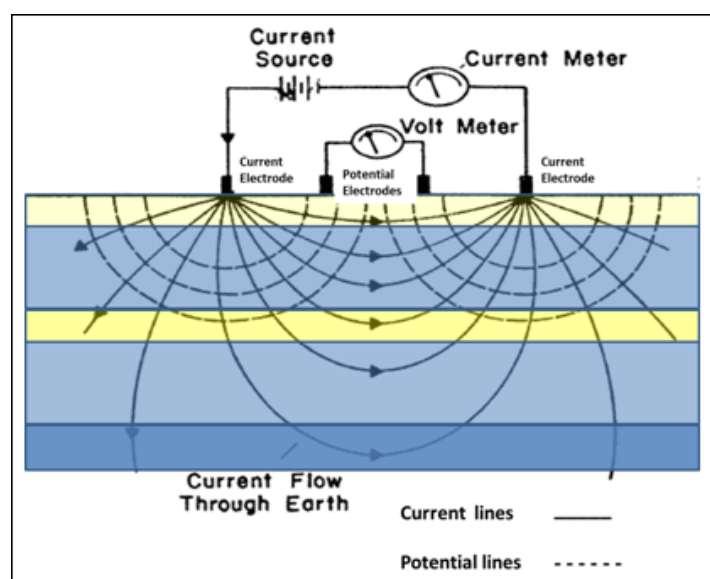


ELEKTRISKE METODER.



Utstyr for måling av 2D resistivitet. Bildet er fra Ebbadalen på Svalbard.

Elektriske målemetoder benytter den elektriske ledningsevnen til å kartlegge geologien, både berggrunn og løsmasser. Strøm sendes ned i bakken via to strømelektroder, og det oppsatte potensial måles med to andre elektroder (se Figur 1). Ut fra målt resistans (spenning/strømstyrke) og en geometrisk faktor bestemt av elektrode plasseringen, kan en tilsynelatende elektrisk motstand (resistivitet) beregnes. Begrepet tilsynelatende benyttes fordi det som måles i de fleste tilfeller representerer en form for veid verdi for de motstandsforholdene i målingens influensvolum.



Figur 1: Elektrodeoppsett for elektriske målinger (fra Todd 1959).

Elektriske målinger kan deles inn i metoder avhengig av hva som måles og hvordan. For detaljer, se **Elektriske målinger**.

- **Vertikal Elektrisk Sondering (VES)**

I en periode ble det ved NGU gjort vertikale elektriske sonderinger (VES) spesielt for kartlegging av løsmasser. Metoden er i dag erstattet av 2D Resistivitet.

- **2D Resistivitet (ERT)**

2D Resistivitetsmålinger, også kalt ERT (Electrical Resistivity Traversing) er en relativt ny teknologi. I løpet av 90-årene skjedde det en stor utvikling ved at inversjonsrutiner for resistivitetsmålinger både i 2D og 3D ble utviklet og kommersialisert. Samtidig ble det utviklet kabelsystemer som effektiviserer data-innsamlingen. Indusert Polarisasjon (IP) kan måles samtidig med Resistivitet.

- **Indusert Polarisasjon (IP)**

Indusert Polarisasjon er en metode som opprinnelig ble utviklet for å kartlegge impregnasjonsmalmer, malmer hvor de elektrisk ledende mineralene ikke har elektrisk kontakt. Etter hver er metoden også benyttet til å kartlegge leire i visse typer materiale, hydrokarboner og for å kvalitetssikre tolkning av resistivitetsdata.

- **Selvpotensial (SP)**

Selvpotensialmålinger går ut på å måle naturlige spenninger i bakken. Disse kan oppstå over sulfidmalmer, grafittmalmer og ved strømming av vann. Det kan også SP-anomalier på grunn av biologisk aktivitet.

- **"Charged Potential" (CP)**

En spesiell variant av elektriske målinger er oppladet potensial, eller Charged Potential (CP). Metoden er også kjent under navnet "Misse a la Masse" (MALM). Størrelsen av mineralforekomster kartlegges ved plassere en strømelektrode direkte i en mineralisering og kartlegge potensialforløpet rundt denne.

- **Kombinerte elektriske målinger (IP-RP-SP)**

Ved NGU er elektriske metoder tradisjonelt benyttet ved malmundersøkelser. Fra omkring 1975 er kombinerte elektriske målinger benyttet for å kartlegge metalliske malmer. Denne metoden ble ofte kalt IP-RP-SP-målinger (Indusert Polarisasjon – Resistivitets Potensial - Selv Potensial). Ved SP måles en spenning i bakken uten tilførsel av strøm via strømelektroder.

Elektriske målinger. Historikk.

Elektriske motstandsmålinger, eller resistivitetsmålinger som metoden gjerne kalles i dag, er ikke noe nytt. Conrad Schlumberger eksperimenterte allerede tidlig på 1900-tallet med å sende strøm i bakken mellom to elektroder og målte oppsatt spenning ved to andre. På denne måten var han i stand til å få et bilde av de elektriske egenskapene i undergrunnen. I Norge begynte de første forsøkene med å benytte teknikken i malmløst i slutten av sekstitallet. Ole Bernt Lile, kjent for mange som Mr. Geofysikk på NTH, tok sin licentiatgrad på en spesialversjon av elektriske målemetoder kalt "Oppladet Potensial", ("Charged Potential, CP" eller "Misse a la Masse" i andre språkdraker) i 1971 (Lile 1971). I løpet av 70-årene ble det vanlig å

lete malm med kombinerte elektriske målinger. Gode elektriske ledere i bakken kunne avdekkes enten ved å måle den elektriske ledningsevnen (invers av resistivitet), mens impregnasjonsmalmer kunne kartlegges med indusert polarisasjon (IP). Sistnevnte gir respons på malmer selv om mineraliseringen ikke har sammenhengende metalliske mineraler som bidrar til elektronisk ledningsevne.

Etter hvert ble det vanlig å benytte metoden til løsmassekartlegging. I sin dr.ing-grad fra NTH i 1983 studerte Bjørn Berger bl.a. elektriske egenskaper i kvikkleire v.h.a. Vertikale Elektriske Sonderinger (VES). Bjørn viste at det var mulig å skille mulig kvikkleire fra intakt salt leire ved bruk av elektriske målemetoder. Bjørn var kanskje den første i landet som inverterte sine data slik at en sann resistivitet kunne beregnes, riktignok måtte han forutsette horisontal lagdeling (1D modell).

Moderne resistivitetsmålinger i 2D og 3D ble for alvor aktuelt tidlig på 90-tallet. Thorleif Dahlin (1993) utviklet et kabelsystem for effektive målinger i både 2D og 3D i sitt dr.-grads-arbeide fra Lund i 1993 (Lund-systemet). Parallelt med dette arbeidet M.H. Loke med inversjonsrutiner både for 2D og 3D i sin doktorgrad ved universitetet i Birmingham (1994). Etter at disse to arbeidene ble kommersialisert, ble det plutselig mulig for mange å investere i effektive målesystem og inversjonsprogramvare.

Norges geologiske undersøkelse (NGU) introduserte, i et samarbeid med Universitetet i Lund, 2D resistivitetsmålinger for kartlegging av svakhetssoner i fjell innenfor prosjektet "Miljø og Samfunnstjenlige tunneler" i 2001 (Rønning 2003). Etter at NGU anskaffet det første utstyret i 2002, er metoden benyttet ved kartlegging av svakhetssoner i fjell (se GEO 5-2000, Geo 5-2004, Rønning et al. 2014), kartlegging av ustabile fjellparti (bl.a. Åknes og Nordnes), generell løsmassekartlegging, grunnvannsundersøkelser, miljøundersøkelser, grusundersøkelser og til å karakterisere leiravsetninger (Solberg et al. 2008).

REFERANSER.

- Berger, B. 1983: Geofysiske metoder anvendt i ingeniørgeologiske undersøkelser. Dr.Ing. oppgave ved NTH 1083.
- Dahlin, T. 1993: On the Automation of 2D Resistivity Surveying for Engineering and Environmental Applications. Dr. Thesis, Department of Engineering Geology, Lund Institute of Technology, Lund University. ISBN 91-628-1032-4.
- Lile, O.B. 1971: CO, Oppladet potensial. En geofysisk metode for malmkartering. Avhandling for den tekniske licentiatgrad. NTH, April 1971.
- Loke, M.H. 2011: RES2DINV ver. 3.59.102. Geoelectrical Imaging 2D & 3D. Instruction manual. www.geoelectrical.com.
- Rønning, J.S. 2003: Miljø og samfunnstjenlige tunneler. Sluttrapport delprosjekt A, Forundersøkeleser. NGU Rapport 2003.077.
- Rønning, J.S., Ganerød, G.V., Dalsegg, E. & Reiser, F. 2014: Resistivity mapping as a tool for identification and characterization of weakness zones in bedrock - definition and testing of an interpretational model. Bull. Eng. Geol. Environment Volume 73, Issue 4 (2014), Page 1225-1244.
- Solberg, I.L., Rønning, J.S., Dalsegg, E., Hansen, L., Rokoengen, K. & Sandven, R. 2008: Resistivity measurements as a tool for outlining quick-clay extent and valley-fill stratigraphy: a feasibility study from Buvika, central Norway. Canadian Geotechnical Journal, 45: 210-225, doi:10.1139/T07-089.