



Bergvesenet

Postboks 3021, 7002 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr BV 1779	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering Trondheim	Gradering
Kommer fra ..arkiv	Ekstern rapport nr	Oversendt fra	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Tittel Utlåtande över elektromagnetiska och magnetiska metningar vid Skorovas, Lierne (Nordli och Sørli), Snåsa och Gaulstad i Nord-Trøndelag fylke, Norge Del I av III				
Forfatter		Dato 1962	Bedrift Elektrokemisk A/S, Skorovas Gruber Elektrisk Malmletning AB	
Kommune Namsskogan Lierne Snåsa	Fylke Nord-Trøndelag	Bergdistrikt Trondheimske	1: 50 000 kartblad	1: 250 000 kartblad
Fagområde Geofysikk	Dokument type		Forekomster	
Råstofftype	Emneord			
Sammendrag				

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

till "Utlåtande över flygburna elektromagnetiska och magnetiska mätningar vid Skorovas, Lierne (Nordli och Sørli), Snåsa och Gaulstad i Nord-Trøndelag Fylke, Norge".

Text:

Allmänt.....	sid 1
Topografi och geologi.....	" 1
Mätmetod.....	" 2
Navigeringsmetod och höjdbestämmning.....	" 3
Arbetets förlopp.....	" 4
Mätresultat och rekommendationer.....	" 4
<u>Område 1, Skorovas</u>	
Flyglinjerna 249-310 (bil. 2).....	" 8
" 311-324 (" 3).....	" 9
<u>Område 2, Lierne</u>	
Flyglinjerna 1-60 (bil. 4).....	" 9
" 61-109 (bil. 5).....	" 10
" 110-160 (" 6).....	" 12
<u>Område 3, Snåsa</u>	
Flyglinjerna 325-361 och 407-460 (bil. 7).....	" 13
" 362, 364, 366-384 (bil. 8).....	" 14
" 362, 364, 366-406 (" 9) (fortsättning från bil. 8).....	" 14
<u>Område 4, Gaulstad</u>	
Flyglinjerna 161-204 (bil. 10).....	" 15
" 205-235 (" 11).....	" 16
" 236-248 (" 12).....	" 17
Sammanfattning.....	" 18

Appendix

Dagrapport.....	appendix A
Teckenförklaring till kartorna, bil. 2-12.....	" B
Särtryck G. Törnqvist: "Some Practical Results of Airborne Electromagnetic Prospecting in Sweden".....	" C

forts. Innehållsförteckning

Bilagor

A-Tolkningskarta

B-Elektromagnetisk indikationskarta

C-Magnetisk "

Översiktskarta, skala 1:500.000.....bilaga 1

Detaljkartor, " 1:20.000

Område 1, Skorovas

Flyglinjerna 249-310....." 2 A B C

" 311-324....." 3 A B C

Område 2, Lierne

Flyglinjerna 1-60 (Nordli)....." 4 A B C

" 61-109 (Sørli)....." 5 A B C

" 110-160 (")....." 6 A B

Område 3, Snåsa

Flyglinjerna 325-361 och 407-460....." 7 A B C

" 362, 364, 366-384....." 8 A B

" 362, 364, 366-406

(fortsättning från bilaga 8)....." 9 A B

Område 4, Gaulstad

Flyglinjerna 161-204....." 10 A B C

" 205-235....." 11 A B C

" 236-248....." 12 A B

Utlåtande över flygburna elektromagnetiska och magnetiska mätningar vid Skorovas, Lierne (Nordli och Sørli), Snåsa och Gaulstad i Nord-Trøndelag fylke, Norge.

.....

Allmänt

På uppdrag av Elektrokemisk A/S, Skorovas Gruber, utförde vi under tiden 15 augusti - 30 september 1962 flygburna elektromagnetiska och magnetiska mätningar inom fyra områden i Nord-Trøndelag fylke, Norge. Ytan av de undersökta områdena utgör totalt ca 1.900 km² och mätlinjernas sammanlagda längd 7.504 km. Områdenas läge framgår av översiktskartan i skala 1:500.000, bilaga 1.

Mätningarna utfördes såsom en rekognoscering avsedd att dirigera markundersökningar till sådana platser, där lovande elektromagnetiska eller magnetiska anomalier erhöles.

Topografi
och geologi

Mätområdena utgöres av fjällterräng med betydande absoluta höjdskillnader. Antalet linjeavsnitt med stora relativa höjddifferenser, där den effektiva mätthöjden måste överskridas, kunde dock begränsas genom valet av flygriktning inom respektive område, varvid hänsyn givetvis även togs till den lokala geologien.

Mätområdena är belägna i det så kallade Trondheimsfältet. I Høltedahls "Norges Geologi" anges på sid. 333 att detta är ett veckat parti av jordskorpan, som sammansättes av ett antal lokala veck (synklinorium). Høltedahl nämner, att en mycket markerad sammenpressningsstruktur förekommer i området mellan Snåsavatnet-Trondheimsfjorden och riksgränsen. Här uppträder innanför det starkt nedveckade kambro-silurbältet en skarp antiklinalbildning i den centrala zonen. I fältet uppträder intrusiva bergarter av skiftande sammansättning som inlagringar i sedimenten. Eruptivmassorna är ofta så starkt omvandlade, att man svårigen kan särskilja yt- och djupbergarter. Med anknytning till eruptiven förekommer ett stort antal kismineralisationer, och kisen kan på sina ställen vara ansamlad till brytvärd malm.

Som geologiskt underlag för bedömning av mätresultaten har, förutom de tillgängliga geologiska kartbladen, vilka icke täcker samtliga mätområden, främst använts "Fortsættelsen av

Trondhjemsfeltets kisdreg mot nord", av Dr. philos. Gunnar Holmsen.

Mätmetod

1. EM-mätningar

Vid de elektromagnetiska flygmätningarna användes ABEM:s patenterade Rotary Field-metod (RF-metod). För en detaljerad beskrivning av denna metod ber vi att få hänvisa till ett särtryck (appendix C), som översändes samtidigt med denna rapport. En kortfattad beskrivning lämnas här nedan.

Mätningarna utföres med två flygplan, ett för sändaren och ett för mottagaren. Sändaren består av två mot varandra vinkelräta spolar, som matas med växelström av samma styrka och frekvens (880 p/s), men med en fasskillnad av 90° . Spolarna är orienterade så att den utsända fältvektorn roterar i en cirkel, vars plan är vinkelrätt mot sändar-mottagarlinjen. Mottagaren består liksom av två mot varandra vinkelräta spolar, och man mäter amplitud- och fasskillnaden mellan de två elektromagnetiska fältkomponenter som påverkar dessa spolar. Mottagarspolarna är monterade i en "bomb", som under mätningarna bogseras av det första flygplanet i en ca 30 m lång kabel. Planet med sändaren följer efter på ett bestämt avstånd och på samma höjd över marken som mottagarbomben, d.v.s. ca 20 m lägre än det första flygplanet.

I princip kan de uppmätta amplitud- och fasskillnaderna uttryckas i vilka lämpliga absoluta enheter som helst (t.ex. gauss, volt, ampere o.s.v.). I praktiken är det emellertid lämpligt att uttrycka dessa skillnader i procent av den normala fältstyrkan i den vertikala mottagarspolen på ett bestämt avstånd från sändaren. De uppmätta skillnaderna registreras kontinuerligt med tillhjälp av en skrivare. Över neutral mark är de båda fältkomponenterna lika stora och på registreringen erhålls därför en rak linje för såväl amplitud som fas. En elektrisk ledare i marken ger sig till känna som anomalier i de registrerade fältkomponenterna, varvid den minsta mätbara anomalien är ca 0.3 %.

Beroende på terräng- och väderleksförhållandena kan i vissa fall störningar registreras, som icke är förorsakade av ledare i marken utan av vindstötter eller luftgropar, vilka påverkar sändarplanet och/eller mottagarbomben. Vanligen kan dessa störningar direkt uteslutas vid genomgång av registreringarna, men en obetydlig del kan ha ett sådant utseende, att uteslutning endast kan ske genom kompletterande mätningar. Det mest ekonomiska förfarandet härvid måste anses vara markmätningar på platsen i stället för omflygning.

Mätningarna utfördes med ett sändar-mottagaravstånd av 250 m. Mottagarplanet följde terrängen på en medelhöjd av 100 m över marken och den effektiva mätthöjden var således ca 80 m. Under dessa förhållanden beräknas Rotary Field-systemets djupverkan vara ca 100 m under marken för brant stående ledare och ungefär dubbelt så stor för mer eller mindre horisontella ledare.

2. Magnetiska mätningar

För de magnetiska mätningarna användes ett Flux-gateelement monterat på ett gyroskop i det främre planet. Den registrerade kurvan anger det vertikala fältet med den modifikationen att intensitetsvariationer med svaga gradienter automatiskt filtreras bort. Sålunda registrerar magnetometern t.ex. ej sådana variationer som är förorsakade av regionala gradienter. Registreringen har normalt skett på två kanaler med en känslighet av 25 gamma per mm respektive 100 gamma per mm. Anomaliernas nollnivå framgår stundom bäst av den undre kanalen med mindre känslighet, då förstärkaren på den övre kanalen (25 gamma per mm) ger upphov till ett åsenbart negativt drag efter anomalier som överstiger 1.000 gamma.

Navigatorings- metod och höjdbestämmning

Som navigatoringsunderlag användes en karta förstorerad från 1:100.000 till 1:20.000. Före mätningarnas början inriktades på denna de planerade flyglinjerna, som skulle flygas med ett inbördes avstånd av 250 m. Under flygningarna längs dessa linjer gjorde navigatören exakta lägesbestämningar över sådana punkter, som med säkerhet kunde

identifieras, och vid varje sådan punkt gjordes en motsvarande markering på registreringen. Flyghöjden över marken registrerades kontinuerligt medelst en radioaltimeter av frekvensmoduleringsstyp.

Såsom redan angivits under "Topografi och geologi" valdes flyglinjernas riktning i första hand med hänsyn till de lokala geologiska förhållandena inom respektive område, men även med tanke på att alltför stora relativa höjdeskilnader skulle undvikas. Vid stora höjddifferenser tvingas nämligen flygplanen att bitvis hålla sådan höjd, att mätsystemets djupverkan blir otillräcklig. De delar av flyglinjerna, som till följd härav eller av andra skäl måste betraktas som otillfredsställande undersökta, har på rapportkartorna markerats med streckade linjer.

Arbetets förlopp

Flygplanen, av typ Aero Commander och Cessna, överfördes till Vaernes flygplats den 15 augusti. Mätningarna påbörjades den 19 augusti och avslutades den 29 september, varefter flygplanen den 30 september återfördes från Vaernes till Stockholm. Beträffande mättidens disposition hänvisas till en bifogad dagrapport, appendix A.

Personalen för arbetet bestod större delen av tiden av våra ingenjörer G Hallin och T Hasselqvist samt chefpiloten T Thelning, piloten K A Larsson och en mekaniker från AB Värmlandsflyg.

Efter flygmätningarnas avslutande utförde uppdragsgivaren under en månads tid geoelektriska markmätningar, baserade på de preliminära flygmätningresultaten. Dessa mätningar leddes av vår ingenjör Hallin. Resultaten från markmätningarna redovisas i separat rapport.

Nätresultat och rekommendationer

Resultaten av de flygburna mätningarna redovisas å 11 kartor i skala 1:20.000 i 3 olika växelformer, där bokstaven A efter bilagsnumret avser tolkningskartan, medan bokstäverna B och C avser de elektromagnetiska respektive magnetiska anomalikartorna. Inom några områden har ingen nämnvärd magnetisk

anomali registrerats, varför den magnetiska anomalikartan i dessa fall utslutits.

Bilagorna omfattar följande områden och flyglinjer:

Bilaga	Område	Flyglinjer
2 A, B, C	1	249 - 310
3 A B C	1	311 - 324
4 A B C	2	1 - 60
5 A B C	2	61 - 109
6 A B	2	110 - 160
7 A B C	3	325 - 361, 407 - 460
8 A B	3	362 - 384, västra delen
9 A B	3	362 - 406, östra delen
10 A B C	4	161 - 204
11 A B C	4	205 - 235
12 A B	4	236 - 248

På alla tre kartupplagorna har de undersökta flyglinjerna inritats. Referenspunkterna på markytan är på de inritade flyglinjerna liksom på registreringarna betecknade med bokstäverna A, B, C, D etc. Filmens frammatningshastighet har anpassats efter den använda kartskalan och flygplanets medelhastighet. På grund av variationer i flygplanets hastighet, orsakade av vind och stigning respektive dykning vid terränghinder, är längdskalan på registreringen endast approximativt 1:20.000, varför en individuell korrektion av skalan har utförts för varje delsträcka mellan två på varandra följande säkra referenspunkter. Vid tolkningen har huvudvikten lagts på bestämningen av störningsorsakernas lägen. Indikationspunkterna har markerats med ofyllda och fyllda cirklar för de elektromagnetiska samt med staplar av varierande höjd för de magnetiska anomalierna, varvid 1 mm stapelhöjd motsvarar 100 γ . Dessutom anges vid de magnetiska anomalierna den approximativt beräknade bredden $b \approx$ (bredd $\times$ skenbar susceptibilitet). På grund av den ovan nämnda korrigeringen av längdskalan har vid överförning av registreringarna till kartbladens noggranna skala 1:20.000 även amplitudvärdena ändrats. Stapelhöjderna svarar dock mot de ursprungligen registrerade verkliga amplituderna. Där de elektromagnetiska anomalierna på grund av sin låga styrka icke klart kunnat utskiljas från störningsnivån

och variationerna i det uppmätta elektromagnetiska fältet med sannolikhet kunnat förklaras av variationer i jordtäckets tjocklek och/eller sammansättning, har någon indikation ej markerats. Dessa variationer överstiger vanligen ej 2 % i moränterräng. I vissa fall kan de tidigare nämnda påverkningarna av flygplan eller "bomb" bidra till störningsnivån.

De elektromagnetiska störningarna förekommer på en del profilavsnitt inte som enstaka indikationer utan i långa serier. Sådana profildelar har på tolkningskartorna markerats med våglinjer. Inom dessa områden förekommer troligen ett stort antal ledare, t.ex. grafitstråk, vilkas verkningar överlagrar varandra. För att eventuellt lättare kunna bestämma variationer i strykningsriktningarna inom dessa områden har vi försökt markera läget för de mot de enskilda ledarna svarande indikationerna. På grund av indikationernas komplicerade karaktär kan dessa tolkningar ibland vara mycket osäkra.

En del indikationer har markerats med cirklar och övertvårande kryss. Dessa indikationer är vanligen starka, men deras form eller andra orsaker ger skäl att misstänka att de orsakats av artificiella ledare, såsom kraftledningar och dylikt.

De första mätlinjerna vid detta mätuppdrag flögs inom den del av område 2 som täcks av kartan, bilaga 6. Den elektromagnetiska apparaturens störningsnivå visade sig i början vara hög. Linjer med för hög störningsamplitud omflögs därför senare utan extra kostnad för uppdragsgivaren.

Redan före mätningarnas början kunde förutses, att en del anomalier skulle komma att registreras över områden med grafithaltiga skiffrar. Eftersom sådana grafitförekomsters mäktighet, djup, stupning och elektriska ledningsförmåga kan tänkas variera inom mycket vida gränser, och då samtliga dessa faktorer inverkar på anomaliernas styrka och utformning, är det icke möjligt att enbart med ledning av resultaten från flygmätningarna skilja de anomalier som förorsakats av värdefull mineralisation från sådana som orsakats av grafitförekomster. Möjligheten kvarstår därför att inom ett område

med indikationer från grafitskiffer någon av de uppmätta anomalierna kan vara förorsakad av malm.

Inom område 3 erhöles vid Snåsavatn och Bæter om denna sjö anomalier orsakade av horisontella elektriska ledare med på sina ställen mycket god ledningsförmåga. Berggrunden utgörs här enligt tillgängliga geologiska uppgifter delvis av kalksten. Eftersom det fanns anledning antaga, att anomalierna orsakats av salthaltiga marina lerlager, företogs i samband med en hemflygning provmätning över lerrassområdet vid Hegra, några kilometer från Vaernes flygplats, där marina leror förekommer. Därvid uppmättes över och omkring rassområdet anomalier likartade med anomalierna vid Snåsavatn, varför även dessa störningsorsak troligen är salthaltiga lerlager.

Granskar man de erhållna anomalierna i detalj, visar det sig, att de är av mycket varierande typ och ofta komplicerade till sin utformning. Inom områden med mer eller mindre brant stående ledare och där flygriktningen i stort sett är vinkelrät mot strykningens riktningen, erhålles vanligen enkla indikationer av "normal" typ, d.v.s. att de båda komponenterna är negativa. Är de ledande skikten horisontella eller mycket flackt stupande, kan anomalierna i vissa fall bli "omvända", d.v.s. med den ena komponenten eller båda komponenterna positiva. Speciellt komplicerade kan anomalierna bli i områden med flera närliggande, flackt stupande skikt, vilkas inverkningsområden överlagras varandra. Lokala variationer i strykningens riktningen kan ytterligare komplicera anomalibilden. På grund av dessa omständigheter och i betraktande av det stora antal indikationer, som erhållits, anser vi, att några ingående beräkningar på detta undersökningsstadium icke är motiverade. Med ledning av anomaliernas utformning, de störda områdenas omfattning och de geologiska förhållandena, i den mån dessa är kända, har vi emellertid bedömt de olika anomalierna eller anomaliområdena. På bilagorna 2 A - 12 A betecknar de fyllda cirkelarna de anomalier som av olika anledningar förefaller mest lovande och som därför bör undersökas i första hand med hänsyn till eventuell förekommande mineralisering.

Då strykning- och stupningsförhållandena inom

viessa delar av dessa områden kan vara mycket varierande, vill vi framhålla betydelsen av att markmätningarna planeras och utförs med största omsorg i varje särskilt fall, så att bästa möjliga informationer om störningsorsakerna erhålls.

Nedan följer en kort beskrivning av varje delområde med speciell hänsyn till intressanta indikationer.

Område 1, Skorovas

Bil. 2 A B C

Flyglinjerna 249 - 310.

Kartan omfattar trakten kring Skorovas Gruber. De flesta vid flygmätningarna påvisade magnetiska anomalierna erhöles inom detta område. Vid en summarisk beräkning av polstyrkan hos de olika anomalierna har värden på upp till 3.3 erhållits för den "magnetiska bredden" ($b \text{ } \alpha'$). Detta innebär, att om anomalien härstammade från en kompakt järnmalm med den skenbara susceptibiliteten = 0,5 - ett ungefärligt medelvärde för mellansvenska järnmalm - skulle malmbredden kunna uppgå till 6 å 7 m. Mera sannolikt är dock, att anomalierna i stor utsträckning orsakats av en magnetitförande basisk bergart med (i förhållande till omgivningen) högre susceptibilitet. På grund av en sammanfallande elektromagnetisk och magnetisk anomali (linje 286 mellan G och H) kan man dock icke helt utesluta möjligheten av att magnetkis kan ha bidragit till störningsbilden. Denna tolkning bör kontrolleras genom markundersökningar i form av geologiska rekognosceringar och magnetiska mätningar i några profiler. Härvid kan de magnetiska dragens flanker mätas med relativt stort avstånd mellan observationspunkterna, medan punkttätheten bör ökas kring anomaliernas maxima. Med ledning av de magnetiska mätresultaten bör man vidare taga bergartsprover och utföra susceptibilitetsbestämningar, varefter det kan avgöras, huruvida utförligare undersökningar kan anses motiverade.

De elektromagnetiska anomalier som uppmäts i Skorovasområdet kan i flera fall tolkas såsom orsakade av artificiella ledare (kraftledningar, transformatorer, linbana m.m. I mycket säkra fall har det ej ansetts nödvändigt att redovisa dessa anomalier på kartorna). Några indikationer återstår dock, vilka kräver fortsatta undersökningar. Här kan nämnas indi-

kationen mellan B och C på linje 280, vilken ligger i anslutning till ett magnetiskt drag. Detsamma är fallet med indikationerna mellan G och H på linje 286. Den förstnämnda indikationen sammanfaller som tidigare nämnts med den magnetiska indikationen. Norr om denna grupp finns vidare indikationer på linjerna 279, 278, 275, 274, 273, 271 och 268, vilka närmare bör undersökas. Innan markmätningar företas, bör dock en undersökning av förekomsten av artificiella ledare som förklaring till indikationerna göras.

De elektromagnetiska indikationerna på Lillefjeldklumpen NNO om Skorovas Gruber, flyglinjerna 266 - 269, har tydligen orsakats av en känd, mindre kismineralisation. En kontrollundersökning bör göras på den troligen falska störningen mellan E och F på linje 306.

Inom Skorovasområdet finns ett flertal kända kisyndigheter, vilkas dimensioner och/eller ledningsförmåga är för obetydliga för att kropparna skall ge sig till känna vid elektromagnetiska flygmätningar på normal flyghöjd.

Bil. 3 A B C

Flyglinjerna 311 - 324

Kartan omfattar ett område vid Övre Nesåvand, närmast söder om föregående. Den magnetiska enomalien mellan D och E på linje 314 bör undersökas på likartat sätt som angivits för de magnetiska anomalierna på bilaga 2.

Område 2, Lierna

Bil. 4 A B C

Flyglinjerna 1 - 60 (Nordli)

Inom kartans västra del indikerades mellan linjerna 1 och 41 ett utbrett störningsområde. Anomalierna har "grafit-skifferkaraktär". Enligt det geologiska kartbladet över Nordli har bituminös glimmerskiffer påträffats inom detta område, bl.a. vid Tisvands västra strand. Anledning finns därför att antaga, att större delen av anomalierna i området orsakats av grafithaltiga skifferar och vidare undersökningar i annan form än geologisk rekognoscering synes i första hand ej vara motiverade.

Ett par liknande störningsområden har lokaliserats i nordöstra och östra delen av kartan på linjerna 10 - 29

respektive 34 - 42. Trots att den geologiska kartan ej anger att någon grafitiskiffer påträffats i dessa avsnitt, är det på grund av anomaliernas omfattning sannolikt att huvudparten av störningarna orsakats av sådan. Vi rekommenderar, att geologisk kartering utförs inom detta avsnitt, eventuellt kompletterad med några korta diamantborrhål, så att störningsorsaken kan klarläggas. Borrhålen kan med fördel ansättas vertikalt, eftersom lagerställningen att döma av den geologiska kartan är relativt flack inom området.

Det inom kartan intressantaste störningsområdet uppmättes VNV om Lövsjön, inom en trakt där tidigare fynd av koppar- och svavelkis gjorts. Detta område synes ligga i samma geologiska formation, i vilken lovande kisynd har gjorts längre i norr, på den svenska sidan av riksgränsen (se karta över Sveriges berggrund, skala 1:1.000.000, utarbetad vid Sveriges Geologiska Undersökning 1957). Inom Lövsjö-området utfördes under hösten 1962 geoelektriska rekognosceringsmätningar på marken, varför vi beträffande rekommendationer för fortsatta arbeten här bör att få hänvisa till rapporten över markmätningarna.

Även anomalierna väster om landsvägen norr om Lövsjön synes vara av intresse, och här anser vi att i första hand indikationen väster om D på linje 19 bör undersökas med EMG.

En mindre magnetisk störning har erhållits mellan J och K på linje 26, men i övrigt är de magnetiska störningarna obetydliga inom området.

Bil. 5 A B C

Flyglinjerna 61 - 109 (Sörli)

I motsats till föregående karta saknar bilaga 5 vidsträckta elektromagnetiska anomaliområden. Starkare indikationer har erhållits på linjerna 73 - 85 norr om sjön Lenglingen i området västra del. Indikationerna invid landsvägen har tolkats såsom orsakade av en kraftledning. Detta är även fallet för indikationerna på linjerna 92, 97 - 100 och 105 utefter ovannämnda landsväg. Anomalierna över sjön kan möjligen ha orsakats av ledande sediment. För

närmare klargörande av störningsorsaken rekommenderar vi i första hand undersökning av den elektriska ledningsförmågan i jordprover från detta område.

Stort intresse synes böra knytas till indikationerna öster om landsvägen vid Lenglingens nordspets på linjerna 73 - 77. Vi rekommenderar, att detta område vidare undersöks, i första hand medelst elektromagnetiska mätningar på markytan.

Anomalierna mellan H och I på flyglinjerna 71 och 72 motiverar vidare undersökningar i form av EMG-mätningar och geologisk kartering.

Anomalierna på linjerna 83, 84 och 86 (mellan B och C, H och I respektive J och K) är av något tvivelaktig karaktär och kan möjligen förklaras genom att syftlinjen mellan sändare och mottagarspole blivit bruten över fjällkammen (Strifjell). Geologisk rekognoscering av störningsområdet bör emellertid företas, eventuellt i kombination med EMG-mätning.

Söder om Strivands sydspets anges på det geologiska kartbladet en kiselrekomst, över vilken emellertid ingen anomali uppmättes. Däremot erhöles i strykningens riktning sydost därom en räkka indikationer från B på linje 100 till H på linje 108. Då dessa indikationer möjligen kan ha orsakats av kismineralisering, rekommenderas närmare undersökning inom störningsområdet. Till att börja med bör en noggrann elektromagnetisk markmätning företas, så att störningskropparnas lägen kan fastställas och lämpliga anslutningspunkter för eventuella borrhinar eller skärpningar kan anges.

Även anomalierna väster om Strivand motiverar fortsatta undersökningar med EMG.

Indikationen på Striberget (linje 109 mellan D och E) kan möjligen ha samma orsak som antagits ovan för Strifjellanomalierna. Vi rekommenderar, att en geologisk rekognoscering i kombination med EMG-mätning utförs. Några mycket svaga magnetiska anomalier har påvisats inom området för kartblad 5.

Bil. 6 A B

Flyglinjerna 110 - 160 (Sörli)

På den del av område 2, som täcks av kartan, bilaga 6, är antalet registrerade anomalier relativt ringa. Några intressanta störningsområden har emellertid framkommit. Så har vid Våkliåsen väster om sjön Lenglingens sydspets på flyglinjerna 112 - 118 erhållits indikationer, där vi rekommenderar fortsatta undersökningar, i första hand medelst elektromagnetiska mätningar på markytan.

Även indikationen i västra änden av flyglinje 137 bör undersökas medelst EMG-mätningar.

Anomalierna mellan Lenglingen och Ulen samt på Högberget omödelbart öster om landsvägen vid Ulen är troligen orsakade av kraftledningar. Det exakta läget av dessa går ej att bestämma med hjälp av tillgängligt kartmaterial, varför kontroll av dess sträckning bör göras, innan anomalierna helt avfärdas. Eventuellt bör EMG-mätningar utföras.

Detsamma gäller i hög grad om anomaliområdet mellan Skåle säter och Stuguvand. Mineralisation har påträffats i trakten, men huvudparten av anomalierna förefaller att sammanfalla med här befintliga kraftledningar.

Över och på båda sidor om Strömmen (sundet mellan Ulen och Rengen) har uppmäts elektromagnetiska anomalier av samma karaktär som vid Lenglingens norra ände (linjerna 76 - 85, bilaga 5 B). En undersökning av orsaken till dessa bör börja med en bestämning av jordtäckets sammansättning och eventuellt den elektriska ledningsförmågan.

Vid västra stranden av sjön Rengens norra del uppträder ett störningsområde på linjerna 148 - 153. Stråket synes fortsätta mot söder utanför den gräns, som sattes för undersökningsområdet och då just dessa flyglinjer undersöktes den sista dagen för mätningen, kunde någon komplettering ej komma ifråga. Också dessa anomalier bör undersökas vidare. I första hand bör elektromagnetiska markmätningar utföras.

Anomalien på linje 118 mellan D och E bör kontrolleras medelst EMG-mätningar.

Endast obetydliga magnetiska anomalier har regist-

rerats och någon karta visande magnetiska störningar har därför ej uppritats.

Område 3, Snåsa

Bil. 7 A B C

Flyglinjerna 325 - 361 och 407 - 460

Inom detta område har erhållits ett stort antal anomalier, av vilka emellertid endast ett fåtal har uttagits för vidare undersökning på nuvarande stadium. Såsom tidigare har anförts innebär detta ej att någon eller några av de övriga indikationerna icke kan ha orsakats av värdefull mineralisation, utan endast att det är omöjligt att säkert avskilja eventuella "malmindikationer" ur ett utbrett störningsområde, där huvudparten av störningarna orsakats av elektrisk ledande bergarter. De vidsträckta anomaliområdena bör emellertid noggrant karteras geologiskt, varigenom större möjlighet erhålls att bedöma anomaliernas värde. Till denna kategori av indikationer har räknats störningsområdet i kartens sydöstra del jämte en utlöpare i nordostlig riktning mellan linjerna 343 och 361.

Anomalierna över Snåsavatn och öster därpå är, såsom angetts ovan, troligen orsakade av marina lerlager (jämför även linjerna 362, 364, 366 - 384). Undersökning bör göras av den elektriska ledningsförmågan hos lerprover från störningsområdet.

Ett långt indikationsstråk, som till en del följer älven Skjerva, har erhållits norr om nyssnämnda område mellan linjerna 349 och 439. Stråket sammanfaller med en stor kraftledning och de flesta indikationerna kan med säkerhet lokaliseras till kraftledningen. Eftersom kismineralisation påvisats 1 km öster om Ägle Järnvägsstation, där även en indikation i närheten av kraftledningen erhållits, är det nödvändigt att i terrängen kontrollera indikationernas läge i förhållande till kraftledningen och vid behov utföra kompletterande EMG-mätningar. Inom området finns ytterligare ett stort antal störningar registrerade, vilka är orsakade av mindre eller större kraftledningar.

I den norra änden av flyglinjerna 347 - 357 erhålls

anomalier inom ett ca 3 km långt område. En magnetisk anomali har även uppmätts vid F på linje 349. Fortsatta undersökningar bör utföras i form av geoelektriska markmätningar och geologisk rekognoscering.

I övrigt har ett flertal spridda, som regel svagare elektromagnetiska störningar erhållits. Dessa bör successivt uppföljas med EMG-mätningar. Av dessa synes indikationerna i norra änden av linjerna 328 - 332 samt indikationerna vid Drevsjön och omedelbart öster om denna på linjerna 326, 327, 329, 331 och 333 vara de mest intressanta.

Svagare magnetiska störningar har konstaterats på några få mätlinjer och inlagts på bilagorna 7 A och 7 C. Den magnetiska indikationen vid H på linje 412 förefaller dock att vara orsakad genom en manöver av flygplanet. Detta bör vid tillfälle kontrolleras genom en enkel markmätning med en känslig magnetometer.

Bil. 8 A B

Flyglinjerna 362, 364, 366 - 384

De utbredda elektromagnetiska anomalierna inom området har bedömts vara orsakade av marina leror. För kontroll av denna tolkning bör lerprover tagas och den elektriska ledningsförmågan bestämmas. De magnetiska störningarna inom området är obetydliga och någon särskild magnetisk karta har ej upprättats.

Bil. 9 A B

Flyglinjerna 362, 364, 366 - 406

(Fortsättning från bilaga 8)

I områdets norra och södra del uppmättes två stora störningsstråk, medan den övriga delen av området var praktiskt taget ostörd. Enligt det geologiska kartbladet påträffas bituminös skiffer i ett vidsträckt område söder om mätområdet. Sannolikt har denna större utbredning mot norr än vad som kunnat konstateras vid den geologiska kartläggningen. Man har därför skäl att antaga att det södra indikationsstråket orsakats av bituminös skiffer.

Även inom det nordliga störningsområdet anges på det geologiska kartbladet förekomster av bituminös skiffer,

varför fortsatta undersökningar av indikationerna här för närvarande ej förefaller vara motiverade.

De magnetiska störningarna är även i detta område obetydliga och någon särskild magnetisk anomalikarta har ej uppritats.

Område 4, Gaulstad

Bil. 10 A B C

Flyglinjerna 161 - 204

Inom denna den nordligaste delen av område 4 erhöles ett stort antal elektromagnetiska indikationer. De allra flesta har uppmätts inom ett flera km brett bälte, som från nordöstra stranden av Lustadvann sträcker sig mot områdets gräns i nordost. På sid. 161 i G Holmsens avhandling "Fortsättelsen av Trondhjemsfeltets kisdrag mot nord" anges att en grafitförande skiffer har följts från Lustadelven mot nordost. Med största sannolikhet motsvaras det uppmätta anomali-stråket av den kända grafithorisonten.

Söder om Lustadvann uppmättes en indikationsserie med i det närmaste nord-sydlig strykning, vilken möjligen utgör en utlöpare av ovannämnda grafitförande bergartsled.

Stort intresse synes inom detta kartblad böra knytas till de anomalier, som från västra änden på linje 162 sträcker sig mot sydväst till linje 174. Enligt tillgängliga geologiska uppgifter befinner sig detta störningsområde i närheten av kontakten till Haervolagraniten i väster. Störningsområdet synes ligga i strykningens riktningen sydväst om en känd kismalmfyndighet vid Roktheia (se rapport av statsgeolog H Bjørlykke, daterad den 28 oktober 1948). Vi vill rekommendera, att detta område undersöks medelst markmätningar och geologisk kartering.

Visar sig ovannämnda störningsstråk vara orsakat av värdefull mineralisation, bör givetvis även anledningen till indikationen mellan A och B på linje 180 undersökas, i första hand genom markmätningar.

Beträffande området invid kartans östra gräns, nämner Holmsen på sid. 161 i ovannämnda arbete, att bituminös

skiffer påträffats vid Skjaekervand och anomalierna i de östra ändarna av linjerna 177 - 199 kan troligen hänföras till detta skifferstråk.

Anomalierna vid Lågvasfjeld (kring 203 B) synes icke kunna konnekteras med något av de påvisade bituminösa skifferstråken. Störningsorsaken bör undersökas på marken i första hand medelst geologisk rekognoscering och om denna ger lovande resultat, medelst EMG-mätningar.

Anomalierna vid Gaulstad har i stor utsträckning varit föremål för rekognosceringsmätningar med EMG under hösten 1962 och beträffande rekommendationer för vidare arbeten i detta avsnitt hänvisas till separat utlåtande över resultaten från markmätningarna.

Endast tvenne mindre magnetiska störningar har lokaliserats i områdets nordöstra hörn. I övrigt är störningarna obetydliga.

Bil. 11 A B C

Flyglinjerna 205 - 235

Kartbilden på bilaga 11 uppvisar i stort sett två elektromagnetiska störningsområden med i det närmaste nord-sydlig strykning. Det östra området har "grafitskifferkaraktär" och synes ej för närvarande böra föranleda fortsatta undersökningar av annat slag än geologisk rekognoscering. Huvudparten av det västra störningsområdet rekognoscerades med elektromagnetiska markmätningar under hösten 1962, vilkas resultat redovisas i separat rapport. Den sydligaste delen av det västra anomaliområdet var under det första världskriget föremål för omfattande undersökningar, varöver rapport enligt Holmsens avhandling finns i Norges Geologiske Undersøkelsses arkiv. Riktigast synes vara att först studera detta material och jämföra det med resultaten från flyg- och markmätningar, innan eventuella beslut om fortsatta undersökningar i detta avsnitt fattas. En magnetisk störning har erhållits i östra delen av linje 229 (inom "grafitskifferområdet"). Vid den geologiska granskningen av grafitskifferområdet bör eventuellt denna anomali undersökas närmare med magnetisk och elektro-

magnetisk mätning. I övrigt är de magnetiska störningarna inom området obetydliga.

De elektromagnetiska anomalierna mellan Gaulstad och Malsaa Kobberverk har till stor del undersökts med rekognoscerande EMG-mätningar och beträffande dessa ber vi därför att få hänvisa till ovannämnda separata rapport.

Bil. 12 A B

Flyglinjerna 236 - 248

Inom området uppmättes ett flertal anomalier, vilka (med undantag för indikationerna på linjerna 245 - 248, som ligger öster om Tinklumparne) i stort sett är lokaliserade till Malsådalen. Sannolikt kan flera av anomalierna i Malsådalens övre del återföras till tidigare kända kizoner, men Holmsen påpekar på sid. 167, att även vid Malså gruber grafithaltig skiffer påträffats. Inom bebyggda delar av mätområdet d.v.s. dess södra del jämte trakten sydost om Tinklumparne, kan artificiella ledare ha bidragit till anomaliernas utformning.

Vi anser, att beslut om eventuella fortsatta undersökningar i Malsådalen bör grundas på en jämförelse av flygresultaten med de tidigare nämnda protokollen från äldre geologiska undersökningar inom området, vilka ej har varit tillgängliga för oss vid bearbetningen av flygresultaten. Av denna anledning har på detta stadium ej uttagits någon speciell indikation, som bör undersökas i första hand, även om indikationernas utseende och läge i förhållande till de kända kizonerna ger anledning att antaga, att detta fält bör ägnas särskilt fortsatt intresse.

Endast obetydliga magnetiska störningar har registrerats i området.

Sammanfattning

Vid mätningarna inom de fyra områdena Skorovas, Lierne, Snåsa och Gaulstad om sammanlagt ca 1.900 km² har ett stort antal elektromagnetiska anomalier registrerats; de flesta inom Nördli-, Snåsa- och Gaulstad-områdena. Magnetiska anomalier däremot har huvudsakligen registrerats i Skorovas-området och endast ett fåtal i de övriga områdena.

De flesta magnetiska störningarna har sannolikt

orsakats av magnetithaltiga bergarter. Dessa störningar bör kontrolleras genom geologiska undersökningar och helst även magnetiska mätningar med ett känsligt instrument.

Många av de elektromagnetiska anomalierna har kunnat återföras till elektriskt ledande skifferlager och en del är sannolikt orsakade av ledande lösa avlagringar. Dessa störningar är som regel sammansatta och uppträder på långa sträckor av mätlinjerna. Som tidigare nämnts får man dock i störningsområden av dessa typer ej bortse från möjligheten av att någon enskild anomali här kan vara orsakad av en mineralisation. Då dessa områden är vidsträckta och någon värdering av enskilda indikationer på flygmätningarna ej är möjlig, anser vi, att vidare undersökningar i första hand bör koncentreras till indikationer av annan typ. Några enkla undersökningar genom borrhning och provtagning har dock rekommenderats.

En annan grupp av elektromagnetiska anomalier är sådana som åstadkommit av artificiella ledare såsom kraftledningar, rörledningar, linor etc. De flesta anomalier av denna typ har kunnat uteslutas, bl.a. på grund av indikationernas utseende och/eller direkt observation från flygplanet. I vissa fall som nämnts i den tidigare texten bör dock kontrollundersökningar göras för att utesluta möjligheten av förväxling.

Kvar finns sedan ett flertal enstaka anomalier och anomaligrupper inom varje mätområde, vilka på grund av sin karaktär bedömas värda att vidare undersökas. En sammanställning av dessa anomalier återfinns i tabellen här nedan, där också lämpliga undersökningsmetoder schematiskt angivits.

Sammanställning av indikationer och rekommendationer av fortsatta undersökningar

Område	Bilaga	Flyg- linje	Avsnitt	Föreslagna undersökningar			Antn.
				Magn. EMG Geol.			
Skorovas	2	286	G - H	x	x	x	Kontroll av förekomst av eventuella artifi- ciella ledare
		268	F - G		x	x	
		271	A - C		x	x	
		273	A - B		x	x	
		274	A - B		x	x	
		275	F - G		x	x	
		278	B - C		x	x	
		279	F - G		x	x	
		266	C - D		x	x	
		267	E - F		x	x	
		268	D - E		x	x	
		269	D - E		x	x	
		306	E - F		x	x	
Lierne (Nordli)	4	1-41			x		Västra delen
		10-29			x		Östra delen) Event. några
		34-42			x		- " -) korta diamant- borrhål
		22-27		x			VNV Lövsjön. Se vidare
		17-20		x			rapport över markmätningarna.
							3 km N Lövsjön
Lierne (Sörlil)	5	76-85					Indikationerna över Leng- lingen troligen orsakade av elektriskt ledande sedi- ment. Bestämning av den elektriska ledningsförmågan i jordprover rekommenderas.
		73-77		x			1 km öster om Lenglingens nordspets.
		71, 72	H - I		x	x	Anomalier av tvivelaktig karaktär
		83	B - C	(x)	x		
		84	H - I	(x)	x		
		86	J - K	(x)	x		
		100-108		x			Ca 4 km sydost Strivand
		90-95		x			Ca 1 km väster Strivand
		109	D - E	(x)	x		Anomali av tvivelaktig karaktär
Lierne (Sörlil)	6	112-118		x			Väskläsen, ca 3 km V Lenglingens sydspets.
		137	H - I		x		Högberget, ca 1 km öster om Ulen, sannolikt kraft- ledning
		128-133		(x)			

Område	Bilaga	Flyglinje	Avenitt	Föreslagna undersökningar			Anm.
				Magn. EMG Geol.			
Lierne (Sørli)	6	136-141		(x)			Mellan Skåle säter och Stuguvand. Sannolikt huvudsakligen kraftledningar.
		140-144					Sundet mellan Ulen och Rengen. Bestämning av den elektriska ledningsförmågan i jordprover.
		148-153		x			Omedelbart väster om Rengens norra del.
		118	D - E	x			
Snåsa	7	325-361			x		Syddra delen av kartan
		407-427			x		
		420-460					Snåsavatn och öster därom. Undersökning av den elektriska ledningsförmågan hos lerprover.
		339-439		(x)			Utmed Skjerva och en kraftledning
		347-357			x	x	Norra änden av linjerna
		349	E - F	x			
Snåsa	7	328-332			x		Norra änden av flyglinjerna
		326	D - E		x		
		327	C - D		x		
		329	D - E		x		
		331	D - E		x		
		333	E - F		x		
		412	G - H	x			
Snåsa	8	362-384					Se rekommendation för linjerna 420-460, bil. 7
Snåsa	9	394-406			(x)		
		362-376			(x)		
Gaulstad	10	162-174		x	x		Västra änden av linjerna
		180	A - B	(x)	(x)		
		201-204		(x)	x		Ca 6 km öster om Gaulstad
		191-196					Ca 4 km nordost om -"-
							Se utlåtande över markmätningarna
		194-204					Ca 1 km väster om Gaulstad.
							Se utlåtande över markmätningarna
		196-204					Ca 1 km öster om Gaulstad.
							Se utlåtande över markmätningarna
Gaulstad	11	209-235			x		Östra delen av kartan
		205-235			(x)		Västra " " "
							Se även utlåtande över markmätningarna

Område	Bilaga	Flyg- linje	Avsnitt	Föreslagna undersökningar		Ann.
				Magn. EMG Geol.		
Gaulstad	11	229	C - D	(x)	(x)	
Gaulstad	12	236C-242 246-248		(x)	(x)	Malsådalen Öster om Tinklumperne

Av de i tabellen upptagna anomalierna förefaller följande vara mest intressanta att omedelbart följa upp med elektromagnetiska markmätningar.

Skorovas-området, bilaga 2: Anomalierna mellan B och C på linje 280, mellan G och H på linje 286, samt en grupp anomalier norr om den sistnämnda på linjerna 268 till 279.

Nordli-området, bilaga 4: Anomalierna VNV om Lövejön, där kisfynd har gjorts inom störningsområdet.

Sörli-området, bilaga 5: Anomalierna sydost om sjön Strivand.

Sörli-området, bilaga 6: Anomalierna vid Våkliåsen väster om sjön Lenglingens sydspets samt på västra sidan av sjön Rengen.

Snåsa-området, bilaga 7: Det indikationsstråk, vars nordöstra del delvis följer älven Skjerva samt anomalierna på flyglinjerna 347 - 357 i kartans nordöstra del.

Gaulstad-området, bilagorna 10 - 12: De markmätningar som redan utförts har i huvudsak omfattat Gaulstad-området, där ett flertal intressanta anomalier erhållits vid flygmätningarna och vi ber därför att få hänvisa till vårt utlåtande över dessa mätningar vad det gäller de fortsatta undersökningarna i detta område.

Stockholm den 26 februari 1963

A B E M - AB Elektrisk Malmletning

Bengt Hasselström
Bengt Hasselström

Yrjö Lovin

Yrjö Lovin
Prospekteringsavd.

Gunnar Hallin
Prospekteringsavd.

Dagrapport över flygburna elektromagnetiska och magnetiska mätningar vid Skorovas, Lierne (Nordli och Sørli), Snåsa och Gaulstad i Nord-Trøndelag Fylke, Norge, 15.8-30.9 1962.

Dagtid	Total flygtid	Mättid	Område	Flyglinjer	Anmärkning
<u>Augusti</u>					
15.	3h00min	-			Överföring Stockholm-Vaernes
16.-18.	-	-			Förberedelser
19.	4"10 "	2h05min	2	140-160	Senare, utan kostnader för uppdragsgivaren, om-fluget område
20.	3"55 "	2"12 "	2	119,121,123,125,127,129, 131,133-139	
21.-22.	-	-			Låga moln
23.	0"32 "	-	2		Anflygningen avbruten pga låga moln i fjällen
23.	1"50 "	-	2		Anflygningen avbruten pga regn och dis i mätområdet
24.	-	-			Starkt, byig vind, molnigt
25.	2"30 "	0"43 "	2	126,128,130,132	Mätningen avbruten pga dåligt väder
26.-31.	-	-			Ej flygbart väder
<u>September</u>					
1.	-	-			" " "
2.	2"58 "	2"02 "	4	203,205,207,211,213,215, 217-235	Mätningen avbruten pga dåligt väder
2.	2"25 "	1"35 "	4	193-202,204,206,208,210, 212,214,216	Mätningen avbruten pga mörker
3.	4"00 "	3"03 "	1	297-306,308,310,312,314, 316,318,320,322,324	
3.	3"39 "	2"37 "	4	161-169,171,173,175,177, 179-192	Mätningen avbruten pga mörker
4.	1"36 "	0"39 "	4	170,172,174,176,178,248	Mätningen avbruten pga vindstörning
5.	3"45 "	2"19 "	4,3	236A-E,247 393,395,397,399-406	
6.-8.	-	-			Regn,dis. Senare hård vind
9.	3"40 "	2"32 "	3	362,364,366-392	Mätningen avbruten
9.	3"10 "	2"03 "	3	394,396,398	pga mörker
10.-14.	-	-			Regn, stark vind.
15.	4"03 "	2"36 "	2	105-118,120,122,124	

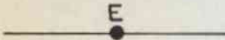
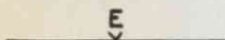
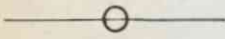
forts.

Dagtid	Total flygtid	Mättid	Område	Flyglinjer	Anmärkning
15.	4h07min	2h25min	3	328,330,332,334,336-361	
16.	3"40 "	2"14 "	3	325-327,329,331,333,335,407-413,415,417,421,423,425,427,429	Mätningen avbruten pga okänd vind
17.	1"17 "	0"06 "	3	414	Lugnt väder vid flygplatsen. Hård vind i mätområdet
18.	3"52 "	2"13 "	1	282,284,286-296,307,309,311,313,315,317,319,321,323	
19.	3"44 "	1"54 "	2	75-104	Magnetometern ur funktion en timme
19.	3"52 "	2"09 "	2		
20.	-	-			Regn,dis,låga moln
21.	3"39 "	2"32 "	3	416,418,420,422,424,426,428,430-460	
22.	3"57 "	2"23 "	1	256,258,260,262,264-281,283,285	
23.	0"41 "	-			Anflygn. avbruten pga förskrämt väder. Under återflygn. provmätning över rasområdet vid Hegra
23.	3"55 "	2"22 "	2	57-74	
24.	-	-			Storm
25.	4"00 "	2"36 "	2	11,13,19-56	
25.	4"00 "	2"33 "			
26.	3"20 "	1"15 "	1,2	249-251,253-255 1-10,12	
27.	-	-			Storm
28.	2"15 "	0"37 "	2	14-18	
29.	1"15 "	0"30 "	1	252,257,259,261,263	
30.	3"10 "	-			Överföring Vaernes - Stockholm
<u>95h57min</u>		<u>50h15min</u>			

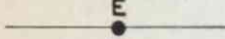
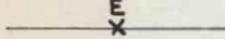
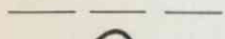
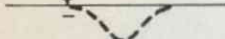
Teckenförklaring till

flygburna elektromagnetiska och magnetiska mätningar vid
SKOROVAS, LIERNE, SNÅSA och GAULSTAD, Nord-Trøndelag Fylke, Norge

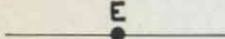
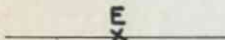
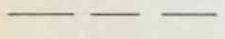
Kartbilagorna 2 A - 12 A:

	Flyglinje med lägesmarkering
	Flyglinje med osäker lägesmarkering
	Ofullständigt undersökt delsträcka
	Elektromagnetisk indikation
	Elektromagnetisk indikation, tydlig
	Indikation sannolikt orsakad av artificiell ledare
	Profilavsnitt med talrika elektromagnetiska störningar. Läget av indikation osäkert.
	Magnetisk indikation Längden av stapeln anger storleken av maximumvärdet, 1 mm = 100γ Siffervärdet (1,7) motsvarar magnetiska bredden

Kartbilagorna 2 B - 12 B:

	Flyglinje med lägesmarkering
	Flyglinje med osäker lägesmarkering
	Ofullständigt undersökt delsträcka
	Reell komponent
	Imaginär komponent

Kartbilagorna 2 C - 11 C:

	Flyglinje med lägesmarkering
	Flyglinje med osäker lägesmarkering
	Ofullständigt undersökt delsträcka
	Magnetisk anomali Höjdskala: 1 mm ~ 100γ

SOME PRACTICAL RESULTS OF AIRBORNE
ELECTROMAGNETIC PROSPECTING IN SWEDEN

BY

G. TÖRNQVIST

Reprinted from:

GEOPHYSICAL PROSPECTING, Volume VI (1958) No. 2

SOME PRACTICAL RESULTS OF AIRBORNE ELECTROMAGNETIC PROSPECTING IN SWEDEN *

BY

G. TÖRNQVIST **

ABSTRACT

In 1956 a total profile length of about 10,000 kilometers was surveyed in Sweden by a new airborne electromagnetic method. The purpose of the survey was to direct ground parties to areas where conducting ore bodies (sulphides etc.) might be found and to eliminate barren ground. In this method an electromagnetic rotating field is used and the variations in both the real and imaginary components of the applied field are measured. The airborne work can be done with one plane towing a bird on a long cable or with two planes without cable connection. The two-plane method has proved to have definite advantages over other methods, as shown by practical examples. The relation between the magnitude of the anomaly over background noise in relation to the flying altitude and the transmitter-receiver distance is demonstrated, as well as different types of anomalies obtained. The use of this airborne method for the mapping of shallow structures in oil field terrains is discussed.

The equipment for the ensuing electromagnetic ground investigations is briefly described and examples are given of anomalies obtained.

The application of the airborne method to geophysical prospecting for ore and oil appears as a logical result of the modern endeavour to increase the speed and reduce the costs of all industrial undertakings. Aeromagnetic surveying can already be considered as a rather well-established method, but in electromagnetic prospecting the principles and technique of the airborne work are still under discussion.

In ground work the best known electromagnetic methods are based on the principle of compensation. An audio frequency alternating primary field is set up by means of a transmitting system comprising a solenoid, a cable loop or a straight grounded cable which is excited by an alternating current flow. The lines of force of the primary field penetrate into the rock and give rise to eddy currents in any electrical conductor therein. The field produced by such eddy currents has the same frequency as the primary field but may be more or less out of phase with the latter. The secondary field will cause local disturbances of the primary field and the corresponding anomalies can be

*) Presented at the Twelfth Meeting of the European Association of Exploration Geophysicists, held in Brussels, 5-7 June 1957.

**) AB Elektrisk Malmletning, Sweden.

detected by comparing the voltage induced by the total field in a receiving coil with a reference voltage transmitted by cable from the transmitter. When a solenoid is used as the transmitting coil it is very important that the mutual orientation and distance is determined with great accuracy since, for example, even a one per cent error in the distance will involve a three per cent error in the amplitude of the field being measured.

THE ROTARY FIELD METHOD

For methods which have been proposed for carrying out electromagnetic prospecting from aircraft the mutual changes in orientation and distance have involved great difficulties. The variations will necessarily be relatively great between an airborne transmitting coil mounted in an aircraft and a receiving coil towed behind the aircraft and, as mentioned, the amplitude of the field is very sensitive to the distance. A system of fixed interlocated coils is on the other hand impractical to use because the distance between the coils is too small compared with the necessary altitude of flight. To overcome these difficulties very complicated arrangements involving a plurality of transmitting and receiving coils, "correction coils", follow up control of transmitting and receiving coil etc. have been suggested. When recording only the phase angle there is no great technical problem but the resolving power of the method will then be substantially reduced. The simplified and improved method for airborne electromagnetic prospecting which has been used in Sweden and Canada for a year was invented by Hedström and Tegholm¹⁾. It is primarily characterized by the production of a rotating magnetic field and the anomalies produced in this field by electrical conductors within the area of exploration are recorded.

A rotating magnetic field is formed when a magnetic dipole is rotated about an axis at right angles to the magnetic axis. In practice the field is produced in the following way (Fig. 1). The transmitting unit comprises two identical coils (Nos. 2 and 3), which are disposed at right angles to each other, and connected by current-controlling and phase shifting devices (4 and 5) to an oscillator (1) in such a manner that the currents in the coils are 90° out of phase with each other. The electromagnetic field produced will then be circularly polarized, i.e. will be of equal strength in all directions perpendicular to the line of intersection Z-Z between the planes of the two coils, which is the same as the axis of rotation. The receiving device also comprises two coils (6 and 8 in fig. 2) one mounted vertically and one horizontally. The axis of rotation of the transmitting coil system (Z-Z in Fig. 1) is directed towards the receiver. The common axis of the receiving coils should also be maintained oriented towards the transmitter as closely as possible. The two

¹⁾ Can. Pat. 528643, US Patent 2,794,949, French Patent 1.155.475, etc.

coils of the receiving system are connected through amplifiers 11 and 12 (Fig. 2) to phase shifting networks 13 and 14, which produce a differential phase shift of 90° between the voltages induced in the two coils. It is characteristic of the rotating field that the difference between the magnitudes of the voltages from coils 6 and 8 will be zero for all distances between transmitter and receiver

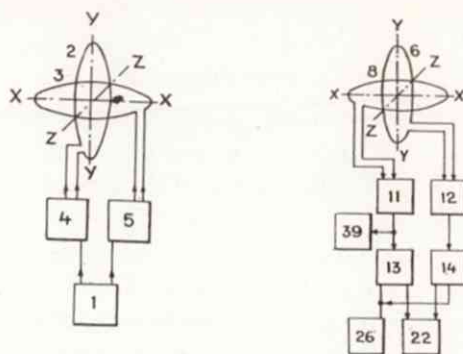


Fig. 1. The transmitting unit for the rotating magnetic field. 1 = oscillator, 2 and 3 = transmitting coils disposed at right angles to one other, 4 and 5 = current-controlling and phase shifting devices.

Fig. 2. The receiving unit for the rotating magnetic field. 6 and 8 = vertical and horizontal coils, 11 and 12 = amplifiers, 13 and 14 = phase shifting devices, 22 and 26 = amplitude and phase recorders, 39 = distance indicator.

as long as there is no secondary field from subsurface conductors (or atmospheric disturbances). Also the phase angle will be zero after the above-mentioned phase shifting operation. Thus, after the phase shifting the two normal voltages will be balanced against each other. The amplitude of an unbalanced voltage induced by a secondary field is continuously recorded by recorder 22 in Fig. 2. The phase angle between the voltages after the phase shifting operation is again recorded by the automatic recorder 26. The secondary field from a subsurface conductor will change the normal field in vertical coil 6 so little that the voltage induced in this coil can be used as a measure of the normal field. Thus, the unbalanced voltage is caused by induction of the secondary field in horizontal coil 8, and this field can be expressed in per cent of the normal field, in a manner which is remarkably independent of the distance between transmitter and receiver. Variations in distance will only change the scale factor for the registration.

Unit 39 in Fig. 2 is an indicator which is associated with coil 8 and arranged to operate in response to the amplitude of the voltage induced in that coil. Since the amplitude of the induced voltage varies inversely as the third power of the distance between the transmitting system and the receiving device, the indicating unit constitutes a suitable means of determining this distance.

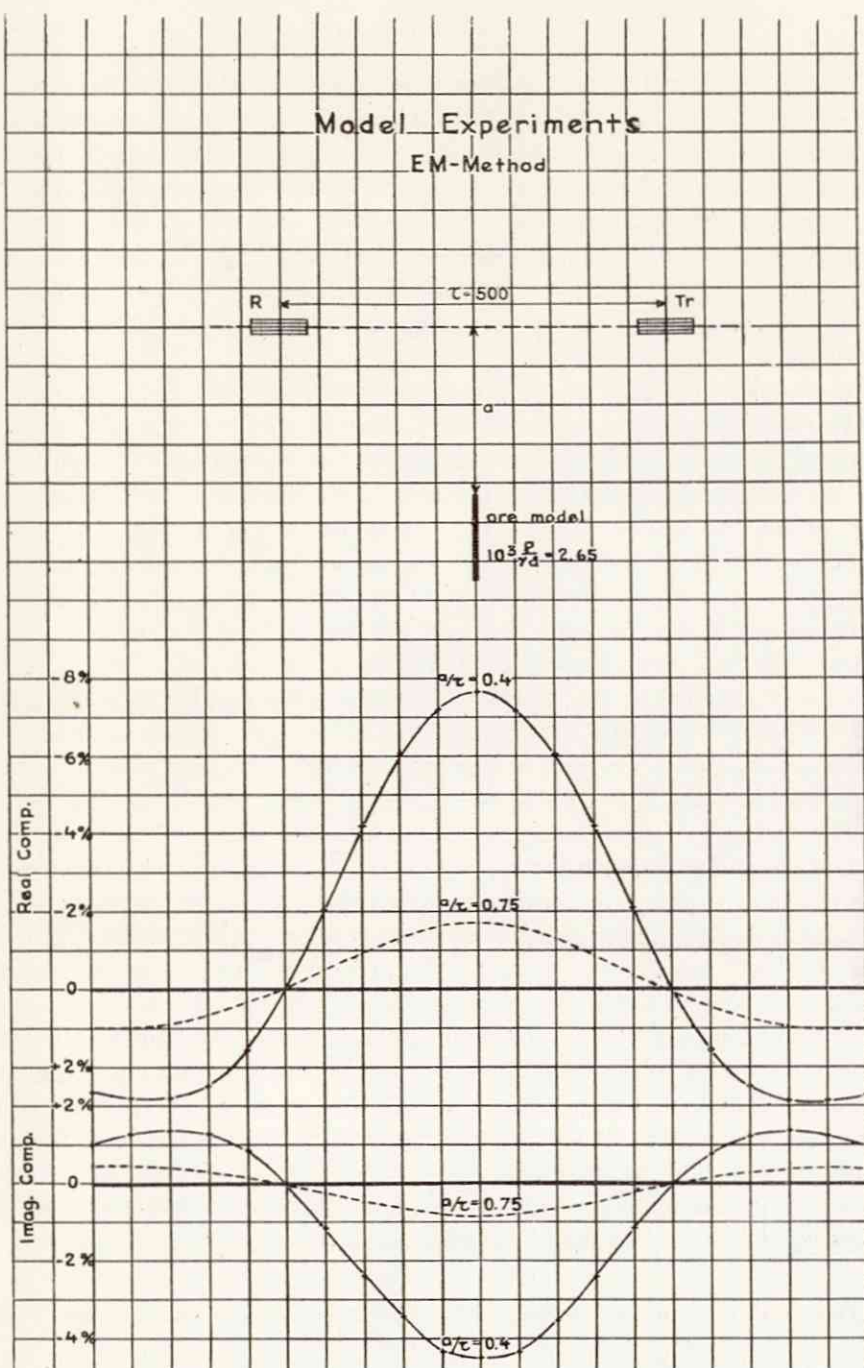


Fig. 3. Typical electromagnetic anomaly over a vertical ore-body. The transmitter and receiver are simultaneously moved and the vertical field components are recorded at two different heights.

THE AIRBORNE WORK

With the transmitting unit mounted in an aircraft the receiving coils can be mounted in a bird towed by the same aircraft. On account of the character of the rotary field, rotational movements of the bird about the Z-axis will cause no change in the phase or amplitude values. Angular displacement of the receiving device about the other axis will only reduce the amplitude value by the cosine of the angle of displacement. As discussed above, variations of the distance between the receiver and the transmitter are practically completely compensated for by the balancing of the two normal voltages induced in coils 6 and 8.

The method of a bird towed on a long cable has however some definite disadvantages. Successful flights can be performed only in rather calm weather, Strong or even moderate wind or bumpy weather necessitate the flight to be done on a higher level otherwise the bird might hit the ground. The "noise level" of the registration will also increase under such condition. For successful flights the relation between the size of anomalies and disturbances has to be kept above a certain minimum. As to the size of anomalies this depends mainly on the relation between the flight altitude and the transmitter-receiver distance. Fig. 3 shows a typical anomaly over a vertical ore body. It demonstrates how the size of the anomaly decreases very rapidly with increasing ratio a/τ , that is, the ratio between the vertical distance to the ore body and the transmitting distance. This is true both for the in-phase or real component (amplitude) and the out-of phase or imaginary component of the electromagnetic field. If we only consider the maximum value of the field vectors for different cases diagrams similar to that given in Fig. 4 can be constructed¹⁾. With the receiver in a bird towed on a long cable the coil arrangement shown is obtained. A cable length of 150 m or 500 ft is in common use. The "drop-in" of the bird will amount to 150-200 ft. To prevent the bird from hitting the ground when contour flying over rugged terrain an altitude of at least say 400 ft has to be maintained. The ratio a/τ will therefore exceed 0.6 and easily reach 0.8 or even 1.0. It can be seen from the vector diagram that the imaginary component in that case does not exceed 2%, which corresponds to a maximum phase shift of about 1.2° . This reasoning indicates that successful recording can be done only in calm weather when the background noise is small. Also that for $a/\tau > 0.8$ the maximum anomaly obtainable in the imaginary component will be 0.75 % or only 0.4° in the phase whereas for good conductors the in-phase

¹⁾ This diagram forms part of one of the numerous diagrams made up by ABEM on the basis of extensive model experiments. Regarding the principle of the vector diagram for electromagnetic fields, compare K. Sundberg-H. Hedström: Structural Investigations by Electromagnetic Methods. World Petroleum Congress, London 1933.

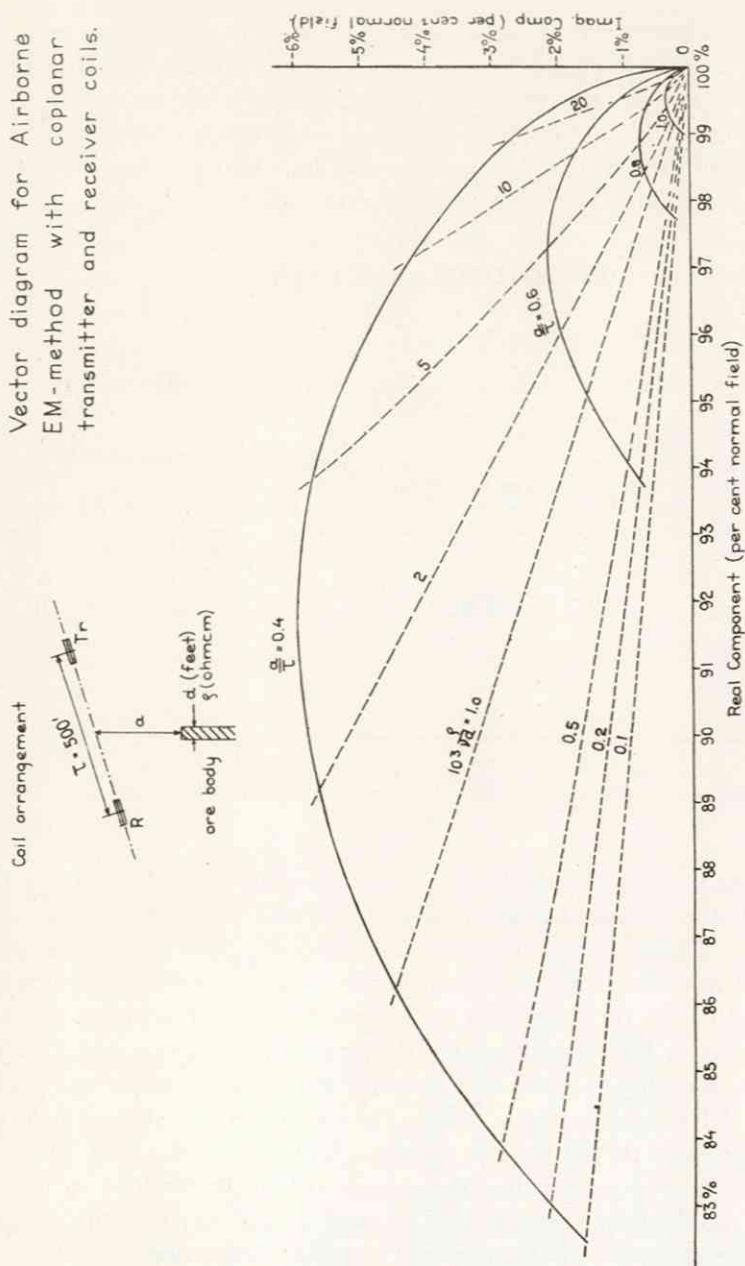


Fig. 4. Diagram giving maximum anomaly in real and imaginary field components at different altitudes and for different conduction bodies. Coplanar transmitting and receiving coils. (One-plane system).

anomaly will be 2%, with an insignificant phase anomaly. The induction value $10^3 \cdot \rho/vd = 0.5$ corresponds at 880 c.p.s. to a 15 ft wide ore body with a resistivity of 6.6 ohm cm. It is further evident that the anomalies caused by vertical lodes

can be made to stand out more clearly only by increasing the separation between the transmitter and the receiver in respect to the flying altitude. This is impossible to accomplish with the method of trailing a bird on a cable. Longer cable needs higher altitude and gives higher noise level. On account of the character of the rotating field it can, however, be done by using two aircraft, one for the transmitting and one for the receiving unit.

Two-plane system

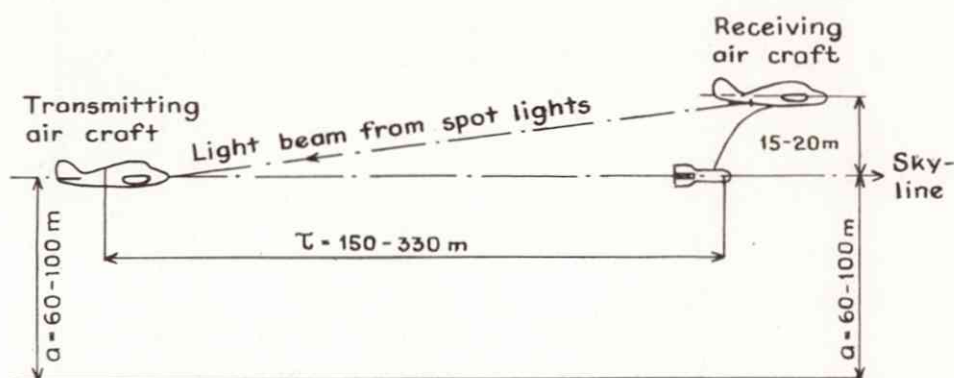


Fig. 5. Principle of the airborne electromagnetic method using the rotary field and the two-plane system.

Fig. 5 shows the method which has been successfully used. The leading plane which carries the receiver has the bird with the coils hanging on a cable only 30 m long and the following plane with the transmitter flies at the same height as the bird. Under the belly of the first plane there are spot lights which shine backward with a steady light when the distance between the planes is correct. That distance can be chosen to any value from 150 m up to 330 m. With a system of winking light signals it is easy for the pilot in the second plane to keep the predetermined distance reasonably correct. As mentioned before the distance is in no way critical for the recording. When the first plane flies at an altitude of 100 m, which can be done without difficulties with such a short cable, the depth penetration will be very satisfactory and the anomalies of outcropping ore bodies (under a normal layer of overburden) may be almost ten times larger than with the one-plane system. For instance, a 270 m separation will, when flying at 100 m altitude, give a maximum depth of detection for vertical ore bodies of $0.8 \cdot 270 = 85$ ($a/\tau = 0.8$, drop-in of bird about 15 m) or about 130 m under the ground surface. Another advantage with the

two-plane system is that the measurements can be carried out as soon as the weather permits low altitude flying.

PRACTICAL RESULTS

The airborne survey, which was carried out by ABEM in Sweden in 1956 with the rotary field method comprised about 10,000 km of profile. The lines were flown with a mutual distance of 250 m, partly with one plane towing a bird and partly with the two-plane method. The advantage of the latter method is shown by the registrations compared in Fig. 6. With a cable

AIRBORNE EM-SURVEY, PROFILE G-A₂

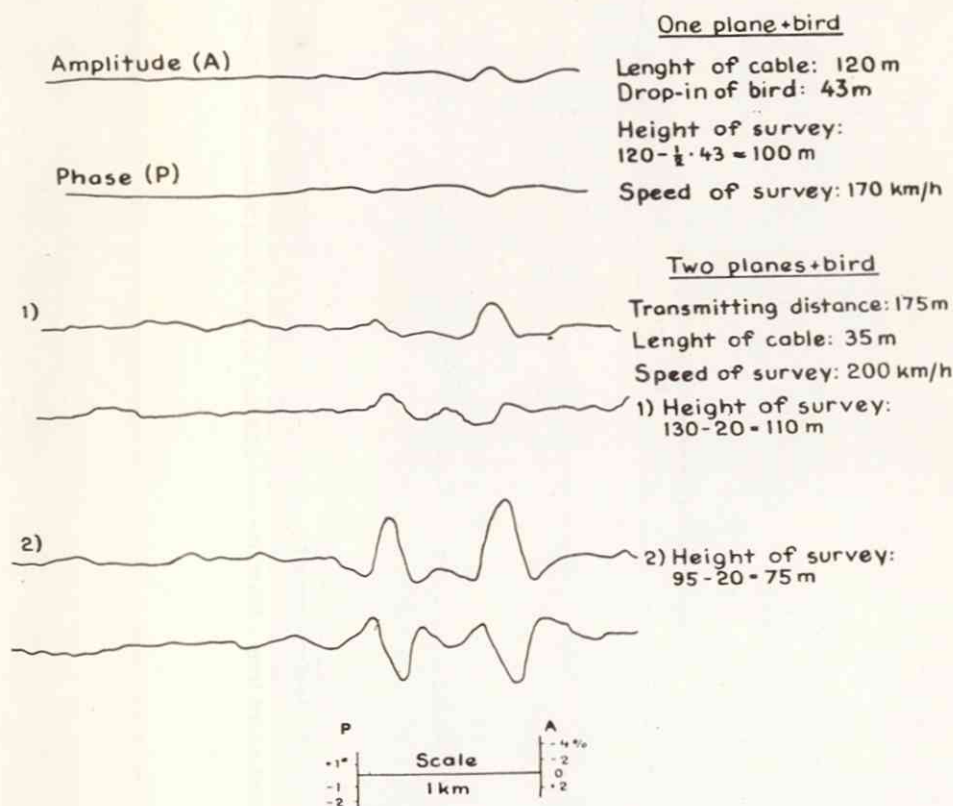


Fig. 6. Three airborne registrations over the same conductors showing the increase of anomaly when changing from the one- to the two-plane system as well as the influence of flight altitude on the size of indication.

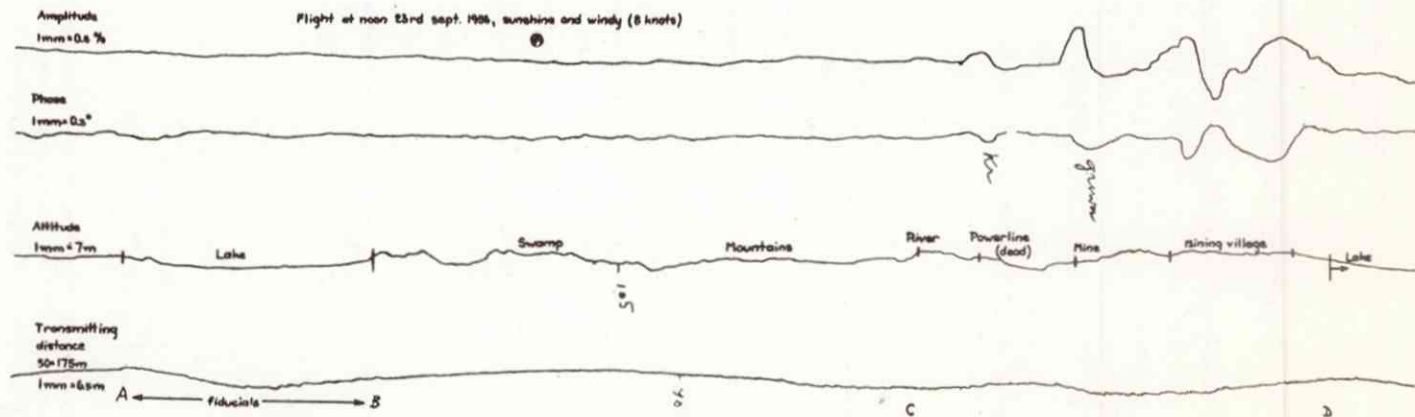


Fig. 7. A copy of an actual record, reduced to a scale of $1:2\frac{1}{2}$, from a flight line over different topographical features. No influence from the lake, the swamp, or the river noticeable.

length of 120 m and an altitude of 120 m of the plane, which corresponds to about 100 m for the mean height of the transmitter and the receiver the indications are scarcely recognizable (two uppermost lines). With two planes and a bird at a height of 110 m and a transmitting distance of 175 m the anomalies are much more pronounced. When the altitude was reduced by 35 m the anomalies increased considerably and reached 6 to 8 % in the amplitude and more than 3° in the phase. Much higher background noise could be tolerated in the last case.

The question might arise that the method is too sensitive so that the variation in the composition of overburden, or other topographical features, would cause too many indications. This is not the case, at least not in the geological surroundings like those in Sweden where generally nonconductive bedrock is overlain by moraine and other quaternary deposits. The record in Fig. 7 is an example of a typical registration. The line flown crosses a lake, a swamp, mountains, and a river and no anomalies exceeding regular background noise were registered. A dead powerline, a mine in operation and the village cause weak to pronounced disturbances.

In this connection the importance of the measurement of the in-phase component must be stressed. If variations in the conductivity or the thickness of overburden cause an anomaly this will be practically only in the phase. As a rule the resistivity of the overburden is of the order of 100 ohmmeters or more. Experiments have shown that in the worst case a variation in thickness of 20 m might cause a phase anomaly of up to 0.8° whereas the amplitude anomaly is always less than 0.2 %.

The indications obtained during the airborne survey were followed up by ground parties. The reconnaissance was made with an EMG-equipment and the detailed work with the Turam. The EMG consists of an oscillator, a transmitting coil and a receiving coil both in the form of staffs, and a compensator unit. The Turam method differs from the EMG mainly in that the primary field is sent by a fixed cable connected to a generator and the field variations in respect to amplitude and phase are measured with two interconnected coils or staffs. Also here the equalization of the induced voltages is made in a compensator. Fig. 8 shows the results of both airborne and ground surveys. At a distance of about 500 m from a mineralization already mined, another anomaly was obtained in the airborne work. The conductor was pin-pointed with measurements on ground. At the bottom the interpretation of the electromagnetic survey and the results of the drilling are given.

Another example of airborne indications which have been followed up by ground investigations and drilling is shown in Fig. 9. The two mineralized zones, about 50 m apart, which were disclosed by the ground survey have given only one anomaly. From this example it is evident that drilling cannot

AIRBORNE EM-SURVEY, PROFILE G-C

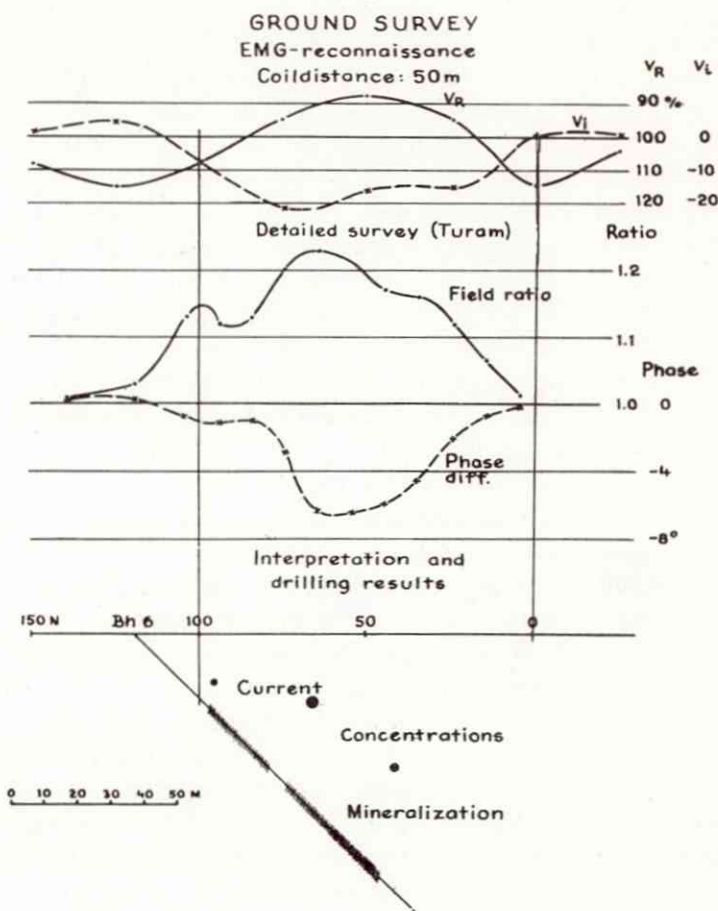
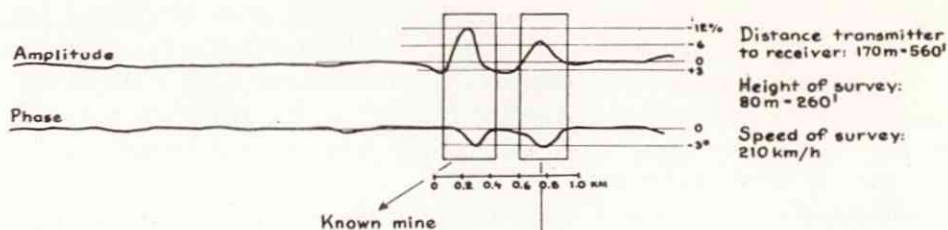


Fig. 8. Results of an airborne survey, which has been followed up on the ground by electromagnetic surveys and drilling.

be performed straight from airborne surveys but only after detailed work on the ground.

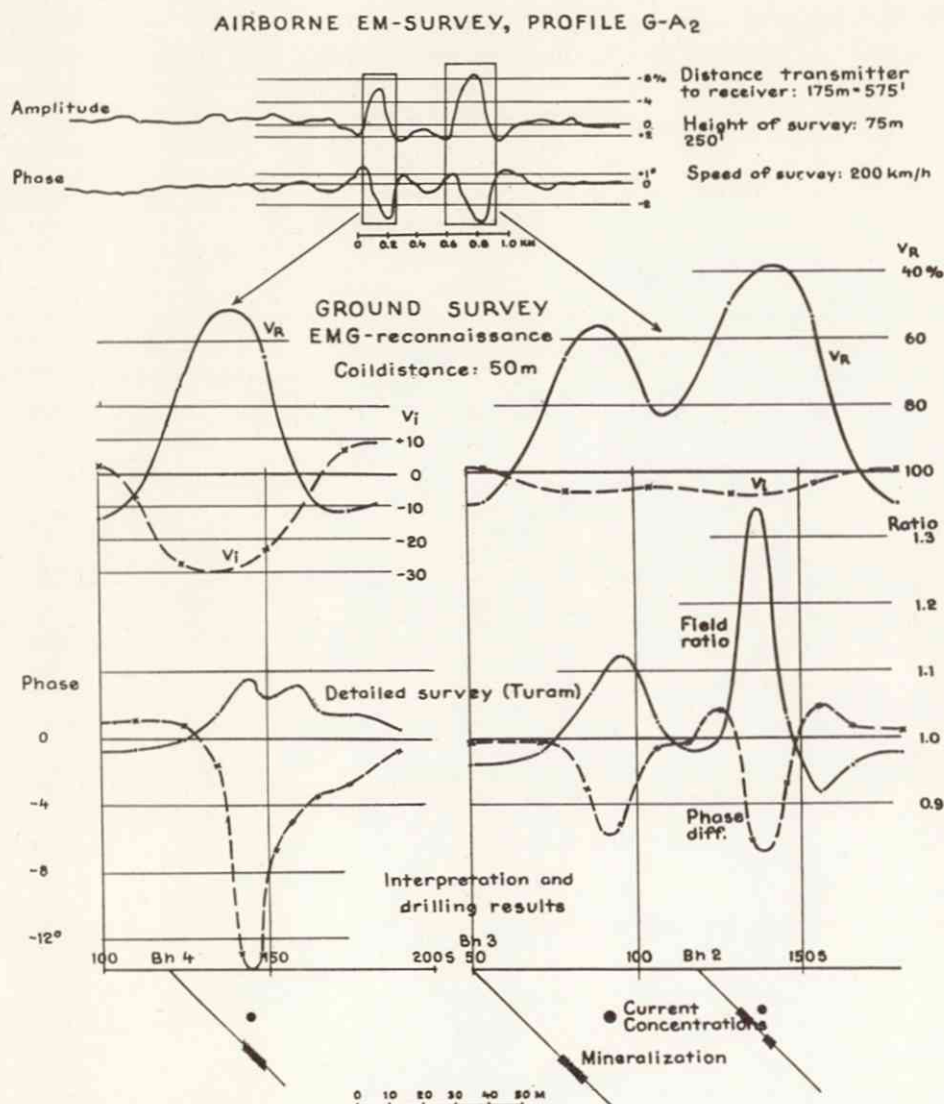


Fig. 9. A typical example of electromagnetic anomalies obtained in an airborne survey and confirmed by ground surveys with the EMG and Turam equipment and by drilling. Note that the right hand indication corresponds to two mineralized zones about 50 m apart.

APPLICATION OF THE ROTARY FIELD METHOD FOR THE MAPPING OF TECTONICS

Theoretical considerations and laboratory measurements indicate a possible application of the airborne method for the mapping of tectonics. To the left in Fig. 10, once again the vector diagram for the maximum anomaly over vertical ore bodies is shown, this time for the rotary field and with the coils

Airborne Rotary Field method

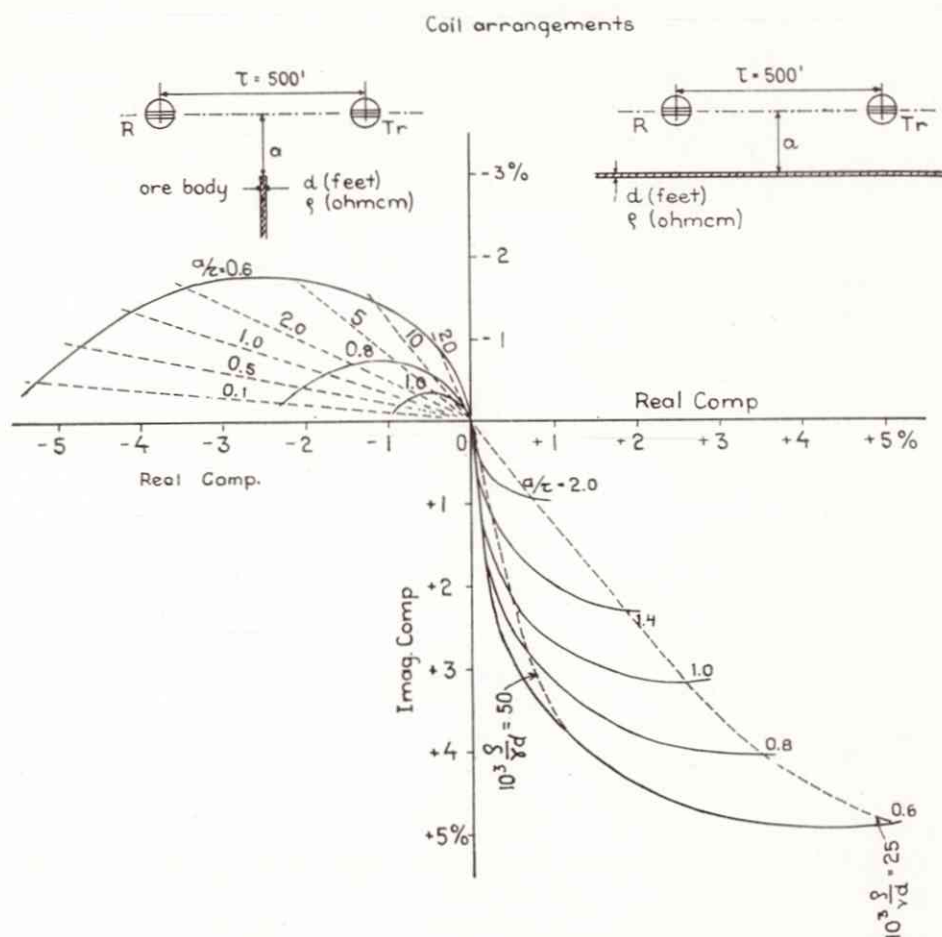


Fig. 10. Diagram based on laboratory measurements showing size of maximum anomaly in the real and imaginary component to be obtained with the airborne rotary field method over vertical and horizontal sheetlike conductors. The diagram is valid for different relations between flying altitude and transmitting distance a/τ and for different induction values $10^3 \rho / v d$ (ρ = resistivity, v = frequency, d = thickness in feet).

at the same height. The induction value varies from 0.1 to 20 sec. ohm cm/foot, giving different relations between the real and imaginary components. (If we use a frequency of 1000 c.p.s. and take a thickness of 10 feet the values 0.1 and 20 correspond to a resistivity of 1 ohmcm and 200 ohmcm, respectively). To the right in the same figure the anomalies over a horizontal layer are given. As regards this part it should first of all be noted that the sign of the anomaly is positive for both components.

As mentioned before the overburden causes a very small disturbing effect, if any at all, in ore prospecting with the rotary field method (induction value greater than 100 sec. ohm cm/foot). In sedimentary formations a certain horizon might, however, have a resistivity of 50 ohmmeters and a thickness of say 60 meters. The induction value will in that case be equal to 25 sec. ohm cm/foot. If we follow the line for 25 in the diagram we see that a change of the a/τ -value from 0.6 to 1.4 will reduce the anomaly in both components by about 60 % (from 5 % to about 2 %). If instead of 500 feet between the transmitter and receiver, we use double the distance we can allow the conducting horizon to have half the thickness or twice as high resistivity and still obtain the same result.

We arrive at the following conclusion: A relatively thick layer with a reasonably good conductivity (induction value less than 50 sec. ohm cm/foot) can, under favourable conditions, be traced down to a depth under the surface of 350 m or even more when flying with two planes at a separation of 300 m. A variation of 50 m in the depth will give an effect of roughly 0.5 % in either component of the rotary field. The resolving power is so far rather limited compared with the seismic reflection method, but it appears that for locating and mapping of near-surface structures which have a pronounced relief the airborne electromagnetic method should be considered as a valuable tool. Further developments to increase the accuracy of the method are under consideration. Clayey layers with electrolytes will of course be the easiest object for prospecting.

CONCLUSIONS

The advantages of the new airborne electromagnetic method with the rotary field and two planes can be summarized as:

- (1) great resolving power on account of the recording of both components of the field;
- (2) outstanding anomalies over ore bodies which are near to the ground surface;
- (3) very satisfactory depth penetration and
- (4) great efficiency and comparatively low costs on account of "all weather" flying.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author is indebted to AB Elektrisk Malmletning, Stockholm, for permis-

sion to publish the results presented in this paper. Thanks are due to Mr. Helmer Hedström and Mr. D. Parasnis for their help and criticism during preparation of the paper.

DISCUSSION

A. SCHLEUSENER: What distances between transmitter and receiver are used in the Slingram outfit and what depth penetration is reached?

G. TÖRNQVIST: The EMG investigation is usually carried out with a distance of 40-60 m between the transmitter and receiver. Occasionally a larger distance (75-80 m) is considered necessary. As shown in the example (fig. 3) a vertical ore body can be traced down to a depth of 0.75 times this distance. With 80 m between the transmitter and receiver the depth penetration is thus about 60 m. For *horizontal* sheetlike bodies the depth penetration is about twice as much.

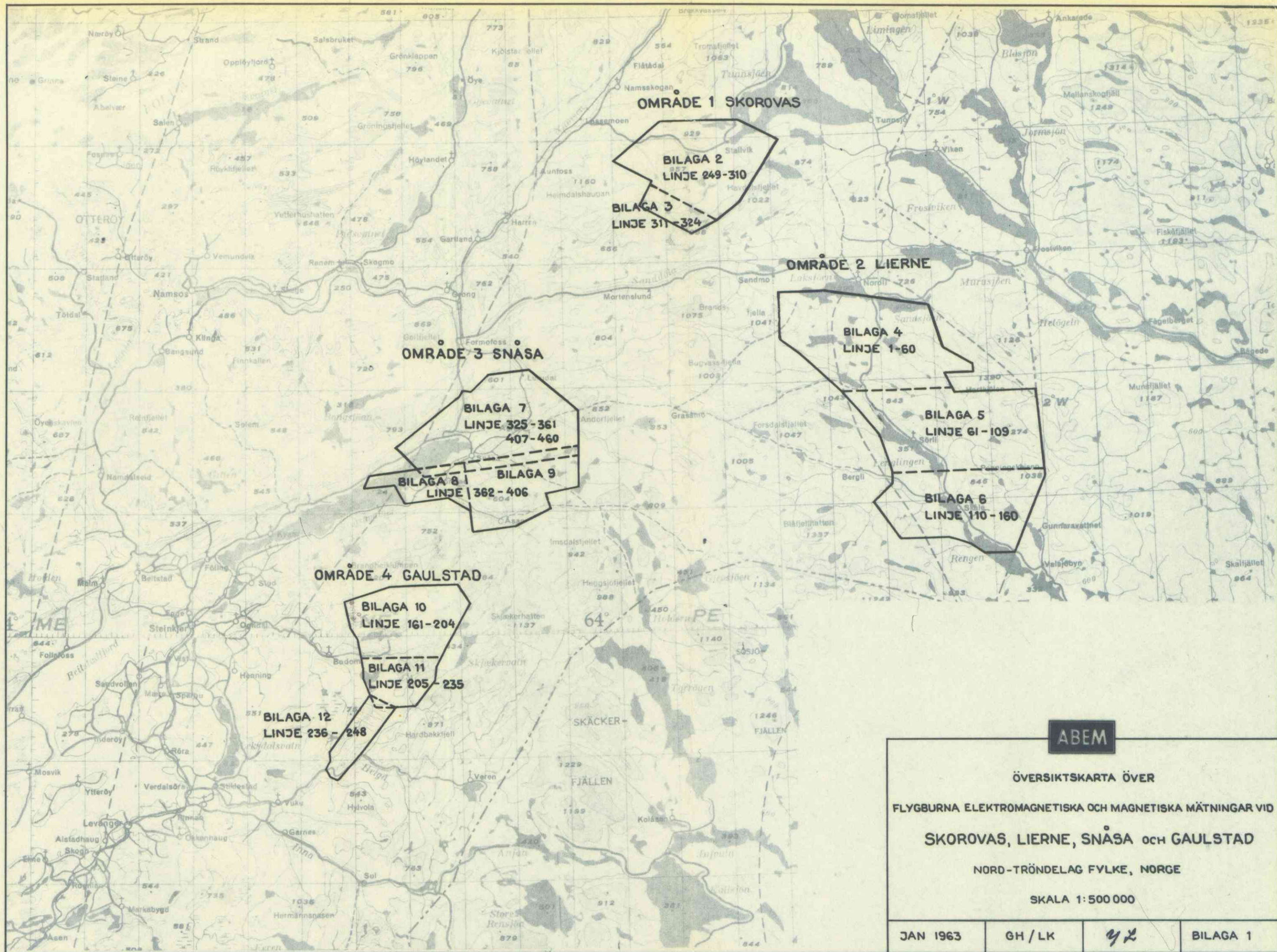
J. BREUSSE: J'aimerais poser une question sur la profondeur d'investigation réellement atteinte par les méthodes électromagnétiques aéroportées pour la recherche des minerais conducteurs. Il vient d'être affirmé que cette profondeur d'investigation atteignait 350 mètres. Or, il est bien connu que ces méthodes utilisées à la surface du sol ont une profondeur d'investigation bien moindre, quelques dizaines de mètres seulement. Il y a donc là une anomalie que la publication d'exemples se rapportant à des découvertes profondes permettrait de trancher.

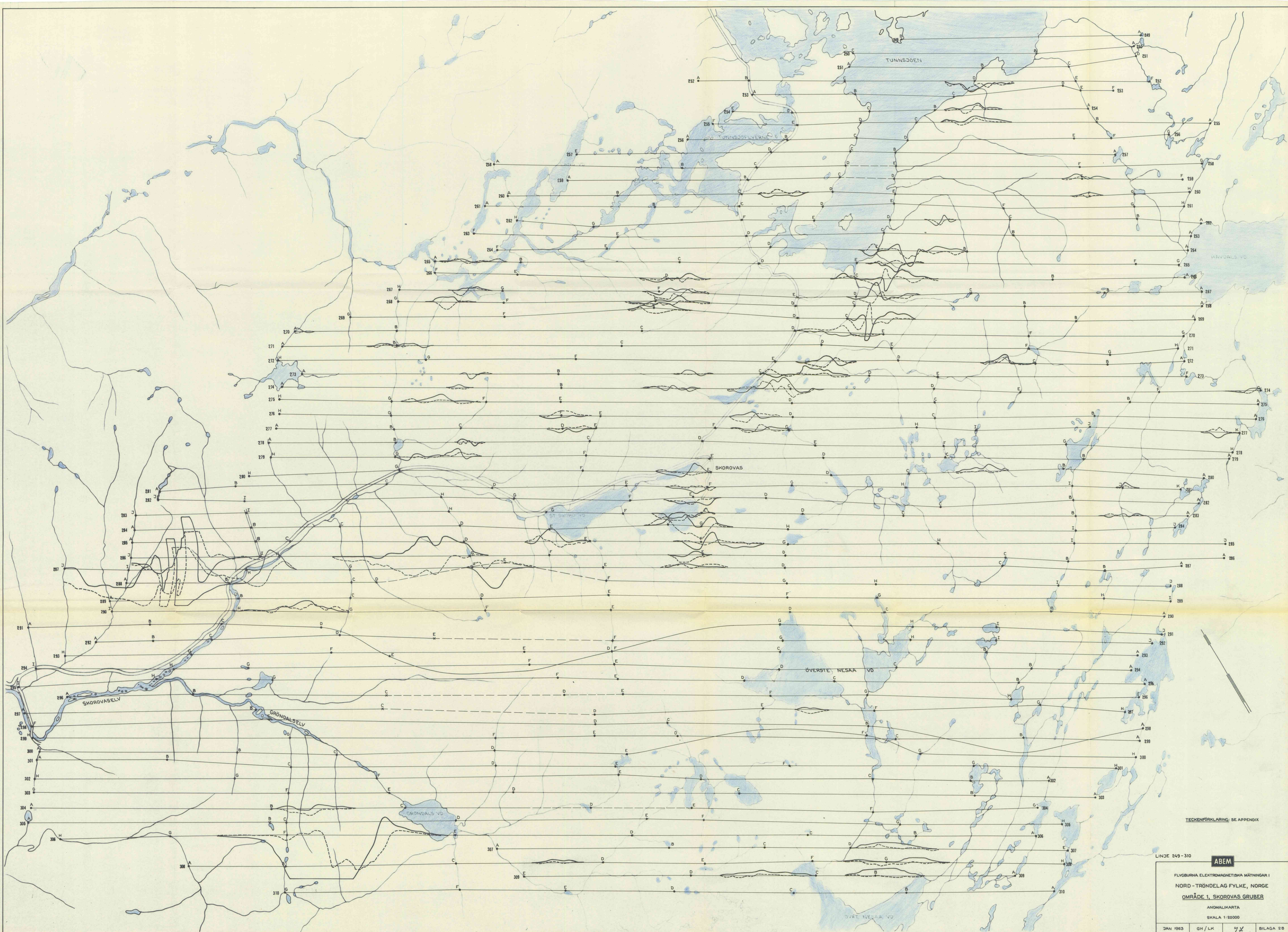
G. TÖRNQVIST: The depth penetration of electromagnetic ground methods using Turam or Compensator equipment with a long cable on the transmitting side is well-known to exceed 150 m. (A publication by Hedström in "Kosmos", 1945, shows an actual case where a narrow orebody of small pitch was located by Turam work down to a depth of 180 m.) For the Slingram or EMG method the depth penetration depends on the distance between the transmitting and receiving coils. If this distance is 40 m, the depth penetration (for vertical conducting bodies) can be said to be some tens of metres, that is, about 30 m. In the airborne two-plane method the separation between the transmitter and receiver can be made much larger (260 m or more) and the depth reached under the plane of observation will then be 6-7 times greater or about 200 m.

More or less horizontal orebodies can be traced down to about twice this depth, that is, to 300-350 m under the surface.

Recently a successful test survey over a known orebody extending from 100 to 250 m under the surface has been performed under the supervision of the Geological Survey of Sweden. The results will be published in the near future.

To use distances up to 300 m between the transmitter and receiver in ground EMG-work is impractical (too heavy equipment etc.). For deep investigations the Turam and Compensator equipment with fixed transmitting system are used





TECKENFÖRKLARING: SE APPENDIX

LINJE 249-310

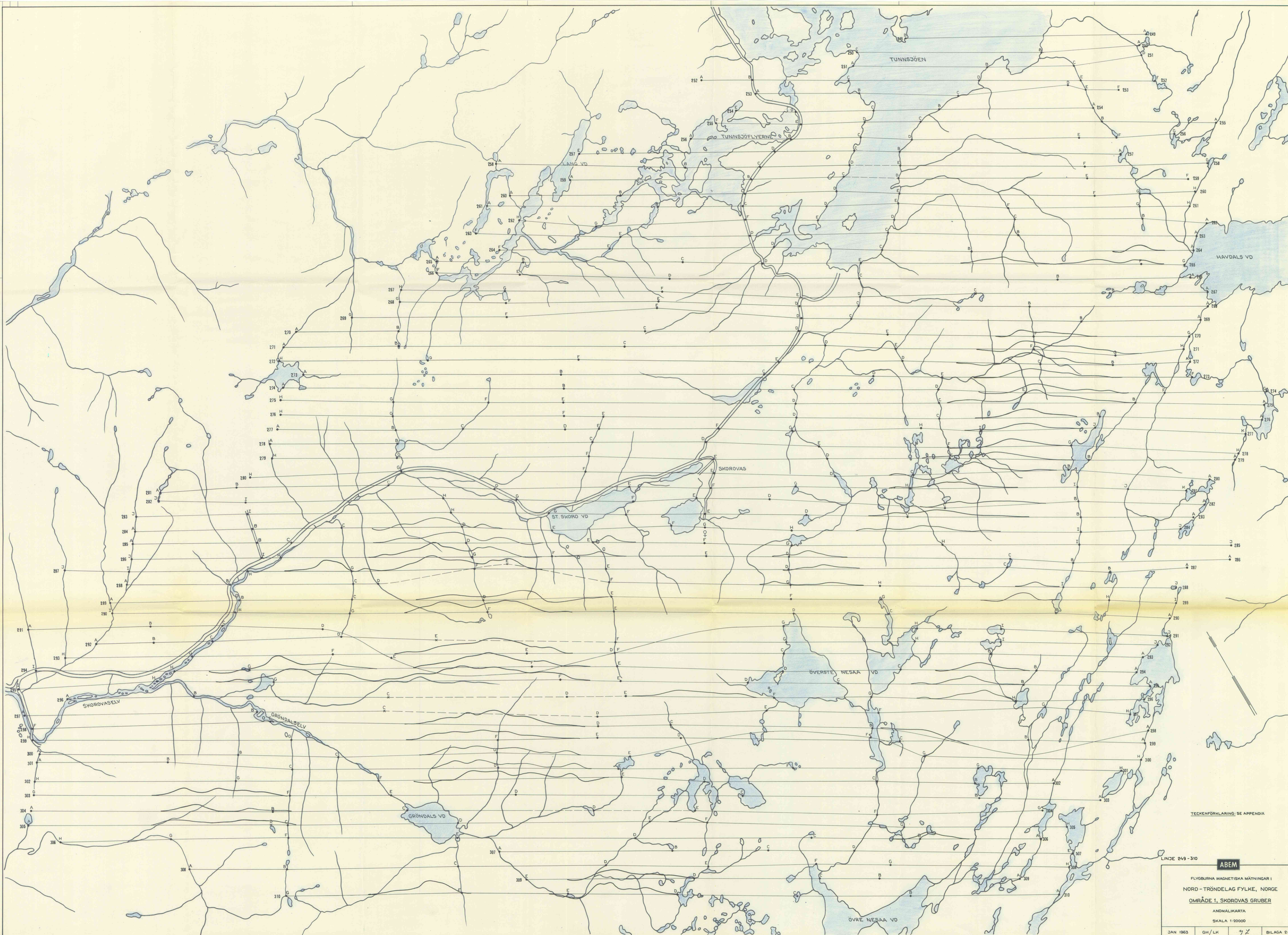
ABEM

FLYGBURNA ELEKTROMAGNETISKA MÄTNINGAR I
NORD-TRÖNDELAG FYLKE, NORGE
OMRÅDE 1, SKOROVAS GRUBER

ANOMALIKARTA

SKALA 1:80000

JAN 1963 GH/LK 7/2 BILAGA 28



TECKENFÖRKLARING: SE APPENDIX

LINJE 249 - 310

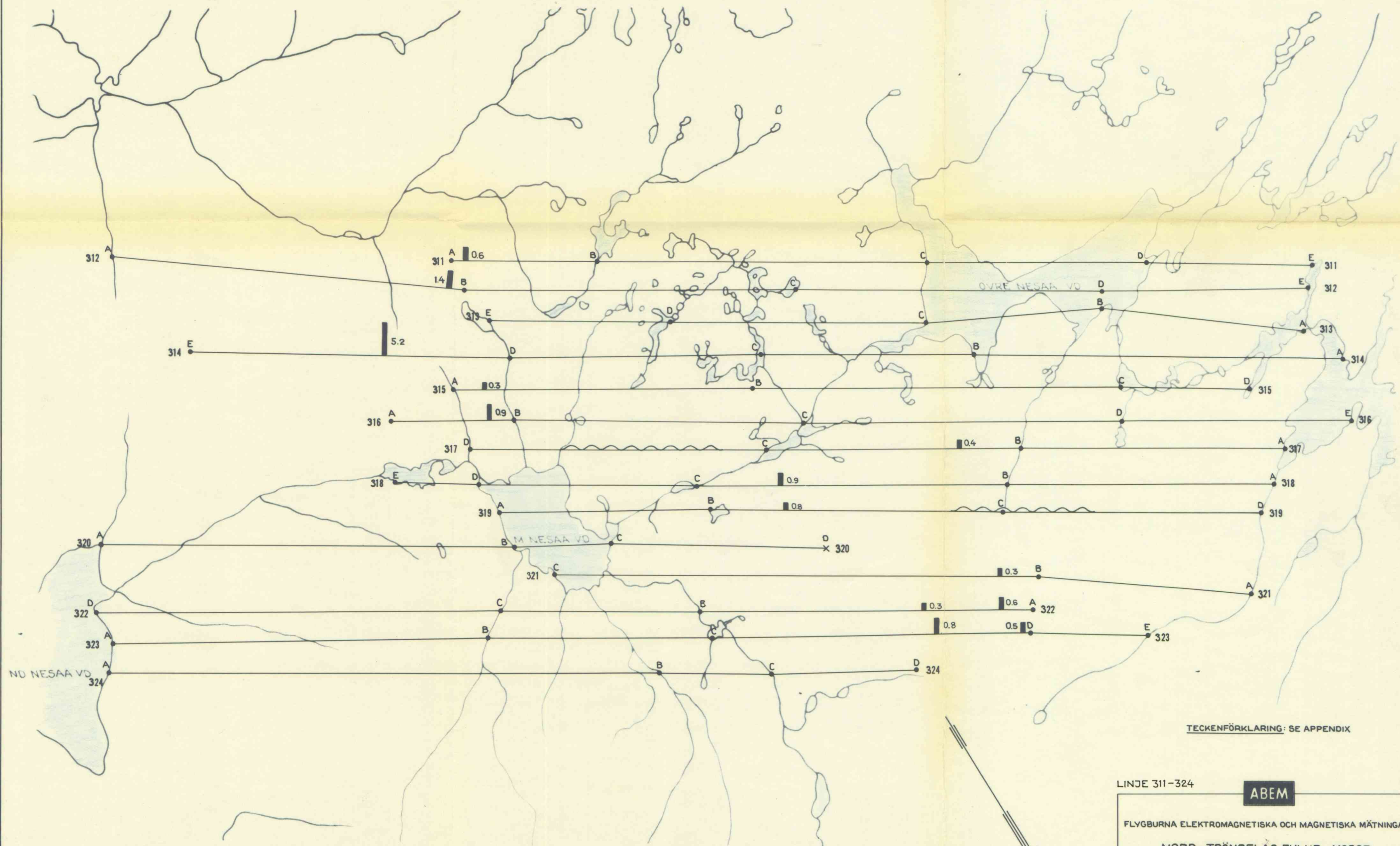
ABEM

FLYGBURNÄ MAGNETISKA MÄTNINGAR I
NORD - TRÖNDELÄG FYLKE, NORGE
OMRÅDE 1, SKOROVAS GRUBER

ANDMALIKARTA

SKALA 1:20000

JAN 1963 GH/LK 72 BILAGA 2C



TECKENFÖRKLARING: SE APPENDIX

LINJE 311-324

ABEM

FLYGBURNA ELEKTROMAGNETISKA OCH MAGNETISKA MÄTNINGAR I

NORD-TRÖNDELÄG FYLKE, NORGE

OMRÅDE 1, SKOROVAS GRUBER

TOLKNING AV MÄTRESULTAT

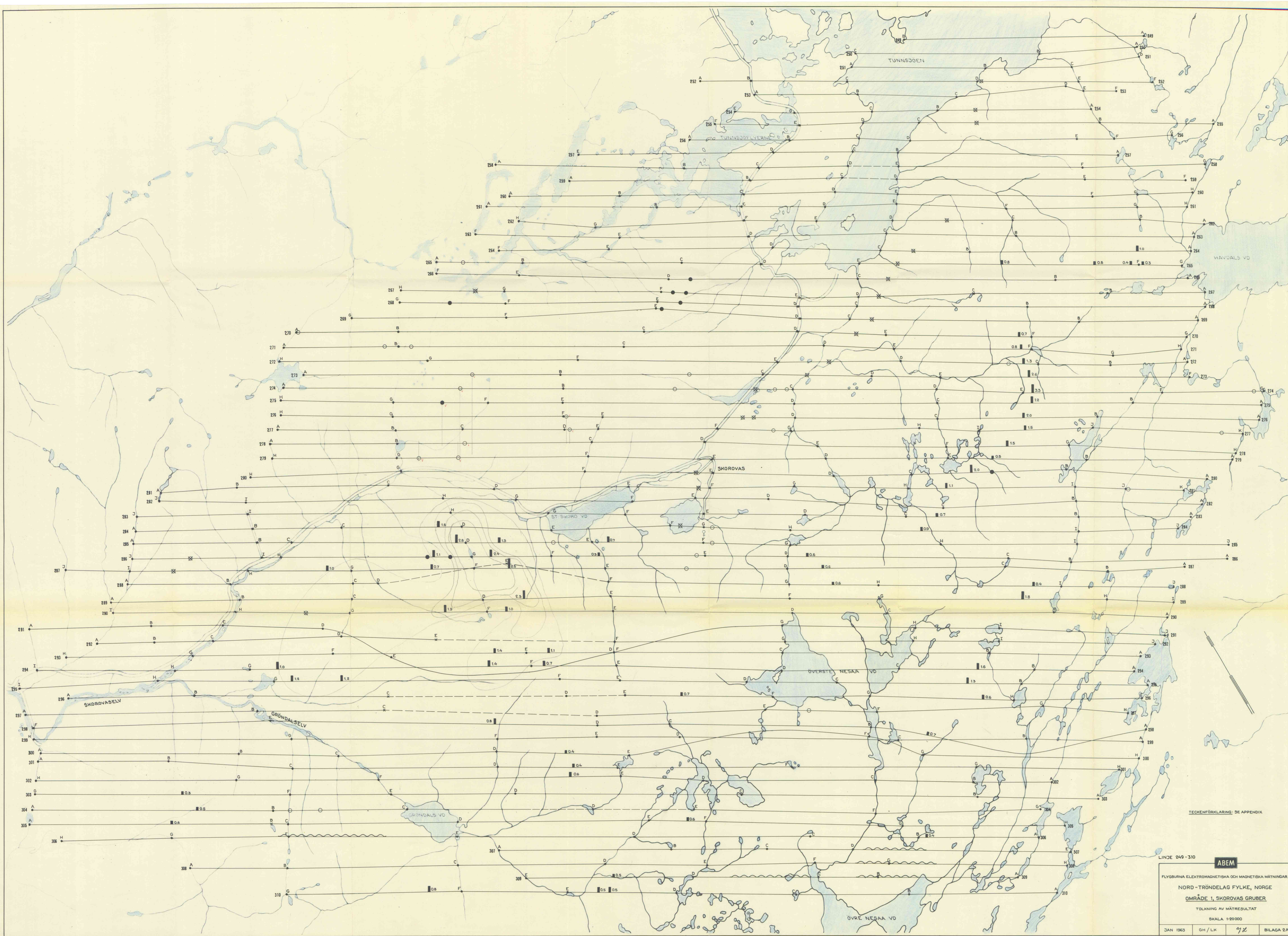
SKALA 1:20000

JAN 1963

GH / LK

72

BILAGA 3A



TECKENFÖRKLARING: SE APPENDIX

LINJE 249 - 310

ABEM

FLYGBURNÄ ELEKTROMAGNETISKA OCH MAGNETISKA MÄTNINGAR I

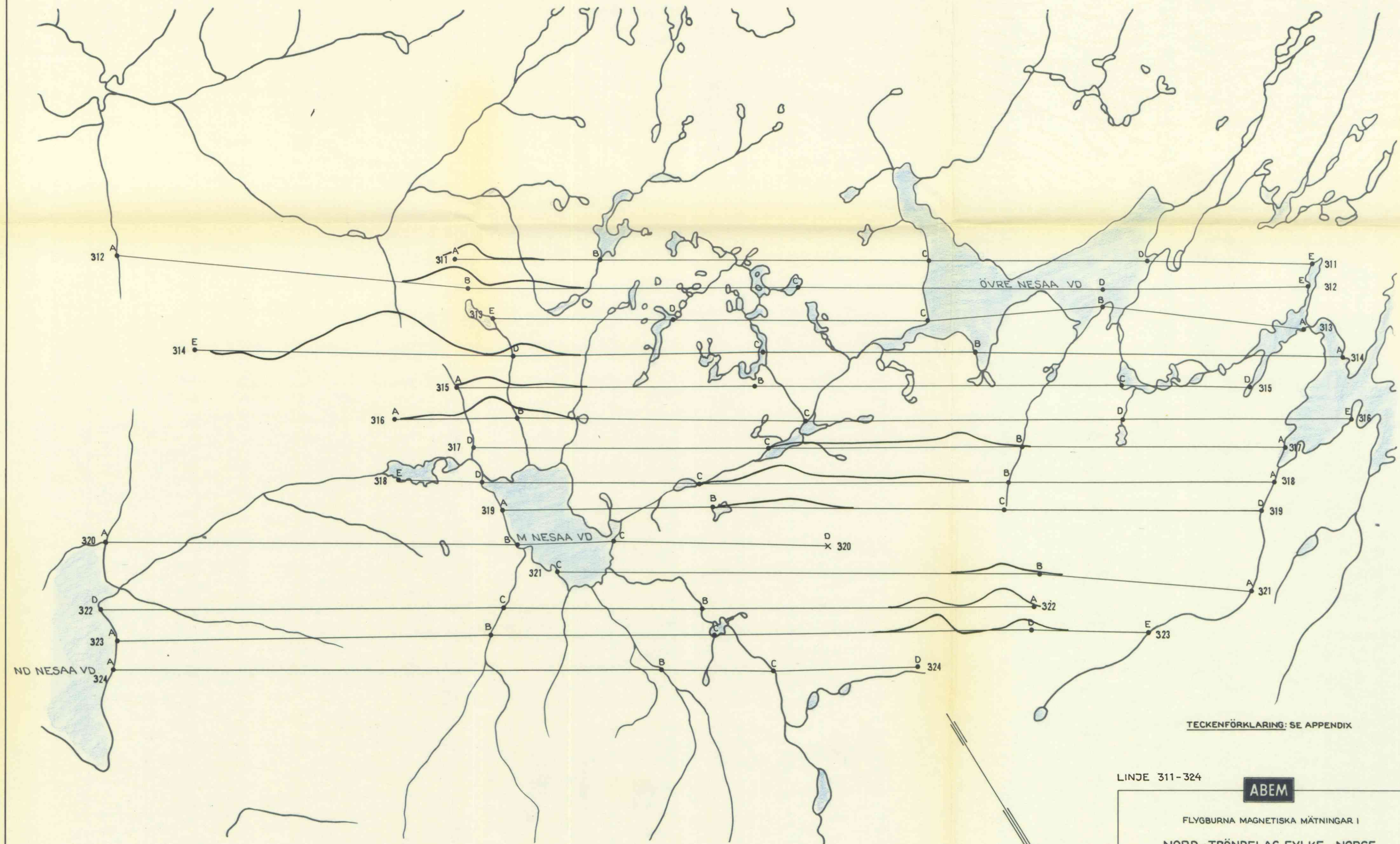
NORD-TRÖNDELÄG FYLKE, NORGE

OMRÅDE 1, SKOROVASS GRUBER

TOLKNING AV MÄTRESULTAT

SKALA 1:50000

JAN 1963 GH/LK 972 BILAGA 2A



TECKENFÖRKLARING: SE APPENDIX

LINJE 311-324

ABEM

FLYGBURNA MAGNETISKA MÄTNINGAR I
NORD-TRÖNDELAG FYLKE, NORGE
OMRÅDE 1, SKOROVAS GRUBER

ANOMALIKARTA

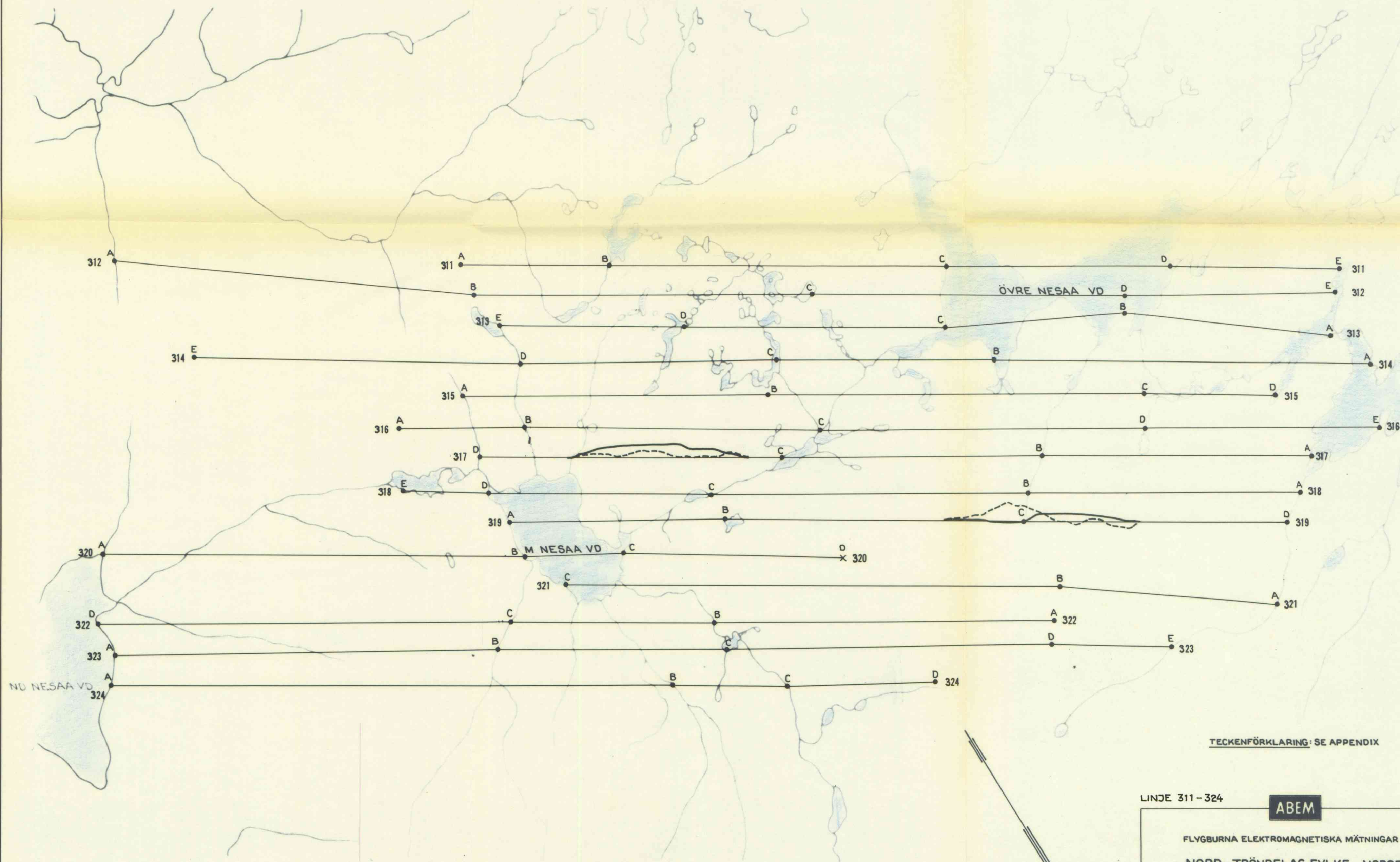
SKALA 1:20000

JAN 1963

GH / LK

72

BILAGA 3C



TECKENFÖRKLARING: SE APPENDIX

LINJE 311-324

ABEM

FLYGBURNA ELEKTROMAGNETISKA MÄTNINGAR I

NORD-TRØNDELAG FYLKE, NORGE

OMRÅDE 1, SKOROVAŞ GRUBER

ANOMALIKARTA

SKALA 1:20000

JAN 1963

GH / LK

72

BILAGA 38