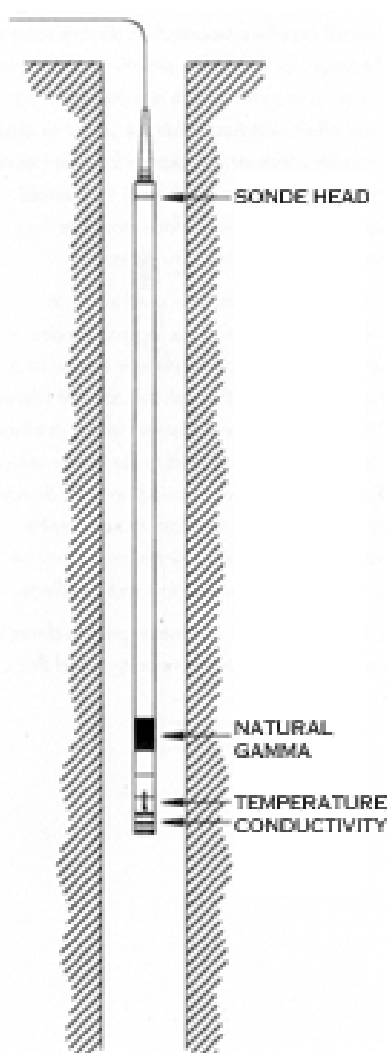


METODEBESKRIVELSE TCN-sonde.

LOGGING TEMPERATUR, ELEKTRISK LEDNINGSEVNE, NATURLIG GAMMA.

Måling av temperatur, vannets ledningsevne og naturlig gammastråling kan gi verdifull informasjon ved en rekke undersøkelser. Temperatur benyttes tradisjonelt i varmestrømsstudier og vurdering av energiuttak, men kan også gi verdifull informasjon om vanninnslag knyttet til sprekker i fjell. Vannets ledningsevne er viktig for studie av vannkvalitet, men også her er det mulig å få indikasjoner om vanninnslag fra sprekker. Naturlig gamma-stråling gir informasjon om litologi da forskjellige bergarter har forskjellig innhold av de naturlig forekomne radioaktive elementene uran, thorium og kalium. Temperatur, vannets ledningsevne og gammastråling logges med en og samme sonde, ofte kalt TCN-sonde, med en loggehastighet på 3 m/min. Enhetene for de målte størrelser er henholdsvis grader celsius (°C), mikro-Siemens pr. centimeter ($\mu\text{S}/\text{cm}$) og tellinger pr. sekund (counts pr second, cps).



Temperatursensoren produserer en elektrisk strøm som er proporsjonal med temperaturen. Selve sonden er plassert i et kammer nederst på sonden hvor vannet strømmer igjennom. Målenøyaktigheten ved NGUs sensor er oppgitt til $\pm 0,5$ °C, men erfaring tilsier at denne kan være bedre. Sondene kan benyttes i temperaturintervallet 0 til 70 °C.

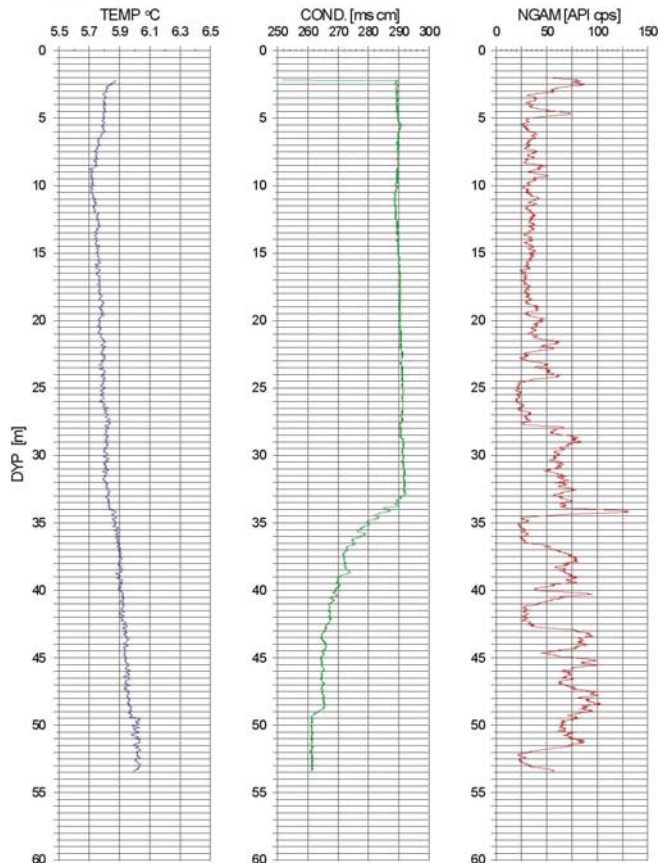
Ledningsevnen i vannet måles ved å måle strømmen i en vannfylt celle. Strømstyrken er avhengig av ledningsevnen og det kan måles i området 50 – 50,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nøyaktigheten er angitt til $\pm 2,5$ % ved 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Naturlig gammastråling måles med en NaI-krystall (sylinder) som måler 50 mm x 25 mm. NGUs utstyr har ikke mulighet til å skille mellom de forskjellige elementene som gir naturlig stråling (U, Th og K). Måleenheten er counts per second API standard (API cps). API er en felles internasjonal standard som sonden er kalibrert etter, slik at målinger med forskjellig utforming kan sammenlignes.

Forandring i vanntemperatur og elektrisk ledningsevne indikerer innstrømning av vann i hullet med andre egenskaper enn i brønnen forøvrig. Dette kan igjen tyde på åpne sprekker. Temperaturgradienten mot dypet har betydning for grunnvarmekapasiteten. Økt ledningsevne betyr økt ioneinnhold i vannet. Lavere ledningsevne kan tyde på innstrømning av overflatevann, da slikt vann vanligvis har noe lavere ioneinnhold enn vann som har oppholdt seg lenge i fjellet. Kravet til drikkevann er en ledningsevne mindre enn 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Figur 1 viser eksempel på logg.

Figur 1: TCN-sonde

Med gammalogg kartlegges den naturlige gammastrålingen (totalstråling) langs borehullet. Forandringer i gammastråling er knyttet til endringer i geologien og den mineralogiske sammensetningen i bergartene. Det er i hovedsak elementene kalium, uran og thorium som gir gammastråling. Mest vanlig er kalium som finnes i feltspat. Feltspat (kalifeltspat) er et mineral som finnes i de vanligste bergartene. Sandstein, f. eks., har liten gammastråling (mye kvarts), mens noen granitter har sterkere stråling da de inneholder feltspat og i enkelte tilfeller uran og thorium. Alunskifer har høy stråling da den inneholder mye uran.



Figur 1. Temperatur-, ledningsevne- og gammalogg fra borehull. Litt høyere temperatur dagnært skyldes påvirkning fra solinnstråling. En svak økning ved 33 m kan skyldes innstrømming av vann med høyere temperatur. En tydelig nedgang i den elektriske ledningsevnen ved samme dyp indikerer det samme. Mest sannsynlig er det overflatevann som strømmer inn gjennom en åpen sprekk. Gammaloggen viser stor variasjon fra 20 m. Dette skyldes trolig varierende feltspatinnhold (kalium)

Eksempler på målte verdier er vist i tabell 1.

Bergart	Ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Naturlig gamma (API cps)
Alunskifer, Oslofeltet	1000 – 1300	1000 – 2000
Rombeporfyr, Oslofeltet	200 – 220	150 – 200
Syenittporfyr, Oslofeltet	30 – 140	100 – 120
Kalkskifre, Oslofeltet	270 – 600	40 – 80
Sandsteiner, Oslofeltet	180 – 230	30 – 80
Basalt, Oslofeltet		15 – 30
Diabas, Oslofeltet		15 – 20
Gneis, grunnfjell	40 – 350	20 – 100
Dioritt, grunnfjell	300 – 350	10 – 20
Grønnstein, Trondheim	200 – 400	5 – 25
Trondhemitt, Trondheim	300 – 400	40 – 50
Kvartsdioritt, Nordvestlandet	Saltvannsinnregning	50 – 100

Tabell 1: Eksempler på målte verdier for vannets elektriske ledningsevne og naturlig gammastråling (cps API-standard) fra målinger utført av NGU frem til 2006.