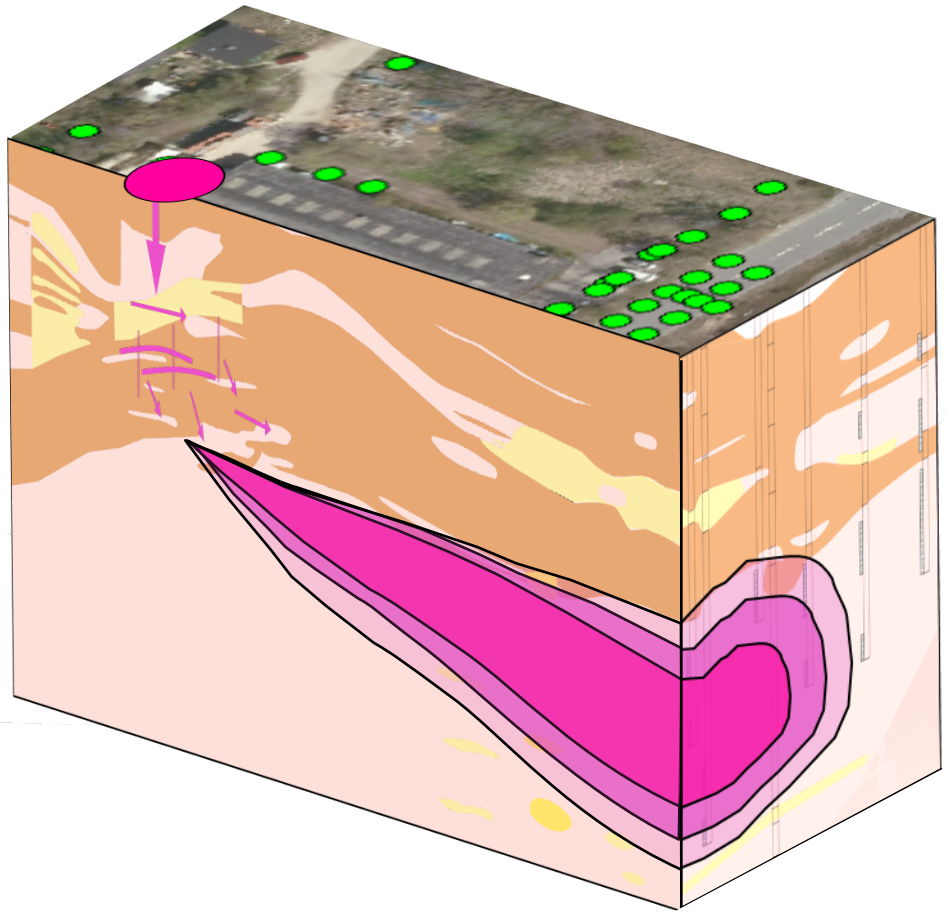
ProfileFlux: Innovativ metode til at bestemme forureningsflux fra en forureningskilde i moræneler baseret på nedstrøms målinger og modellering

Louise Rosenberg, Klaus Mosthaf, Mette M. Broholm, Annika S. Fjordbøge & Poul L. Bjerg (DTU Miljø)
Gro Lilbæk & Anders G. Christiansen (NIRAS)
Henriette Kerrn-Jespersen, Vinni Rønde & Nina Tuxen (Region Hovedstaden)

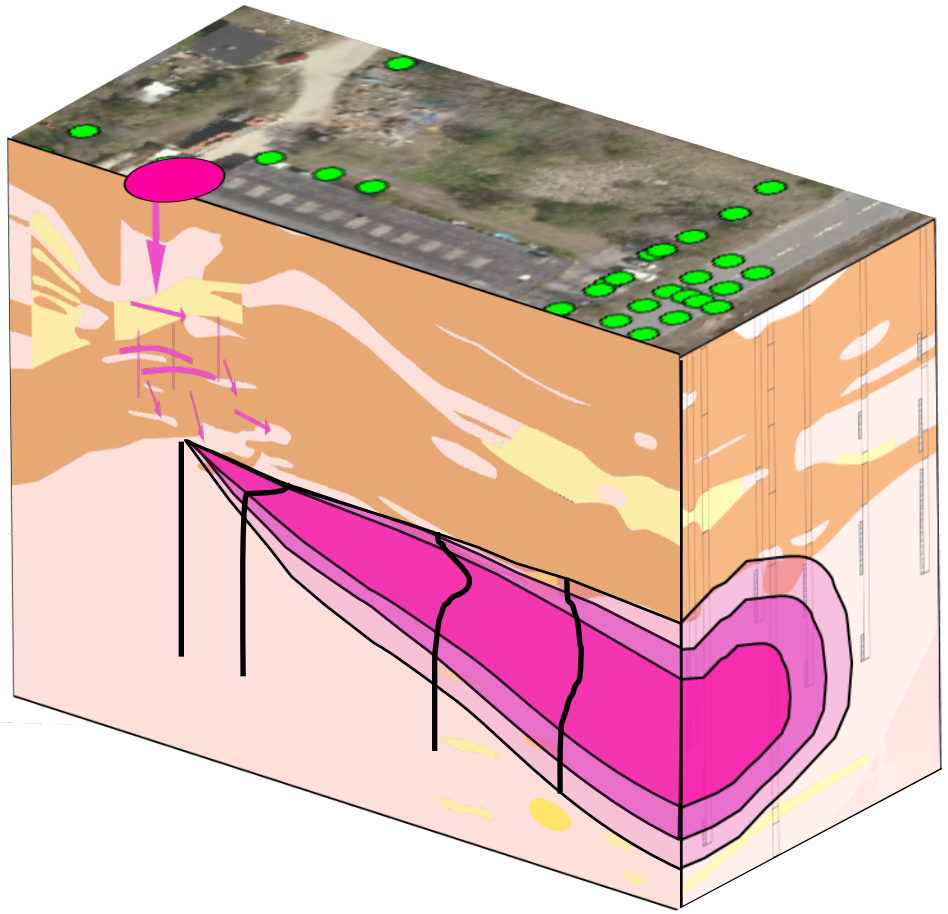
Forureningsflux – baggrund og udfordringer

- Vurdering af forureningstransport og udvaskning
  - Ikke kun fokus på koncentrationer
- Forureningsflux har vundet indpas ved risikovurdering
- Traditionel bestemmelse af forureningsfluxen ved brug af kontrolplan er omfattende at etablere nedstrøms
  - Behov for vurdering af forureningsfluxens størrelse som en del af videregående undersøgelser



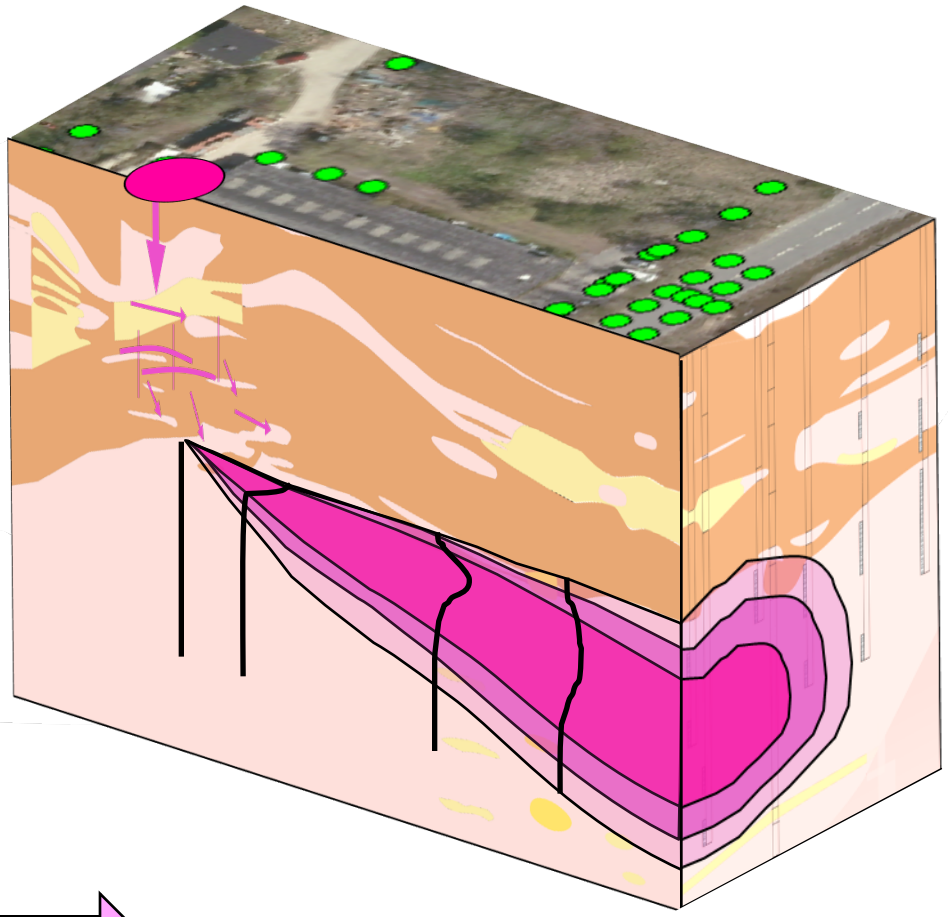
Forureningsflux – baggrund og udfordringer

- Vurdering af forureningstransport og udvaskning
  - Ikke kun fokus på koncentrationer
- Forureningsflux har vundet indpas ved risikovurdering
- Traditionel bestemmelse af forureningsfluxen ved brug af kontrolplan er omfattende at etablere nedstrøms
  - Behov for vurdering af forureningsfluxens størrelse som en del af videregående undersøgelser
- Brug af niveauspecifikke koncentrationsprofiler til vurdering af:
  - Forureningsflux
  - Forureningsmasse i moræneler
  - Tidshorisont for nedsivning til grundvandsmagasin



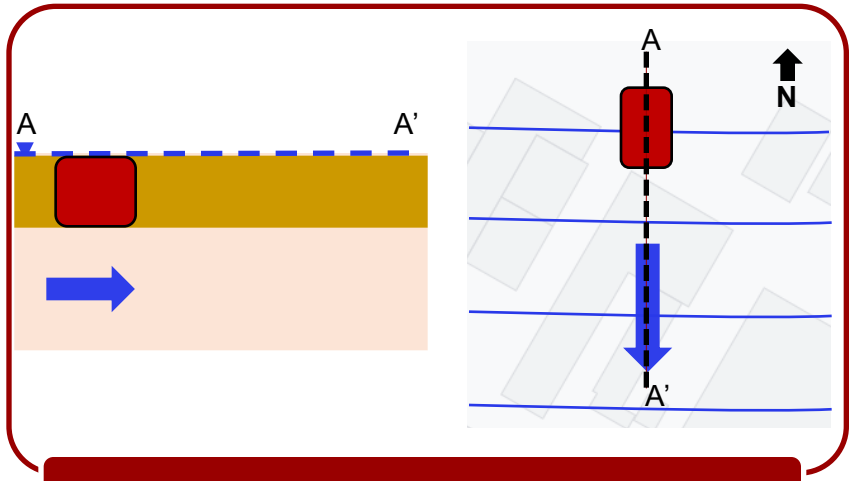
Forureningsflux – baggrund og udfordringer

- Vurdering af forureningstransport og udvaskning
  - Ikke kun fokus på koncentrationer
- Forureningsflux har vundet indpas ved risikovurdering
- Traditionel bestemmelse af forureningsfluxen ved brug af kontrolplan er omfattende at etablere nedstrøms
  - Behov for vurdering af forureningsfluxens størrelse som en del af videregående undersøgelser
- Brug af niveauspecifikke koncentrationsprofiler til vurdering af:
  - Forureningsflux
  - Forureningsmasse i moræneler
  - Tidshorisont for nedsivning til grundvandsmagasin



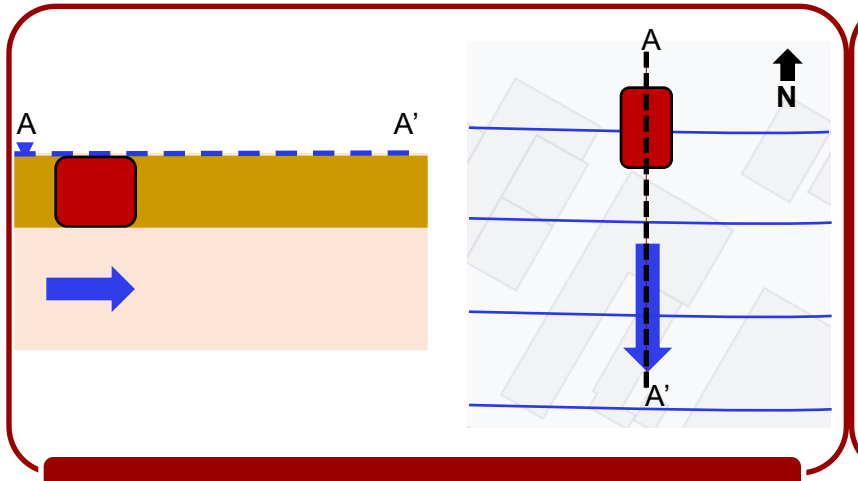
ProfileFlux metode

ProfileFlux metode
– en del af den videregående undersøgelse

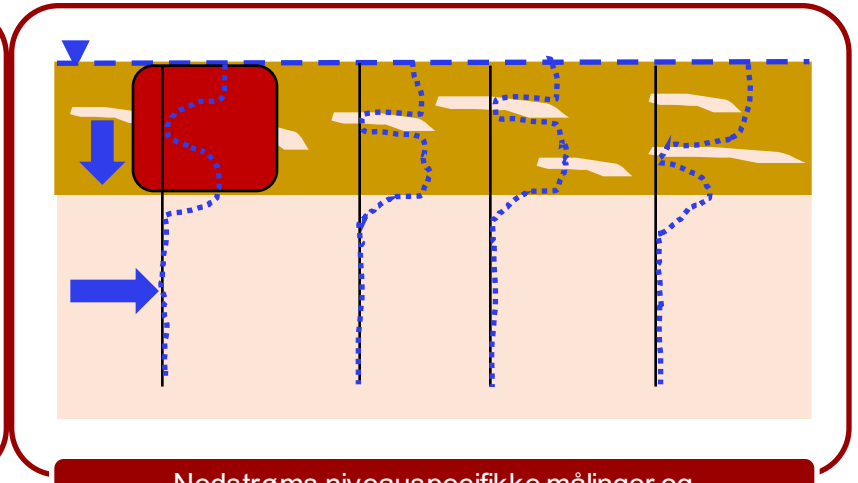


Viden om horisontal strømning, kildens placering og kildenkoncentrationen

ProfileFlux metode
– en del af den videregående undersøgelse

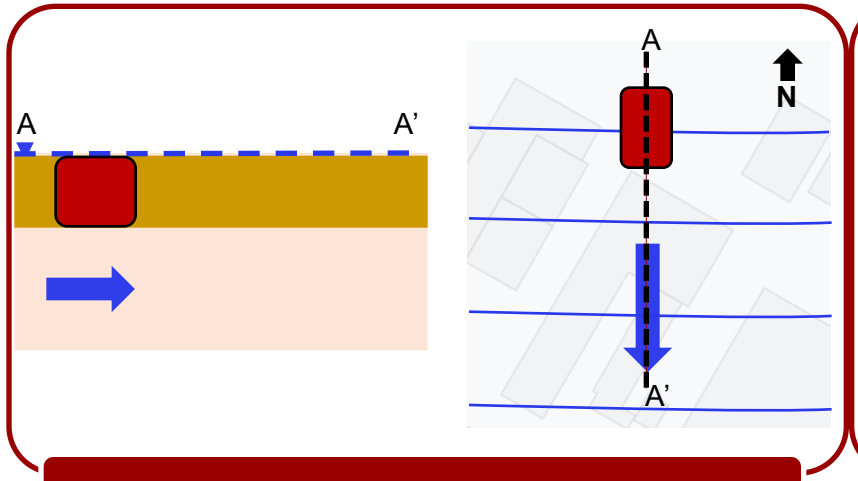


Viden om horisontal strømning, kildens placering og kildenkoncentrationen

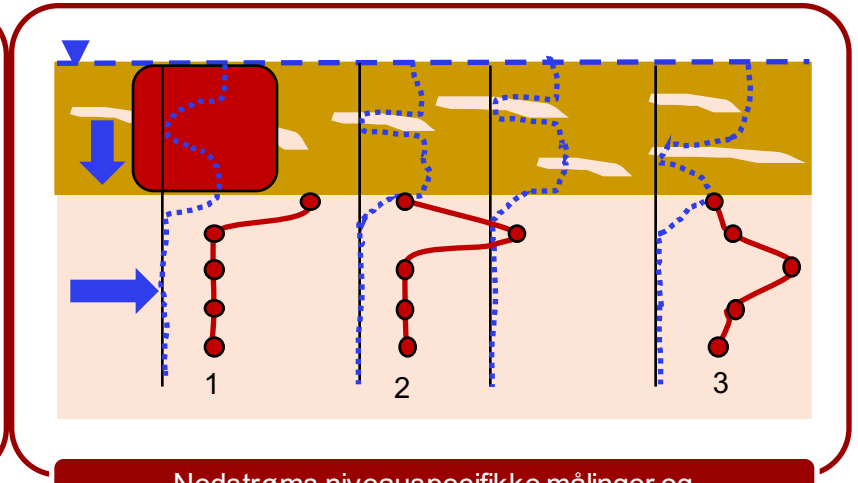


Nedstrøms niveauspecifikke målinger og konceptualisering af hydrogeologi og forureningstransporten

ProfileFlux metode
– en del af den videregående undersøgelse



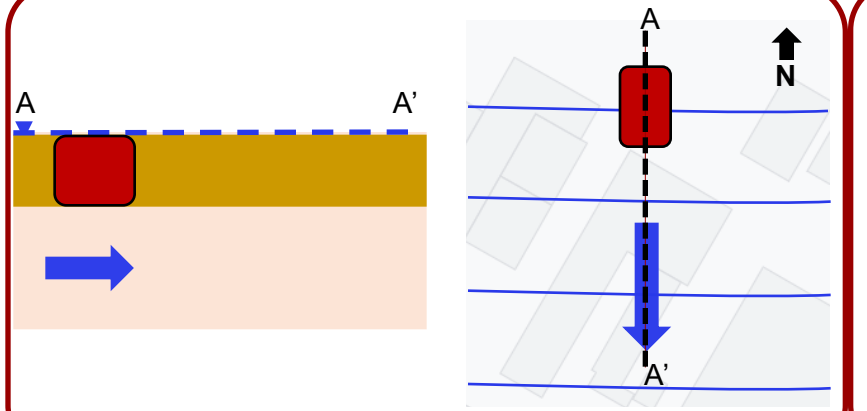
Viden om horisontal strømning, kildens placering og kildenkoncentrationen



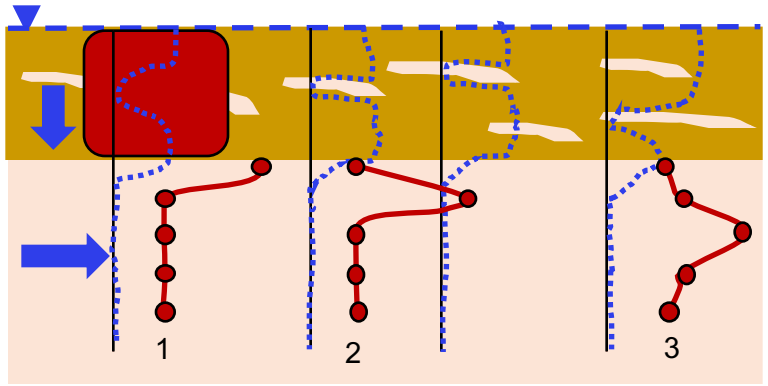
Nedstrøms niveauspecifikke målinger og konceptualisering af hydrogeologi og forureningstransporten

ProfileFlux metode
– en del af den videregående undersøgelse

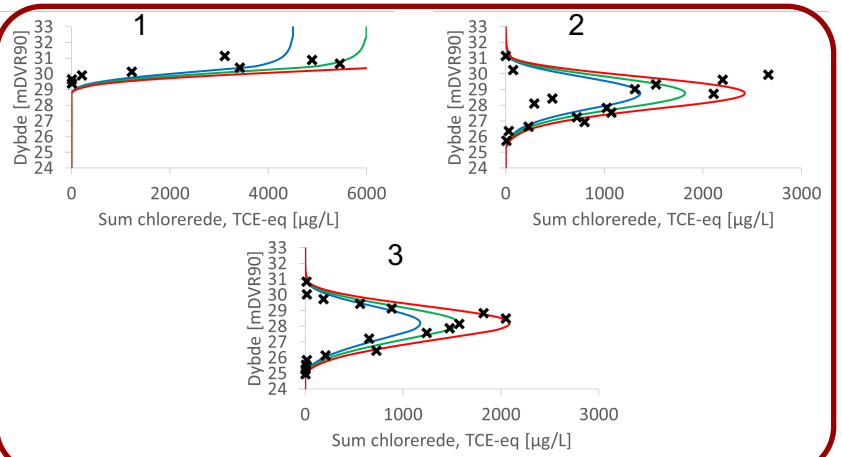
Forureningsflux



Viden om horisontal strømning, kildens placering og kildenkoncentrationen

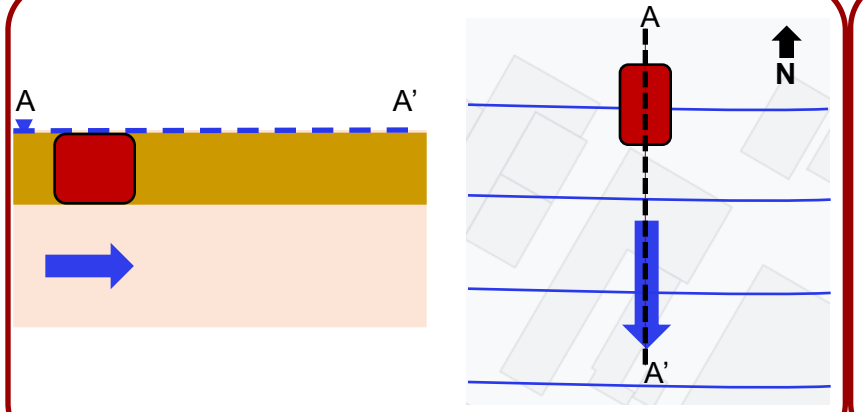


Nedstrøms niveauspecifikke målinger og konceptualisering af hydrogeologi og forureningstransporten

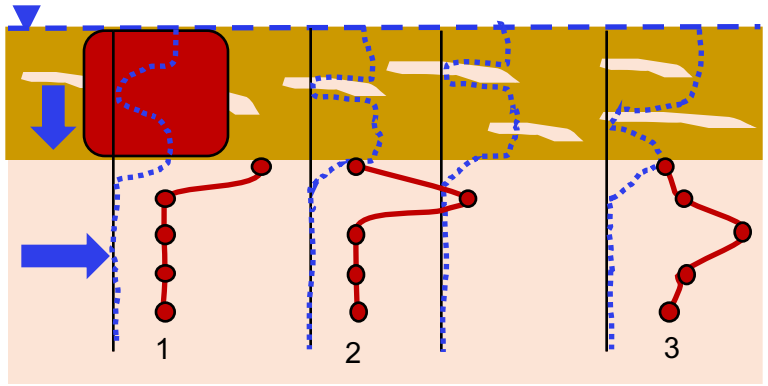


Sammenlign simulerede koncentrationsprofiler med målte koncentrationsprofiler til bestemmelse af forureningsflux og estimat af massen i kilden

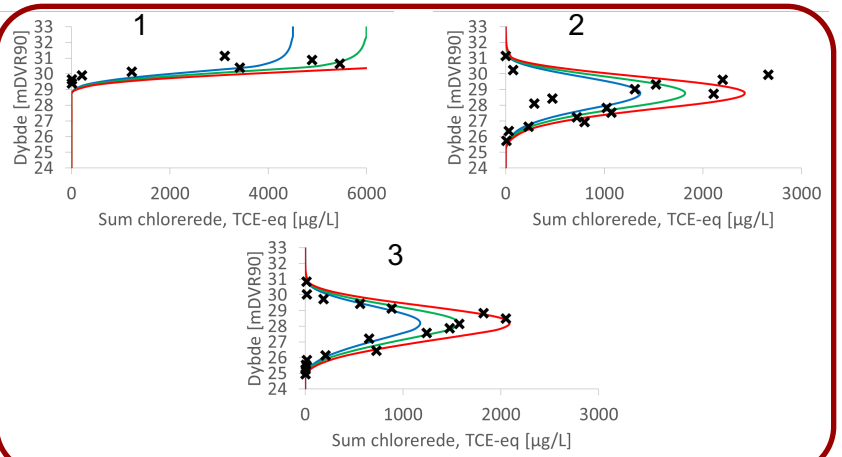
ProfileFlux metode
– en del af den videregående undersøgelse



Viden om horisontal strømning, kildens placering og kildenkoncentrationen



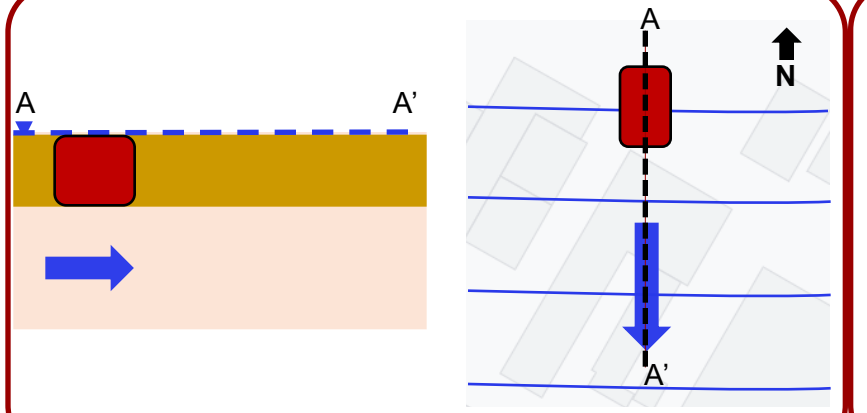
Nedstrøms niveauspecifikke målinger og konceptualisering af hydrogeologi og forureningstransporten



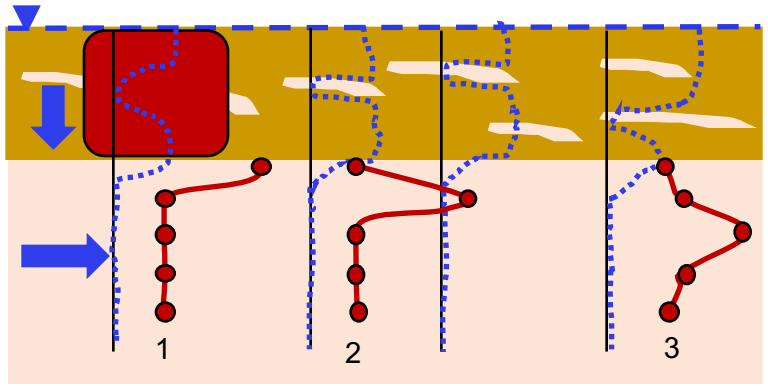
Sammenlign simulerede koncentrationsprofiler med målte koncentrationsprofiler til bestemmelse af forureningsflux og estimat af massen i kilden

ProfileFlux metode
– en del af den videregående undersøgelse

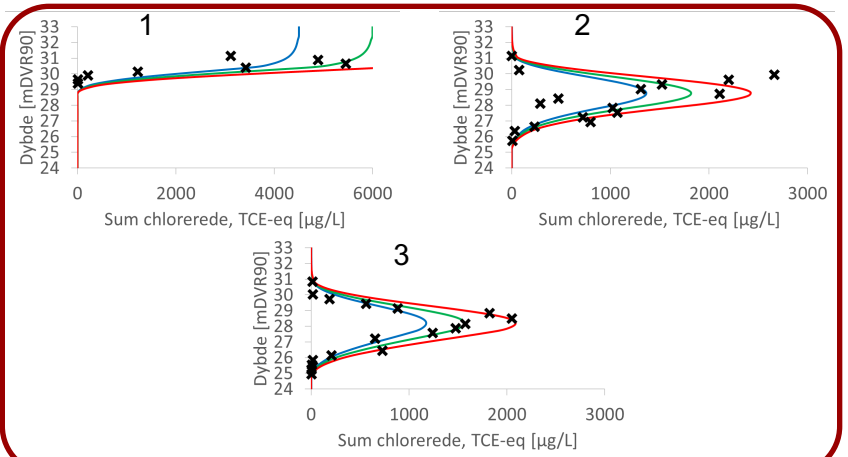
Forureningsflux



Viden om horisontal strømning, kildens placering og kildenkoncentrationen



Nedstrøms niveauspecifikke målinger og konceptualisering af hydrogeologi og forureningstransporten



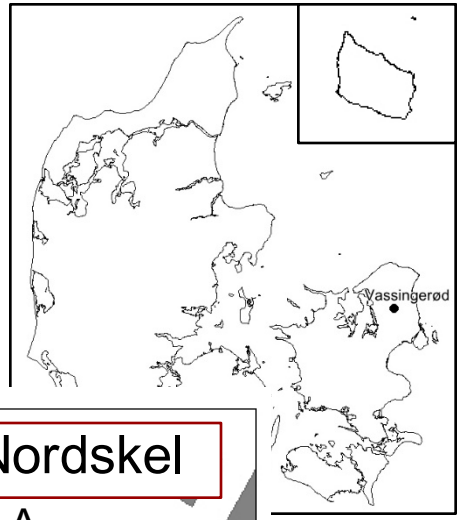
Sammenlign simulerede koncentrationsprofiler med målte koncentrationsprofiler til bestemmelse af forureningsflux og estimat af massen i kilden

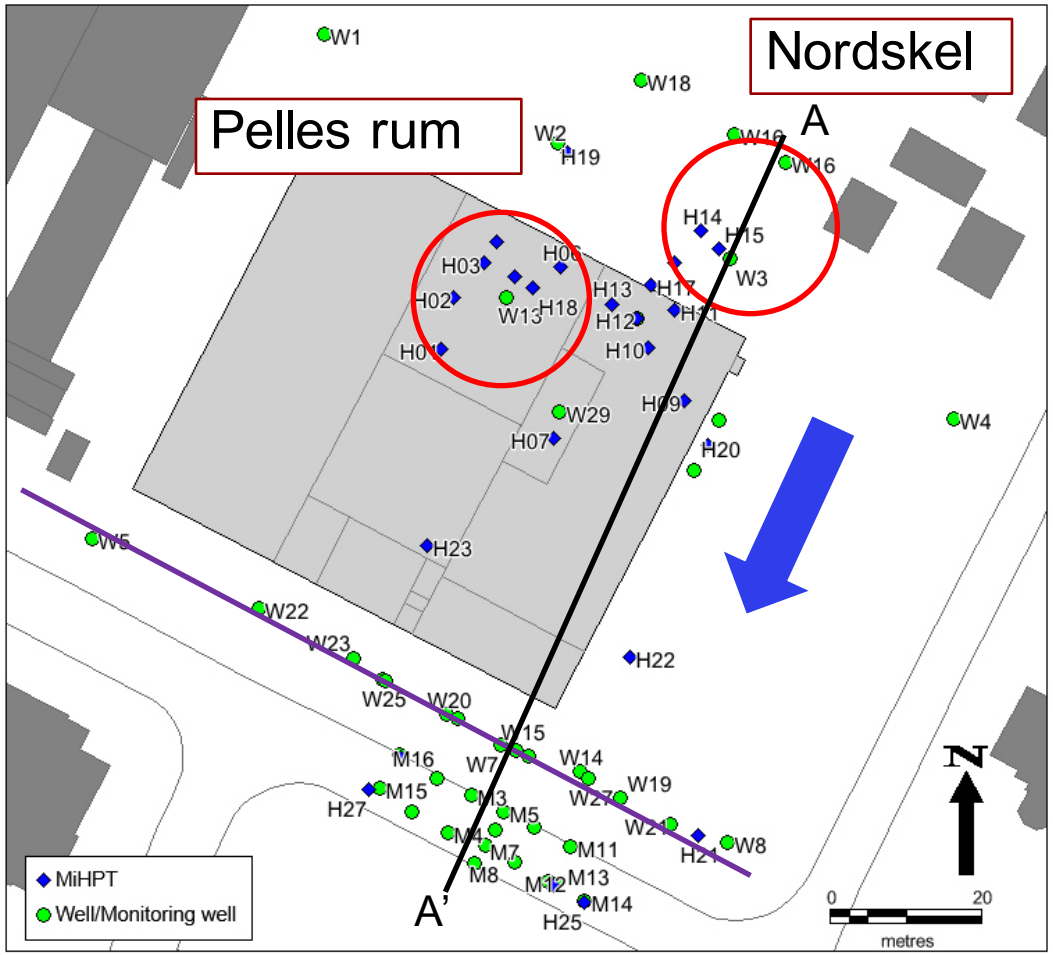
Industrivej, Vassingerød

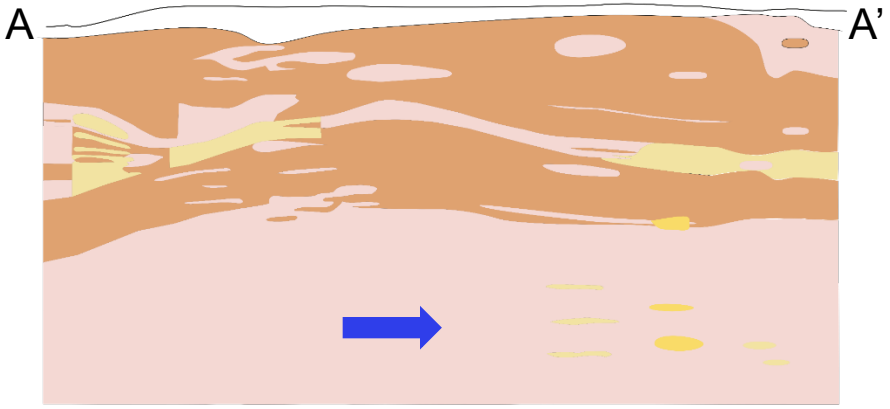
- Håndtering af skumplast siden 1962

- Forurening med TCE (op til 1000 µg/L ved 2 m filter)
  Lave koncentrationer af nedbrydningsprodukter

- Ingen indikationer på DNAPL
  - Poreluft (max 40000 µg/m^3)
  - Jord (max omkring 5 mg/kg, <1% af threshold koncentration for residual DNAPL)
  - Vand (max omkring 5000 µg/l, <1% af opløseligheden)

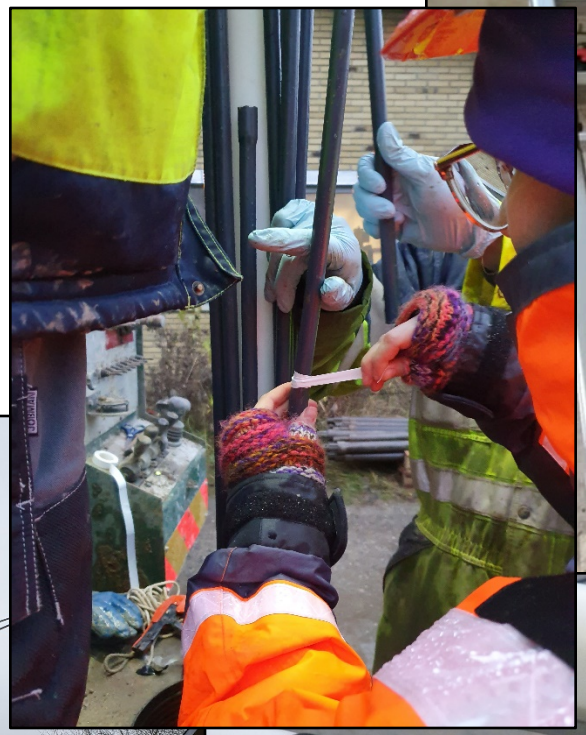


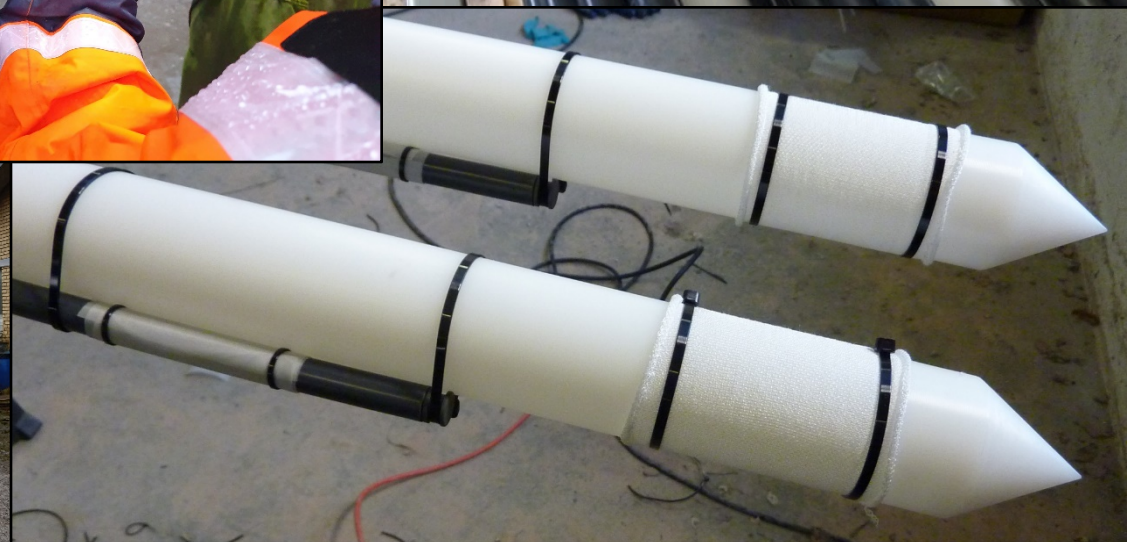




Forureningsundersøgelser i kildeområdet

- Grundvandsprøver
- Jordkoncentrationer
- Kornstørrelsesanalyser
- Indhold af organisk kulstof
- Sorptionsforsøg



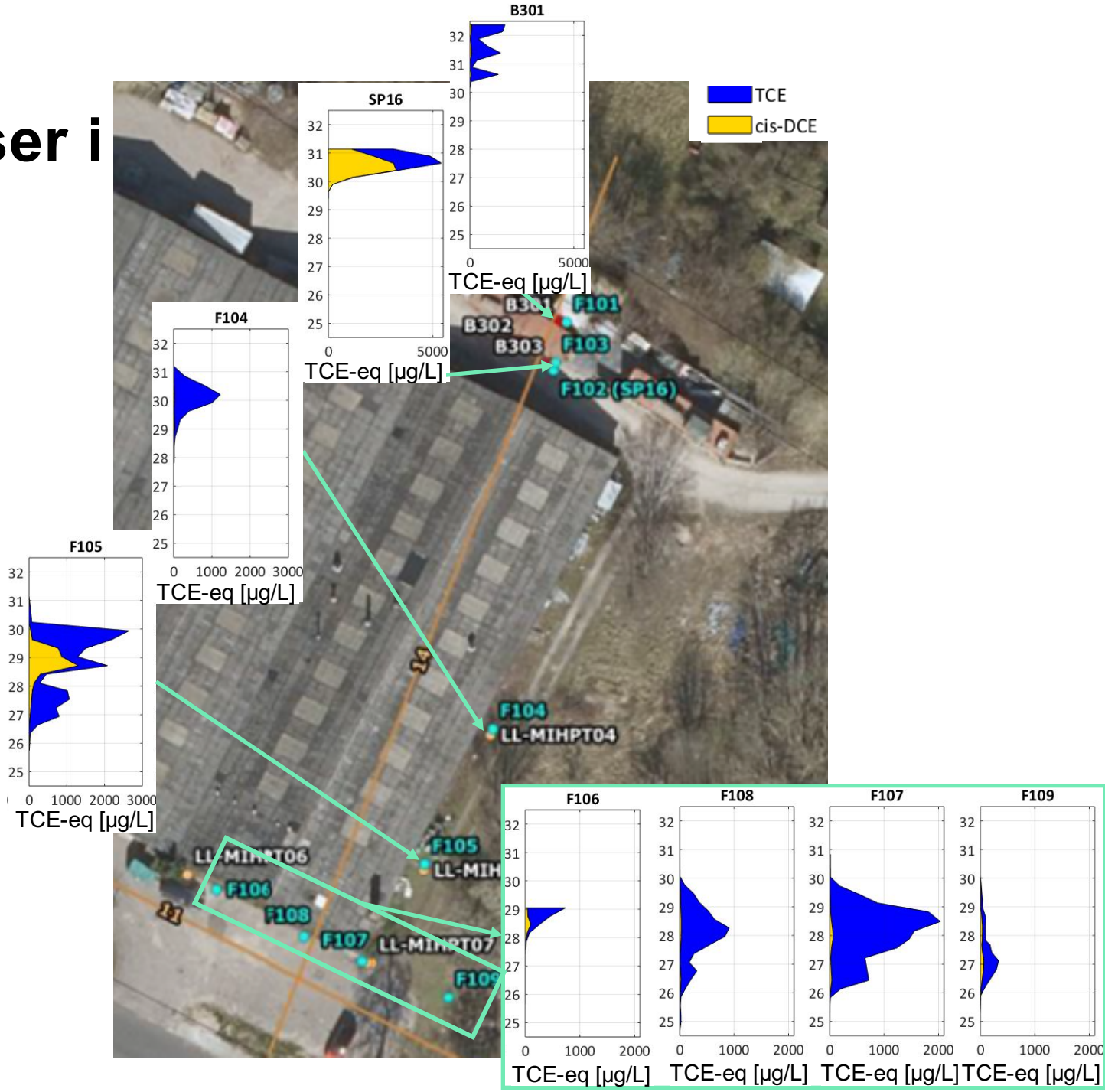


Forureningsundersøgelser i fanen - GWP

- Niveauspecifikke grundvandsprøver
  - Groundwater Profiling tool (GWP)
  - Prøvetaget med ca. 30 cm interval
  - ”Filterlængde” er 10 cm

- Generelt faldende koncentrationer med strømningsretningen

- Den højeste koncentration dykker med afstand fra kilden

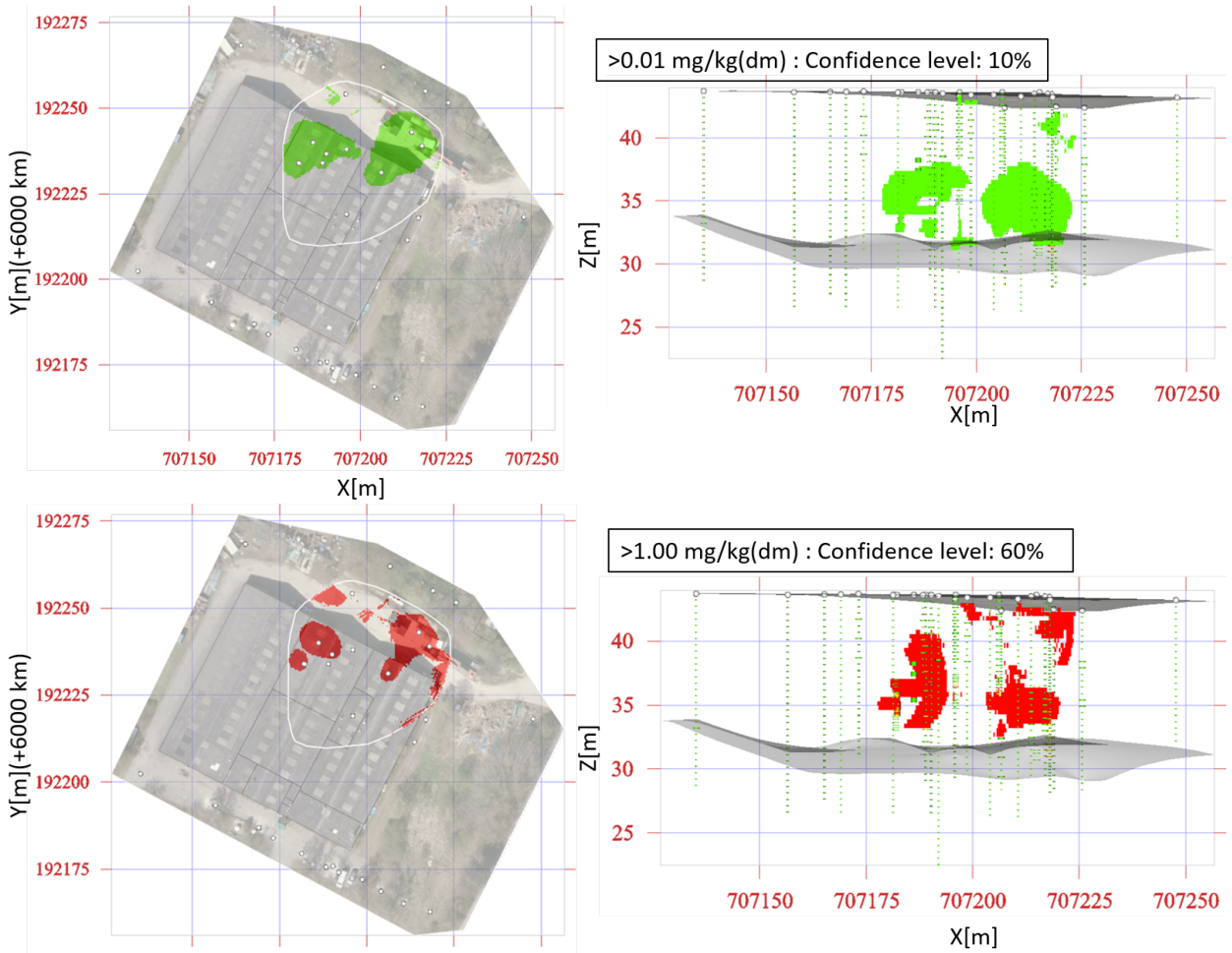


Forureningsundersøgelser på Industrivej

- Vurdering af masse (TCE) på Industrivej
  - 9,1 kg (90 % konfidensinterval på 7-16 kg)

Oppe fra

Transekt, syd fra

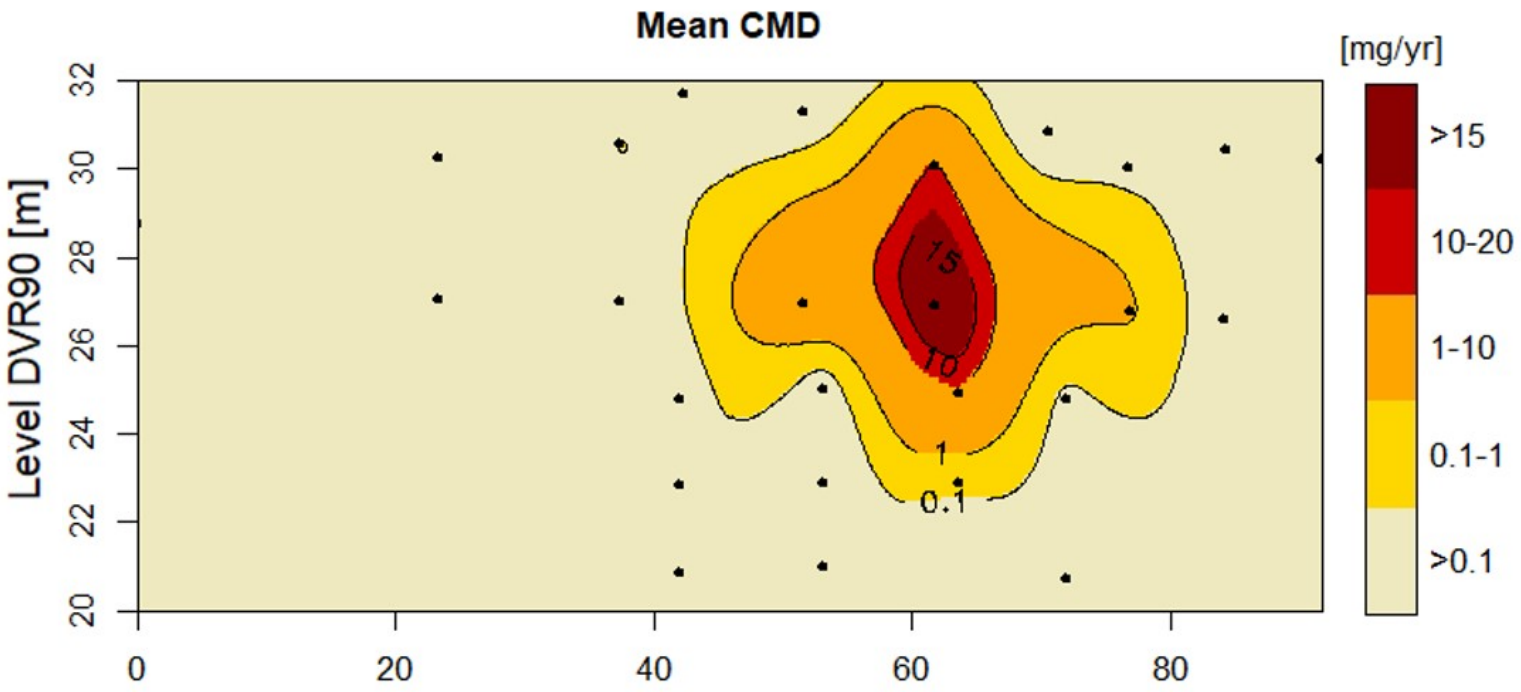


MSc projekt af Charlotte Vad Knudsen på DTU Miljø i samarbejde med Per Loll, DMR
Lavet med Kartotrak software

Forureningsundersøgelser på Industrivej

- Vurdering af masse (TCE) på Industrivej
  - 9,1 kg (90 % konfidensinterval på 7-16 kg)

- Forureningsflux, Anton Bøllingtoft
  - 160 g/år (95 % konfidensinterval på 81-297 g/år)

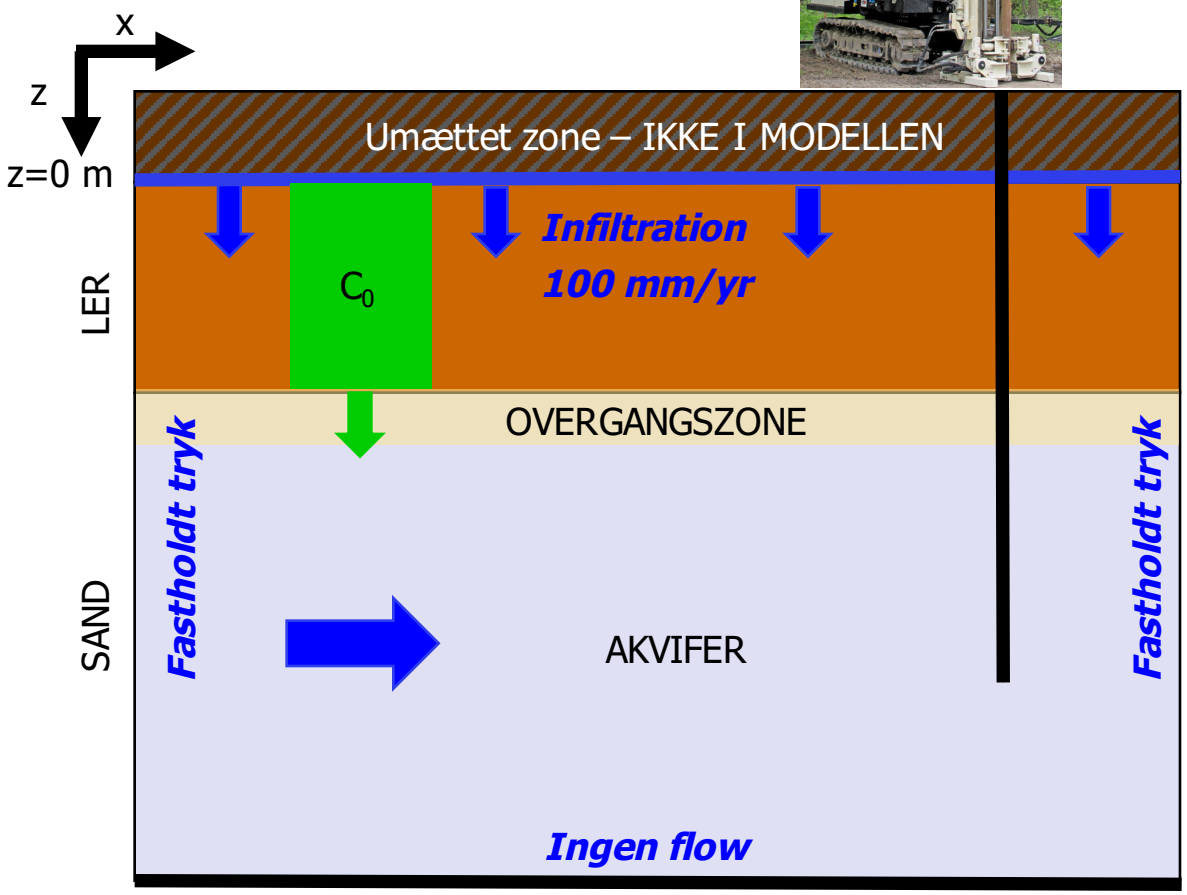


MSc projekt af Anton Bo Bøllingtoft på DTU Miljø

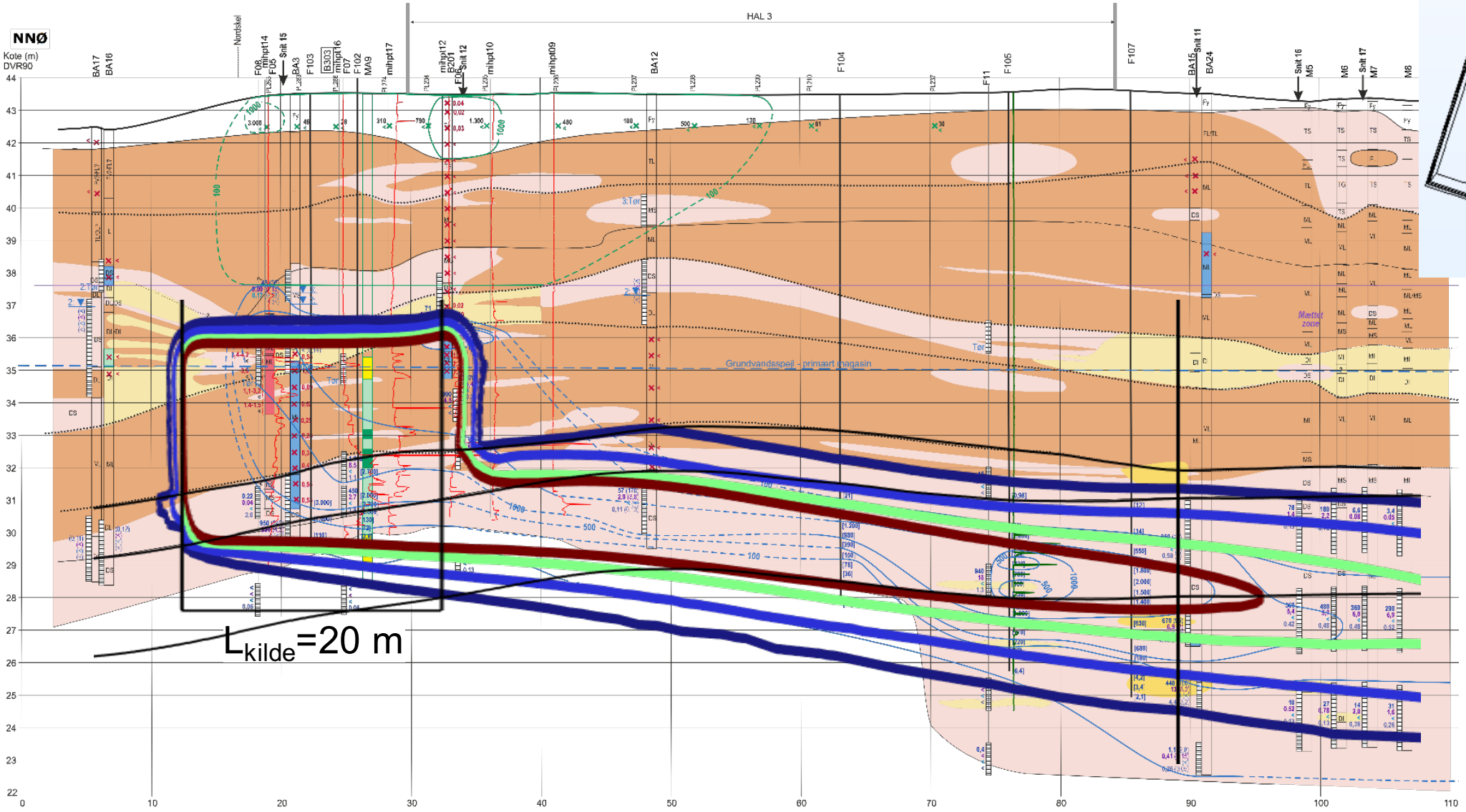
Modelopbygning

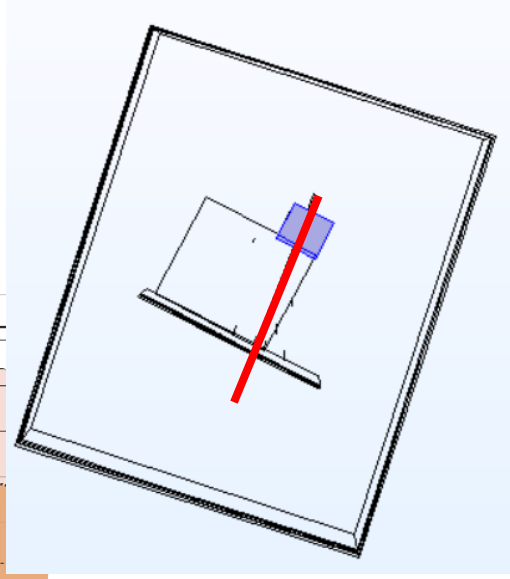
- Lokal geologi og parametre for både ler og sand
  - Lavpermeabelt lerlag (4 m), primær vertikal strømning
  - Overgangszone (2 m)
  - Sand akvifer, primær horisontal strømning
- Konstant infiltrationsrate (100 mm/år)
- Transient transport model
  - Kilde i nederste lerlag, der udvaskes med tiden
  - Ingen nedbrydning

efter 45 år



3D model af forureningen på Industrivej





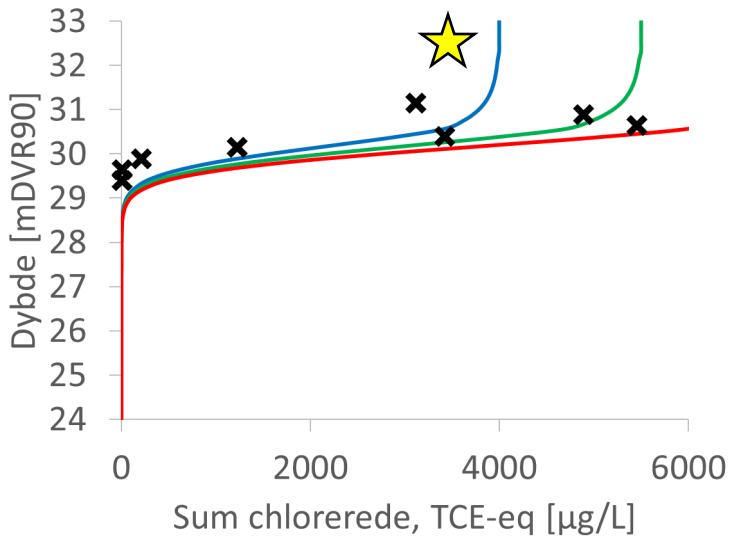
1.000 µg/L

500 µg/L

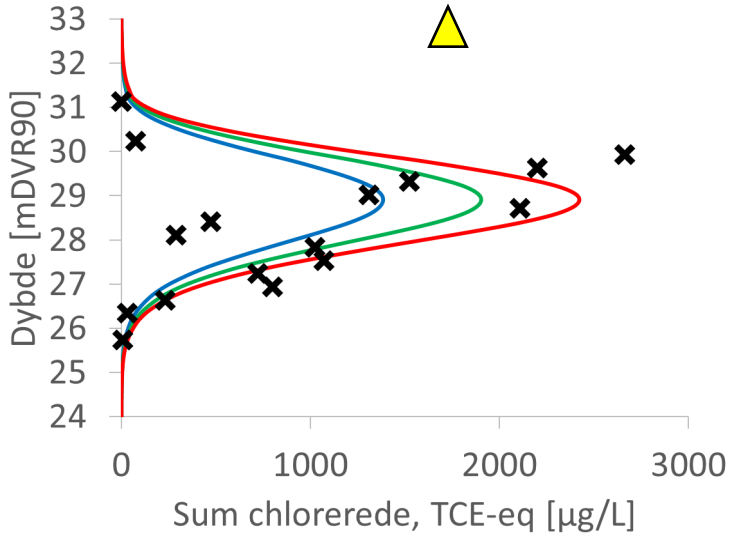
100 µg/L

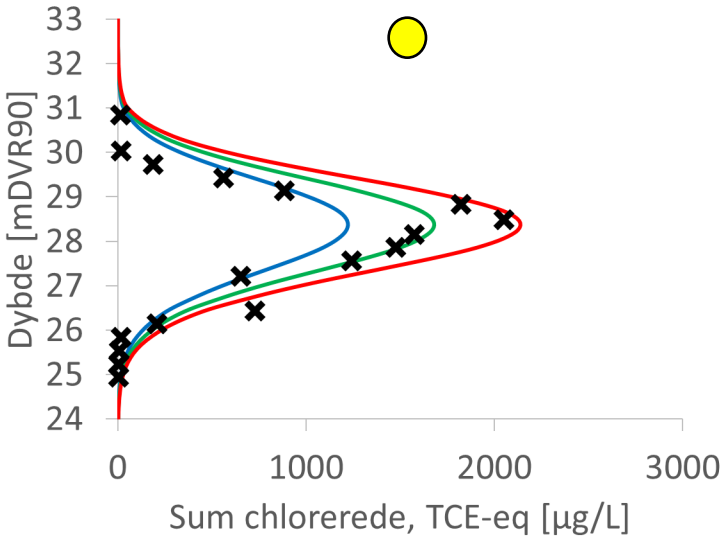
10 µg/L

3D model – sammenligning med GWP



	Profil	Vurdering
Start koncentration [µg/L]	5.500	
Forurenings-flux [g/år]	172 [125-219]	160 (81-297)* 130**
Start masse [kg]	19,5	
m_{2022} [kg]	10,5 [7,5-13,5]	9,1 (7-16)***





**Anton Bo Bøllingtoft, 95 % konfidensinterval*

***Forureningsundersøgelser (NIRAS 2021)*

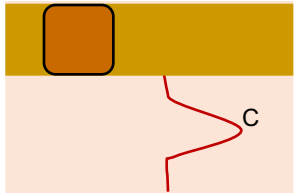
****Charlotte Knudsen, 90 % konfidensinterval*

Lokal sensitivitetsanalyse
– effekten på koncentrationsprofil nedstrøms kilden

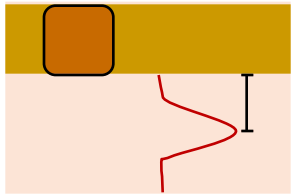
- Hver parameter ændret +/- 20 %

Lokal sensitivitetskoefficient : $S_i = \frac{\Delta Z_i}{\Delta X_i} * \frac{X_i}{Z_i}$

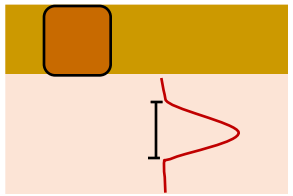
Maksimal koncentration

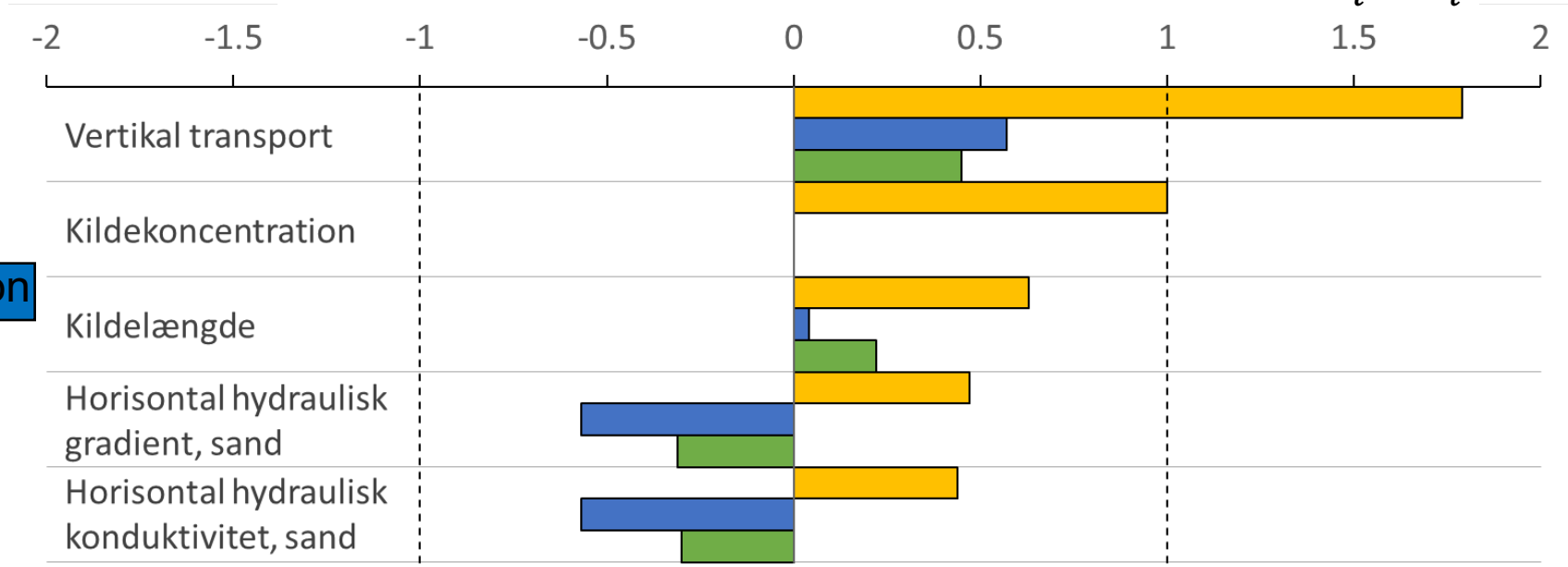


Dybde af maksimal koncentration



Tykkelse af fane



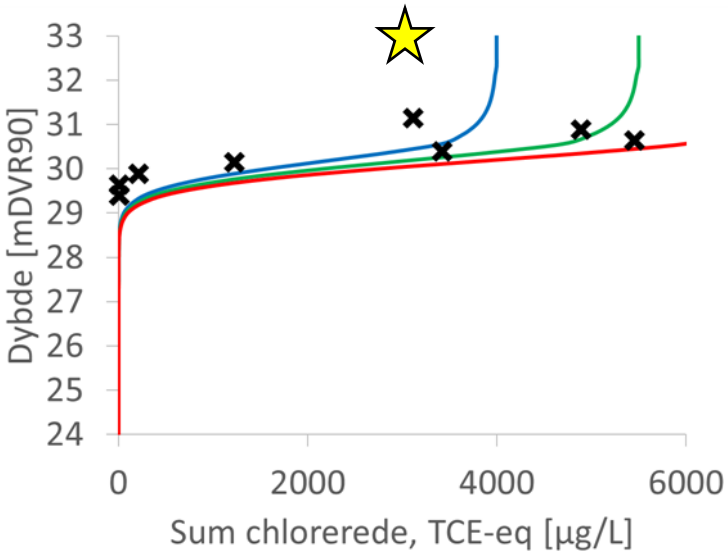


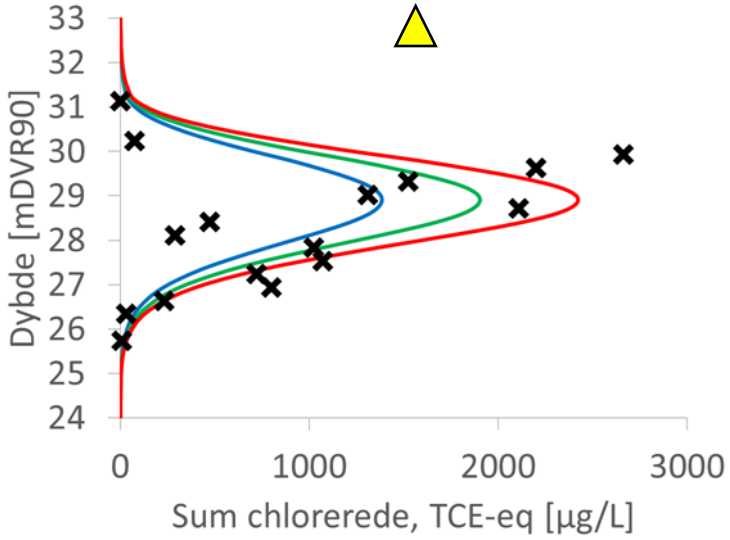
Tykkelse af lerlag, porøsitet i ler og sand samt sorption i ler og sand er også undersøgt. Disse har kun en effekt på det transiente resultat. Har forureningen opnået stationaritet, er disse uden betydning.

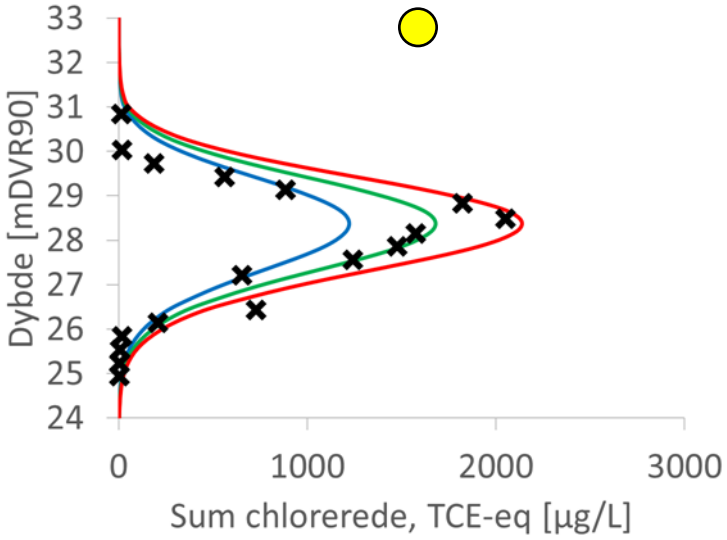
Tilpas parametre til koncentrationsprofiler

- Tilpas hver enkelt profil
  - Hvilke parametre er der mest usikkerhed om?
  - Passer fanens dykning og udstrækning af koncentrationsprofilet?

- Udvalgte parametre har en standardværdi med et foreslået interval





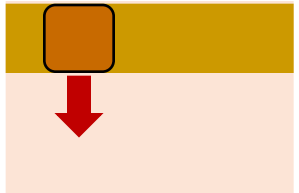


Lokal sensitivitetsanalyse – effekten på forureningsflux

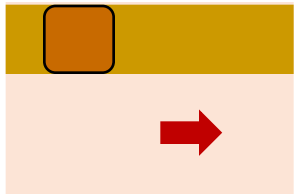
- Hver parameter ændret +/- 20 %

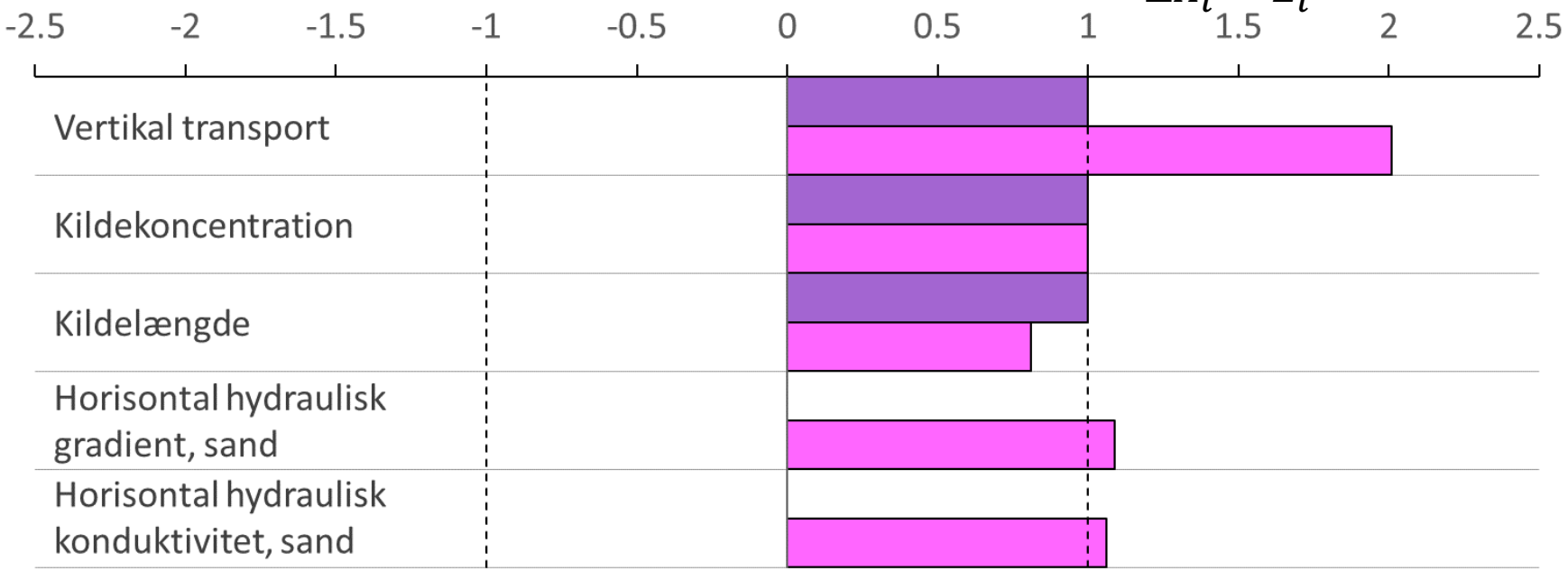
Lokal sensitivitetskoefficient: $S_i = \frac{\Delta Z_i}{\Delta X_i} * \frac{X_i}{Z_i}$

Vertikal forureningsflux



Horisontal forureningsflux



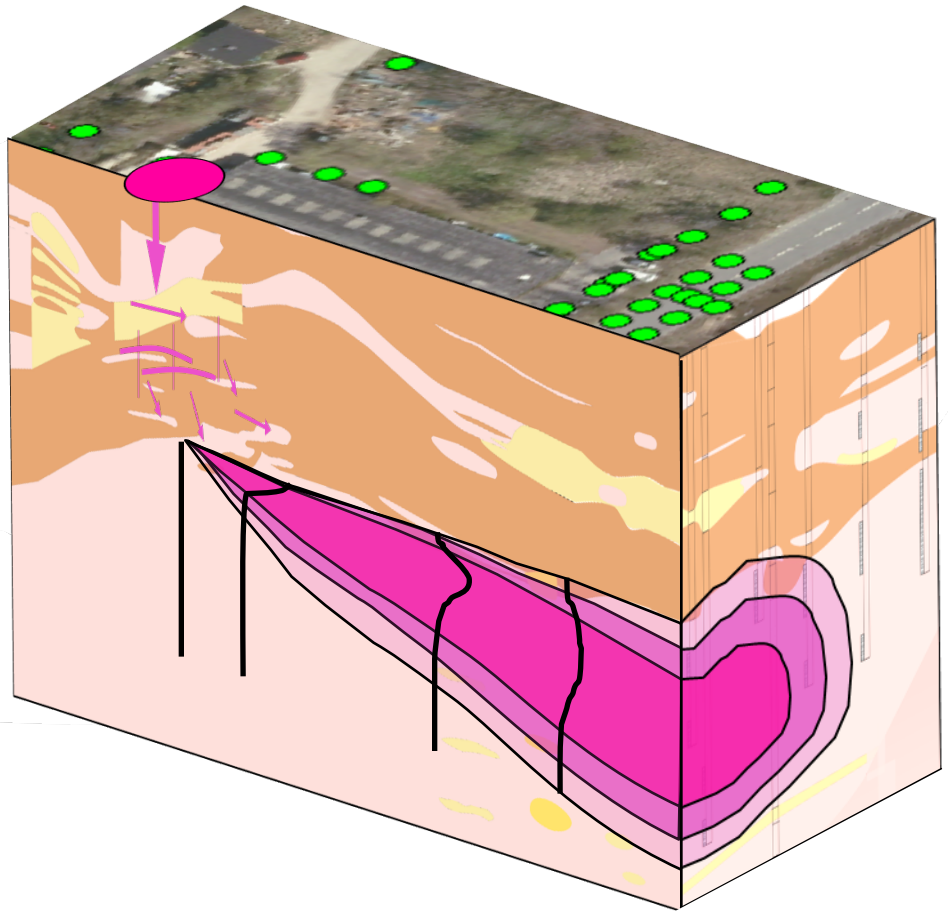


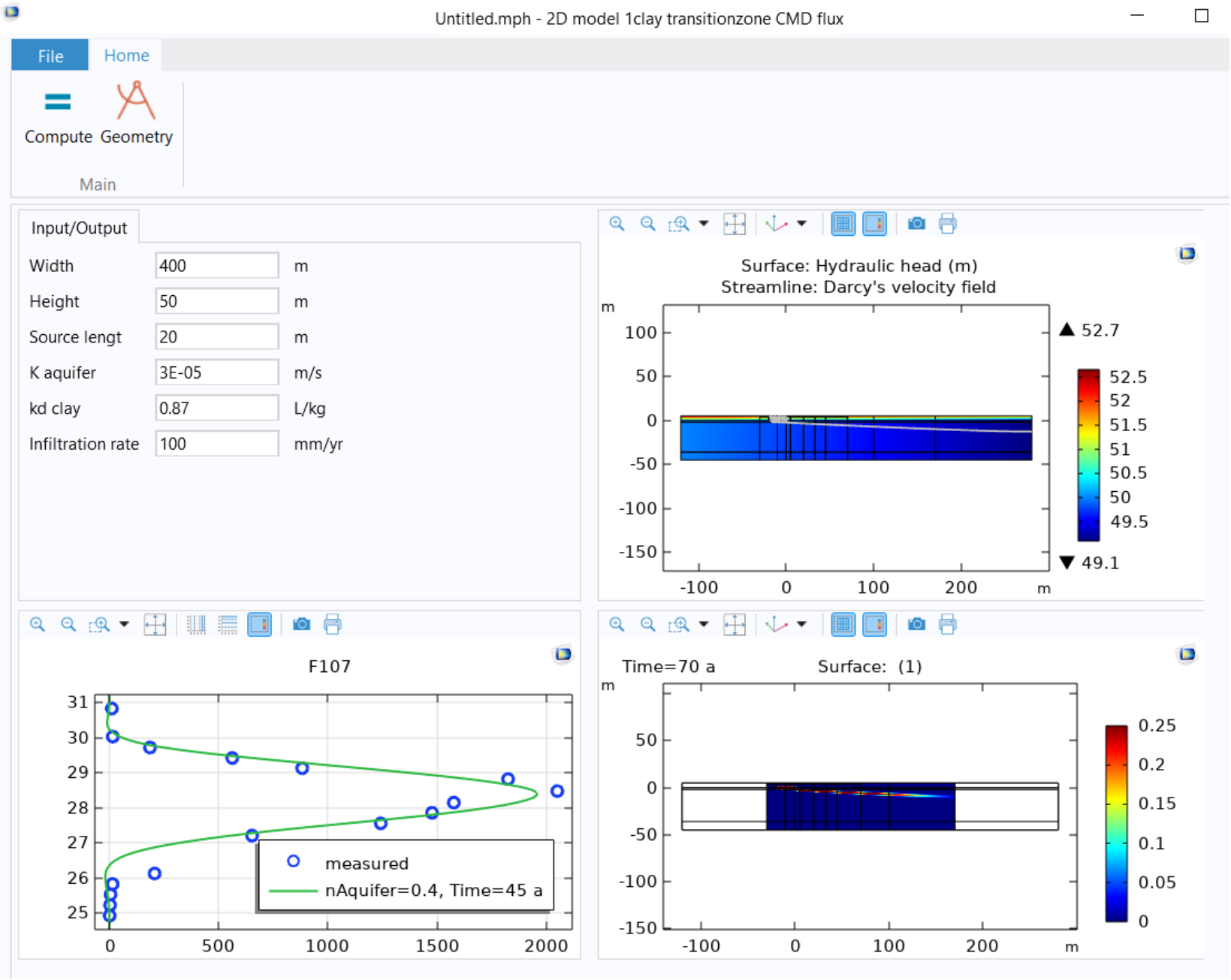
Tykkelse af lerlag, porøsitet i ler og sand samt sorption i ler og sand er også undersøgt. Disse har kun en effekt på det transiente resultat. Har forureningen opnået stationaritet, er disse uden betydning.

ProfileFlux metode – konklusion

- Afklaring af risiko ud fra estimat af:
  - Forureningsflux
  - Masse i kilden (større usikkerhed)

- ProfileFlux metoden kan svare på følgende:
  - Er forureningen til risiko for grundvandet?
  - Mangler der viden på lokaliteten?
  - Hvilke parametre/forhold skal undersøges nærmere på lokaliteten for at kunne foretage risikovurderingen?



Værktøjsteaser

- Udvikling af værktøj er i gang
- Forventes færdigt medio 2022