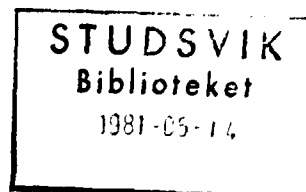


Rapport Prav 4.22

REKOGNOSKERANDE STUDIER FÖR TYPOMRÅDEN I MELLERSTA  
OCH NORRA NORRLAND UNDER 1979-1980.

av

Kaj Ahlbom  
Herbert Henkel  
Sören Scherman  
Sven Tirén



I N N E H A L L S F Ö R T E C K N I N G		Sid
Inledning . . . . .		3
Kriterier;	Gävleborgs- och Kopparbergs län . . . . .	5
	Gabbroområden . . . . .	5
Omfattning och metodik;	Gävleborgs- och Kopparbergs län . . . . .	5
Voxnaområdet;	Allmän beskrivning . . . . .	7
	Flyggeofysiska studier . . . . .	9
	Berggrund . . . . .	11
	Tektonik . . . . .	12
	Resultat . . . . .	16
Kölenområdet;	Allmän beskrivning . . . . .	16
	Flyggeofysiska studier . . . . .	17
	Berggrund . . . . .	20
	Tektonik . . . . .	20
	Resultat . . . . .	24
Omfattning och metodik;	Norrbottnens län . . . . .	24
Kärkejauregabbbron	Geografiskt läge . . . . .	27
	Flygmagnetisk karta . . . . .	27
	Tyngdkraftskarta . . . . .	27
	Petrofysiska studier . . . . .	27
	Kärkejauregabbrons djup . . . . .	28
	Tolkningskarta . . . . .	28
	Sammanfattning . . . . .	28
Gunnarsdjupträskgabbbron;	Geografiskt läge . . . . .	33
	Flygmagnetisk karta . . . . .	33
	Tyngdkraftskarta . . . . .	33
	Petrofysiska studier . . . . .	33
	Gunnarsdjupträskgabbrons djup . . . . .	34
	Tolkningskarta . . . . .	34
	Sammanfattning . . . . .	34

	Sid
Vittangigabbron;	Geografiskt läge . . . . . 39
	Flygmagnetisk karta . . . . . 39
	Tyngdkraftskarta . . . . . 39
	Petrofysiska studier . . . . . 39
	Vittangigrabbons djup . . . . . 40
	Tolkningskarta . . . . . 40
	Sammanfattning . . . . . 40
Taavinunnanengabbron;	Geografiskt läge . . . . . 45
	Flygmagnetisk karta . . . . . 45
	Tyngdkraftskarta . . . . . 45
	Petrofysiska studier . . . . . 45
	Taavinunnanengabbons djup . . . . . 46
	Tolkningskarta . . . . . 46
	Sammanfattning . . . . . 46
	REFERENSER . . . . . 51

Sveriges Geologiska Undersökning  
Berggrundsbyrån, mars 1981

## Inledning

Sveriges geologiska undersökning (SGU) har på uppdrag av Programrådet för radioaktivt avfall (PRAV) under hösten 1979 och våren 1980 utfört översiktliga studier av berggrunden inom Gävleborgs och Kopparbergs län.

I föreliggande rapport redovisas även de studier som har gjorts av SGU under våren 1980 för att välja ut och geofysiskt karakterisera stora gabbrointrusiv i norra Sverige. Dessa har sedan under sommaren 1980 geologiskt och tektoniskt undersökts i fält för att eventuellt kunna rekommendera en av dessa fyra intrusioner för detaljerade studier. Fältstudierna skall avrapporteras i en separat rapport under våren 1981.

De undersökningsområden som utvalts från denna studie är presenterade i figur 1.

Arbetena är en utvidgning av tidigare arbeten på rekognoserings- och detaljundersökningar i södra Sverige och syftar till att öka kunskapen om valda delar av landets berggrund beträffande dess sammansättning och dess sprick- och krosszoner med avseende på berggrundens grundvattenföring ner till stort djup. I dessa arbeten ligger även viss utveckling av mätmetoder för insamling av geologiska basdata.

Rekognosceringsarbetet är en etapp i detta större ramprogram och syftar till att ge förslag till områden lämpade för mer detaljerade geologiska och hydrologiska studier. I detaljstudierna ingår även kärnbörning och borrhålsmätningar.

Kärnbörning kan i vissa fall bli aktuellt för att studera en bergformations mäktighet, struktur samt kontroll av viss geofysisk information redan i ett tidigt stadium. Detta för att ha ett mer fullständigt beslutsunderlag för ett eventuellt större borrhålsprogram.

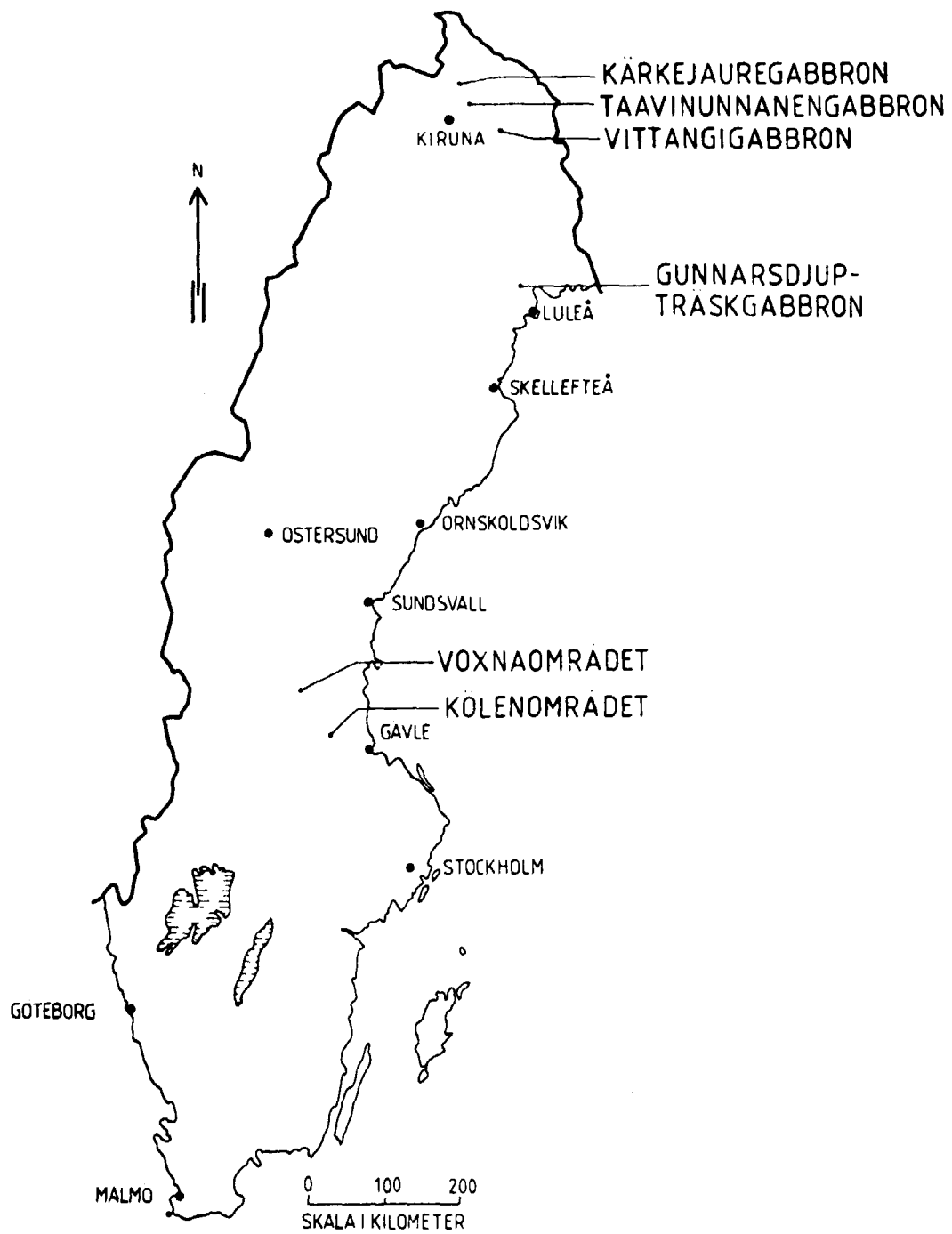


Fig. 1 Översiktskarta över föreslagna områden för fältstudier.

## Kriterier

### Gävleborgs- och Kopparbergs län

De krav som har ställts på ett typområde i denna rekognoscering kan sammanfattas enligt följande:

- o Berggrunden skall utgöras av migmatiserade bergarter
- o Området bör ha glest mellan större sprickzoner
- o Området med ovan nämnda egenskaper skall utgöras av en yta på minst 4 km<sup>2</sup>

### Gabbroområden

Vid den geofysiska förstudien utvaldes fyra större gabbrointrusiv för vidare rekognoscering i fält. De kriterier som användes var:

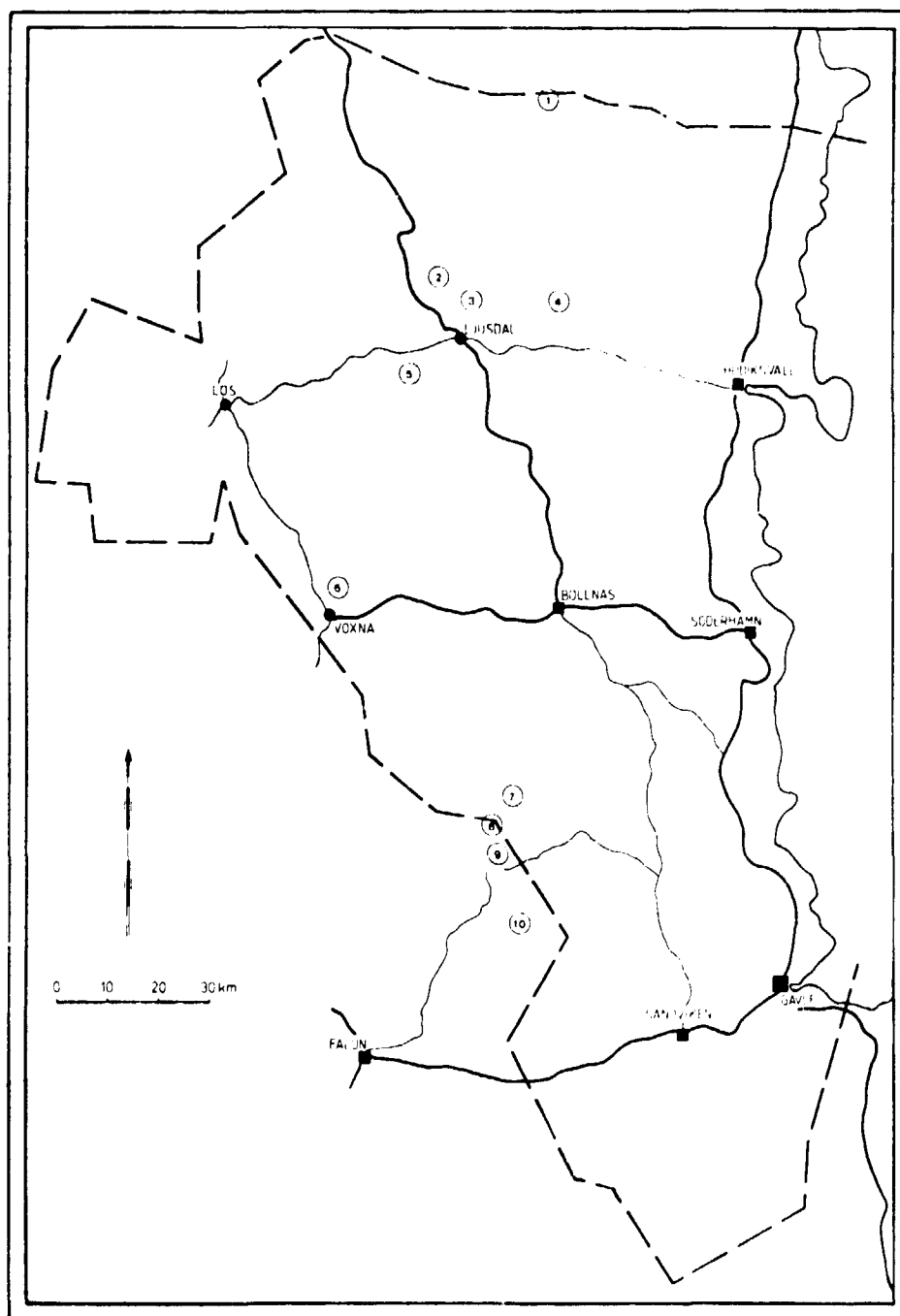
- o gabbrointrusiven skall ha ett beräknat djupgående av minst 1 km.
- o gabbrointrusiven skall vara genomsatt av relativt få sprickzoner och förkastningar.

## Omfattning och metodik

### Gävleborgs- och Kopparbergs län

Genomgång av befintligt geologiskt material ger i dessa områden en generaliserad bild av den geologiska uppbyggnaden.

Tio områden med migmatiserade gnejser och graniter utvaldes på basis av tidigare framtaget geologiskt material. Den geografiska fördelningen av respektive områden presenteras i figur 2. Bakgrunden till valet av dessa bergartstyper motiveras av de positiva erfarenheter av dessas oftast goda bergmekaniska egenskaper samt dokumenterat låga grundvattenföring (se PRAV-rapport 4.11 1978).



Figur 2. Översiktskarta över fältrekonoserade områden inom Gävleborgs- och Kopparbergs län.

En flygbildstolkning av dessa områden i skala 1:60 000 visar de stora tektoniska dragen samt blottningsgrad av berggrunden.

Resultaten överfördes på topografiska kartbladen i skala 1:50 000 vilka användes som underlag för fältrekognoseringen.

En sammanställning av resultaten från det översiktliga fältarbetet visade att berggrunden är täckt av moränavlagringar förutom på ett fåtal observationspunkter. Beslut togs då att utnyttja flyggeofysiskt undersökta områden för att ha ett mer omfattande observationsunderlag beträffande sprickmönster och berggrund. Detta material omfattade fyra topografiska kartblad.

13 G Hofors NV och SV

15 F Voxna S0 och SV.

Utvärderingen av flyggeofysiska mätdata resulterade i tolkningskartor avseende geologi och tektonik.

Dessa sammanställdes sedan med tidigare framtaget geologiskt material och fick ligga till grund för beslut om undersökningar på kartbladen 15 F Voxna S0 och 13 G Hofors SV. Det sistnämnda området har valts som en pilotstudie i syfte att korrelera yt- och geofysiskt indikerade sprickzoner med borrhärens utseende i ett regionalt uppborrat område.

### Voxnaområdet

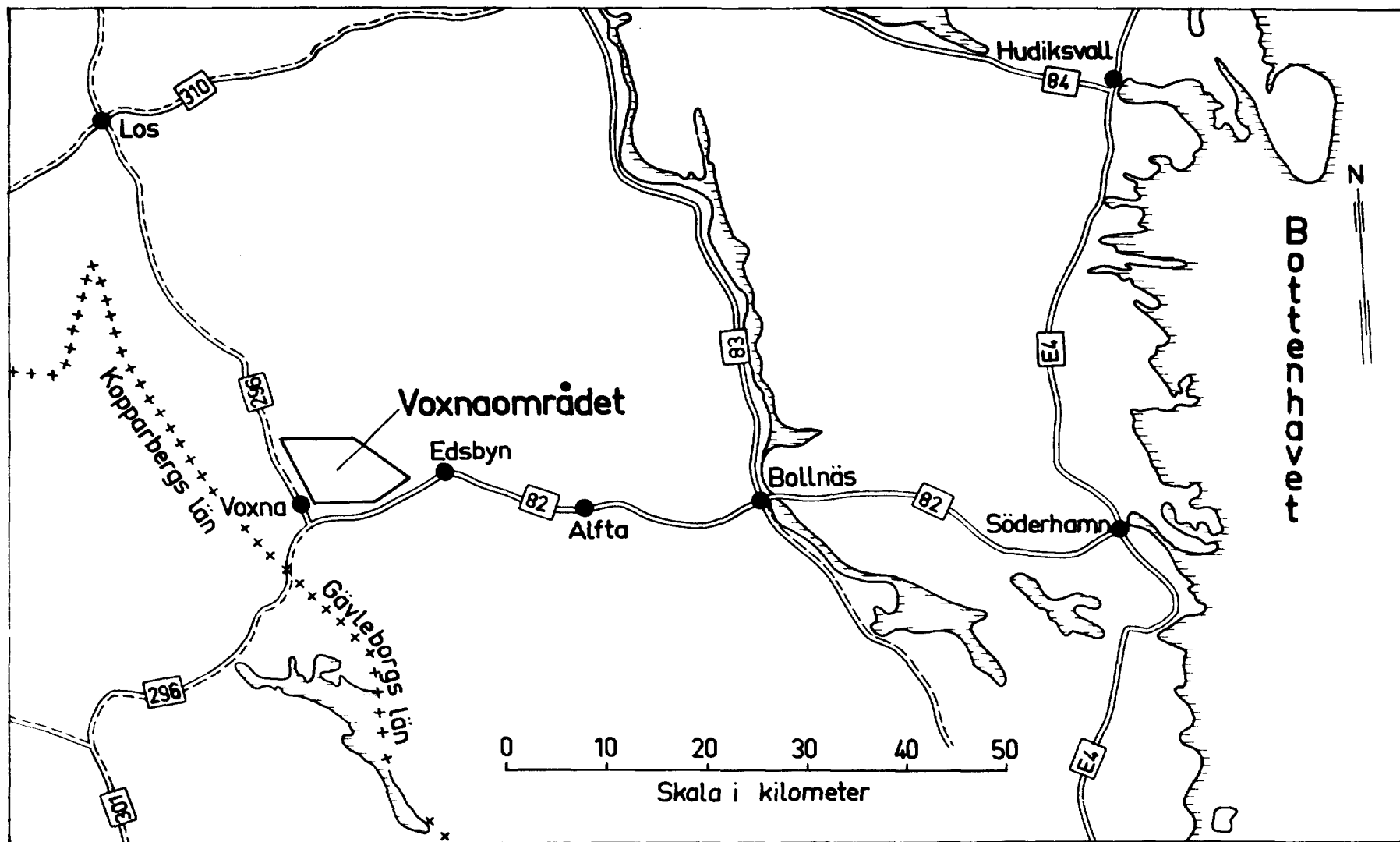
#### Allmän beskrivning

Ett berggrundsområde, Voxnaområdet, nordost om Voxna och väster om Edsbyn har utvalts med syfte att undersöka strukturer och bergarter inom ett migmatitområde dominerat av ådergnejser.

Voxnaområdet är beläget i Gävleborgs län, på kartbladet 15 F Voxna S0, se figur 3 och 5. Avståndet till Söderhamn längs väg 82 är 90 km och det går flera skogsbilvägar genom området.

Voxnaområdet ligger 190 till 325 meter över havet, och omfattar en yta av ca 70 km<sup>2</sup>. Det har en mjukare topografi än omgivande områden





Figur 3 : Voxnaområdets läge, översiktskarta

Godkänd ur sekretessynpunkt för spridning. Statens lantmäteriverk 1981-01-21



SGU Berggrundsbyrån 1980

och är topografiskt lägre beläget än dessa. Voxnaområdet karakteriseras av NNV-SSO-ligt utsträckta höjdryggar och däremellan liggande dalstråk, där Voxnadalen är den mest dominerande och utgör områdets västra begränsning.

Jorddjupet inom kartbladet varierar från mindre än någon meter i höglänt terräng till över några tiotal meter i dalgångar. Isälvsavsättningar dominerar i Voxnadalen och vid Ålmån medan myrmark karakteriserar de mindre dalgångarna. I mer höglänt terräng utgöres jordarterna av morän med varierande blockhalt.

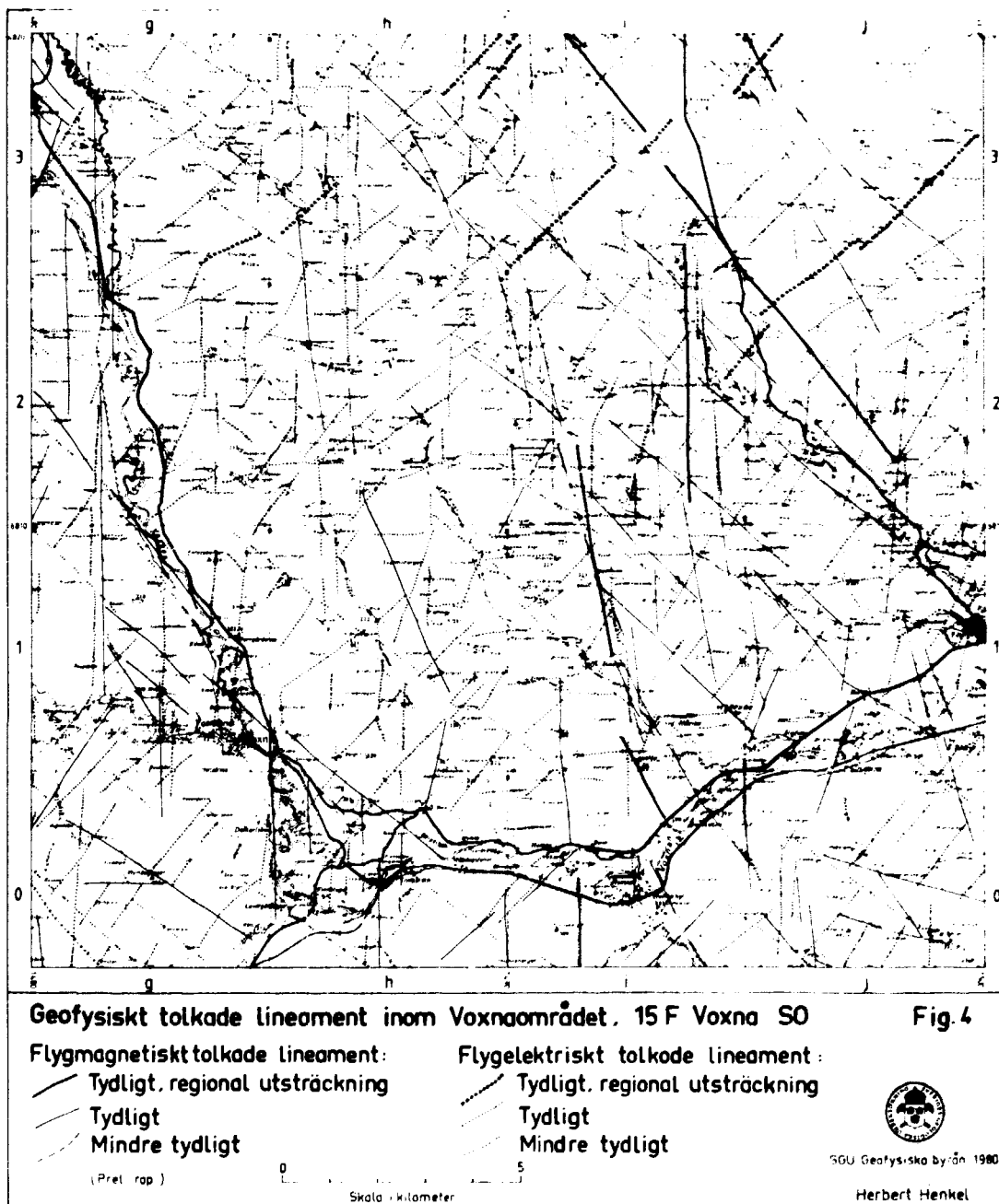
Vegetationen utgöres i huvudsak av produktiv skogsmark. Inom Voxnaområdet finns åkermark endast i områdets östra del, öst Ålmån.

#### Flyggeofysiska studier

Som nämns i inledningen ger de geologiska kartorna i detta område endast en översiktlig bild över bergartsfördelningen. Den allmänt låga blottningsgraden, ca 1 %, gör även att den geologiska kartläggningen blir något osäker. Vid lokaliseringen av detaljundersökningsområden har därför stor vikt lagts vid studier av flyggeofysiska kartor.

De flyggeofysiska kartorna har använts för att lokalisera sprickzoner inom kartbladet 15 F Voxna S0. Sprickzonerna kan studeras dels p g a deras högre elektriska ledningsförmåga, vilket gör dem urskiljbara på den flygelektriska kartan, och dels som långa stråk med låg magnetisering på den flygmagnetiska kartan. Den sistnämnda egenskapen beror på att i sprickzoner oxideras det magnetiska mineralet magnetit till omagnetiska mineral p g a inverkan av vatten i sprickzonerna. Från den flygmagnetiska kartan kan även förskjutningar av bergartsled (dislokationer) studeras. Dessa förskjutningar kan vara potentialla sprickzoner. De geofysiska indikationerna på sprickzoner har sammanställts i en tolkningskarta figur 4.

Det framkom tidigt att migmatiter var relativt lågt magnetiserad jämfört med övriga bergartsled. Genom att studera magnetiseringsgraden på den flygmagnetiska kartan kunde därför ett relativt



stort område med denna bergart väljas ut. Härigenom utvaldes Voxnaområdet omfattande en area på 70 km<sup>2</sup>, se figur 5. Svaga magnetiska anomalier kan tyda på underliggande bergarter med högre magnetiseringsgrad. Djupberäkningar av dessa anomalier visar att partiet med migmatiserade sediment i den centrala delen av området är 500 - 1500 m djupt. En generaliserad bild över bergartsfördelningen i vertikalled baserad på dessa beräkningar visas i figur 6.

Voxnaområdet framträder som ett område med relativt få sprickzoner jämfört med omkringliggande områden.

### Berggrund

Berggrunden inom kartbladet 15 F Voxna S0 utgöres av migmatiserade graniter, sediment och vulkaniter, figur 5. Migmatisering sker under högt tryck och hög temperatur varvid delar av berggrunden smältes upp och omkristalliseras. I mellersta Norrland ägde detta rum för ca 1800 miljoner år sedan och gav bergarterna deras nuvarande utseende med sliror, band och ådror.

De äldsta bergartsleden utgöres av migmatiserade vulkaniter vilka för inlagringar av kristallin kalksten/dolomit och mineraliseringar, främst järnoxider. De migmatiserade vulkaniterna är vanligen relativt finbandade, jämnkorniga och medelkorniga.

De migmatiserade sedimentsbergarterna upptar den centrala delen av Voxnaområdet och föreligger som åder-, band- och slirgnejser. Mineral som granat, sillimanit och cordierit indikerar att bergarten varit ett lerhaltigt sediment. Relikta band av kvartsit förekommer frekvent. Dessa migmatitbergarter är inhomogena, ojämnkorniga och strukturerade.

Bland urgraniterna är en sur, jämnkornig, röd gnejsgranit den vanligaste. Underordnat förekommer i områdets östra delar ögongnejser.

Migmatitgraniter utgör bergarter, vilken genom omkristallisation och delvis uppsmältning härstammar från ovan behandlade sediment och vulkaniter. De tolkas såsom utbildade på platsen och har ej

transporterats från någon avlägsen källa. Generellt gäller att dessa graniter är strukturerade, håller fragment av ursprungsbergarten är ojämnkorniga till jämnkorniga har varierande kornstorlekar och vanligen grå till färgen.

Dessutom förekommer enstaka spridda kroppar av gabbro samt olika generationer av diabas och pegmatit.

En mer ingående beskrivning av berggrunden i Gävleborgs län lämnas av Lundegårdh 1966 och 1967.

### Tektonik

#### A Plastisk deformation

Deformerande krafternas arbete under migmatiseringen av bergarterna har resulterat i en likriktning av berggrunden. Bergartselementen har deformerats samman så att bergartskontakter löper parallellt eller i låg vinkel med varandra, se figur 5 och 6. Bergartskontakter har härigenom blivit diffusa och har kontinuerliga övergångar.

Två regionala veckningar utefter flacka veckaxlar föreligger:

- A Storskalig öppen veckning efter en nordväst-sydostlig veckaxel har resulterat i utbildandet av långsträckta depressioner (synformer) och kulminationer (antiformer). Voxnaområdets centrum är beläget i en synform, figur 6.
- B Mjuk tvärveckning av synformer och antiformer efter en nordostlig-sydvästlig veckaxel.











#### B Spröd deformation

Efter att migmatiseringsprocessen avklingat kom berggrundsmassan att uppträda som en stel kropp. Den spröda deformationen som därefter ägt rum har gett upphov till sprickzoner som avtecknar sig som linjära spår, lineament, på den topografiska kartan. Dessa utgöres av t.ex. dalstråk, förkastningar m m. Tolkning av lineament utföres vanligen genom flyvbildstolkning.

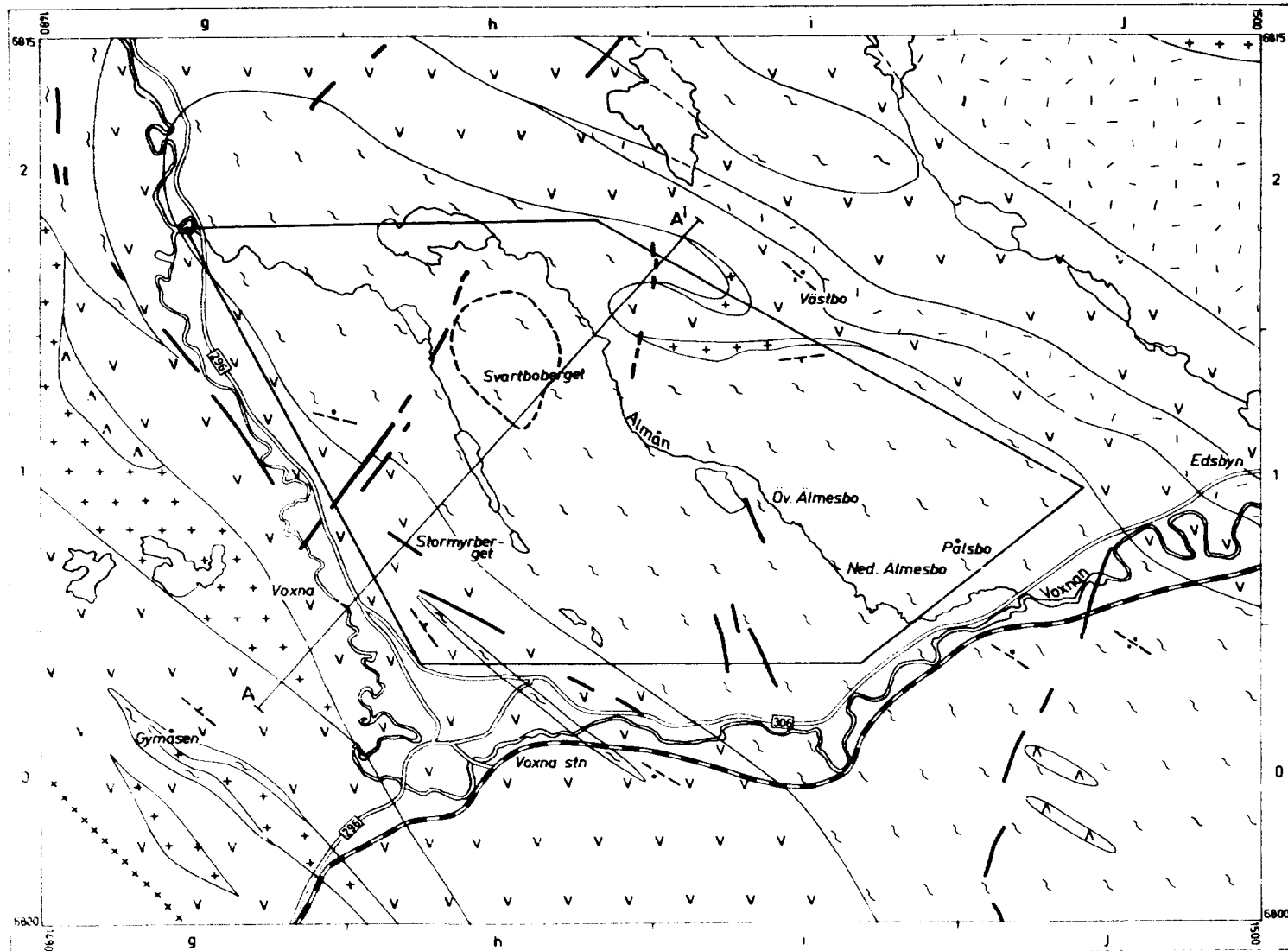
Fig. 5

Geologisk karta  
över  
Voxnaområdet

15F Voxna S0

-  Diabas
-  Yngre granit
-  Urgranit, migm.
-  Sediment, migm.
-  Vulkaniter, migm.
-  Gabbro
-  Voxnaområdet
-  Förslag till detaljområde
-  Profil  
Fig 6
-  Förskiffring

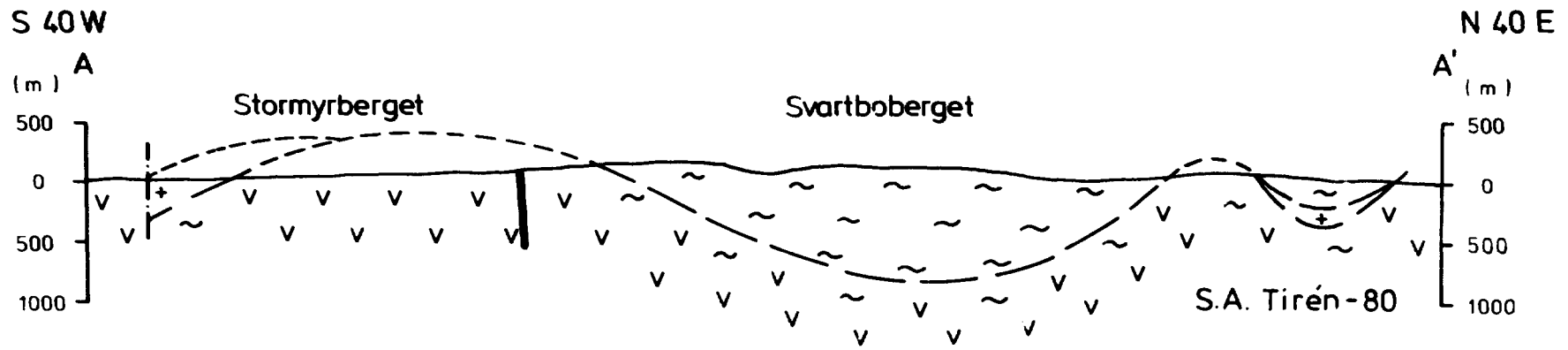
13








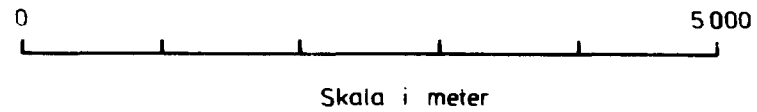
SOU Beredningsnr. 13  
1980  
Skala i kilometer

S. A. Tirén

Bäckarna ur sekretessynpunkt för spridning. Statens lantmaterverk 1981-01-21

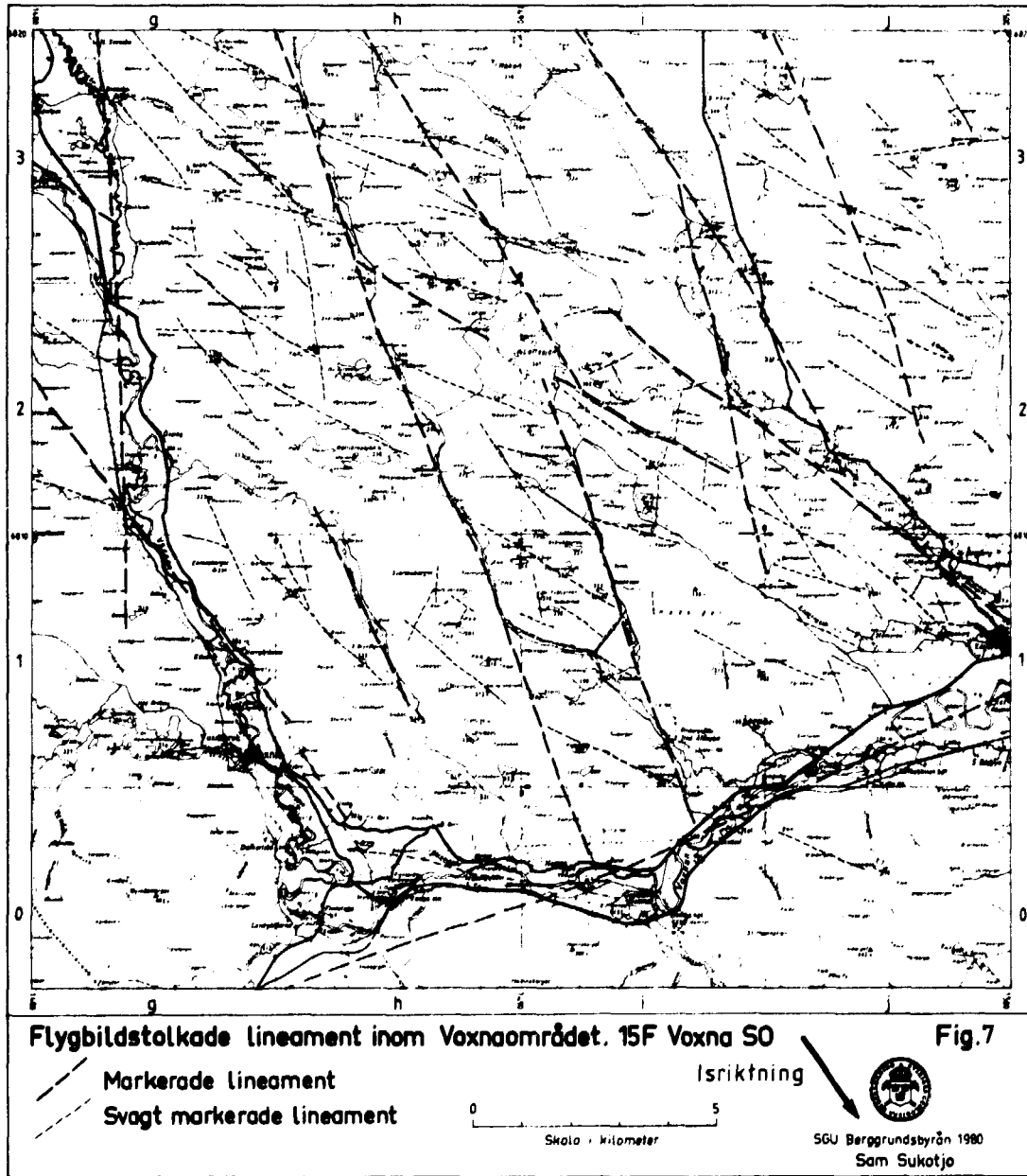


-  Diabas
-  Yngre granit
-  Migmatiserade sediment
-  Migmatiserade vulkaniter
-  Förkastning



SGU Berggrundsbyrå  
1980

Figur 6 : Geologisk profil genom Voxnaområdet efter geofysisk tolkning



Godkänd ur sekretesssynpunkt för spridning Statens lantmäterverk 1981-01-21



Inom Voxnaområdet föreligger tydliga dalstråk, definierade av sprickzoner, som löper i NNW-SSO-lig riktning. Dessa sprickdalar delar upp Voxnaområdet i höjdryggar, berggrundssegment med ca 2.5 km:s bredd, vilket återspeglas i de flygbildstolkade lineamenten i figur 7. Den spröda deformationen är låg inom dessa berggrundssegment, t.ex. Svartboberget.

Voxnans dalgång är utbildad längs ovanstående typ av sprickzoner och en skärande ONO-VSV-lig markerad zon.

### Resultat

De rekognoscerade studierna på kartbladet 15 F Voxna S0 har resulterat i förslag till ett detaljundersökningsområde vid Svartboberget, NO om Voxna, se figur 4. Detta är grundat på följande faktorer:

- o Berggrunden består av migmatitiska bergarter. Sådana har på andra ställen gett goda erfarenheter vid berg-rumsbyggnation och uppvisat låga vattenkapaciteter vid brunnborrning.
- o Svartboberget är beläget i en synform där den migmatiserade ådergnejsen bör vara som mäktigast.
- o Området har relativt få sprickzoner indikerade från flygbild och flyggeofysiska studier.

### Kölenområdet

#### Allmän beskrivning

Ett berggrundsområde, Kölenområdet, beläget 40 km nordost om Falun och 80 km söder om Voxnaområdet, erbjuder ett omfattande material av djupa kärnborrhål ner till 1200 meters djup. Borrningarna har utförts av Stora Kopparbergs Bergslags AB, som också ställt ett värdefullt geologiskt-geofysiskt tolkningsmaterial till SGU:s förfogande. Detta har kompletterats med tolkning av på SGU befintliga flyggeofysiska mätningar och flygbildstolkning i avseende

på befintliga lineament och sprickzoner. Studier av detta område ger en uppfattning om olika migmatitbergarters uppträdande mot större djup.

Kölenområdet är beläget i Kopparbergs och Gävleborgs län, på kartbladet 13 G Hofors NV och NO, se figur 8 och 10. Området har en yta av 165 km<sup>2</sup>, ligger 250-420 meter över havet och utgör topografiskt ett mjukt skulptuerat område med en central höjdrygg som sträcker sig i nordväst - sydostlig riktning. Den flacka topografin tillsammans med ett vanligtvis betydande jorddjup, lokalt flera tiotals meter, har resulterat i en mycket låg blottningsgrad, betydligt mindre än en procent. I låglänt terräng består jordarten av blockig morän eller myrmark. I övrigt dominerar jordarten av grusig och sandig morän.

Vegetationen utgöres i huvudsak av produktiv skogsmark.

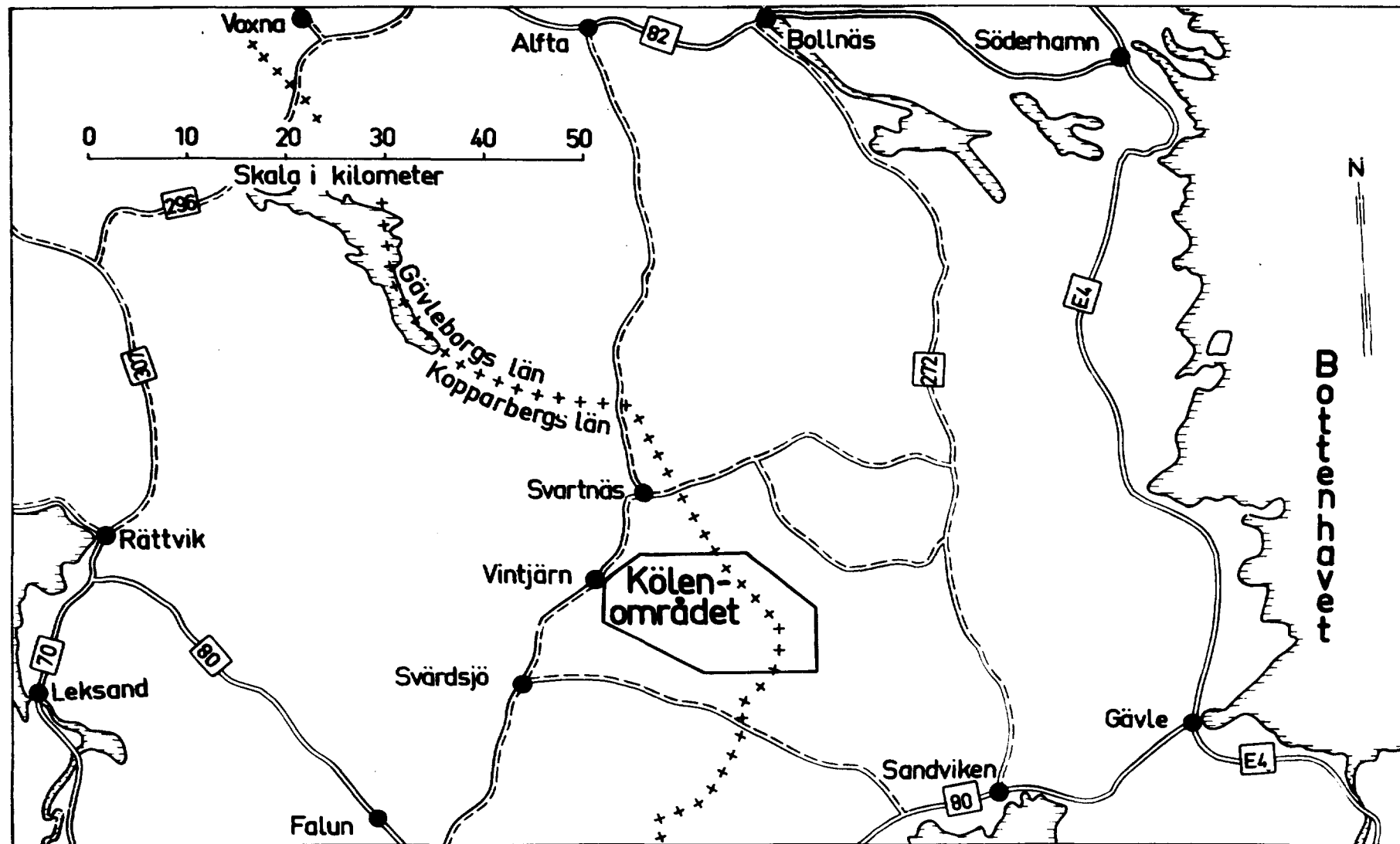
Kölenområdet har ett väl utbyggt vägnät av enskilda bil- och körvägar, skogsbruksvägar.

#### Flyggeofysiska studier

Flyggeofysiska kartor följer endast Kölenområdets västra del, kartbladet 13 G Hofors NV. Inom denna del har tolkningar utförts på ett motsvarande sätt som för Voxnaområdet. Dessa finns redovisade i en tolkningskarta, figur 9.

Kartbladet karakteriseras geofysiskt av ett betydligt större antal lineament (troliga sprickzoner) än Voxnaområdet. Speciellt framträdande är de NO-SV-liga lineamenten men en större förkastning utefter en zon tvärs över kartbladets centrala del. Här har en väsentlig blockrörelse ägt rum med förskjutningsbelopp i horisontalled på 1.5 km. Andra vanliga riktningar på lineamenten är N-S och O-V.

De migmatiserade vulkaniterna inom Kölenområdet och väster därom är relativt högt magnetiserade och framträder väl på den flygmagnetiska kartan. Söder om Kölen stupar dessa bergarter in under lågt magnetiserade urgraniter och graniter.

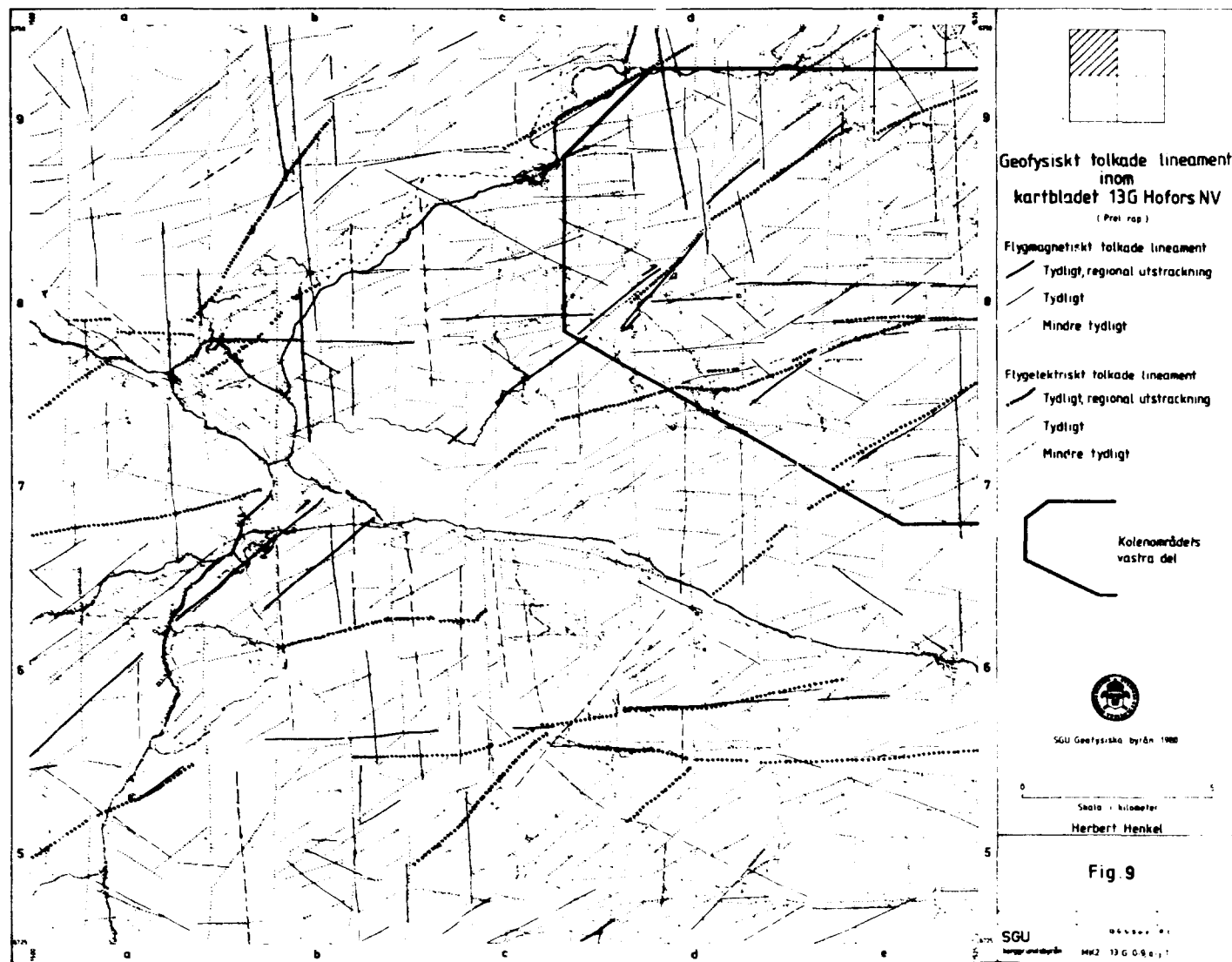


Figur 8 : Kölenområdets läge, översiktskarta

Godkänd ur sekretessynpunkt för spridning. Statens lantmäteriverk 1981-01-21



SGU Berggrundsbyrån 1980



Godkänd ur säkerhetsgrupp 1 för sprängning. Statens Inmätarverk 1981-01-27

## Berggrund

Inom Kölenområdet, på kartbladen 13 G Hofors NV och NO, se figur 10, förekommer liknande bergartstyper som finns beskrivna från Voxnaområdet. Här skall dock anmärkas att de migmatiserade vulkaniterna i Kölenområdet håller en obruten järnmalm, Kölenmalmen (Carlsson 1979). Denna anses efter Exportmalmen i Grängesberg som den största järnmalmen i Bergslagen. En annan skillnad mot Voxnaområdet är ett högre inslag av urgranit.

## Tektonik

### A Plastisk deformation

Enligt de djupborrningar som utförts inom Kölenområdet har det framkommit att de olika bergartsleden ligger i stort parallellt och flackt, (Carlsson, 1979, figur 11).

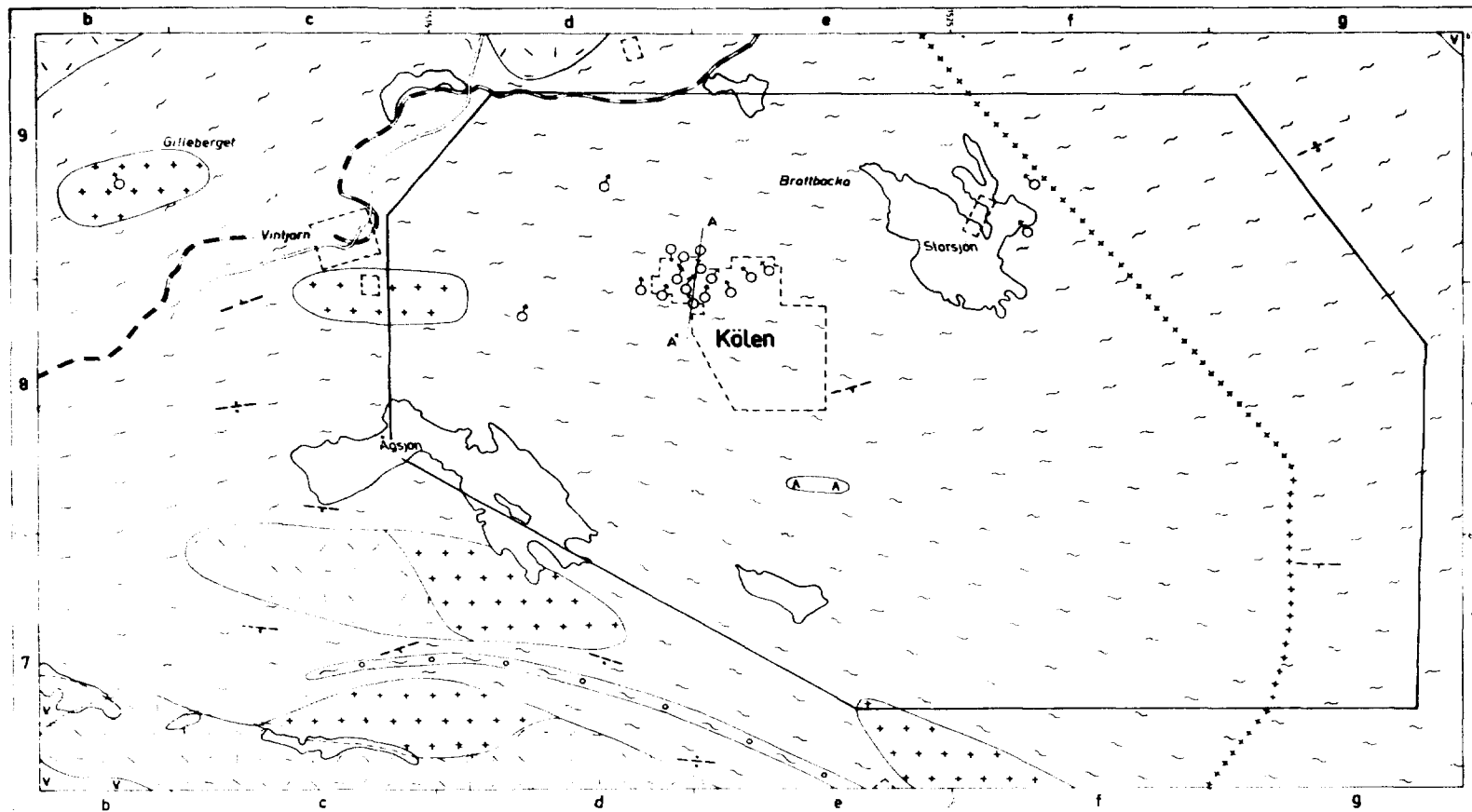
Två regionala veckningar utefter flacka veckaxlar föreligger:

- A Storskalig veckning utefter en Ö-V-lig axel har gett upphov till att den centrala delen av Kölenområdet utgöres av en kulmination (antiform) utifrån vilken bergartsleden stupar flackt åt norr respektive syd.
- B En senare svagare veckning med NNO-SSV-lig veckaxel tvärveckar antiformen.

Den regionala förskiffringen stryker i stort Ö-V och stupar ca 60° åt syd till vertikalt.

### B Spröd deformation

Efter migmatiseringen avsvalnade berggrunden och bergartsmassan kom därefter att reagera såsom en styv kropp. Spänningsavlastningar kommer härigenom att i huvudsak ske under spröd deformation. Typiska sådana strukturer är förkastningar och sprickzoner.



Geologisk karta över Kölenområdet (S.Hjelmqvist 1966), 13G Hofors.

Fig.10

- Yngre granit
- Urgranit, migmatiserad
- Migmatiserade sediment
- v v v Migmatiserade vulkaniter
- ~ ~ ~ Odifferentierade gnejser och adergnejser

⊕ Inmutning

⊕ Borrhål  
(Stora Kopparbergs Bergslags AB,  
Svenskt Stål AB)

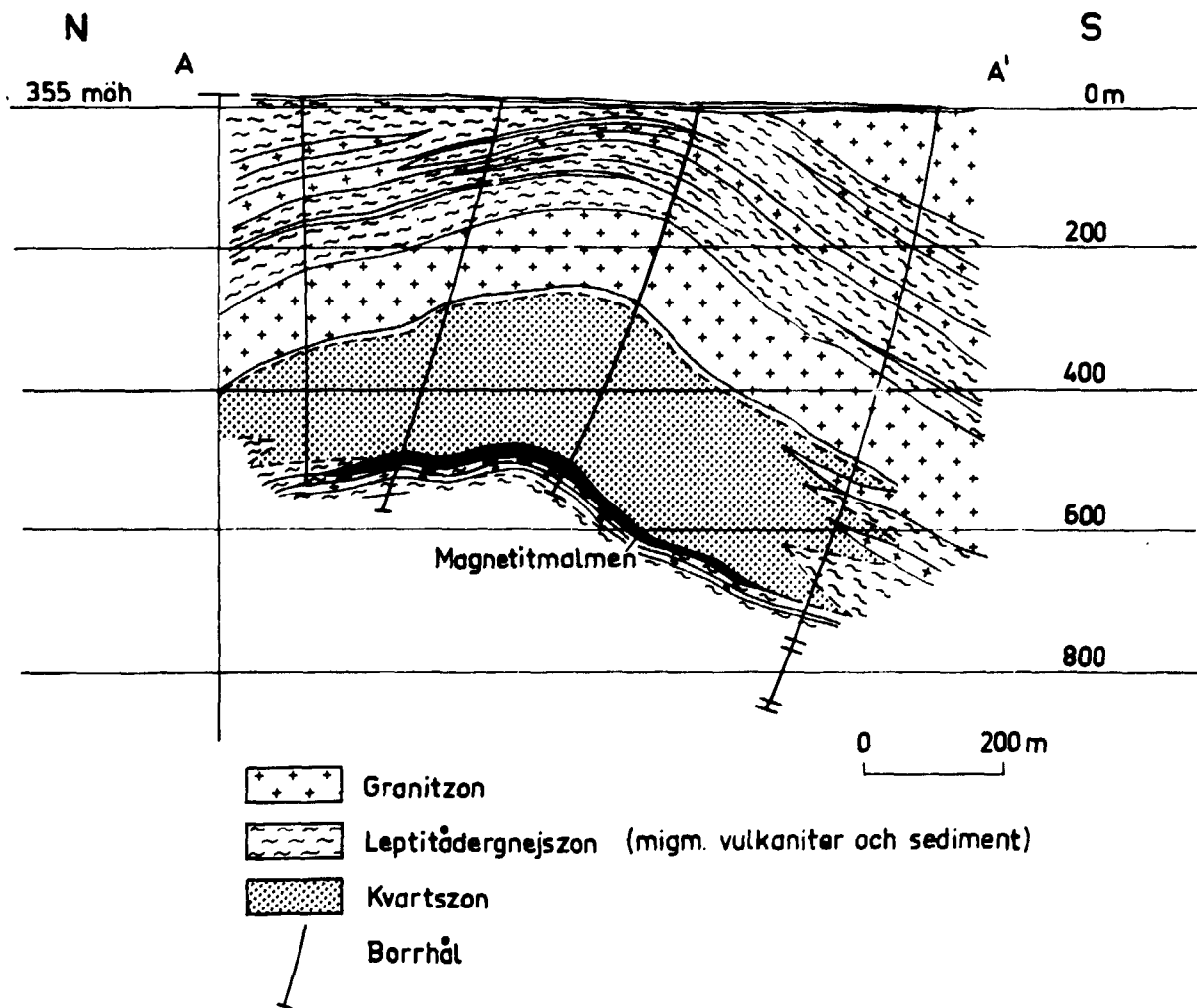
0 5  
Skala i kilometer

Kölen området

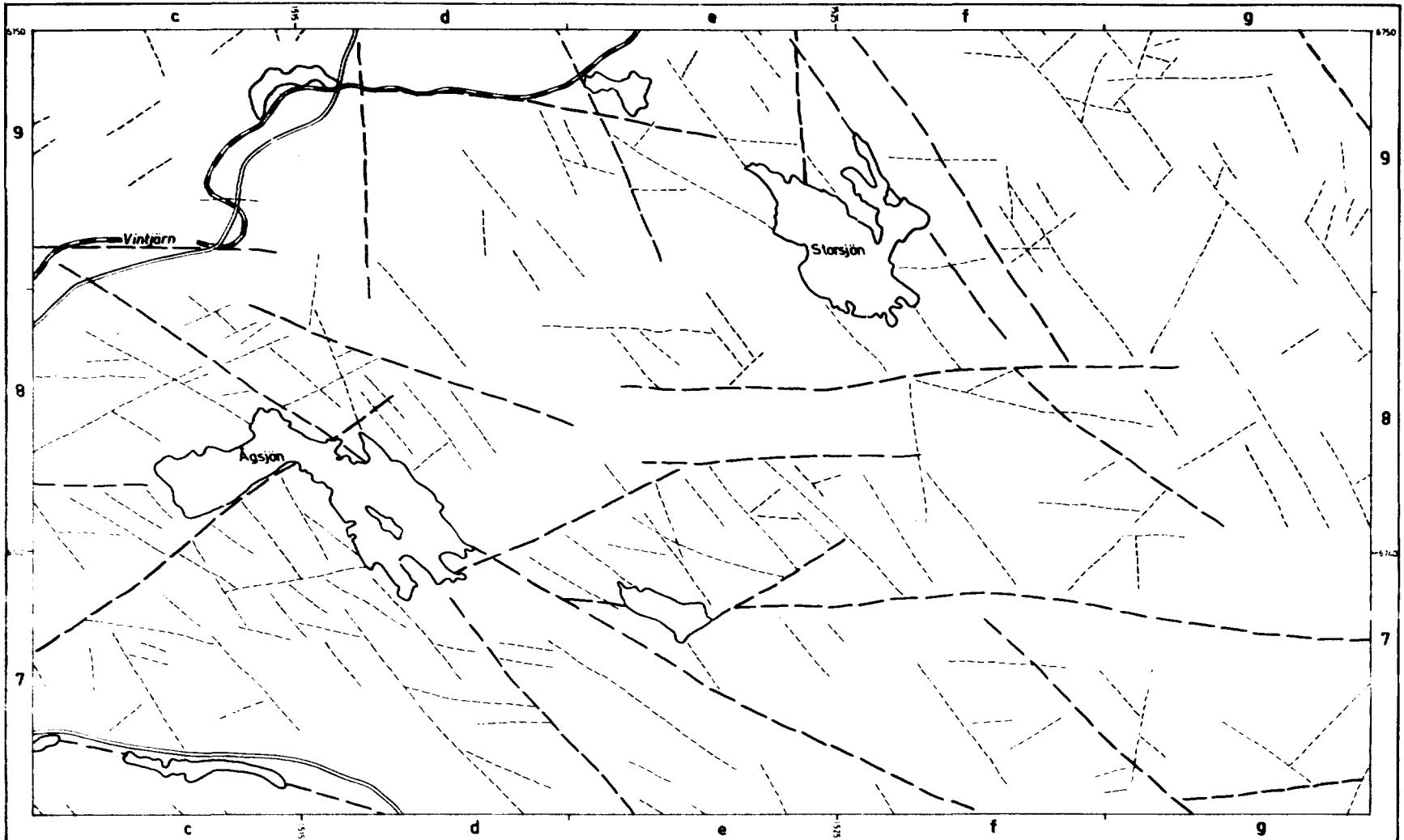
A  
A  
Profil  
(Fig 11)  
Forskifring



SGL Berggrundsbyrån  
1980





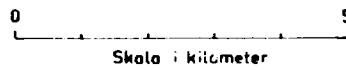
Figur 11: Profil genom Kölenmalmen  
(E. Carlsson, Jernkontorets Annaler nr 2/79)



**Flygbildstolkade lineament inom Kölenområdet. 13G Hofors**

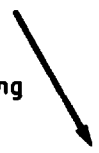
**Fig. 12**

-  Markerade lineament
-  Svagt markerade lineament



SGU Berggrundsbyrån 1980  
Sam Sukotja

Isriktning





Flygbildstolkning av lineament har resulterat i följande riktningar hos huvudsprickzoner, se figur 12:

- 1 O-V
- 2 NO-SV
- 3 N-S

En vanligt förekommande orientering av lineamenten ligger i NV-SO-lig riktning, se figur 12, vilken sammanfaller med isrörelseriktningen inom området. Några indikationer på sprickor i denna riktning föreligger ej i den geofysiska tolkningskartan, se figur 9. I övrigt uppvisar området god överensstämmelse mellan flygbildstolkade och geofysiskt tolkade lineament.

### Resultat

Inom Kölenområdet, beläget på kartbladen 13 G Hofors NO och NV, föreslås att det utföres studier av de befintliga borrhärnematena. Avsikten är att öka kunskapen om uppsprickningen och strukturerna i de olika bergartsleden inom ett migmatitområde.

### Omfattning och metodik

#### Norrbottens län

Som en del i PRAV:s program för berggrundsundersökningar i typområden föreslås att åtminstone ett område förläggs till en större gabbrointrusiv. Anledning till detta är att gabbro har flera egenskaper som kan vara fördelaktiga vid slutförvaring av radioaktivt avfall. De viktigaste är:

1. Hög tryckhållfasthet och elasticitetskonstant jämfört med andra kristallina bergarter. Detta innebär att gabbro tål stora bergspänningar och deformeras lite. (Data rörande gabbrobergarternas hållfasthet är sparsamt förekommande och inga definitiva slutsatser kan därför dras i detta skede).

2. Dess speciella kemi gör att gabbro har lätt för att bilda sprickmineral och därmed försvåra grundvattenströmning.

Dessa båda egenskaper ger utslag vid genomgång av vattenkapaciteter från bergborrade brunnar i Norrland. Här framstår gabbro som en bergart med, relativt sett, låga vattenkapaciteter. Brunnar i gabbro ger t.ex. i medeltal mindre än hälften av de vattenmängder som motsvarande brunnar i granit. Detta är dock grundat på få och grunda brunnar. Grundvattendata från större djup saknas helt från de stora gabbrointrusiven i Norrland.

Gabbro är en bergart som huvudsakligen består av mineralerna plagioklas och pyroxen. Det är främst det sistnämnda mineralet som ger gabbro dess mörka färg. Underordnat förekommer flera andra mineral som exempelvis magnetit, hornblände, biotit och olivin. Magnetitinnehållet är ofta så pass stort, upp till 10 %, att gabbrointrusiven blir "magnetiska" och därmed tydligt urskiljbara på de flygmagnetiska kartorna. Innehållet av magnetit är dock alldeles för lågt för att det skulle vara tänkbart att bryta gabbro för dess järninhåll. Däremot är gabbro en tänkbar miljö för andra malmmineral, exempelvis nickel och titan. Det finns idag inga kända malmförekomster i de fyra utvalda gabbrointrusiven. Det kan dock inte helt uteslutas att det kan förekomma malm mot djupet, vilket är något som enbart borrning kan ge svar på.

Gabbrointrusiv har bildats genom att smält material från övre manteln har rört sig uppåt och intruderat (trängt in i) i jordskorpan. De bildar isolerade gabbrokroppar med en utsträckning i djupled som vanligen är betydligt mindre än deras diameter. Således varierar ytan på de gabbrointrusiv som har studerats för detta ändamål på SGU, mellan mycket små och upp till drygt 60 km<sup>2</sup>, medan deras beräknade djupgående varierar mellan 0.4 till 4 km.

Bergarten har låg värmeledningsförmåga. Denna varierar med sammansättningen på gabbro men kan högst generellt sägas vara ca 30 % lägre än för graniter och gnejser.

Gabbrointrusivens halt av magnetiska mineral samt deras höga densiteter gör att geofysiska metoder med fördel kan användas för att studera deras inre variation och geometriska form. Detta förutsätter att det finns tillgång till magnetiska kartor och tyngdkraftskartor samt att petrofysiskt uppmätta prover finns från gabbrointrusiv med omgivande bergarter. Ett sådant omfattande material finns från SGU:s kartläggning av berggrunden i norra Norrland. Här finns även de allra flesta av landets större gabbrointrusiv. Det har därför varit naturligt att genom en bearbetning av det befintliga materialet ta fram ett antal lämpliga gabbrointrusiv i norra Norrland som uppfyller inledningsvis angivna kriterier, för att sedan studera dessa i fält. Förstudien har gjorts av Herbert Henkel på SGU och finns redovisad i en SGU internrapport "Stora gabbro-intrusioner i norra Sverige". Avsnittet rörande gabbrointrusiven är en sammanfattning av denna förstudie.

De större gabbrointrusiv som har valts (figur 1) från den geofysiska förstudien är:

- o Kärkejauregabbbron
- o Gunnarsdjupträskgabbbron
- o Vittangigabbbron
- o Taavinunnanengabbbron

## Kärkejauregabbron

### Geografiskt läge

Kärkejauregabbron ligger 50 km NNO om Kiruna på kartbladet 30 K Soppero NV, se figur 1. Avståndet till närmaste väg, Järämä lapp-läger, är 9 km. Gabbron ligger helt inom ett kalvfjällsområde och utgör en topografisk höjd.

Kärkejauregabbrons diameter är  $8.5 \pm 0.5$  km och dess yta är  $58 \text{ km}^2$ .

### Flygmagnetisk karta

På den flygmagnetiska kartan dominerar gabbron över omgivningens gnejser med en magnetisk anomali på 6000 gamma. Anomalin är symmetrisk, nära cirkulär, med delvis konforma inre magnetiska strukturer. Se kurvritad karta figur 13.

### Tyngdkraftskarta

Gabbron ger upphov till en betydande störning i tyngdkraftsfältet med en max. amplitud på +36 mgal. Tyngdanomaliens inflexion ligger något innanför den magnetiska kontakten mellan gabbron och omgivningen, vilket visar att kontakten är brant inåtstupande. Se tyngdkraftskarta figur 14.

### Petrofysiska studier

Petrofysiska studier av bergartsprover tyder på att Kärkejauregabbron i nuvarande erosionssnitt har en tämligen homogen sammansättning. Denna bedömning är gjord från bestämningar av den s k silikatdensiteten. Mätningar av gabbrons magnetiska egenskaper tyder på en magnetithalt av 10 %. Den genomsnittliga densiteten hos gabbron är  $3.00 \text{ g/cm}^3$  medan omgivningens gnejser torde ha densiteter varierande mellan  $2.7 - 2.8 \text{ g/cm}^3$ . Densitetskontrasten mellan gabbron och omgivningen bör därför ligga mellan  $0.2 - 0.3 \text{ g/cm}^3$ .

### Kärkejauregabbrons djup

En preliminär tolkning av gabbrons läge och djup redovisas i figur 15. Beroende på variationer i antagna densitetskontraster kan gabbrons djup variera mellan 3.5 - 5 km.

### Tolkningskarta

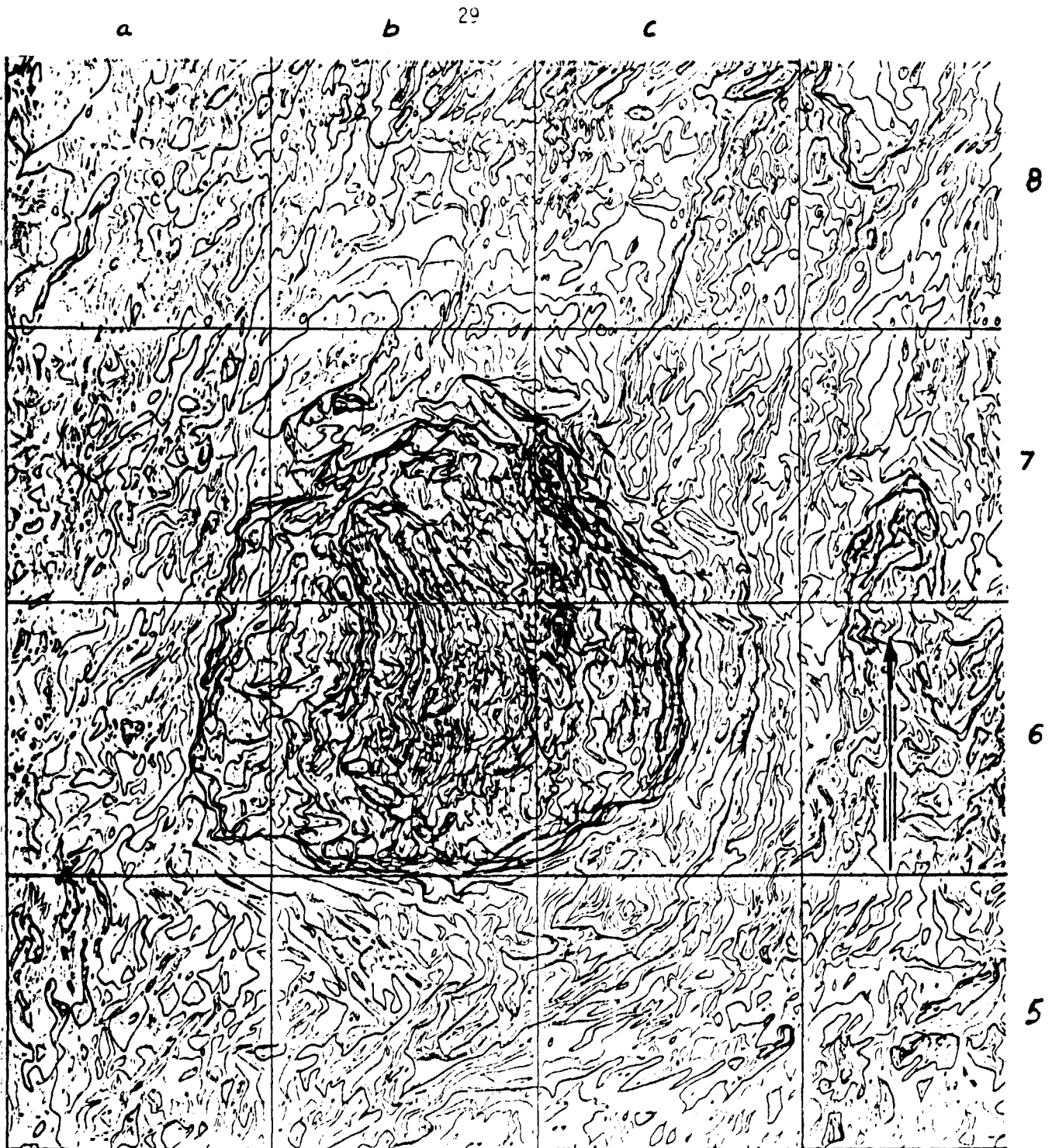
Tolkning av bergartsstrukturer och tektonik från den flygmagnetiska kartan över Kärkejauregabbron har sammanställts i form av en tolkningskarta, se figur 16. I denna karta har områden med olika magnetiseringsgrad och mönster markerats.

Områden med hög magnetisering är mera järnrika än områden med låg magnetisering. Magnetiseringsgraden kan därför användas för att studera vissa bergartsvariationer och strukturer. Genom att studera förskjutningar av magnetiska led kan även förkastningar och sprickzoner (dislokationer) lokaliseras. Dessa är markerade på tolkningskartan. Kring Kärkejauregabbron är det framför allt NO och NV riktningar som dominerar. Utanför gabbron, i det NV hörnet av kartan, finns långa NO dislokationer där postglaciala blockrörelser har förekommit (Lagerbäck och Henkel 1977).

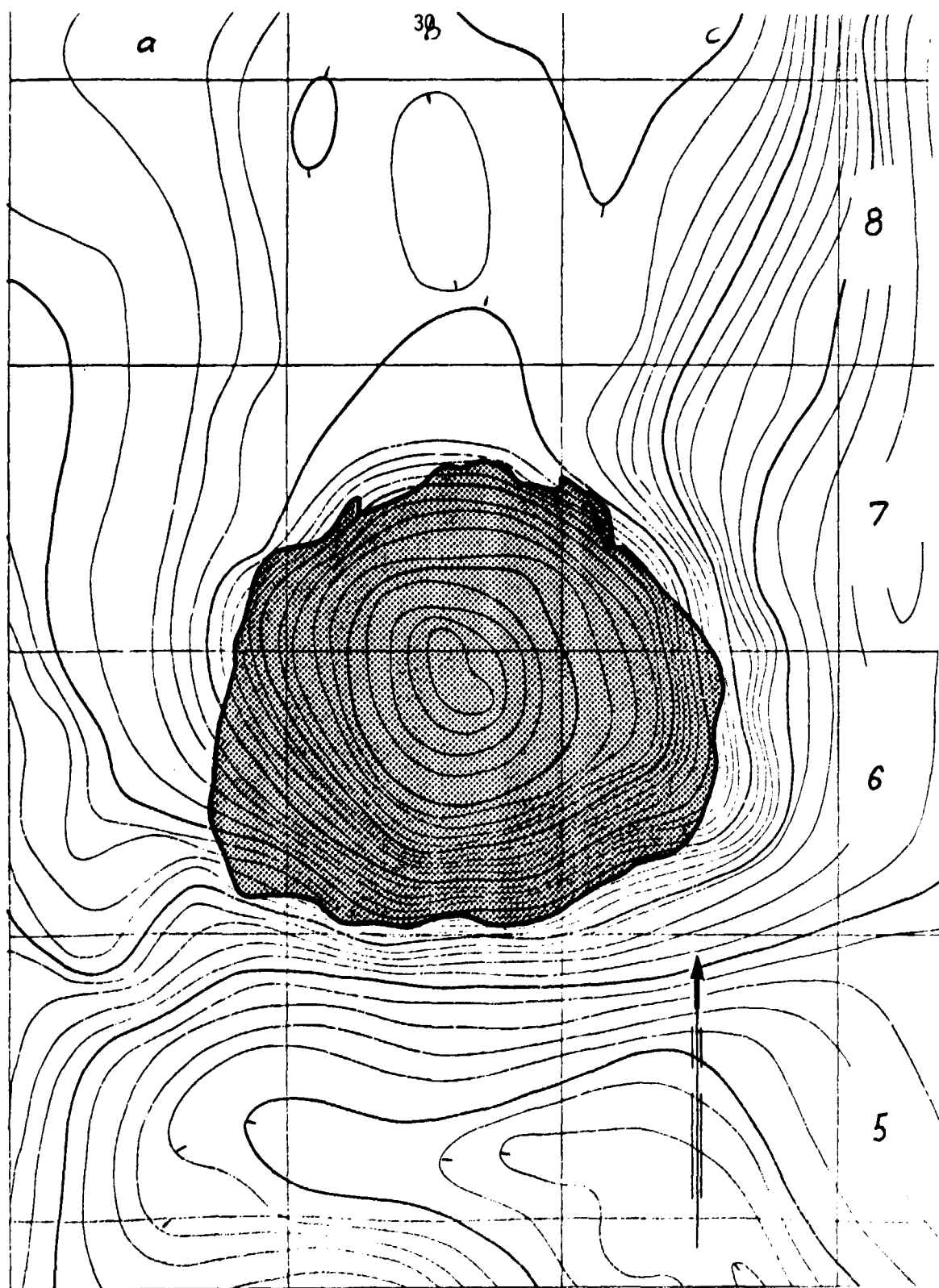
Vid inträngandet av gabbrointrusivet deformerades omgivande gnejser för att gabbron skulle få plats. Storleken på deformationen kan studeras på grund av den avböjning som det bandade magnetiska området gör vid intrusionens östra kontakt. Deformationsområdet uppskattas till 2-3 km vilket också är ett mått på gabbrointrusivets djup. Se tolkningskarta figur 16.

### Sammanfattning

Kärkejauregabbron har en symmetrisk form med en nära cirkulär överyta på 58 km<sup>2</sup> och ett djup av 3-5 km. Sammansättningen är tämligen homogen och den är relativt lite påverkad av dislokationer. Detta kan medföra låg vattenföring i gabbron. Ur undersökningssynpunkt är frånvaron av väg en nackdel.



Figur 13. Flygmagnetisk karta ( 30 K) över Kärhejauregabbren. 1 ruta är  
5 x 5 km.



Figur 14. Tyngdkraftskarta (30K) över Kärkejauregabbro. 1 ruta är 5 x 5 km.  
Ekvidistans är 1 mgal.

mgal

-5  
-10  
-15  
-20  
-25  
-30  
-35  
-40

Figur 15. Profil över den magnetiska  
anomalien (tunn linje) och tyngdano-  
malien (tjock linje) över Kärkejau-  
regabbron samt skiss över gabbrons  
läge och preliminära djup.

gamma

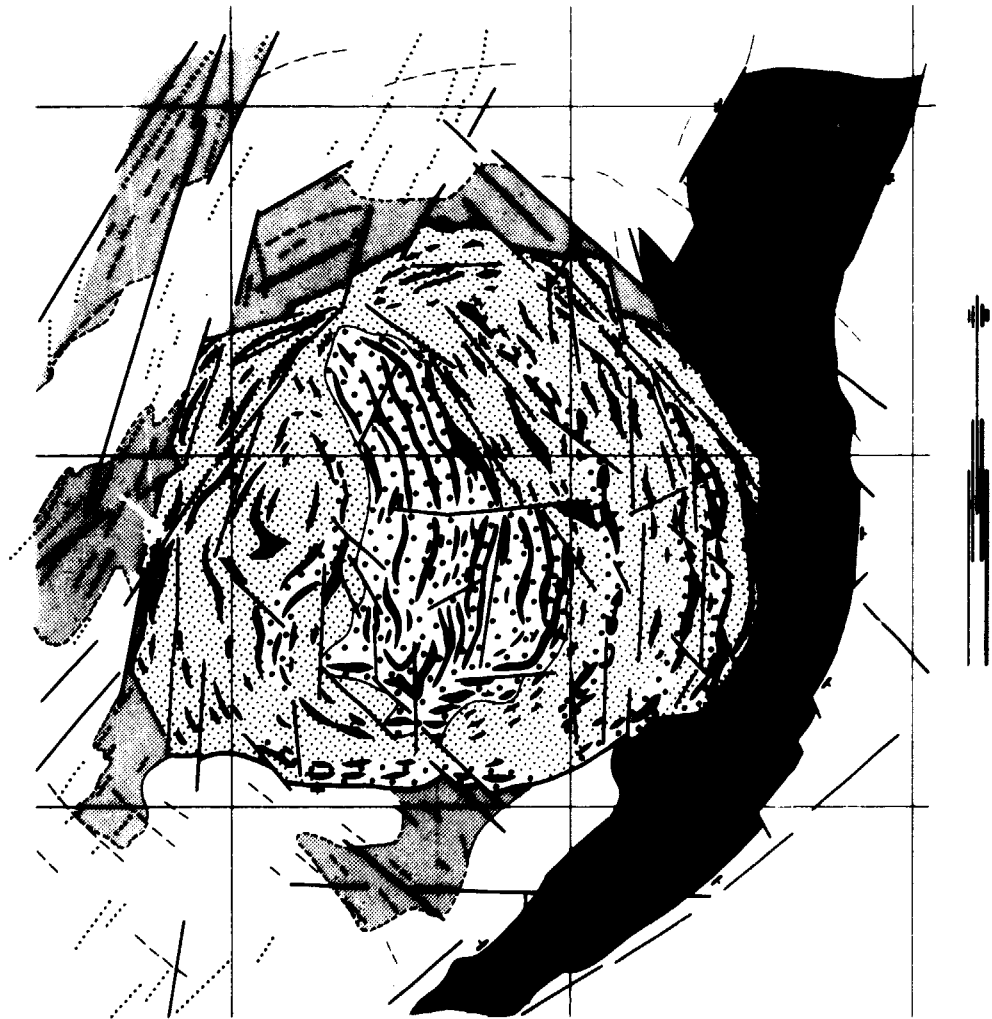
9 000  
31  
5000  
0

0  
1  
2  
km NNV

20 km  
SSG







Omgivningens anomalimönster

	Bandet	Oregelbundet
Lågt magnetiserat		
Måttligt		
Högt		

Gabbros anomalimönster

Måttligt magnetiserad	
Högt magnetiserad	

- Dislokationer
- Konnektionalinjer
- Magnetiska gånger
- Konforma störningszoner
- Strykning/stupning på magnetiska lager

Figur 16 Tolkningskarta från flygmagnetiska mätningar över KÄRKEJAURE

0 1 2 3 4 5 km

## Gunnarsdjupträskgabbron

### Geografiskt läge

Gunnarsdjupträskgabbron ligger 30 km NNO från Boden, se figur 1. Området täcks av kartbladen 25 - 26 L. I den centrala delen av gabbrointrusivet ligger sjön Gunnarsdjupträsk. Övriga delar av gabbron är skogsbevuxna. Det går flera vägar genom området. Gabbron är något elliptisk med diametrar på 7.5 km respektive 4.8 km. Längdaxeln ligger i Ö-V. Ytan är ca 18 km<sup>2</sup>.

### Flygmagnetisk karta

Gunnarsdjupträskgabbron karakteriseras av en hög magnetisk anomali på 4000 gamma. De omgivande bergarterna porfyrit, granit samt en svit av bergarter varierande mellan diorit och granit (Haparandaseriens djupbergarter, Öhman 1957) är måttligt magnetiserade. Gabbron uppvisar tydliga inre magnetiska partier som ligger konformt med gabbrons kontakt mot omgivningen, se kartan figur 17.

### Tyngdkraftskarta

Tyngdkraftskartan, figur 18, är något osäker på att mätningar endast har utförts längs med landsvägar i detta område. Tyngdanomalin har dock uppskattats till minst +15 mgal. Kartan tyder på att gabbrons djupaste del är förskjuten mot öster och ligger, i dagens erosionssnitt, strax innanför gabbrons östra begränsning.

### Petrofysiska studier

Petrofysiska mätningar på proven från Gunnarsdjupträskgabbron visar att gabbron är något inhomogen. Silikatdensiteten är 2.76-3.04, vilket tyder på en diorit-gabbro sammansättning. Den genomsnittliga densiteten är 2.98 och den högsta magnetihalten är ca 10 %.

### Gunnarsdjupträskgabbrons djup

En preliminär tolkning av gabbrons läge och djupgående utefter en profil i NNV-SSO finns redovisad i figur 19. Djupbestämningen är dock något osäker eftersom inga mätningar av densitet finns från omgivande bergarter. Ett troligt värde kan dock sättas till  $2.7 \text{ g/cm}^3$  och den uppskattade densitetskontrasten mellan gabbro och omgivning blir då  $0.28 \text{ g/cm}^3$ . Gabbrons djupgående blir då ungefär 2 km.

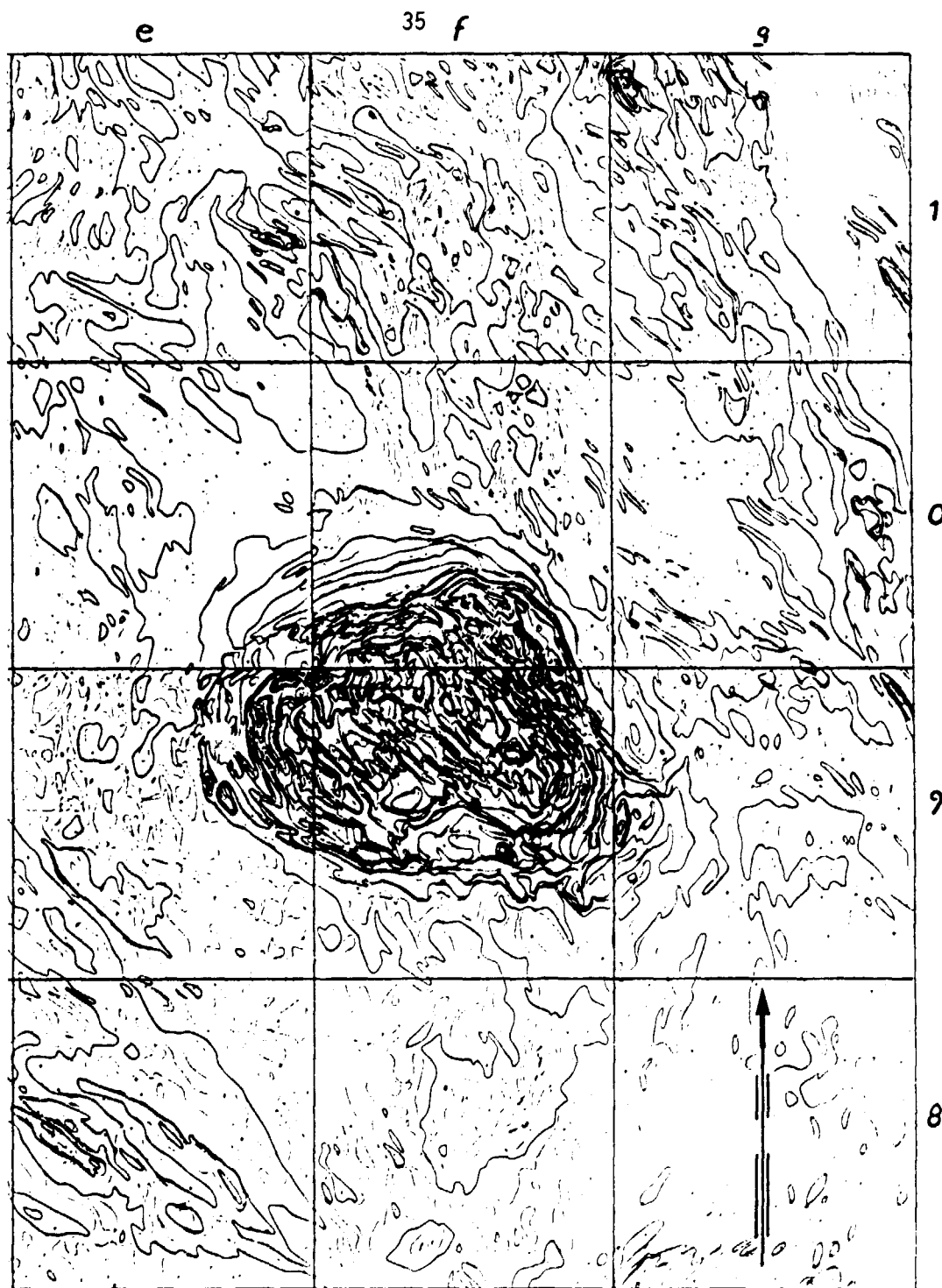
### Tolkningskarta

Tolkningskartan, figur 20, visar magnetiska partier inuti gabbbron som ligger konformt med kontakten till omgivande bergarter. Dessa har på flera ställen störts och förskjutits (förkastats). Den största av dessa dislokationslinjer har en NV-SO-lig riktning vilket sammanfaller med det regionala dislokationsmönstret.

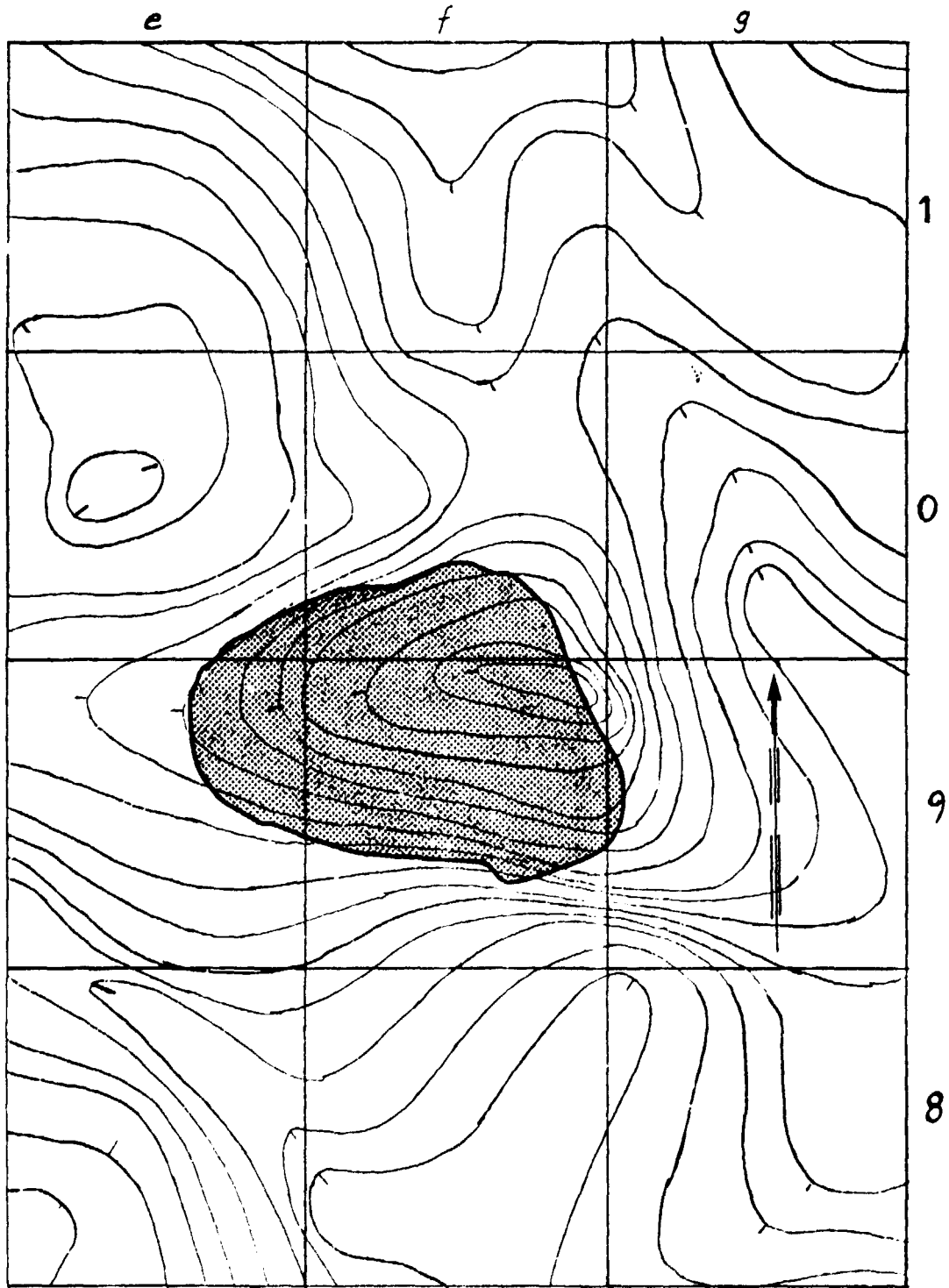
I samband med gabbrons intrusion har omgivande bergarter deformerats på ett avstånd på 1.5 km från den östra kontakten. Deformation runt resterande delar av gabbbron går ej att studera då referensstruktur saknas.

### Sammanfattning

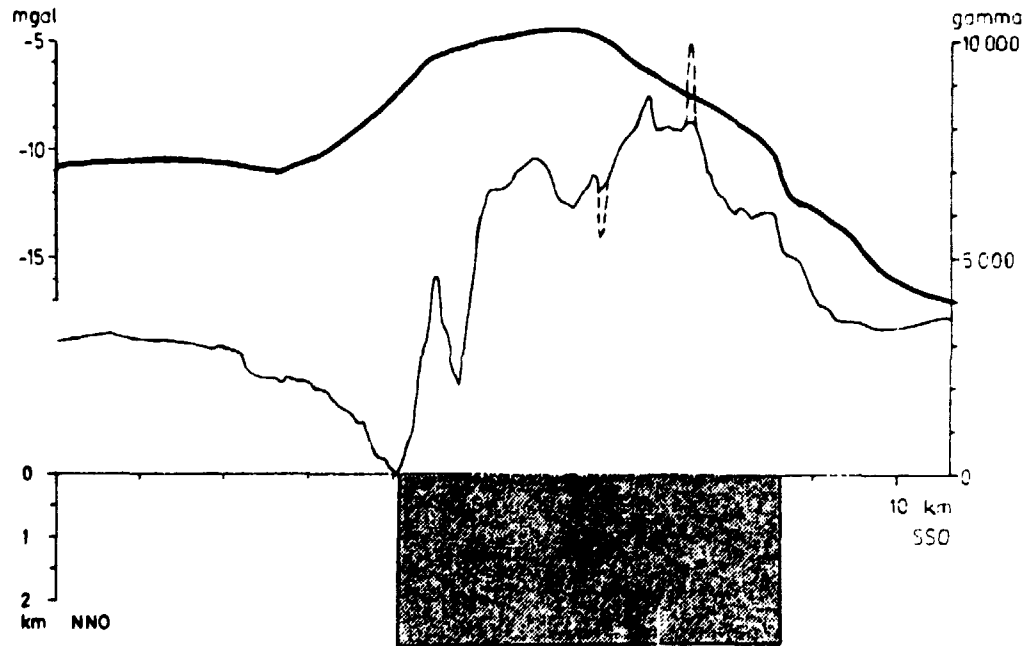
Gunnarsdjupgabbbron har en något osymmetrisk form med en yta på  $18 \text{ km}^2$ . Den har diorit-gabbro sammansättning och är genomslagen av flera dislokationszoner. Den är från undersökningssynpunkt lämplig på att flera vägar går igenom området. En nackdel är dock att dess yta och därmed volym är betydligt mindre än de andra studerade gabbrointrusiven. Detta innebär att det kan bli svårt att hitta ett större sammanhängande undersökningsområde i gabbbron som dels ligger centralt och dels någorlunda fritt från större dislokationszoner.



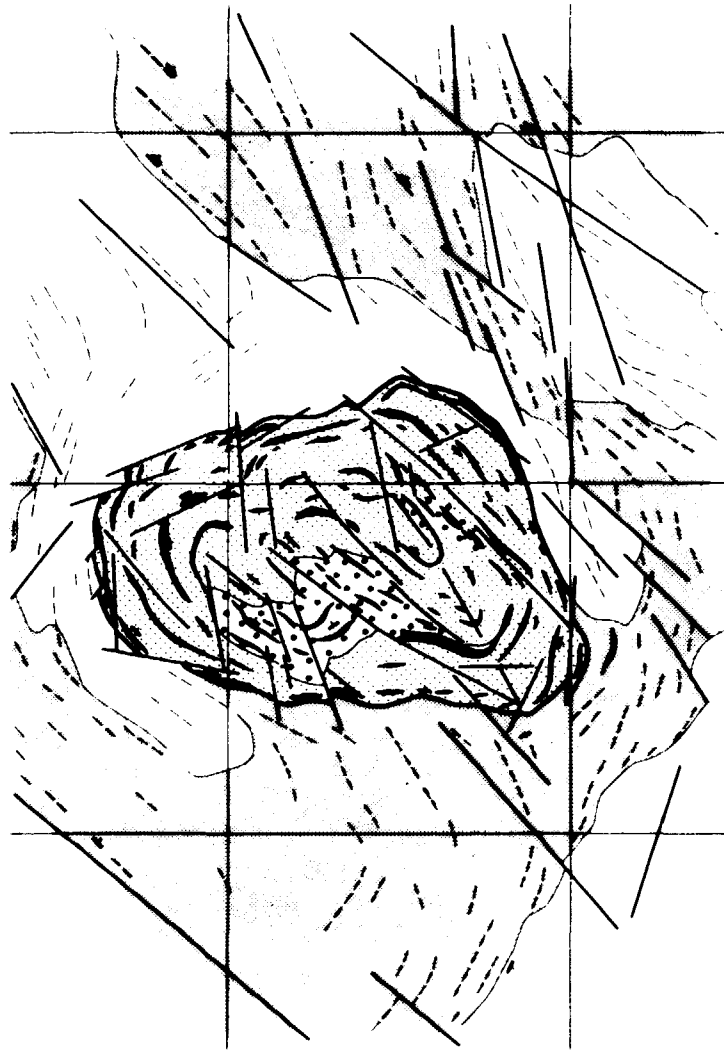
Figur 17. Flygmagnetisk karta (25 L och 26 L) över Gunnarsdjupträskgabbro.  
1 ruta är 5 x 5 km.



Figur 18. Tyngdkraftskarta (25 L och 26 L) över Gunnarsdjupträskgabbren.  
1 ruta är 5 x 5 km. Ekvidistans är 1 mgal.





Figur 19. Profil över den magnetiska anomalien (tunn linje) och tyngdkrafts-anomalien (tjock linje) över Gunnarsdjupträskgabbron samt skiss över gabbrons läge och preliminära djup.








Omgivningens anomalimönster

Bandet Oregelbundet

- Lågt magnetiserat 
- Måttligt 

Gabbrens anomalimönster

- Måttligt magnetiserad 
- Högt 

-  Dislokationer
-  Konnektionslinjer
-  Magnetiska gångar
-  Konforma störningszoner
-  Strykning/stupning på magnetiska lager

Figur 20 Tolkningskarta från flygmagnetiska mätningar över GUNNARSDJUPTRÄSK

0 1 2 3 4 5 km

## Vittangigabbron

### Geografiskt läge

Vittangigabbron ligger som namnet anger vid orten Vittangi, ca 75 km OSO om Kiruna, se figur 1. Området täcks av kartbladen 29 K Vittangi NO och SO. Gabbron är något oregelbunden med en diameter varierande mellan 8 - 10.5 km. Ytan är 64 km<sup>2</sup>.

Tvärs igenom gabbron rinner Torneälven som utgör den lägsta delen i ett för övrigt flackt landskap.

### Flygmagnetisk karta

På den flygmagnetiska kartan figur 21, framträder Vittangigabbron relativt väi med en max. anomali på 2000 gamma. Omgivningen består främst av måttligt magnetiserad granit men i väster förekommer även relativt högmagnetiska suprakrystallbergarter ur Kiruna grönstengrupp. Gabbrons deformation av omgivningen kan studeras från de bågformigt anordnade fragmenten av de sistnämnda bergarterna. Deformationsområdets bredd är 1.5 - 2.5 km.

En mera utförlig beskrivning av bergarterna i detta område ges av Eriksson & Hallgren, 1975.

### Tyngdkraftskarta

Tyngdkraftskartan, figur 22, uppvisar en hög tyngdanomali på ca +22 mgal. Tyngdanomaliens inflexionspunkter ligger något varierande men nära den magnetiska kontakten. Gabbrointrusivets kontakt stupar därför brant.

### Petrofysiska studier

De petrofysiska mätningarna visar att Vittangigabbron är homogen vad beträffar densitet och magnetiska egenskaper. Silikatdensiteten är 2.85 g/cm<sup>3</sup>, vilket tyder på en dioritisk sammansättning. Den genomsnittliga densiteten är 2.94 g/cm<sup>3</sup>. Mätningar av magnetiska egenskaper indikerar en magnetithalt i gabbron på 6-10 procent.



### Vittangigabbrons djup

Beräkningar av djupet på Vittangigabbron kompliceras av att omgivningen består av flera olika bergarter med varierande densiteter. Emellertid räknat mot omgivande granit blir densitetskontrasten  $0.29 \text{ g/cm}^3$ , och djupet kan då uppskattas till 2.6 km. En preliminär tolkning av Vittangigabbrons läge och djup finns redovisad i figur 23.

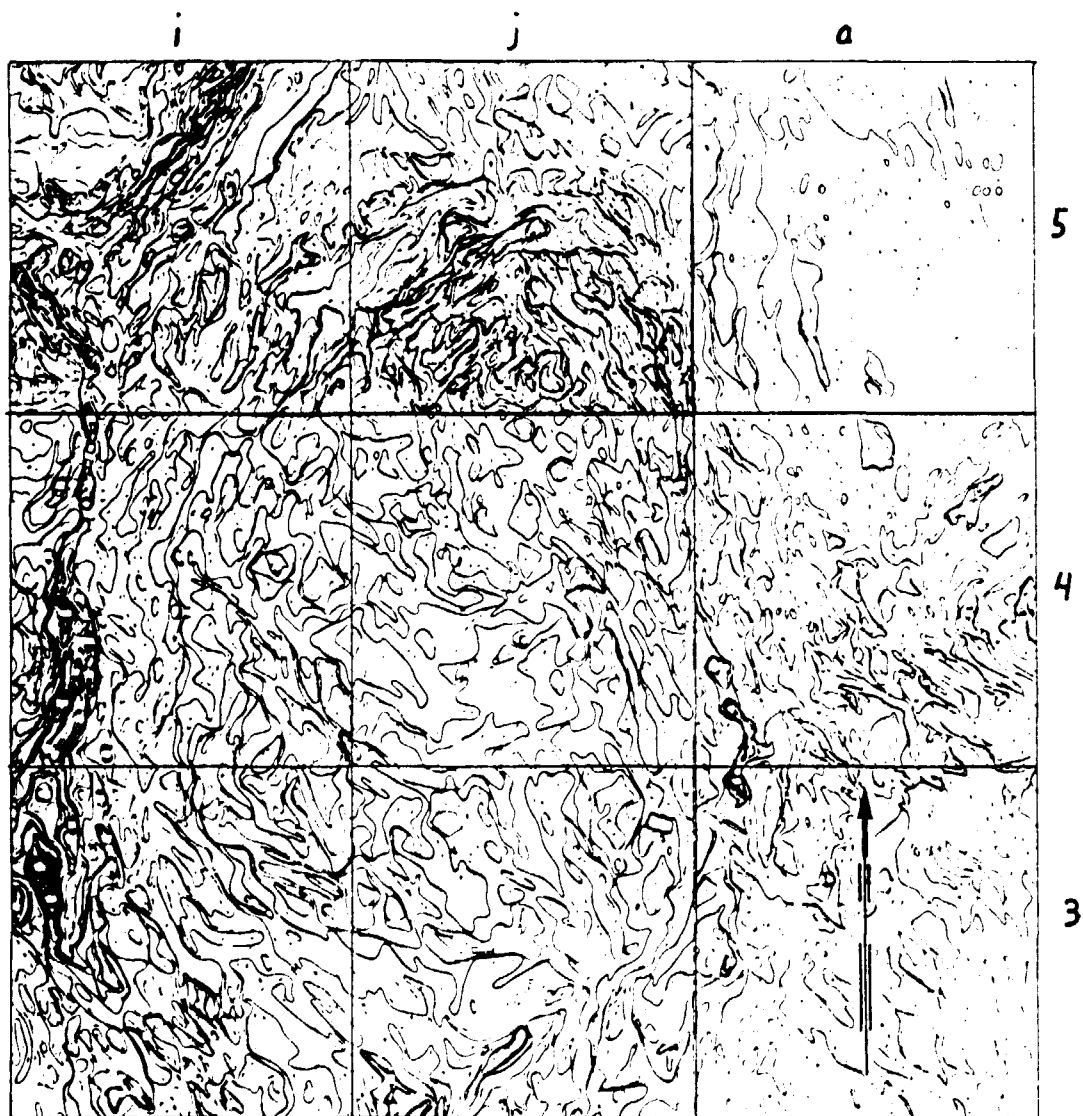
### Tolkningskarta

De dominerande dislokationszonerna inom Vittangigabbron har riktningen NV-SO och förekommer relativt frekvent, se tolkningskartan figur 24. En av dessa skär igenom gabbron och förskjutningarna vid kontakterna tyder på en väsentlig blockrörelse. Riktningen på Torneälven är även NV-SO och man kan därför förmoda att flodfårans läge och orientering delvis är tektoniskt betingat. Det finns en tydlig inre magnetisk struktur som kan observeras i form av ett ringformigt minimum. Det är för närvarande oklart vad som orsakar denna struktur.

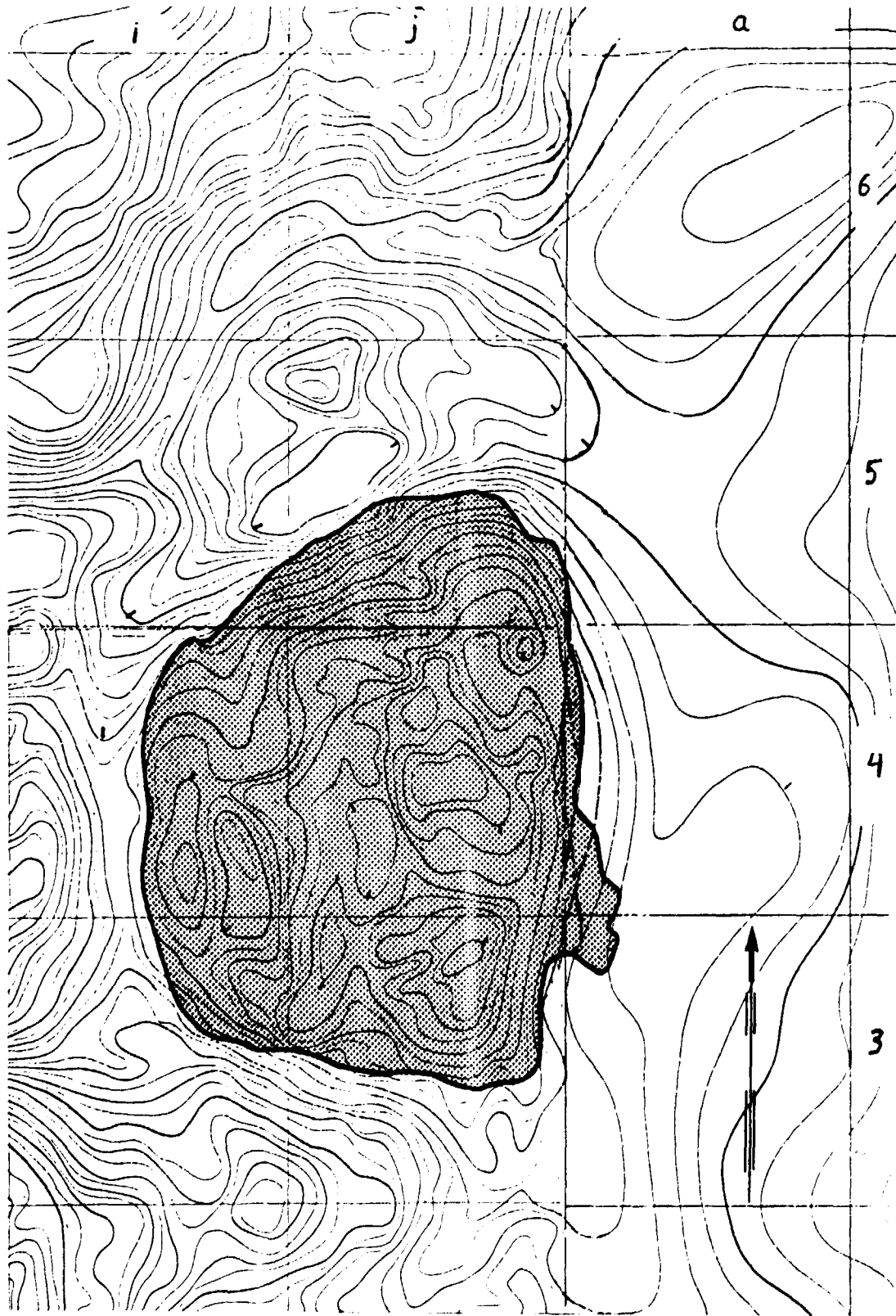
### Sammanfattning

Vittangigabbron har en något osymmetrisk form med en yta på  $64 \text{ km}^2$  och ett djup av 2.6 km. Den har en relativt homogen sammansättning.

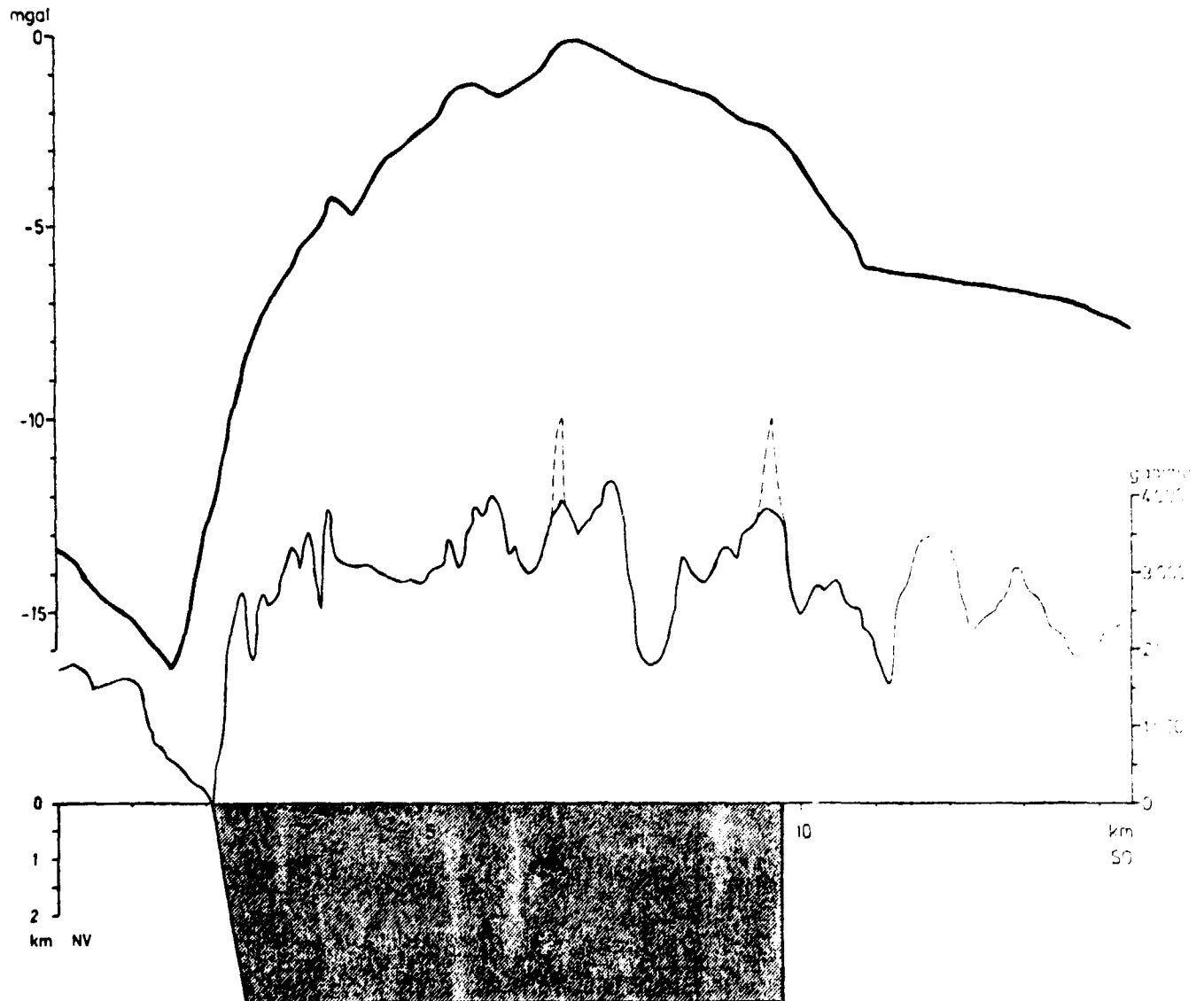
Vittangigabbrons storlek och närvaron av flera vägar genom området är fördelar ur undersökningssynpunkt. Ur hydrologisk synpunkt kan den höga frekvensen av dislokationszoner medföra hög vattenföring i gabbron.



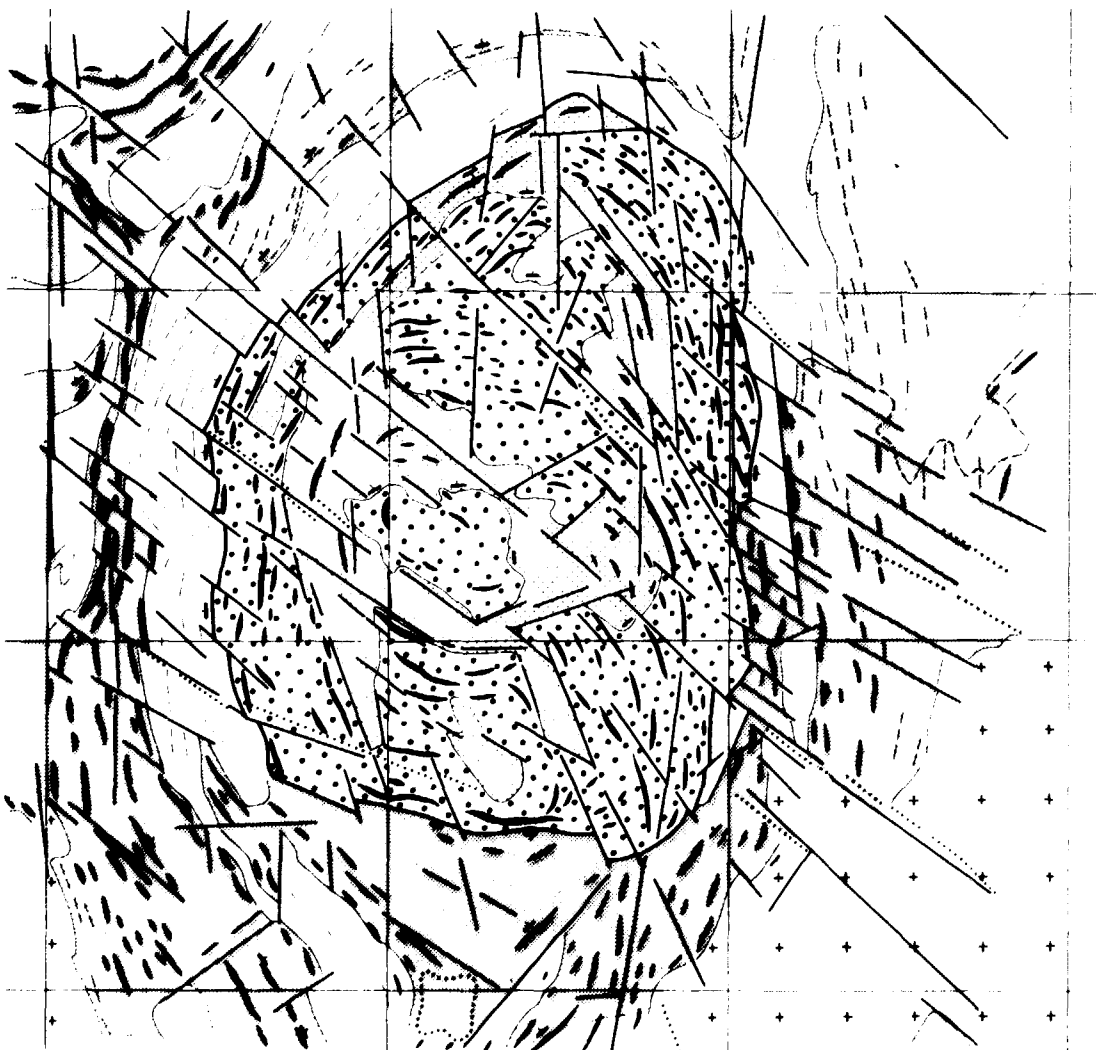
Figur 21. Flygmagnetisk karta (29 k och 29 L) över Vittangiabbron.  
1 ruta är 5 x 5 km.



Figur 22. Tyngdkraftkarta (29 K och 29 L) över Vittangigabbron.  
 1 ruta är 5 x 5 km. Ekvidistans är 0.5 mgal på kart-  
 området 29 K och 1 mgal på kartområdet 29 L.



Figur 23. Profil över den magnetiska anomalien (tunn linje) och tyngdkrafts-anomalien (tjock linje) över Vittangigabbren samt skiss över gabbrens läge och preliminära djup.



Omgivningens anomalimönster

	Bandet	Oragelbundet
Lågt magnetiserad		
Högt		

Gabbrons anomalimönster

Måttligt magnetiserad	
Högt	

	Dislokationer
	Konnektionslinjar
	Magnetiska gångar
	Konforma störningszoner
	Strykning/stupning på magnetiska lager

Figur 24 Tolkningskarta från flygmagnetiska mätningar över VITTANGI

0 1 2 3 4 5 km

## Taavinunnanengabbron

### Geografiskt läge

Taavinunnanengabbron ligger på kartbladet 30 K Soppero SV, ca 35 km NO om Kiruna, se figur 1. Gabbron utgör en betydande topografisk höjd och består på toppen av kalvfjäll. Närmaste väg ligger på ett avstånd av ca 10 km. Gabbron har en elliptisk form med längdaxeln i NV-SO. Diametern varierar mellan 6 och 8 km och ytan är omkring 50 km<sup>2</sup>.

### Flygmagnetisk karta

Magnetiskt framträder gabbron väl i en för övrigt lågmagnetisk omgivning, se figur 25. Den genomsnittliga magnetiska anomalin är på 2000 gamma. Gabbron visar en tydlig magnetisk skiktning med varierande högmagnetiska och lågmagnetiska lager. Dessa lutar in mot gabbrons centrala del och bildar därmed skålformade strukturer.

### Tyngdkraftskarta

De relativt glesa tyngdkraftsmätningarna som har utförts i området har sammanställts i form av en tyngdkraftskarta, figur 26. De få mätpunkterna gör att det är svårt att jämföra gabbrokontaktens läge med den magnetiska mätningen. Tyngdanomalin kan dock uppskattas till +22 mgal.

### Petrofysiska studier

De petrofysiska mätningarna visar en komplex sammansättning på gabbron med en stor variation i de magnetiska egenskaperna. En stor del av proverna visar en silikatdensitet på 2.93 g/cm<sup>3</sup>, underordnat förekommer värden på 3.11 g/cm<sup>3</sup>, medan en betydande del av proverna också visar den extremt höga silikatdensiteten 3.34 g/cm<sup>3</sup>. Så höga värden har endast observerats i denna gabbro samt i Dundret-gabbron. De tunga provernas läge i massivet tyder på ett tämligen tunt skikt högt upp i intrusionen. Den genomsnittliga densiteten torde därför ligga omkring 3.02 g/cm<sup>3</sup>.

Magnetiska mätningar antyder att magnetithalten varierar mellan 0 - 10 procent.

#### Taavinunnanengabbrons djup

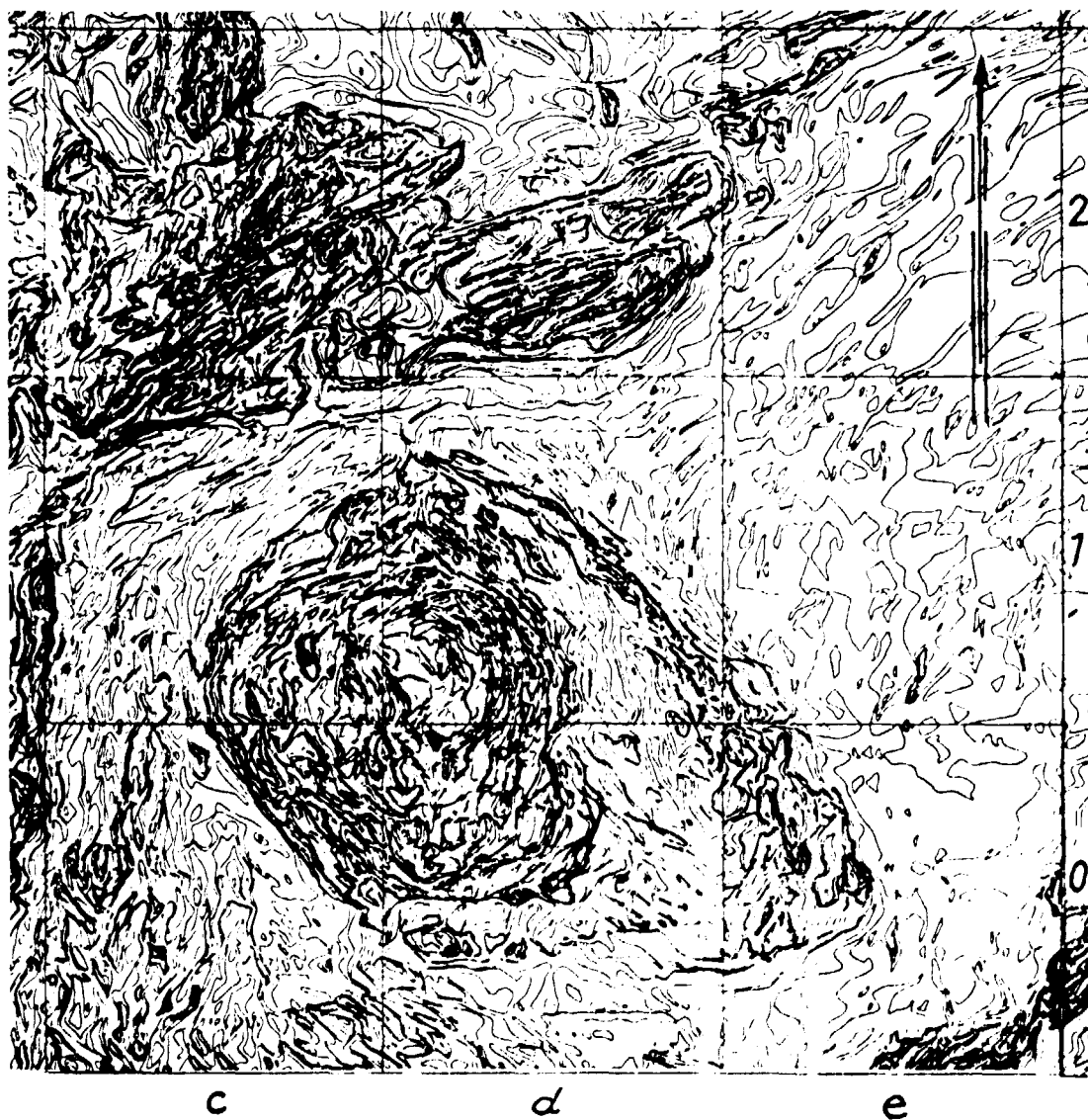
Densitetskontrasten mot omgivande graniter och gnejser kan uppskattas till  $0.37 \text{ g/cm}^3$ . Från tynndanomalins storlek kan då det maximala djupet på gabbrointrusivet beräknas till ca 2 km. Figur 27 visar en preliminär tolkning av gabbrons läge och djup.

#### Tolkningskarta

Från tolkningskartan, figur 28, kan de dominerande dislokationszonerna studeras. Dessa har vanligen riktningarna NO och NV samt N. Gabbron har relativt litet påverkats av regionala dislokationszoner. Kartan visar även de inåtstupande stråken av högmagnetiska lager. De magnetiska stråken utanför gabbron består främst av bergarter ur Kiruna grönstensgrupp. På gabbrons intrusion har omgivande bergarter deformerats på ett avstånd av ca 3 km från intrusionen.

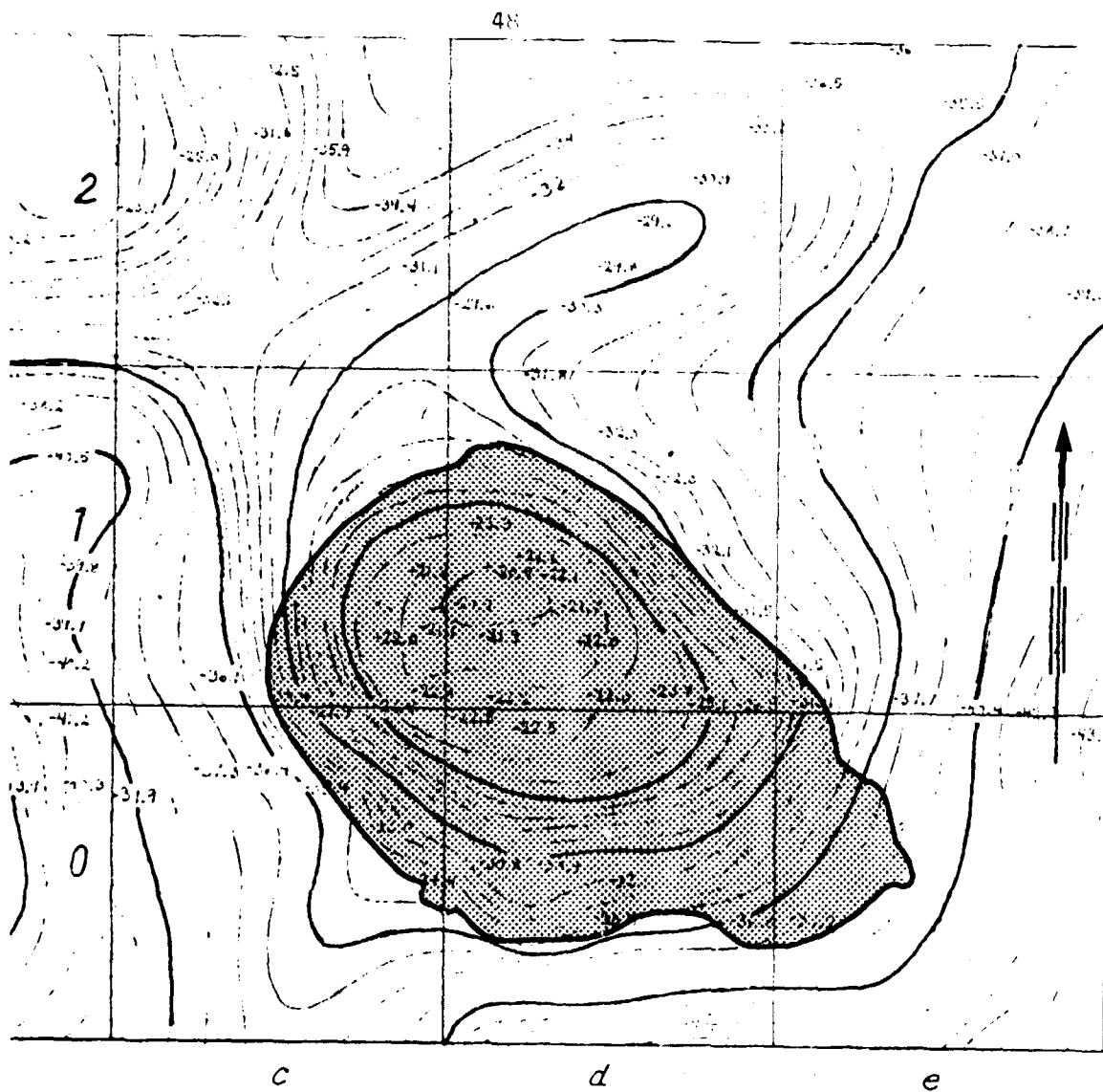
#### Sammanfattning

Taavinunnanengabbron har en elliptisk form med en yta av  $50 \text{ km}^2$  och en mäktighet av 2 km. Den är uppdelad i olika lager med varierande sammansättning. Dessa lager lutar inåt och bildar en skålförmig struktur. Frånvaron av regionala dislokationszoner samt den anisotropi de olika lagrena utgör kan innebära låg vattenföring i gabbron. Frånvaron av väg är dock en nackdel ur undersökningssynpunkt.

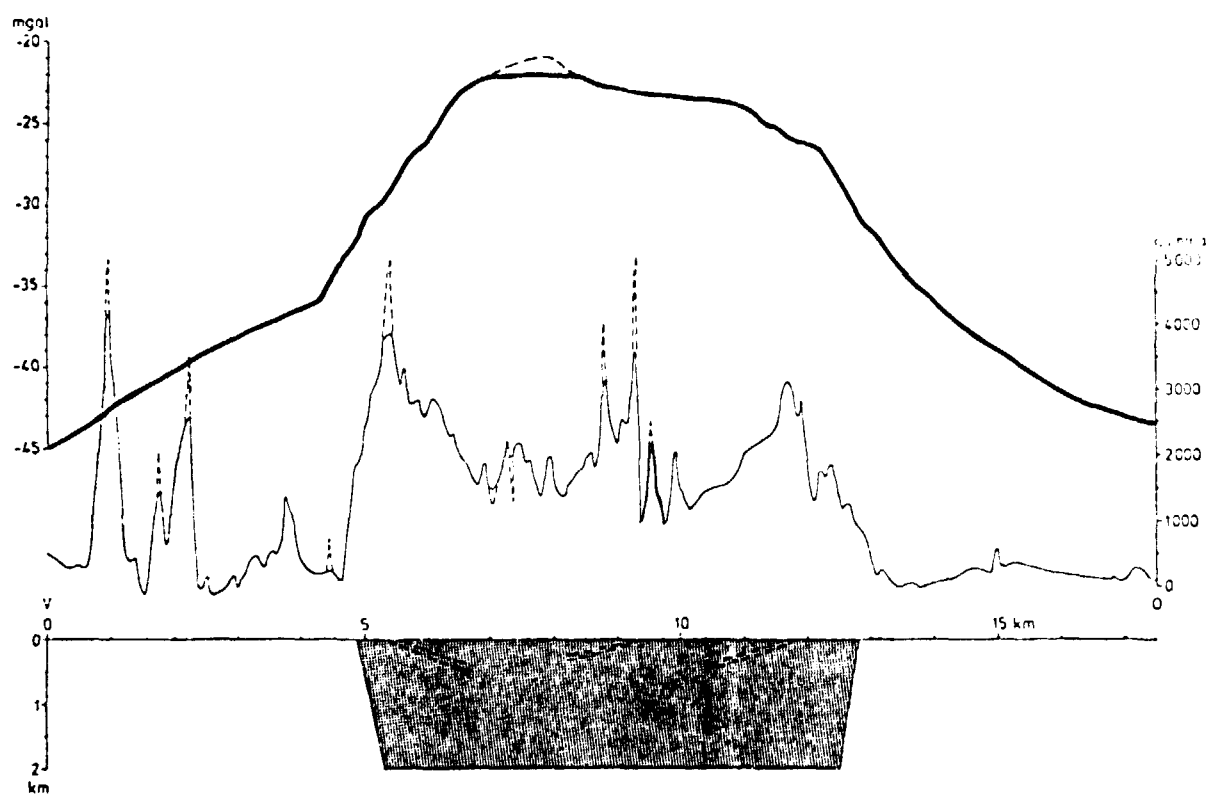


Figur 25. Flygmagnetisk karta (30 K) över Taavinunnanengabbron. 1 ruta är 5 x 5 km.

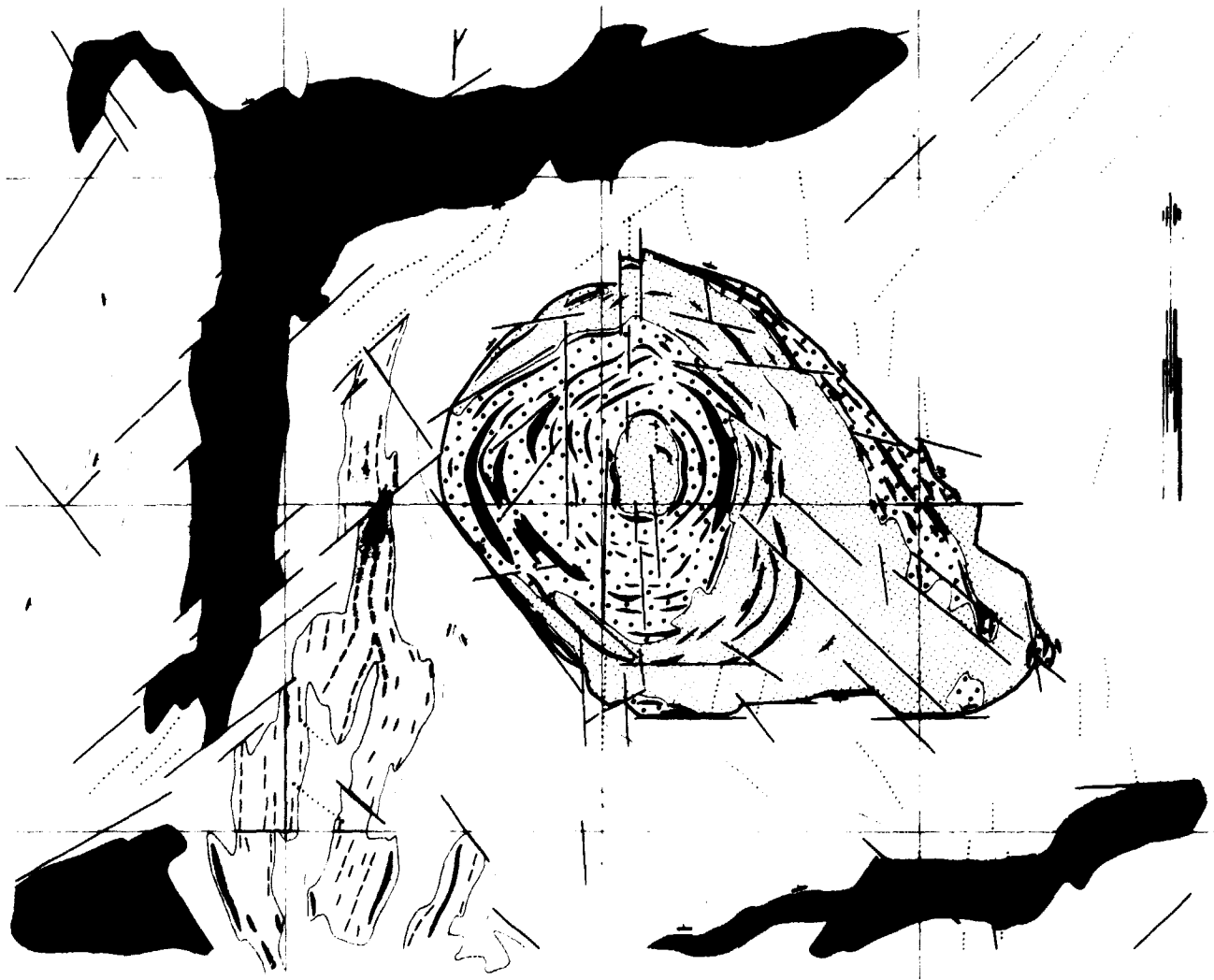




Figur 26. Tyngdkraftkarta (30 K) över Taavinunnanengabbron. 1 ruta är 5 x 5 km. Ekvidistans är 1 mgal.



Figur 27. Profil över den magnetiska anomalien (tunn linje) och tyngkrafts-anomalien (tjock linje) över Taavinunnanengabbren samt skiss över gabbrens läge och preliminära djup.



Omgivningens anomalimönster

	Bandat	Oregelbundet
Lågt magnetiserad		
Måttligt		
Högt		

Gabbros anomalimönster

Måttligt magnetiserad	
Högt	

- Dislokationer
- Konnektionslinjer
- Magnetiska gångar
- Konforma störningszoner
- Strykning/stupning på magnetiska lager

Figur 28 Tolkningskarta från flygmagnetiska mätningar över TAAVINUNNANEN

0 1 2 3 4 5 km

## REFERENSER

SGU = Sveriges geologiska undersökning

Ahlbom, K., Olkiewicz, A., & Scherman, S., 1979: Val av platser för fortsatta undersökningar av bergformationer i södra Sverige.

Carlsson, E., 1979: Kölen-malmen "överlistad". Jernkontorets Annaler, nr 2/79.

Eriksson, B., & Hallgren, U., 1975: Beskrivning till berggrundskartbladen Vittangi NV, NO, SV, SO, SGU Serie Af, nr 13-16.

Henkel, H., 1980: Stora gabbro-intrusioner i norra Sverige. SGU internrapport.

Lagerbäck, R., & Henkel, H., 1977: Studier av neoteknisk aktivitet i mellersta och norra Sverige, flygbildsgenomgång och geofysisk tolkning av recenta förkastningar. KBS Teknisk rapport 19.

Lundegårdh, P. H., 1966: Berggrundskarta över Gävleborgs län. SGU, Serie Ba, nr 22.

Lundegårdh, P. H., 1967: Berggrunden i Gävleborgs län. SGU, Serie Ba, nr 22.

Ohman, O., 1957: Beskrivning till berggrundskarta över urberget i Norrbottens län. SGU, Serie Ca., nr 41.

