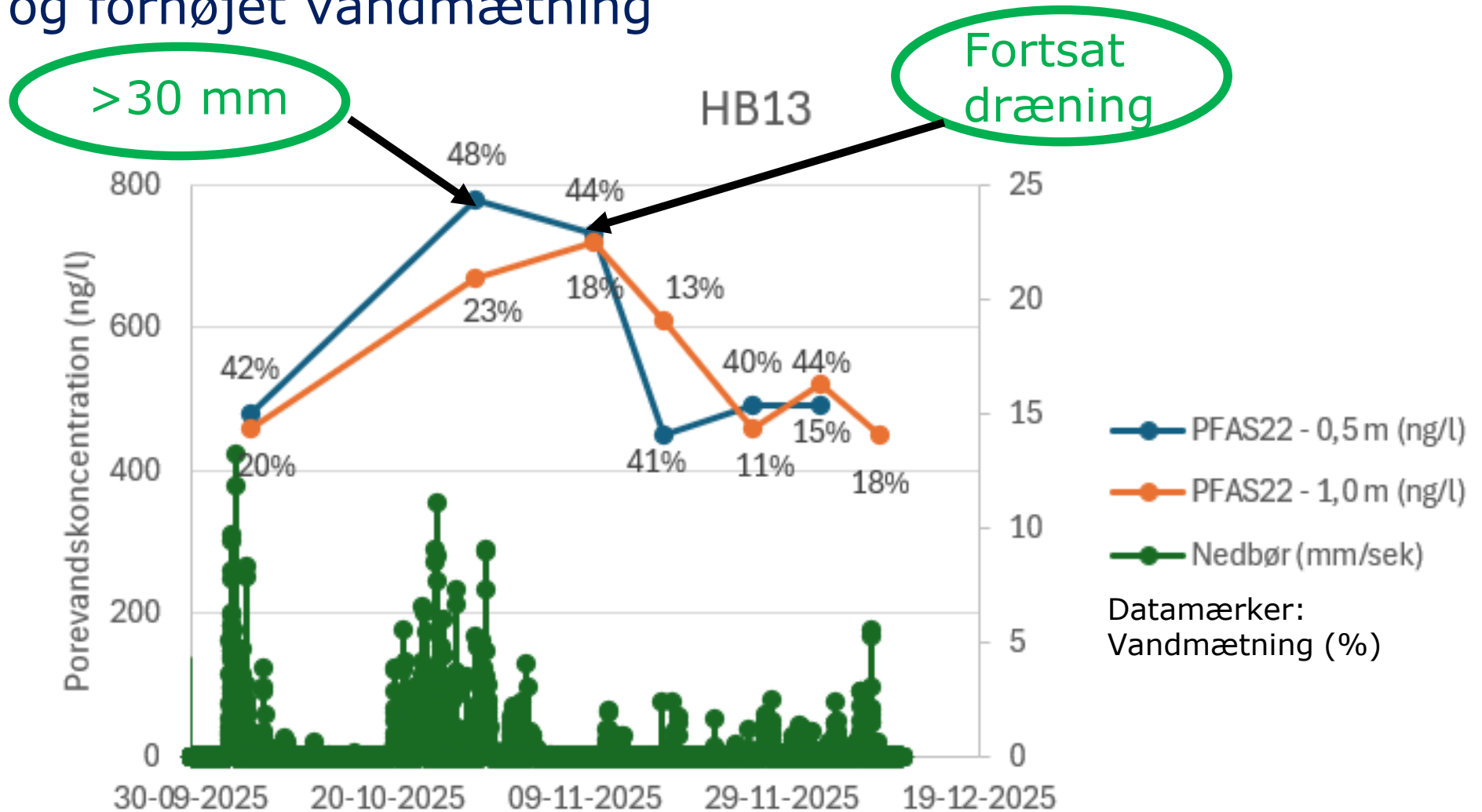


2,0 m



Tidslig variation og betydning af nedbør

- Højeste koncentrationer i porevandet efter kraftig nedbør og forhøjet vandmætning



Sammenfatning og plan for det videre arbejde

- Ny strategi gør det muligt at bestemme retentionsegenskaber samt modellere vand- og stoftransport (også PFAS)
- Begrænset datagrundlag. Hotspot ikke afgrænset horisontalt eller vertikalt
- Foreløbige resultater viser sammenhæng mellem nedbørshændelser, porevandskonc. og vertikal flux
- Nye undersøgelser (SUP) til at udvide undersøgelsesareal, undersøgelsesdybde og antal punkter med logger-data
- Samarbejde med DTU om modellering af vertikal spredning af PFAS i umættet zone

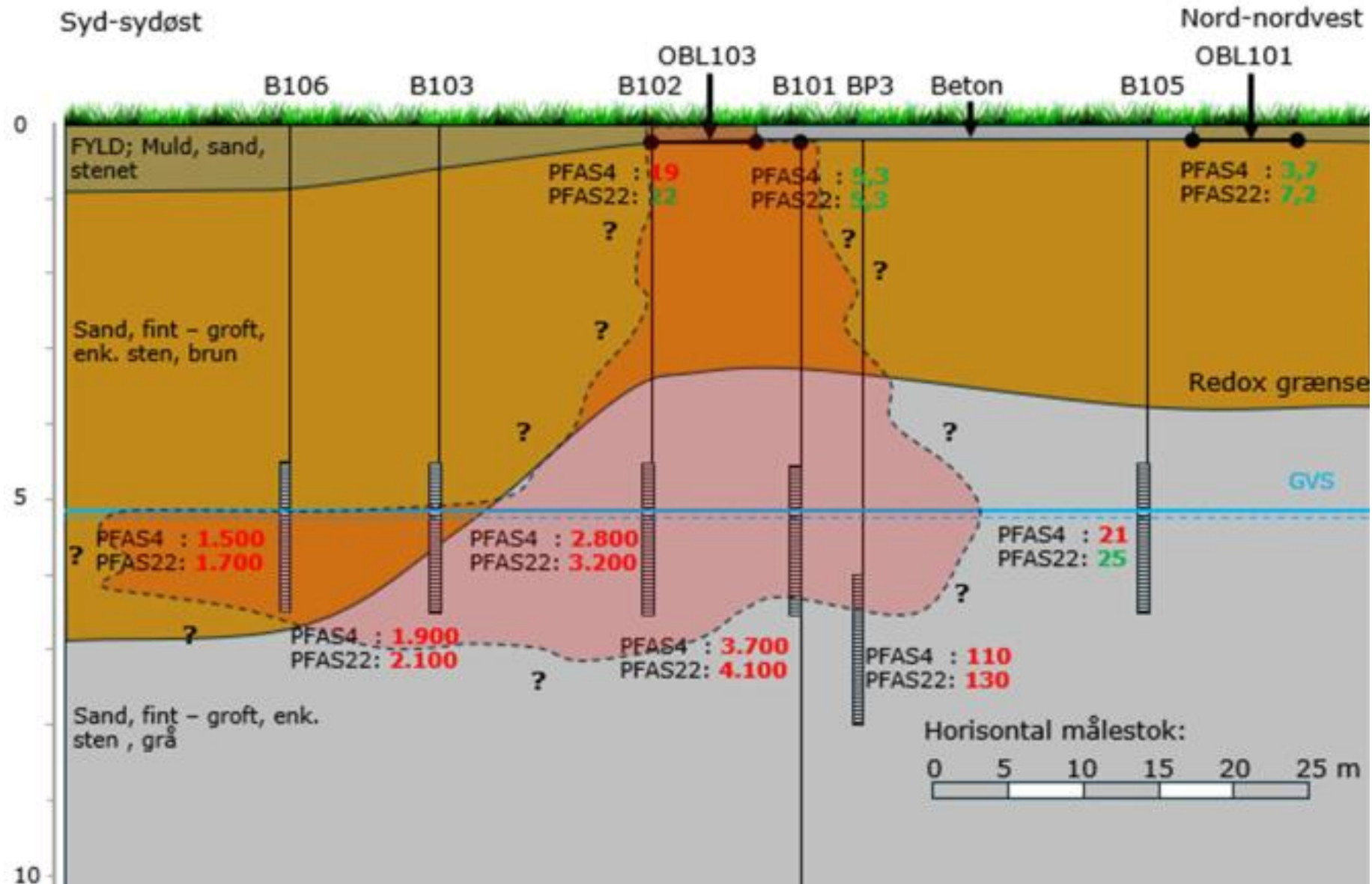


Tak for opmærksomheden.....

Tilgroet rullebane



Indledende undersøgelse 2022



Fotos fra feltarbejde



Formål udvidet projekt 2026-2027



- Hvordan varierer fluxen i tid og sted?
- Hvor mange målepunkter med PFM er nødvendigt før fluxen kan bestemmes repræsentativt?
- Hvordan fastsættes dybden, som fluxen bestemmes i? (fluxplan)
- Er resultaterne sammenlignelige med resultater fra andre metoder?

