

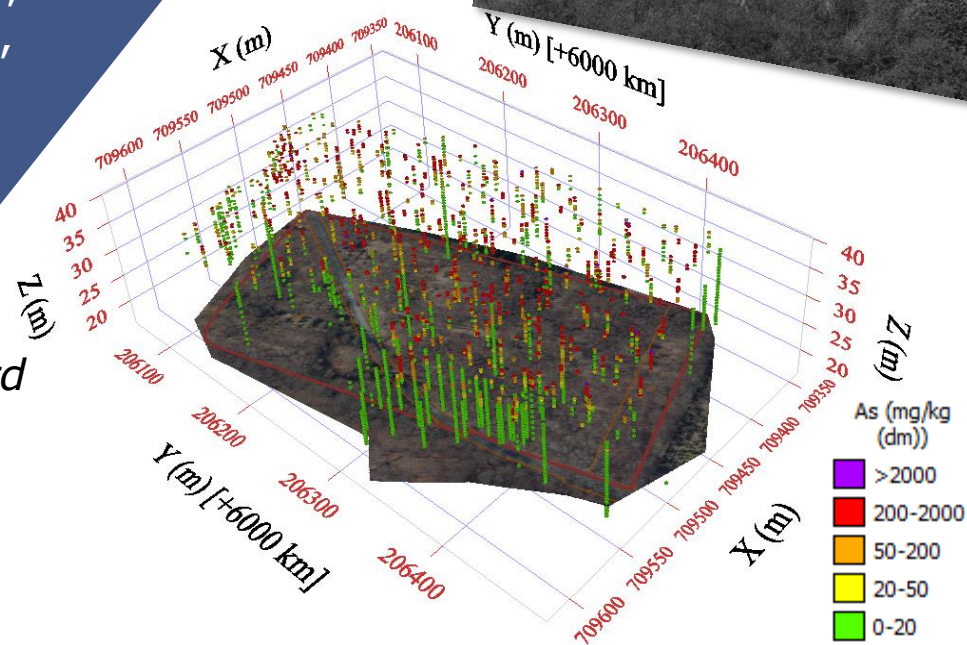
Inddragelse af geostatistik i alle faser af en videregående undersøgelse

- Trickle down fra en generationsforurening

Per Loll og Morten Birch Larsen, DMR
Vinni Rønde og Anne Sivertsen,
Region Hovedstaden

Magnus Mygind, Bror Eklund,
Markus Loll og John Loddegaard
DMR A/S

ATV Vintermøde, 7. marts 2023



©Syvest Jensen luftfoto (1952), Det Kgl. Bibliotek



Mine refleksioner omkring dette indlæg



- Jeg har set en del indlæg om store sager og spekuleret på hvad jeg kunne bruge derfra (*hvad kan vi lære af generationsforureningerne?*). Jeg er ofte gået fra indlæg om store sager med en følelse af at det var en "one off" oplevelse (= *det kommer jeg nok aldrig til at bruge*).



- Nu står jeg selv med en meget stor sag og spekulerer på hvad I kan tage med hjem fra mit indlæg ...
 - Rigtig mange data (*så mange data får jeg aldrig*)
 - Geostatistik (*en fagdisciplin jeg ikke kommer til at lære*)
 - Specialsoftware (*Kartotrak, det kommer jeg ikke til at bruge*)

- Bare så I ved det:

- Sådan kan I komme til at vide "nok" om geostatistik:
- Jeg reklamerer ikke for noget specifikt software, se bilag 1 →
- Fokus på at generel læring, som I kan bruge på andre sager
 - Men med afsæt i Collstrop som eksempel

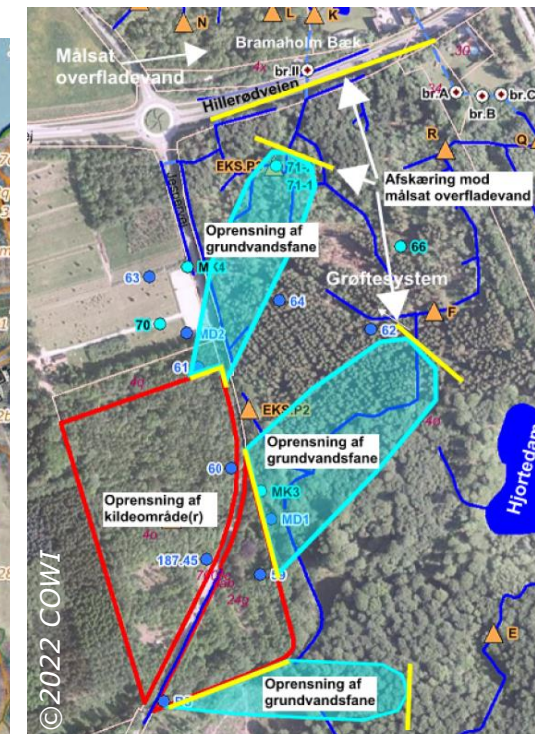
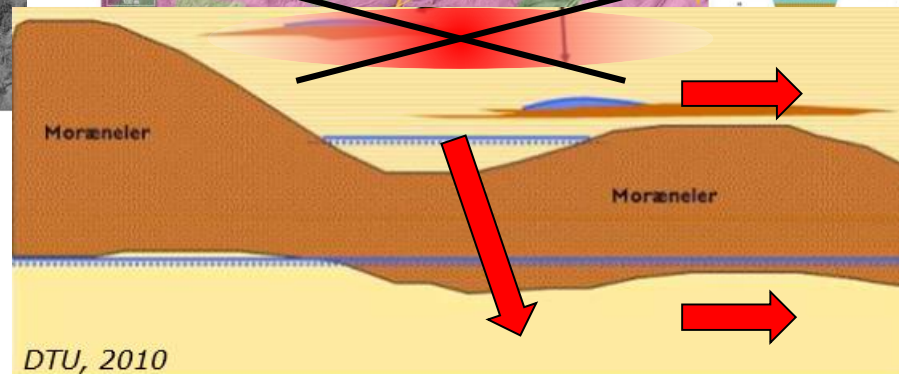
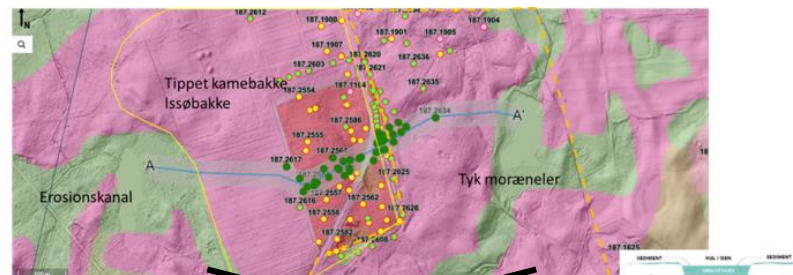


Hvad er geostatistik?
Hvornår kan man anvende geostatistik?
Hvad kan man anvende geostatistik til?
OBS-punkter ifm. geostatistik



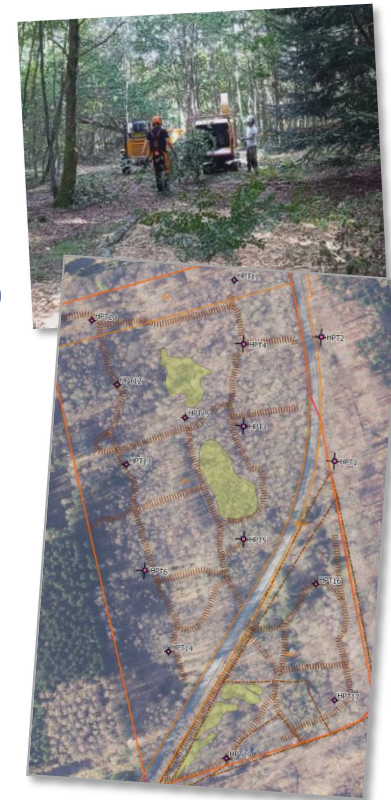
Collstrop – hvad er det for et bæst?

- Grunden (ca. 67.000 m²) ligger NØ for Hillerød
- Træimprægnering 1936-1976 (As, Cr, Cu, fluorid, phenol)
- Risiko: Vandløb, Esrum Sø og Natura 2000 område
- Sideløbende undersøgelser ift.:
 - afværge/immobilisering af kilden (GEUS)
 - flux ud fra matriklen og afværge heraf (COWI)



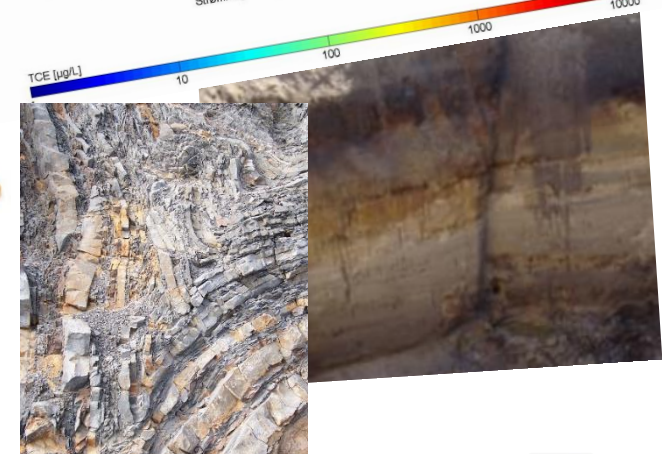
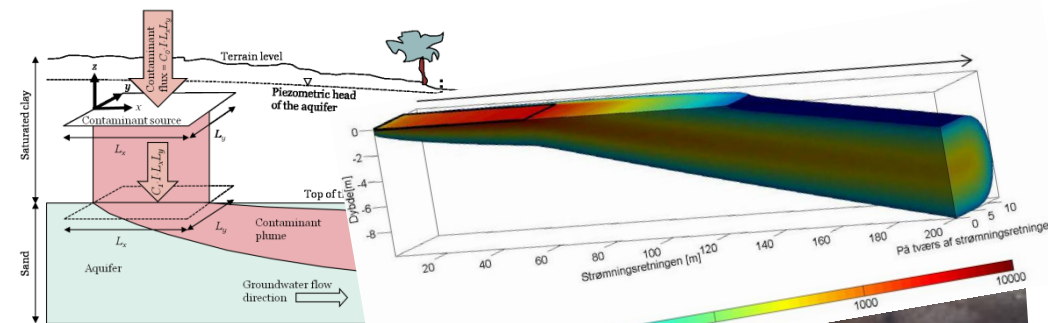
Datamængden er voldsom!

- Jeg tænker ikke at den nøjagtige datamængde er særligt interessant for jer ... men alligevel:
 - Fase 1: Etablering af arbejdsplads og køreveje
Historik + tilladelser og godkendelser
Modellering af foreliggende data (169 boringer + 1276 JP)
 - Fase 2: 9 HPT-sonderinger (9-20 m u.t.)
50 kerneboringer (4-8 m u.t.) } 50/10 cm
102 snegleboringer (4 m u.t.) - 16 filtersatte }
193 håndboringer (1 m u.t.) } 25/25 cm
Σ354 boringer/sonderinger,
1740 jordprøver og 4792 XRF-målinger



Hvad er det man kan med geostatistik?

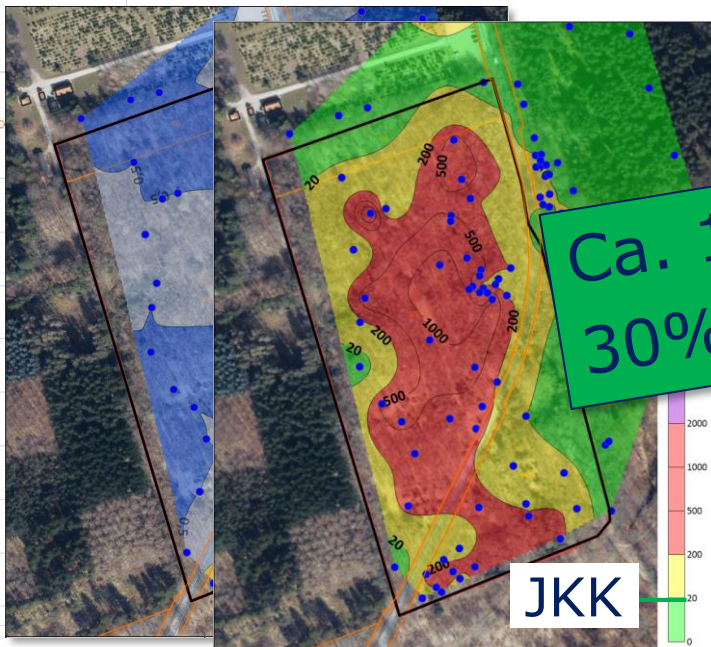
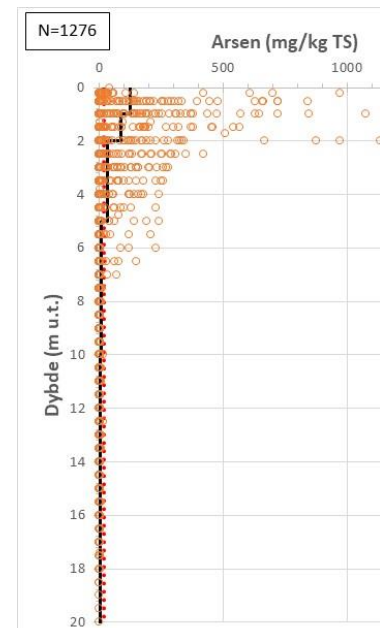
- Afværge handler ofte om at reducere flux
 - Flux er relateret til koncentration og volumen, som er relateret til masse
- Det handler om at finde massen
- Inhomogeniteter i geologi og koncentration medfører rumlige variationer og usikkerhed i vores estimater.
- Faldende analysepriser giver os flere data
- Det er svært at skabe overblik over mange data
- Kommunikation kræver overblik og visualisering
 - Både for en selv, kollegaer, kunder og myndigheder
- Overblik kræver effektive værktøjer
- Det er præcis det det handler om på Collstrop-grunden!



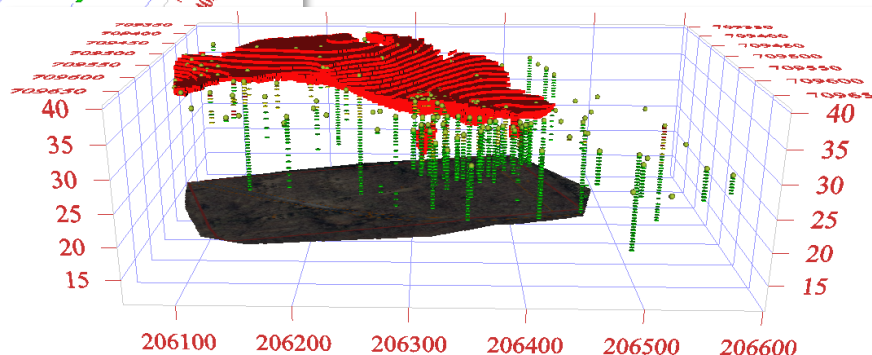
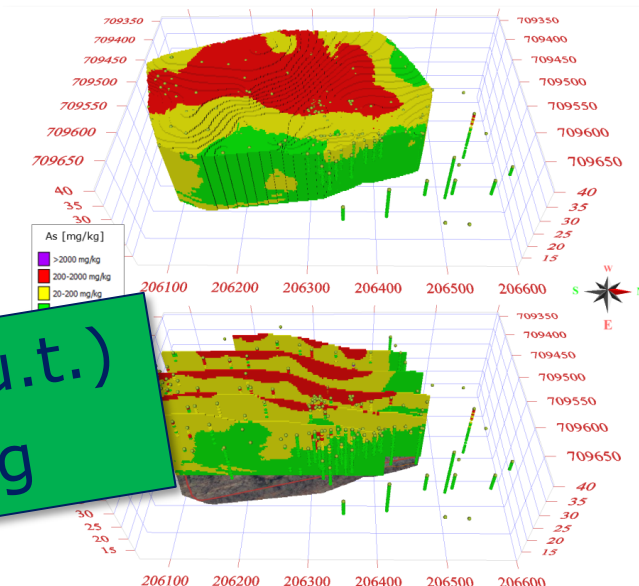
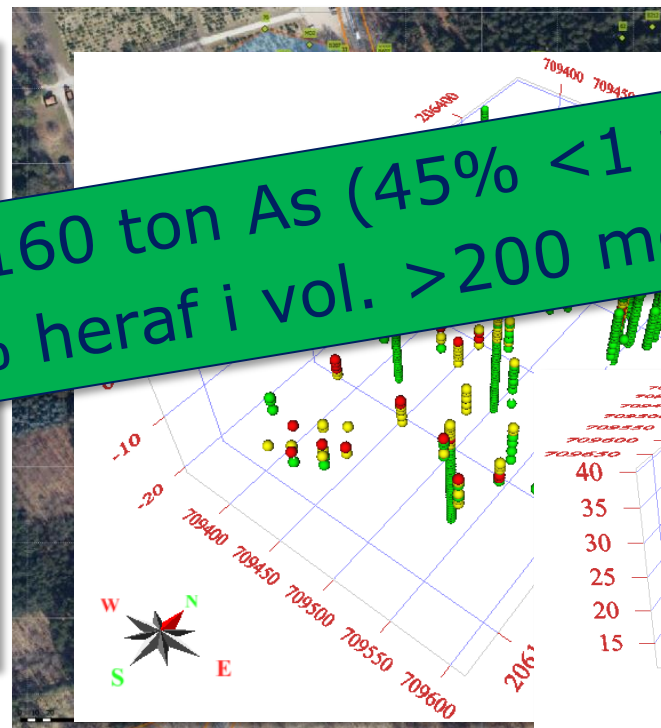
Jeg påstår at geostatistisk software er "løsningen"

Formål og indledende dataanalyse (Fase 1)

- Formål: Masse og volumen af As, inkl. konfidens (-> afværgelse)
 - ➔ - Primært: Hvor ligger As-forureningen og hvor meget er der?
 - Sekundært: Hvor meget As siver ud (jord -> sek. vand)?
 - Tertiært: Hvor meget Cr og Cu, og hvor ligger det?
- Foreliggende data (169 boringer og 1276 JP)
 - Heraf 128 boringer og 917 JP indenfor/tæt på grunden

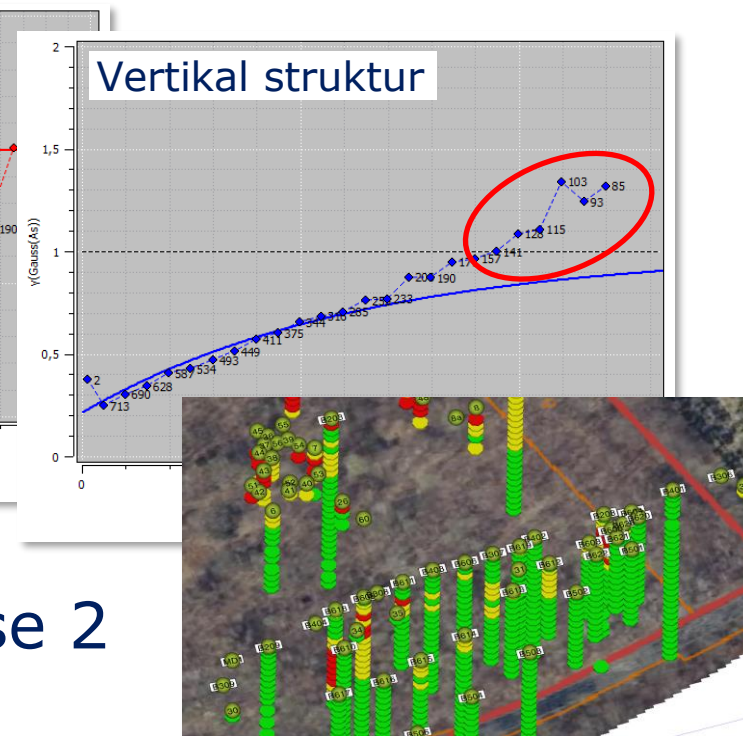
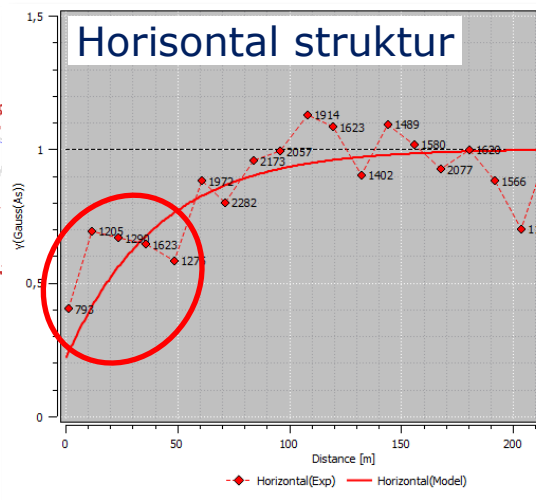
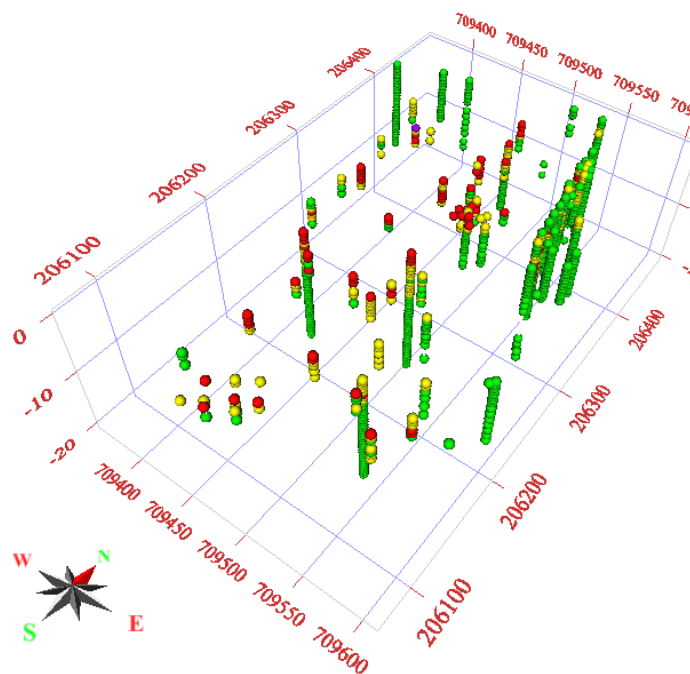
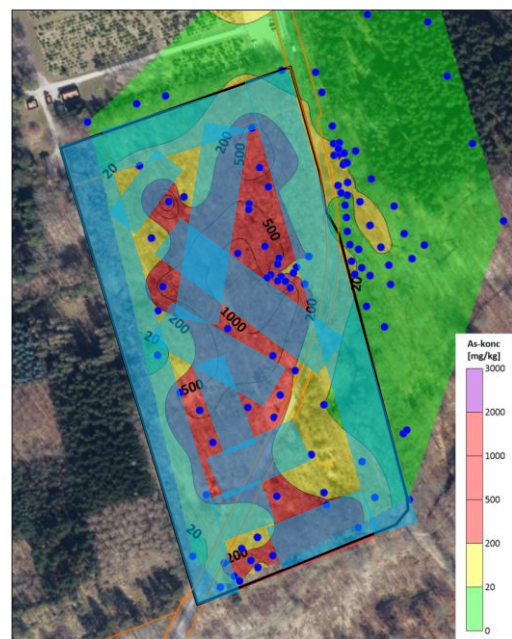


Ca. 160 ton As (45% <1 m u.t.)
30% heraf i vol. >200 mg/kg



Indledende dataanalyse – Fase 1

- Men er vi så ikke (næsten) færdige?
- Nej ikke helt, fordi ... djævelen ligger i detaljen:
 1. Der er næsten ingen boringer langs "randen" af grunden (eller midt på)
 2. Der er meget få data til at beskrive forurening i dybden på grunden
 3. Få boringer med korte afstande imellem, giver meget usikker rumlig struktur
 4. En stor del af data ligger udenfor matriklen - og har en anden struktur



- Derfor Fase 2

Dataanalyse efter Fase 2

Gamle boringer

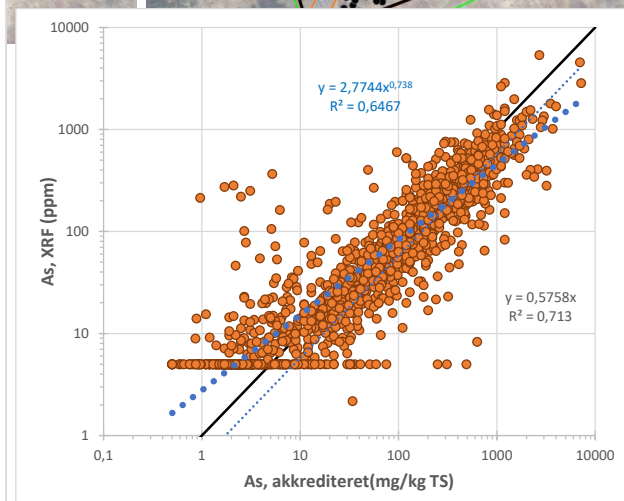
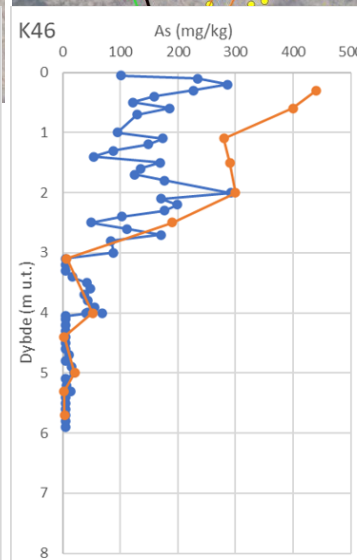
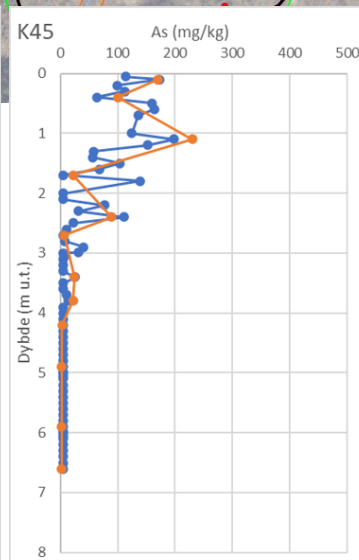
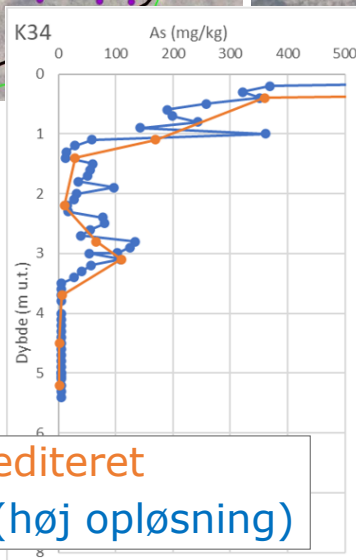
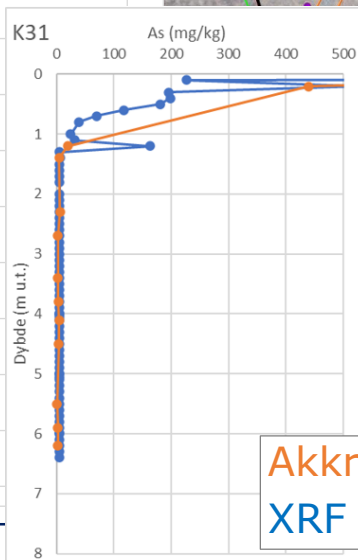
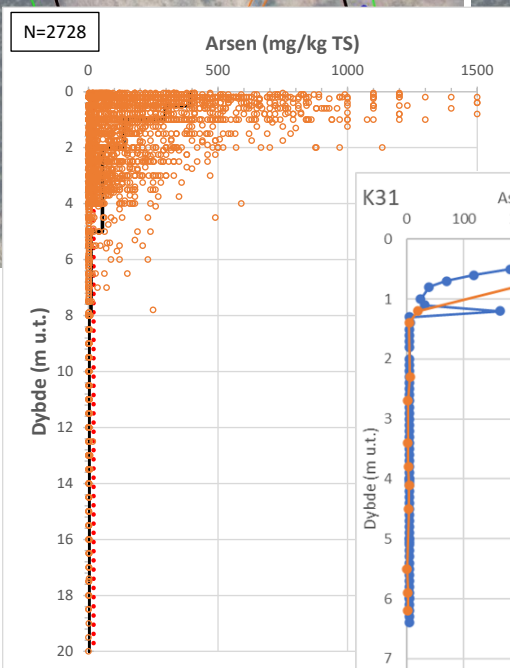
Kerneboringer (4-8 m)

Snegleboringer (4 m)

Håndboringer (1 m)

Alle boringer

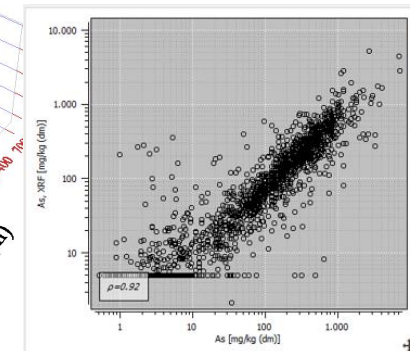
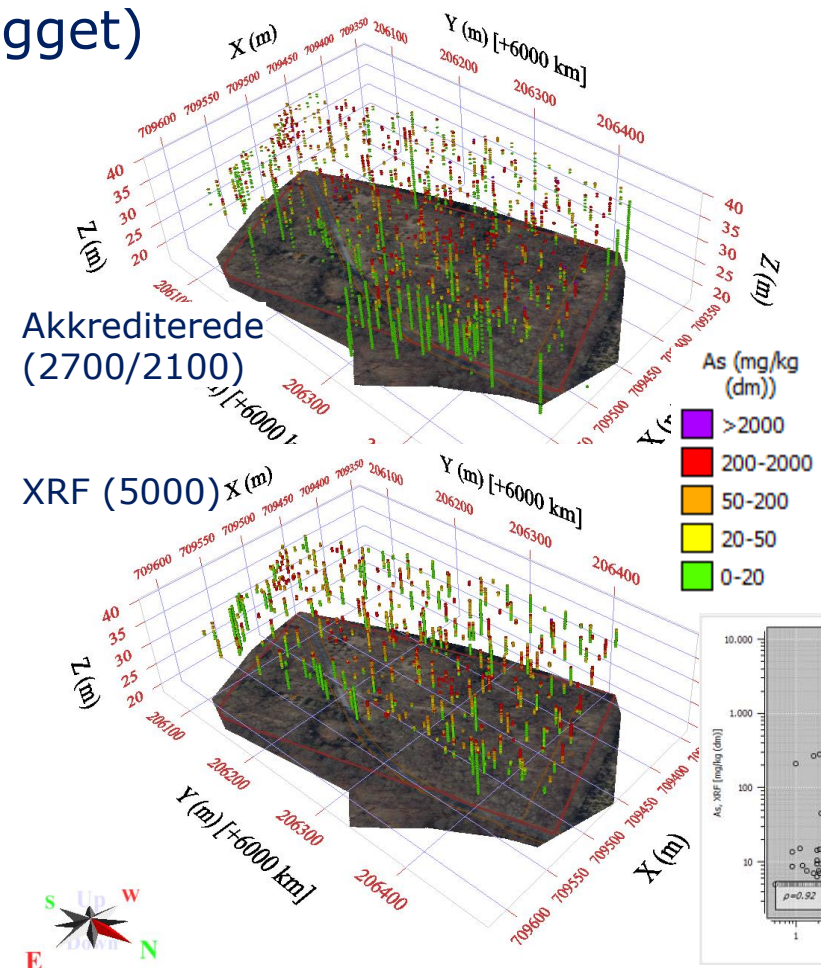
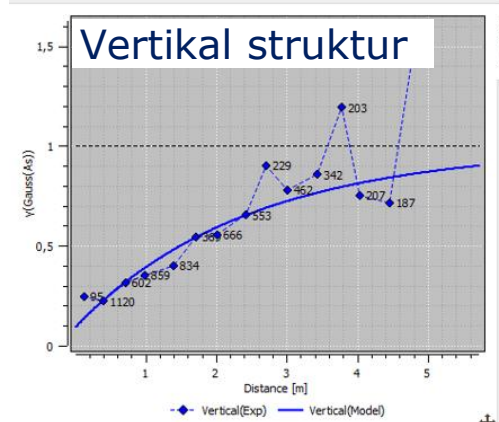
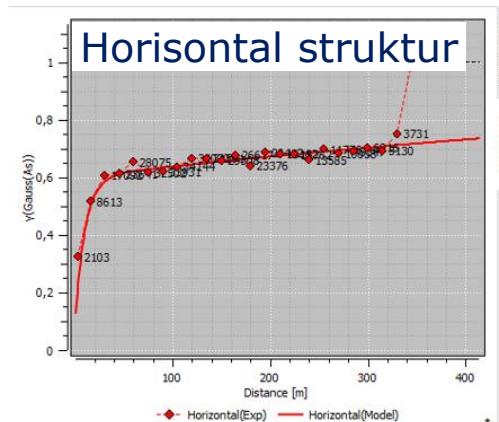
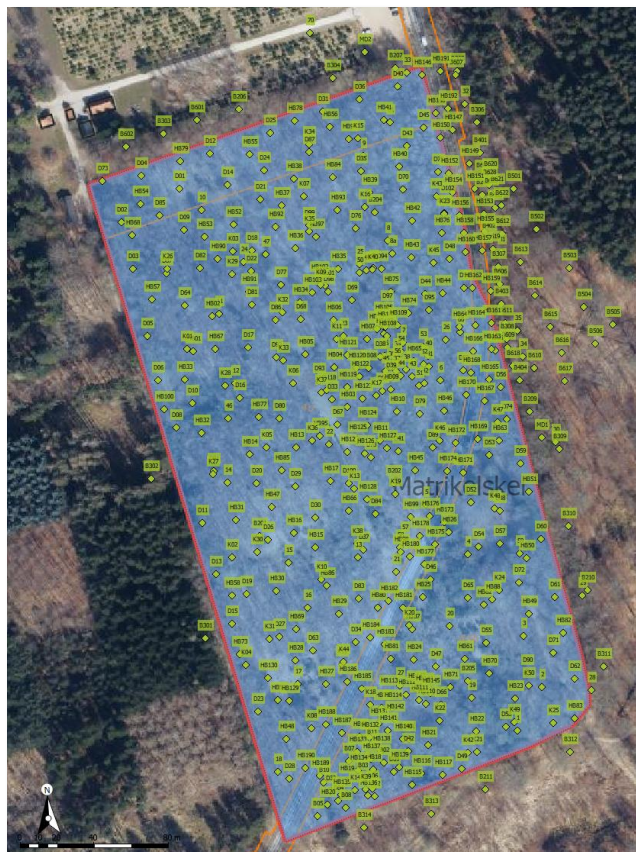
Ser måske tilfældig ud, men er det ikke



Akkrediteret
XRF (høj opløsning)

Resultater efter Fase 2

- Så hvor står vi nu?
 - Forskellig rumlig struktur inden-/udenfor matrikelskel -> modelafgrænsning
 - Der er markant småskala-variation (nugget)

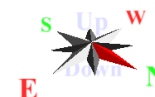
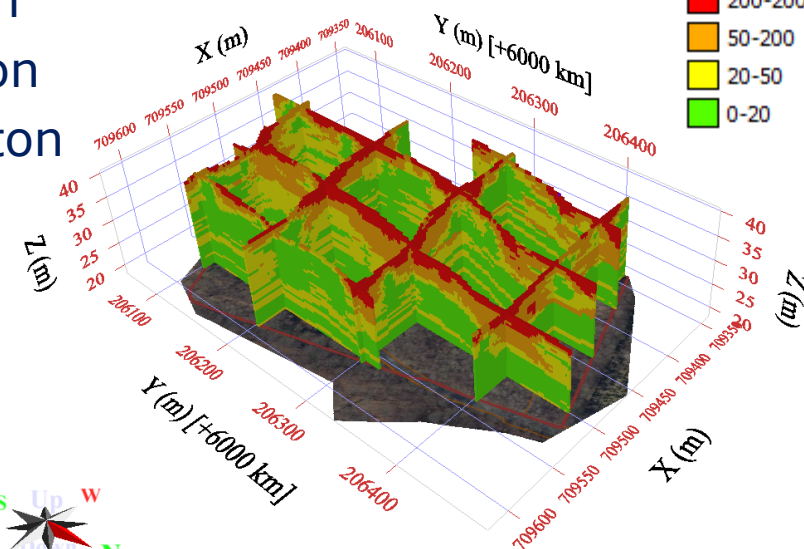
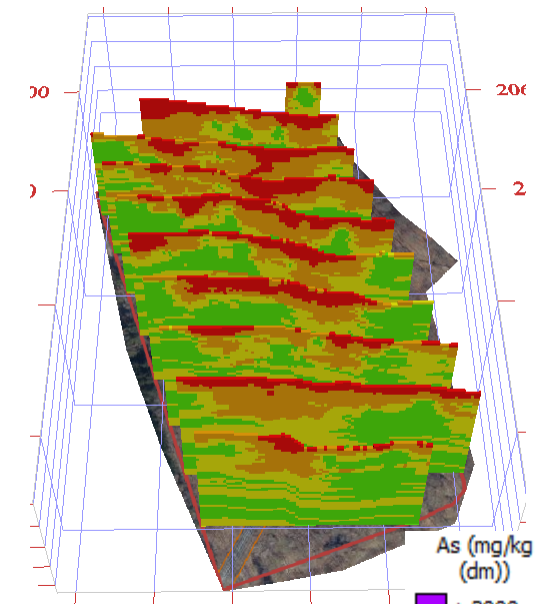


Resultater efter Fase 2

- Vi ved endnu ikke hvilke koncentrationer eller hvilken masse, der bliver den risikodrivende, og som skal fluxreduceres
- Og vi kender ikke afværgemetodens virkeområde
- Men der er totalt ca. **110 ton As** fordelt på (ca. tal):

	I alt	0-2 m u.t.	2-4 m u.t.	>4 m u.t.
>20 mg/kg:	70 ton	49 ton	15 ton	7 ton
>50 mg/kg:	60 ton	47 ton	11 ton	2 ton
>100 mg/kg:	50 ton	42 ton	7 ton	<1 ton
>200 mg/kg:	30 ton	29 ton	2 ton	<0,1 ton

- Langt det meste af massen ligger <2 m u.t., specielt ved højere koncentrationsniveauer.



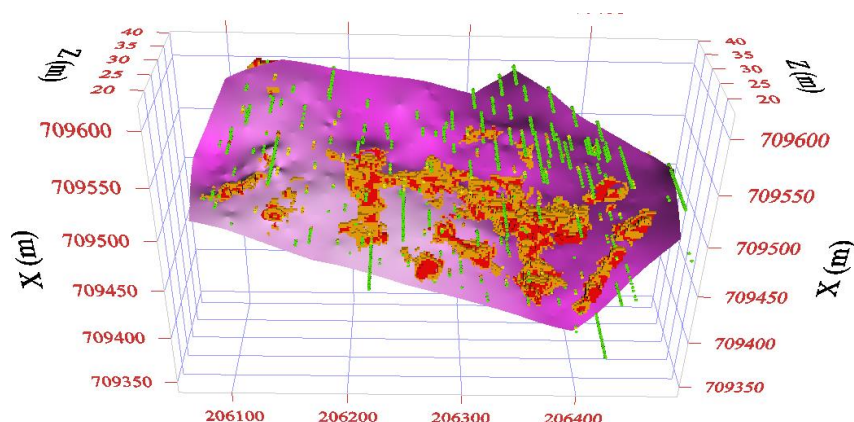
Men er vi så ikke færdige nu?

- Næsten. Men der er to udeståender til Fase 3:
 1. Områder med risiko for høje konc. >4 m u.t. (specielt pga. stor usikkerhed)
 2. Områder med størst risiko for betydende afsmitning til grundvandet

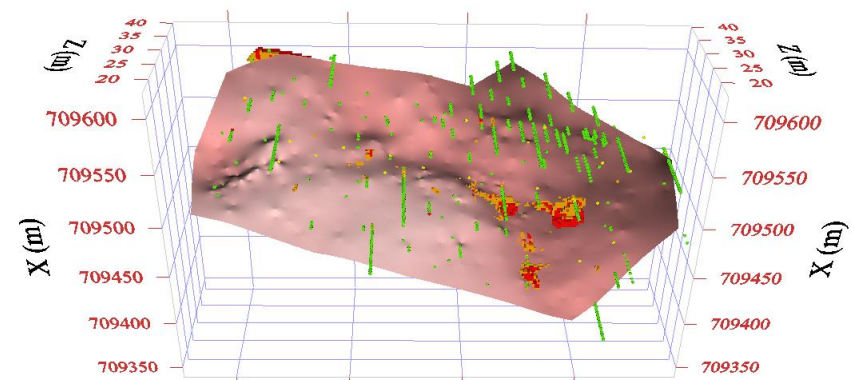
>50% risiko for As >100 mg/kg

>20 % Risiko for As >100 mg/kg

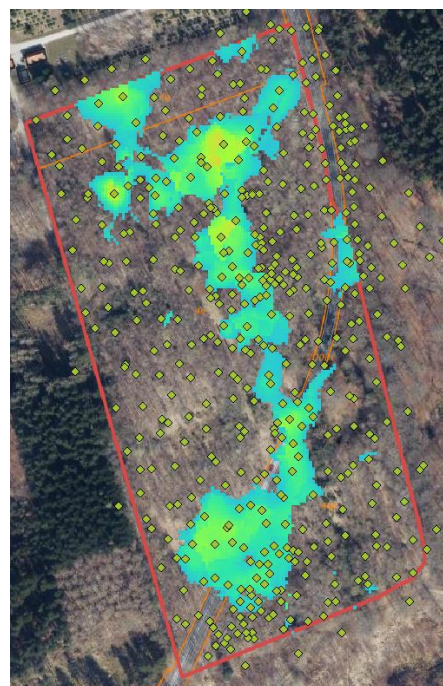
>2 m u.t.



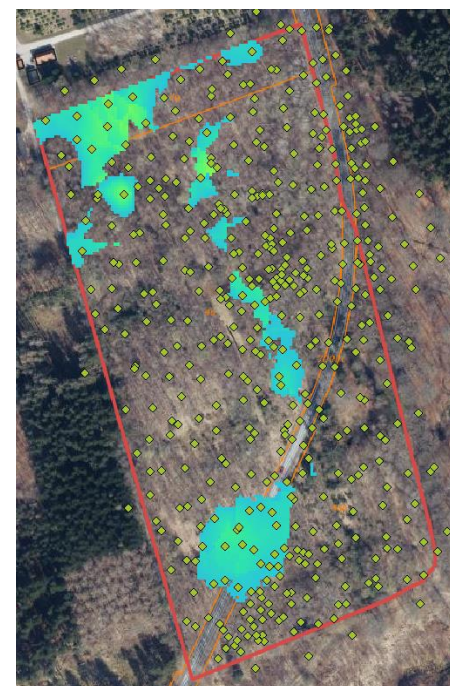
>4 m u.t.



4,5 m u.t.



6 m u.t.



8 m u.t.

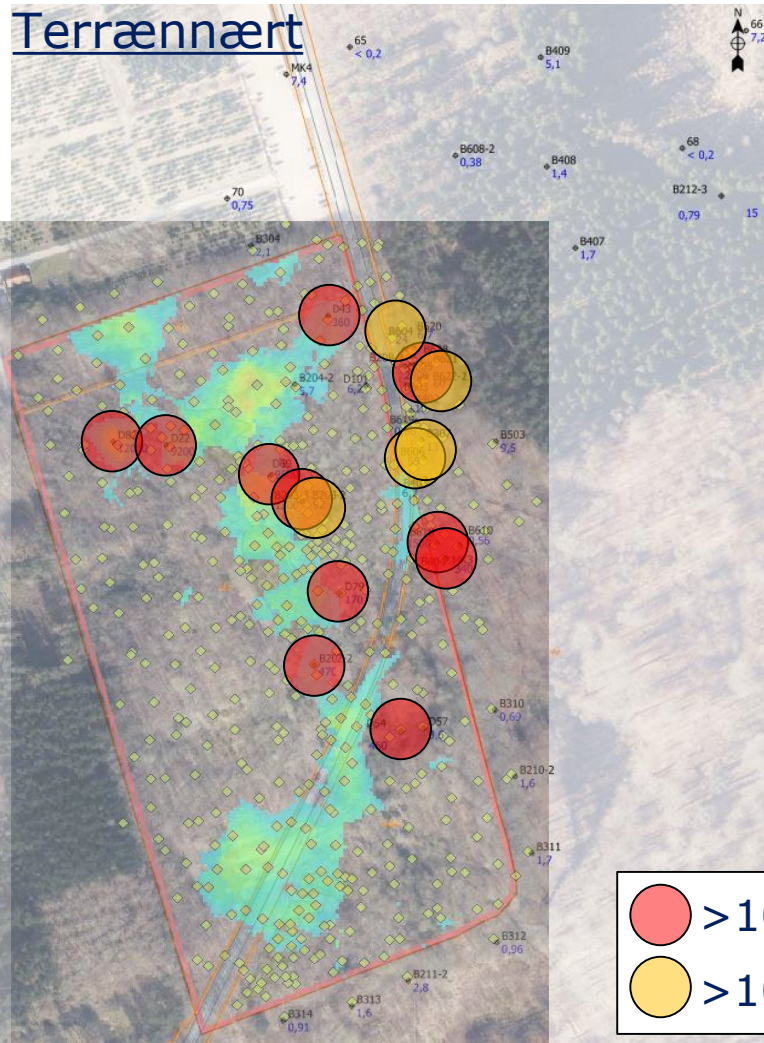


... dybder · konc. · usikkerheder

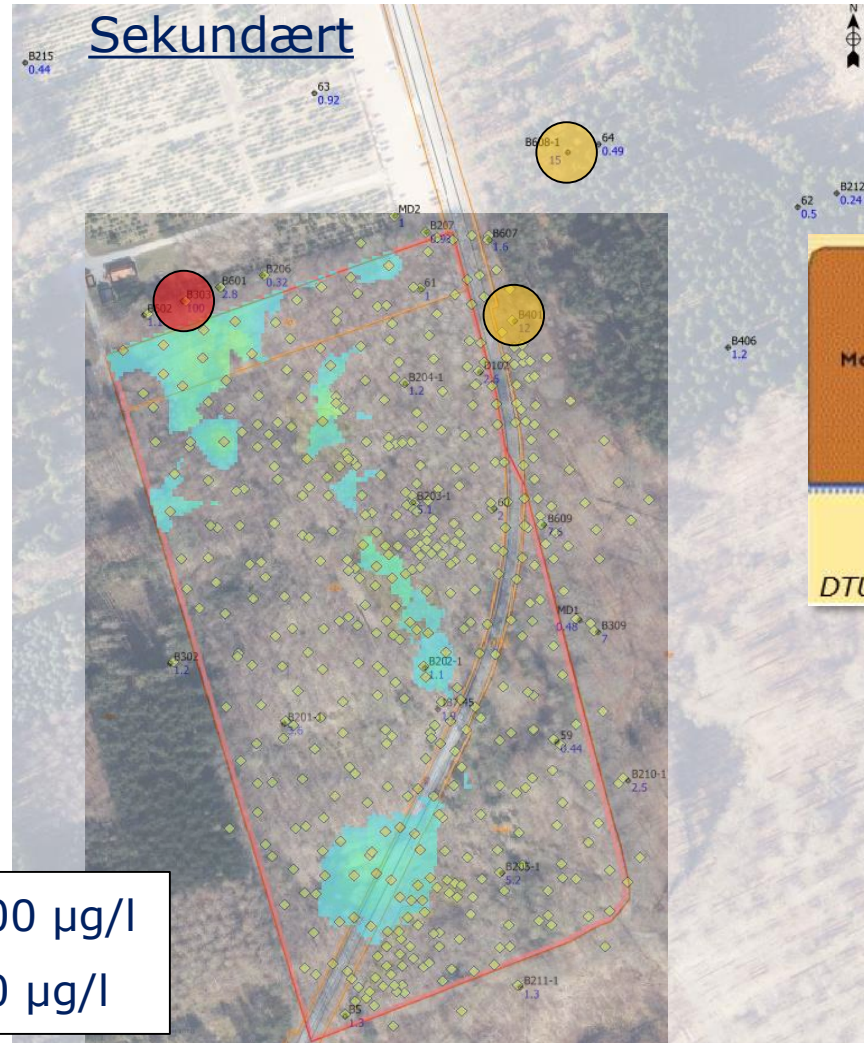
Undersøgelser i Fase 3

- Hvor er der allerede konstateret høje konc. i grundvandet?

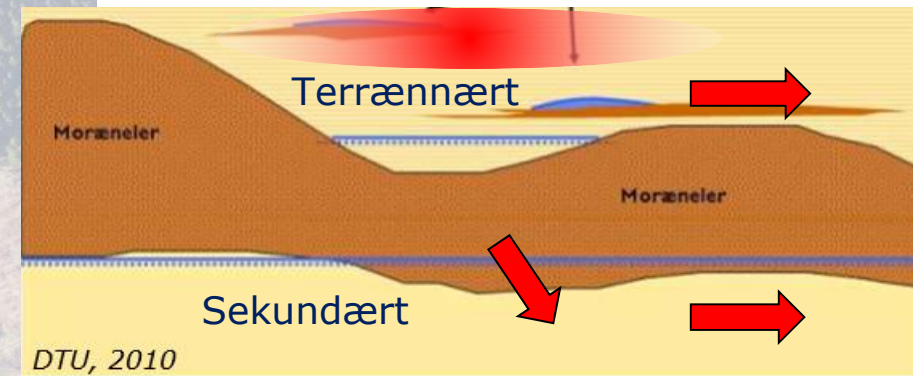
Terrænnært



Sekundært



- Og hvor mangler GV-data?

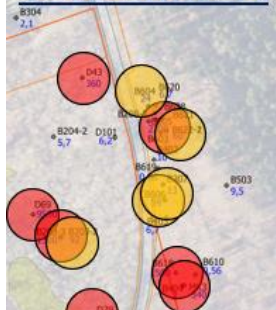


Fase 3: i gang pt.

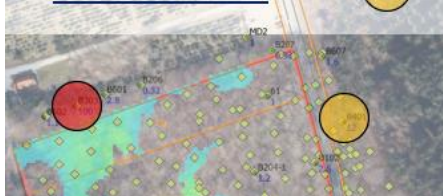
ca. 100 snegleboringer
(4-18 m) med 50 filtre:
JP, VP og hydrauliske
parametre

- Strategien er bare en faseopdelt undersøgelse med en formålsrettet successiv opbygning af en datadrevet konceptuel model
- Ved at benytte software, der kan håndtere og visualisere store datamængder (f.eks. geostatistisk software) opnås nogle fordele:
 - Efter modelopsætning er det hurtigt at opdatere med nye data (tværsnit mv.)
 - Let at undersøge og kommunikere 3D problemstillinger (men svært på skrift)
 - Hypoteser kan undersøges (evt. direkte på møder) -> hvad viser data?

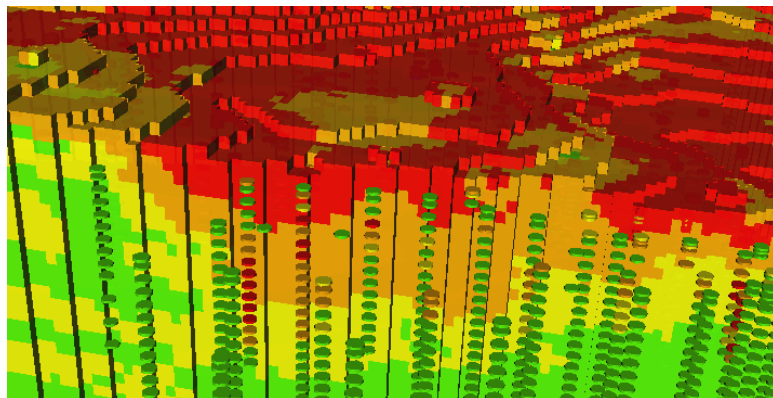
Terrænnært



Sekundært

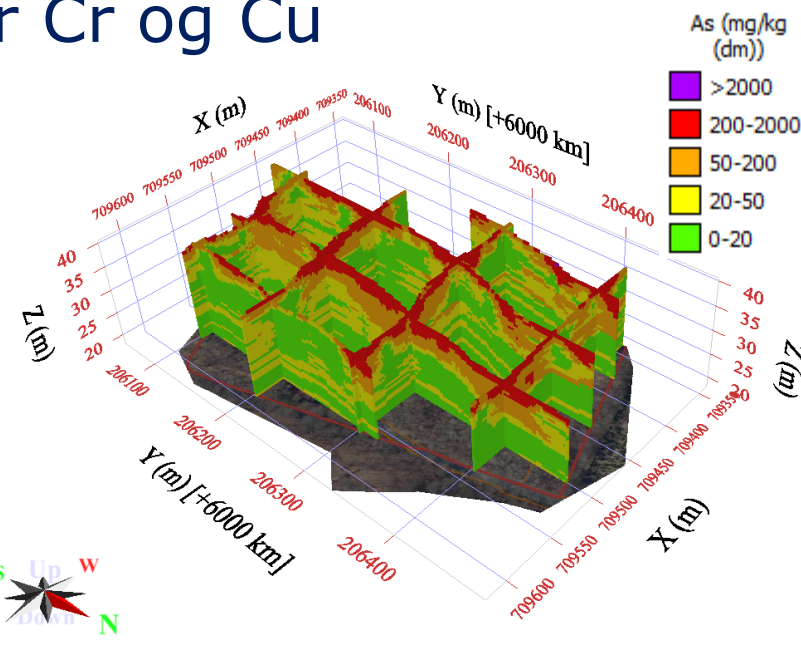
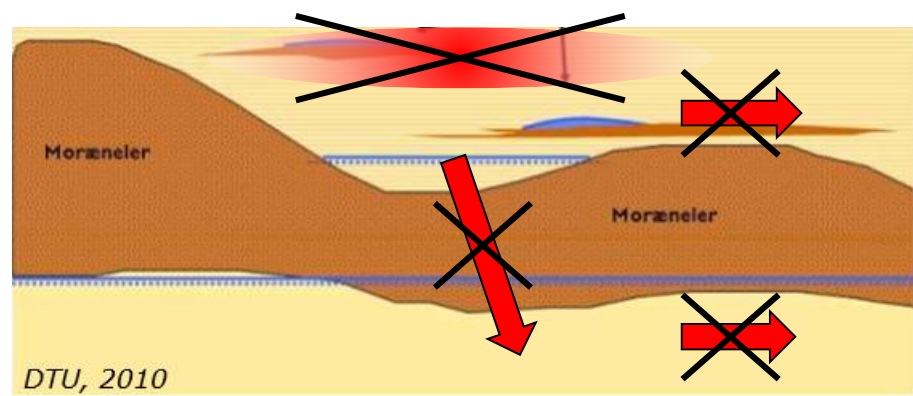


- Specifikke områder med aktiviteter (jf. historik)
- Områder med As i GV (nye undersøgelser, anden rådgiver)
- Vejafstrømning til terræn/vejbrønde
- Områder med anderledes/sandet geologi



Det videre forløb på Collstrop

- Gennemføre undersøgelser i Fase 3
- Modelopdatering efter Fase 3
- Kobling af masse og flux (*)
- *Fastlægge nødvendig fluxreduktion -> hvilke masser skal tackles?
- *Valg af afværgestrategier (hhv. jord og grundvand) (* Andre studier)
- Masse og beliggenhed for As målrettes afværgescenarier
- Masseestimerater og beliggenheder for Cr og Cu



Generelle pointer at høste

- En grundig kvalitetssikring af vores data (både intern og ekstern)
 - visualisering af (alle) data bringer fejl frem i lyset
- Kvantitativ samkørsel af akkrediterede og indirekte data (XRF)
- En meget aktiv trinvis brug af data for videre planlægning
- 2D/3D visualisering af resultater, inkl. usikkerheder sætter fokus på hvor vi skal indsamle flere data for at opfylde formålet
- Åben model på møder giver Regionen mulighed for direkte interaktion omkring resultaterne
- Afgrænsning er ikke "bare" til lige under kriteriet!
 - En (god) model kan godt forestille sig, at der er forurening lige ved siden af
- Vores masseestimerer er ofte ret usikre
- I sidste uge kom Surfer ver. 25, med mulighed for 3D-modellering
 - Spørgsmål?