



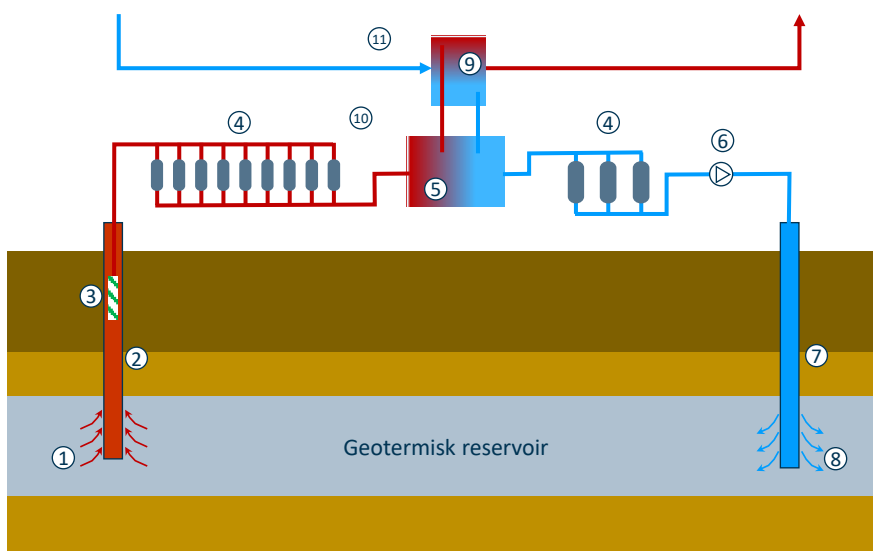
Krav til rørinstallationer og drift af geotermiske anlæg for at minimere korrosion og risiko for injektionsproblemer

Troels Mathiesen, FORCE Technology, trm@force.dk



1

Opbygning af geotermisk anlæg



Typiske materialer

Brøndrør, rørsystemer:
stål (evt. komposit)
Potentiel stor afgivelse af rust fra 3-4 km stålør hvis korrosion ikke beherskes

Sensorer, pumper, varmevekslere, filtre:
Rustfrit stål eller korrosionsbestandige legeringer



2

Arbejdspakken. Aggressivt geotermisk vand

Forstå årsag til injektionsproblem i brønde, dvs. korrosion og belægningsdannelse på stål i aggressiv saltholdig geotermisk brine

Forstudium

Gennemgang af anlæg og 30 års historik
Erfaringer fra Frankrig, Sverige og Tyskland

On-site målinger i anlæg

Dokumentere effekt af fx drift

Parameterstudier i laboratoriet

“What-if scenarier” testes uden at forstyrre drift i anlæg

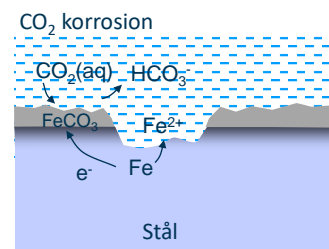
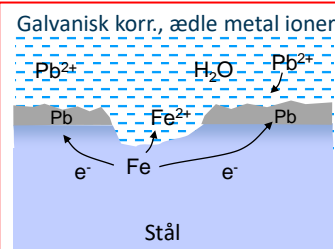
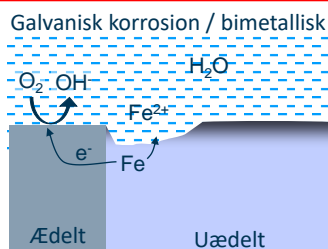
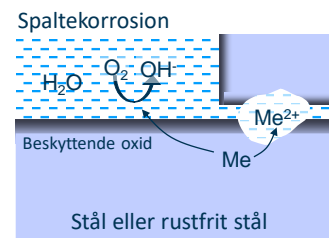
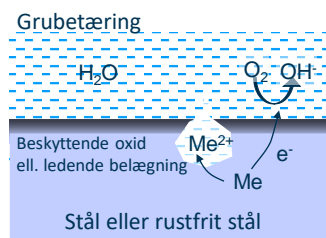
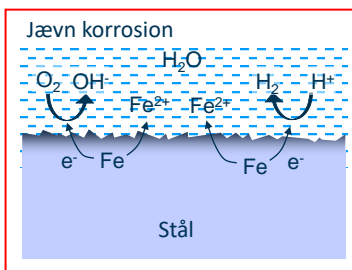
Best practice guide for the design of new geothermal plants

Best practice guide for the operation of geothermal plants to avoid corrosion



3

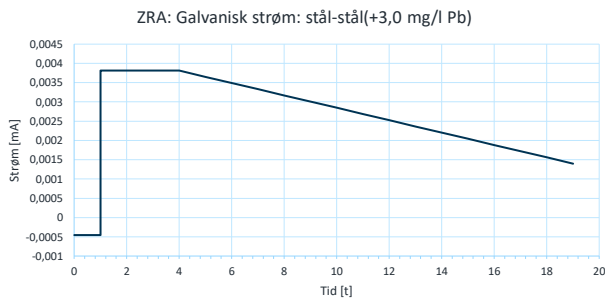
Mulige korrosionsformer i danske anlæg



4

Galvanisk korrosion pga. opløst bly

- Brine fra Bunter reservoir indeholder op til 3 mg/l Pb⁺⁺
- Galvanisk udfældning af bly giver korrosion af stål
- Mindst en gennemtæring pga. dette i Margretheholm
- Galvanisk strøm kan løbe ca. 35 rørdiametre
- Laboratorietest viser stor følsom af stål især mht temperatur mens rustfrit stål ikke påvirkes af opløst bly



Margretheholm

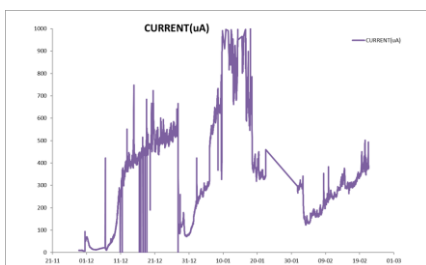


5

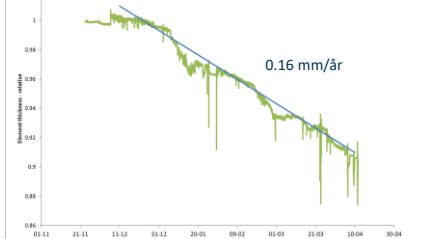
5

Korrosionsmåling ved injektionsbrønd

Galvanisk korrosionsstrøm mellem stål og messing



Elektrisk modstandsprobe (ER), tykkelsesreduktion



Korrosionshastighed af væggtabskupper

Ulegeret stål
0,1-0,3 mm/årRustfrit stål 316L
2 µm/år (mikropitting)

De tre målemetoder
viser iltindtrængning
i injektionslinjen



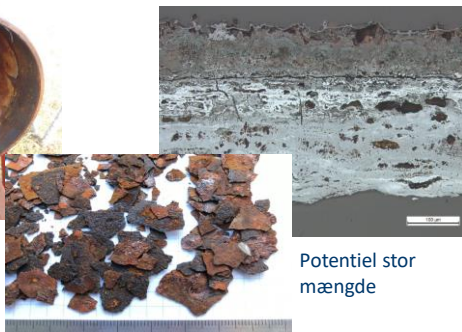
6

Overfladekvalitet i brøndrør (tubing) – et overset problem?

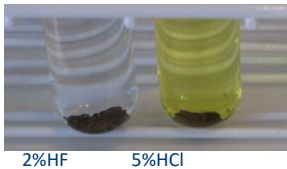
Overskydende brøndrør efter flere års opbevaring



Glødeskal falder af som rustflager



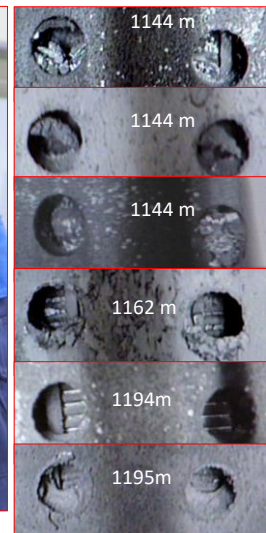
Potentiel stor mængde



2%HF 5%HCl
Sværtopløselig i syre; 24 timer, 50°C

API 5CT standard nævner ingenting om glødeskal !

Kamerainspektion af brønd



7

Vigtige resultater og konklusioner



- Forståelse af galvanisk korrosion pga. blyudfældning i Margretheholm. Injektion af korrosionsinhibitor har kun lille effekt.
- Iltindrængen i overfladeanlæg skal overvåges nøje. Høj korrosionshastighed af stål er set i et anlæg
- Rørprøve fra et anlæg efter 30 år viser at korrosion kan forebygges effektivt ved optimal drift.
- Rester af glødeskal i foringsrør kan medføre massiv partikelafgivelse med risiko for tilstopning af injektionsbrønden.
- Standarder er mangelfulde mht. krav til overfladekvalitet af foringsrør. Krav skal være strengere end i olie/gas branchen. Glødeskal skal fjernes.
- Rustfrit stål kan mindske partikkelproblem men kræver samtidig streng kontrol af iltindholdet ned til ppb-niveau.



The good

and the bad



8