



GEOLOGI FOR SAMFUNNET

SIDEN 1858




**NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE**
· NGU ·

NGU RAPPORT 2021.015

Sammenstilling av resistivitet,
seismiske hastigheter og naturlig
gammastråling i norske bergarter.
Oppdatering av NGU Rapport 2011.042



Rapport nr.: 2021.015	ISSN: 0800-3416 (trykt) ISSN: 2387-3515 (online)	Gradering: Åpen	
Tittel: Sammenstilling av resistivitet, seismiske hastigheter og naturlig gammastråling i norske bergarter. Oppdatering av NGU Rapport 2011.042			
Forfatter: Harald Elvebakk, Bjørn Eskil Larsen		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke:		Kommune:	
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 103	Pris: kr 225
		Kartbilag:	
Feltarbeid utført: 1999 - 2021	Rapportdato: 1.6.2021	Prosjektnr.: 329500	Ansvarlig: 
Sammendrag: I samarbeidsprosjektet "Forbedrede Forundersøkelser for Utbygging Tunneler (ForForUT)", mellom NGU og Vegdirektoratet, har en av oppgavene vært å sammenstille verdier for resistivitet, seismiske hastigheter og naturlig gammastråling i norske bergarter. Dette er gjort ved å gå gjennom data fra ca. 200 borehull som er logget av NGU siden år 2000, og frem til våren 2021. Hensikten har vært å finne standardverdier for resistivitet, seismisk hastighet og gammastråling i massiv bergart som ikke er oppsprukket. Både resistivitet og seismisk hastighet viser en nedgang ved økt oppsprekking og økt vanninnhold. Ved rutinemessige målinger av resistivitet og seismisk hastighet kan dermed måleresultatene sammenlignes med standardverdier og en kan få et begrep om fjellkvaliteten med hensyn til stabilitet. Andre parametere som påvirker resistiviteten er innhold av elektronisk ledende mineraler (grafitt, sulfider), leire og elektrisk ledningsevne i porevannet. Det er derfor viktig å bruke flere geofysiske metoder. Måling av vannets elektriske ledningsevne gjøres rutinemessig i borehull og IP-målinger kan gjøres for å kartlegge sulfider og grafitt. Data for resistivitet, seismisk hastighet og naturlig gammastråling er sammenstilt både i tabellform og i diagrammer, og er klassifisert etter bergartstype, sedimentære, metamorfe og magmatiske bergarter. Data er presentert som gjennomsnittsverdier med standardavvik. Maksimum og minimumsverdier fra de områdene av hullene som er undersøkt er også presentert. Det er store variasjoner i resistivitetsverdiene. De kalkholdige kambrosilur-bergartene i Oslofeltet har generelt lav resistivitet (< 1000 Ωm) og den varierer også mye internt. Gneis, granitt og gabbro har høy resistivitet (> 5000 Ωm) og resistivitetskontraster på grunn av oppsprekking vil lettere registreres i disse enn i bergarter med generell lav resistivitet. Modellering har vist at forutsetningen for vellykkede resultater ved forundersøkelser for tunneler er at det er tilstrekkelig kontrast i resistivitet (Reiser 2009). Dersom resistiviteten i massiv bergart i utgangspunktet er lav, vil en ikke få tilstrekkelig kontrast mellom massivt og oppsprukket fjell til å påvise oppsprekkingen. Seismisk hastighet (P-bølge) er noe lavere i sedimentære bergarter enn i metamorfe og magmatiske. Den varierer også mer, 4000 – 6000 m/s. Høyest p-bølgehastighet er målt i gabbro, ca. 6000 m/s, mens hastigheten i bergarter som gneis, granitt og syenitt er målt til 5000 – 6000 m/s. Naturlig gammastråling, som er viktig for å identifisere bergarter og bergartsgrenser, viser store variasjoner. Alunskiferen skiller seg ut med veldig høy stråling (>1000cps, API-standard). Granitt og rombeporfyrr har også forholdsvis høy stråling (300 -500 cps). De fleste andre bergarter ligger under 200 cps hvor grønnstein/grønnskifer er definitivt lavest med mindre enn 10 cps.			
Emneord:	Geofysikk	Borehullslogging	
Resistivitet	Seismiske hastigheter	Radioaktivitet	
		Fagrapport	

INNHOOLD

1. INNLEDNING	9
2. BOREHULLSLOGGING	10
3. MÅLEMETODER, RESISTIVITET OG SEISMISK HASTIGHET.....	12
3.1 Resistivitet.....	13
3.1.1 Resistivitet i borehull	13
3.1.2 Resistivitet og elektrisk ledningsevne i porevann.....	15
3.2 Seismisk hastighet.....	17
3.2.1 Analyse av seismiske data.....	19
3.2.2 Seismiske hastigheter i geologiske materialer	19
3.3 Naturlig gammastråling.....	20
4. UNDERSØKTE BOREHULL	20
4.1 Oversikt over hull som er logget av NGU	21
4.2 Eksempler på logger.....	29
4.2.1 Lunner.....	29
4.2.2 Arnestad skole, Asker	31
4.2.3 Berger	33
4.2.4 Grimstad	35
4.2.5 Tøyen, Geologisk museum	36
5. SAMMENSTILLING AV RESISTIVITET, SEISMISKE HASTIGHETER OG NATURLIG GAMMASTRÅLING I NORSKE BERGARTE.....	38
5.1 Resistivitet	39
5.2 Seismiske hastigheter	43
5.3 Naturlig gammastråling.....	47
5.4 Tabeller over resistivitet, seismiske hastigheter og total gammastråling	53
6. KONKLUSJON	56
7. REFERANSER.....	57

FIGURER

Figur 1. Borehullslogging på Leknes i Lofoten.	9
Figur 2. Noen av borehullssondene som NGU benytter.	10
Figur 3. Sonder for resistivitet (venstre) og seismisk hastighet (høyre). (Foto Robertson Geo).....	12
Figur 4. Eksempel på målt og korrigert resistivitetslogg og beregnet tilsynelatende porøsitet. Kurve til høyre viser variasjonen i vannets elektriske ledningsevne (inngår i beregningene).....	15
Figur 5. Resistivitet i bergart som funksjon av ledningsevne i bergartens porevann.	16
Figur 6. Seismogram som viser ankomsttider for P-bølge (rød) og S-bølge (blå).	18
Figur 7. Registrert amplitude som funksjon av tid for nærmottager (Near) og fjern mottager (Far). C angir P-bølge ("Compressional"), Sh S-bølge ("Shear"), og St angir Stonley-bølger. Fl representerer en bølge som forplantes gjennom vannet i borehullet. (Robertson Geologging, user manual).	18
Figur 8. Oversiktskart over Norge som viser borehull undersøkt av NGU.	22
Figur 9. Brønner som er logget av NGU i Kambrosilur bergarter, Lysaker-Sandvika.	23
Figur 10. Brønner som er logget av NGU langs ny E6 og jernbane på østsiden av Mjøsa.	24
Figur 11. Logging i Bh3 (venstre) og Bh6 (høyre) på Lunner.....	29
Figur 12. Resistivitet, seismisk hastighet, sprekkefrekvens og bilde fra optisk televiwer i Bh 6 Lunner (for detaljer, se Elvebakk 2001, 2011).	30
Figur 13. Logging ved Arnestad skole i Asker.	31
Figur 14. Arnestad skole, Asker. Geofysiske logger av temperatur, elektrisk ledningsevne i vann, resistivitet, seismiske hastigheter og tilsynelatende porøsitet (for detaljer, se Elvebakk 2011).....	32
Figur 15. Logging i Berger Bh, industriområde ved Berger, Skedsmo.	33
Figur 16. Berger, Skedsmo. Geofysiske logger av temperatur, elektrisk ledningsevne i vann, resistivitet, seismiske hastigheter og tilsynelatende porøsitet. Innfelt seismisk bølgetog med tolkning (for detaljer, se Elvebakk 2011).	34
Figur 17. Bh 3 Grimstad. Temperatur, elektrisk ledningsevne i vann og naturlig gamma. Geologisk logg er basert på opptak med optisk televiwer.	35
Figur 18. Logging i 200 m dyp brønn ved Geologisk museum.....	36
Figur 19. Geofysiske logger i 200 m dypt borehull ved Geologisk museum på Tøyen, Oslo. Geologisk logg er utarbeidet på grunnlag av geofysiske logger (Elvebakk 2013).	37
Figur 20. Resistivitet i ikke oppsprukne sedimentære og metamorfe bergarter.....	39
Figur 21. Resistivitet i ikke oppsprukne magmatiske bergarter.....	41
Figur 22. Seismiske hastigheter i ikke oppsprukne sedimentære og metamorfe bergarter.....	43
Figur 23. Seismiske hastigheter i ikke oppsprukne magmatiske bergarter.....	45
Figur 24. Total gammastråling (counts pr second, API standard) i sedimentære bergarter.	47
Figur 25. Total gammastråling (counts per second, API standard) i metamorfe bergarter.	49
Figur 26. Total gammastråling (counts per second, API standard) i magmatiske bergarter.....	51

TABELLER

Tabell 1. Beregnet sementeringsfaktor (m) for krystalline bergarter i Norge	16
Tabell 2. Seismiske P-bølgehastigheter for noen geologiske materialer.....	19
Tabell 3. Oversikt over borehull som er logget av NGU, Østlandet.....	25
Tabell 4. Logget borehull, Sørlandet, Vestlandet, Møre, Trøndelag og Nord-Norge.....	27
Tabell 5. Målte gjennomsnittsverdier med standardavvik for resistivitet, seismiske hastigheter og naturlig gamma i norske sedimentære bergarter.....	53
Tabell 6. Målte gjennomsnittsverdier med standardavvik for resistivitet, seismiske hastigheter og naturlig gamma i norske metamorfe bergarter	54
Tabell 7. Målte gjennomsnittsverdier med standardavvik for resistivitet, seismiske hastigheter og naturlig gamma i norske magmatiske bergarter.....	55

DATABILAG

Forklaring til databilag.....	61
Databilag 1: Koordinater, borehull logget hele landet.....	62 - 65
Databilag 2: Koordinater, borehull logget Espa – Minnesund.....	66
Databilag 3: Koordinater, borehull logget Kambro-silur, Oslofeltet.....	67
Databilag 4 – 36: Datablad med detaljerte opplysninger om undersøkte.....	68 - 102

1. INNLEDNING

Seismisk hastighet og resistivitet er viktige parametere for å karakterisere og kvalitetsvurdere bergarter. Med kvalitet menes oppsprekkingsgrad og vanninnhold, og bergartens stabilitet i forbindelse med fjell- og tunnelanlegg. Endringer i seismiske hastigheter og resistivitet betyr vanligvis økt oppsprekkingsgrad og økt vanninnhold. For identifisering av bergarter er naturlig total gammastråling en viktig parameter. For å kunne benytte resistivitet og seismisk hastighet til kvalitetsbedømming av bergarter må en vite hva som er normale verdier for de enkelte bergarter. Normale verdier er de en vil finne i massiv bergart som ikke er oppsprukket.

NGU har siden år 2000 bygget opp kompetanse på geofysisk logging i borehull på Norges fastland. Logging av resistivitet, seismisk hastighet og naturlig gammastråling inngår som viktige faktorer i denne kompetansen. En rekke kjerneborehull og brønner over hele landet er logget. Det aller meste av denne loggingen er rapportert i egne rapporter. I samarbeidsprosjektet «Forbedrede forundersøkelser utbygging tunneler» (ForForUT) mellom NGU og Vegdirektoratet har en av oppgavene vært å sammenstille resistivitet, seismiske hastigheter og naturlig gammastråling for norske bergarter. I denne rapporten er data fra alle borehull fram til mai 2021 sammenstilt. Det er utarbeidet tabeller for resistivitet, seismisk hastighet og naturlig gamma klassifisert etter bergartstype, sedimentære, metamorfe og magmatiske. Rapporten beskriver målemetodene for resistivitet, seismisk hastighet og naturlig gamma. Det vises eksempler på logger og hvordan disse kan tolkes. Figur 1 viser logging av et 800 m dypt hull i Lofoten.

All logging, prosessering og sammenstilling av denne rapporten er fortatt av Harald Elvebakk. Alle kart med borehull er laget av Bjørn Eskil Larsen, NGU.



Figur 1. Borehullslogging på Leknes i Lofoten.

2. BOREHULLSLOGGING

Ved borehullslogging senkes en loggesonde ned i et borehull for å måle bestemte fysiske egenskaper til bergartene det er boret i. Borehullslogging har i lang tid vært benyttet i oljebrønner for å karakterisere de ulike formasjonene og reservoarbergartene, hvor viktigste parametere er resistivitet, seismisk hastighet, total gammastråling, tetthet og porøsitet. På land kjernebores det enkelte ganger med mye mindre dimensjon (borehullsdiameter) og sondene må være tilpasset hulldimensjoner ned til 46 mm. I de senere årene har det blitt mer og mer vanlig å benytte noe større dimensjon ved kjerneboring (75 mm). Det finnes flere produsenter av loggeutstyr for "slim-hole logging" på markedet. Da NGU startet opp med borehullslogging i 2000 ble det valgt utstyr fra Robertson Geo Ltd, Wales (<https://www.robertson-geo.com/>).

NGU har investert i en rekke sonder som kan kartlegge fysiske og geologiske egenskaper i undergrunnen. Anvendelsesområdene er blant annet mineralleting, forundersøkelser for anlegg i fjell, miljøundersøkelser og grunnvannsundersøkelser. Bortsett fra Optisk televiewer (76 mm), gammaspektrometer (76 mm) og akustisk televiewer (60 mm) kan alle sonder benyttes i diamantborehull (56 mm). Figur 2 viser noen av sondene som NGU har.



Figur 2. Noen av borehullssondene som NGU benytter.

Under er det vist en liste med alle sondene NGU benytter og hva de måler.

Optisk televiewer, optisk bilde av borehullsveggen.

Akustisk televiewer, akustisk bilde av borehullsveggen.

TCN-sonde, temperatur, ledningsevne (conductivity) i vann og naturlig gammastråling

Vannkvalitetssonde, temperatur, ledningsevne, vanntrykk, pH, Eh

Resistivitet, elektrisk motstand (resistivitet) i fjell + naturlig gammastråling

Seismisk sonde, seismisk hastighet (lydhastighet) i fjell, P- og S-bølgehastighet.

Magnetisk susceptibilitet, måler de magnetiske egenskaper i bergartene.

Indusert polarisasjon, IP, måler IP-effekt av elektronisk ledende mineraler.

Gammaspectrometri, Måler total gamma pluss U (ppm), Th (ppm) og kalium (%)

Avvikssonde, måler horisontal- og vertikalavvik, retning og fallvinkel

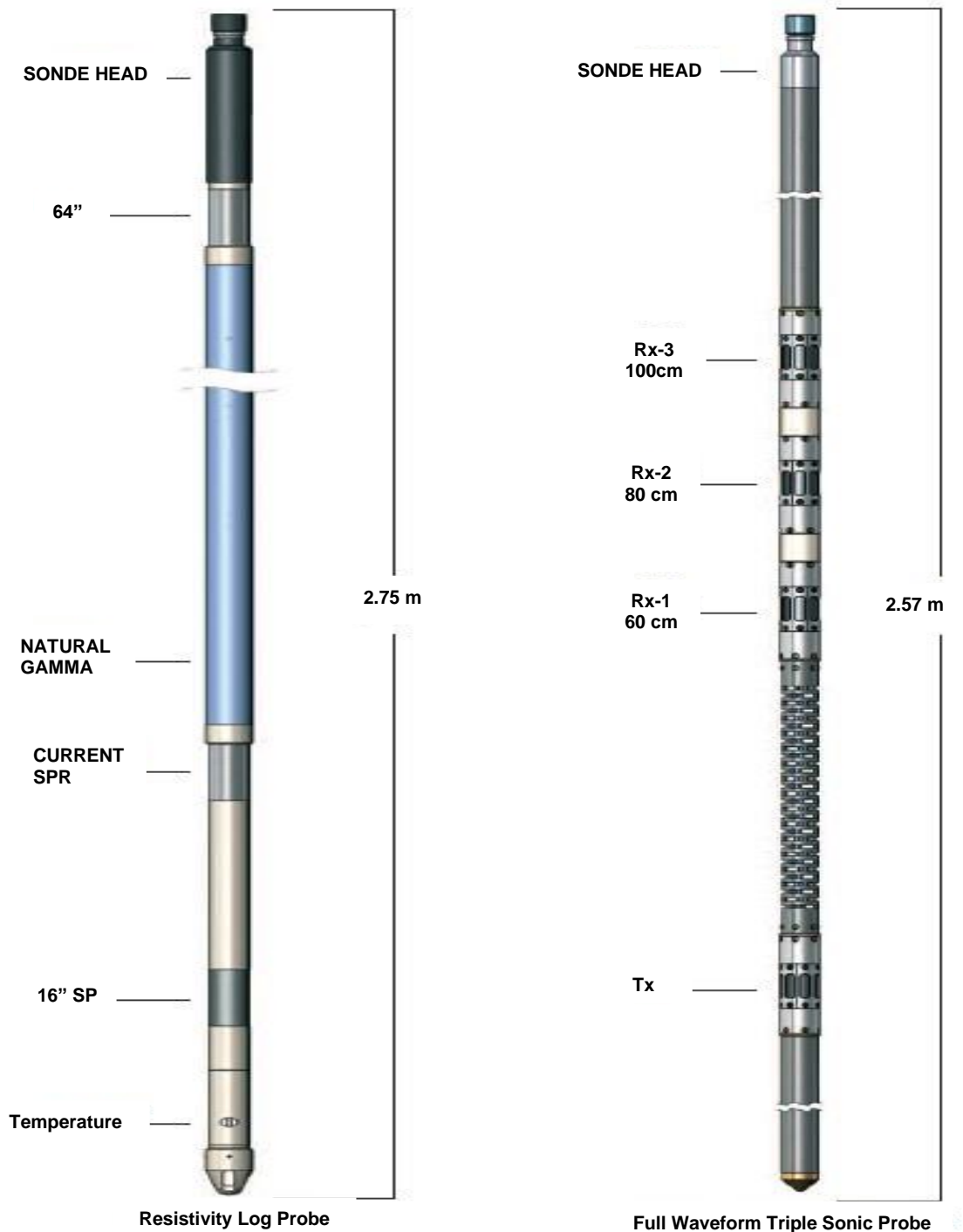
Strømningsmåler, måler vannstrøm langs borehull

Vannprøvetaker, kan ta vannprøver på 1 liter i dype borehull

Vinsjer, NGU har to vinsjer, 500 m og 1850 m.

3. MÅLEMETODER, RESISTIVITET OG SEISMISK HASTIGHET.

I dette kapittelet blir loggeteknikkene for resistivitet og seismisk hastighet kort beskrevet. Som nevnt innledningsvis er resistivitet og seismisk hastighet de to vanligste parametere som måles for å karakterisere bergkvalitet. Andre parametere som IP, SP og magnetisk susceptibilitet kan gi verdifulle supplerende opplysninger. Figur 3 viser målesonder for resistivitet og seismisk hastighet.



Figur 3. Sonder for resistivitet (venstre) og seismisk hastighet (høyre). (Foto Robertson Geo).

3.1 Resistivitet.

Spesifikk elektrisk motstand (resistivitet) av en bergart er en materialeegenskap med benevnning ohm meter (Ωm). Resistivitet er det navnet som vanligvis brukes for denne egenskapen. Symbolet som brukes er vanligvis rho (ρ) og ofte brukes den inverse størrelsen konduktivitet med benevnningen Siemens pr. m (S/m) og symbolet sigma (σ). I dagligtale og rapporter brukes uttrykket "elektrisk motstand" eller "resistivitet". Bergarter har forskjellig resistivitet avhengig av mineralsammensetning og porevolum (vanninnhold). Resistiviteten kan brukes til identifisering og kvalitetsbedømming av bergarten. Med kvalitet menes oppsprekingsgrad, leir- og vanninnhold, og bergartens stabilitet i forbindelse med fjell- og tunnelanlegg. En nedgang i en bergarts resistivitet kan bety oppsprukket bergart med økende vanninnhold. Faktorer som påvirker resistiviteten er oppsprekking (økt porøsitet og vanninnhold), ledende mineraler (sulfider, grafitt), innhold av leirmineraler og elektrisk ledningsevne i bergartens porevann. Resistivitet kan måles både på bakken og i borehull.

Elektrisk motstand (resistivitet) kan måles i borehull på tilnærmet samme måte som ved bakkemålinger. Borehullsmålinger kan bare utføres i vannfylte hull. Strøm sendes vanligvis ut gjennom to strømelektroder, mens potensialforskjeller måles ved hjelp av to andre elektroder. Ut fra målt strømstyrke, målt potensialforskjell og en geometrisk faktor bestemt av elektrokonfigurasjonen, kan en elektrisk motstand (resistivitet) beregnes. Ofte kan resistiviteten i en bergart skifte så raskt at flere resistivetsverdier vil opptre innenfor målevolumet. Derfor kalles den målte verdien "tilsynelatende resistivitet". Ved målinger i borehull er målevolumet så lite at de målte resistivetsverdier med god tilnærming ofte kan settes lik de sanne verdier av resistivitet.

3.1.1 Resistivitet i borehull

Elektrisk motstand kan i prinsippet måles både i løsmasser og fjell. På grunn av at en vanligvis må stabilisere løsmasser med rør av tett plast eller metall, er det ikke mulig å måle resistivitet i borehull i løsmasser med en loggemetode som her omtales. Et plastrør isolerer borehullet elektrisk fra løsmassene omkring mens et stålrør kortslutter den elektriske strømmen slik at den ikke når ut i formasjonen. Dersom et foringsrør av plast perforeres er dette mulig, og i tette plastrør kan en benytte elektromagnetiske målemetoder for bestemmelse av resistivitet. NGU har ikke utstyr for det.

NGU benytter utstyr produsert av Robertson Geo Ltd. ved logging av resistivitet i borehull. En prinsippsskisse av sonden er vist i figur 3. Strøm sendes ut ved elektroden kalt SPR og i tillegg benyttes selve loggekabelen som strømelektrode (returstrøm). For å minimalisere effekten av en fjernelektrode (loggekabelen), er loggekabelen isolert i en lengde av 10 meter fra selve sonden. Potensialforskjeller måles mellom elektrodene merket 16" og 64" og en elektrode som plasseres på bakken. De to målingene kalles vanligvis "Short Normal" (SN) og "Long Normal" (LN). Dette er en såkalt pol/pol-konfigurasjon hvor avstanden mellom de aktive elektrodene er henholdsvis 16" (40.5 cm) og 64" (160 cm). Ved den korte konfigurasjonen SN er det kun volumet i en avstand på ca. 10 cm rundt borehullet som påvirker måleresultatene. Ved LN-konfigurasjonen økes inntrengningsdypet til ca. 30 cm.

Resistivitetssonden er også utstyrt med en sensor for detektering av total naturlig radioaktiv stråling (gamma). Sonden måler også temperatur.

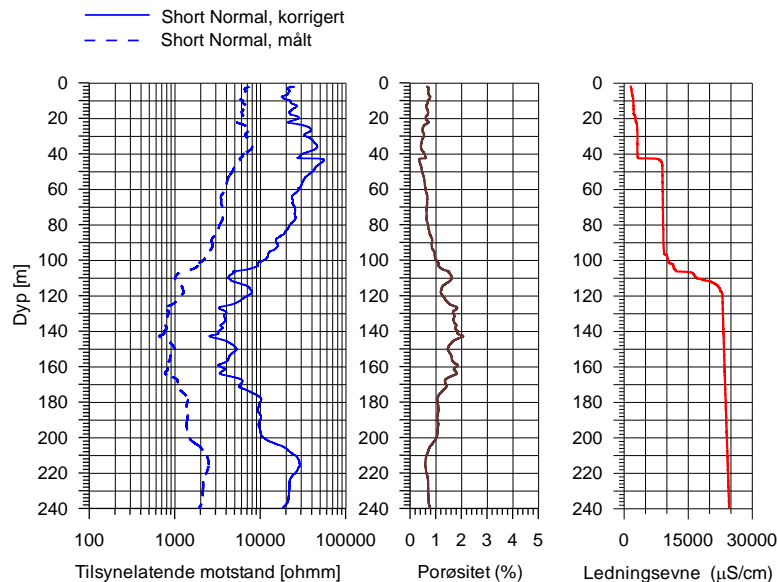
I tillegg til SN og LN måles også overgangsmotstanden ved sondens strømelektrode (SPR), en størrelse som på engelsk kalles "Single Point Resistance". Denne størrelsen bestemmes av resistiviteten i elektrodens umiddelbare nærhet. I tynne borehull hvor sonden kommer nær borehullsveggen, vil denne størrelsen være følsom for lokale variasjoner (f.eks. sprekker) i borehullsveggen. Dersom en måler i borebrønner hvor diameteren kan være 13 – 15 cm, utviskes denne effekten. Sonden kan også måle selvpotensial (SP). Denne parameteren er viktig for å avgjøre om målt lav resistivitet kan skyldes ledende mineraler som jernoksider, sulfider og grafit.

Den målte tilsynelatende resistiviteten påvirkes av borehullets diameter, sondens størrelse og den elektriske ledningsevnen til vannet i borehullet. Dersom en har tilgang på loggedata som viser variasjoner i borehullets diameter (caliper-logg) og målt elektrisk ledningsevne i vannet (Fluid conductivity), kan en korrigere for disse parametrene (Thunehed & Olsson 2005). Dersom caliper-logg mangler, kan en likevel gjøre visse korreksjoner ved å anta at borehullet har konstant diameter.

Ut fra beregnet elektrisk ledningsevne ($\sigma = 1/\rho$) i en bergart (σ) og målt elektrisk ledningsevne i porevannet (σ_w) kan porøsiteten (Φ) i en bergart beregnes (Archie 1942). En modifisert variant av Archie's lov kan uttrykkes som i ligning (1). (Thunehed & Olsson 2005):

$$\sigma = a \cdot \sigma_w \cdot \Phi^m + \sigma_s \quad (1)$$

der konstanten a blir kalt "kornformfaktor" og konstanten m "sementeringsfaktor". Størrelsen σ_s utgjør en nødvendig korreksjon for elektrisk ledningsevne i mineralene på mineralenes overflate. I tilfeller hvor en har godt ledende mineraler (sulfider, oksyder og leirmineraler) kan denne faktoren dominere, og muligheter for å beregne porøsitet faller bort. Archie's lov ble opprinnelig utledet for sandsteiner, og i prinsippet må faktorene a og m bestemmes for hver enkelt bergart for å kunne gi gode estimat av porøsiteten. Måling av resistivitet og porøsitet på prøver av metamorft grunnfjell i Sverige har vist at en kan etablere en sammenheng mellom bergartens elektriske ledningsevne og porøsitet ved å sette størrelsene a , m og σ_s til henholdsvis 1.92, 1.1 og 10^{-5} (Thunehed & Olsson 2005). En kan benytte tilsvarende verdier for norsk grunnfjell, men da må en kun se på beregnet porøsitet som en relativ størrelse ved at verdiene avspeiler variasjonen av porøsitet langs borehullet (tilsynelatende porøsitet). Figur 4 viser et eksempel på resistivitetslogg som er korrigert for vannets ledningsevne i hullet.



Figur 4. Eksempel på målt og korrigert resistivitetslogg og beregnet tilsynelatende porøsitet. Kurve til høyre viser variasjonen i vannets elektriske ledningsevne (inngår i beregningene).

3.1.2 Resistivitet og elektrisk ledningsevne i porevann

Målt resistivitet i en bergart er avhengig av den elektriske ledningsevnen i bergartens porevann. Når NGU angir en bergarts resistivitet, er denne korrigert for vannets ledningsevne i borehullet. I krystalline bergarter er porøsiteten svært liten (0.5 – 1 %), men det viser seg at den målte resistiviteten er påvirket av porevannets ledningsevne. Sammenhengen mellom resistivitet i bergart ρ_0 , og resistivitet i porevann, ρ_w er gitt ved Archie's første likning (Archie 1942):

$$\rho_0/\rho_w = 1/\Phi^m$$

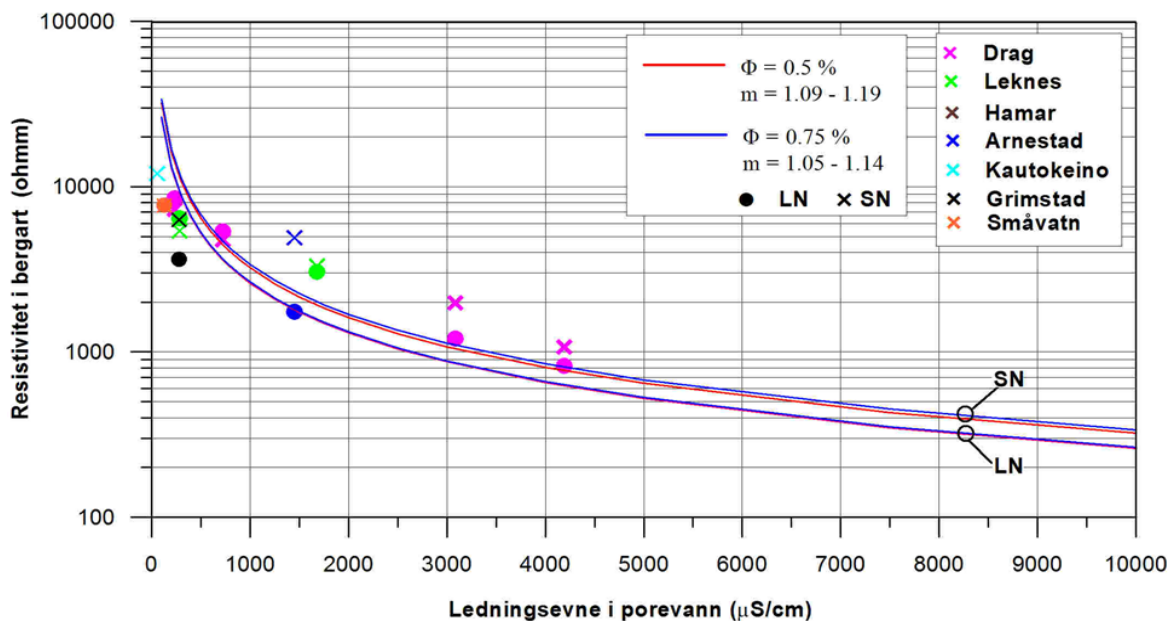
Φ = porøsitet, m = sementeringsfaktor.

Faktoren m bestemmes eksperimentelt og sammenhengen er utledet for sandsteiner, men kan også brukes på krystalline bergarter, se foran (Thunehed & Olsson 2005). Tabell 1 viser beregning av m i forskjellige krystalline bergarter i Norge for forskjellige verdier av porøsitet. Resistiviteten er målt i borehull og det er korrigert for borehullvannets ledningsevne. Ledningsevnen i vannet er også målt i borehull og det forutsettes at porevannet i bergarten har samme ledningsevne som vannet i borehullet. Det er benyttet data fra Drag, Leknes, Vuottašjávri, Hamar, Arnestad og Grimstad. Bergartene er granitt, gneis, granittisk gneis og syenitt. Det er benyttet porøsiteter på 0.5% og 0.75% noe som er vanlig for krystalline bergarter. Fra tabellen ser en at m har en gjennomsnittsverdi på 1.05 – 1.19. Thunehed og Olsson fant at $m=1.1$ passet godt for granitt og grønnstein (Thunehed & Olsson 2005). Med de beregnede verdier av m og porøsitet 0.5% og 0.75% er ρ_0 beregnet som funksjon av porevannets ledningsevne. Figur 5 viser dette. I figuren er også data fra overnevnte lokaliteter plottet inn.

$$\rho_0 = (1/\Phi^m) * \rho_w$$

Tabell 1. Beregnet sementeringsfaktor (m) for krystalline bergarter i Norge.

Lokalitet/ Bergart	Ledningsevne $\mu\text{S/cm}$	Res. SN Ωm	Res. LN Ωm	m, $\Phi=0.5\%$	m, $\Phi=0.75\%$
Leknes Gr. gneis	285	5400	6450	0.95 0.98	1.03 1.06
Leknes Gran. gneis	1680	3300	3050	1.19 1.17	1.29 1.27
Drag Gneis/granitt	235	7275	8480	0.97 0.99	1.08 1.08
Drag Gneis/granitt	720	4760	5350	1.10 1.12	1.19 1.22
Drag Gneis/granitt	3085	1980	1200	1.21 1.11	1.31 1.21
Drag Gneis/granitt	4193	1070	825	1.15 1.10	1.25 1.19
Hamar Gneis	6000	2000	1500	1.33 1.28	1.44 1.39
Arnestad Granitt	1450	4900	1750	1.24 1.04	1.34 1.13
Grimstad Granitt	280	6288	3628	0.97 0.87	1.05 0.94
Småvatn Syenitt	127	7672	7714	0.86 0.87	0.93 0.94
Gjennomsnitt				1.09 1.05	1.19 1.14



Figur 5. Resistivitet i bergart som funksjon av ledningsevne i bergartens porevann.

Som en ser fra figur 5 har porevannets ledningsevne stor betydning for den målte resistiviteten når ledningsevnen er svært høy (> 1000 $\mu\text{S/cm}$). Det er derfor viktig å måle vannets ledningsevne når en skal vurdere resistiviteten i en bergart med hensyn til oppsprekking. Ledningsevnen i bergarters porevann på land i Norge er vanligvis mindre enn 500 $\mu\text{S/cm}$.

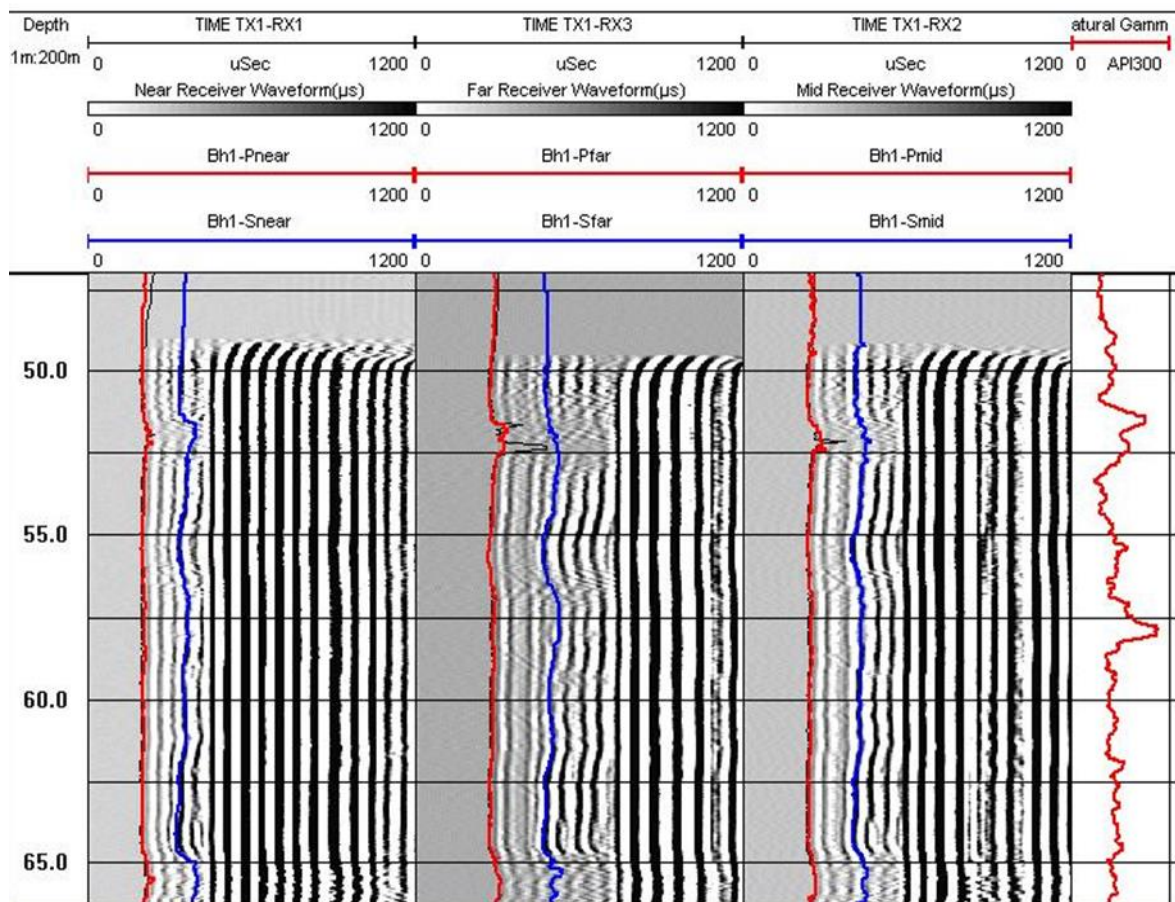
3.2 Seismisk hastighet

Hensikten med akustisk logging av borehull er å bestemme formasjonens seismiske hastigheter, både for P-bølge og S-bølge. For bergarter er dette relativt greit, men for løsmasser er det i praksis veldig vanskelig å logge seismiske hastigheter. Enheten for seismisk hastighet angis i meter pr. sekund (m/s), eller i enkelte tilfeller kilometer pr. sekund (km/s). Med informasjon om disse, kan Poisson's forhold beregnes. Har en i tillegg en tetthetslogg av borehullet kan også "Bulk Modulus", "Shear modulus" og Young's Modulus" beregnes med enhet GigaPascal (Gpa), se kapittel 3.2.1. (Robertson Geologging 2003).

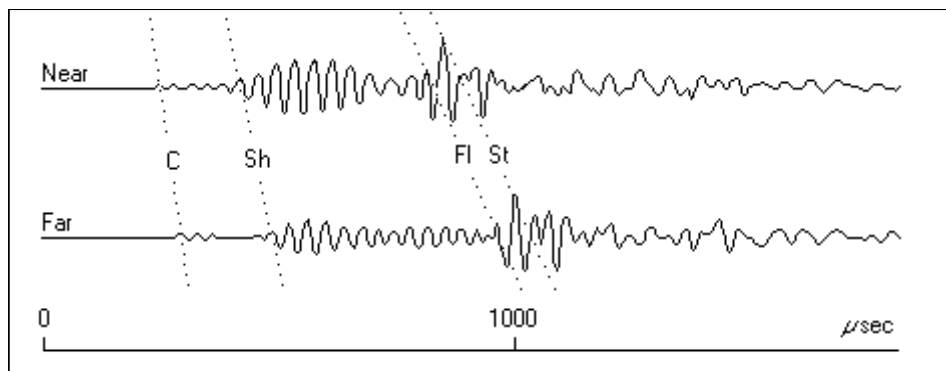
Bilde av en akustisk sonde, eller sonisk sonde som den også kalles, er vist i figur 3. Høyfrekvent lydimpulser (23 kHz) genereres i senderenheten (TX1) som består av et piezo-elektrisk keramisk element. Bølgene brer seg gjennom borehullsvannet, og ved borehullsveggen brytes disse kritisk og følger fjellet. Energien spres tilbake til tre mottagere som er montert 60 og 80 og 100 cm fra senderen. Med dette oppsettet kan lydshastigheten langs borehullsveggen bestemmes, uavhengig av hvor stor hastigheten er i borehullsvannet. For å hindre at lyden kommer frem fortere langs sonden, er det lagt inn materiale som demper og forsinker signalene gjennom denne. Avstanden mellom de to mottagerne er valgt ut fra å få målbare gangtider for P- og S-bølgen som må komme før bølgen i vann. På grunnlag av dette har en valgt 20 cm. Under normale forhold foretas en måling pr. cm, og med den korte avstanden mellom mottagerne gir dette en meget god oppløsning i seismiske hastigheter langs borehullsveggen. Tre gangtider kan avleses, mellom Rx1-Rx2, Rx2-Rx3 og Rx1-Rx3. Med avstander hhv 20, 20 og 40 cm kan hastigheten beregnes. Plukking av førsteankomst for P-bølgen kan gjøres både automatisk og manuelt og en user-function beregner hastigheten kontinuerlig under logging. Vanligvis må data filtreres for å fjerne støy som nesten alltid er til stede. Da kan en bruke et løpende gjennomsnittsfiler.

Figur 6 viser eksempel på digitalisert bølgetog fra de tre mottakerne. Data er prosessert i WellCad (WellCad 2006) og viser førsteankomst for P-bølgen i rødt og tolket ankomst for S-bølgen i blått. Fra dette diagrammet kan en ta ut gangtidene for P- og S-bølgen og beregne hastighetene. Helt til høyre vises gammalogg. Gammaloggen er viktig for å justere dypet til andre logger.

Figur 7 viser en bølge-trace ("Full waveform"), som viser hvordan en bestemmer ankomsttider for et bølgetog, P-bølge, S-bølge (Sh) og såkalte "Stonley"-bølger. Målingene forutsetter at avstanden fra borehullsveggen til de tre mottagerne er den samme, og sonden må derfor sentraliseres i borehullet.



Figur 6. Seismogram som viser ankomsttider for P-bølge (rød) og S-bølge (blå).



Figur 7. Registrert amplitude som funksjon av tid for nærmottager (Near) og fjern mottager (Far). C angir P-bølge ("Compressional"), Sh S-bølge ("Shear"), og St angir Stonley-bølger. Fl representerer en bølge som forplantes gjennom vannet i borehullet. (Robertson Geologging, user manual).

3.2.1 Analyse av seismiske data.

Når P-bølge hastigheten V_p og S-bølge hastigheten V_s er bestemt, kan Poisson's forhold beregnes som vist nedenfor.

$$\text{Poisson's Ratio (dimensjonsløs): } \sigma = (V_p^2 - 2V_s^2) / (2[V_p^2 - V_s^2])$$

V_p = P-bølge hastighet (km/s) og V_s = S-bølge hastighet (km/s).

Dersom en har tilgang på tetthetslogg fra det samme borehullet, kan også de dynamiske moduler beregnes.

$$\begin{aligned} \text{Bulk modul (Gpa):} & \quad K = \rho (V_p^2 - [4/3] V_s^2) \\ \text{Skjær modul (Gpa):} & \quad G = \rho V_s^2 \\ \text{Young's Modul (Gpa):} & \quad E = \rho V_s^2(3V_p^2 - 4 V_s^2) / (V_p^2 - V_s^2) \end{aligned}$$

der ρ = tetthet (kg/m^3)

3.2.2 Seismiske hastigheter i geologiske materialer

Seismiske hastigheter i forskjellig geologisk materiale varierer, og i tabell 2 nedenfor er vist noen eksempler. Dette er brukte erfaringstall og er ikke målt in situ. Seismiske bølgers hastigheter i geologiske materialer avhenger blant annet av elastiske egenskaper (se foran) og tetthet. I tillegg kommer en bergarts oppsprekingsgrad. I en oppsprukket bergart med høyt vanninnhold, vil bergartens seismiske hastighet minke, og ut fra målt seismisk hastighet kan en kvalitetsbedømme bergarten (Barton 2007). Som en ser, er det store variasjoner i P-bølge hastigheten. Data fra NGUs borehullslogging gir mere nyanserte verdier da data er knyttet til bergart og lokasjon flere steder i landet.

Tabell 2. Seismiske P-bølge hastigheter for noen geologiske materialer (erfaringstall, fra ngu.no).

Jordarter	P-bølge hastighet (m/s)	Bergarter, ikke oppsprukket	P-bølge hastighet (m/s)
Torv	150 – 500	Sandstein	3000 – 3500
Leire (tørr)	600 – 1200	Kalkstein	4000 – 6000
Sand (tørr)	400 – 900	Dolomitt	2500 – 6500
Grus (tørr)	400 – 1000	Kvartsitt	5500 – 6000
Morene (tørr)	400 – 1600	Granitt	4800 – 5500
Leire (vannmettet)	1200 – 1600	Gneis	4700 – 5800
Sand (vannmettet)	1400 – 1800	Diabas	5700 – 6500
Grus (vannmettet)	1400 – 1900	Gabbro	6200 – 6700
Morene (løs)	1500 – 1900	Ultramafisk	6500 – 7500
Morene (hard)	1900 – 2800		

3.3 Naturlig gammastråling

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.

Naturlig gammastråling måles med en NaI-krystall (sylinder) med størrelse 50 mm x 25 mm. Det er gammasensor (totalstråling) på flere av NGUs sonder. Gammastrålingen er svært repeterbar og brukes også til å korrelere dypet på de forskjellige loggene.

Totalstråling er summen av U, Th og K. Måleenheten er cps (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. NGU har også en sonde som måler innholdet av U (ppm), Th (ppm) og K (%), gammaspektrometer. Med denne sonden kan en også måle hele energispektret. Da måles 5 – 10 min i hvert punkt, men det kan også foretas kontinuerlig logging av U, Th og K.

4. UNDERSØKTE BOREHULL

NGU har siden 1999 logget over 200 borehull over hele landet se figur 8. De fleste målinger er gjort i Oslofeltet (Østlandet), men det er gjort målinger også på Sørlandet, Vestlandet, Trøndelag, og Nord-Norge. Mye av loggingen har vært gjort som en del av forundersøkelser for fjellanlegg for Jernbaneverket og Statens Vegvesen. I 2003 ble prosjektet "Miljø- og samfunnstjenlige tunneler" avsluttet hvor borehullslogging var en integrert del (Rønning 2003).

I samarbeid med oljeindustrien har NGU gjort temperaturmålinger i dype borehull på land for å modellere varmemestrøm. I egeninteresse er det også logget resistivitet, seismisk hastighet og naturlig gamma i disse hullene. I en periode ble det logget mange hull i forbindelse med grunnvarmeprosjekter.

I prosjektet "Forbedrede forundersøkelser for utbygging tunneler" (ForForUT) er data for resistivitet, seismisk hastighet og naturlig gamma fra alle disse borehullene gjennomgått og sammenstilt. Mange hull er også filmet med optisk/akustisk televiewer som viser kontinuerlig opptak av innvendig borehullsvegg. Opptak fra de fleste hull er tilgjengelig på NGU. Mange av disse hullene (etter 2015) er også logget med magnetisk susceptibilitet og IP.

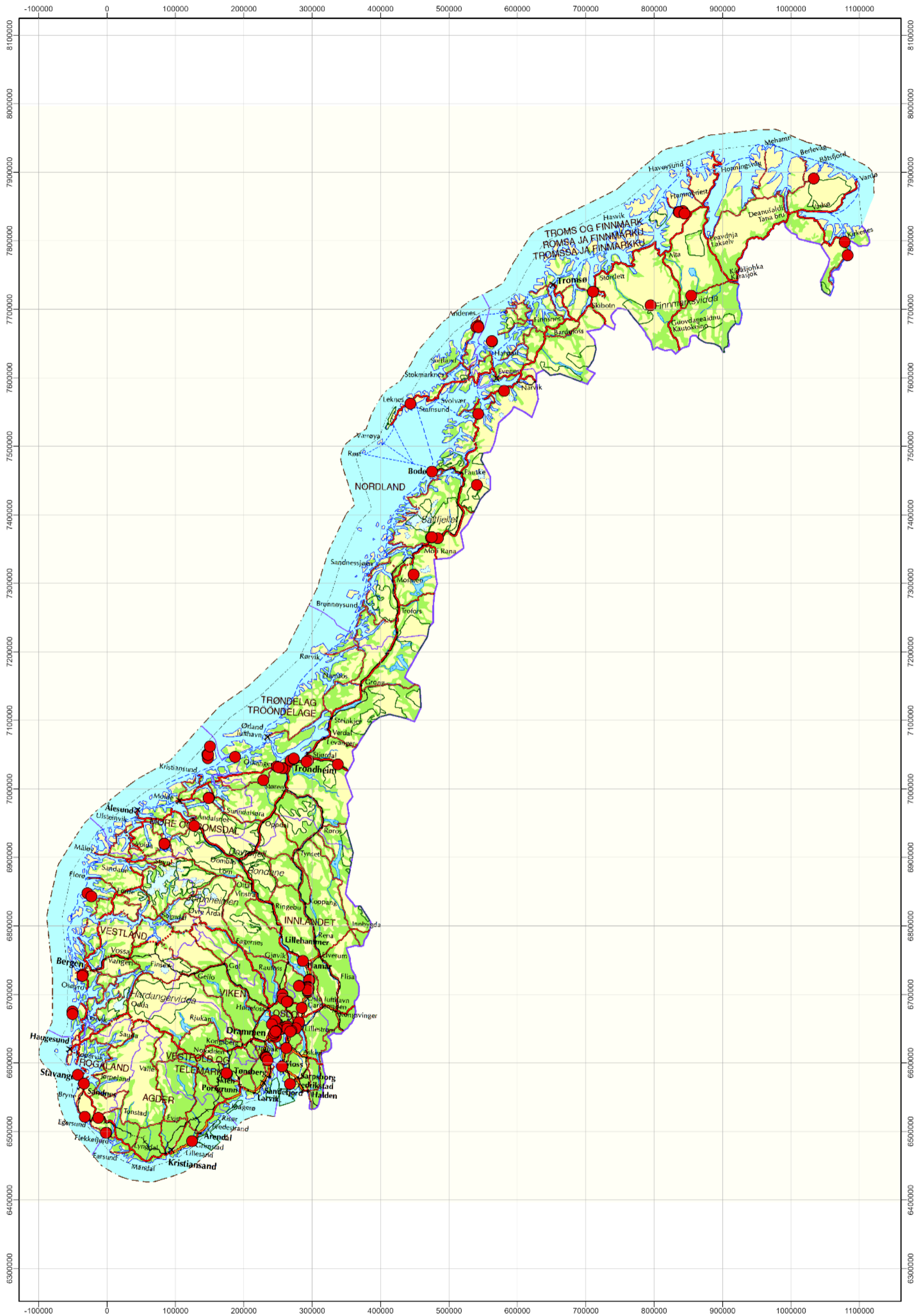
4.1 Oversikt over hull som er logget av NGU

Figur 8 viser et kart over Norge med undersøkte borehull plottet inn. Noen steder er hullene ganske tett slik at en ikke kan skille dem fra hverandre på kartet. Dette gjelder spesielt for Lysaker - Sandvika og Espa – Minnesund. Egne kartutsnitt av disse områdene er vist i figur 9 (Lysaker-Sandvika) og figur 10 (Espa-Minnesund).

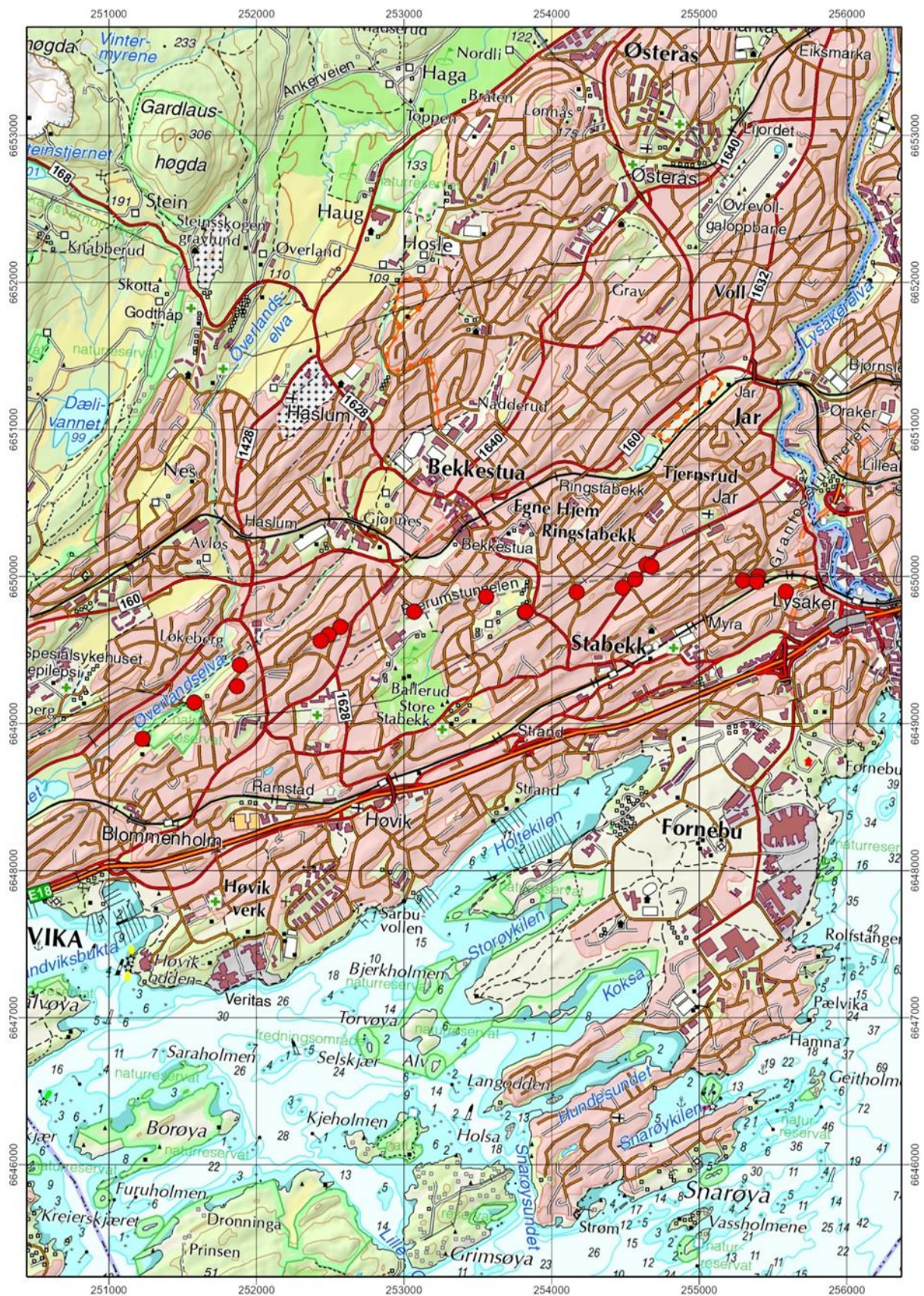
Tabell 3 og 4 viser en oversikt over et stort antall borehull som er logget av NGU i perioden 1999 – 2020. Det er måleresultatene fra disse hull som sammenstilles i denne rapporten. Tabellen viser også hvilke parametere (resistivitet, seismisk hastighet og total gammastråling) som er målt i de forskjellige hullene, og om det er logget med optisk/akustisk televiwer. Data fra disse hullene er rapportert og det er angitt referanse til NGU- rapporter som er tilgjengelig på www.ngu.no.

Det er imidlertid logget mange flere hull enn det som er angitt i tabell 3 og 4. Det kan være at det i en spesifikk undersøkelse er logget mange hull innenfor et relativt begrenset område. Her kan nevnes spesielt to områder. På strekningene Lysaker-Sandvika (Bærum) og langs Mjøsa (Espa-Minnesund) er det logget mange brønner for Jernbaneverket (nå Bane NOR) i forbindelse med store tunnelprosjekter. Her er det valgt ut et representativt utvalg som dekker bergartene i området.

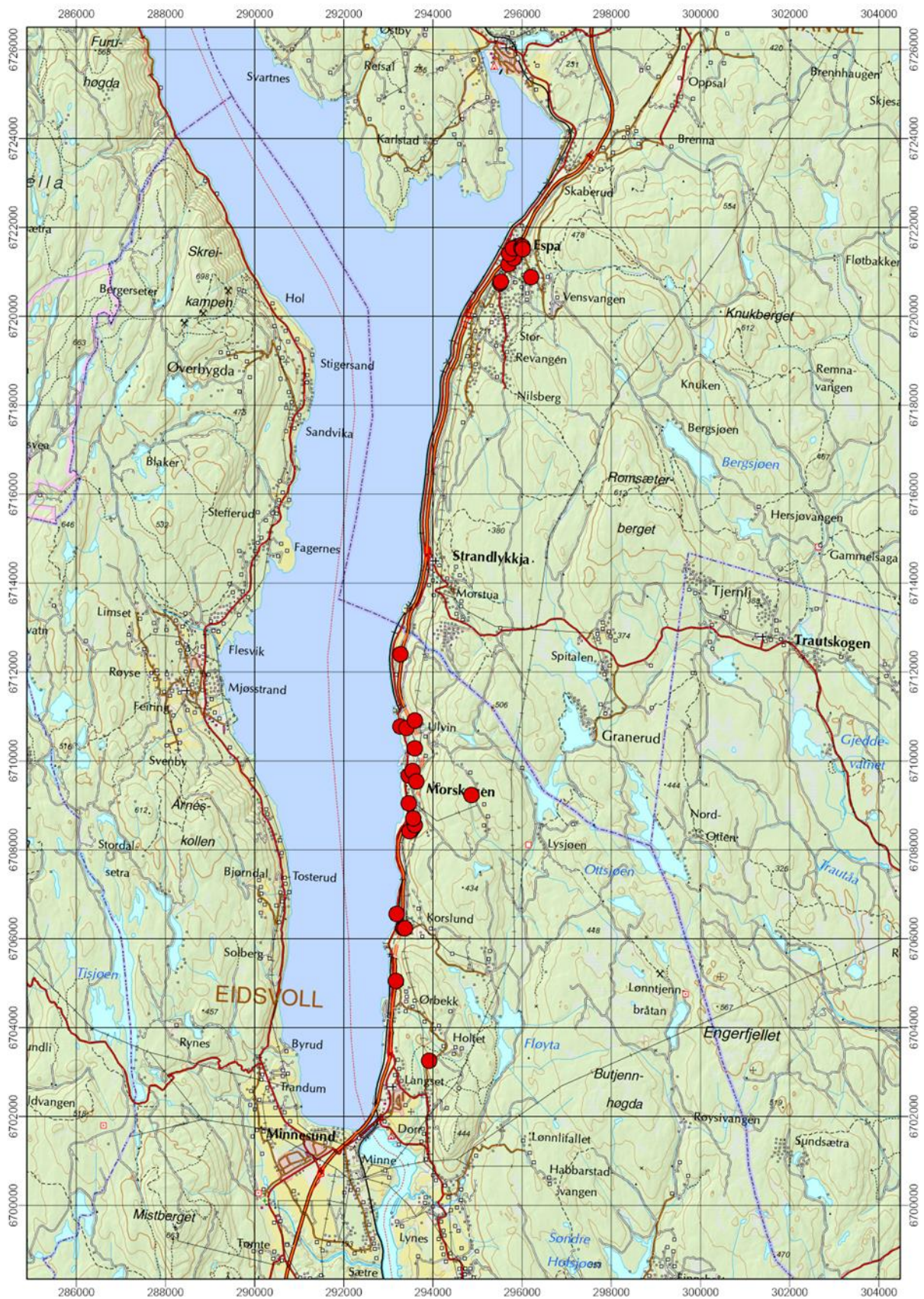
Totalt har NGU logget 214 borehull siden oppstart i 1999 og til mai 2021. Ikke alle er logget med alle sonder. Det er anskaffet nye sonder etter hvert. Temperatur, ledningsevne i vann og total naturlig gamma er logget i nesten alle hull. Noen få er logget med bare optisk televiwer. Databilag 1, 2 og 3 viser en liste over alle 214 borehull som er logget. Alle hull er angitt med koordinater (WGS 84, UTM sone 33), høyde (m.o.h.), dyp, fallvinkel, lokasjon og evt. borehullsnummer. Det er egne tabeller for Lysaker - Sandvika og Espa – Minnesund.



Figur 8. Oversiktskart over Norge som viser borehull undersøkt av NGU.



Figur 9. Brønner som er logget av NGU i Kambrosilur bergarter, Lysaker-Sandvika.



Figur 10. Brønner som er logget av NGU langs ny E6 og jernbane på østsiden av Mjøsa.

Tabell 3. Oversikt over borehull som er logget av NGU, Østlandet.

Oslofeltet, Østlandet

Sted	Bergart	Resistivitet	Seismikk	Gamma	OPTV	Referanse
Arnestad, Asker	Kambrosilur-skifre Alunskifer, Granitt	X	X	X	X ¹	NGU Rapport 2011.016
Berger/Skedsmo	Kvartsdioritt, dioritt Pegmatitt/granittganger	X	X	X	X	NGU Rapport 2011.015
Borgen, Asker	Skifer/kalkstein			X	X	NGU Rapport 2001.036
Bryn, Sandvika	Ringerikesandstein			X	X	Doctoral Theses at NTNU 2004:161 NGU Rapport 2005.010
EAB, Sandvika	Kalkskifer			X	X	Doctoral Theses at NTNU 2004:161 NGU Rapport 2005.010
Espa - Minnesund, Eidsvoll, Stange, 27 Bh	Gabbro, granittisk gneis, Øyegneis	X	X	X	X	NGU Rapport 2012.037
Fen, Ulefoss Nome 2 Bh 1000 m	Rauhaugitt Damtjernitt	X	X	X	X ³	NGU Rapport 2019.022
Gardermoen, 2 brønner 1500 m	Gneis, prekambrisk	X		X	X ³	NGU Rapport 2018.020
Gaustad/Ciens	Kalkskifer, syenittganger	X	X	X	X	NGU Rapport 2011.012
Gullhaug, Bærums Verk	Rombeporfyr, basalt Askergr. sandstein			X	X	NGU Rapport 2004.013
Hamar Flyplass, Hamar	Kalk/Leirskifer, kalkstein, alunskifer, øyegneis	X	X	X		NGU Rapport 2008.079
Holmestrand Fb 85.6	Basalt	X	X	X	X ³	NGU Rapport 2010.032
Holmestrand Fb 81.2-2	Basalt	X		X	X	NGU Rapport 2010.032
Holmestrand Fb 79.8	Sandstein	X	X	X	X	NGU Rapport 2010.032
Hurdal	Granitt, granodioritt	X	X	X		NGU Rapport 2011.011
Lunner Bh6	Syenitt	X	X	X	X	NGU Rapport 2011.009
Lunner Bh7	Rhyolitt, trakytt	X		X	X	NGU Rapport 2011.009

Sted	Bergart	Resistivitet	Seismisk	Gamma	OPTV	Referanse
Lunner Bh3	Hornfels, syenitt	X	X	X	X	NGU Rapport 2011.009
Lutvann, Oslo	Glimmergneis m/granat	X	X	X	X	NGU Rapport 2011.008
Lysaker-Sandvika 15 brønner, 4 Dbh	Kalkhodige skifre, Knollekalk, Sandstein	X	X	X	X	NGU Rapport 2006.007, NGU Rapport 2007.046
Morskogen Eidsvoll, 8 brønner	Gabbro, granittisk gneis	X	X	X	X	NGU Rapport 2011.017
Rødsmyra skole Fredrikstad	Idefjordgranitt	X	X	X	X ²	NGU Rapport 2011.013
SiA, Lørenskog	Dioritt	X		X	X	NGU Rapport 2001.021, NGU Rapport 2003.036
Skaugum, Asker	Kalk/skifre, Kambrosilur	X		X	X	NGU Rapport 2003.006
Småvatn, Bærum	Syenittporfyr	X		X	X	NGU Rapport 2003.007
Staverhagan, Asker	Basalt, Askergruppen Skifer og kalk	X		X	X	NGU Rapport 2003.006
Tøyen, Oslo	Alinskifer, syenitt	X	X	X	X	NGU Rapport 2013.040
Årvollskogen, Moss	Amfibolitt, pegmatitt Granittisk gneis	X	X	X	X	NGU Rapport 2013.008
Åstad, Asker	Kalk/skifre, Kambrosilur	X		X	X	NGU Rapport 2003.006

- 1) Meget dårlig opptak, mørkt
- 2) Bare øverste 150 m av 800 m.
- 3) Akustisk Televiewer

Tabell 4. Logget borehull, Sørlandet, Vestlandet, Møre, Trøndelag og Nord-Norge.

Sted	Bergart	Resistivitet	Seismisk	Gamma	OPTV	Referanse
Alstein, Randaberg	Gabbro	X	X	X	X	NGU Rapport 2011.032
Bjarkøy, 6 brønner, 1 Kbh	Granitt	X	X	X	X	NGU Rapport 2012.027 NGU Rapport 2014.020
Bleikvassli	Marmor, biotittgneis, Muskovitt-biotittgneis	-	-	X	-	NGU Report 2007.042
Bodø, Nordland	Kalkglimmerskifer	-	-	X	X	NGU Rapport 2002.061
Brekka, Buvika E39 Skaun	Grønnstein/grønnskifer			X	X	NGU Rapport 2003.067
Bømlø 3 borehull	Granitt, granodioritt	X	X	X	X ³	Base 2 prosjekt, NGU Rapport 2021.005
Båtsfjord	Sandstein	-	-	X	-	NGU Report 2008.072
Drag, Tysfjord	Gneis/granitt	X	X	X	X ³	NGU Rapport 2011.014
Folvåg, Askvoll	Metasandstein, skifer	X		X	X	NGU Rapport 2002.078
Fyllingsdalen	Diorittisk, granittisk gneis	X	X	X		NGU Report 2013.002
Gjevingåsen, Hommelvik	Leirskifer/sandstein	X	X	X	X	NGU Rapport 2010.019
Grimstad	Granitt, rombeporfy Amfibolitt, båndgneis	X		X	X	Ikke rapportert
Helleland, Rogaland	Noritt	X		X		Ikke rapportert
Holmedal, Askvoll	Granittisk gneis, migmatitt	X		X	X	NGU Rapport 2002.093 NGU Intern Rapport 2001.013, 2001.014, 2001.015
Jettan, Kåfjord	Glimmerskifer, dolomitt Marmor				X	NGU Rapport 2014.016
Kjørsvik, Aure	Foliert kvartsdioritt	X		X	X	NGU Report 2005.032
Lade Alle, Tr.heim	Grønnstein, amfibolitt	X		X	X	
Leknes, Lofoten	Diorittisk/granittisk gneis	X	X	X	X ³	NGU Rapport 2011.014
Mannen, Rauma	Gneis				X	NGU Rapport 2012.032, NGU Report 2011.026
Mannsfjell, E39	Grågrønn fyllitt	X		X	X	NGU Rapport 2003.067

Sted	Bergart	Resistivitet	Seismisk	Gamma	OPTV	Referanse
Meråker	Fyllitt	-	-	X	X	
Nordås, Bergen	Gneis, granodiorittisk			X		NGU Rapport 2002.060
NGU, Tr,heim	Grønnstein, amfibolitt Granitt/granodioritt	X	X	X	X	
Nussir, Kvalsund	Basalt, leirskifer, marmor Tuff, sandstein	X	X	X		NGU Rapport 2013.057
Ramså, Andøya 3 Bh	Sandstein, siltstein	X	X	X	X ³	NGU Rapport 2016.023, NGU Report 2017.027
Rana Gruber Rana	Glimmerskifer, marmor Mt- Ht-malm	X	X	X	X	NGU Rapport 2015.09
Raudsand, Nesset 5 brønner	Rød gneis, grå gneis Mt-malm	X	X	X	X	NGU Rapport 2017.020, NGU Rapport 20017.024
Smøla 4 borehull	Granitt, amfobolitt Kvartsdioritt/tonalitt	X	X	X	X ³	Base 2 prosjekt. Rapport 2021.005
Storsand, E39 Skaun	Biotittskifer	X	X	X	X	NGU Rapport 2003.067
Sulitjelma	Kalkglimmerskifer	-	-	X	-	NGU Rapport 2007.042
Svanvik, Passvik	Kvarts	-	-	X	-	
Ullandhaug, Stavanger	Fyllitt, Øyegneis			X		NGU Report 2013.002
Veiholmen, Smøla	Diorittisk gneis	X	X	X	X	NGU Report 2019.036
Viggja, E39 Skaun	Biotittskifer	X		X	X	NGU Rapport 2003.067
Vouddasjavri, Kautokeino	Gneis, amfibolitt	X	X	X	X ³	NGU Rapport 2011.010
Åknes, Stranda	Biotittisk/granittisk/ diorittisk gneis	X	X	X	X ⁴	NGU Rapport 2008.030
Åknes, Stranda 4 Bh	Biotittisk/granittisk/ diorittisk gneis	X	X	X	X	NGU Rapport 2018.026

3) Akustisk televiwer

4) OPTV i 15 m av hullet

4.2 Eksempler på logger

I dette kapitlet presenteres logger fra noen borehull og det blir gitt en kort kommentar som tolkning av loggene. For å kunne tolke en resistivitetslogg og eventuelle sprekkesoner er det viktig å kjenne bergartens resistivitet uten oppsprekking. For eksempel har de kambrosiluriske kalkbergartene i Oslofeltet en resistivitet under $1000 \Omega\text{m}$ uten å være oppsprukket. Dersom en måler $1000 \Omega\text{m}$ i en syenitt, som generelt har en resistivitet på ca. $6000 \Omega\text{m}$, kan dette bety kraftig oppsprekking. Dette betyr også at det kan være vanskelig å kartlegge oppsprekking med resistivitet i kambrosilurbergartene (se Rønning 2003).

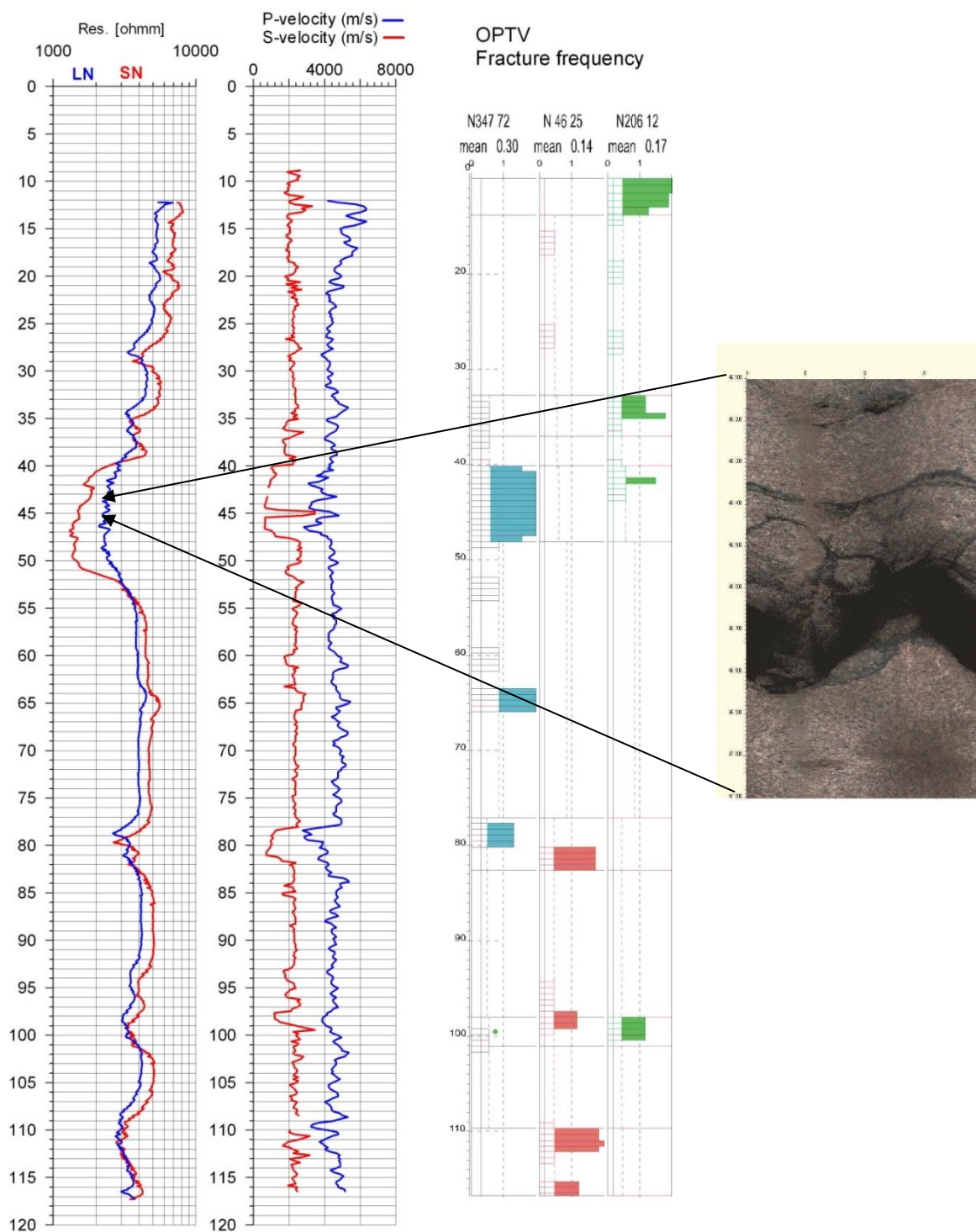
4.2.1 Lunner

Figur 11 viser logging i Bh3 og Bh6 som ble logget i forbindelse med bygging av Lunnertunnelen (Elvebakk 2001, 2011). Bergarten er en syenitt. Figur 12 viser resistivitet, seismisk hastighet og sprekkefrekvens beregnet fra optisk televiwer. Mellom 40 og 50 m dyp måles en resistivitet ned mot $1040 \Omega\text{m}$. Det er også tydelig nedgang i seismisk P-bølgehastighet (3000 m/s). Sprekkefrekvensen viser oppsprekking i samme dyp. OPTV-opptak viste at det i dette tilfellet var flere åpne vannførende sprekker.



Figur 11. Logging i Bh3 (venstre) og Bh6 (høyre) på Lunner.

Lunner, Bh 6



Figur 12. Resistivitet, seismisk hastighet, sprekkefrekvens og bilde fra optisk televiwer i Bh 6 Lunner (for detaljer, se Elvebakk 2001, 2011).

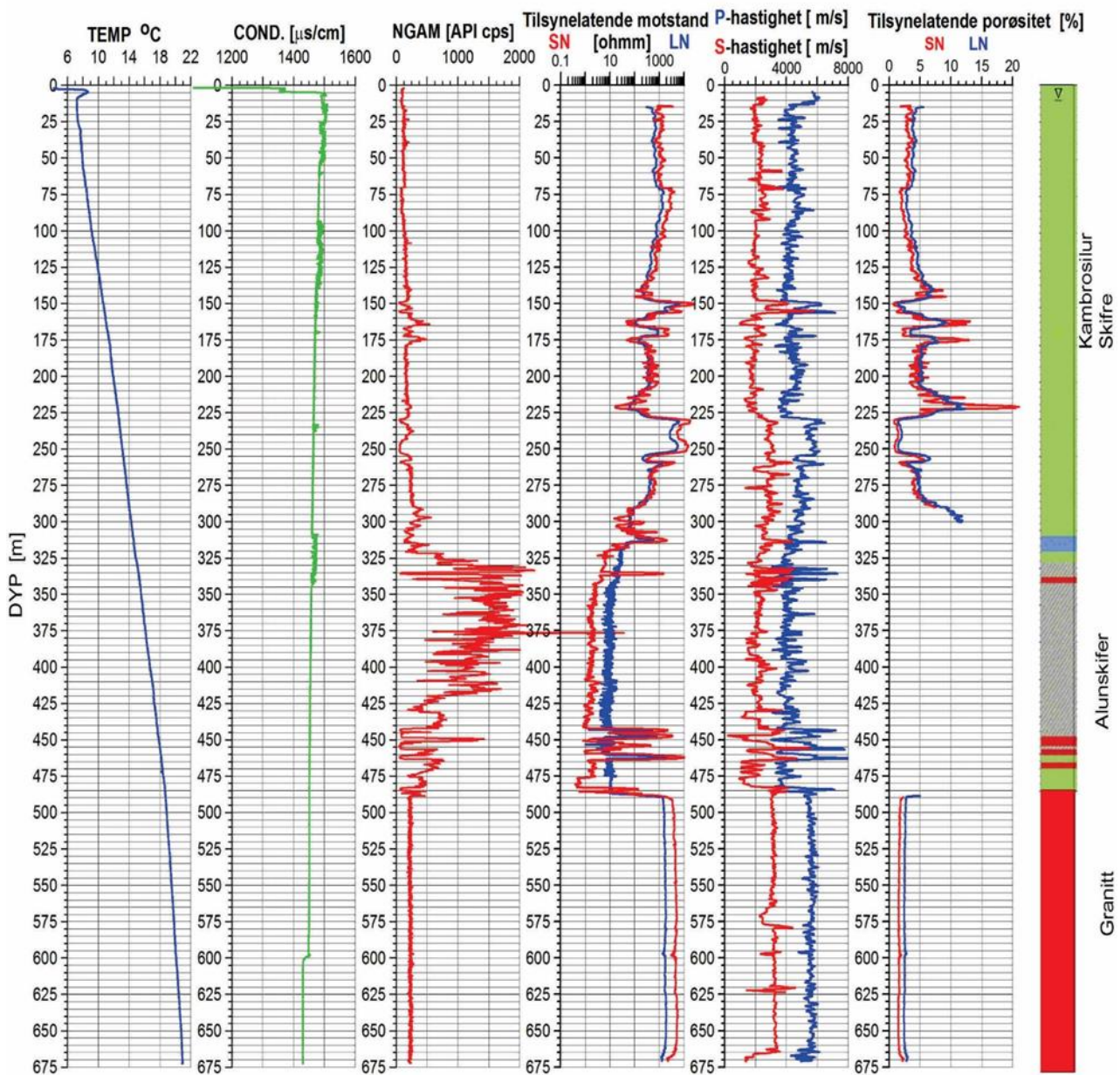
4.2.2 Arnestad skole, Asker

Figur 13 viser logging i en 675 m dyp brønn ved Arnestad skole i Asker. Figur 14 viser flere logger i denne brønnen (Elvebakk 2011). Figuren illustrerer godt hvordan resistiviteten varierer i kalkskifrene i kambrosilur, alunskifer og underliggende granitt. Gammaloggen indikerer meget tydelig alunskiferen. Resistiviteten er under $1000 \Omega\text{m}$ i kalkskifrene og interne variasjoner kan indikere oppsprekking. Alunskiferen har svært lav resistivitet ($1\text{-}10 \Omega\text{m}$) mens den underliggende granitten har høy resistivitet (ca. $5000 \Omega\text{m}$). Seismisk hastighet varierer i kalkskifrene som kan indikere oppsprekking, likedan i alunskiferen. Den underliggende granitten har høyere og mer stabil P-bølgehastighet enn kalkskifrene og er trolig lite oppsprukket. I tillegg viser figuren temperatur, ledningsevne i vann og beregnet tilsynelatende porøsitet. På grunn av den lave resistiviteten (ledende mineraler) i alunskiferen vil beregnet tilsynelatende porøsitet bli feil for denne.



Figur 13. Logging ved Arnestad skole i Asker.

Arnestad skole, Asker



Figur 14. Arnestad skole, Asker. Geofysiske logger av temperatur, elektrisk ledningsevne i vann, resistivitet, seismiske hastigheter og tilsynelatende porøsitet (for detaljer, se Elvebakk 2011).

4.2.3 Berger

Den beste tolkningen av geofysiske logger får en ved samtolkning av flere parametere, som bl.a. resistivitet og seismisk hastighet. Figur 15 viser logging in en dyp brønn ved Berger i Skedsmo kommune. Figur 16 viser logger fra denne brønnen (Elvebakk 2011). Resistivitetsloggen viser flere soner med lav resistivitet som kan indikere oppsprekking. Flere av disse sonene er sammenfallende med soner med lav seismisk hastighet som ved 85 m, 115 m (se figur 11), 182 m, 422 m og 447 m dyp. Mellom 225 og 250 m dyp er det flere soner med svært lav resistivitet, men det er ingen tilsvarende nedgang i seismisk hastighet. Det er en svak nedgang i seismisk hastighet, men den skyldes trolig endring i bergart eller mineralsammensetning da det er en tydelig økning i gammastrålingen i dette området. Det er derfor usikkert om den lave resistiviteten skyldes oppsprekking. Derimot er ledende mineraler en mer sannsynlig årsak. Måling av IP og magnetisk susceptibilitet kunne avgjort årsaken. På dette tidspunkt hadde ikke NGU sonder for måling av disse parametre. Disse sonder er anskaffet i ettertid.

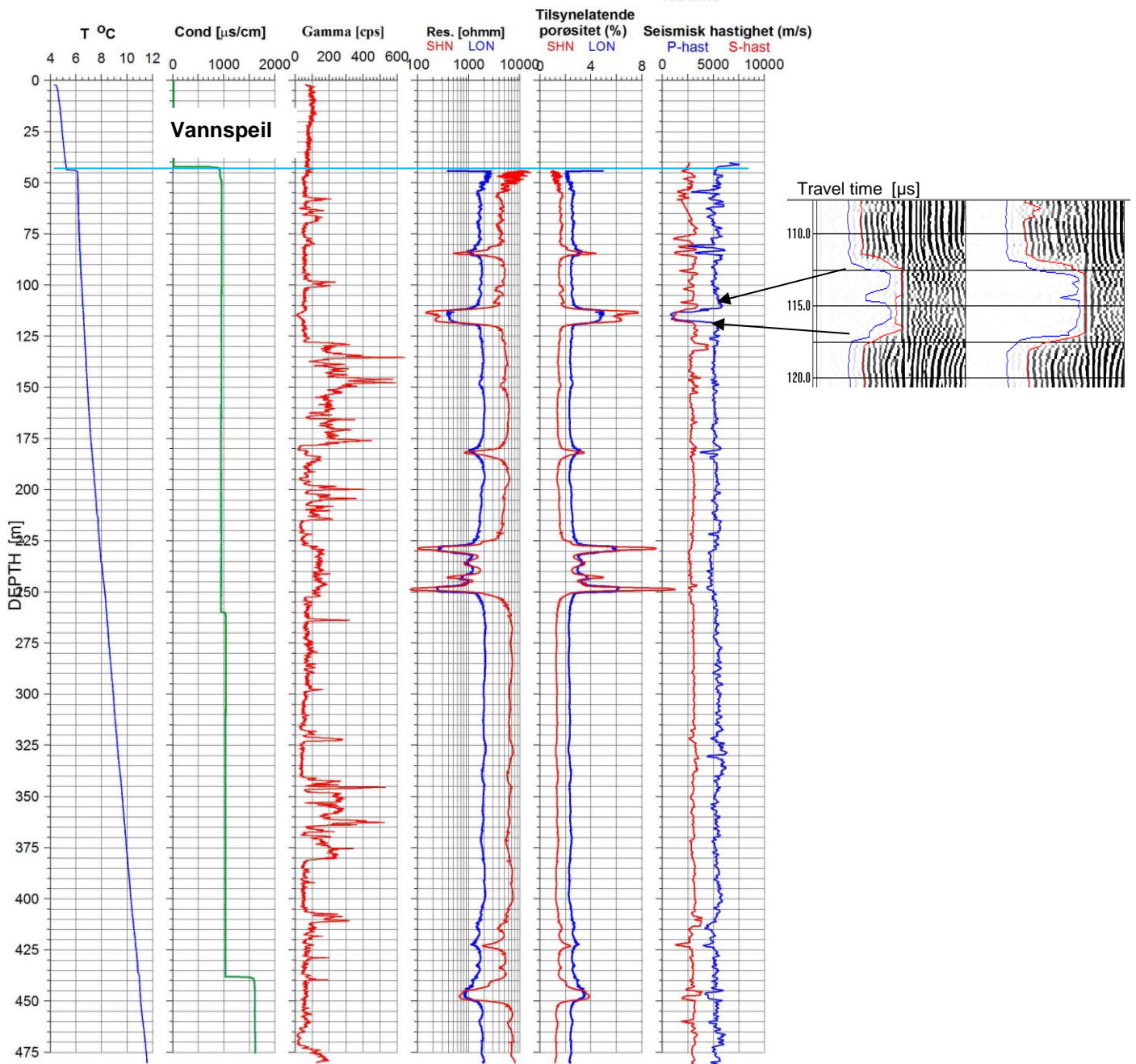
Sonen ved 115 m dyp vises tydelig både med resistivitet og P-bølgehastighet. Ser en nøye på seismogrammet (travel time), vises egentlig to soner. Det samme kan observers på resistivitet, om ikke så tydelig.



Figur 15. Logging i Berger Bh, industriområde ved Berger, Skedsmo.

Berger

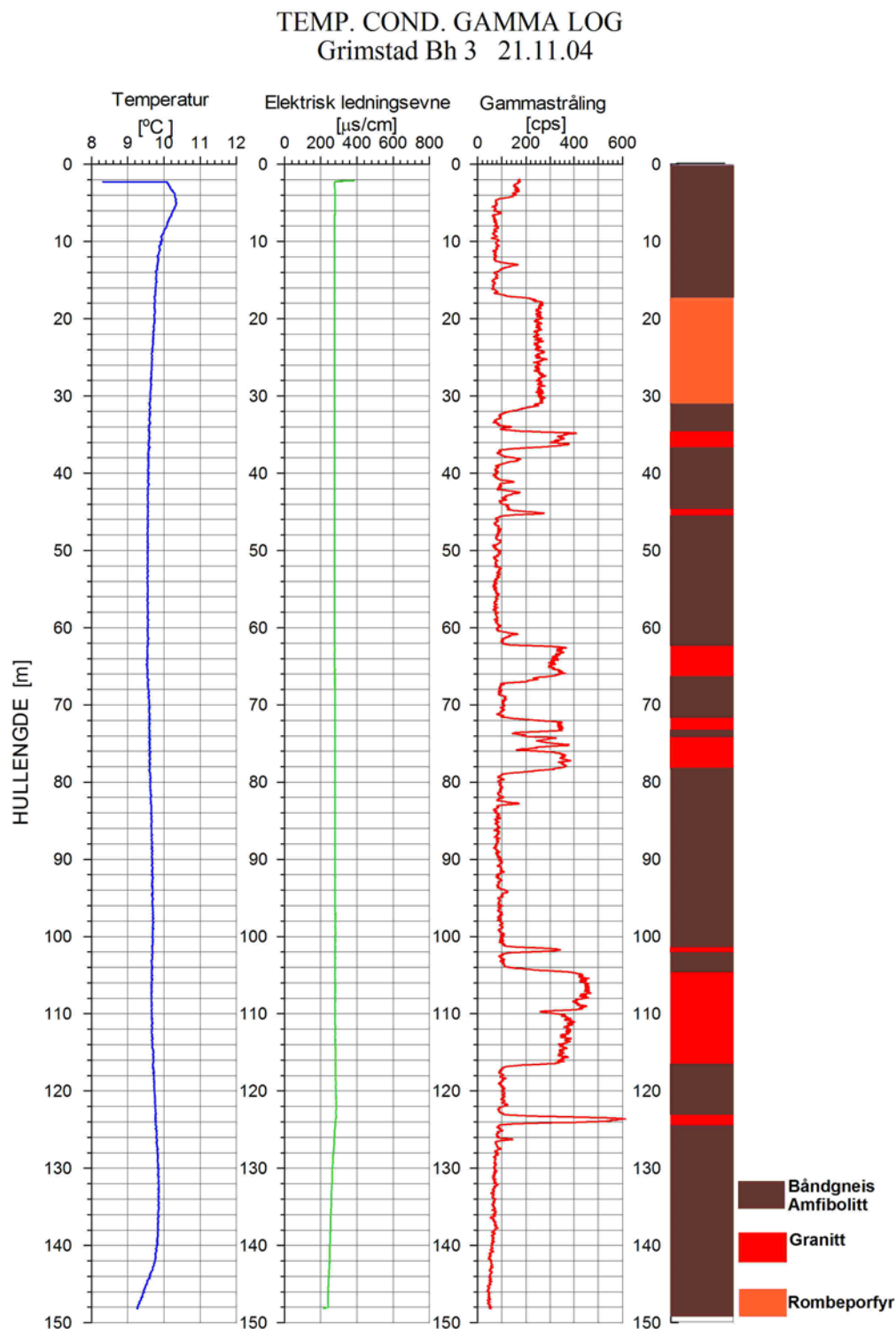
UTM 615271 Ø
32V 6654660 N
152 moh.



Figur 16. Berger, Skedsmo. Geofysiske logger av temperatur, elektrisk ledningsevne i vann, resistivitet, seismiske hastigheter og tilsynelatende porøsitet. Innfelt seismisk bølgetog med tolkning (for detaljer, se Elvebakk 2011).

4.2.4 Grimstad

Figur 17 viser et godt eksempel på hvordan gammalogg avspeiler geologien. I Bh 3, Grimstad (ikke rapportert tidligere) er det tre hovedbergarter, amfibolitt med lav gamma < 100 cps, rombeporfyr ca. 250 cps og granitt 350 – 450 cps. Dette er viktige opplysninger i brønner der en ikke har borekjerner. Den geologiske loggen i figur 17 er basert på opptak med optisk televiewer, gammalogg og geologisk kart fra området (<http://www.ngu.no/>).



Figur 17. Bh 3 Grimstad. Temperatur, elektrisk ledningsevne i vann og naturlig gamma. Geologisk logg er basert på opptak med optisk televiewer.

4.2.5 Tøyen, Geologisk museum

Det er gjort geofysisk logging i en 200 m dyp brønn ved Geologisk museum på Tøyen i Oslo, se figur 18 (Elvebakk 2013).



Figur 18. Logging i 200 m dyp brønn ved Geologisk museum.

Loggingen av Tøyen borehull var spesielt interessant på grunn av tilstedeværelsen av alunskifer med høyt innhold av uran. Nyanskaffet sonde for gammaspektrometri ble testet ut for kartlegging av U, Th og K. Ved hjelp av geofysiske logger, akustisk og optisk televiwer har en kunnet lage en litologisk logg ned til 200 m dyp i et borehull der en ikke har kjerner, se figur 19. (Elvebakk 2013).

Det er svært lav resistivitet i alunskifer/leirskifer, under 10 Ω m. Syenittgangene har tydelig høy resistivitet, > 2000 Ω m. Mænaitt-gangene skiller seg også tydelig ut fra alunskiferen, 100 – 1000 Ω m.

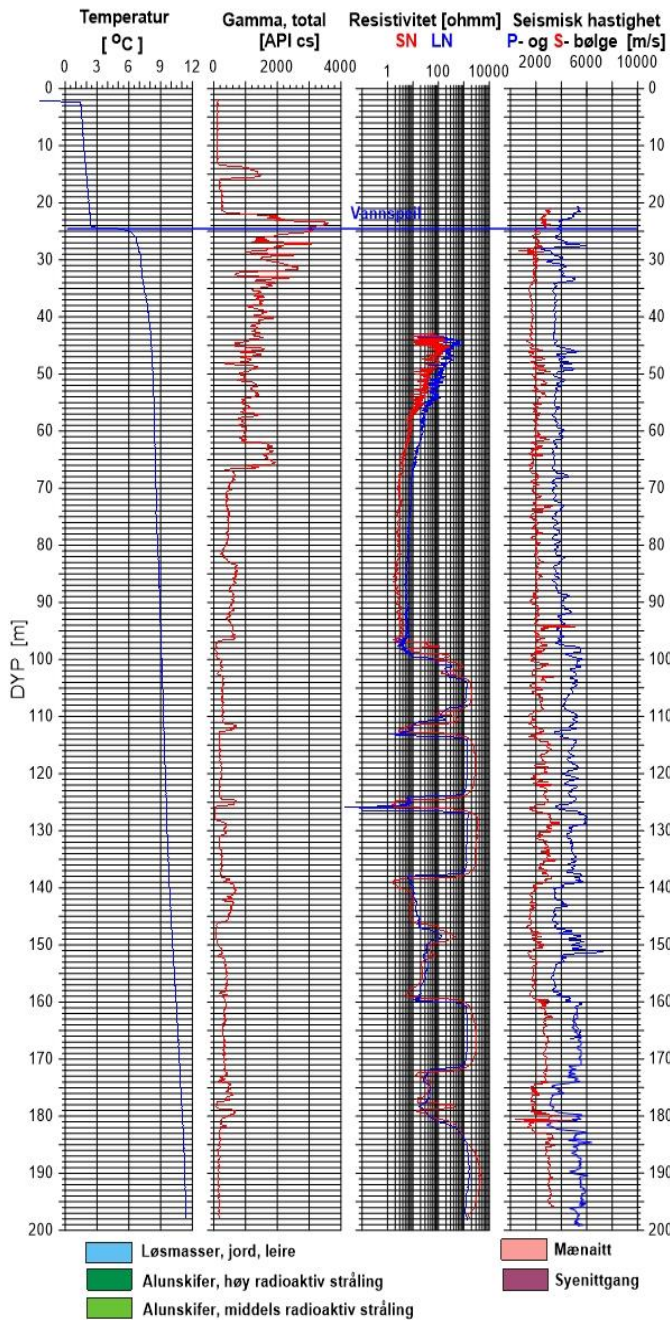
Alunskiferen har tydelig lavere seismisk hastighet, 3000 – 4000 m/s (P-bølge) enn syenitten som har ca. 5000 m/s. Mænaitten har også høy P-bølgehastighet, 5000 – 6000 m/s.

Gammaspektrometri viser at de høye gammaverdiene (total) i alunskiferen, opp mot 4000 cps API, hovedsakelig styres av U-innholdet. Det er målt opp mot 250 ppm U. I syenittgangene er det thorium som er det dominerende radioaktive element, 20 – 30 ppm Th.

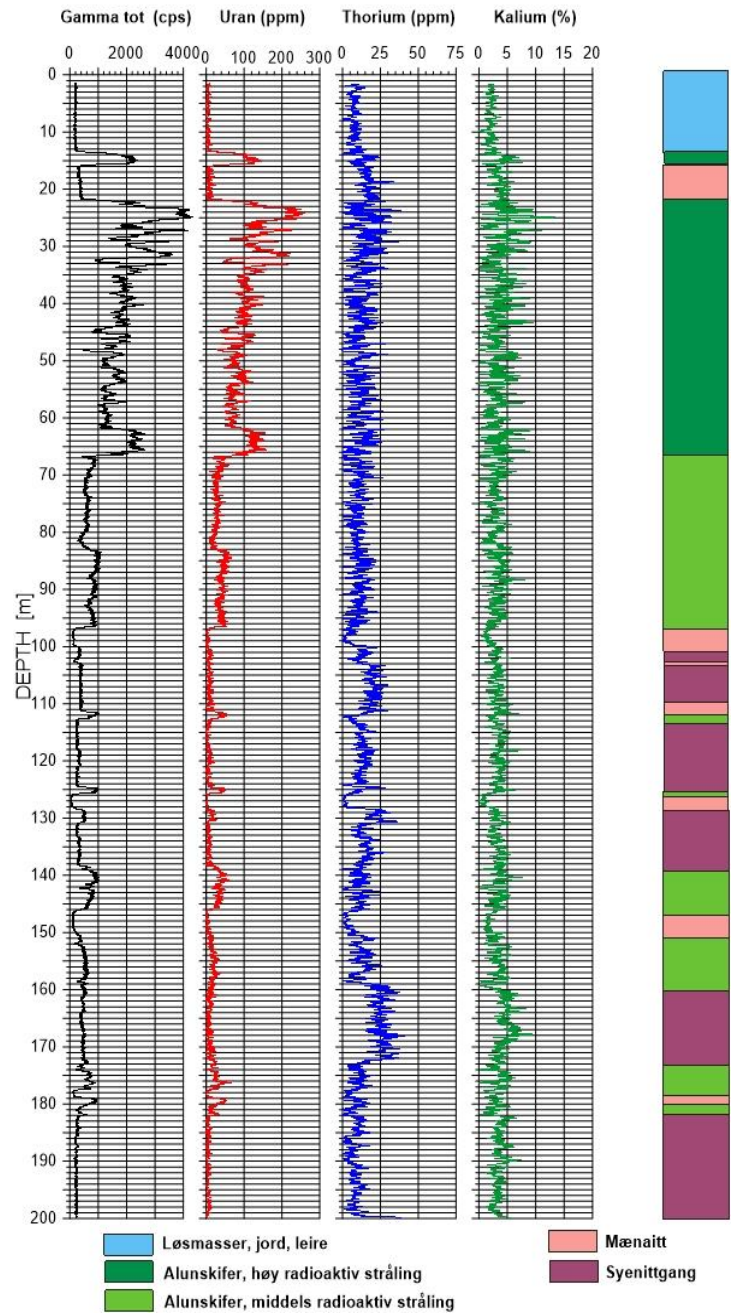
Loggingen av Tøyen borehull viser at geofysisk logging er et viktig redskap til å karakterisere undergrunnen geofysisk/geologisk uten at en benytter dyr kjerneboring. Med televiwer fikk en i tillegg indikert all oppsprekking og foliasjon i bergartene (strøk- og fallretning. Den geologiske loggen av borehullet er utarbeidet på grunnlag av de geofysiske loggene.

Geologisk Museum, Tøyen

0599126E
6643763N
30 moh



Geologisk museum, Tøyen



Figur 19. Geofysiske logger i 200 m dypt borehull ved Geologisk museum på Tøyen, Oslo. Geologisk logg er utarbeidet på grunnlag av geofysiske logger (Elvebakk 2013).

5. SAMMENSTILLING AV RESISTIVITET, SEISMISKE HASTIGHETER OG NATURLIG GAMMASTRÅLING I NORSKE BERGARTER

I det følgende blir verdier for resistivitet, seismiske hastigheter og naturlig total gammastråling sammenstilt for norske bergarter. Data er hentet fra ca. 200 brønner og diamantborehull som er logget av NGU i perioden 2000 – 2021. Data er presentert både i tabellform og diagram og er klassifisert etter bergartstype: sedimentær, metamorf og magmatisk.

Data er hentet fra steder i borehullene der bergartene er minst mulig oppsprukket. Til å vurdere dette er det i tillegg til resistivitet og seismisk hastighet benyttet informasjon fra optisk og akustisk televiewer. Endringer i temperatur og elektrisk ledningsevne i vann kan også indikere oppsprekking og er benyttet. Ettersom høy elektrisk ledningsevne i porevannet påvirker resistiviteten, har en forsøkt å unngå borehull med høy elektrisk ledningsevne i vannet.

I kapitlene 5.1 – 5.3 vises diagrammer for hhv. resistivitet, seismisk hastighet og naturlig total gammastråling i de vanligste norske bergarter. Det er gjennomsnittsverdier med standardavvik og målte maksimum – minimums verdier som er angitt. Videre er det angitt hvor målingene er gjort. Diagrammene er vist i figur 20 – 26.

Resistiviteten i granitt og syenitt er høy (5000 – 9000 Ωm) og viser liten spredning både i standardavvik og maks/min-verdier. Gabbro, og delvis gneis, viser samme tendens. Amfibolitt og grønnstein viser litt større spredning, mens det i Oslofeltets kambrosilurbergarter (kalksteiner) er stor spredning i resistivitetsverdiene og det er lave verdier. Det er logget om lag 15 hull i kambrosilur og alle viser resistivitetsverdier under 1000 Ωm . Verdiene i diagrammet viser gjennomsnitt fra flere hull.

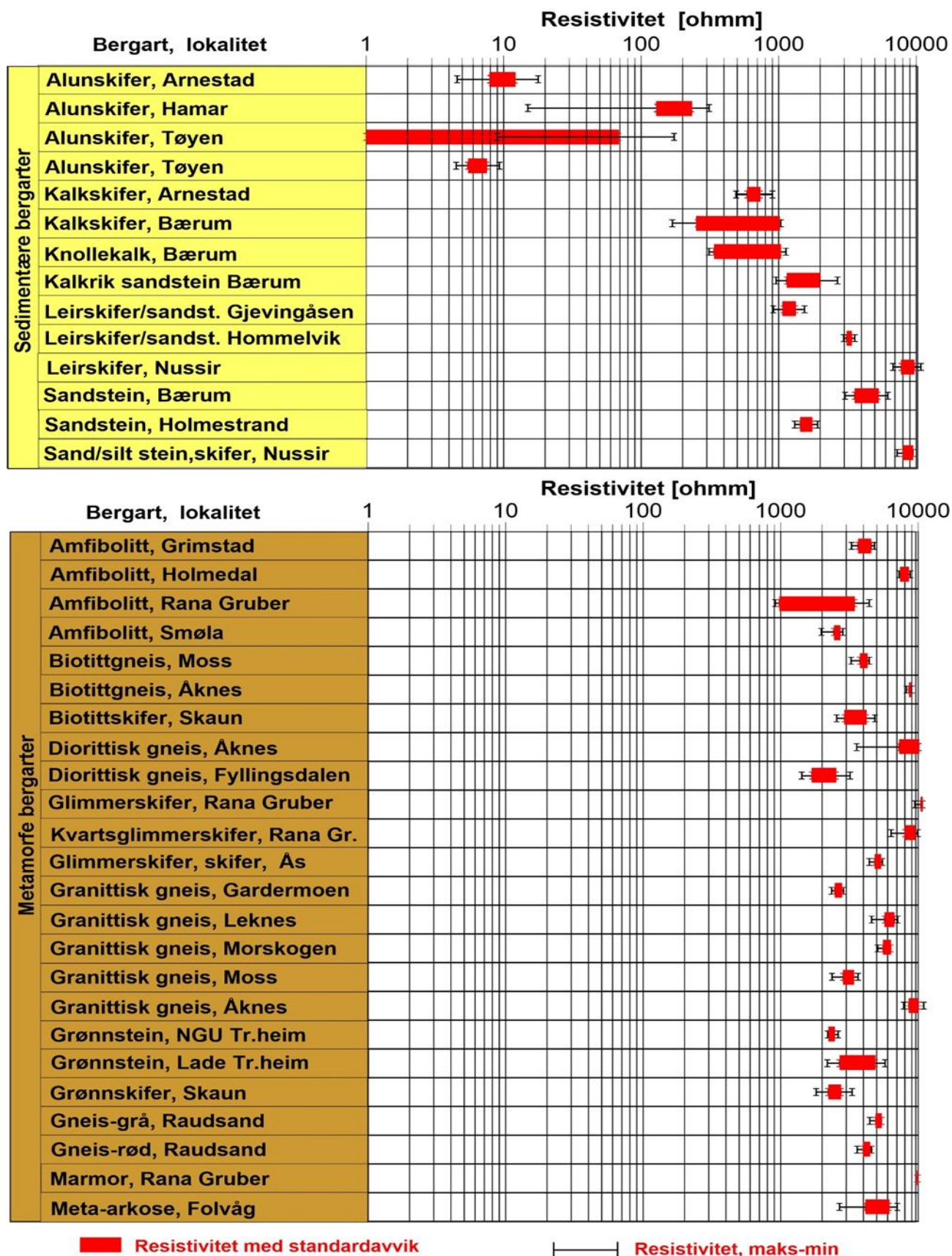
Seismisk P-bølgehastighet viser moderat variasjon for metamorfe og magmatiske bergarter. For sedimentære bergarter er variasjonen tydelig større og den er generelt noe lavere, 4000 – 6000 m/s, mens den for metamorfe og magmatiske for det meste er større enn 5000 m/s. Seismisk hastighet (P-bølge) er høyest i gabbro, ca 6000 m/s, mens alunskiferen har lavest hastighet av de bergarter som er undersøkt med ca. 4000 m/s. S-bølgehastigheten varierer generelt mer enn P-bølgehastigheten. Noe av dette kan skyldes noe usikkerhet i data da det ofte er vanskelig å plukke førsteankomst for S-bølgen. Noen bergarter mangler S-bølgehastighet p.g.a. dette.

Naturlig gammastråling varierer naturlig nok en del da det er mineralsammensetningen som bestemmer strålingen. Alunskifer og Fen-bergartene rauhaugitt og damtjernitt har høyest stråling (> 1000cps) grunnet innhold av Uran og Thorium. Granitt og granittisk gneis har også høy stråling, 200 – 500 cps grunnet innhold av små mengder U og Th, i tillegg til økt innhold av kalium. Grønnstein/grønnskifer og anortositt har lavest stråling, < 10 cps.

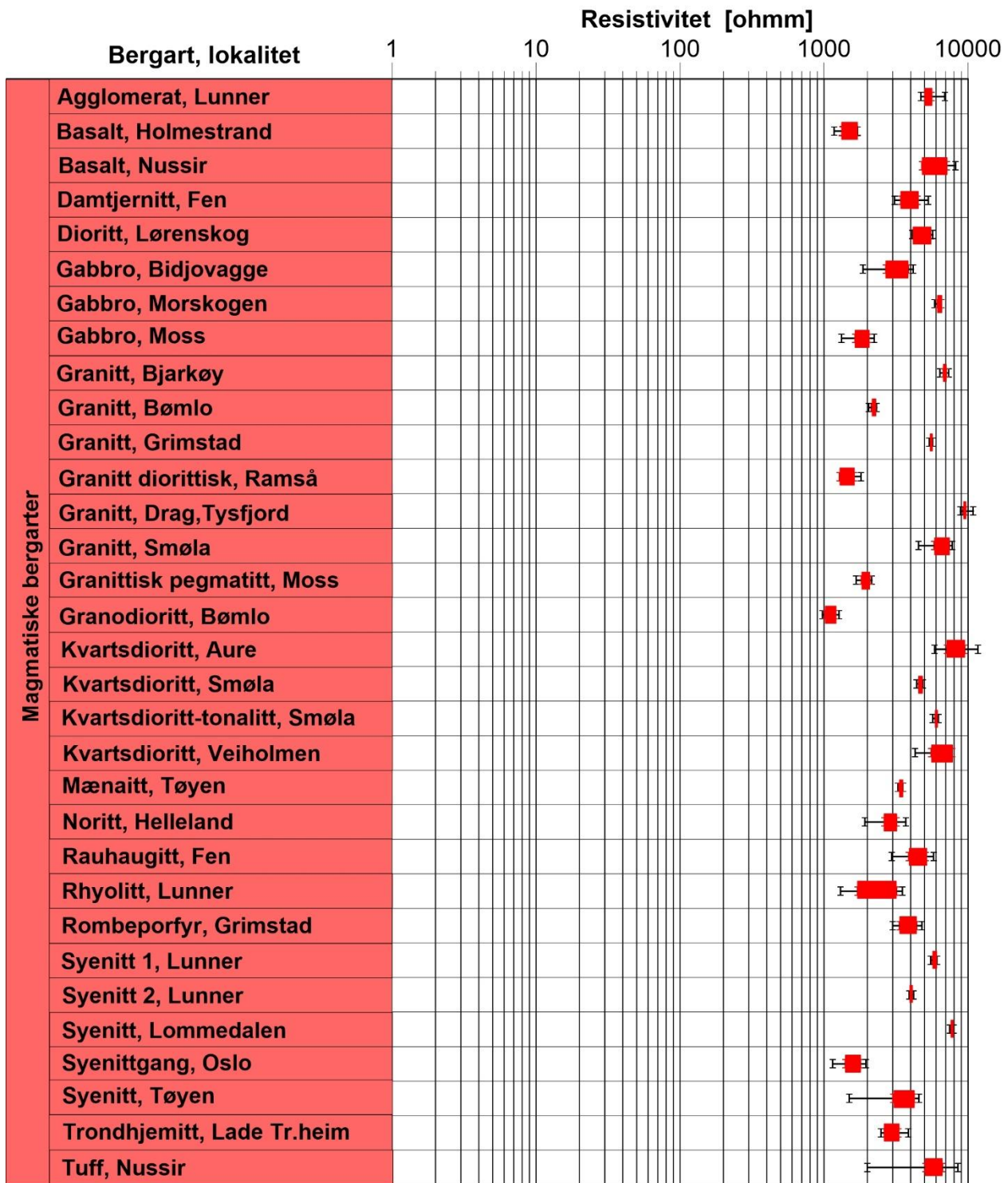
I kapittel 5.4 vises tabeller over målte gjennomsnittsverdier med standardavvik for resistivitet, seismiske hastigheter og naturlig gammastråling for alle borehull som er logget og som danner grunnlaget for sammenstillingen i denne rapporten.

I databilag 4 - 36 vises datablad for noen av borehullene. Her vises bergartstype, hvilket dyp målingen er gjort på, maksimum og minimumsverdier for resistivitet, seismisk hastighet og naturlig gamma, standardavvik og elektrisk ledningsevne i vannet.

5.1 Resistivitet

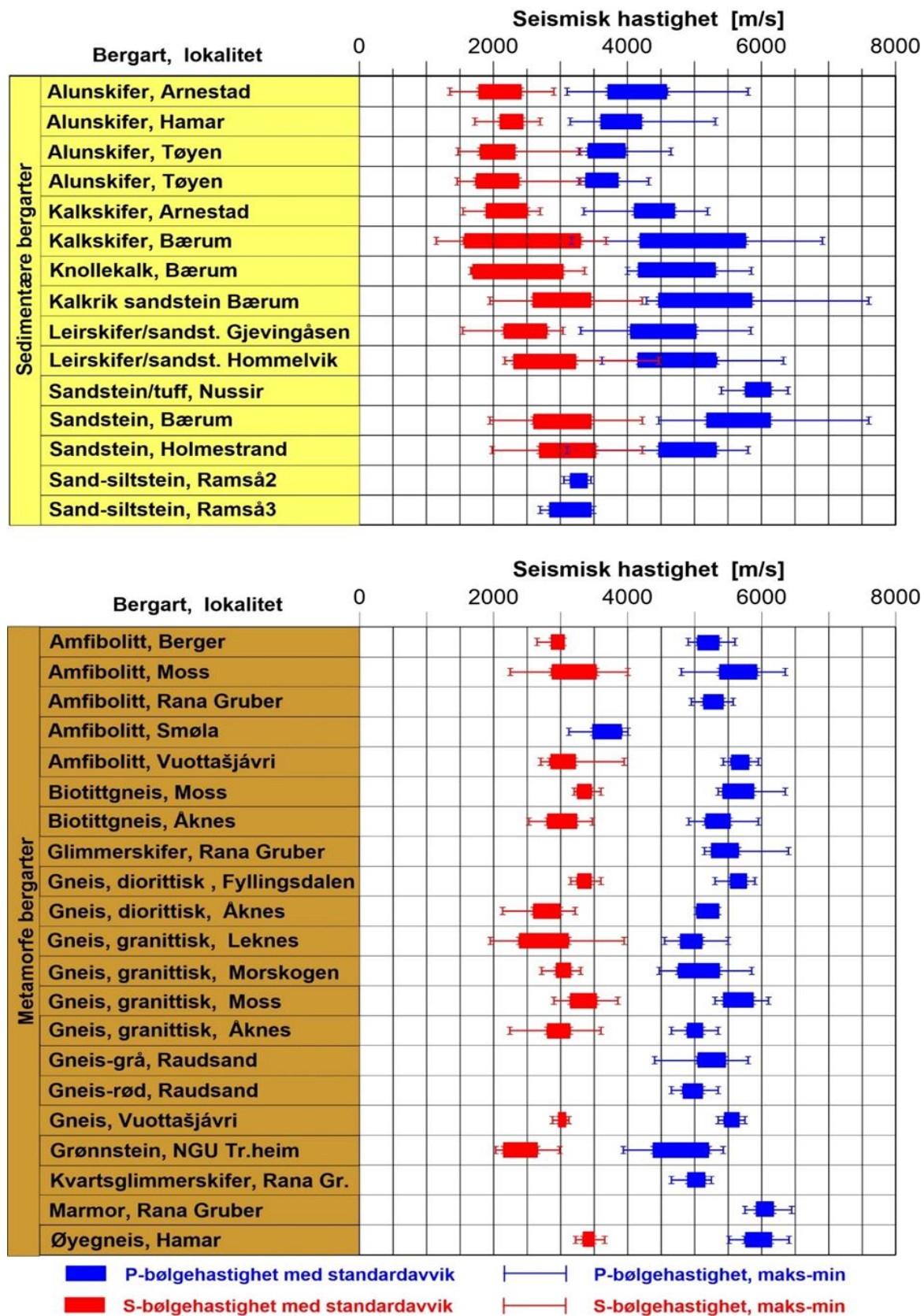


Figur 20. Resistivitet i ikke oppsprukne sedimentære og metamorfe bergarter.

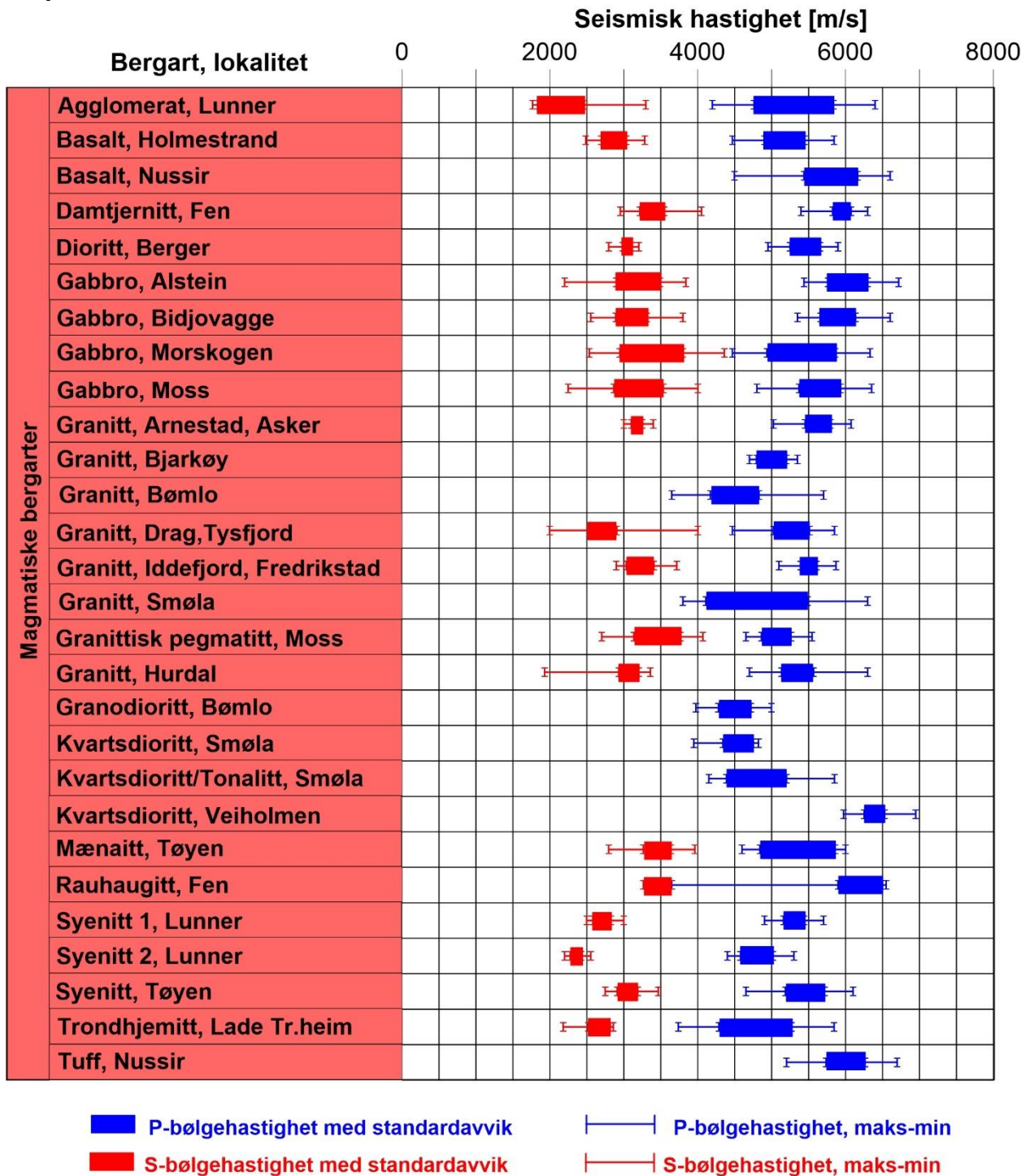


Figur 21. Resistivitet i ikke oppsprukne magmatiske bergarter.

5.2 Seismiske hastigheter

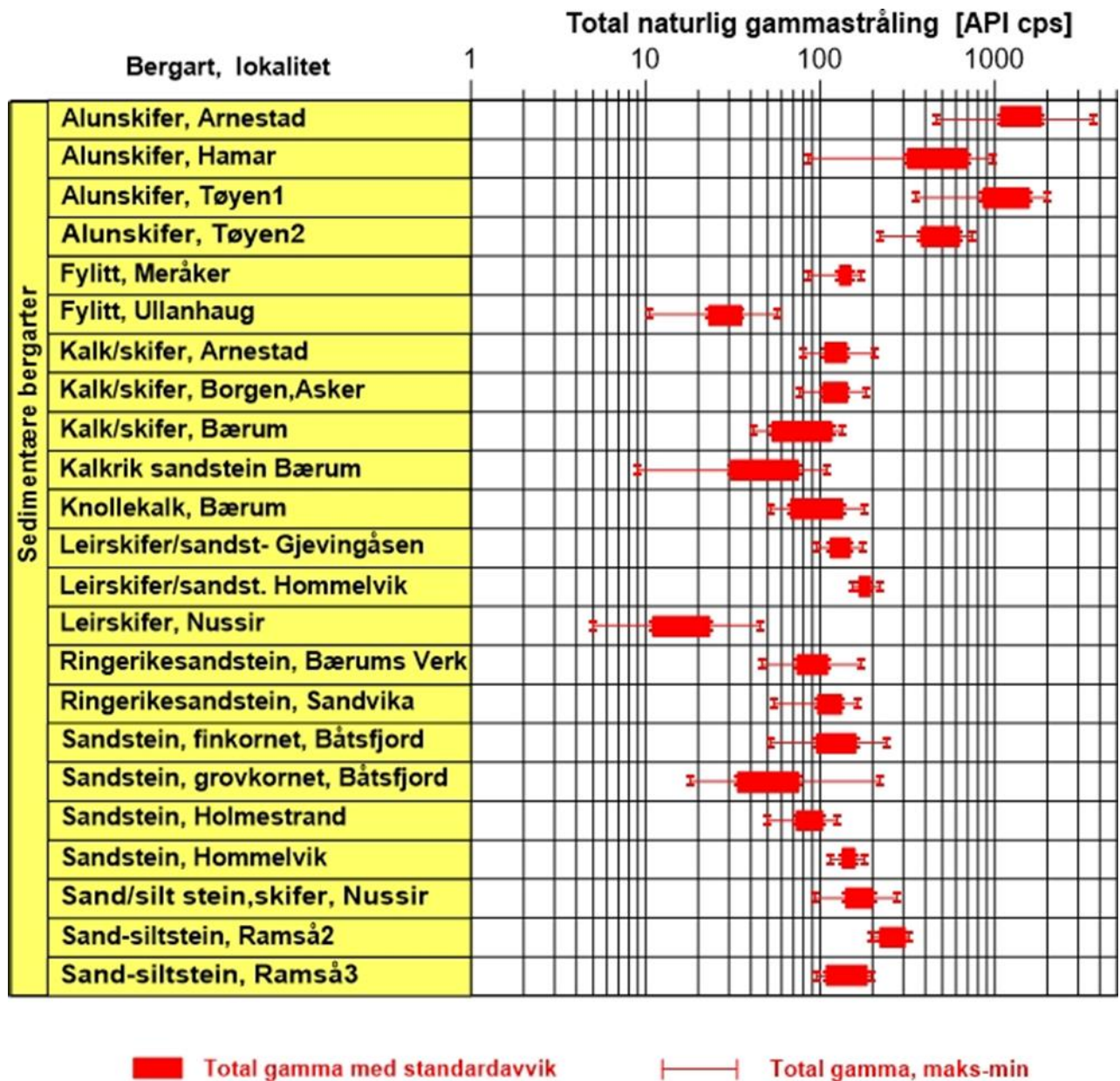


Figur 22. Seismiske hastigheter i ikke oppsprukne sedimentære og metamorfe bergarter.

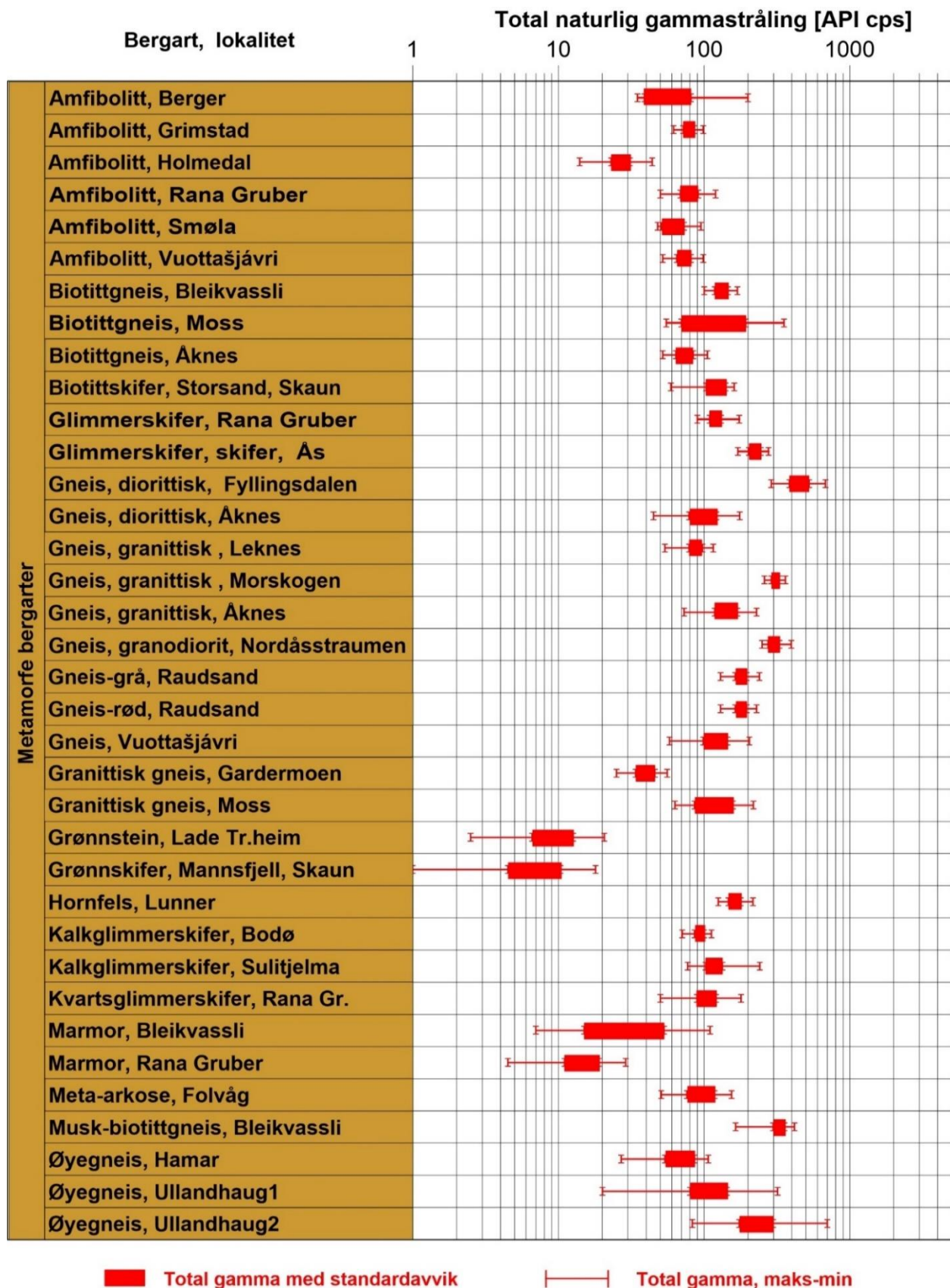


Figur 23. Seismiske hastigheter i ikke oppsprukne magmatiske bergarter

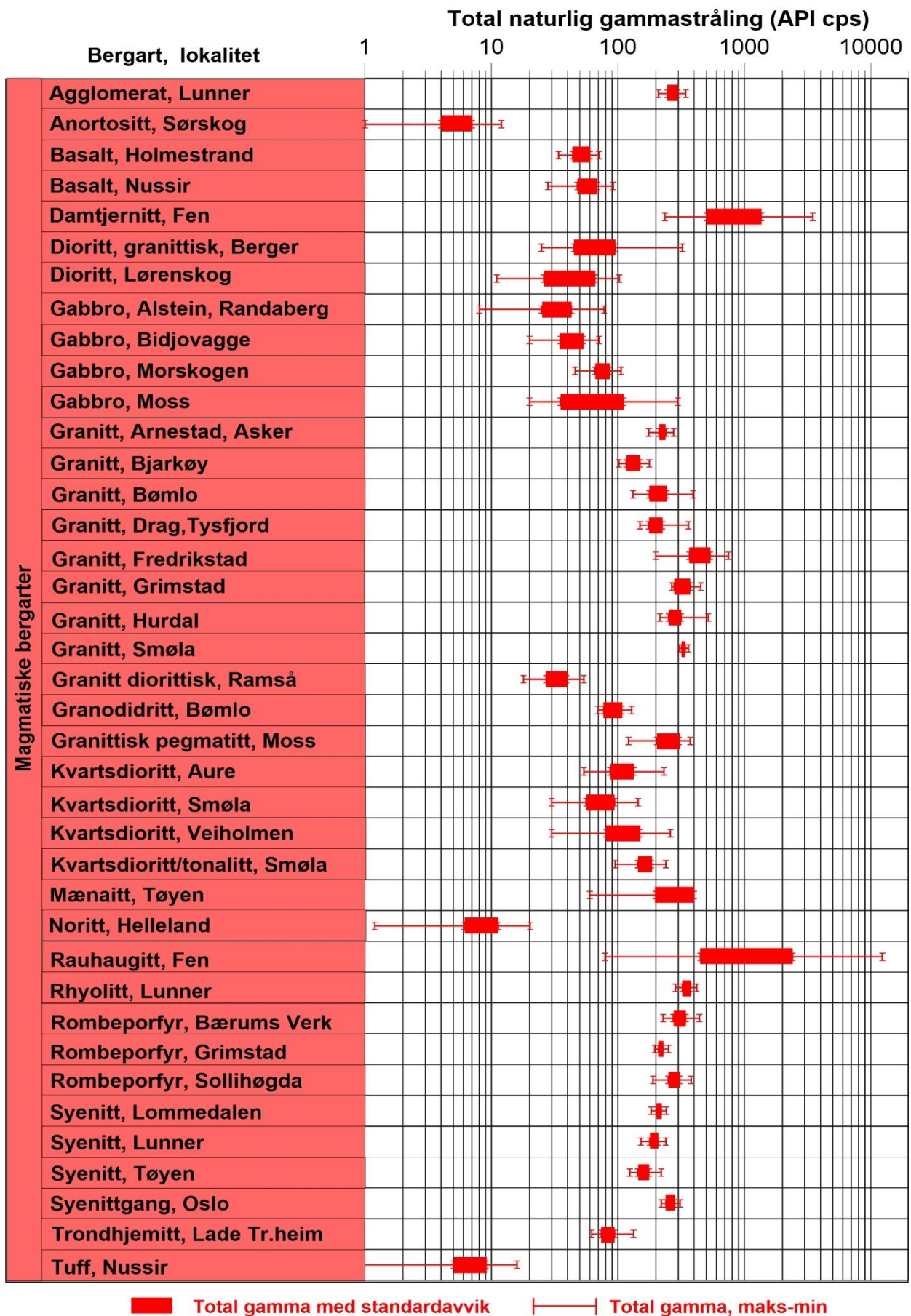
5.3 Naturlig gammastråling



Figur 24. Total gammastråling (counts pr second, API standard) i sedimentære bergarter.



Figur 25. Total gammastråling (counts per second, API standard) i metamorfe bergarter.



Figur 26. Total gammastråling (counts per second, API standard) i magmatiske bergarter.

5.4 Tabeller over resistivitet, seismiske hastigheter og total gammastråling

Tabell 5, 6 og 7 viser gjennomsnittsverdier for resistivitet, seismisk hastighet og total naturlig gamma for norske bergarter klassifisert etter sedimentære, metamorfe og magmatiske. Tabellene viser bergart og lokalitet.

Tabell 5. Målte gjennomsnittsverdier med standardavvik for resistivitet, seismiske hastigheter og naturlig gammastråling i norske sedimentære bergarter.

Bergart	Lokalitet	Resistivitet LN (Ωm)	Lydhastighet P-bølge (m/s)	Lydhastighet S-bølge (m/s)	Gamma API (cps)
Alunskifer	Arnestad	10 +/- 2	4150 +/- 443	2100 +/- 313	1450 +/- 368
Alunskifer	Hamar	180 +/- 50	3910 +/- 296	2270 +/- 167	500 +/- 187
Alunskifer	Tøyen 1	34 +/- 34	3600 +/- 238	2050 +/- 320	1200 +/- 347
Alunskifer	Tøyen 2	6.5 +/- 1	3700 +/- 280	2060 +/- 262	500 +/- 121
Fyllitt	Meråker	-	-	-	140 +/- 10
Fyllitt	Ullandhaug	-	-	-	29 +/- 6
Kalk/skifer	Arnestad	660 +/- 68	4400 +/- 298	2200 +/- 308	120 +/- 16
Kalk/skifer	Asker	-	-	-	120 +/- 18
Leirskifer	Gjevingåsen	1210 +/- 117	4530 +/- 486	2480 +/- 322	130 +/- 16
Leirskifer	Hommelvik	3250 +/- 135	4750 +/- 583	2770 +/- 462	180 +/- 13
Leirskifer	Nussir	8700 +/- 633	-	-	17 +/- 6
Ringerike sa-st.	Bryn, Bærum	-	-	-	115 +/- 17
Ringerike sa-st.	Bærum Verk	-	-	-	90 +/- 17
Sandstein, fin	Båtsfjord	-	-	-	130 +/- 32
Sandstein, grov	Båtsfjord	-	-	-	55 +/- 20
Sandstein	Holmestrand	1590 +/- 149	4900 +/- 426	3110 +/- 421	90 +/- 15
Sandstein	Hommelvik	5480 +/- 175	5120 +/- 365	3030 +/- 143	145 +/- 12
Sand-siltstein	Nussir	8700 +/- 906	-	-	170 +/- 30
Sand-siltstein	Ramså 2	-	3300 +/- 156	-	250 +/- 52
Sand-siltstein	Ramså 3	-	3150 +/- 311	-	147 +/- 38
Kambrosilur Bærum					
Kalk/skifer	Storengvn.	530 +/- 58	4880 +/- 398	2590 +/- 315	75 +/- 10
Kalk/skifer	Krokfaret	960 +/- 51	5330 +/- 438	2820 +/- 481	60 +/- 8
Kalk/skifer	Ballerud	420 +/- 41	4460 +/- 267	2330 +/- 158	105 +/- 9
Kalk/skifer	Løkkeveien	580 +/- 54	4800 +/- 461	1950 +/- 207	80 +/- 11
Kalk/skifer	Marstrander	750 +/- 74	4730 +/- 258	2140 +/- 350	80 +/- 12
Kalk/skifer	Engerjordet	310 +/- 53	4800 +/- 332	2000 +/- 445	108 +/- 9
Knollekalk	Jar	870 +/- 140	4670 +/- 207	2030 +/- 339	100 +/- 13
Knollekalk	Storengvn.	375 +/- 35	4630 +/- 461	2500 +/- 436	120 +/- 15
Knollekalk	Platåveien	650 +/- 49	4940 +/- 373	2700 +/- 183	90 +/- 8
Knollekalk	Stabekk	700 +/- 63	5100 +/- 161	2920 +/- 106	75 +/- 7
Kalk/sandst.	Ekebergveien	1600 +/- 137	5660 +/- 193	3240 +/- 111	60 +/- 6
Kalk/sandst.	Bauneveien	1560 +/- 376	5010 +/- 723	3010 +/- 408	65 +/- 6
Kalk/sandst.	Ekebergveien	4420 +/- 832	5660 +/- 471	3020 +/- 422	50 +/- 22
Kalk/sandst.	Engerjordet	1430 +/- 168	5450 +/- 270	3110 +/- 373	55 +/- 12

Tabell 6. Målte gjennomsnittsverdier med standardavvik for resistivitet, seismiske hastigheter og naturlig gammastråling i norske metamorfe bergarter.

Bergart	Lokalitet	Resistivitet LN (Ωm)	Lydhastighet P-bølge (m/s)	Lydhastighet S-bølge (m/s)	Gamma API (cps)
Amfibolitt	Berger		5200 +/- 162	2950 +/- 87	60 +/- 21
Amfibolitt	Grimstad	4050 +/- 401	-	-	80 +/- 7
Amfibolitt	Holmedal	7950 +/- 558	-	-	25 +/- 4
Amfibolitt	Rana Gruber	5150 +/- 1290	5275 +/- 148	-	80 +/- 11
Amfibolitt	Smøla	5850 +/- 790	6000 +/- 260	-	7 +/- 2
Amfibolitt	Vuottašjávri		5680 +/- 137	3030 +/- 186	70 +/- 8
Biotittgneis	Bleikvassli				130 +/- 14
Biotittgneis	Moss	4025 +/- 245	5650 +/- 231	3350 +/- 108	124 +/- 69
Biotittgneis	Åknes	8750 +/- 155	5340 +/- 184	3015 +/- 218	74 +/- 10
Biotittskifer	Skaun	3540 +/- 629			120 +/- 19
Glimmerskifer	Rana Gruber	10600 +/- 77	5450 +/- 204	-	120 +/- 11
Glimmerskifer	Ås	5100 +/- 238	-	-	224 +/- 21
Gneis, diorittisk	Fyllingsdalen	2100 +/- 411	5650 +/- 120	3350 +/- 103	455 +/- 70
Gneis, diorittisk	Åknes	8620 +/- 1324	5190 +/- 5359	2790 +/- 202	100 +/- 22
Gneis, granittisk	Åknes	9300 +/- 720	5000 +/- 120	3025 +/- 231	160 +/- 33
Gneis, granittisk	Leknes	6200 +/- 494	4950 +/- 160	2750 +/- 370	90 +/- 9
Gneis, granittisk	Morskogen	5950 +/- 350	5060 +/- 312	3040 +/- 109	310 +/- 19
Gneis	Vuottašjávri		5550 +/- 113	3330 +/- 53	140 +/- 38
Gneis, gran.dior	Bergen				300 +/- 27
Gneis-grå	Raudsand	5150 +/- 212	5250 +/- 208	-	180 +/- 16
Gneis-rød	Raudsand	4225 +/- 250	5000 +/- 120	-	180 +/- 16
Øyegneis	Hamar	1)	5940 +/- 198	3462 +/- 131	70 +/- 16
Øyegneis	Ullandhaug 1				112 +/- 32
Øyegneis	Ullandhaug 2				236 +/- 62
Grønnstein	Lade Tr.heim	2350 +/- 114	4800 +/- 415	2400 +/- 256	9 +/- 3
Grønnstein	Lade Tr.heim	3760 +/- 1076			8 +/- 3
Grønnskifer	Mannsfj. E39	2760 +/- 277			7 +/- 3
Grønnskifer	Brekka E39	2480 +/- 247			8 +/- 3
Kalkglimmer skifer	Bodø				93 +/- 7
Kalkglimmer skifer	Sulitjelma				118 +/- 16
Marmor	Bleikvassli				34 +/- 19
Marmor	Rana Gruber	9875 +/- 4	6050 +/- 129	-	15 +/- 3.7
Meta-arkose	Folvåg	5150 +/- 1000	-	-	97 +/- 21
Muskovitt-Biotittgneis	Bleikvassli				330 +/- 30

1) Høy elektrisk ledningsevne i vann gir feil resistivitet

Tabell 7. Målte gjennomsnittsverdier med standardavvik for resistivitet, seismiske hastigheter og naturlig gamma i norske magmatiske bergarter.

Bergart	Lokalitet	Resistivitet LN (Ωm)	Lydhastighet P-bølge (m/s)	Lydhastighet S-bølge (m/s)	Gamma API (cps)
Agglomerat	Lunner	5300 +/- 286	5300 +/- 540	2150 +/- 315	270 +/- 25
Anortositt	Sørskog	-	-	-	5 +/- 2
Basalt	Holmestrand	1420 +/- 94	5170 +/- 273	2870 +/- 170	50 +/- 8
Basalt	Holmestrand	1630 +/- 80	-	-	60 +/- 8
Basalt	Nussir	5950 +/- 1157	5800 +/- 360	-	58 +/- 10
Damtjernitt	Fen	3665 +/- 775	5925 +/- 124	3400 +/- 207	925 +/- 424
Dioritt	Berger	-	5450 +/- 202	3050 +/- 67	70 +/- 25
Dioritt	Lørenskog	5260 +/- 245	-	-	45 +/- 20
Dioritt	Lørenskog	4280 +/- 147	-	-	30 +/- 11
Gabbro	Alstein	-	6030 +/- 269	3190 +/- 296	35 +/- 9
Gabbro	Bidjovagge	3270 +/- 573	5900 +/- 236	3100 +/- 206	45 +/- 9
Gabbro	Morskogen	6330 +/- 185	5400 +/- 461	3370 +/- 427	76 +/- 10
Gabbro	Moss	1850 +/- 202 ¹⁾	5650 +/- 280	3200 +/- 333	73 +/- 38
Granitt	Arnestad	1670 +/- 65 ¹⁾	5600 +/- 170	3180 +/- 75	225 +/- 14
Granitt	Bjarkøy	6900 +/- 167	5000 +/- 204	-	133 +/- 15
Granitt	Bømlo	2200 +/- 65	4500 +/- 330	-	210 +/- 33
Granitt	Drag, Tysfjord	9450 +/- 210	5250 +/- 120	2700 +/- 165	200 +/- 24
Granitt	Fredrikstad	-	5500 +/- 111	3220 +/- 185	450 +/- 84
Granitt	Grimstad	5540 +/- 76	-	-	325 +/- 47
Granitt	Hurdal	-	5350 +/- 217	3070 +/- 136	290 +/- 32
Granitt	Smøla	6625 +/- 800	4800 +/- 690	-	330 +/- 10
Granitt, dioritt	Ramså	1450 +/- 165 ¹⁾	4550 +/- 182	-	144 +/- 29
Granodioritt	Bømlo	1125 +/- 93	4500 +/- 218	-	92 +/- 15
Granitt-pegmatitt	Moss	1950 +/- 125 ¹⁾	5060 +/- 200	3450 +/- 312	253 +/- 49
Kvartsdioritt	Aure	8310 +/- 1208	-	-	110 +/- 23
Kvartsdioritt	Smøla	4675 +/- 138	4500 +/- 207	-	75 +/- 19
Kvartsdioritt/tonalitt	Smøla	6025 +/- 120	4800 +/- 403	-	164 +/- 20
Kvartsdioritt	Veiholmen	6650 +/- 1100	6350 +/- 1235	-	120 +/- 29
Mænaitt	Tøyen, Oslo	3240 +/- 88 ¹⁾	5350 +/- 507	3150 +/- 1103	300 +/- 100
Noritt	Helleland	2900 +/- 291	-	-	9 +/- 3
Rauhaugitt	Fen	4500 +/- 610	6200 +/- 301	3450 +/- 229	1425 +/- 976
Rhyolitt	Lunner	2450 +/- 737	-	-	350 +/- 25
Rombeporfy	Grimstad	3860 +/- 524	-	-	218 +/- 9
Rombeporfy	Bærums Verk	-	-	-	310 +/- 35
Rombeporfy	Sollihøgda	-	-	-	280 +/- 29
Syenitt	Lunner bh 3	5800 +/- 147	5300 +/- 137	2700 +/- 122	180 +/- 9
Syenitt	Lunner bh 6	4000 +/- 56	4800 +/- 220	2350 +/- 75	190 +/- 14
Syenitt	Lommedalen	7710 +/- 84	-	-	212 +/- 9
Syenitt	Tøyen	1450 +/- 129	5450 +/- 265	3050 +/- 140	160 +/- 16
Syenittgang	Oslo	1600 +/- 194	4000 +/- 667	-	260 +/- 21
Trondhjemit	Lade, Tr.heim	2960 +/- 338	4780 +/- 490	2670 +/- 148	84 +/- 10

1) Høy elektrisk ledningsevne i vann gir feil resistivitet

6. KONKLUSJON

I samarbeidsprosjektet "Forbedrede Forundersøkelser for Utbygging Tunneler" (ForForUT) mellom NGU og Vegdirektoratet har en av oppgavene vært å sammenstille verdier for resistivitet og seismiske hastigheter i norske bergarter. Dette er gjort ved å gå gjennom data fra ca. 200 borehull som er logget av NGU siden 1999 og frem til mai 2021. Hensikten har vært å finne standardverdier for resistivitet og seismisk hastighet i massiv bergart som ikke er oppsprukket. Både resistivitet og seismisk hastighet viser en nedgang ved økt oppsprekking og økt vanninnhold. Ved rutinemessige målinger av resistivitet og seismisk hastighet kan dermed måleresultatene sammenlignes med standardverdier og en kan få et begrep om fjellkvaliteten med hensyn til stabilitet.

Andre parametere som påvirker resistiviteten er innhold av elektronisk ledende mineraler (grafitt, sulfider og jernoksider), leire og elektrisk ledningsevne i porevannet. Det er derfor viktig å bruke flere geofysiske metoder, og seismisk hastighet er derfor en viktig parameter. Måling av vannets elektriske ledningsevne gjøres rutinemessig i borehull og IP- og SP-målinger kan gjøres for å kartlegge sulfider/grafitt.

Data for resistivitet, seismisk hastighet og naturlig gammastråling er sammenstilt både i tabellform og i diagrammer, og er klassifisert etter bergartstype, sedimentære, metamorfe og magmatiske. Data er presentert som gjennomsnittsverdier med standardavvik. Maksimum og minimumsverdier fra de områdene av hullene som er undersøkt er også presentert.

Det er store variasjoner i resistivitetsverdiene. De kalkholdige kambrosilur-bergartene i Oslofeltet har generelt lav resistivitet ($< 1000 \Omega\text{m}$) og den varierer også mye internt. Gneis, granitt og gabbro har høy resistivitet ($> 5000 \Omega\text{m}$) og resistivitetskontraster på grunn av oppsprekking vil lettere registreres i disse enn i bergarter med generell lav resistivitet. Modellering har vist at forutsetningen for vellykkede resultater ved forundersøkelser for tunneler er at det er en tilstrekkelig kontrast i resistivitet (Reiser 2009). Dersom resistiviteten i massiv bergart i utgangspunktet er lav, vil en ikke få tilstrekkelig kontrast mellom massivt og oppsprukket fjell til å påvise oppsprekkingen.

Seismisk hastighet (P-bølge) er noe lavere i sedimentære bergarter enn i metamorfe og magmatiske. Den varierer også mer, 4000 – 6000 m/s. Høyest seismisk hastighet er målt i gabbro, ca. 6000 m/s, mens gneis, granitt og syenitt er målt til 5000 – 6000 m/s.

Naturlig gammastråling, som er viktig for å identifisere bergarter og bergartsgrenser, viser store variasjoner. Alunskiferen skiller seg ut med veldig høy stråling ($>1000\text{cps}$). De magmatiske bergartene i Fensfeltet har svært høy total gamma som i stor grad skyldes høyt innhold av thorium. Stedvis er det også høyt innhold av uran. Granitt og rombeporfyrr har også forholdsvis høy stråling (300 - 500 cps). De fleste andre bergarter ligger under 200 cps hvor grønnstein/grønnskifer og Noritt er definitivt lavest med mindre enn 10 cps (API-standard).

7. REFERANSER

Archie, G.E. 1942: The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics: *Petroleum Technology*, 5, 1422 – 1430.

Advanced Logic Technology, 2006: WellCAD, FWS processing, version 4.1
<https://mountsopris.com/products/wellcad/>

Barton, N. 2007: Rock quality, seismic velocity, attenuation and anisotropy. Taylor & Francis, London 2007, page 92.

Brønner, M., Johansen, T.A., Baranwal, V., Črne, A., Davidsen, B., Elvebakk, H., Engvik, A., Forthun, T., Gellein, J., Henningsen, T., Lutro, O., Margreth, A., Midbøe, P., Ruud, B.O., Rueslåtten, H., Ryseth, A., Rønning, J.S., Schiellerup, H., Schöneberger, J., Smelror, M. & Tveten, E. 2017: Ramså Basin, Northern Norway: an integrated study. *NGU Report 2017.027*.

Dalsegg, E., Elvebakk, H. & Rønning, J.S. 2003: Tunnelprosjektet. Geofysiske bakkemålinger og borehullslogging, Jong – Asker, Asker og Bærum kommuner, Akershus. *NGU Rapport 2003.006*.

Dalsegg, E., Elvebakk, H. & Rønning, J.S. 2003: Tunnelprosjektet. Geofysiske bakkemålinger og borehullslogging på Krokskogen, Hole og Ringerike kommuner, Buskerud. *NGU Rapport 2003.007*.

Dalsegg, E., Elvebakk, H., Rønning, J.S., Muring, E. & Tønnesen, J.F. 2003: Tunnelprosjektet. Geofysiske bakkemålinger og borehullslogging, E-39, Skaun kommune Sør-Trøndelag. *NGU Rapport 2003.067*.

Dalsegg, E. & Elvebakk, H. 2012: Geofysiske målinger i forbindelse med undersjøisk tunnel til Bjarkøy, Troms. *NGU Rapport 2012.027*.

Dalsegg, E., Elvebakk, H. & Rønning, J.S. 2013: Geofysiske bakke- og borehullsmålinger ved Nussir i 2013, Kvalsund kommune, Finnmark. *NGU Rapport 2013.057*.

Elvebakk, H., Braathen, A., Rønning, J.S. & Nordgulen, Ø. 2001: Tunnelprosjektet. Borehullslogging og strukturgeologiske studier Gualia, Lunner kommune. *NGU Rapport 2001.117*.

Elvebakk, H. 2001: Borehullsinspeksjon med optisk televiewer, SiA, Lørenskog, Akershus. *NGU Rapport 2001.021*.

Elvebakk, H. 2001: Inspeksjon av borebrønn ved Borgen skole, Asker kommune, Akershus. *NGU Rapport 2001.036*.

Elvebakk, H. 2002: Borehullsinspeksjon med optisk televiewer, Ringveg Vest under Nordåsstrømmen, Bergen. *NGU Rapport 2002.060*.

Elvebakk, H., Midttømme, K. & Skarphagen, H. 2002: Geologisk utredning av grunnvarmeanlegg på Hovdejordet, Bodø boligbyggerlag, Bodø. *NGU Rapport 2002.061*.

- Elvebakk, H., Rønning, J.S. & Storrø, G. 2002: Borehullslogging i fjellbrønn, Folvåg, Sunnfjord. En verifisering av lineamentsmodell med hensyn til oppsprekking og vanngiverevne. *NGU Rapport 2002.078*.
- Elvebakk, H. 2006: Borehullslogging i forbindelse med ny jernbanetunnel Sandvika - Lysaker, Bærum kommune. *NGU Rapport 2006.007*.
- Elvebakk, H. 2007: Borehullslogging i forbindelse med ny jernbanetunnel Sandvika - Lysaker, Bærum kommune. *NGU Rapport 2007.046*.
- Elvebakk, H. 2007: Borehullslogging, ny jernbanetunnel Sandvika - Lysaker, Bærum kommune. *NGU Rapport 2007.073*.
- Elvebakk, H. 2008: Borehullslogging, ny jernbanetunnel Sandvika - Lysaker, Bærum kommune, del 2. *NGU Rapport 2008.065*.
- Elvebakk, H. 2008: Borehullslogging, Åknes, Stranda kommune. *NGU Rapport 2008.030*.
- Elvebakk, H. 2008: Geofysisk logging av borehull ved Hamar Flyplass. *NGU Rapport 2008.079*.
- Elvebakk, H. 2010: Geofysisk logging av 2 borehull ved Gjevingåsen jernbanetunnel, Hommelvik – Stjørdal. *NGU Rapport 2010.019*.
- Elvebakk, H. 2010: Geofysisk logging av 4 borehull langs planlagt jernbanetunnel Holm-Holmestrand-Nykirke. *NGU Rapport 2010.032*.
- Elvebakk, H. 2011: Geofysisk logging av borehull ved Lutvann, Oslo. *NGU Rapport 2011.008*.
- Elvebakk, H. 2011: Geofysisk logging av borehull ved Gualia, Lunner. *NGU Rapport 2011.009*.
- Elvebakk, H. 2011: Geofysisk logging av borehull ved Vuottašjávri og Bidjovagge, Kautokeino, Finnmark. *NGU Rapport 2011.010*.
- Elvebakk, H. 2011: Geofysisk logging av borehull ved Arnestad skole, Asker. *NGU Rapport 2011.011*.
- Elvebakk, H. 2011: Geofysisk logging av borehull ved Ciens Forskningspark, Gaustad, Oslo. *NGU Rapport 2011.012*.
- Elvebakk, H. 2011: Geofysisk logging av borehull ved Rødsmyra skole, Fredrikstad. *NGU Rapport 2011.013*.
- Elvebakk, H. 2011: Geofysisk logging av borehull på Drag, Tysfjord og Leknes, Lofoten. *NGU Rapport 2011.014*.
- Elvebakk, H. 2011: Geofysisk logging av borehull Berger, Skedsmo kommune. *NGU Rapport 2011.015*.
- Elvebakk, H. 2011: Geofysisk logging av borehull ved Arnestad skole, Asker. *NGU Rapport 2011.016*.

- Elvebakk, H. 2011: Logging av grunnvannsbrønner ved Morskogen, Eidsvoll kommune. *NGU Rapport 2011.017*.
- Elvebakk, H. 2011: Geofysisk logging av borehull på Alstein, Randaberg kommune, Rogaland. *NGU Rapport 2011.032*.
- Elvebakk, H. 2012: Borehullslogging med optisk televiwer, KH-02-11, Mannen, Rauma kommune, Møre og Romsdal. *NGU Rapport 2012.032*
- Elvebakk, H. 2012: Logging av grunnvannsbrønner på strekningen Espå – Minnesund, Stange og Eidsvoll kommune. *NGU Rapport 2012.037*.
- Elvebakk, H. 2013: Geofysisk logging av borehull ved Geologisk Museum, Tøyen, Oslo. *NGU Rapport 2013.040*.
- Elvebakk, H. 2014: Borehullslogging med optisk televiwer, Bh 2 og Bh 3 Jettan, Nordnesfjellet, Kåfjord kommune, Troms. *NGU Rapport 2014.016*.
- Elvebakk, H., Fredin, O., Viola, G. & Dalsegg, E. 2014: Geofysisk logging og geologisk kjernelogging, Diamantborehull KH1, Bjarkøy, Troms. *NGU Rapport 2014.020*.
- Elvebakk, H. 2015: Geofysisk logging av 5 borehull ved Rana Gruber, Storforshei. *NGU Rapport 2015.009*.
- Elvebakk, H., Brønner, M., Gellein, J. & Rønning, J.S. 2016: Geofysisk logging av 4 borehull i Ramså-feltet, Andøya, Nordland. *NGU Rapport 2016.023*.
- Elvebakk, H. & Lutro, O. 2017: Logging av fem borehull ved Raudsand, Nesset kommune, Møre og Romsdal. *NGU Rapport 2017.020*.
- Elvebakk, H. & Pless, G. 2018: Borehullslogging Åknes, Stranda kommune, 2017 – 2018. *NGU rapport 2018.026*.
- Elvebakk, H. 2018: Logging av dype energibrønner på Oslo Lufthavn, Gardermoen. *NGU rapport 2018.020*.
- Elvebakk, H., Gellein, J. & Larsen, B.E. 2021: Borehole logging at Smøla and Bømlo. *NGU Report 2021.005*.
- Elvebakk, H. & Rønning, J.S. 2019: Geophysical logging of two deep boreholes at Fen, Nome municipality, Vestfold and Telemark. *NGU Report 2019.022*.
- Midttømme, K. & Elvebakk, H. 2003: Borehullsbasert energilager ved Akershus Universitetssykehus – geologiske forundersøkelser 2002 – 2003. *NGU Rapport 2003.036*.
- Midttømme, K., Ramstad, R.K., Solli, A., Sørdal, T. & Elvebakk, H. 2004: Grunnvarmekartlegging i Asker og Bærum. *NGU rapport 2004.013*.
- Olesen, O., Brønner, M., Ebbing, J., Elvebakk, H., Gellein, J., Koziel, J., Lauritsen, T., Lutro, O., Maystrenko, Y., Müller, C., Nasuti, A., Osmundsen, P.T., Slagstad, T. & Storrø, G. 2013: Coop Phase I - Crustal Onshore-Offshore Project. *NGU Report 2013.002*.
- Olesen, O., Baranwal, V.C., Bjørlykke, A., Dumais, M.-A., Elvebakk, H., Gellein, J., Gernigon, L., Gradmann, S., Haase, C., Larsen, B. E., Lauritsen, T., van der Lelij, R.,

Maystrenko, Y.P., Nasuti, A., Ofstad, F., Osinska, M., Ottesen, D., Rueslåtten, H. G., Schönnenberger, J., Slagstsd. T., Smelror, M. and Solbakk, T. 2019: Coop Phase 3 Crustal Onshore-Offshore Project. *NGU Report 2019.036*.

Pascal, C., Barrère, C., Davidsen, B., Ebbing, J., Elvebakk, H., Gernigon, L., Olesen, O., Roberts, D., Siedlecka, A., Skilbrei, J.R., Slagstad, T. & Wissing, B. 2008: HeatBear Report 2008, Basement Heat Generation and Heat Flow in the western Barents Sea- Importance for hydrocarbon systems. *NGU Report 2008.072*.

Ramstad, R.K., Hilmo, B.O. & Skarphagen, H. 2005: Grunnvarme fra fast fjell – økt energiuttak ved hydraulisk trykking av borebrønner. *NGU Rapport 2005.010*.

Ramstad, R.K. 2004: Ground source energy in crystalline bedrock – increased energy extraction by using hydraulic fracturing in boreholes. *Doctoral Theses at NTNU 2004:161*.

Reiser, F., Dalsegg, E., Dahlin, T., Ganerød, G.V. & Rønning, J.S. 2009: Resistivity Modelling of Fracture Zones and Horizontal Layers in Bedrock. *NGU Rapport 2009.070*.

Robertson Geologging Ltd. 2003: FWVS processing. Full-wave sonic processing manual.

Rønning, J.S. 2003: Miljø og samfunnstjenlige tunneler. Sluttrapport delprosjekt A, Forundersøkelser. *NGU Rapport 2003.077*.

Rønning, J.S. & Elvebakk, H. 2005: Onshore – Offshore Resistivity studies. Basement resistivity at the Frøya High. *NGU Report 2005.032*.

Rønning, J.S., Dalsegg, E., Elvebakk, H., Ganerød, G.V., Lutro, O., Maystrenko, Y., & Olesen, O. 2013: Evaluation of the deep geothermal potential in Moss area, Østfold county. *NGU Report 2013.008*.

Rønning, J. S., Elvebakk, H., Lutro, O., Dagestad, A. og Jæger, Ø. 2018: Grunnundersøkelser ved Raudsand, Nesset kommune i Møre og Romsdal. Tolkning av borehullslogging og vannanalyser. *NGU Rapport 2018.024*.

Saintot, A., Elvebakk, H., Ganerød, G.V., Oppikofer, T. & Farsund, T. 2011: Mannen unstable rock-slope (Romsdal, Møre & Romsdal County): Logging of drill hole and core KH-01-10 coupled to the geomorphologic interpretation of 1 m resolution digital elevation model and terrestrial laser scan displacement analysis. *NGU Report 2011.026*.

Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. & Keys, D.A. 1984: Applied Geophysics. Cambridge Univ. Press, Cambridge.

Thunehead, H. & Olsson, O. 2005: Borehole Corrections for a Thick Resistivity Probe. *Journal of Environmental & Engineering Geophysics*, Vol. 9, Issue 4, pp. 217- 224.

Advanced Logic Technology, 2006: WellCAD, FWS processing, version 4.1
<https://mountsopris.com/products/wellcad/>

Forklaring til databilagene.

Databilag 1 – 3 viser lokaliteter med borehullsnavn, koordinater, høyde over havet, logget dyp og borehullenes fall.

Databilag 4 – 36 viser detaljerte data for resistivitet, seismisk hastighet og naturlig gammastråling for de mest undersøkte hullene (der alle parametre er målt).

Lokalitet:

Stedsnavn og kommune. I noen tilfeller er nr. på borehull angitt. Dette er betegnelsen som oppdragsgiver har benyttet og er også referert til i NGU-rapportene.

Bergart: Bergartstype er bestemt fra geologiske kart eller av geolog som har logget hullet og i noen tilfeller også ut fra geofysiske logger.

Dyp: Angir stedet (lengden) i borehullet hvor data er hentet fra.

Mean: Beregnet middelvei i angitt lengde av borehullet.

Min: Målt minimumsverdi i innenfor angitt lengde av hullet.

Max: Målt maksimumsverdi innenfor angitt lengde av hullet.

St.avvik: Beregnet standardavvik av måleverdiene i angitt lengde av hullet.

SN: Short Normal elektrodekonfigurasjon ved resistivitetsmålinger. Måleverdi i borehullveggen umiddelbare nærhet.

LN: Long Normal elektrodekonfigurasjon ved resistivitetsmålinger. Måleverdi av et noe større volum noen desimeter fra borehullsveggen.

Ledn.e.: Elektrisk ledningsevne i vannet i borehullet

Koordinater og tekniske data. Borehull hele landet

Lokalitet	Navn 1	Navn 2	UTM 33 Ø	UTM 33 N	Høyde (m.o.h)	Dyp (m) (logget)	Fall (°)
Alstein			-42651	6582650	7.8	300	90
Arnestad	Bh2	Arn. skole	247010	6637913	11	672	90
Asker		Borgen skole	243257	6640938	165	166	90-80
Aure	Kjørsvik		187205	7046763	5	373	90
Berger	Skedsmo		280835	6659376	152	705	90
Bidjovagge			794644	7705997	608	391	77
Bjarkøy	KH1		562567	7653362	55	77	90
Bjarkøy	Bh1		562897	7653072	0.14	65	70
Bjarkøy	Bh2		562860	7653140	21.7	75	70
Bjarkøy	Bh3		562838	7653192	23	70	90
Bjarkøy	Bh4		562778	7653231	24	75	90
Bjarkøy	Bh5		562737	7653283	33.1	75	90
Bjarkøy	Bh6		562634	7653370	49	75	90
Bjørnevatn	Sydvaranger	Gneis, kvartsitt	1078368	7798270	125	380	78
Bleikvassli	Bh 13-98		448397	7312764	421	685	61
Bodø		Hovdejordet	475109	7463193	25	170	90
Brekka	Bh B1		259835	7030173	81	80	55
Brekka	Bh B2		259834	7030005	103	70	90
Brekka	Bh B5		259641	7029999	76	60	45
Bryn	Bh1	Bryn skole	248314	6651080	52	100	90
Bryn	Bh2	Bryn skole	248341	6651100	51	100	90
Bryn	Bh3	Bryn skole	248316	6651104	53.5	10	90
Bryn	Bh4	Bryn skole	248298	6651112	59	100	90
Bryn	Bh5	Bryn skole	248324	6651124	54	100	90
Byåsen	Schiøtz v.4	Trondheim	268282	7041485	101	190	90
Bærums Verk	Gullhaug	skole	248236	6653866	150	500	90
Bømlo	Bh1	Slettevika	-50489	6674981	1	80	59
Bømlo	Bh2	Slettevika	-50414	6675142	19	80	59
Bømlo	Bh3	Djupdalen	-50403	6671311	15	40	79
Båtsfjord			1033174	7890999	331	800 (590)	90
Drag			542688	7547296	24	780	90
Fen	LHKB-1		175446	6584224	104	1001	90
Fen	LKKB-2		174879	6584928	55	716	90
Folvåg	Bh1		-28837	6847679	24	96	60
Fredrikstad	Rødsmyra	Rødsmyra	267489	6569368	32	800	90
Fyllingsdalen		Bergen	-35312	6729074	17	515	90
Gardermoen	Brønn sør		284866	6680290	206	1500 (452)	90
Gardermoen	Brønn nord		284874	6680339	206	1500 (1450)	90
Gaustad	Ciens1	Oslo	260792	6652665	81	115	90
Gjevingåsen	Fb 30-11		294192	7041475	100	93	80
Gran	Bh 66	Roa - Jaren	256347	6698745	233	25	85
Gran	Bh 67	Roa - Jaren	256519	6699053	239	30	85
Gran	Bh 79	Roa - Jaren	256565	6699236	244	25	70
Gran	Bh 83	Roa - Jaren	256531	6699658	255	38	90
Gran	Bh 103	Roa - Jaren	256362	6699015	233	18	70

Lokalitet	Navn 1	Navn 2	UTM 33 Ø	UTM 33 N	Høyde (m.o.h)	Dyp (m) (logget)	Fall (°)
Gran	Bh 124	Roa - Jaren	256217	6699589	239	30	85
Gran	Bh 353	Roa - Jaren	257148	6693842	273	46	90
Grimstad	Bh3		124408	6485917	45	150	90
Grimstad	Bh4		124407	6485929	45	150	90
Gåvålivaytnet		Hjerkinn	532846	6904727	960	648	70
Hamar	Flyplass		286321	6748841	221	816	90
Helleland		Rogaland	-12552	6519934	244	2200 (1028)	85
Holmedal	Bh9		-22961	6843003	31	100	90
Holmestrand	FB 78,6		231369	6609771	51.5	25	90
Holmestrand	FB 79,8		232487	6608331	71.6	60	90
Holmestrand	FB 81,3-2		232894	6607571	153.6	135	90
Holmestrand	FB 85,5		234626	6603781	48.2	44	80
Hommelvik	Fb 25-59		291912	7039762	80	79	80
Hurdal	Bh2		280770	6712558	321	321	59
Hurdal	Bh3		280946	6712431	307	307	59
Hurdal	Bh5		280622	6712094	270	270	84
Jettan	Bh1	Nordnesfjellet	710600	7725629	598	200	90
Jettan	Bh2	Nordnesfjellet	710714	7725835	656	99	90
Jettan	Bh3	Nordnesfjellet	710516	7725662	522	101	90
Lade		Trondheim	273091	7043476	21	160	90
Leknes			443663	7562103	27	800	90
Lommedalen	Bh3	Småvatn	245653	6661966	321	120	65
Lutvann	Bh11	Østmarka Oslo	269588	6649715	215	53	75
Lutvann	Bh8	Østmarka Oslo	269058	6648864	255	83	90
Lunner	Bh3	Grualia	262751	6689139	536	106	90
Lunner	Bh4	Grualia	262777	6689287	537	89	90
Lunner	Bh5	Grualia	262766	6689329	538	180	80
Lunner	Bh6	Grualia	263947	6689516	480	120	65
Lunner	Bh7	Grualia	264264	6689470	475	81	65
Lunner	Bh8	Grualia	262771	6689286	537	140	85
Lørenskog	Bh1	SiA	276108	6650563	175	245	80
Lørenskog	Bh3	SiA	276247	6650525	176	62	75
Lørenskog	Bh4	SiA	276313	6650480	173	196	75
Løkken			228587	7012705	297	1026	73
Mannen	KH-01-10	Romsdal	127626	6945877	1274	133	90
Mannen	Kh-02-11	Romsdal	127625	6945998	1150	132	90
Mannsfjell	Bh2	E39 Skaun	256222	7030359	126	90	70
Meråker	Sykehjem		337607	7035931	137	173	90
Moss	KH-01-12		256013	6594903	30	800	90
NGU	Bh1	Trondheim	272981	7044286	35	95	90
Nordås	Bh A1	Bergen	-36120	6726921	1	47	30
Nordås	Bh A2	Bergen	-36121	6726921	1	60	27
Nordås	Bh B1	Bergen	-36146	6726917	1	50	35
Nordås	Bh B3	Bergen	-36147	6726917	1	50	40
Nordås	Bh C1	Bergen	-36170	6726997	6	65	30
Nussir	DD-11-004	Repparfjord	842124	7843387	310	461.9	90

Lokalitet	Navn 1	Navn 2	UTM 33 Ø	UTM 33 N	Høyde (m.o.h)	Dyp (m) (logget)	Fall (°)
Nussir	DD-13-004	Repparfjord	836653	7841908	402	436.6	80
Nussir	DD-13-008	Repparfjord	835929	7841872	310	250	55
Nussir	DD-13-011	Repparfjord	836547	7841626	360	60	45
Nydalen	BhA	Oslo	263617	6653239	95	196	90
Nydalen	BhB	Oslo	263618	6653234	95	194	90
Nydalen	BhC	Oslo	263570	6653262	96	265	90
Nøklevann	Bh2 Oslo	Østmarka	269336	6647051	185	59	70
Ramså	Bh1	Andøya	543036	7674280	10	203.5	66
Ramså	Bh2	Andøya	542206	7676280	15	217.5	60
Ramså	Bh3	Andøya	540102	7674290	26	225	90
Ramså	Bh4	Andøya	543149	7674013	9	53.7	65
Rana Gruber	Bh 141	Stensundtjern	473864	7366746	249	252	75
Rana Gruber	Bh 164	Stensundtjern	473790	7366731	259	233	49
Rana Gruber	Bh 191	Lomli	483723	7365963	339	203	50
Rana Gruber	Bh 252	Finnkåteng	474689	7367625	287	266	84
Rana Gruber	Bh 253	Finnkåteng	474688	7367623	287	293	80
Raudsand	Bh 1		149301	6987123	245	300	70
Raudsand	Bh 2		148545	6986858	315	345	70
Raudsand	Bh 3		148729	6986869	298	351	70
Raudsand	Bh 4		148627	6986615	349	240	75
Raudsand	Bh 5		148627	6986613	349	351	85
Repparfjord	Ulvryggen		844200	7839820	390	160	45
Råna	Bh 310-145	Ballangen	580667	7581119	554	102	60
Sandvika	Bh1	EAB, Levre	248976	6649436	58	150	90
Sandvika	Bh2	EAB, Levre	248967	6649420	60	91	90
Sandvika	Bh3	EAB, Levre	248965	6649448	57	88	90
Skaugum	Bh1		244694	6643489	150	118	67
Smøla	Bh1	Jøstølen	147416	7044822	6.4	99	55
Smøla	Bh2	Jøstølen	147346	7044850	7.2	102	60
Smøla	Bh3	Vindpark	146670	7050361	27.1	68	60
Smøla	Bh4	Vindpark	147650	7049867	26.9	100	60
Sollihøgda	Vannverk		241202	6656238	335	112	90
Staverhagan	Bh3		246856	6646819	108	85	90
Storsand	Bh1	E39 Skaun	248537	7032739	177	140	73
Sulitjelma			540598	7443499	805	1025	70
Svanvik	Bh06	Passvik	1082796	7778654	67	102	60
Sørskog	Bh6		-32614	6521474	59	27	90
Sørskog	Bh12		-32696	6521434	58	22	90
Titania	Bh 1-80		-1083	6497873	290	35	34
Titania	Bh 2-112		-1050	6497847	290	35	29
Titania	Bh 4-110		-1027	6497793	290	35	27
Titania	Bh 1		-1072	6497884	290	26	25
Titania	Bh 2		-1095	6497870	290	31.5	23
Titania	Bh 3		-1098	6497858	290	31.5	24
Titania	Bh 4		-1674	6498004	312	24.5	25
Titania	Bh 5		-1622	6497925	312	23.7	24

Lokalitet	Navn 1	Navn 2	UTM 33 Ø	UTM 33 N	Høyde (m.o.h)	Dyp (m) (logget)	Fall (°)
Titania	Bh 6		-1573	6497862	312	34.7	25
Tøyen	Geologisk	Museum	263764	6650011	30	200	90
Ullandhaug	U2	Stavanger	-33822	6569885	40	1980	90
Ulsrud		Oslo	267846	6645839	158	220	90
Veiholmen	Bh1		150464	7061832	3	800	90
Viggja	Bh2	E39 Skaun	250775	7031293	178	120	68
Vuottašjávri			854000	7720063	608	767	90
Åknes	KH-02-17	Tredje Øvre	83721	6920061	733.7662	300	90
Åknes	KH-01-12	Nye øvre	83735	6920020	701.0292	200	90
Åknes	KH-01-06	Øvre 76mm	83744	6919968	658.3003	201	90
Åknes	KH-01-18	Rennekanten	83652	6919870	592.9974	221	90
Åknes	KH-02-06	Midtre 76mm	83957	6919881	560.9478	202	90
Åknes	KH-01-05	Midtre 90 deg	83951	6919880	561.9349	150	90
Åknes	KH-02-05	Midtre 60 deg	83950	6919881	561.5896	150	60
Åknes	KH-01-17	Kulen	84047	6919811	506.7999	304	90
Åknes	KH-03-05	Nedre 56mm	84121	6919441	239.7784	151	90
Åknes	KH-04-06	Nedre 76mm	84117	6919438	239.9488	198	90
Åknes	KH-02-18	Tåa	83766	6919693	482	200	90
Ås	NMBU		262228	6621797	99	150	90
Åstad	Bh2		246344	6645841	33	118	66

Koordinater og tekniske data. Borehull ved Espa- Minneund

Lokalitet	Navn	Navn	UTM 33 Ø	UTM 33 N	Høyde (moh)	Dyp (m)	Fall (°)
Morskogen	193/6		293194	6706560	129	37 ?	90
Morskogen	194/31		293500	6708434	191	63	90
Morskogen	194/38		293558	6708499	189	85	90
Morskogen	194/39		293467	6708420	190	105	90
Morskogen	195/18		293459	6709679	155	60	90
Morskogen	195/37		293540	6709773	157	38	90
Morskogen	197/29		293275	6710777	141	120	90
Morskogen	198/1,7		293273	6712406	174	76	90
Brøhaug	Fb02		293592	6708549	188	68	90
Brøhaug	Pb03		293558	6708708	175	59	90
Brøhaug	Pb04		293462	6709049	150	100.5	90
Espa nord	25		295892	6721574	211	58	90
Espa nord	27		295866	6721531	210	37	90
Espa nord	28		295860	6721464	215	22.8	90
Espa nord	29		295834	6721508	208	61	90
Espa nord	30		295957	6721597	218	45.7	90
Espa nord	Fb07		296198	6720879	305	100	70
Espa nord	Pb05		295696	6721162	214	150.7	90
Espa nord	Pb06		295805	6721304	222	33.2	90
Espa nord	Pb07		295701	6721407	184	137	90
Espa nord	Pb08		295793	6721523	199	148	90
Espa nord	Pb09		295980	6721539	229	30	90
Espa nord	Pb10		296013	6721556	224	40.5	90
Espa nord	Pb11		296018	6721514	228	51.5	90
Espa sør	Pb20		295506	6720745	248	46	90
Espa sør	Pb21		295515	6720773	244	62.5	90
Holtet	Fb06		293908	6703252	255	59	90
Ulvin	Fb03		293627	6709535	208	97	45
Ulvin	Fb04		293402	6710744	160	43	90
Ulvin	Fb05		293592	6710900	190	59	90
Ulvin	Pb25		293596	6710279	171	61	78
Ulvinmyra	Ulvinmyra		294869	6709239	405	35	90
Ørbekk	Pb01		293176	6705052	175	45	90
Korslund	Fb01		293336	6706235	159	50	90
Korslund	Korslund		293378	6706237	175	101	90

Koordinater og tekniske data. Borehull i Kambro-silur, Oslofeltet

Lokalitet	Navn	Navn	UTM 33 Ø	UTM 33 N	Høyde (moh)	Dyp (m)	Fall (°)
Bærum	Kb1 (401)	Stabekk	254565	6649980	41.9	40	60
Bærum	Kb2 (402)	Stabekk	254640	6650080	43.2	38	60
Bærum	Kb3 (403)	Stabekk	253554	6649862	41.1	50	90
Bærum	Kb4 (404)	Stabekk	253069	6649761	44.6	45	90
Bærum	Kb5 (405)	Stabekk	254168	6649892	51.7	47	90
Bærum	K1	Jar	255399	6649999	32	354 (122)	20
Bærum	K2	Ekebergveien	252570	6649656	55.7	444 (122)	30
Bærum	K4	Haslum	251577	6649142	14.3	170 (96)	30
Bærum	Ekebergveien 6		252490	6649605	70	158	64
Bærum	Ekebergveien 8		252435	6649562	70	156	60
Bærum	Bauneveien 8		251867	6649253	60	139 (158)	60
Bærum	Platåveien 12	Lysaker	255297	6649972	55	160	70
Bærum	Storengveien 53A	Stabekk	254565	6649980	42	80.6	61
Bærum	Storengveien 30A	Stabekk	254641	6650080	43	79	62
Bærum	Løkkeveien 1	Stabekk	254483	6649925	42	68.8	31
Bærum	Njålsveien 1	Stabekk	254674	6650069	42	42.5	31
Bærum	Nordraaks vei 13	Stabekk	255585	6649898	23	69.9	31
Bærum	Marstranderveien	Stabekk	255387	6649964	35	119	33
Bærum	Engerjordet	Stabekk	251229	6648895	17	227 (139)	30
Bærum	Ekebergveien 59	Stabekk	251888	6649399	39	279 (139)	30
Bærum	Bh 5091	Stabekk	253818	6649757	45	140	30
Bærum	Bh 5092	Stabekk	253823	6649759	45	190	30

**Lokalitet: Alstein
 Randaberg kommune**

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St.avvik.
Gabbro	30 - 90	34	8.4	78	9

Resistivitet Short Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.evne [μS/cm]	LN/SN
Gabbro	43 - 63	2195	1415	3050	377	2673	SN
Gabbro	70 - 100	600	433	880	82	9335	SN

Resistivitet Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.evne [μS/cm]	LN/SN
Gabbro	43 - 63	1560	1290	1850	142	2673	LN
Gabbro	70 - 100	670	570	775	46	9335	LN

Seismisk P-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	P-bølg hast. [mean m/s]	P-bølg hast. [min. m/s]	P-bølg hast. [max. m/s]	St.avvik
Gabbro	50 - 100	6030	5440	6720	269

Seismisk S-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	S-bølg hast. [mean m/s]	S-bølg hast. [min. m/s]	S-bølg hast. [max. m/s]	St.avvik
Gabbro	50 - 100	3190	2200	3840	293

Gjennomsnittsverdier

Bergart	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ωm]	Resistivitet SN [Ωm]
Gabbro	43 - 60	6030	3190	78	1290	1415

Lokalitet: Arnestad
Asker kommune, Akershus

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St.avvik.
Kalkskifer, Leirstein	20 - 70	123	80	205	16
Alunskifer	350 - 400	1450	465	3700	368
Granitt	500 - 550	225	175	277	14

Resistivitet Short Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ω m]	Resistivitet [min. Ω m]	Resistivitet [max. Ω m]	St. avvik.	Ledn.e [μ S/cm]	LN/SN
Kalkskifer, Leirstein	20 - 70	1100	600	1750	212	1500	SN
Alunskifer	350 -	1.9	0.1	6.2	0.9	1455	SN
Granitt	500 -	4300	3500	4900	282	1400	SN

Resistivitet Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ω m]	Resistivitet [min. Ω m]	Resistivitet [max. Ω m]	St.dev avvik	Ledn.e [μ S/cm]	LN/SN
Kalkskifer, Leirstein	20 - 70	660	490	900	68	1500	LN
Alunskifer	350 -	9.8	4.6	17.8	2.0	1455	LN
Granitt	500 -	1670	1510	1810	65	1400	LN

Seismisk P-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	P-bølge hast. [mean m/s]	P-bølge hast. [min. m/s]	P-bølge hast. [max.m/s]	St.avvik
Kalkskifer Leirstein	20 - 70	4400	3350	5200	298
Alunskifer	350 - 400	4150	3100	5800	443
Granitt	500 - 550	5625	5025	6075	170

Seismisk S-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	S-bølge hast. [mean m/s]	S-bølge hast. [min. m/s]	S-bølge hast. [max.m/s]	St.avvik
Kalkskifer Leirstein	20 - 70	2200	1550	3700	308
Alunskifer	350 - 400	2100	1350	2900	313
Granitt	500 - 550	3175	3000	3400	75

Gjennomsnittsverdier

Bergart	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ω m]	Resistivitet SN [Ω m]
Kalkskifer Leirstein	20 - 70	4400	2200	123	660	1100
Alunskifer	350 - 400	4150	2100	1450	9.8	1.9
Granitt	500 - 550	5600	3175	225	1670	4300

Lokalitet: Berger
Skedsmo kommune, Akershus

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St.avvik
Dioritt/pegmatitt	130 - 175	230	60	650	88
Granittisk dioritt	255 – 320	70	25	325	25
Amfibolitt	425 – 437	60	35	200	21

Resistivitet Short Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.e [μS/cm]	LN/SN
Dioritt/pegmatitt	130 - 175	5550	4250	6250	467	1500	SN
Granittisk dioritt	255 - 320	6600	4550	7200	410	1455	SN
Amfibolitt	425 -	5000	4000	5500	361	1450	SN

Resistivitet Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.e [μS/cm]	LN/SN
Dioritt/pegmatitt	130 - 175	1900	1600	2050	102	1500	LN
Granittisk dioritt	255 - 320	2000	1750	2150	73	1455	LN
Amfibolitt	425 -	1600	1400	1700	69	1450	LN

Seismisk P-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	P-bølge hast. [mean m/s]	P-bølge hast. [min. m/s]	P-bølge hast. [max.m/s]	St. avvik
Dioritt/pegmatitt	130 - 175	5100	4750	5500	133
Granittisk Dioritt	255 – 320	5450	4950	5900	202
Amfibolitt	425 – 437	5200	4900	5600	162

Seismisk S-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	S-bølge hast. [mean m/s]	S-bølge hast. [min. m/s]	S-bølge hast. [max.m/s]	St. avvik
Dioritt/pegmatitt	130 - 175	2950	2552	4500	347
Granittisk Dioritt	255 – 320	3050	2800	3200	67
Amfibolitt	425 – 437	2950	2650	3050	87

Gjennomsnittsverdier

Bergart	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ωm]	Resistivitet SN [Ωm]
Dioritt/pegmatitt	130-175	5100	2950	230	1900	5550
Granittisk dioritt	255 – 320	5450	3050	70	2000	6600
Amfibolitt	425 - 437	5200	2950	60	1600	5000

Lokalitet: Bidjovagge, Bh 2008-01
Kautokeino kommune, Finnmark

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St.avvik.
Gabbro	20 - 40	44	20	71	9
Gabbro	160 - 225	35	15	67	8
Felsitt	75 - 125	175	50	570	68

Resistivitet Short Normal og Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ω m]	Resistivitet [min. Ω m]	Resistivitet [max. Ω m]	Ledn.e. μ S/cm]	St. avvik	LN/SN
Gabbro	20 - 40	4650	1325	6000	900	1014	SN
Gabbro	20 - 40	3250	1860	4175	900	558	LN

Seismisk P-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	P-bølge hast. [mean m/s]	P-bølge hast. [min. m/s]	P-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik
Gabbro	20 - 40	5900	5350	6600	236
Gabbro	160 - 225	6300	5350	7500	341
Felsitt	75 - 125	5400	4250	5900	244

Seismisk S-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	S-bølge hast. [mean m/s]	S-bølge hast. [min. m/s]	S-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik
Gabbro	20 - 40	3100	2550	3800	211
Gabbro	160 - 225	3400	2600	3900	272
Felsitt	75 - 125	3000	2150	3950	382

Gjennomsnittsverdier

Bergart, Leknes Bh	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ω m]	Resistivitet SN [Ω m]	Ledn.e. μ S/cm]
Gabbro	20 - 40	5900	3100	44	3250	4650	900
Gabbro	160 - 225	6300	3400	35	-	-	900
Felsitt	75 - 125	5400	3000	175	-	-	900

Lokalitet: Bjarkøy

Bh 4
UTM 562778 E KH-1
33W 7653231 N UTM 562567 E
24 moh. 33W 7653362 N

Bjarkøy kommune, Troms

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik.
Granitt, Bh4	27.5 - 33	120	88	165	15
Granitt, KH-1	38 – 43.5	133	100	191	15

Resistivitet Short Normal

Drag Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	Ledn.e. [μS/cm]	St. avvik	LN/SN
Granitt, Bh4	27.5 - 33	6700	6250	7600	195	444	SN
Granitt, KH-	38 – 43.5	6750	6200	7300	435	293	SN

Resistivitet Long Normal

Drag Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	Ledn.e. [μS/cm]	St. avvik	LN/SN
Granitt, Bh4	27.5 -	5450	5075	5950	195	225	
Granitt, KH-1	38 –	6900	6400	7350	435	167	

Seismisk P-bølgehastighet

Drag Bergart	Dyp [m]	P-bølgehast. [mean m/s]	P-bølgehast. [min. m/s]	P-bølgehast. [max. m/s]	St. avvik
Granitt, Bh4	27.5 -	5000	4500	5650	283
Granitt, KH-1	38 –	5000	4700	5350	204

Seismisk S-bølgehastighet

Drag Bergart	Dyp [m]	S-bølgehast. [mean m/s]	S-bølgehast. [min. m/s]	S-bølgehast. [max.m/s]	St. avvik

Gjennomsnittsverdier

Bergart, Drag Bh	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ωm]	Resistivitet SN [Ωm]	Ledn.e. [μS/cm]
Granitt, Bh4	27.5 -	5000	-	120	5450	6700	195
Granitt, KH-1	38 –	5000	-	133	6900	6750	236

Lokalitet: Bømlo

Bh1	Bh3
UTM 284487 E	UTM 284905 E
32 V 6640186 N	32 V 6636551 N
1 masl	15 masl

Bømlo kommune, Vestland

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik
Bh1 Granitt	60-78	210	132	394	33
Bh3 Granodioritt	20-23	92	70	129	15

Resistivitet Short Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.e. [μS/cm]
Bh1 Granitt	60-78	4900	4350	5200	202	1661
Bh3 Granodioritt	20-23	1680	1150	2250	283	326

Resistivitet Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.e. [μS/cm]
Bh1 Granitt	60-78	2200	2050	2325	65	1661
Bh3 Granodioritt	20-23	1125	973	1275	93	326

Seismisk P-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	P-bølge hast. [mean m/s]	P-bølge hast. [min. m/s]	P-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik	Ledn.e. [μS/cm]
Bh1 Granitt	60-78	4500	3650	5700	329	1661
Bh3 Granodioritt	20-23	4500	3975	5000	218	326

Seismisk S-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	S-bølge hast. [mean m/s]	S-bølge hast. [min. m/s]	S-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik	Ledn.e. [μS/cm]
Bh1 Granitt	60-78	-	-	-	-	1661
Bh3 Granodioritt	20-23	-	-	-	-	326

Gjennomsnittsverdier

Bergart	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ωm]	Resistivitet SN [Ωm]
Bh1 Granitt	60-78	4500	-	210	2200	4900
Bh3 Granodioritt	20-23	4500	-	92	1125	1680

Lokalitet: Drag
Tysfjord kommune, Nordland

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik
Gneis/granitt	12 - 50	190	150	270	15
Gneis/granitt	110-150	200	150	360	24
Gneis/granitt	200-400	185	130	855	34

Resistivitet Short Normal

Drag Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	Ledn.e. [μS/cm]	St. avvik	LN/SN
Gneis/granitt	12 - 50	8475	8450	8500	99	9	SN
Gneis/granitt	110-150	7600	7100	7750	236	187	SN
Gneis/granitt	200-400	4950	3150	6150	720	357	SN

Resistivitet Long Normal

Drag Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	Ledn.e. [μS/cm]	St. avvik	LN/SN
Gneis/granit	12 - 50	10800	10500	10900	99	68	LN
Gneis/granit	110-150	9450	8850	9600	236	210	LN
Gneis/granit	200-400	5400	3500	6300	720	380	LN

Seismisk P-bølge hastighet

Drag Bergart	Dyp [m]	P-bølge hast. [mean m/s]	P-bølge hast. [min. m/s]	P-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik
Gneis/granitt	12 - 50	5150	5000	5450	108
Gneis/granitt	110-150	5270	4470	5850	243
Gneis/granitt	200-400	5550	4950	6850	256

Seismisk S-bølge hastighet

Drag Bergart	Dyp [m]	S-bølge hast. [mean m/s]	S-bølge hast. [min. m/s]	S-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik
Gneis/granitt	12 - 50	2500	2350	2800	83
Gneis/granitt	110-150	2720	2000	4000	165
Gneis/granitt	200-400	2860	2050	4050	205

Gjennomsnittsverdier

Bergart, Drag Bh	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ωm]	Resistivitet SN [Ωm]	Ledn.e. μS/cm]
Gneis/granitt	12 - 50	5150	2500	190	10800	8475	99
Gneis/granitt	110-150	5250	2700	200	9450	7600	236
Gneis/granitt	200-400	5550	2860	185	5400	4950	720

Lokalitet:Fen

Bh 1
UTM 0517182 E
sone 32 6570372 N
104 moh

Bh 2
UTM 0516554 E
sone 32 6571021 N
54 moh

Nome kommune, Telemark

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik.
Bh1 Rauhaugitt	15 - 1000	1425	78	12320	976
Bh2 Damtjernitt	325-450	925	235	3485	424

Resistivitet Short Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn. [μS/cm]
Bh1 Rauhaugitt	410 - 445	4200	2400	5700	720	258
Bh2 Damtjernitt	325-450	3300	1354	5241	704	246

Resistivitet Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn. [μS/cm]
Bh1 Rauhaugitt	410 - 445	4500	2950	5750	610	258
Bh2 Damtjernitt	325-450	3665	2115	5531	775	246

Seismisk P-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	P-bølge hast. [mean m/s]	P-bølge hast. [min. m/s]	P-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik	Ledn.e. [μS/cm]
Bh1 Rauhaugitt	410 - 445	6200	3650	6550	301	258
Bh2 Damtjernitt	325-450	5925	4975	6675	124	205

Seismisk S-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	S-bølge hast. [mean m/s]	S-bølge hast. [min. m/s]	S-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik	Ledn.e. [μS/cm]
Bh1 Rauhaugitt	410 - 445	3450	2300	5420	229	258
Bh2 Damtjernitt	325-450	3410	2757	4050	207	246

Gjennomsnittsverdier

Bergart, Gardermoen	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ωm]	Resistivitet SN [Ωm]	Ledn.e. [μS/cm]
Bh1 Rauhaugitt	410 - 445	6200	3450	960	4500	4200	258
Bh2 Damtjernitt	325-450	5925	3410	925	3665	3300	246

UTM 294648 E
32V 6695267 N
17 moh.

Lokalitet: Fyllingsdalen
Bergen kommune, Hordaland

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik.
Diorittisk/granittisk gneis	200 - 225	455	290	680	70

Resistivitet Short Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ω m]	Resistivitet [min. Ω m]	Resistivitet [max. Ω m]	Ledn. [μ S/cm]	St. avvik
Diorittisk/granittisk gneis	200 - 225	2120	1300	2900	1240	323

Resistivitet Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ω m]	Resistivitet [min. Ω m]	Resistivitet [max. Ω m]	Ledn. [μ S/cm]	St. avvik
Diorittisk/granittisk gneis	200 - 225	2100	1430	3200	1240	411

Seismisk P-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	P-bølge hast. [mean m/s]	P-bølge hast. [min. m/s]	P-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik
Diorittisk/granittisk gneis	200 - 225	5650	5300	5900	120

Seismisk S-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	S-bølge hast. [mean m/s]	S-bølge hast. [min. m/s]	S-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik
Diorittisk/granittisk gneis	200 - 225	3350	3150	3600	103

Gjennomsnittsverdier

Bergart, Fyllingsdalen	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ω m]	Resistivitet SN [Ω m]	Ledn.e. [μ S/cm]
Diorittisk/granittisk gneis	200 - 225	5650	3350	455	2100	2120	1240

**Lokalitet: Fredrikstad, Rødsmyra skole
Fredrikstad kommune, Østfold**

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik
Iddefjordgranitt	350 - 400	450	200	750	84

Resistivitet Short Normal og Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.evne [$\mu\text{S/cm}$]	LN/SN
Iddefjordgranitt	350 - 400	5500	3600	6500	486	2450	SN
Iddefjordgranitt	350 - 400	1550	1300	1800	121	2450	LN

Seismisk P-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	P-bølge hast. [mean m/s]	P-bølge hast. [min. m/s]	P-bølge hast. [max.m/s]	St. avvik
Iddefjordgranitt	350 - 400	5500	5100	5870	111

Seismisk S-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	S-bølge hast. [mean m/s]	S-bølge hast. [min. m/s]	S-bølge hast. [max.m/s]	St. avvik
Iddefjordgranitt	350 - 400	3220	2900	3720	185

Gjennomsnittsverdier

Bergart	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ωm]	Resistivitet SN [Ωm]
Iddefjordgranitt	350-400	5500	3220	450	1550	5500

Lokalitet: Gardermoen

UTM 0617392 E
sone 32 6675894 N
206 moh

Ullensaker kommune, Akershus

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik.
Granittisk/tonalittisk gneis	290 - 300	40	25	56	6
Granittisk/tonalittisk gneis	320 - 350	42	24	89	8

Resistivitet Short Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ω m]	Resistivitet [min. Ω m]	Resistivitet [max. Ω m]	St. avvik	Ledn. [μ S/cm]
Granittisk/tonalittisk gneis	290 - 300	5025	4850	5425	144	440
Granittisk/tonalittisk gneis	320 - 350	6100	4900	7050	587	454

Resistivitet Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ω m]	Resistivitet [min. Ω m]	Resistivitet [max. Ω m]	St. avvik	Ledn. [μ S/cm]
Granittisk/tonalittisk gneis	290 - 300	2350	2225	2450	40	440
Granittisk/tonalittisk gneis	320 - 350	2625	2350	2875	149	454

Gjennomsnittsverdier

Bergart, Gardermoen	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ω m]	Resistivitet SN [Ω m]	Ledn.e. [μ S/cm]
Granittisk/tonalittisk gneis	290 - 300 320 - 350	-	-	41	2500	5600	447

**Lokalitet: Gaustad, Ciens 1
Oslo kommune**

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik.
Syenittgang i kalkskifer	46 – 53 80 – 90	260	220	310	21

Resistivitet Short Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.e. [$\mu\text{S/cm}$]	LN/SN
Syenittgang i kalkskifer	46 - 53 80 - 90	2070	1070	3200	585	600	SN

Resistivitet Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik.	Ledn.e. [$\mu\text{S/cm}$]	LN/SN
Syenittgang i kalkskifer	46 - 53 80 - 90	1600	1150	1950	194	600	LN

Seismisk P-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	P-bølge hast. [mean m/s]	P-bølge hast. [min. m/s]	P-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik
Syenittgang i kalkskifer	46 - 53 80 - 90	4800	3100	6350	667

Seismisk S-bølge hastighet: Mangler data

Gjennomsnittsverdier

Bergart	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ωm]	Resistivitet SN [Ωm]
Syenittgang i kalkskifer	46 - 53 80 - 90	4800	-	260	1600	2070

**Lokalitet: Grimstad, Høgskolen i Agder,
Grimstad kommune, Aust-Agder**

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik.
Amfibolitt Bh 3	46 - 60	80	62	99	7
Rombeporfyr Bh 3	18 - 30	253	231	288	10
Rombeporfyr Bh 4	12 - 30	218	195	251	9
Granitt Bh 3	105 - 116	390	258	468	44
Granitt Bh 4	100 - 107	325	267	452	47

Resistivitet Short Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.e [$\mu\text{S/cm}$]	LN/SN
Amfibolitt Bh 3	46 - 60	3597	2914	4149	343	280	SN
Amfibolitt Bh 4	80 - 90	4021	3356	4527	290	85	SN
Rombeporfyr Bh 3	18 - 30	3709	3083	4080	218	280	SN
Rombeporfyr Bh 4	12 - 30	4411	3231	5759	719	120	SN
Granitt Bh 3	105 -	6288	5128	6876	457	280	SN
Granitt Bh 4	100 -	6343	5211	6679	239	83	SN

Resistivitet Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.e [$\mu\text{S/cm}$]	LN/SN
Amfibolitt Bh 3	46 - 60	2570	2223	2818	162	280	LN
Amfibolitt Bh 4	80 - 90	4103	3293	4793	451	85	LN
Rombeporfyr Bh 3	18 - 30	2620	2317	2786	106	280	LN
Rombeporfyr Bh 4	12 - 30	3860	3002	4769	524	120	LN
Granitt Bh 3	105 -	3628	2935	3860	235	280	LN
Granitt Bh 4	100 -	5536	5392	5697	76	83	LN

Seismiske hastigheter mangler

Gjennomsnittsverdier

Bergart	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ωm]	Resistivitet SN [Ωm]
Amfibolitt Bh 3	46 - 60	-	-	80	2570	3597
Amfibolitt Bh 4	80 - 90	-	-	-	4103	4021
Rombeporfyr Bh 3	18 - 30	-	-	253	2620	3709
Rombeporfyr Bh 4	12 - 30	-	-	218	3860	4411
Granitt Bh 3	105 - 116	-	-	390	3628	6288
Granitt Bh 4	100 - 107	-	-	325	5536	6343

**Lokalitet: Hamar Flyplass
Hamar kommune, Hedmark**

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik
Leirskifer Kalkstein	0 -220	75	30	109	11.6
Mørk skifer	220-380	82	43	119	10.7
Kalkstein Grå skifer	380-393	42	12	91	14.1
Grønnlig skifer Kalkstein	485-507	128	53	198	19.3
Svartskifer Alunskifer	562-763	502	86	963	186
Øyegneis	770-816	70	27	107	16.4

Resistivitet Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.e [μS/cm]
Leirskifer Kalkstein	0 -220	282	177	581	70.7	485
Mørk skifer	220-380	315	194	483	56.4	494
Kalkstein Grå skifer	380-393	2211	655	4652	1067	490
Grønnlig skifer Kalkstein	485-507	404	317	528	34.0	537
Svartskifer Alunskifer	562-763	180	15	313	49.9	3485
Øyegneis	770-816	1548	1302	1770	115	6504

Seismisk P- og S-bølgehastighet

Bergart	Dyp [m]	Lydhastighet [mean m/s]	Lydhastighet [min. m/s]	Lydhastighet [max. m/s]	St. avvik
Leirskifer Kalkstein	0 -220	4250 P 2542 S	3156 P 1884 S	5439 P 3342 S	257 P 181 S
Mørk skifer	220-380	4783 P 2533 S	4137 P 1818 S	5801 P 3873 S	266 P 295 S
Kalkstein Grå skifer	380-393	5911 P 3107 S	5512 P 2969 S	6392 P 3276 S	201 P 64 S
Grønnlig skifer Kalkstein	485-507	5075 P 2826 S	4694 P 2409 S	6170 P 3367 S	291 P 198 S
Svartskifer Alunskifer	562-763	3907 P 2269 S	3143 P 1721 S	5315 P 3441 S	293 P 167 S
Øyegneis	770-816	5944 P 3412 S	5512 P 3221 S	6409 P 3658 S	198 P 81 S

Gjennomsnittsverdier

Bergart	Dyp [m]	Lydhastighet [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet [Ωm]
Leirskifer Kalkstein	0 -220	4250	75	282
Mørk skifer	220-380	4783	82	315
Kalkstein Grå skifer	380-393	5911	42	2211
Grønnlig skifer Kalkstein	485-507	5075	128	404
Svartskifer Alunskifer	562-763	3907	502	180
Øyegneis	770-816	5944	70	1548

Lokalitet: Helleland

UTM 336087 E
32W 6489644 N
244 moh.

Eigersund kommune, Rogaland

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik.
Noritt	750 - 950	8.7	1.2	20.2	2.6

Resistivitet Short Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.e. [$\mu\text{S/cm}$]
Noritt	550 - 650	3700	2050	5279	540	488

Resistivitet Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.e. [$\mu\text{S/cm}$]
Noritt	550 - 650	2900	1930	3700	291	488

Gjennomsnittsverdier

Helleland	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ωm]	Resistivitet SN [Ωm]	Ledn.e. [$\mu\text{S/cm}$]
Noritt	550 - 650	-	-	8.87	2900	3700	488

Lokalitet: Hurdal
Hurdal kommune, Hedemark

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik
Bh 3 Granitt/ granodioritt	250 - 450	285	215	520	32
Bh 5 Granitt/ granodioritt	2 - 585	290	200	535	38

Resistivitet Short Normal: Mangler data

Resistivitet Long Normal: Mangler data

Seismisk P-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	P-bølge hast. [mean m/s]	P-bølge hast. [min. m/s]	P-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik
Bh 3 Granitt/ granodioritt	250 - 450	5350	4700	6300	217

Seismisk S-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	S-bølge hast. [mean m/s]	S-bølge hast. [min. m/s]	S-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik
Bh 3 Granitt/ granodioritt	250 - 450	3070	1930	3360	136

Gjennomsnittsverdier

Bergart	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]
Bh 3 Granitt/ granodioritt	250 - 450	5350	3070	285
Bh 5 Granitt/ granodioritt	2 - 585	-	-	290

Lokalitet: Holmestrand
Holmestrand, Sande kommune, Vestfold

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik
Sandstein, Fb 79.8	36 – 57	88	50	125	15
Basalt, Fb 81.3	104 - 113	61	42	92	8
Basalt, Fb 85.5	16 - 23	52	34	71	8

Resistivitet Short Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ω m]	Resistivitet [min. Ω m]	Resistivitet [max. Ω m]	St. avvik	Ledn.e. [μ S/cm]	LN/SN
Sandstein, Fb	36 – 57	1251	840	1613	183	172	SN
Basalt, Fb 81.3	104 -	1348	1162	1541	92	247	SN
Basalt, Fb 85.5	16 - 23	1225	886	1512	202	277	SN

Resistivitet Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ω m]	Resistivitet [min. Ω m]	Resistivitet [max. Ω m]	St. avvik	Ledn.e. [μ S/cm]	LN/SN
Sandstein, Fb	36 – 57	1589	1312	1926	149	172	LN
Basalt, Fb 81.3	104 -	1625	1225	1707	80	247	LN
Basalt, Fb 85.5	16 - 23	1422	1181	1565	94	277	LN

Seismisk P-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	P-bølge hast. [mean m/s]	P-bølge hast. [min. m/s]	P-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik
Sandstein, Fb	36 – 57	4903	3619	5846	426
Basalt, Fb 81.3	104 -	-	-	-	-
Basalt, Fb 85.5	16 - 23	5174	4470	5846	273

Seismisk S-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	S-bølge hast. [mean m/s]	S-bølge hast. [min. m/s]	S-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik
Sandstein, Fb	36 – 57	3107	1984	4222	421
Basalt, Fb 81.3	104 -	-	-	-	-
Basalt, Fb 85.5	16 - 23	2865	2485	3286	170

Gjennomsnittsverdier

Bergart	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ω m]	Resistivitet SN [Ω m]
Sandstein, Fb	4903	3107	88	1589	1251
Basalt, Fb 81.3	-	-	51	1625	1348
Basalt, Fb 85.5	5174	2865	52	1422	1225

**Lokalitet: Leknes
Vestvågøy kommune, Nordland**

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik
Diorittisk/ granittisk gneis	4 - 55	88	54	116	9
Monsonittisk gneis	60 - 240	89	54	132	11

Resistivitet Short Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	Ledn.e. [μS/cm]	St. avvik	LN/SN
Diorittisk/ granittisk gneis	13 - 55	5050	3600	7700	280	453	SN
Monsonittisk gneis	60 - 240	2925	1970	3820	1680	297	SN

Resistivitet Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	Ledn.e. [μS/cm]	St. avvik	LN/SN
Diorittisk/ granittisk gneis	13 - 55	6200	4600	7100	280	494	LN
Monsonittisk gneis	60 - 240	2900	2170	3600	1680	244	LN

Seismisk P-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	P-bølge hast. [mean m/s]	P-bølge hast. [min. m/s]	P-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik
Diorittisk/ granittisk gneis	4 - 55	4950	4550	5500	160
Monsonittisk gneis	60 - 240	5350	4500	6000	213

Seismisk S-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	S-bølge hast. [mean m/s]	S-bølge hast. [min. m/s]	S-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik
Diorittisk/ granittisk gneis	4 - 55	2750	1950	3950	370
Monsonittisk gneis	60 - 240	2800	1900	4100	325

Gjennomsnittsverdier

Bergart,	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ωm]	Resistivitet SN [Ωm]	Ledn.e. [μS/cm]
Diorittisk/ granittisk gneis	4 - 55	4950	2750	88	6200	5050	280
Monsonittisk gneis	60 - 240	5350	2800	89	2900	2925	1680

Lokalitet: Lunner, Gualia.
Lunner kommune, Oppland
Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik
Syenitt Bh 3	60 - 90	185	154	225	9
Syenitt Bh 6	66 - 77	193	152	240	14
Agglomerat Bh 6	12 - 20	270	210	344	25
Hornfels Bh 5	7 - 15	163	125	216	16
Ryolitt/traktytt Bh 7	20 - 30	350	286	420	25

Resistivitet Short Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.e. [μS/cm]	LN/SN
Syenitt Bh 3	60 - 90	7300	6800	8000	270	100	SN
Syenitt Bh 6	66 - 77	4800	4600	5300	127	120	SN
Agglomerat Bh 6	12 - 20	7000	5900	8200	490	117	SN
Hornfels Bh 5	7 - 15	-	-	-	-	32	SN
Ryolitt/traktytt Bh 7	20 - 30	-	-	-	-	100	SN

Resistivitet Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.e. [μS/cm]	LN/SN
Syenitt Bh 3	60 - 90	5800	5500	6100	147	100	LN
Syenitt Bh 6	66 - 77	4000	3900	4200	56	120	LN
Agglomerat Bh 6	12 - 20	5300	4700	6900	286	117	LN
Hornfels Bh 5	7 - 15	575	502	760	71	32	LN
Ryolitt/traktytt Bh 7	20 - 30	2450	1300	3500	737	100	LN

Seismisk P-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	P-bølge hast. [mean m/s]	P-bølge hast. [min. m/s]	P-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik
Syenitt Bh 3	60 - 90	5300	4900	5700	137
Syenitt Bh 6	66 - 77	4800	4400	5300	220
Agglomerat Bh 6	12 - 20	5300	4200	6400	540
Hornfels Bh 5	7 - 15	5100	4600	5600	235
Ryolitt/traktytt Bh 7	20 - 30	-	-	-	-

Seismisk S-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	S-bølge hast. [mean m/s]	S-bølge hast. [min. m/s]	S-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik
Syenitt Bh 3	60 - 90	2700	2500	3000	122
Syenitt Bh 6	66 - 77	2350	2200	2550	75
Agglomerat Bh 6	12 - 20	2150	1770	3300	315
Hornfels Bh 5	7 - 15	2575	1800	3200	300
Ryolitt/traktytt Bh 7	20 - 30	-	-	-	-

Gjennomsnittsverdier

Bergart	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ωm]	Resistivitet SN [Ωm]
Syenitt Bh 3	60 - 90	5300	2700	185	5800	7300
Syenitt Bh 6	66 - 77	4800	2350	193	4000	4800
Agglomerat Bh 6	12 - 20	5300	2150	270	5300	7000
Hornfels Bh 5	7 - 15	5100	2575	163	575	-
Ryolitt/traktytt Bh 7	20 - 30	-	-	350	2450	-

**Lokalitet: Lutvann, Bh 11.
Oslo kommune**

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik
Glimmergneis	5 - 22	63	43	115	11
Glimmergneis m/granat	24 - 26	41	32	64	5

Resistivitet Short Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ω m]	Resistivitet [min. Ω m]	Resistivitet [max. Ω m]	St. avvik	Ledn.e. [μ S/cm]	LN/SN
Glimmergneis	5 - 22	1160	470	2550	493	290	SN
Glimmergneis m/granat	24 - 26	3050	2775	3330	156	290	SN

Resistivitet Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ω m]	Resistivitet [min. Ω m]	Resistivitet [max. Ω m]	St. avvik	Ledn.e. [μ S/cm]	LN/SN
Glimmergneis	5 - 22	1730	1000	2900	550	290	LN
Glimmergneis m/granat	24 - 26	2175	1990	2350	127	290	LN

Seismisk P-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	P-bølge hast. [mean m/s]	P-bølge hast. [min. m/s]	P-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik
Glimmergneis	5 - 22	4900	3050	6900	625
Glimmergneis m/granat	24 - 26	5900	5400	6300	392

Seismisk S-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	S-bølge hast. [mean m/s]	S-bølge hast. [min. m/s]	S-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik
Glimmergneis	5 - 22	2260	1460	4550	484
Glimmergneis m/granat	24 - 26	2050	1850	2150	86

Gjennomsnittsverdier

Bergart	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ω m]	Resistivitet SN [Ω m]
Glimmergneis	5 - 20	4900	2260	63	1730	1160
Glimmergneis m/granat	24 - 26	5900	2050	41	2175	3050

**Lokalitet: Morskogen
Eidsvoll kommune, Akershus**

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik
Granittisk gneis Fb 195-18	3 - 17	309	260	361	19
Gabbro, Fb 195-37	2 - 14	76	46	106	10

Resistivitet Short Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ω m]	Resistivitet [min. Ω m]	Resistivitet [max. Ω m]	St. avvik	Ledn.e. [μ S/cm]	LN/SN
Granittisk gneis Fb 195-18	13 - 17	8150	6590	8890	624	280	SN
Gabbro, Fb 195-37	11 - 14	6260	5925	6650	227	520	SN

Resistivitet Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ω m]	Resistivitet [min. Ω m]	Resistivitet [max. Ω m]	St. avvik	Ledn.e. [μ S/cm]	LN/SN
Granittisk gneis Fb 195-18	13 - 17	5950	5100	6300	350	280	LN
Gabbro, Fb 195-37	11 - 14	6325	5850	6550	186	520	LN

Seismisk P-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	P-bølge hast. [mean m/s]	P-bølge hast. [min. m/s]	P-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik
Granittisk gneis Fb 195-18	3 - 17	5060	4470	5850	312
Gabbro, Fb 195-37	3 - 14	5400	4470	6330	461

Seismisk S-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	S-bølge hast. [mean m/s]	S-bølge hast. [min. m/s]	S-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik
Granittisk gneis Fb 195-18	3 - 17	3040	2715	3300	109
Gabbro, Fb 195-37	3 - 14	3370	2530	4360	427

Gjennomsnittsverdier

Bergart	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ω m]	Resistivitet SN [Ω m]
Granittisk gneis Fb 195-18	5060	3040	309	5950	8150
Gabbro, Fb 195-37	5400	3370	76	6325	6260

Moss kommune, Østfold

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik
Granittisk gneis	20.5 - 32	122	63	218	36
Granittisk pegmatitt	40 - 65	253	121	372	49
Amfibolitt/gabbro	75 - 130	73	20	297	38
Granittisk/kvartsdiorittisk gneis	505 - 513	117	32	525	73
Biotitt gneis	470 - 480	124	70	353	69

Resistivitet Short Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.e. [μS/cm]
Granittisk gneis	20.5 - 32	3375	2550	4200	433	1950
Granittisk pegmatitt	40 - 65	3050	2400	3650	323	2000
Amfibolitt/gabbro	75 - 130	2850	1250	3900	612	2100
Granittisk/kvartsdiorittisk gneis	505 - 513	3150	2250	3950	425	1225
Biotitt gneis	470 - 480	4300	3170	4950	368	455

Resistivitet Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.e. [μS/cm]
Granittisk gneis	20.5 - 32	2100	1750	2400	163	1950
Granittisk pegmatitt	40 - 65	1950	1675	2150	125	2000
Amfibolitt/gabbro	75 - 130	1850	1320	2225	202	2100
Granittisk/kvartsdiorittisk gneis	505 - 513	3100	2375	3650	295	1225
Biotitt gneis	470 - 480	4025	3250	4400	245	455

Seismisk P-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	P-bølge hast. [mean m/s]	P-bølge hast. [min. m/s]	P-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik	Ledn.e. [μS/cm]
Granittisk gneis	20.5 - 32	5650	5300	6100	221	1950
Granittisk pegmatitt	40 - 65	5060	4650	5550	200	2000
Amfibolitt/gabbro	75 - 130	5650	4800	6350	280	2100
Granittisk/kvartsdiorittisk gneis	505 - 513	5550	5300	6250	225	1224
Biotitt gneis	470 - 480	5650	5350	6350	231	455

Seismisk S-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	S-bølge hast. [mean m/s]	S-bølge hast. [min. m/s]	S-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik	Ledn.e. [μS/cm]
Granittisk gneis	20.5 - 32	3340	2900	3850	196	1950
Granittisk pegmatitt	40 - 65	3450	2700	4070	312	2000
Amfibolitt/gabbro	75 - 130	3200	2250	4000	333	2100
Granittisk/kvartsdiorittisk gneis	505 - 513	3300	3200	3600	96	1225
Biotitt gneis	470 - 480	3350	3200	3600	108	455

Gjennomsnittsverdier

Bergart	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ωm]	Resistivitet SN [Ωm]
Granittisk gneis	20.5 - 32	5650	3340	122	2100	3375
Granittisk pegmatitt	40 - 65	5060	3450	253	1950	3050
Amfibolitt/gabbro	75 - 130	5650	3200	73	1850	2850
Granittisk/kvarts- diorittisk gneis	505 - 513	5550	3300	117	3100	3150
Biotitt gneis	470 - 480	5650	3350	124	4025	4300

Lokalitet: Nussir

DD-13-004	DD 11-004	DD 1:
UTM 389763 E	UTM 395411 E	UTM 389047 E
35W 7819478 N	35W 7819853 N	35W 7819584 N
401 m.o.h.	312 m.o.h.	290 m.o.h.

Kvalsund kommune, Finnmark

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik
DD 11-004 Basalt	35-65	58	28	92	10
Tuff, pyroklastisk	105-135	7	0.7	16	2
Tuff /sandstein	210-255	76	28	172	24
DD 13-004 Skifer, sand/siltstein	110-125	170	93	273	30
Tuff	425-435	93	92	95	0.3
DD 13-008 Leirskifer siltstein	160-186	17	5	45	6

Resistivitet Short Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.e [μS/cm]
DD 11-004 Basalt	35-65	5600	2200	8500	1550	74
Tuff, pyroklastisk	105-135	5550	2000	8400	1000	75
Tuff /sandstein	210-255	6850	2100	8400	1325	87
DD 13-004 Skifer, sand/siltstein	110-125	7150	5550	8500	653	74
Tuff	425-435	5000	3900	6000	599	93
DD 13-008 Leirskifer siltstein	160-186	7100	5800	7800	580	198

Resistivitet Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.e [μS/cm]
DD 11-004 Basalt	35-65	5950	5250	8200	1157	74
Tuff, pyroklastisk	105-135	5850	3350	7600	789	75
Tuff /sandstein	210-255	8250	3100	10700	1680	87
DD 13-004 Skifer, sand/siltstein	110-125	8700	6800	10800	906	74
Tuff	425-435	4800	4100	5500	369	93
DD 13-008 Leirskifer siltstein	160-186	8700	7250	9500	633	198

Seismisk P-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	P-bølge hast. [mean m/s]	P-bølge hast. [min. m/s]	P-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik
DD 11-004 Basalt	35-65	5800	4500	6600	360
Tuff, pyroklastisk	105-135	6000	5200	6700	262
Tuff /sandstein	210-255	5950	5400	6400	192

Gjennomsnittsverdier

Bergart	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ωm]	Resistivitet SN [Ωm]
DD 11-004 Basalt	35-65	5800	-	58	5950	5600
Tuff, pyroklastisk	105-135	6000	-	7	5850	5550
Tuff /sandstein	210-255	5950	-	76	8250	6850
DD 13-004 Skifer, sand/siltstein	110-125	-	-	170	8700	7150
Tuff	425-435	-	-	93	4800	5000
DD 13-008 Leirskifer siltstein	160-186	-	-	17	8700	7100

**Lokalitet: Ramså
Andøy kommune, Nordland**

WGS84, UTM sone 33W.

Borehole	East	North	m.a.s.l.	Depth	Dip
Bh 1	543036	7674280	10 m	203.5	66
Bh 2	542206	7676280	15 m	217.5	60
Bh 3	540102	7674290	26 m	225	90
Bh 4	543149	7674013	9 m	53.7	65

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik
Bh1 Sand/siltstein	10-110	138	107	208	47
Bh2 Sand/siltstein	30-200	250	220	325	52
Bh3 Sand/siltstein	20-210	147	95	195	38
Bh4 Diorittisk granitt	40-50	33	18	54	6.4

Resistivitet Short Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ω m]	Resistivitet [min. Ω m]	Resistivitet [max. Ω m]	St. avvik	Ledn.ev. [μ S/cm]
Bh4 Diorittisk granitt	40-50	1730	1100	2800	473	340

Resistivitet Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ω m]	Resistivitet [min. Ω m]	Resistivitet [max. Ω m]	St. avvik	Ledn.ev. [μ S/cm]
Bh4 Diorittisk	40 - 50	1450	1300	1800	165	340

Seismisk P-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	P-bølge hast. [mean m/s]	P-bølge hast. [min. m/s]	P-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik
Bh1 Sand/siltstein	10-110	3200	2800	4000	491
Bh2 Sand/siltstein	30-200	3300	3050	3400	156
Bh3 Sand/siltstein	20-210	3150	2700	3500	311
Bh3 Diorittisk	212-221	4550	3975	4850	182

Gjennomsnittsverdier

Bergart,	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ω m]	Resistivitet SN [Ω m]	Ledn.e. [μ S/cm]
Bh1 Sand/siltstein	10-110	3200	138	<100	<100	>25000
Bh2 Sand/siltstein	30-200	3300	250	<100	<100	>25000
Bh3 Sand/siltstein	20-210	3150	147	<100	<100	>25000
Bh3 Diorittisk granitt	40-50	4550	33	2100	1730	340

Lokalitet: Rana Gruber

Rana kommune, Nordland

Bh 252	Bh 141	Bh 253	Bh 164	Bh 191
UTM 474689 E	UTM 473864 E	UTM 474688 E	UTM 473789 E	UTM 483723 E
33W 7367625 N	33W 7366746 N	33W 7367623 N	33W 7366731 N	33W 7365963 N
287 moh	249 moh	287 moh	258 moh	339 moh

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik
Bh 191 Amfibolitt	62-72	80	50	120	11
Kvartsglimmerskifer	96-114	105	50	180	16
Bh 253	140-180	120	90	175	11
Bh 253 Marmor	267-277	15	4.5	29	3.7
Bh 164 Hematitt	190-206	20	2	90	14
Bh 252 Hematitt	220-229	16	4.5	45	6.7
Bh 141 Magnetitt	185-188	22	13	33	11
Bh 253 Magnetitt	257-258	31	14	43	7.2

Resistivitet Short Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.e [μS/cm]
Bh 191 Amfibolitt	62-72	5150	2850	7050	1290	213
Kvartsglimmerskifer	96-114	8800	7250	9900	546	209
Bh 253	140-180	8275	7350	8300	62	118
Bh 253 Marmor	267-277	7840	7825	7850	1.4	202
Bh 164 Hematitt	190-206	9	3.3	26	3.1	150
Bh 252 Hematitt	220-229	380	350	410	17	128
Bh 141 Magnetitt	185-188	2.6	2	3	0.2	195
Bh 253 Magnetitt	257-258	24	20	64	5.6	197

Resistivitet Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.e [μS/cm]
Bh 191 Amfibolitt	62-72	2210	915	4400	1227	213
Kvartsglimmerskifer	96-114	8750	6350	9950	718	209
Bh 253	140-180	10600	9500	10700	77	118
Bh 253 Marmor	267-277	9875	9850	9900	3.6	202
Bh 164 Hematitt	190-206	22	17	28	1.8	150
Bh 252 Hematitt	220-229	1300	1100	1550	108	128
Bh 141 Magnetitt	185-188	12	11	12.5	0.3	195
Bh 253 Magnetitt	257-258	81	72	86	3.2	197

Seismisk P-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	P-bølge hast. [mean m/s]	P-bølge hast. [min. m/s]	P-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik
Bh 191 Amfibolitt	62-72	5275	4950	5575	148
Kvartsglimmerskifer	96-114	5025	4650	5250	129
Bh 253	140-180	5450	5150	6400	204
Bh 253 Marmor	267-277	6050	5750	6450	129
Bh 164 Hematitt	190-206	5130	4425	5625	236
Bh 252 Hematitt	220-229	-	-	-	-
Bh 141 Magnetitt	185-188	-	-	-	-
Bh 253 Magnetitt	257-258	5150	5050	5200	43

Gjennomsnittsverdier

Bergart	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ωm]	Resistivitet SN [Ωm]
Bh 191 Amfibolitt	62-72	4950	-	80	2210	5150
Kvartsglimmerskifer	96-114	4650	-	105	8750	8800
Bh 253 Glimmerskifer	140-180	5150	-	120	10600	8275
Bh 253 Marmor	267-277	5750	-	15	9875	7840
Bh 164 Hematitt	190-206	4425	-	20	22	9
Bh 252 Hematitt	220-229	-	-	16	1300	380
Bh 141 Magnetitt	185-188	-	-	22	12	2.6
Bh 253 Magnetitt	257-258	5050	-	31	81	24

Lokalitet: Raudsand

Bh2	Bh3	Bh5
UTM 453606 E	UTM 453788 Ø	UTM 453708 Ø
32W 6968294 N	32W 6968322 N	32W 6968058 N
315 moh	298 moh	349 moh

Neset kommune, Møre og Romsdal

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik
Bh2 Grå gneis	160-200	180	130	240	16
Bh3 Rød gneis	122-152	180	130	230	16
Bh3 Grå/rød gneis	180-200	180	130	250	23
Bh5 Magnetitt	78-94	32	15	64	7.6

Resistivitet Short Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.e. [μS/cm]
Bh2 Grå gneis	160-200	6350	5350	7000	345	130
Bh3 Rød gneis	122-152	5300	4250	6050	442	169
Bh3 Grå/rød gneis	180-200	5400	3900	6400	789	169
Bh5 Magnetitt	78-94	119	38	1340	217	169

Resistivitet Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.e. [μS/cm]
Bh2 Grå gneis	160-200	5150	4450	5400	212	130
Bh3 Rød gneis	122-152	4225	3600	4600	250	169
Bh3 Grå/rød gneis	180-200	4300	3400	4850	463	169
Bh5 Magnetitt	78-94	221	123	393	64	169

Seismisk P-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	P-bølge hast. [mean m/s]	P-bølge hast. [min. m/s]	P-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik	Ledn.e. [μS/cm]
Bh2 Grå gneis	160-200	5250	4400	5800	208	130
Bh3 Rød gneis	122-152	5000	4650	5350	120	169
Bh3 Grå/rød gneis	180-200	5000	4500	5400	179	169
Bh5 Magnetitt	78-94	6200	5200	7400	369	169

Gjennomsnittsverdier

Bergart	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ωm]	Resistivitet SN [Ωm]
Bh2 Grå gneis	160-200	5250	-	180	5150	6350
Bh3 Rød gneis	122-152	5000	-	180	4225	5300
Bh3 Grå/rød gneis	180-200	5000	-	180	4300	5400
Bh5 Magnetitt	78-94	6200	-	32	221	119

Lokalitet: Smøla

Bh1
UTM 447080 E
32 V 7025814 N
15 masl

Bh2
UTM 447008 E
32 V 7025835 N
15 masl

Smøla kommune, Møre og Romsdal

Bh3
UTM 445820 E
32 V 7031251 N
27.1 masl

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik
Bh1 Granitt	22-27	330	304	360	9.8
Bh2 Amfibolitt	15-20	62	48	95	11
Bh3 Kvartsdioritt	19-24	75	30	145	19
Bh3 Kv.dior/Tonalitt	55-62	164	95	240	20

Resistivitet Short Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ω m]	Resistivitet [min. Ω m]	Resistivitet [max. Ω m]	St. avvik	Ledn.e. [μ S/cm]
Bh1 Granitt	22-27	7575	5625	9400	1077	198
Bh2 Amfibolitt	15-20	1600	1200	2175	265	140
Bh3 Kvartsdioritt	19-24	5200	4800	5375	163	216
Bh3 Kv.dior/Tonalitt	55-62	5750	5450	6050	164	108

Resistivitet Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ω m]	Resistivitet [min. Ω m]	Resistivitet [max. Ω m]	St. avvik	Ledn.e. [μ S/cm]
Bh1 Granitt	22-27	6625	4530	7750	798	198
Bh2 Amfibolitt	15-20	2470	1980	2830	222	140
Bh3 Kvartsdioritt	19-24	4675	4400	4850	138	216
Bh3 Kv.dior/Tonalitt	55-62	6025	5700	6225	120	108

Seismisk P-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	P-bølge hast. [mean m/s]	P-bølge hast. [min. m/s]	P-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik	Ledn.e. [μ S/cm]
Bh1 Granitt	22-27	4800	3800	6300	689	198
Bh2 Amfibolitt	15-20	3700	3125	4000	214	140
Bh3 Kvartsdioritt	19-24	4550	3950	4825	207	216
Bh3 Kv.dior/Tonalitt	55-62	4800	4150	2850	403	108

Gjennomsnittsverdier

Bergart	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ω m]	Resistivitet SN [Ω m]
Bh1 Granitt	22-27	4800	-	330	6625	7575
Bh2 Amfibolitt	15-20	3700	-	62	2470	1600
Bh3 Kvartsdioritt	19-24	4550	-	75	4675	5200
Bh3 Kv.dior/Tonalitt	55-62	4800	-	164	6025	5750

Lokalitet: Tøyen

0599126E
 6643763N
 30 moh

Oslo kommune, Oslo

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik
Alunskifer	50-67	1200	350	2000	347
Alunskifer	71-90	500	220	750	121
Mænaitt	128-130	300	60	400	100
Syenitt	185-196	160	125	220	16

Resistivitet Short Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.e. [μS/cm]
Alunskifer	50-67	13	3	45	11	510
Alunskifer	71-90	2.6	1.6	3.9	0.3	1010
Mænaitt	128-130	3420	3260	3530	88	1103
Syenitt	185-196	3500	1500	4575	742	1195

Resistivitet Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.e. [μS/cm]
Alunskifer	50-67	34	9	174	34	510
Alunskifer	71-90	6.5	4.5	9.3	1	1010
Mænaitt	128-130	1400	1380	1450	16	1103
Syenitt	185-196	1450	1200	1670	129	1195

Seismisk P-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	P-bølge hast. [mean m/s]	P-bølge hast. [min. m/s]	P-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik	Ledn.e. [μS/cm]
Alunskifer	50-67	3600	3300	4300	238	511
Alunskifer	71-90	3700	3300	4650	280	1010
Mænaitt	128-130	5350	4600	6000	507	1103
Syenitt	185-196	5450	4650	6100	265	1195

Seismisk S-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	S-bølge hast. [mean m/s]	S-bølge hast. [min. m/s]	S-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik	Ledn.e. [μS/cm]
Alunskifer	50-67	2050	1460	3300	320	511
Alunskifer	71-90	2060	1475	3300	262	1010
Mænaitt	128-130	3150	2800	3960	294	1103
Syenitt	185-196	3050	2750	3470	140	1195

Gjennomsnittsverdier

Bergart	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ωm]	Resistivitet SN [Ωm]
Alunskifer	50-67	3600	2050	1200	34	13
Alunskifer	71-90	3700	2060	500	6.5	2.6
Mænaitt	128-130	5350	3150	300	1400	3420
Syenitt	185-196	5450	3050	160	1450	3500

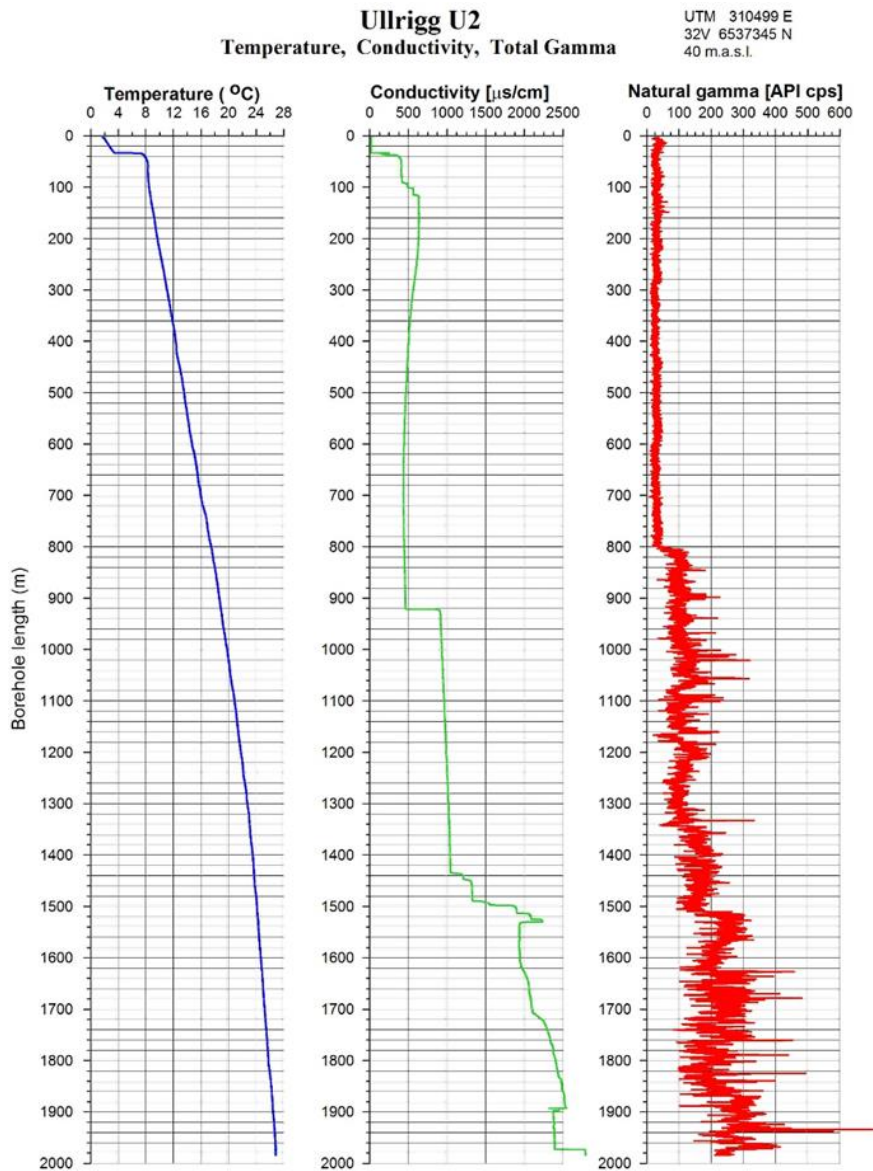
Lokalitet: Ullandhaug

UTM 310499 E
 32V 6537345 N
 40 m.a.s.l.

Stavanger kommune, Rogaland

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik	Ledn.ev.
Fyllitt	400-700	29	10	48	5.7	459
Øyegneis 1	900-1300	112	20	320	32	937
Øyegneis 2	1600-1984	236	83	702	62	2304



UTM 448520 E
32W 7043009 N
5moh.

Lokalitet: Veiholmen
Smøla kommune, Møre og Romsdal

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik
Kvartsdioritt	2.3 - 40	120	43	275	29
Kvartsdioritt	665 - 700	104	30	260	28

Resistivitet Short Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.e. [μS/cm]
Kvartsdioritt	2.3 - 40	7550	3850	9150	1469	279
Kvartsdioritt	665 - 700	1000	950	1100	380	49000

Resistivitet Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik	Ledn.e. [μS/cm]
Kvartsdioritt	2.3 - 40	6650	4300	7750	1100	279
Kvartsdioritt	665 - 700	870	800	960	34	49000

Seismisk P-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	P-bølge hast. [mean m/s]	P-bølge hast. [min. m/s]	P-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik
Kvartsdioritt	2.3 - 40	6350	4700	12200	1235
Kvartsdioritt	665 - 700	6250	4500	6950	279

Gjennomsnittsverdier

Veiholmen	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ωm]	Resistivitet SN [Ωm]	Ledn.e. [μS/cm]
Kvartsdioritt	2.3 - 40	6350	-	120	6650	7550	279
Kvartsdioritt	665 - 700	6250	-	104	870	1000	49000

Lokalitet: Vuottašjávri
Kautokeino kommune, Finnmark

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik
Amfibolitt	90 - 120	86	53	135	13
Amfibolitt	220 - 255	73	52	99	8
Gneis	30 - 50	140	62	264	47
Gneis	390 - 415	122	58	205	23
Gneis	480 - 500	155	94	373	49

Resistivitet

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ω m]	Resistivitet [min. Ω m]	Resistivitet [max. Ω m]	Ledn.e. [μ S/cm]	St. avvik	LN/SN
Gneis		> 10000			55		LN/SN
Amfibolitt		>10000			55		LN/SN

Seismisk P-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	P-bølge hast. [mean m/s]	P-bølge hast. [min. m/s]	P-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik
Amfibolitt	90 - 120	5600	5200	6100	175
Amfibolitt	220 - 255	5675	5425	5950	137
Gneis	30 - 50	5550	5275	5775	116
Gneis	390 - 415	5550	5150	5850	144
Gneis	480 - 500	5550	5350	5750	113

Seismisk S-bølge hastighet

Bergart	Dyp [m]	S-bølge hast. [mean m/s]	S-bølge hast. [min. m/s]	S-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik
Amfibolitt	90 - 120	3200	2750	4650	278
Amfibolitt	220 - 255	3025	2700	3950	186
Gneis	30 - 50	2950	2200	3275	285
Gneis	390 - 415	3050	2900	3300	87
Gneis	480 - 500	3025	2875	3125	53

Gjennomsnittsverdier

Bergart	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ω m]	Resistivitet SN [Ω m]	Ledn.e. [μ S/cm]
Amfibolitt	90 - 120	5600	3200	86	> 10000	> 10000	55
Amfibolitt	220 - 255	5675	3025	73	> 10000	> 10000	55
Gneis	30 - 50	5550	2950	140	> 10000	> 10000	55
Gneis	390 - 415	5550	3050	122	> 10000	> 10000	55
Gneis	480 - 500	5550	3025	155	> 10000	> 10000	55

KH-02-17
UTM 395369 E
32V 6895890 N
734 m.o.h.

KH-02-18
UTM 395448 E
32V 6895529 N
482 m.o.h.

Lokalitet: Åknes
Stranda kommune, Møre og Romsdal

Naturlig Gamma

Bh Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik
02-18, Biotitt-gneis	103 -114	74	52	105	10
02-17, Granittisk gneis	120 -140	144	73	229	26

Resistivitet Short Normal

Bh Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ω m]	Resistivitet [min. Ω m]	Resistivitet [max. Ω m]	St. avvik	Ledn.e.
02-18, Biotitt-gneis	103 -114	8660	8260	8950	157	150
02-17, Granittisk gneis	120 -140	9250	7750	10950	715	-

Resistivitet Long Normal

Bh Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ω m]	Resistivitet [min. Ω m]	Resistivitet [max. Ω m]	St. avvik	Ledn.e.
02-18, Biotitt-gneis	103-114	8750	8300	9100	155	150
02-17, Granittisk gneis	120-140	9300	7850	11000	720	-

Seismisk P-bølge hastighet

Bh Bergart	Dyp [m]	P-bølge hast. [mean m/s]	P-bølge hast. [min. m/s]	P-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik	Ledn.e. [μ S/cm]
02-18, Biotitt-gneis	103-114	5340	4910	5950	184	150
02-17, Granittisk gneis	120-140	5000	4650	5350	120	-

Seismisk S-bølge hastighet

Bh Bergart	Dyp [m]	S-bølge hast. [mean m/s]	S-bølge hast. [min. m/s]	S-bølge hast. [max. m/s]	St. avvik	Ledn.e. [μ S/cm]
02-18, Biotitt-gneis	103-114	3015	2525	3475	218	150
02-17, Granittisk gneis	120-140	3025	2240	3600	231	-

Gjennomsnittsverdier

Bh Bergart	Dyp [m]	P-bølge [m/s]	S-bølge [m/s]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ω m]	Resistivitet SN [Ω m]
02-18, Biotitt-gneis	103-114	5340	3015	74	8750	8660
02-17, Granittisk gneis	120-140	5000	-	180	4225	5300

Lokalitet: NMBU, Ås

UTM 600147 E
32 6615571 N
99 moh

Ås kommune, Akershus

Naturlig Gamma

Bergart	Dyp [m]	Gamma [mean cps]	Gamma [min. cps]	Gamma [max. cps]	St. avvik
Glimmergneis/skifer	70 - 78	224	171	277	21

Resistivitet Short Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik
Glimmergneis/skifer	70 - 78	5075	4500	5500	240

Resistivitet Long Normal

Bergart	Dyp [m]	Resistivitet [mean Ωm]	Resistivitet [min. Ωm]	Resistivitet [max. Ωm]	St. avvik
Glimmergneis/skifer	70 - 78	5100	4400	5500	238

Gjennomsnittsverdier

Bergart	Dyp [m]	Gamma [cps]	Resistivitet LN [Ωm]	Resistivitet SN [Ωm]
Glimmergneis/skifer	70 - 78	224	5100	5075



NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE
- NGU -

Norges geologiske undersøkelse
Postboks 6315, Sluppen
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse
Leiv Eirikssons vei 39
7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00
E-post ngu@ngu.no
Nettside www.ngu.no