

Utætte boringer  
- Et problem, vi skal gøre  
noget ved!

## **Utætte boringer - Hvordan står det til?**

Peter Tyge, geolog, NIRAS

ATV Jord og Grundvand - 25. oktober 2021  
Storebælt Sinatur Hotel og Konference

# Utætte boringer - ikke et nyt fænomen

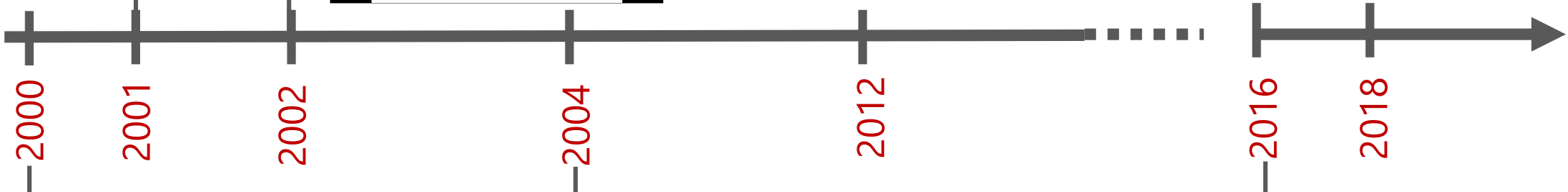
## ”Glemte” filtersatte miljøtekniske boringer – hvordan er deres stand og deres forureningstrussel?

ORIENTERING fra Amternes Videncenter for Jordforurening 1/2001

Det mest overraskende og meget utilfredsstillende resultat er, at der i 2 ud af 5 boringer er markante uoverensstemmelser mellem, hvad brøndborenen har oplyst om filterinterval og det ved TV-inspektionen konstaterede

Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen Nr. 33 2002  
Forureningstransport via utætte boringer

UTÆTTE BORINGER OG PUNKTKILDER  
ATV MØDE  
PESTICIDER OG PUNKTKILDER  
SCHÆFFERGÅRDEN  
31. januar 2002



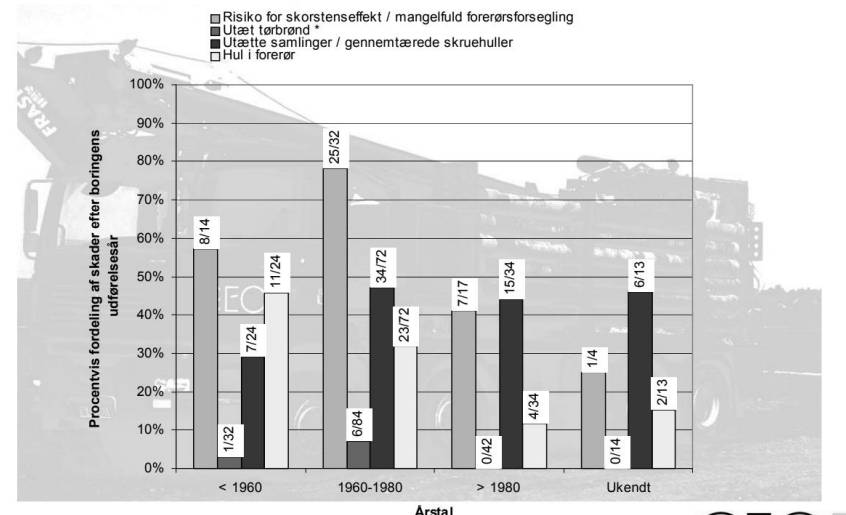
Utætte boringer  
- nedlægger vi dem på et for spinkelt grundlag?

Geologisk Nyt 2/2000

Berlingske  
Utætte vandværksboringer forurener drikkevandet  
TORS DAG D. 22 JANUAR 2004

**POLITIKEN**  
Billigere at sikre rent vand

Ny teknik gør det lettere at lappe drikkevandsår. Ved lokale forureninger kan det spare privatpersoner og vandværker for flere millioner kroner.  
Utætte boringer  
Miljøstyrelsen tjekker for ryk i utætte vandværksboringer en af hovedkvarterne til forurening af det danske drikkevand.



2012-11-06

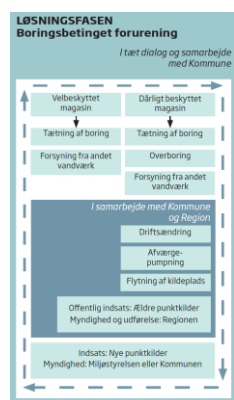
ATV Jord og Grundvand - Boringer



**Utætte boringer**  
Hvordan påviser vi utætheder, og hvad har vi set indtil nu?  
Geolog Peter Tyge  
ATV Vintermøde, 6.-7. Marts 2018

NGWA  
Evidence for Elevated Levels of Arsenic in Public Wells of Bangladesh Due To Improper Installation  
by I. Choudhury<sup>1</sup>, K. M. Ahmed<sup>1</sup>, M. Hasan<sup>1</sup>, M. R. H. Mozumder<sup>2</sup>, P. S. K. Knappett<sup>3</sup>, T. Ellis<sup>2</sup>, and A. van Geen<sup>4</sup>

# Utætte boringer – Stadig ikke et nyt fænomen



2018



**Svampegift fundet i hver tredje drikkevandsboring**

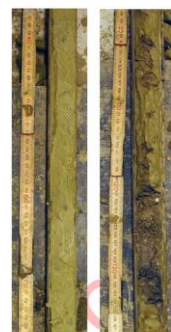
Ny opgørelse viser, at grundvandet er forurenet med svampegift flere steder.

5. marts 2019



**Utætte boringer skævvrider pesticidfunds-statistikker**

2019



Best Practice

Forsøgning af boringer og sonderinger

VERSION 2  
12. oktober 2021



Rapport | Forsøgning af boringer og sonderinger  
Fase 2. Laboratorieforsøg

2020

Utætte boringer - Et problem vi skal gøre noget ved!

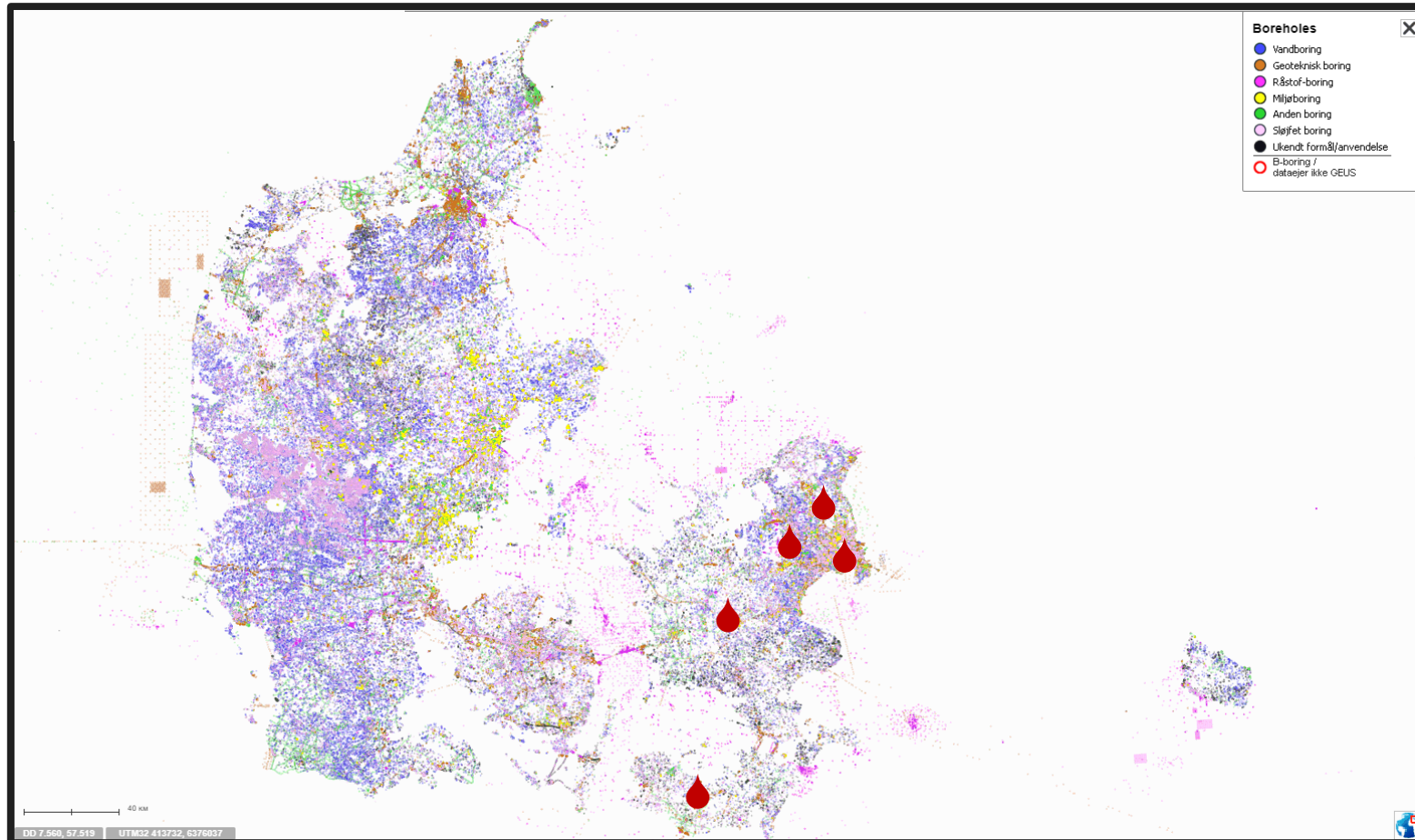
Utætte boringer - Hvordan står det til?

Peter Tyge, geolog, NIRAS

ATV Jord og Grundvand - 25. oktober 2025  
Storebælt Sinatur Hotel og Konference

2021

# Hvor mange boringer er utætte?



GEUS Jupiter indeholder mere end 280.000 boringer, og de fleste er eller har været filtersat.

NIRAS har på Sjælland og øer arbejdet med utætte dybe boringer på 5 lokaliteter.

Alle boringer gav falsk positive analyseresultater.



På 3 af lokaliteterne er boringerne sløjfet / overboret, og endnu en overbores til hele 47 m u.t. i uge 43/44 2021.

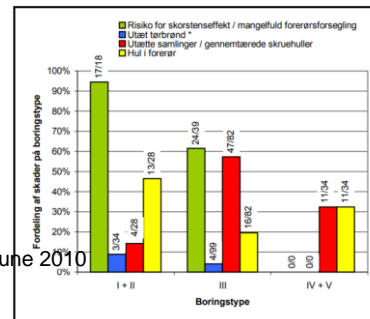
# Hvorfor har vi utætte boringer?

## Lækagerisici er typisk relateret til

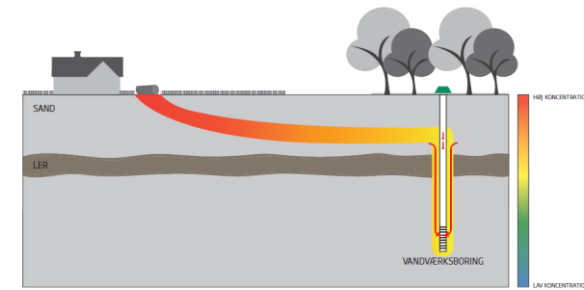
- Manglende eller utilstrækkeligt forseglingsmateriale
- Lodrette lækager langs bore-/forerør – Brodannelse og skorsten
- Utætte samlinger mellem forerør
- Dårlig tørbrønd/boringsafslutning
- Sammenstyrtning/kollaps/kaviteter/korrosion m.m.
- Utilstrækkelig sløjfninger af boringer/spørgelsesbrønde



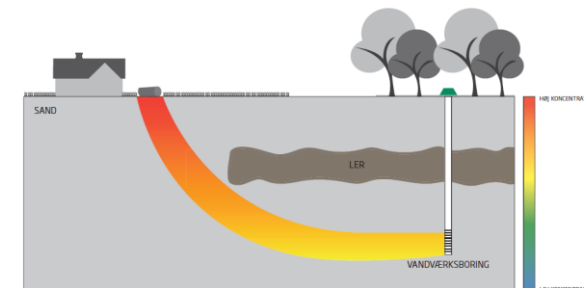
Når miljøboringer er skidt for miljøet – Geolog Elsebeth Engsig-Karup, Gladsaxe Kommune 2010



Figur fra ATV møde om boringer 2002: Erfaringsopsamling vedrørende renovering, Lars Elkjær, Rambøll



Boringsbetinget forurening



Magasinbetinget forurening

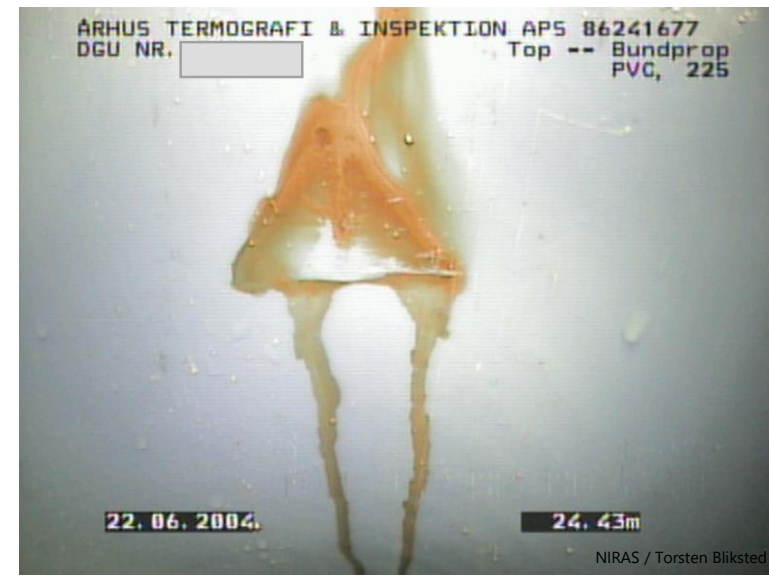
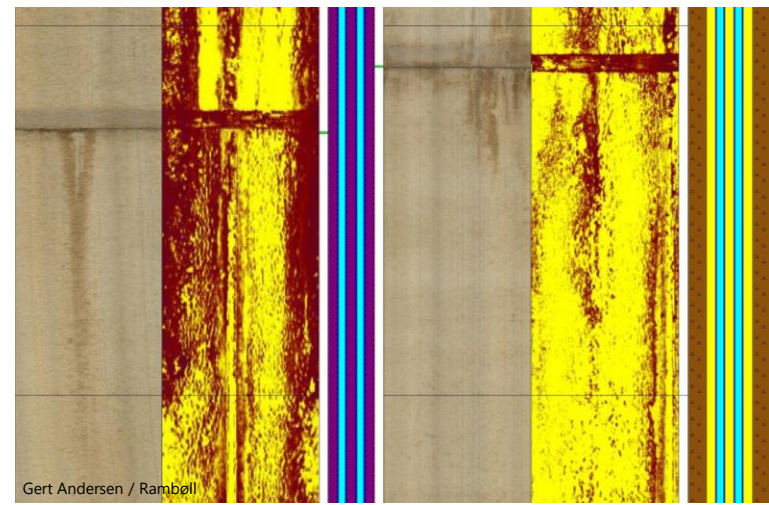
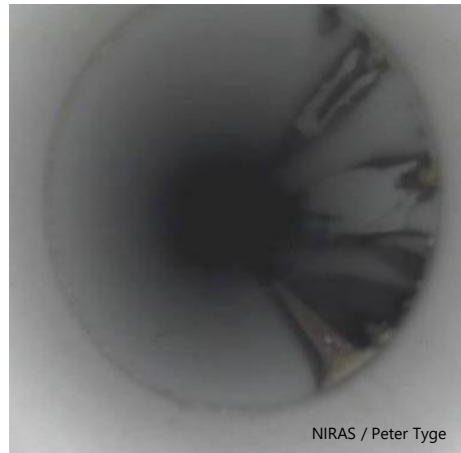


Skorsten efter boresko i vandforsyningsboring

Figur fra Region Syddanmark:  
Fund af pesticider i vand fra almene vandværker  
- Idékatalog til vandværker og myndigheder  
September 2018

# Hvorfor har vi utætte boringer?

Synlige slagskader, brud og utætte gevindsamlinger



# Hvorfor har vi utætte boreriger?

Kompleks geologi og hydrogeologi,  
på stor og lille skala



Dovns Klint, Langeland oktober 2020, PTy

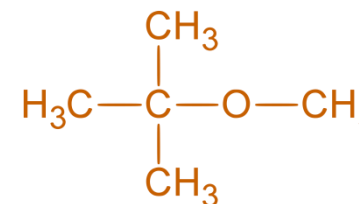
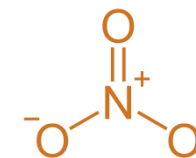


# Hvilke forureningskomponenter ser vi?

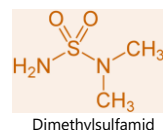
Potentielt falsk-positive fund i grundvand og drikkevand - Listen bliver længere og længere...

Oven i et generelt problem med miljøfremmede stoffer i grundvandet...

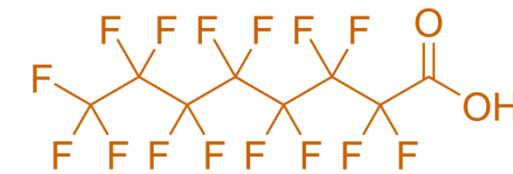
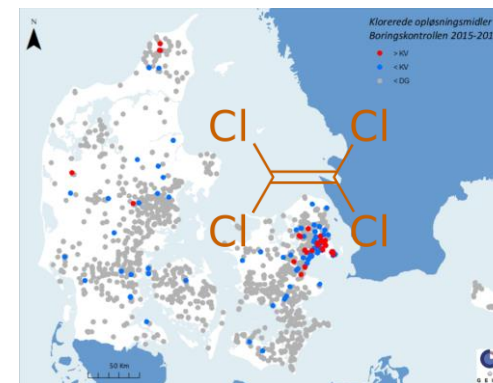
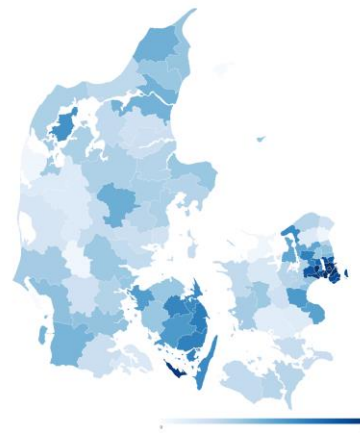
- Kim-tal
- Nitrat
- Pesticider og metabolitter – Først BAM, nu DPC (Desphenyl-chloridazon)
- Klorerede opløsningsmidler – PCE...cis-DCE...VC
- DNAPL - Fri fase klorerede opløsningsmidler
- Benzinadditivet MTBE
- Arsen (Bangladesh)
- Hvad bliver det næste ..... PFAS ?



Efterår 2021:  
"Det næste" blev PFAS og ikke mindst DMS



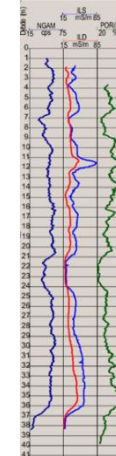
Se tallene: Så høj er andelen af giftrester i din kommune



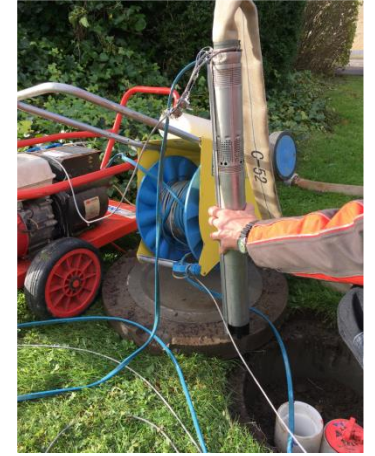


# Hvilke undersøgelsesmetoder bruger vi?

- **Volumenpumpning** – Koncentrationsændringer relateret til forpumpning
- **Packertest** – Afskæring af dele af filtersætning eller blænderør
- **Geofysisk logs** – Gamma, induktion, temp, pH. Vurdering af gruskastning og afpropning
- **TV-inspektion** – Simple visuel vurdering af bl.a. brud, tæring, udfældninger m.m.



Logs



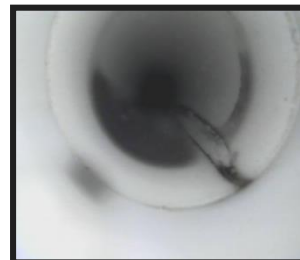
Volumenpumpning



Packer



DNAPL video fra Filip Nilsson, NIRAS Malmö



Udfældninger under gevindsamling



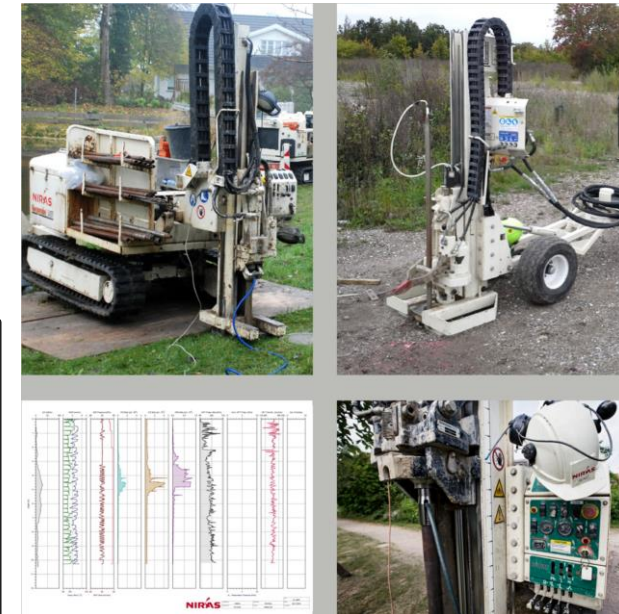
Knækket blindrør

# Hvilke undersøgelsesmetoder bruger vi?

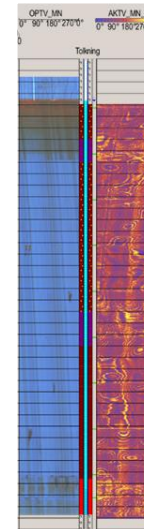
- **Tracerforsøg** med fluorescerende stoffer – Belysning af spredningsveje
- **Optisk televideo** – Detaljeret visuel dokumentation af overflader i boring
- **Akustisk televideo** – Hårdhed af afpropning og gruskastning, kontakt og centrering af blænderør
- **GeoProbe MIHPT og DualCore** – Forureningstilstand, permeabilitet og prøvetagning af afpropning og gruskastning



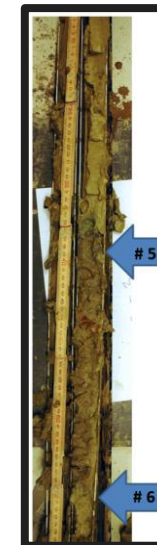
Tracer



GeoProbe



Televideo

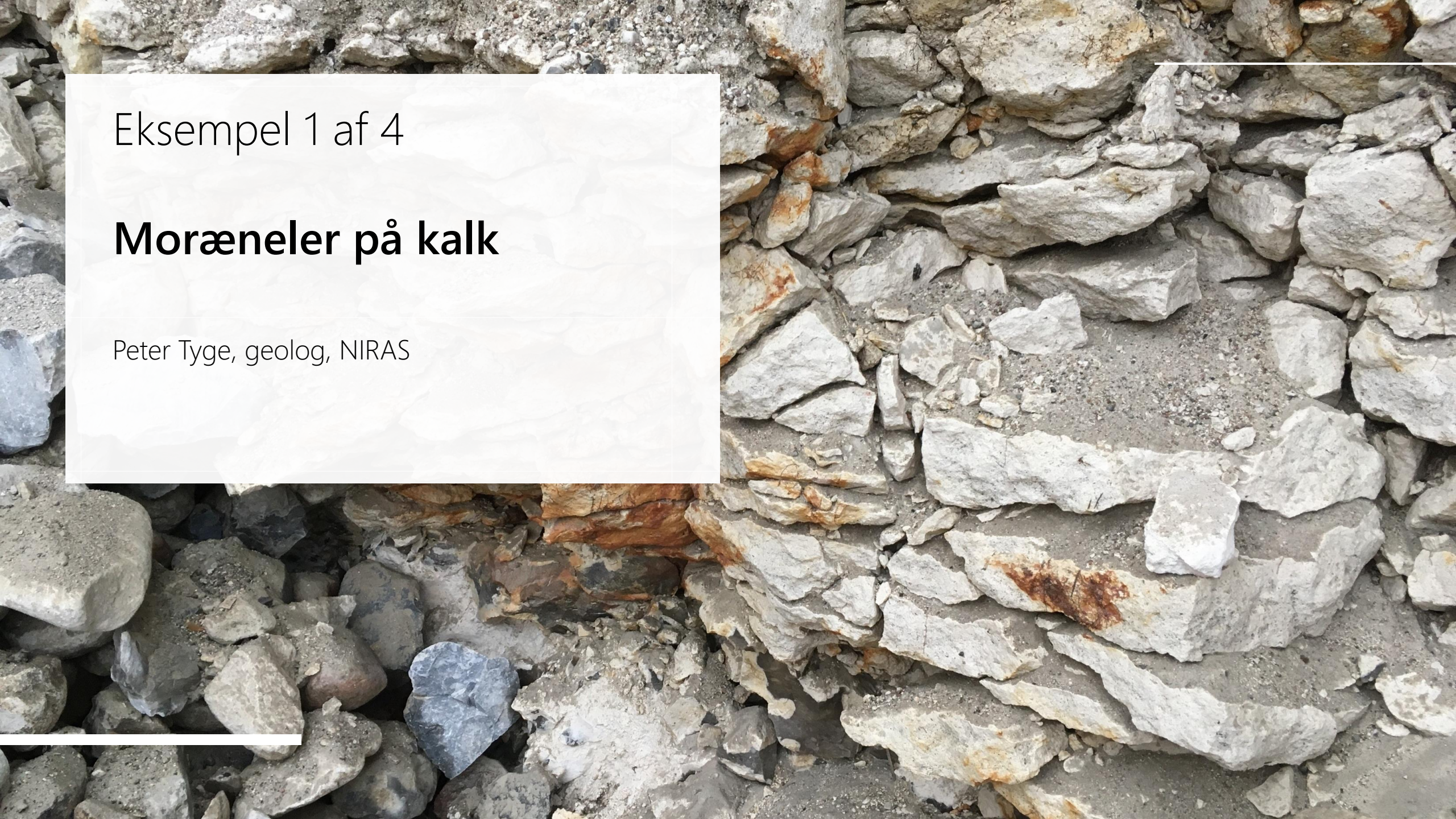


DualCore

Eksempel 1 af 4

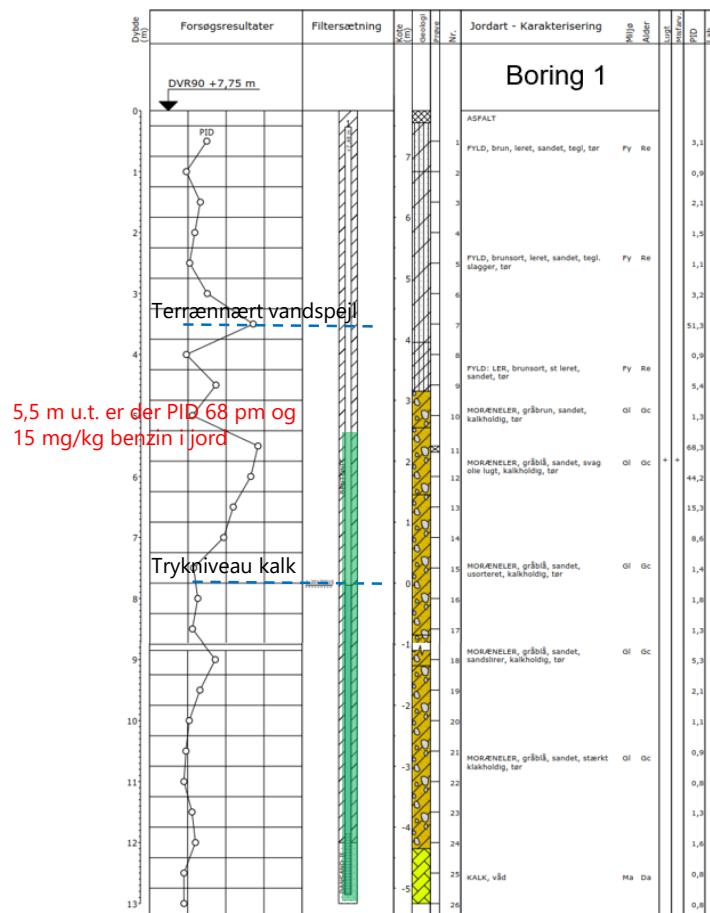
## Moræneler på kalk

Peter Tyge, geolog, NIRAS

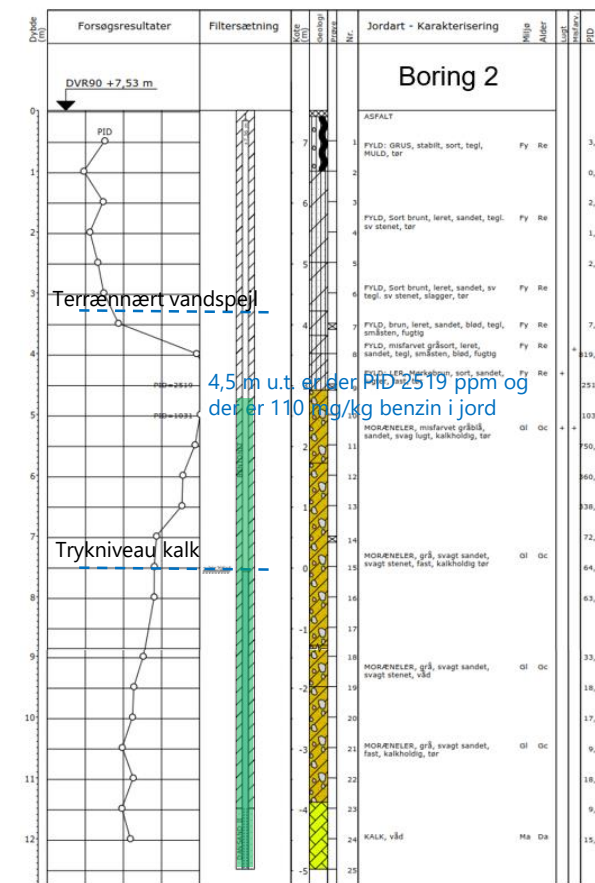
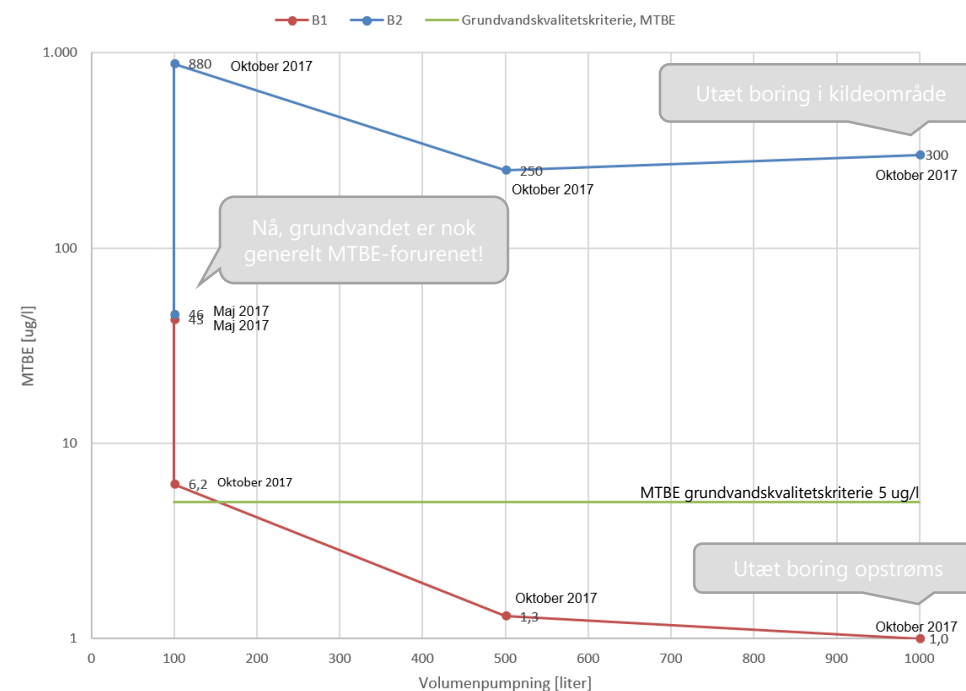


# Københavnsområdet – moræneler på kalk

Eksempel 1 – servicestation med benzinforurening ved grundvandsspejl 3-6 m u.t.



Plot af MTBE i første vandprøver fra boringerne i maj 2017 samt resultat af volumenpumpninger på op til 1.000 liter et halvt år efter



Boring 1 er ført ned gennem **svagt benzinforurenet** jord og er filtersat i kalk 12 m u.t.

Boring 2 er ført ned gennem **markant benzinforurenet** jord og er filtersat i kalk 11,5 m u.t.

Eksempel 2 af 4

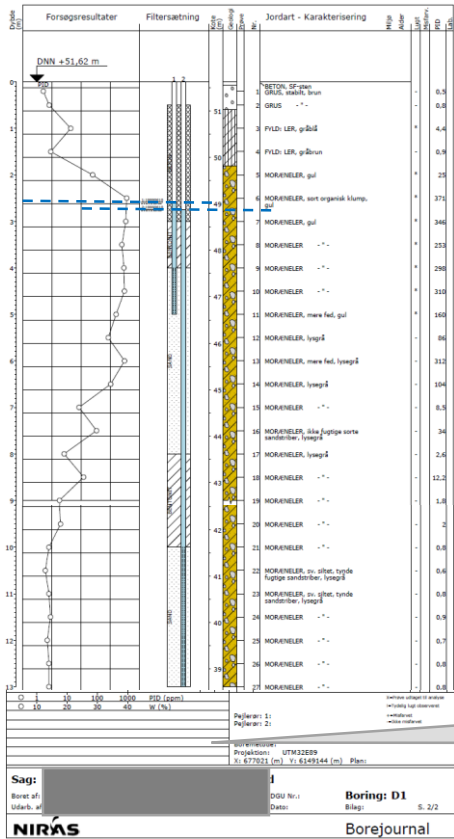
## Moræneler, stor mægtighed

Peter Tyge, geolog, NIRAS



# Midtsjælland – moræneler stor mægtighed

## Eksempel 2 – servicestation med benzinforurening 2-7 m u.t.



Fra den gang vi ikke rttede med analyserne ;)

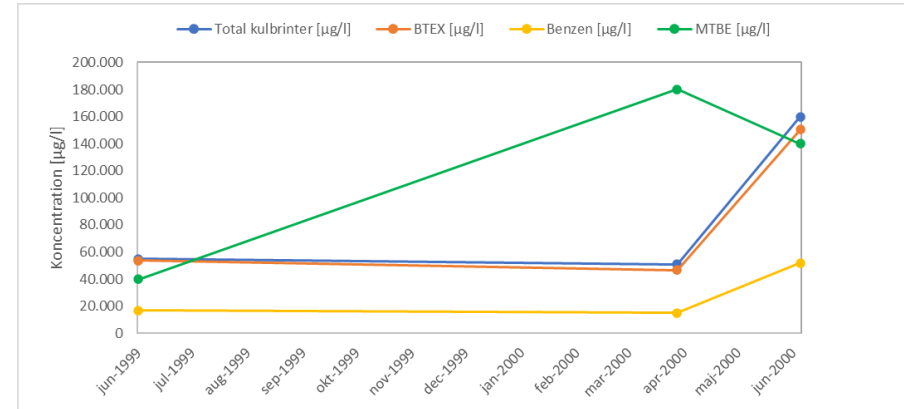
3,0 m u.t. er der PID på 346 og 75 mg/kg benzin i jord

Boremethode ikke oplyst ;)

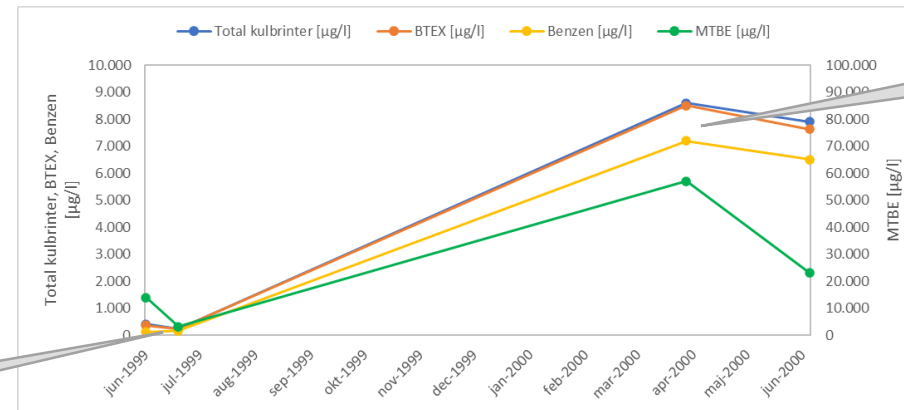
Boring udført i 1999 og sløjfet i 2000

Den skulle lige renpumpes så MTBE kom ned ;)

Indtag 2 (4-5 m u.t.) – Terrænnært sekundært grundvand



Indtag 1 (10-13 m u.t.) – Dybereliggende terrænnært grundvand



Puha, der er noget galt ;( Vi tager lige en vandprøve til !

Eksempel 3 af 4

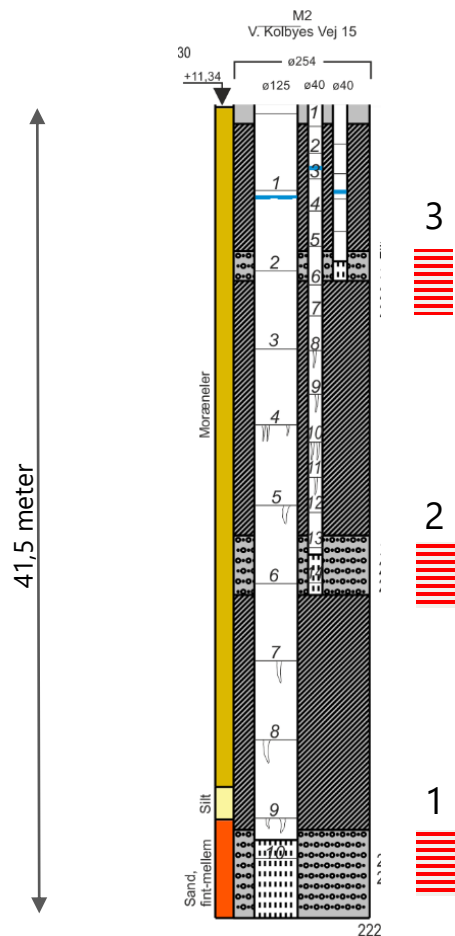
## Moræneler på sand

Peter Tyge, geology, NIRAS



# Lolland – moræneler på sand

## Eksempel 3 – metalvirksomhed og klorerede opløsningsmidler



### • Geologi & Forurening

35 meter moræneler på sand

Spændt magasin

Kraftig jordforurening med klorerede opløsningsmidler og fri fase spredt via kloaker

Jordforureningen klinger af 10 m u.t. i moræneleret

### • Boring fra 2012

10 tommer tørboring ført til primært magasin 40 m u.t.

Udbygget med 3 indtag (ø125mm, ø40mm & ø40 mm)

Er der gennemslag ? → Risikovurdering

### • Afpropning

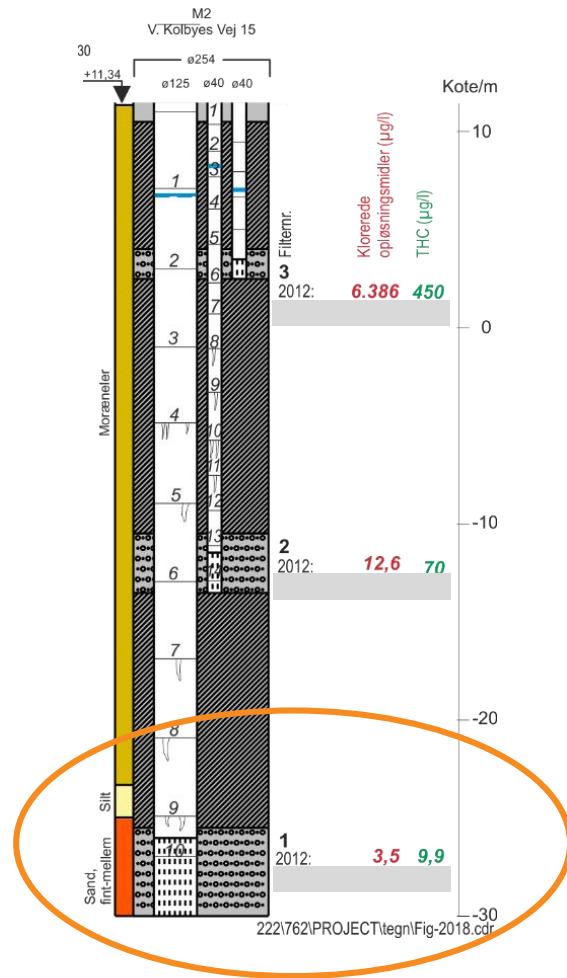
Bentonit-pellets i fulde stræk mellem gruskastninger

Fantastisk boring – Vi slår tre fluer med et smæk ;)



# Vandprøvetagning og volumenpumpning

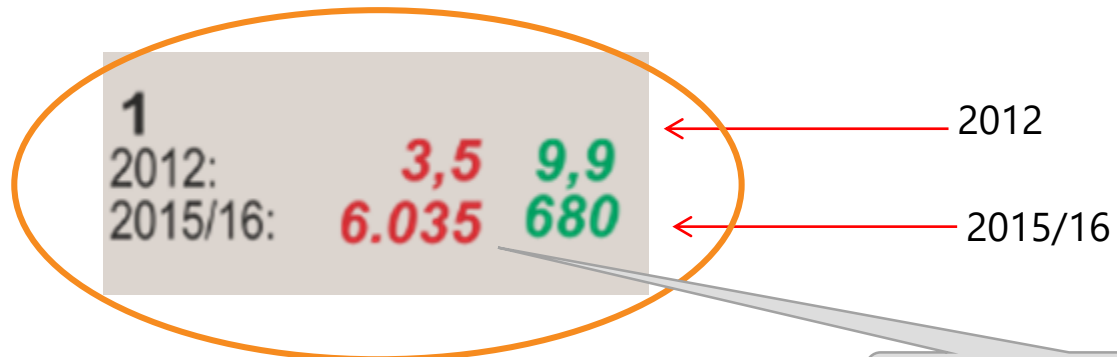
## Eksempel 3 – metalvirksomhed og klorerede opløsningsmidler



Monitering 2012: Kun spor af forurening i primært magasin 😊

Monitering 2015: Kraftig forurening i primært magasin 😞

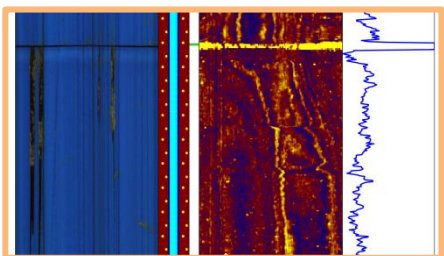
Volumenpumpning 2016: Kraftig forurening i primært magasin 😞



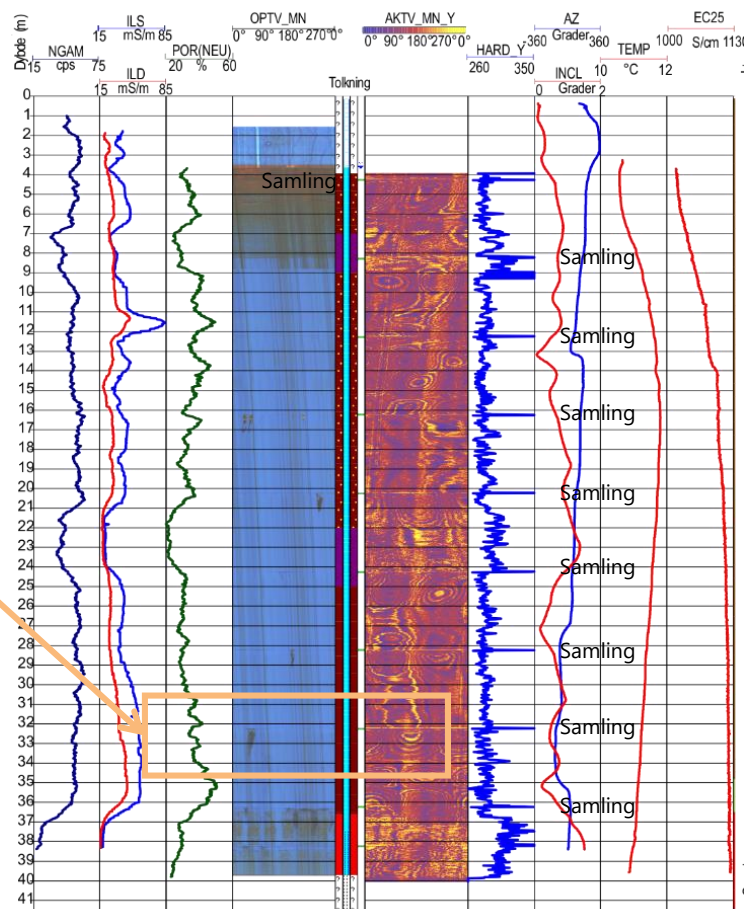
Øv, det var da en helt vild stigning på 3 år –  
Det kan da ikke passe ???

# Televiver og TV-inspektion

Eksempel 3 – metalvirksomhed og klorerede opløsningsmidler



Gardiner



Televiver logs

## Televiver og TV-inspektion

Televiver: Tegn på indsvivning og uregelmæssig afpropping

Videoinspektion: Tegn på utætte samlinger (**Gardiner**)

Videoinspektion: Fri fase klorerede siver gennem rørsamling og ind i blindrør til indtag 2

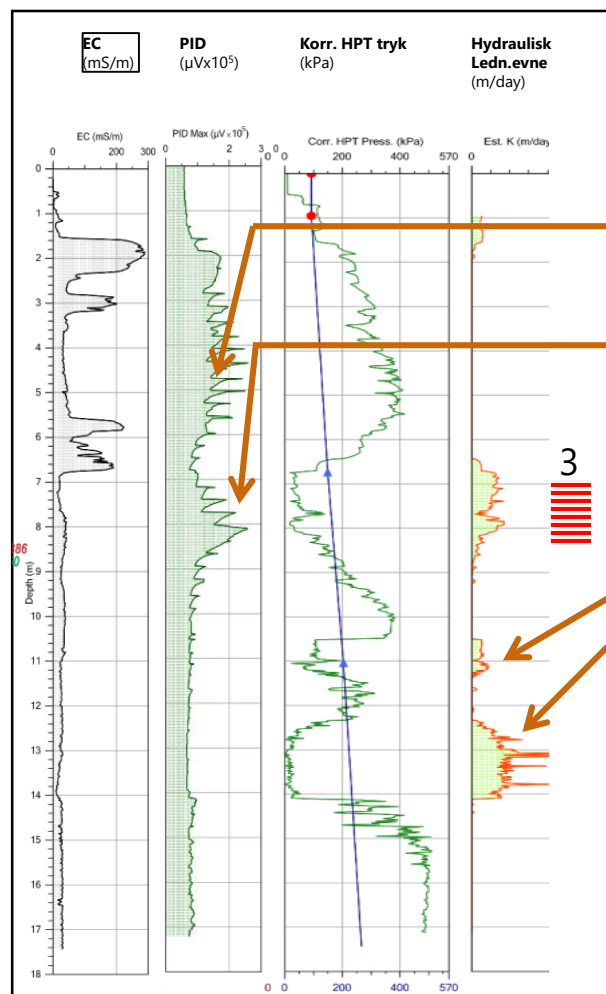


Lidt af en øjenåbner ;)

Video, TV-inspektion, indtag 2

# GeoProbesondering ned gennem øverste 17 m af en afpropning

## Eksempel 3 – metalvirksomhed og klorerede opløsningsmidler



Bentonit og fri fase klorerede er vist en dårlig cocktail

**Bentonitafpropning forurenset til 6 m u.t.**  
PID udslag ☹

**Gruskastning indtag 3 forurenset 7 til 9 m u.t.** ☹☹

Placering af Geoprobe-sondering ned gennem afpropning

**Permeable zoner i afpropning ved 11 og 13-14 m u.t.**  
HPT-sondering m. lavt modtryk og høj hydraulisk ledningsevne

Eksempel på kerneprøve 13-14 m u.t. - Kun lidt bentonit, blød og sandet

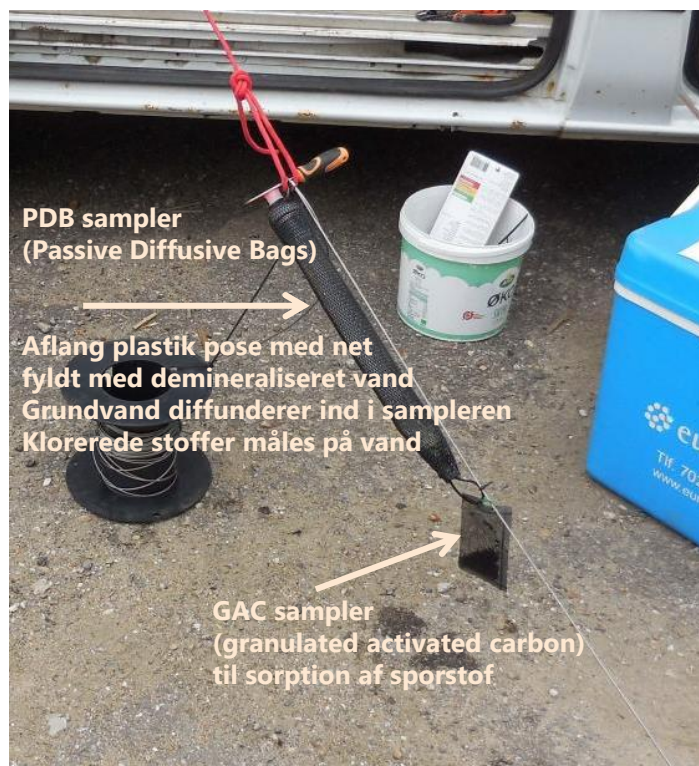


Kender vi den med overfladevand i boringsafslutningen, lige til overkant rør ;)



# Tracerforsøg med fluorescein

Eksempel 3 – metalvirksomhed og klorerede opløsningsmidler



- Installation af samplere på wire
- Samplere placeres ud for rørsamlinger
- Baggrundsmåling over 14 dg



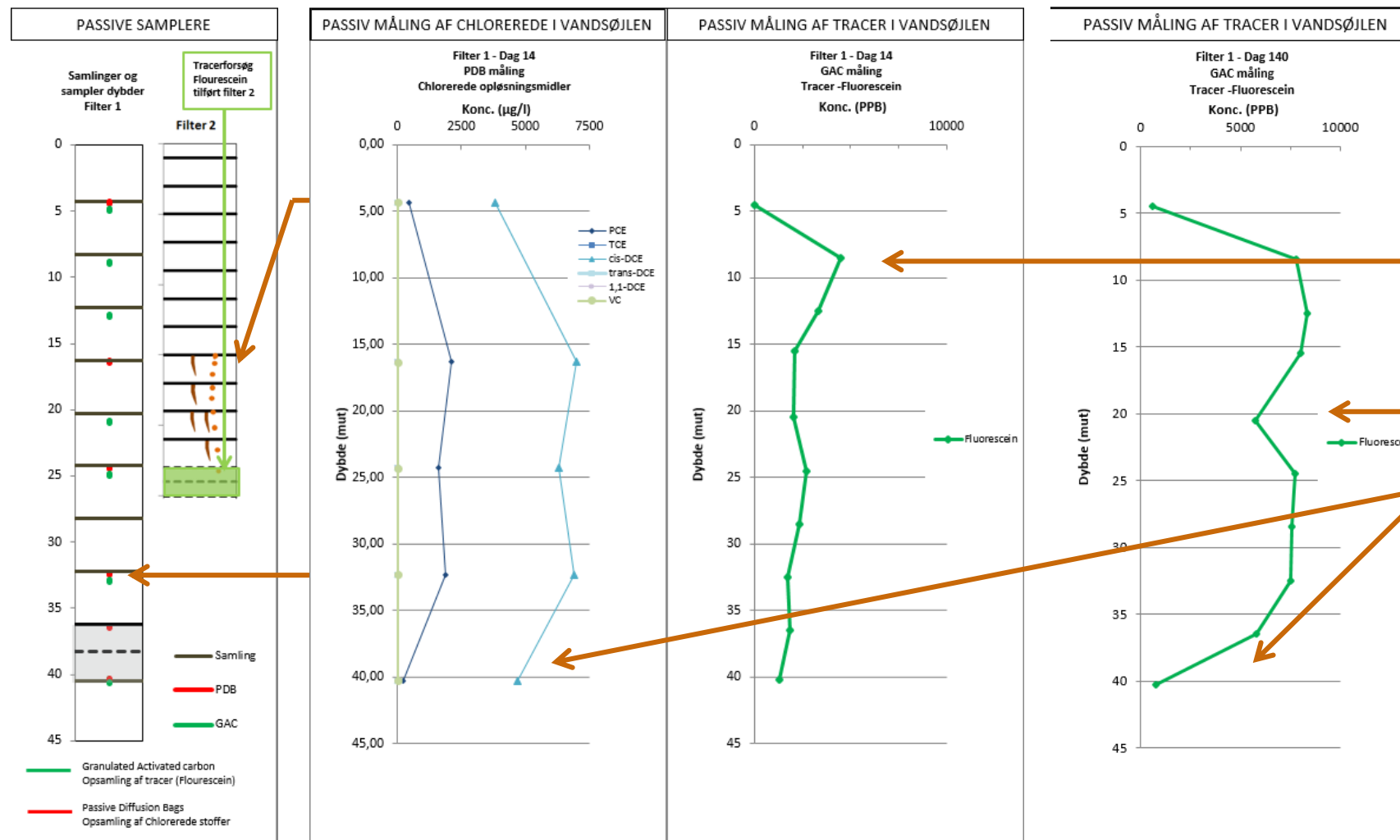
Efter baggrundsmåling:  
2 gram **tracer** blandes i 5 liter vand  
og tilføres indtag 2 via slange



Måling 14 dage efter tracer tilført.  
PDB Samplere tømtes for vand.  
Vandprøver sendes til analyse.

# Tracerforsøg med fluorescein

## Eksempel 3 – metalvirksomhed og klorerede opløsningsmidler



**Måling Dag 14**  
Tracer fra indtag 2 ses i indtag 1

Tracer siver ind i indtag 1  
mellem 5 og 10 mut

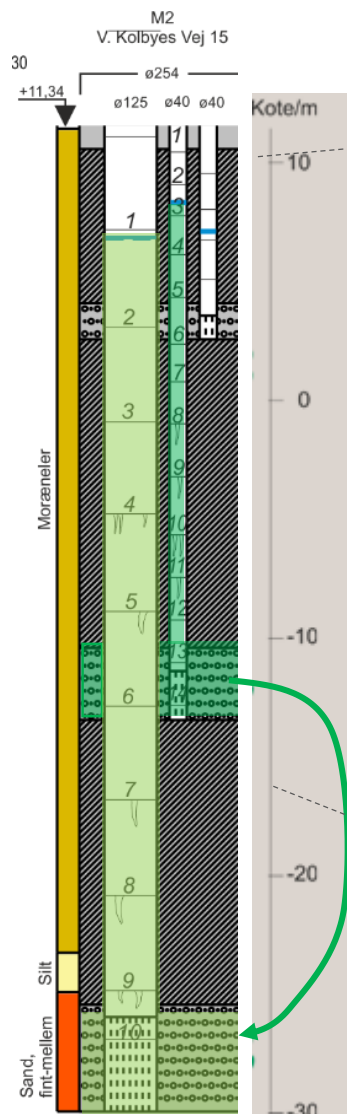
**Måling Dag 40**  
Bekræftelse af resultater fra dag 14

Tydelig fortynding af tracer +  
PCE & TCE i indtag 1

**Konklusion: Forureningen i det primære  
magasin er et falsk positivt resultat**

# Hvorfor var boringen utæt?

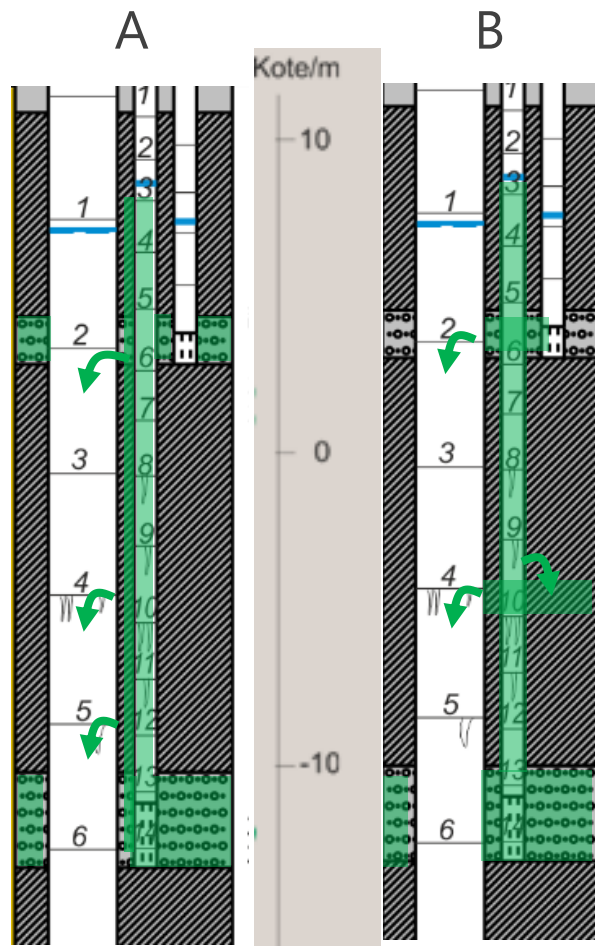
Eksempel 3 – metalvirksomhed og klorerede opløsningsmidler



Tracer tilført indtag 2

Tracer påvises i indtag 1 ☹

Hvordan finder tracer vej til indtag 1?



Mulige spredningsveje for tracer

A

Tracer spredes fra gruskastning ved indtag 2 til "skorsten" mellem blænderør og siver ind gennem utætte samlinger på blænderør 1

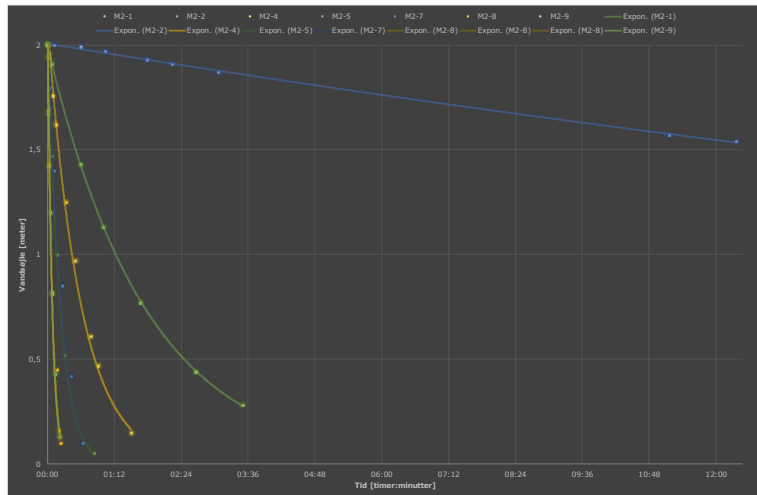
B

Tracer siver ud gennem utætte samlinger i blænderør 2 og spredes til gruskastning og/eller skorsten mellem blænderør og siver ind gennem utætte samlinger på blænderør 1

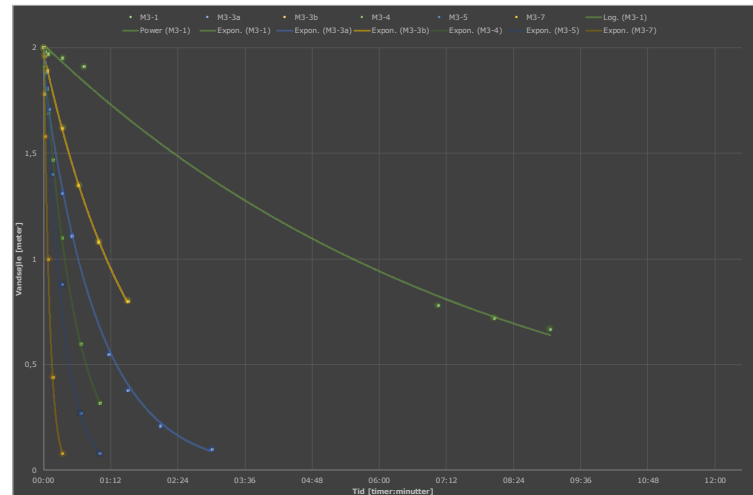
Afpropning er ikke tæt...  
Samlinger er ikke tætte...

# Tæthedstest af anvendte gevindsamlinger

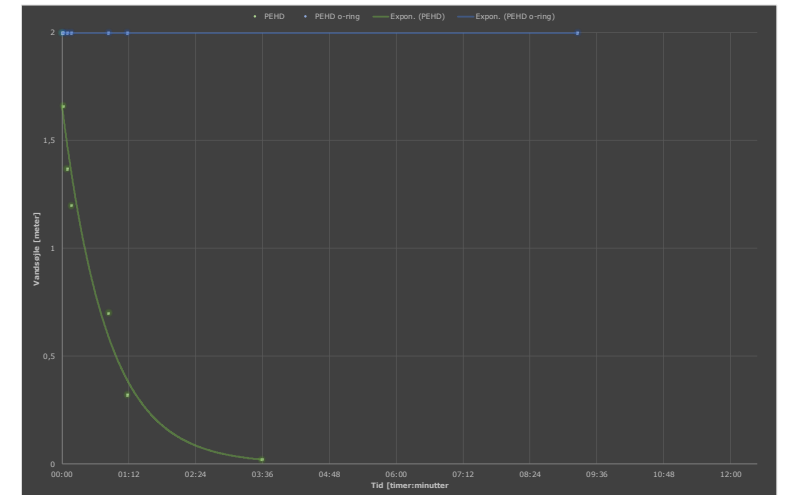
## Eksempel 3 – metalvirksomhed og klorerede opløsningsmidler



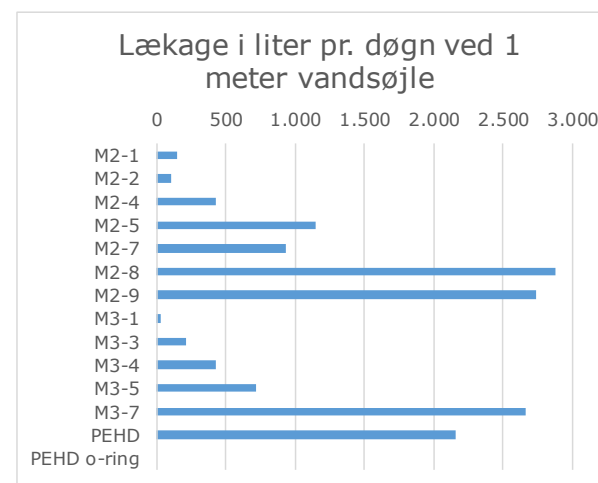
Boring M2 ø110mm PVC



Søsterboring M3 ø110mm PVC



ø110mm PEHD



Video, PTy, NIRAS

Eksempel 4 af 4

# Sand/ler på sand og kalk

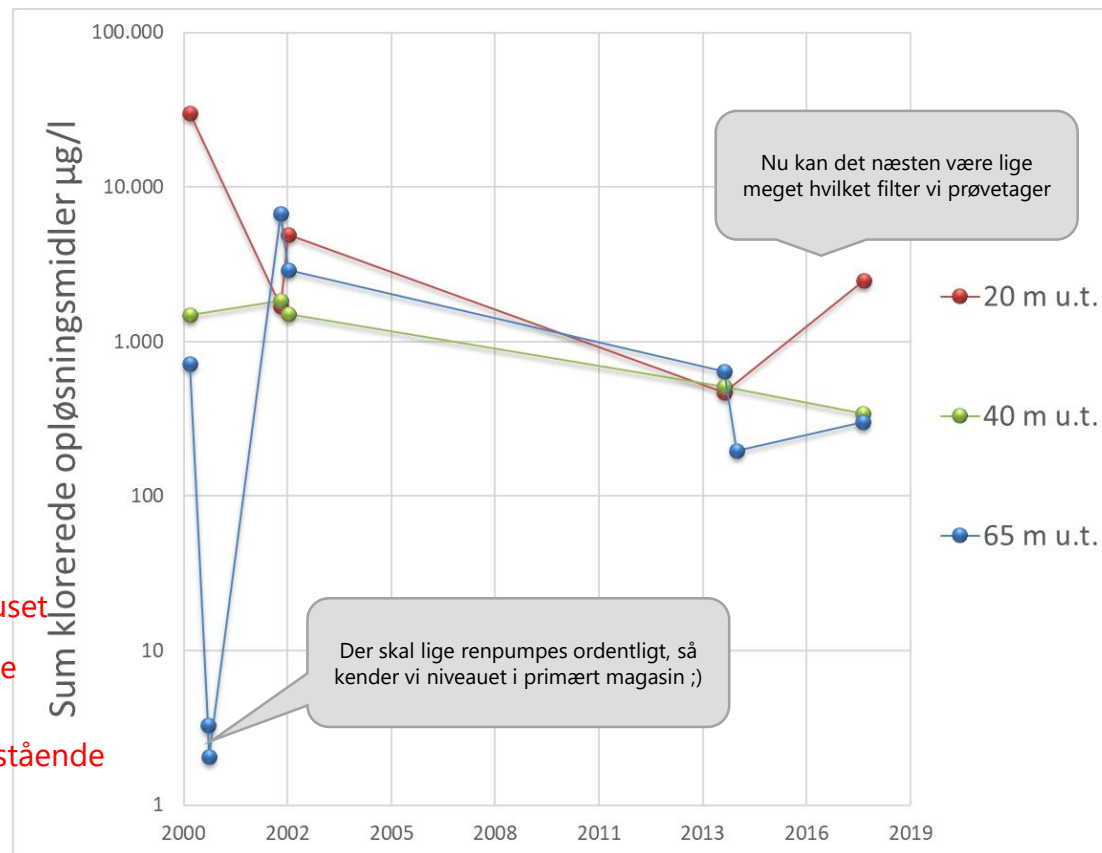
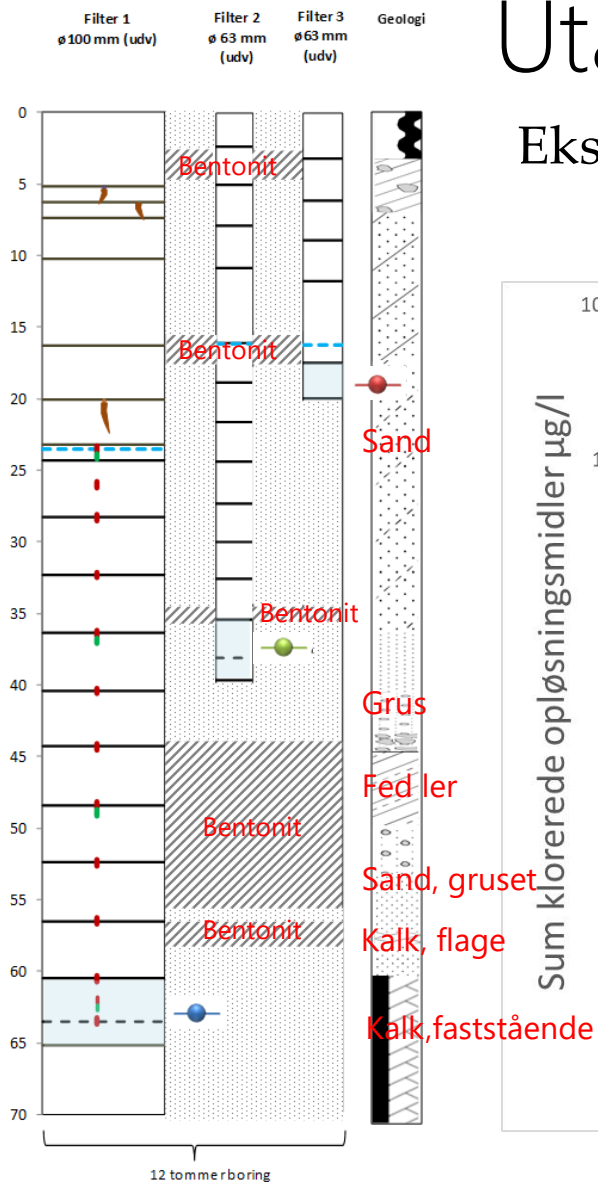
Peter Tyge, geolog, NIRAS





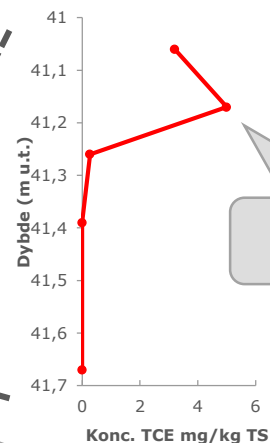
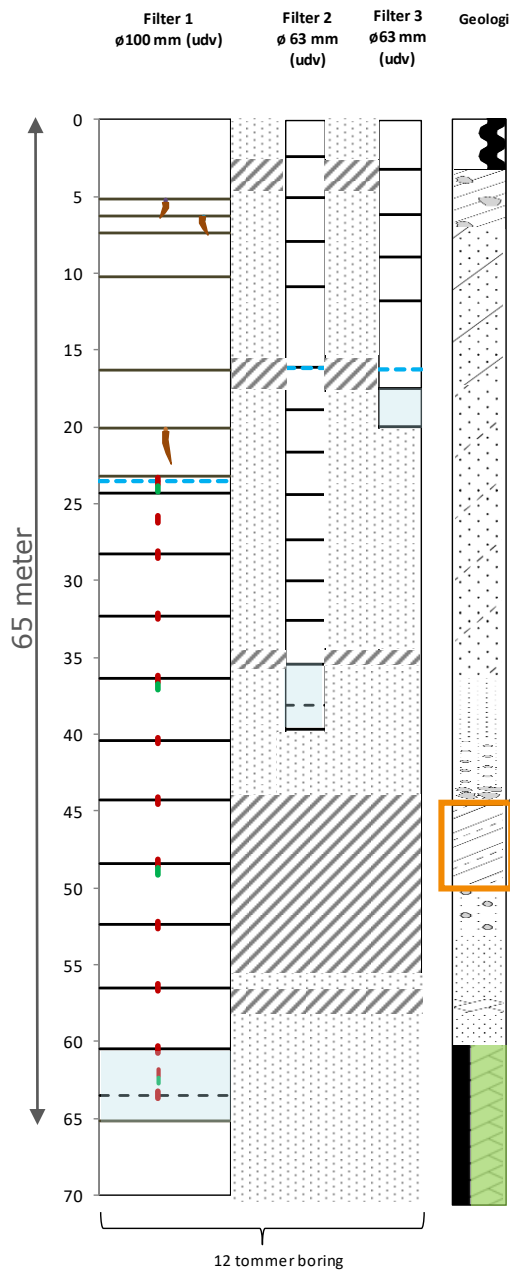
# Utætheder påvist med tracerforsøg

## Eksempel 4 – Nordsjælland – Sand/ler på sand og kalk



# Utætheder påvist med tracerforsøg

## Eksempel 4 – Nordsjælland – Sand/ler på sand og kalk



- Geologi & Forurening

45 meter sand/grus og moræneler på sand/kalk  
 Spændt magasin og nedadrettet gradient på 7 meter  
 Forurening med klorerede opløsningsmidler

- Boring

“Gammel boring” fra 2000 inddraget i ny undersøgelse ifm. monitoring

12 tommer rotationsboring ført til topkalk 65 m u.t.  
 Udbygget med 3 indtag (ø100mm, ø63mm & ø63mm)

- Afpropning

Formentlig “bentonit-pellets” men kun på korte strækninger, der til dels afspejler omgivende formation

Højfinne (diffusion, tilbagediffusion)

Smeltevandsler

- Filter
- Vandspejl
- Blindrørs-samling
- Filterrørs-samling
- "Gardiner" / tegn på indsvivning observeret ved
- Bentonit
- Filtersand
- 6 m Lerlag

# Utætheder påvist med tracerforsøg

## Eksempel 4 – Nordsjælland – Sand/ler på sand og kalk

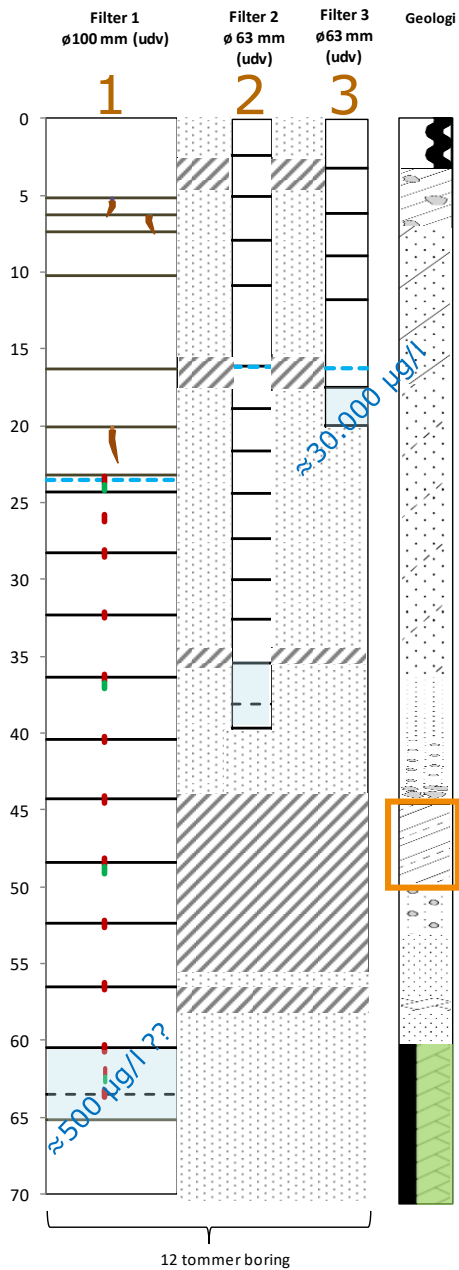
- Er boringen utæt?

Permeabilitetskoefficienter i lerlag på  $2,8E-11$  m/s og  $4,4E-10$  m/s

Vertikale strømningshastigheder i lerlag: Henholdsvis 10 og 171 cm på 50 år!

Skyldes forureningen i indtag 1 (kalken) utætheder i boringskonstruktionen ?

TV-inspektion viser gardiner ved rørsamlinger, der indikerer indsivning i indtag 1's blændrør



VP 16-06-14

290
6,4
0,33
466,9
7

VP 16-06-14

320
5,9
0,34
506,4
8

VP 16-06-14

360
13
0,33
633,51

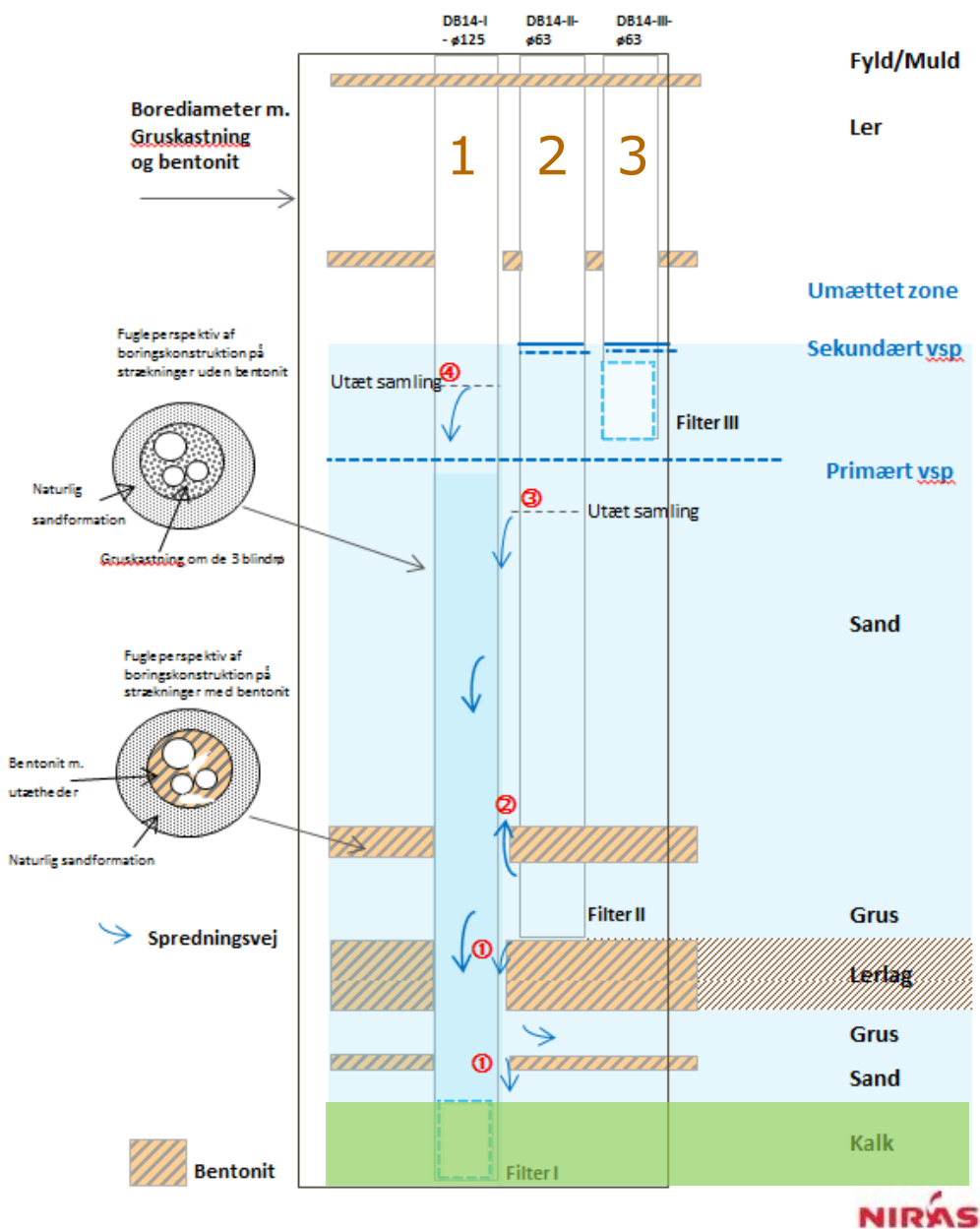
VP = Vandprøve fra filter (µg/L)

PCE  
TCE  
cis-DCE  
VC

- Filter
- Vandspejl
- Blindrørs-samling
- Filterrørs-samling
- "Gardiner" / tegn på indsivning observeret ved
- Bentonit
- Filtersand
- 6 m Lerlag

# Utætheder påvist med tracerforsøg

Eksempel 4 – Nordsjælland – Sand/ler på sand og kalk

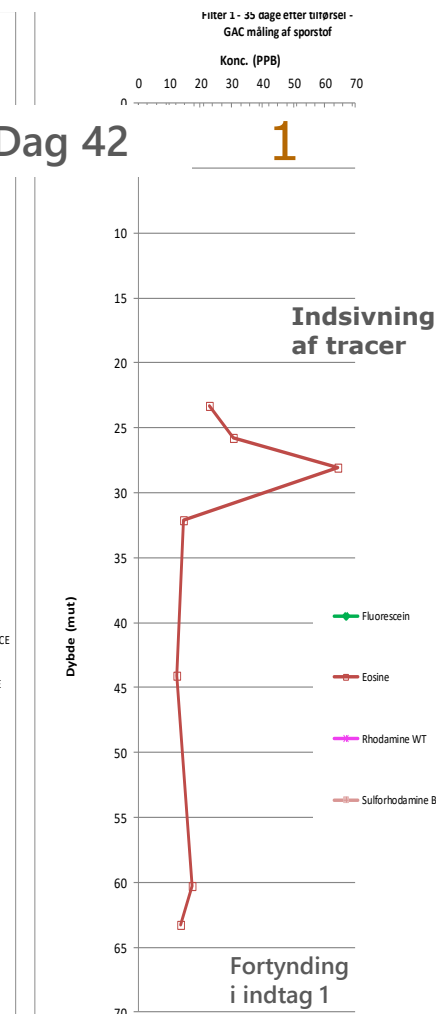
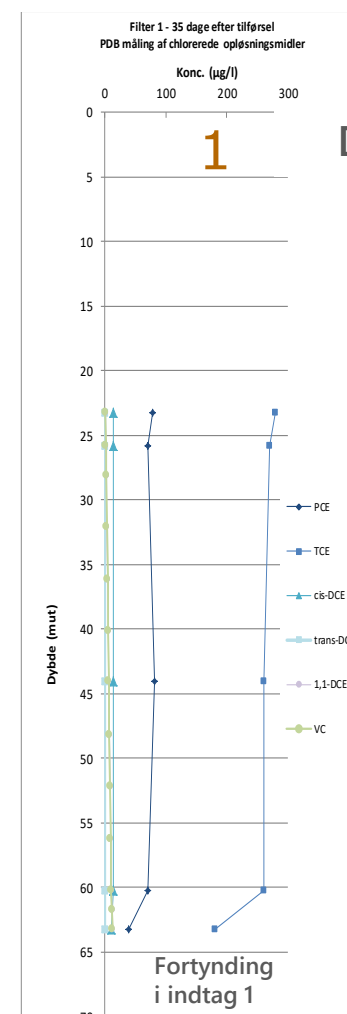
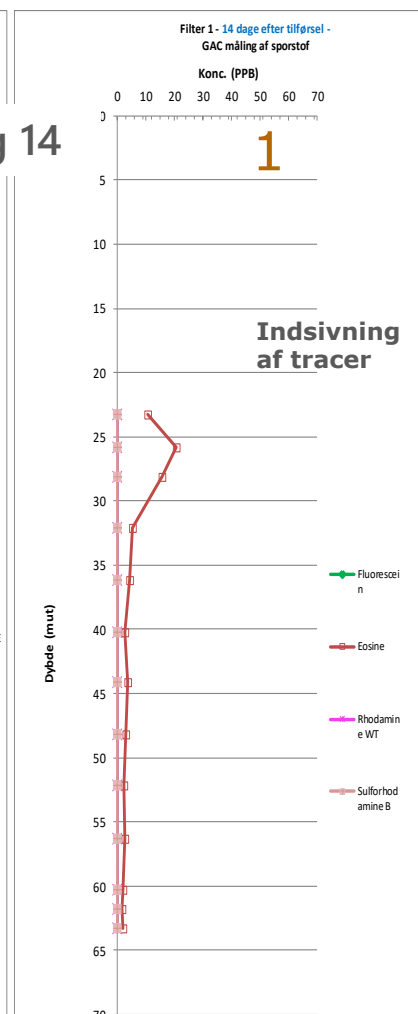
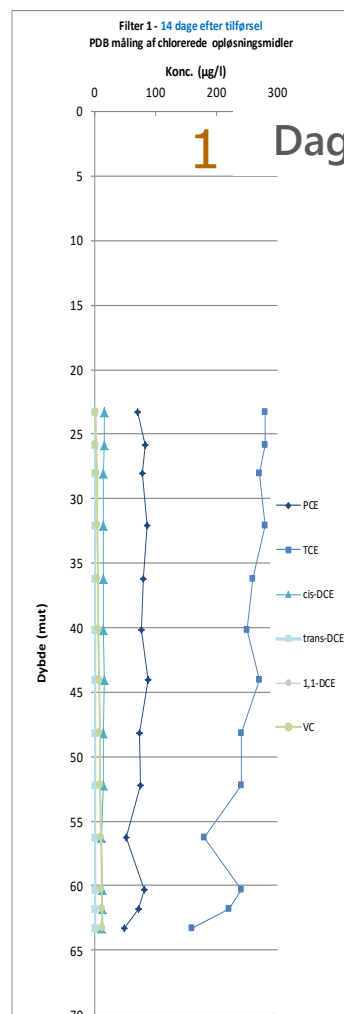
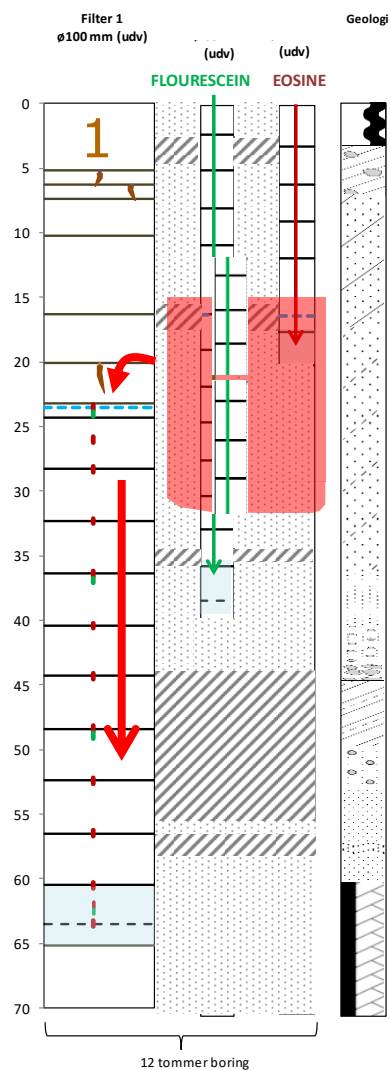


Konceptuel model

- ①: Spredningsvej gennem utætheder i afpropning
- ②: Spredningsvej til vand i gruskastning gennem utæthed i afpropning over filter II
- ③: Spredningsvej til vand i gruskastning ud gennem utæt samling i blindrør hørende til filter II
- ④: Spredningsvej fra vand i gruskastning ind gennem utæt samling i blindrør hørende til filter I

# Utætheder påvist med tracerforsøg

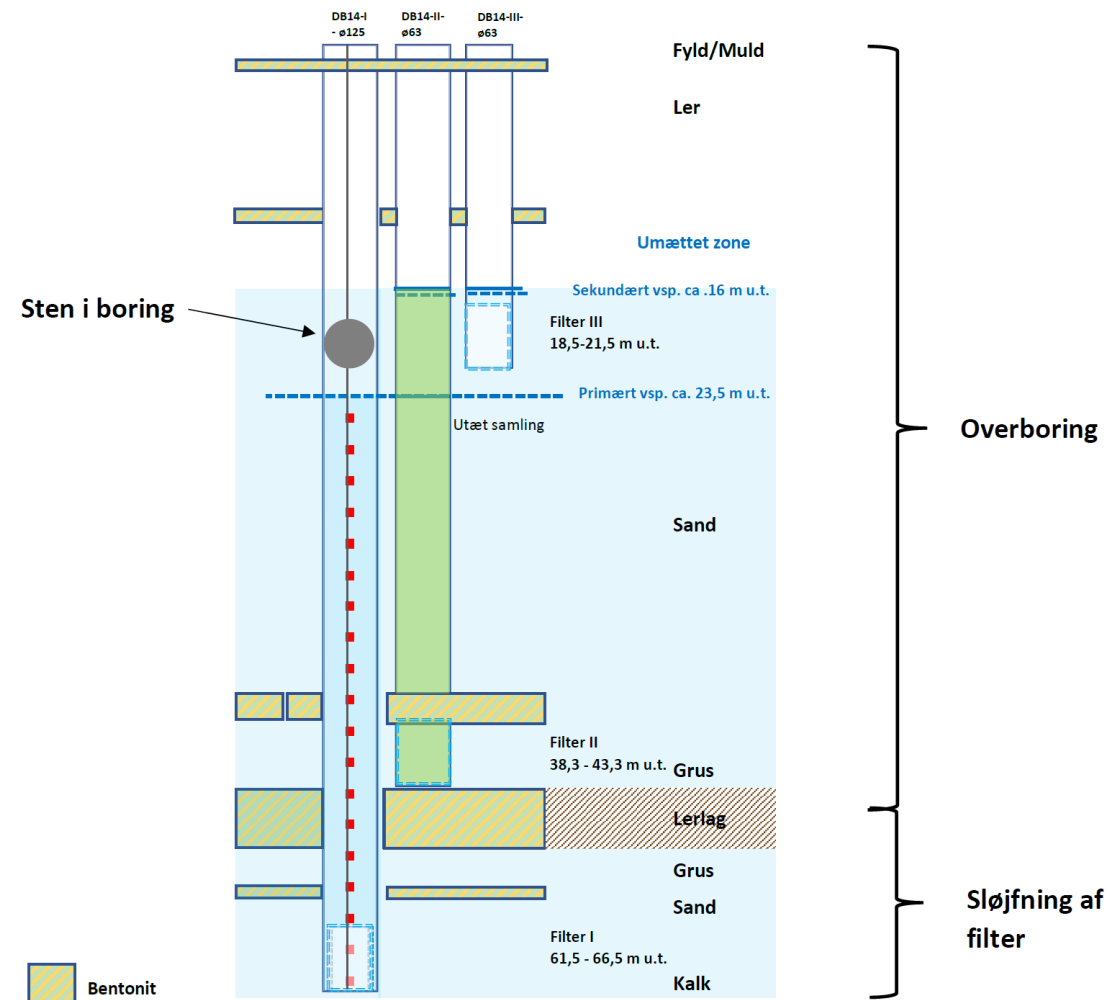
## Eksempel 4 – Nordsjælland – Sand/ler på sand og kalk




Tracer fra indtag 3 ses i indtag 1 – Forureningen i kalken er et falsk positiv ☹️

# Utætheder påvist med tracerforsøg

Eksempel 4 – Nordsjælland – Sand/ler på sand og kalk





Opsamling

## Utætte boringer

- Et problem vi skal gøre noget ved

Peter Tyge, geolog, NIRAS

# Hvordan påviser vi utætheder, og hvad har vi set indtil nu?

Husk at:

- Indsivning gennem utætte rørsamlinger af både opløst forurening og af fri fase ●
- Trykgradient - Fluxen gennem én utæt boring kan være i størrelsesordenen 10 g/år
- Utætte samlinger afsløres ikke nødvendigvis af videoinspektion
- Bentonitpellets indbygget i "tør" moræneler er ingen garanti



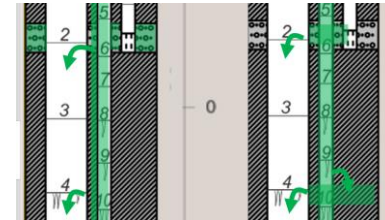
Den holder ikke, og det vil Jens Baumann fortælle om senere i dag ☺



# Hvordan påviser vi utætheder, og hvad har vi set indtil nu?

Husk også at:

- Fluorescerende stoffer kan afsløre utætte boringskonstruktioner
- En lille o-ring i en gevindsamling gør en stor forskel
- Det er altid mere risikabelt at lave multiple filtersætninger.
- Grundig risikoanalyse og ansvarsvurdering, før der bores gennem forureninger med mobile forureningskomponenter og filtersættes i værdifuldt grundvand.



Måske en kæmpe forskel ;)



Det er der vist ikke længere tvivl om !!!



God rådgivning af myndigheder i samarbejde med entreprenør og med hjælp fra Best Practice ;)

---

En særlig tak, også denne gang, til

**Susanne R. Pedersen,  
Region Sjælland**

Peter Tyge, geolog, NIRAS