

Anvendelse af geofysik i tæt bebyggede områder

Undersøgelse af jord- og grundvandsforureninger

Bettina M. Olsen
Geolog, cand.scient., DMR A/S



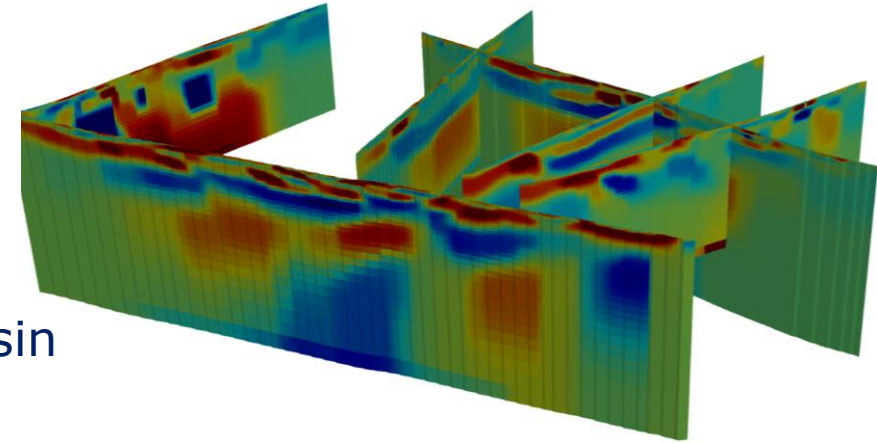
- Uddannet geolog fra KU (så jeg er ikke geofysiker)
- Kontorleder i Slagelse og fagspecialist i geologi og grundvand i DMR A/S, ansat siden 2019
- Arbejder primært med videregående grundvandsundersøgelser for Region Hovedstaden
- Erfaring med jord- og grundvandsforurening samt råstofkortlægning fra Region Sjælland (2006-2019)
- Erfaring med anvendelse af geofysiske metoder fra råstofkortlægning (kortlægning af sand- og grusforekomster)
- Så lyset og begyndte at anvende geofysik i fbm. undersøgelse af grundvandsforureninger

Geofysik anvendt på forureningssager



DCIP -metoden

- 2D- kortlægning af dybereliggende grundvandsforurening, som befinder sig i/under tæt bebyggede områder
- To cases præsenteres –
 - I. kortlægning af dybtliggende perkolatfane i sandmagasin
 - II. Kortlægning af sekundære magasiner -> mulige spredningsveje



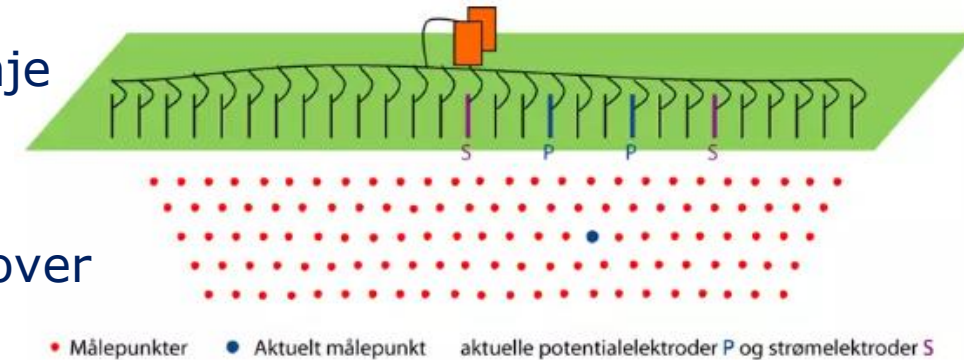
DualEM –metoden

- Fladekortlægning af overfladenær jordforurening
- To cases præsenteres
 - I. Kortlægning af losseplads i byområde
 - II. Kortlægning af gasproducerende slam i losseplads



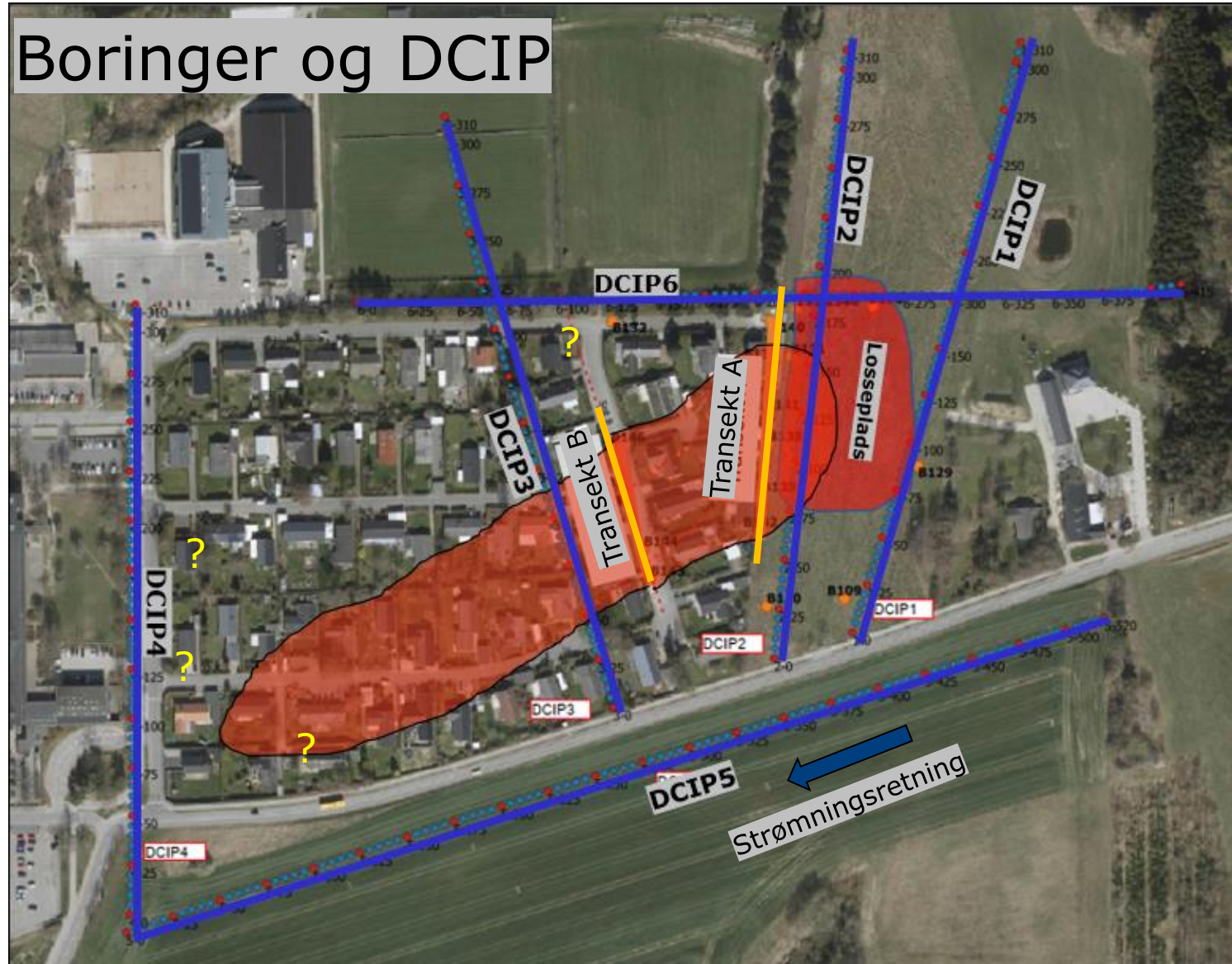
DCIP metoden

- DCIP (Direct-Current-Induced-Polarisation) måler modstanden (DC-data) og opladningsevnen (IP-data) i undergrunden
- IP-data understøtter DC-data i fht. om der er tale om ler eller ioniseret porevand (=> indikation på forurening) i sandmagasinet.
- Kræver software (Aarhus Bench).
- DCIP måles ved at placeres spyd i jorden på en relativt lige linje (2D profil)
- Indtrængningsdybde (DOI) 80-100 m v/ 3-400 m profillinje
- "Udstyr" -> en geofysiker med assistent, som udfører målingerne til fods
- Fordel: Kan komme til stort set alle steder: skov, haver, over vandløb, gennem hegn og kuperet terræn og langs veje
- Forhindringer: dybt vand (hav / sø), motorveje, nedgravede kabler, brobærkrat og lignende



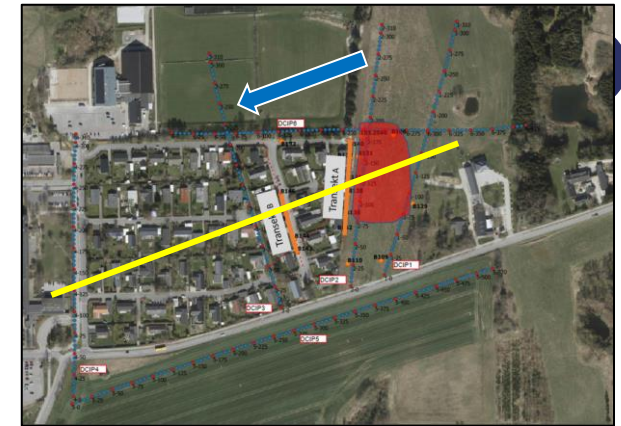
Case 1. Dybtliggende fane fra losseplads

- Losseplads i tidligere grusgrav
- Undersøgt med mange boringer i og omkring kilden
- Forurening med chlorerede opløsningsmidler, især cis-DCE og vinylchlorid og phenoxysyrerne 2,4DP og 4CPP
- Dybtliggende, 100 m bred fane under boligområde
- Forureningsudbredelse ikke afgrænset nedstrøms
- Truer forsyningsboringer for det lokale vandværk, der ligger 800 m nedstrøms



Geologi

Simpel geologi med to sandmagasiner mellemlejret af et tyndt morænelerslag -> Valg af DCIP

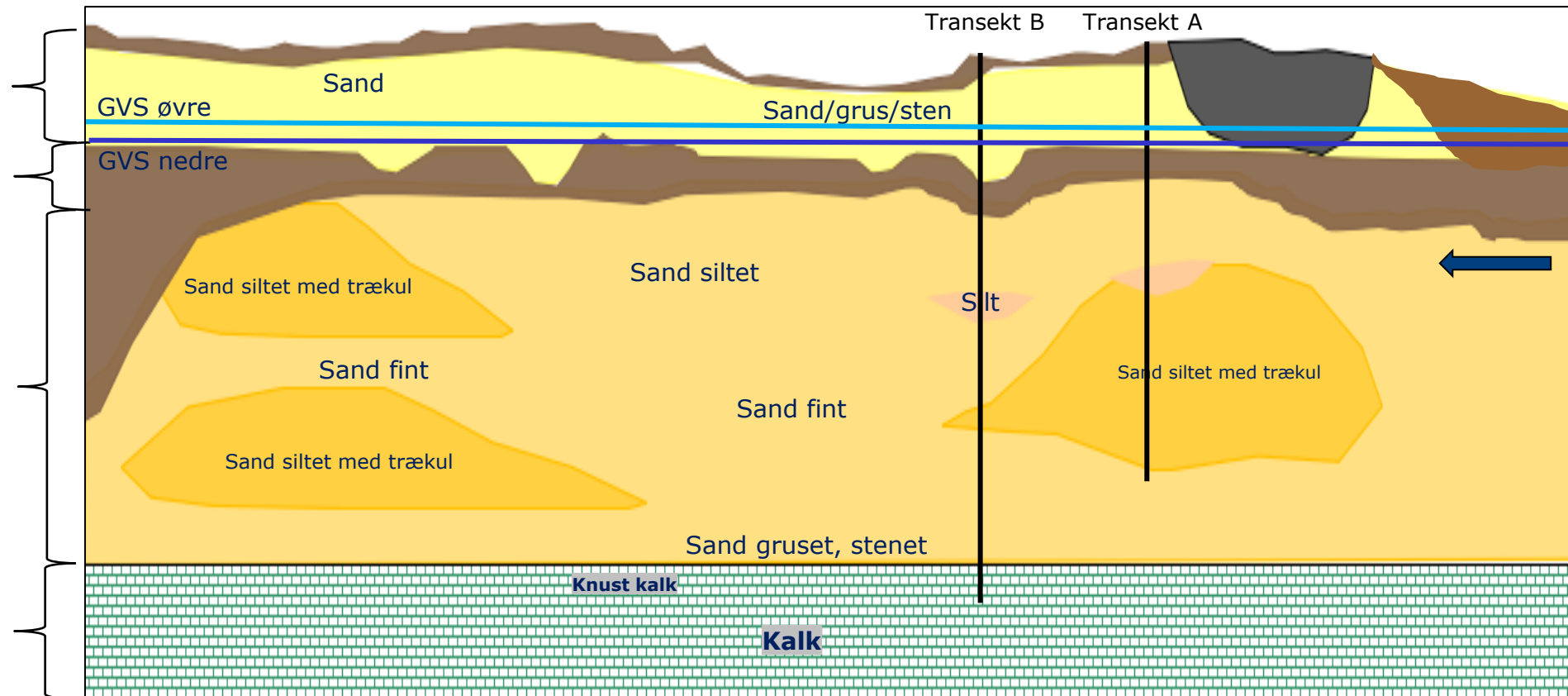


Øvre magasin, 1-16 m u.t. Sand med ler i dødishuller

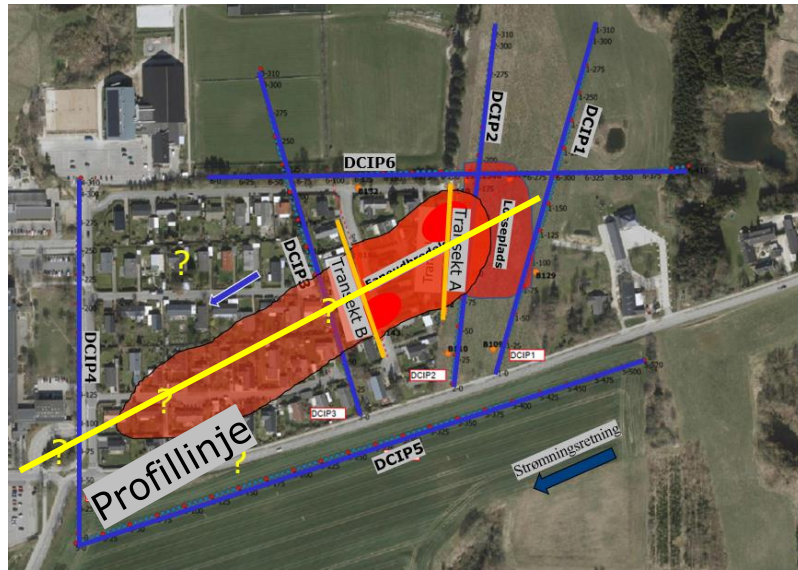
Morænelerslag (tør) 16-22 m u.t. meter

Nedre magasin, 22-57 m u.t. Smeltevandssand

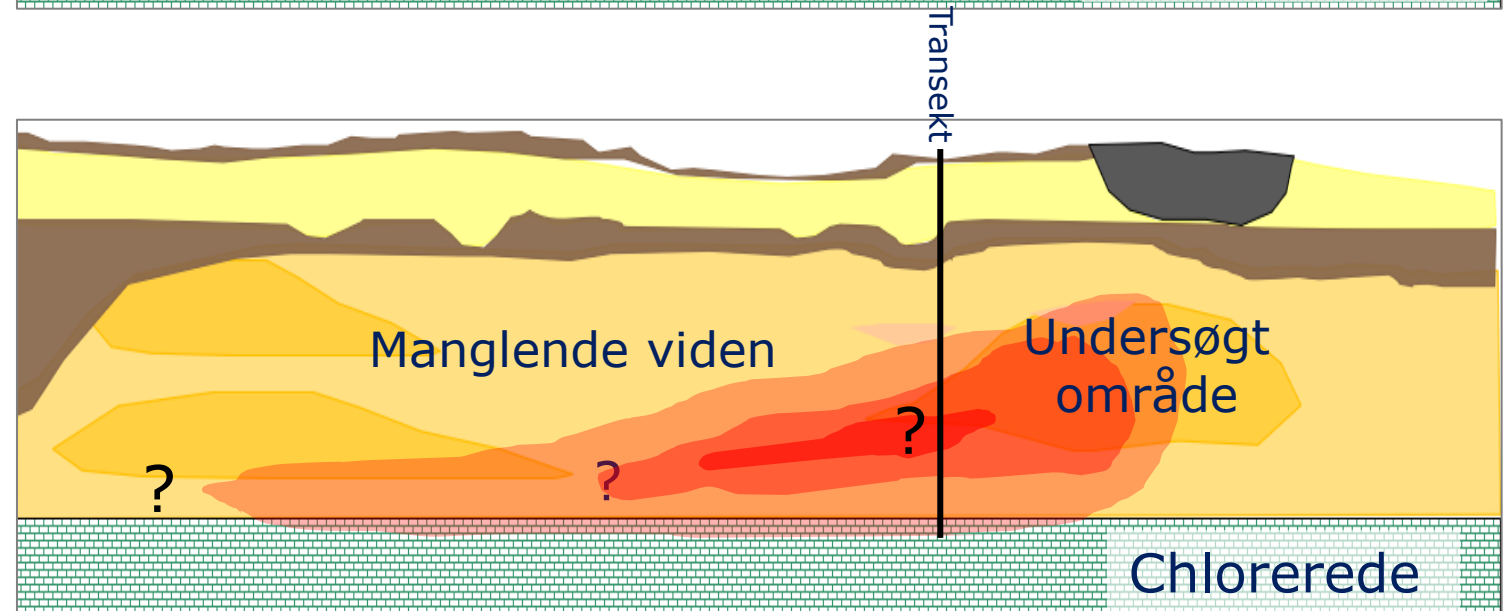
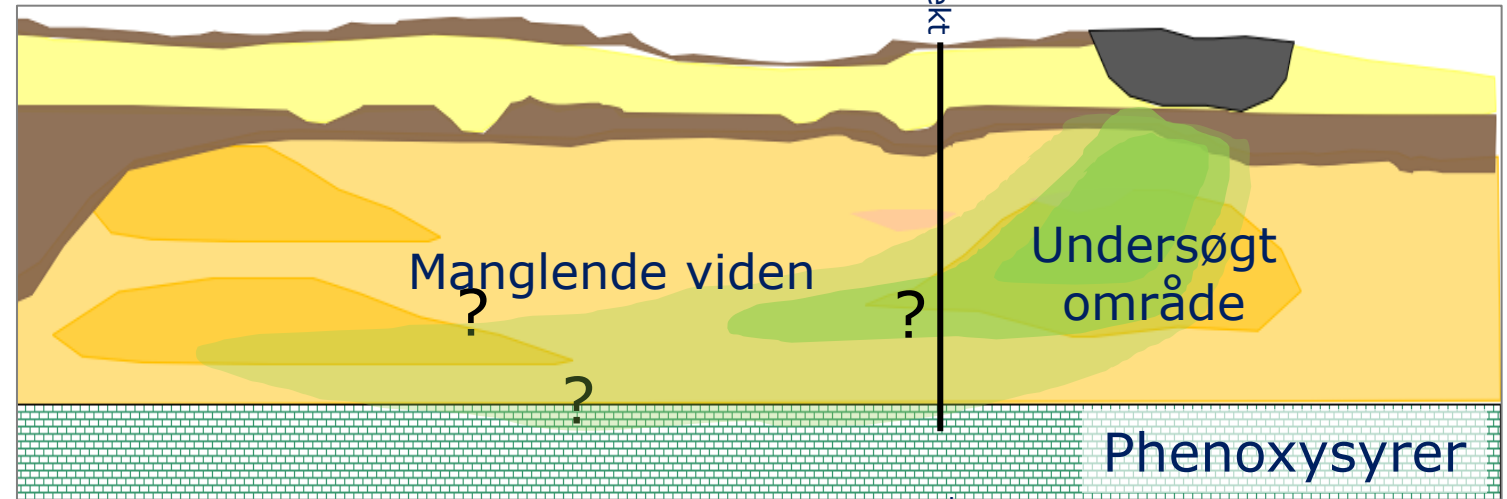
Primært magasin Kalk, 57 m u.t. Knust i toplaget



Grundvandsforureningen – før geofysik



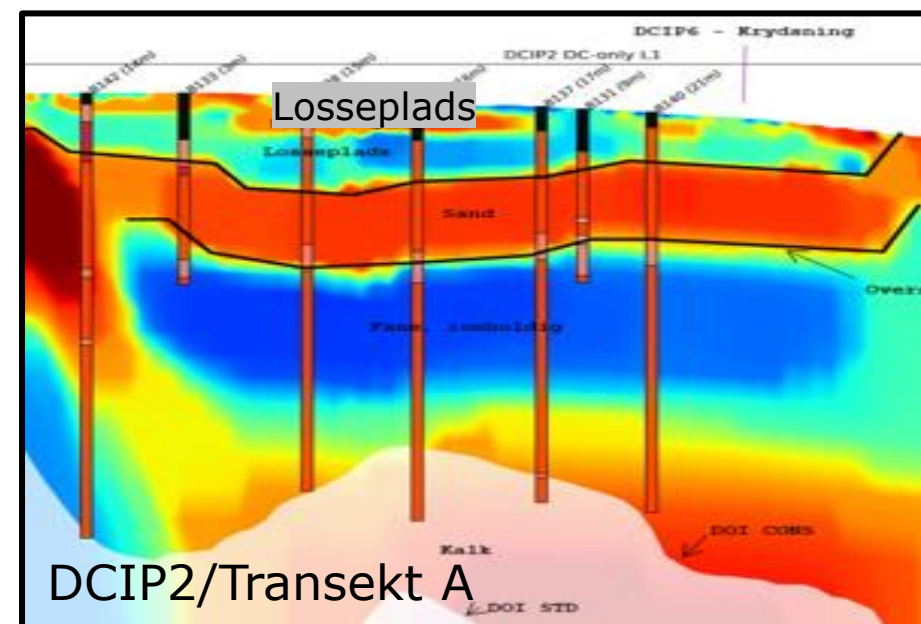
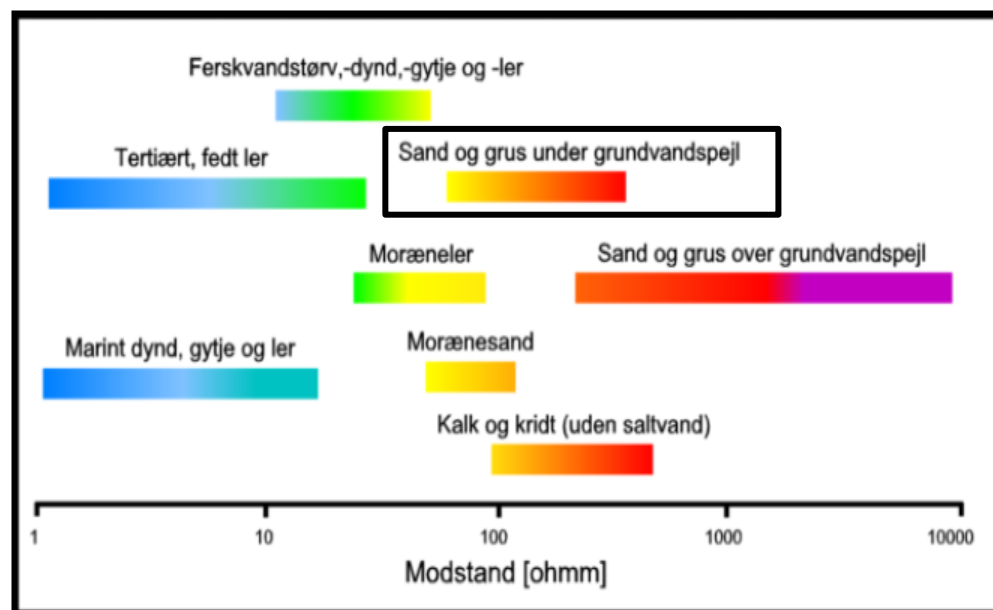
- Fanen dykker hurtigt ned i det nedre sandmagasin ved lossepladsen. Har nået topkalken.
- Fanen er 100 m bred
- Uvist om vi har fundet det værste
- Boringer til 60 m u.t. er dyre
- DCIP blev valgt forud for boringsplacering



Forventet modstand i mættet sand (gul-rød) = 80-700 ohmm

I DCIP2 - parallel med transekt A – ses lave modstande (blå) hvor geologien i borerne er mættet sand

Ioniseret porevand => ændring i grundvandskemi => indikation på forurening



DCIP og Ledningsevne (EC)

Overordnet set en god sammenhæng mellem DCIP og forureningsudbredelsen (perkolat), ledningsevnen (EC) i det kildenære boringstransekt.

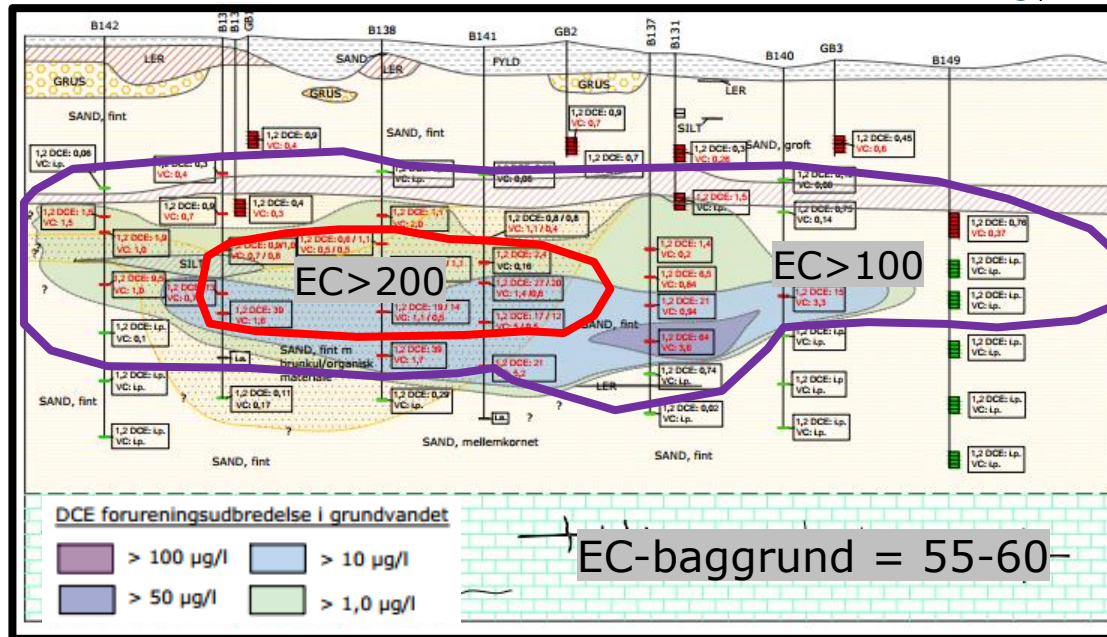
Det samme ses for DCIP og boringstransektet 100 m nedstrøms, dog befinder forurening med chlorerede sig dybere end de DCIP-fanen og de højeste EC i vandprøverne.



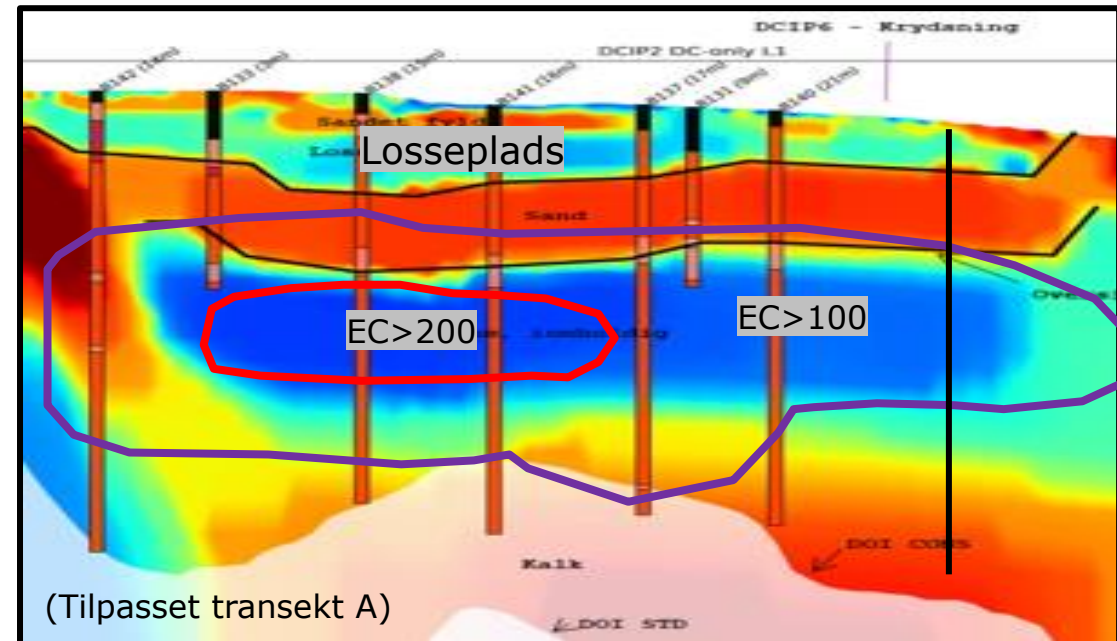
SYD

Transekt A

NORD

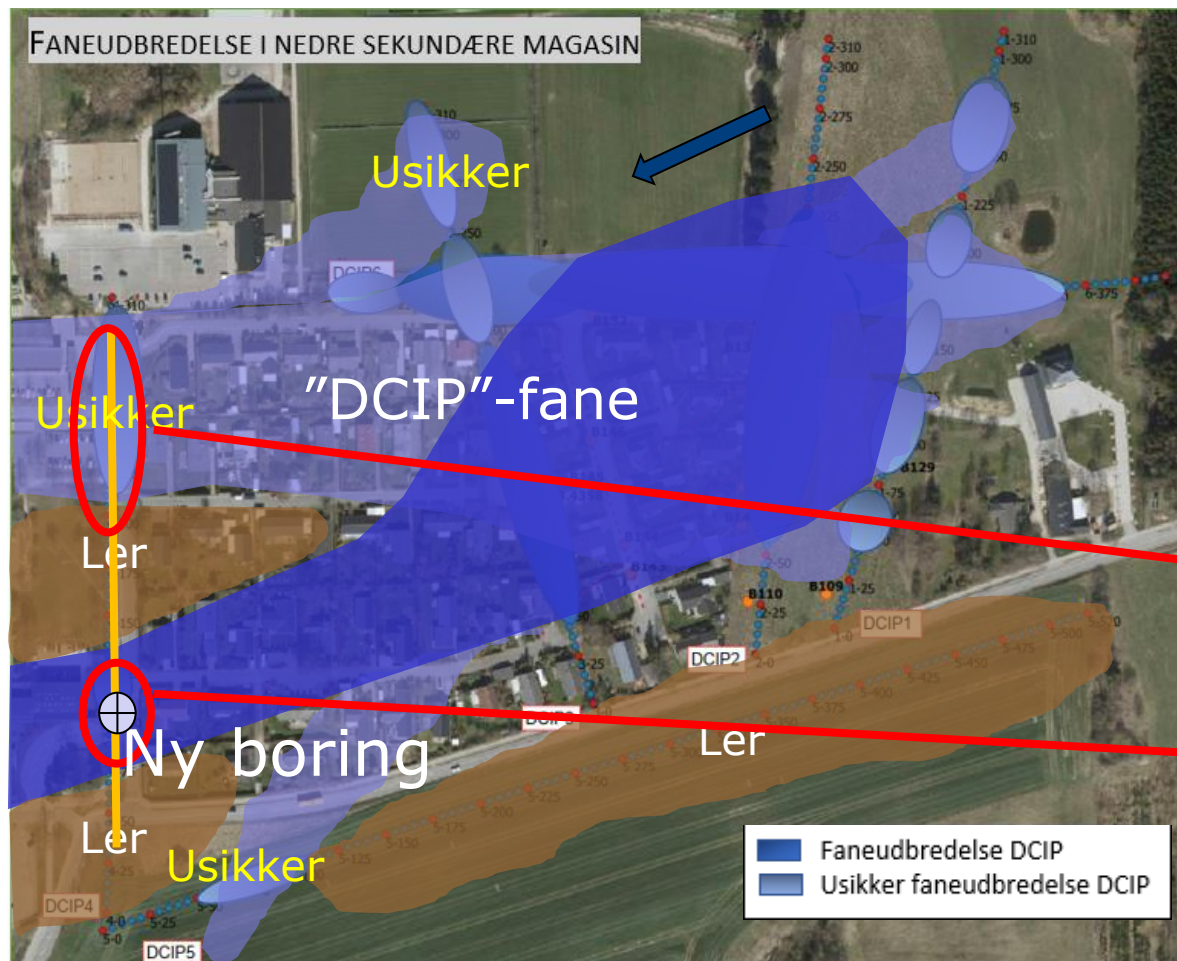


DCIP2



Forureningsspredning DCIP

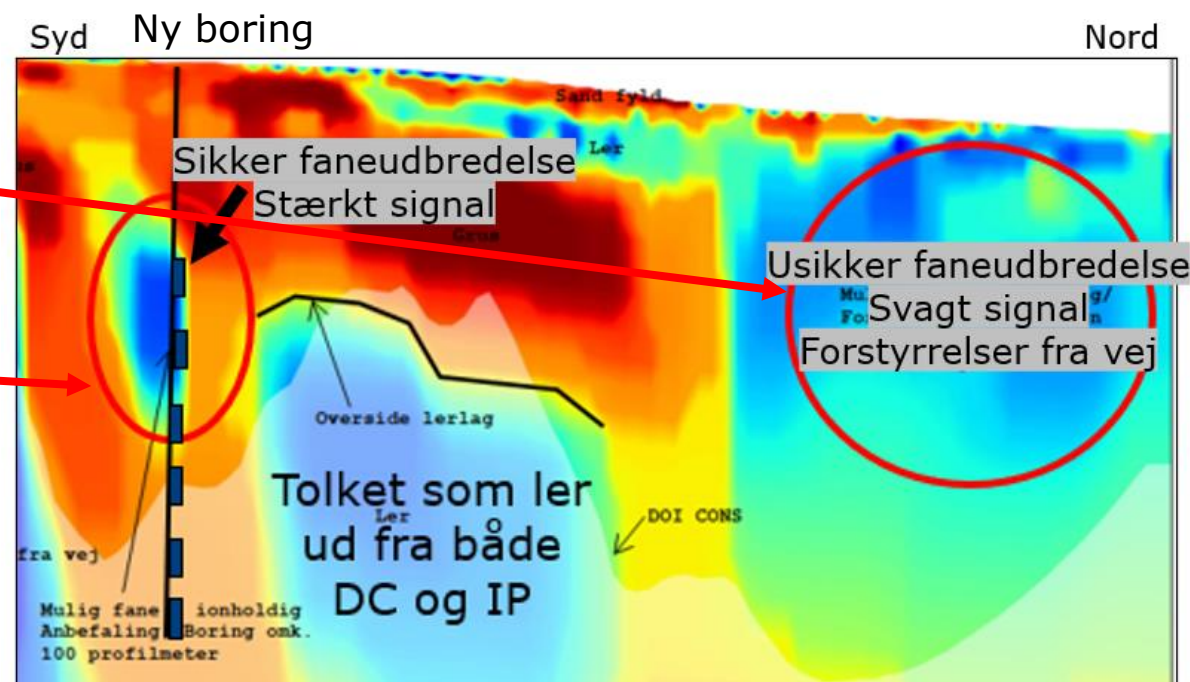
Nedre sandmagasin



Alene ud fra DCIP ser det ud til at fanen splitter sig op i 2 (evt. 3) mindre faner nedstrøms som strømmer imellem flere lerforekomster (knap så simpel geologi nedstrøms)

Nordligste og sydligste DCIP målinger dog noget usikre

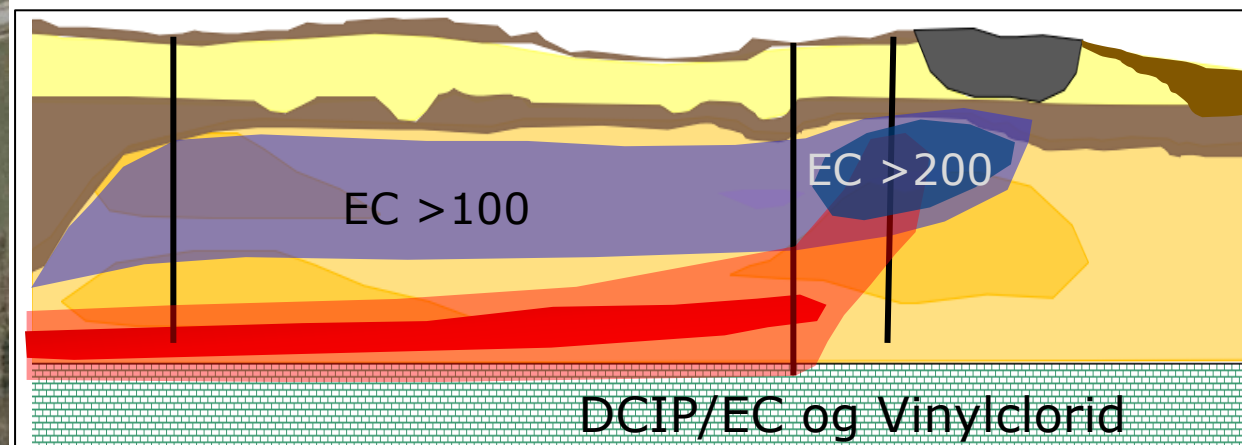
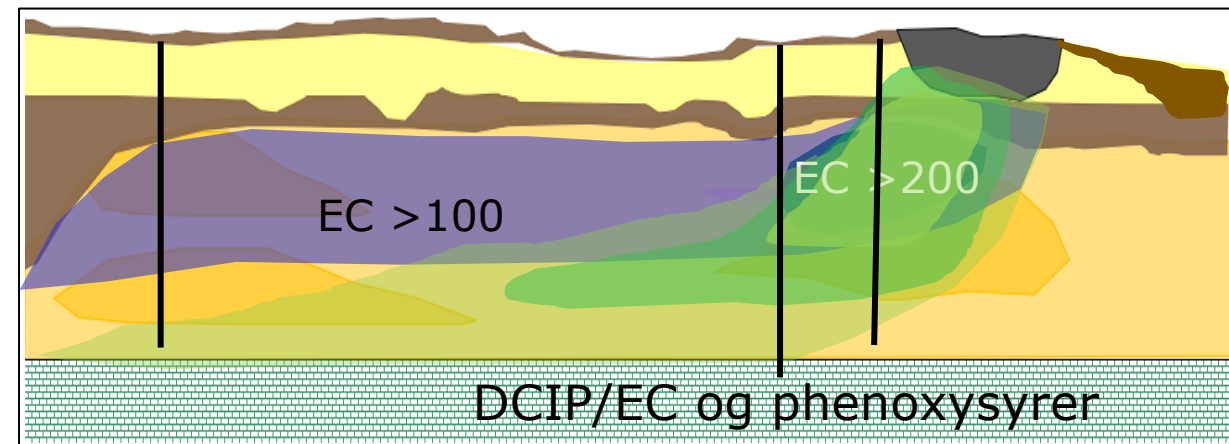
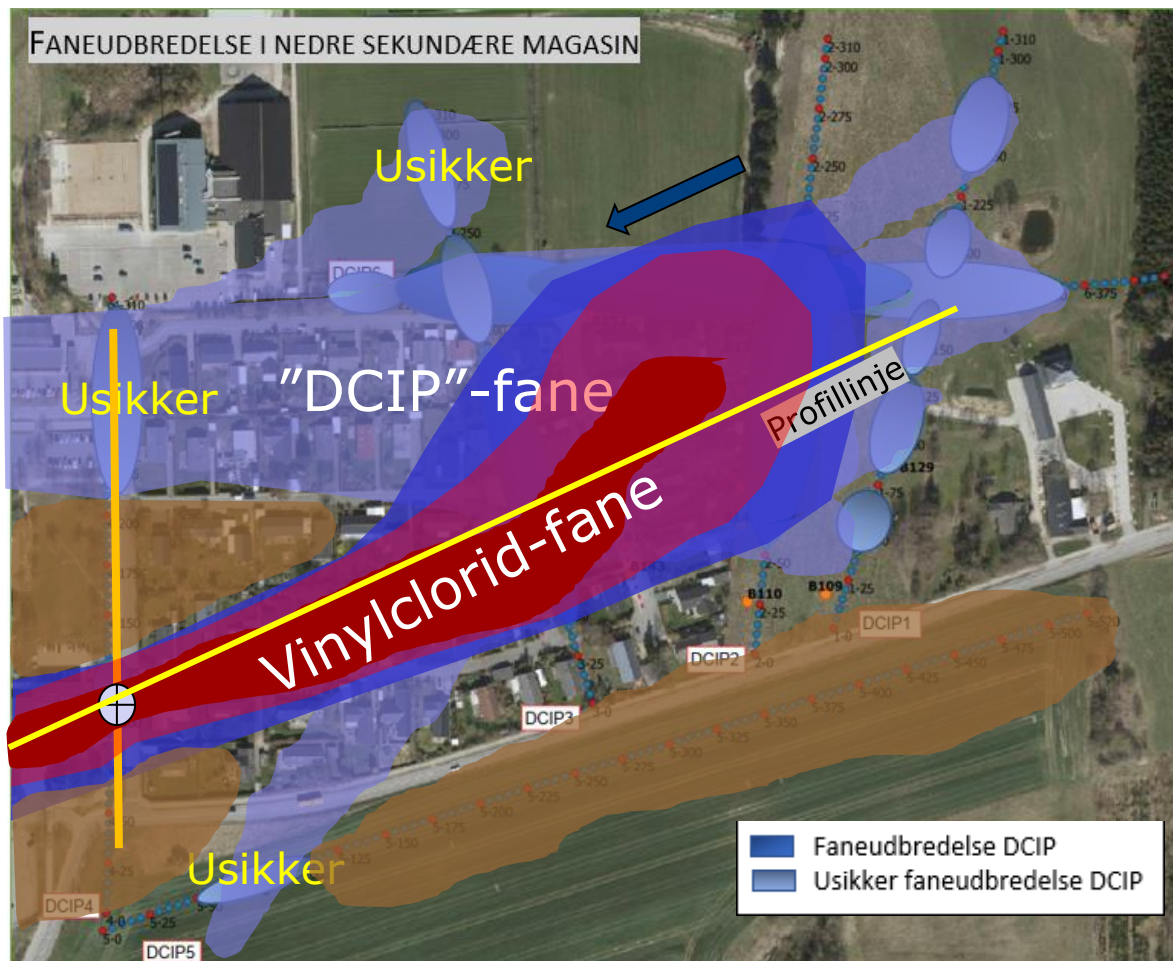
Ny boring med 6 filtre til toppen af kalken



Forureningsspredning efter geofysik og ny boring

Fund af højeste koncentration af vinylchlorid i ny boring

Phenoxysyrer i koncentrationer tilsvarende GV-kriteriet i ny boring

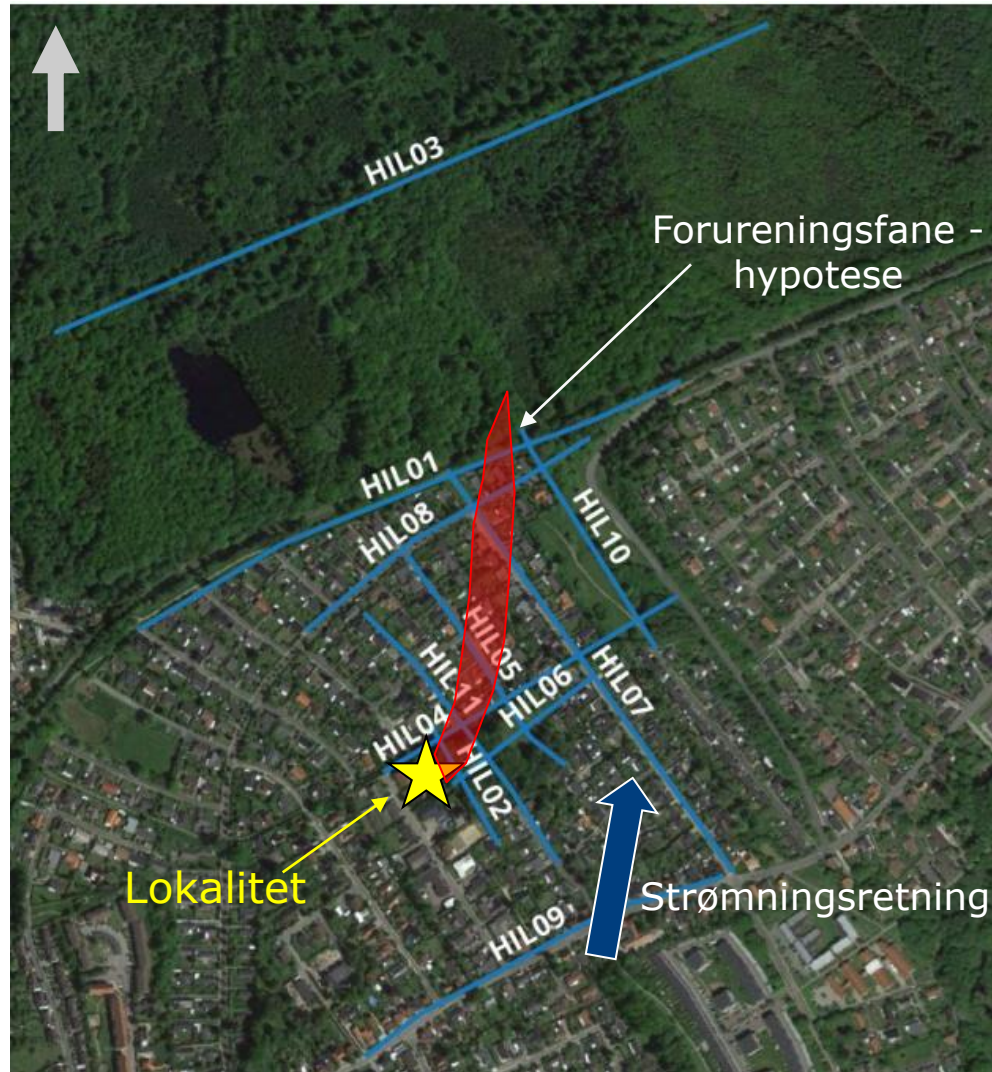


Hvorfor virker DCIP her?

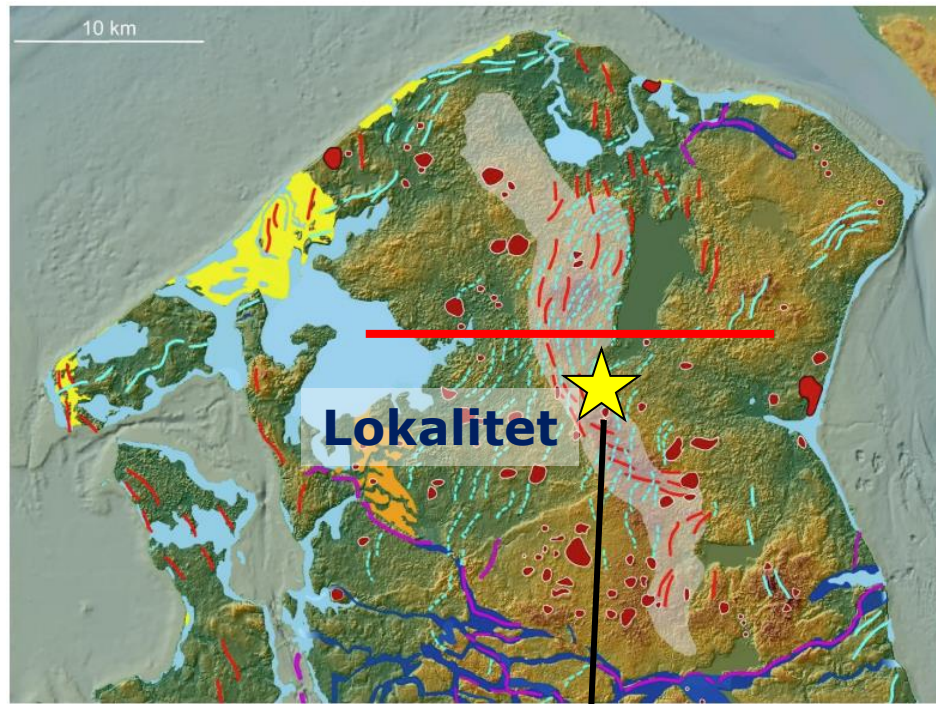
1. Der var signifikant forskel i EC-baggrund (55-60 mS/m) og EC-perkolatfane (100-250 mS/m) i vandprøverne. Forhøjet EC er tegn på ionholdigt porevand/-grundvand, som DCIP kan måle. Ioniseret porevand er tegn på forurening.
2. Der er tale om et stort, relativt homogent sandmagasin hvor den geofysiske modstand (DC-data) er høj (80-700 ohmm). Ler og ioniseret porevand (forurening) har samme lave modstand (< 70 ohmm). Forurening vil da fremstå som fed ler på DC profilet.
3. IP-data anvendes til at supplere DC-målinger for tolkning af om der er tale om ler eller forurening i områder, hvor der ikke er oplysninger fra boringer.

OBS! De geofysiske data bør altid verificeres med boringer for korrelation med geologi (og forurening).

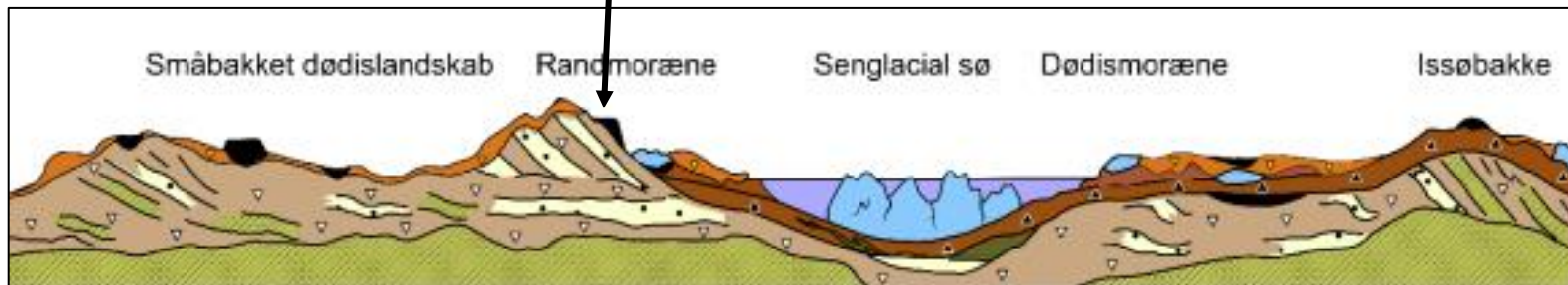
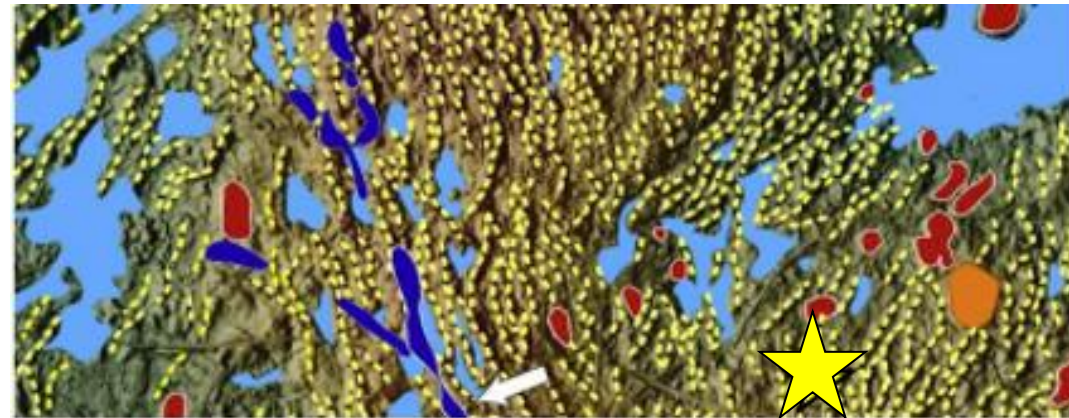
Case 2. Kortlægning af sekundære magasiner

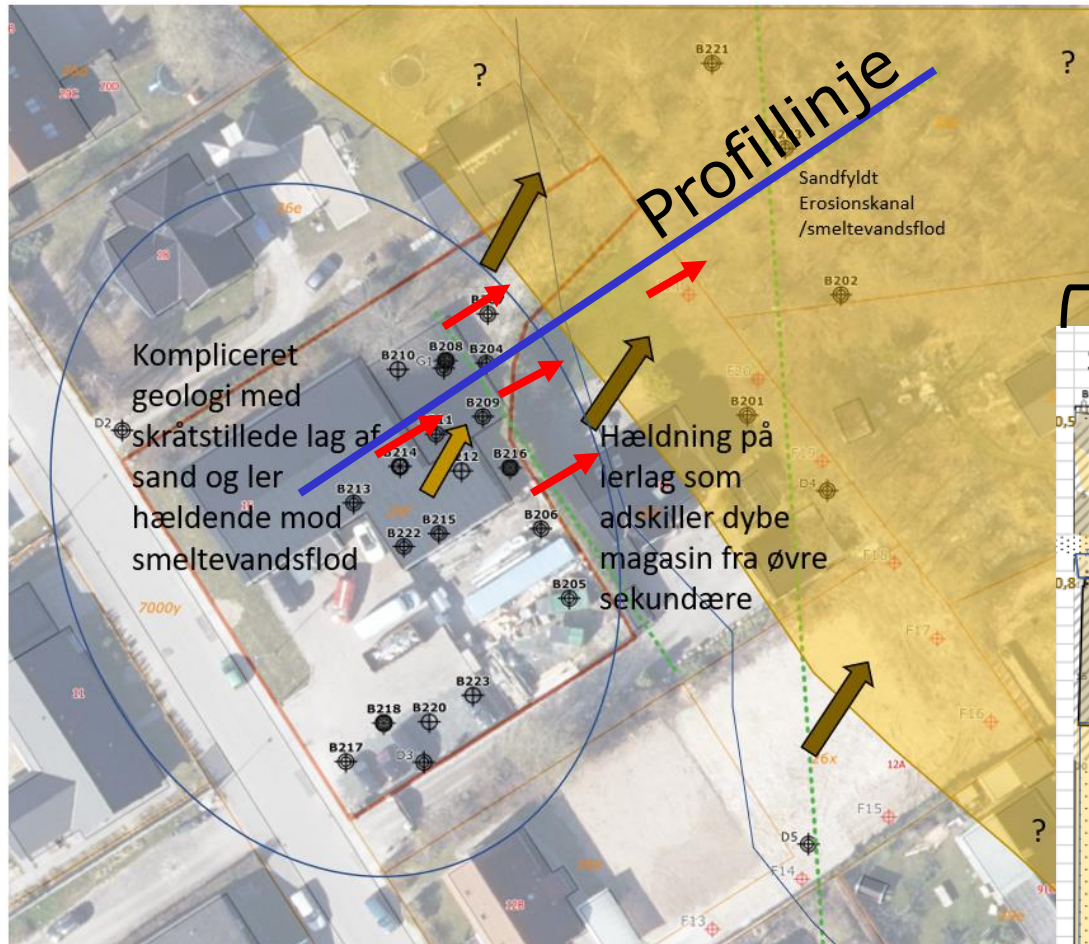


- Lokalitet i bolig- / erhvervskvarter
- Forurenet med chlorerede opløsningsmidler (sandsynligvis ingen ioner/salte, så ingen forventning om at kunne "se" forureningen)
- Forureningsfane ligger under tæt bebygget område
- Kuperet terræn i skovområde nedstrøms for lokaliteten
- Beregninger viser at fanen kan være transporteret 1-2 km i NØ-lig retning
- Der er en øvre og en nedre fane adskilt af tyndt lerlag (1-2 m)
- Sandet geologi nedstrøms
- Hele området har en meget kompliceret geologi (væltede lagkager)



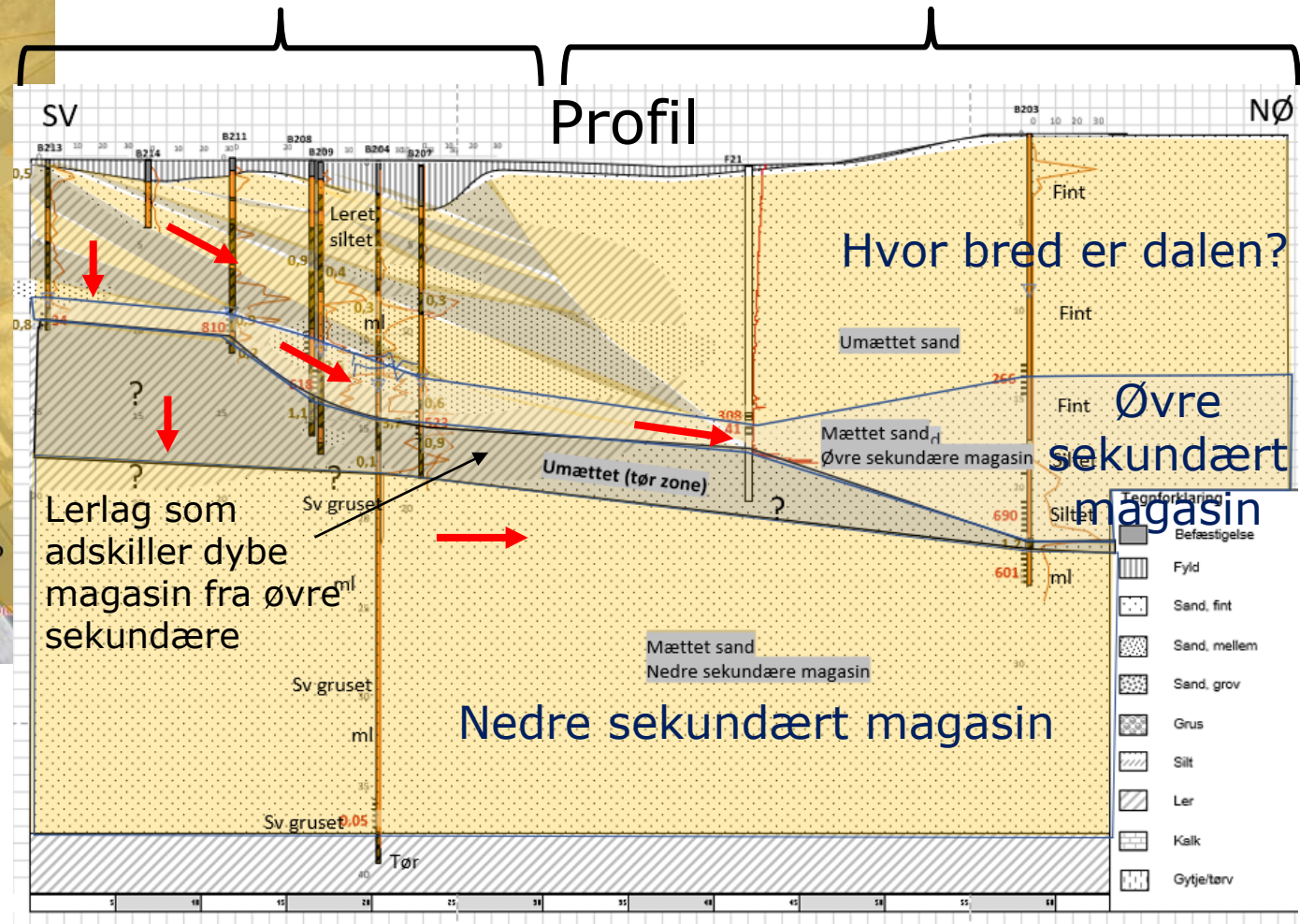
- Randmorænekompleks med randmoræner fra både NØ-isen og Bælthavs Isstrømmen
- Kombineret med dødislandskab
- Sandfyldte dale mellem randmorænerygge



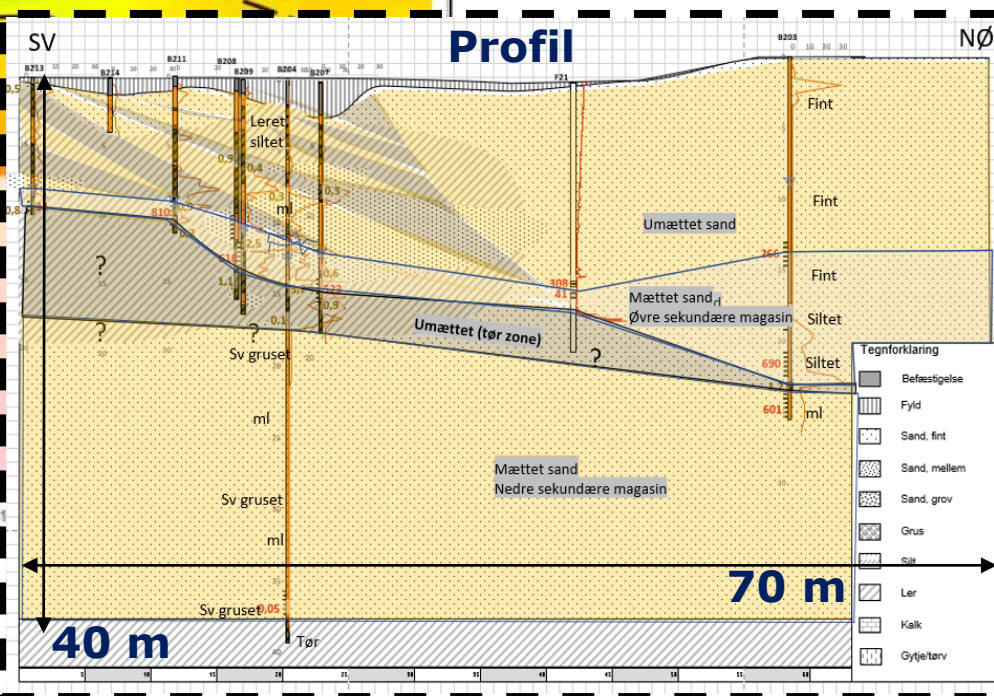
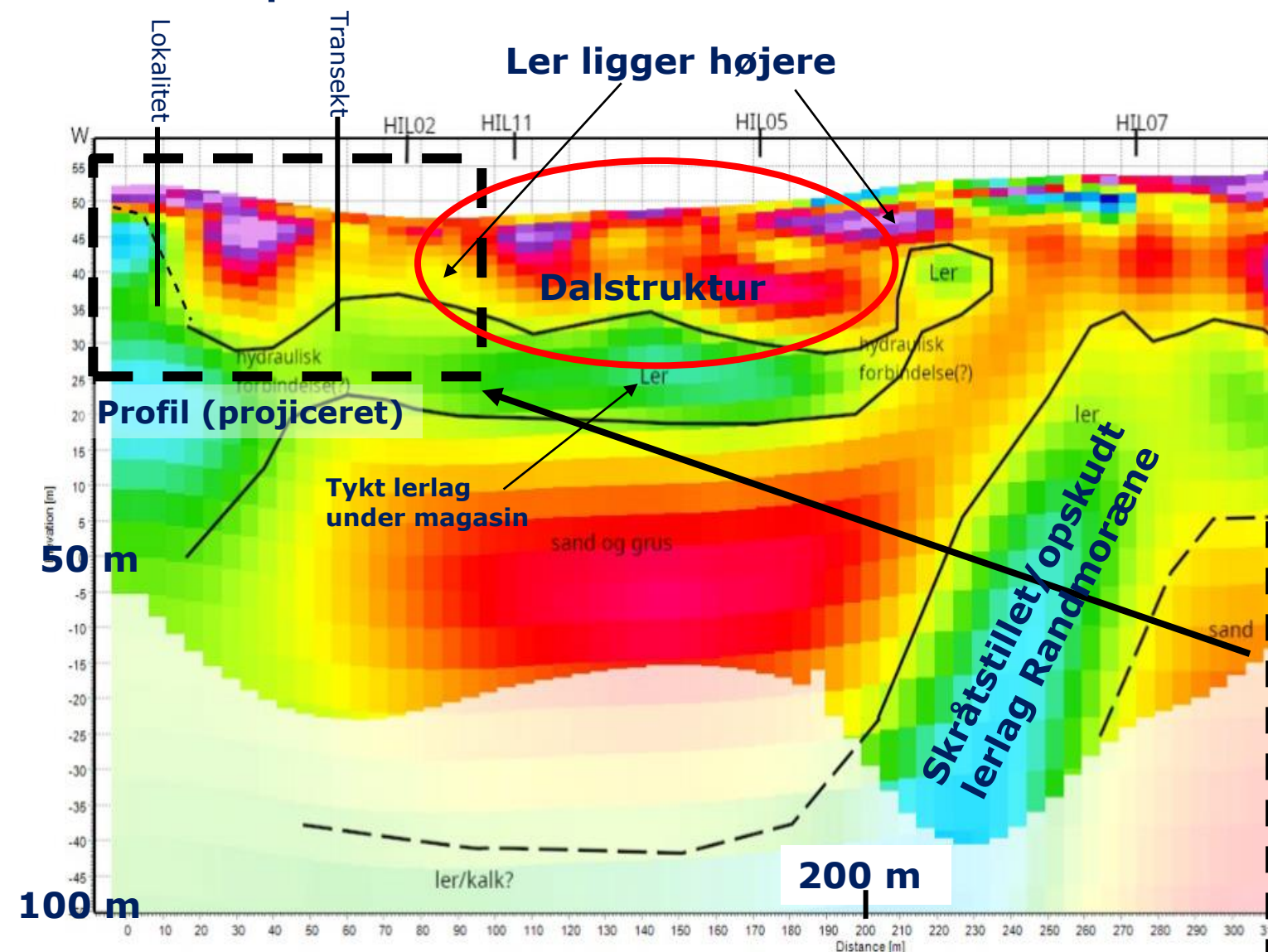


Kompliceret geologi med skråtstillede lag af sand og ler hældende mod erosionsdal

Sandfyldt Erosionsdal /smeltevandsskud

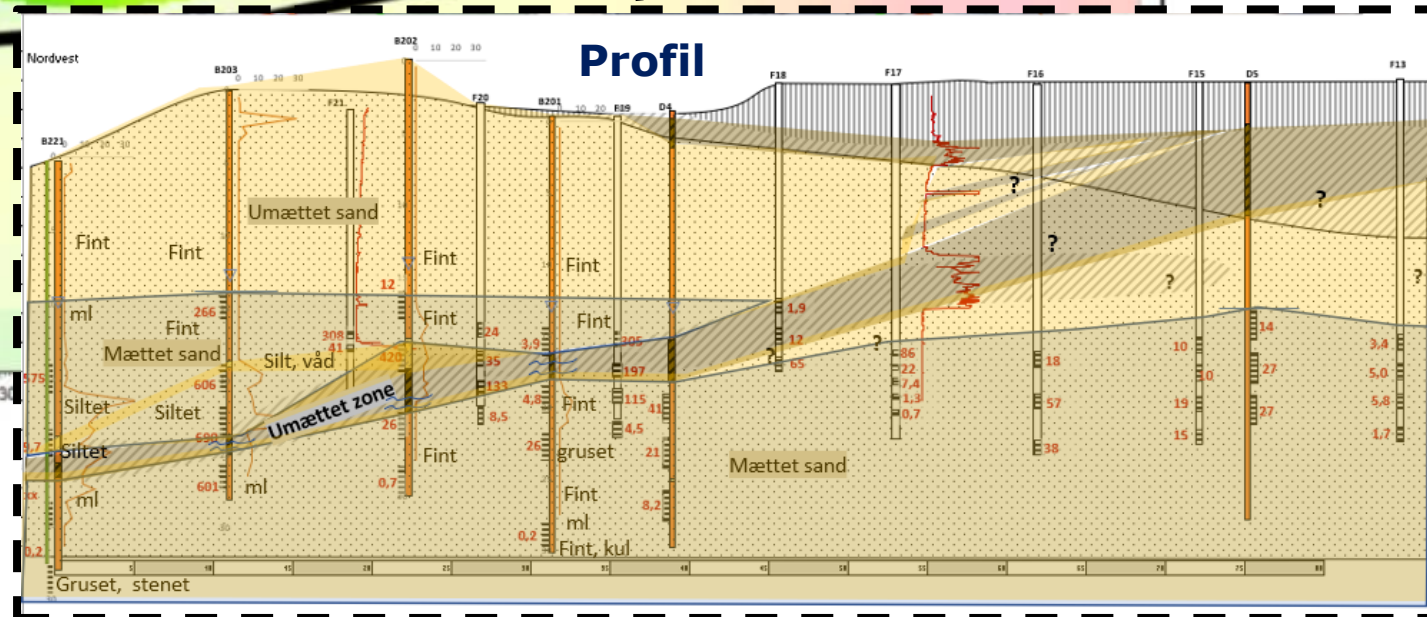
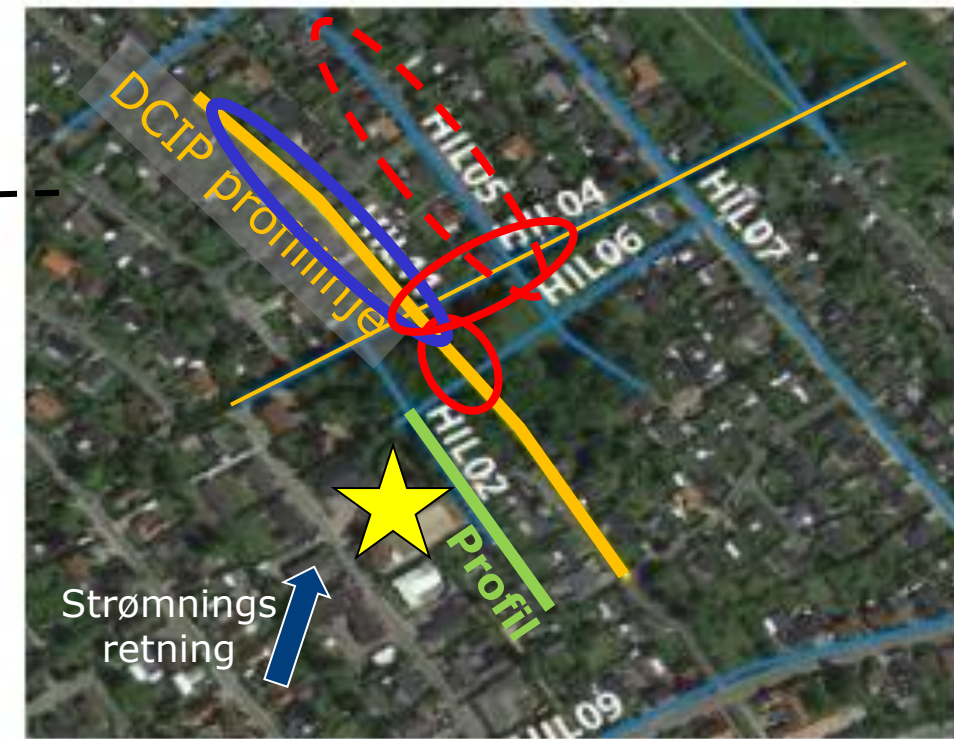
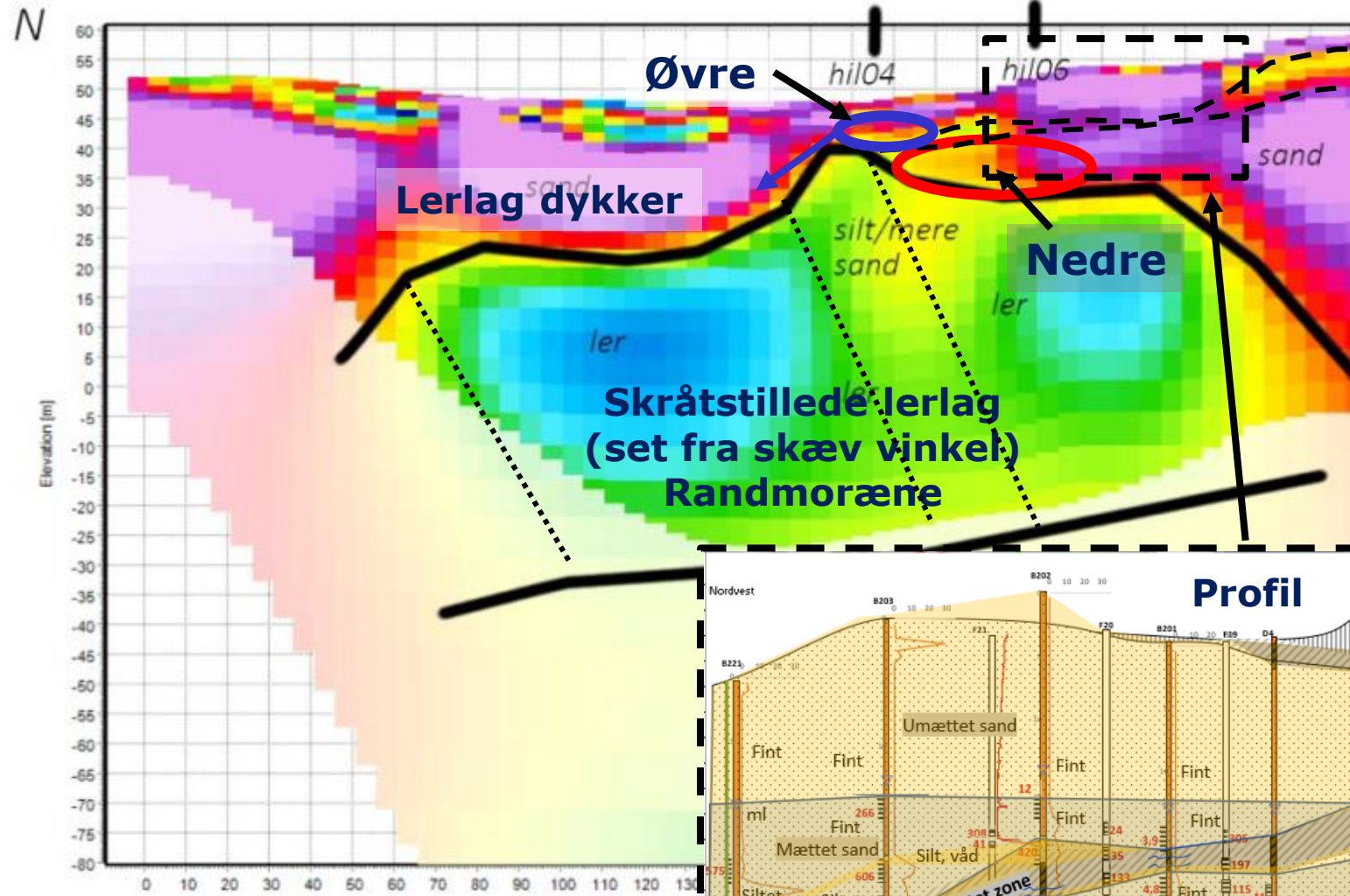


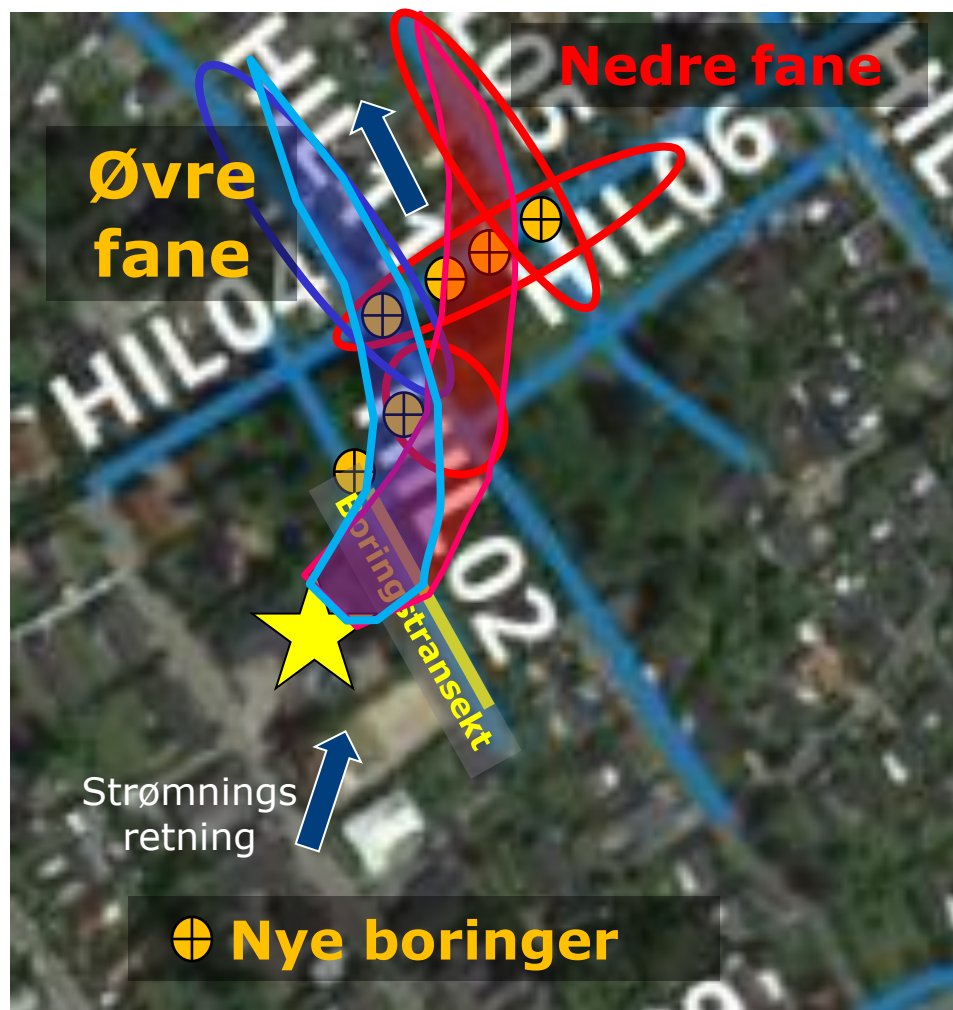
DCIP profil nedstrøms



Vær OBS på størrelsesforhold

DCIP NV-SØ profil nedstrøms





- DCIP har givet en forståelse for den komplekse geologi med flere isolerede sekundære magasiner
- Boringer har verificeret geofysikken
- DCIP i dybden er ikke detaljeret nok til at "se" tynde lerlag
- DCIP har optimeret boringsplacering, -dybde og filtersætninger
- Lerbarrierer mellem de dybere magasiner leder den nedre fane i en lidt anden retning end fanen i det øvre magasin. Dalstrukturen får fanen til at dreje mod nord.
- Øvre fane følger topografien og dalstrukturer i lerlaget. Terrænet nedstrøms for kildegrunden falder stejlt mod nord og medfører at fanen drejer mod nord og nordvest.

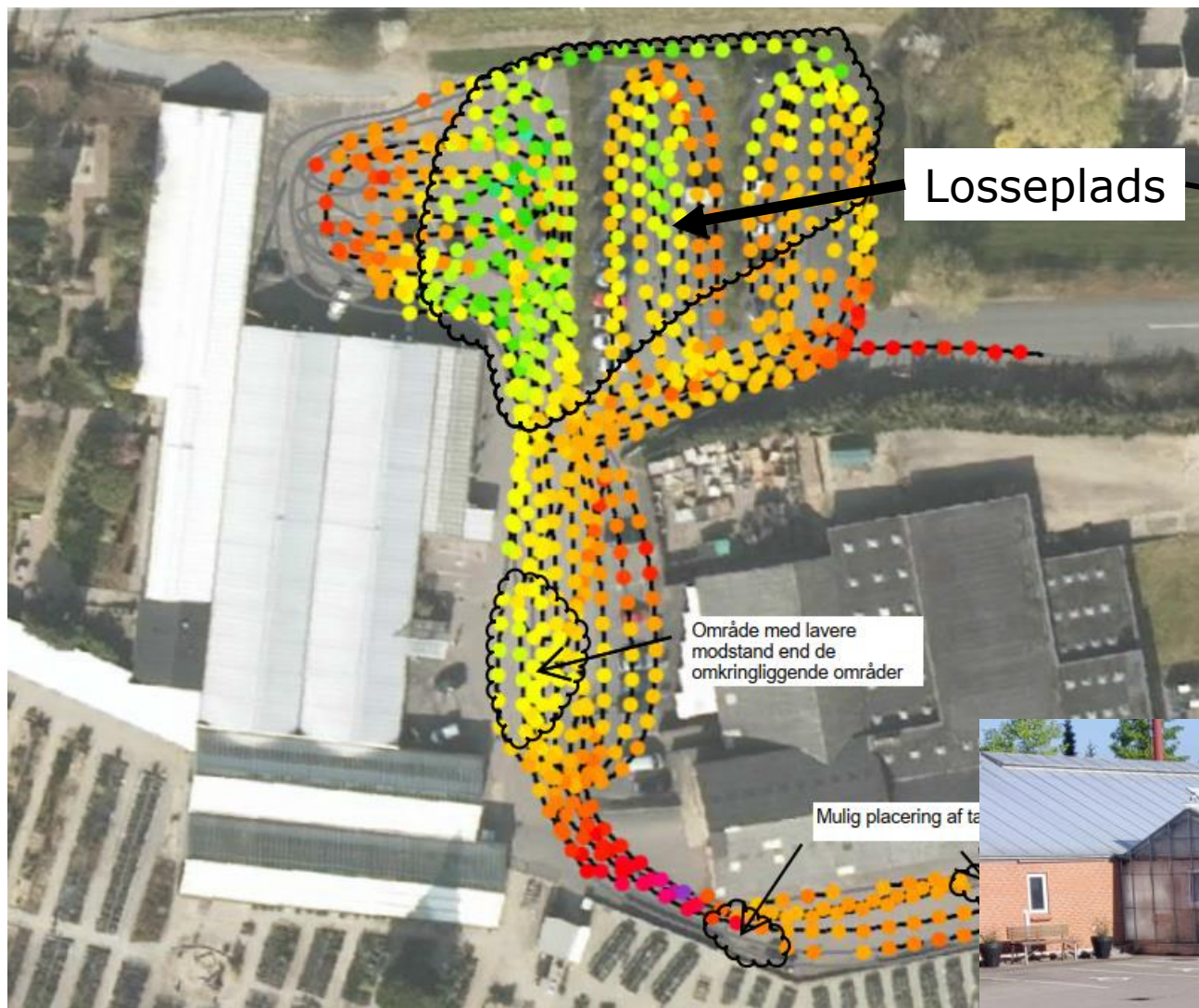
- Geofysikere er ikke nødvendigvis geologer. Det er ofte nødvendigt at få set mere detaljeret på geofysikken med geologiske øjne
- Tolkninger kræver at man kan se på 2D profilerne med 3D øjne, for at få den rummelige forståelse for f.eks. sandmagasinernes udbredelse
- Hvordan er geologien i området – Geofysik anbefales ikke til kortlægning af tynde lag eller i områder med hovedsageligt ler – hæmmer indtrængningsdybden
- Hvad er formålet med kortlægningen? Tal med en geofysiker om mulighederne og forhindringerne
- Kortlæg kun langs veje, hvis der ikke er for mange kabler eller trafik
- Kortlæg et større område end nødvendigt for at få ikke-forurenede områder med (baggrundsmålinger) og for den rummelige forståelse
- Vær bevidst om at geofysikken er et hjælpeværktøj og ikke kan stå alene
- Geofysikken kan korrelere de geologiske lag fra boringer
- For at kortlægge til 80-100 m i dybden, kræves en profillinje på 300-400 m, som skal være relativt lige. Kortlægning ned til 20-30 meter kræver ca. det halve.
- Man skal lige vænne sig til farverne (regnbuefarver vs. jordfarver)

DualEM metoden

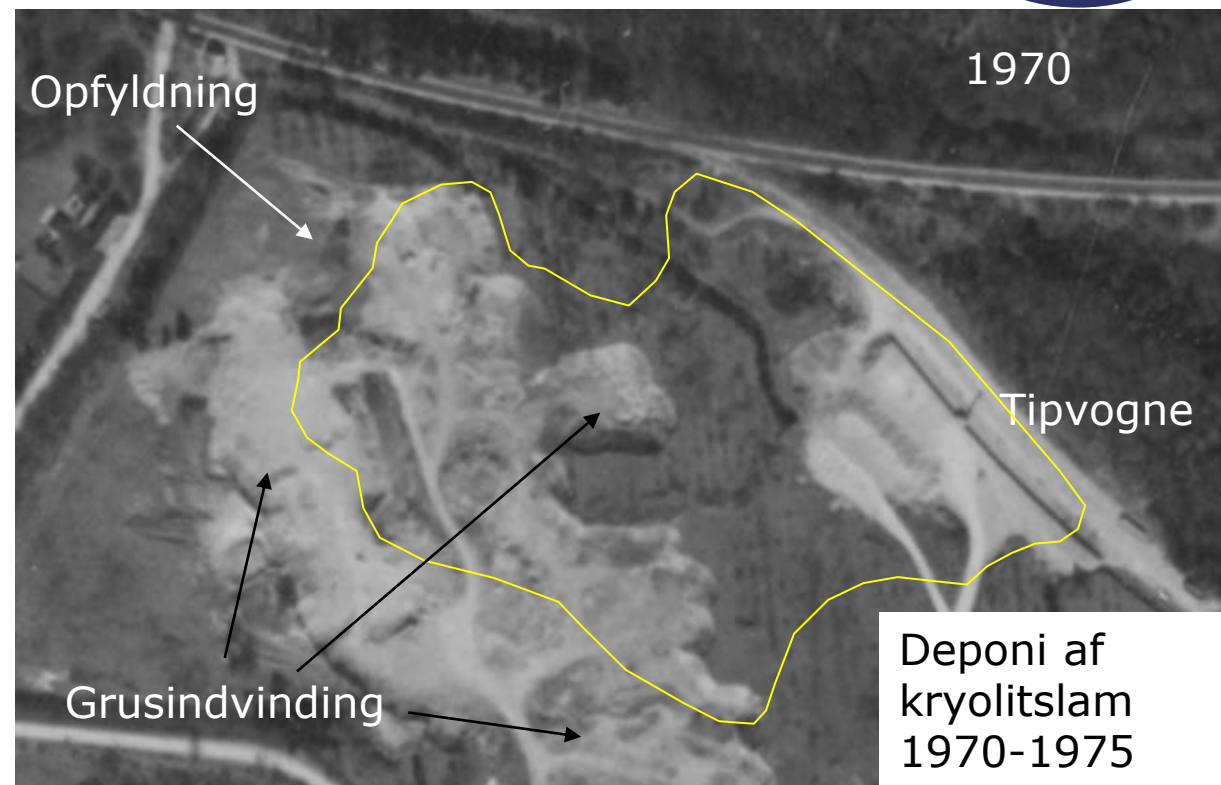
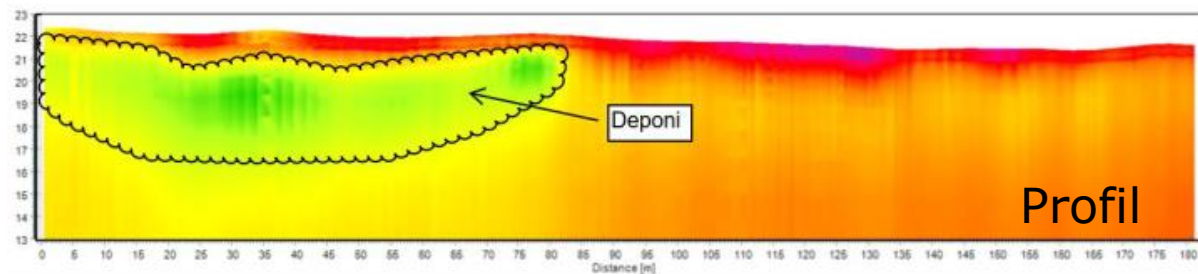
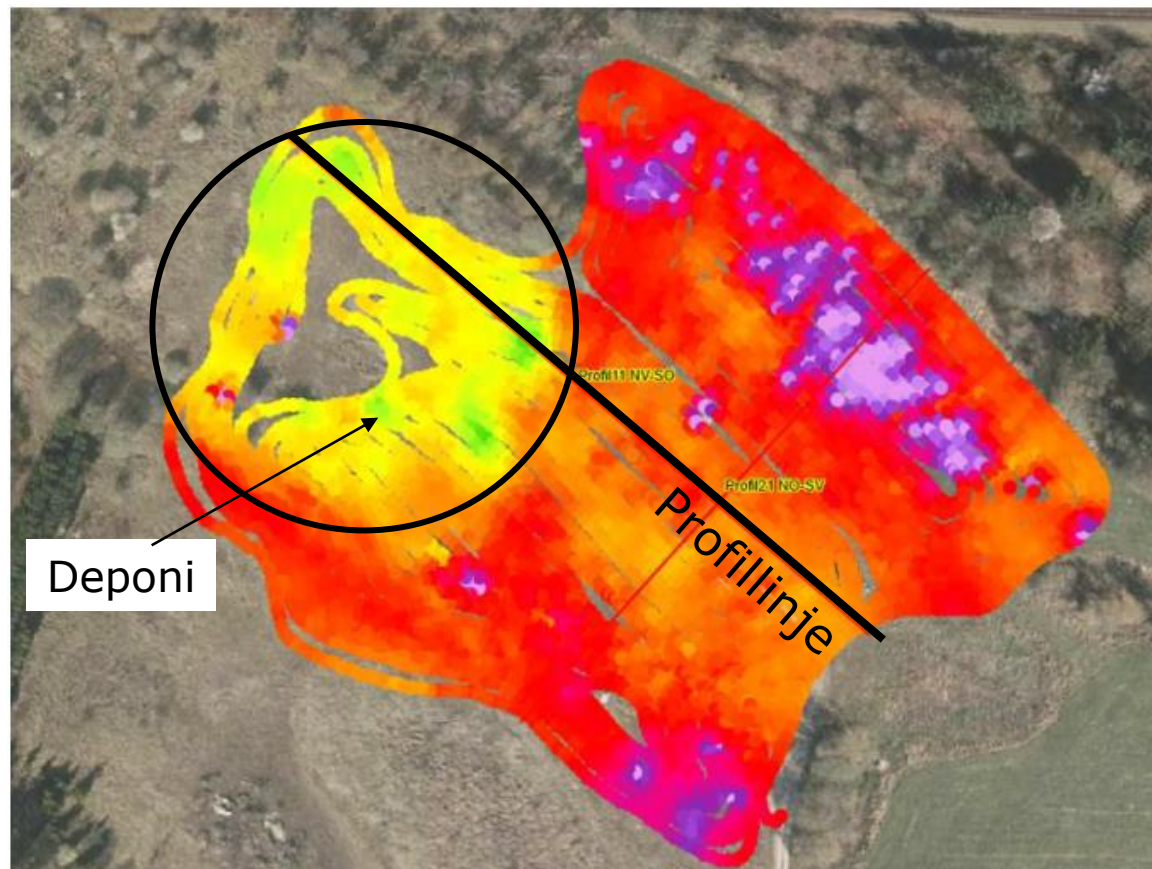
- DualEM-421s, er en GCM (Ground Conductivity Meter) metode.
- Måler elektriske modstande i undergrunden.
- Måles med ATV-trukkent instrument (4,5 meter langt pvc rør monteret på en slæde)
- GPS monteret på slæden, således positionen for de indsamlede data logges sammen med kortlægningen.
- Indtrængningsdybde (DOI) 8-10 m
- Fordel: Kan kortlægge hele terrænoverfladen og giver et 3D billede af geologien (eller lossepladsfyldet)
- Forhindringer: Mange, men hvis der kan køre en ATV, så kan der også kortlægges. Bedst på åbne arealer (mark, eng, p-plads uden for mange kabler)

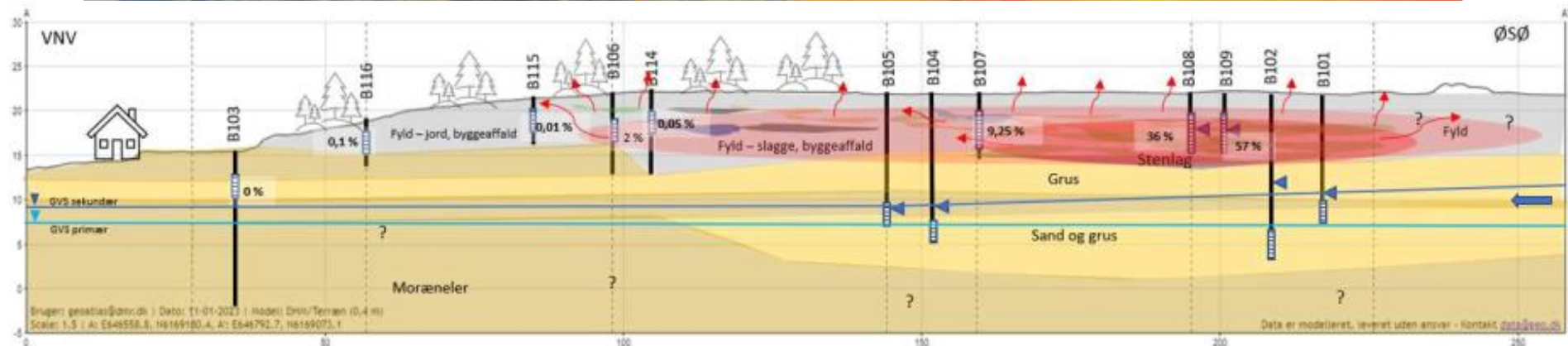


DualEM – kortlægning i byområde



DualEM – kortlægning af slam i losseplads





- Kan kortlægge geologi og ikke-geologi i de øverste 8-10 m
- Giver en fladekortlægning af arealet
- 2D profiler sammen med fladekortlægningen giver et 3D indtryk
- Kan kortlægge en hel mark på en dags tid, hvis der ikke er kuperet eller den er tilgroet
- Geofysikken skal altid verificeres med boringer, men antallet kan reduceres og placeringen optimeres
- Anbefales til kortlægning af f.eks. lossepladsers og deponiers udbredelse på åbne arealer
- Der skal være forskel i modstandene på den omkringliggende geologi og det deponerede materiale. F. eks. grusgrav fyldt op med sandet jord.
- Kabler, hegn og andet metal i en radius af 8-10 m kan forstyrre signalet

Tak for opmærksomheden

Spørgsmål?

Bettina M. Olsen
bmo@dmr.dk