



# Bergvesenet

Postboks 3021, 7002 Trondheim

## Rapportarkivet

|                                               |                                   |                  |                      |                               |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------|------------------|----------------------|-------------------------------|
| Bergvesenet rapport nr<br><b>BV 2105</b>      | Intern Journal nr                 | Internt arkiv nr | Rapport lokalisering | Gradering<br><b>Fortrolig</b> |
| Kommer fra ..arkiv<br>Sulitjelma Bergverk A/S | Ekstern rapport nr<br>"542100008" | Oversendt fra    | Fortrolig pga        | Fortrolig fra dato:           |

### Titel

Utlåtande over helikopter-burna magnetiske och elektromagnetiske matningar  
Sulitjelma - Balvann, Nordland Fylke, Norge. Helikoptermåling. EM.

### Forfatter

Terratest

### Dato

1970

### Bedrift

Sulitjelma Gruber A/S

### Kommune

### Fylke

### Bergdistrikt

1: 50 000 kartblad

1: 250 000 kartblad

### Fagområde

### Dokument type

### Forekomster

### Råstofftype

### Emneord

### Sammendrag

Rapport fra helikopter-geofysiske målinger utført sommeren 1970 av Terratest AB. Tilsammen 1021 profilkm. er målt, dels i området Jakobsbakken - Balvann, dels S for Balvann. Grundig gjennomgang av samtlige anomalier. Anbefalinger om oppfølgende arbeider. Helikoptermåling. EM. Magnetometri.

Utlåtande över helikopterburna magnetiska och elektromagnetiska  
mätningar Sulitjelma - Balvatnet, Nordland fylke, Norge

Allmänt

På uppdrag av A/S Sulitjelma Gruber, Sulitjelma, har Terratest AB under tiden 14 - 26 juli 1970 samt den 29 september 1970 utfört magnetiska och elektromagnetiska helikopterburna mätningar omfattande 1.021 profilkm över ett område E om Jakobsbakken - Balvatnet. Mätningarna har även omfattat ett område S om Balvatnet.

Syftet med mätningarna har varit geofysisk kartläggning av det kisleförande stråk, som ligger E om Kjeldvann mot S till E om Balvatnet och det stråk, som i E-W återfinns S om den sistnämnda sjön.

Utöver en omfattande information om såväl berggrundens uppbyggnad som tektoniska rörelser i berggrunden, har mätningarna även visat ett antal elektromagnetiska anomalier, vars stratigrafiska läge är gynnsamt ur malm-synpunkt. Även andra anomalier i isolerade lägen är intressanta för det fortsatta prospekteringsarbetet.

Utrustning  
och metodik

Detektorerna för den elektromagnetiska och den magnetiska utrustningen transporteras längs mätprofilerna hängande under en helikopter. Signalerna från dessa leds upp genom den bärande kabeln för behandling i elektronisk apparatur. Detektorn för den elektromagnetiska utrustningen är en 7,5 m lång cigarrformad mätsond ("cigarr") CG-4, som arbetar med kontinuerlig registrering. Den elektromagnetiska utrustningen har konstruerats hos Terratest och består av ett dipolsystem med mätfrekvensen 995 Hz och en instrumentnoggrannhet på 1 ppm. I princip möjliggör denna utrustning prospektering av kismalmer av kompakttyp ner till ett djup av 50 m.

Den magnetiska utrustningen består av en protonmagnetometer av typ Geometrics G 803 med en instrumentnoggrannhet av 0,5 - alternativt 2 gamma. Variationer i det jordmagnetiska fältet under pågående mätning och mellan olika mätpass registreras med markstationerad Elsec protonmagnetometer med en noggrannhet av 1 gamma.

Den elektromagnetiska utrustningen arbetar kontinuerligt

medan protonmagnetometern arbetar periodvis med en repetitionstid av alternativt 0,33 sek - instrument-noggrannhet 2 gamma; 0,5 sek - 1 gamma; 0,8 sek - 0,5 gamma. Föreliggande mätningar har utförts med 1 gammas noggrannhet och med en hastighet av 70 - 110 km/h, innebärande ett punktavstånd varierande mellan 10 och 15 m för totalfältsmätningen. Vid mätdatabehandlingen har integrerade värden mellan dessa avläsningar överförts till 20 m punktavstånd.

Primärresultaten registreras på en galvanometerskrivare och en databandspelare för omedelbar driftskontroll i fält och för databehandling vid Terratests datacentral i Stockholm.

Navigeringen har utförts efter en fotokarta i skala 1:10 000 och 1:16 500 och mätningen utförts längs parallella profiler, som delas i sträckor mellan rekognoscerbara terrängpunkter (väg, bäck, sjöstrand mm).

Flyghöjden registreras kontinuerligt med radionhöjdmätare för att möjliggöra korrektion av registrerade variationer

#### Arbetets förlopp

Helikopter och mätutrustning anlände till Sulitjelma den 13 juli 1970. Mätningarna pågick fram till den 26 juli 1970 först från inrättad bas vid Balvatnet, mot slutet av fältarbetet från bas vid Jakobsbakken.

Söder om Balvatnet mättes 72 profiler i riktning N 20° E med ett inbördes avstånd av 100 meter samt 36 profiler med ett inbördes avstånd av 165 meter.

Norr om Balvatnet mättes 85 profiler i riktning W 20° N med profilavståndet 200 meter. Sammanlagda profillängden blev 1.021 km.

Flyghöjden har trots den kuperade fjällterrängen till allra största delen legat mellan 10 och 30 meter över markytan.

Bortsett från en magnetisk storm den 25 juli varierade det jordmagnetiska fältet under mätperioden med 70 gamma, vilket har beaktats vid framställning av den magnetiska totalfältskartan. Det mätpass (16 linjer), som utfördes under den magnetiska stormen ommättes med magnetometer i september 1970. Mätområdets sydligaste hörn var molntäckt på fotomosaiken och utelämnades.

Mätresultat

Alla våra mätdata hänför sig till ovannämnda fotokarta, vilken visat sig innehålla vissa skalvariationer. För vidare bearbetning av flygmätresultaten på marken är därför navigationsunderlaget nödvändigt och återgår till uppdragsgivaren med vårt utlåtande.

Databehandlingen har utförts i skala 1:5000 för att erhålla en bättre detaljupplösning. Gradientresultaten har med hjälp av dator beräknats ur det registrerade magnetiska totalfältet.

Magnetisk mätning, bilaga 1 - 4 M

Den magnetiska totalfältsmätningen visar i huvudsak en svagt magnetitförande bergartsserie längs så gott som hela den norra delen av mätområdet. Inom denna del av mätområdet finns en magnetisk anomali, som i dess norra del stryker NNE och i den södra delen nära N-S. Max-amplituden uppgår till 2.000 gamma. Detta stråk (i fortsättningen kallat Dorrovatnetanomalin) är flerstädes komplext uppbyggt och tämligen oregelbundet uppdelat i flera parallella horisonter, vanligen med västlig stupning. På ömse sidor om detta stråk förekommer bergarter med lägre magnetisk amplitud.

Den geofysiska bilden visar tydliga tecken på en kraftig tektonisk deformation. Denna återspeglas i form av ändringar i strykningsriktningen, variationer i bergarternas stupning och avbrott i anomalisträckningen. Den tektoniska byggnadsstilen kan således karaktäriseras genom veckningar, mindre förkastningar och, på grund av den observerade uppdelningen i flera parallella horisonter, även en antydning till överskjutningsrörelser.

Från norr till söder har den magnetiska horisonten först flackt västlig stupning, sedan reser sig stråket upp och övergår samtidigt till två parallella stråk. 2 km norr om Risvasselve finns en indikation till en tektonisk störning genom ett avbrott i de "gångformade" strukturerna (Dorrovatnetanomalin). Dessutom kan anomalibilden tolkas såsom överstjälpning till mycket flack västlig stupning. Mot söder sker en successiv uppresning av bergarterna.

Av allt att döma representerar den magnetiska Dorrovatnetanomalin en grönstenshorisont, som tycks ligga konkordant i skifferserien. Väster om detta stråk utvisar den geologiska kartan Blad Salta (NGU 1:250 000) gabbro-

kroppar, delvis parallell s. Dessa gabbro avviker dock väsentligt vad beträffar de magnetiska egenskaperna (betydligt lägre amplitud).

Återkommande till tektoniken kan nämnas, att ca 1 km söder om Dorrovatnet inträffar en tvär strykningsförändring i den östra parallellen. I detta avsnitt minskar amplituden och överskrider inte 1.000 gamma. Med denna omböjning tycks sammanfalla en ändring i stråkets magnetiska egenskaper, som i sin tur kan betyda en förändring av stråkets petrografiska sammansättning.

Vid närmare studium av mosaiken finns anledning förmoda att det ändå rör sig om samma formation fastän mycket flackt liggande.

Den tidigare omnämnda veckningen styrs av en veckaxel i WNW, i huvudsak flackt till medelbrant stupande mot W.

Det södra mätområdet har en i stort öst-västlig strykning och uppvisar endast i den östligaste delen ett par magnetiska anomalier, som skulle kunna jämföras med Dorrovatnetanomalin. Stupningen är här flackt sydlig. Förändringen i strykningsriktningen tillskrives den ovannämnda WNW-veckningen. Denna veckning vinkelrätt mot kaledonidernas huvudsträckning är mycket typisk för fjällgeologin och sammanfaller oftast med till NNE-veckningen hörande spricksystem i ac-planet. Balvatnet representerar således en tvärantiklinal med en mot WNW stupande antiklinalaxel (jämför även med avsnittet "kompletterande tektoniska synpunkter").

Denna tolkning bestyrker uppfattningen att nämnda magnetiska anomalier direkt kan parallelliseras med anomali-stråket i den norra delen av mätområdet, som en sammanhängande stratigrafisk horisont.

Mot väster, och utgående från denna större anomali, kan en mycket svagt magnetisk horisont följas i en båge upp mot Balvatnet och vidare neråt mot dess sydända, där den upphör. Anomalins läge uppfattas såsom hängande i förhållande till anomalin i öster. Norr om denna anomali ses ett magnetiskt splittrat och uppbrutet område.

I den västra delen av det södra mätområdet är inga magnetitimpregnerade bergarter av ovannämnda karaktär lokaliserade. Trots detta kan ändå öst-västliga struktu-

rer konstateras genom indikationer med medelamplituden 10 - 20 gamma.

Det bör framhållas, att givna stupningsuppgifter överall gäller i förhållande till markytan.

#### Magnetisk gradient, bilaga 1 - 4 G

Den magnetiska vertikalgradientkartan visar uppenbarligen de sedimentära strykningsförhållandena i mätområdets norra del, vilken i totalfältskartan med undantag av anomalistråket närmast framträder som magnetiskt neutral. Detta innebär, att denna bergart har en skiktning med svaga variationer i det magnetiska innehållet.

Stråket av magnetiska bergarter genom områdets norra del framträder mest samlat längst i norr. De tektoniska störningarna, som tidigare omnämnts återfinns även i gradientresultatet. Framför allt en linje från Kjeldvandets sydspets mot ESE kan klarare följas här än i totalfältskartan.

Klara skillnader kan iakttas mellan ovannämnda delområde och området söder om Balvatnet, där endast mycket obetydliga gradienter framträder. Bergarterna i mätområdets sydligaste del tycks alltså vara mera massformiga med mycket obetydligt eller inget innehåll av magnetit.

Däremot visar gradientkartan söder om Dorrovatnet en dominerande riktning i NNW-SSE. Denna riktning kan koordineras med ett s-system, som ligger transversalt i förhållande till skiktningen. Här observeras än starkare representation av tektoniska parallellstrukturer än vad som utvisas längre i norr (se rekommendationer).

#### Elektromagnetisk mätning, bilaga 1 R, I

Mätområdets norra del domineras av starka elektromagnetiska indikationer i nära anslutning till Dorrovatnet-anomalin. Dessa EM-anomalier överensstämmer ej vad läget beträffar med magnetiska maxima, utan har sitt utgående omedelbart väster om den magnetiska horisonten. Denna återspeglas i stället i negativa reella anomalier. Förhållandet  $Re/Im$  är över 1 och indikerar därmed en god ledare.

Denna huvudanomali åtföljs åt väster av svaga, utbredda anomalier med  $Re/Im$ -kvoten  $< 1$ . Detta indikerar en sämre ledare.

Ytterligare väster om detta stråk finns en isolerad indikation (profilerna 184 - 189) med  $Re/Im = 1 - 1.5$  (Kung Oscar = anomali 1). Ytterligare anomalier finns i isolerade lägen mot söder i samma stratigrafiska läge.

Även öster om Dorrovatnetanomalin finns elektromagnetisk indikationsområden med stor utbredning. Sambandet med den magnetiska registreringen är ej entydig. Vissa horisonter i EM-anomalin sammanfaller med svaga magnetiska drag men ej alla. En isolerad magnetisk anomali i den östra kartdelen har ingen motsvarighet i EM-registreringen, och motsvarar troligen en mindre grönstens kropp.

Påfallande är, att den generella strykningen hos dessa anomalier ej följer övriga anomaliers strykningsvariationer. Anomalierna stryker i stort sett raka vägen ner till Dorrovatnet (se bilaga 2 R, I).

Förutom de här beskrivna anomalierna finns några små negativa realkomponentindikationer i den västligaste delen av mätområdet. Dessa uppträder i samband med en mycket svag magnetiskt indikerad zon och har ingen malm-indikerande betydelse.

En jämförelse mellan 1969 och 1970-års mätningar i detta område visar en betydligt högre detaljrikedom i 1970-års mätningar. Detta får tillskrivas den högre upplösning, som kan erhållas med den modifierade utrustning CG-4, vilken vidareutvecklats ur system CG-3.

#### Bilaga 2 R, I

De två magnetiska horisonterna i mätområdets mitt (Dorrovatnetanomalin) visar i den elektromagnetiska bilden skilda egenskaper. Det östra stråket åtföljs av reella, negativa anomalier, vilka återspeglar bergarternas magnetiska permeabilitet.

Det västra stråket är även detta delvis registrerat negativt, men här finns även klara elektromagnetiska, positiva anomalier. Den kraftigaste har erhållits i profilerna 136 - 169, och består av två paralleller.

Anomalin är bruten av den förkastning, som även indikerats magnetiskt. Registreringen visar en dålig till medelgod ledare. En liknande anomali i anslutning till samma stråk finns vid profil 145.

Öster om de magnetiska bergarterna i Dorrovatnetanomali uppträder också kraftiga elektromagnetiska anomalier. Dessa är av samma karaktär, som det intensiva anomaliområdet söder om detta kartblad.

Här bör hänvisas till vad som har sagts beträffande denna anomali i föregående bilaga. Även inom denna bilaga visar anomalin i öster inga strykningsvariationer. Studeras fotomosaiken så får uppfattningen att området kan täckas med större eller mindre överskjutningar fastare former. Längst i E observeras på norra sidan av Dorrovatnet i öster en tydligt markerad WSW-ENE strykning, som längre mot W avklipps ungefär i höjd med anomaliernas läge vid nämnda sjö. Följer man från denna punkt mot N och NNE längs E-kanten av det östligaste anomaliområdet så kan man återigen på fotomosaiken konstatera en morfologisk utpräglad zon. Denna zon kan återspegla en överskjutningslinje.

Detta skulle förklara varför sträckningen av den östligaste anomalizonen ej ligger konkordant till det västligare komplexet, en hypotes, som självfallet måste verifieras genom fältkartering.

Ytterligare några synpunkter beträffande anomalin med avvikande strykning i Dorrovatnets norra strand. Efter flygmätningen ej täckt Dorrovatnet i övrigt är det oklart om den redovisade strykningen är det rätta eller om anomalin är norra begränsningen av en bred störningszon. För den första tolkningen talar iakttagelser i fotobilderna öster om mätområdet med ovannämnda strykningar in mot Dorrovatnet. En liknande anomali vid södra stranden talar eventuellt för ett samband över sjön.

Svaga imaginära registreringar i kartbladets västra del har av anomalibilden att döma ytliga störningsorsaker.

#### Bilaga 3 R, I

De elektromagnetiska anomalierna har strykningar i NNE-SSW. Från väster till öster finns följande från

varandra åtskilda indikationer:

Vid Balvatnets nord-väst-del (på denna bilaga) finns en huvudsakligen imaginär anomali med ett 3 km långt förlopp såväl över land som över vatten. Indikationen i vattnet är utbredd och följer i stort stränderna, vilket indikerar störningar från bottensediment. Den norra änden på land visar emellertid en berggrundsstruktur med västlig stupning och svag elektrisk ledningsförmåga.

Omedelbart väster om denna anomali finns en 1 km lång indikation i WSW-ENE med en kvot  $Re/Im$  2 - 6, dvs. en mycket god ledare. Den sammanfaller med en svag magnetisk struktur. Även här är stupningen västlig.

Öster om Balvatnets nordspets finns en 2 km lång anomali. Den visar en dålig till medelgod ledare och ligger i flanken av ett svagt magnetiskt stråk (omböjda fortsättningen till den beskrivna anomalizonen mot N). Stupningen är västlig.

Längst i söder finns den sydliga avslutningen av det östligaste NE-SV-gående anomalistråket genom mätområdet.

Även här kan man på fotomosaiken skönja en morfologisk linje mot östra änden av Balvatnet, vilken skulle kunna representera fortsättningen av den ovannämnda överskjutningszonen. Man kan ur anomalibilden utläsa, att i kartbladets norra del är stråket begränsat med västlig stupning medan det mot söder blir utbrett och så kraftigt indikerat, att såväl reella som imaginära registreringar slår i botten. Bredden är här ca 2 km. Denna bredd beror sannolikt på den flacka lagringen, som här styrs av WWV orienterade veckaxlar.

#### Bilaga 4 R, I

Det södra kartbladet uppvisar två från varandra skilda delområden. Det östligaste innehåller ett flertal kraftiga, delvis mycket kraftiga elektromagnetiska indikationer med i huvudsak ESE-WNW-strykning. Anomalierna återspeglar såväl ytliga lager som berggrunds-horisonter. De senare har genomgående sydlig stupning.

Den sydligaste anomalin är 2 km lång och återspeglar en god till mycket god ledare ( $Re/Im$  1 - 2.5). Indikationsorsaken är sannolikt uppdelad i flera parallella zoner.

Norr om denna anomali och med svagt bågformigt förlopp från Balvatnets sydända till mätområdets östra begränsning löper en minst 7,5 km lång elektromagnetisk indikation. Även denna anomali är uppdelad i flera parallella horisonter. Detta framgår tydligast i den östra kartdelen, där en nordligare horisont sammanfaller med ett magnetiskt maximum (magnetkis), medan den sydligare anomalin talar för en omagnetisk elektriskt ledande horisont i hängandet. Anomalin är även mot väster associerad med magnetiska indikationer, men ej direkt sammanfallande med dem. Den nordligare parallellen visar i regel bättre ledningsförmåga än den sydliga. Även detta talar för olika sammansättning hos de två horisonterna. Ytliga störningsorsaker påverkar anomalins förlopp i det centrala området.

Mellan detta genomgående anomalistråk och Balvatnet finns ytterligare två anomaliområden. Båda dessa återspeglar delvis ytliga störningskällor, men kan inte enbart förklaras av dessa. Detta framgår av den reella komponenten vilken visar sydlig stupning. Ett klart samband råder också mellan den elektromagnetiska och den magnetiska bilden. Samma iakttagelser gäller det andra indikationsstråket ca 2-3 km söder om Balvatnets östra strand. Starka negativa, reella anomalier svarar mot berggrundens magnetiska permeabilitetsegenskaper. Detta innebär, att accessoriskt magnetit innehåll bidrar till anomalibilden.

Mätområdets sydöstra hörn har tyvärr ej kunnat mätas p.g.a. bristfälligt navigationsunderlag. Norr härom har en mindre anomali påträffats längst i öster i profilerna 68 - 72 söder om huvudanomalin i området. Denna lilla anomali har  $Re/Im$  - förhållande  $< 1$ , vilket motsvarar en sämre ledare än någon av de hittills nämnda. Stupningen är sydlig, dock brantare än vad som gäller norr härom.

Rakt söder om Balvatnets sydspets finns ett antal små indikationer, vars ursprung sannolikt är ytliga. Längst i söder (vid profil 4) har en kraftig anomali endast delvis berörts av mätningen.

I kartans västra del återfinns en anomali i profilerna 318 - 325, där den reella komponenten visar ett mer homogent uppträdande än den imaginära. Stupningen är östlig; kvoten  $Re/Im$  i regel större än 1.

Vidare har ett anomaliområde konstaterats i mätområdets

sydvästligaste del, i profilerna 327 - 336. Även här ger den reella registreringen en mer homogen bild än den imaginära. Anomalierna är delvis mycket kraftiga och utbredda och synes - i varje fall i det utbredda sydvästområdet - ha sin orsak i skiffrar.

Kompletterande  
tektoniska  
synpunkter

Vid Balvatnets östra ände observeras på fotomosaiken en WNW-ESE orienterad störningslinje, som uppsplittrad även kan återfinnas vid WNW-ändan av Balvatnet, fortfarande WNW-ESE strykande.

Denna störningslinje sammanfaller med skiffrarnas strykningssändring från NNE/flackt WNW till WNW/mot S stupande. Strykningsändringen kan ej uppfattas som en enkel veckningsstruktur utan måste ha skärpts genom antingen en förkastning eller en överskjutning, där det sydligt belägna komplexet (Slaipa-synklinalen, se rekommendationerna) skjutits upp mot N.

Skulle detta vara en förkastning så skulle denna tillhöra en sprickgrupp i WNW-ESE, som utmärkt framträder på fotomosaiken och vid flera tillfällen kan ha gett upphov till förkastningar.

Rekommendationer

1. Den geofysiska bilden visar många ur strukturell synpunkt intressanta anomalidrag. Med tanke på den omfattande kännedomen om områdets geologi förefaller det mest angeläget att konfrontera resultaten med fältgeologin. Av stort intresse är om den tektoniska strukturbilden med det komplexa växelspelet mellan plastisk och rupturrell deformation kan ge anvisningar för malmförande positioner i området. Av intresse är WNW-strykande gradientstrukturer, som följer ena paret av ett s-system, vilket ligger transversalt i förhållande till skiktningen. Efter fältgenomgåenden av anomalibilden, bör en förnyad diskussion av den geofysiska tolkningen utföras.
2. Särskilt intressant ur prospekteringssynpunkt förefaller mindre och avgränsade anomalier, men även avvikelser från anomaliernas berggrundsberoende sträckning bör kontrolleras.

Av de elektromagnetiska anomalierna bör särskilt uppmärksammas följande: (markeringarna återfinns

på imaginärkartorna)

I och med att anomali 1 representerar en mineralisering bör anomalierna 2 - 5 bli föremål för ett närmare studium (fältkontroll innan vidare åtgärder bör övervägas).

Samtliga dessa anomalier ligger i samma stratigrafiska position.

Anomalierna 6 och 7 avviker från det övriga mönstret och bör kontrolleras genom fältbesiktning.

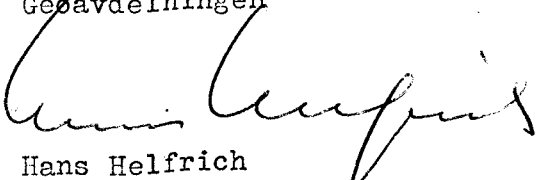
Vad övriga anomalier beträffar bör bl.a. undersökas anledningen till att Dorrovatnetanomalin uppträder uppdelad i flera paralleller, vilka dessutom skiljer sig i de geofysiska egenskaperna.

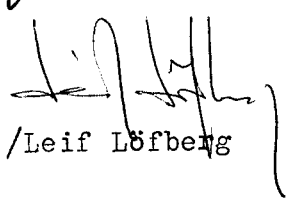
Inom de mera regionalt utbredda anomaliområdena kan malmindikerande anomalier skärmas. En i många fall beprövad metod är blockletning. Skulle en sådan hittills inte ha utförts i systematisk skala, bör denna metod eventuellt kopplad med geokemi kunna avgränsa intressanta delar av de regionala anomalierna.

3. Finns kisanledningar inom det område, som här betecknas "Slaipa-synklinalen" (området mellan Balvatnet och Junkerdalen) bör kompletterande helikoptermätningar övervägas.

Stockholm den 22 juni 1971

TERRATEST AB  
Geotekniska avdelningen

  
Hans Helfrich

  
/Leif Löfberg

Bilageförteckning

|        |         |                                                 |                |
|--------|---------|-------------------------------------------------|----------------|
| Bilaga | 1 - 4 M | Magnetisk mätning, totalfält                    | skala 1:10 000 |
| Bilaga | 1 - 4 G | Magnetisk mätning, vertikal gradient            | skala 1:10 000 |
| Bilaga | 1 - 4 R | Elektromagnetisk mätning,<br>reell komponent    | skala 1:10 000 |
| Bilaga | 1 - 4 I | Elektromagnetisk mätning,<br>imaginär komponent | skala 1:10 000 |

Separat översändes kartoriginal för samtliga bilagor samt använt navigationsunderlag och övrigt fotomaterial.

Mätresultat i form av skrivarregistreringar arkiveras av oss i tre år och registreringar på magnetband i ett år efter rapportdatum.

Utlåtande över helikopterburna magnetiska och elektromagnetiska  
mätningar Sulitjelma - Balvatnet, Nordland fylke, Norge

Allmänt

På uppdrag av A/S Sulitjelma Gruber, Sulitjelma, har Terratest AB under tiden 14 - 26 juli 1970 samt den 29 september 1970 utfört magnetiska och elektromagnetiska helikopterburna mätningar omfattande 1.021 profilkm över ett område E om Jakobsbakken - Balvatnet. Mätningarna har även omfattat ett område S om Balvatnet.

Syftet med mätningarna har varit geofysisk kartläggning av det kiskförande stråk, som ligger E om Kjeldvann mot S till E om Balvatnet och det stråk, som i E-W återfinns S om den sistnämnda sjön.

Utöver en omfattande information om såväl berggrunden uppbyggnad som tektoniska rörelser i berggrunden, har mätningarna även visat ett antal elektromagnetiska anomalier, vars stratigrafiska läge är gynnsamt ur malm-synpunkt. Även andra anomalier i isolerade lägen är intressanta för det fortsatta prospekteringsarbetet.

Utrustning  
och metodik

Detektorerna för den elektromagnetiska och den magnetiska utrustningen transporteras längs mätprofilerna hängande under en helikopter. Signalerna från dessa leds upp genom den bärande kabeln för behandling i elektronisk apparatur. Detektorn för den elektromagnetiska utrustningen är en 7,5 m lång cigarrformad mätsord ("cigarr") CG-4, som arbetar med kontinuerlig registrering. Den elektromagnetiska utrustningen har konstruerats hos Terratest och består av ett dipolsystem med mätfrekvensen 995 Hz och en instrumentnoggrannhet på 1 ppm. I princip möjliggör denna utrustning prospektering av kismalmer av kompakttyp ner till ett djup av 50 m.

Den magnetiska utrustningen består av en protonmagnetometer av typ Geometrics G 803 med en instrumentnoggrannhet av 0,5 - alternativt 2 gamma. Variationer i det jordmagnetiska fältet under pågående mätning och mellan olika mätpass registreras med markstationerad Elsec protonmagnetometer med en noggrannhet av 1 gamma.

Den elektromagnetiska utrustningen arbetar kontinuerligt

medan protonmagnetometern arbetar periodvis med en repetitionstid av alternativt 0,33 sek - instrument-noggrannhet 2 gamma; 0,5 sek - 1 gamma; 0,8 sek - 0,5 gamma. Föreliggande mätningar har utförts med 1 gammas noggrannhet och med en hastighet av 70 - 110 km/h, innebärande ett punktavstånd varierande mellan 10 och 15 m för totalfältsmätningen. Vid mätdatabehandlingen har integrerade värden mellan dessa avläsningar överförts till 20 m punktavstånd.

Primärresultaten registreras på en galvanometerskrivare och en databandspelare för omedelbar driftskontroll i fält och för databehandling vid Terratests datacentral i Stockholm.

Navigeringen har utförts efter en fotokarta i skala 1:10 000 och 1:16 500 och mätningen utförts längs parallella profiler, som delas i sträckor mellan rekognoscerbara terrängpunkter (väg, bäck, sjöstrand mm).

Flyghöjden registreras kontinuerligt med radionhöjdmätare för att möjliggöra korrektion av registrerade variationer

#### Arbetets förlopp

Helikopter och mätutrustning anlände till Sulitjelma den 13 juli 1970. Mätningarna pågick fram till den 26 juli 1970 först från inrättad bas vid Balvatnet, mot slutet av fältarbetet från bas vid Jakobsbakken.

Söder om Balvatnet mättes 72 profiler i riktning N 20° E med ett inbördes avstånd av 100 meter samt 36 profiler med ett inbördes avstånd av 165 meter.

Norr om Balvatnet mättes 85 profiler i riktning W 20° N med profilavståndet 200 meter. Sammanlagda profillängden blev 1.021 km.

Flyghöjden har trots den kuperade fjällterrängen till allra största delen legat mellan 10 och 30 meter över markytan.

Bortsett från en magnetisk storm den 25 juli varierade det jordmagnetiska fältet under mätperioden med 70 gamma, vilket har beaktats vid framställning av den magnetiska totalfältskartan. Det mätpass (16 linjer), som utfördes under den magnetiska stormen ommättes med magnetometer i september 1970. Mätområdets sydligaste hörn var molntäckt på fotomosaiken och utelämnades.

Mätresultat

Alla våra mätdata hänför sig till ovannämnda fotokarta, vilken visat sig innehålla vissa skalvariationer. För vidare bearbetning av flygmätresultaten på marken är därför navigationsunderlaget nödvändigt och återgår till uppdragsgivaren med vårt utlåtande.

Databehandlingen har utförts i skala 1:5000 för att erhålla en bättre detaljupplösning. Gradientresultaten har med hjälp av dator beräknats ur det registrerade magnetiska totalfältet.

Magnetisk mätning, bilaga 1 - 4 M

Den magnetiska totalfältsmätningen visar i huvudsak en svagt magnetitförande bergartsserie längs så gott som hela den norra delen av mätområdet. Inom denna del av mätområdet finns en magnetisk anomali, som i dess norra del stryker NNE och i den södra delen nära N-S. Maxamplituden uppgår till 2.000 gamma. Detta stråk (i fortsättningen kallat Dorrovatnetanomalin) är flerstädes komplext uppbyggt och tämligen oregelbundet uppdelat i flera parallella horisonter, vanligen med västlig stupning. På ömse sidor om detta stråk förekommer bergarter med lägre magnetisk amplitud.

Den geofysiska bilden visar tydliga tecken på en kraftig tektonisk deformation. Denna återspeglas i form av ändringar i strykningsriktningen, variationer i bergarternas stupning och avbrott i anomalisträckningen. Den tektoniska byggnadsstilen kan således karaktäriseras genom veckningar, mindre förkastningar och, på grund av den observerade uppdelningen i flera parallella horisonter, även en antydning till överskjutningsrörelser.

Från norr till söder har den magnetiska horisonten först flackt västlig stupning, sedan reser sig stråket upp och övergår samtidigt till två parallella stråk. 2 km norr om Risvasselve finns en indikation till en tektonisk störning genom ett avbrott i de "gångformade" strukturerna (Dorrovatnetanomalin). Dessutom kan anomalibilden tolkas såsom överstjälpning till mycket flack västlig stupning. Mot söder sker en successiv uppresning av bergarterna.

Av allt att döma representerar den magnetiska Dorrovatnetanomalin en grönstenshorisont, som tycks ligga konkordant i skifferserien. Väster om detta stråk utvisar den geologiska kartan Blad Salta (NGU 1:250 000) gabbro-

kroppar, delvis parallell s. Dessa gabbro avviker dock väsentligt vad beträffar de magnetiska egenskaperna (betydligt lägre amplitud).

Återkommande till tektoniken kan nämnas, att ca 1 km söder om Dorrovatnet inträffar en tvär strykningsförändring i den östra parallellen. I detta avsnitt minskar amplituden och överskrider inte 1.000 gamma. Med denna omböjning tycks sammanfalla en ändring i stråkets magnetiska egenskaper, som i sin tur kan betyda en förändring av stråkets petrografiska sammansättning.

Vid närmare studium av mosaiken finns anledning förmoda att det ändå rör sig om samma formation fastän mycket flackt liggande.

Den tidigare omnämnda veckningen styrs av en veckaxel i WNW, i huvudsak flackt till medelbrant stupande mot W.

Det södra mätområdet har en i stort öst-västlig strykning och uppvisar endast i den östligaste delen ett par magnetiska anomalier, som skulle kunna jämföras med Dorrovatnetanomalin. Stupningen är här flackt sydlig. Förändringen i strykningsriktningen tillskrives den ovannämnda WNW-veckningen. Denna veckning vinkelrätt mot kaledonidernas huvudsträckning är mycket typisk för fjällgeologin och sammanfaller oftast med till NNE-veckningen hörande spricksystem i ac-planet. Balvatnet representerar således en tvärantiklinal med en mot WNW stupande antiklinalaxel (jämför även med avsnittet "kompletterande tektoniska synpunkter").

Denna tolkning bestyrker uppfattningen att nämnda magnetiska anomalier direkt kan parallelliseras med anomali-stråket i den norra delen av mätområdet, som en sammanhängande stratigrafisk horisont.

Mot väster, och utgående från denna större anomali, kan en mycket svagt magnetisk horisont följas i en båge upp mot Balvatnet och vidare neråt mot dess sydända, där den upphör. Anomalins läge uppfattas såsom hängande i förhållande till anomalin i öster. Hopp om denna anomali ses ett magnetiskt splittrat och uppbrutet område.

I den västra delen av det södra mätområdet är inga magnetitimpregnerade bergarter av ovannämnda karaktär lokaliserade. Trots detta kan ändå öst-västliga struktu-

rer konstateras genom indikationer med medelamplituden 10 - 20 gamma.

Det bör framhållas, att givna stupningsuppgifter överallt gäller i förhållande till markytan.

#### Magnetisk gradient, bilaga 1 - 4 G

Den magnetiska vertikalgradientkartan visar uppenbarligen de sedimentära strykningsförhållandena i mätområdets norra del, vilken i totalfältskartan med undantag av anomalistråket närmast framträder som magnetiskt neutralt. Detta innebär, att denna bergart har en skiktning med svaga variationer i det magnetiska innehållet.

Stråket av magnetiska bergarter genom områdets norra del framträder mest samlat längst i norr. De tektoniska störningarna, som tidigare omnämnts återfinns även i gradientresultatet. Framför allt en linje från Kjeldvandets sydspets mot ESE kan klarare följas här än i totalfältskartan.

Klara skillnader kan iakttagas mellan ovannämnda delområde och området söder om Balvatnet, där endast mycket obetydliga gradienter framträder. Bergarterna i mätområdets sydligaste del tycks alltså vara mera massformiga med mycket obetydligt eller inget innehåll av magnetit.

Däremot visar gradientkartan söder om Dorrovatnet en dominerande riktning i NNW-SSE. Denna riktning kan koordineras med ett s-system, som ligger transversalt i förhållande till skiktningen. Här observeras än starkare representation av tektoniska parallellstrukturer än vad som utvisas längre i norr (se rekommendationer).

#### Elektromagnetisk mätning, bilaga 1 R, I

Mätområdets norra del domineras av starka elektromagnetiska indikationer i nära anslutning till Dorrovatnet-anomalin. Dessa EM-anomalier överensstämmer ej vad läget beträffar med magnetiska maxima, utan har sitt utgående omedelbart väster om den magnetiska horisonten. Denna återspeglas i stället i negativa reella anomalier. Förhållandet  $Re/Im$  är över 1 och indikerar därmed en god ledare.

Denna huvudanomali åtföljs åt väster av svaga, utbredda anomalier med  $Re/Im$ -kvoten  $< 1$ . Detta indikerar en sämre ledare.

Ytterligare väster om detta stråk finns en isolerad indikation (profilerna 184 - 189) med  $Re/Im = 1 - 1.5$  (Kung Oscar = anomali 1). Ytterligare anomalier finns i isolerade lägen mot söder i samma stratigrafiska läge.

Även öster om Dorrovatnetanomalin finns elektromagnetiska indikationsområden med stor utbredning. Sambandet med den magnetiska registreringen är ej entydig. Vissa horisonter i EM-anomalin sammanfaller med svaga magnetiska drag men ej alla. En isolerad magnetisk anomali i den östra kartdelen har ingen motsvarighet i EM-registreringen, och motsvarar troligen en mindre grönstens kropp.

Påfallande är, att den generella strykningen hos dessa anomalier ej följer övriga anomaliers strykningsvariationer. Anomalierna stryker i stort sett raka vägen ner till Dorrovatnet (se bilaga 2 R, I).

Förutom de här beskrivna anomalierna finns några små negativa realkomponentindikationer i den västligaste delen av mätområdet. Dessa uppträder i samband med en mycket svag magnetiskt indikerad zon och har ingen malm-indikerande betydelse.

En jämförelse mellan 1969 och 1970-års mätningar i detta område visar en betydligt högre detaljrikedom i 1970-års mätningar. Detta får tillskrivas den högre upplösning, som kan erhållas med den modifierade utrustning CG-4, vilken vidareutvecklats ur system CG-3.

#### Bilaga 2 R, I

De två magnetiska horisonterna i mätområdets mitt (Dorrovatnetanomalin) visar i den elektromagnetiska bilden skilda egenskaper. Det östra stråket åtföljs av reella, negativa anomalier, vilka återspeglar bergarternas magnetiska permeabilitet.

Det västra stråket är även detta delvis registrerat negativt, men här finns även klara elektromagnetiska, positiva anomalier. Den kraftigaste har erhållits i profilerna 136 - 169, och består av två paralleller.

Anomalin är bruten av den förkastning, som även indikerats magnetiskt. Registreringen visar en dålig till medelgod ledare. En liknande anomali i anslutning till samma stråk finns vid profil 145.

Öster om de magnetiska bergarterna i Dorrovatnetanomalin uppträder också kraftiga elektromagnetiska anomalier. Dessa är av samma karaktär, som det intensiva anomaliområdet söder om detta kartblad.

Här bör hänvisas till vad som har sagts beträffande denna anomali i föregående bilaga. Även inom denna bilaga visar anomalin i öster inga strykningsvariationer. Studeras fotomosaiken så får uppfattningen att området kan täckas med större eller mindre överskjutningar fastare former. Längst i E observeras på norra sidan av Dorrovatnet i öster en tydligt markerad WSW-ENE strykning, som längre mot W avklipps ungefär i höjd med anomaliernas läge vid nämnda sjö. Följer man från denna punkt mot N och NNE längs E-kanten av det östligaste anomaliområdet så kan man återigen på fotomosaiken konstatera en morfologisk utpräglad zon. Denna zon kan återspegla en överskjutningslinje.

Detta skulle förklara varför sträckningen av den östligaste anomalizonen ej ligger konkordant till det västligare komplexet, en hypotes, som självfallet måste verifieras genom fältkartering.

Ytterligare några synpunkter beträffande anomalin med avvikande strykning i Dorrovatnets norra strand. Eftersom flygmätningen ej täckt Dorrovatnet i övrigt är det oklart om den redovisade strykningen är det rätta eller om anomalin är norra begränsningen av en bred störningszon. För den första tolkningen talar iakttagelser i fotobilderna öster om mätområdet med ovannämnda strykningar in mot Dorrovatnet. En liknande anomali vid södra stranden talar eventuellt för ett samband över sjön.

Svaga imaginära registreringar i kartbladets västra del har av anomalibilden att döma ytliga störningsorsaker.

#### Bilaga 3 R, I

De elektromagnetiska anomalierna har strykningar i NNE-SSW. Från väster till öster finns följande från

varandra åtskilda indikationer:

Vid Balvatnets nord-väst-del (på denna bilaga) finns en huvudsakligen imaginär anomali med ett 3 km långt förlopp såväl över land som över vatten. Indikationen i vattnet är utbredd och följer i stort stränderna, vilket indikerar störningar från bottensediment. Den norra änden på land visar emellertid en berggrundsstruktur med västlig stupning och svag elektrisk ledningsförmåga.

Omedelbart väster om denna anomali finns en 1 km lång indikation i WSW-ENE med en kvot  $Re/Im$  2 - 6, dvs. en mycket god ledare. Den sammanfaller med en svag magnetisk struktur. Även här är stupningen västlig.

Öster om Balvatnets nordspets finns en 2 km lång anomali. Den visar en dålig till medelgod ledare och ligger i flanken av ett svagt magnetiskt stråk (omböjda fortsättningen till den beskrivna anomalizonen mot N). Stupningen är västlig.

Längst i söder finns den sydliga avslutningen av det östligaste NE-SV-gående anomalistråket genom mätområdet.

Även här kan man på fotomosaiken skönja en morfologisk linje mot östra änden av Balvatnet, vilken skulle kunna representera fortsättningen av den ovannämnda överskjutningszonen. Man kan ur anomalibilden utläsa, att i kartbladets norra del är stråket begränsat med västlig stupning medan det mot söder blir utbrett och så kraftigt indikerat, att såväl reella som imaginära registreringar slår i botten. Bredden är här ca 2 km. Denna bredd beror sannolikt på den flacka lagringen, som här styrs av WNW orienterade veckaxlar.

#### Bilaga 4 R, I

Det södra kartbladet uppvisar två från varandra skilda delområden. Det östligaste innehåller ett flertal kraftiga, delvis mycket kraftiga elektromagnetiska indikationer med i huvudsak ESE-WNW-strykning. Anomalierna återspeglar såväl ytliga lager som berggrunds-horisonter. De senare har genomgående sydlig stupning.

Den sydligaste anomalin är 2 km lång och återspeglar en god till mycket god ledare ( $Re/Im$  1 - 2.5). Indikationsorsaken är sannolikt uppdelad i flera parallella zoner.

Norr om denna anomali och med svagt bågformigt förlopp från Balvatnets sydända till mätområdets östra begränsning löper en minst 7,5 km lång elektromagnetisk indikation. Även denna anomali är uppdelad i flera parallella horisonter. Detta framgår tydligast i den östra kartdelen, där en nordligare horisont sammanfaller med ett magnetiskt maximum (magnetkis), medan den sydligare anomalin talar för en omagnetisk elektriskt ledande horisont i hängandet. Anomalin är även mot väster associerad med magnetiska indikationer, men ej direkt sammanfallande med dem. Den nordligare parallellen visar i regel bättre ledningsförmåga än den sydliga. Även detta talar för olika sammansättning hos de två horisonterna. Ytliga störningsorsaker påverkar anomalins förlopp i det centrala området.

Mellan detta genomgående anomalistråk och Balvatnet finns ytterligare två anomaliområden. Båda dessa återspeglar delvis ytliga störningskällor, men kan inte enbart förklaras av dessa. Detta framgår av den reella komponenten vilken visar sydlig stupning. Ett klart samband råder också mellan den elektromagnetiska och den magnetiska bilden. Samma iakttagelser gäller det andra indikationsstråket ca 2-3 km söder om Balvatnets östra strand. Starka negativa, reella anomalier svarar mot berggrundens magnetiska permeabilitetsegenskaper. Detta innebär, att accessoriskt magnetit innehåll bidrager till anomalibilden.

Mätområdets sydöstra hörn har tyvärr ej kunnat mätas p.g.a. bristfälligt navigationsunderlag. Norr härom har en mindre anomali påträffats längst i öster i profilerna 68 - 72 söder om huvudanomalin i området. Denna lilla anomali har  $Re/Im$  - förhållande  $< 1$ , vilket motsvarar en sämre ledare än någon av de hittills nämnda. Stupningen är sydlig, dock brantare än vad som gäller norr härom.

Rakt söder om Balvatnets sydspets finns ett antal små indikationer, vars ursprung sannolikt är ytliga. Längst i söder (vid profil 4) har en kraftig anomali endast delvis berörts av mätningen.

I kartans västra del återfinns en anomali i profilerna 318 - 325, där den reella komponenten visar ett mer homogent uppträdande än den imaginära. Stupningen är östlig; kvoten  $Re/Im$  i regel större än 1.

Vidare har ett anomaliområde konstaterats i mätområdets

sydvästligaste del, i profilerna 327 - 336. Även här ger den reella registreringen en mer homogen bild än den imaginära. Anomalierna är delvis mycket kraftiga och utbredda och synes - i varje fall i det utbredda sydvästområdet - ha sin orsak i skiffrar.

Kompletterande  
tektoniska  
synpunkter

Vid Balvatnets östra ände observeras på fotomosaiken en WNW-ESE orienterad störningslinje, som uppsplittrad även kan återfinnas vid WNW-ändan av Balvatnet, fortfarande WNW-ESE strykande.

Denna störningslinje sammanfaller med skiffrarnas strykningssändring från NNE/flackt WNW till WNW/mot S stupande. Strykningsändringen kan ej uppfattas som en enkel veckningsstruktur utan måste ha skärpts genom antingen en förkastning eller en överskjutning, där det sydligt belägna komplexet (Slaipa-synklinalen, se rekommendationerna) skjutits upp mot N.

Skulle detta vara en förkastning så skulle denna tillhöra en sprickgrupp i WNW-ESE, som utmärkt framträder på fotomosaiken och vid flera tillfällen kan ha gett upphov till förkastningar.

Rekommendationer

1. Den geofysiska bilden visar många ur strukturell synpunkt intressanta anomalidrag. Med tanke på den omfattande kännedomen om områdets geologi förefaller det mest angeläget att konfrontera resultaten med fältgeologin. Av stort intresse är om den tektoniska strukturbilden med det komplexa växelspelet mellan plastisk och rupturrell deformation kan ge anvisningar för malmförande positioner i området. Av intresse är NNW-strykande gradientstrukturer, som följer ena paret av ett s-system, vilket ligger transversalt i förhållande till skiktningen. Efter fältgenomgåenden av anomalibilden, bör en förnyad diskussion av den geofysiska tolkningen utföras.
2. Särskilt intressant ur prospekteringssynpunkt förefaller mindre och avgränsade anomalier, men även avvikelser från anomaliernas berggrundsberoende sträckning bör kontrolleras.

Av de elektromagnetiska anomalierna bör särskilt uppmärksammas följande: (markeringarna återfinns

på imaginärkartorna)

I och med att anomali 1 representerar en mineralisering bör anomalierna 2 - 5 bli föremål för ett närmare studium (fältkontroll innan vidare åtgärder bör övervägas).

Samtliga dessa anomalier ligger i samma stratigrafiska position.

Anomalierna 6 och 7 avviker från det övriga mönstret och bör kontrolleras genom fältbesiktning.

Vad övriga anomalier beträffar bör bl.a. undersökas anledningen till att Dorrovatnetanomalin uppträder uppdelad i flera paralleller, vilka dessutom skiljer sig i de geofysiska egenskaperna.

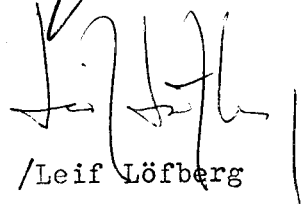
Inom de mera regionalt utbredda anomaliområdena kan malmindikerande anomalier skärmas. En i många fall beprövad metod är blockletning. Skulle en sådan hittills inte ha utförts i systematisk skala, bör denna metod eventuellt kopplad med geokemi kunna avgränsa intressanta delar av de regionala anomalierna.

3. Finns kisanledningar inom det område, som här betecknas "Slaipa-synklinalen" (området mellan Balvatnet och Junkerdalen) bör kompletterande helikoptermätningar övervägas.

Stockholm den 22 juni 1971

TERRATEST AB  
Geovavdelningen

  
Hans Helfrich

  
/Leif Löfberg

Bilageförteckning

|        |         |                                                 |                |
|--------|---------|-------------------------------------------------|----------------|
| Bilaga | 1 - 4 M | Magnetisk mätning, totalfält                    | skala 1:10 000 |
| Bilaga | 1 - 4 G | Magnetisk mätning, vertikal gradient            | skala 1:10 000 |
| Bilaga | 1 - 4 R | Elektromagnetisk mätning,<br>reell komponent    | skala 1:10 000 |
| Bilaga | 1 - 4 I | Elektromagnetisk mätning,<br>imaginär komponent | skala 1:10 000 |

Separat översändes kartoriginal för samtliga bilagor samt använt navigationsunderlag och övrigt fotomaterial.

Mätresultat i form av skriverregistreringar arkiveras av oss i tre år och registreringar på magnetband i ett år efter rapportdatum.