

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

SER. C.

Avhandlingar och uppsatser.

N:o 296.

ÅRSBOK 13 (1919) N:o 5.

TUOLLUVAARA MALMFÄLTS
GEOLOGI

AV

PER GEIJER

MED SEX TAVLOR

Pris 1 kr.

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

SER. C.

Avhandlingar och uppsatser.

N:o 296.

ÅRSBOK 13 (1919) N:o 5.

TUOLLUVAARA MALMFÄLTS
GEOLOGI

AV

PER GEIJER

MED SEX TAVLOR

STOCKHOLM 1920
KUNGL. HOFBOKTR. IDUNS TRYCKERI-A.-B.
[194673]

INNEHÅLLSFÖRTECKNING.

	Sid.
<i>Förord</i>	5
<i>Inledning</i>	7
Läge, kommunikationer, m. m	7
Historik över brytningen	7
Föregående geologiska undersökningar	9
<i>Geologisk översikt</i>	9
<i>Porfyr</i>	11
<i>Gångar av syenitporfyr</i>	15
<i>Malmer</i>	17
Former och gränsförhållanden	17
Sträckning och fältstupning	20
Sammansättning och struktur	20
<i>Malmbreccia</i>	23
<i>Malmernas och malmbreccians uppkomst</i>	27
<i>Jämförelse med andra malmfält</i>	33
<i>Förkastningar</i>	35
Förkastningsplanens utbildning	35
Förkastningarnas karaktär	35
Översikt av systemen	35
Strykningsförkastningar	36
Tvärförkastningar	41
Mått på förflyttningen längs de största förkastningarna	45
Malmernas lägen på djupare nivåer	47
Några allmänna lärdomar av Tuolluvaaras förkastningar	50
<i>Anmärkningar till tavlorna</i>	51

FÖRORD.

Tuolluvaara malmfälts geologi har redan flera gånger beskrivits, utförligast av undertecknad, som undersökte fältet under de av Luosavaara-Kiirunavaara Aktiebolag anordnade geologiska arbetena i Kirunatrakten 1905—1910. Sedan resultaten av denna undersökning av malmfältet publicerades (1910), har gruvbrytningens fortskridande bringat i dagen ett mycket väsentligt, men förut okänt drag i dess geologi, nämligen förekomsten av stora förkastningar, som förflyttat malmerna så, att det befanns omöjligt att beräkna de förkastade delarnas lägen. En ny undersökning av fältet var därför väl motiverad. Ett lämpligt tillfälle härtill erbjöd sig under sommaren 1918.

Arbetet har utförts i samarbete med Tuolluvaara Grufaktiebolag, och det är mig en angenäm plikt att här framföra min tacksamhet till bolagets disponent, fil. d:r Hj. LUNDBOHN, samt förvaltaren, ingenjör A. NORDMAN, för det intresse de visat för denna undersökning, och de åtgärder varmed de understött densamma.

Undersökningen av Tuolluvaara avsåg icke endast att utreda förkastningstektoniken, utan också att, om möjligt, närmare än förut skett klarlägga malmens bildningssätt och förhållande till åtföljande bergarter. Det var nämligen från föregående arbeten känt, att denna malmfyndighet ger ett särdeles typiskt exempel på de inom norra Lapplands malmtrakter flerstädes uppträdande brecciemalmerna, och att just där betingelserna för ett studium av denna företeelse äro ovanligt goda. Av detta skäl har också i den härmed publicerade beskrivningen ett ganska stort utrymme tillmätts diskussionen om malmens bildningssätt. Det väntades också från början, och har bekräftats under arbetets fortgång, att en möjligast allsidig utredning av fältets geologi skulle visa sig vara den bästa vägen icke blott till ernåendet av sådana resultat, vilka i första hand äro av teoretiskt intresse, utan också av sådana, som hava ett mera omedelbart praktiskt värde. Den utförliga behandling, som ägnats förkastningstektoniken, motiveras icke blott av frågans betydelse för gruvdriften vid

Tuolluvaara, utan också därav, att hittills endast obetydligt finnes publicerat på svenska om detaljundersökningar av förkastningar. Åtskilliga undersökningar torde vara utförda, men resultaten äro ej offentliggjorda. Då Tuolluvaara malmfält är ett mycket instruktivt exempel på en komplicerad förkastningstektonik, bör skildringen sålunda kunna påräkna intresse även bland dem, som ej omedelbart komma att syssla med detsamma.

Stockholm i oktober 1919.

Per Geijer.

Inledning.

Läge, kommunikationer, m. m. Tuolluvaara malmfält ligger c:a 4.5 km Ö om Kiruna. Till sin utsträckning sammanfaller det tämligen fullständigt med höjden Tuolluvaara, en ursprungligen helt moräntäckt bergkulle, vars topp når 50 à 70 m över omgivande myrmarker och 505 m höjd ö. h. Fältet ligger under barrskogsgränsen, och är bevuxet med en blandskog av tall och björk.

Landsvägen från Kiruna till Jukkasjärvi tangerar Tuolluvaaras fot på sydvästra sidan. Malmen utfraktas medelst en 3.7 km lång linbana till en punkt c:a 2 km S om Kiruna huvudstation, där en fickkaj är anlagd vid ett kort stickspår från linjen Kiruna—Gällivare.

*Historik över brytningen.*¹ Malmförekomsten vid Tuolluvaara upptäcktes i augusti 1897 av dåvarande statsgeologen HJ. LUNDBOHR. Flertalet av fältets utmål lades 1902, några 1903 och ett (Hjalmar) 1904. Inmutareandelen äges av Tuolluvaara Grufaktiebolag, vars delägare äro ett antal mellansvenska järnverk. Fyndigheten ligger på kronomark. Vid utmålsläggningen bevakade staten sin jordägarerätt, men överlät på 20 års tid sin andel på gruvbolaget mot viss avgift för den brutna malmen. Efter nämnda tids förlopp äger staten rätt att inlösa sig i bolaget och bliva jämnställd med de övriga aktieägarna.

På grund av malmens förekomstsätt börjades brytningen med palling i dagbrott. År 1909 var fyndigheten utbruten över 18 m avvägning. År 1907 öppnades en ny etage å 36 m avvägning dels i östra Choulalongkorn (jfr tavl. 1 och 2), dels i Ararat; följande år angrepos Siammalmerne å samma nivå genom en från väster indriven stoll. Å denna nivå pågår ännu brytning.

Efter föregående undersökningsarbeten avsåktes år 1913 det blivande huvudschaktet, inom utmålet Magdalena. Från detta schakt har sedan å 75 m avvägning den första underjordsetagen öppnats

¹ Jfr även HJ. LUNDBOHR i »Iron ore resources» (1910) och G. FAGERBERG, Tuolluvaara, en gruffältsbeskrifning (Bl. Bergshandteringens vänner, 1913, h. 2).

(tavla 3). På grund av fördelningen av olika malmkvaliteter kommer skivrasbrytning att användas.

Tuolluvaaras malm utmärkes av en mycket hög järnhalt och i allmänhet låg fosforhalt. En stor del av densamma, nära 40 procent av den hittills brutna kvantiteten, är s. k. A-malm med maximum 0.015 % fosfor, resten huvudsakligen C-malm, med maximum 0,60 %. Vid brytningen avskiljes från det alldeles ofyndiga berget sådan bergart, som är rikligt genomvävd av malmgångar, s. k. malmbreccia. Denna, som i genomsnitt håller omkring 37 % järn, upplägges för eventuell framtida sovring. De brytvärda malmernas sammanlagda area uppgår till närmare 15 000 m².

Malm- och bergbrytningen i Tuolluvaara från gruvdriftens början 1902 framgår av nedanstående tabell:

År	Malm, ton	% Fe	% P	Malmbreccia, ton	Gräberg, ton
1902	6 000	ej angivet	ej angivet	—	—
1903	636	»	»	—	328
1904	24 513	»	»	—	2 500
1905	41 653	»	»	—	5 040
1906	80 248	»	»	12 435	11 892
1907	87 977	»	»	13 805	71 978
1908	78 732	»	»	16 256	89 761
1909	25 415	67.91	0.007	12 368	47 248
	35 850	67.65	0.294		
1910	28 285	67.70	0.009	10 219	54 942
	52 671	67.59	0.062		
1911	40 071	68.12	0.010	14 863	62 192
	7 112	67.10	0.023		
1912	52 819	67.20	0.096	13 704	39 431
	48 737	67.79	0.009		
1913	58 822	67.04	0.057	11 859	69 543
	42 928	67.86	0.011		
1914	7 703	67.76	0.022	11 443	74 036
	51 627	66.50	0.073		
1915	28 740	67.83	0.012	9 568	82 034
	70 681	67.97	0.112		
1916	24 506	67.48	0.014	14 561	60 071
	9 894	67.32	0.028		
1917	48 147	67.44	0.170	7 478	40 292
	36 933	66.93	0.010		
1918	741	66.70	0.035	148 559	711 288
	52 806	67.16	0.103		
1919	25 463	67.95	0.007	711 288	40 292
	65 534	67.58	0.160		
Sia 1902—1917	1 135 245				

Före år 1909 saknar statistiken uppgift om malmens sammansättning. Den 1902—1917 brutna malmkvantiteten, i 135 245 ton, fördelar sig sålunda på olika kvaliteter:

A-malm	301 079 ton
B- »	25 450 »
C- »	488 957 »
Ej specif. ¹	319 759 »

Malmens svavelhalt är genomgående mycket låg, mellan 0.002 och 0.006 procent.

Föregående geologiska undersökningar. De första uppgifterna om Tuolluvaaras geologi offentliggjordes av W. PETERSSON, vilken undersökt fältet såsom ledare för den ena av S. G. U:s malmfältsexpeditioner i norra Lappland år 1899.² Vid denna tidpunkt var fyndigheten ännu endast ofullständigt blottad. Senare ha en del iakttagelser publicerats av O. STUTZER.³ I »Iron ore resources of the world», år 1910, har HJ. LUNDBOHR skildrat malmfältet. Samma år utkom även förf:s redan nämnda geologisk-petrografiska beskrivning av det samma.⁴

Geologisk översikt.

Tuolluvaara ligger inom ett vidsträckt, men på grund av jordbäckning och myrlänthet föga känt område av leptitisk porfyr, som i norr, väster och söder begränsas av amfibolit, vilken i sin tur skiljes från Kiirunavaara-Luossavaara-området i väster genom en störningslinje, förmodligen en brant mot öster stupande förkastning.⁵ Leptit-amfibolitområdets gränser mot S och Ö äro icke kända; förmodligen sammanhänger det utan skarpare tektonisk avgränsning med övriga omkristalliserade yteruptiv i östra delen av Jukkasjärvi malmtrakt. Under det att amfiboliternas huvudmassa således bildar

¹ A-malmprocenten torde i detta parti ha varit minst lika stor som i den senare brytningen.

² S. G. U., ser. C, nr 183, s. 101.

³ Geologie und Genesis d. lappländ. Eisenerzlagertstätten, Neues Jahrb. f. Min., etc., Beil. Bd XXIV, 1907, s. 548.

⁴ Igneous rocks and iron ores of Kiirunavaara, Luossavaara and Tuolluvaara. Stockholm 1910. (Ur detta arbete äro hämtade de i det följande reproducerade bilderna fig. 4 och 7).

⁵ Jfr översiktskartor i HJ. LUNDBOHR, Sketch of the geology of the Kiruna district (G. F. F., Bd. 32, s. 751, samt geol. kongress-guide, Stockholm 1910) och N. SUNDIUS, Beitr. z. Geologie d. südl. Teils des Kirunagebietes (Uppsala 1915), den senare mera omfattande.

ett bälte utanför leptiten, och sålunda, då alla iakttagna stupningar inom området äro östliga, intager en lägre geologisk nivå än denna bergart, finnas smärre amfibolitpartier på många ställen inom leptiten, sannolikt i form av yngre gångar.¹

Leptitens vanliga typ är en ljusröd porfyr med strökorn av fältspat i en fältspat-kvarts-grundmassa. Grundmassans struktur synes alltid vara sekundär, men strökornen äro bevarade i bergarten inom områdets norra del, till vilken Tuolluvaara hör, och enligt SUNDIUS ofta även i den södra delen. Till sin ursprungliga karaktär har bergarten varit nära nog identisk med kvartsporfyren (»hängväggsporfyren») inom Kiirunavaara-Luossavaara-området. Då den sålunda haft en ytbergarts strukturella utbildning och dessutom lokalt åtföljes av agglomeratiska former (vid Vahåive, enligt SUNDIUS), är det sannolikt att den bildar en serie av lavaströmmar. En till sin sammansättning något avvikande form representeras av porfyren i Sakaravaaras plåtå, N om Tuolluvaara, som för kvartsströkorn.

Kullen Tuolluvaara består av nyssnämnda leptitiska porfyr. Metamorfofgraden är där alltför svag för att motivera benämningen leptit. För korthetens skull kallas bergarten i det följande, ävensom å kartorna, endast porfyr. Såsom helt underordnade yngre gångar förekomma syenitporfyren. Vid kullens sydöstra fot, Ö om kontorsbyggnaden,² gränsar porfyren mot en delvis skapolitiserad amfibolit. Såväl denna som den närmast angränsande porfyren genomsättas av gångar av granitaplit.³

Malm finnes på spridda ställen över hela kullen, men de största malmkropparna äro samlade inom ett i NO—SV strykande bälte över toppen. Den mest betydande malmen sträcker sig genom utmålen Choulalongkorn, Siam och Emil. Den del av densamma, som faller inom de båda sistnämnda utmålen, plägar benämnas Östra Siam, under det att den från denna skilda, helt och hållet inom utmålet Siam fallande malmen kallas Västra Siam. På djupet sammanhänga dessa båda malmer med varandra. Inom bältets sydvästra del uppträda Emil-Ararat-malmen, en malm på gränsen mellan Ararat och Kurt och en (ej blottad i dagen) inom sistnämnda utmål. Till denna grupp, som utgöres av de genom förkastningar omflyttade delarna av en ursprungligen sammanhängande malmkropp, hör även den malm som kallas »Östra Siams parallellmalm» eller rätt och slätt Parallellmalmen. I bältets nordöstra ända ligga Bräk- och Finismal-

¹ Jfr SUNDIUS ovan anförda arbete, s. 162 o. följ. samt fig. 25.

² Denna ligger c:a 600 m S om utmålshörnet Gutte—Bräk (jfr kartan tavl. 1).

³ Amfiboliten och granitapliten äro utförligt beskrivna i förf:s ovan citerade arbete, s. 218—219.

merna. Den största malmen utanför detta bälte är Snorre, som ligger SO om detsamma.

Malmerna bestå av magnetit och ringa mängder apatit och amfibol. De bilda gångformiga kroppar i porfyren, vilken i deras närhet och stundom även på andra ställen är genomflätad av otaliga större och mindre malmgångar, varierande från mikroskopiska dimensioner till brytvärda mått. På flera ställen finnes en successiv övergång mellan en stor malm och malmgångsnätet i denna malmbreccia.

Choulongkorn—Östra-Siam-, Bråk-, Ararat- och Kurt-malmerna hava en måttligt brant stupning mot SSO (c:a 60°), Västra Siam- och Emil-malmerna stupa brantare mot Ö. Flertalet visar en markerad fältstupning mot S (52°—62°), som också markeras av räffling eller valkighet å deras begränsningsytor. Yngre än denna deformation är en komplicerad förkastningstektonik. Förkastningarna, som äro skarpt markerade och i regel synas hava karaktären av överskjutningar, hava framkallat betydande rubbningar inom fyndigheten.

Porfyr.

Tuolluvaaras porfyr är en massformig bergart med tät grundmassa och måttligt talrika fältspatströkorn, vanligen ej mera än 2 à 3 mm långa. Grundmassans färg är i regel ljusröd eller gråröd. Strökornen hava en mera rent röd färg, men kunna också vara bruna, med oljeartad glans, på grund av omvandling (kloritisering, enligt den mikroskopiska undersökningen). En ljust blågrå till gråvit färg förekommer lokalt, men endast i den randiga utbildningsformen av bergarten (jfr nedan). Även i detta fall äro strökornen rödaktiga.

Porfyren är en föga variabel bergart. Den enda avvikelse från den normala primära utbildningen, som förekommer, är uppträdandet av en markerad randighet, framkallad av helt tunna (knappt millimetertjocka) ränder av magnetit eller ibland av hornblände,¹ som med ett inbördes avstånd av 5 à 10 mm löpa någorlunda parallellt, och var för sig ofta kunna sträcka sig åtminstone meterlångt, innan de upphöra. Utmed dessa ränder har porfyren en annan färg än eljest: i den rödgrå varietetet klarare röd, i den grå varietetet mera rent vit. Randig porfyr har iakttagits på många ställen inom fältet, exempelvis i dagen vid Magdalenamalmen och i skärningen till huvudschaktet, kring Västra Siammalmens sydvästra spets, vid Choula-

¹ Det är osäkert, om hornbländeränderna äro av samma ursprung som ränderna av magnetit. På ett ställe är det tydligt, att de äro sekundära (jfr s. 25), men detta kan ej anses utesluta, att de kunna vara primära i andra fall.

longkorn—Östra Siam-malmens västra ände, och på 75 m avvägning mellan huvudschaktet och Siam-malmerna. På förstnämnda ställe går parallellt med randningen en grövre växling av något olika färgade porfyrvarieteter.

Tuolluvaaraporfyrens sammansättning framgår av nedanstående analys av ett typiskt prov, utförd å S. G. U:s laboratorium av G. NY-BLOM för Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolags geologiska undersökningar, och publicerad i förf:s redan citerade arbete.

SiO ₂	70.08 %	1 160
Al ₂ O ₃	13.83	135
Fe ₂ O ₃	2.97	19
FeO	1.04	14
MnO	0.02	—
MgO	1.10	27
CaO	0.83	15
Na ₂ O	5.33	86
K ₂ O	3.84	41
TiO ₂	0.40	5
P ₂ O ₅	0.02	—
H ₂ O +	0.47	
S	0.04	1
	99.97	
H ₂ O —	0.16	

Den andra sifferkolumnen upptager molekylarproportionerna, multiplicerade med 1000. MgO-halten torde till väsentlig del tillhöra sekundärt invandrat hornblände.

Den mikroskopiska undersökningen av Tuolluvaaraporfyren visar, att strökornen i regel äro pertitiska, sammansatta av en albitisk plagioklas¹ samt mikroklin. Proportionen mellan de båda komponenterna växlar något, men i genomsnitt synas de förekomma i ungefär lika mängd. Till formen äro strökornen i allmänhet nära isometriska, men det förekommer också tavelformiga Manebachtvillingar, och undantagsvis komplicerade genomväxningar. Båda dessa senare former äro iakttagna även i Kiirunavaaras bergarter, den förra i den med syeniten sammanhängande porfyren, den senare i gångporfyren och kvartsporfyren (»hängväggsporfyren»).

Grundmassans huvudbeståndsdelar äro fältspat och kvarts, i samma proportioner som i Kirunas hängväggsporfyren och i flertalet kvartsporfygrundmassor, d. v. s. det som antages ungefärligen motsvara det

¹ Ljusbrytningen är $\gamma > \text{canadabalsams } n > \alpha$, vilket ger en sammansättning av c:a Ab₉₀ An₁₀.



Fig. 1. Mikrofotografi av typisk porfyr från Tuolluvaara, korsade nik., först. 16 gånger. Till höger ett fältspatströkorn.

eutektiska förhållandet. I de grövre formerna kunna mikroklin och en albitisk plagioklas identifieras. Den förra är lätt igenkännlig, men plagioklasen, som icke visar några tvillingbildningar, kan endast bestämmas med ledning av ljusbrytningen. I mindre starkt omkristalliserad bergart synas de båda fältspaterna vara pertitiskt förenade. Den ringa kornstorleken och närvaron av röd pigmentering omöjliggöra ett bestämt avgörande. Även i grundmassan synes i stort sett råda jämvikt mellan kali- och natronfältspat. Det analyserade provet visar dock övervikt för natron, under det att andra, endast mikroskopiskt undersökta prov i en del fall äro påfallande mikroklinrika. Magnetiten är det enda övriga mineral, som plägar finnas i varje slipprov av porfyren, vanligen i form av små kristaller, jämnt fördelade i grundmassan och ofta förekommande ganska ymnigt.

Strökornen visa i allmänhet icke några metamorfa drag. Grundmassan däremot är i regel tydligt omkristalliserad; den har nämligen den »pflasterstruktur», som gärna uppkommer vid omkristallisation av mycket finkorniga fältspat-kvarts-bergarter. Kornstorleken växlar

i de grövsta formerna ungefär mellan 0.04 och 0.08 mm, men är i regel mycket mindre, omkring 0.015 till 0.03 mm. De mest finkorniga formerna sakna egentlig pflasterstruktur och visa vid svagare förstoringar mellan korsade nikoller en skäckighet, som tydligen härör från en av begynnande metamorfos något utsuddad mikropoikilitstruktur. En sådan struktur är den allmännaste primära utbildningsformen för grundmassan i Kirunas hängväggsporfyre. Tuolluvaaraporfyren överensstämmer således med denna även med avseende på grundmassans ursprungliga struktur, liksom i sammansättning. Den enda primära olikheten dem emellan är Kirunaporfyrens större fältspatströkorn, ofta genomvuxna på ett sätt som visserligen också förekommer vid Tuolluvaara, men som där är undantag.

Mikroskopisk undersökning av randig porfyre visar, att de några millimeter breda zoner på ömse sidor om en magnetitrand, vilka äro röda i den rödgrå porfyren, vita i den blågrå, i motsats till grundmassan i övrigt sakna magnetit, vilket tydligen är förklaringen till deras avvikande färg.¹ Ränderna äro ibland ganska skarpt begränsade mot angränsande grundmassa, men ibland icke. Utom magnetit innehålla de ofta mycket kvarts och mikroklin. De ljusa mineralen utgöra då randens sidor, mellan dem ligger magnetiten såsom en senare utfyllning. Biotit, turmalin, titanit, ortit, zirkon och apatit hava också iakttagits, men äro sällsynta. Åtminstone turmalinen och zirkonen hava kristalliserat före magnetiten. Ibland är en rand avbruten på ett kortare eller längre stycke, där dess fortsättning kan spåras endast i form av en något grövre struktur i grundmassan. I ett fall ses en rand från båda sidor fortsätta ett stycke in i ett strökorn, som däremellan icke visar minsta spår av mekanisk påverkan, men innesluter en i randens riktning långsträckt magnetitklump.

Randningen synes vara ett primärt drag hos porfyren. Visserligen skall i det följande beskrivas ett exempel på att snarlika företeelser uppkommit vid malmbreccians bildning, men det skall också anföras iakttagelser, som visa, att den typiska randningen är äldre än breccieringen och oberoende av denna. Redan här må påpekas, att intet samband i fält kunnat iakttagas mellan randning och brecciebildning.²

Förekomsten av magnetitfria zoner längs ränderna av samma mineral för genast tanken på de av analoga »gårdar» omgivna mandelartade bildningarna i Kiirunavaaras syenitporfyre. Även förhållandet mellan ljusa mineral och magnetit i de förra äger sin motsvarig-

¹ Skillnaden mellan röd och grå porfyre åter beror endast på närvaron eller frånvaron av pigmenterande röd järnoxid.

² En magnetitrandning, analog med den nu beskrivna, har även iakttagits i en porfyre, som anstår 2.5 km NO om Tuolluvaara (Igneous rocks and iron ores of Kiirunavaara, etc., sid. 203).

het i de senare. Mandelmineralen ifråga äro bildade ur gaser eller överkritiska lösningar, vilka samlat sig ur omgivande magma, såsom bl. a. visas av »gårdarnas» existens. Magnetitränderna i Tuolluvaaras porfyr hava med all sannolikhet uppkommit på ett analogt sätt. Den olika formen förklaras därav, att bergarten ifråga varit mera viskos än syenitporfyren, så att ett slags fluidal utvalsning ägt rum. Skiktliknande fluidalfenomen äro ju mycket vanliga i effusiva ryoliter, och t. o. m. kända från intrusiva sådana.

Gångar av syenitporfyr.

Syenitporfyren vid Tuolluvaara är en biotitrik bergart av mörkt rödgrå eller brungrå färg. Den är mycket finkornig, och dess porfyriska struktur är ej alltid makroskopiskt tydlig. Syenitporfyren bildar gångar i den ljusröda, kvartsförande porfyren och i malmen, den är således även yngre än malmbildningen.

En förekomst av syenitporfyr är alldeles intill den lilla malmblytningen i utmålet Magdalena, NV om huvudschaktet. Bergarten bildar där en meterbred gång i den ljusröda porfyren. Under mikroskopet visar den sig bestå av albitisk plagioklas (med $\gamma < \text{canadabalsams } n$), kloritiserad biotit, rikligt magnetit, litet titanit samt påfallande mycket apatit. Plagioklasen bildar millimeterlånga strökorn och är i grundmassan utbildad i fluidalt (trakytoidalt) anordnade lister om ca 0.05 mm längd.

I västligaste delen av Araratpallen förekommer en liknande bergart. Då stället första gången undersöktes av förf., hade malmbrytningen redan gått fram där, så att syenitporfyrens utbredning icke kunde exakt fastställas. Den synes dock säkert ha bildat de gråbergstungor, som från sidorna sticka in i malmen här (se kartan tavl. 1) och fortsätter förmodligen ut i angränsande porfyr. Bergarten liknar till sin sammansättning den från Magdalena, men har en något lägre magnetithalt. Dess plagioklas innehåller pertitiskt litet mikroklin. Fältspatströkornen äro något större och bredare än i den förra, och grundmassans struktur är grövre, mera typiskt gångbergartad. En stor del av grundmassans plagioklaser äro dock omkristalliserade till pflasterartade aggregat.

Under jord, på 75 m avvägning, har syenitporfyr påträffats på tre ställen. Den ena förekomsten, som torde vara direkt fortsättning av den senast beskrivna, är i huvudförkastningens hängande längst i V (vid stupningssiffran 45° — 55° ; se tavl. 3; på grund av skalan har bergarten ej kunnat särskilt angivas).

En annan förekomst är nära Choulalongkornmalmens nordöstra

ände. Syenitporfyren bildar där två parallella gångar, som överskära malmen. Ett porfyrtparti mellan syenitporfyrgångarna, tvärs över malmgränsen, har förmodligen kilats in genom smärre förkastningsrörelser i samband med gångarnas intrusion.¹ Gångbergarten ansluter sig så till vida till de nyss beskrivna, att den består av fältspat, rikligt biotit, magnetit och ganska mycket apatit. Fältspaten är emellertid alltigenom mikroklin — ingen plagioklas har iakttagits. Kwarts förekommer i mycket ringa mängd och är möjligen sekundär. Bergarten är omkristalliserad, med oregelbunden struktur.

C:a 140 m S om denna lokal övertvåras den till Snorremalmen gående orten en gång av analog bergart. Under mikroskopet återfinns man i denna de karakteristiska halterna av biotit, magnetit och apatit, men fältspat saknas alldeles och ersättes av skapolit i smärre korn, gärna i pflasterartade aggregat. Skapolitens ljusbrytning är låg, tydande på att den förträngda fältspaten haft låg kalkhalt.²

Den intima samhörigheten mellan de nu beskrivna gångbergarterna framgår av likheten i geologiskt uppträdande och i de karakteristiska halterna av biotit, magnetit och apatit. Likväl finnas inom denna lilla grupp två underavdelningar, en natronrik och en kalirik. En dylik utpräglad differentiation är ju icke ovanlig inom en grupp av smärre intrusioner. Annars vore en så extrem kalibergart, som den ovan beskrivna, oväntad inom den lappländska malmförande formationen, där ju utpräglade natronbergarter spela en mycket framträdande och hittills icke fullt utredd roll, men lika utpräglade kalibergarter äro ytterst sällsynta. Sambandet med kalibergarten och överensstämmelserna i mineralsammansättning, ävensom pertithalten i en del plagioklas visa, att de natronrika gångarna icke kunna vara några albitiserade grönstenar, deras oligoklasalbit måste vara primär. Hela den lilla gångbergartsgruppen bör därför kallas *syenitporfyr*.

Till de redan beskrivna natronrika gångarna ansluter sig petrografiskt en smal gång, som är blottad i dagen strax V om malmen i utmålet Snorre. Bergarten består övervägande av breda lister av en starkt rödpigmenterad albitisk plagioklas. För övrigt för den mycket magnetit samt obetydligt kvarts.

I syenitporfyren i Ararat förekomma ganska allmänt små mineralgångar av pegmatitisk habitus. Det mesta materialet av dylika insamlade jag 1908 på gråbergstippen. De obetydligaste av dessa

¹ Å kartan tavl. 3 hava dessa gångar och det mellanliggande porfyrtpartiet på grund av skalan måst betecknas såsom *en* syenitporfyrgång.

² Detta är det första fyndet av skapolit inom det malmförande området vid Tuolluvaara. I en nyligen publicerad uppsats (G. F. F., Bd. 41, s. 53) angavs, att skapolit hittills icke träffats där. I de slutsatser angående zeoliternas paragenes, m. m., som drogos i sagda uppsats, föranleder dock detta skapolitfynd ingen ändring.

gångar äro centimeterbreda, bestå av röd mikroklin i korn om några millimeters längd samt blå magnetit. I större gångar av samma karaktär äro fältspaterna flera centimeter långa. En finkornig liten gång består av fältspat, kvarts, magnetit och biotit. I druser i densamma finnas kvartskristaller. Den mikroskopiska undersökningen visar, att fältspaten här till större delen är albit i avlånga individ med rundade konturer, ofta omgivna av starkt rödpigmenterad kalifältspat, som även delvis är pertitiskt genomvuxen med albiten. Kalifältspaten är idiomorf gentemot kvartsen. Gången innehåller även titanit samt ganska mycket apatit. Det finnes även gångar av kvarts och fältspat i växlande proportioner, samt av kvarts och biotit. Andra gångar innehålla föga fältspat och kvarts, och bestå mest av ljusgrön, grovkristallin apatit samt magnetit; fältspaten sitter företrädesvis utefter salbanden.

Gångarna äro tydligt begränsade mot sidostenen, men »fastvuxna» vid denna. De grenar sig ofta, och omsluta brottstycken av bergarten. Mäktigheten växlar hastigt, såsom ofta är fallet i pegmatiter.

Då syenitporfyren är yngre än malmen, kunna mineralgångarna icke stå i samband med denna senare. Deras intima samband med syenitporfyren framgår bl. a. därav, att de endast iakttagits uti denna bergart. Mineralsällskapet tyder på en relativt hög bildningstemperatur. Apatit och magnetit torde i viss mån vara anrikade i gångarna. I sitt förhållande till moderbergarten, i bildningssätt o. s. v., äro dessa gångar sålunda analoga med gabbrobergarternas apatitgångar och liknande bildningar.

Malmer.

Former och gränsförhållanden. Malmerna inom Tuolluvaarafältet äro till sin form närmast jämförliga med eruptivgångar: de äro sprickfyllnader, som än, då malmen följt endast *en* spricka i porfyren, hava en regelbunden tavelform, än åter, då den utfyller ett system av flera sprickor, äro mer eller mindre starkt förgrenade, dock alltid med en viss grad av regelbundenhet, liksom spricksystemet självt. Man kan urskilja två huvudriktningar för de med malm fyllda större sprickorna:¹ den ena, ungefär i N 60° O—S 60° V, markeras av Finis-Bråk-, Choulalongkorn—Östra-Siam-, Ararat- och Kurtmalmerna, en, del av Emilmalmen och Parallelmalmen samt Västra Siammalmens västra gren, den andra, N—S, av sistnämnda malms östra gren samt en del utsprång på några andra malmer. Några delar av malmkropparna kunna dock icke utan jämkningar inpassas i dessa system.

¹ Prof. W. PETERSSON torde varit den förste, som (under arbeten för gruvbolagets räkning) påpekat, att malmerna kunna inrangeras i två spricksystem.

Inom det i N 60° O strykande bältet är stupningen 60° mot SSO. Västra Siammalmsens östra gren har en brant stupning mot Ö.

Malmgränserna äro i regel klara, knivskarpa, utan något slags övergång mellan malm och porfyr. I somliga fall är bergarten intill malmgränsen alldeles fri från malmgångar. Så är fallet vid Västra Siams västra gren i dess norra del, längs en stor del av Araratmalmen samt vid Snorre (jfr härom kartan tavl. 1). Oftare är dock malmens sidosten genomdragen av malmgångar, så att den utgör en malmbreccia, men i allmänhet föreligger en bestämd gräns mellan den rena malmen och breccian. I malmkropparnas spetsar finner man dock flerstädes övergång mellan malm och breccia, på så sätt att malmen grenar upp sig i allt smalare gångar. Bäst ses detta i dagen mellan Emilpallen och Östra-Siam—Choulalongkornpallen (se tavl. 1). Det förekommer också, att malmen intill gränsen är rik på inneslutna porfyrbrottstycken. Så är fallet i västra änden av Choulalongkorn—Östra-Siammalmen, samt längs hängandet av Västra Siams västra gren. Fig. 2 återgiver förhållandena på sistnämnda punkt. Anmärkningsvärt nog föreligger där en alldeles tvär, med malm-



Fig. 2. Profil över Västra Siammalmsens västra gren (från SV). Till vänster är liggandets porfyr, däröver malm med utpräglad bankning, delvis apatitrandig (hämmarens skaftände står på en bank av nästan ren apatit) och mot hängandet brottstyckeförande, till höger är hängandets malmbreccia.

gränsen och apatitrandningen parallell gräns mellan malm utan porfyrbrottstycken och malm med talrika sådana.

Man kan sålunda säga, att malmerna ibland övergå i malmbreccia i strykningsriktningen, men endast sällan vinkelrätt mot denna. De faktiskt iakttagna övergångarna bevisa i varje fall med absolut klarhet, att icke någon väsentlig åldersskillnad förefinnes mellan de större malmgångarna, med andra ord malmerna, och de mindre, och att bildningssättet för de sprickfyllande gångarna av olika storlekar måste vara i huvudsak detsamma.

I östra delen av Choulalongkorn—Östra-Siammalmen finnas två större inneslutningar av bergart.

Malmen är ibland »fastvuxen» vid angränsande porfyr, men oftare skild från densamma genom en släppa. Detta gäller icke blott de brytvärda malmerna, utan även de större gångarna i malmbreccian. Denna släppa har vanligen en helt tunn (högst ett par centimeter tjock) beläggning av kloritiserad biotit och något hornblände. Det är ju naturligt, att spänningar i berggrunden företrädesvis utlösts genom rörelser längs gränsen mellan malm och porfyr, så mycket mera som denna gräns ursprungligen varit en spricklinje. På ett



Fig. 3. Hängväggen på Choulalongkornmalmen vid dess östra ände (bilden tagen ifrån en från Bråkpallen utgående stoll).

ställe har dock släppan skurit in i porfyren, så att ett tunt skal av bergart ligger på malmen, »fastvuxet» vid denna men av kloritsläppan skilt från porfyren i övrigt. Detta är fallet i hängandet vid Choulalongkornmalmens östra ände, som visas i fig 3. Där finner man nämligen längst åt höger å den räfflade ytan porfyr närmast under klorithinnan, under det att annars malm ligger omedelbart under denna. Undantaget beror förmodligen på den skarpa ombøjningen i malmgränsens förlopp härstädes.

Sträckning och fältstupning. Den i fig. 3 avbildade ytan visar även en företeelse, som är mycket vanlig på Tuolluvaaramalmernas begränsningsytor, nämligen en skarpt markerad räffling. Denna går alltid nästan exakt i riktning N—S, med 50° å 55° stupning mot S. Räfflingens riktning sammanfaller med den fältstupning, som framträder särskilt tydligt i Choulalongkorn—Östra-Siam- och Västra Siammalmerna, och som tydligen genomgår hela fältet. Den återfinnes också i deformationen av porfyrstyckena i malmen i Västra Siams västra gren. Däremot är det i regel icke möjligt att urskilja någon deformation uti malmbreccian, och stänglig anordning av mineral har ingenstädes iakttagits, vare sig i malm eller i porfyr.

I malmen förekommer allmänt en regelbunden förklyftning vinkelrätt mot sträckningens riktning. Denna förklyftning fortsätter i regel icke i angränsande porfyr eller malmbreccia. Ett undantag härifrån föreligger vid Västra Siams västra gren, där den sträcker sig några meter utanför malmgränsen, jfr fig. 2. Malmkropparna visa ofta därjämte en med deras strykning och stupning parallell bankning (fig. 2).

Sammansättning och struktur. Tuolluvaaramalmens mineralogiska sammansättning är enkel: utom magnetit finnes blott apatit, i allmänhet i mycket underordnad mängd, något amfibol, järnglans och lokalt biotit och serpentin. Såsom drusmineral träffas ibland kvarts, kalkspat och litet kopparkis.

Med undantag av några smärre partier i Bråkmalmens sydvästra spets och i Ararat- och Kurtmalmerna, vilka hava hög fosforhalt,¹ kan all malm i Tuolluvaara hänföras antingen till kvaliteten A, med maximum 0.015 procent P, eller till C, med 0.015—0.60 procent P. I stort sett förekomma de båda varieteterna rätt väl skilda åt, så att de kunna brytas var för sig. Gränsen kan dock ej fastställas utan användande av kemisk analys. I Choulalongkorn—Östra-Siam ligger A-malmen närmast hängandet.

Malmens genomsnittssammansättning framgår av nedanstående analyser:²

¹ Ur en ort på 75 m. avvägning, som på c:a 20 m längd går i den fosforrika delen av Bråkmalmen, togs av förf. ett generalprov, som gav 45.0 procent Fe och 3.90 procent P.

² Efter LUNDBOHN, i »Iron ore resources of the world», s. 568.

	I	II	III
Fe ₃ O ₄	87.11	89.39	90.05
Fe ₂ O ₃	3.84	2.85	4.60
MnO	0.17	0.12	0.12
MgO	2.34	1.94	1.83
CaO	0.76	0.81	0.42
Al ₂ O ₃	0.92	0.48	0.34
SiO ₂	4.18	3.66	2.14
TiO ₂	0.21	0.17	0.11
P ₂ O ₅	0.14	0.19	0.016
S	0.046	0.045	0.059
	99.716	99.655	99.685
Fe	65.77	66.72	68.43
P	0.059	0.085	0.007

I. C-malm, 14 tons prov av en skeppning om 2 794 ton.

II. C-malm, 200 kg prov från upplag.

III. A-malm, pallprov från gruvan.

Beträffande variationerna i de viktigaste beståndsdelarna, järn och fosfor, hänvisas till de ovan i inledningen återgivna siffrorna.

Magnetiten är icke tät såsom Kiirunavaaras, utan finkristallin, med en kornstorlek om ca 0.10 à 0.15 mm. Då malmen är fri från gråbergsmineral är den absolut massformig. Kornigheten är med all sannolikhet ett sekundärt drag, liksom strukturen i porfyrens grundmassa, och i likhet med denna uppkommen i samband med den deformation, som även framträder i form av den ovan skildrade fältstupningen. Ehuru malmen till följd av sin struktur är mindre hård än porfyren, höja sig de större malmkropparna ofta betydligt över omgivande porfyrhällar. Det är också sannolikt, att Tuolluvaarakullens form väsentligen betingas av dess skelett av malmgångar. Tät magnetit har iakttagits endast på en enda punkt, i Västra Siams nordvästra del, där det i malm av vanlig karaktär förekom några strimmor av alldeles tät magnetit, några dm långa och 2 till 7 cm tjocka.

Järnglans förekommer endast i helt underordnad mängd. Den bildar grovkristallina klumpar med rundade konturer och sällan mera än några cm:s genomskärning. I Choulalongkornmalmen förekommer järnglansen utmed tvärsprickorna i malmen, följande dem å båda sidor. Förekomstsättet visar sålunda tydligt, att mineralet åtminstone i detta fall är en sekundär bildning.

Apatiten är av vit eller blekröd färg, och bildar obetydligt långsträckta korn, vanligen 0.5—1 mm långa. Så snart den förekommer i för blotta ögat märkbar mängd, plägar malmen visa en ganska regelbunden skiktning, med omväxlande ränder av ren apatit och av malm med eller utan insprängd apatit. Denna randning följer malmkroppens strykning och stupning. Fig. 2 och 4 visa exempel på denna företeelse.

I den mera fosforrika malmen i Bråk bildar apatiten tjockare skikt, eller rättare starkt tillplattade linser, vilka visserligen i stort sett löpa parallellt med malmkroppens strykning och stupning, men i detalj

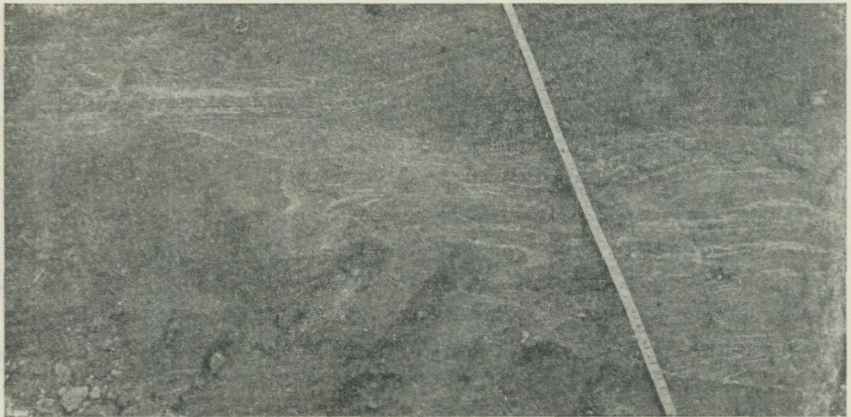


Fig. 4. Brottstycke av apatitrandig malm i renare malm. Choulalongkorn, Tuolluvaara. Måtten å bandet i centimeter.

visa förgreningar och anastomosering. Malmen mellan dessa apatitpartier är föga fosforrik.

I Araratmalmen har på ett ställe iakttagits en utbildningsform av apatiten, som annars icke setts inom detta malmfält. Mineralen bildar på detta ställe icke parallella skikt, såsom annars i Araratmalmen, utan tunna, i olika riktningar gående ådror, upp till ett par mm tjocka. Apatiten i dessa är till största delen utbildad i smäckra prismor om ända till mera än 2 cm längd, anordnade i radialstråliga aggregat.

På flera ställen inom malmfältet, synnerligast i Choulalongkorn-Östra-Siammalmen, förekommer det, att skivor av apatitrik, randig malm »simma» i renare, massformig sådan. Ett exempel på denna företeelse har beskrivits av STUTZER,¹ ett annat återgives i fig. 4.

¹ Anf. arbete.

Förhållandet mellan de båda malmvarieteterna är alldeles analogt med det mellan brottstycken och omgivande eruptivbergart. Dock äro styckena av skiktad malm icke mycket rubbade ur sitt ursprungliga läge, såsom framgår därav, att randningen ännu är någorlunda parallell med hela malmkroppens gränser.

Någon gång finner man i malmen — uteslutande, vill det synas, i annars fosforfattig sådan — apatit med en annan utbildningsform, nämligen slingrande ådror eller långsträckta körtlar av grovkristallin struktur (med centimeterstora individ) och röd färg. I malmgångarna i breccian har endast denna apatittyp observerats, aldrig någon annan.

Amfibolen i malmen är i allmänhet ett ljusgrönt, något tovig hornblände, men på somliga ställen, exempelvis i malmen på gränsen Ararat—Kurt, uppträder i dess ställe en vit asbest. Hornbländet är alltid en underordnad beståndsdel, och förekommer mestadels i form av små fläckar och strimmor eller spridda korn, mera sällan i klumpar av flera dm diameter. Asbesten förekommer på samma sätt som hornbländet, stundom omslutande det, och är tydligen en omvandlingsprodukt av detsamma.

Biotit har endast iakttagits helt lokalt. Gulgrön serpentin förekom ganska allmänt såsom sprickbeläggning i den malm, som under sommaren 1918 bröts i Choualongkorns dagpall. Vid mikroskopisk undersökning av malmen har även zirkon påvisats, och i undantagsfall kvarts av tydligt sekundärt ursprung.

Malmbreccia.

Malmbreccian vid Tuolluvaara kan kortast beskrivas så, att porfyren splittrats i skarpkantade bitar, vilka något skilts åt, och vilkas mellanrum utfyllts av malm. Några skarpt begränsade brecciezoner finnas icke, utan hela malmfältets byggnad är sådan, som om porfyren tänjts ut och därvid spruckit efter sina förklyftningsplan, samtidigt med att malmmassan pressats in och fyllt ut sprickorna: de viktigaste spricklinjerna markeras nu av de större, brytvärda malmgångarna, den i småstycken sönderspruckna porfyrmassan av malmbreccian. Än är breccians nät av malmgångar glesmaskigt, än flyta gångarna ihop till större partier, vilkas inneslutna porfyrbitar endast till en del kunna passas ihop med varandra, och mellan dessa stadier finnas alla övergångar. Stundom är porfyren splittrad uti knappt

centimeterstora flisor, men mitt i dylik breccia kunna förekomma större, ända till meterlånga porfyrblock utan en malmådra i sig. Alltid, även då malmen överväger, äro porfyrbitarna skarpkantade.

Ofta kan man i malmgångarnas riktning urskilja två system, som skära varandra under en spetsig vinkel, så att porfyrstyckena få spetsrombisk form. Dessa system synas vara desamma, som fram-



Fig. 5. Malmbreccia, Tuolluvaara. Magnetiten är mörk, porfyren ljus.

träda uti de större malmkropparnas form och riktning. Ett tredje begränsande plan bestämmes ibland av porfyrens fluidala parallellstruktur.

I de grövre malmgångarna i breccian är malmens karaktär alldeles densamma som i de brytvärda malmkropparna, endast med den skillnad, att randning av apatit aldrig iakttagits — när detta mineral ses, är det alltid i form av körtlar eller åderliknande aggregat av stora korn av röd färg, såsom också undantagsvis förekommer i malmerna (jfr ovan). Även de smärre malmgångarna ha till största delen samma karaktär, men i en del av breccian är hornbländehalten högre, ja, det finnes partier där gångarna nästan enbart bestå av detta mineral. De hornbländerika gångarna äro ofta starkt drusiga.

I dem finnas, utom hornblände och magnetit, icke sällan kristaller av zeoliter (desmin och chabasit) och apatit. Små drusiga körtlar av kalkspat eller kvarts, stundom med litet kopparkis och titanit, förekomma såväl i malm- som hornbländegångar. Mycket apatitrikt brecciecement förekommer intill Bråkmalmen på ett ställe på 75 m avvägning.

En viktig fråga gäller förhållandet mellan brecciebilden och de fluidalt anordnade magnetitränderna i porfyren. På ett ställe — i



Fig. 6. Malmbreccia, Tuolluvaara. Magnetiten är mörk, porfyren ljus.

västra gaveln av Östra Siams dagpall — ser man ett tydligt samband mellan brecciecementet och hornbländeränder, vilka i och för sig likna de annorstädes inom fältet förekommande fluidala ränderna i porfyren. Här skulle man således kunna förledas att tro, att randningen alltid uppkommit i samband med brecciebilden. Emellertid finnas andra fakta, som visa, att så icke kan vara fallet. Sålunda finner man i breccian porfyrbitar, vilkas randning skarpt avskäres av malmgångarna. Mycket viktigt är även det redan omnämnda faktum, att randning och brecciebilden ej alls direkt följas åt. Det nyss beskrivna fallet att hornbländeådror, som tillhöra breccian, alldeles likna sådana, vilka troligen äro lika primära som porfyrens magnetitränder, kanske kan förklaras så, att de liksom de senare följa fluidalplan i porfyren.

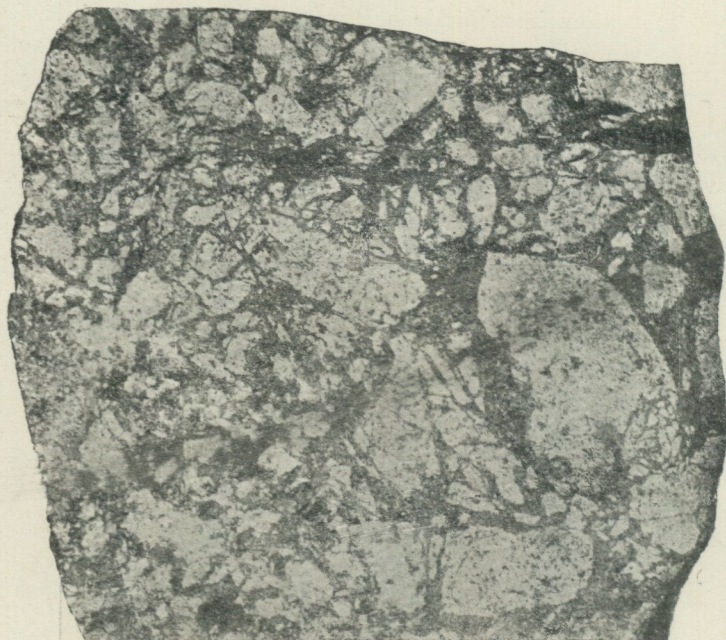


Fig. 7. Småsplittrig malmbreccia, Tuolluvaara. Nat. storl.

Porfyrbitarna i breccian äro visserligen i regel skarpkantade, men visa mycket ofta ett visst inflytande av malm- och hornbländegångarna. Deras yttre delar äro nämligen omvandlade, vanligen så, att de i motsats till kärnan, som bibehållit den ursprungliga ljusröda färgen, äro ljus grågröna eller vita. Smärre porfyrstycken kunna vara alltigenom omvandlade på detta sätt, men i de större sträcker sig färgningen vanligtvis ej längre in än c:a 0.5—2 cm från kanten. Vid mikroskopisk undersökning finner man, att den grönaktiga färgen förorsakas av talrika nybildade småkorn av blekgrönt hornblände. Men detta är icke den enda förändringen. Den ljusa massa, i vilken hornbländekornen ligga, liknar vid första påseende fullständigt den normala porfyrgrundmassan, men befinnes vid närmare granskning bestå enbart av en finkornig albitmassa; kvarts och mikroklin påträffas i denna zon endast såsom sällsyntheter. De fältspatströkorn, som ligga inom den omvandlade zonen, bestå enbart av albit. Zonen övergår mycket hästigt i den normala porfyren. Undersökningen av breccia med fina malmådror och vanligen små porfyrbitar visar, att mycket porfyrmaterial även ingår i ådrorna, ehuru starkt omvandlat: strökornen äro albit och grundmassan är förändrad till en albitbergart

med oregelbunden struktur och ofta ända till 0.10 mm stora korn. I dylika ådror ingår även mycket hornblände. Dessa malmådror äro tydligen icke några sprickfyllnader, utan längs senare hopläkta sprickor intensivt omvandlad porfyr. De porfyrbitar, som längs kanterna äro vita i stället för gröna, visa blott albitbildning, icke någon invandring av hornblände.

Ett slipprov av ett porfyrbrottstycke i malm från Västra Siam visar oregelbunden albitinvandring, men intet hornblände. Porfyrbrottstycken i den lilla malmen i Magdalena bestå av kvarts, något albit och glimmer. Även omgivande malm är kvartsig. Denna kvartsvandling av porfyren är så olik den förut skildrade invandringen av albit och hornblände, att den måste uppfattas såsom en från denna skild process, förmodligen vida yngre. Kvartsvandlade porfyrstycken förekomma även i en smal malmbrecciezoon, som i liggandet åtföljer en del av Västra Siams västra gren.

Malmernas och malmbreccians uppkomst.

Tuolluvaara malmfält tillhör en utpräglad geologisk typ, som för övrigt omfattar Kiirunavaara, Luossavaara, Gällivare (MalMBERGET och Koskullskulle), Ekströmsberg, Mertainen, m. fl. fält.

Det är uppenbart, att malmen vid Tuolluvaara tillkommit senare än porfyren, eftersom den utfyller sprickor i denna. Betraktar man detta malmfält ensamt för sig, så har man föga hållpunkter för att bedöma storleksordningen av den tidsintervall, som förflöt från det porfyren stelnade och tills dess den bröts sönder och dess sprickor utfylldes av malm. Allt man därvid har att hålla sig till är magnetitränderna i porfyren, som visa, att bergarten åtföljts av malmutsöndringar, låt vara kvantitativt mycket obetydliga, vilket tyder på möjligheten av ett genetiskt samband mellan porfyr och malm, samt att den metamorfos, som övergått fältet, tydligen är gemensam för porfyren och malmen, och således yngre än båda. Om man däremot ser Tuolluvaara såsom ett led i den nyssnämnda kedjan av lappländska järnmalmsfält, så blir det genast klart, att ett intimt samband måste föreligga mellan porfyren och malmen. Tuolluvaaras porfyr representerar nämligen en typ, som med endast oväsentliga variationer återfinnes vid flertalet av de nämnda malmfälten, och alltid i ett särdeles nära samband med malmen. Till denna typ höra »hängväggsporfyr» i Kiirunavaara—Luossavaara, den malmförande

porfyren vid Ekströmsberg och en av de viktigaste bergarterna i Gällivare malmborg. Vid Kiirunavaara och Luossavaara är det också tydligt, att malmen till tiden följt tätt efter denna porfyr,¹ vid Ekströmsberg förefalla de att åtminstone i viss utsträckning ha varit samtida.²

Redan länge har det allmänt erkänts, att malmernas förhållande till porfyrbergarterna visar, att de äro ett slags differentiationsprodukter ur porfyrmagman. De ännu icke fullt utredda frågorna gälla de fysikaliskt-kemiska förhållandena vid malmbildningen, samt differentiationens djupast liggande orsaker, vilka senare, här såsom i andra fall, naturligen ännu äro relativt okända. Malmerna ha betecknats såsom pneumatolytiska eller såsom magmatiska bildningar. Förf. har för sin del funnit det sannolikast, att de äro magmatiska, men att malmmagman varit ovanligt rik på »mineralisatorer», d. v. s. flyktiga ämnen, som nedsatt dess viskositet och dess kristallisationstemperatur. Med stigande halt av dylika beståndsdelar får man övergångsstadier ända fram till hydrotermala bildningar, d. v. s. produkter av heta vattenlösningar, såsom Haukivaaras blodstensmalmer. Den magmatiska karaktären hos de stora magnetitmalmerna framgår av deras mineralsammansättning och strukturella egenskaper, ävensom i en del fall av det geologiska uppträdandet. Över huvud taget är det uppenbart, att det beträffande denna grupp av malmer är fråga om gränsområdet mellan »magmatisk» och »pneumatolytisk», och att analogier i rätt stor utsträckning kunna hämtas från djuperuptivens pegmatit- och aplitbildningar, men att inga mera *väsentliga* framsteg utöver vår nuvarande kännedom om saken kunna förväntas annat än genom en omfattande experimentell och teoretiskt fysikaliskt-kemisk utredning, med noggrant hänsynstagande till de geologiska fakta. En sådan utredning torde dock icke kunna förväntas inom den närmaste framtiden. Tills vidare få vi därför nöja oss med att till ledning för vidare geologiska arbeten undersöka, vad vi kunna hämta från de fysikaliskt-kemiska arbeten, som utförts över andra, men mer eller mindre jämförliga system.

Nyss nämndes, att diskussionen om malmerna ifråga på senare tid huvudsakligen rört sig om, huruvida de skola betecknas såsom magmatiska eller pneumatolytiska, och att förf. företräder en uppfattning, som innebär, att ett val mellan dessa termer i flera fall blir mycket svårt. Det framgår också av de senare årens fysikaliskt-kemiska undersökningar över system flytande-gasformig, således de vilka kunna

¹ P. GEIJER, Recent developments at Kiruna (S. G. U., ser. C, nr 288).

² P. GEIJER, Studies on the geology of the iron ores of Lappland (G. F. F., Bd. 34, s. 727).

belysa det geologiska problem som nu sysselsätter oss — de flyktiga beståndsdelarnas, eller i korthet gasernas, roll i en magma — att de ifrågavarande begreppen, sådana de i allmänhet uppfattas, delvis täcka varandra.

En *magma* kan lämpligen definieras såsom en flytande lösning av hög temperatur, varvid nedre gränsen sättes vid 550° à 575° , eftersom detta temperaturområde ungefärligen betecknar avslutningen av granitpegmatiternas kristallisation. Flytande restlösningar av lägre temperatur torde i allmänhet vara vattenlösningar, och kunna betecknas såsom *hydrotermala*. Emellertid visar redan förekomsten av hydroxylhaltiga mineral i eruptivbergarter, att vatten kan ingå även i lösningar av magmatisk temperatur, och det är t. o. m. teoretiskt tänkbart, att lösningar med hög vattenhalt kunna vara flytande även vid magmatiska temperaturer, på grund av den höjning i den kritiska temperaturen som de upplösta substanserna förorsaka. Sannolikare torde dock vara, att dylika lösningar vid högre temperaturer föreligga i gasform (»överkritiska lösningar»). Vad som sagts om vatten gäller även övriga gaser i magman, d. v. s. de substanser, som i rent tillstånd och vid magmatiska temperaturer endast kunna föreligga i gasform.¹

Med *pneumatolys* plägar man, efter BUNSENS och BRÖGGERS föredöme, förstå minerals bildning och ombildning genom magmatiska gaser. Enligt denna definition skulle det således finnas minst fyra slag av pneumatolytisk mineralbildning, nämligen 1) genom sublimation, 2) genom utkristallisation ur gasformiga lösningar, 3) genom reaktioner mellan gaser, av typen: $\text{SnF}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} = \text{SnO}_2 + 4 \text{HF}$, 4) genom reaktionen mellan gaser och fasta kroppar, av typen: $2 \text{FeF}_3 + 3 \text{CaCO}_3 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{CaF}_2 + 3 \text{CO}_2$. Mycket ofta ser man termen använd även för en femte typ av mineralbildning, nämligen då mineral, innehållande flyktiga ämnen, kristallisera såsom primära beståndsdelar i en eruptivbergart. Huruvida detta skall kunna anses förenligt med den ovan angivna definitionen av pneumatolys beror helt och hållet på, vad man menar med »magmatiska gaser». Kräver man att substanserna ifråga verkligen skola förelegat i gasform, så är denna användning av »pneumatolys» oriktig, eftersom gaserna i

¹ Den framställning av magmagasernas fysikaliskt-kemiska roll, som här gives, stöder sig huvudsakligen på nedanstående arbeten:

P. NIGGLI, Die Gase im Magma (Centralbl. für Min., 1912, s. 321, jfr även Z. f. anorg. Chemie, 1912, s. 321).

P. NIGGLI, Die gasförmigen Mineralisatoren im Magma (Geol. Rundschau, 1912, s. 472).

J. JOHNSTON och P. NIGGLI, Principles underlying metamorphic processes (Journ. Geology, 1913).

H. BOEKE, Grundlagen der physikalisch-chemischen Petrographie (Berlin 1915).

detta fall måste varit lösta i den smältflytande magman. Om man däremot definierar magmatiska gaser så, som ovan skett (formuleringen efter JOHNSTON och NIGGLI), så måste även denna femte typ hänföras till pneumatolysen. Det är emellertid betecknande för svårigheten att på detta område erhålla klart avgränsade termer, att visserligen primär turmalin utan tvekan kallas pneumatolytisk, men icke hydroxylhaltiga silikat och än mindre apatit, om de förekomma såsom primära mineral i en eruptivbergart.

Utav de nyss anförda olika slagen av pneumatolys förtjänar utkristallisationen ur gasformiga lösningar en särskild uppmärksamhet. Det är nämligen klart, att de på detta sätt bildade mineralaggregaten såväl geologiskt som strukturellt kunna mycket närmare ansluta sig till magmatiska bergarter, än exempelvis produkterna av sublimation. Den största skillnaden gentemot magmabergarterna bör ligga däruti, att de förra visa tecken på lägre viskositet hos lösningen, i övrigt kunna de vara likartade. För närvarande äro flera forskare, som studerat aplit- och pegmatitintrusioner i Alperna, benägna att tyda en del dylika såsom ej i vanlig mening magmatiska, utan såsom produkter av kristallisation ur överkritiska lösningar.¹ Dessa bergarter överensstämma emellertid strukturellt med erkända magmabergarter. Såväl av denna anledning som på grund av bildningssättet ur relativt koncentrerad lösning »i en gjutning»² kunna de betecknas såsom magmatiska, men å andra sidan såsom uppkomna ur gaser såsom pneumatolytiska. Här är således ett geologiskt viktigt fall, där de båda termerna, med de definitioner, som vanligen givas dem, gripa över varandra.

Det förekommer även en verklig övergång mellan magmatiska och pneumatolytiska bildningar, i form av de genom fraktionerad kristallisation bildade restmagmor, i vilka de flyktiga komponenterna starkt anrikats. NIGGLI skriver härom³: »Das Intrudieren gasreicher Lösungen wird eine stete Begleiterscheinung der Erstarrung sein, aber schon vorher können mineralisatorenreiche Schmelzen intrudieren und ähnliche Phänomene hervorrufen. Man kann somit Übergänge leichtviskoser zu stärker viskosen mineralisatorenreichen Lösungen erwarten. Da dieser Übergang in der Natur häufig ist, darf man umgekehrt schliessen, dass sehr oft die Bedingungen verwirklicht sind, die einen konstanten Übergang von gasigen zu magmatischen Lösungen erlauben.

¹ Jfr NIGGLIS ovan anförda uppsats i Geol. Rundschau, och där citerad litteratur.

² I motsats till den successiva substansstillförsel till den ort, där kristallisation pågår, som utmärker mineralbildning genom reaktioner mellan gaser inbördes eller med fasta kroppar.

³ Geol. Rundschau, 1912, s. 481—482.

Dass wird dann der Fall sein, wenn der Druck grösser als der Maximaldruck im kritischen Zustand ist. Im allgemeinen werden bei normaler Erstarrung die den gleichen Erstarrungsherd besitzenden Pegmatiten um so pneumatolytischer sein, je jünger sie sind». Intressanta geologiska fakta, belysande dessa förhållanden, äro skildrade från Kristianiafältet av V. M. GOLDSCHMIDT¹. Inom Kristianiafältet har det statiska trycket säkerligen varit mycket lägre än i Alpernas injektionszoner. GOLDSCHMIDT beräknar det för essexiternas kontaktgårdar till ca 400 atmosfärer, och för graniternas till ett något högre belopp. Vid de lappländska malmernas bildning torde trycket ha varit något mindre. För Kiirunavaara kan en grov approximation erhållas på följande sätt. Om man utgår ifrån, att vid malmens intrusion hängväggsporfyren förefanns i hela sin mäktighet², men avlagringen av den undre Haukikomplexen icke ännu var påbörjad, så har man att räkna med ett ca 1450 m. tjockt täcke med en eg. vikt av 2.6, således ett tryck av 377 kg. pr cm². Denna siffra är visserligen, som synes, mycket osäker, men ger ju alltid en föreställning om storleksordningen av det tryck, man här har att räkna med. För Rektorsmalmen och Nokutusvaara har trycket med all sannolikhet varit vida mindre. Likväl visa dessa malmer i sin sammansättning och struktur ingalunda några tecken på att vara mera ytliga bildningar än Kiirunavaaramalmen. Enligt förf:s ovan anförda arbetshypotes har man anledning antaga, att malmens utkristallisation åtminstone i en del fall stått i samband därmed, att eruptionen³ nått upp i regioner av lägre tryck.

Vad som här anförts, stöder den uppfattningen att Lapplandsmalmernas bildning tillhör gränsområdena mellan magmatiska och pneumatolytiska företeelser, så att de i ett fall böra beläggas med den ena av de ifrågavarande termerna, i ett annat fall med den andra, och att man genom att alltför skarpt betona motsatsen dem emellan bringas att förbise, att vid behandlingen av detta problem insikten om det nära sambandet mellan processerna ifråga är en första förutsättning för en rätt lösning. Med detta samband klart i sikte kan man sedan, med ledning av strukturdrag eller förekomsten av »nyckelmineral», som genom sin närvaro giva upplysningar om hela aggregatets bildningsvillkor, i de enskilda fallen oftast närmare avgöra, huru malmbildningen skett, såsom redan anförts för serien Kiirunavaara—Haukivaara.

¹ Die Kontaktmetamorphose im Kristianiagebiet.

² Den möjligheten är nämligen icke utesluten, att porfyrmassan ifråga uppbygges av flera olika bäddar.

³ Under denna term innefattas här även injektionen av gasformiga emanationer.

Efter denna allmänna översikt skola vi nu i all korthet undersöka, vilka slutsatser, som kunna dragas av förhållandena vid Tuolluvaara.

De egentliga malmkropparna sakna lågtemperaturmineral. Apatitskiktningen synes vara att uppfatta såsom ett fluidalfenomen, och kanske tyder på en högre viskositetsgrad hos magman än den, som förelegat vid två analoga malmfält, Painirova och det amerikanska Iron Mountain, där apatiten växer ut från salbanden eller från inneslutna brottstycken av bergarten. Kornstorleken är också mycket mindre än i dessa sistnämnda fall.

I viss mån belysande för malmens bildningssätt är förhållandet mellan de apatitskiktade brottstyckena och omgivande renare malm. Detta förhållande är fullt analogt med vad man kan iakttaga vid inneslutningar i intrusivbergarter, och bevisar, att malmens bildning visserligen ej försiggått »i en gjutning», men i två, m. a. o. genom två olika injektioner, förmodligen med jämförelsevis mycket kort tidsintervall. Malmbrottstyckenas vittnesbörd går i samma riktning som apatitskiktningens, tydande på en flytande magmatisk lösning, icke en gasformig sådan. Detsamma torde gälla en del av malmgångarna i breccian. Däremot äro andra gångar, framför allt de smalare, som ej äro sprickfyllnader utan »impregnationer», tydligen icke magmatiska. Deras mineral — magnetit och hornblände — måste nämligen ha berett sig plats på metasomatisk väg, d. v. s. därigenom att äldre mineral (porfyrens fältspat och kvarts) successivt delvis bortförts i lösning¹ och volym för volym ersatts av de nya. Sådan mineralbildning sker ofta på pneumatolytisk väg, men kan aldrig indragas under rubriken magmatisk. Genom samma metasomatiska processer har också hornbländeimpregnationen i porfyrstyckena uppkommit, ävensom den albitnybildning som åtföljer densamma. Redan det faktum, att de större malmerna icke åtföljas av någon mera omfattande dylik metamorfos av sidostenen, tyder på en något annan sammansättning och karaktär än hos de finare brecciangångarna, vilka synas representera en gasformig, lätttrölig fraktion av malmmagman. Den i det föregående berörda förekomsten av mellanled mellan »magmatiska» och »pneumatolytiska» bildningar, ävensom likheten i mineralsammansättning i de föreliggande fallen förklara, varför man icke vid Tuolluvaara kan uppdraga fullt bestämda gränser mellan de »magmatiska» malmerna och de »pneumatolytiska» finare gångarna. En sista lösningsrest har förmodligen representerats av de vattenlösningar, som avsett zeoliter, kalkspat, m. m.

¹ Mycket talar för, att hornbländets kiselsyrehalt ursprungligen tillhört porfyren, så att endast dess baser »adderats».

Ett anmärkningsvärt drag i Tuolluvaaras geologi är den genomgående skarpkantade formen på porfyrbrottstyckena, även då de ligga relativt vitt skilda åt av malm. Det kunde förefalla rimligt att i stället vänta en ganska långt gående resorption, och frånvaron av en sådan kanske gör en eller annan obenägen att uppfatta malmen såsom en magmatisk produkt. Det är därför på sin plats att här omnämna vissa vid Montreal förekommande intrusionsbreccior¹, som bestå av en mycket basisk gångbergart (camptonit), uppfylld med fragment av kalksten, sandsten m. m. Trots det att fragmenten sålunda bestå av bergarter, som jämförelsevis lätt borde kunna reagera med gångbergarten, äro åtminstone kalkstensfragmenten absolut skarpkantade.²

Jämförelse med andra malmfält.

I föregående kapitel omnämndes Tuolluvaaras geologiska samhörighet med övriga apatithaltiga järnmalmer i norra Lappland. Den för Tuolluvaara så karakteristiska malmbrecciebildningen återfinnes vid de flesta av dessa. På Kiirunavaara förekommer den endast i jämförelsevis liten skala, men vid Malmberget spela breccior en mycket framträdande roll. Typisk malmbreccia, med skarpkantade bergartsfragment hopkittade av apatithaltig malm, förekommer där på flera ställen, kanske vackrast vid gruvan Kjellberg. Allmänna äro dock »skarnbreccior», vilkas cement icke så övervägande består av magnetit och apatit, utan innehåller en hög halt av andra mineral, framför allt av hornblände. Skarnbrecciornas mineralassociationer överensstämma väsentligen med den drusiga hornbländerika Tuolluvaarabreccians, men äro mera växlande och innehålla flera mineral som saknas i dessa senare, exempelvis skapolit, som bevisar deras åtminstone delvis pneumatolytiska ursprung.³ Även skarnbrecciornas yngsta mineralgeneration, zeoliter, kalkspat, o. s. v., är analog med de drusiga Tuolluvaarabrecciornas. I samband med skarnbrecciornas bildning står en omvandling av den breccierade bergarten⁴. Processen visar stor överensstämmelse med den omvandling, som påvisats i Tuolluvaarabreccians porfyrbrottstycken. Sålunda plägar invandring av hornblände utgöra ett första omvandlingsstadium. Det förefaller

¹ Guide Book N:o 3. Tolvte internat. geologkongressen (i Toronto 1913).

² Förf. har själv endast sett kalkstensfragmenten. Emellertid tala de kanadensiska beskrivningarna icke heller om någon resorption av sandstensinneslutningarna.

³ Jfr härom G. F. F., Bd. 41, s. 43.

⁴ Jfr härom A. H. HÖGBOM, The Gellivare Iron Mountain (G. F. F., Bd. 32, s. 561. Även såsom guide till elvte int. geologkongressen, Sthlm 1910).

även sannolikt, att nybildning av albit förekommer i stor utsträckning, men än så länge föreligga nästan inga mikroskopiska undersökningar av breccior, som skulle kunna avgöra, huru därmed förhåller sig. Under det omvandlingens art således synes erbjuda viktiga analogier till förhållandena i Tuolluvaara, så är dess intensitet vid Malmberget och Koskullskulle ofta mycket större än där, stundom t. o. m. sådan, att bergartsbrottstyckena fullständigt förlorat sin individualitet och blandats med de tillförda substanserna till en relativt homogen massa.

Vid Mertainen, Painirova och en del mycket ofullständigt kända kompassdrag i närheten av dessa malmfält (Ylipääsnjaska och Kuosanen eller Hotinjärvi) föreligga malmbrecciebildningar, delvis av ännu större utsträckning än vid Tuolluvaara. Tendensen att malmen bildar dylika finare sprickfyllnader är således utmärkande för hela denna malmbildningsprovins, och återfinnes även hos de med porfyrier förbundna apatitrika järnmalmerna i Missouri. Vad Mertainen beträffar, synes åtminstone den egentliga breccians malmgångar böra betecknas såsom pneumatolytiska, eftersom de föra en förmodligen primär skapolit.¹ Tuolluvaaraporfyriens primära magnetitränder motsvaras vid Mertainen av syenitporfyriens mandelartade magnetitaggregat.

Den vid Tuolluvaara påvisade albitvandlingen av porfyr kan möjligen hava en motsvarighet i uppträdan av egendomliga albitbergarter i form av två stora inneslutningar i Kiirunavaaras malm² och en förekomst i Luossavaaramalmens omedelbara liggande³. Å andra sidan förekommer inom den malmförande eruptivformationen i Lappland bergartsbildande albit även i andra sammanhang, vilket manar till försiktighet vid tydningen av dessa företeelser.

Apatitens utbildning i skiktlika partier, som är ett så karakteristiskt drag i Tuolluvaaras malm, återfinnes även i Kiirunavaara, och framför allt vid Malmberget, där den är den vanligaste utbildningsformen av apatitrik malm⁴. Över huvud taget synes Tuolluvaara närmare än något annat lappländskt malmfält ansluta sig till Malmberget, om ock förhållandena där äro i alla avseenden större. Även den regionala metamorfosen är till sin art alldeles densamma inom de båda fälten, men intensiteten har varit mycket större inom det senare. De granit- och pegmatitintrusioner, som utgöra ett så framträdande drag vid Malmberget, saknas i Tuolluvaara.

¹ Jfr G. F. F., Bd. 41, s. 53.

² Igneous rocks and iron ores, etc., s. 118 och 119.

³ Anf. arbete, s. 120.

⁴ Likheten mellan apatitskiktad malm från Tuolluvaara och Malmberget är så stor, att även personer med vana vid Lapplandsmalmerna tagit miste på dem.

Förkastningar.

Förkastningsplanens utbildning. Förkastningarna inom malmfältet hava på det hela taget regelbundet förlopp. I allmänhet har rörelsen skett efter ett bestämt plan, så att den under termen »Schuppenbau» kända företeelsen av taktegelformigt tätt över varandra framgående glidplan saknas. Araratsystemets förkastningar bilda dock en dylik serie, men med relativt stort avstånd mellan de var för sig väl markerade glidplanen. Från de förklyftningsplan i bergarterna, längs vilka inga rörelser försiggått, skilja sig förkastningsplanen genom sin mera utpräglade karaktär av släppa, samt ofta också genom en tunn (vanligen ej mera än några cm tjock) beläggning av kloritiskt material, likartad med den hinna, som kläder malmkropparna, eller av »lerigt» bergartsmjöl. Ganska vanligt är också, att bergarten *över* förkastningsplanet är något sönderbokad — gärna skivig parallellt med detta plan. Denna påverkan sträcker sig dock ej mera än ett par dm från förkastningsplanet. *Under* detsamma plägar ingen dylik inverkan kunna spåras.

Förkastningarnas karaktär. Överallt inom fältet, där rörelseriktningen vid en förkastning kunnat fastställas, har det befunnits, att det över förkastningsplanet liggande stycket (hängandet) förts *uppåt* i förhållande till det undre. Tuolluvaaras förkastningar äro således *överskjutningar*, icke »normala förkastningar». Huruvida hängandet förts uppåt även absolut och ej blott relativt kan icke avgöras. Flera skäl, bl. a. den nyssnämnda starkare krossningen i detsamma, göra dock sannolikt att så varit fallet. Rörelsen i förkastningsplanets strykningsriktning har i flertalet fall varit vida större än vinkelrätt mot densamma.

De talrika överskjutningarna vittna om, att malmfältet varit utsatt för en stark kompression. Som de avskära malmernas kloritklädda, »fältstupningsräfflade» gränssytor, måste förkastningstektoniken vara yngre än den deformation, som bevisas av fältstupningen. Det är dock icke därmed givet, att någon större tidsskillnad föreligger.

Översikt av systemen. Förkastningarna kunna lämpligen indelas i två grupper: *strykningsförkastningar*, som stryka nära parallellt med malmbältet, men stupa åt motsatt håll mot detta och därför avskära detsamma, samt *tvärförkastningar*, vilka stryka i NV—SO och stupa mot NO. I omstående fig. 8 äro de viktigaste förkastningsplanens riktningar angivna. De största förskjutningarna hava ägt rum längs den strykningsförkastning som här benämnes huvudförkastningen, samt längs det översta planet i Araratsystemet och längs Kurtför-

kastningen. Vid övriga dislokationsplan har den största förflyttningen, mätt i horisontalplanet, icke i något fall uppgått till tio meter.

Strykningsförkastningar. Utom den nyssnämnda huvudförkastningen höra till denna grupp ytterligare tre, vilka bilda en sicksacklinje, följd från västra änden av Östra Siams dagpall mot NO förbi Bråkmalmen. Som dessa förkastningar äro mycket betydande för fältets tektonik, och därigenom lämnat viktigt material till huvudförkastningens tydande, beskrivas de här före denna, ehuru deras inflytande på gruvdriften är skäligen ringa. De benämnas här Östra Siam-, Choulalongkorn- och Bråkförkastningarna. Sannolikt hava den

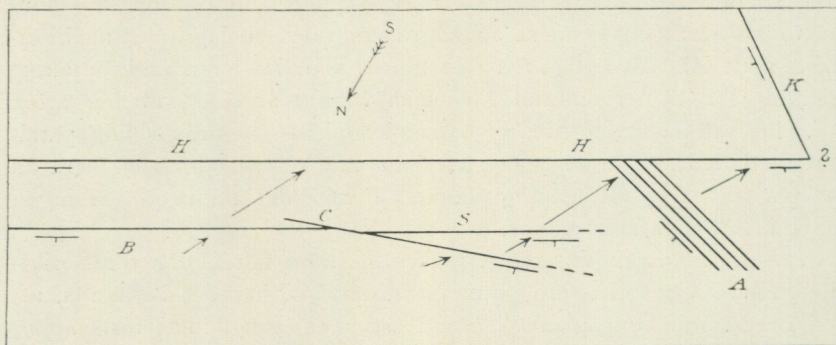


Fig. 8. Schematisk karta över de viktigare förkastningarna inom Tuolluvaara malmfält. Skala ca 1:5 000. H = huvud-, K = Kurt-, B = Bråk-, C = Choulalongkorn-, S = Östra-Siamförkastningen, A = Araratsystemet. Pilarna angiva överskjutningsriktningarna.

sistnämnda och Östra-Siamförkastningen ursprungligen varit sammanhängande, och avskurits av Choulalongkornförkastningen. Östra Siamförkastningen har av skäl, som nedan anföras, icke kunnat angivas å kartan (tavl. 1), varemot de båda andra inlagts där, dock huvudsakligen genom extrapolation från mätningar på lägre nivåer i dagpallarna.

Östra-Siamförkastningen framträder särdeles tydligt i dagpallens västra gavel (tavl. 4). Man ser där genast, att den är en överskjutning. Som snittet går vinkelrätt mot förkastningens strykning, ger det inga hållpunkter för ett bedömande av rörelsebeloppet i denna riktning. Förkastningssläppan är obetydlig; i malmen kan den knappast skiljas från de ordinära förklyftningsplanen. I porfyren i pallens södra vägg kan den icke följas upp till dagytan, möjligen är den i sin tur förkastad av en annan släppa. Detsamma gäller dess fortsättning mot NO: i gruvkartans tvärprofiler framträder överskjutningen ifråga mycket tydligt, men om man därav konstruerar

fram dess läge i dagen, så kommer man till ett område SO om pallen, där ingen dylik förkastning identifierats. Av denna grund har det också varit omöjligt att på något sätt ange denna förkastning å tabl. 1. Profilerna visa emellertid, att den mot NO böjer i riktning mot Choulalongkornförkastningen, och avskäres av denna. Denna släppa, som stupar 35° à 40° mot NNV, har under vissa stadier av gruvbrytningen framträtt särdeles tydligt. Fotogra-

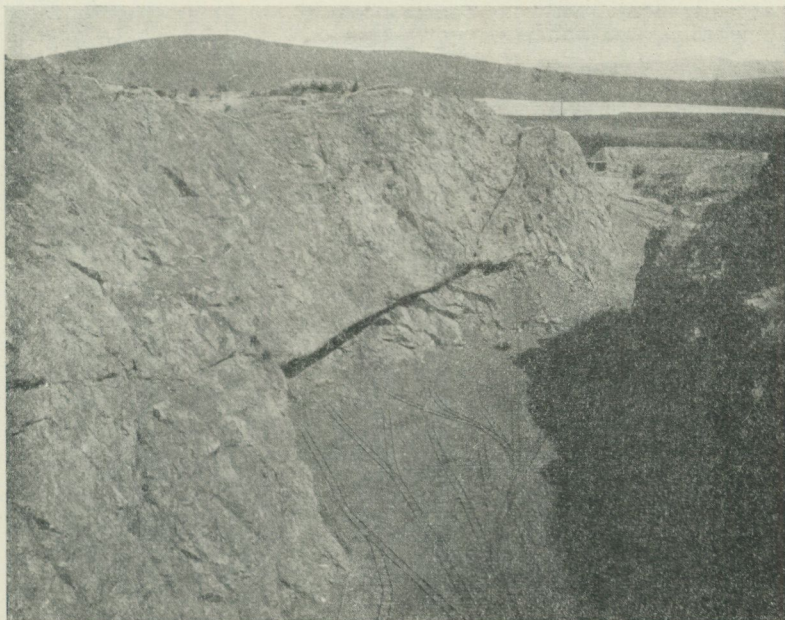


Fig. 9. Choulalongkornförkastningen i norra väggen av Östra Siam och Choulalongkorns dagpall. Förkastningen framträder genom slagskuggan, och i bergväggen till vänster, närmare åskådaren, såsom en fin spricka. Den streckade linjen är en annan förkastning (se texten, s. 38).

fien fig. 9, tagen i juli 1908 från hälletan ovanför västra änden av pallen, visar dess dåvarande utseende. På en lång sträcka ligger malm under förkastningsplanet (delvis uttagen då fig. 9 togs), men malmbreccia över. Således är även denna förkastning en överskjutning, över vilken Choulalongkorn—Östra-Siammalms liggande gräns förts uppåt mot SV. Västra Siams dagpall ger ett tillfälle att se denna förkastning i ett annat vertikalsnitt, som bildar en stor vinkel med det förra. I den smala »hylla», som kvarstår på 17 m avvägning, mättes stupningen till 30° mot NNO. Om man studerar släppan längre ned i Västra Siams pallvägg, så finner man där endast en högst obetydlig förskjutning, på sin höjd ett par dm. Över-

skjutningen synes sålunda ha gått i det allra närmaste parallellt med denna vägg. Emellertid sticker Choulalongkornmalmen på den i fig. 9 avbildade sträckan delvis så långt in under förkastningsplanet, att det synes mycket ovissat om företeelsen kan förklaras enbart genom förkastningen. Möjligen har här förelegat ett ursprungligt hak i malmens liggväggsgräns, vid det sprickplan i porfyren, som överskjutningen sedan följt.

Över denna förkastning framträda i Choulalongkorn—Östra-Siam-pallens vägg två andra släppor. Den ena av dessa synes icke markera någon väsentlig rörelse, men den andra, angiven i fig. 9, är en överskjutning, såsom framgår därav, att malmbreccian under densamma är mycket malmrikare, vilket här betyder närmare malmgränsen, än ovanför den. Det synes vara en fortsättning av denna förkastning, som framträder i Bråkpallen (Bråkförkastningen). Förhållandena där äro alldeles likartade med dem, som redan ovan beskrivits från Östra Siampallens gavel. Överskjutningens horisontala komponent i detta snitt, d. v. s. vinkelrätt mot dess strykning, är c:a 2 m, den vertikala c:a 2.5 m. Förkastningsplanet bildar övre delen av pallens sydöstra vägg. Det är något buckligt, delvis harneskbeklätt, och visar en bred räffling (med räfflor om c:a 1 dm bredd), som stupar flackt mot NO.¹ I detta fall är således förkastningsrörelsens riktning fullt tydlig: förhållandena i pallgaveln visa, att hängandet förts uppåt, och räfflingen på planet ådagalägger, att denna rörelse icke skett vinkelrätt mot förkastningsplanet strykning, utan snett, så att den horisontala rörelsen längs strykningen varit flera gånger större än vinkelrätt mot denna. Ovanpå det stora förkastningsplanet ligger en liten buckla, över vilken ett mindre malmparti överskjutits ytterligare ett kort stycke.

Bråkförkastningen utgör troligen en fortsättning av Östra Siamförkastningen, något förskjutet genom Choulalongkornförkastningen, som enligt detta antagande skulle vara yngre, om också åldersskillnaden torde vara mycket liten.

På 75 m avvägning är Östra Siamförkastningen iakttagen genom skärande Västra Siam malm samt i utfraktsorten till huvudschaktet. Dess stupning är där 37°, liksom i dagpallen. Väster om densamma på c:a 20 m avstånd i utfraktsorten går en förkastning med strykning N 63° O och 38° stupning mot V. Detta torde vara Choulalongkornförkastningen (se tavl. 3).

Benämningen huvudförkastningen har jag givit åt den förkastning, som är den största i denna grupp och jämte en med densamma nära förbunden tvärförkastning den viktigaste inom hela

¹ Stupningen är ett tiotal grader, ytan är icke åtkomlig för exakt uppmätning.

malmfältet. Dess utgående i dagen är blottat i utmålen Gutte och Emil, samt på en kortare sträcka i Ararat, där förkastningen bildar norra gränsen för Kurtmalmen. Det markeras av en smal, föga djup insänkning i bergytan (jfr horisonten längst till höger å tavl. 6). Förkastningsplanet bildar södra väggen i Emilpallen och i den lilla pall, som upptagits på Parallellmalmen. I synnerhet den förstnämnda pallen erbjuder ett utmärkt tillfälle att studera planets karaktär. Det har där en skäligen regelbunden stup-

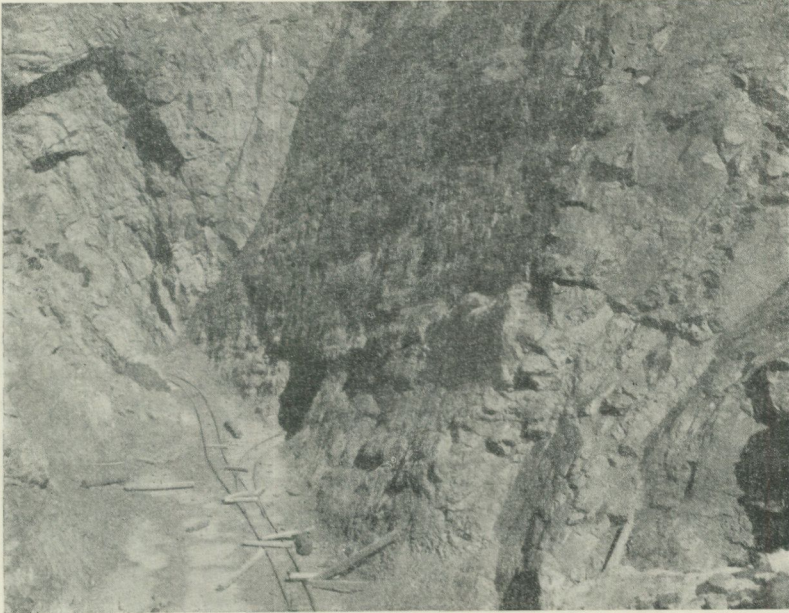


Fig. 10. Huvudförkastningen såsom vägg i Emilpallen.

ning (tavl. 6 och ovanstående fig. 10). Ytan visar en räffling, analog med den som iakttagits på Bråkförkastningen, blott mycket grövre (fig. 10). Denna räffling stupar 15° à 20° mot ONO. I detalj är ytan fjällig; fjällen glappa nedåt mot ONO, så att ytan kännes något mera skrovlig om man stryker *uppåt* längs räffloras riktning än tvärt om. Ovanpå förkastningsplanet vilar en decimetertjock kloritpackning. I pallen på Parallellmalmen äro förhållandena i huvudsak likartade, men planets stupning är brantare.

Förkastningsplanets räffling bevisar, att rörelsen här, liksom på Bråkförkastningen, skett i sned riktning, så att förflyttningen i strykningens riktningen varit större än vinkelrätt mot densamma. Det gäller

sedan att fastställa, huruvida rörelsen även här haft karaktären av överskjutning, eller tvärt om, och att beräkna dess storlek. För att få svar på dessa frågor skola vi försöka olika vägar.

Fjälligheten på förkastningsplanet giver det intrycket, att överliggande berggrundsparti sjunkit i räffloras riktning. Företeelsen synes vara ganska typisk för en av de skulpturformer, som anses giva ett klart besked om rörelseriktningen på ett förkastningsplan. Sålunda beskriver HÖFER i handboken »Die Verwerfungen»¹ dylika »Rutschlappen» såsom »ein eindeutiges Mittel zur Bestimmung der Bewegungsrichtung». Om denna skulptur finge betraktas såsom utslagsgivande, skulle sålunda huvudförkastningen, i motsats till alla andra inom fältet iakttagna förkastningar, däribland även den annars så likartade Östra-Siam—Bråkserien, vara en normal förkastning och icke en överskjutning.

Huvudförkastningens natur av överskjutning framträder emellertid tydligt, när man studerar dess inverkan på de olika malmkropparna; det visar sig sålunda, att förkastningsytans fjällighet är missledande.² Mest upplysande är Emil—Ararat—Kurtmalmen (jfr tavl. 1, 2 och 3). Parallellmalmen begränsas å 36 m avvägning i N delvis av förkastningen. På samma nivå börjar denna skära in på Emilmalmen. På 75 m avvägning finner man en nästan sammanhängande malmkropp, förbindande den nyssnämnda Parallellmalmen med Kurtmalmen. I denna malmkroppens konturer igenkänner man genast Araratmalmens allmänna habitus.³ På hängandesidan av förkastningsplanet kvarligger emellertid ännu på denna nivå ett betydande malmparti.

Allt talar för, att vi här återfunnit Araratmalmen under förkastningsplanet. Malmens dimensioner och huvuddragen i dess konturer överensstämma med Araratmalmens. Även sammansättningen är densamma. En mycket viktig omständighet är också den, att malmgångar träffats i mängd i sidostenen på vissa sidor, men ej alls på andra, i huvudsaklig analogi med förhållandena omkring Araratmalmen. Vidare tillkommer, att vi ingenstädes känna någon annan malm under förkastningen, som kan utgöra fortsättningen av Araratmalmen, vilken, såsom förhållandena å 75 m avvägning visa, redan ett par tiotal meter längre ned måste vara helt och hållet försvunnen från förkastningens hängandesida. Malmdelarnas lägen å

¹ Braunschweig 1917.

² Det är ej möjligt att giva en tillfredsställande förklaring av ytskulpturens förhållande till rörelseriktningen i detta fall. Att märka är emellertid, att endast grov fjällighet iakttagits, icke någon finskulptur.

³ Jfr vad å s. 44 säges om de olikheter i malmens form å denna nivå och i dagen eller å 36 m avvägning, som förorsakas av Araratsystemets förkastningar.

ömse sidor om förkastningen å nyssnämnda nivå stämma med räfflingens vittnesbörd om rörelsens riktning, under förutsättning att det är fråga om en överskjutning.

En märklig olikhet förefinnes emellertid mellan Araratmalmens konturer å 75 m avvägning och å 36 m, nämligen i fråga om förbindelsen mellan densamma och Parallellmalmen. I förra fallet föreligger en relativt smal malmgång, som träffar Parallellmalmen något VSV om det karakteristiska flikiga partiet i dess liggande-gräns. I det senare fallet synes ej någon förbindelse förefinnas på denna punkt,¹ däremot synes den i Emilpallen brutna Emilmalmen ha utgjort en dylik brygga, som emellertid måste nått Parallellmalmen ONO om det nyssnämnda flikiga partiet, som återfinnes även på denna nivå. Å 75 m avvägning finnes, så vitt känt är, intet fullt motsvarande utsprång från Araratmalmen.

De nu beskrivna olikheterna äro visserligen nog så märkliga, men äro mycket rimliga när det är fråga om en fyndighet, som utfyller ett i viss mån oregelbundet spricksystem. De kunna därför icke rubba den uppfattning, vi förut av många skäl kommit till, att den under förkastningsplanet å 75 m avvägning framträdande malmen i Ararat och Emil är Araratmalmens fortsättning på denna sida om förkastningsplanet.

Det är således tydligt att *hängandets rörelse längs huvudförkastningen gått från ONO mot VSV, snett uppåt i räffloras riktning.*

Nästa steg blir att fastställa rörelsens storlek. Härvid måste emellertid hänsyn tagas även till en annan förkastning, nämligen den översta i Araratsystemet, varför beräkningen uppskjutes tills dess även denna m. fl. blivit beskrivna i det följande.

Tvärförkastningar. Ararat- och Emilpallen genomskär en komplex av förkastningar, vilka stryka i N 69° V och stupa mot NO med något olika lutningar. Tav. 5 och 6 visa, huru de framträda i pallens norra och östra väggar. Samtliga förkastningar i detta »Araratsystem» äro *överskjutningar*: i pallväggen ser man, nära malmens liggande, malm under ett förkastningsplan men malmbreccia över, vid ett annat kloritklädd malmgräns under, men porfyr över, vid ett tredje malmbreccia å båda sidor, men malmrikare under än över, o. s. v. Vidare giva dessa förkastningar de bästa exemplen på, att bergarten är trasig närmast *över* förkastningsplanet, men icke *under* densamma.

¹ En liten del av Parallellmalmens liggvägg å 36 m avvägning är ej blottad. Möjligen kan där en förbindelse av ifrågavarande art föreligga, men den måste i varje fall vara smalare än på 75 m avvägning.

Araratsystemets förkastningar genomskära icke huvudförkastningen. De torde likväl ej vara äldre än denna. De hava nämligen icke kunnat återfinnas på andra sidan om densamma, inom det område där de i så fall borde fortsätta, enligt de nedan anförda beräkningarna över huvudförkastningens storlek. Visserligen finnas tvärförkastningar även där, men de äro få och jämförelsevis obetydliga, i varje fall mindre än Araratsystemets. Även förhållandet mellan det sistnämnda och huvudförkastningen, vilket kan studeras i Emilpallen, tyder på att Araratsystemet är yngre. Dess förkastningsplan intaga nämligen, då de närma sig huvudförkastningen, brantare lägen, som närma sig den senares stupning, och konvergera delvis (se tavl. 6). Detta tyder på att huvudförkastningen förefanns, redan då Araratsprickorna bildades. Slutligen visar det sig i de fall, där man identifierat malmgångar el. dyl. å ömse sidor om någon av Araratförkastningarna, att rörelsen måste ha skett åtminstone i det närmaste parallellt med huvudförkastningens plan. Dessa tre omständigheter, jämte Araratförkastningarnas uppenbara karaktär av överskjutningar, leda till följande uppfattning av systemets roll i malmfältets tektonik: när det berggrundsblock, som bildar huvudförkastningens hängande, sköts uppåt och mot SSV längs detta plan, uppstodo inom en begränsad zon Araratsystemets tvärsprickor; visserligen deltog *alla* de stycken, i vilka blocket ifråga sålunda uppdelades, i rörelsen längs huvudförkastningen, men de gjorde det i olika grad, det översta stycket fördes längst, och varje underliggande mindre än det närmast överliggande. Vid beräkningar över förflyttningarna kan man enklast behandla fallet så, som om Araratsystemet vore yngre än huvudförkastningen, ehuru ej genomskärande den och parallellt med dess plan.

Vi skola nu övergå till att närmare granska de olika förkastningarna i Araratsystemet. Om man bortser från ett par smärre förskjutningar av mycket ringa belopp, så kan systemet anses vara sammansatt av fem plan, som stryka nära parallellt med varandra, och alla stupa mot NO, ehuru med olika vinklar. Det understa planet bildar södra väggen i Emilpallen och har där en stupning av c:a 65° . Rörelsens storlek framgår av gruvkartans profil IV¹, där planet genast kan identifieras. Horisontalkomponenten uppgår i denna profil till 6.5 meter; av profilens och förkastningsplanets vinklar med den för andra plan i detta system konstaterade rörelseriktningen erhålles den verkliga rörelsens horisontalkomponent 4 meter och dess vertikalkomponent 8.5 meter. Det andra planet framträder — liksom de följande — i norra pallväggen i Emil-Ararat. Det stupar 40° à 42° . Under det-

¹ Ej reproducerad här.

samma är malm (vid hörnet till Emilpallen dock rik på porfyrbrottstycken), över är malmbreccia. Något fullt säkert mått på denna överskjutnings storlek har icke erhållits, men tydligt är, att den måste vara ungefär densamma som vid den föregående. Det tredje planet stupar 70° . Gruvkartans profiler genom malmen i pallen visa, att det icke genomskär överliggande plan, som har en vida flackare stupning. Förflyttningen längs det tredje planet har kunnat uppmätas på ett ställe, nämligen vid den malmgång, som synes längst åt höger i norra pallväggen å tavl. 5. Där föreligger en sidledsförflyttning om 1.3 meter, varvid stycket över planet förts mot NV (=vänster å bilden). Rörelsen torde åtminstone hava varit jämförlig med den, som konstaterats för nästa plan. Detta, det fjärde, stupar 40° å 42° , således lika med det andra. Det framträder särdeles påtagligt, därigenom att det avskär Araratmalmsens kloritklädda liggväggsgräns (se tavl. 5 och 6). Efter förflyttningen av denna malmgräns, vilken framgår av gruvkartans profil 8,¹ kan den verkliga horisontalkomponenten beräknas till 3.5 meter. I Emilpallens inre del är den nordvästra malmgränsen över förkastningsplanet förflyttad 1.5 meter åt NV. Med samma beräkning får man här den verkliga horisontalkomponentens storlek till 3.0 meter, vilket ju är en rätt god överensstämmelse. Förskjutningen vid den malmgång, som nämndes ovan vid beskrivningen av det tredje planet, är 0.7 meter, således ungefär hälften mot detta plans, och åt samma håll.

Det femte förkastningsplanets betydelse framgår genast av kartan, tavl. 1, och av tavl. 5 och 6, vilka visa huru stora malmgångar både över och under planet avskäras av detsamma. Stupningen mättes intill Emilpallen till c:a 20° . I väster ansluter sig ett högre förkastningsplan, med endast obetydlig rörelse, till det femte (tavl. 5), i Emilpallen löper under det sistnämnda ett med detsamma parallellt plan, som dock icke synes markera någon väsentlig förskjutning i berggrunden. För ett fastställande av rörelsens storlek längs denna Araratsystemets översta och tydligen största överskjutning måste hänsyn tagas även till huvudförkastningen, varför dessa här nedan behandlas tillsammans. Någon direkt mätning, såsom vid de övriga Araratförkastningarna, har nämligen ej varit möjlig.²

Å 75 meters avvägning iakttages invid Siammalmerens förening ett förkastningsplan, som visserligen stupar brantare än det senast be-

¹ Ej reproducerad här.

² Genom jämförelse mellan malmgångarnas frekvens och riktning å ömse sidor om det översta Araratplanet erhöles, innan nyssnämnda indirekta metod kommit till användning för förflyttningens uppmätande, för horisontalrörelsen ett värde av c:a 25 meter, sålunda samma som sedan erhållits på en säkrare väg. Den anförda uppskattningen äger ju alltid ett visst värde såsom kontroll.

skrivna, nämligen 37° à 40° , men likväl torde utgöra dess omedelbara fortsättning, eftersom ingen högre upp belägen större tvärförkastning är känd i dagen, där dock berggrunden är utomordentligt väl blottad och de otaliga malmgångarna göra det lätt att upptäcka varje dislokation.

Borrhålet n:r XIII, som ansattes från 36 meters avvägning i 45° vinkel mot horisontalplanet, för att genomgå Västra Siams malm på djupet (se tavl. 2), visar ingen malm. Detta borrhål måste å c:a 79 meters avvägning hava genomgått den nyssnämnda förkastningen, och längre ned huvudförkastningen.¹ Av frånvaron av malm i borrhålet erhålles c:a 20 meter såsom minimibelopp för horisontalrörelsen i den antagna riktningen längs denna med det översta Araratplanet identifierade förkastning.

De övriga Araratförkastningarna hava hittills icke kunnat återfinnas på 75 meters nivå. Araratsystemet är naturligtvis förklaringen till att den del av Araratmalmen, som på nyssnämnda avvägning befinner sig över huvudförkastningen, ligger längre mot NNO än samma malm i dagen, ehuru malmkroppens stupning är åt motsatt håll. Den hopskjutning, som malmen i dagen undergått genom Araratförkastningarna, har också förorsakat flera olikheter mellan malmens form där och på 75 meters avvägning.

Över Araratsystemet finnas i dagen ett flertal obetydliga tvärförkastningar med ungefär samma strykning som detta, men brant stupning. De framträda väl i malmbreccian N om Emilpallen.

Under huvudförkastningen finnes en med Araratsystemet parallell förkastning, som här benämnes Kurtförkastningen. Den är hittills blottad endast å 75 meters avvägning. I dagen torde den bilda södra gränsen för den malmkropp, som övertväras av utmålsgränsen Ararat—Kurt, och som i norr begränsas av huvudförkastningen. Därigenom att de begränsande förkastningarna i strykningen divergera åt det håll, varåt malmen stupar, men hava ungefär samma stupning, blir maldelen mellan förkastningsplanen allt bredare mot djupet (fig. 12). Ingenting har kunnat fastställas angående Kurtförkastningens förhållande till huvudförkastningen.

Vidare återstår att nämna den släppa, som på 36 meters och 75 meters avvägning begränsar Parallellmalmen mot S och SO. Denna är en typisk förkastningssläppa, som i en blottning är belagd med en 2 dm tjock kloritkaka. Den har emellertid på ett ställe, där den angränsande malmen är apatitrandig, befunnits stryka och stupa

¹ I borrhållkollet finnas inga uppgifter om att förkastningen märkts vid borringen. Däremot angives å ca 60 meters avvägning trasig och skölig porfyr, som gjort det nödvändigt att cementera hålet. Här torde sålunda någon av de undre Araratförkastningarna ha genomborrats.

parallellt med denna randning. Det är därför mest sannolikt, att här endast är fråga om en mera oväsentlig glidning längs en malmgräns.

Också kunna anföras de talrika småförkastningar, som genomskära Snorremalmen (tavl. I), och som, ehuru föga betydande, äga intresse såsom ännu en illustration till förkastningarnas allmänna uppträdande inom Tuolluvaarafältet.

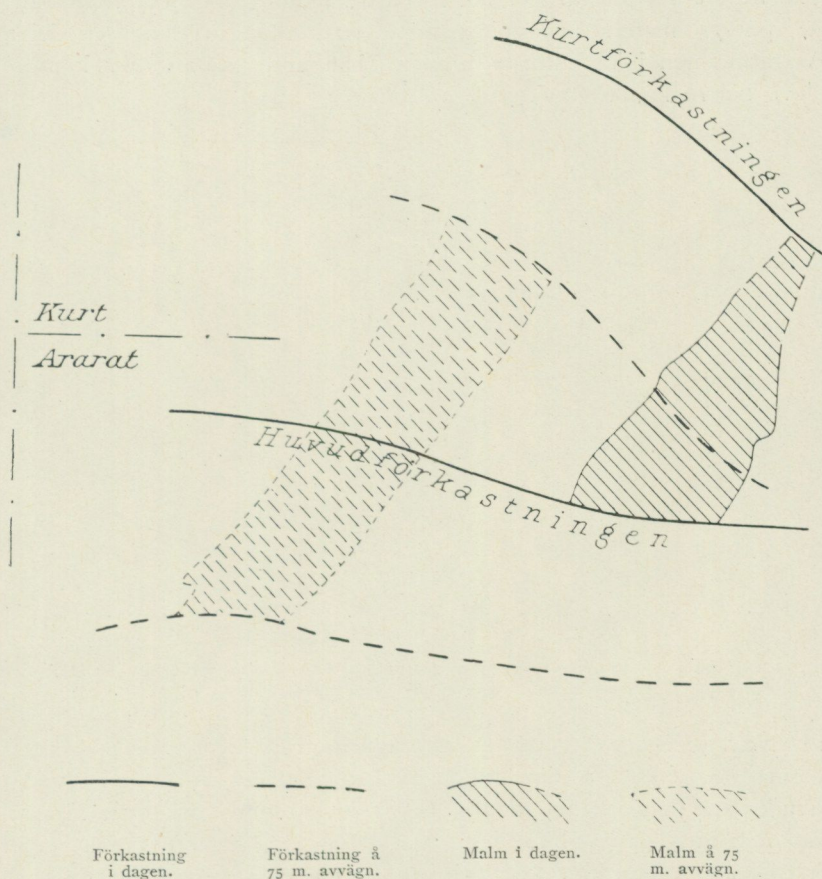


Fig. 11. Malmen vid gränsen mellan utmålen Ararat och Kurt samt de densamma begränsande förkastningarna, i dagen och på ca 75 meters avvägning. Skala 1:800.

Mått på förflyttningen längs de största förkastningarna. I det föregående har redan angivits rörelsens storlek vid ett flertal förkastningar, där det varit relativt lätt att passa ihop de avskurna malmpartierna å ömse sidor om förkastningsplanet. Vid huvudförkastningen och det översta planet i Araratsystemet, där förflyttningarna varit större, ställer sig uppgiften vida svårare. Problemets lösning

komplieras även därav, att man tydligen på grund av rörelseriktningen har att räkna med en ursprunglig nivåskillnad mellan de olika malmdeklar, som nu synas i samma horisontalplan. Därtill kommer, att malmerna i flera fall redan från början haft rätt oregelbunden form, och att ibland, såsom vid Ararat, deras konturer i det ena av de snitt, som måste jämföras, delvis bestäms av förkastningar, som icke berört det andra. För att få bättre ledning blev det nödvändigt att på 75 meters avvägning driva en kortare ort längs en del av Araratmalmen i huvudförkastningens hängande, så att dess konturer blevo bättre kända (tavl. 3).

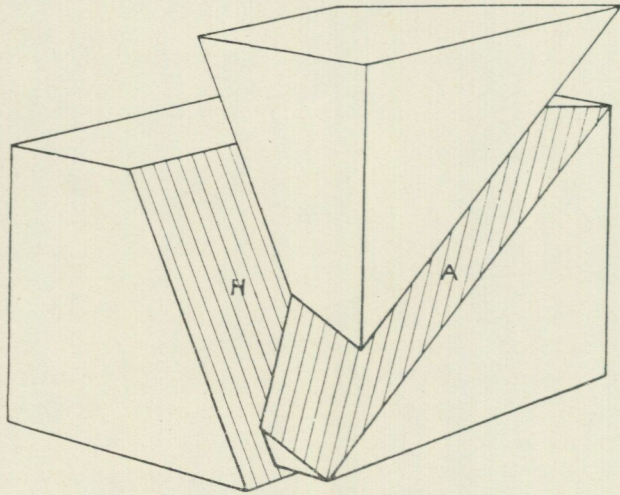


Fig. 12. Modell, schematiskt angivande rörelsen längs huvudförkastningen (H) och Araratsystemet, representerat av ett enda plan (A).

Det av de ifrågavarande förkastningarna träffade området kan sägas i stort sett bestå av tre block, det ena utgöres av området under huvudförkastningen, det andra ligger över denna och över Araratsystemet, det tredje likaledes över huvudförkastningen men under Araratsystemet (se fig. 12). Gången av undersökningen har nu varit den, att först avståndet mellan motsvarande punkter i det första och det tredje blocket bestämts, varigenom ett mått erhållits på huvudförkastningen. Därefter har genom jämförelse av första och andra blocket bestämts summan av huvudförkastningen och Araratsystemet, varav det sistnämndas belopp erhålles genom subtraktion av det nyss för huvudförkastningen erhållna värdet. Om sedan från Araratsystemets summa drages det redan kända sammanlagda beloppet av rörelserna på de undre planen i systemet, så erhålles värdet för det översta

planet. För den första bestämningen, som gäller huvudförkastningen, användes Araratmalmens konturer å 75 meters avvägning. Där erhålles i Ö för horisontalförflyttningen parallellt med förkastningens strykning 18 à 20 meter; i V är måttet mera osäkert, men synes uppgå till 25 meter.

Parallellmalmens lägen i dagen och på 36 meters avvägning angiva, att för summan av huvudförkastningen och Araratsystemet förflyttningen i den förstnämndas strykningsriktning uppgår till 56 à 65 meter.

För hela Araratsystemet erhålles sålunda 56 à 65 minus 18 à 25 meter, eller 31 à 47 meter. Drages härifrån det för de undre planen i systemet funna beloppet av c:a 15 meter, så återstår för det översta planet 16 à 32 meter. Att döma av borrhålet n:r XIII är 16 meter för lågt värde (jfr ovan); det är sannolikare att måttet är omkring 25 meter.

Malmernas lägen på djupare nivåer. Den nu gjorda utredningen angående förkastningstektoniken tillåter tydligen någorlunda tillförlitliga beräkningar över malmkropparnas lägen på de djupare nivåer, där de ännu icke blottats genom gruvarbeten, med andra ord under 75 meters avvägning. Därvid måste dock alltid ihågkommas, att varken malmerna eller förkastningarna äro absolut regelbundna.

Ehuru de anförda uppgifterna om riktningarna och beloppen på förkastningsrörelserna jämte kartorna giva allt det material som behöves, är det likväl några punkter, som förtjäna att ytterligare beröras.

Parallellmalmen—Emil—Ararat—Kurt skall redan på c:a 95 meters avvägning befinna sig helt och hållet på huvudförkastningens undre sida. För denna malmkomplex är för övrigt blott att räkna med Kurtförkastningen, vars inverkan kan beräknas av malmernas lägen å 75 meters avvägning och av det förhållandet, att den troligen liksom de övriga är en överskjutning. Några egendomligheter i borrhålet n:r VII b antyda dock möjligheten av att även den släppa, som bildar Parallellmalmens hängande, kan ha avskurit ett malmparti.

Beträffande Västra Siams malm har redan framhållits, att den tydligen träffats av Araratsystemet, så att dess fortsättning mot djupet skall ligga längre mot NO än vad som angives av malmens lägen på högre nivåer (inkl. 75 meter). På ännu större djup kommer huvudförkastningen att avskära den under Araratförkastningen liggande delen av Västra-Siam-malmen¹. Denna malm är således delad i tre

¹ Beträffande de djup, på vilka avskärningen äger rum, kunna endast grovt approximativa beräkningar göras. För malmens södra spets torde den ske redan på c:a 90 meters avvägning, för den västra på c:a 130 meters och för den norra först på c:a 165 meters avvägning.

stycken, nämligen 1) över både Ararat- och huvudförkastningen (=den hittills brutna delen), 2) under Ararat men över huvudförkastningen och 3) under huvudförkastningen. Därest flera än en av Araratsystemets förkastningar träffa malmen ifråga — något som ej ännu kan säkert avgöras — så är det under 2) anförda stycket delat i flera, om också förmodligen utan större förskjutningar än som iakttagits på Araratmalmen i dagpallen.

Av Choulalongkorn—Östra-Siams malm är det endast den västra änden som beröres av Araratsystemets översta förkastning. Däremot har ju denna malm redan på 75 meters nivån börjat avskäras av huvudförkastningen. Den del av densamma, som stryker parallellt med förkastningen, måste redan på 100 meters avvägning vara fullkomligt försvunnen från förkastningens hängandesida. Dess längst mot NO belägna del däremot, vars strykning divergerar från förkastningens, skall ha successivt större djupgående, så att spetsen först på 115 å 120 meters avvägning avskäres av förkastningen. Den sålunda försvunna malmen skall tydligen återfinnas *under* huvudförkastningen, på något lägre nivå och förflyttad 18 å 25 meter mot ONO längs förkastningen. Detta område blev, innan förkastningens existens var känd, undersökt genom tre diamantborrhål, n:r VII a och b samt n:r XII (se tavl. 1 och fig. 13)¹. I borrhålen n:r VII är den översta större malmen tydligen Parallellmalmen. Längre ned har det lutande hålet på 129.80—141.45 meter borrhållängd genomgått en malm, vilken, säkerligen med rätta, blivit tydd såsom Choulalongkornmalmens fortsättning. Dess läge i profilen passar väl överens med vad som är känt om vertikalförkastningen. Malmen är rik, för sparsamt hornblände och på ett ställe en tumsbred rand av vit finkristallin apatit. På sträckan 138.3—139.2 meter för den dock så mycket porfyrbrottstycken, att malmen är underordnad, men de sista 2 meterna närmast liggandet är åter ren malm, därefter följer porfyr med malmgångar. Om man räknar med ovan anförda mått 56 å 65 meter för summan av huvudförkastningen och Araratsystemet samt 60° fältstupning på malmen, skall det i borrhålet träffade malmpartiet motsvara den del av Choulalongkorn—Östra Siam-malmen, som å 75 meters avvägning är sönderflikad och om-

¹ Ehuru borrhålen ej blivit kontrollmätta, finnes det i dessa fall näppeligen någon anledning misstänka väsentliga avvikelser från de avsedda riktningarna. Annars torde Tuolluvaaras av förkastningssläppor genomdragna berggrund kunna vara ganska förrädisk i detta avseende. Sålunda ha senare grubarbeten visat, att den bild borrhålet n:r 8 giver av fördelningen av malm och porfyr svårigen kan vara riktig. Förklaringen är troligen den, att borrhålet ändrat riktning vid huvudförkastningen. Det är nämligen (utan kännedom om förkastningen) ansatt i dennas hängande med 80° stupning mot NV, således 20° brantare än förkastningen. Då borrhålen träffat förkastningsplanet och dess mjuka beläggning under en så spetsig vinkel, vore det ej förvånande, om den slitat.

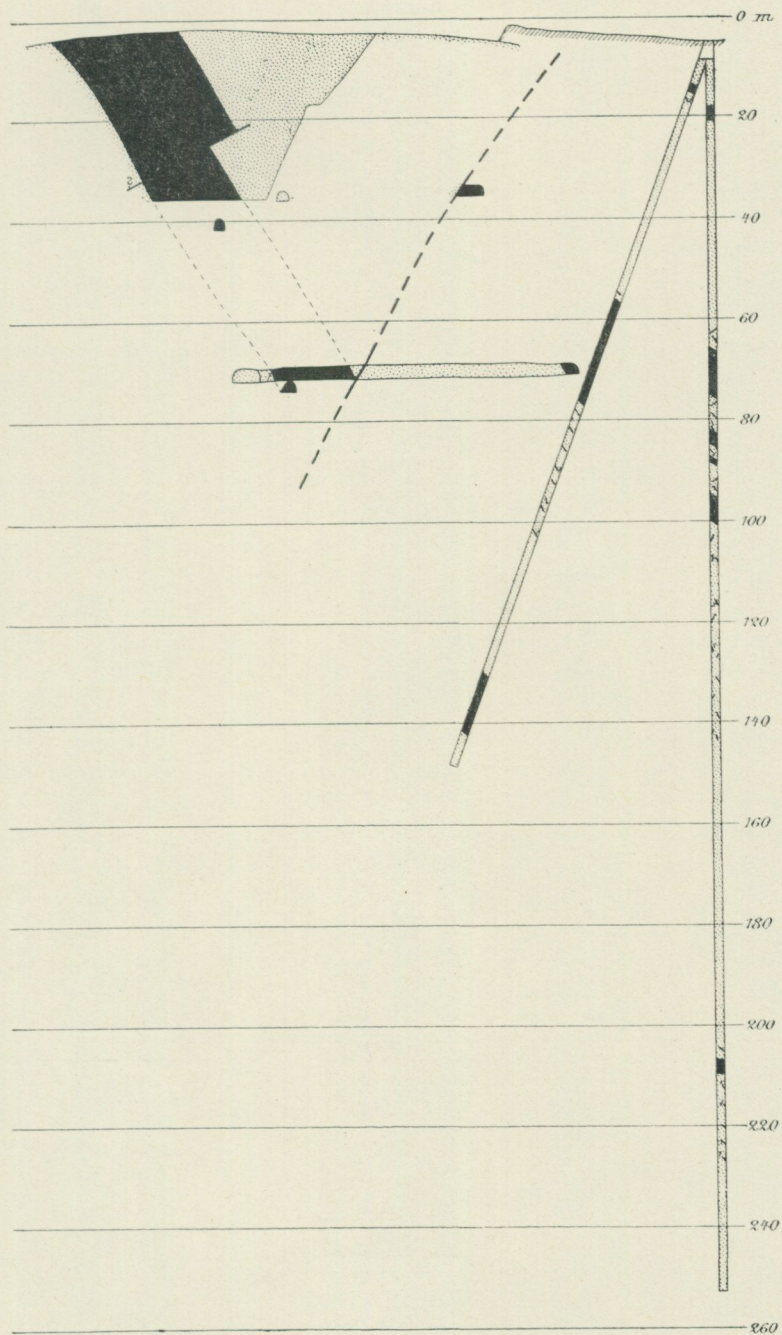


Fig. 13. Profil genom borrhålen n:r VII. Skala 1:1500. Svart är malm, prickning porfyr, malmbreccia är angiven genom korta svarta streck på porfyrbeteckningen, huvudförkastningen grov linje (heldragen eller streckad). Efter gruvkartan.

sluter porfyrpartier (90 à 100 meter V om orten till Snorre). I det vertikala borrhålet har på 199 meters djup (= 208 meters avvägning) enligt borrprotokollet träffats 2.50 meter malm. Denna torde utgöra den vidare fortsättningen av Choulalongkornmalmen. Måktigheten är ju här mycket ringa, om stupningen är 60° är den blott 1.2 meter. Detta tyder onekligen på att Choulalongkornmalmen i denna profil utkilar på c:a 230 meters avvägning¹. Därmed är dock ingalunda sagt, att *hela* denna malmkropp skulle upphöra på så relativt ringa djup. Önskvärt vore, att borrhålen n:r VII kompletterades med en borring 80 à 100 meter längre österut, så att något rikligare material erhöles för ett bedömande av denna viktiga fråga. Mot väster äro borrhålen n:r VII kompletterade genom n:r XII, vilket icke visar någon malm, som kan sättas i samband med Choulalongkorn—Östra-Siam. Borrhålets läge är emellertid sådant, att det är möjligt att frånvaron av malm kan helt och hållet förklaras genom den ifrågavarande malmens förflyttning genom förkastningarna.

Under den fortsatta grubbrytningen kanske nya, ännu okända förkastningar komma att påträffas. Vid utredandet av deras inverkan på malmen torde erfarenheterna från de nu behandlade fallen kunna avsevärt underlätta arbetet.

Några allmänna lärdomar av Tuolluvaaras förkastningar. Två sidor hos de här beskrivna förkastningarna äro av ett mera allmänt intresse, nämligen dels deras karaktär av överskjutningar, dels det att rörelsekomponenten parallellt med förkastningens strykning överallt varit större än vinkelrätt mot denna. Båda dessa drag torde vara vanligare, än de geologiska handböckerna i allmänhet angiva.² Överskjutningar hava iakttagits i flera andra svenska gruvor, såsom Dal Karlsberg och Lämåsefältet.³

¹ Jfr LUNDBOHRM i »Iron ore resources», II, s. 569.

² Från detta omdöme måste dock undantagas flera, särskilt nyare, handböcker, som speciellt behandla tektonisk geologi, såsom LEITHS »Structural geology».

³ Jfr resp. gruvkartor samt B. SANTESSON, S. G. U., ser. Bb, n:o 4.

ANMÄRKNINGAR TILL TAVLORNA.

Kartorna tavl. 1, 2 och 3 grunda sig på gruvkartan, som är uppgjord efter mätningar huvudsakligen av bergsingenjörerna C. I. ASPLUND, H. KRÆPELIEN och P. A. ANDERSON. Beträffande de geologiska förhållandena ha dock en del kompletteringar och smärre ändringar införts.

Å tavl. 1 har malmbreccians utbredning kunnat närmare angivas endast inom de områden av den naturliga bergytan, som under sommaren 1918 kvarstodo oberörda av gruvbrytningen. Inom de av dagvallarna upptagna partierna har den angivits med ledning av egna äldre iakttagelser (1907—1908), gruvkartan och observationer i pallväggarna, o. s. v. Såsom omnämnts i kapitlet om förkastningarna, hava liknande svårigheter mött beträffande en del av dessa, så att Östra-Siam-förkastningen och flertalet av Araratförkastningarna ej kunnat utsättas på denna karta. På den å tavl. 3 återgivna nivån finnes enligt nyare mätningar för gruvkartan några förkastningssläppor inom utmålet Finis, vilka dock ej utsatts å tavlan, då förf. ej haft tillfälle att själv studera dem och bilda sig någon uppfattning av deras betydelse. Det finnes vidare flerstädes i gruvan förkastningssläppor, som endast markera obetydliga förskjutningar (om några dm största mått) samt sådana, där visserligen rörelsens storlek ej kunnat fastställas, men släppans karaktär ger anledning förmoda, att den varit ringa. För att ej förvirra hava dessa släppor icke utsatts på kartorna. De finnas emellertid beskrivna i förf:s dagböcker i S. G. U:s arkiv. Å tavl. 3 hava en del inkonsekvenser inkommit i kartbilden av den grund, att det varit nödvändigt medtaga en ort, som delvis ligger c:a 3 m lägre än närliggande, å tavlan likaledes utsatta orter. Av denna ort, som går längs malmen N om huvudförkastningen, och från vilken ett antal tvärorter utgå mot S, har endast ett litet stycke längst i V varit åtkomligt under förf:s undersökningar. Emellertid är gruvkartans framställning av de geologiska förhållandena i densamma med säkerhet riktig. På grund av stupningen kommer huvudförkastningen att ligga längre mot N i det lägre ortsystemet än i det högre, under det att motsatta förhållandet äger rum för malmgränserna.

Diamantborrhålen äro angivna med romerska siffror och lutningen är utsatt, varvid, om två hål ansatts på samma ställe, det lutande betecknats med a, det vertikala med b.

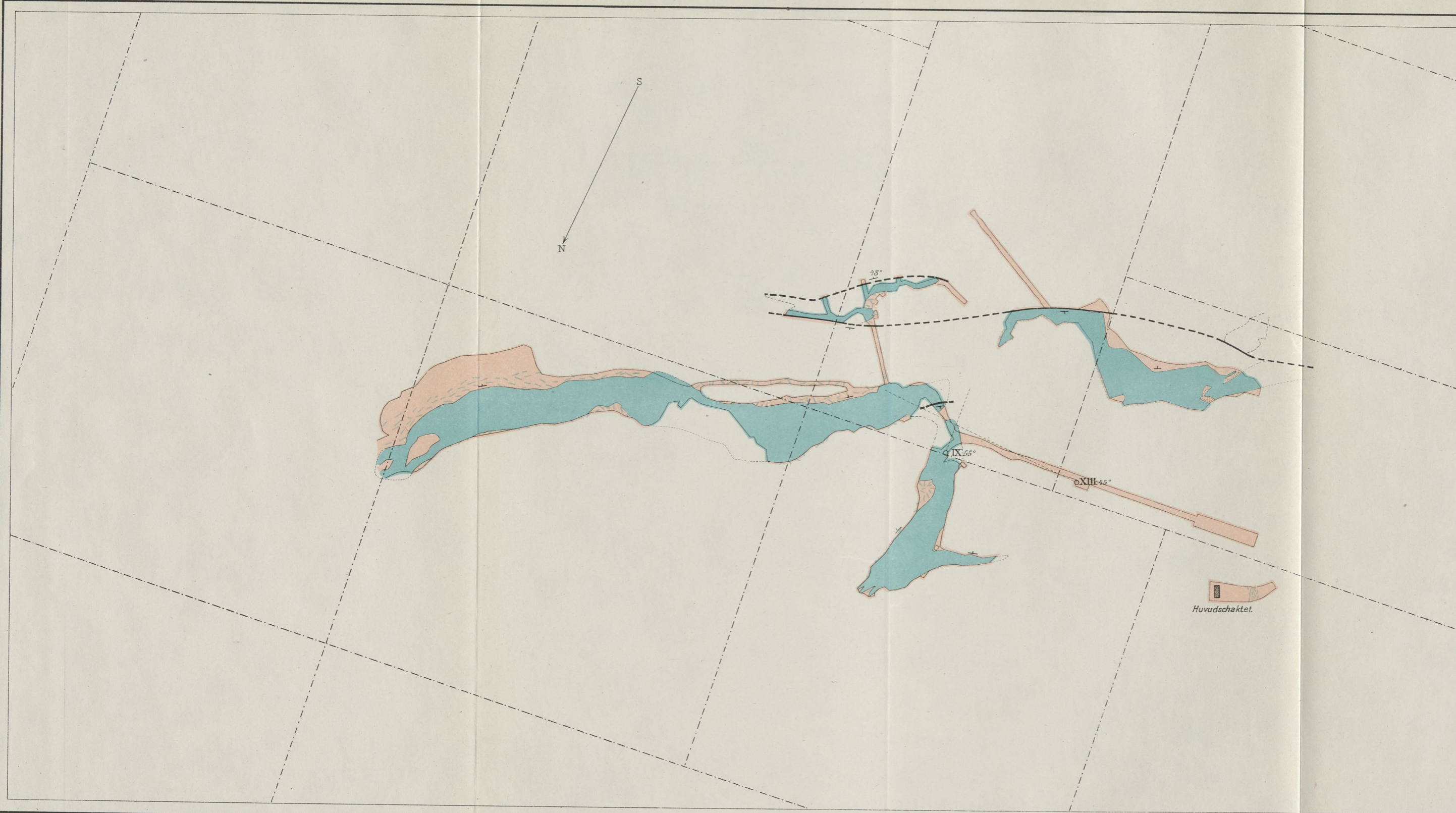
Tavlorna 4, 5 och 6 äro utförda efter bilder, som förf. uppgjort på platsen genom att på fotografier utsätta förkastningarna och med färgpennor angiva fördelningen av porfyr, malmbreccia och samlad malm.



Geologisk karta
 över
Tuolluvaara malmfält
 I : i dagen
 Skala 1 : 2000
 20 m.

- Nivåkurvor. Siffrorna angiva djup i meter under malmfältets nollpunkt
- SIAM Utnäls gräns och namn
- Bana
- Gräns för dagbrott eller skärning
- Malm
- Porfyr
- Porfyr med malmgångar (malmbreccia)
- Syenitporfyr
- Förcastning, direkt iakttagen
- Förcastning, antaget förlopp
- Diamantborrhål

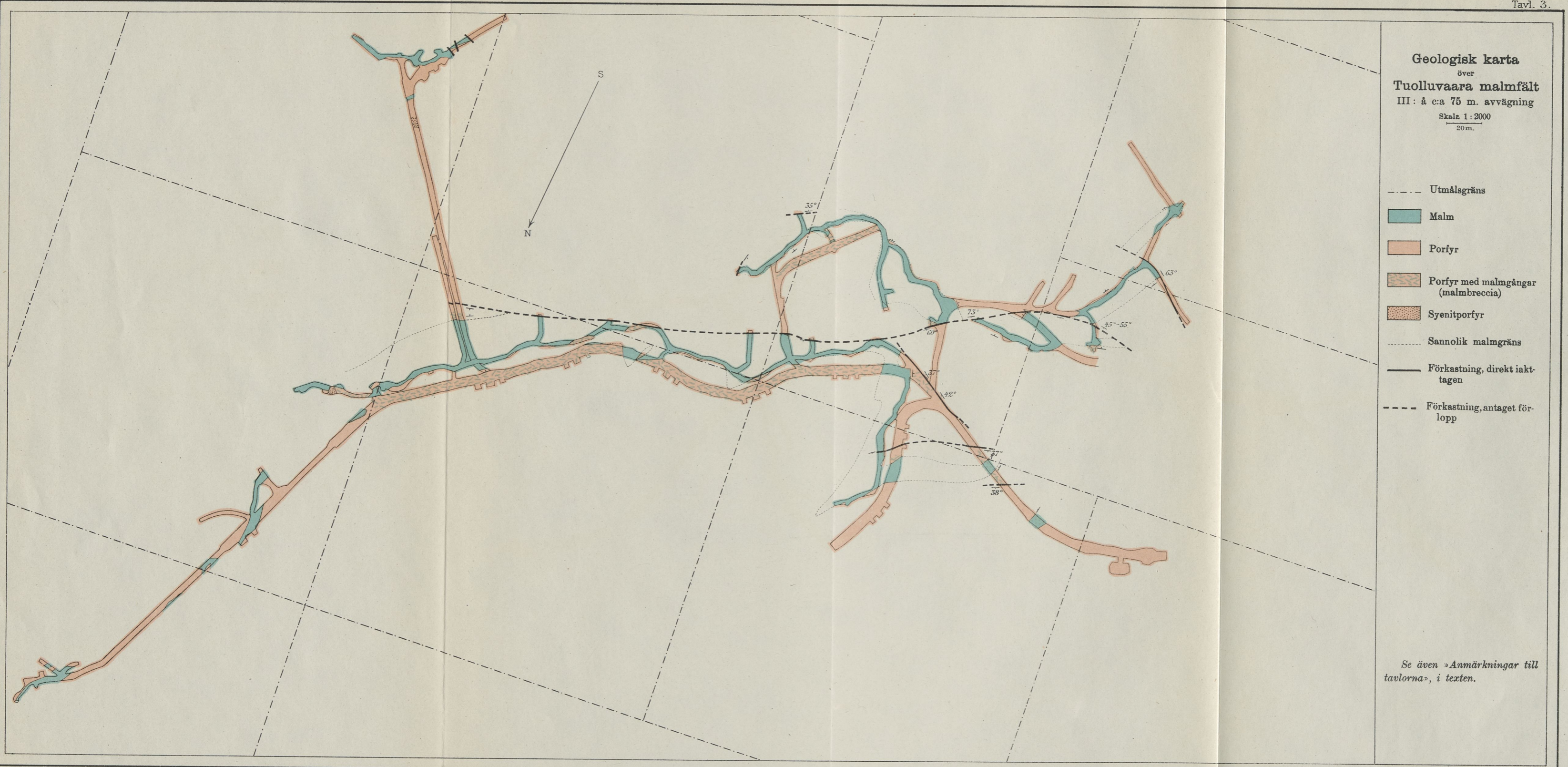
Se även »Anmärkningar till tavlorna», i texten.



Geologisk karta
 öfver
Tuolluvaara malmfält
 II : å ca 36 m. avvägning
 Skala 1 : 2000
 20 m.

- Utmålsgräns
- Malm
- Porfyr
- Porfyr med malmgångar (malmbreccia)
- Syenitporfyr
- Sannolik malmgräns
- Förkastning, direkt iakttagen
- - - Förkastning, antaget förlopp
- Diamantborrhål

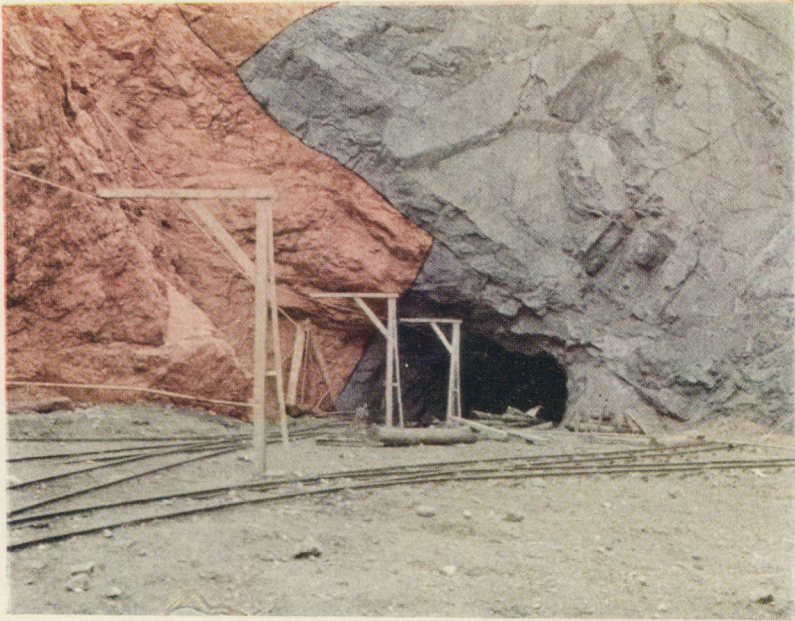
Se även »Anmärkningar till tavlorna», i texten.



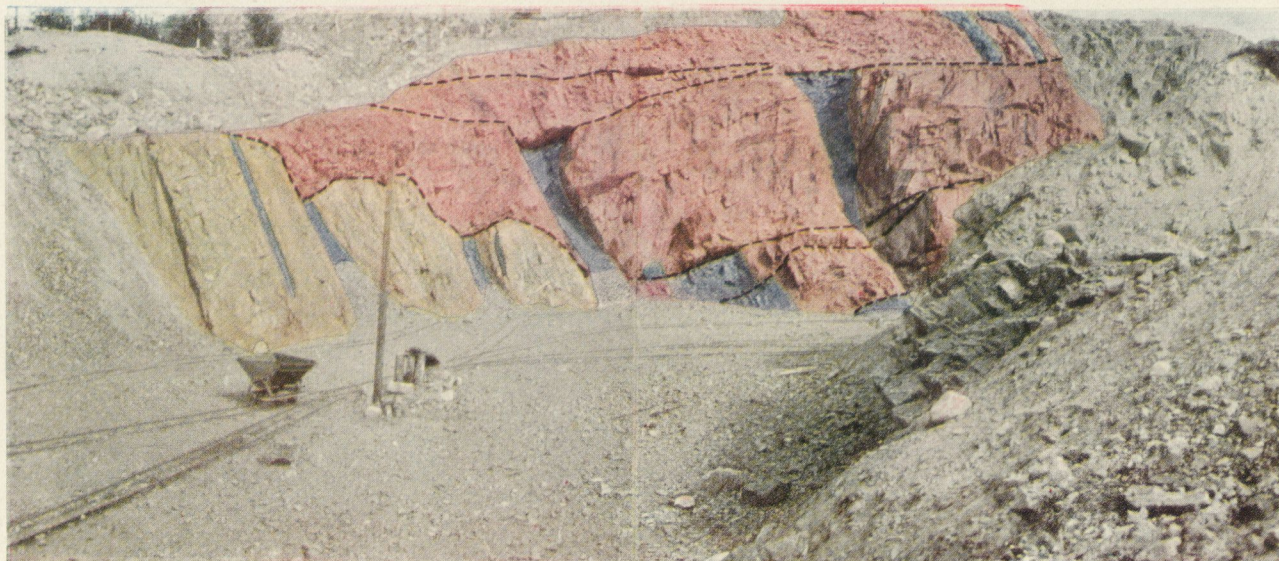
Geologisk karta
 över
Tuolluvaara malmfält
 III: å c:a 75 m. avvägning
 Skala 1:2000
 20m.

- Utmålsgräns
- Malm
- Porfyr
- Porfyr med malmgångar (malmbreccia)
- Syenitporfyr
- Sannolik malmgräns
- Förkastning, direkt iakttagen
- - - Förkastning, antaget förlopp

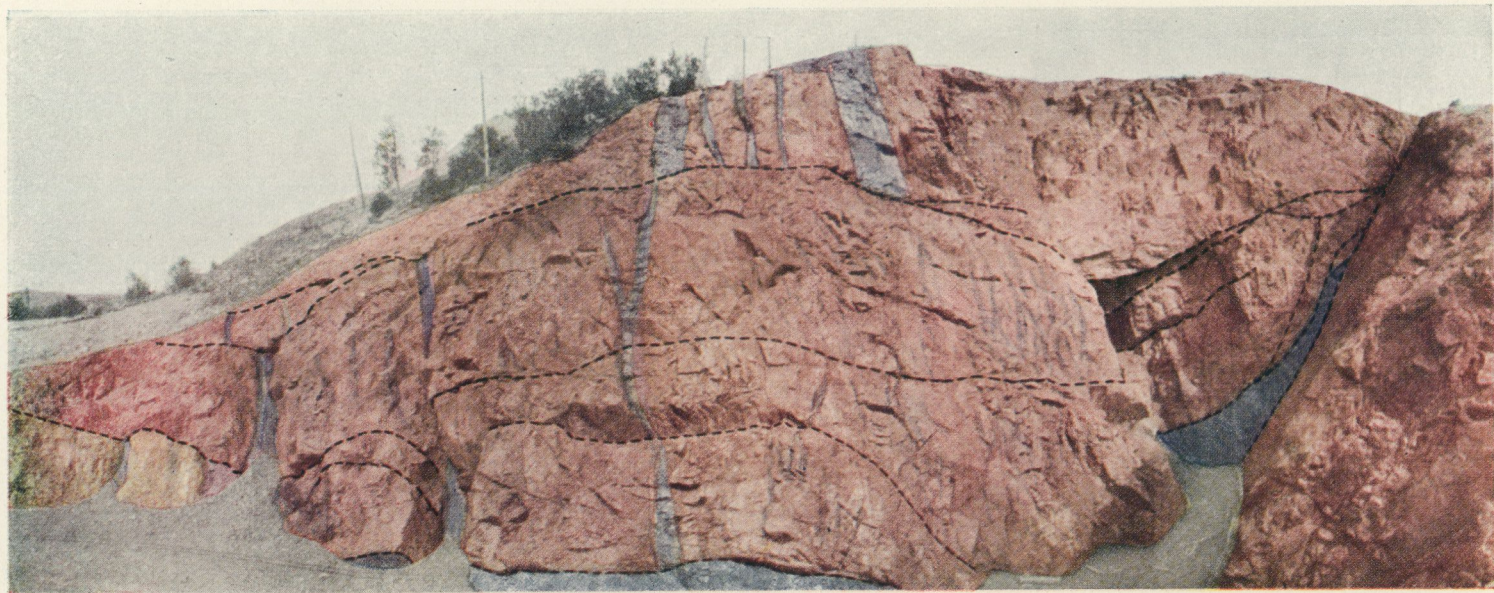
Se även »Anmärkningar till tavlorna», i texten.



Östra-Siam-förkastningen, överskärande Choulalongkorn—Östra-Siams malm. Västra ändan av dagpallen å 36 meters avvägning.



Pallen i Ararat å 36 meters avvägning, från SV. Förkastningarna äro angivna med streckade linjer. Av malmgångarna äro endast de större särskilt utmärkta. De gulgröna ytorna äro slintiga, delvis kloritklädda begränsningsytor för malmkroppar (de största tillhöra Araratmalmens liggvägg).



Emilpallen å 36 meters lavvägning (till höger) och nordöstra väggen i den därmed sammanhängande Araratpallen (till vänster om bildens mitt). Beteckningar såsom å tava 5. T. h. synes huvudförkastningen, som går nästan vinkelrätt mot bildplanet, övriga förkastningar tillhöra Araratsystemet.

