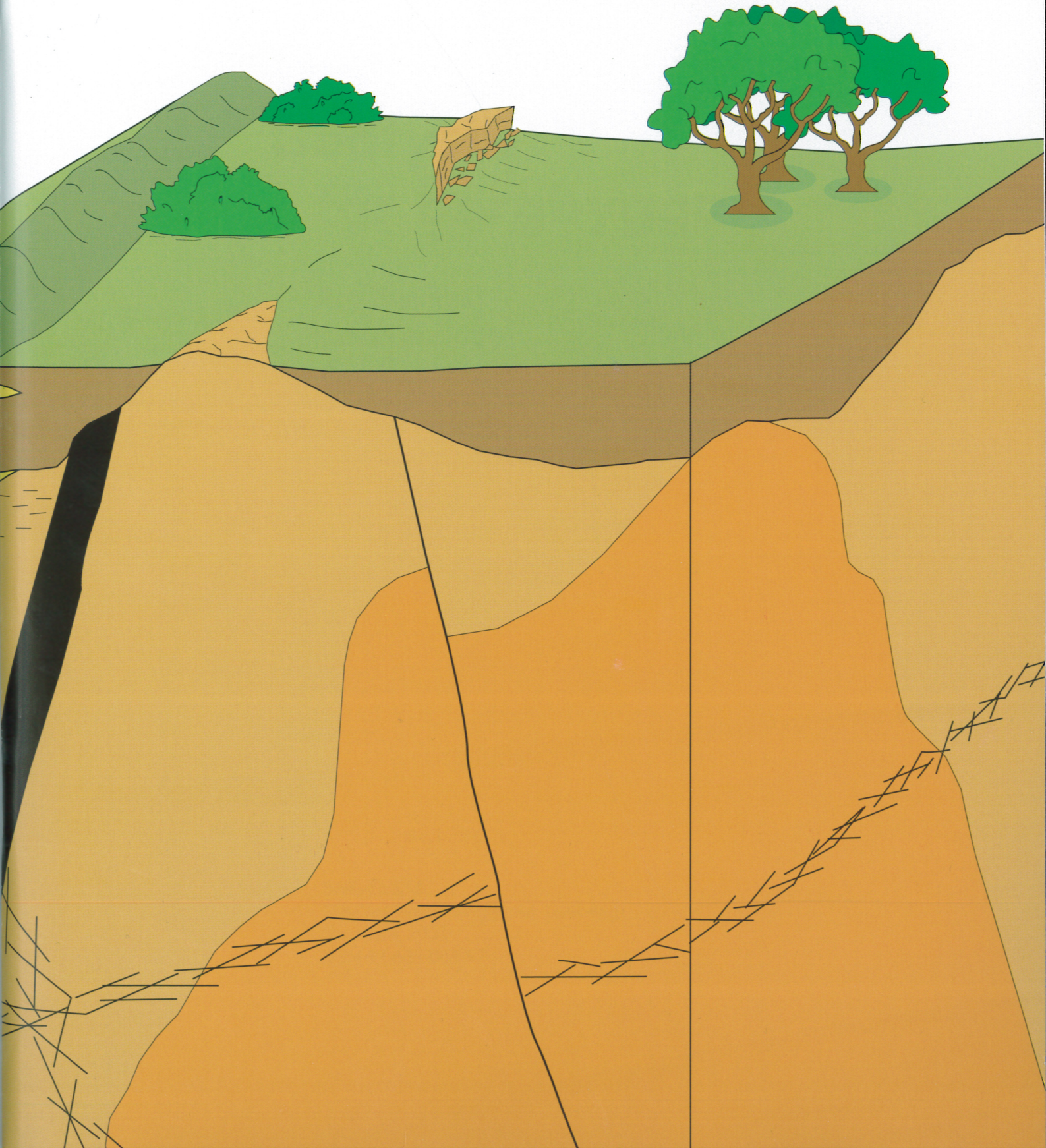


Geofysik för bergbyggare



Geofysik för bergbyggare

Roy Stanfors
Carl-Axel Triumf
Ann Emmelin

SveBeFo K15
Stiftelsen Svensk Bergteknisk Forskning
Stockholm 2001
ISBN 91-631-0633-7

Illustrationer: Mikael Erlström har framställt flertalet datorritade bilder.
Övriga illustrationer: författarna, där ej annat anges.

Allmänt kartmaterial
© Lantmäteriet Medgivande L2000/1199.

Geokartor samt bakgrundsinformation till vissa bilder
© Sveriges geologiska undersökning (SGU) 2000 Dnr: 00-688/2000.

Tryck: Roos Tryckeri AB, Sundbyberg

FÖRORD

Geofysiska metoder för att undersöka mark och berggrund är ingenting nytt. Ljudvågors utbredning, elektriska strömmar och magnetfält påverkas av bergegenskaper, som därför kan avslöjas med olika mätinstrument. I anläggnings-sammanhang har man länge använt sådan teknik, främst för att få en bild av bergförhållandena som grund för att planera läge och utformning av berggrum och tunnlar och för att välja lämpliga byggmetoder.

Den snabba utvecklingen av elektronik och datahantering har lett till stora förbättringar av metoder och tolkningsmöjligheter, och vi tror att geofysiska undersökningar kan användas i större utsträckning än vad som är vanligt idag. Det är då viktigt att se olika metoders möjligheter och styrka och samtidigt vara medveten om deras begränsningar. Som stöd för ett vidare utnyttjande av geofysik i bergbyggnaden har vi därför tagit fram denna skrift, med tonvikt på hur metoderna bäst kan användas. Vi vänder oss i första hand till beställare, projektörer och byggare som söker kunskap om berget i olika skeden av ett projekt. Specialister på geofysik kan få en bättre kännedom om bergbyggnadens villkor, framförallt om de frågor som ställs i olika projektskeden och som bör ligga till grund för beslut om uppläggnings-av undersökningsinsatserna.

Skriften är framtagen i samverkan mellan fil dr Roy Stanfors, geolog med mångårig erfarenhet av att utnyttja geofysik i samband med bergprojekt, bland annat för SKBs arbeten med kärnavfallsförvaring, bergsingenjör och geofysiker Carl-Axel Triumf, som arbetat många år för SGU och civilingenjör Ann Emmelin som redaktör, nu verksam vid SveBeFo och med tidigare erfarenhet av geoteknisk projektering.

Arbetet inleddes med en serie intervjuer med sakkunniga från olika håll: Pauli Saksa, Fintact, Helsingfors, Tore Lasse By, Selmer, Oslo, Eva Widing, Vägverket, Kjell-Åke Averstad, Banverket, Gunnar Nord, Atlas Copco och Tommy Olsson, Golder Associates. Ola Landin och Roger Rundqvist, J&W samt Stefan Wänstedt, Geosigma bidrog med en inledande metodöversikt. Under arbetets gång har synpunkter inhämtats från en referensgrupp bestående av Ulf Håkansson, Nils-Åke Larsson, Ulf Lindblom, Bengt Ludvig, Robert Sturk och Stefan Wänstedt. Vi vill tacka alla dessa för gott stöd och även de företag och organisationer som ställt material till förfogande, särskilt Sydvatten (Bolmentunneln), Banverket (Hallandsås) och SKB (berglaboratoriet på Äspö).

Vår förhoppning är att skriften ska komma till god användning för olika kategorier, som kan ha nytta av en bättre kunskap om geofysiska undersökningar för bergbyggnad, både praktiskt yrkesverksamma och studerande.

Stockholm i januari 2001

Tomas Franzén

INNEHÅLL

1	GEOFYSIKENS MÖJLIGHETER	1
2	GEOUNDERSÖKNINGAR - MÅL OCH STRATEGI	5
2.1	Förstudien	7
2.2	Projekteringskedet	9
2.3	Detaljskedet	11
2.4	Byggskedet	13
3	EXEMPEL PÅ ANVÄNDNING AV GEOFYSISKA METODER	14
3.1	Översikt	14
3.2	Bolmentunneln - råvattentunnel i södra Sverige <i>seismik, resistivitet, slingram, VLF, magnetiska mätningar</i>	14
3.3	Tunnlar genom Hallandsås <i>resistivitet, magnetiska mätningar, seismik, tv-kamera, borrhålsradar</i>	20
3.4	Äspölaboratoriet - 3600 m lång bergtunnel ner till 460 m djup <i>seismik, VLF, magnetiska mätningar, borrhålsradar, spinner</i>	26
3.5	Skärning eller tunnel? <i>georadar, seismik</i>	29
3.6	Berganläggning med liten volym förlagd i berggrund med hög blottningsgrad - orientering av flackt spricksystem <i>georadar</i>	31
3.7	Badhus delvis förlagt i berg - identifiering av möjliga platser <i>magnetiska och elektromagnetiska mätningar</i>	33
3.8	Undersökning av berggrund under sjö och hav <i>reflektionsseismik, sedimentekolod</i>	35
4	ATT PLANERA OCH HANDLA UPP EN GEOFYSISK UNDERSÖKNING	38
4.1	Avstämning före upphandling	38
4.2	Särskilda svårigheter	42
4.3	En kostnadsjämförelse mellan seismik och borrhning	44
5	BESKRIVNING AV DE MEST ANVÄNDA GEOFYSISKA METODERNA	45
5.1	Fjärranalys - kart- och flygbildstolkning	45
5.2	Refraktionsseismik	47
5.3	Georadar - GPR	49
5.4	Resistivitetsmetoder	52
5.5	Magnetiska metoder	54
5.6	Elektromagnetiska metoder - VLF och slingram	56
5.7	Mätningar i borrhål	58
5.8	Mätningar i tunnlar och bergrum	61
5.9	Några övriga metoder - kortfattad beskrivning	62
	Sammanställning över geofysiska undersökningsmetoder, tabell	63
	Ordförklaringar	64
	Här kan Du läsa mer	66

HÄR KAN DU LÄSA MER

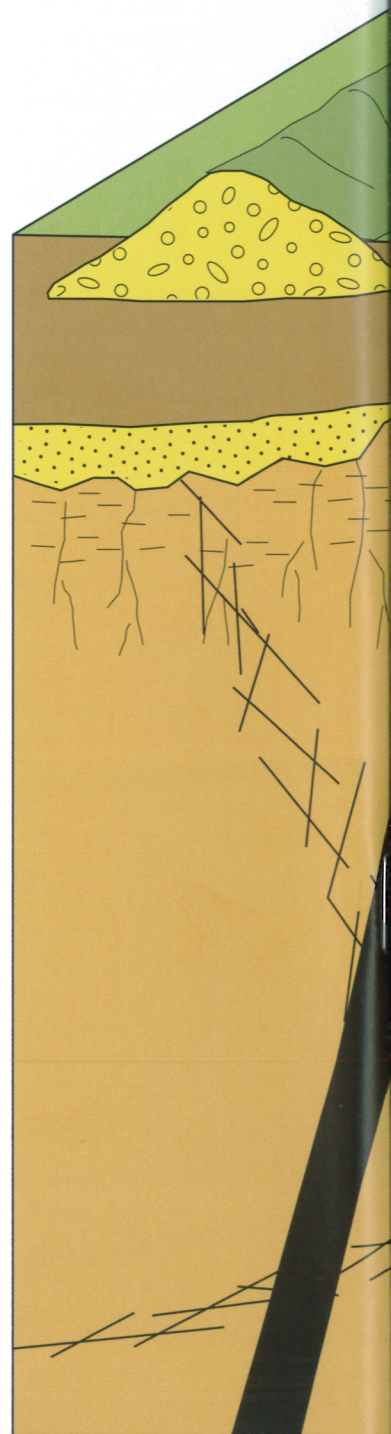
- SGU, www.sgu.se, databaser och kartöversikter
- Geofysik Info, www.geoforum.com/info/geophysical/
- Almén K, Andersson O, Fridh B, Johansson BE, Sehlstedt M, Gustafsson E, Hansson K, Olsson O, Nilsson G, Axelsen K, Wikberg P, Site investigation – Equipment for geological, geophysical, hydrogeological and hydrochemical characterization, Technical Report 86-16, SKB, Stockholm 1986
- Bergman SG-A, Carlsson A, Förundersökningar i berg, rekommendationer, prognoser och utlåtanden, BeFo-rapport 86:1/86, 1986
- Bergteknik - anvisningar för redovisning, ANV 0083, Vägverket 1994
- Bergteknisk ordlista, Tekniska nomenklaturcentralens publikation TNC73, 1979
- Carlsten S, Wänstedt S, Tirén SA, Using borehole radar measurements as an aid to structure geological interpretations, Proceedings of the 7th international conference on ground penetrating radar, Lawrence, Kansas, May 27-30, 1998
- Dahlin T, On the automation of 2d resistivity surveying for engineering and environmental applications, Thesis, Department of Engineering Geology, Lund Institute of Technology, Lund University 1993
- Dahlin T, Gass R, Jeppson H, Resistivitetmätning som förundersökningsmetod vid tunnelbygget genom Hallandsås, Bergmekanikdag 1999, SveBeFo
- Finnish Geotechnical Society, Ground penetrating radar, Geophysical research methods, The Finnish Building Centre Ltd 1992
- Handboken Bygg (Geoteknik), Liber Förlag 1984
- Helfrich H, m fl, Förundersökningars värde och omfattning, BeFo rapport 18:2/79, 1979
- Howard KWF, Geophysical well logging methods for the detection and characterization of fractures in hard rocks, Geotechnical and Environmental Geophysics, vol 1, Review and Tutorial, SH Ward (ed), Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, 1990
- Impulse Radar Users Association, fact sheets no 1-4, 21 Bilton Road, Rugby, Warwickshire CV22/AG, Great Britain
- Ingeniörgeologi – Berg – Håndbok, Tapir Forlag, Oslo 1985
- ISRM, Suggested methods for geophysical logging of boreholes, publication no 26, 1981
- ISRM, Suggested methods for seismic testing within and between boreholes, publication no 35, 1988
- Knutsson G, Morfeldt C-O, Grundvatten - teori & tillämpning, Svensk Byggtjänst 1993
- Knutsson G, Morfeldt C-O, Vatten i jord och berg, Ingenjörsförlaget 1973
- Ludvig B, Elmgren K, Sonderingsborrning med registrering av borrhållparametrar i Ormentunneln, SveBeFo rapport 10, 1994
- McNeill JD, Electrical conductivity of soils and rocks, technical note TN-5, distributed by Geonics Ltd, Mississauga Ont, 1980
- Nelson PH, Magnusson KÅ, Rachiele R, Application of borehole geophysics at an experimental waste storage site, Geophysical Prospecting, vol 30, p 910-934, 1982
- Overmeeren RA van, Ritsema IL, Continuous vertical electrical sounding, First Break, vol 6, no 10, p 313-324, 1988
- Palacky GJ, Application of the multifrequency horizontal-loop EM method in overburden investigations, Geophysical Prospecting 39, p 1061-1082, 1991
- Parasnis DS, Principles of applied geophysics, Chapman and Hall (5th Edition) 1997
- Reynolds JM, An introduction to applied and environmental geophysics, John Wiley and Sons Ltd 1997
- Röshoff K, Rinn M, TSP-mätning i Hallandsås - södra påslaget, BBK AB, Hässelby 1996
- Sattel G, Röshoff K, Björner A, Investigation of the rock mass structure and characteristics in front of the face using TSP – Tunnel Seismic Prediction – at the Hallandsåsen project, Bergmekanikdag 1996, SveBeFo
- Schunnesson H, Sturk R, Drill monitoring at the Hallandsås project in Sweden, research report 1997:21, Luleå University of Technology 1997
- Sehlstedt, S, Stenberg L, Geophysical investigations at the Klipperås study site, technical report 86-07, SKB, Stockholm 1986
- Sjögren B, Shallow refraction seismics, Chapman and Hall, London 1984
- Skov- og Naturstyrelsen, Geofysik og råstofkortlægning, Råstofkontorets kortlægningsserie 5, Miljøministeriet Danmark 1987
- Tidskriften Journal of Environmental & Engineering Geophysics
- Tirén S A, Askling P, Wänstedt S, Geologic site characterization for deep nuclear waste disposal in fractured rock based on 3D data visualization, Engineering Geology 52, 1999
- Triumf C-A, Geofysik för geotekniker – metoder och tillämpningar, Byggforskningsrådet 1992
- Ward SH (ed), Geotechnical and environmental geophysics, Vol 1-3, Society of Exploration Geophysicists 1990
- Wänstedt S, Sundin N-O, Geofysisk borrhållsloggning vid berganläggningen, SveBeFo rapport 7, 1994
- Wänstedt S, Tirén S, Askling P, Ekman L, Hansson K, Ett koncept för effektivare förundersökningar från borrhåll, Bergmekanikdagen 1999, SveBeFo
- Åkerblom G, Pettersson B, Rosén B, Radon i bostäder, Byggforskningsrådets rapport R85:1988

Geofysik för bergbyggare

av Roy Stanfors, Carl-Axel Triumf och Ann Emmelin

Den senaste tidens utveckling på elektronikområdet har inneburit en kraftfull kapacitetsökning vad gäller möjligheten att insamla, bearbeta och presentera data från geofysiska undersökningar och vi tror att geofysiska undersökningar kan utnyttjas i större omfattning i bergbyggnadssammanhang än vad som är vanligt idag.

I Geofysik för bergbyggare visas hur och under vilka förutsättningar geofysiska undersökningsmetoder kan användas för att ge svar på bergbyggarens frågor. Vi vänder oss i första hand till beställare, projektörer och byggare som söker kunskap om berget. Specialister på geofysik kan få en bättre kännedom om bergbyggandets villkor, framförallt om de frågor som ställs i olika projektskeden och som bör ligga till grund för beslut om uppläggningsinsatserna. Skriften utgörs därför till stor del av tillämpningsexempel, medan beskrivningen av de fysikaliska principerna är översiktlig. Till stöd för upphandling av geofysiska undersökningar finns ett särskilt kapitel.



SveBeFo

Box 47047 Tel 08/ 692 22 80 • Fax 08/ 651 13 64
100 74 Stockholm info@svebefo.se • www.svebefo.se