

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

SER. C.

Avhandlingar och uppsatser.

N:o 294.

ÅRSBOK 13 (1919) N:o 3.

SVERIGES  
FOSFATTILLGÅNGAR

AV

PER GEIJER

—  
MÉD 2 TAVLOR  
—

Pris 1.00 kr.

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

SER. C.

Avhandlingar och uppsatser.

N:o 294.

ÅRSBOK 13 (1919) N:o 3.

SVERIGES  
FOSFATTILLGÅNGAR

AV

PER GEIJER

—  
MED 2 TAVLOR  
—

STOCKHOLM 1919

KUNGL. BOKTRYCKERIET. P. A. NORSTEDT & SÖNER

193193

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING.

	Sid.
<b>Inledning</b> . . . . .	5
<b>Fosforns förekomst i naturen</b> . . . . .	10
<b>De tekniska processerna för fosforns överförande i löslig form</b> . . . . .	13
<b>Fosfatförekomster i Sverige</b> . . . . .	17
<i>Fosforit</i> . . . . .	17
<i>Vivianit</i> . . . . .	19
<i>Apatitgångar</i> . . . . .	20
<i>Apatit i järnmalm</i> . . . . .	22
Grängesberg . . . . .	22
Gällivare malmfält . . . . .	24
Kiirunavaara . . . . .	30
Luossavaara . . . . .	39
Rektorsmalmen . . . . .	39
Nokutusvaara . . . . .	44
Övriga lappländska malmfält . . . . .	50
<b>Världens fosfattillgångar</b> . . . . .	52
<b>Om möjligheterna för en ökad fosfatproduktion ur inhemskt råmaterial</b> . . . . .	61

## Inledning.

Förefintligheten av en »fosfatfråga» i Sverige kan ledas tillbaka ända till 1872, då Kungl. Maj:t tillsatte en »Kommitté för undersökning af inom riket förekommande fosforsyrehaltiga mineralier och bergarter». Denna kommitté, vars arbete huvudsakligen inriktades på uppsökandet av för superfosfattillverkning lämpliga fosforitlager inom den kambrosiluriska lagerserien, avlämnade redan 1873 en rapport, av vilken framgick, att arbetet endast givit negativt resultat. Sedan dess hava inga undersökningar i praktiskt syfte utförts över dessa förekomster, förrän år 1918 handelsavspärningens följder åter gav dem aktuellt intresse.

Ojämförligt mycket mera kvantitativt betydande än nyssnämnda fosforiter äro de tillgångar av fosfat (apatit), som finnas i våra fosforrika järnmalmer. Det torde i första rummet varit apatitbrytningen i Norge och Canada, som på 1880-talet riktade uppmärksamheten på dessa svenska tillgångar, vilka dock äro av en annan typ. År 1889 tillsattes av Kungl. Maj:t en »Kommission för undersökning rörande apatittillgångarna å kronojord inom Norrbotten». Denna s. k. Apatitkommission, vars berättelse avgavs 1892, undersökte såväl de fosforrika järnmalmen i Norrbottens län som en del därstädes nyss upptäckta apatitförekomster av samma typ som de norska, d. v. s. gångar i samband med gabbrobergarter. De geologiska arbetena utfördes av dåvarande statsgeologerna HJ. LUNDBOHN och F. SVENONIUS, den förre med biträde av W. PETERSSON; de tekniskt-ekonomiska utredningarna utfördes av bergmästare A. SJÖGREN.

Apatitkommissionens arbeten ledde emellertid icke till några åtgärder för tillgodogörande av de lappländska apatittillgångarna. Härtill torde väsentligt hava bidragit det starka prisfall på fosfat, som blev en följd av upptäckten år 1889 av de rika och lätt brutna fosforit-tillgångarna i Florida. Under de närmast följande åren skedde i Sverige utvecklingen till den hushållning med avseende på fosfaten, som sedan dess tillämpats, och som betingades av naturförhållanden, framför allt av vår kolbrist och vårt geografiska läge: största delen av den producerade fosforrika järnmalmen exporteras, och dess fosforhalt

kommer såsom tomasfosfat det importerande landets jordbruk till godo, under det att vårt eget jordbruks behov av fosforgödning företrädesvis täckes genom superfosfat, framställt av importerad fosforit.

Till belysning härav kunna några siffror anföras. Det svenska jordbrukets konsumtion av fosfor var år 1913:<sup>1</sup>

151 472 ton superfosfat, om medelhalten är 20 % $P_2O_5$ motsvarande . . . . .	30 294 ton $P_2O_5$ eller 13 229 ton $P^2$
37 667 » tomasfosfat, om medelhalten är 15 % $P_2O_5$ motsvarande . . . . .	5 652 » » » 2 468 » »
8 104 » benmjöl à 28 % $P_2O_5$ , motsvarande . . . . .	2 269 » » » 991 » »
Summa 38 215 ton $P_2O_5$ eller 16 688 ton P	

Därav togs ur inhemsk råvara:

18 354 ton tomasfosfat, motsvarande . . . . .	2 753 ton $P_2O_5$ eller 1 202 ton P
3 452 » benmjöl, » . . . . .	968 » » » 423 » »
Summa 3 721 ton $P_2O_5$ eller 1 625 ton P	

De återstående 34 494 ton  $P_2O_5$  eller 15 063 ton P, motsvarande 90.2% av årsbehovet, erhöles således genom import. Härtill kommer numera även behovet av råfosfat för den nystartade framställningen av tändsticksfosfor, som torde komma att konsumera c:a 2 000 ton kalciumfosfat à 18 % fosfor.

Under samma år (1913) bröts inom landet fosforrik järnmalm med över 1 % fosfor, i följande kvantiteter:

Malmfält.	Malm, ton.	% fosfor.	Motsvarar i fosfor, ton.
Grängesberg:			
1) . . . . .	135 000	1.250	1 687
2) . . . . .	498 406	1.115	5 555
3) . . . . .	14 571	1.33	193
Gällivare . . . . .	671 420	1.072	7 198
Kiirunavaara:			
1) . . . . .	1 678 966	1.78	29 886
2) . . . . .	1 164 955	2.61	30 405

Summa 74 924 ton fosfor.

<sup>1</sup> Efter ALF LARSSON, Sveriges Kemiska Industri (Stockholm 1917).

<sup>2</sup> Fosforhalten i gödningsämnen uppgives i regel i »fosforsyra» ( $P_2O_5$ ), i järnmalm däremot (utom i fullständiga analyser) i fosfor (P). Halten i råfosfat (fosforit) angives ofta i trikaliumfosfat  $Ca_3P_2O_8$ . Sålunda betyder ett sjuttio procentigt råfosfat ett sådant med 70 %  $Ca_3P_2O_8$ . I våra järnmalm förekommer fosfor som apatit, huvudsakligen fluorapatit  $Ca_5P_3O_{12}F$ . Överföringstalen äro:

$$\% P_2O_5 = \% P \times 2.29;$$

$$\% Ca_3P_2O_8 = \% P \times 5 = \% P_2O_5 \times 2.18;$$

$$\% Ca_5P_3O_{12}F = \% P \times 5.42 = \% P_2O_5 \times 2.37;$$

$$\% P = \% P_2O_5 \times 0.436 = \% Ca_3P_2O_8 \times 0.20 = \% Ca_5P_3O_{12}F \times 0.185;$$

$$\% P_2O_5 = \% Ca_3P_2O_8 \times 0.458 = \% Ca_5P_3O_{12}F \times 0.237.$$

All denna malm torde förädlats med användande av tomasmetoden eller modifierad martin (jfr s. 16), så att dess fosforhalt kommit jordbruket till godo i form av tomasfosfat. Däremot kan man ej medräkna svenska malmer med lägre fosforhalt, för vilka andra förfaranden tillämpas.

Nu utgjorde emellertid samma års inhemska produktion av tomasfosfat 18,354 ton. Antages dettas halt av  $P_2O_5$  liksom ovan vara 15 %, eller fosforhalten 6.55 %, så motsvarar detta 1,202 ton fosfor. Av den mängd fosfor, 74,924 ton, som innehölls i den under året brutna järnmalmen med minst 1 % fosfor, stannade således endast denna del inom landet, under det att resten, 73,722 ton, exporterades, huvudsakligen till Tyskland.

Den handelsavspärrning, som utmärkte världskrigets senare skeden, gjorde det emellertid på detta liksom på så många andra områden nödvändigt att i möjligaste mån använda svenska råvaror, då den för jordbruket nu mera än någonsin nödvändiga fosforgödingen ej längre kunde i tillfredsställande mängd erhållas utifrån. Arbetet på att ur inhemskt material finna en ersättning för den utblivna importen, vid vilket bl. a. den s. k. Produktionskommittén nedlade ett intresserat arbete, mötte många och stora svårigheter. Det lyckades emellertid att genom anrikning av en av Trafikaktiebolaget Grängesberg—Oxelösund till statens förfogande ställd kvantitet av fosforrikt avfall från Gällivare malmfält erhålla en visserligen ej stor, men likafullt mycket välkommen kvantitet apatitgods för superfosfatberedning, samt att genom användning av särskilt fosforrik malm från Grängesberg motverka den nedsättning i tomasfosfatproduktionen, som hotade på grund av koksbrist m. fl. svårigheter.

För att utröna möjligheterna att på andra vägar genom inhemsk produktion fylla fosforbehovet utfördes av Sveriges geologiska undersökning under sommaren 1918 en del undersökningsarbeten, till större delen med anlitande av ett anslag av 25,000 kr., som av Stockholms Superfosfatfabriks Aktiebolag ställts till Undersökningens förfogande. Statsgeologen H. HEDSTRÖM undersökte fosforitlagren i Dalarnes siluområde, statsgeologen A. H. WESTERGÅRD den fosforitförande ceratopygekalken i södra Sverige och förf. de lappländska malmfälten och apatitgångarna, varvid särskild uppmärksamhet ägnades de föga kända förekomsterna inom Nokutusvaara malmfält och på sydöstra Luossavaara (den s. k. Rektorsmalmen). Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag åtog sig att till självkostnadspris ombestyras de för förf.s undersökningar nödvändiga jordschaktnings- och sprängningsarbetena m. m.

Undersökningarna igångsattes utan större förhoppningar om ett resultat, som skulle göra importen av råfosfat i någon väsentligare utsträckning överflödigt även under normala konjunkturer. Det var nämligen redan av äldre undersökningar bekant, att apatitgångarna voro mycket obetydliga, och att fosforitlagren sannolikt voro föga bättre. Detta bekräftades också genom 1918 års arbeten. Beträffande förekomsterna av fosforrik järnmalm var undersökningsresultatet så till vida bättre, att de båda ovannämnda malmfälten befunnos innehålla vida större och delvis även fosforrikare malmtillgångar, än man förut förmodat. Det visade sig emellertid, att dessa malmer lika litet som malmen i det lättare åtkomliga Kiirunavaara kunna på ett ekonomiskt sätt anrikas på apatit för superfosfatberedning, vilket var den enda metod som tillät ett *snabbt* utnyttjande. Emellertid kunde man vid den tidpunkt, då undersökningsresultaten kunde fullt överskådas, redan våga att hoppas på en snar återgång till relativt normala förhållanden med avseende på råfosfatimporten. Om också därför intresset för de inhemska fosfattillgångarna ej längre kan vara lika stort som för ett eller annat år sedan, så torde dock resultaten av de utförda undersökningarna kunna förtjäna att framläggas. Därtill kommer, att Sveriges geologiska undersökning i samband med dessa »kristidsarbeten» även insamlade åtskilliga uppgifter och iakttagelser, som äro ägnade att belysa »fosfatfrågan» även under normala handelspolitiska förhållanden. Då denna fråga tilldragit sig intresse på många skilda håll, och därav influerade synpunkter även framkommit i diskussionen om våra stora malmpolitiska problem, har det synts lämpligt att här i korthet framlägga en del belysande data.

Det skulle naturligtvis varit tilltalande att sammanföra *alla* uppgifter, som äro av betydelse för denna fråga, men detta har av flera skäl befunnits olämpligt. Beträffande apatitens förekomstsätt inom Gällivare malmfält och på Kiirunavaara får jag därför i viss utsträckning hänvisa till redan föreliggande beskrivningar, som äro resultaten av LUNDBOHMS grundläggande arbeten på detta område.<sup>1</sup> Proportionsvis utförligare skildras här de fält, beträffande vilka 1918 års undersökningar givit väsentligt nya upplysningar. Ytterligare uppgifter angående resultaten av dessa undersökningar kunna erhållas av de i Sveriges geologiska undersöknings arkiv förvarade rapporterna.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> S. G. U., ser. C, n:r 111, 127 och 175. Dessa verk äro tyvärr utgångna ur bokhandeln, men finnas tillgängliga i ett flertal offentliga bibliotek.

<sup>2</sup> Utom redogörelser för HEDSTRÖMS, WESTERGÅRDS och förf:s ovan nämnda arbeten med kartor, analysuppgifter o. s. v. föreligga utlåtanden av prof. W. PETERSSON angående anrikningsförsök med malmprov från Nokutusvaara och Rektorsmalmen, och av prof. W. PALMER om difosfatförsök med prov från samma malmfält.

Då fosfatundersökningarna härmed åtminstone tills vidare avslutas, begagnar Sveriges geologiska undersökning tillfället att framföra sitt tack till de industriföretag och enskilda personer, som på olika sätt underlättat dess arbete. I främsta rummet äro att nämna Stockholms Superfosfat Fabriks Aktiebolag, vilket bl. a., såsom redan nämnts, bekostat större delen av undersökningsarbetena under år 1918, samt Trafikaktiebolaget Grängesberg-Oxelösund och dess dotterbolag, Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag, som högst väsentligt underlättat dessa arbetens utförande. Från sistnämnda bolag hava även genom disponenten dr Hj. LUNDBOHM och intendenten G. WALLIN lämnats en myckenhet värdefulla upplysningar angående de lappländska malmfälten, likaså beträffande Grängesberg genom direktör N. HEDBERG. Det är också på sin plats att framhålla, att undersökningarna i Lappland i stor utsträckning byggd på de erfarenheter, som förf. förut förvärvat genom deltagande i de av Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag anordnade vetenskapligt geologiska undersökningarna i dessa trakter.<sup>1</sup> Slutligen hava upplysningar angående en del tekniska förhållanden välvilligt lämnats av professorerna W. PETERSSON och W. PALMÆR samt disponenten G. GÖTHERSTRÖM.

<sup>1</sup> Ur det arbete (Igneous rocks and iron ores of Kiirunavaara, Luossavaara and Tuolluvaara), i vilket förf:s andel i dessa undersökningar publicerades, äro hämtade de i det följande publicerade fig. 3, 4, 5 och 6. Även kartan tavl. 2 är väsentligen baserad på dessa bolagets arbeten.

## Fosforns förekomst i naturen.<sup>1</sup>

Fosfor förekommer i naturen alldeles övervägande i form av kalciumfosfat. I de eruptiva bergarterna, som också utgöra utgångsmaterialet för de sedimentära och direkt eller indirekt även för organismernas »mineralsubstanser», är kalciumfosfatet *apatit*.<sup>2</sup> Detta mineral utgöres i regel av en isomorf blandning av två olika föreningar, fluor- och klorapatit, vilkas formler kunna skrivas  $\text{Ca}_3\text{P}_3\text{O}_{12}\text{F}$  och  $\text{Ca}_3\text{P}_3\text{O}_{12}\text{Cl}$ , eller  $3 \text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot \text{CaF}_2$  och  $3 \text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot \text{CaCl}_2$ . I rent tillstånd skola dessa visa följande analysiffror:

	Fluorapatit.	Klorapatit.
CaO . . . . .	55.56	53.81
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	42.26	40.92
F . . . . .	3.77	—
Cl . . . . .	—	6.81
	101.59	101.54
Avgår O för F resp. Cl . . . . .	1.59	1.54
	100.00	100.00

Fluorapatiten förekommer ibland nästan fri från inblandning av klorapatit, däremot är klorapatiten i regel något fluorhaltig. Den förra tillhör företrädesvis de sura eruptiven, granit, syenit och deras ekvivalenter bland ytbergarterna, den senare de basiska (gabbro, diabas, basalt).

Även CO<sub>2</sub> och SO<sub>3</sub> kunna ingå i stället för halogenerna, men vanligen endast i ringa mängd. Eruptivbergarternas halt av apatit är i allmänhet mycket låg; i gabbror kan den dock uppgå till ett par procent. I vissa differentiationsprodukter är mineralet starkare anrikat. Bland dylika märkas först och främst våra fosforrika järnmalmer, såsom Grängesberg och de lappländska malmfälten, vilka senare äro

<sup>1</sup> Utförliga beskrivningar över fosfatförekomsternas geologi givas i L. DE LAUNAY, *Gîtes minéraux et métallifères* (Paris 1913) och O. STUTZER, *Lagerstätten der Nichterze*, I (Berlin 1911).

<sup>2</sup> Andra i eruptivbergarter förekommande fosfat äro de sällsynta monazit (CePO<sub>4</sub>) och xenotim (YPO<sub>4</sub>).

genetiskt bundna vid syenitiska och kvartssyenitiska porfyrbergarten. En apatitrik differentiationsprodukt av gabbrobergarter utgöra de pegmatitartade »apatitgångarna», vilka emellertid för närvarande ingenstädes spela någon väsentlig praktisk roll.

Det i sedimentära bergarter ingående kalciumfosfatet (*fosforit*)<sup>1</sup> härrör i allmänhet från djurorganismer. Till större delen torde det hava utfällts ur ammoniumfosfatlösningar, som uppkommit genom de animaliska vävnadernas förruttelse. Därtill kommer också skelettdelar av vertebrater, skal av lägre djur, ekskrementer, m. m. Fosforitens sammansättning är växlande och i många fall icke närmare undersökt. Den överensstämmer ibland med fluorapatitens, men synes i andra fall motsvara karbonatapatitens. För kommersiella ändamål plägar man uppgiva fosforhalten beräknad såsom »trikalciumfosfat»,  $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$ . Materialet är i allmänhet amorft eller kryptokristallint.

De rent sedimentära fosforiterna bilda vidsträckta, nivåbeständiga lager. I samband med dessa kunna dock även mera oregelbundna förekomster uppträda, vilka uppkommit därigenom att fosfatet bringats i lösning och sedan åter avsatts genom reaktion med kalksten. På detta sätt kan en kalksten, som underlagrar ett fosfatlager, delvis förträngas av fosforit. Analog är bildningen av de s. k. öfosfaten (huvudsakligen i Stilla Havet), vilkas fosforhalt ursprungligen avlagrats såsom fågelguano och senare bringats att på nyss angivet sätt förtränga den underliggande korallkalken. Slutligen förekomma sekundära fosforitavlagringar, i form av konglomerat med bollar av fosforit.

Sedimentära järnmalmer äro i allmänhet ganska fosforrika. Fosfor torde i allmänhet vara av organiskt ursprung, på samma sätt som i de sedimentära fosforiterna. I somliga järnmalmer synes fosfor vara delvis bunden vid järn och aluminium.

I en del kvartära avlagringar förekommer järnfosfatet vivianit ( $\text{Fe}_3\text{P}_2\text{O}_8 + 8 \text{H}_2\text{O}$ ). De största samlade massorna uppträda analogt med myrmalm.

De enda större fosfattillgångarna i Sverige utgöras av de ovan nämnda apatitrika järnmalmerna. Apatiten i dessa är alltid en nästan ren fluorapatit. Apatitgångar av brytvärda dimensioner hava icke påträffats hos oss, och de sedimentära fosforitlagren äro för tunna och för fattiga. Vivianitförekomsterna äro, så vitt hittills är känt, mycket obetydliga men synas kunna helt lokalt komma till nytta vid mossodlingar.<sup>2</sup>

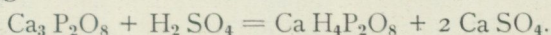
<sup>1</sup> I engelskspråkiga länder kallat »phosphate rock».

<sup>2</sup> Jfr de försöksresultat, som beskrivas av HJ. v. FEILITZEN i Sv. Mosskulturfören. Tidskr., 1919, s. 138.

Apatitgångar hava fordom brutits i stor skala i Canada och tidvis även i Norge, men dessa fyndigheter hava sedan början av 1890-talet icke kunnat konkurrera med fosforiterna. Världens behov av fosforrik konstgödning fylles nu i huvudsak genom superfosfat, framställt av fosforit genom behandling med svavelsyra, och till en mindre del genom tomasfosfat, erhållet vid färskning av tackjärn ur fosforrik malm. Fosforiten kommer huvudsakligen från Amerika (Florida), Nordafrika (Algier och Tunis) och en del öar i Stilla Oceanen. Tackjärnet för tomasmetoden framställes av sedimentära järnmalmer, särskilt de lothringska »minetterna», och av de svenska apatitrika malmerna, vilka företrädesvis användas i blandning med dessa.

## De tekniska processerna för fosfors överförande i löslig form.

Det naturliga kalciumfosfatet är endast i mycket ringa grad lösligt i de i åkerjorden förekommande syror. Detta gäller särskilt den kristalliserade apatiten. Ett jordprov kan vid analys visa en hög halt av fosfor, men likafullt i agrikulturellt hänseende vara omättat med avseende på detta ämne. De jordiga amorfa fosfaten äro mera lättlösliga, och kunna efter finmalning direkt användas såsom gödningsmedel, åtminstone för vissa jordslag. För ett fullt effektivt utnyttjande kräva dock även dessa varieteter, att det svårlösliga trikalciumfosfatet överföres i en mera lättlöslig form. Den härvid mest använda processen är *superfosfatmetoden*, som till en början använde benmjöl såsom utgångsmaterial, men numera huvudsakligen begagnar fosforit. Fosforiten behandlas med svavelsyra, varvid försiggår en reaktion enligt formeln:

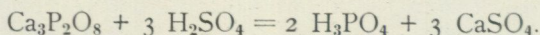


Svavelsyran bör hava koncentrationen 68.5 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (54° Baumé), motsvarande eg. vikt 1.60, för att vattenhalten skall räcka till för det nybildade fosfatet och till gipsbildning ( $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ) samt täcka förlust genom avdunstning. Med *rent*  $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$  erhålles i superfosfatet en fosforhalt av 10.4 % (= 23.8 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), vilket således är teoretiskt maximum. Det till Sverige importerade råfosfatet plägar hålla 70 à 80 % trikalciumfosfat.

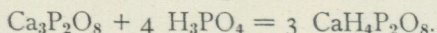
En liten karbonathalt i råfosfatet (intill 5 %) är välkommen, emedan den gör superfosfatet mera poröst, en högre halt åter leder till onödig förlust av syra och nedsättning av superfosfatets fosforsyrehalt. Skadliga föroreningar äro  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  och  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Genom bildning av järnsulfat försvåras nämligen superfosfatets torkning. Vidare framkalla de båda nämnda oxiderna »återgång», d. v. s. en bindning av en del av superfosfatets fosforhalt i form av svårlösliga järn- och aluminiumfosfat. Återgången påskyndas genom det under lagring uppkommande trycket. Det synes ännu icke vara utrett, i vad mån den »återgångna» fosfor kan anses förlorad för växtnäringen.

Man kräver i allmänhet, att råfosfatets halt av  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$  icke skall överstiga 3 %. Därest en för superfosfattillverkning avsedd produkt skall framställas ur en svensk fosforrik järnmalm, är det sålunda icke nog att tillse, att fosforhalten i apatitsligen blir tillräckligt hög, utan man måste även arbeta på att få lägsta möjliga järnhalt. Superfosfatindustriens fordringar i detta avseende bestämmas av erfarenheterna från behandling av fosforiter, i vilka järnet ingår i relativt löslig form, såsom hydrat, fosfat, o. s. v. Däremot är inverkan av de järnhaltiga mineral, som ingå i våra malmer, mindre känd. Säkert synes dock vara, att magnetit i stor utsträckning löses av syran, varemot järnglans påverkas i mycket mindre grad; hornblände synes icke medföra några större olägenheter. Apatiten ur järnmalmen har vidare gent emot fosforiterna det felet, att den kräver vida grundligare finmalning än de senare, som endast krossas till 0.1—0.3 mm.

En modifikation av superfosfatmetoden är den s. k. *dubbelsuperfosfatmetoden*, vilken stundom kommit till användning för behandlandet av orent råfosfat. Genom att använda ett överskott av svavelsyra får man reaktionen:



Gipsen avskiljes i filterpressar, och fosforsyrelösningen<sup>1</sup> användes, i stället för svavelsyra, till behandling av rikare råfosfat, enligt formeln:



Härvid erhålles sålunda en gipsfri, mera koncentrerad fosfatprodukt, vars fosforsyrehalt är mera än dubbelt så hög som superfosfatets. Dubbelsuperfosfatmetoden har således utom den förtjänsten att ställa lägre fordringar på råmaterialens renhet, också den att giva en produkt, som drager mycket lägre frakter pr enhet fosfor än det vanliga superfosfatet.

*Difosfatmetoderna*, som hittills kommit till användning endast i ringa utsträckning för behandling av fosforit,<sup>2</sup> gå ut på att medelst en svag syra utlaka råfosfatets fosforhalt, och sedan utfälla denna i form av »difosfat»,  $\text{CaHPO}_4$ . Utlakningen kan ske med saltsyra, svavelsyra eller överklorisyra. Difosfatmetodens förtjänster äro dels möjligheten att utnyttja fattiga och oartshaltiga råfosfat, dels den erhållna produktens höga fosforhalt. För oss av ett särskilt intresse är prof. W. PALMÆRS difosfatmetod, som går ut på att använda överklorisyra såsom lösningsmedel. Elektrolys av natriumperklorat ger överklorisyra och natriumhydrat; syran användes till extraktionen och

<sup>1</sup> Detta är den vanliga metoden för framställning av *fosforsyra* för tekniskt bruk.

<sup>2</sup> Däremot användes difosfatmetoden vid limfabriker, där man erhåller difosfat såsom biprodukt vid framställning av lim ur ben.

fosfatet fälls ur lösningen genom tillsats av hydratet, så att natriumperklorat återvinnes. Metodens fördelar framför andra difosfatmetoder ligger i den ringa åtgången av kemikalier och i möjligheten att använda ett mycket järnrikt utgångsmaterial: försök uppgivas hava givit goda resultat med Kiirunavaara G-malm, som håller c:a 85 % magnetit och 15 % apatit. Tillgång på billig elektrisk kraft är ett nödvändigt villkor för denna metod. Karbonathalt i råfosfatet är besvärande för alla difosfatmetoder.

*Tomasfosfat.* Vid en järnmalmns reduktion i masugn utreduceras även malmens halt av fosfor och ingår såsom järnfosfid i tackjärnet.<sup>1</sup> Vid färskning enligt de sura processerna förbliver fosfor i stålet, emedan den icke kommer i beröring med något ämne, med vilket den kan ingå förening. Vid de basiska färskningsprocesserna åter upptages fosfor i den genom kalktillsats bildade slaggen, i vilken den ingår i form av en förening  $\text{Ca}_4\text{P}_2\text{O}_9 \cdot \text{CaSiO}_3$ . För låg kiselsyrehalt ger en svårslösligare produkt, man plägar därför tillsätta kvartsand till den smältflytande slaggen. Tomasslaggens halt av fosforsyra ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) uppgår till 14 à 19 %. Tomasfosfatet har visat sig vara ett förträffligt gödningsmedel, men anses vara något underlägset superfosfatet med avseende på den hastighet, med vilken det verkar. På mossjord synes det dock verka minst lika starkt som superfosfat.<sup>2</sup>

Tomasfosfatet erhålles huvudsakligen vid tackjärnets färskning i konverter enligt toasmetoden. Härvid är en viss minimihalt av fosfor nödvändig. Alltför hög får dock ej fosforhalten vara, då annars temperaturen skulle uppdrivas för högt. I allmänhet räknar man med att tomastackjärn bör hålla 1.7 à 2.5 % fosfor.<sup>3</sup> För att erhålla tillräckligt hög fosforhalt skall man på sina håll i Lothringen tillsätta fosforit till masugnsbeskickningen. Tomasmetoden har framför allt kommit till användning i Tyskland, men har på senare tid även vunnit terräng i Förenta Staterna<sup>4</sup> och till följd av krigsförhållandena i England.<sup>5</sup> I Sverige är den i bruk vid Domnarvet och Bångbro.<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Genom ofullständig reduktion i elektrisk ugn kan fosfor bringas att ingå i slaggen, som då också blir mycket järnrik. (Jfr A. E. GREENE, Electrical heating and the removal of phosphorus from iron. Bull. Am. Inst. Min. Eng. 1913, s. 269.)

<sup>2</sup> Angående de olika fosfatens verkningsgrad m. m. hänvisas till handböcker såsom J. SEBELIEN, Læren om gjödsel. I. De saakaldte kunstige gjødselstoffer (Kristiania 1916).

<sup>3</sup> Den internationella geologkongressens kommitté för järnmalmstillgångar räknar med 2 % såsom maximifosforhalt i tomastackjärnet (12. int. geologkongr., Toronto 1913, C. R. s. 130). En engelsk handbok (HARBORD & HALL, The metallurgy of steel, 4 uppl. 1911) uppgiver att 2.5—3 % fosfor är bäst, »although metal as high as 4 and as low as 2.14 per cent phosphorus has been regularly used in some cases».

<sup>4</sup> J. BARR, The use of low-grade phosphates (Bull. Am. Inst. Min. Eng., febr. 1916), W. C. PHALEN, The conservation of phosphate rock in the United States (Ibid., nov. 1916).

<sup>5</sup> H. LOUIS, British iron-ore resources (Nature, 1918, s. 244).

<sup>6</sup> Däremot finnes intet tomasverk vid det nyanlagda järnverket i Oxelösund, som i stället är inriktat på framställning av gjuttackjärn.

Vid den basiska *martinmetoden* erhålles icke någon så hög fosfor-koncentration i slaggen, att denna kan användas för gödningsändamål. En hög fosforhalt i tackjärnet är här icke såsom vid tomasmetoden en nödvändig förutsättning utan i stället en nackdel, då den fördröjer färskningen. Därför användes för denna metod huvudsakligen tackjärn med en fosforhalt som är för låg för tomasprocessen, men för hög för de sura processerna. Särskilt på senare år har man emellertid, hittills huvudsakligen i Tyskland och Österrike, börjat övergå till modifierade martinmetoder, som bl. a. giva möjlighet att uppdriva fosforhalten i slaggen till det för gödningsändamål nödvändiga beloppet. Detta sker genom att först avdraga en dylik slag, i vilken huvudmassan av tackjärnets fosforhalt ingår, och sedan slutföra färskningen genom att i en ny slag upptaga de sista fosformängderna. Härvid kan man antingen utföra de olika färskningsstadierna i två olika ugnar (Bertrand-Thiel-metoden), i samma ugn i två stadier (Hoesch) eller i stjälpbar ugn (Talbot).

Av historiskt intresse är den av professor J. WIBORGH uppfunna metoden att av anrikningsavfall från Gällivarealm framställa ett lösligt fosfat. Detta s. k. *Wiborghsfosfat* erhöles genom att samman-smälta apatitgodset, som var något uppblandat med fältspat, kvarts, järnqlans, m. m., med soda. Från 1899 till 1906 drevs en fabrik för Wiborghsfosfat på Svartön vid Luleå. Det dåliga resultatet, som för-anledde verksamhetens nedläggande sistnämnda år, synes huvudsakligen berott på lägre apatithalt i utgångsmaterialet, än man kalkylerat med.

<sup>1</sup> Den Wiborghska metoden är närmare beskriven av L. F. NILSSON i Kungl. Lantbruksakademiens handl. och tidskrift 1898.

## Fosfatförekomster i Sverige.

### Fosforit.

Inom den kambrosiluriska lagerserien förekomma fosforitförande lager av betydande horisontell utbredning uti de understa delarna av den ordoviciska (undersiluriska) lagerföljden. Största utbredningen har den till *Ceratopygekalken* hörande glaukonitfosforitkalken, som träffas inom alla de sydsvenska siluområdena med undantag av Skåne. I Dalarna förekommer fosforit i det s. k. Oboluskonglomeratet. Slutligen finnas obetydliga fosforitförekomster i en del kambriska nivåer såväl i södra Sverige som i Jämtland.

*Ceratopygekalken.*<sup>1</sup> Glaukonitfosforitkalken uppträder konstant på gränsen mellan alunskiffern och ortocerkalken (eller phyllograptusskiffern, där denna finnes utbildad). Inom Falbygden, Billingen, Närke och Östergötland, varest den brytes vid tillgodogörandet av alunskiffern och ortocerkalken, har den överallt en tämligen likartad utbildning, och utgöres av en glaukonitrik kalksten med fosforitknölar, någon gång åtföljd av ett tunt lager glaukonitskiffer. Mäktighet och fosforithalt variera i stort sett icke i högre grad. Mäktigheten av hela lagret uppgår i medeltal endast till 0.5 m (lägst 20 cm, högst 70 à 80 cm). Fosforiten bildar knölar om mestadels 2—25 mm diameter. De äro talrikast i lagrets undre del och giva åt denna ett konglomeratartat utseende. Man kan därför i regel skilja mellan ett undre fosforitrikare konglomeratartat lager, som kan kallas konglomerat, och en övre fosforitfattigare glaukonitkalk. Konglomeratets mäktighet är i medeltal 12 cm. Fosforithalten synes vara lägre i Östergötland än inom övriga ovan nämnda områden. Då dessutom brytningen där är jämförelsevis obetydlig, bortses i det följande från detta siluområde.

<sup>1</sup> Den följande framställningen grundar sig på statsgeologen A. H. WESTERGÅRDS redogörelse, av jan. 1919, i S. G. U:s arkiv.

2—193193. S. G. U. Ser. C, nr 204, Geijer.

Enligt 6 av R. MAUZELIUS utförda analyser på prov från olika lokaler varierar konglomeratets halt av  $P_2O_5$  mellan 0.88 och 3.63 % och är i medeltal ca 2 %. Halten av  $CaCO_3$  är 65 à 70 %. I glaukonitkalken är fosforsyrehalten vida mindre, enligt 2 analyser 0.36—0.40 %.

Kvantiteten av den mängd glaukonitfosforitkalk, som årligen brytes inom Falbygden, Billingen och Närke, har med ledning av uppgifter om de olika stenbrottens årliga utvidgning och av de beräknade mäktigheterna beräknats till 7,706 ton konglomerat med 2 %  $P_2O_5$  och 22,477 ton glaukonitkalk med 0.40 %  $P_2O_5$ , motsvarande sålunda  $154.13 + 89.91 = 244.04$  ton  $P_2O_5$ .

Lagrets ringa mäktighet och låga fosforhalt gör det absolut otänkbart att det skulle kunna brytas ensamt för sig, och de anförda årsbrytningssiffrorna visa, att de såsom biprodukt vid kalk- och skifferbrytning erhållna kvantiteterna äro helt obetydliga.

*Oboluskonglomeratet.*<sup>1</sup> Det fosforitförande Oboluskonglomeratet uppträder i östra och sydöstra delarna av Dalarnes silurområde, där det bildar silurens bottenlager och sålunda vilar omedelbart på urberget. Genom förkastningar är det starkt sönderstyckat.

Redan den s. k. Fosforitkommittén av år 1872 uppmärksammade Oboluskonglomeratet. I början av 1870-talet verkade »Klittbergs fosfatbolag», som bearbetade de bästa fyndigheterna. Om bolagets resultat är ingenting känt. År 1918 utfördes en del undersökningsarbeten under ledning av statsgeologen H. HEDSTRÖM. Dessa undersökningar bekräftade den uppfattning man redan förut kommit till, att lagret i allmänhet har ringa mäktighet och relativt låg fosforhalt och att de bästa fyndigheterna ligga vid Silverberget i Boda socken. Oboluskonglomeratet har där en stupning av 45°, den horisontella bredden är 4 m, mäktigheten 3 m. Nedre delen är ett grovt konglomerat med bollar av kvarts och diverse urbergarter, uppåt avtaga dessa fragment i storlek. I undre delen av lagret nå fosforitstyckena en längd av 3 à 5 cm, men vanligen äro de mycket mindre. För varje meter av den blottade bredden togs ett generalprov. Analyser, utförda av R. MAUZELIUS, gåvo:

	$P_2O_5$	Olöst
1 (botten) . . . . .	5.59 %	73.4 %
2 . . . . .	3.26 »	77.8 »
3 . . . . .	2.64 »	77.1 »
4 (överst) . . . . .	2.16 »	77.5 »

<sup>1</sup> Sammandrag efter en redogörelse (febr. 1919) av statsgeologen H. HEDSTRÖM, i S. G. U:s arkiv.

Konglomeratet är kalkigt, i det att urbergsmaterialet hopkittas av kalkspat.

De anförda siffrorna visa, att Oboluskonglomeratet icke kan komma till praktisk användning.

### Vivianit.

Under S. G. U:s fältarbeten 1919 undersöktes bl. a. de så vitt känt största svenska vivianitförekomsterna. Undersökningen visade, att dessa voro ännu obetydligare än man förut haft anledning antaga.

De undersökta lokalerna äro Lädja i Bergs s:n, Kronobergs län, Lillerud och Björkåsen i Värmlands län samt Malmbäcksvallarna i Vemdalen, Härjedalen. Undersökningarna utfördes vid Lädja av statsgeologen L. VON POST, vid Lillerud (Nors s:n) och Björkåsen (i Brattfors s:n, NO om Geijersdals station) av statsgeologen R. SANDEGREN och vid Malmbäcksvallarna av docenten G. FRÖDIN. På deras rapporter grundar sig nedanstående sammanfattning.

Vid Lädja förekommer vivianiten tillsammans med myrmalm å smärre fläckar, i regel om några tiotal m<sup>2</sup> storlek, i ett fall dock c:a 300 m<sup>2</sup>, kring nedre kanten av en källmosse. Den bildar intill 2 å 3 dm mäktiga impregnationer i av den utkilande torven delvis betäckt morän och svämmlera, undantagsvis i torven själv. Inom mossens centrala delar sågs ingenstädes vivianit. På liknande sätt förekommer vivianit även på ett annat ställe i samma trakt, nämligen i en mosse strax S om vägen Bredhult—Lädja. Kvantiteten är där troligen ännu mindre.

Vid Lillerud uppträder vivianiten omkring gamla utbrottsställen för källor i en källmosse. Den bästa förekomsten har c:a 400 m<sup>2</sup> vivianit, med c:a 0,5 m mäktighet. Hela kvantiteten uppgår sålunda till c:a 200 m<sup>3</sup>; därav är en stor del redan förbrukad. Vivianiten är här förorenad av torv, lera och sand. Förekomsten vid Björkåsen synes vara ännu mindre.

Förekomsten av vivianit vid Malmbäcksvallarna upptager enligt FRÖDINS borringar en areal om c:a 600 m<sup>2</sup>. Mäktigheten är ringa, med inberäkning av alla iakttagna vivianithaltiga lager (i ett borrhål 4 nivåer) erhålles såsom medelmäktighet endast 0,09 m. Ett flertal andra borringar i samma mosse och i några andra i samma trakt gävo

negativt resultat. Fosforsyrehalten i vivianiten från Malmbäcksvallarna uppgives av C. E. BERGSTRAND, som 1874 besökte platsen,<sup>1</sup> till 7.01 %  $P_2O_5$  (efter avdrag av glödgningsförlusten 10.95 %) i det egentliga vivianitlagret.

Samtliga de undersökta vivianitförekomsterna äro sålunda obetydliga, men förtjäna givetvis att tillvaratagas för Ortsbehovet. Utsikterna att påträffa avsevärt större eller rikare förekomster än de ovan beskrivna måste betecknas såsom ytterst små.

### Apatitgångar.

*Apatitgångar i gabbro.* Dyliga gångar äro i vårt land påträffade endast i norra Lappland, och sådana av större dimensioner förekomma blott i trakten av Gällivare. Deras påvisande där var följden av ett på geologiska grunder utfört sökande. Mikroskopisk undersökning av gabbro från Gällivare Dundret hade nämligen visat skapolit, ett mineral, som förekommer i intimt samband med de norska och kanadensiska apatitgångarna. Då dessa gångar under 1880-talet voro föremål för en ganska betydande gruvsdrift, väckte skapolitfyndet förhoppningar att en dylik gruvindustri skulle kunna uppstå även i Lappland. Det lyckades också att genom ett energiskt letande påvisa ett flertal apatitgångar, geologiskt alldeles likartade med de norska, på nordslutningen av Dundret samt på ett par andra gabbroberg i dess närhet, nämligen Luspavaara och Siäkavaara. De ekonomiska förhoppningarna blevo dock icke därigenom uppfyllda, ty gångarna voro av små dimensioner och icke särdeles apatitrika. I samband med den s. k. Apatitkommissionens arbeten inom Norrbottens län undersöktes även dessa förekomster av LUNDBOHR. Av hans beskrivning,<sup>2</sup> och av den som lämnades av gångarnas upptäckare, G. LÖFSTRAND,<sup>3</sup> framgick att den totala apatitgångängen var mycket obetydlig och gångarna icke brytvärda.

Efter det rätten till inmutning å kronojord beträffande bl. a. apatit åter blivit frigiven fr. o. m. d. 15 juni 1918, inmutades de nämnda

<sup>1</sup> G. F. F., Bd. 2, sid. 335.

<sup>2</sup> S. G. U., ser. C, n:r 111.

<sup>3</sup> G. F. F., Bd. 12, s. 145.

inmutningarna å Gällivaretraktens apatitgångar ånyo, denna gång av Stockholms Superfosfatfabriks Aktiebolag. Förf. företog i augusti samma år ett besök vid fyndigheterna på Dundret, varvid LUNDBOHMS slutsatser angående apatitgångarna kunde bekräftas. Sedan en stor del av apatiten uttagits genom försöksbrytning omkring år 1890, är tillgången av detta mineral nu ännu mindre än vid tiden för LUNDBOHMS undersökning. Det är därför ingen anledning att ingå på en närmare beskrivning av dessa fyndigheter, utan hänvisas till de ovan citerade arbetena. Förekomster på Luspavaara och Siäkavaara skola enligt de äldre uppgifterna vara ännu mindre än Dundrets.

*Apatitgångar i porfyr vid Kiruna.*<sup>1</sup> På Luossavaaras nordöstra utlöpare förekomma ganska allmänt i den s. k. hängväggsporfyrens (kvartsporfyrens) övre delar smärre gångar av apatit, stundom rikligt uppblandad med magnetit och järn-glans.

I geologiskt hänseende äro dessa gångar fullkomligt att jämföras med Kirunatraktens apatitrika järnmalmer.<sup>2</sup> Att de här behandlas skilda från dessa beror därpå, att de ur teknisk synpunkt icke äro jämförliga med dem. De bestå nämligen i de flesta fall av ren apatit. Deras dimensioner äro emellertid obetydliga: den ojämförligt största gången har en längd av 40 m och en mäktighet som i allmänhet är mellan 0.5 och 1 m, men lokalt uppgår till 2 m. Emellertid är gången, särskilt där den är bredare, så uppfylld av porfyrbrottstycken, att man snarare kan tala om ett gångsystem än om en enkel gång. Arean av ren apatit torde icke överstiga 15 m<sup>2</sup>. Hela den apatitkvantitet, som man skulle kunna utvinna ur denna gång och några närliggande, kan ej beräknas uppgå till mera än ungefär 500 ton. Dessa fyndigheter äro således alltför obetydliga för att motivera några särskilda åtgärder.

<sup>1</sup> Jfr s. 30.

<sup>2</sup> Om apatitgångarnas geologi se förf:s arbeten »Apatitgänge in den Porphyren bei Kiruna» (Bull. Geol. Inst. Uppsala, 1908) och »Igneous rocks and iron ores of Kiiruna-vaara, Luossavaara and Tuolluvaara».

## Apatit i järnmalm.

### Grängesberg.<sup>1</sup>

Grängesbergsfältet är det största av de mellansvenska malmfälten, och samtidigt det fosforrikaste. Antalet skilda malmkroppar är mycket stort, men de ligga tätt tillsammans inom ett ca 400 m brett och 4.5 km långt bälte. Malmerna uppträda såsom linser eller lagerformade kroppar i en serie av leptiter med konformt inlagrade gnejsbergarter. Strykningen är SSV—NNO och stupningen 50°—70° mot OSO. Fältet visar en markerad fältstupning mot SSV.

Inom fältet uppträda dels »apatitmalmer» med minst 0.80 % fosfor, dels »segmalmer» med endast 0.07 till 0.30 %.

De största fyndigheterna ligga i »Exportfältet»: Norra Grängesbergsfältet och dess fortsättningar, mot S Södra Grängesbergsfältet, mot N Strandbergfältet. Med undantag av en smal zon av segmalm utefter en del av västra gränsen är malmen apatitrik (dels magnetit, dels blodsten). Risbergfältet, NV om Exportmalmsstrecket, innehåller ett antal smärre fyndigheter av dels apatitmalm, dels segmalm. Härifrån fortsätter en segmalmszon söderut genom Västra och Östra Ormbergfältet, som ligga V till SV om Södra Grängesbergfältet, till Lombergfältet, den sydligaste delen av Grängesbergs malmförande område. Av apatitmalmen i Risbergfältet ansluta sig fyndigheterna i det s. k. Säggruvestrecket, NV om Strandbergfältet, nära till Exportfältets malmer. Även det år 1910 strax V om Norra Grängesbergfältet upptäckta Timmergruvefältet hör till samma typ.

Malmarean inom Exportfältet, inkl. Säggruvestrecket och Timmergruvan, uppgår enligt noggranna och mycket omfattande undersökningar till:<sup>2</sup>

i dagen . . . . .	78,475 m <sup>2</sup>
å 150 m avvägning . . . . .	82,350 »
» 500 » » . . . . .	74,165 »

Genomsnittshalten i den i Exportfältet brutna malmen är 60 à 61 % järn och 1 à 1.2 % fosfor. Ställvis, synnerligast längs de största

<sup>1</sup> Viktigaste litteratur: N. HEDBERG, Grängesberg (J. K. A. 1907, s. 67), H. JOHANSSON, Die eisenerzförende Formation in der Gegend von Grängesberg (G. F. F., Bd. 32, s. 239) och E. MALM, Undersökningsarbeten i Grängesbergs Exportfält (J. K. A. Bih. 1915, s. 167).

<sup>2</sup> Enligt MALM (anf. arbete).

malmernas hängväggsgrens, förekommer en mycket hög fosforhalt. Därvid uppträder apatiten utskild såsom rena band i malmen (fig. 1). Dylig apatitrik malm utskrädes på lavarna, och erhålles med en fosforhalt av c:a 8 %. Kvantiteten är dock ringa, c:a 250 ton om året.

Den svenska produktionen av tomasfosfat (vid Domnarvet och Bångbro) är baserad på Grängesbergsmalm. Den vanliga fosforhalten i denna malm är dock ogynnsamt låg. Sedan 1918 har därför från Grängesberg även levererats en malmkvalitet med särskilt hög fosforhalt, som erhålles från östra delen av Timmergruvemalmen. Detta

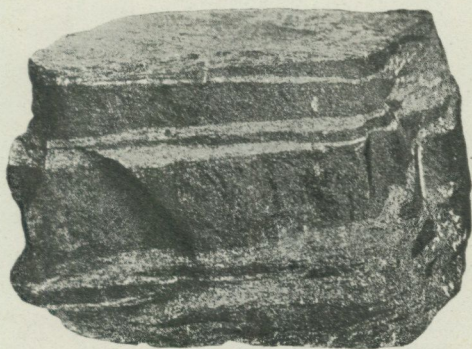


Fig. 1. Apatitbandad malm, Skärningen, Grängesbergs Exportfält.  
1/2 nat. storl. Efter H. JOHANSSON.

malmparti, som skiljes från malmkroppen i övrigt av en i strykningens riktning löpande diabasgång, är känt mellan 95 m och 150 m avvägning. Det beräknas mellan 95 m och 225 m avv. innehålla c:a 340,000 ton malm, med i genomsnitt 42 % järn och 3 % fosfor. Genom skrädning kan fosforhalten uppdrivas till 4 %, men knappast mera. År 1918 levererades av denna malm c:a 8,000 ton. Malmen är dels magnetit, dels blodsten, och är skäligen inhomogen. Apatiten är dels jämnt blandad med malmmineral, dels samlad i renare strimmor. Malmen för även andra mineral, nämligen glimmer (biotit), talk och hornblände. Att döma av de nyssnämnda analysiffrorna uppgår halten av dessa onyttiga inblandningar till c:a 25 %.<sup>1</sup>

Den i Risbergsfältet belägna Norra Hammargruvan innehöll den fosforrikaste malmen i hela Grängesbergstrakten, men är nu utbruten. Malmen var magnetit med 5 till 8 % fosfor. Även de malmen åt-

<sup>1</sup> Tavl. 1 utgör ett diagram över förhållandet mellan järn- och fosforhalterna i en blandning av magnetit och fluorapatit, avsett att bekvämt möjliggöra en ungefärlig uppskattning av mängden onyttiga mineral, då malmens järn- och fosforhalter äro kända (jfr förklaring å den mot tavl. 1 stående sidan).

följande skarnbildningarna synas hava varit mycket apatitrika. De nu vid gruvan kvarliggande varphögarna synas i allmänhet icke tillräckligt apatitrika för att kunna skrädas. Undantag utgöra dock några mindre delar med högre apatithalt. Det rör sig emellertid endast om några hundra ton apatit.

Övriga fosforhaltiga järnmalmer i Bergslagen äro samtliga fosforfattigare än Grängesberg, och kunna här förbigås.

### Gällivare malmfält.

*Inledning.* För malmkvantiteterna inom detta malmfält föreligga följande beräkningar:<sup>1</sup>

	Malmarea, m <sup>2</sup>	Kvantitet malm till 500 m djup, ton.	Kvantitet malm till 400 m djup, ton.
Malmberget <sup>2</sup> { A . . .	181,420	226,341,500	—
{ B . . .	25,000	6,300,000	—
Koskullskulle . . . . .	27,000	—	40,000,000

Grupp A i Malmberget omfattar tillgångarna av styckemalm, grupp B åter anrikningsmalm.

Fyndigheten Koskullskulle innehåller endast fosforfattig malm, och kan därför här lämnas åsido.

En föreställning om den relativa mängden av olika malmkvaliteter i Malmberget erhålles av nedanstående siffror för produktionen 1913 och 1917:

1 9 1 3			1 9 1 7		
Kvantitet, ton.	% järn.	% fosfor.	Kvantitet, ton.	% järn.	% fosfor.
130,550	67.6	0.197	268,227	64.99	0.229
71,565	67.17	0.315	237,339	64.68	0.524
373,554	65.5	0.564	655,645	62.25	0.917
671,420	63.1	1.072			

<sup>1</sup> Enligt »Iron Ore Resources of the World».

<sup>2</sup> För fältets huvudmassa, som äges av Luossavaara—Kiirunavaara Aktiebolag, användes ofta »Malmberget» såsom sammanfattande namn.

Malmen indelas i följande kvaliteter:

A med max. 0.025 % fosfor.

C<sup>I</sup> » » 0.35 » »

C<sup>II</sup> » » 0.80 » »

D » min. 0.80 » »

På senare tid har icke någon A-malm brutits, däremot har en mycket fosforfattig slig utvunnits genom anrikning av s. k. varpmalm (jfr nedan).

Den erhållna styckemalmen exporteras. Den enda malm från detta fält, som användes för inhemsk järnframställning, är en del slig ur varpmalm (Luleå järnverk, Höganäs och Porjus) samt smärre kvantiteter styckemalm (år 1917 ca 5,000 ton) vid Porjus smältverk.

Redan på 1880-talet tänkte man sig på sina håll kunna för gödningsämnesframställning tillvarata den i Gällivaremalmen ingående apatiten, och somliga personer vågade t. o. m. hoppas, att apatiten därstädes skulle visa sig vara av ännu större värde än järnmalmen. Apatitkommissionens arbeten resulterade i en bättre kännedom om apatitens mängd och förekomstsätt. Det framgick bl. a., att apatiten i regel icke kan genom skrädning erhållas i tillräckligt rent tillstånd. Ett undantag härifrån utgjorde dock en förekomst i utmälet Desideria, vilken emellertid var så liten, att den till största delen förbrukades under den av kommissionen anordnade försöksbrytningen. Däremot vore det, framhåller LUNDBOHR,<sup>1</sup> tänkbart, att man kunde genom magnetisk anrikning av de fosforrikare varieteterna erhålla å ena sidan en fosforfattig malmslig och å den andra en användbar apatitprodukt. Det påpekas, att malmens struktur är fördelaktig för anrikning. I vad mån denna utväg är att föredraga framför malmens utnyttjande i oanrikat skick enligt tosmetoden är, såsom LUNDBOHR påpekar, en komplicerad fråga, vid vars besvarande man måste taga hänsyn till åtskilliga tekniska och ekonomiska faktorer.

*Huvuddragen av malmfältets geologi.* Malmerna kunna betecknas såsom starkt tillplattade, brant stående linser, med ett sådant inbördes läge att de bilda mer eller mindre sammanhängande kedjor. Malmmineralen äro magnetit och järnglans. I allmänhet förekommer magnetiten ensam eller med endast ringa inblandning av järnglans, men några stora malmpartier bestå helt och hållet av detta sistnämnda mineral och äro således att beteckna såsom blodstensmalmer. Apatit är den vanligaste oarten, men i genomsnitt är dess mängd i en malmkropp icke stor, sällan mera än 5 à 6 viktsprocent. Apatiten har i allmänhet en blekt gulgrön färg. För övrigt finnes en del kvarts,

<sup>1</sup> S. G. U., ser. C, nr 127, s. 29—30.

samt hornblände, glimmer (biotit), fältspat och lokalt korund. De silikatiska beståndsdelarna äro i regel mycket underordnade, men uppträda på några håll ganska rikligt i malmkropparnas yttre delar, särskilt då malmen icke gränsar direkt mot sidostenen utan skiljes från denna av skarn (jfr nedan). Malmmineralens och apatitens kornstorlek är i allmänhet omkring 1 à 3 mm, malmen är således grovkristallin. Kornfogarna äro enkla, så att malmen är relativt »löskornig».

Malmernas sidosten är leptit och finkornig gnejs, uppkomna genom metamorfos (omkristallisation) av kvartssyenitiska porfyrbegarter. Malmgränserna äro oftast skarpa, men sidostenen kan även i dessa fall vara genomdragen av ett nätverk av malmgångar (»malmbreccia»). I andra fall förekommer mellan ren malm och ren leptit eller gnejs en övergångsbildning, för vilken användes den från mellansvenskt gruvspråk hämtade beteckningen »skarn». Skarnet i Gällivarefältet består mest av hornblände, magnetit, apatit, glimmer, pyroxen, men håller också fältspat, kvarts, kalkspat, svavelkis, samt stundom skapolit, titanit och zeoliter. Skarnen äro mycket grovkristallina, ofta drusiga bildningar. Övergången mellan skarn och leptit eller gnejs har gärna formen av en »skarnbreccia». En sådan utgöres av kemiskt och strukturellt förändrad leptit, innesluten såsom brottstycken i skarnmassan, eller tätt genomflätad av gångar av skarnmineral, särskilt hornblände. Skarnbrecciorna kunna således i viss mån betecknas såsom silikatrika malmbreccior. Skarn och skarnbreccia uppträda även självständigt, utan någon samlad malm i sitt centrum.

Leptit, malm och skarnbildningar genomsättas av gångar av glimmeramfibolit (»metabasit») samt av granit- och pegmatitgångar. De sistnämnda äro lokalt apatitförande.

De dynamiska påverkningar, som träffat det malmförande området, och som betingat bergarternas och malmernas strukturella utbildning,<sup>1</sup> hava framkallat en mycket tydlig lineär parallellstruktur, som yttrar sig i en stänglig förklyftning hos bergarterna och i formen hos vissa mineral, bland dem apatiten, vilka bilda korn, som äro mer eller mindre långsträckta i stänglighetens riktning.

*Malmernas apatithalt.* Genomsnittshalten av fosfor framgår av de ovan s. 24 meddelade analyserna.<sup>2</sup> Emellertid är apatiten icke jämnt fördelad ens inom varje malmkropp. Regel är, att de apatitrikare partierna hava samma strykning och stupning som malmkroppen i dess helhet. Sålunda förekommer det inom flera malmkroppar, att

<sup>1</sup> Skarnbildningarna äro i allmänhet föga påverkade.

<sup>2</sup> Fullständiga analyser å malm från Gällivare malmfält finnas i A. DELLWIK, Gällivare Malmberg (Jernkontorets Annaler, 1906), samt i »Iron Ore Resources of the World» (Stockholm 1910).

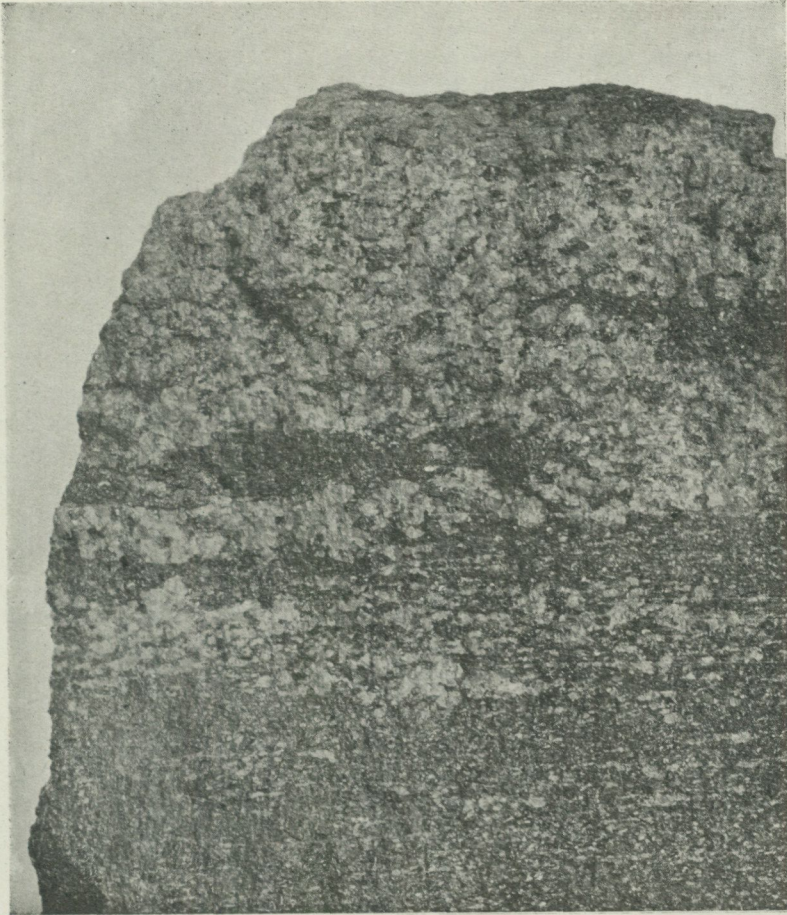


Fig. 2. Apatitrik malm, Gällivare malmfält. Nat. st. Äpatiten är ljusgrå, magnetiten mörkgrå till svart. Stoffen visar grovkornigheten och apatitens ansamling i ränder.

malmen inom några meters bredd från den ena malmgränsen är apatitrikare än annars.

Apatitrik malm visar oftast en tydlig randighet, d. v. s. apatiten är samlad i skikt av växlande tjocklek, vilka alternera med skikt av malmineralet eller av sådant jämte apatit.<sup>1</sup> Fig. 2 visar utseendet av dylik malm.

*Apatit i skarn och skarnbreccior.* Såsom redan nämnts, ingår apatit även i dessa bildningar. LUNDBOHRM anför följande analyser:

<sup>1</sup> En karakteristisk profil i apatitrandig malm har i detalj uppmätts av LUNDBOHRM (S. G. U., ser. C, nr 111).

Skarnbergart från utmålet Östra Johannes . . . . .	5.9	% apatit
» » » Eugenia . . . . .	7.85	» »
» » » Charlotta . . . . .	10.7	» »
» » » Hedvig . . . . .	9.3	» »
» » » » . . . . .	2.0	» »
» » » » . . . . .	6.1	» »
» » » » . . . . .	8.7	» »
» » » » . . . . .	18.85	» »
» » » Kockum . . . . .	10.43	» »

En del smärre förekomster äro synnerligen apatitrika. Den mest uppmärksammade av dessa är den inom utmålet Desideria belägna, vilken av Apatitkommissionen undersöktes med försöksbrytning. Den utgöres av ett parti jämförelsevis ren apatit, i en av apatitrika ådror genomvävd leptit. Det större partiet, som hade flack stupning, befinns ha ungefär 10 m längd och 1.5 à 2 m mäktighet, samt höll 55 à 60, eller delvis t. o. m. 90 % apatit, för övrigt magnetit, hornblände m. m. Det utbröts nästan fullständigt under kommissionens arbeten.<sup>1</sup>

*Apatit i pegmatit.* Apatit ingår i flera av malmfältets pegmatitgångar, rikligast i en gång på Vällkomman.<sup>2</sup> Kvantiteten är dock helt ringa, så att detta slags apatitförekomster i likhet med gångarna i gabbro sakna ekonomiskt intresse. År 1916 utskräddes vid Vällkomman ca 18 ton pegmatitapatit, för framställning av tändsticksfosfor.

*Malmfältets apatit ur teknisk och ekonomisk synpunkt.* Gällivaremalmen kan ej sägas vara särdeles fosforrik. D-malmen, den fosforrikaste kvaliteten, med minst 0.80 % fosfor, håller i allmänhet mindre än 1.1 %. Det är icke för gruvbolaget möjligt att åtaga sig några malmleveranser med garanterad minimihalt av 1 % fosfor. Detta kan synas överraskande, eftersom ganska betydande malmpartier hava en väsentligt högre fosforhalt än 1 %, men beror på den vid fältet använda magasinsbrytningsmetoden. I magasinen, som gå vinkelrätt mot malmens strykning, blandas nämligen malm från olika delar av malmbredden. Då en partiell omläggning av brytningen, för att erhålla den fosforrikaste malmen skild från den övriga, skulle bliva ekonomiskt orimlig, kan man icke för detta malmfält räkna med fosforrikare malm än sådan med omkring 0.9 % fosfor. Av en dylik malm skulle man visserligen kunna erhålla en mycket fosforfattig

<sup>1</sup> Vad som nu återstår av apatitrik breccia på detta ställe och i omgivningarna är alltför litet för att motivera någon brytning; den totala genom anrikning utvinnbara apatitmängden uppgår ej till mera än högst några hundra ton.

<sup>2</sup> Denna förekomst är i detalj beskriven av LUNDBOHRM (S. G. U., ser. C, nr 111)

magnetisk slig, en mera fosforhaltig blodstensslig (av de järnglanshaltiga malmerna) och en för superfosfattillverkning användbar apatitprodukt. För närvarande synes dock värdet av de sålunda erhållna produkterna, minus anrikningskostnaderna, icke överstiga värdet för den oanrikade malmen. Skulle däremot avsättningsmöjligheterna för tosmalm komma att minskas till förmån för fosforfattig malm, så kunde situationen möjligen bliva en annan.

Annorlunda förhåller det sig med den s. k. varpmalmen eller skrotmalmen, d. v. s. sådan fattig eller gråbergsblandad malm, malmbreccia o. dyl., som måste medtagas i brytningen, men som ej kan direkt användas. Anrikning av dylik varpmalm har redan pågått under ett antal år och har givit goda resultat. Det äldsta verket är det vid Luleå järnverk, vid Karlsvik nära Luleå, som varit i gång sedan år 1909. Detta verk arbetar endast med magnetisk anrikning. Den högsta produktionen uppnådde det 1917, det sista år för vilket statistik föreligger, då utav 110,967 ton ingående gods med 45.52 % järn och 0.60 % fosfor framställdes 66,006 ton slig med 71.1 % järn och 0.008 % fosfor. Under föregående år har rågodsets sammansättning varierat mellan 45.4 och 47 % järn och 0.60—0.80 % fosfor, och sligens mellan 71.0 och 71.5 % järn och 0.006—0.007 % fosfor.

År 1913 börjades i Höganäs anrikning av liknande rågods med samma goda resultat. Största avverkningen var 1913 med 22,377 ton ingående gods.<sup>1</sup> Sligen användes där till framställning av järnsvamp.

År 1914 igångsattes av Luossavaara—Kiirunavaara Aktiebolag ett kombinerat magnetiskt och våtmekaniskt anrikningsverk vid Vitåfors inom Gällivare malmfält. År 1917 behandlade detta verk 273,578 ton varpmalm med 47.1 % järn (fosforhalten ej uppgiven), varav erhöles 13,462 ton A-slig med 70.16 % järn och 0.015 % fosfor, 41,015 ton slig med 65.16 % järn och 0.3 % fosfor samt 123,369 ton slig med 64.8 % järn och 0.3 % fosfor. På nyåret 1919 blev ett nytt, större verk, beläget omedelbart intill det äldre, färdigt att tagas i bruk. De båda verkens sammanlagda rökvarnskapacitet kan beräknas till minst 200,000 ton pr år.

Avsikten är nu att även vid Vitåfors driva all magnetisk anrikning så långt, att den magnetiska sligens fosforhalt hålles under maximum för A-kvaliteten, d. v. s. 0.025 %. Blodstenen däremot kan, av lätt insedda skäl, icke lika fullständigt renas från oarter.

Under våren och sommaren 1918 anrikades vid Vitåforsverken ca 45,000 ton apatitrikt avfall från Tingvallskulle sovringsverk, i och för framställning av en för superfosfatfabrikation användbar produkt. Rå-

<sup>1</sup> År 1915 förbrukades 22,369 ton Gällivarealm och 365 ton Kirunamalm.

godset höll ca 5 % fosfor. Resultatet blev 8,410 ton apatitgods med ca 10.8 % fosfor (24.7 %  $P_2O_5$ ).

Erfarenheterna från denna apatitanrikning visa, att större delen av varpmalmens apatithalt utan väsentliga svårigheter kan avskiljas vid anrikningen. Den sålunda erhållna produkten blir dock, på grund av likheten i specifik vikt, starkt uppblandad med hornblände. Enligt professor W. PETERSSON kan emellertid hornbländet praktiskt taget fullständigt avlägsnas genom starkmagnetisk anrikning av apatit-hornblände-sligen. Först när anrikningsverket varit i gång någon tid, torde man kunna bedöma, huru ett dylikt uttagande av varpmalmens apatithalt kan ställa sig i ekonomiskt hänseende. Det i verket ingående rågodset beräknas komma att hålla 0.6 à 0.9 % fosfor.

En annan utväg att tillvarataga varpmalmens fosforhalt, nämligen genom beredning av difosfat (Palmaerfosfat) av anrikningsavfallet, har blivit mycket ingående diskuterad. En fabrik för en årstillverkning om 5,000 à 6,000 ton 35-procentigt difosfat har planerats i MalMBERGET. Fabrikens kapacitet är avsedd att senare utökas, att börja med fördubblas.

### Kiirunavaara.

*Geologisk översikt av Kirunatrakten.*<sup>1</sup> Ehuru i allmänhet av eruptivt ursprung, äro Kirunaområdets järnmalmerna på ett undantag när (Tuolluvaara) bundna vid vissa nivåer i en brant upprest serie av eruptivbergarter och dem överlagrande tuffsediment. De största malmerna, Kiirunavaara och Luossavaara, ligga på gränsen mellan syenitporfyr och kvartsporfyr. Vid sistnämnda porfyrs andra (övre) gränssyta ligger på Luossavaara den s. k. Rektorsmalmen<sup>2</sup> och inom Nokutusvaara malmfält detta fälts största malm. I den närmast överlagrande undre Haukikomplexens kvartsiter och sericitskiffrar ligga blodstensmalmer på Haukivaara, på östra Luossavaara och på Nokutusvaara. Malmernas karaktärer äro ganska växlande. Huvudmalmerna i Kiirunavaara och Luossavaara bestå nästan enbart av magnetit och apatit. De mycket mindre Rektors- och Nokutusvaaramalmerna innehålla även en del järnglans, och delvis en väsentlig halt av karbonat och kvarts. Haukikomplexens blodstenar äro i allmänhet fattiga impregnationsmalmer, som ej erbjuda något av intresse med avseende på fosforhalten. De gångar av apatit, som uppträda inom kvartsporfyren, hava redan i det föregående beskrivits (s. 21).

<sup>1</sup> Jfr tavla 2.

<sup>2</sup> Denna malm, och de fyndigheter i Haukikomplexen, som topografiskt tillhöra Luossavaara, räknas officiellt till Luossavaara malmfält.

Tuolluvaaras malmfyndighet är en i genomsnitt fosforfattig magnetitmalm, med ett i huvudsak gångformigt uppträdande och omgiven av kvartsporfyr.

*Kiirunavaaras* malm bildar en i NNO strykande och ca  $50^{\circ}$ — $60^{\circ}$  mot Ö stupande skiva av ca 5 km längd. På de 3 km av malm-längden, som falla på själva berget Kiirunavaara, är malmens horisontella bredd i genomsnitt 96 m och mäktigheten 78 m. Resten av malmen, NNO om berget, är smalare. Malmarean har beräknats till

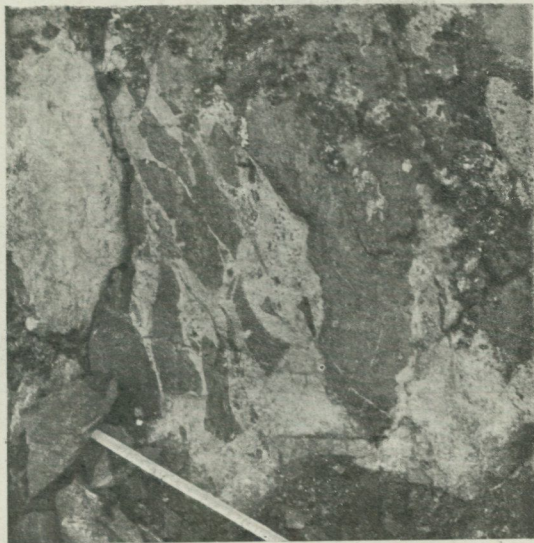


Fig. 3. Utsöndring av apatit (vit) med brottstycken av malm (mörkgrå). Naturlig håll-yta på Bergmästaren, Kiirunavaara. Det vita bandet är 0.8 cm brett.

329,000 m<sup>2</sup> för den förstnämnda delen och 107,000 m<sup>2</sup> för den senare, summa 436,000 m<sup>2</sup>. Malmkvantiteten beräknas till omkring 240 mill. ton över sjön Luossajärvis nivå, och ytterligare 500 mill. ton inom 300 m djup från denna nivå. Känt är vidare, att malmen fortsätter till ännu större djup.

Malmen är i stort sett skarpt begränsad mot sidostenen både i liggande och hängande; skarnartade bildningar förekomma endast i mycket ringa utsträckning. Malmen består av magnetit, järnglas (blodsten), apatit och hornblände jämte litet pyroxen. Blodstenen förekommer i blandning med magnetiten, och huvudsakligen inom ett mera begränsat parti i bergets södra del. Hornbländet träffas rikligast i närheten av malmgränserna, särskilt liggandet, där det inom begränsade områden kan uppträda i större kvantiteter och sålunda mera

väsentligt nedsätta malmens värde, men saknas helt och hållet inom de ojämförligt största delarna av malmkroppen. Andra mineral, såsom kvarts och kalkspat, förekomma såsom sällsynta gångbildningar. Malmen består således i regel endast av magnetit och apatit. Apatiten är en fluorapatit, enligt en av W. PETERSSON för Apatitkommissionen utförd analys, som gav endast 0.22 % klor.

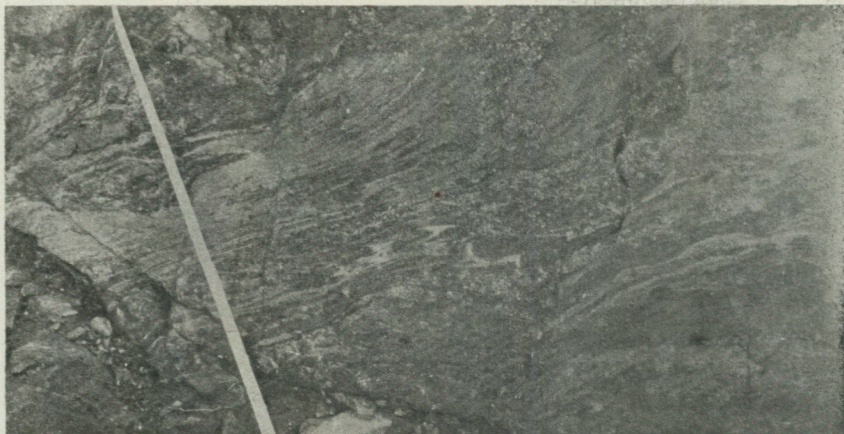


Fig. 4. Naturlig hälltyta av malm, visande en slurig blandning av varieteter med olika apatithalt. Statsrådet, Kiirunavaara. Det vita bandet är 0.8 cm brett.

Malmen är mycket inhomogen. De till sammansättning eller struktur olika partierna visa i allmänhet en tydlig utsträckning parallellt strykningen och stupningen av malmkroppen i dess helhet.

Kirunaområdet har, i motsats till Gällivare, icke varit utsatt för så starka metamorfoserande inflytelser, att malmernas ursprungliga struktur blivit väsentligt förändrade. Kiirunavaaras malm är i allmänhet tät till finkornig.

Vid de av dåvarande statsgeologen, numera disponenten HJ. LUNDBOHRM ledda undersökningsarbetena 1890—1897<sup>1</sup> urskildes med avseende på apatitens mängd och förekomstsätt fem olika malmtyper, skiljbara även för obeväpnat öga, nämligen:<sup>2</sup>

1) fosforfattig svartmalm med glänsande, musslig brottyta, utan synlig apatit, men stundom med sprickfyllnader av andra mineral;

<sup>1</sup> HJ. LUNDBOHRM, Kiirunavaara och Luossavaara järnmalmsfält (S. G. U., ser. C, n:o 175).

<sup>2</sup> Anf. arbete s. 30—31.

2) fosforfattig svartmalm, ej sällan blodstensblandad, med tät, stundom matt brottyta och ofta med talrika, större och mindre rostklädda hålrum;

3) fosforhaltig svartmalm med svartgrå, matt brottyta, utan andra föroreningar än apatit i form av tunna anflog och sprickfyllnader;



Fig. 5. »Skelettstruktur» i malm från Bergmästaren, Kiirunavaara. Nat. st.  
Kristallskelett av magnetit ligga i en apatitmassa.

4) fosforrik svartmalm med apatit i talrika nästen, drummer och skiktlika partier;

5) fosforrik svartmalm, ofta gråaktig, med ytterst fint fördelad apatit, vilken ofta ej kan upptäckas utan mikroskopisk eller kemisk undersökning.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> LUNDBOHRM lämnar i det följande en utförlig beskrivning av dessa malmtyper, till vilken hänvisas.

De petrografiska undersökningar, som av förf. utförts på Kiirunavaaras malmvarieteter, hava visserligen givit åtskilliga resultat av teoretiskt intresse, men icke lämnat något ur praktisk synpunkt väsentligt nytt utöver vad som redan var känt genom LUNDBOHMS beskrivning. Framhållas må dock förekomsten av »skelettstruktur»: magnetiten är utbildad såsom kristallskelett, omgivna av en apatitmassa. Denna struktur, som är ganska vanlig i apatitrik malm, är

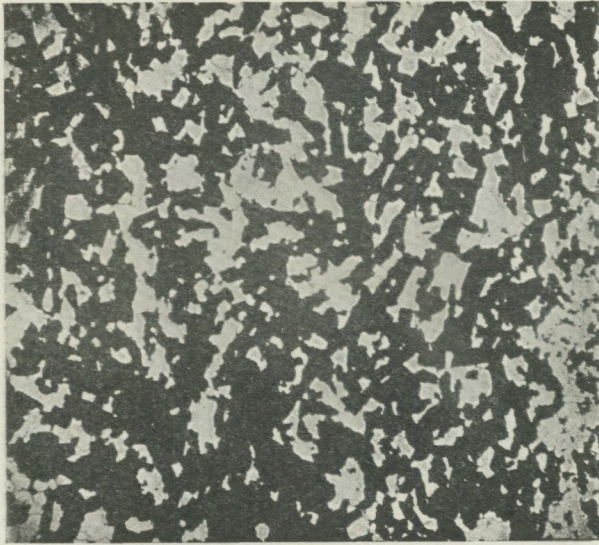


Fig. 6. Mikrofotografi av malm från Bergmästaren, Kiirunavaara. Vanl. ljus, först. 14 ggr. Svart är magnetit, vitt apatit. Exempel på en relativt grovkornig malm med hög och jämnt fördelad apatithalt.

ur praktisk synpunkt av intresse såsom en för Kiirunavaara i viss mån grovkornig form.

Till förtydligande av denna korta framställning av apatitens förekomstätt återgivas här en del bilder av m. el. m. apatitrik malm.

För Kiirunavaara tillämpades ursprungligen följande kvalitetsindelning:

A	med	max.	0.050	%	fosfor	
B	»	»	0.10	»	»	
C 1	»	»	0.30	»	»	
C 2	»	»	0.80	»	»	
D	»	min.	0.75	»	»	och i regel ej över 2.5 %
F	»		2—3	»	»	
G	»	min.	2.5	»	»	

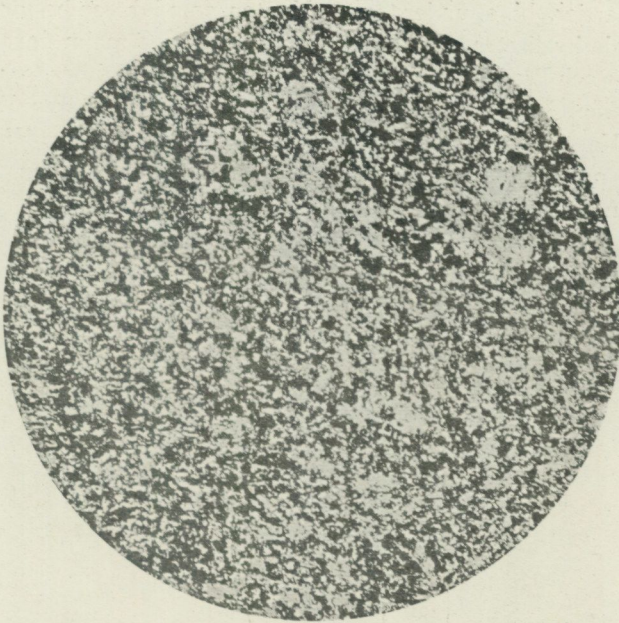


Fig. 7. Mikrofotografi av apatitrik malm från Statsrådet, Kiirunavaara. Vanl. ljus. först. 20 ggr. Svart är magnetit, vitt apatit. Bilden ger exempel på jämn fördelning av en hög apatithalt.

Sedermera har tillämpats följande indelning:

A	med max.	0.050	% fosfor
C 1	»	»	0.30 » »
C 2	»	»	0.6 o. 0.8 » »
D	»	»	2 » »
G	»	min.	2 » »

Av de ovan anförda, av LUNDBOHM urskilda petrografiska malmtyperna motsvarar typ 1 A-malmen, typ 2 i stort sett Landshövdingens<sup>1</sup> och Professorns C-malm (jfr nedan), typerna 3, 4 och 5 åter D- och G-malm.

A-malmen hade i dagen sin huvudsakliga utbredning i malmryggens nordligaste topp, kullen Vaktmästaren, som nästan i sin helhet bestod av denna kvalitet. Smärre områden finnas i Landshövdingen, Professorn och Jägmästaren. I den järnvägstunnel, som strax över sjön Luossajärvis nivå indrives i berget från malmens norra ände, hava påträffats flera stora

<sup>1</sup> De ursprungligen på Kiirunavaaras malmrygg förefintliga topparna benämndes, från N till S, Vaktmästaren, Gruvingenjören, Geologen, Stat-rådet, Bergmästaren, Direktören, Pojken, Kaptan, Landshövdingen, Professorn och Jägmästaren.

A-malmpartier, bl. a. under toppen Kaptén, som i dagen består av fosforrikare malmkvaliteter. De största områdena av C malm finnas i Landshövdingen och Professorn. De fosforrikaste delarna av berget utgöras av sträckan från Geologen i norr, över Statsrådet, Bergmästaren, Direktören, Pojken, Kaptén och norra delen av Landshövdingen Fig. 8 ger exempel på de stora och hastiga växlingar i fosforhalten, som förekomma inom Kiirunavaaras malm.

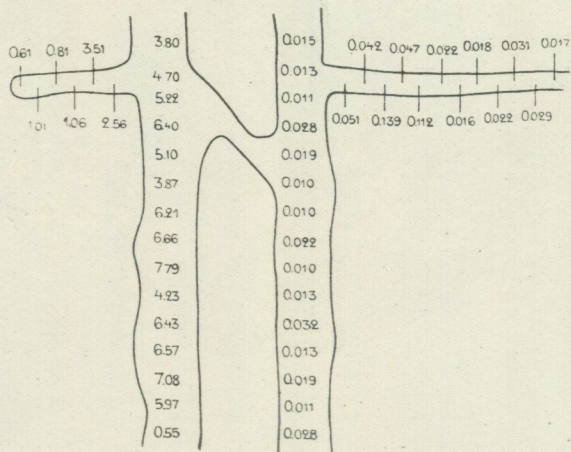


Fig. 8. Fosforkarta över en del av den dubbla järnvägstunneln, med tvärorter, Kiirunavaara. Skala 1:800. Siffrorna angiva fosforhalten (P) i den vid tunnelldrivningen brutna malmen. Efter uppgifter lämnade av Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag.

En någorlunda tillfredsställande bild av proportionerna mellan de olika i fältet förekommande malmkvaliteterna kan erhållas av statistiken över malmbrytningen. Att märka är därvid, att under de första åren (fr. o. m. 1903) bröts en relativt stor mängd A-malm, varemot senare brytningen av denna kvalitet varit jämförelsevis obetydlig, på den grund att enligt 1907 års överenskommelse mellan staten och gruvbolaget den *export* av A-malm, som ägde rum, skulle successivt upphöra, så snart gällande kontrakt fullgjorts. Av övriga kvaliteter exporteras hela produktionen.

I nedanstående uppgifter äro data för tiden t. o. m. 1909 hämtade ur LUNDBOHMS sammanställning i »Iron ore resources», och för 1910—1917 ur Sveriges officiella statistik. Produktionen t. o. m. år 1917 har utgjort:

Kvalitet.	År.	Ton.	% Fe.	% P.
A . . . . .	1903—1909	1,141,302	69.63 <sup>1</sup>	0.024
	1910—1917	381,430	68.97—69.74 <sup>2</sup>	0.010—0.033
Summa A	1903—1917	1,522,732		
B . . . . .	1905—1909	67,387	69.25	0.067
	1910—1917	126,051	68.44—69.50	0.051—0.085
Summa B	1905—1917	193,438		
C . . . . .	1904—1909	371,855	68.60	0.162
	1910—1917	2,263,171	67.15—68.33	0.167—0.241
Summa C	1904—1917	2,635,026		
D . . . . .	1903—1909	7,003,159	62.48	1.88
	1910—1917	9,472,494	61.35—62.41	1.74—1.95
Summa D	1903—1917	16,475,653		
F . . . . .	1901—1905	278,967	59.34	2.78
G . . . . .	1903—1909	708,637	57.77	3.09
	1910—1917	6,539,695	57.73—59.54	2.42—3.02
Summa G	1903—1917	7,248,332		

Anmärkas må, att A-malmens fosforhalt i genomsnitt pr år 1910—1914 växlat mellan 0.022 och 0.033 %; under åren 1915—1917, då endast smärre kvantiteter brötos, var fosforhalten 0.010—0.012 %. Beträffande fosforhalterna i D och G erinras om den ovan omnämnda förändringen av gränsen mellan dessa kvaliteter.

Vid de av LUNDBOHR ledda undersökningarna gjordes försök att med ledning av de av honom urskilda petrografiska malmtyperna genom skrädning skilja olika malmkvaliteter. Detta försök visade emellertid, att en sådan skrädning icke var möjlig. Därför beslöts, redan innan brytningen började, att man icke skulle försöka att hålla de malmkvaliteter, som åstundades, åtskilda genom skrädning utan i stället genom blandning av malm av olika fosforhalt försöka erhålla de kvaliteter, som önskades. LUNDBOHR har om tillvägagångssättet härvid meddelat följande: Då malmytan blivit blottad, togos mycket talrika prov av malmen utefter nivåkurvor med fem meters ekvidistans. Dessa prov analyserades och fosforhalterna infördes på en karta. På denna uppdrogos därefter konturer mellan områden, inom vilka fosforhalten låg inom de bestämda gränserna. Sedan utfördes brytningen med ledning av dessa s. k. fosforkartor, varvid det under stundom blev nödvändigt att blanda malm från olika områden för att

<sup>1</sup> Siffrorna i denna rad angiva genomsnittshalten för tidsperioden.

<sup>2</sup> Siffrorna i denna rad angiva extremerna för genomsnittshalterna under de olika åren 1910—1917.

erhålla önskad fosforhalt. Då sedan brytningen kommit i full gång, fortsattes provtagningen i pallarna, varvid provställena alltjämt inlades på kartorna och dessa sålunda kompletterades. Under 1918 och 1919 hava dessa fosforkartor ytterligare kompletterats på det sätt att diken uppsprängts i pallbottnarna på var 20:de meter och små generalprov tagits ur dessa diken vid punkter med 1 à 1.5 meters inbördes avstånd. Dessa prov ha analyserats, fosfor- och järnhalter införts på kartorna och nya fosforkartor upprättats. Dessa kartor giva en mycket god översikt över apatitens fördelning inom malmfältet.

Med avseende på fosforfrågan är det givetvis G-malmen, som erbjuder det största intresset. I första rummet är frågan den, huruvida man kan uppdelna denna malmkvalitet i underavdelningar, och vid brytningen särskilja sådan malm, som genom sammansättning eller struktur skulle kunna erbjuda bättre möjligheter för apatitens utvinnande, eller om man måste räkna med G-malmens genomsnittskaraktär. Under sommaren 1918 företog förf. en ingående granskning av malmen i dagen ur dessa synpunkter, och inhämtade av gruvbolaget kompletterande upplysningar. Bolaget utförde en fosforkartläggning av vissa särdeles fosforrika partier. Resultatet av dessa undersökningar blev det, att de partier fosforrik malm, som voro så pass stora, att deras brytande såsom särskild kvalitet över huvud taget kunde ifrågasättas, icke höllo högre fosforhalt än c:a 4 %, och att ett uttagande av dessa partier särskilt för sig skulle medföra mycket stora olägenheter för gruvdriften i dess helhet. Fördelarna av att erhålla en malm med 4 % fosfor i stället för 2.5 à 3 % (G-malmens ordinära halt) måste betecknas som skäligen små, ty den högre halten tillåter ej användning av några andra, mera fördelaktiga metoder. Det ligger i öppen dag, att fördelarna och nackdelarna av en dylik anordning icke kunna beräknas i fixerade penningmått och vägas mot varandra. men förf. har erhållit det bestämda intrycket, att den skulle bliva oekonomisk.

Man måste således räkna med, att den fosforrikaste malm, som kan erhållas från Kiirunavaara, håller en minimihalt av 2 % fosfor, och i allmänhet går upp till omkring 2.5 % eller något mera. Av dylik malm kunna i stället stora kvantiteter produceras, såsom framgår av ovan anförda brytningsstatistik. Den största produktionen av G-malm (liksom av C och D) var 1913, med 1,164,955 ton, med i genomsnitt 58.85 % järn och 2.61 % fosfor. Enligt statistiken skall G-malmen uppgå till c:a en fjärdedel av den t. o. m. år 1917 brutna malmen. Ehuru denna siffra, såsom redan framhållits, icke kan göra anspråk på att vara något exakt uttryck för proportionen mellan de såsom G-

malm brytbara partierna och de fosforfattigare, giver den likväl en föreställning om storleksordningen.

För anrikning är Kiirunavaaras malm synnerligen olämplig på grund av sin finkornighet. Direkta anrikningsförsök hava visserligen ej utförts, men försöksanrikning av malm från Nokutusvaara, som i de ur denna synpunkt väsentligare egenskaperna överensstämmer med Kiirunavaaras (jfr nedan), har givit mycket ogynnsamma resultat. Därest G-malmens fosforhalt skall tillvaratagas enligt någon annan process än tomasmetoden, såsom nu sker med den exporterade malmen, måste man således tillgripa någon annan metallurgisk metod eller ock den Palmærska difosfatmetoden.

### Luossavaara.

Luossavaaras »stora malm» är geclogiskt likartad med Kiirunavaaras. Malmkvantiteten till 98 m djup under toppen har beräknats till 7,600,000 ton, och till 229 m djup (sjön Luossajärvis nivå) till 22,500,000 ton. Därvid har, med stöd av några diamantborringar, antagits att malmen något avsmalnar mot djupet.

Malmen är på det hela taget fosforfattigare och järnrikare än Kiirunavaaras. Enligt de av numera bergmästaren C. I. ASPLUND ledda undersökningsarbetena år 1907 skall malmkvantiteten till 98 m djup bestå av:

α)	malm med fosforhalt	< 0.010 % . . . . .	500,000 ton.
β)	» » »	0.010—0.050 % . . . . .	3,500,000 »
γ)	» » »	0.050—0.075 » . . . . .	1,000,000 »
δ)	» » »	0.075—1.00 » . . . . .	1,800,000 »
ε)	» » »	större än 1 % . . . . .	800,000 »

Summa 7,600,000 ton.

En av ASPLUND återgiven analys av 3,180 ton ε-malm, vunna under försöksbrytning i dagpall å 175 m avvägning, ger 56.10 % järn och 3.01 % fosfor. Här torde för övrigt kunna utskrädas smärre kvantiteter med ännu högre fosforhalt. Det synes likväl icke finnas någon praktisk möjlighet att på annan väg än den metallurgiska (tomasmetoden) utvinna fosfor ur Luossavaaramalmen.

### Rektorsmalmen.<sup>1</sup>

Den s. k. Rektorsmalmen ligger på Luossavaaras östra sluttning (se tavl 1). Malmen är genom blottningar eller magnetiska under-

<sup>1</sup> Se s. 8.

sökningar påvisad i utmälen Julia, Rektorn, Bengt, Apollonia och Hilarius,<sup>1</sup> och förekommer med all sannolikhet även i det mellan de båda sistnämnda belagna utmålet Sigfrid. Höjdskillnaden mellan de lägsta och de högsta blottningarna uppgår till ca 110 m; malmens norra ände ligger högst. Malmen är lika regelbundet lagerformig som de stora malmerna i Kiirunavaara och Luosavaara. Dess stupning är icke exakt känd, men är tydligen mycket brant ostlig. Om man från-räknar den del, som ligger S om Apollonias mitt, och som har mindre malmbredd (i Hilarius ca 4 m), så får man en malmlängd av ca 550 m. I själva verket är längden ännu något större, då en förkastning, som sneddar över malmen vid gränsen mellan Bengt och Apollonia, åstadkommer dubbling av en del av malmlängden (jfr fig. 9).<sup>2</sup> Bredden är på den angivna sträckan enligt 4 blottningar av hela malmbredden 13 till 27 m. Utgående från en malmbredd om i genomsnitt 15 m och en längd av 550 m erhålles en malmarea om 8,250 m<sup>2</sup>, vilket sålunda är ett minimivärde.

Malmens liggande utgöres av den kvartsporfyrr, som bildar den stora Luossavaaramalmens hängande. Hängandet utgöres på sträckan Julia—Apollonia av den s. k. Rektorsporfyren. I Hilarius synes denna saknas, så att malmen direkt överlagras av den blodstensförande kvartssiten i den undre Haukikomplexen.

Rektorsmalmen är en starkt blodstensblandad, mycket fosforrik magnetitmalm. Utom malmineralen och apatiten förekomma kvarts och ett oftast något järnhaltigt karbonat samt albitfältspat. Halten av dessa onyttiga beståndsdelar torde i allmänhet uppgå till omkring 12 %. Apatiten är dels jämnt fördelad, dels utsöndrad i ränder och körtlar. Malmen är tät och hård. I skärpningen E i utmålet Rektorn genomdrages den av talrika kvartsgångar.

För att erhålla en närmare kännedom om den förut mycket ofullständigt kända malmens karaktärer<sup>3</sup> företogos sommaren 1918 under förf:s ledning en del jordschaktningsarbeten och provtagningar. Då emellertid malmen inom det samtidigt undersökta Nokutusvaarafältet ingav större förhoppningar med avseende på möjligheterna för anrikning och därför under dåvarande förhållanden måste i första hand undersökas, kunde arbetet på Rektorsmalmen icke göras fullt så omfattande, som önskligt varit. Inom utmålet Bengt lyckades jag på

<sup>1</sup> På en del äldre kartor har detta namn genom felskrivning fått formen Hildarius.

<sup>2</sup> Förkastningens läge är konstruerat efter fil. lic. N. ZENZENS observationer över dess förlopp högre upp i lagerserien.

<sup>3</sup> Utom några uppgifter av LUNDBOHM i Apatitkommissionens berättelse föreligger en geologisk beskrivning i förf:s ovan anförda arbete (Igneous rocks etc.), grundad på undersökningar under Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolags geologiska arbeten. Vid dessa arbeten utfördes emellertid inga nya jordrymningar eller dylikt.

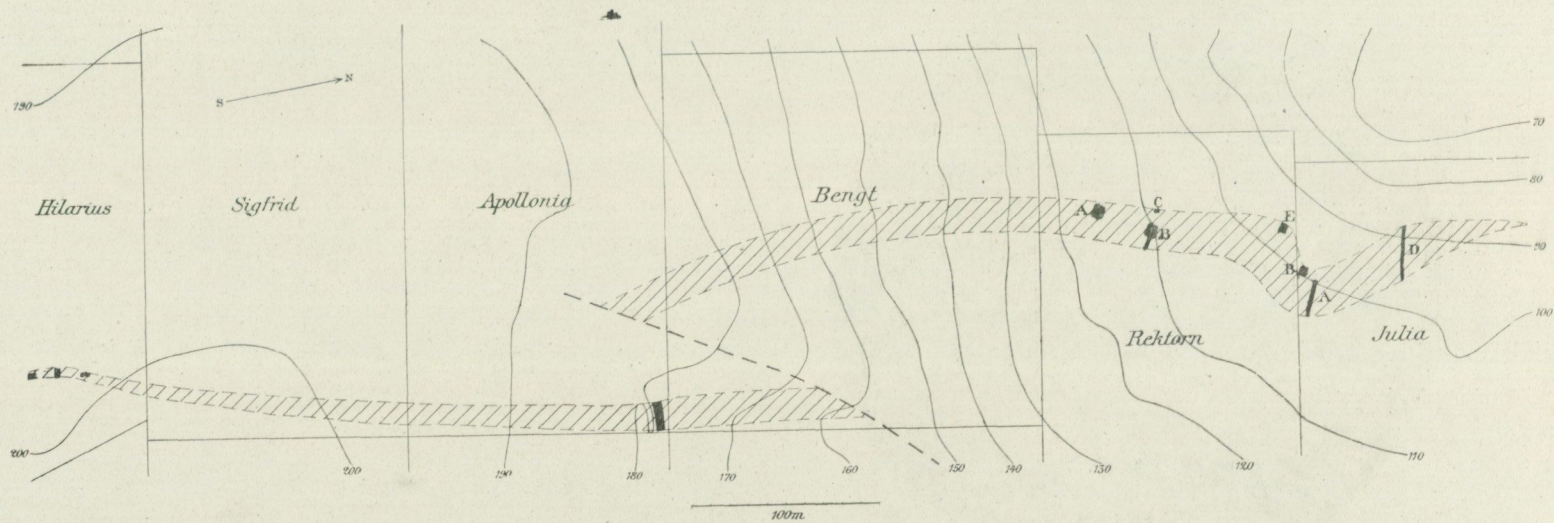


Fig. 9. Karta över Rektorsmalmen. Luossavaara. Skala 1 : 4000. Blottad malm är betecknad med svart, sannolik malm med streckning. Bokstäverna vid malmblottningarna hänvisa till texten. Vidare äro inlagda en sannolik förkastning (streckad linje), utmålens gränser och namn, samt nivåkurvor med 10 m ekvidistans, angivande *djup* under Kiirunavaaras nollpunkt, som är belägen 736.11 m ö. h.

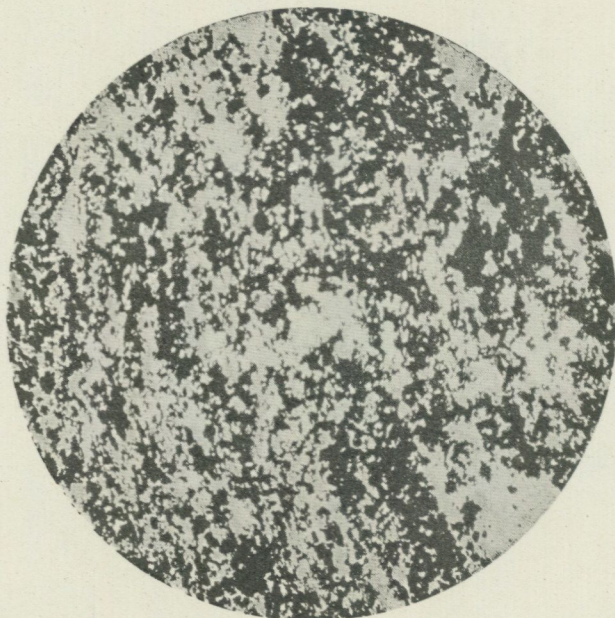


Fig. 10. Mikrofotografi av malm från utmålet Apollonia, Rektorsmalmen. Vanl. ljus, först. 20 ggr. Svart är magnetit och järnglans, vitt är apatit och något kvarts.

grund av den mäktiga betäckningen av blockrik morän ej blotta någon malm. Malmens förekomst även här framgår av de magnetiska förhållandena.

Följande av förf. tagna prov från detta malmfält hava analyserats:

Utmålet *Apollonia*, profil över den blottade malmbredden, med början från östra sidan och 2 à 3 m mellanrum:

Prov 1 . . . . .	42.2 % järn och 5.60 % fosfor	} Analyserade å Luossavaara-Kiironavaaras laboratorium i Kiruna.
» 2 . . . . .	37.9 % » » 7.88 % »	
» 3 . . . . .	39.9 % » » 6.62 % »	
» 4 . . . . .	46.1 % » » 5.01 % »	

Prov 3 är kantprov från en c:a 2 m bred skärpning, övriga prov hava tagits genom uppsprängning av c:a 0.4 m djupa hål, varvid från varje hål medtagits några ungefär knytnävsstora stycken till en sammanlagd vikt av ett par kg. Ett för prov med difosfatmetoden taget malmprov, som analyserades av Aktiebolaget Difosfat, höll 31.3 % järn, 7.82 % fosfor och 0.196 % CO<sub>2</sub>, motsvarande 0.45 % CaCO<sub>3</sub>, halten av kvarts och silikat m. m. uppgår till 12.8 %.

Utmålet *Rektorn*:<sup>1</sup>

Skärpningen A:	44.8 % järn och 5.12 % fosfor	(analys av GRABE & PETRÉN, Stockholm).
» B:	31.9 % » » 7.57 % »	(analys av Stockholms Superfosfat Fabriks Aktiebolag).
» E:	47.6 % » » 2.84 % »	(analys av GRABE & PETRÉN).

Malmen i diket mellan skärpningen B och östra malmgränsen synes vara fosforfattigare än i B.

Utmålet *Julia*:

Diket A, prov 1 (östligast):	44.2 % järn och 0.30 % fosfor	} (Analyser av L. K. A. B., Kiruna.)
» 2: . . . . .	31.7 % » » 8.88 % »	
» 3: . . . . .	35.7 % » » 8.42 % »	
» 4: . . . . .	27.2 % » » 8.70 % »	
» 5: . . . . .	36.4 % » » 9.74 % »	

Proven äro tagna liksom 1, 3 och 4 i Apollonia, och med ca 2 m inbördes avstånd (mellan proven 4 och 5 dock 4 m), men mellan prov 1 och östra malmgränsen är ca 6 m av fosforfattig, delvis mycket kvartsig och ställvis gråbergsblandad malm.

Skärpningen B<sup>1</sup>: 26.4 % järn och 6.35 % fosfor (analys av Stockholms Superfosfat Fabriks Aktiebolag).

Malmen i denna skärpning är mycket karbonatblandad.

Diket D, generalprov: 29.2 % järn och 9.07 % fosfor (analys av GRABE & PETRÉN).

Generalprovet är taget så, att med jämna mellanrum 13 st. hål uppsprängts i den 27 m breda malmen, varefter i möjligaste mån lika mängd av den uppsprängda malmen från varje hål medtagits.

Ett annat prov, representerande i huvudsak samma kvantitet, vilket undersöktes av Aktiebolaget Difosfat, höll 0.616 % CO<sub>2</sub> (= 1.40 % CaCO<sub>3</sub>) vid en halt av 27.1 % järn och 9.06 % fosfor.

Det framgår således, att Rektorsmalmen är mycket fosforrik, med undantag för en smalare strimma längs östra malmgränsen vid gränsen mellan Rektorn och Julia, som är relativt fosforfattig, samt skärpningen E i Rektorn, som ej har högre fosforhalt än ordinär G-malm. Den fosforfattigare malmen kan på grund av sitt läge lätt avskiljas vid brytning. Om man ej medtager den analys, som representerar denna malm (prov 1 i Julia A), så blir medeltalet av de återstående 12 analyserna 36.7 % järn och 6.84 % fosfor. Då dessa analyser

<sup>1</sup> Proven äro kantprov av en del av den vid dessa äldre skärpningar upplagda malmen, och äro ej fullt tillfredsställande såsom generalprov. Särskilt gäller detta om proven från A och E, vilka togos vintertid, då malmbögarna endast delvis befriades från snö.

icke fördela sig jämnt över malmen, giva de intet *exakt* uttryck för dess genomsnittssammansättning, men de giva dock en ungefärlig föreställning om densamma. Tämliigen säkert kunna minst 6,000 m<sup>2</sup> av Rektorsmalmens till åtminstone 8,250 m<sup>2</sup> uppskattade malmarea beräknas bestå av malm med ca 6 % fosfor och ca 12 % onyttiga beståndsdelar.

Malmens finkornighet gör att den icke lämpar sig för anrikning. Två av förf. tagna prov, ett från Apollonia, det andra från Julia D, hava undersökts av prof. W. PETERSSON, som därvid fann det omöjligt att erhålla en fosforren järnslig och en tillräckligt järnfattig apatitprodukt. Ur Julia D erhöles dock den i större utsöndringar uppträdande apatiten relativt ren, med 15.25 % fosfor och 7 % järn. Den så utvunna kvantiteten utgör emellertid icke mera än 12 % av generalprovet från Julia D, under det att detta generalprovs hela apatithalt uppgår till 49.5 %. Anrikning av Rektorsmalmen är således ej ekonomiskt rimlig.

För att få undersökt denna malms lämplighet för difosfatmetoden togos två prov av samma malmer som anrikningsproven, vilka överlämnades till Aktiebolaget Difosfat för undersökning. Enligt den av professor W. PALMÆR lämnade redogörelsen (analyser, se ovan) krossades proven till 1 mm maximikornstorlek och så att blott 0.5 à 2 % stannade på 0.66 mm sikt. Provet från Apollonia bestod av > 0.1 mm = 46 %, < 0.1 mm = 54 %; det från Julia D av > 0.1 mm = 56 %, < 0.1 mm = 44 %. Utlakningen förlöpte normalt, och det erhållna difosfatet var av fullgod beskaffenhet. Utvinningen utgjorde i det förra provet 99.6 % och i det senare 99.8 % av apatithalten. Ofördelaktig är malmens höga halt av kvarts och fältspat (11 à 12 %), som nedsätter järnhalten i den efter urlakningen återstående järnmalmsligen. Utlakningsresten (malmsligen) höll i Apolloniaprovet 56.07 % järn och 0.010 % fosfor, och i provet från Julia resp. 53.46 och 0.015 %.

### Nokutusvaara.<sup>1</sup>

*Läge m. m.* Nokutusvaara malmfält ligger vid västra foten av berget med samma namn och ca 4 km NO om Kiruna malmbangård. Fältet omfattar 6 utmål, som bilda en i SV—NO riktad kedja mellan sjöarna Nokutusjärvi och Syväjärvi.<sup>2</sup> De båda sydvästligaste utmålen,

<sup>1</sup> Jfr s. 8.

<sup>2</sup> Förr räknades hit även det isolerade utmålet Kalix, NO om sjön Syväjärvi, vilket numera kallas Syväjärvi malmfält, ett namn som förut betecknade några senare sönade inmutningar V om sjön ifråga.

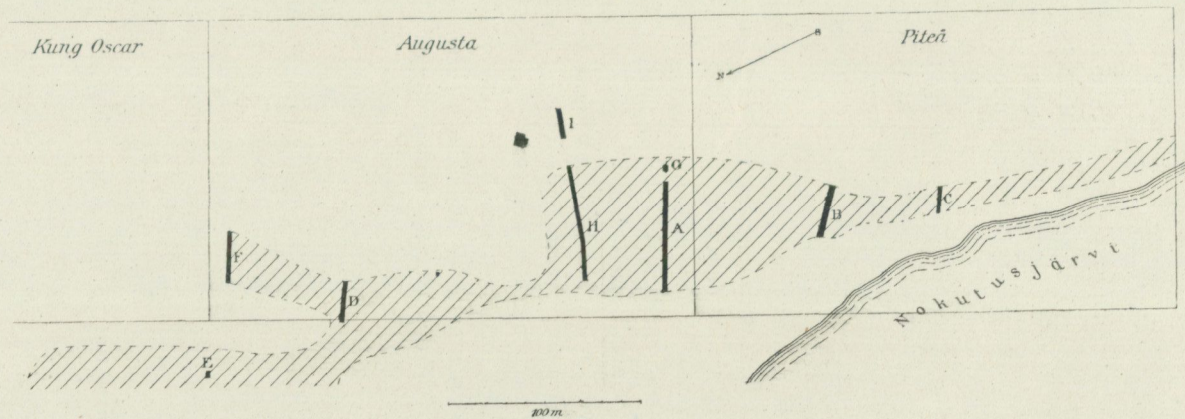


Fig. 11. Karta över södra delen av Nokutusvaara malmfält. Skala 1 : 4000. Blotningar på de viktigare malmerna äro angivna i svart, sannolik malm med streckning. Bokstäverna hänvisa till beskrivningen i texten.

Anna och Gustaf, innehålla mycket obetydliga malmtillgångar, åtminstone inom de delar, som falla utanför sjön Nokutusjärvi, och som sålunda kunnat undersökas.

*Äldre och nyare undersökningar.* Fältets geologi undersöktes år 1899 av S. G. U:s »malmfältsexpedition A», under ledning av nuvarande professor W. PETERSSON. Såsom PETERSSON framhåller i sin beskrivning,<sup>1</sup> var fältet vid denna tidpunkt ännu alltför ofullständigt blottat för att tillåta några slutsatser angående malmernas karaktärer och utsträckning. Ledaren av de för gruvägarens räkning bedrivna undersökningsarbetena, sedermera avlidne bergsingenjör C. ERICSSON, uppgjorde en kort beskrivning över fältet, vilken bl. a. ligger till grund för uppgifterna i »malmfältspropositionen» 1907.<sup>2</sup> Enligt denna skulle inom fältet »finnas trenne malmförande nivåer, i vilka malmen uppträder såsom vanligen tunna ränder i växellagring med Haukivaaraskiffer. Malmrändernas mäktighet kan någon gång uppgå till en eller annan meter eller undantagsvis något däröver men är i regel endast några decimeter eller därunder; deras längd är också rätt obetydlig. Stundom är också skiffern mellan malmränderna malminsprängd. Malmen är starkt förorenad av körtlar av fältspat samt små sprickfyllnader av kvarts och kalkspat och kan ej ens genom skrädning fås synnerligen rik; även inom de bästa partierna torde det vara svårt att komma till en järnhalt, överstigande 55 %; fosforhalten är ytterst varierande, emellan 0.1 och 2.3 %». Såsom de senare undersökningarna visat, föreligger här en missuppfattning av malmernas geologi och ett därav föranlett underskattande av malmtillgångarna. Även är fosforhalten mycket högre än den citerade beskrivningen uppgiver.

En magnetisk karta över fältet i skala 1:800 uppgjordes år 1900 av A. V. BUSK under överinseende av bergsingenjör C. I. ASPLUND.<sup>3</sup>

Fältets geologi undersöktes 1906—1907 av förf., och delvis även av N. ZENZÉN, under Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolags geologiska arbeten.<sup>4</sup> Några nya blottningar företogos ej, men undersökningen antydde sannolikheten av att såväl malmtillgångarna som malmens fosforhalt underskattats av ERICSSON. Denna uppfattning föranledde de av förf. ledda undersökningsarbetena 1918. Dessa bestodo i jordrymningar och sprängningar (för erhållande av friska prov för analys m. m.). Först upprensades en del igenrasade äldre gropar. Därefter upptogs nya, med ledning av de magnetiska förhållandenas beroende

<sup>1</sup> »Jukkasjärvi malmtrakt», S. G. U., ser. C, n:r 183.

<sup>2</sup> Kungl. Maj:ts nåd. proposition n:r 107 till 1907 års riksdag.

<sup>3</sup> Kartan samt en kopia av ERICSSONS beskrivning förvaras av Malmkommissionen.

<sup>4</sup> De geologiska resultaten äro skildrade i förf:s ovan citerade arbete »Igneous rocks and iron ores» etc.

av de geologiska, i den mån detta kunde bedömas av de förut blottade områdena.

Jordbetäckningen är ordinär morän, med i allmänhet 1.2—2.0 m mäktighet. Det visade sig snart, att den största tillgången av samlad malm låg i västra delen av utmälen Piteå och Augusta (jfr fig. 11), varför arbetet koncentrerades på denna del av fältet. Analysproven togos på samma sätt som ovan beskrivits för Rektorsmalmen.<sup>1</sup> Dessutom togos en del prov för anriknings- och difosfatförsök.

*Översikt av de geologiska förhållandena.* Inom Nokutusvaara malmfält kan man urskilja en västligare zon, inom vilken malmerna nästan alltid bestå av magnetit, samt en östligare, med fattiga blodstensmalmer tillhörande Haukikomplexens blodstenszon. De senare berördes ej alls under 1918 års undersökningar. Den följande beskrivningen gäller uteslutande magnetitzonen.

Vid förf:s föregående undersökningar hade antagits, att de bergarter, i vilka magnetitmalmerna uppträda, hörde samman med den s. k. liggväggskomplexen av syenitporfyriska bergarter. Då de överlagras av typiska »undre Hauki»-bergarter, antogs, att kvartsporfyrer, som både SV och NO om malmfältet uppträder mellan de nämnda komplexerna, saknades inom detsamma. Nu har emellertid i två gropar (A och B) längst i V träffats en bergart, som ehuru starkt omvandlad kan med ganska stor säkerhet identifieras med kvartsporfyrer. Den stora malmen i utmälen Piteå och Augusta torde sålunda i V begränsas av denna porfyr, och den malmerna i övrigt omgivande bergarten får räknas till undre Haukikomplexen. Den stora malmens läge blir således analogt med Rektorsmalmens. Bergarten Ö om denna malm har en syenitporfyr sammansättning och stundom mycket väl bevarad mikrostruktur, men är på andra ställen mycket grundligt omvandlad eller pressad, eller båda delarna. Stupningen inom fältet synes genomgående vara brant mot OSO, ca 80°.

För beskrivningen av malmernas förekomstsätt kan magnetitzonen lämpligen delas i fyra delar, nämligen södra, västra, östra och norra fältet. Som »södra fältet» betecknas den stora Piteå-Augusta-malmen, som från utmålet Piteå, där den är blottad bl. a. i groparna C och B (jfr fig. 11), med stor bredd fortsätter in i utmålet Augusta (A, G och H), varefter den tvärt avsmalnar, för att sedan åter tilltaga i bredd vid D och slutligen vid F börja fingra ut i gråberg. Sammanhanget mellan H och D är dock icke säkert bevisat. Denna malm består av magnetit och apatit samt ofta rätt mycket karbonat (dels kalkspat, dels dolomitspat och brunspat) och kvarts, ävensom ibland

<sup>1</sup> Flertalet prov analyserades av Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag, Kiruna.

något glimmer, klorit och albitfältspat. Magnetiten är i groparna A, B och H delvis företrädd av järnglans. Gråbergssinneslutningar förekomma endast i F. »Västra fältet» ligger V om utmålet Augustas norra del och Kung Oscars södra. Att döma av kompassdraget råder vid D sammanhang med den nyss beskrivna malmen. Å västra fältet, som faller utanför det utmåslagda området, finnes ingen annan blotta än gropen E, som visar samlad malm. »Östra fältet» omfattar de östra delarna av Augusta och Kung Oscar, norrut ungefär till mitten av sistnämnda utmål. Där är malmen mera rik på kvarts och glimmer, så att halten av malmineral och apatit nedsättes. Vidare förekomma talrika »inlagringar» av mer eller mindre omvandlad syenitporfyr. Förhållandet mellan denna och malmen är detsamma som i F. »Norra fältet» omfattar norra hälften av utmålet Kung Oscar samt Överste-löjtnanten NO om detta. Malmen uppträder där såsom slirartade gångar i syenitporfyr, håller inneslutningar av denna och är själv fältspat-haltig. Malmtilgångarna äro här små, och såväl järn- som fosfor-halterna relativt låga.

*Södra fältet.* I den sydligaste fullständiga profilen, gropen C i ut-målet Piteå, är malmbredden 13.4 m. Härav är ca 3.5 m närmast hängandet tät, mycket hård malm, med (enligt 2 analyser<sup>1</sup>) 55.1—56.0 % järn och 0.87—1.59 % fosfor. Resten är apatitrik, relativt grovkornig, »grynig», med apatiten dels fläckvis utsöndrad, dels mera jämnt fördelad. En del av malmen håller mycket dolomitspat och något kvarts. Järnhalten är 33.6—48.1 %, fosforhalten 5.75—3.63 % (3 analyser).

I gropen B är malmbredden 28.30 m. Närmast hängandet är fosforrik, rätt tät malm, som på 18 m bredd, från malmgänsen räknat, enligt generalprov håller 43.5 % järn och 3.52 % fosfor (analys av GRABE & PETRÉN, Stockholm). Resten är »grynig» malm, karbonat-haltig liksom i C, med 56.1—56.5 % järn och 1.81—0.168 % fosfor (3 analyser).

I A är malmbredden ej mindre än 59.7 meter; sannolikt samman-hänger även den i G blottade malmen med denna, så att totala malmbredden är minst 68 m. Profilen i A delades i flera sektioner med olika fosforhalt, nämligen, från hängandesidan räknat.<sup>2</sup>

	Bredd.	% järn.	% fosfor.
$\alpha$ . . . . .	11 m	51.0	2.28
$\beta$ . . . . .	8 »	50.4	4.08
$\gamma$ . . . . .	20 »	42.8	5.08
$\delta$ . . . . .	85 »	55.2	2.33
$\epsilon$ . . . . .	12.2 »	38.2	5.05

<sup>1</sup> Där ej annat anges, avses analyser utförda å Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolags laboratorium i Kiruna.

<sup>2</sup> Analyssiffrorna på alla generalprov, analyserade å GRABE & PETRÉNS laboratorium. Siffrorna för sektionen  $\delta$  äro dock medeltal av 4 prov med ca 2 m inbördes avstånd, analyserade av L. K. A. B. i Kiruna.

I gropen H blottades malmgränsen endast i hängandet. Malmbredden är minst 60 m. Den genomsnittliga fosforhalten är särdeles hög i denna profil. 28 prov, tagna med ca 2 m mellanrum, visa såsom medeltal 46.1 % järn och 4.85 % fosfor. Endast 2 analyser gå under 2 % fosfor (den lägsta har 1.68 %), den fosforrikaste har 9.14 %.

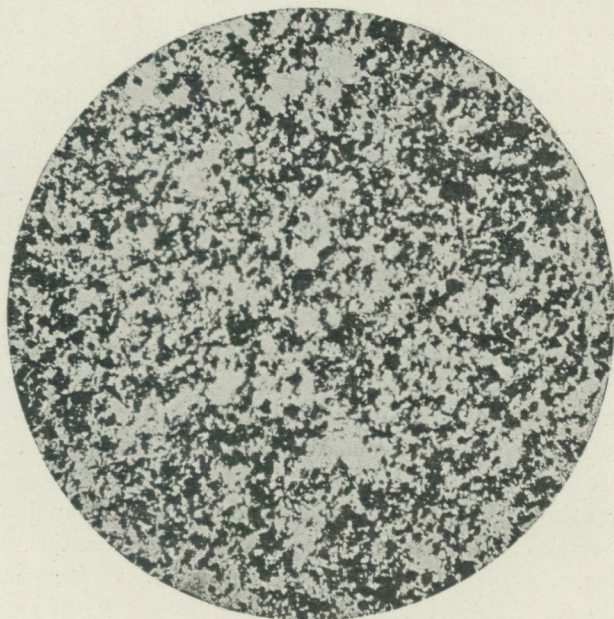


Fig. 12. Mikrofotografi av apatitrik malm från diket H, Nokutusvaara malmfält. Vanl. ljus, först. 20 ggr. Svart är magnetit, vitt är apatit samt litet kvarts och karbonat. Analys av större prov visar 32.3 % järn och 9.14 % fosfor.

Även i gropen D är blott hängväggsgränsen blottad. Malmbredden är minst 25.20 m. Malmen är genomgående fosforrik. Generalprov av 16 m malmbredd närmast hängandet gav 47.3 % järn och 4.57 % fosfor (GRABE & PETRÉN). I återstoden av malmbredden torde fosforhalten vara ungefär densamma, men järnhalten lägre, ty här inkommer mera kvarts, karbonat och klorit.

I F är malmen något fosforfattigare, och starkt uppblandad med gråberg.

Malmarean kan för den genom groparna C, B, A, G och H blottade malmkroppen uppskattas till 9,000 m<sup>2</sup>, vartill kommer åtminstone ca 1,000 m<sup>2</sup> SV om C, och sannolikt ca 2,000 m<sup>2</sup> omkring D (med frånräkning av den gråbergsblandade malmen närmare F, m. m.). Södra fältets area av samlad malm kan således beräknas till 12,000 m<sup>2</sup>.

Den enda blottan i »västra fältet», gropen E, visar malm med 52.6 % järn och 1.31 % fosfor. Östra och norra fälten äro redan tillräckligt skildrade i den geologiska beskrivningen.

*Nokutusvaaras apatit ur teknisk synpunkt.* Såsom av beskrivningen framgår, föreligger inom detta malmfält en betydande tillgång av samlad malm med genomgående hög fosforhalt. Emellertid nedsättes malmens värde av den delvis höga halten — 8 à 15 % — av onyttiga beståndsdelar, främst karbonat och kvarts.

Kismineral hava påvisats endast helt lokalt och i ringa mängd. ERICSSON hade tolkat rostfläckar i malmen såsom uppkomna genom vittring av kis. De torde emellertid oftast härröra från ett järnhaltigt karbonat.

Vid arbetena 1918 avsågs i första hand att utröna, huruvida någon del av malmen kunde anrikas på apatit, i och för superfosfatframställning. Ett antal av förf. tagna generalprov blevo därför överlämnade till professor W. PETERSSON för provanrikning. Det visade sig emellertid, att malmens finkornighet samt förekomsten av en del blodsten omöjliggöra en tillfredsställande separation. Som en ofördelaktig omständighet tillkommer även, att apatitproduktens fosforhalt hålles nere av de övriga i malmen ingående icke järnhaltiga mineralen.

Till Aktiebolaget Difosfat överlämnades två prov, som behandlades på samma sätt som proven från Rektorsmalmen (jfr s. 44). Det ena, från sektionerna  $\gamma$  och  $\varepsilon$  i A, höll 36.0 % järn, 4.79 % fosfor och 4.22 %  $\text{CO}_2$  (motsvarande 9.6 %  $\text{CaCO}_3$ ). Det andra, representerande ca 12 m i profilen H, höll 36.0 % järn, 6.40 % fosfor och 1.61 %  $\text{CO}_2$  (motsv. 3.7 %  $\text{CaCO}_3$ ). Det förra provet var alltför karbonatrikt för att användas oblandat. Anmärkas må, att det representerar en relativt karbonatrik del av malmen. Det senare gav en utvinning av 99.7 % av apatithalten. Det gäller uppenbarligen om Nokutusvaaramalmen lika väl som om Rektorsmalmen, att den urlakade järnmalmens värde nedsättes av den höga halten av kvarts m. m., vars bortskaffande skulle kräva en särskild anrikningsprocess.

### Övriga lappländska malmfält.<sup>1</sup>

*Svappavaara* malmfält, med en malmarea av ca 50,000 m<sup>2</sup>, beräknas hålla i genomsnitt 61 à 62 % järn och 0.6 à 0.7 % fosfor. De högsta fosforhalterna överstiga ej 3.2 %. *Ekströmsberg*, med samma

<sup>1</sup> Uppgifterna efter W. PETERSSON i »Jukkasjärvi malmtrakt» och »Iron ore resources of the world».

malmarea, är fosforrikare, i det att huvudmalmen i genomsnitt håller 1.27 % fosfor och övriga malmer ungefär lika mycket. Den högsta iakttagna halten är dock endast 2.42 %. *Leveäniemi*, med minst 32,000 m<sup>2</sup> samlad malm, är en i allmänhet fosforfattig förekomst. Undantagsvis uppgår halten där till 1 % eller högre.

Övriga malmfält i Lappland kunna här förbigås, då de antingen äro fosforfattiga, såsom skarnmalmen av Masugnsbytypen, eller mycket obetydliga.

## Världens fosfattillgångar.

I det inledande kapitlet erinrades om den politik med avseende på fosfatraämnena, däruti inbegripet fosforrik järnmalm, som under de före världskriget rådande handelspolitiska förhållandena var den för Sverige naturliga: export av större delen av den egna produktionen av fosforrik järnmalm, och import av råfosfat för superfosfatframställning. Förutsättningarna för denna politik voro goda avsättningsmöjligheter för svensk toasmalm i utlandet och tillgång på billigt råfosfat. Det kan icke för ögonblicket bedömas, huruvida man nu kan vänta en återgång till dessa förhållanden, eller om den stabilisering av de ekonomiska förhållandena, som man hoppas på, kommer att resultera i någon förskjutning i detta avseende. Huru som helst är det tydligt, att världsläget ifråga om tillgång och efterfrågan på fosfatraämnena blir i väsentlig grad bestämmande för huruvida det för Sverige, som har tillräckligt stora egna tillgångar, kan vara av någon ekonomisk fördel att i större utsträckning än hittills övergå till »självhushåll» med avseende på fosfaten. Därför skola vi, innan vi i nästa kapitel övergå till att skissera de för ett dylikt fall möjliga vägarna, här taga en överblick över världstillgången på fosforit och fosforrik järnmalm. Sant är visserligen, att man också bör räkna med eventuella statsåtgärder i de fosfatexporterande länderna, såsom exporttullar eller t. o. m. licenssystem, men även dessa eventualiteter torde ytterst bliva beroende på råmaterialtillgångarna inom det egna landet och på den eventuella köparens möjligheter att från annat håll erhålla samma produkt.

Råfosfatproduktionen har utmärkts av en egendomlig, ryckvis skeende utveckling, i det att stora, förut okända eller underskattade tillgångar upptäckts och hastigt exploaterats i stor skala. De central- och västeuropeiska fosforittillgångarna voro redan ganska hårt anlitade, då 1889 de mycket stora förekomsterna i Florida upptäcktes, vilket åstadkom en revolution i fosfatprisen. Förut kände man i Amerika fosfat endast i South Carolina. Så tillkommo 1893 fynden i Algier, 1894 i den amerikanska staten Tennessee, 1899 i Tunis, 1900 på en

del Söderhavsöar och 1906 i de amerikanska väststaterna (Wyoming, Utah, Idaho, Montana).

Att även de väldigaste tillgångar, sådana som de västamerikanska, kunnat länge undgå upptäckt, beror på fosforitens föga i ögonen fallande utseende, som gör att ej blott den malmletande »prospektorn», utan också den geologiskt skolade forskningsresanden lätt kunna förbise dylika fyndigheter. Man har därför också rätt att hoppas på nya upptäckter inom hittills föga utforskade länder. Sålunda antyder fyndet av betydande fosfatförekomster i Egypten (omkring 1908), av samma geologiska ålder som de, vilka brytas i Algier och Tunis, att de mellanliggande, ytterst obetydligt undersökta delarna av Nordafrika kunna hysa ännu okända fyndigheter.

Fosforitproduktionen år 1913 uppgives av W. H. WAGGAMAN<sup>1</sup> till följande siffror:

Algier . . . . .	461,030 metr. ton.
Belgien <sup>2</sup> . . . . .	178,455 » »
Canada . . . . .	349 » »
Christmas Island <sup>3</sup> . . . . .	150,005 » »
Egypten . . . . .	101,311 » »
Frankrike . . . . .	335,000 » »
Förenta Staterna . . . . .	3,068,604 » »
Holländska Västindien . . . . .	1,850 » »
Japan . . . . .	19,047 » »
Ryssland . . . . .	25,000 » »
Spanien . . . . .	3,548 » »
Söderhavsöar:	
Angaur (Palau) . . . . .	90,000 » »
Makatea . . . . .	82,000 » »
Ocean Islands . . . . .	250,000 » »
Tunis . . . . .	2,284,678 » »
Summa	7,050,877 metr. ton.

Fosforitens halt av trikalciumfosfat är växlande. Lägst är den i Belgien och Frankrike med ca 50 %, i Algier och Tunis uppgår den i genomsnitt till ca 60 %, i Förenta Staterna till ca 74 %, och på Söderhavsöarna och Christmas Island än högre, upp till 82 %.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> The mineral industry, 1916, utgiven av G. A. ROUSH.

<sup>2</sup> Exporterad kvantitet.

<sup>3</sup> Engelsk besittning, belägen söder om Java.

<sup>4</sup> Siffrorna äro hämtade ur L. DE LAUNAY, Gîtes minéraux et métallifères (Paris 1913).

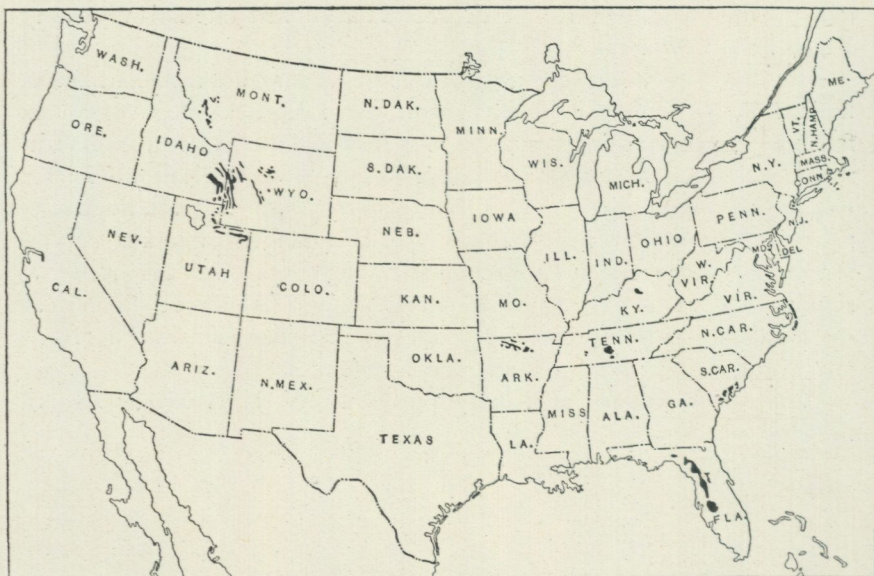


Fig. 13. Karta över Förenta Staterna, visande (i svart) fosforitförekomsternas utbredning. Efter PHALEN.

De europeiska ländernas produktion är sålunda relativt obetydlig, så att de måste importera en större eller mindre del av sitt behov av råfosfat, huvudsakligen från Förenta Staterna, Nordafrika och Söderhavsoarna (inkl. Christmas Island). Även Frankrike, som ju har en betydande produktion, importerar från sina nordafrikanska biländer. I Ukraina och södra delarna av Stor-Ryssland ligga de största europeiska fosforit tillgångarna. Dessa äro tämligen fattiga, och kunna näppeligen komma ifråga för export, men de kunna förväntas fylla det ryska jordbrukets eget behov, när detta en gång börjar att konsumera konstgödning i större kvantiteter. För andra länder äga de intresse därigenom, att Ryssland tack vare dem icke kan förväntas uppträda såsom konkurrent om transoceanska fosfat.

De viktigaste fosforitexporterande länderna äro, såsom redan nämnts, Förenta Staterna, Franska Nordafrika och vissa Söderhavsoar; de båda förstnämnda bestämma i huvudsak läget på världsmarknaden.

I *Förenta Staterna* finnes fosforit i Florida, South Carolina, Tennessee, Kentucky, Arkansas, Wyoming, Utah, Idaho och Montana (jfr fig. 13). Intill de senaste åren är det nästan uteslutande de tre förstnämnda staterna, som biäragit till produktionen (jfr fig. 14). Exporten kommer nästan uteslutande från Florida, och uppgår normalt till 40 à 50 % av hela landets årsproduktion (fig. 15).

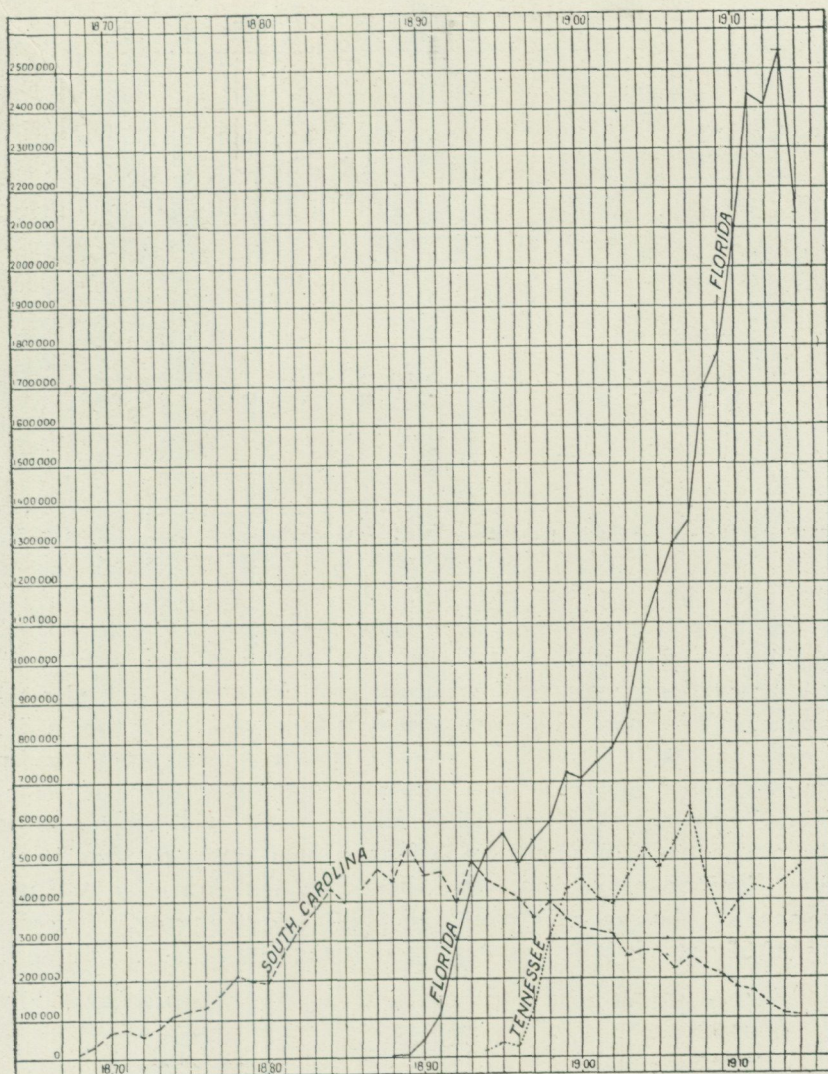


Fig. 14. Diagram, angivande i long tons den försälda fosforitproduktionen i Florida, South Carolina och Tennessee (jordbrukarnes husbehovsbrytning icke inberäknad). Efter PHALEN.

Den allmänna oro för de mineraliska råmnestillgångarnas snara uttömmande, som nådde sin höjdpunkt för omkring 10 år sedan, och som på många håll gav impulsen till närmare kvantitetsberäkningar, föranledde i Förenta Staterna en utredning, vars resultat publicerades

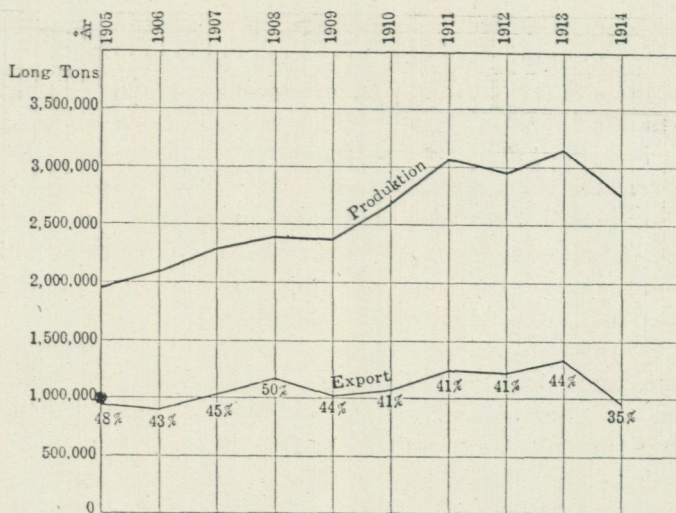


Fig. 15. Diagram, visande förhållandet mellan produktion och export av fosforit i Förenta Staterna, 1905—1914. Efter PHALEN.

under titeln »Conservation of mineral resources».<sup>1</sup> Författaren av kapitlet om fosforit, F. B. VAN HORN, konstaterar först, att av 1907 års produktion, 2,265,000 ton,<sup>2</sup> 40 procent exporterades. Undersökningar i Wisconsin, Ohio och Illinois hava visat, att åkerjorden där förlorar en tredjedel av sin fosforhalt på 54 år. Utgående från en endast hälften så hög siffra för Förenta Staternas åkerjord i genomsnitt, kommer VAN HORN till ett årsbehov av 6 millioner ton fosfat för att motverka utsugningen på fosfor. Med kravet på ökad intensitet i jordbruket följer, att detta belopp måste överskridas. VAN HORN kommer genom en mycket försiktig beräkning av Förenta Staternas fosfortillgångar till det resultat, att de uppgå till:

South Carolina . . . . .	3,000,000 tons.
Florida . . . . .	15,000,000 »
Tennessee . . . . .	103,500,000 »
Västern . . . . .	100,000,000 »

Summa 221,500,000 tons.

Med dessa siffror för ögonen kan man icke förvåna sig över författarens slutsats: »We will have enough to do to take care of our own farm lands without shipping our phosphate rock to foreign

<sup>1</sup> Bulletin 394, United States Geol. Survey (tryckt 1909).

<sup>2</sup> Förmodligen avses long tons om 1016 kg.

countries, and in justice to future generations exportation should be stopped».

Sedan detta skrevs ha fortsatta undersökningar givit en annan och högst väsentligt ljusare bild av Förenta Staternas resurser på detta område. Framför allt har det befunnits, att fyndigheterna i de västra staterna äro ofantligt mycket större än man förut vågat räkna med. Dessa förekomster bilda regelbundna sedimentära lager (av karbonålder), vilka genom veckningar intagit uppresta lägen, och ligga i bergiga trakter, där de äro relativt lätt åtkomliga för brytning. De äro Förenta Staternas statsegendom (»public lands»).

I en år 1916 publicerad uppsats<sup>1</sup> har W. C. PHALEN, som för närvarande torde vara den förnämsta kännaren av Amerikas fosfattillgångar, givit en översikt av dessa. Han påpekar först åtskilliga möjligheter för tillvaratagandet av fattiga delar av de fosforitförande formationerna, och framhåller, att litet ansträngning och god vilja i detta avseende betyda bevarandet av väldiga värden, som med nuvarande metoder gå till spillo.

För Florida beräknar PHALEN följande minimisiffror:

»Hard rock» . . . . .	10,000,000 long tons
»Land pebble» . . . . .	190,000,000 » »

Den sistnämnda siffran torde komma att kunna höjas, genom användandet av bättre anrikningsmetoder. Förekomsterna av »river pebble» äro ej medräknade, på grund av svårigheten att få exakta siffror. I gamla varp, med i genomsnitt minst 10 %  $P_2O_5$ , beräknas finnas en kvantitet motsvarande 27 à 30 mill. ton prima fosforit.

För Tennessee beräknas:

»Blue rock» . . . . .	84,000,000 long tons
»Brown rock» . . . . .	4,000,000 » »

(»White rock» icke beräknad).

För South Carolina beräknas åtminstone 7 à 9 mill. ton, för Kentucky minst 1 mill., och för Arkansas 20 mill. ton. Alla dessa siffror äro dock obetydliga jämförda med dem som erhållits för väststaterna. Mycket grundliga undersökningar över dessa fosforitlager hava utförts av United States Geological Survey. PHALEN medtager i sin kalkyl föga mera än den mäktigaste bädden (1.5 à 1.8 m tjock) och denna blott inom de delar, där dess läge är sådant, att den redan nu kan anses brytvärd. Vidare räknar han endast med material som håller

<sup>1</sup> The conservation of phosphate rock in the United States (Bull. Am. Inst. Mining Engineers, 1916, s. 1901).

minst 65 procent tricalciumfosfat. Ehuru således varken de tunnare bäddarna av rik fosforit eller de väldiga mängderna av fattigare gods<sup>1</sup> medtagits, kommer PHALEN till en summa av 5,367,082,600 long tons för de t. o. m. år 1913 undersökta områdena. Sedan dess ha ytterligare fynd tillkommit.

Summan för Förenta Staterna blir således:

Florida . . . . .	227	mill. long tons
Tennessee . . . . .	88	» » »
South Carolina . . . . .	9	» » »
Kentucky . . . . .	1	» » »
Arkansas . . . . .	20	» » »
Wyoming, Idaho, Montana och Utah . . . . .	5,367	» » »
	Summa	5,712 mill. long tons

Med nuvarande produktion skulle tillgångarna på rika fosforiter i sydöststaterna räcka i minst 100 år. PHALEN framhåller emellertid, att en alltför stor procent av just det rikaste fosfatet exporteras. »The bulk of this exportation is from Florida, for obvious reasons. It is plain that the deposits in this State, more particularly, are being wastefully depleted under a system of selecting the cream of the product for exportation to Europe, leaving the comparatively low-grade rock, running from 65 to 70 per cent., and under, in bone phosphate of lime, for our own fertilizer manufacturers to work up when all the best rock is gone. — — — The important methods of production and conservation in Tennessee — — — ought to prove of educational value to our American agriculturists and fertilizer manufacturers, and should result in a demand for the highest-grade rock, both for direct application to the soil and for use in making acid phosphate. It is certainly evident that the European manufacturer is alive to the situation and is demanding the highest-grade rock from the Pacific Islands and from Florida. The cost of transporting in this country low-grade rock and the acid phosphate resulting from it, is another factor which should appeal to the self-interest, if to no higher motive, of the American producer, and user as well. This factor, as well as the important one of keeping our high grade rock at home, is the fundamental reason for a change in our policy with reference to our high-grade phosphate rock».

Tillgångarna i Väststaterna kunna på grund av sitt läge svårigen komma ifråga för export. Däremot komma de säkerligen att finna

<sup>1</sup> Om storleken av dessa reserver får man en föreställning genom det faktum, att ett 1908 undersökt område befanns innehålla 267 mill. ton med minst 70 procent fosfat och därjämte bl. a. minst 2,000 mill. ton med omkring 40 procent (United States Geol. Survey, Bull. 430 h.).

avsättning i västra Mississippibäckenets åkerbrukande stater, när dessa börja använda fosfatgödning i större utsträckning. Emedan fosforitlagren ligga i närheten av verk, där svavelsyra framställes av hyttgaser, är det ganska sannolikt att transporten österut kommer att ske i förädlad form och icke såsom råfosfat. På grund av den dominerande roll bland de prisbestämmande faktorerna, som frakterna måste spela, kan man förvänta prövning av dubbelsuperfosfatmetodens ekonomiska bärighet för detta fall.

För de europeiska fosfatkonsumenterna äga Väststaternas fosforitillgångar sin största betydelse därigenom, att de minska de inhemska amerikanska anspråken på de sydöstra staternas fyndigheter.

*Nordafrika.* De nordafrikanska fosforitlagren tillhöra avlagringar av äldre tertiär ålder (eocen). Några sammanfattande kvantitetsberäkningar finnas icke framlagda. Emellertid uppskattar DE LAUNAY<sup>1</sup> ensamt Gafsa i Tunis till minst 100 mill. ton, och för de veterligen ej ännu brutna fyndigheterna vid Djebel Onck i Algier har beräknats 300 à 400 mill. ton. Härtill komma alla de hittills brutna förekomsterna i Algier (Tebessa m. fl.). Det är sålunda tydligt, att fosforitillgångarna i Algier och Tunis torde något överträffa de amerikanska sydöststaternas, men ej vara jämförliga med förekomsterna i Västern. Halten uppgår i allmänhet till 58 à 68 procent trikalciumfosfat. Av exporten från Algier har 10 à 20 procent gått till Frankrike, för Tunis föreligga inga uppgifter i detta avseende.

*Söderhavsöarnas* fosforitillgångar synas vara jämförelsevis små, de pläga uppskattas till omkring 70 mill. ton. Kvaliteten är i allmänhet mycket god (80—82 procent fosfat).

För ett bedömande av fosforitillgångarnas livslängd och marknadens sannolika utveckling är det även nödvändigt att taga hänsyn till *tomasfosfattillverkningen*. Europas största järnmalmstillgångar — de lothringiska minetterna, våra Lapplandsmalmer och östra Englands minnettartade malmer — hava alla så hög fosforhalt, att de lämpa sig för tomasmetoden. De båda förstnämnda grupperna hava redan i stor utsträckning förädlats på detta sätt, och det förefaller föga sannolikt, att de tyska minettdistriktens inkorporering med Frankrike skall komma att för någon längre framtid medföra en minskning i produktionen. Då därjämte, såsom redan nämnts (s. 15), intresset för tomasmetoden synes vara i stigande i England, kan man förvänta, att den europeiska produktionen av tomasfosfat åtminstone ej skall bli mindre när de industriella förhållandena en gång stabiliserats efter krigets efterdyningar, än den var under åren närmast före kriget. Även om

<sup>1</sup> Ovan anförda arbete, I, s. 645.

någon ökning skulle ske, är det dock föga sannolikt att den kan hålla jämna steg med den säkerligen snabbt växande efterfrågan på fosforgödning. Även i Amerika, som i de s. k. Clintonhämatiterna (huvudsakligen i Alabama) och de med dessa likartade mycket stora malmerna vid Wabana på Newfoundland har riklig tillgång på fosforrik malm, synes tomasfosfatproduktionen vara i stigande.<sup>1</sup> Större delen av den amerikanska järnproduktionen är dock baserad på de relativt fosforfattiga malmerna från staterna kring Lake Superior, så att framställningen av tomasfosfat endast i ringa grad kan minska anspråken på landets fosforitlager. Det är därför att förvänta, att fosforiterna såväl i Amerika som i Nordafrika och på Söderhavsöarna komma att anlitas i stegrad utsträckning.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jfr ovan s. 15.

<sup>2</sup> Man måste även räkna med att länder, som förut icke använt konstgödning, snart nog komma att göra det. Betecknande är, att engelska myndigheter nyligen utfört en undersökning över det indiska jordbrukets förutsättningar och därvid bl. a. konstaterat en mycket stor brist på fosforsyra i åkerjorden (Nature, 1918, s. 506).

## Om möjligheterna för en ökad fosfatproduktion ur inhemskt råmaterial.

Den i de föregående kapitlen framlagda redogörelsen visar, att varken våra fosforitlager, våra apatitgångar eller vivianiten ingiva några som helst förhoppningar, och att sålunda de apatitrika järnmalmerna äro det enda slag av fosfatförekomster, med vilket man i vårt land har att räkna. Tillgångarna på dylik malm äro emellertid mycket stora. Våra mest betydande malmtillgångar tillhöra denna typ. Sålunda beräknas för

<i>Grängesberg</i> <sup>1</sup> 180,000,000 ton malm à 1.1 % fosfor, motsvarande . 1,980,000 ton fosfor	
<i>Gällivare</i> (Malmberget) 233,000,000 ton malm, därav D-malm minst 50 % <sup>2</sup> eller 116,500,000 ton malm à 0.95 % fosfor, motsvarande . 1,106,750	> >
<i>Kiirunavaara</i> 740,000,000 ton malm, varav D-malm 58 % <sup>3</sup> eller 429,200,000 ton à 1.8 % fosfor, motsvarande . . . . . 7,625,600	> >
och G-malm 26 % eller 192,400,000 ton à 2.5 % fosfor, motsvarande . . . . . 4,810,000	> >

Härtill komma de vida mindre kvantiteterna av *särskilt* fosforrik malm. För *Rektorsmalmen* erhålles, om man räknar med 6,000 m<sup>2</sup> malmarea med 6 % fosfor, i genomsnitt 100 m djupgående samt eg. vikt = 4, en kvantitet om 2,400,000 ton malm motsvarande 144,000 ton fosfor. *Nokutusvaara* ger med samma djupgående och eg. vikt och en malmarea om 10,000 m<sup>2</sup> 4,000,000 ton malm; om fosforhalten i genomsnitt antages vara endast 3.5 % motsvarar detta 140,000 ton fosfor.

Alla dessa mycket försiktigt beräknade malmtillgångar motsvara sålunda 15,806,350 ton, eller avrundat 16,000,000 ton fosfor.

Till dessa tillgångar av apatit i styckemalm är att lägga den kvantitet av samma mineral, som ingår i varpmalmen i Gällivare malmfält.

<sup>1</sup> Malmkvantitet över 750 m avvägning, enligt E. MALM (J. K. A. Bih., 1915, s. 176). Fosforhalten beräknad efter de senaste årens brytning.

<sup>2</sup> Proportionen D-malm och dess fosforhalt antagna av förf. med ledning av statistiken.

<sup>3</sup> Proportionerna mellan olika kvaliteter ävensom fosforhalterna äro uppskattade med ledning av statistiken.

Om man söker efter en utväg att i större skala än hittills förädla dessa fosfattillgångar inom landet, så ligger det ju beträffande styckemalmen närmast till hands att tänka på en ökning av den redan pågående framställningen av *tomasfosfat*. Utsikterna i detta avseende äro i första hand beroende av de svenska verkens möjligheter att på den inhemska marknaden konkurrera med utländska företag ifråga om tomasstål. På senare tid har från åtskilliga håll den uppfattningen gjorts gällande, att utsikterna i detta avseende äro ganska ljusa. Sålunda planeras betydande utvidgningar vid Domnarvet, men även anläggningen av ett verk vid kusten har diskuterats. Domnarvet kommer naturligtvis även för framtiden att använda Grängesbergsmalm. Enligt uppgifter, som välvilligt lämnats av verkets ledning, räknar man i utvidgningsplanerna med en tomastackjärnsproduktion om ca 150,000 ton pr år. Skulle den använda malmens sammansättning motsvara genomsnittet för Grängesbergs apatitmalm, 61 % järn och 1.1 % fosfor, så bleve tackjärnets fosforhalt omkring 1.7 % och den totala fosformängden omkring 2,550 ton, sålunda ungefär  $\frac{1}{7}$  av landets totala fosforbehov. Emellertid är den nämnda fosforhalten i tackjärnet relativt låg, och kan med fördel höjas därigenom att en del fosforrikare malm tillsättes beskickningen. En höjning till 2 % fosfor i tackjärnet skulle motsvara årsproduktionens ökning till 3,000 ton fosfor, och mot 2.5 % skulle svara 3,750 ton fosfor i form av tomasfosfat. Hittills har såsom tillsats använts den fosforrika malmen från Timmergruvan i Grängesberg (jfr s. 23). För en tomastackjärnsproduktion av nyss angivna storlek torde dock detta malmparti icke räcka länge.<sup>1</sup> Det kan därför ifrågasättas, huruvida icke Rektorsmalmen kan komma till användning för detta ändamål. Jämförd med Timmergruvemalmen har den visserligen en mycket lång frakt till Domnarvet och något lägre järnhalt, men den har å andra sidan ungefär dubbelt så hög fosforhalt som den förra. Man kan även tänka sig den mera komplicerade vägen, att malmen nedsmältes i Lappland och det fosforrika tackjärnet (med ca 14 % fosfor) transporterades till Domnarvet. Man hade då att frakta endast ca 45 % av malmens vikt.<sup>2</sup> Vid ett eventuellt järnverk vid kusten skulle dylik malm naturligen ställa sig billigare än vid Domnarvet. Även Nokutusvaaras malm kan användas på samma sätt, men

<sup>1</sup> Fosformängden beräknas till 10,200 ton (340,000 ton malm à 3 % fosfor).

<sup>2</sup> Ett med det föreslagna jämförligt förfarande tillämpas på ett ställe i Amerika, där man av fosforit och järnmalm framställer ferrosfosfor, som användes till reglerande av fosforhalten vid ståltillverkning. Jfr J. A. BARR, Ferrophosphorus manufacture at Rockdale, Tenn. (Eng. & Mining Journal, 1914, s. 1190).

dess lägre fosforhalt gör den mindre lämplig än Rektorsmalmen, dessutom bliva brytningskostnaderna högre.<sup>1</sup>

Man kan även tänka sig användningen av någon speciell metallurgisk metod för fosfors utvinnande ur de fosforrikaste malmerna, vilkas tackjärn får för hög fosforhalt för att oblandat kunna användas i tomaskonvertern. Utom modifikationer av den basiska martinmetoden kan anföras det ovan s. 15 omnämnda förfarandet att i elektrisk ugn med begränsad koltillgång erhålla fosfor i slaggen redan vid malmens reduktion.

En annan utväg att förädla styckemalmens fosforhalt erbjuder *difosfatmetoden*. Med användande av denna metod kan man ur en apatitrik järnmalm extrahera och sedan såsom difosfat utfälla fosforhalten, med kvarlämnande av en fosforfattig och sålunda i flertalet malmer även järnrik slig. Ovan s. 44 finnas anförda siffror för den anförda graden av finkrossning vid behandlingen av några prov (vartdera om 10 à 12 kg) från Rektorsmalmen och Nokutusvaara, ävensom den procentuella utvinningen av deras fosforhalt. Den för metoden lämpligaste malmen torde vara Kiirunavaaras G-malm, med ca 2.5 % fosfor. Visserligen kan fosforrikare malm erhållas exempelvis från Rektorsmalmen, men i detta fall nedsattes den erhållna sligens järnhalt och därmed dess värde av en väsentlig kvartshalt, vars bortskaffande skulle kräva våtmekanisk anrikning och således bliva en förhållandevis dyrbar uppgift.

Difosfatbehandling av styckemalmen kan möjligen öppna en väg att i större utsträckning än hittills förbruka den fosforrika malmen inom landet. Det är dock här fråga om ett utgångsmaterial, som även nu har stort värde, låt vara att det exporteras såsom råvara. Den föreslagna difosfatframställningen ur *apatithaltigt anrikningsavfall* från Gällivare malmfält, som ovan omnämnts, skulle däremot utnyttja ett annars värdelöst råmaterial. I det förra fallet användes ett relativt dyrt utgångsmaterial, som utom difosfat ger en värdefull järnslig, i det senare ett billigt utgångsmaterial, som ger difosfat och en värde-

<sup>1</sup> Enligt 1907 års malmfältsavtal erhöll staten äganderätten till bl. a. Nokutusvaara malmfält, samt för tiden 1908—1937 nyttjanderätten till Luossavaara malmfält, som även innefattar Rektorsmalmen och som vid nämnda periods utgång skulle tillfalla staten med full äganderätt. Samtidigt bestämdes emellertid, att staten under sagda tid icke inom fälten ifråga får bryta malm annat än för järn- och ståltillverkning inom landet. För Nokutusvaara m. fl. fält gäller överenskommelsen oförändrad. Däremot har staten genom avtal år 1918 på vissa villkor överlåtit nyttjanderätten till Luossavaara malmfält på Trafikaktiebolaget Grängesberg—Oxelösund och Norrbottens Jämverks Aktiebolag. Enligt avtalets § 5 äro bolagen skyldiga att tillhandahålla staten intill 100,000 ton malm per år till ett pris motsvarande självkostnaden ökad med 10 %. Denna malm får icke användas för annat än järn- och ståltillverkning inom landet. Ehuru det vid avtalets uppgörande ej räknades med eventualiteten av någon brytning å Rektorsmalmen, torde det samma ej kunna förväntas komma att lägga hinder i vägen för en sådan brytning, därest den annars befinnes fördelaktig.

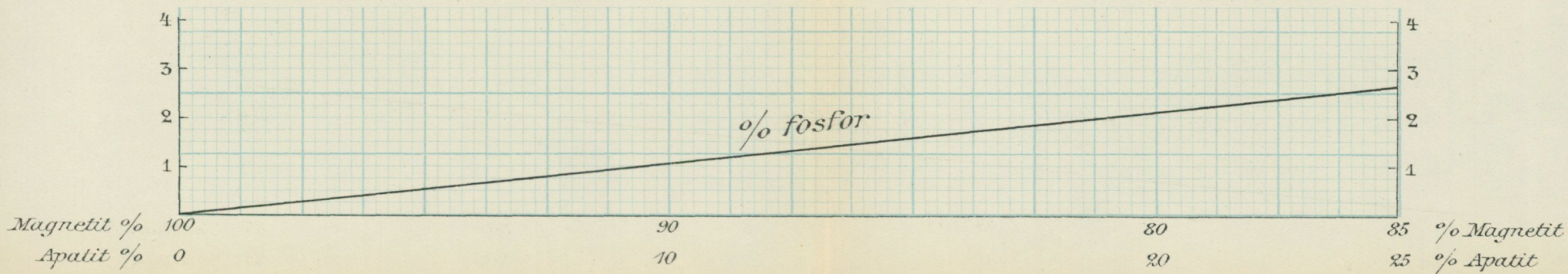
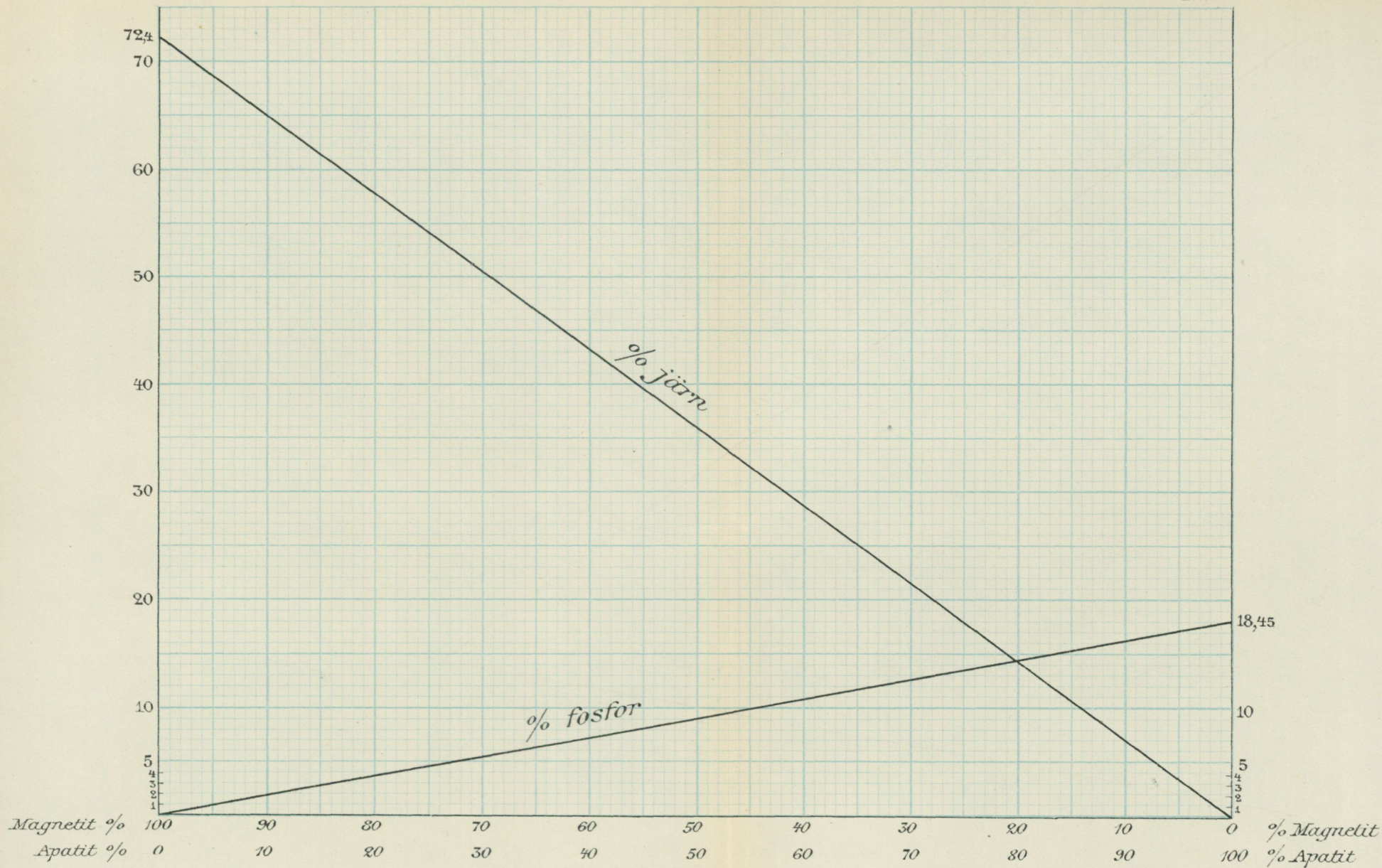
lös utlakningsrest. Erfarenheterna från apatitanrikningen år 1918 antyda visserligen en annan väg för tillvaratagande av varpmalmens apatithalt, nämligen att uttaga en apatitrik produkt redan under malm-anrikningens gång, men den ekonomiska bärigheten av ett dylikt förfarande torde ännu få dragas i tvivelsmål, i varje fall måste man avvakta någon tids erfarenhet från verkets drift, innan saken kan över-skådas.

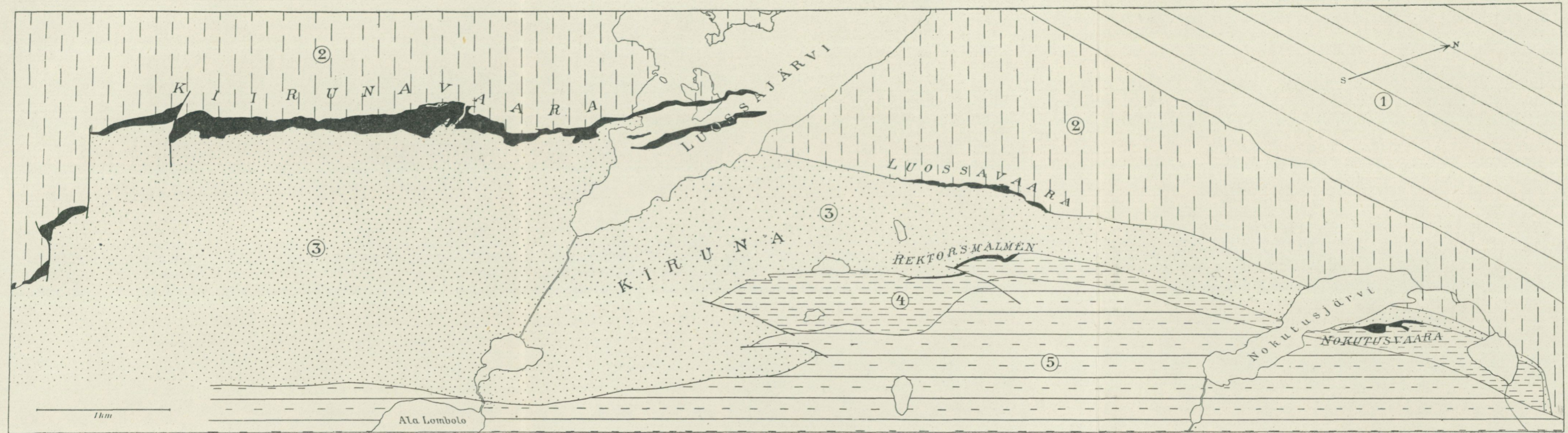
Härmed har lämnats en översikt över de vägar för ett ökat utnyttjande inom landet av våra fosfattillgångar, vilka äro tekniskt möjliga och i ekonomiskt hänseende åtminstone ej orimliga. En ingående granskning ur ekonomisk synpunkt kan icke anses falla inom ramen för denna sammanställning, som redan utsträckts till gränsområdena för vad som kan kallas tillämpad geologi.

### Anmärkningar till tabl. 1.

Tavlan angiver förhållandet mellan järn- och fosforhalterna i en blandning av magnetit och fluorapatit. Med kännedom om dessa halter i en malm erhålles av diagrammet malmens halt av andra mineral än malmineral och apatit, t. ex. kvarts. Siffran blir dock endast ungefärlig, om malmen håller blodsten (järnhalt 70.0 %). För malm med en väsentlig halt av andra lösliga järmineral, såsom järnspar, är skalan ej användbar. Dylika mineral förekomma dock ej i någon större mängd i de svenska fosforrika järnmalmerna.

---





Geologisk kartskiss över trakten omkring Kiruna, sammanställd efter äldre och nyare undersökningar.. Skala 1:30 000.

Svart betecknar järnmalm; 1 är Kurravaarakomplexen (grönsten och konglomerat), 2 syenit och syenitporfyr (»liggväggsbergarter»), 3 kvartsförande porfyr (»hängväggsporfyr»), 4 Haukikomplexens undre, blodstensförande avdelning, och 5 dess övre avdelning (fyllit, gråvacka, kvartsitsandsten). Förkastningar heldragna linjer.

STOCKHOLM 1919. KUNGL. BOKTRYCKERIET. F. A. NORSTEDT & SÖNER. 193193