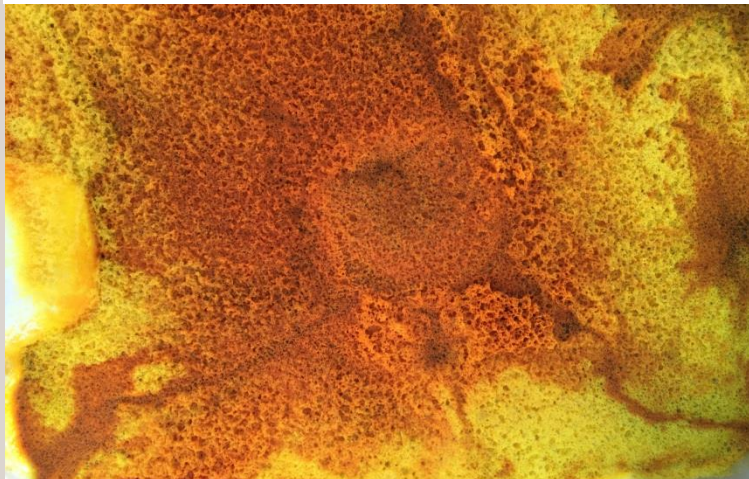


Fluorescerende tracer brugt til karakterisering af interaktion og mixing mellem grundvand og overfladevand

Gro Lilbæk, Anders Christensen, Anne Storgaard, Benjamin Hunner – NIRAS A/S
Nicklas Larsson, Filip Nilsson – NIRAS AB

ATV VINTERMØDE, VINGSTED – 7. MARTS 2016



Baggrund

- Hvor strømmer forurenet grundvand hen?
- Hvor lang tid tager det at nå derhen?
- Hvad sker der langs strømningsvejen?

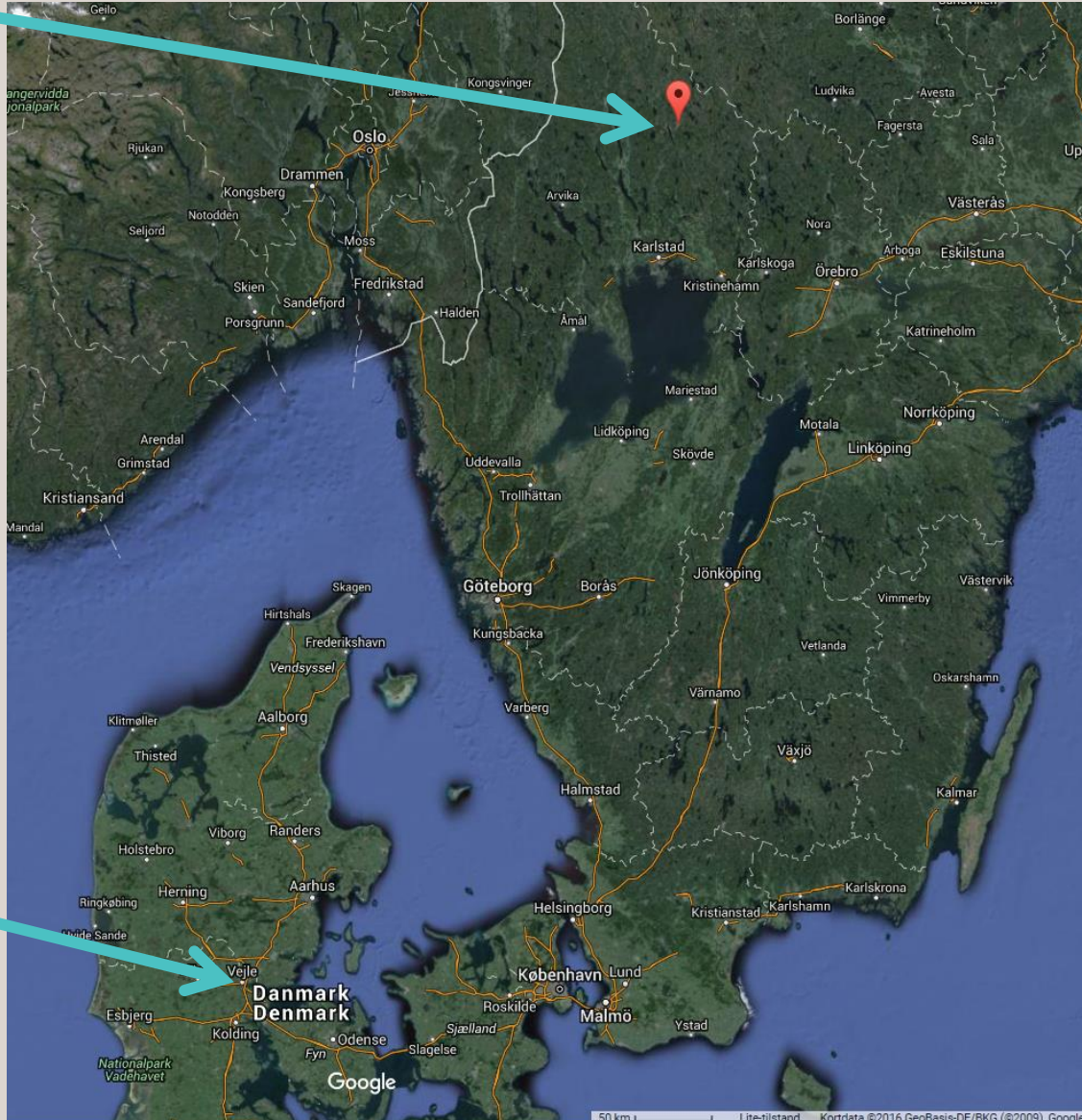


Baggrund

- Identifikation af zoner med grundvandsindstrømning i overfladevand er essentiel, hvor overfladevandet er sårbart overfor forurening fra punkt- og fladekilder
- Forureningsfluxen vil være afhængig af sammenfald mellem forureningsfanen fra en lokal kilde og zoner med stor tilstrømning af grundvand
- Risikovurdering og/eller planlægning af oprensning kræver detaljeret viden om det forurenede grundvands strømningsvej → identifikation af indstrømningszoner



Hagfors, Sverige



- Renseri fra 1970-1992
- Forureningsundersøgelser har fundet sted siden 1993

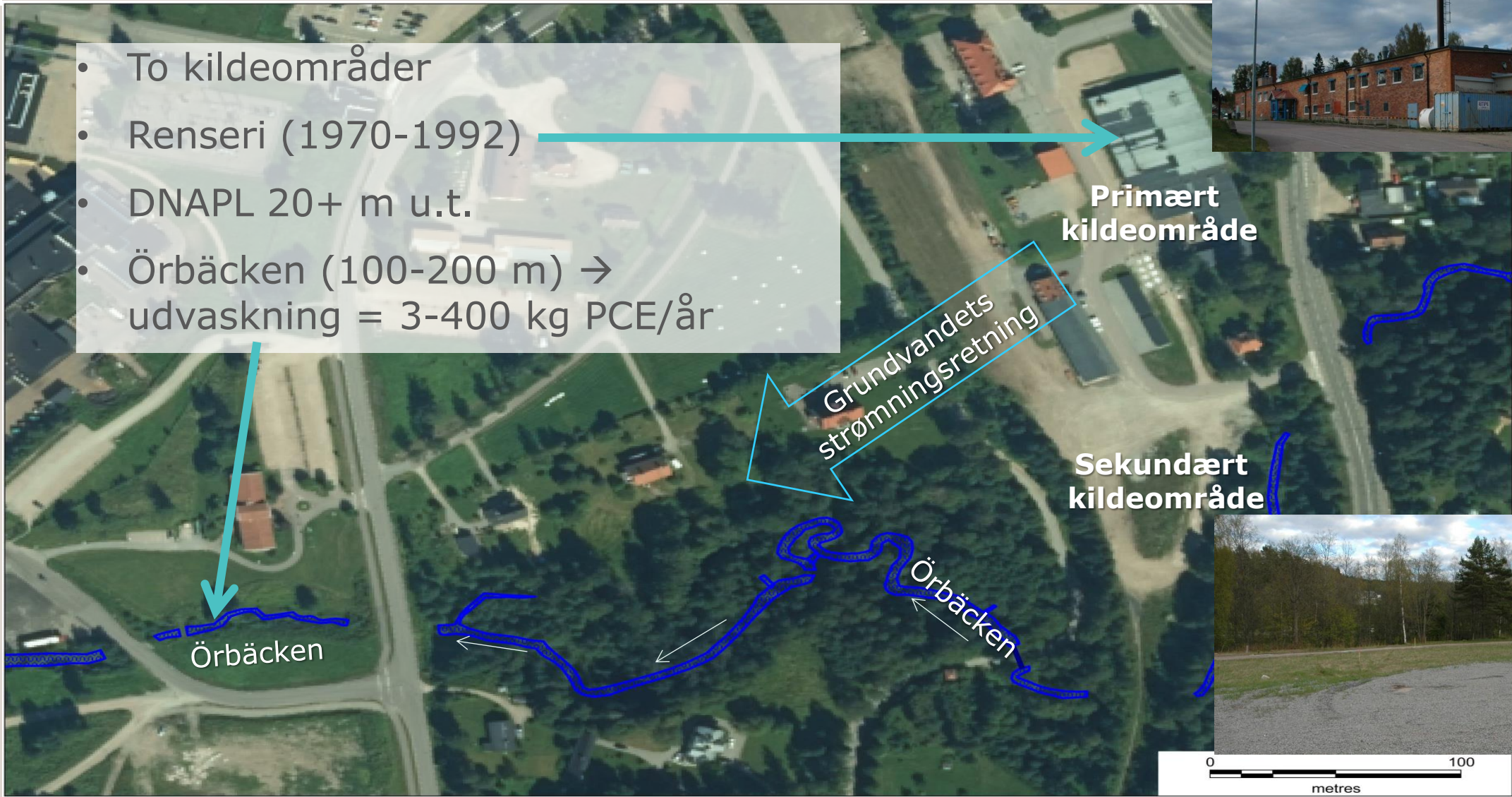


- Spredning via kloak → to kildeområder
- DNAPL i begge områder 20+ m u.t.

Vejle, Danmark

Hagfors, Sverige

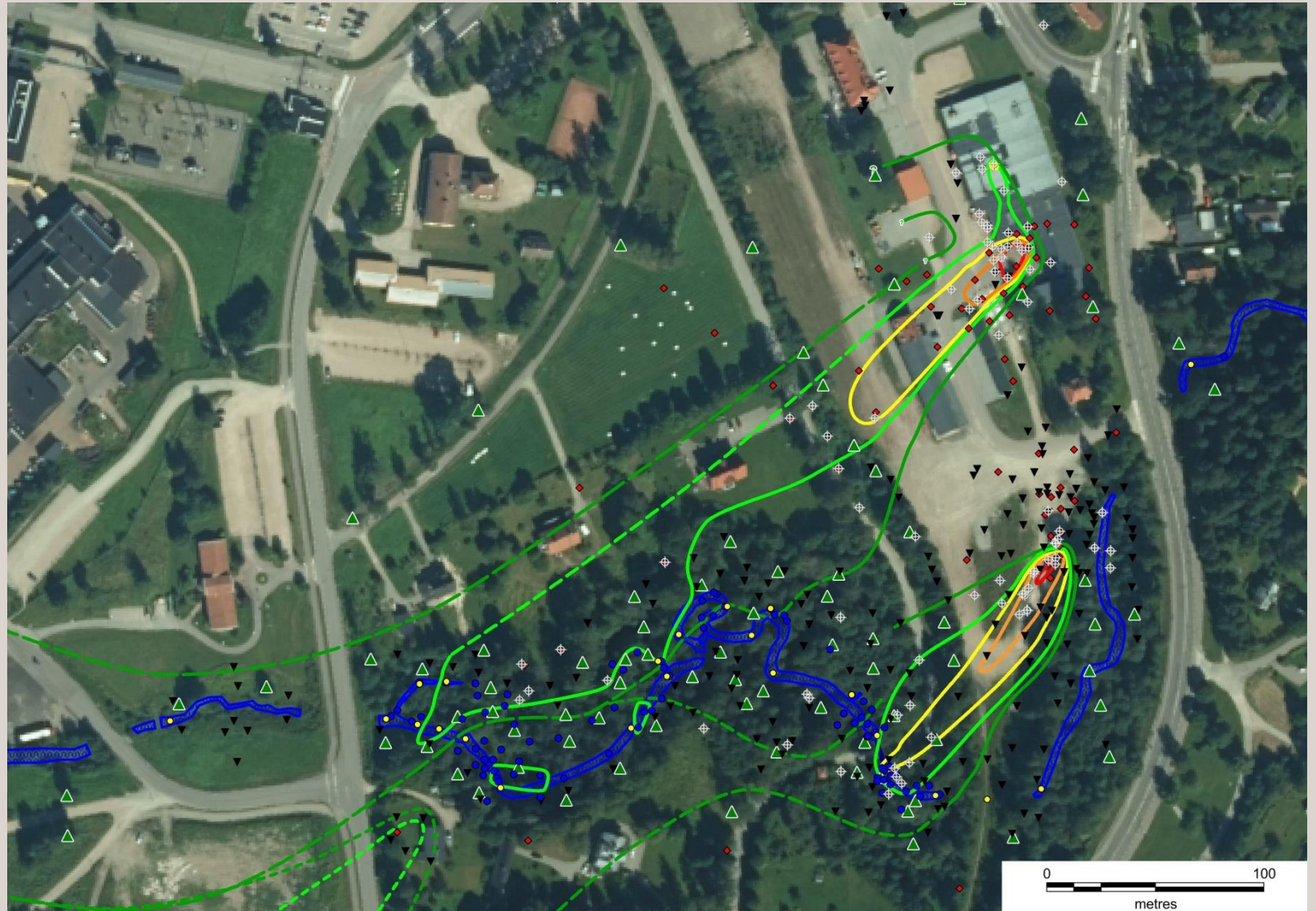
- To kildeområder
- Renseri (1970-1992)
- DNAPL 20+ m u.t.
- Örbäcken (100-200 m) →
udvaskning = 3-400 kg PCE/år



Hagfors, Sverige

Undersøgelser siden 1993:

- Boringer
- MIP
- Geofysik (seismik/DCIP)
- Poreluft
- Vandprøver → grundvand og overfladevand
- DTS (temperatur som tracer i overfladevand)
- Temperaturprofiler → fluxberegning
- Fytoscreening
- **Tracer-test** (pågående)



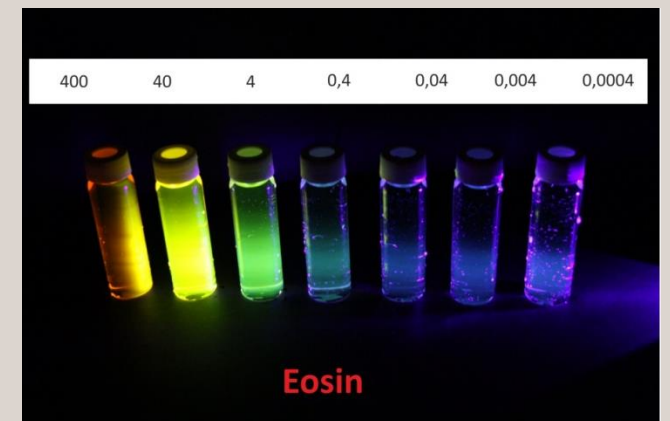
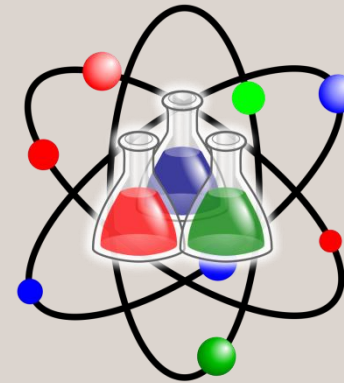
Problemstilling

- To kildeområder
 - DNAPL i 20+ m u.t.
 - Heterogen geologi → stor variation i den hydrauliske ledningsevne
 - Udvaskning af 3-400 kg PCE/år
- Skyldes forurening i Örbäcken primært den ene eller begge kildeområder?
- Skyldes forurening i Örbäcken primært det øvre eller nedre magasin?
- Hvor vil afværgen give mening – ved kildeområderne eller lokalt ved udstrømningsområderne og i hvilken dybde?



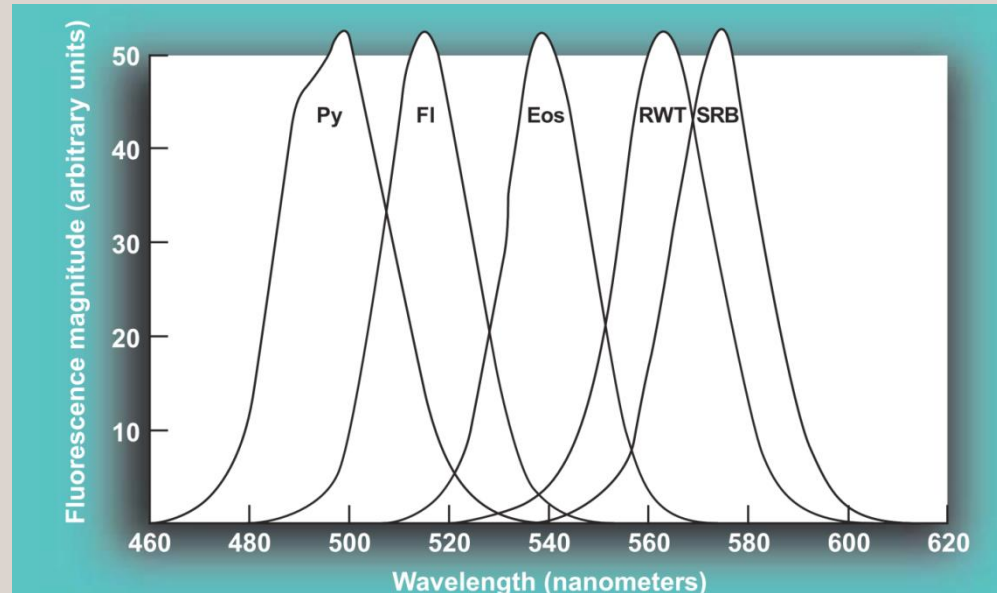
Tracer

- Fysiske tracer
 - Naturlig (fx temperatur)
- Kemiske tracer
 - Naturlig (fx inorganisk)
 - Radioaktiv (fx ^{18}O , ^2H , ^3H)
 - Tilsat (fx farvestof, salte)
- Konservativ vs reaktiv tracer
- Aktive vs passive tracer



Fluorescerende sporstoffer

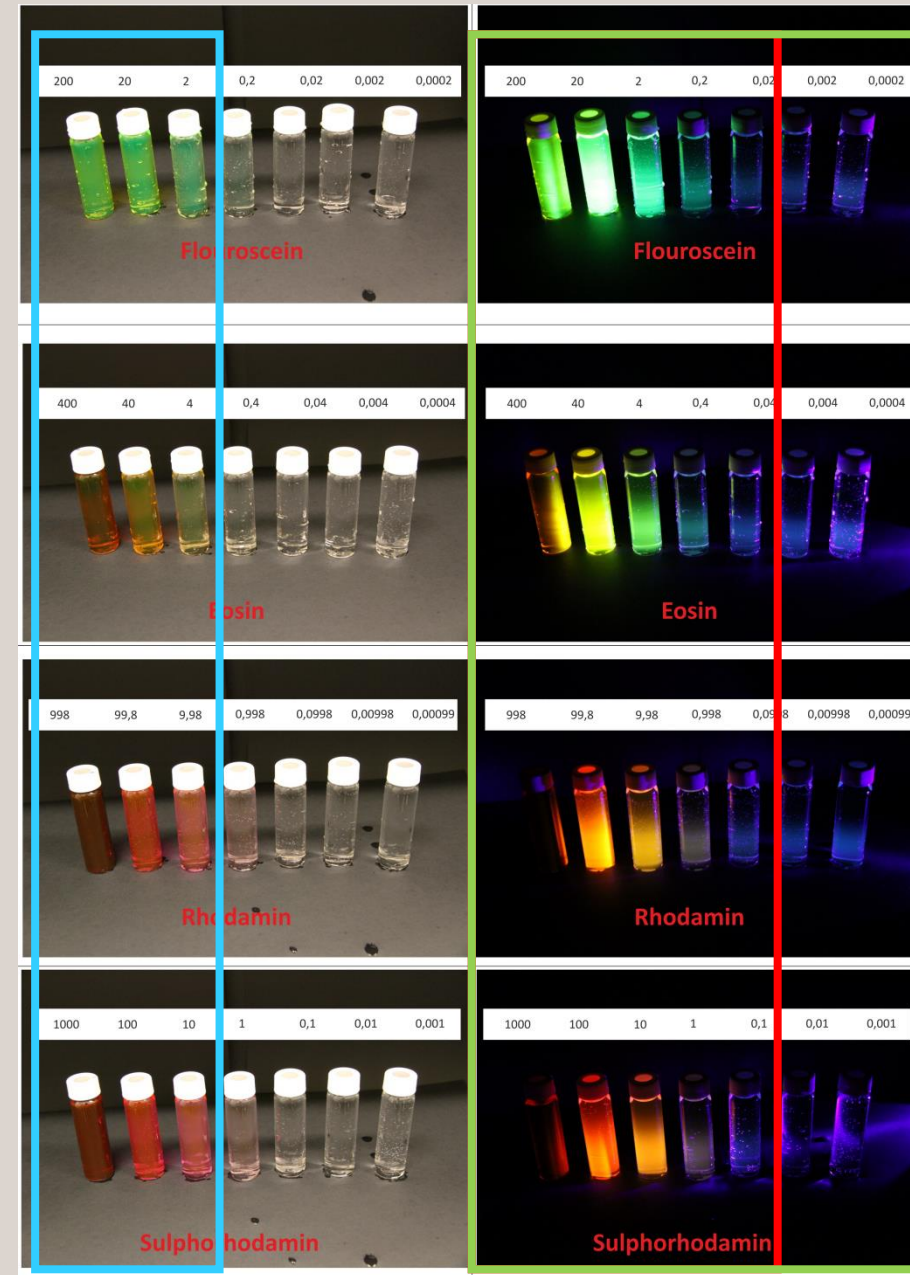
- Normalt **ikke naturligt tilstede** i naturen og kan kvantificeres i modsætning til andre farvestoffer
- Mulighed for brug af flere **forskellige sporstoffer samtidig**, og derved kortlægge forskellige transportveje
- Passiv prøvetagning med granulært aktiv kul (GAC-sampler)



Fluorescerende sporstoffer

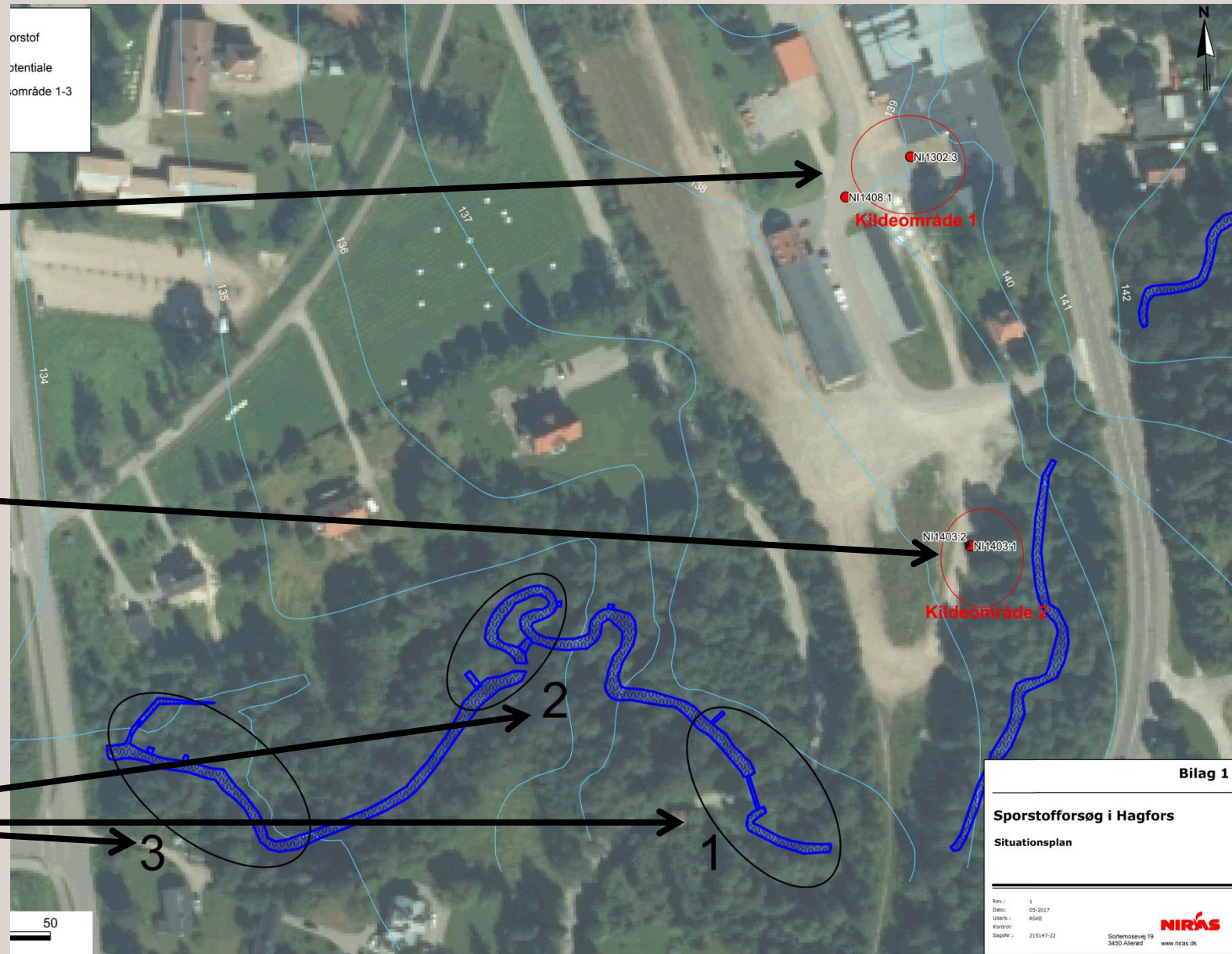
- Ikke sundhedsskadelig
- Meget lav detektionsgrænse (ppb, ug/L)

	Detektionsgrænse (ppm, mg/l)		
	NIRAS Lab. Synlig grænse ved UV belysning	OZARK Lab. eluent fra kulprøver	OZARK Lab. vandprøver
Flouroscein	0,02	0,000016	0,00002
Eosine	0,04	0,00012	0,00004
Rhodamine WT	0,1	0,000013	0,0001
Sulforhodamine B	0,1	0,00031	0,0001



Injektion

- Kildeområde 1:
 - Fluorescein – øvre
 - Rhodamin WT – nedre
- Kildeområde 2
 - Eosin – øvre
 - Sulphorhodamin B – nedre
- 3 udstrømningsområder af interesse



Forberedelse

- Ansøgning om tilladelse
- Test af materialer
Fluorescerende stoffer findes i fx. arbejdstøj, plastprodukter, rengøringsprodukter, sprinklervæske, spraymaling ...



- Infiltrationstest i udvalgte filtre



- Baseline → Hvad findes allerede i systemet



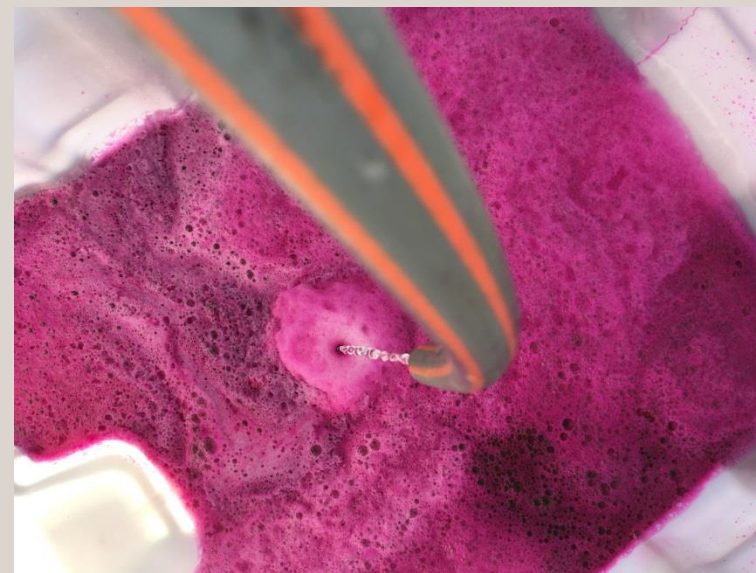
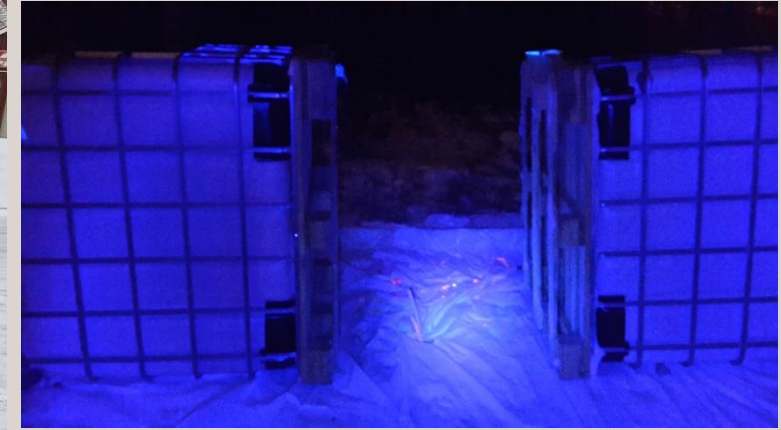
Injektion



- Sporstof fra Ozark Underground Laboratory, MO, USA
- Stor risiko for krydskontaminering

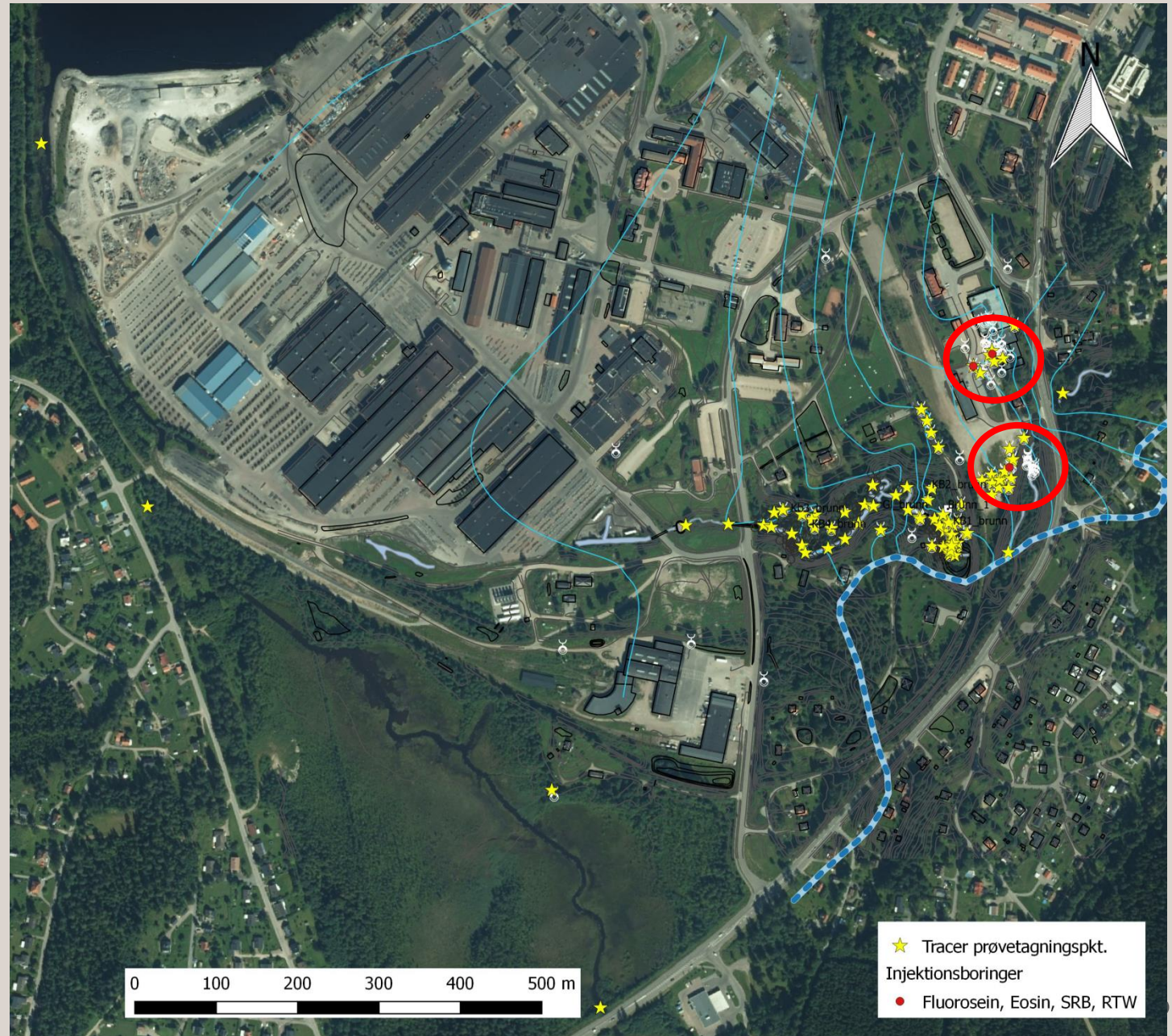


Injektion



Monitering

- Injektion i november 2016
- Monteringsrunde hver 4-6 uger
- Øget afstand fra injektionsboringer over tid
- 125 stationer totalt
- Skift af ca 50 stationer pr runde



Monitering



Udskiftning af GAC-sampler i boring

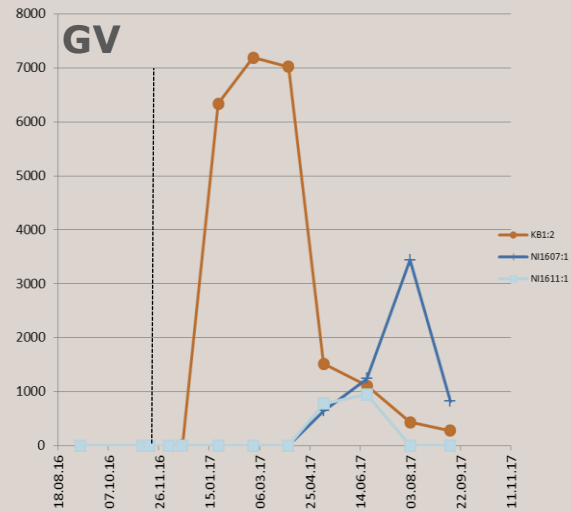
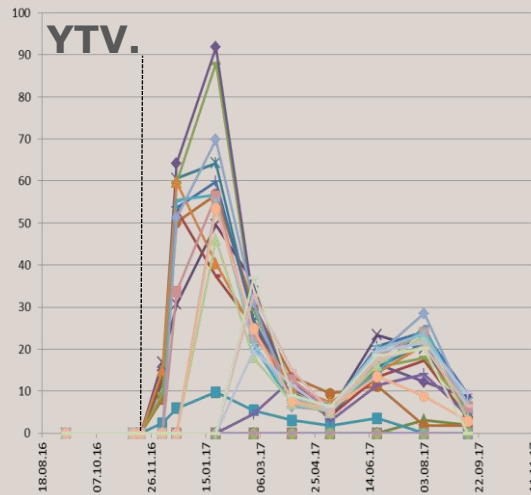


Udskiftning af GAC-sampler i Örbacken

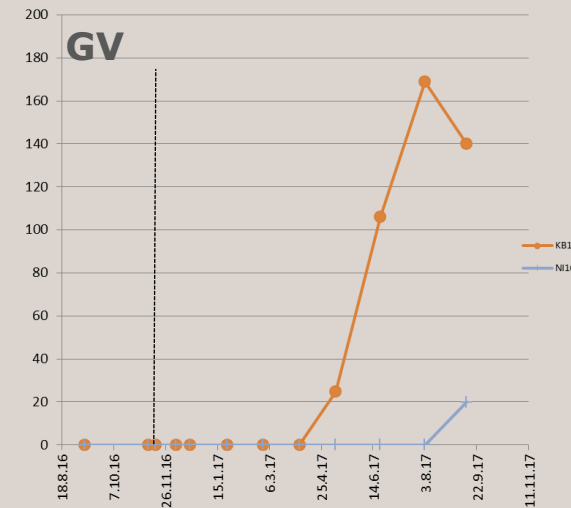
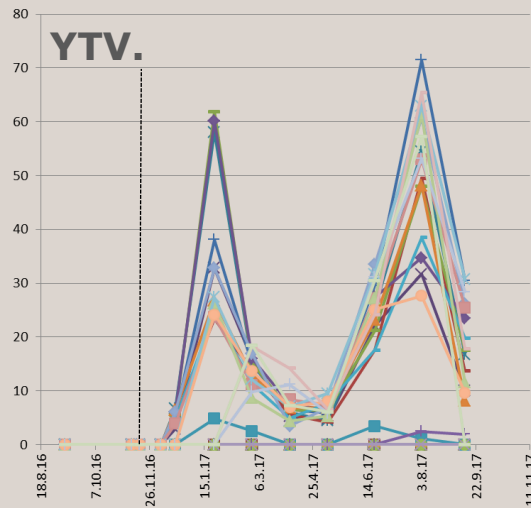
Resultat

Spredningsvej fra kildeområde 2 til Örbäcken

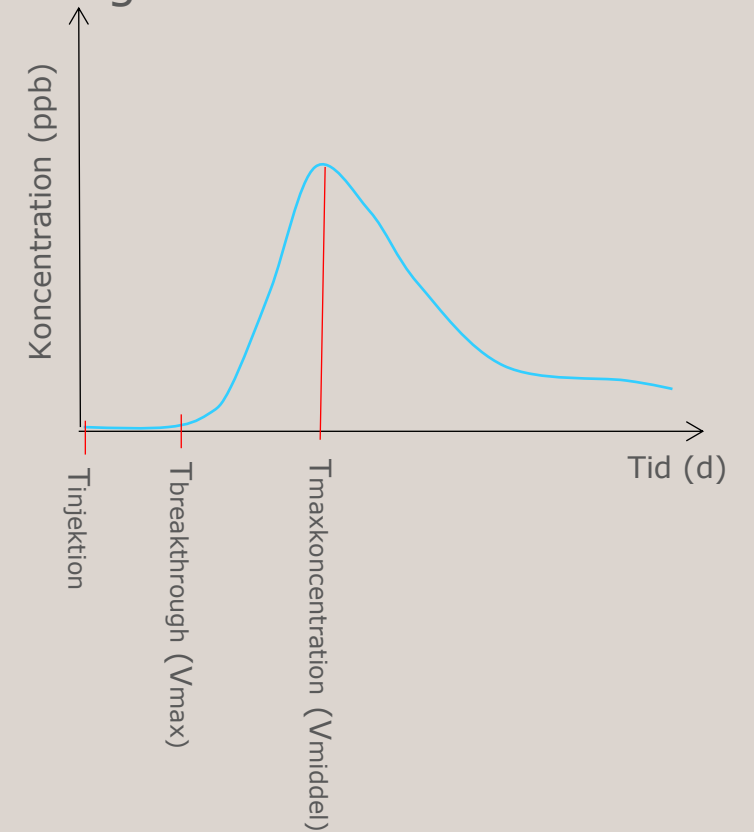
EOSIN/TOP



SRB/BUND

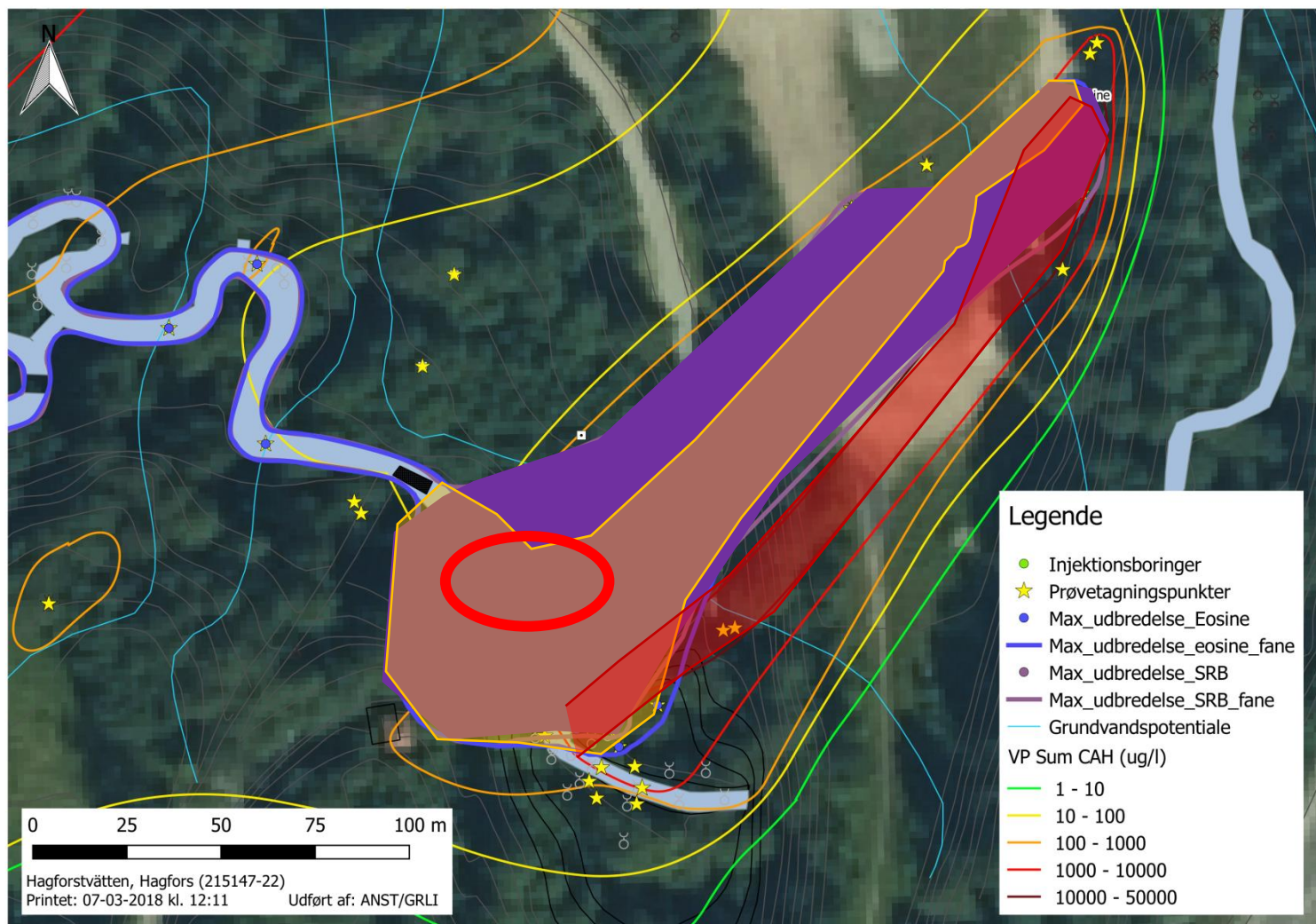


Standardiseret gennembrudskurve



Resultat

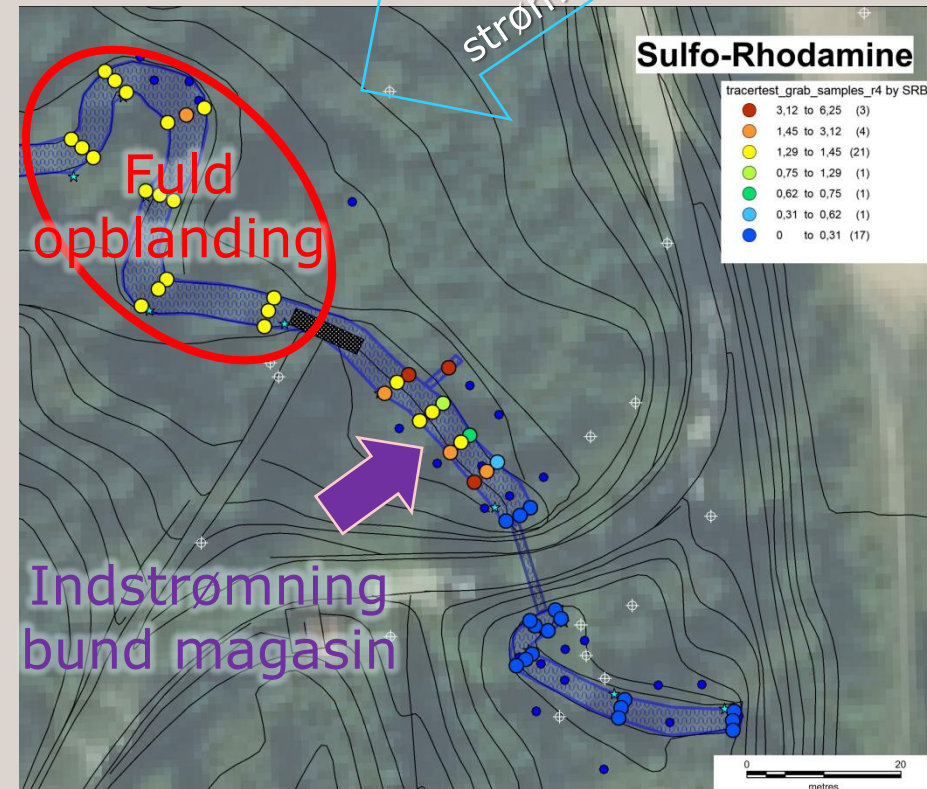
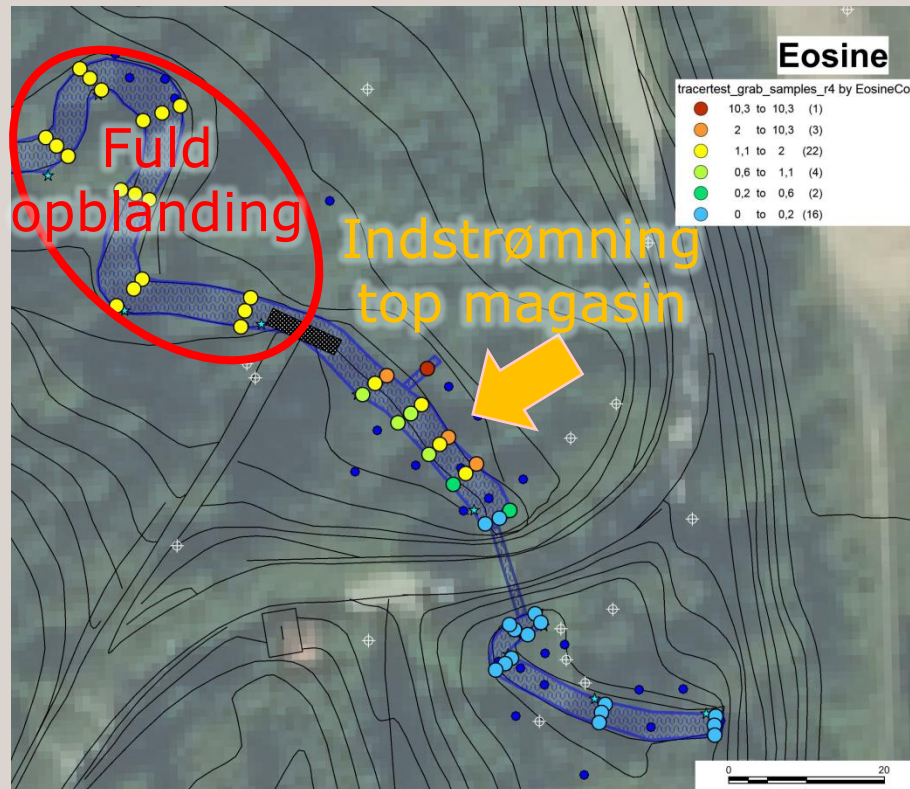
Spredningsvej fra kildeområde 2 til Örbäcken



- Sporstof fra magsinets top (Eosin) og bund (SRB) trænger ind i Örbäcken i samme område
- $V_{\max} \sim 9,3$ m/d
- Stoffer tager næsten samme vej til bækken – men ikke helt identisk
- $V_{\text{middel}} \sim 0,7-1,1$ m/d
- ($V_{\text{model}} \sim 2$ m/d)
- Ikke forventet transportvej ifht tolket ud fra koncentration i VP

Resultat

Spredningsvej fra kildeområde 2 til Örbäcken - detalje

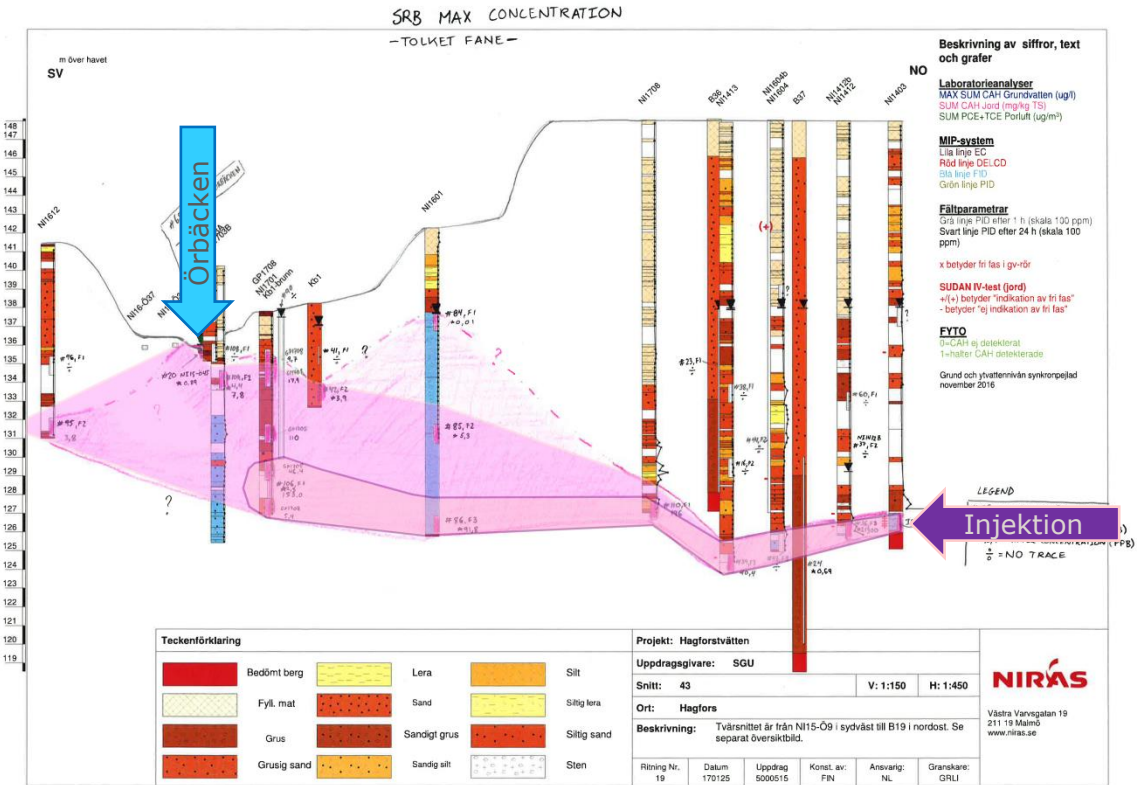
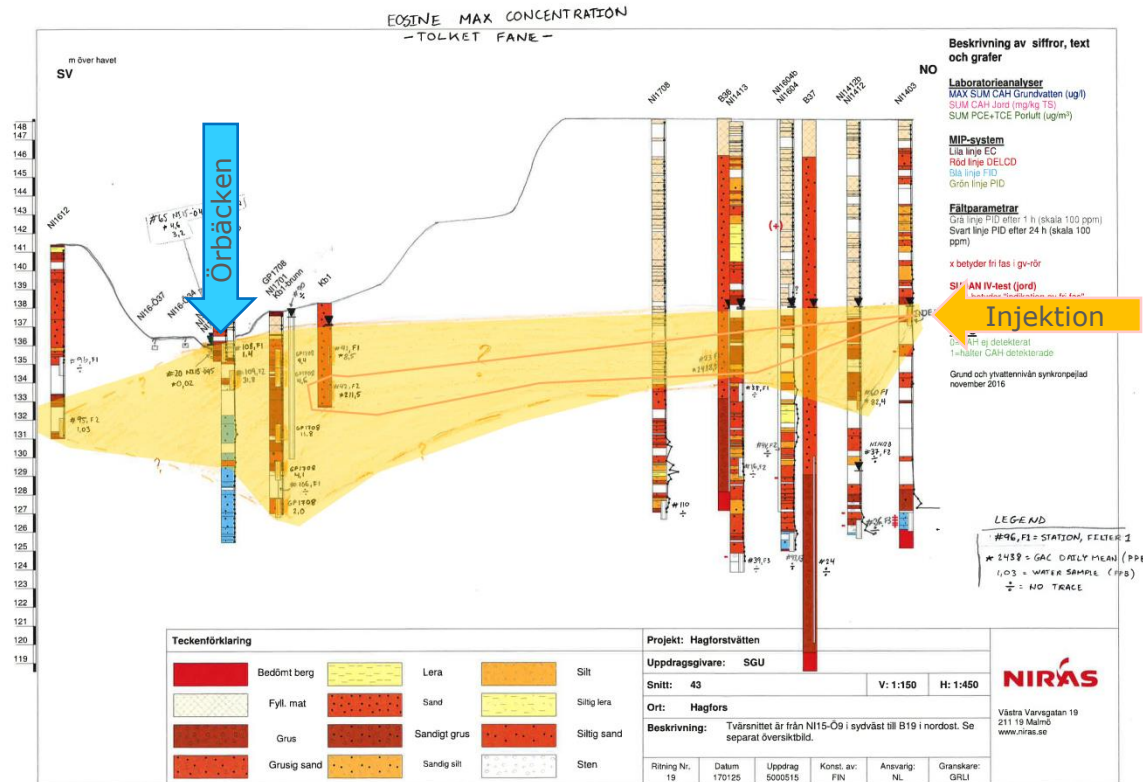


Grundvandets
strømningsretning

Indstrømning i samme område → men forskellig transportvej!

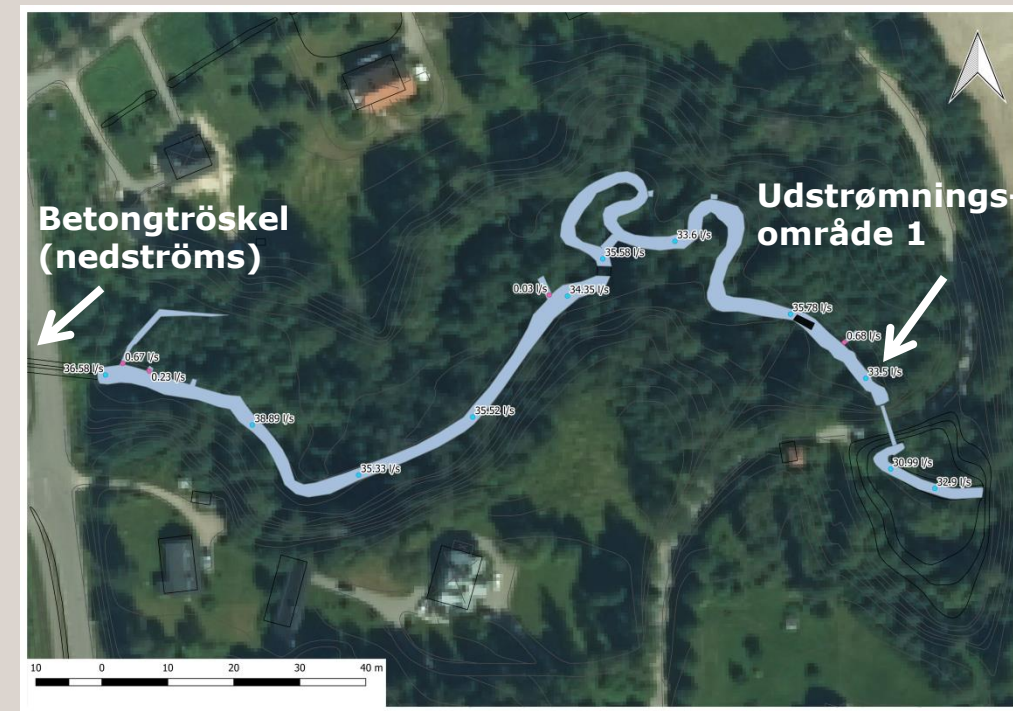
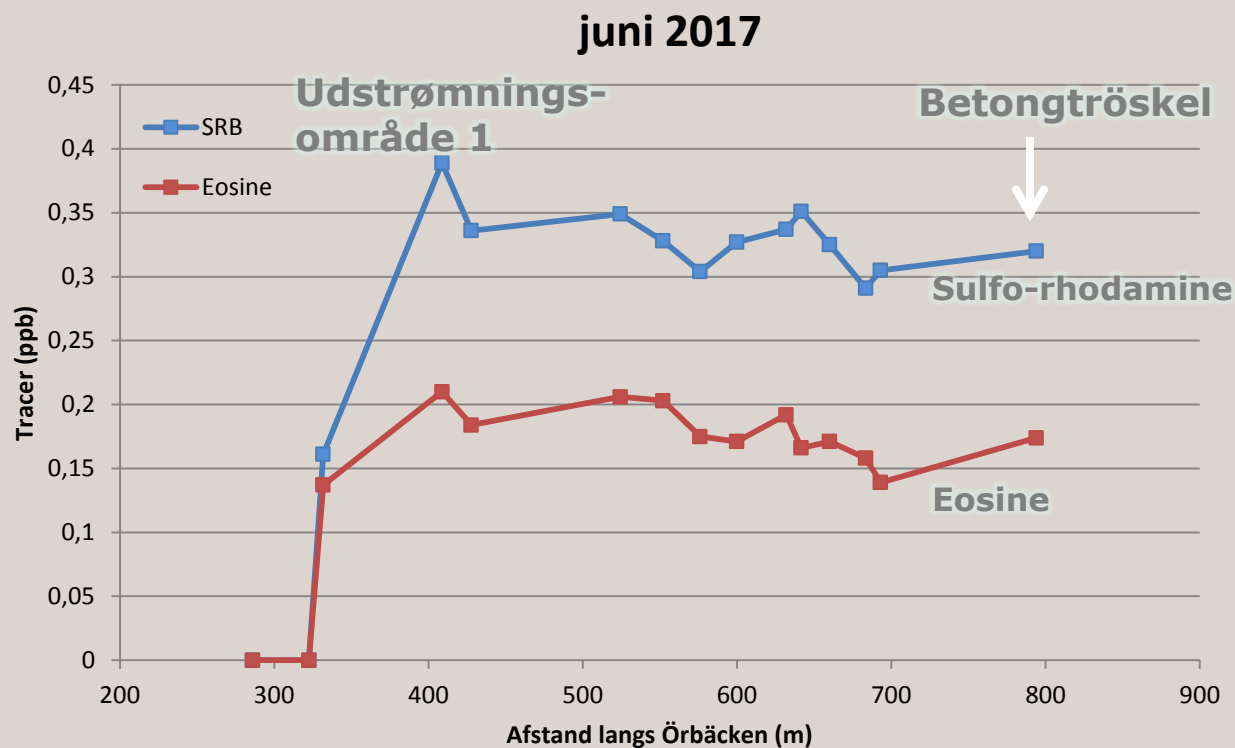
Örbäcken - spårämnesförsök

Spridningsväg från källområde till Örbäcken



Resultat

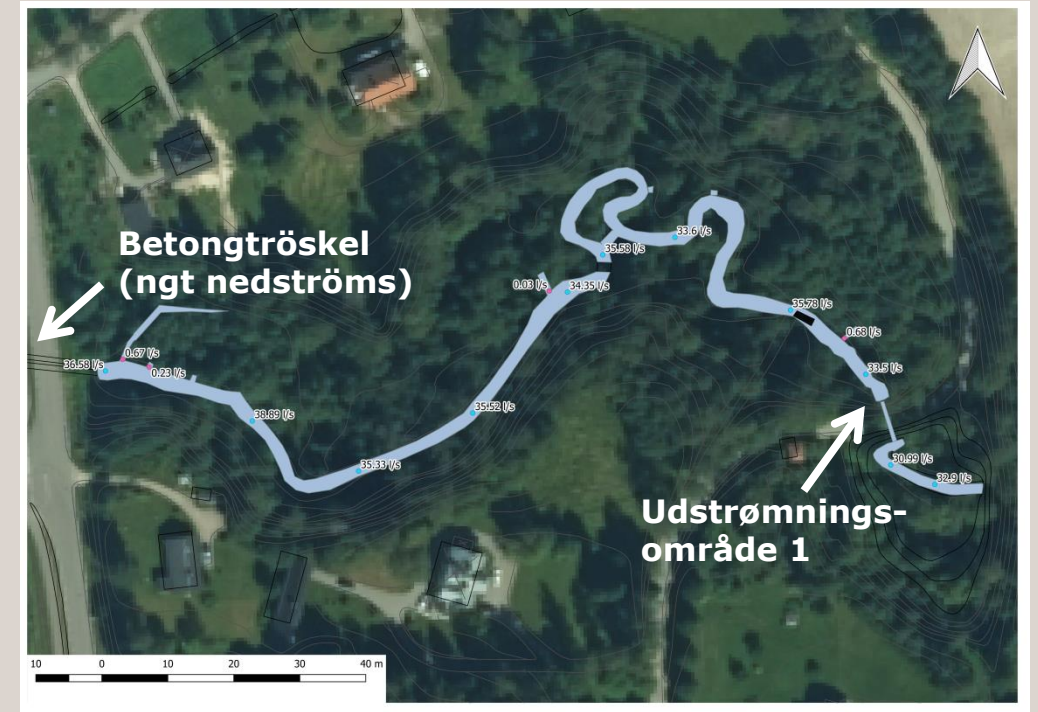
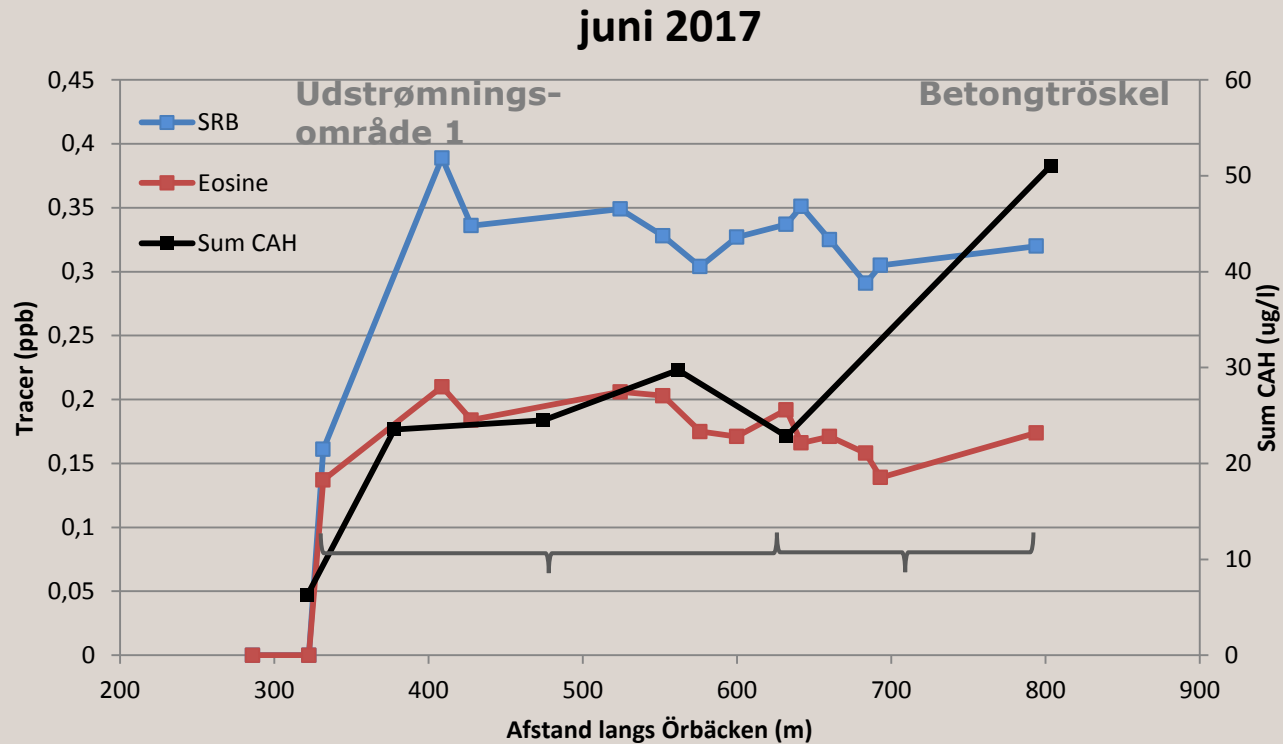
Fortynding af tracer langs Örbäcken



- Ca 82 % af Eosin og SRB genfindes ved betontröskeln → knap 20% fortynding sker
- Flowmålingen i juni 2017 viser at vandføringen på samme strækning øges fra 31 til 37 l/s (ca 20 %)

Resultat

Fortynding af tracer langs Örbäcken

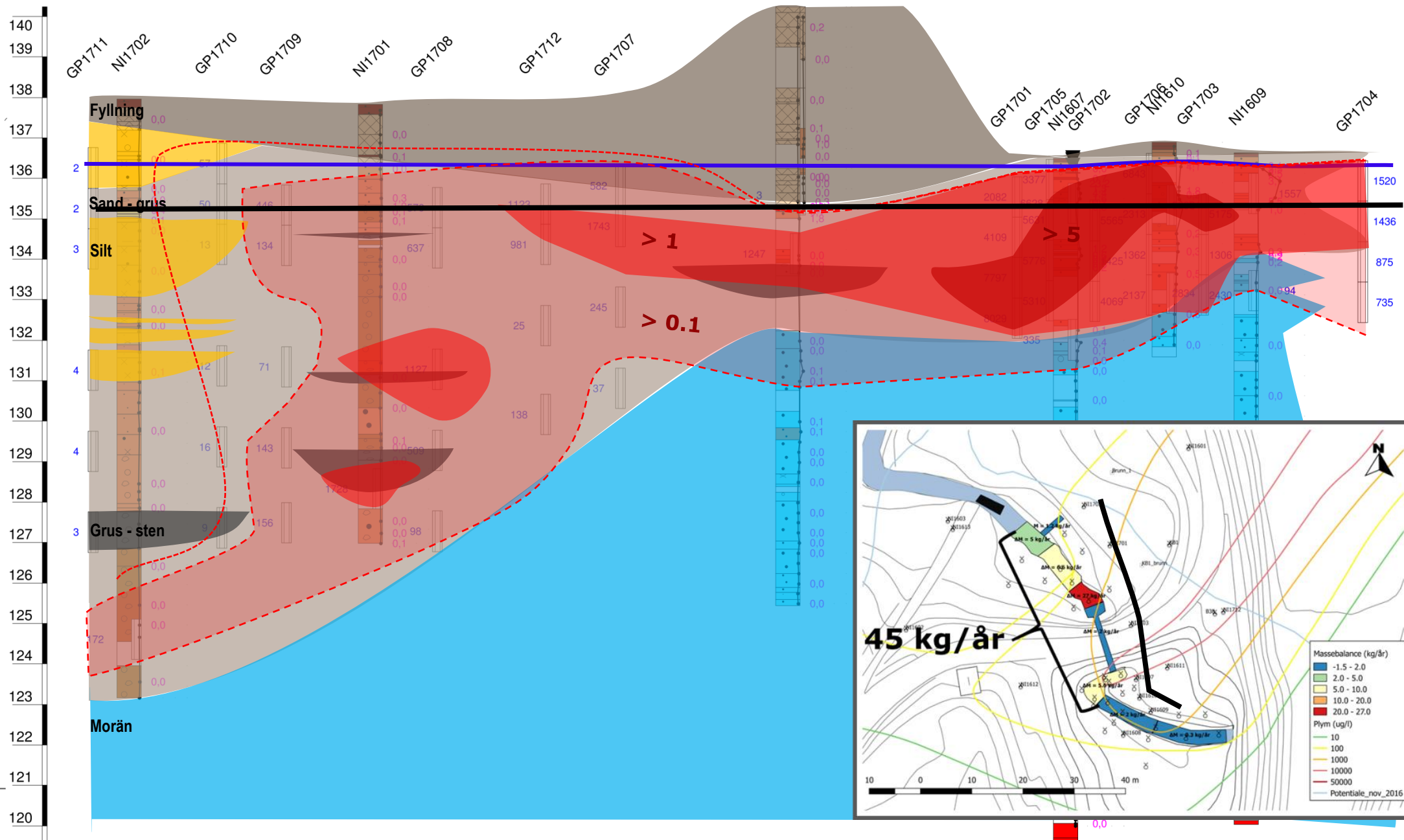


- Sammenfald mellem koncentrationsudvikling for tracer og sum CAH
- Sum CAH stiger i den sidste del af systemet → kildeområde 1?

Instrømningsomr 1

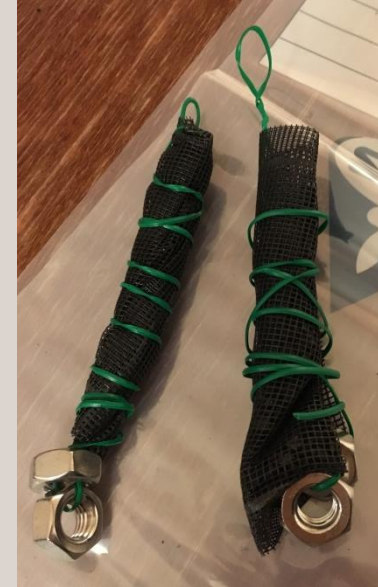
NV

SO



Økonomi

- Tracer (\$55/lb): 12.000 dkr
 - Fluorescein 1,7 kg
 - Eosin 1,4 kg
 - SRB 3,5 kg
 - RWT 1,4 kg
- GAC/Vial (VP): 10 kr/stk
- Analyse: 300 kr/stk
 - Antal GAC + VP: >900 stk
- Øvrige materialer: møtrik, grøn wire, poser, handsker, dragter, slange



Økonomi

- Mange arbejdstimer
 - Forberedelse
 - Feltarbejde
 - Dataprocessering

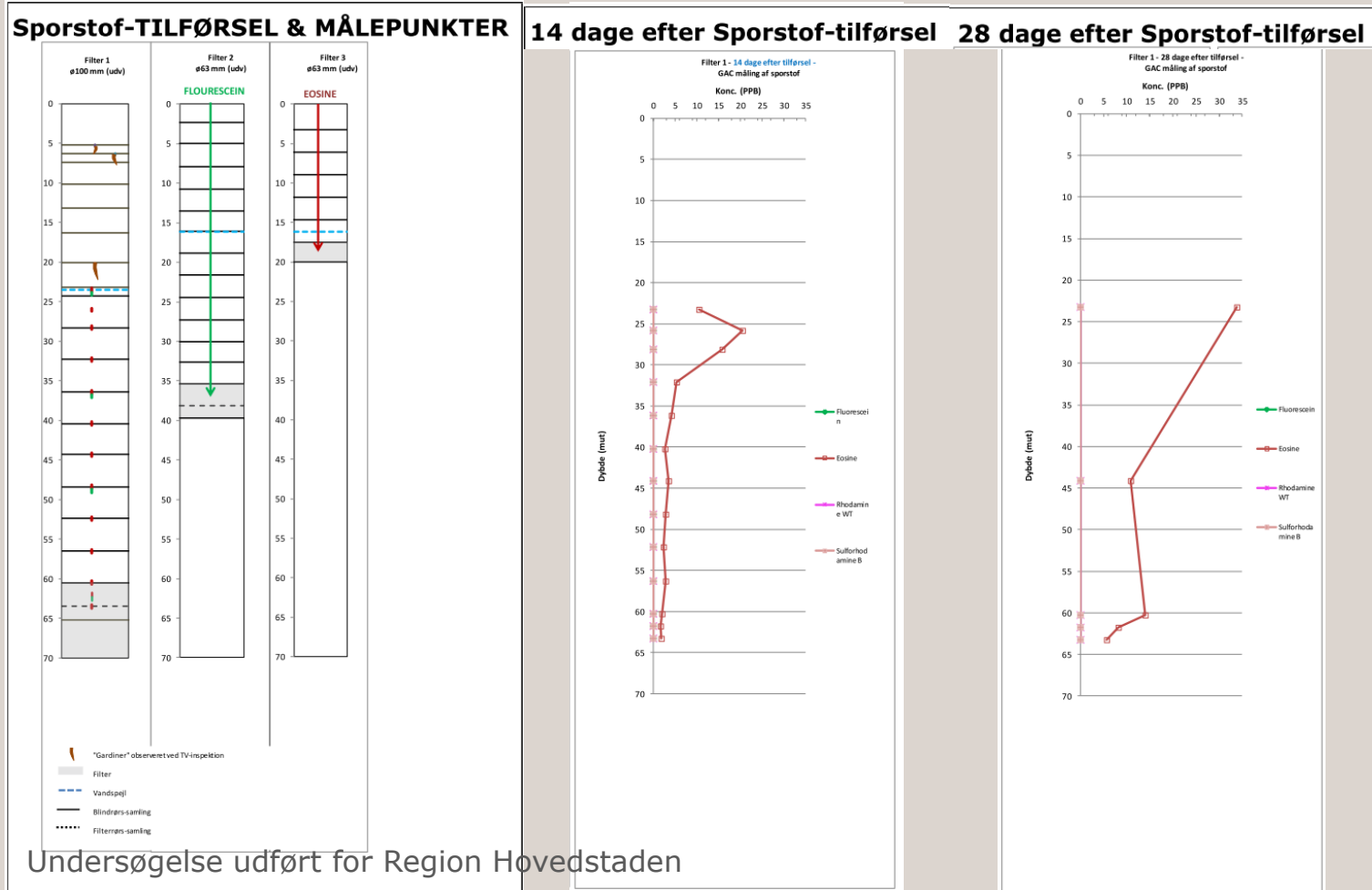
→1 mio dkr



Konklusion

- Brug af fluorescerende sporstoffer gør det muligt at benytte forskellige sporstoffer samtidig, og derved kortlægge forskellige transportveje
- Lav detektionsgrænse
- Observeret transporthastighed $\rightarrow V_{\max} = 10 \text{ m/dag}$ $V_{\text{middel}} = 1 \text{ m/dag}$
- Det findes en "motorvej" som forbinder kildeområde 2 med Örbäcken
- Ikke forventet primær strømningsvej
- Detalje-prøvetagning viser heterogen indstrømningzoner \rightarrow vigtigheden af placering af prøvetagningspunkt
- Konsekvens for valg af afværgemetode i kildeområdet \rightarrow identifikation af metoder, der ikke vil fungere pga høj transporthastighed/lille opholdstid, fordeling af evt reagensvæske!

Anden anvendelse ...



Undersøgelse udført for Region Hovedstaden

- Utætte boringer
- Lækage fra kloakledninger



- Sammenhæng mellem grundvandsmagasiner
- Beton porøsitet

Spørgsmål?



Gro Lilbæk – grli@niras.dk – ☎ 6038 4218

NIRAS