

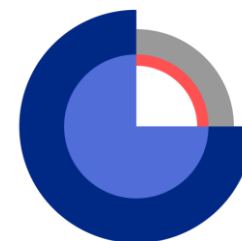
Læring og resultater fra to geotermiske forskningsprojekter **GEOHERM og PERFORM**

5. årlige geotermikonference – 24. februar 2021

Statsgeolog Claus Kjøller, Afdeling for Geokemi, GEUS

på vegne af

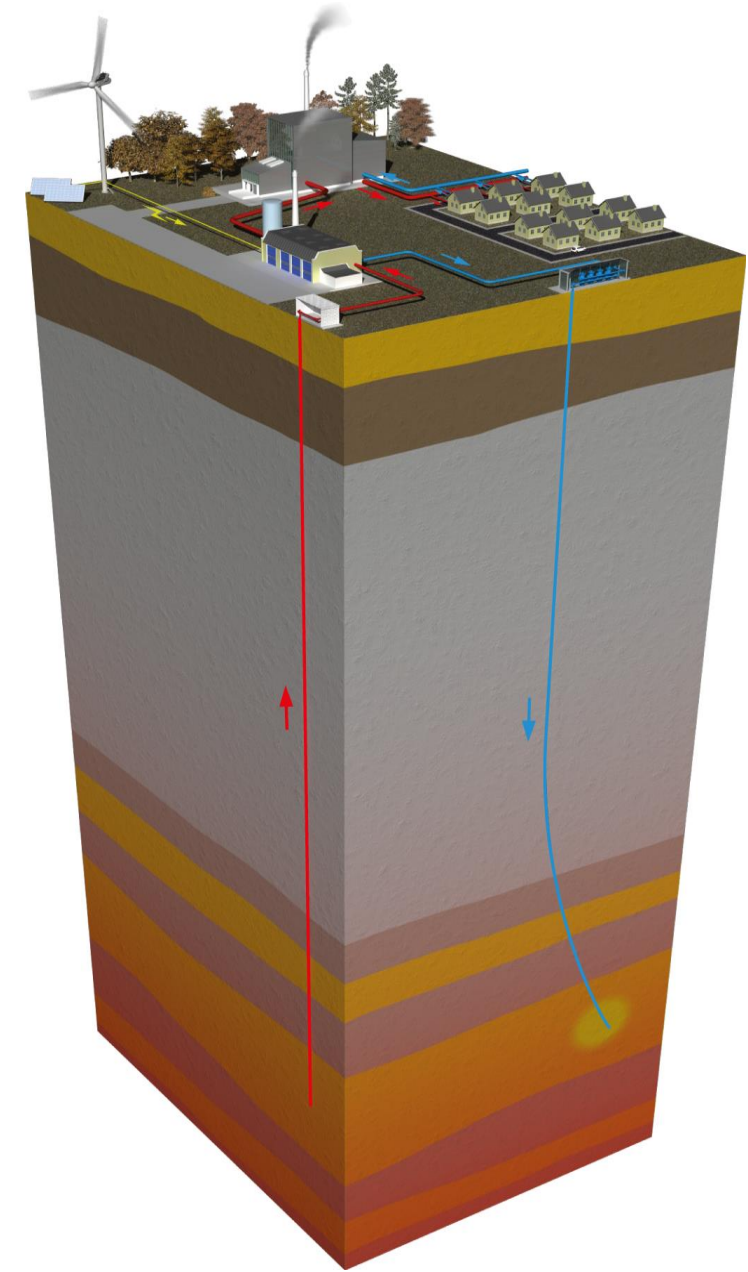
GEUS' geotermi-forskningsgruppe



G E U S

”Take home”

- Ressourcen er stor og vidt udbredt
- Jo mere vi investerer i at lære og forstå – desto klogere bliver vi på de tekniske risici i geotermi og særligt på at minimere disse
- Ingen deciderede tekniske showstopper – så længe der foretages grundige tekniske forundersøgelser og velovervejede beslutninger vedrørende fx materialevalg

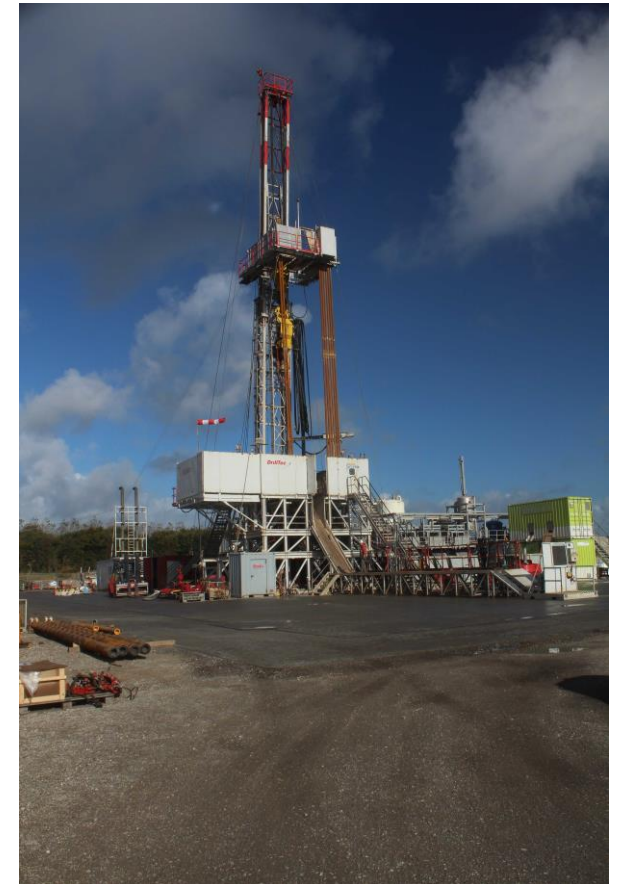


Hvorfor er GEOTHERM og PERFORM interessante ?

Der er de senere år gennemført en række initiativer til fremme af geotermi:

- Strategiske Forskningsråd
 - EUDP
 - Innovationsfonden
- } Forskning og udvikling
- Drejebog
 - Risikoanalyse
 - Screeningsanalyse af 27 byområder
 - WebGIS geotermisk portal
 - Garantiordning
- } Energiforliget 2012

som har klargjort, hvor ressourcen findes – og hvor den ikke findes!
– samt belyst tekniske risici og løsningsmuligheder



Hvorfor er GEOTHERM og PERFORM interessante ?

Der er de senere år gennemført en række initiativer til fremme af geotermi:

- Strategiske Forskningsråd
- EUDP
- Innovationsfonden

Forskning og udvikling

- Drejebog
- Risikoanalyse
- Screeningsanalyse af 27 byområder
- WebGIS geotermisk portal
- Garantiordning

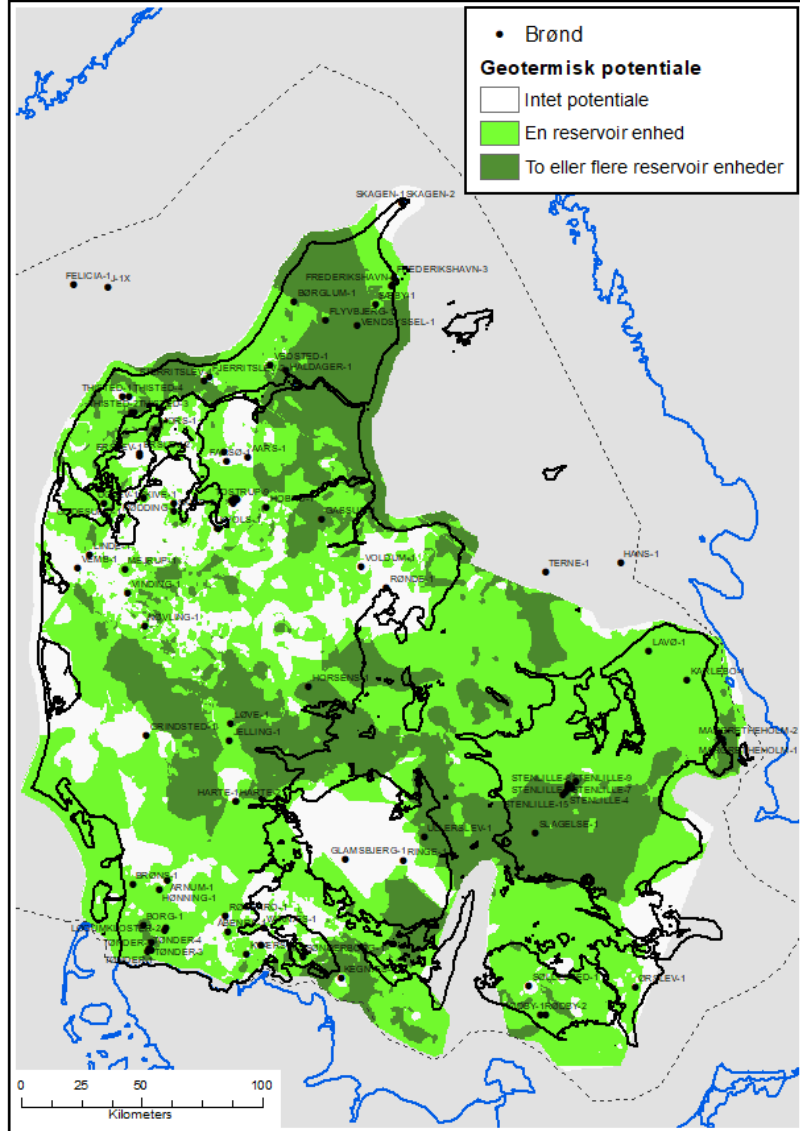
Energiforliget 2012

som har klargjort, hvor ressourcen findes – og hvor den ikke findes!
– samt belyst risici og løsningsmuligheder

GEOTHERM og PERFORM



Hvor stor er ressourcen og hvor finder vi den ?



Det geotermiske potentialekort viser GEUS' vurdering af hvor undergrunden indeholder geotermiske reservoirer i **dybdeintervallet 800—3000m** med gode reservoireregenskaber.

Et konservativt estimat viser, at den "tekniske" varmeressource i undergrunden på land i dette dybdeinterval er i **samme størrelsesorden** som den energimængde, Danmark forventer at producere fra olien i Nordsøen.

- I de **lysegrønne områder** forventes et geotermisk reservoir at være til stede.
- I de **mørkegrønne områder** er der sandsynligvis to eller flere geotermiske reservoirer tilstede
- I de **hvide områder** er vurderingen, at der ikke findes egnede geotermiske reservoirer *eller* at data er for få og dårlige til, at det geotermiske potentiale kan kortlægges

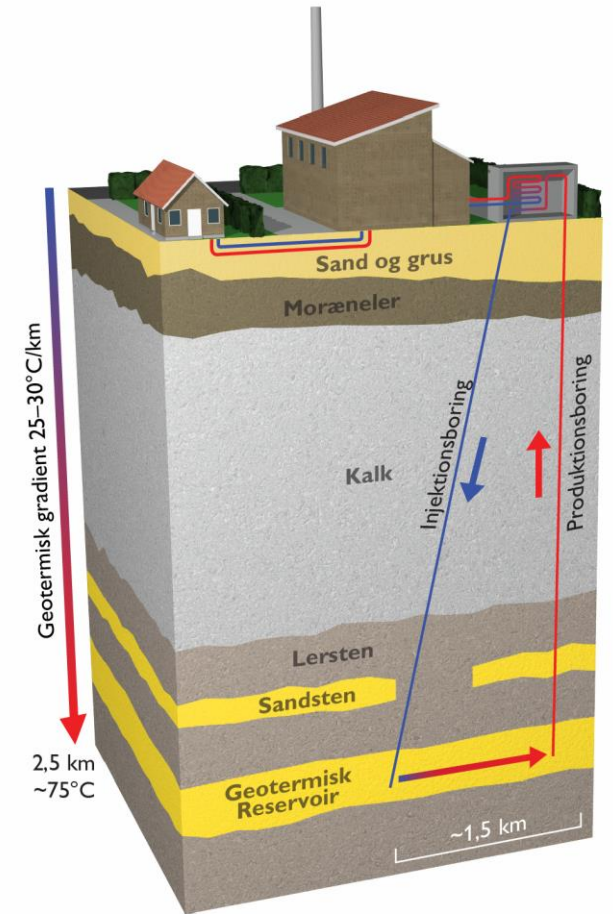
Gode reservoirer er defineret ud fra følgende betingelser:

- Reservoir sandstenen indeholder mindre end 30% ler, har mere end 15% porøsitet og er mindst 15 m tyk
- Og har en transmissivitet på mere end 10 Dm

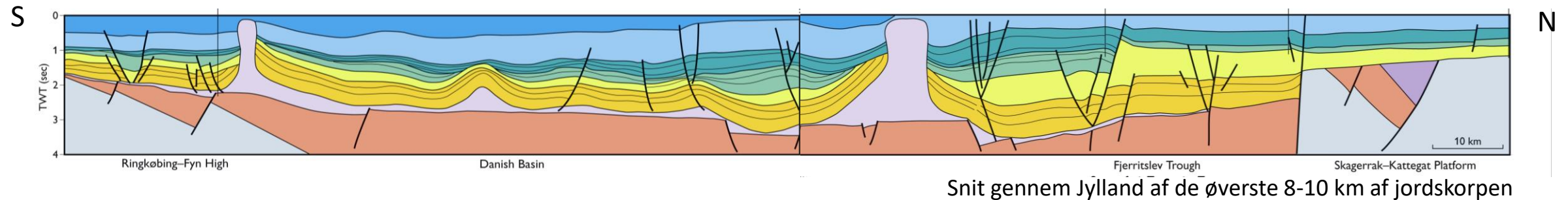
Vurderingen er foretaget i 2015 – trænger til en opdatering.

Hvad er de typiske udfordringer ?

- Udfordringer i "efterforskningsfasen"
- Udfordringer i "driftsfasen" – men som for visse kan minimeres ved velovervejet vidensopbygning i efterforskningsfasen og grundig planlægning



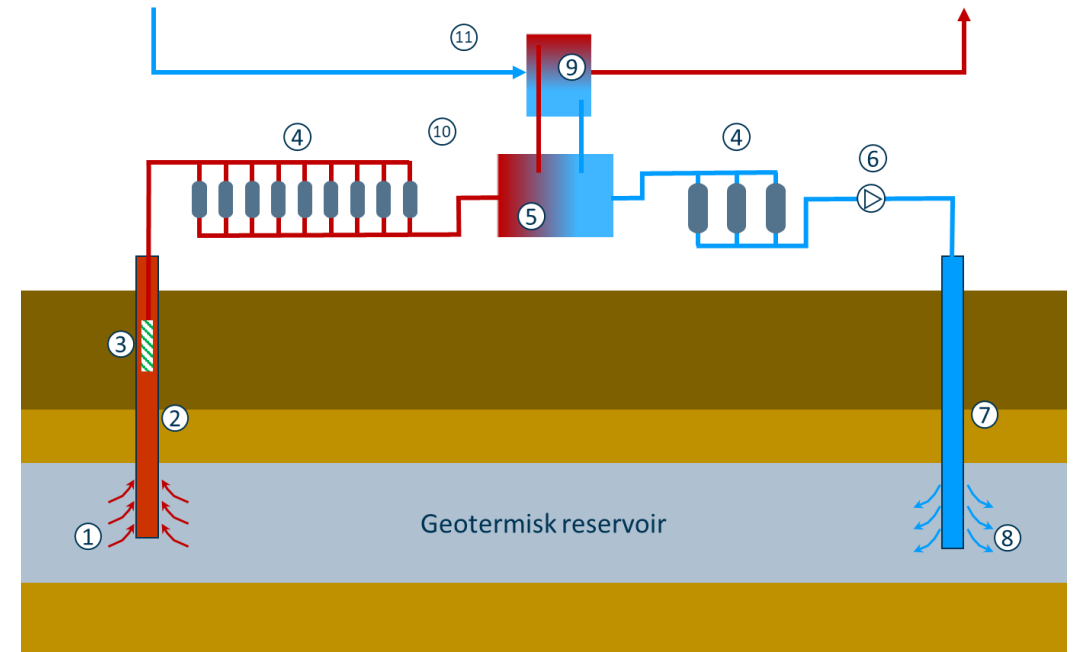
Efterforskningsfasen



- For at finde de bedste steder at bore – og undgå de mest usikre – skal der foretages grundige analyser af undergrunden.
- Det lokale potentiale bør vurderes ud fra de nærmeste dybe borer og eksisterende data (typisk seismiske data og viden om mineralogi og vandkemi).
- Tekniske risici skal analyseres og vurderes – og om muligt reduceres inden større investeringer foretages.
- Det kan i nogle områder fx være indsamling af nye seismiske data, som kan styrke den geologiske model og prognose før der investeres i en boring - i andre områder kan vurderingen være, at der indledes med en testboring fx til indsamling af viden om mineralogi/vandsammensætning eller reservoirets ydeevne.
- Korrekt og optimal udførelse af borer kræver omfattende teknisk ekspertise og planlægning.
- Omhyggelig organisering af det geotermiske projekt fra start til slut er helt afgørende for succes.

Driftsfasen

- Tilstopning med partikler – boringsnært eller i reservoir
- Udfældning af mineraler ("scaling")
- Korrosion



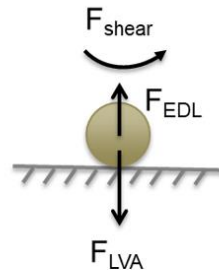
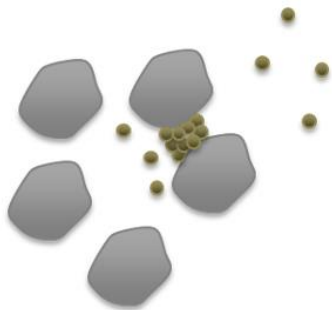
Tilstopning med partikler

Udfordring:

- Tilstopning af porerum i reservoiret
- Tilstopning af perforationer eller filtersætning
- Kan skyldes partikler løsrevet fra reservoiret eller dannet i anlægget (scaling eller korrosion)

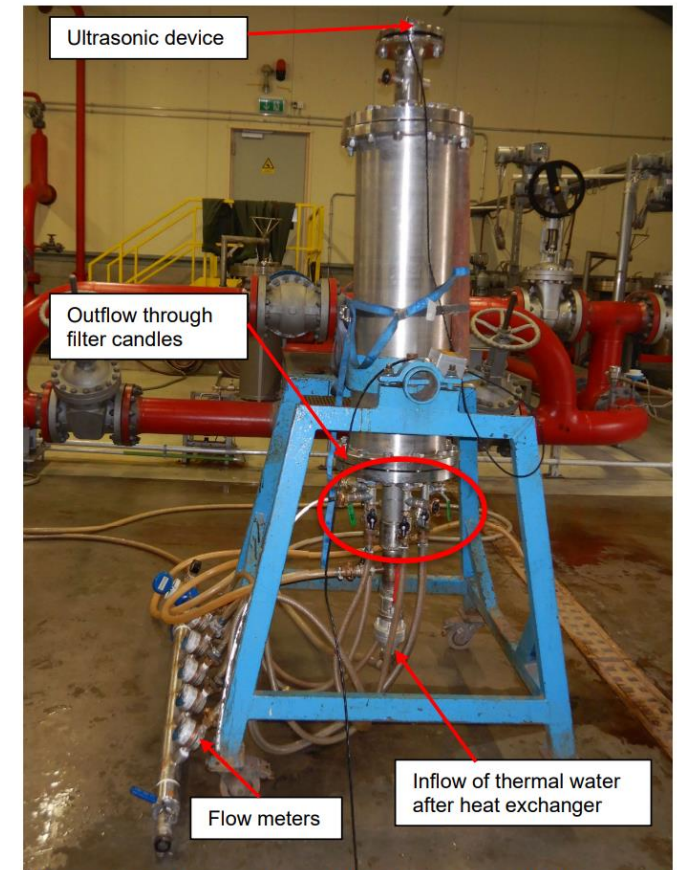
Løsninger:

- Filtrering – nyt type selvrensende filter udviklet i PERFORM - HydroGeoFilt
- Undgå scaling eller korrosion



$$F_{\text{shear}} + F_{\text{EDL}} > F_{\text{LVA}}: \text{Fines release}$$

HydroGeoFilt



Udfældning af mineraler

Udfordring:

- Udfældning af karbonatmineraler – typisk CaCO_3
- Udfældning af halit - NaCl
- Udfældning af baryt – BaSO_4
- Udfældning af anhydrit – CaSO_4

Løsninger:

- Opretholdelse af tilstrækkeligt tryk i anlægget
- Undgå formationsvand, der er NaCl mættet
- Anvendelse af kationfiltre – under udvikling i PERFORM
- Anvendelse af inhibitorer

Forudsætninger for valg af den bedste løsning:

- Inddragelse af kemisk ekspertise i efterforsknings- og designfasen – herunder anvendelse af modelberegninger og evt. laboratorietests

CO_2 ○
 CaCO_3 🟡
Water 🔵



CO_2 degassing
causing CaCO_3
growth



Regensburg (2013)

Korrosion

Udfordring:

- Korrosion ødelægger installationer
- Korrosionsprodukter kan forårsage tilstopning

Løsninger:

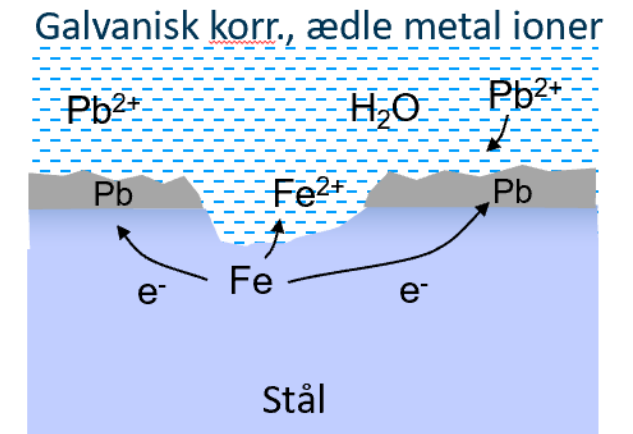
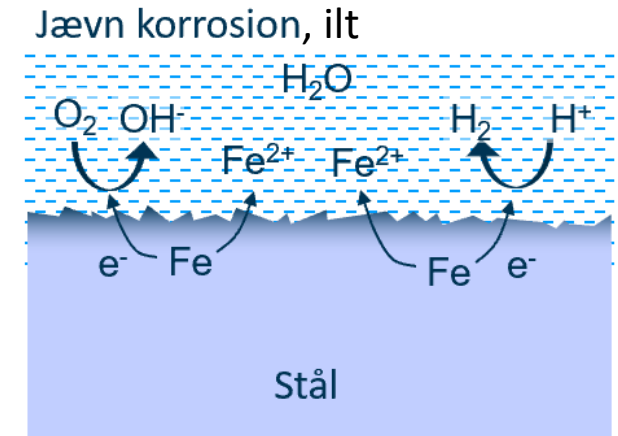
- Omhyggeligt materialevalg
- Undgå iltindtrængning
- Undgå glødeskalsrester
- Anvendelse af kationfiltre – under udvikling i PERFORM
- H_2S – filter – udviklet i PERFORM

Forudsætninger for valg af den bedste løsning:

- Inddragelse af kemisk ekspertise og korrosionsekspertise i designfasen – herunder evt. laboratorietests



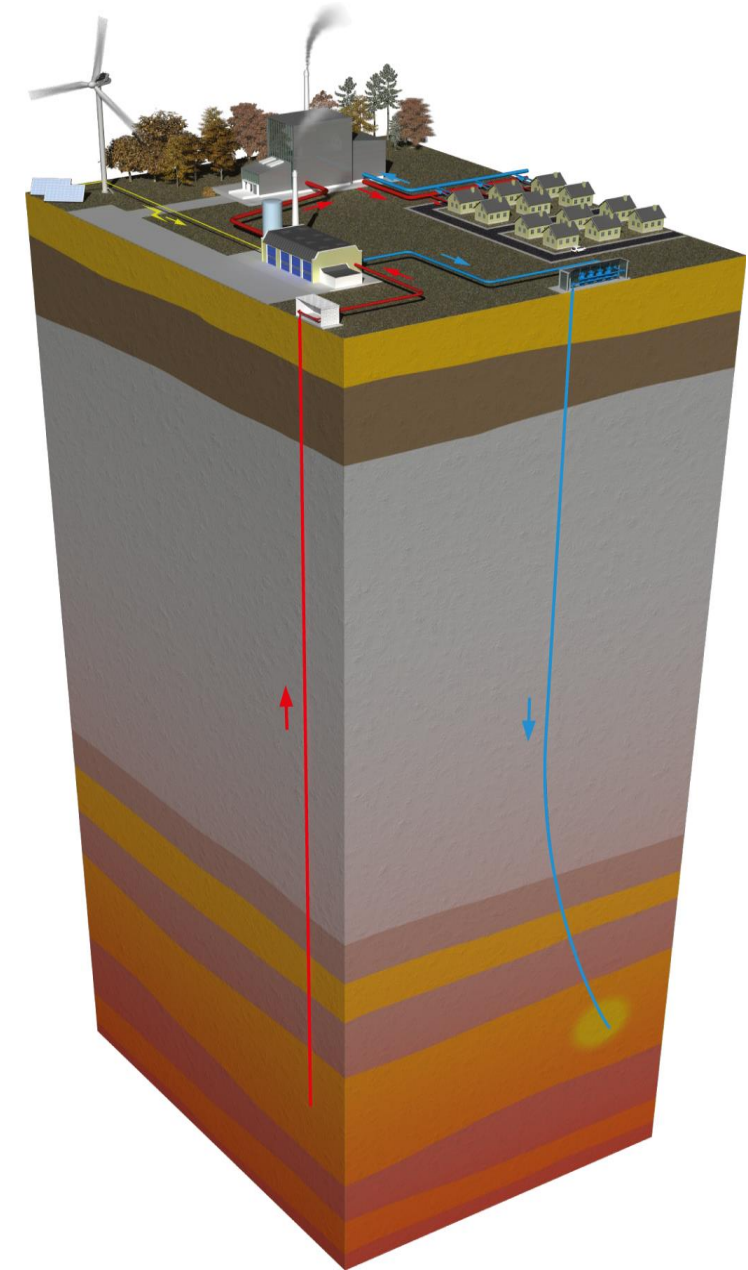
Glødeskal falder af som rustflager



Figurer fra Troels Mathiesen, FORCE

”Take home”

- Ressourcen er stor og vidt udbredt
- Jo mere vi investerer i at lære og forstå – desto klogere bliver vi på de tekniske risici i geotermi og særligt på at minimere disse
- Ingen deciderede tekniske showstopper – så længe der foretages grundige tekniske forundersøgelser og velovervejede beslutninger vedrørende fx materialevalg



Tak for opmærksomheden !

GEO THERM - <https://dybgeotermi.geus.dk/geotherm/>

PERFORM - <https://www.geothermperform.eu/>
- herunder en database over kemi i europæiske
geotermiske anlæg