

Oppgave 1

a) Se vedlegg

b) Caliper-loggen indikerer områder langs brønnen hvor utvasking og muddkake forekommer (hhv. større og mindre hull diameter).

Kan også være 'caving', oppsprekking og/eller avskalling.

Dette gjelder særlig i områdene fra 2530-2542 m, og fra 2558-2562 m, samt i mindre grad andre steder langs loggen. Økende hull diameter gjør at nedre hull utstyret ikke med sikkerhet har kontakt med brønnveggen slik at resultatene fra disse blir påvirket og forstyrrt. Særlig vil RHOB, NPHI og RT ^{instrumentene} påvirkes av dette.

c) Se vedlegg. Særlig to kontakter jeg er ute etter: GOC ved 2593 m (se forhold mellom RHOB og NPHI) og OWC ved 2605 m hvor resistiviteten synker mens alt annet ellers er likt (indikerer ledningsbærende væsker → vann!). Det gis 1 poeng for hver kontakt. Disse to er de tydeligste og mest åpenbare tilfellene i denne loggen.

Oppgave 1 forts.

d) ϕ og S_{wr} ved 2590m. Her er det gass i porerommet og sandstein ellers.

Artes: $\phi_N = 0.07 \rightarrow$ Korr: $\phi_N = 0.07 + 0.04 = 0.11$

- "-: $S_b = 2.0 \text{ g/cc}$, $R_t = 25 \Omega\text{m}$ \leftarrow 0.5p \rightarrow Korrekt avlesing \rightarrow 17%

Anta: $S_{ma} = 2.65 \text{ g/cc}$ \leftarrow sandstein / kvarts.

$$\phi_b = \frac{S_{ma} - S_b}{S_{ma} - S_f} = 0.40 \rightarrow 40\%$$
 0.5p

Anta 1g/cc selv om dette strengt tatt må beregnes fra PVT-målinger av fluidene, trykk og temperatur. Gass er kompressibelt så tettheten avhenger av disse faktorene.

Gass-korreksjon:

$$\phi_{gc} = \sqrt{\frac{0.40^2 + 0.11^2}{2}} = 0.29 \rightarrow 29\%$$
 0.5p

Fra krossplott (se vedlegg): $\phi_x = 30\%$ 0.5p

Vannmetning bruker Archies lov: $S_{wr} = \sqrt{\frac{FR_{wr}}{R_t}}$ hvor $F = \frac{a}{\phi^m} = \frac{0.62}{0.30^{2.15}} = 8.3$ Vedlegg 0.5p

R_{wr} finner man fra resistivitets krossplottet. Ved å følge 35000 ppm-linjen og 90°C vertikalt kann man lese av $R_{wr} = 0.075 \Omega\text{m}$ 0.5p

Slik at ved å lese av R_t er alt kjent og metningen kann beregnes

$$S_{wr} = \sqrt{\frac{8.3 \cdot 0.075 \Omega\text{m}}{25 \Omega\text{m}}} = 16\%$$

Oppgave 1

3

e) Net sand er en indikasjon på hvilke deler av formasjonen man kan produsere fra på en lønnsom måte med konvensjonelle teknikker.

Dette karakteriseres ved: $\phi > 10\%$, $v_{cl} < 40\%$ og $k > 0.05 \text{ mD}$. De presise verdiene her kan diskuteres siden dette med lønnsomhet og produksjonsteknikker kommer inn i definisjonen av NET SAND.

f) 1) Anta at G_{Rmin} er fra en ren sandone (100%) UTEN påvirkning av leire.

2) På samme måte at G_{Rmax} består KUN av 100% leire.

3) Antar at radioaktiviteten til leiren som er i undersjønnen er den samme gjennom hele laggen (per masse) slik at dekkes den relative forskjellen mellom leire/sand innhold som påvirker laggen.

4) Antar at instrumentet og målingene er lineære og at andre ikke lineære effekter spiller inn

Da gjelder følgende:

$$G_{R_{2550m}} = (1 - v_{cl}) G_{R_{MAX}} + v_{cl} G_{R_{MIN}} \Rightarrow v_{cl} = \frac{G_{R_{2550m}} - G_{R_{MIN}}}{G_{R_{MAX}} - G_{R_{MIN}}}$$

Hvis man leser av RIKTIG kan v_{cl} beregnes $\sim 50\%$

g) Geotermisk gradient

↑ "jorden" ↑ "Temperatur" ↗ "Forskjell over en lengde"

↳ Registrerer at mange studenter ikke forstår ordene.

↳ Jeg spør ofte hvor mye temperaturen endres per meter / km / 100m.

Vi har oppgitt 90°C ved f.eks 2550 m dyp (z)

$$\frac{dT}{dz} = \frac{T - T_0}{z - z_0} = \frac{90^\circ\text{C} - 4^\circ\text{C}}{2550 - 0 \text{ m}} \Rightarrow \underline{33^\circ\text{C/km}} \Leftrightarrow \underline{3.3^\circ\text{C}/100\text{m}} \Leftrightarrow \underline{0.03^\circ\text{C}/\text{m}}$$

Notat:

Fasiten er overdrevet, i den forstand at jeg IKKE forventer at studentene skal svare like utførlig på hver oppgave. Fasiten skal hjelpe studentene i de kommende årene til å forstå stoffet bedre.

Rørbrannmodell

Oppgave 2

a) Totalvolum: $V_T = \pi R_B^2 L = \pi (2 \text{ cm})^2 \cdot 6 \text{ cm} = \underline{754 \text{ cm}^3}$

Pore volum: $V_p = \pi R_R^2 L \cdot 10 = \pi (0.3 \text{ cm})^2 \cdot 6 \text{ cm} \cdot 10 = \underline{169 \text{ cm}^3}$

Porositet: $\phi = \frac{V_p}{V_T} = \underline{22.5\%}$
↑
·100

b) Parallellkobling av rør. Da gjelder: $I_T = I_{ma} + I_p$
↑ ↑ ↑
Total strøm Matrix Porer/rør

Ohms lov gjelder:

$$\frac{U_T}{r_t} = \frac{U_T}{r_{ma}} + \frac{U_T}{r_p} \Rightarrow \frac{1}{r_t} = \frac{1}{r_p} \Rightarrow r_t = r_p$$

0 siden $r_{ma} = \infty \Omega$ ↑
Resistans

Innfører forholdet mellom resistans og resistivitet som: $r = R \cdot \frac{L}{A} = R_w$ (resistiviteten til vannet!)

$$\Rightarrow R_t \frac{L}{A_t} = R_p \frac{L}{A_p} = \frac{R_w}{\phi A_t}$$

Forenkler

$$\Rightarrow \frac{R_t}{R_w} = \boxed{F = \frac{1}{\phi}}$$

$A_p = \phi A_t$ (Tverrarealet til rørene er gitt ved porositet x total areal)

Definisjon av formasjonsfaktoren.

c) Da blir sementeringskoeffisienten $m=1$ og litologifaktoren $a=1$ (TESTER BEGREPSFORSTÅELSE HOS STUDENTEN).

d) 50.000 ppm kalsvarene $R_w = 0.14 \Omega m$. (se vedlegg)

Resistiviteten til prøven vil være

$$R_t = F \cdot R_w = 4.44 \cdot 0.14 = \underline{0.62 \Omega m}$$

Resistansen blir (BRUK SI-enheter, dvs meter)

$$r = R_t \frac{L}{A} = 0.62 \cdot \frac{0.06}{\pi \cdot 0.02^2} = \underline{30 \Omega}$$

e) Prøven mette, med 15 ml dje og resten vann.

$$S_w = \frac{16.9 \text{ ml} - 15 \text{ ml}}{16.9 \text{ ml}} = \frac{V_w}{V_p} = \underline{0.115}$$

Formasjonsfaktoren er den samme $F = \frac{1}{\phi} = \underline{4.44}$

Archie beskriver forholdet mellom F , S_w , R_w og R_t .

$$S_w = \sqrt{\frac{F R_w}{R_t}}$$

I denne oppgaven etterspøres R_t , og siden F , S_w , R_w er kjent kan ligningen omskrives at

$$R_t = \frac{F \cdot R_w}{S_w^2} = \frac{4.44 \cdot 0.1 \Omega m}{(0.114)^2} = \underline{33 \Omega m}$$

Saltmetringen kan man finne via vedlagte x-plott:
70.000 ppm.

Veldig mange studenter leste av 100.000 ppm, hvilket er feil fordi man dermed viser at man ikke har tenkt på temperaturen.

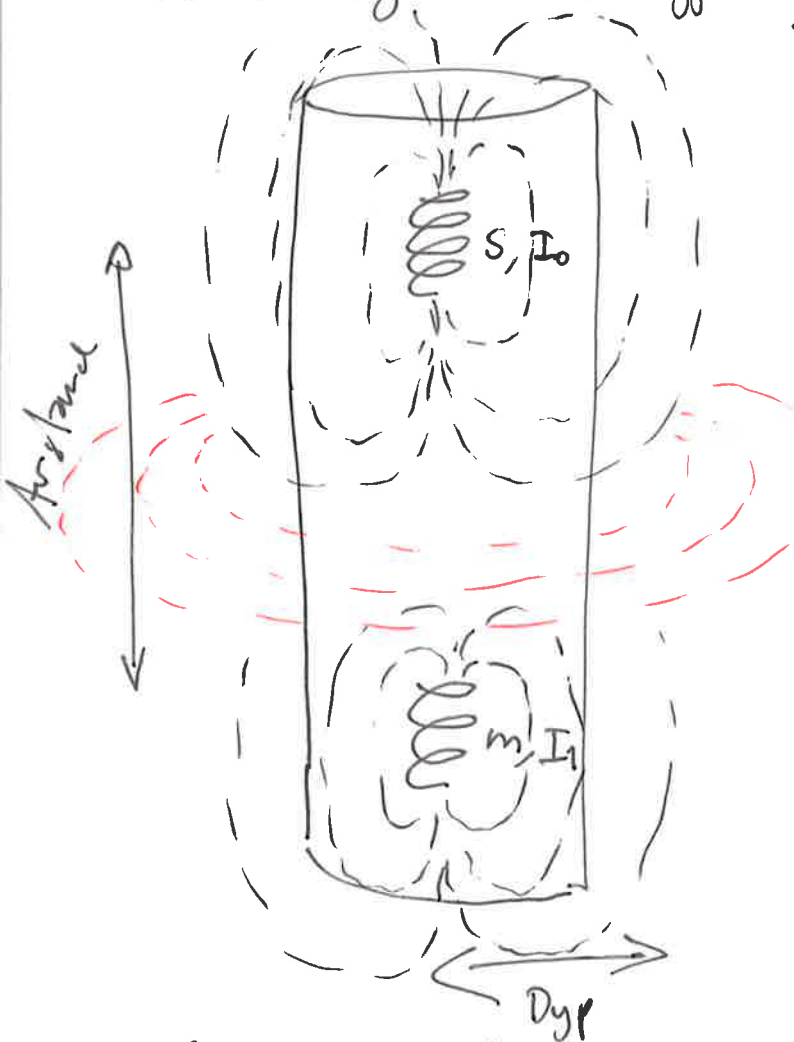
f) Samme fluid ved 100 °C kan ENTEN beregnes eller avleses

$R_w = 0.04 \Omega m$ fra krossplottet. Da blir

$$R_t = \frac{4.44 \cdot 0.04}{0.114^2} = \underline{13 \Omega m}$$

Oppgave 3.

- a) Elektromagnetisk felt indueres ved å sende en strøm med strømstyrke I_0 gjennom sendespolen (s)



Det elektromagnetiske feltet setter opp en sirkulær strøm i formasjonen med strømstyrke I_f , hvilket inducerer et sekundært felt i mottaker- spolen som inducerer I_f en strømstyrke I_1 .

I_1 er proporsjonal med I_f hvilket er invers proporsjonal med resistiviteten til formasjonen.

Ved hjelp av kalibrerings-

eksperiment kan man estimere resistiviteten i formasjonen ved å se på forholdet mellom den sendte og mottatte strømstyrken. $R \propto (I_1/I_0)^{-1}$

Hvis man planerer flere spoler med ulike avstand fra hverandre vil man kunne estimere resistiviteten ved ulike dyp inn i reservoaret.

Større avstand \Rightarrow Dypere inn i reservoaret.

b) Fra figuren leser vi av:

$$R_{ID} = 1.0 \Omega_m \pm 0.1 \Omega_m$$

$$R_{SFL} = 8 \cdot \Omega_m \pm 1 \Omega_m$$

$$R_{IM} = 1.7 \Omega_m \pm 0.3 \Omega_m$$

Usikkerhet i avlesing

Flere studenter klaver ikke lese av logaritmske akser riktig. Det taper de på. Unødvendig å ikke lære seg dette...

Se på forhold mellom tallene:

$$\frac{R_{SFL}}{R_{ID}} = \frac{8}{1.0} = 8 \quad \leftarrow \text{y-aksen i krossplottet}$$

$$\frac{R_{IM}}{R_{ID}} = 1.7 \quad \leftarrow \text{x-aksen i krossplottet.}$$

SFL - spherically focused

ID - Induction deep

IM - Induction medium.

Leser av at $\frac{R_z}{R_{ID}} \approx 0.65$ slik at $R_z = R_{ID} \cdot 0.65 = \underline{\underline{0.65 \Omega_m}}$

* Estimert fra nærmeste R_z/R_{ID} -linje.

c) Virkemåke caliperlogg \rightarrow se boka og forelesningsnotater.

Brukes til å avlese brønn diameter. Brønn diameter er viktig for kvalitet til loggene.

Når man borer brøsker man ofte å gjøre det med et høyere bunnhullstrykk er poretrykket i porose formasjoner (for å unngå kick). Borevæsken presses da mot den porose formasjonen slik at den skilles i et mudfiltrat (væske) som trenger inn i formasjonen mens en mudkake legges igjen på veggen.

d) Virkemåke: Se boka og forelesningsnotater. %

Utvasking: Når formasjonen løses opp (leire eller salt f.eks) og blir transportert med borevesken sammen med cuttings. Evaporitter/salt.

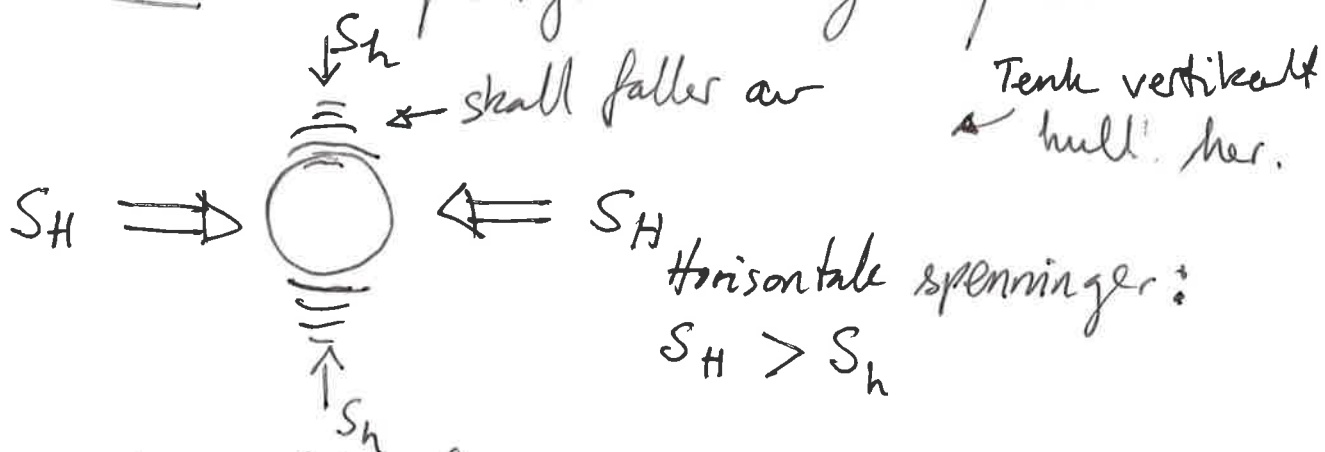
Caving: I bunnen og grunn det samme som utvasking.

Nøkkelhullshade: Når brønnvånen endres eroderer borestroengen på ene siden av brønnen når borestroengen skyves inn i formasjonen eller trekkes ut.

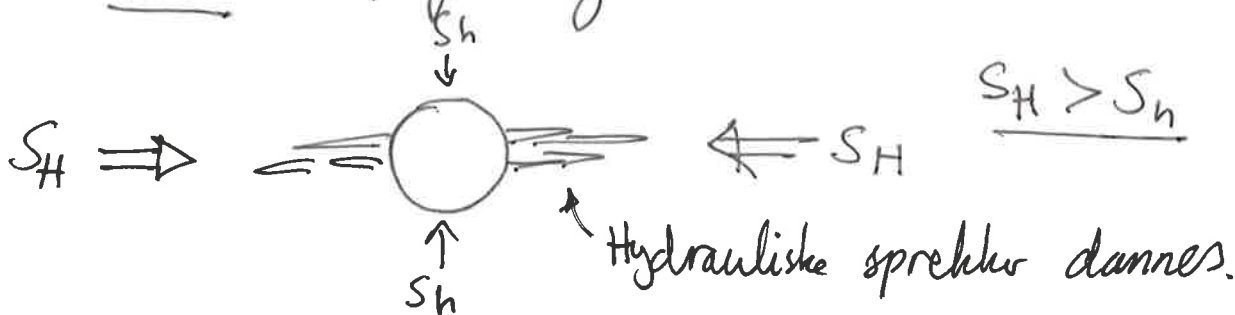


e) Avskalling og oppsprekking er to ^{andre} måter borehull vil kunne kollapset på.

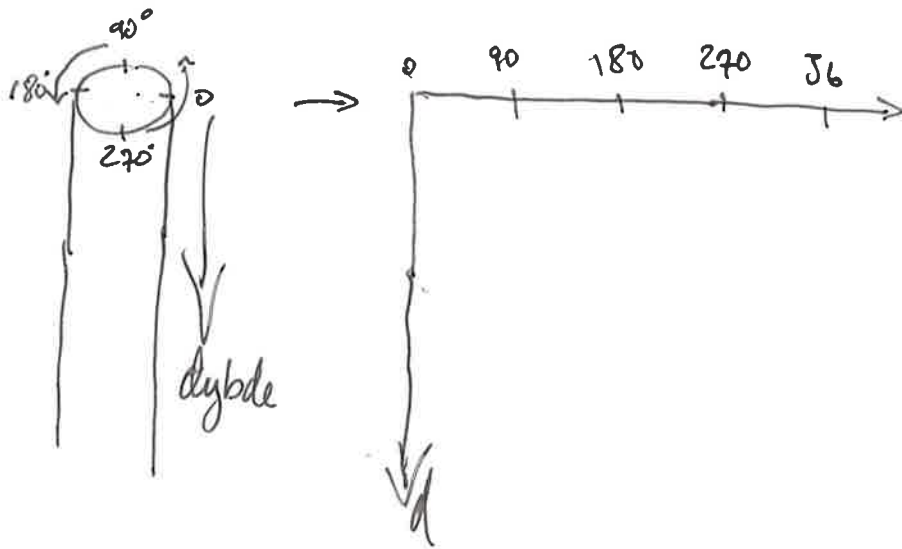
→ Avskalling vil forekomme ved brunnhullstrykk som er lavere enn poretrykket i formasjonen



→ Oppsprekking vil kunne forekomme dersom brunnhullstrykket er større enn poretrykket i FM.



f) Image-log brukes til å representere et 360° bilde av boreveggen. Det kan leses på flere log-typer (caliper, mikro resistivitet, etc).

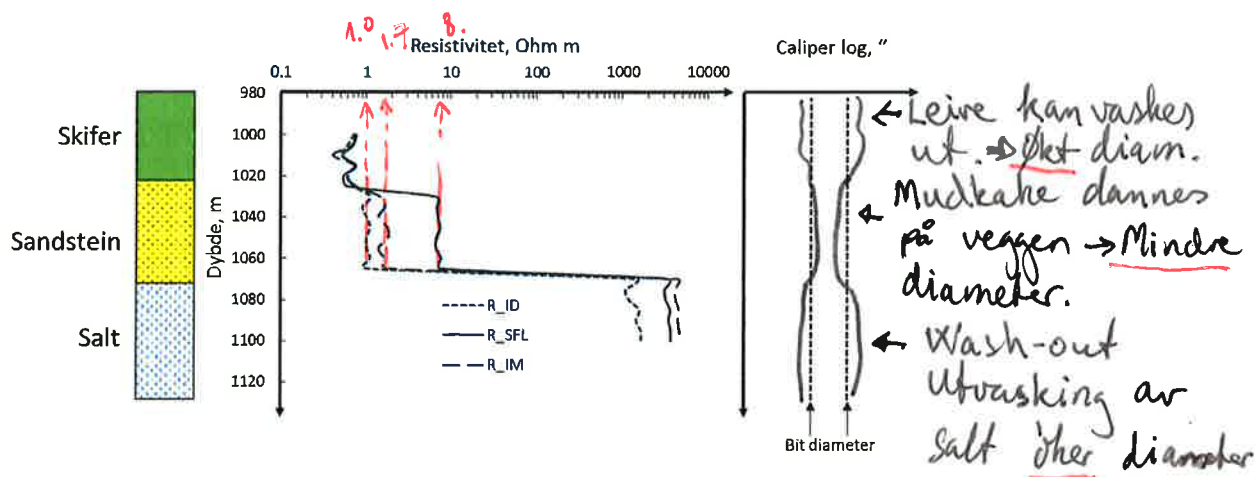


Brukes til å finne sprekkeretninger ved XLDT tester for eksempel. Sprekkeretningene er dominert av spenningsforholdene i reservoaret. Hvordan ble forklart i e).

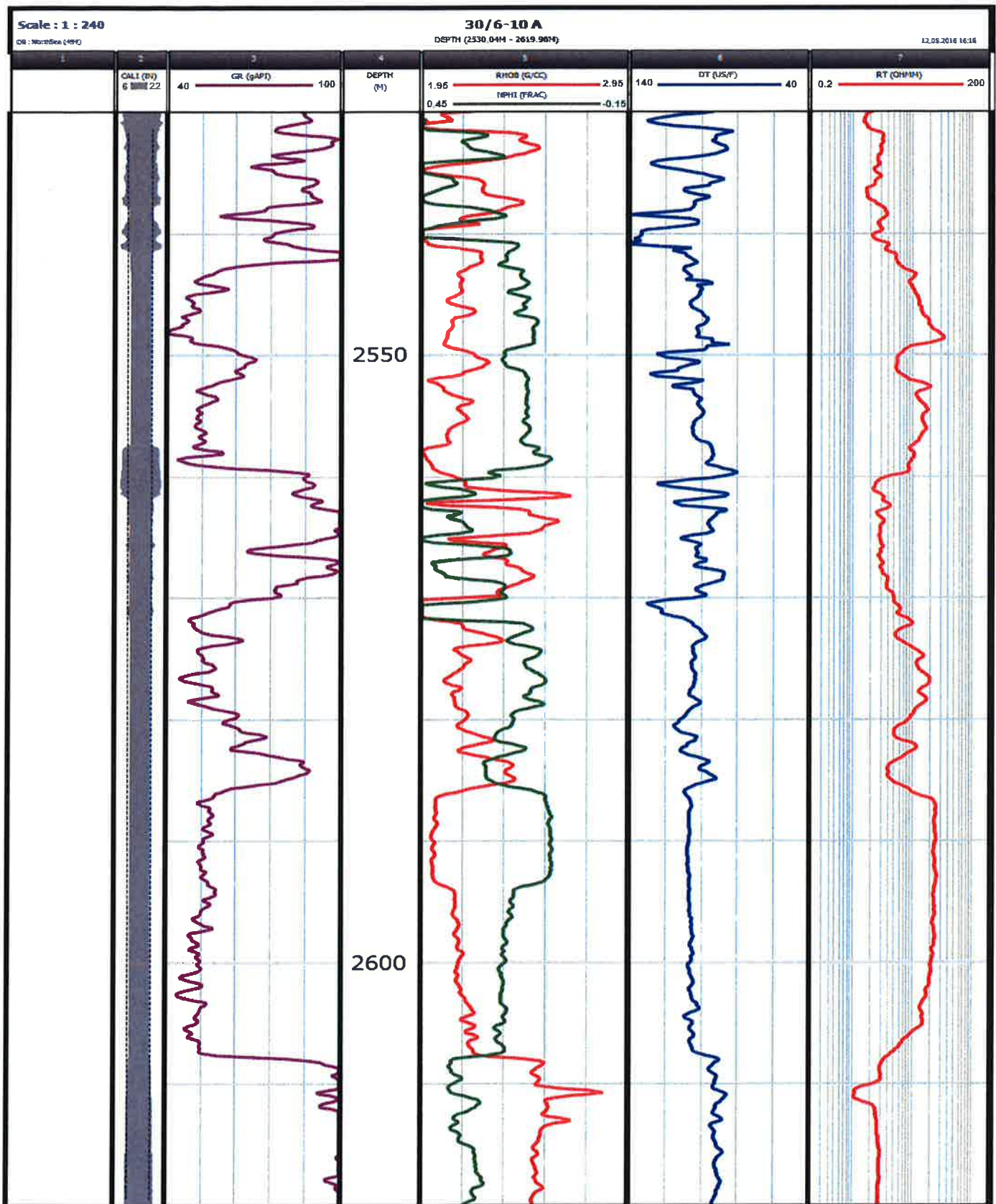
Oppgave 3. Elektrisk motstand fra induksjonslogg. Caliperlogg

I denne oppgaven ser vi på induksjonslogg for elektriske resistivetsmålinger i nærbrønnsområde (sfærisk fokusert, R_{SFL}), medium distanse ute fra brønnen (induksjonslogg medium, R_{IM}), og dypt inne i formasjonen (induksjonslogg deep, R_{ID}). Anta at brønnen ble borret med vannbasert slam med en lavere salinitet enn formasjonsvannet.

- Beskriv ved hjelp av en enkel skisse virkemåten til en induksjonslogg og si litt om hvordan man kan estimere resistiviteten ved ulike dybder inn i formasjonen rundt borehullet. (1p)
- Les av verdiene i Figur 2 samt vedlagte kart til å bestemme midlere R_t i sandsteinsonen ved 1030 - 1060 m. (2p)
- Forklar forholdet mellom filtrat og mudkake og tegn en forventet respons til en caliperlogg i utsnittet til høyre i figuren for *hele* litologien i Figur 2. (1p)
- Forklar med en enkel skisse virkemåten til en kaliperlogg og beskriv begrepene utvasking ('wash-out'), caving og nøkkelhullskade. (1.5p)
- Beskriv forholdet mellom henholdsvis avskalling og oppsprekking og når dette vil kunne forekomme rundt en brønn. (1.5 p)
- Beskriv kort hva en imagelog er. I en imagelogg av en kalipermåling, hvordan relaterer sprekkeretningene seg til de horisontale hovedspenningene rundt en vertikal brønn? (1p)

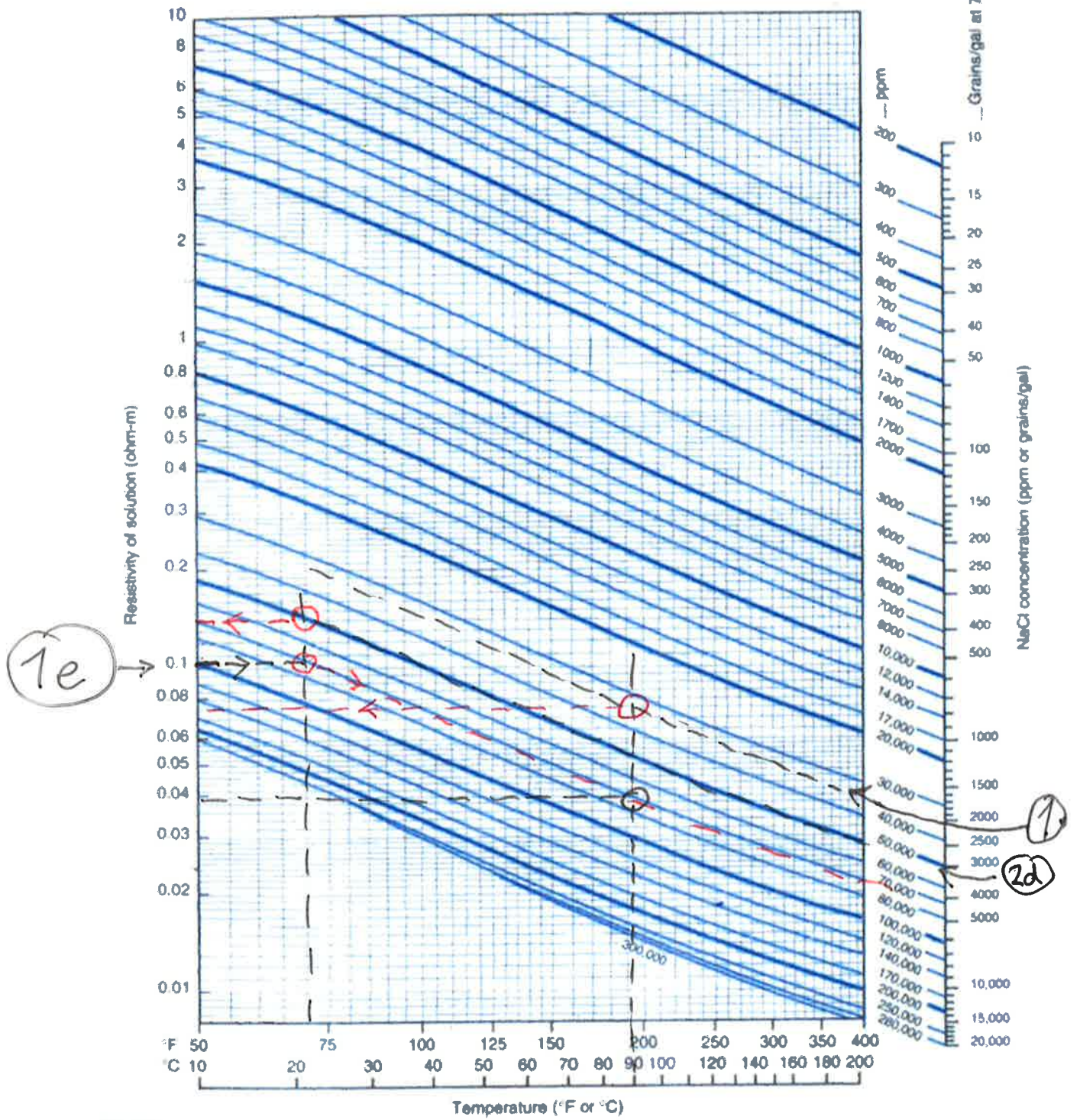


Figur 3. Resistivetslogg fra induksjonslogg. Tegn inn caliper og selvpotensialet.



Figur 1. Logg for oppgave 1.

Conversion approximated by $R_2 = R_1 [(T_1 + 6.77)/(T_2 + 6.77)]^{1.8}$ or $R_2 = R_1 [(T_1 + 21.5)/(T_2 + 21.5)]^{1.8}$

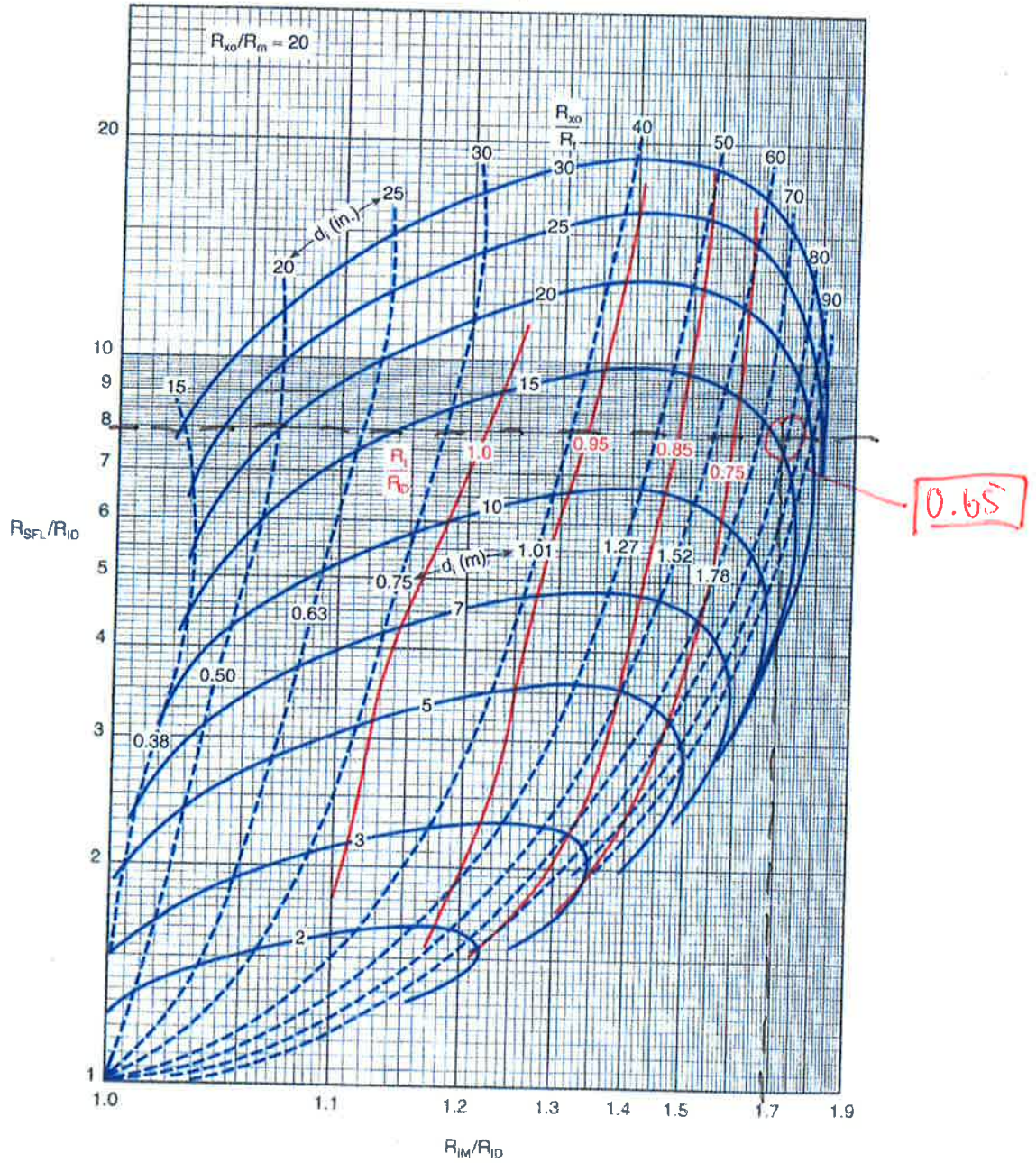


Schlumberger

Figur 4. Krossplott av salinitet, resistivitet og temperatur.

DIL* Dual Induction-SFL* Spherically Focused Resistivity Log
ID-IM-SFL

Thick beds, 8-in. [203-mm] hole, skin-effect corrected,
DIS-EA or equivalent



*Mark of Schlumberger
© Schlumberger

Figur 6. Induksjonslogg for avlesing av R_t/R_{ID} .

Porosity and Lithology Determination from Litho-Density* Log and CNL* Compensated Neutron Log

For CNL curves after 1986 labeled TNPH

CP-1a

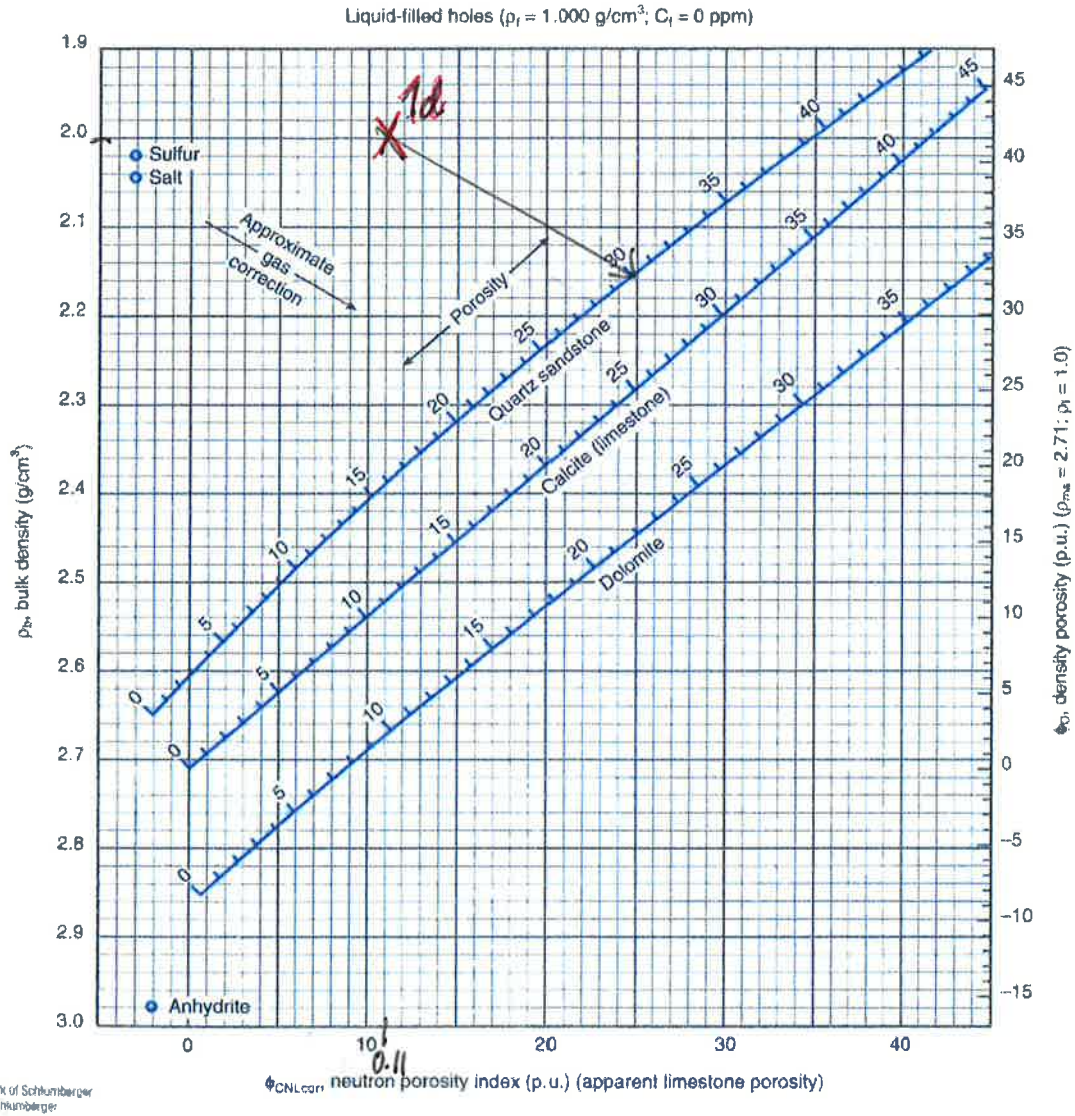


Figure 5. Krossplott av tetthetslogg og nøytronporositetslogg. Porositet og litologi kan leses av.