



Engineering the earth

# Geothermisch water afkoelen tot 10 C?

Guus Willemsen IF Technology  
15 oktober 2015

# Situatie

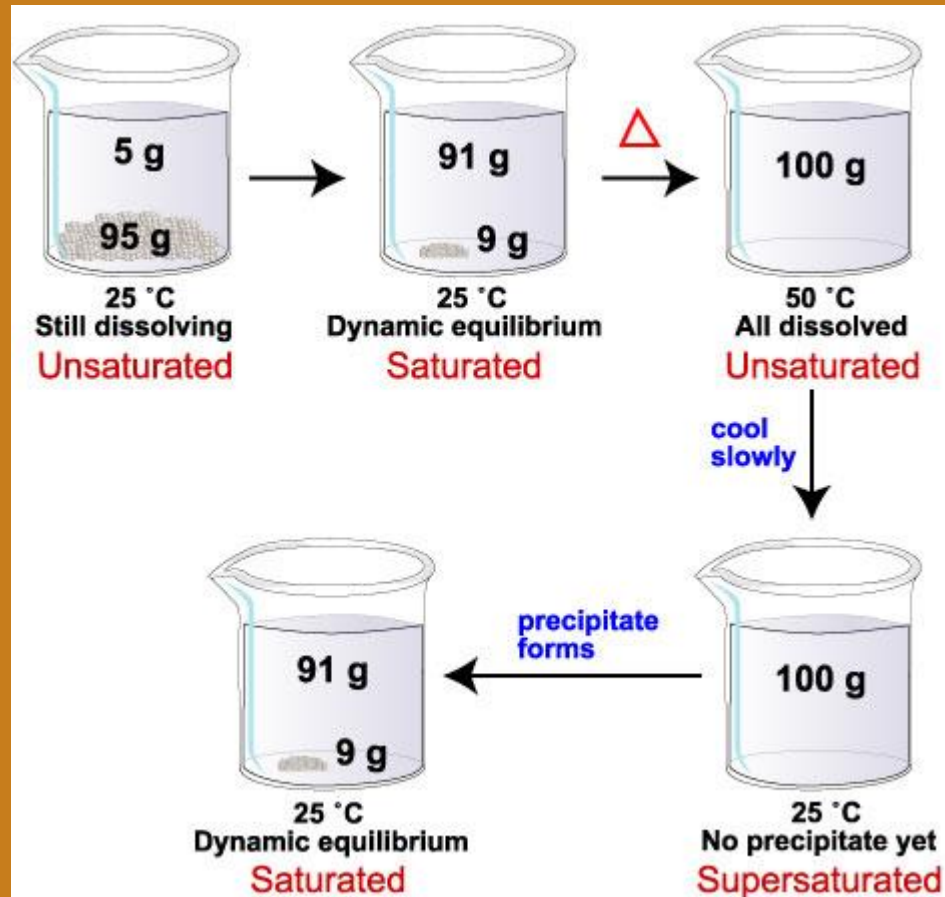
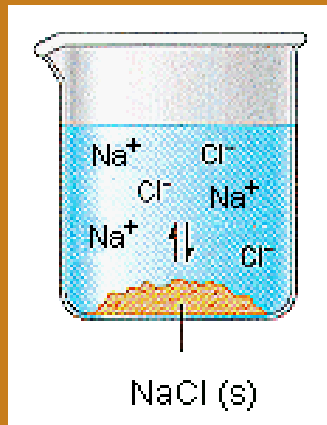
- Nu 11 draaiende projecten in glastuinbouw
- Meestal afkoeling van 70 a 90 C tot ca 30 a 40 C
- Veel projecten ontgassen het water; methaan wordt gebruikt. CO2 ontgast mee.
- Sommige projecten hebben last van scaling, mogelijk vooral door ontgassing
- Injectie van afgekoelde water levert soms lagere injectiedrukken dan verwacht, mogelijk door “cold fracs”
- >> (meer) scaling door verdere afkoeling?
- >> effect “cold fracs” door verdere afkoeling?

# Wat is scaling?

*Neerslag van mineralen uit (geothermische) vloeistoffen*

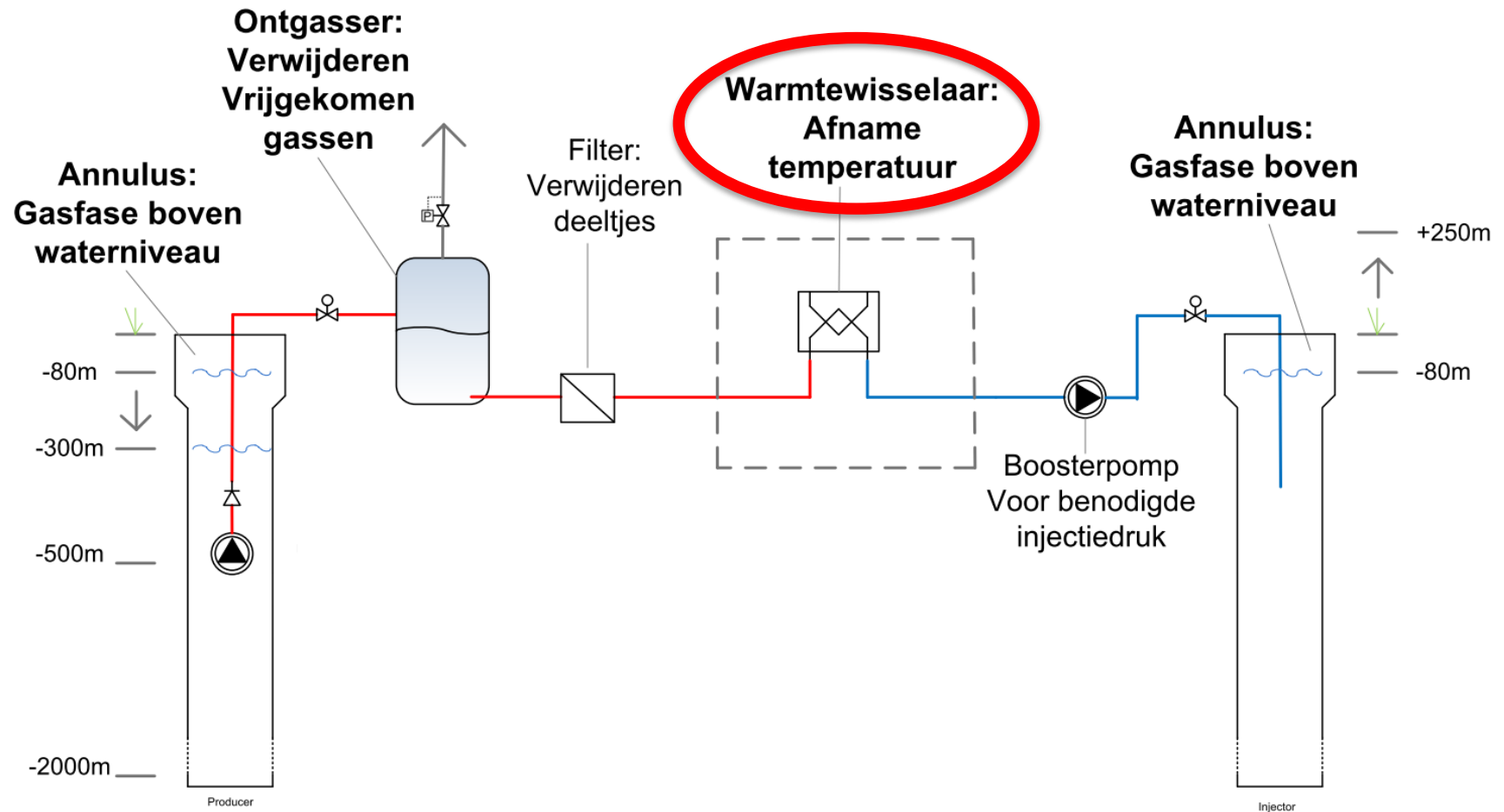


# Wat is scaling?





# Scaling als gevolg van T afname



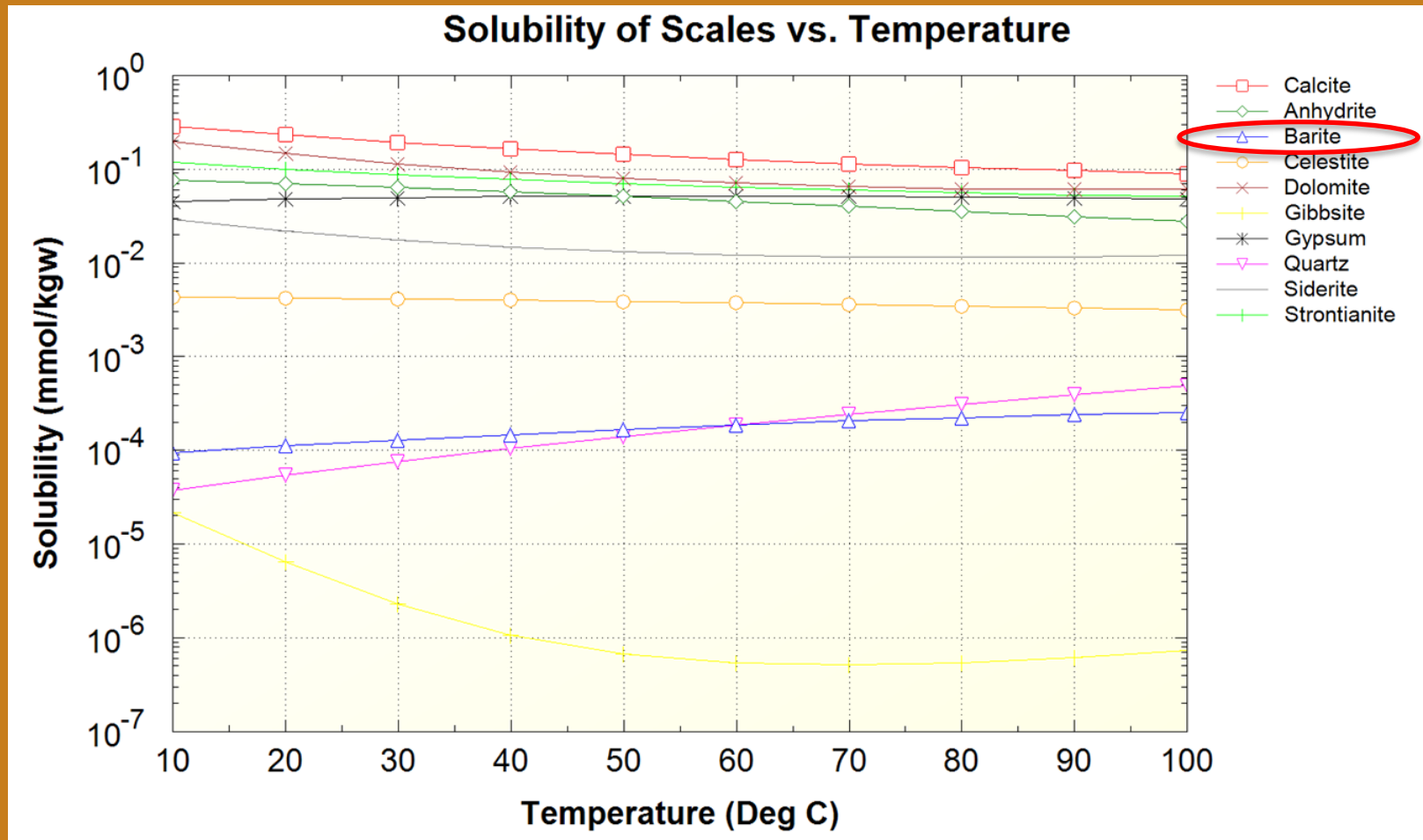
# Scaling als gevolg van T afname

## COMMON SCALES IN GAS- AND OIL FIELD WATERS

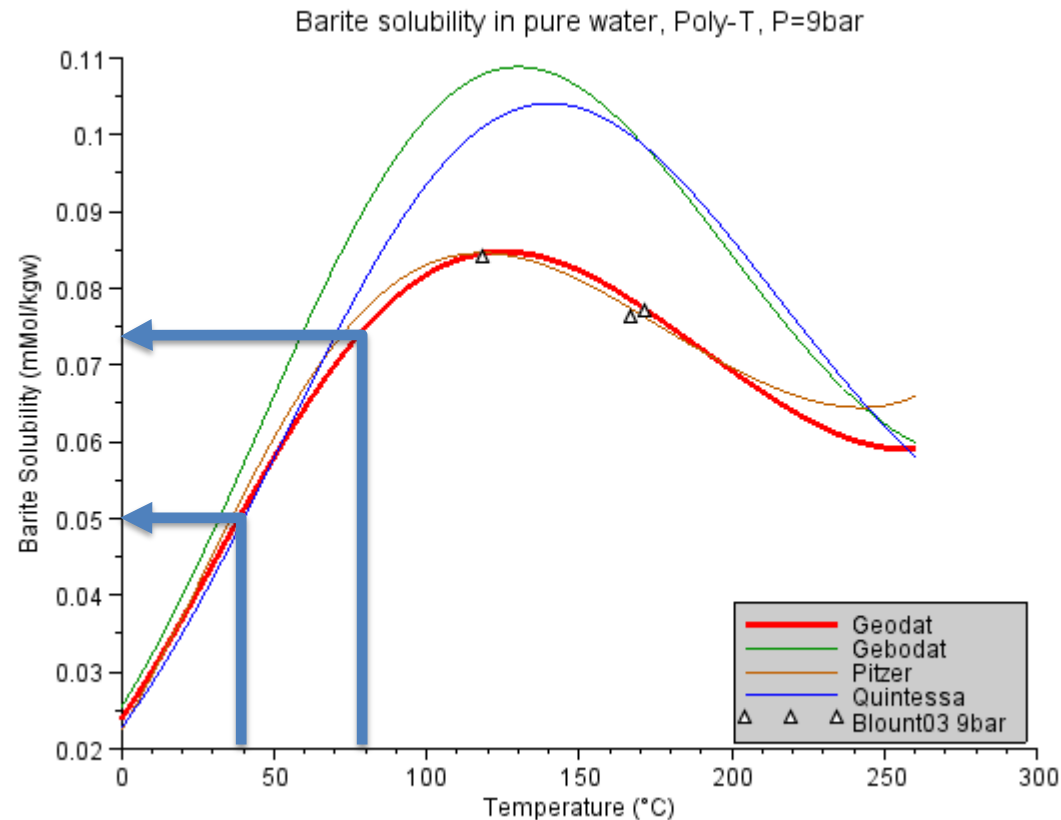
Of the many possible water formed scales, only a few are commonly found in gas- and oilfield waters. These scales are listed below along with the primary variables which effect their solubility.

| Name                                                                                                                    | Chemical Formula                                                                                                      | Primary Variables                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Calcium carbonate</b><br>(Calcite)                                                                                   | $\text{CaCO}_3$                                                                                                       | partial pressure of $\text{CO}_2$ ,<br>temperature,<br>total dissolved salts |
| <b>Calcium sulphate</b><br>Gypsum (most common)<br>Hemi-hydrate<br>Anhydrite                                            | $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$<br>$\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$<br>$\text{CaSO}_4$ | temperature,<br>total dissolved salts,<br>pressure                           |
| <b>Barium sulphate</b><br><b>Strontium sulphate</b>                                                                     | $\text{BaSO}_4$<br>$\text{SrSO}_4$                                                                                    | temperature,<br>pressure,<br>total dissolved salts                           |
| <b>Iron compounds</b><br>Ferrous carbonate<br>Ferrous sulphide<br>Ferrous hydroxide<br>Ferric hydroxide<br>Ferric oxide | $\text{FeCO}_3$<br>$\text{FeS}$<br>$\text{Fe}(\text{OH})_2$<br>$\text{Fe}(\text{OH})_3$<br>$\text{Fe}_2\text{O}_3$    | corrosion,<br>dissolved gases,<br>pH                                         |

# Scaling als gevolg van T afname



# Scaling als gevolg van T afname

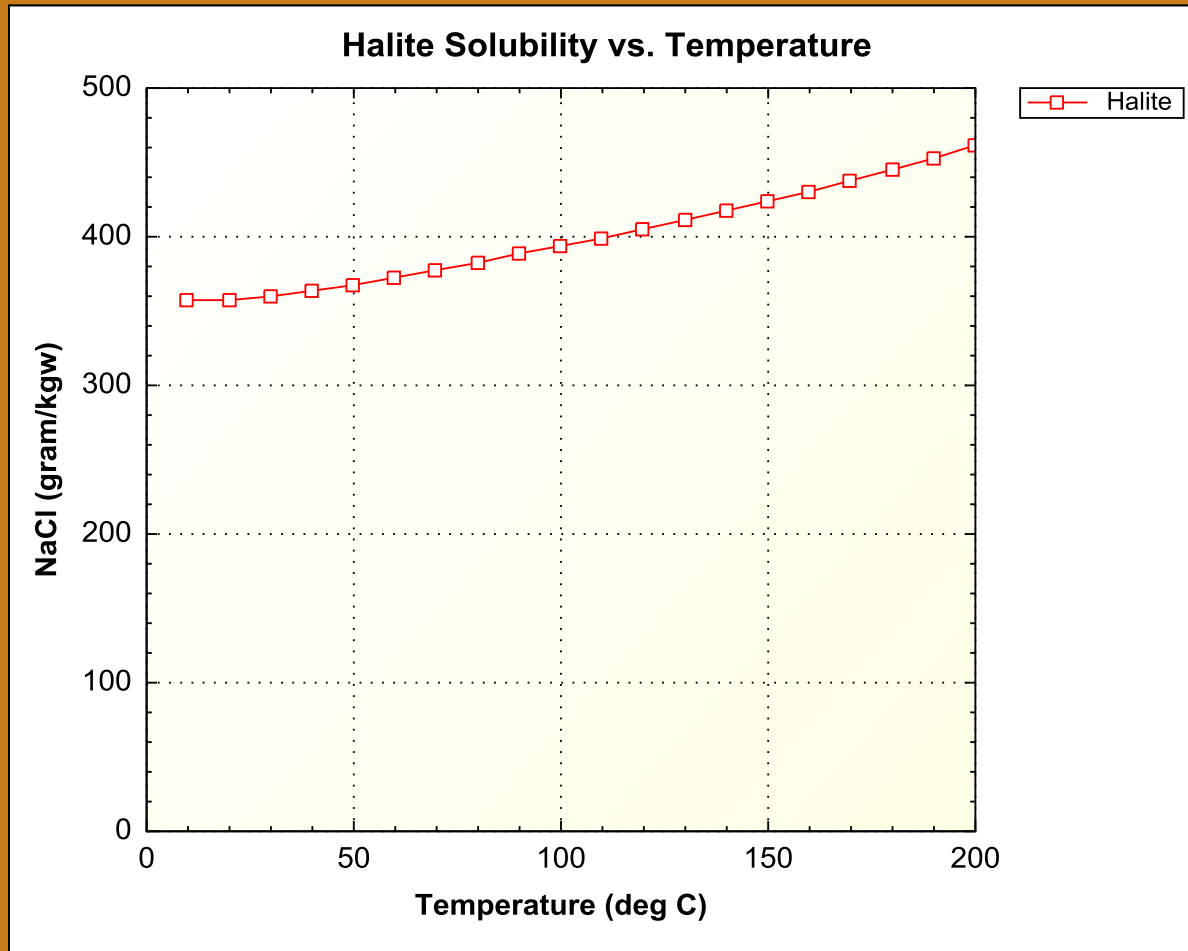




# Bariet

- Geothermisch water vaak sterk oververzadigd tov Bariet:  $SI = 2$  to 3: 100 tot 1000 keer oververzadigd
- ➔ Blijkbaar sprake van sterke inhibitie van neerslagreactie; kinetiek wordt nog trager bij lagere temperaturen
- ➔ Invloed van temperatuurdaling relatief minder
- ➔ Risico vooralsnog niet hoog (praktijkervaring) maar verdient wel aandacht; Barietneerslag komt voor in olie-industrie

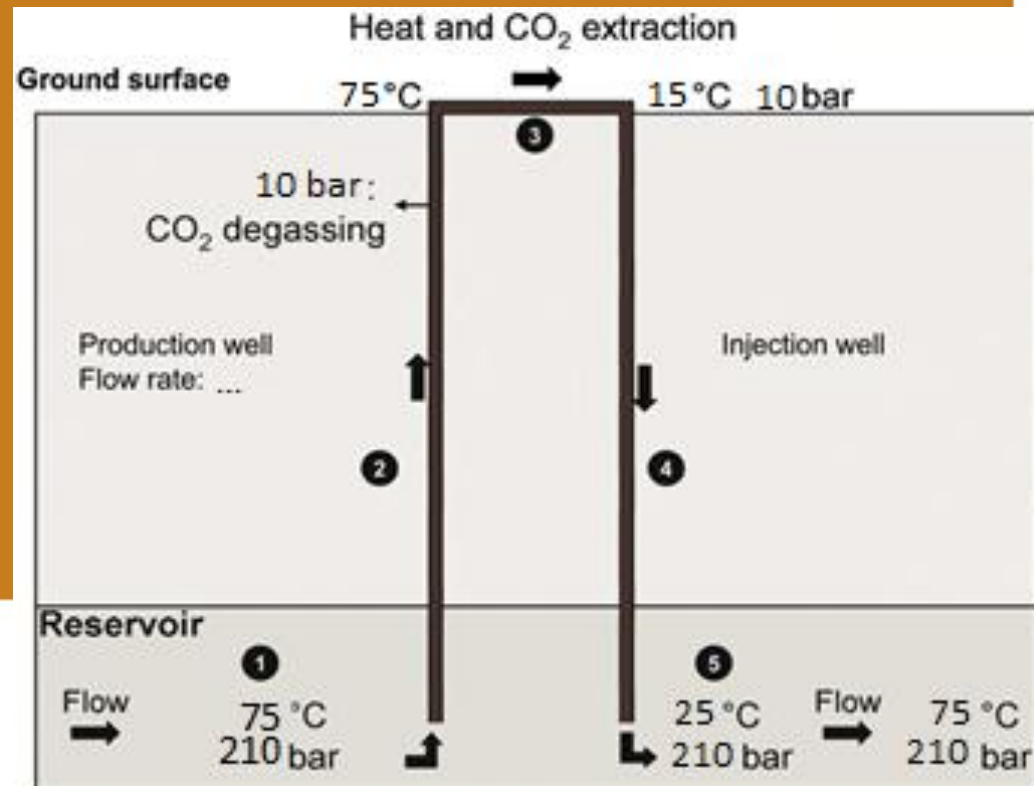
# Scaling als gevolg van T afname



Scaling van Haliet misschien risico nabij zoutafzettingen

# Modeleren (voorspellen) van scaling

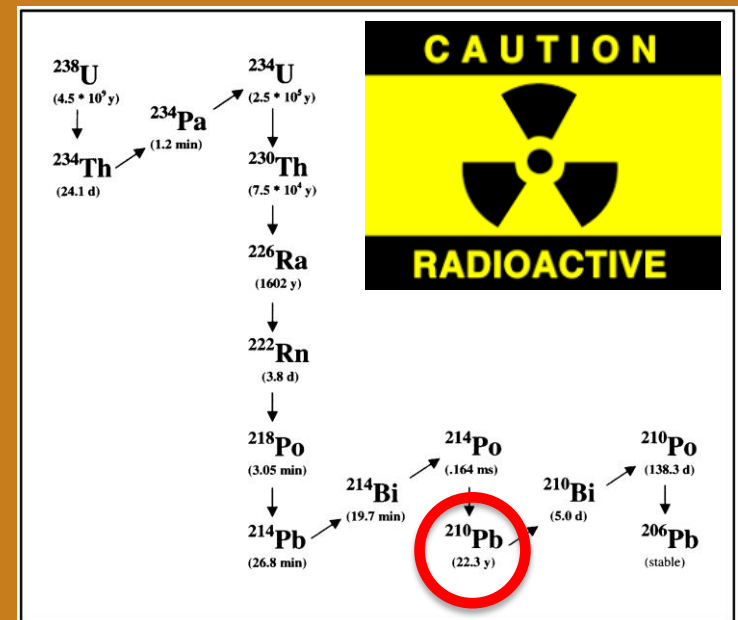
- PHREEQC : meest gebruikte geochemisch model wereldwijd (NL fabrikaat!)
- PHREEQC database voor geothermie is gevalideerd voor belangrijkste mineralen
- Database wordt uitgebreid



# Naturally-Occurring Radioactive Materials (NORM)

Bij een aantal projecten is sprake van licht radioactieve scaling  
Oorzaak is het voorkomen van  $^{210}\text{Pb}$

- ➔ Bron: radioactief verval uranium
- ➔ Verhoogde radioactiviteit in:
  - Coppershale (in Zechstein)
  - Slochteren zandst. conglomeraat
  - Schalies van Carboon ouderdom



# **$^{210}\text{Pb}$**

- **TNO (Koekoekspolder)**

Conclusie:  $^{210}\text{Pb}$  zet zich af als metallisch lood (corrosie)



- **GPC/KWR (meerdere systemen in NL)**

Conclusie:  $^{210}\text{Pb}$  wordt afgezet als  $\text{PbCO}_3$

- **Groß Schönebeck (Duitsland)**

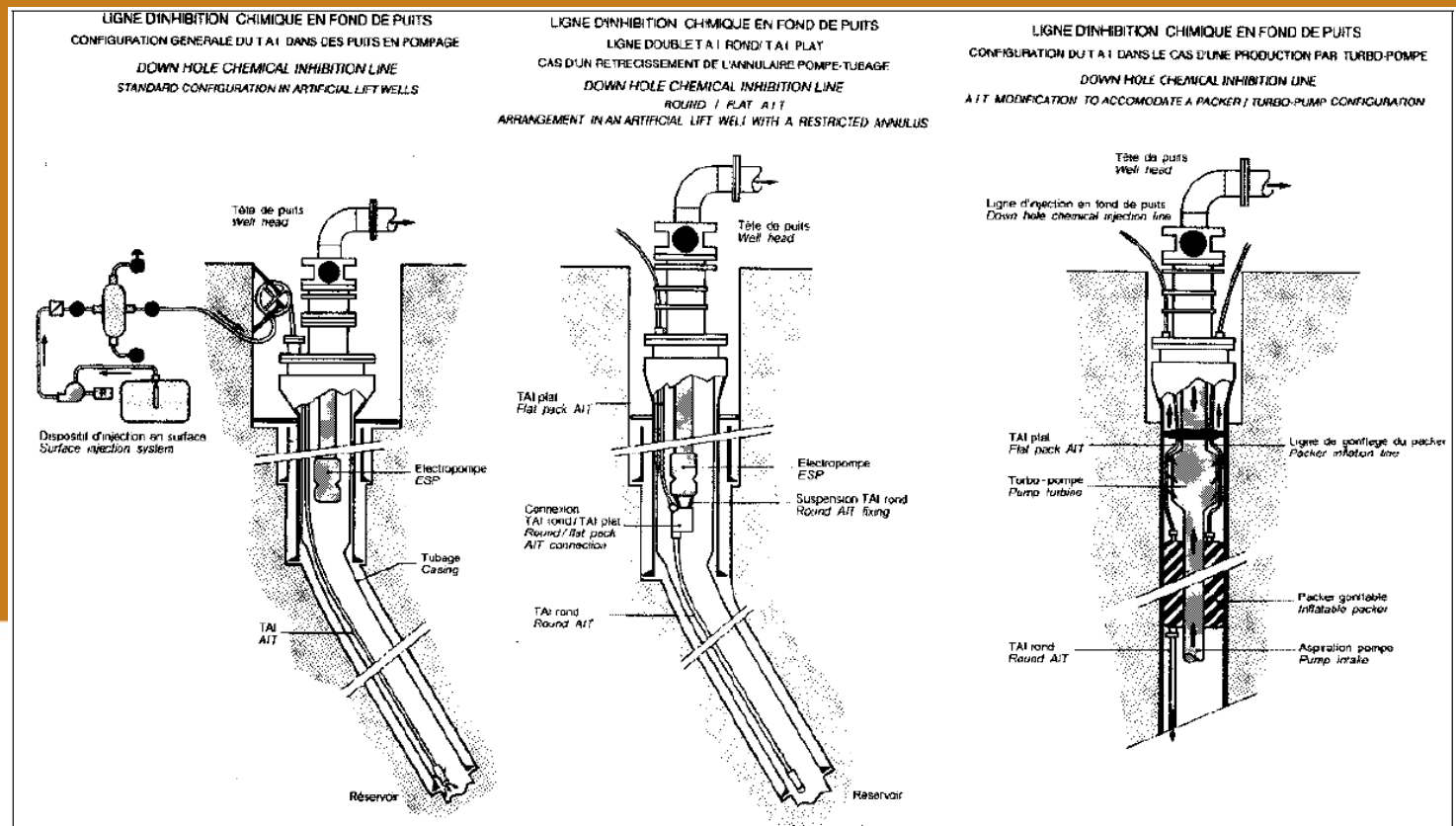
Conclusie:  $^{210}\text{Pb}$  in Laurionite neerslag ( $\text{PbOHCl}$ )  
(neutrale tot hoge pH-waarde nodig)

- **Temperatuureffect???**

# Preventie scaling door toepassing van Inhibitors

Bekken van Parijs: 20 downhole injectieleidingen in bedrijf, in NL ook soms toevoeging inhibitor

- Nadeel = Kosten continu toevoegen inhibitors
- Vaak kosten effectieve oplossing



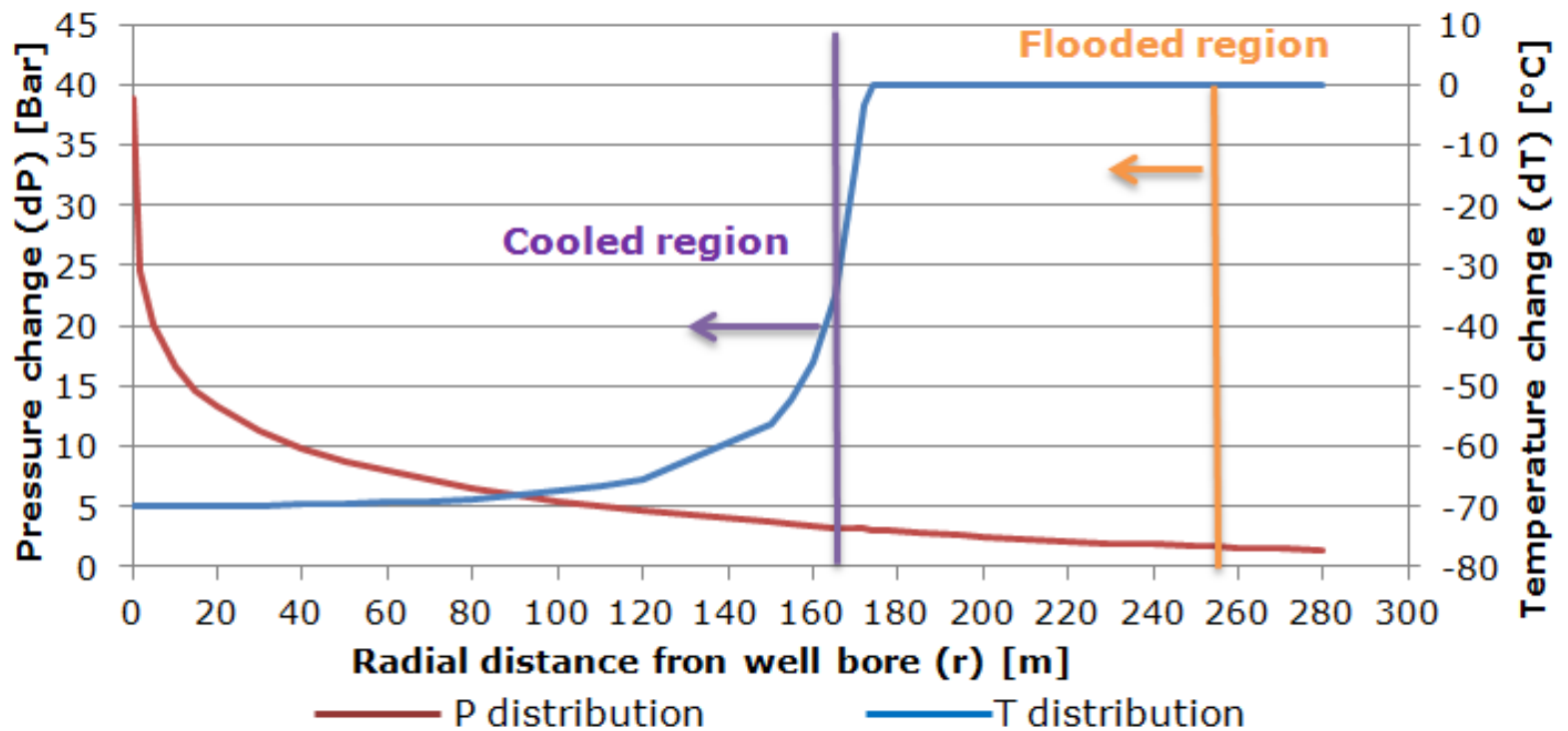


# Conclusie scaling

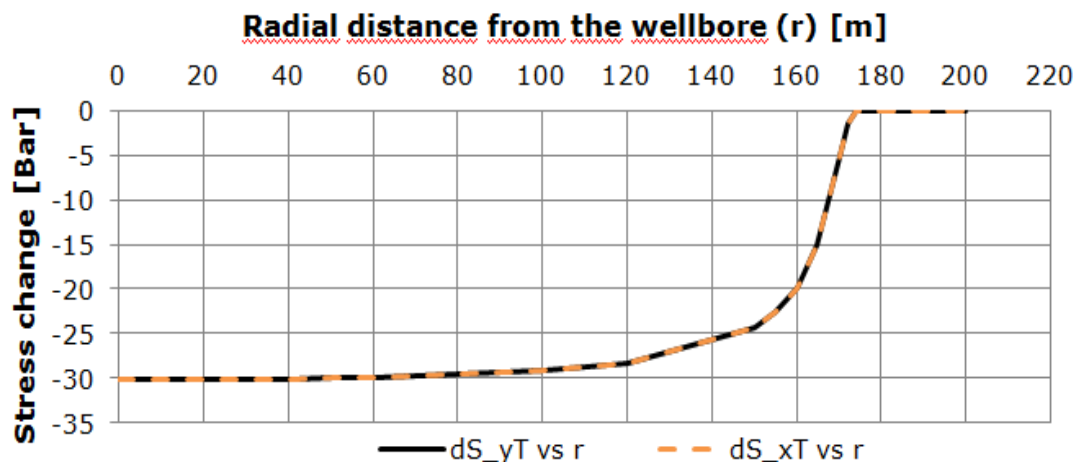
- Scaling treedt regelmatig op
- Echt voorspellen is nog lastig, maar op basis van goede analyses, modellen en praktijkervaring is wel een inschatting van risico's te maken
- Problemen zijn in de praktijk meestal oplosbaar, maar kosten wel geld
- Verder afkoeling vergroot risico in een aantal gevallen

# Krimpscheuren

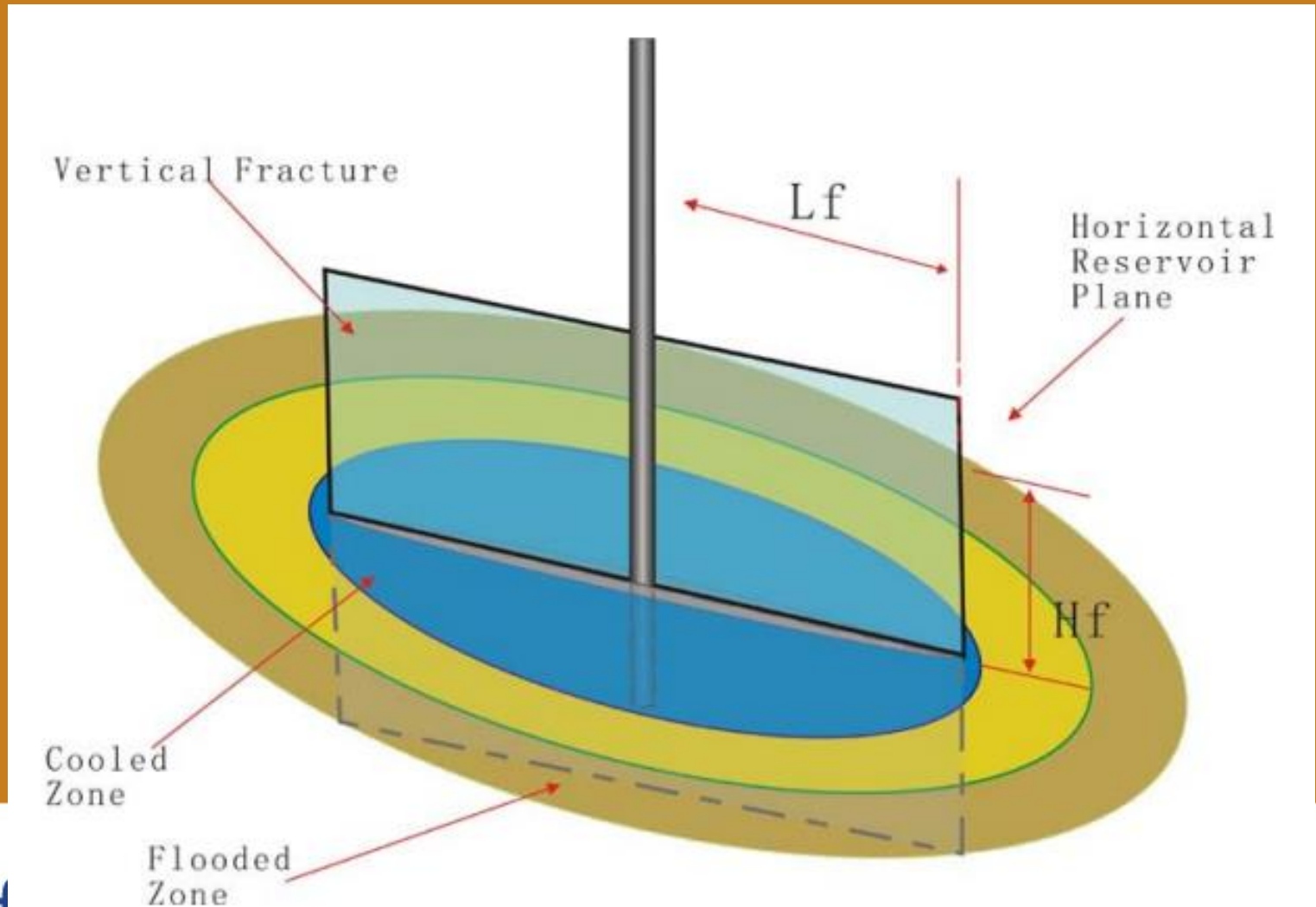




## Thermo-elastic stress change

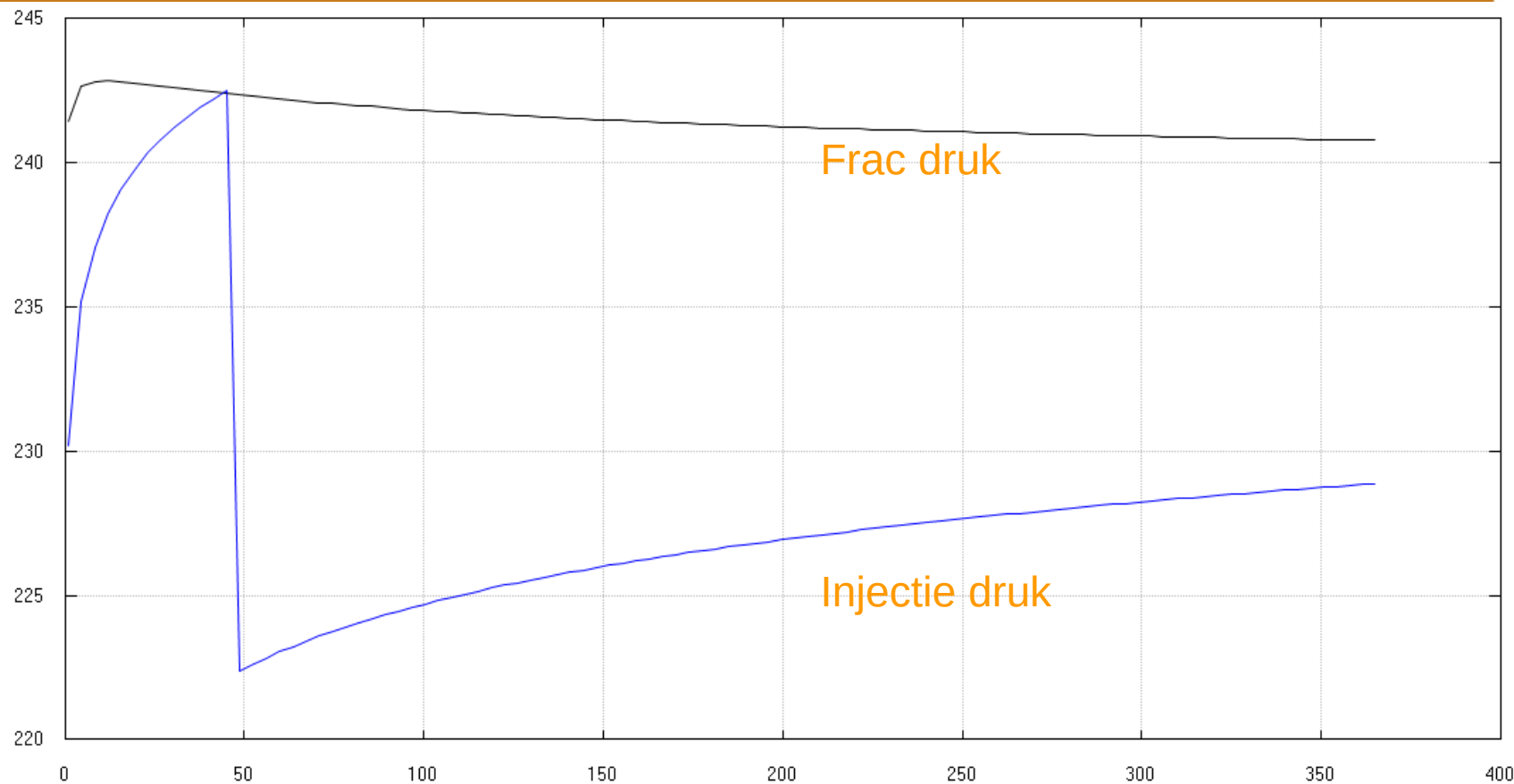


# Vorming van een “cold frac” of krimp-scheur in een geothermisch reservoir



Voorbeeld: frac met een lengte van ca 7 m en een skin van -3. Druk neemt af met 20 bar.

Onder: bottomhole pressure berekend als  $f(\text{Tijd})$



# Situatie tav geomechanische effecten afkoeling

- Relatief lage injectiedruk komt in praktijk voor
- Postief effect voor energiegebruik en/of flow, MAAR
- SodM hanteert richtlijn voor maximale injectiedruk; deze is conservatief; bij afwijking van richtlijn (iom SodM) berekening nodig incl. impact afkoeling
- SodM kijkt kritisch naar invloed geothermisch water op bestaande breuken: afkoeling van een breuk kan mogelijk tot seismiciteit leiden

# Voorbeeld van een reservoir modellering met temperaturen, drukken en breuken

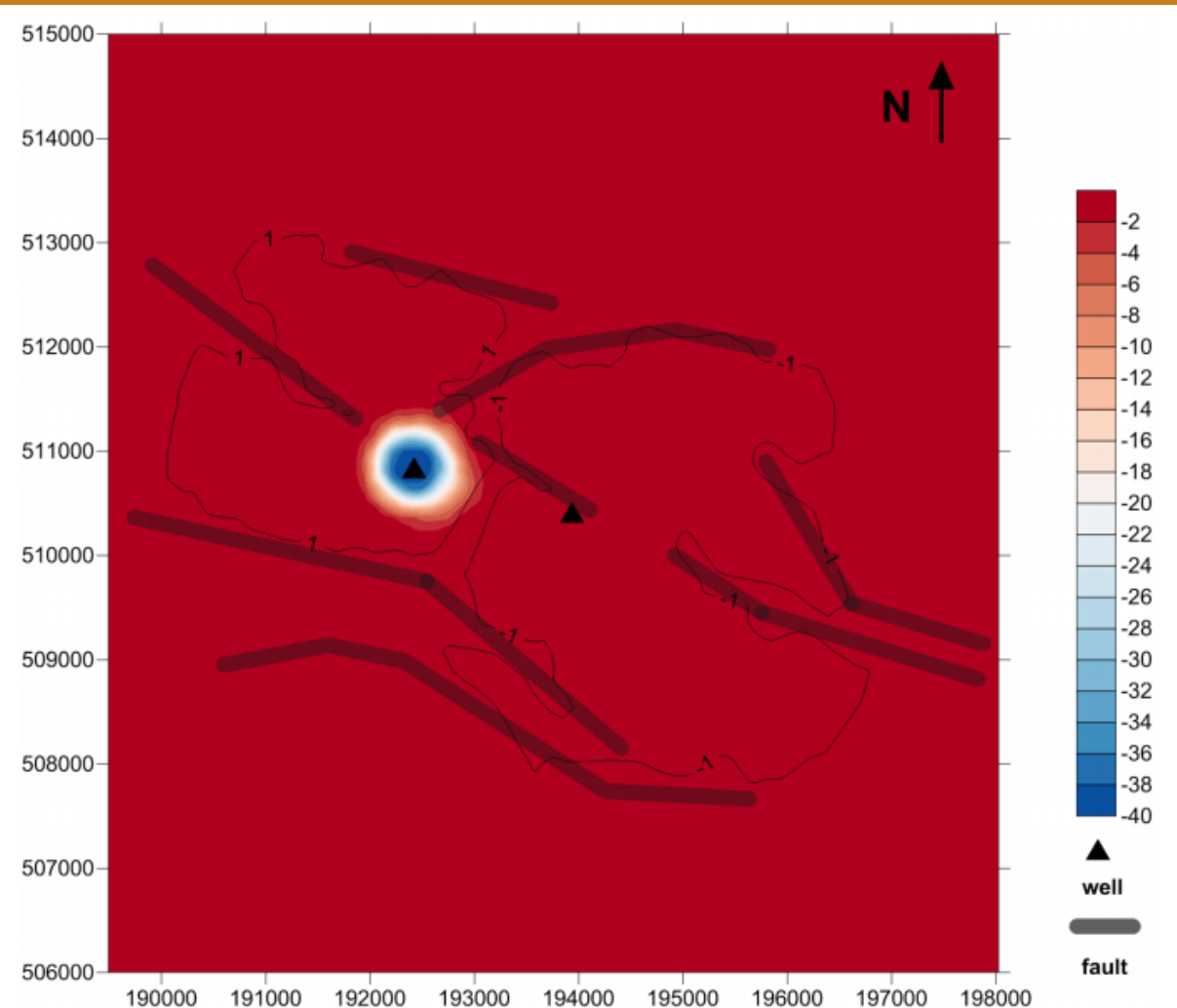


Figure 4 Temperature and pressure changes in top reservoir after 30 years for grid including geological faults. Contour lines show 1 bar difference.



# Conclusies geomechanisch effect afkoeling

- Mogelijke beperking maximale injectiedruk → berekenen en overleggen met SodM
- Mogelijke invloed van afkoeling op breuken en seismiciteit:
  - Reservoir model maken dat temperatuurinvloed en druk invloed voorspelt
  - Combinatie van P en T invloed en eigenschappen breuken in beeld brengen
  - Risico's uitsluiten

# Wat te doen bij nieuwe projecten?

- Bereken eea in ontwerp op basis van ervaringscijfers en omgevingsdata en anticipeer op mogelijke effecten
- Check bij realisatie of de aannames kloppen, indien nodig
  - Voer nieuwe berekeningen uit;
  - pas ontwerp/bedrijfsvoering aan
- Monitor voortdurend gedurende exploitatie; indien nodig:
  - installeer bijvoorbeeld waterbehandeling of
  - pas bedrijfsvoering aan
- Risico's lijken laag, maar zijn niet 0.



Engineering the earth

**Dank voor jullie aandacht!**