

Optimering af brøndplacering vha. reservoirsimulering

Carsten M. Nielsen



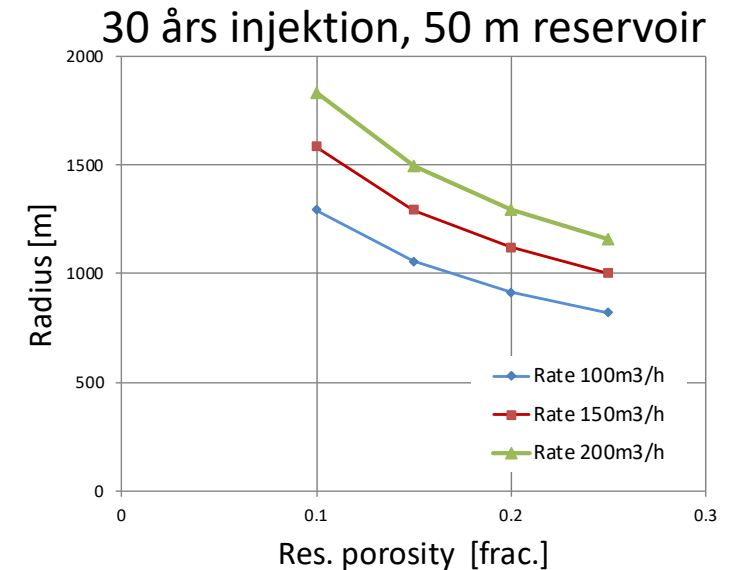
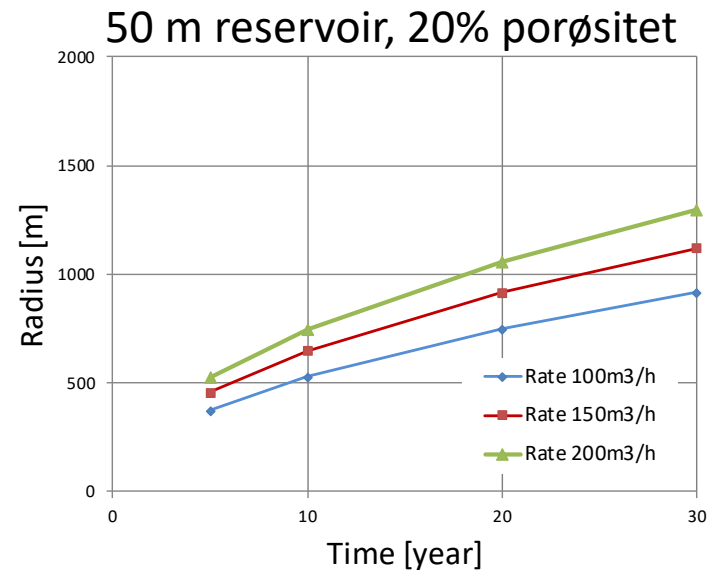
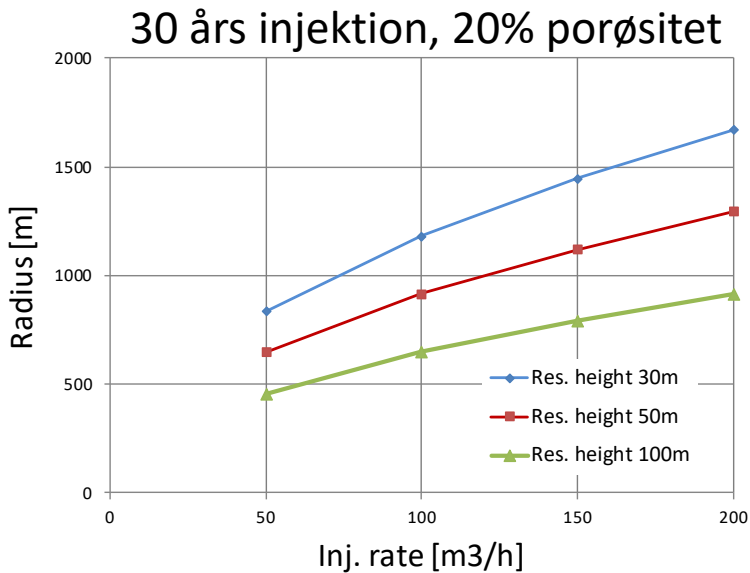
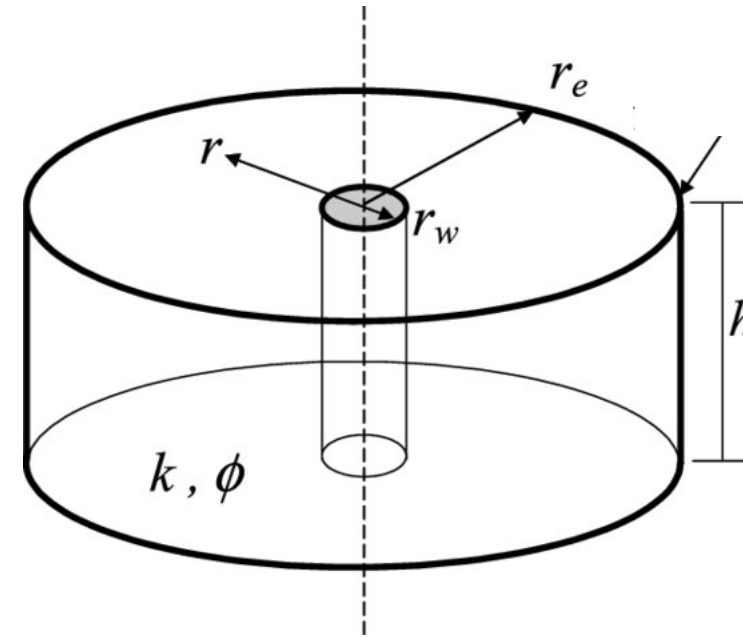
G E U S

Formål

- Bidrage til WP4 "resource estimering og geotermisk energi-production".
- Reservoirsimulering som værktøj til at optimere brøndplacering og resourceudnyttelse
- Belyse problemstillinger fra de tre eksisterende geotermiskeværker

Simpel homogen radial model

første bud på levetid/brønd-placering

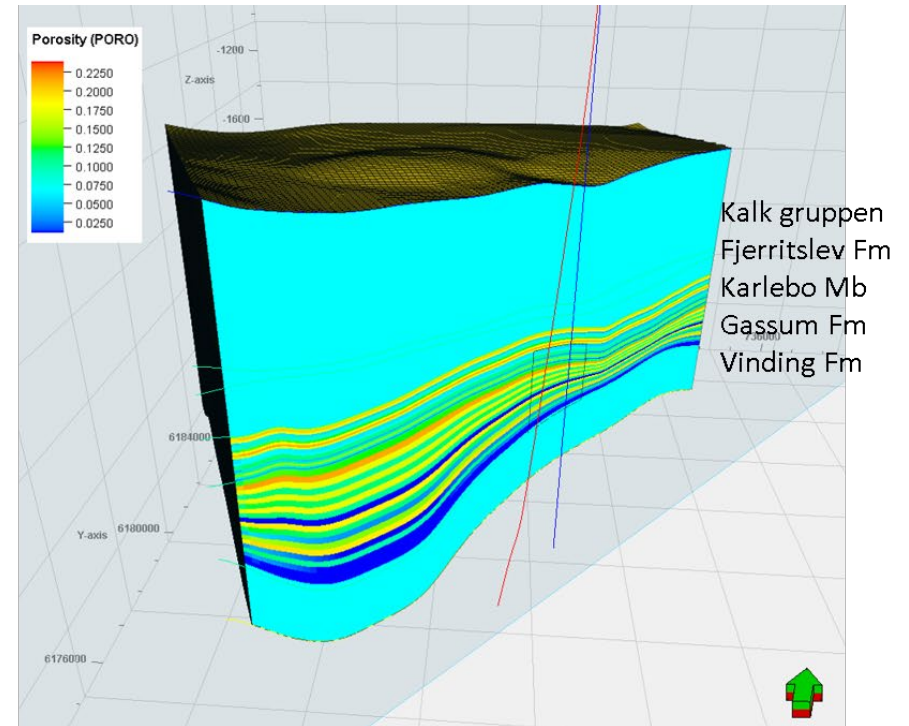
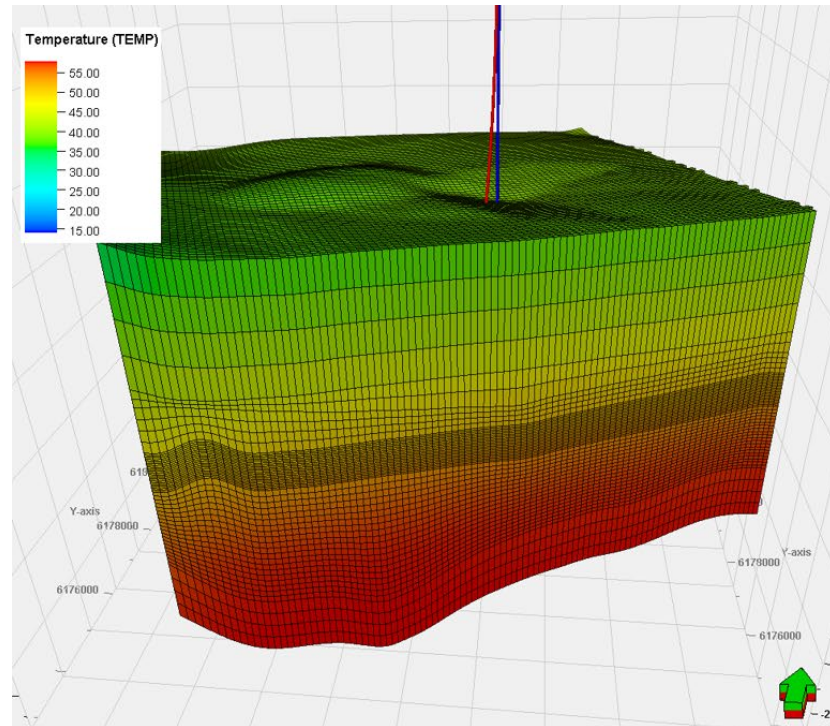
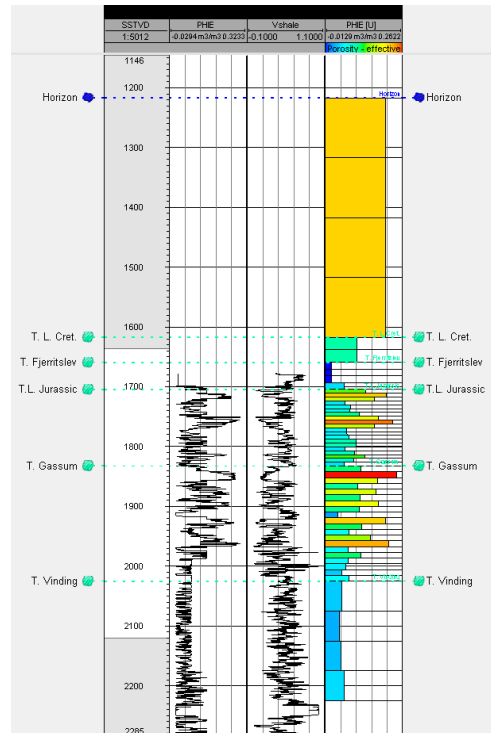


Statisk modellering

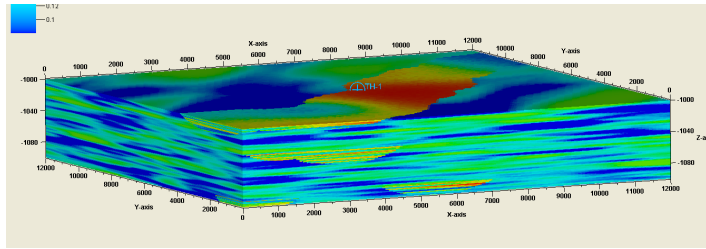
- Statisk; Petrel (geologisk model)
- Grid; cornerpoint, "grid refinement"
- Egenskaber; geologi, flow, temperatur, diffusivitet

Dynamisk modellering

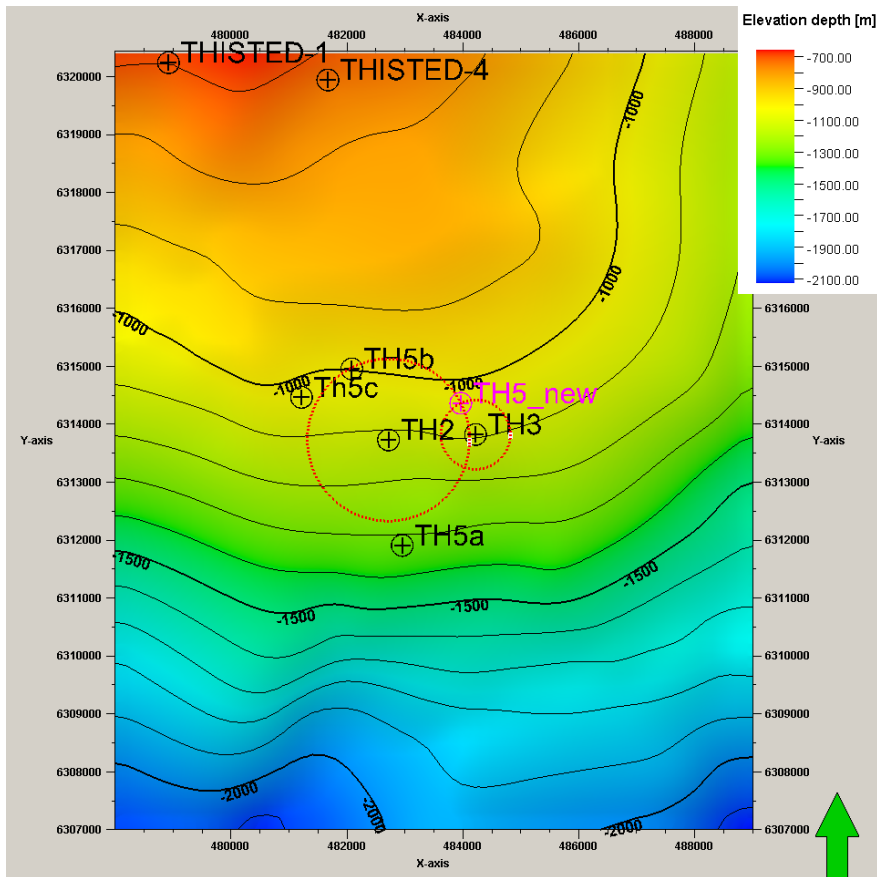
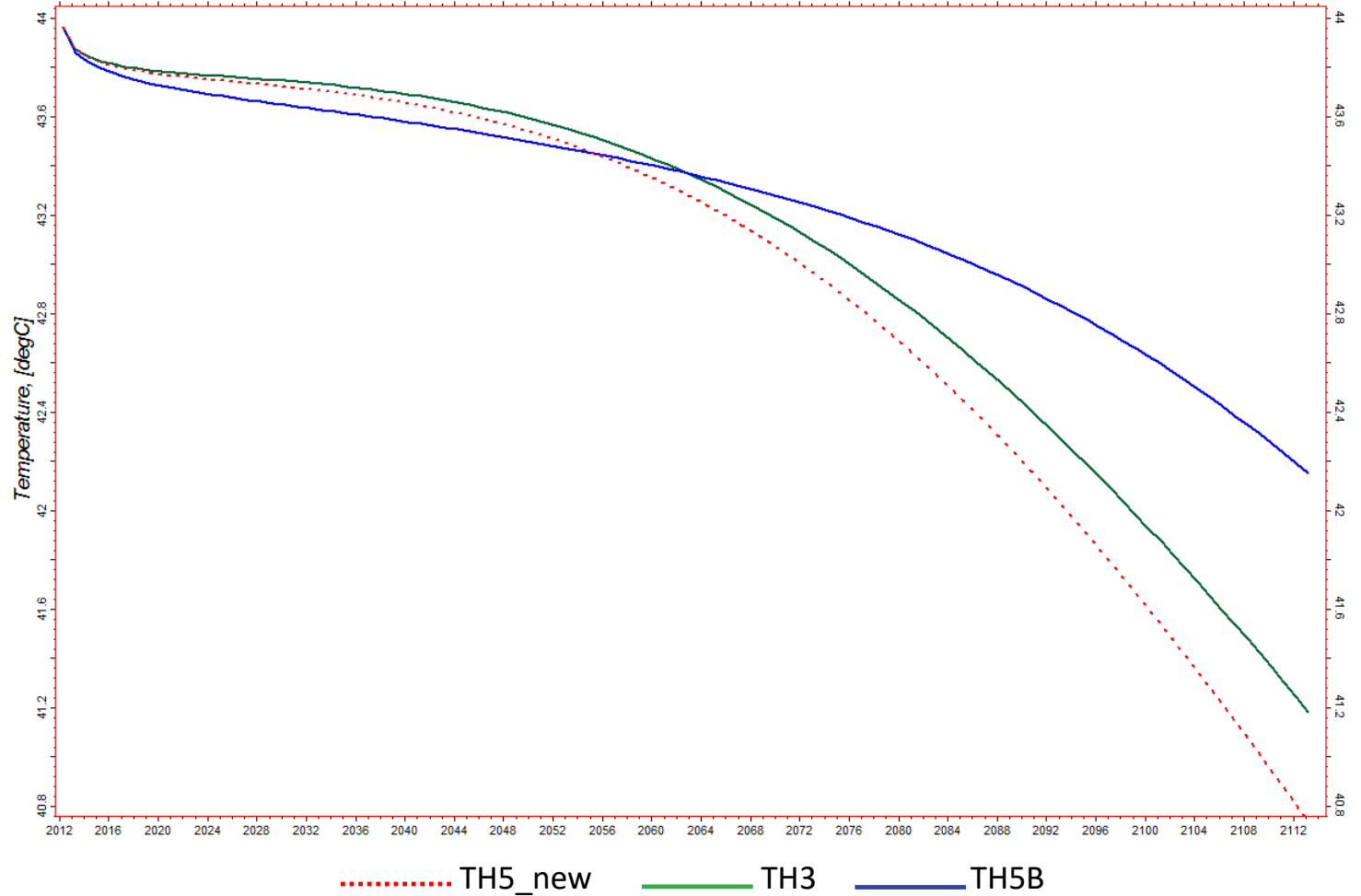
- Dynamisk; Eclipse (reservoir simulering)
- Løsning; flow - og varmetransport, "Finite difference"
- Resultater; tryk- og temperature udvikling



Inhomogenitet - Indflydelse fra geologi og hældende struktur (Thisted eksempel)

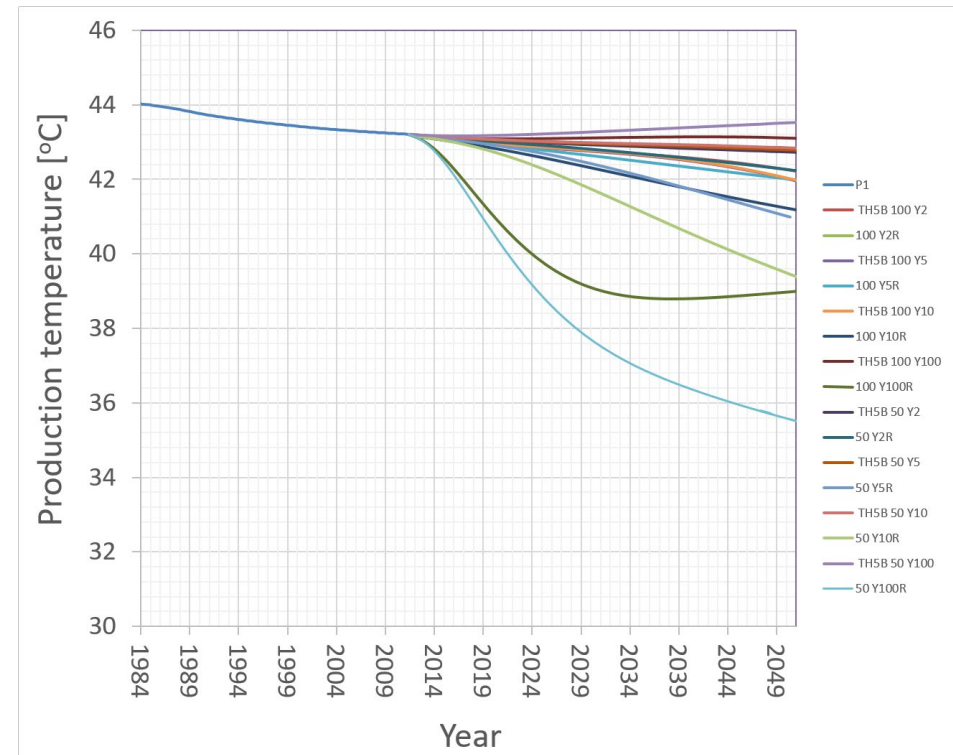
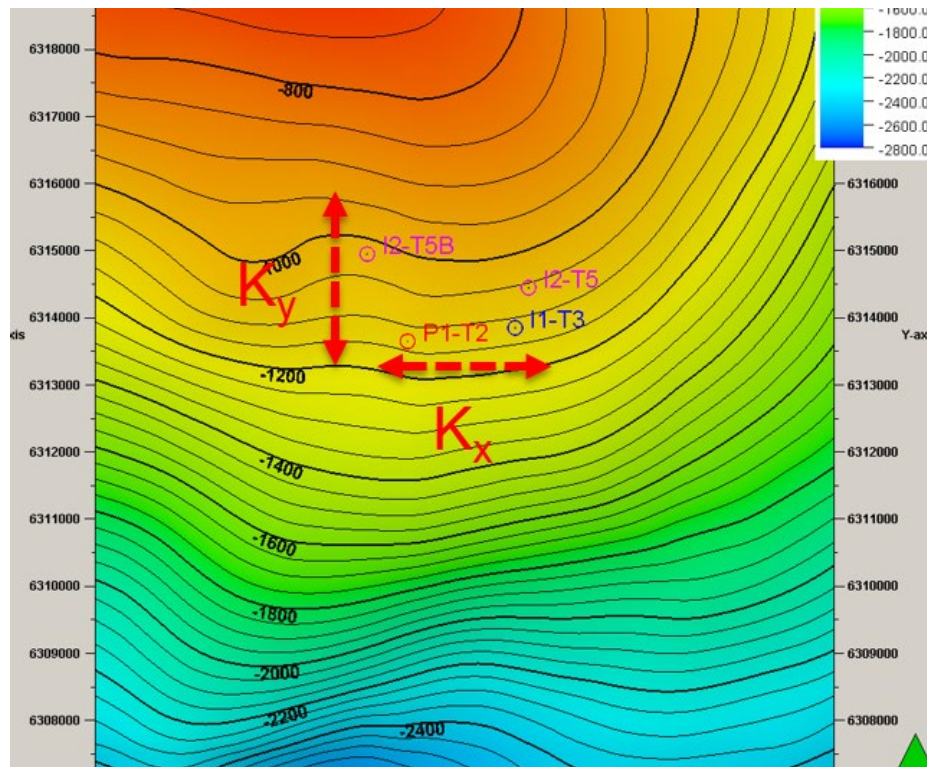


Produktionstemperatur TH2



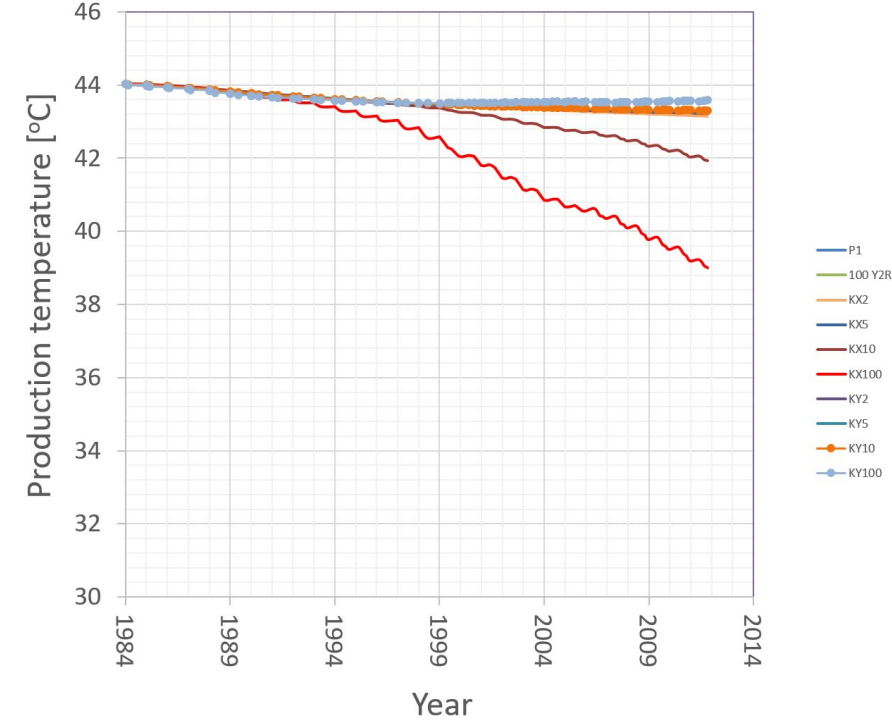
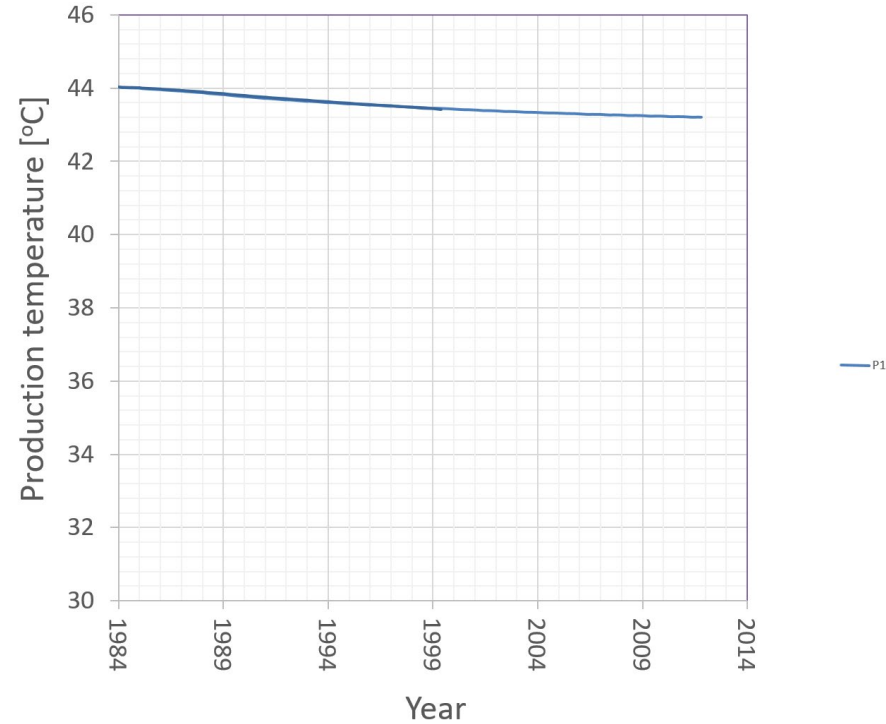
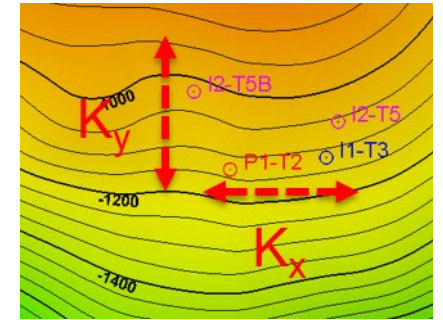
Simulering af anisotropi i reservoir permeabiliteten

- I2-T5 brøndlokalitet for ny injektionsbrønd
- To operations mode; 100% injektion i ny brønd eller 50/50 split mellem ny og eksisterende injektionsbrønd
- Variation i K_x og K_y (x2, x5, x10, x100)
- Overvægt af simuleringresultater viser temperaturfald på mindre end 1°C
- Større fald i temperature kan skyldes at modellen ikke honorerer historiske produktionsdata



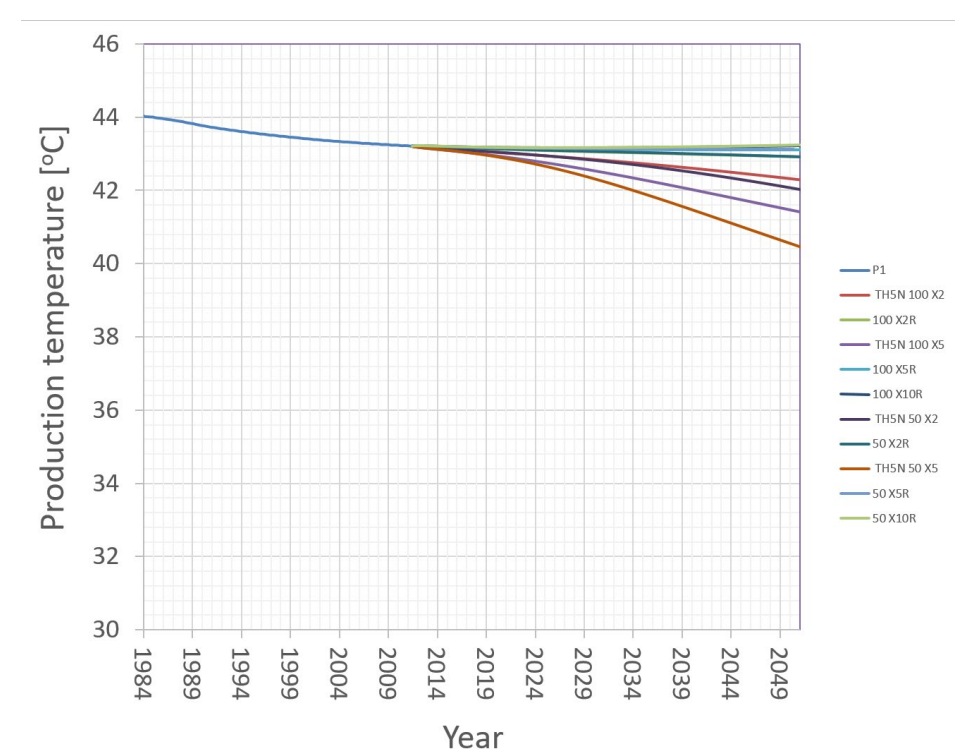
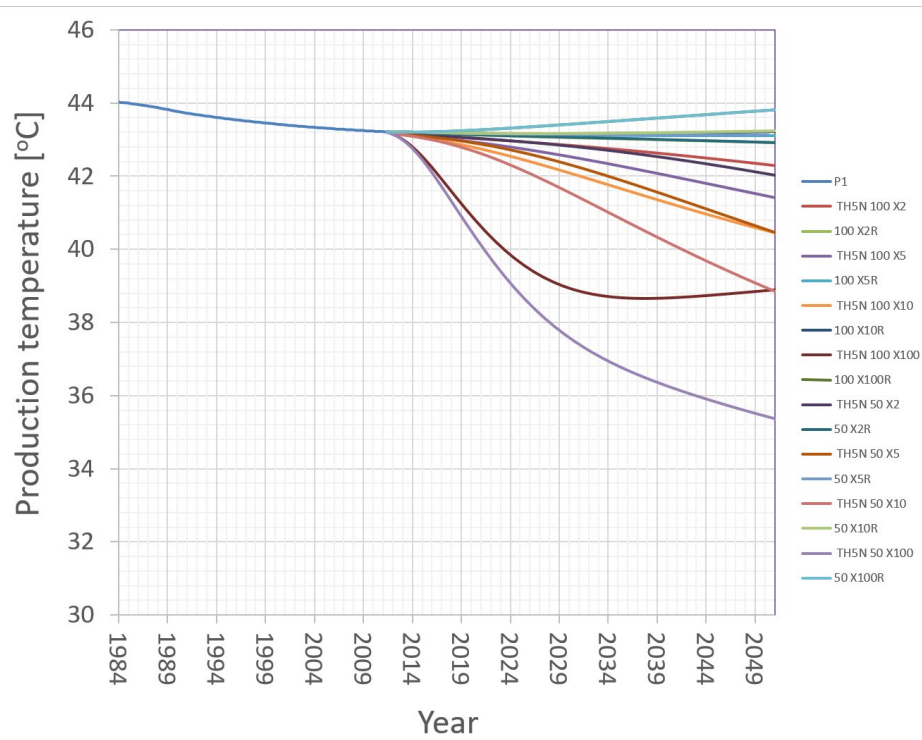
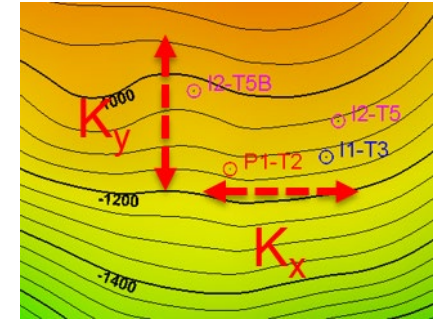
Kalibrering af model (produktion 1984 – 2012)

- De første 28 års produktion simuleret med samme variation i K_x and K_y
- Tre modeller retunerer ikke den historiske temperature udvikling; $K_x * 100$, $K_x * 10$ og $K_y * 100$

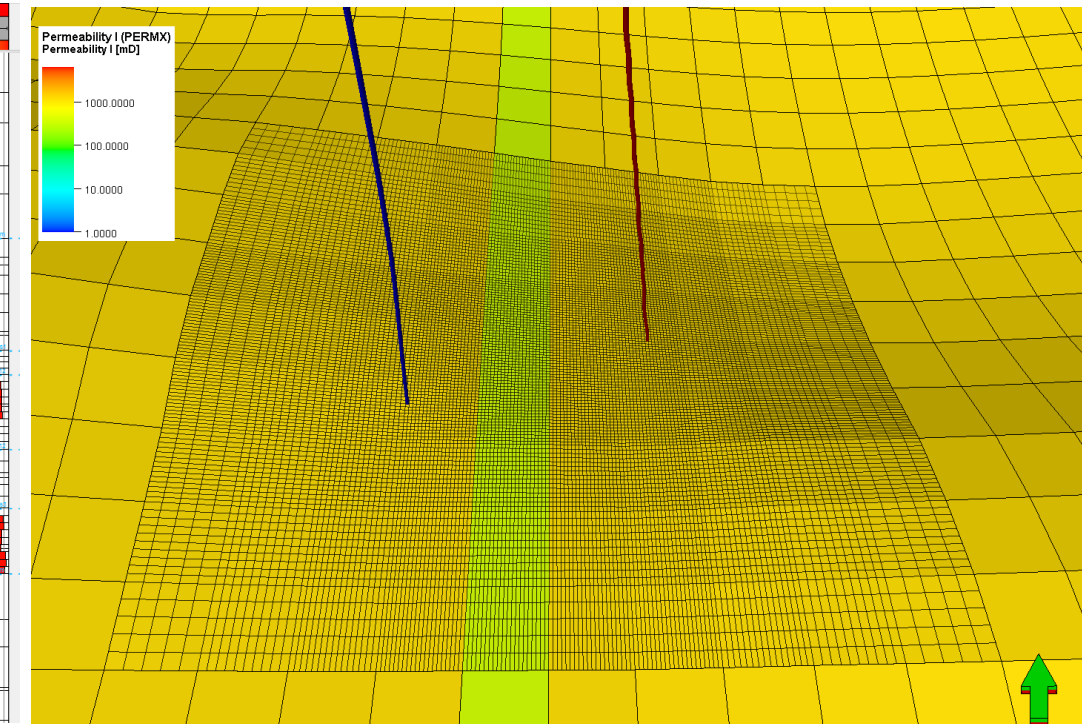
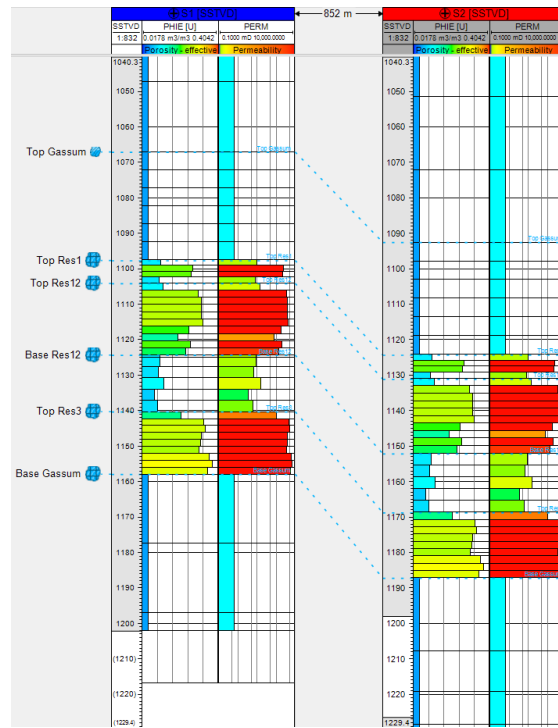
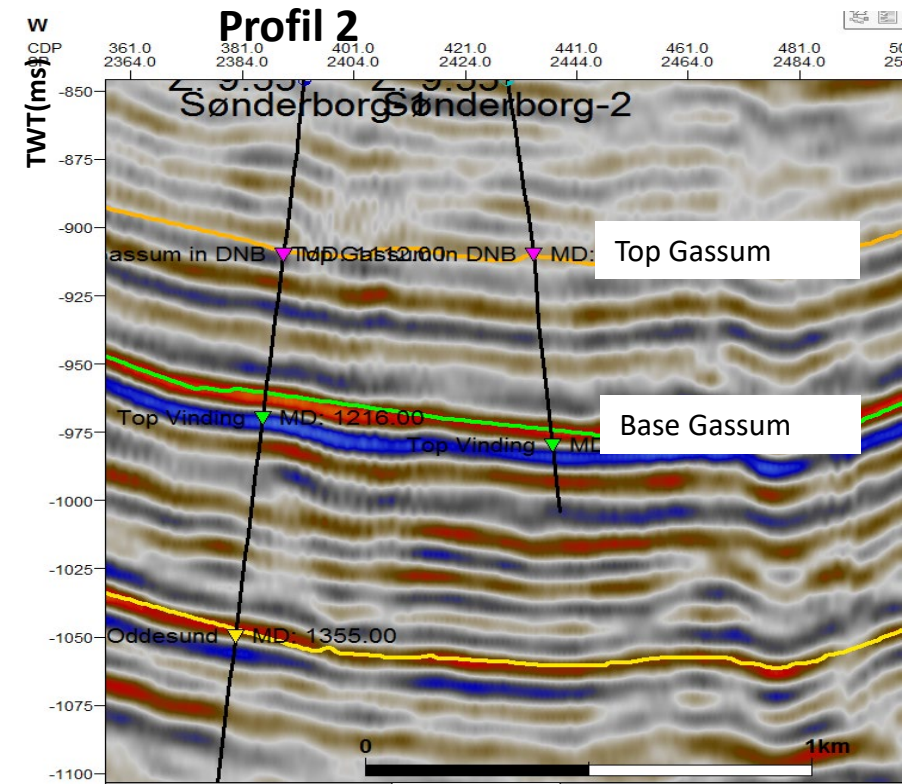


Simuleringsresultater, fremskrivning til 2050

- Udvikling i produktionstemperatur for ny brøndlokalitet, I2-T5
- Permeabiliteter (K_x og K_y) som ikke honorerer historiske produktionsdata fjernet

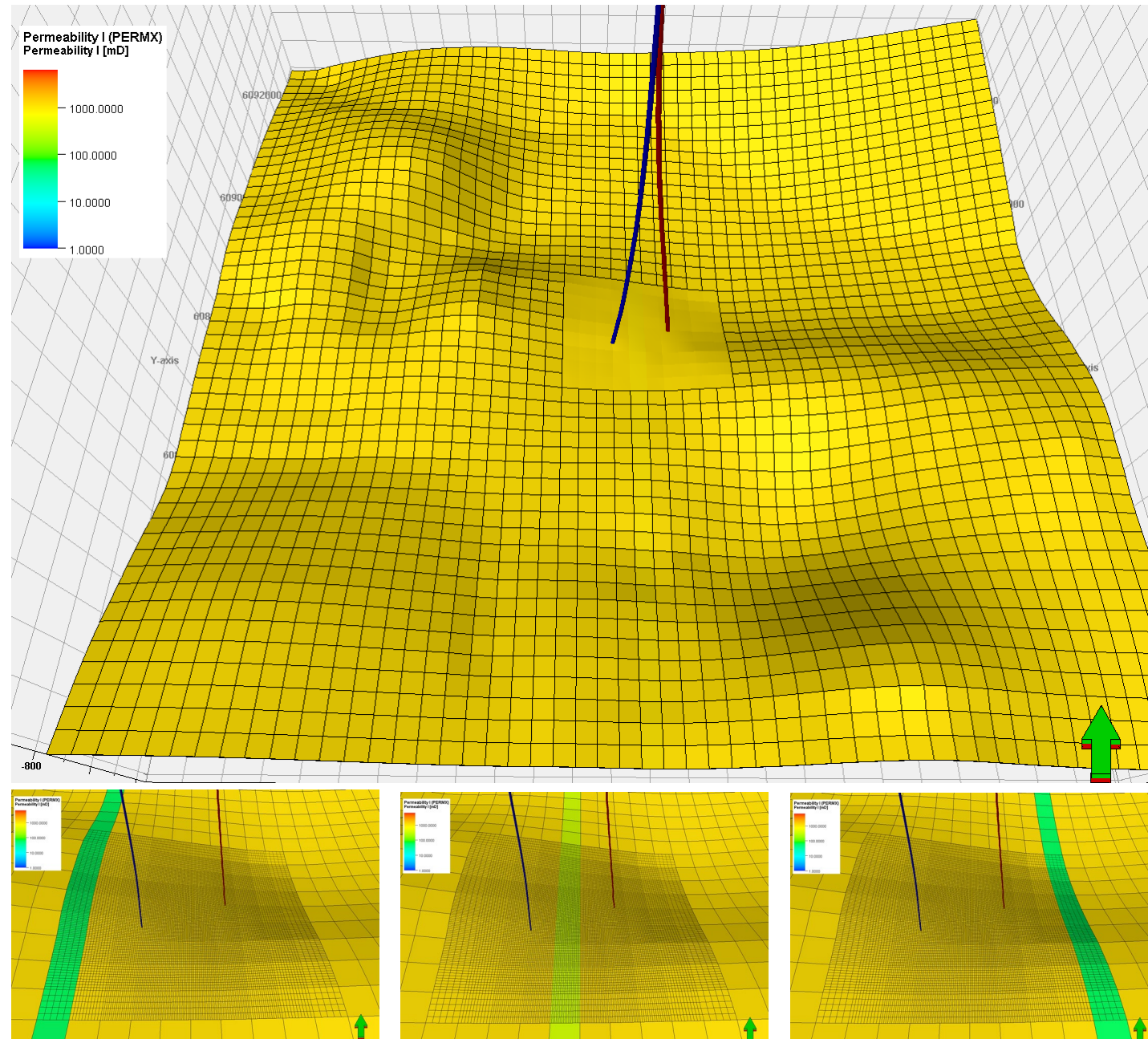


Forkastning/forsætning af reservoir (Sønderborg eksempel)



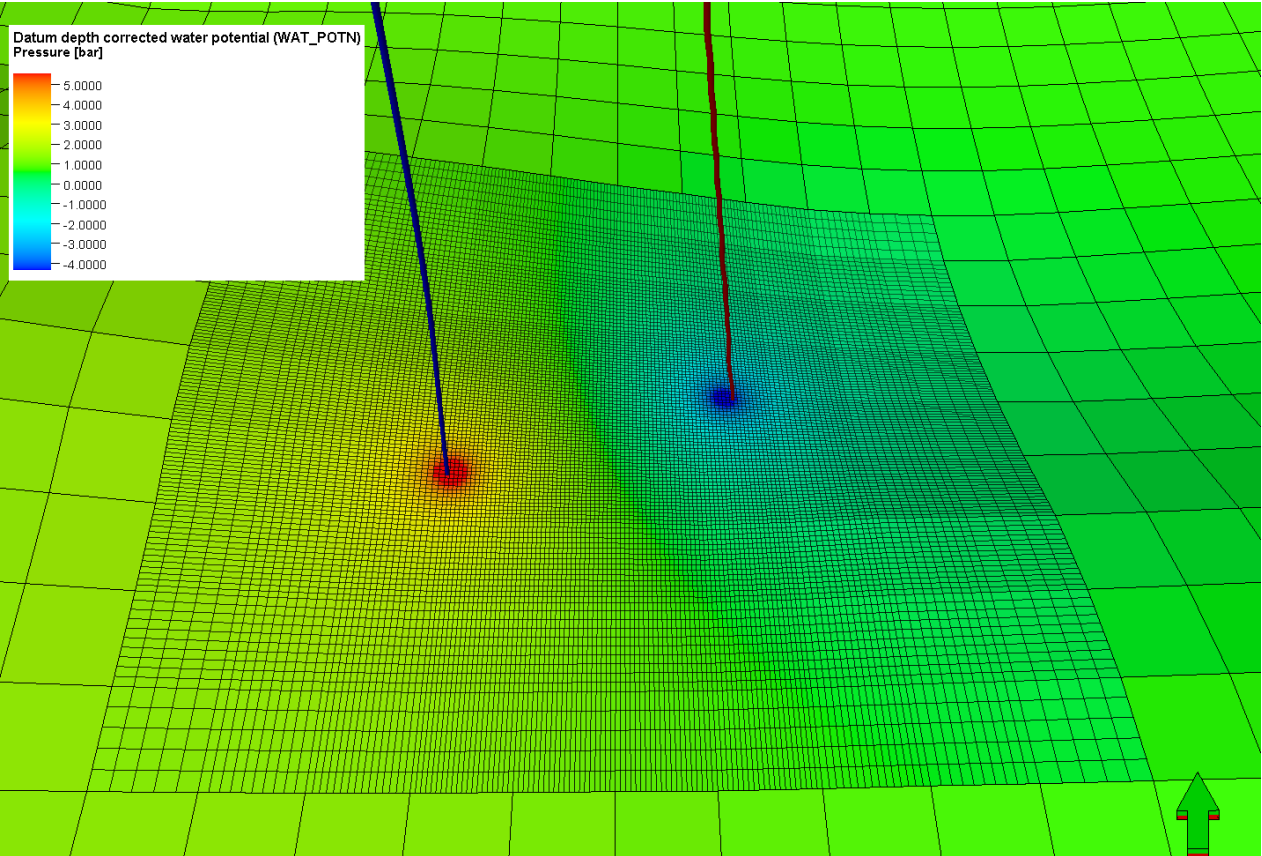
Simuleringsgrid

- Petrel, Corner Point
- Eclipse, "Finite Difference" ligningsløsning
- Forfining af gridceller omkring brønde (undgå numerisk dispersion)
- Tre scenarier; flow-barrierer vest, mellem og øst for brønde ($K'_{x,barriere} = 0.05K_x$)

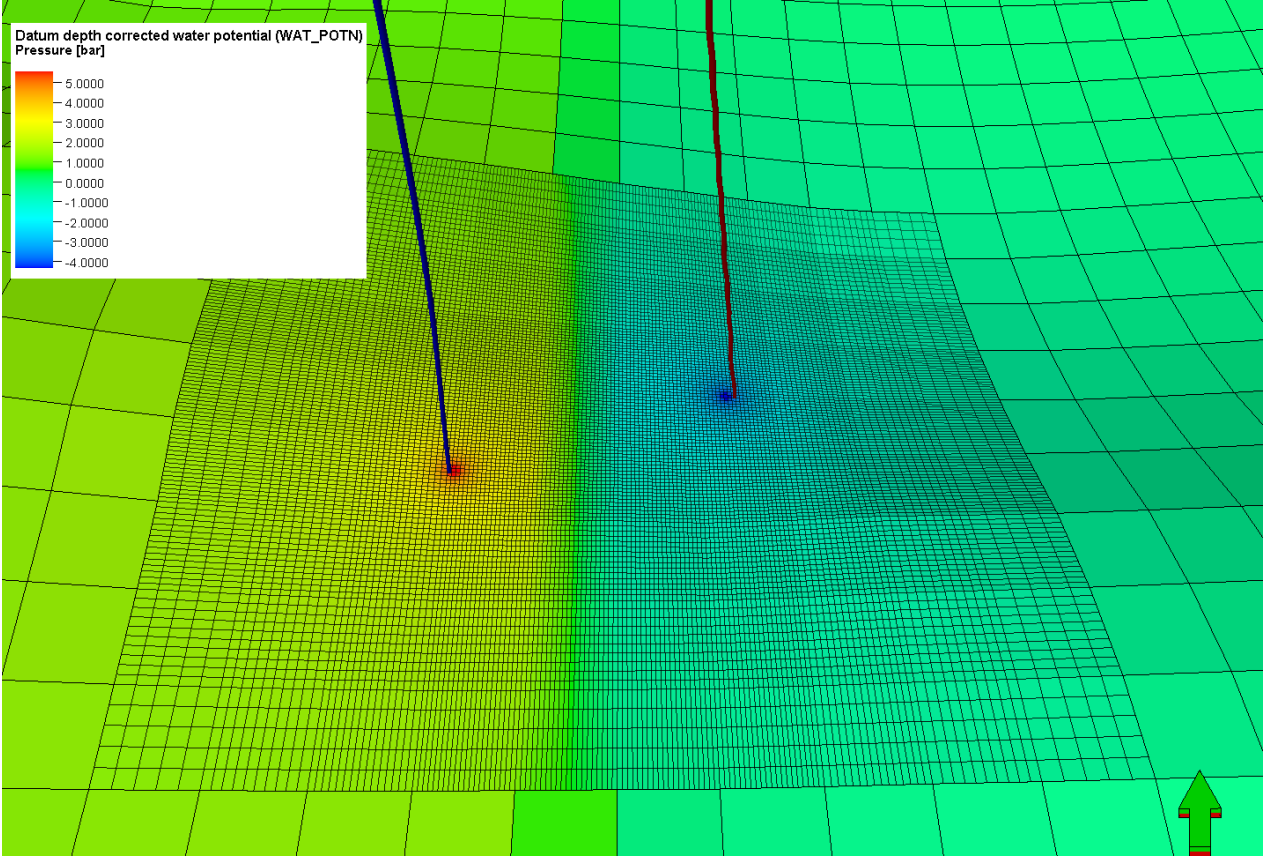


Udvikling i tryk – 3 års produktion (100 m³/h)

Ingen flow barriere mellem brønde ($K'_x = 0.05K_x$)
(Water potential)

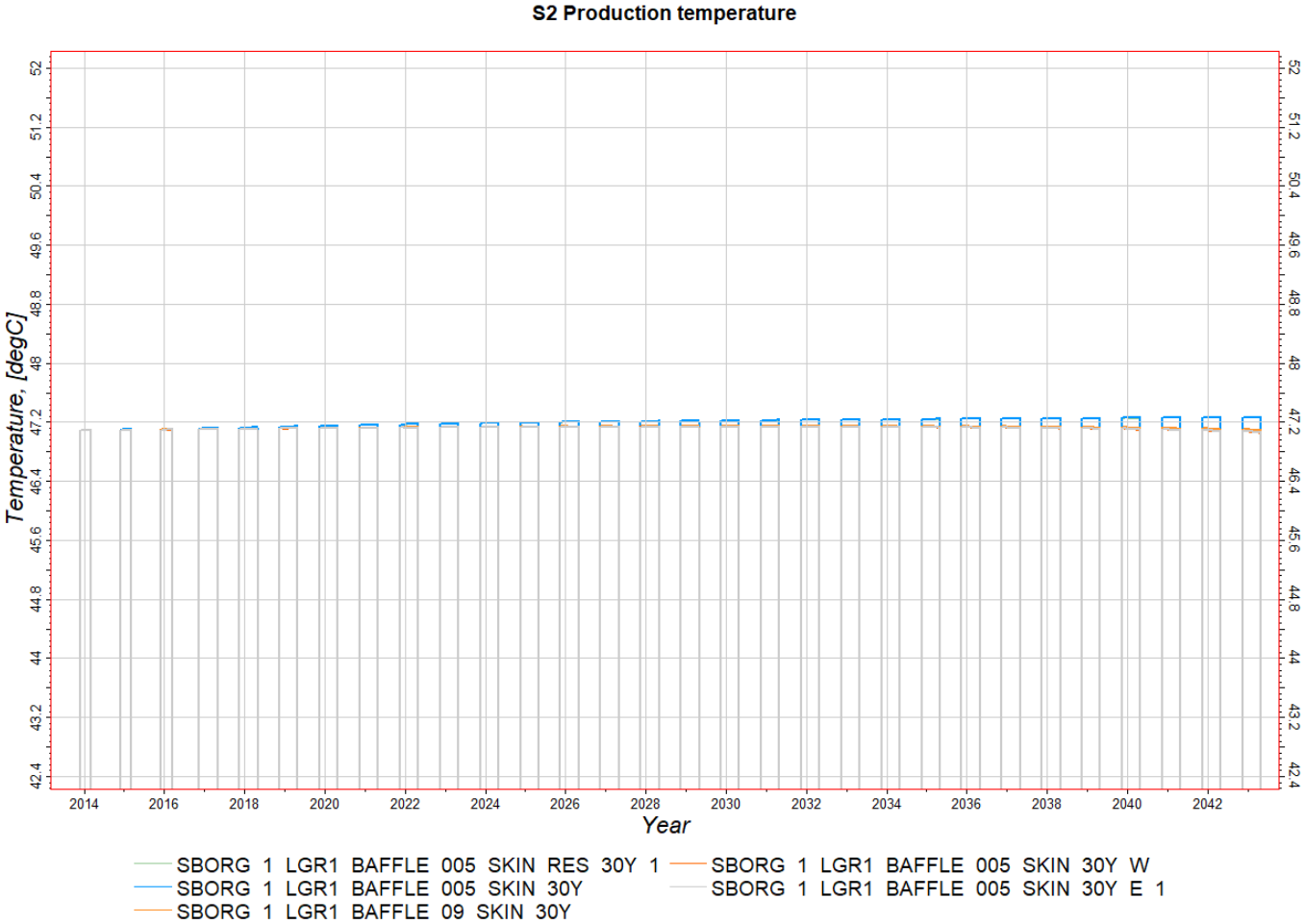


Flow barriere mellem brønde ($K'_x = 0.05K_x$)
(Water potential)



Udvikling i produktionstemperatur – 30 års produktion (100 m³/h)

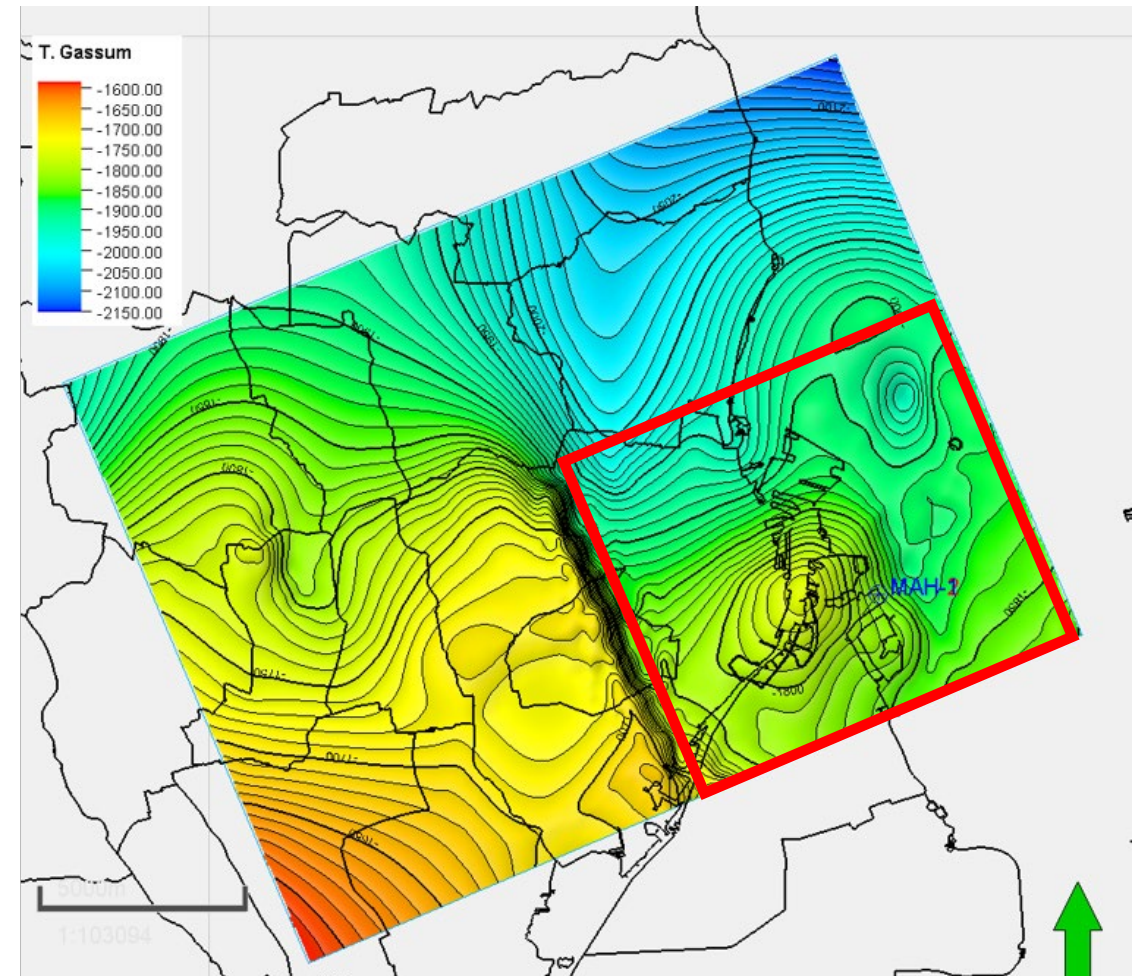
- Flow barrierer vest, øst og mellem brønde, samt ingen barrierer som reference
- Flow barriere (lukket) forhindre Kold-vands gennembrud
- Mindre stigning i produktionstemperatur pga. hældende struktur



Ressource udnyttelse – placering af nabo-anlæg (GDA eksempel)

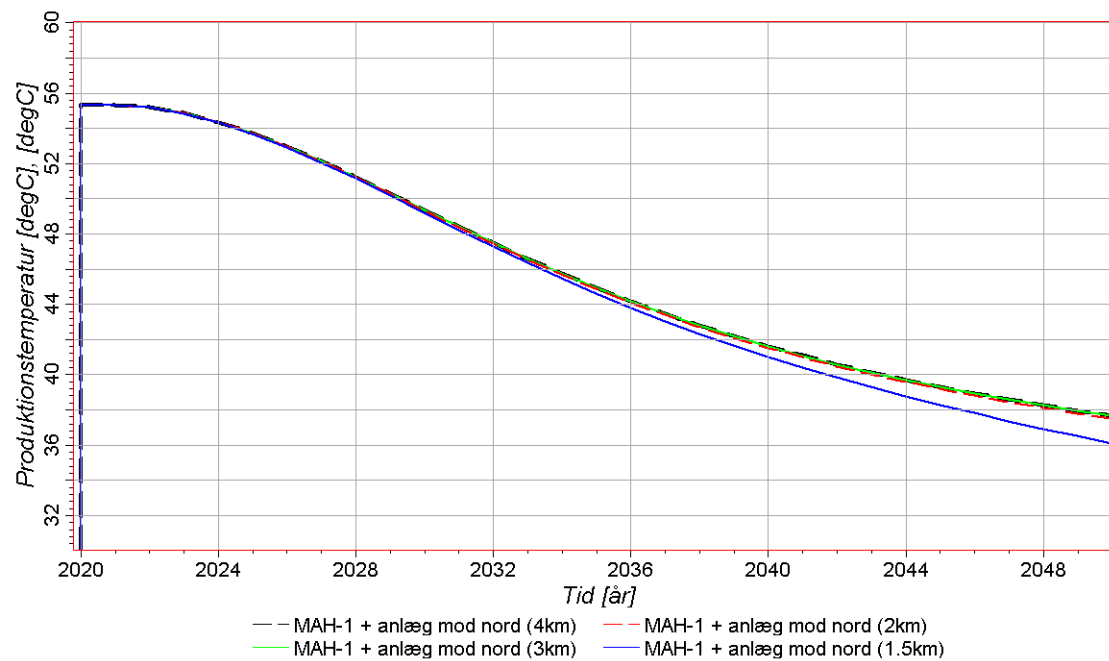
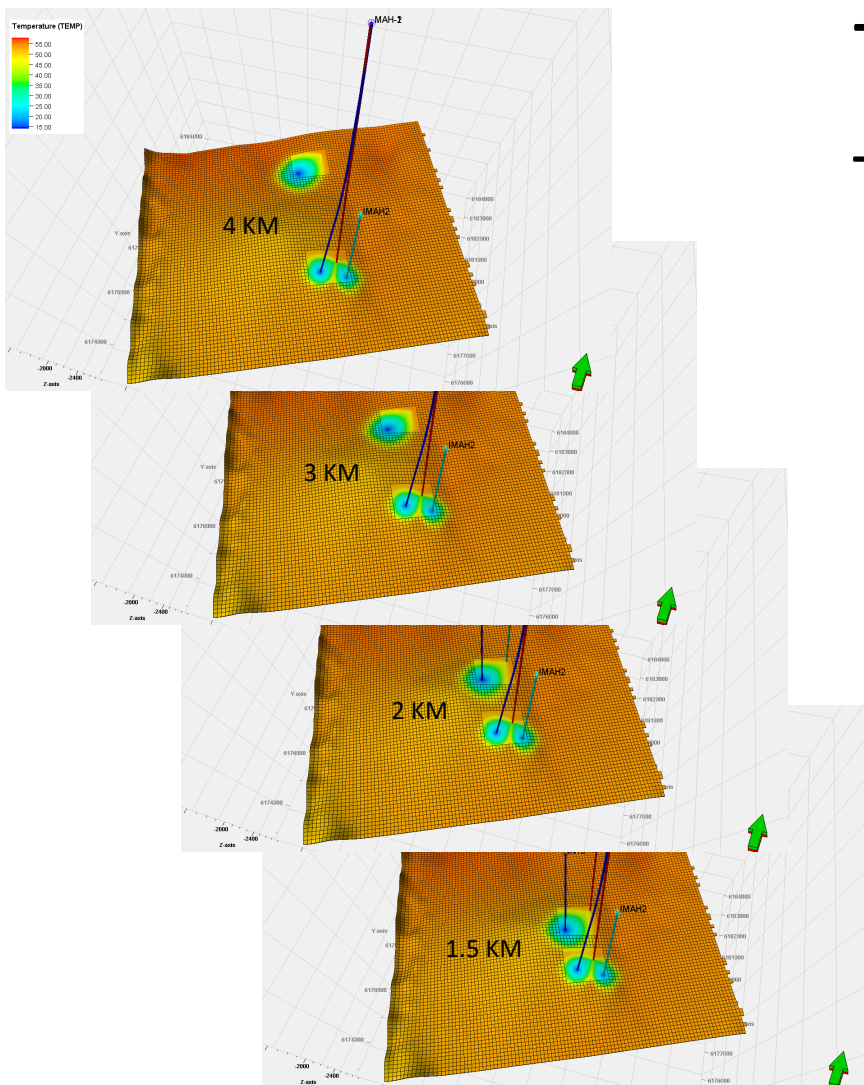
Model område (statisk – og dynamisk modellering) – Gassum Fm.

- 10 km x 8 km område omkring GDA
- Vurdering af Gassum Fm. som nyt geotermisk reservoir ved GDA
- Brøndafstand ~630 m på Gassum niveau



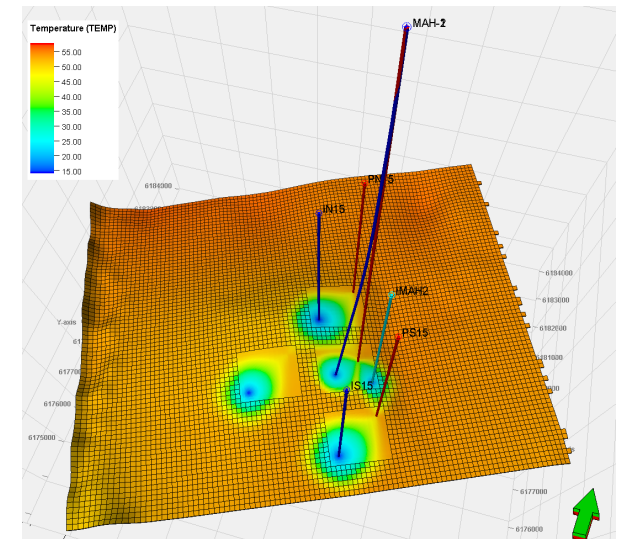
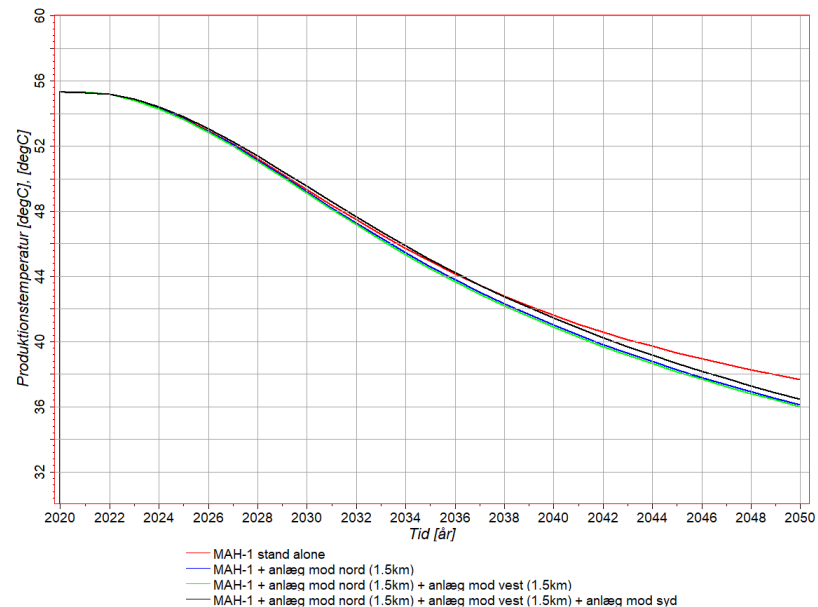
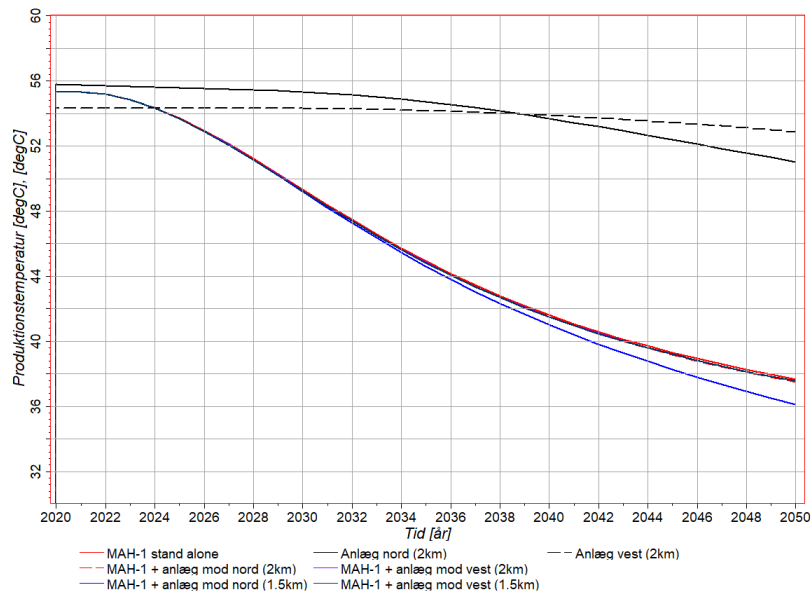
Temperatur-profiler

– påvirkning fra geotermi-anlæg nord for GDA



Placering af geotermianlæg omkring GDA

- ”Nabo-anlæg” har 1200 m brøndafstand
- Ved afstand på 1.5 km bliver de individuelle brøndkonfigurationer styrende for temperaturen
- 1 til 3 anlæg omkring GDA; afstand og brøndkonfiguration kritisk



Konklusion

- Reservoirsimulering kan bidrage til optimal placering af brønde og individuelle-/nabo-anlæg
- Geotermisk produktion robust over for flow-barrierer
- Geotermisk produktion (relativ) robust over for "nabo-anlæg"
- 1.5 km "tommelfinger-regel" kan udfordres for optimal resourceudnyttelse

Tak til Danmarks Innovationsfond for finansiering