22 A4/A3

brap 592

BRAP

CASEHISTORY VARGISTRÄSK

INDUCERAD POLARISATION OCH ELEKTROMAGNETISKA MÄTNINGAR

LEIF ERIKSSON JAN 1969

© Sveriges geologiska undersökning (SGU)
(Geological Survey of Sweden)

Casehistory Vargisträsk

Inducerad polarisation och elektromagnetiska mätningar.

Inledning

Tidigare mätningar

- Högfrekvent slingram
- Magnetmätning

Begreppet inducerad polarisation

- Timedomain-metoden
- Överföring av tidreferens
- Sveriges geologiska undersöknings instrument

Försök med kombinerad potentialmätning

- Försöksområde
- Resultat
- Mätningens riktningsberoende
- Jordtäckets betydelse
- Spontan potential
- Sammanfattning

Uppföljande mätningar

- Borrhålen
- Kompletterande potentialmätning
- Utläggets läge
- Stupning och sammanhang
- Elektromagnetiska mätningar
- Kommentar

Inledning

Under början av 60-talet utvecklades inom Sveriges Geologiska Undersökning ett instrument för kombinerad potentialmätning; inducerad polarisation, konduktivitet och spontan potential. Tanken var från början att man med denna teknik skulle kunna skilja mellan olika sulfidmalmer och grafitskiffrar genom att analysera "the overvoltage decay curve". Man skulle på detta sätt ha fått en relativt enkel lösning på ett problem som alltid haft särskilt stor aktualitet i Skelleftefältets sulfidmalmer. Emellertid visade det sig att ovan nämnda teorier, grundade på teoretiska beräkningar och modellförsök, inte gick särskilt bra att överföra i praktiska fältmätningar. Resultaten från de tidigare försöken redovisas av Ebell (1965). Däremot ledde denna utveckling fram emot ett instrument som visat sig mycket fältdugligt och praktiskt användbart för våra förhållanden. Instrumentet som arbetar enligt time-domainmetoden med radioöverföring av referenssignalen används huvudsakligen för mätningar enligt gradientmetoden (se fig. 2A), d.v.s med ett fixerat strömutlägg och därefter mätning i ett kvadratiskt staksystem mellan jordningspunkterna, men kan givetvis också användas för andra mätförfaranden.

Vi hade således kommit fram till ett väl användbart instrument som emellertid inte kunde sägas uppfylla de tidigaste intentionerna att särskilja olika sulfidmalmer och grafitskiffrar från varandra. För den vanliga typen av sulfidmalmer verkade denna metod knappast kunna ge någon upplysning utöver vad de elektromagnetiska metoderna i kombination med magnetiska metoder kunde ge.

Frågan blev nu helt naturligt "finns det någon annan typ av malmer, eller kan man förvänta sig finna områden med andra typer av malmer där den kombinerade potentialmätningen kan ge värdefulla resultat".

I södra Norrbotten har Geologiska Undersökningen enligt min mening haft framgång i sökandet efter låghaltiga disseminerade hårdkopparmalmer, då man har använt de senast utvecklade slingramarna med högre frekvens närligen 18 kc. (ex. Lullepottmalmen), men i vissa fall har även dessa mätningar blivit mer eller mindre resultatlösa eller varit alltför svårtolkade på grund av störningar i form av "myrdrag" eller krosszoner, trots att man haft goda malmuppslag i form av lokala malmblock.

Den ovan ställda frågan kunde med relativt stor sannolikhet besvaras med ja och vi beslöt oss därför att inrikta fortsatta undersökningar på just de områden där man kunde förvänta sig malmer av sådan typ att de konventionella metoderna har svårigheter att ge någon utdelning t.ex. vid sulfidmalmer med låga halter, zinkmalmer som bör vara av dålig ledningsförmåga o.s.v

Det ligger i sakens natur att sannolikheten för att omedelbart träffa på ett sådant område är liten. Sannolikheten för att träffa på malm i ett så väl utforskat område som norra Sverige är alltid liten, och att hitta malm som inte kan indikeras med andra metoder bör vara ännu mindre. Vargisträsk var ett område, där de geologiska problemen inte kunnat lösas med de konventionella geofysiska metoderna, som här kan sägas fullständigt misslyckats, men hoppet om malm kvarstod. Vargisträsk blev således ett av det flertal mätområden som undersöktes under somrarna 65 - 68 enligt principen för trial and error.

Att Vargisträsk valts som exempel på vad den kombinerade potentialmätningen kan ge för resultat beror inte enbart på att mätningen resulterat i en malmanomali, utan också på att vi här vid sidan av en rutinmässig mätning utfört diverse kontroller och försök som kan vara av intresse.

Man skulle också kunna säga att erfarenheterna från Vargisträsk lett fram till ett nytänkande när det gäller prospektering efter malmer med mycket dålig ledningsförmåga. Kombinationen av geofysiska mätningar med inducerad polarisation och geokemiska provtagningar är en ny prospekteringsmetod som vi tror och hoppas i många områden skall kunna ge oss helt nya möjligheter till malmfynd.

Tidigare mätningar

Högfrekvent slingram

Den första geofysiska mätningen, som företogs i Vargisträsk, planerades utgående från geologernas blockfynd i trakten. Med tanke på blockspridningen i området ansåg man sig kunna begränsa mätningen till en relativt snäv area, och eftersom man vid den tiden inte kände till någonting om strukturer eller strykningar företogs mätningen i ett staksystem som var orienterat i N-S.

Under våren 1963 företogs den första etappen av mätningen, som omfattade c:a 3 km^2 slingrammätning med frekvensen 18 kc och med mätavståndet 40 m, d.v.s avståndet mellan sändare och mottagare. Mätningen utfördes som en tätmätning 40 x 20 m, där mätnoggrannheten pressades till det yttersta, eftersom vi redan från början förväntade oss en malmtyp av mycket svårindikerbar typ. Orsaken till detta var givetvis blocktypen med Zn och Pb-mineralisering av ganska goda halter samt Cu-mineralisering av relativt låg halt. Svavelkis ingick i mycket ringa mängd.

Mätning med högre frekvens innebär teoretiskt en förstärkning av indikationsstyrkan på såväl reell som imaginär komponent, men samtidigt en viss förskjutning av utslaget från imaginär till rell komponent. Detta förhållande är särskilt värdefullt vid slingramsprospektering efter dåliga ledare, som ger mycket små utslag huvudsakligen frankommande i den imaginära komponenten.

Förhållandet har praktiskt kunnat konstateras vid fältmätningar, och har med goda resultat använts av Geologiska Undersökningen vid slingramsprospekteringen av flera hundra km^2 i både Västerbotten och Norrbotten, då frekvensen 18 kc använts.

Det brukar ofta påpekas att en så hög frekvens kommer att innebära att jordtäcket fungerar som en elektrisk skärmning, och att man därför skulle få en avsevärt reducerad djupkänning. Vi har emellertid inte kunnat konstatera några sådana svårigheter, men det är givet att skärmningseffekten är mycket beroende av jordtäckets ledningsförmåga, som i de aktuella områdena ligger ganska lågt kring ett par tusen ohmmeter. Om ledningsförmågan skulle vara avsevärt högre, kan det tänkas att skärmningseffekten kan bli besvärande.

En sak som emellertid kan krångla till tolkningen av den högfrekventa slingrammätningen är dels de lokala variationerna i jordtäckets tjocklek, dels variationerna i jordtäckets ledningsförmåga beroende på vattenföringar,

avlagringar av ledande material på sjö och flodbottnar, myrar eller framför allt myrkanter o.s.v, som ger upphov till indikationer, som kan påminna om de malmanomalier man är ute efter. I Vargisträsk visade sig metoden ge ovanligt dålig utdelning (se fig. 6A). Ett smärre antal indikationer kom fram, men de största uppgick bara till några få %, och man kunde inte utesluta, att de hörde till kategorin "myrdrag" enligt ovan. Området innesluter nämligen en skiftande topografi med småtjärnar, myrar och vattendrag. Försök gjordes också med större mätavstånd, nämligen 60 m, för att på det sättet öka metodens djupkänning såväl som indikerbarheten, trots att jorddjupet i området bedömdes understiga 20 m, men inte heller detta ledde till att vi erhöll några ytterligare markanta indikationer. De svaga indikationer som framkom vid den första mätningen, gav en antydan till att den geologiska strykningen inom området var NE-SW, eller i varje fall ogynnsam i förhållande till den valda mätriktningen E-W. Detta ledde till att de följande mätningarna hösten 1963 utfördes i ett staksystem som bildade 45° vinkel med det tidigare. Ytterligare 2 km^2 mätning med slingram 18 kc, mätavstånd 60 m gjordes, men inte heller denna mätning ledde till några som helst resultat, utan de mätvärden som erhölls kan i stället sägas vara ovanligt ostörda med tanke på den förhållandevis skiftande topografin.

Magnetmätning

I samband med höstens slingrammätningar i det 45° vridna systemet gjordes också en magnetmätning med en Askania gfz magnetometer. Även denna mätning ger en ovanligt lugn bild (se fig. 6A). Endast ett drag kan sägas ha någon mer utpräglad karaktär. En långsträckt indikation, som endast uppgår till mellan 200 och 300 gamma, kan eventuellt antyda en bergartsgräns, förkastning eller dylikt. De mycket svaga antydningar till strukturer i området visar att den valda mätriktningen för slingramens del varit riktig. Sammanfattningsvis kan emellertid sägas att ovan nämnda mätningar inte givit någon egentlig anvisning till fortsatta undersökningar i området.

Begreppet inducerad polarisation.

För att få en förenklad bild av vad begreppet inducerad polarisation eller overvoltage-effekt innebär, kan man tänka sig att berggrunden då den genomflytes av en ström, samtidigt som den givetvis fungerar som en elektrisk ledare, också fungerar som en kondensator (se fig. 1). Det är således denna "kondensatoreffekt", som på något sätt registreras vid IP-mätningar. Detta kan ske enligt två metoder, time-domainmetoden (repeating pulse-transient method) då man med hjälp av ett par mätelektroder studerar hur potentialen avklingar då den genomflytande strömmen avbrytes, och frequencydomainmetoden (dual frequency resistivity method) då man likaledes med hjälp av ett par mätelektroder studerar hur skenbara resistiviteten förändras då frekvensen av en genom berggrunden flytande växelström eller pulserad likström ändras från t.ex. 0.1 - 1 p/s.
Praktiskt kan mätningen utföras på många olika sätt beroende av hur ström och mätelektroder anbringas i förhållande till mätområdet (se fig. 2). Man urskiljer flera typer av mätförfarande: strömelektroderna fixerade på relativt stort avstånd från varandra, och mätelektroderna förflyttas i det mellanliggande mätområdet: gradientarray , ena strömelektroden fixerad, och de två mätelektroderna samt den andra strömelektroden förflyttade över området med bibehållet avstånd sinsemellan: threearray, både ström och mätelektroder förflyttas längs profiler (eventuellt med varierande avstånd för att ge möjligheter till djup och stupningssondering) : dipole - dipolearray.
Normalt fungerar berggrunden som en jonledare, d.v.s. strömmen leds av de joner som ingår i porvolymens vatten. Vissa mineral, sulfider, en del oxider, grafit o.s.v. fungerar som metalliska ledare eller elektronledare och de anomala effekter vi hoppas kunna observera orsakas av den ansamling av joner som sker i kontakten mellan jonledare och den metalliska ledaren d.v.s. på ytan av mineralkornen. En annan typ av IP-effekt s.k. icke metallisk eller membranpolarisation orsakas av den ansamling av joner som sker i vätskan då porkapilärerna förträngs i t.ex. vissa leror och tuffer. Det kan givetvis vara svårt att säga, om en observerad IP-effekt härrör från metall eller membranpolarisation.
IP-effektens storlek är beroende av den tid som strömmen tillåtes flyta genom berggrunden, lång uppladdningstid = låg frekvens ger högre IP-effekt. IP-effekten är också beroende av en hel mängd andra faktorer som t.ex. mineraltypen, porelektrolytens sammansättning, antalet porförbindelser, antalet och storleken på mineralkornen och i vilken utsträckning som de

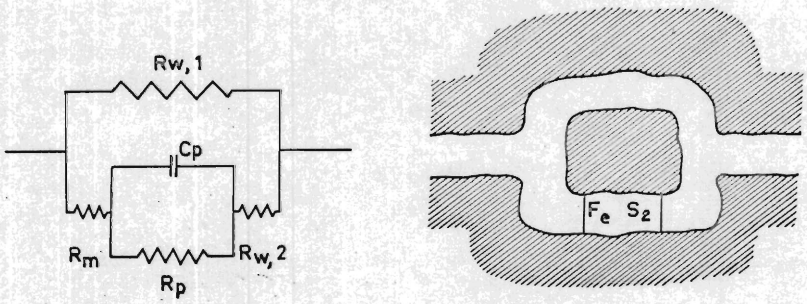


Fig. 1 Mineraliserad berggrund och motsvarande elektrisk krets enligt Keller och Frischknecht (1966).

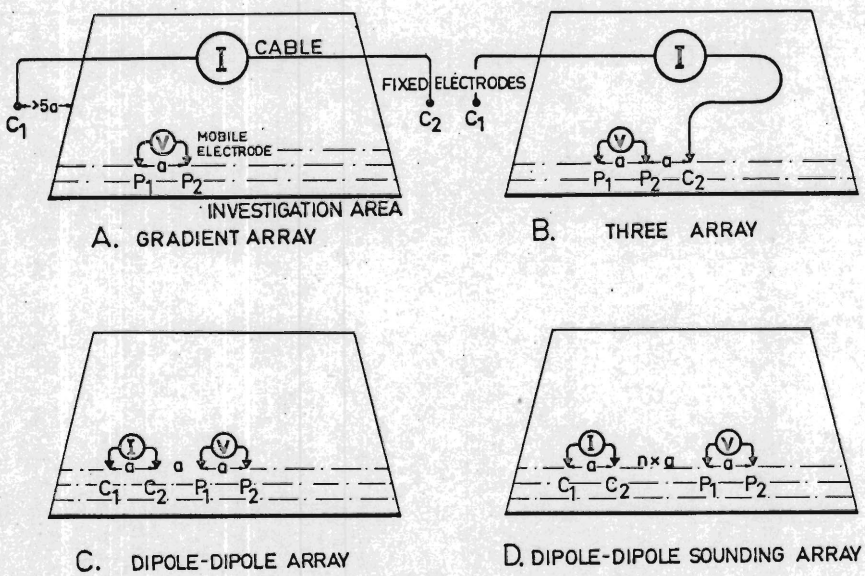


Fig. 2 Några vanliga elektrodarrangemang vid kombinerade potentialmätningar.

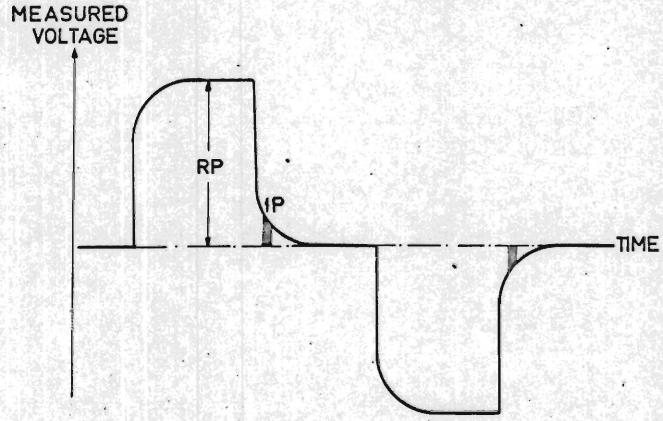


Fig. 3 Den uppmätta spänningen vid timedomainmetoden.

blockerar porförbindelserna, samt kornens mikrostruktur. Det är således inte nödvändigt att största procenthalt ingående mineral innebär största möjliga IP-effekt, eftersom ett stort antal mineralkorn med lämplig placering i förhållande till porelektrolyten kan innebära större kontaktyta mellan jonledare och elektronisk ledare och därmed större IP-effekt.

Timedomain-metoden

Sveriges Geologiska Undersökning har valt att använda sig av timedomainmetoden, och nyttjar därvid huvudsakligen gradientförfarandet enligt fig. 2A. Metoden innebär i korthet att en likström sänds genom berggrunden i omväxlande positiva och negativa pulser åtskilda av strömlösa perioder. Med hjälp av mätelektroderna, som befinner sig på lämpligt avstånd (t.ex. 20 m) från varandra, uppmätes det potentialfall över mätelektroderna (se fig. 3) som den pulserade likströmmen förorsakar. Under själva strömpulsen registreras potentialen RP, som gör det möjligt att beräkna skenbara konduktiviteten i området, och under den strömlösa perioden registreras med viss fördröjning den restpotential IP som orsakas av den inducerade polarisationen. För att mätningen skall bli så noggrann som möjligt, tvingas man kompensera de uppmätta potentialvärdena för den spontana potentialen, som orsakas av kemiska processer i jordtäcket. Den spontana potentialen SP kan samtidigt avläsas.
All behandling av mätvärdena sker på datamaskin, så att utskrifter i kartform erhålles på: IP i % av RP som ett mått på den inducerade polarisationen, på skenbara konduktiviteten genom att jämföra den uppmätta potentialen RP med den kalkylerade normalpotentialen samt på de uppmätta spontana potentialdifferenserna. Dessa utskrifter kan sedan kurvdragas.

Överföring av tidreferens.

Eftersom restpotentialen avtar med tiden efter strömavslaget, måste man känna till denna tid mycket noga för att kunna jämföra den inducerade polarisationen i olika mätpunkter. Detta innebär att man måste ha en referens från den utsända pulserande likströmmen, som kan styra uppmätningen av de olika potentialerna vid mätelektroderna. Det finns ett flertal olika metoder för överföring av denna referens, och det är huvudsakligen denna överföring som skiljer olika mätutrustningar tillhörande timedomainmetoden. Om uppladdningstiden tillåtes bli mycket lång (storleksordningen flera

minuter), kommer också urladdningstiden att bli mycket lång, och tidpunkten för strömavslaget behöver då inte bestämmas lika noga, utan strömavslaget kan anges över walkie talkie, varefter avläsningar kan göras vid olika tidpunkter bestämda med ett vanligt stoppur. Man har givetvis också möjligheten att studera avklingningskurvan på ett oscilloscope. De angivna metoderna lämpar sig dock mindre väl för ett rutinmässigt standardförfarande.

En vanlig metod är att överföra referensen med en kabel, men detta kan dels bli ganska besvärligt, dels finns det en risk för störningar i form av inducerad koppling mellan referenskabeln och den strömförande kabeln. Mätningen kan också styras genom s.k. selftriggering, vilket innebär att den uppmätta signalen, genom sin karakteristiska form, får styra mätningen. Metoden är givetvis mycket bekväm särskilt i kuperad terräng, men i vad mån noggrannheten kan bibehållas även då de uppmätta potentialerna blir små, t.ex. p.g.a. god ledningsförmåga eller av något annat skäl, kanske kan ifrågasättas

En tredje metod innebär att mycket noggranna elektroniska klockor styr såväl strömpulserna som mätningen. Klockorna måste då vid mätningens början korreleras mycket noggrannt vilket kan vara en ganska omständig procedur.

Sveriges Geologiska Undersökning instrument

Man har inom Geologiska Undersökningen valt att överföra referensen med hjälp av en radiosignal, som automatiskt styr potentialmätningen. Tidigare fanns vissa svårigheter med denna radioöverföring, särskilt i svår terräng, men med de nu använda, avsevärt förbättrade, kommersiellt tillgängliga radiokontrollerna har metoden visat stor tillförlitlighet och smidighet. Sändarstationen, som inte behöver passas, kan samtidigt användas till flera mätgrupper som var och en bara består av observatörer och hjälpare. Metoden måste således sägas vara personalbesparande och ger samtidigt så goda effektsiffror som c:a 3 längdkilometer eller 150 mätobservationer per dag. På den första prototypen för kombinerad potentialmätning, som användes för mera regelbundna fältmätningar, fanns som tidigare nämnts möjlighet att uppmäta restspänningen på avklingningskurvan vid flera olika tidpunkter. Då detta emellertid inte ansågs innebära någon ytterligare information av värde, beslöt man att på senare utrustningar förenkla instrumentet, så att endast det mest karaktäristiska läget på avklingningskurvan registrerades. Sålunda sker uppmätningen av IP genom en integrering av restpoten-

tialen mellan tiderna 240 och 480 millisekunder efter strömavslaget. Att just dessa tider valts beror bl.a. på att man vill undvika störningar från 50-periodig växelström, man vill vara tillräckligt långt efter strömavslag för att undvika inducerade kopplingseffekter p.g.a. transienten vid strömavslaget, och man vill heller inte vänta alltför länge efter strömavslaget, för att fortfarande ha en tillräckligt hög signal i förhållande till störningar som orsakas av varierande telluriska och självpotentialer. Beträffande övriga förbättringar som införts på SGU:s modell 1968, kan bl.a. nämnas att strömvändardelen kunnat göras mindre och driftsäkrare genom användande av integrerade kretsar i stället för transistorer och vippor. Vidare har mottagarboxens ingående impedans höjts till 10 Mohm genom användande av högstabila operationsförstärkare, dessuton har mätområdet utökats. En sammanställning över tekniska data på SGU:s modell 1968 får följande utseende.

Likströmsförsörjning från 1kW motorgenerator med likriktare

Strömvändare 250 V 1A max
4 sekunder på, 4 sekunder av
överföring av tidreferens till mottagarboxen med hjälp av
radiosändare 27,12 Mhz, 0,22 W
räckvidd minst 1 km

Mottagarbox 10 mätområdessteg 0,025 mV/skaldel - 20 mV/skaldel
ingångsimpedans 10 Mohm
känslighet 25 uV
manuell SP-kompensation
IP-mättid 240 - 480 millisekunder efter strömavslag

Försök med kombinerad potentialmätning.

Försöksområde

Som redan tidigare nämnts valdes Vargisträsk som ett av de områden där man hade anledning förvänta sig lågprocentiga sulfidmalmer, eventuellt av zinktyp. Sommaren 1966 gjordes en övermätning av de två kvadratkilometer av det tidigare mätområdet som ansågs vara av störst intresse, d.v.s i det 45 grader vinklade staksystemet. Mätningen innebar vissa svårigheter ur potentialmätningssynpunkt, eftersom området har en mycket skiftande och delvis ganska besvärlig topografi. Bland annat ligger större delen av området på en sluttning, som är översållad av jättestora flyttblock och där jordtäcket är av ovanligt torr beskaffenhet. Särskilt visade det sig vid strömutläggget för mätruta 1, där malmanomalin senare påträffades, att det var svårt att finna tillräckligt goda jordningspunkter, för att få erforderlig ström genom berggrunden, med de begränsade resurser som stod till buds. (IP 66 gav max 120 V 0,5 A). Dessutom visade sig resistiviteten i berggrunden vara omkring 30 000 ohmmeter mot normalt 10 000, något som emellertid torde ha betydligt mindre betydelse än verkan av dåliga jordningspunkter.

Vid gradientmätning mätes ju ett relativt stort område med fixerade strömelektroder, och det finns givetvis all anledning att lägga ner ett stort arbete på att förbättra jordningspunkterna, för att på så sätt erhålla en hög strömtäthet i berggrunden och därmed högre avlästa potentialdifferenser och en bättre noggrannhet. Högre avlästa potentialdifferenser innebär ju både bättre avläsningsnoggrannhet och mindre inverkan av varierande telluriska och självpotentialer.

Potentialdifferenserna kom i det här området att få storleksordningen 100 mV under strömpulsen (RP), och några mV under den tid den registrerades på avklingningskurvan (IP), och dessa värden visade sig vid upprepade mätningar av samma mätlinje vara fullt tillräckligt för att erhålla en god reproducerbarhet

Resultat

Resultatet av mätningen som företogs med mätpunktavståndet 20 m längs profiler med 80 m mellanrum och med avståndet 20 m mellan mätelektroderna, redovisades på ytkartor över inducerade polarisationen (se fig. 4A),och

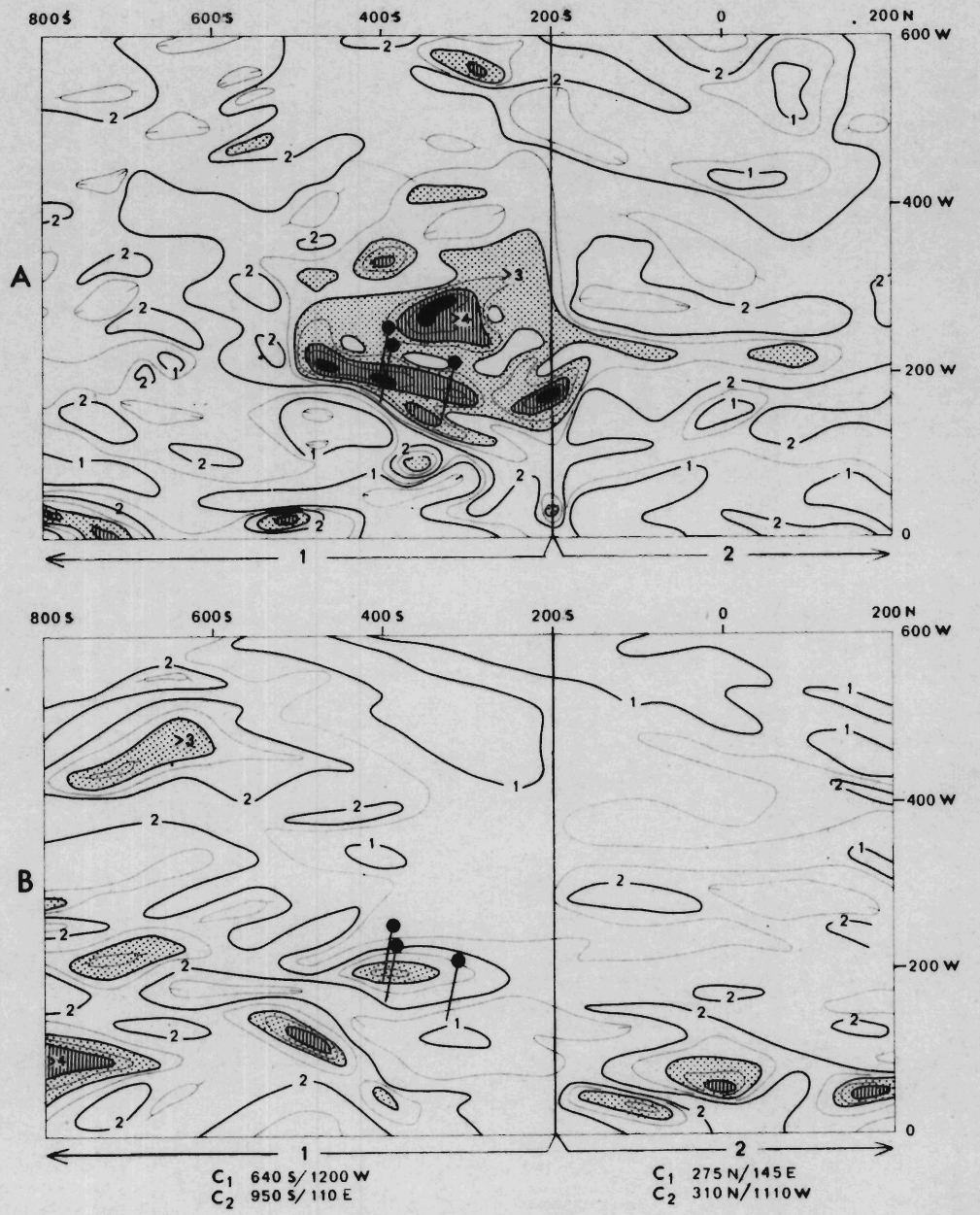


Fig. 4 Vargisträsk zinkmineralisering.
A. Anomalin av inducerade polarisationen (IP i % av RP)
B. Skenbara konduktiviteten (enhet 1/3 x 10^{-4} ohm^{-1} m^{-1}).

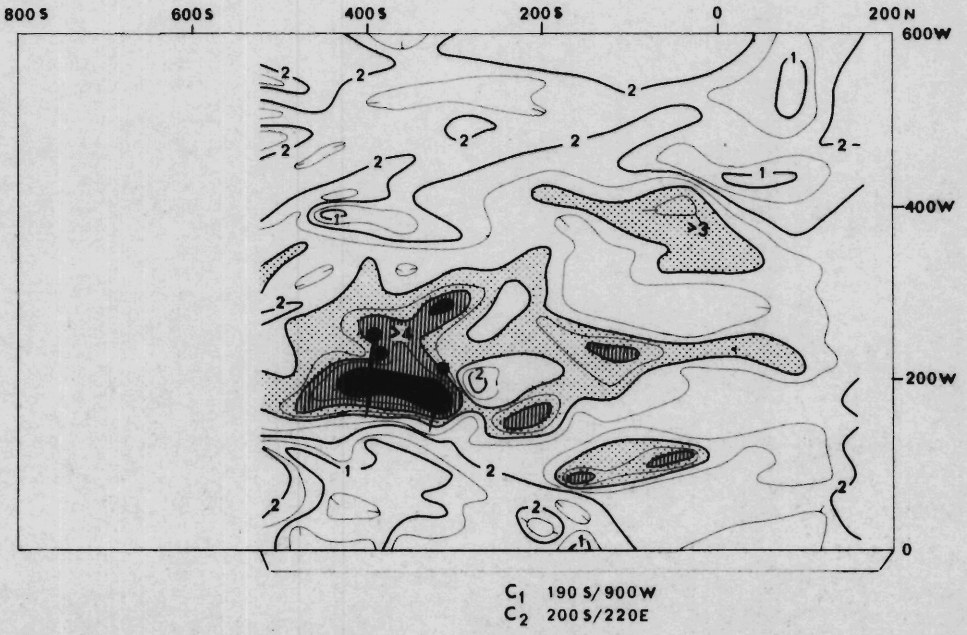


Fig. 5 Vargisträsk. Anomalin av inducerade polarisationen (IP i % av RP) d.v.s. samma som Fig 4 A, men med strömelektroderna placerade symmetriskt i förhållande till mineraliseringen.

konduktiviteten (se fig. 4B) samt på profilkurvor över spontana potentialen.

På kartan över den inducerade polarisationen, fanns en markant anomali, som var relativt utbredd och som framträdde mycket tydligt på 6 st. profillinjer. Här fanns också en del andra smärre anomalier, men i stort sett kan man säga att området ger en bakgrunds-IP varierande mellan 1 och 2 % och över den höjer sig den ovan nämnda anomalin mycket tydligt till närmare 6 %. Vidare förefaller det, som om de visserligen ganska små variationerna i bakgrunds-IP trots allt skulle kunna lämna revelant information om bergartsfördelningen i området.

Konduktivitetskartan kan inte sägas ge samma entydiga anomalibild, utan företer i stället ett flertal oregelbundna, långsträckta svaga stråk, som avviker ganska lite från bakgrundsvärdena, och som dessutom överensstämmer misstänkt mycket med topografiska företeelser. På det ställe där IP-anomalin påträffades finns en liten konduktivitetsanomali som överensstämmer ganska väl med toppvärdena för IP-anomalin, men den kan på intet sätt sägas vara signifikant, även om den stärkte antagandet att IP-indikationen verkligen hade något att betyda.

Mätningens riktningsberoende

Mätriktningen är alltid parallell med utläggets riktning och normalt har det visat sig lämpligt att välja mätriktningen vinkelrät mot den förmodade strykningsriktningen för att erhålla en lättolkad anomalikarta. Särskilt om man har flera någorlunda goda ledare i området kan en mätning längsmed strykningsriktningen ge en komplicerad och missvisande bild av strukturen. Eftersom vi i detta område var förhållandevis osäkra om strykningsriktningen och eftersom mineraliseringen troligen var en ganska dålig ledare fanns det här en god anledning till att undersöka i vad mån anomalibilden påverkades av mätriktningen. Av den anledningen gjordes i mätruta 1 en kompletterande mätning med mätriktning NS i stället för EW. Denna mätning visade att såväl konduktivitetskartan som kartan över den inducerad polarisationen var mer än väntat beroende av mätriktningen = utläggets riktning. Den tydliga IP-indikationen splittrades upp på en negativ och en positiv del och fick en form som är mycket svår att korrelera med den tidigare anomalin. De negativa värdena förklaras av att den ström som orsakades av den inducerade polarisationen har en riktning som är motsatt den pålagda strömmens riktning, men även när det gäller övriga indikationer

och alldeles särskilt när det gäller konduktivitetskartan finns det en missvisande tendens till att indikationerna vill orientera sig vinkelrät mot utläggets riktning.

Jordtäckets betydelse

Det är tydligt att metoden framhäver elektriska ledare som är orienterade vinkelrätt mot strömriktningen, och det är helt klart att man inte kan få exakt samma anomali från en oregelbunden ledare när man ändrar orienteringen av det pålagda potentialfältet, men orsaken till att man i just detta fall får ett så markant beroende av utläggsriktningen, är troligtvis att de flesta indikationerna inte härrör från några klart definierade ledare i berggrunden, utan snarare från ytliga företeelser i jordtäcket såsom vattenföringar och dylikt. På ett ställe framträder t.ex. en anomali på konduktivitetskartan som förefaller ha ett klart samband med en liten bäck som rinner vinkelrät mot mätriktningen. Vid parallell mätriktning försvinner denna anomali så gott som fullständigt.

Spontan potential

Eftersom den spontana potentialen uppmäts enligt den s.k. gradient-metoden, d.v.s. utan fast referenselektrod, är det i allmänhet ganska svårt att summera de olika gradienterna, som i allmänhet bara rör sig om några millivolt, för att få fram en åskådlig ytkarta över den absoluta potentialen, utan att få en en hel del felaktigheter, elektrod-polarisation, drift, tellurisk potential o.s.v. Givetvis kan man studera de olika gradientvärdena direkt, men det brukar vara mera belysande att addera dem längs profilerna, och att sedan analysera de olika potentialkurvorna var för sig (se t.ex. fig. 6B). De indikationer som framkommer kan vara till god ledning vid tolkningen av övriga metoder, men de måste noga jämföras med topografin, för att utröna i vad mån vattenföringar, växtlighet o.s.v. kan ha spelat in.
I Vargisträsk framträdde självpotentialanomalier maximalt uppgående till c:a 100 mV på profilerna över och i närheten av den tidigare nämnda IP-indikationen. Några andra SP-indikationer antyder också att de svaga utsträckta förlängningarna av huvudanomalin mot norr samt en mindre IP-anomali SW om den tidigare nämnda kan ha sitt intresse.

Sammanfattning

Under vintern 66-67 gjordes för säkerhets skull en utvidgning av den kombinerade slingram- och magnetmätningen, varvid de nämnda IP-anomalierna samtidigt undersöktes särskilt noga. Det visade sig emellertid att även denna mätning gav så gott som helt negativa resultat.
Sammanfattningsvis kan alltså sägas att de kombinerade potentialmätningarna i området fått fram indikationer som ej kunnat påvisas vid tidigare konventionella geofysiska mätningar, och detta ledde i första hand fram till en kompletterande geokemisk mätning vars resultat redovisas närmare längre fram. Den geokemiska undersökningen bekräftade på ett övertygande sätt den kombinerade potentialmätningen, och särskilt intressant var att man träffade på höga zinkhalter efterson inducerad polarisation vanligtvis anses speciellt lämpad vid zinkprospektering.
De indikationer som framkommit vid potentialmätningarna var visserligen något osäkra och svårtolkade, men trots allt visade resultaten, i synnerhet från den inducerade polarisationen, klart positiva resultat, vilka med tanke på de likaledes positiva geokemiska undersökningar ansågs kunna ligga till grund för ett borrningsförslag, som framlades i samband med en rapport över mätningarna i januari 1967. Här anges helt enkelt de mest intressanta punkter som framkommit vid en gemensam tolkning av samtliga mätningar som gjorts i området, dock med tonvikten lagd på den inducerade polarisationen.

Uppföljande mätningar

Borrhålen

Under försommaren 1968 påbörjades uppborrning av objekt Vargisträsk, varvid mineralisering av varierande kvalitet påträffades i tre olika nivåer i det första borrhålet, på 40, 85 och 128 meters djup. Borrhålets läge i förhållande till huvudanomalin framgår av fig. 4. Jordningsmotståndet längs borrhålet (se fig. 6C) uppmättes med hjälp av geohmmätning, en metod som utnyttjar en fast avlägsen jordningselektrod samt en elektrod, som får löpa ned i borrhålet samtidigt som jordningsmotståndets variationer i borrhålet registreras på en skrivare.
Det visade sig härvid att två av mineraliseringsnivåerna, nämligen 40 och 128 m, gav ett jordningsmotstånd av c:a 200 ohm utvisande elektriskt ledande zoner av tänligen dålig ledningsförmåga, nedan den tredje zonen på 85 m visade sig vara helt oledande. Två efterföljande borrhål med något mindre goda resultat kunde avslutas innan ett uppehåll i borrningarna gjordes p.g.a. semester.

Kompletterande potentialmätning

Man beslöt sig då för att passa på att göra kompletterande mellanlinjer till den tidigare kombinerade potentialmätningen, som utförts med 80 m mellan profillinjerna, detta för att om möjligt få en noggrannare anomalibild för den fortsatta borrhålsutsättningen. Samma jordningspunkter som tidigare användes, och vid omnätning av ett par två år tidigare mätta profiler, visade det sig att så gott som exakt samma mätvärden erhölls. Vidare kompletterades den tidigare anomalibilden mycket väl, vilket gjorde att de olika profilerna på ytkartan kunde korreleras på ett bättre sätt. Allt detta tyder ju på god reproducerbarhet hos metoden.

Utläggets läge

För att utröna betydelsen av utläggets läge i förhållande till mineraliseringen gjordes vidare et detaljmätning där strömelektroderna placerades så att mineraliseringen kom att ligga symetriskt mitt mellan strömelektroderna. Tidigare utlägg hade lagts så att anomalin kommit att hamna nära ett hörn av mätområdet. Mätriktningen var samma som tidigare d.v.s.

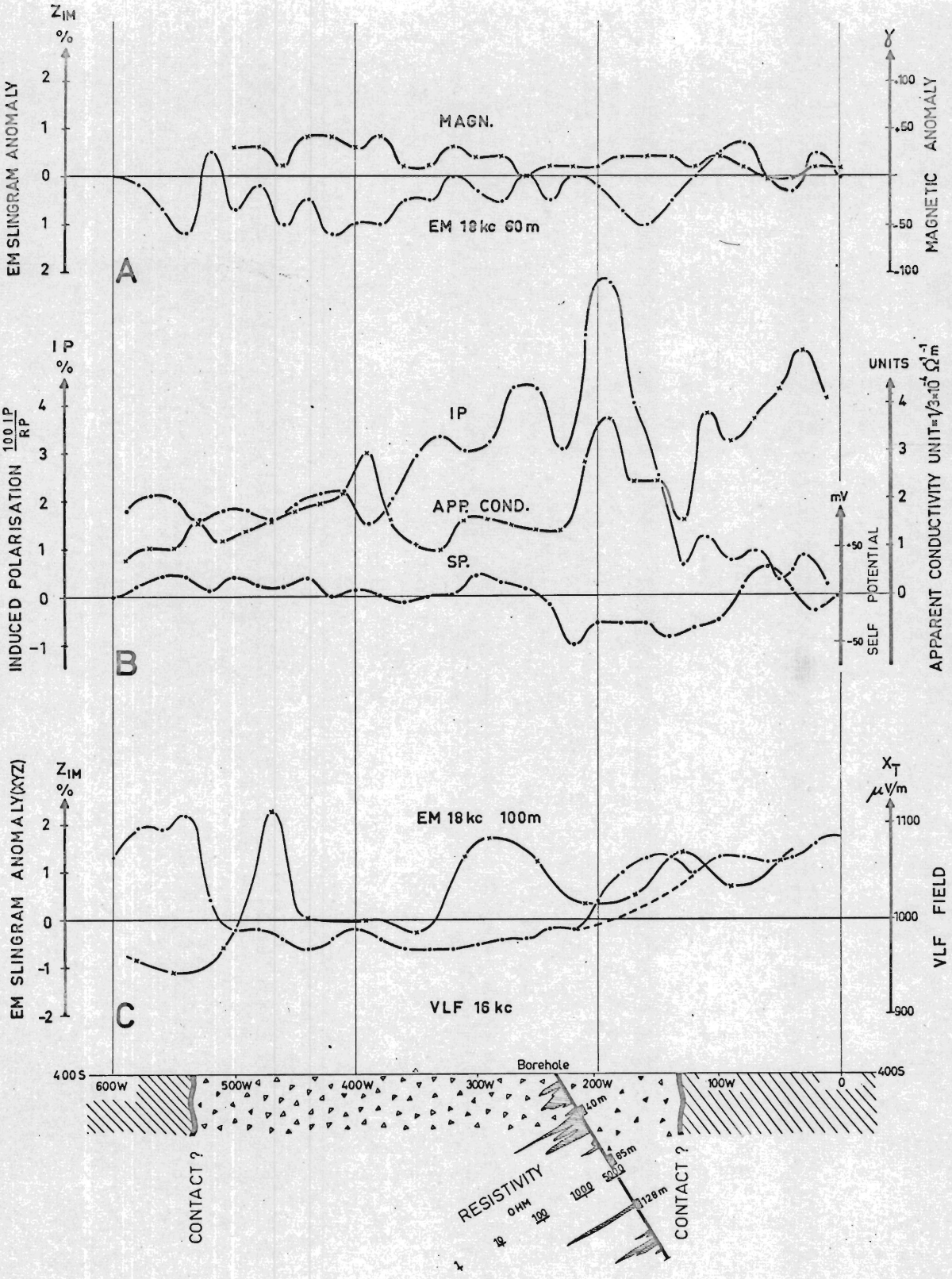


Fig. 6 Profilkurvor från olika mätmetoder över Vargisträsk zinkmineralisering.
A. Tidigare mätningar: högfrekvent slingram och magnetometer.
B. Kombinerade potentialmätningar, d.v.s. inducerad polarisation, konduktivitet och spontan potential.
C. Uppföljande elektromagnetiska mätningar, VLF-metoden och XYZ-slingram.

vinkelrät mot strykningsriktningen. Den anomalibild som erhölls (se fig. 5) överensstämde förvånansvärt väl med en tidigare anomalin. Endast små avvikelser i vissa detaljer kunde konstateras, anomalin blev något mer distinkt och lättolkad, men de stora dragen kvarstod oförändrade. (se även profilkurvorna fig. 6B). Denna erfarenhet stämmer väl med tidigare erfarenheter, då man konekterat angränsande mätområdens indikationer, vilket sällan leder till några problem.

Stupning och sammanhang

För att eventuellt kunna utreda de tre mineraliseringarnas inbördes förhållande, stupning o.s.v., gjordes en mätning där den ena mätelektroden jordades i var och en av de olika mineraliseringarna i borrhålet, varefter man med den andra mätelektroden uppsökte punkter på markytan där den genomflytande strömmen ger potentialskillnaden RP mellan mätelektroderna lika med 0, d.v.s. ekvipotentialpunkterna på markytan. Efterson dessa punkter inte sammanfaller kan man här troligen säga att de tre mineraliseringszonerna i borrhålet inte har något enkelt elektriskt samband. Av ekvipotentialpunkternas inbördes samband förefaller det som om endast 40 m zonen skulle ha ett utgående i dagen, medan 85 och 128 meterszonen enligt geohmmätningen var oledande och således inte skulle påverka potentialfältet.

Elektromagnetiska mätningar

Efterson vi nu träffat på en mineralisering som inte kunnat registreras med vanlig högfrekvent slingrammätning, ansågs det lämpligt att utföra några försöksprofiler i Vargisträsk med två nya elektromagnetiska metoder som för närvarande utprovas av SGU.
VLF-metoden utnyttjar som bekant en avlägsen radiosändare (i vårt fall den engelska stationen Rugby med frekvensen 16 kc), och uppmäter tre komponenter av det resulterande fältet med sin mottagarram (Paal 1968).
Den s.k. XYZ-slingramen är en särskilt noggrann slingrammätning med frekvensen 18 kc och stort avstånd mellan sändare och mottagare (i detta fall 100 m), där man uppmäter samtliga tre komponenter av sekundärfältet. Mätvärdena korrigeras för höjdskillnaden och variationen i avstånd mellan sändare och mottagare.

Resultaten från dessa mätningar framgår av fig. 60 där profilkurvor redovisas över de mest belysande komponenterna, i detta fall vertikalkomponentens imaginära del för XYZ-slingramen och totalfältets och horisontalkomponent för VLF-metoden.
Vid en jämförelse av de två metoderna är att märka att de ej ger samma kurvkaraktäristik.
VLF-profilen utvisar en 400 m bred och relativt tydlig anomali. Den måste emellertid tolkas som ett påvisande av de två bergartskontakter, som avgränsar den bergart med avvikande elektriska egenskaper, vilken innehåller mineraliseringen. Den västra kontakten är belägen på c:a 540 W. Den anomali som eventuellt orsakas av mineraliseringen är mycket svår att bedömma, efterson den så gott som helt maskeras av den som förorsakas av den östra kontakten. Det försök till uppdelning av de två anomalierna som antytts i fig. 60, skulle innebära, att den östra bergartskontakten är belägen på c:a 130 W, och mineraliseringens utgående beläget någonstans mellan 140 och 200 W. Detta är givetvis en mycket optimistisk tolkning, som knappast skulle varit möjlig utan stöd av de utförda borrningarna.
Beträffande XYZ-mätningen kan sägas att profilen skiljer sig ganska lite från den tidigare gjorda slingramsmätningen (se fig. 64), och att de anomalier som således endast uppgår till någon procent inte på något sätt kan sägas vara signifikanta, men att de eventuellt utgör ett visst belägg för den ovan angivna tolkningen av VLF-profilen.

Kommentar

Båda dessa metoder visar således att mineraliseringen ifråga kan betraktas som åtminstone ur elektromagnetisk synpunkt, i det närmaste helt ledande, eller i varje fall mycket svårindikerad, och det är givetvis detta förhållande som gör de inducerade polarisationsresultaten i Vargisträsk alldeles särskilt intressanta.
Vi har således kunnat påvisa att den inducerade polarisationsmetoden ger goda möjligheter till indikering av malmer med mycket dålig ledningsförmåga. Beträffande möjligheterna till en bedömning av den mer detaljerade tolkningen, kvalitativt som kvantitativt, av de anomalier och variationer i bakgrunds-IP, som förekommer i Vargisträsk, kan man på detta stadium inte säga så mycket, utan får avvakta resultaten från fortsatta borrningar och mera ingående geologiska karteringar. De resultat som för närvarande föreligger, styrker emellertid tolkningshypoteserna både för mineralise-

ringszonen och för bergartsfördelningen inom området, men det är givetvis svårare att bedöma hypotesernas tillförlitlighet i Vargisträsk än i andra områden, där man har andra indikerande mätmetoder att jämföra med. I andra områden har man kunnat jämföra sina IP-anomalier både med elektromagnetiska och magnetiska anomalier, och därvid funnit mycket god överensstämmelse. IP-anomalierna visar ungefär samma karaktäristik som de magnetiska anomalierna, och särskilt i områden där vissa bergarter innehåller magnetit, som ger revelanta utslag, har det visat sig fruktbärande att jämföra IP-kartan med den magnetiska kartan. Det bör finnas stora möjligheter att med modifierade metoder göra mera regionala mätningar med inducerad polarisation, för att kunna avgöra den geologiska bergartsfördelningen.

Litteraturreferenser

Ebell, H., 1965. Some overvoltage field trials with a new type of equipment. Geoexploration 3(2): 105-116.

Eriksson, L., 1967. Objekt Vargisträsk. Intern rapport, Sveriges Geologiska Undersökning, Stockholm, 5 pp.

Keller, G. V. and Frischknecht, F. C., 1966. Electrical Methods in Geophysical Prospecting. Pergamon, Oxford, 517 pp.

Paál, G., 1968. Very low frequency measurements in northern Sweden. Geoexploration 6(3): 141-149.