

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE NR. 172.

HOSANGER
NIKKELGRUVE

AV
HARALD BJØRLYKKE

MED 9 TEKSTFIGURER, 1 KART OG ENGLISH SUMMARY

—(0)—

OSLO 1949
I KOMMISSJON HOS H. ASCHEHOUG & CO.

Innhold.

	Side
Forord	5
Beliggenhet	5
Historikk	6
Geologi	10
Norittbergartene	11
Malmene	14
Undersøkelsesarbeider	16
Malmmineraler	18
Svovelkis	19
Magnetkis og pentlandit	20
Kopperkis	20
Malmenes sammensetning	22
Malmenes dannelse	28
English summary	30
Geology	30
The ores	31
Research work	32
Ore minerals	33
Composition of the ores	34
The Formation of the ores	36
Litteratur	38

Forord.

Forfatteren har arbeidet som geologisk konsulent for Raffineringsverket A/S ved Hosanger gruver sammen med dr. C. W. Carstens siden 1939. Jeg har herunder tatt opp geologisk kart over gruveløstet og deltatt sammen med C. W. Carstens og gruveløstetens ledelse i planleggelsen av de utførte undersøkelsesarbeider.

Jeg vil herved få takke disse for at jeg har fått disponere materiale fra undersøkelsesarbeidet og fra gruveløstetens drift til denne beskrivelse, og vil rette en spesiell takk til A/S Raffineringsverkets direktør S. Giertsen og til ingeniørene Kjell Amdahl og S. Smith Meyer som har hjulpet meg meget under arbeidet ved gruveløstet.

De røntgenspektrografiske undersøkelsesarbeider er utført ved Geologisk Institutt med støtte av Norges Tekniske Høgskoles fond. Mikrofotografiene av malm er for en stor del utført av preparant Anker Iversen ved Geologisk Institutt i Trondheim, og rentegning av kart og profiler er utført av tegner frk. Engelsrud ved Norges Geologiske Undersøkelse.

Beliggenhet.

Hosanger gruve ligger på østsiden av Lonevågen på den vestlige del av Osterøya ca. 20 km NØ for Bergen. Der har vært drevet på 3 forskjellige forekomster, Nonås, Litland og Lien. Foruten disse gruver finnes der innen gruveløstetet en rekke skjerp som ved undersøkelse har vist seg å være uten verdi og hvor der ikke har foregått noen drift.

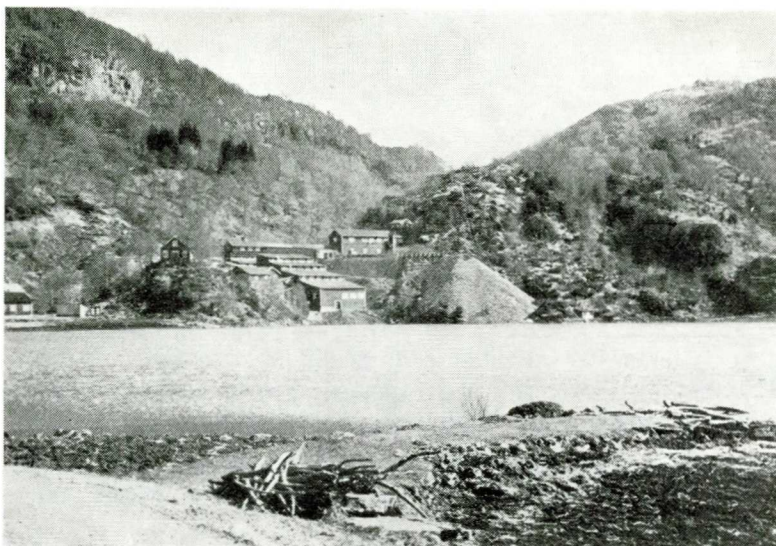


Fig. 1. Hosanger gruve. I forgrunnen Litlandsvannet.

Historikk.

Nikkelfeltene på Osterøya ble funnet i 1875 av en kolportør Riis fra Bergen og i 1882 ble der påbegynt en del undersøkelser av Varaldsø Mining Co. ved kaptein Barrat særlig på de sydligste forekomster ved Nonås.

Dette selskap drev gruve Bratlien som førte en kopperrik malm og Storgruven (Claudets gruve) inntil 1891.

I 1884 ble der brutt 150 m³ råmalm som var anslått å gi 300 t skeidemalm med 2 % Ni.

For 1885 oppgis et belegg på 15 mann i gruvene og det samlede antall dagsverk var 6371.

Etter en rapport av Chr. A. Münster av 15/1 1909 kostet driften av ort ca. kr. 50.00 pr. l. m og strosser kr. 7.00 pr. m³. Samme år oppgis at brytning av malm i »hoveddagsstrosse« kostet ca. kr. 2.00 pr. m³.

I 1884 ble der anlagt en vei fra gården Gjeitrem ved Lonevågen opp til Claudets gruve.

For årene 1886, —87 og —88 var utgiftene ved gruvene tilsammen kr. 64 344.77 og for dette ble produsert 3455 t eksportmalm, d. v. s. ca. kr. 18.60 pr. t. Om malms kvaliteten finnes følgende oppgaver:

1884	2 % Ni	2 % Cu
1885	3.75 % Ni	
1886—88	3 % Ni	
1890—91	2 % Ni	

Man kan således regne at Varaldsø Mining Co's drift i årene 1883—91 ga en ca. 3 % nikkelmalm til en produksjonspris ved gruve av ca. kr. 20.00 pr. t.

I 1890 ble der bygget en taubane fra Claudets gruve ned til en kai ved stranden nær Gjeitrem gård. I 1891 ble gruvene overtatt av A/B Os-Hommelvik kopparverk som dette år vesentlig drev dagbrudd i Claudets gruve. Driften ble nedlagt i 1894 etter at der var tatt ut ca. 20 000 t råmalm og utskedet ca. 10 600 t skeidemalm som ble eksportert. Samtidig ble ekstrasjonshytten på Hommelvik nedlagt da deres utvinningsmetode for nikkell viste seg å være mislykket.

Etter foreliggende eldre oppgaver ble der ved A/B Os-Hommelvik Kopperverks drift produsert en 2 % nikkelmalm til en produksjonspris ved gruve på ca. kr. 10.00 pr. t.

I 1898 ble der drevet undersøkelsesdrift i 5 måneder.

I 1899 ble feltene håndgitt til et amerikansk selskap (Thomson?) som begynte drift i okt. 1899 og arbeidet til jan. 1901. Der ble anvendt ca. kr. 100 000.00 til undersøkelser av feltene. I Nonåsfeltet ble der boret 4 diamantborhull som imidlertid ikke påtraff malm av betydning. I Litlandsfeltet ble der utført en del oppfaringsarbeider. Der ble drevet 65 m synk som kostet kr. 115.00 pr. m og 115 m ort til kr. 65.00 pr. m. Der ble brutt 600 t berg og produsert 300 t nikkelmalm nr. 1 med 3 % Ni og 2 % Cu samt 300 t malm nr. 2 med 1.5 % Ni og 1.5 % Cu.

Etter Chr. A. Münsters rapport av 1909 var der da på Hosanger 2 forskjellige felter, Nonåsfeltet og Litlandsfeltet. Nonåsfeltet omfattet 3 forskjellige gruver, Claudets, mutet 28 okt. 1890, Barrys, mutet 20 jan. 1882 og Storbotten, mutet 18 nov. 1890, foruten et par skjerp som kaltes Nippen og en

synk. Av disse er Claudets gruve hovedgruven og antas å ha levert ca. $\frac{9}{10}$ av den samlede produksjon.

Fra 1898 var der ingen drift ved gravene inntil Kristiansands Nikkelraffineringsverk A/S overtok og satte i gang undersøkelsesdrift i mars 1915.

I Bratlien gruve ved Nonås ble der i 1915 drevet 30 m slepsynk som fulgte malmen i 25 m med 1—1.5 m mektighet.

I 1915 ble der satt i gang undersøkelser av Lien gruve, men denne gruve kom først i produksjon i 1938.

Kristiansands Nikkelraffineringsverks undersøkelsesdrift i Hosangerfeltet ble fortsatt fra sept. 1916 til juni 1917. I 1915 ble der drevet oppfaringdrift i Bratlien og Litland.

I Litland ble produsert 2424 t malmholdig berg som ble skeidet til 1380 t eksportmalm med 1.5 % Ni og 0.6 % Cu. Malmen i Litland ble oppfart i en lengde av 60 m med en mektighet av 1—3 m. Der ble oppført maskinhus, skeidehus, verksteder og kontor og bygget en 1100 m lang taubane til sjøen ved Bysheim hvor det ble påbegynt bygging av en smeltehytte.

I Nonåsfeltet ble der drevet oppfaring i Claudets gruve og Storbotten. En stoll fra Storbotten inn under Claudets gruve ble framdrevet 103 m og er nå under denne gruves bunn. Ingen malmproduksjon.

I Litland gruvefelt var det drift i Barrats gruve og Barrys gruve samt Lien gruve I og II som ble mutet 6 des. 1916.

Der ble utfordret 4013 t malmholdig berg, herav 720 t smeltemalm å 1.6 % Ni og 0.7 Cu. Arbeidet med smeltehytten ble innstillet, og er ikke senere blitt fullført.

I 1917 var der drift ved Claudets gruve og Storbotten gruve i Nonåsfeltet, men driften ble innstillet i september og senere har ingen gruver i dette felt vært i produksjon.

Der ble utfordret 291 m³ berg og utskeidet 70 t smeltemalm med 2 % Ni og 1 % Cu som ble opplagt i gravene.

I Litlandsfeltet var det drift i Barrats gruve, Barrys gruve, gruve nr. 17 og Lien gruve 1 og 2. Der ble utfordret 1370 t malm hvorav ble utskeidet 390 t smeltemalm med 1.5 % Ni og 0.5 % Cu.

I 1918 ble det i Litlandsfeltet drevet i Barrats gruve, Barrys gruve og gruve nr. 17 inntil mars 1918. Der ble utfordret 680 t

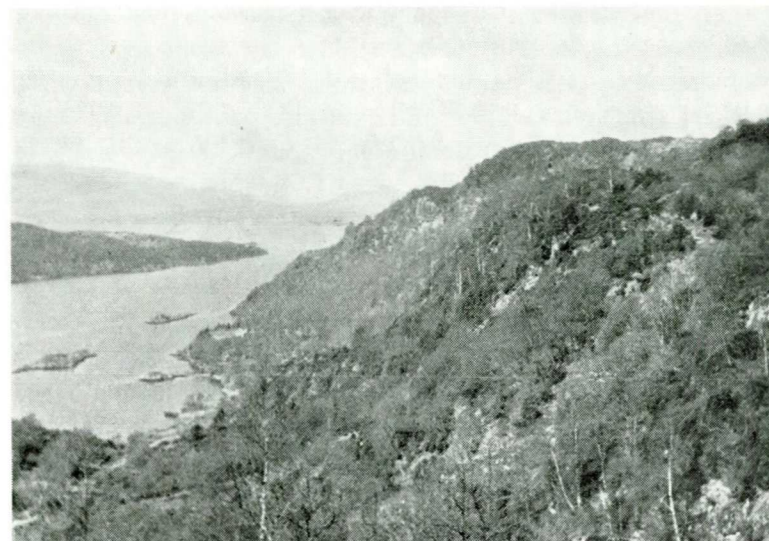


Fig. 2. Gabbroområdets vestside mot nord fra Gjetreim.

hvorav utskeidet 200 t smeltemalm med 1.5 % Ni og 0.5 % Cu. Der ble gitt fristbevilgning for alle tre gruver fra 9 april.

I Lien gruver 1 og 2 ble det utfordret 3896 t og herav utskeidet 335 t smeltemalm med 1.5 % Ni og 0.5 % Cu.

I 1919 ble det i Barrats gruve, Barrys gruve og gruve nr. 17 utfordret 3956 t malmholdig berg. Ved Lien gruve ble utfordret 1199 t malmholdig berg som ble opplagt ved gruve. Det ble drevet undersøkelsesarbeider i to nivåer 8 og 15 m under Litlandsvannet.

I 1920 ble der i Barrats gruve, Barrys gruve og gruve nr. 17 i Litlandsfeltet utfordret 4414 t vaskemalm med 1.18 % Ni og 0.42 % Cu. Dette ga ved flotasjon 1048 t konsentrat med 4,23 % Ni og 1.72 % Cu. Det nybyggete flotasjonsverk var i drift fra 1 juni til 27 sept. Fristbevilling for disse gruver ble utstedt 2 des. 1920.

I Lien gruve ble arbeidet innstillet sept. 1920. Der ble utfordret 355 t malmholdig berg som ble opplagt ved gruve. Fristbevilling for Lien gruve ble utstedt 7 des. 1920.

Fra høsten 1920 var alle gruver i Hosangerfeltet nedlagt inntil okt. 1933 da Raffineringsverket A/S begynte prøvedrift i Litland gruve. I 1934 ble det ved Litland gruve produsert 40 976 t malm med 1,20 % Ni og 0,436 % Cu. I 1935 var produksjonen 42 826 t med 1,058 % Ni og 0,406 % Cu. I 1936 produsertes ved Litland 41 731 t med 1,08 % Ni og 0,405 % Cu og i 1937 39 537 t med 0,983 % Ni og 0,37 % Cu.

I 1938 ble Lien gruve igjen satt i drift og ble drevet inntil 1942 da den ble nedlagt som utdrevet. Det var da til sammen uttatt 100 000 t malm med en gjennomsnittlig gehalt av 0,55 % Ni. I 1943 begynte driften ved Lien II eller Smith Meyers gruve som ble drevet på den nordlige forkastede del av Lienmalmen. Malmen her var imidlertid meget fattig. Driften ved Litland gruve ble innstillet sommeren 1943 da all malm her var utdrevet. I 1945 ble all drift ved Hosanger gruver innstillet på grunn av mangel på drivverdig malm.

Oversikt over produksjonen ved Hosanger gruver.

Gruve	Produksjon t.	Ni	Cu	Ni i t.
Nonås	11 000	2,5	-	280
Litland etter 1933	321 000	1,02	0,38	3 260
Litland før 1933	10 000	-	-	-
Lien I	100 000	0,55	-	550
Lien II, Smith Meyers gruve ...	20 000	0,39	0,18	80
Tilsammen	462 000			4 170

Tilsammen er det således ved Hosanger gruver produsert ca. 460 000 t malm med meget vekslende gehalt fra 0,39 % til ca. 3 % Ni og tilsvarende ca. 4100 t nikkel.

Geologi.

Gruvefeltet ligger innenfor »Bergensbuene« som er geologisk kartlagt og beskrevet av C. F. og N. H. Kolderup (10).

Etter Kolderups kart består bergartene på den vestlige del av Osterøya av jotunnoritt, mangeritt og mangerittsyenitt som henføres til anortosittstammen. Disse bergarter er på østsiden av Lonevågen gjennomsett av norittiske bergarter.

Ved den geologiske kartlegging av gruvefeltet viste det seg umulig å adskille i marken annet enn to grupper bergarter, nemlig norittmassivet som var sammensatt av bergarter av meget vekslende sammensetning og som på kartene sammenfattes med betegnelsen gabbro, og de omgivende bergarter som overalt hadde en gneisstruktur og som ble sammenfattet under begrepet gneis. Gneisen hadde meget forskjellig sammensetning og utseende, og var til dels utviklet med øyestruktur, dels migmatitisk og båndet.

Disse forskjellige gneistyper gikk imidlertid ofte gradvis over i hinannen og hadde så liten og spredt utbredelse at de ikke lot seg adskille på et kart i den benyttede målestokk (1 : 2000).

I Kolderups arbeide (10) s. 133 gjøres også oppmerksom på at »rocks of the anorthosite kindred near Hosanger occur in a way that very much resembles the migmatic gneisses.«

Av utbredte gneistyper kan nevnes:

Granittisk gneis, delvis med øyestruktur (prøve ved ingeniørboligen koord. 490 N-550 V), som ved mikroskopisk undersøkelse viste følgende mineralinnhold:

Mikroclinertitt, kvarts, oligoklas, biotitt, kloritt, granat og epidott.

Flere av de granittiske gneistyper førte også titanitt.

Albitt-zoisitt gneis (prøve koord. 1145 S, 550 Ø). Mineralinnhold: kvarts, albitt, zoisitt og biotitt.

Der opptrådte også i gneisen soner med diorittisk sammensetning og klorittrike lag. De forskjellige gneistyper syntes også ofte å ha liten feltutstrekning, og det lyktes ikke under kartleggingen å finne noen ledesoner som lot seg følge lengere strekninger i felt. Gneisens strøk og fall er alltid konform med gabbroens grenser.

Norittbergartene.

Det malmførende gabbromassiv har form som en fakolit og består av bergarter med vekslende sammensetning og som går jevnt over i hverandre. De forskjellige bergartstyper innen massivet skyldes dels en primær differensiasjon av magmaet og dels en sekundær omvandling og stoffbytte med sidebergarten.

I de sentrale og sydlige deler av fakolitten er bergarten overveiende en noritt som er karakterisert ved å være meget rik på hypersten og som dessuten holder betydelige mengder skapolitt.

Tabell 1.

	1	2	3
SiO ₂	51,13	49,10	46,72
TiO ₂	0,96	1,09	0,56
Al ₂ O ₃	8,50	8,19	15,83
Fe ₂ O ₃	1,93	2,41	6,95
FeO	7,77	9,00	7,74
MnO	0,13	0,16	0,12
MgO	19,69	13,87	6,31
CaO	3,44	12,02	7,41
BaO	0,33	0,07	0,12
Na ₂ O	1,51	1,38	2,60
K ₂ O	1,95	0,72	1,55
P ₂ O ₅	0,23	0,20	1,82
CO ₂	0,97	0,91	-
S	0,01	0,41	0,60
Cr ₂ O ₃	0,13	0,16	-
NiO	0,16	0,07	0,07
H ₂ O 110	0,96	0,72	1,14
H ₂ O 110	0,05	0,05	0,10
F	-	-	0,22
Cl	-	-	0,23
	99,85	100,46	100,12
(S + F ₂ + Cl ₂) — 0.			0,44
			99,68

1. Noritt, Litland Hosanger. (Analyt: E. Klüver) C. F. og N. H. Kolde-rup (10) s. 88.
2. Hyperstenoritt, Hosanger. J. H. L. Vogt (13) s. 310.
3. Ore-Diorite Flått Mine. (Analyt: B. Bruun), Tom F. W. Barth (2) s. 28.

I Tab. 1 er gjengitt to analyser av noritt fra Hosanger og til sammenligning er også gjengitt en analyse av den nikkelmalmførende dioritt fra Flåt gruve i Evje. J. H. L. Vogt har beregnet sin analyse av noritt fra Hosanger til følgende mineralinnhold: Labrador 20, hypersten (med 27 % FeSiO₃ og noe diallag) 60, amfibol 12 og biotitt 5. Malmdioritten fra Flåt har etter Barth (2) følgende beregnede mineralinnhold: Kvarts 8½,

plagioklas (an. 35) 30½, hornblende 33, biotitt 14½, apatitt 4 og erts 9½.

Sammenlignet med malmdioritten fra Flåt viser den malmførende noritt fra Hosanger en over dobbelt så stor gehalt av magnesium, og fører overveiende hypersten mens det overveiende mineral i Flåtdioritten er en hornblende.

Felles for begge de nikkelmalmførende bergarter er en sterk anrikning av klor som i Flåtdioritten p. g. a. den høye fosforsyregehalt vesentlig inngår i apatitt, mens der i Hosangenoritten er dannet skapolitt. Dessverre er der ikke utført bestemmelser av klor i noen av de anførte analyser fra Hosanger. (Den forholdsvis høye gehalt av nikkell og det ubetydelige svovelinnhold i anal. 1 stemmer ikke med driftsanalysene fra gruvedriften idet avgangen fra flotasjonen vanligvis bare har holdt ca. 0,1 % Ni).

Foruten noritter finnes der særlig i de perifere og nordlige deler av fakolitten feltspatfattige og til dels feltspatfrie bergarter, dels hornblenditter og dels med noe hypersten som er omtalt av Barth (2) som Bahiaiter og som også er beskrevet av ham fra Frikstad i Flåttfeltet.

Langs gabbromassivets grense og på slepper i dette opptrer også meget klorittrike bergarter, ofte med en noe skifrig struktur.

Langs grensene av fakolitten er gabbromassivet rikt på større og mindre flak av gneis som oftest ligger med samme orientering som de omgivende gneisbergarter. Samtidig finner man også inne i gneisen tallrike lager ganger av gabbroidale bergarter. På grunn av disse forhold er det ofte vanskelig å fiksere nøyaktig grensen mellom gabro og gneis særlig i diamantborhullene.

Som de yngste bergarter i feltet opptrer tallrike aplittganger som gjennomsetter gabbrobergarter og malmene, ofte parallell fakolittens begrensnig, men også tilsynelatende helt uregelmessig. Enkelte steder er der under gruvedriften påtruffet uregelmessige pegmatittmasser i malmen og med feltspatkrystaller av opp til ½ m diameter. I en strosse på etg. 1 i Lien gruve opptrer en større pegmatittmasse som synes å ha form som en hestesko. I denne pegmatitt finnes årer av kopperkis som må antas å være sekundært innvandret i pegmatitten.

Malmene.

Der opptrer innen området to typer malm:

1. Primær magmatisk malm.
2. Offset malm.

Den primær magmatiske malm hvortil hører praktisk talt all malm i Lien og Litland gruvefelter, opptrer lovmessig gravitativt utskilt i bunnen av fakolitten og til dels også i mindre mengder på oversiden av innesluttede gneisflak. Denne malm viser aldri skarpe grenser mot omgivende gabbrobergarter, men går jevnt over i disse i det sulfidinnholdet gradvis avtar. Disse malmer blir således økonomisk begrenset etter den nikkelgehalt som til en hver tid er nødvendig for en lønnsom drift.

Den annen type malm, som jeg har kalt offsetmalm, opptrer i ganger i form av spaltefyllinger med meget skarpe grenser mot omgivende bergart som dels kan være gneis og dels gabbrobergarter. Foruten sulfidmineraleer inneholder denne type malm en del silikatmineraleer og ofte avrundete uralittkrystaller av diameter omkring 1 cm. Malm av lignende utseende opptrer også i de sentrale deler av den primærmagmatiske malm og er av J. H. L. Vogt kalt »porfyr malm« (fig. 3).

Man kan i offsetmalmene iaktta en viss sonarbygning av gangen, i det den ytre sone oftest er rikere på svovelkis enn de indre deler (fig. 4).

Et røntgenspektrogram av koboltinnholdet i svovelkisen fra offsetmalm fra Nonås viste 0,48 % Co mens svovelkisen fra Lien gruve viste 0,79 % Co. Men da der bare foreligger disse to analyser kan det ikke sies med sikkerhet om dette er et generelt forhold.

Offsetmalmer opptrer særlig på Nonås hvor de utgjør hovedmassen av den utdrevne malm. Ved Litland gruve er det påtruffet en ca. ½ m mektig offsetgang i kommunikasjonsorten mellom Litlandmalmen og Nordmalmen. Det kan ikke påvises noen vesentlig forskjellighet med hensyn til mineralinnholdet i de to malmtyper, men i enkelte av offsetmalmene er strukturen noe mer finkornet.

Det er innen feltet påvist to større primærmagmatiske malm-partier, Litlandmalmen i syd og Lienmalmen i nord. Mellom

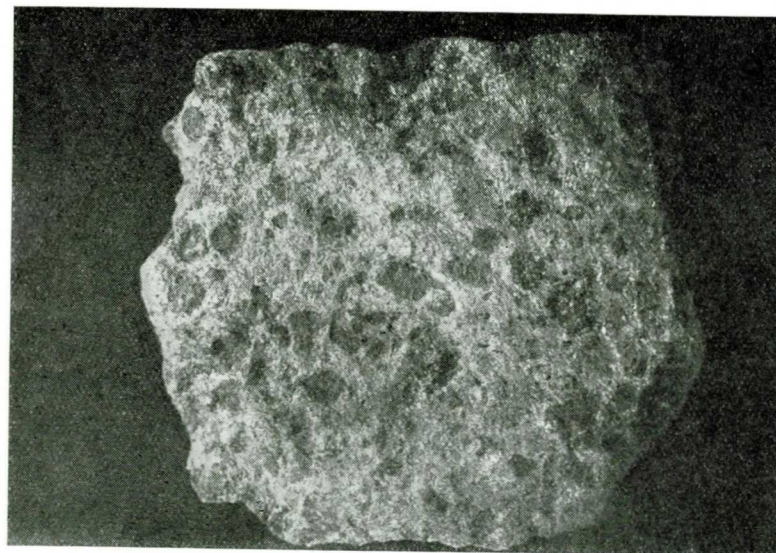


Fig. 3. Porfyr malm, Litland gruve, Hosanger. ½ nat. st.

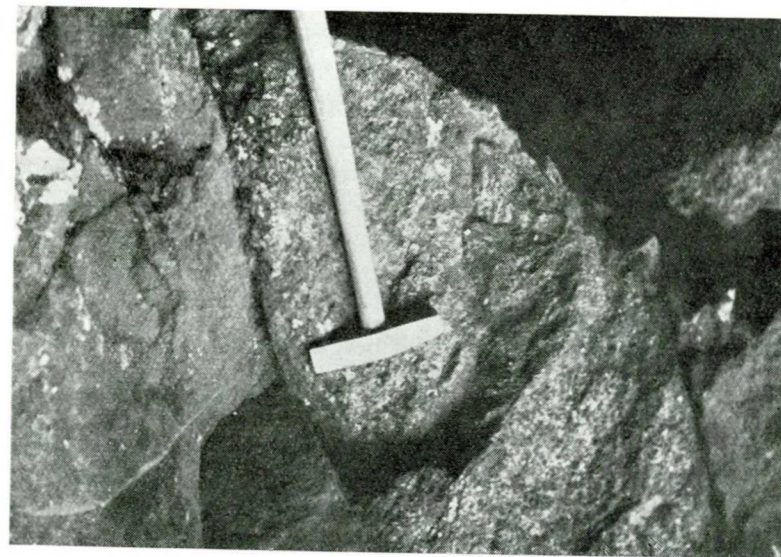


Fig. 4. Intrusiv malmgang i gneis. Nonås gruve.

disse ligger to mindre malmer, Nordmalmen og kontormalmen. Bortsett fra Lienmalmens fortsettelse nordenfor forkastningen er alle de nevnte malmpartier helt avbygget så deres begrensning er nøye kjent.

I Nonåfeltet som ligger høyt oppe i fakolitten finnes mindre partier primær magmatisk malm utskilt på oversiden av gneisflak i gabbrobergarten, men den meste malm er utdrevet på smale offsetganger av 1/2—3 m mektighet. Denne malm var den viktigste under Hosangerfeltets første driftsperioder, da den lett kunne skeides til en gehalt av 3 % Ni som ble eksportert uten videre oppberedning.

Undersøkelsesarbeider.

Da Hosanger gruver gjennom hele den siste driftstid fra 1933 arbeidet med meget små malmførråd, ble det fra selskapets side hele tiden nedlagt et meget stort arbeide for å finne ny malm. Den geologiske side av dette arbeide ble inntil 1937 ledet av ing. H. H. Hornemann, senere av dr. C. W. Carstens og H. Bjørlykke. I 1937 ble der også utført elektrisk malmleting over feltet. Dette ga imidlertid ingen positive resultater.

Da den elektriske malmleting slo feil ble undersøkelsesarbeidet ført videre på rent geologisk basis, og der ble utført et stort diamantboringsprogram beregnet på først og fremst å skaffe rede på de rent geologiske forhold. Undersøkelsesarbeidet førte til at der ble funnet fortsettelse av den forkastede Lienmalm samt ertsimpregnerte soner lenger nord ved Heldal, men gehaltenes var dessverre for små til at de kunne drives. Det førte imidlertid til at man fikk et meget klart bilde av de geologiske forhold i gruvefeltet.

Under arbeidet ble det tidlig klart at malmen var knyttet til en intrusiv masse av basiske bergarter som hadde form av en fakolitt med lengderetning N—S og at malmen opptratte overensstemmende med J. H. L. Vogts gravitasjonsteori i de lavestliggende partier av denne. Oppgaven ble da å fastslå fakolittens forløp utenfor det kjente område og finne frem til de lavestliggende partier av denne. Det ble derfor lagt et stort diamantboringsprogram for å finne fakolittens forløp. Det ble utført en rekke diamantboringer fra dagen som vifteformige

boringer i øst—vestlig retning og sammen med boringer fra gruvene ga disse meget gode profiler av fakolitten.

Forholdene omkring malmens utgående ved Litland gruve tydet på at det her strekker seg en gneisrygg som deler fakolittens bunn i to N—S-gående synklinaler. Dette ble verifisert ved borhullene 67—69 fra koord. 222,5 S, 370 Ø, samt borhullene 81—83 sønnenfor. I ingen av disse borhull ble det imidlertid funnet malm, så det synes derfor som denne østlige del av fakolitten ikke er malmførende.

I profilet 500 N ble det i Dbh 77 funnet et sprang i fakolittens bunn som tydet på en forkastning. En tilsvarende sleppe kalt »Råtasleppen« var kjent fra Liengruvens vestre del, men man antok tidligere at Lienmalmen hadde en naturlig grense mot denne slepp og det hadde tidligere ikke lyktes å påvise noen forskyvninger langs sleppen. Forkastningen var heller ikke synlig i dagen p. g. a. overdekking. På grunnlag av denne forkastning som var konstatert i borhull 77 ble der boret flere nye huller fra Gruben, og det kunne derved konstateres at forkastningen var foregått etter en slepp med strøk N 20° V med fall mot V 60° i gruvens nivå, men avtagende mot dypet. Den hadde en spranghøyde av ca. 40 m, og Lien-gruvens malm fortsatte på den annen side av forkastningen. For undersøkelse og oppfaring ble der drevet en slepsynk fra dagen ned til den forkastede malm, og denne var samtidig beregnet på fordring av malm ved en eventuell drift. Der ble satt i gang drift i denne gruve som ble kalt Smith Meyers gruve eller Lien II i 1943, men da malmen viste seg å bli stadig fattigere ble driften innstillet i 1945 etter at der var uttatt ca. 20 000 t. Den utdrevne malm hadde en gjennomsnittlig gehalt av 0,39 % Ni.

Nord for Lien gruve kommer et gneisområde hvor gneisen i fakolittens fortsettelse har en svevende lagstilling, mens der lenger nord i det lavere terreng ved Heldal atter opptrer en norittisk bergart. Det måtte derfor anses for sannsynlig at fakolitten fra Lien fortsatte under den nordenforliggende gneis, og at Heldalsområdet representerte et vindu av den underliggende fakolitt. Under forutsetning av at fakolittens bunn forløp horisontalt videre fra Lienforkastningen, skulle man da ved boringer ved Heldal finne fakolittens bunn i nivå nær havnivået. For å

undersøke dette ble det utført en rekke borhull i plan Ø—V fra koordinat 1515,2 N, 41,3 Ø. Borplassen lå 89,1 m o. h. Disse diamantborhull viste at fakolittens bunn her lå i et nivå av ca. 8 m o. h. og at det umiddelbart over gneiskontakten var en malmimpregnert sone av 15—18 m mektighet. Den rikeste sone av ca. 2 m mektighet hadde bare en gjennomsnittsgehalt av 0,6 % Ni og 0,3 % Cu. Disse lave gehalten gjorde det dessverre umulig å fortsette undersøkelsen av denne malm.

Undersøkelsene syd for Litland bød på den vanskelighet at fakolittens mektighet her måtte forutsettes å være meget stor, i det terrenget stiger meget sterkt sydover. Det var da nødvendig med meget lange borhull for å nå ned til fakolittens bunn.

For å konstatere fakolittens forløp mellom Litland og Nonås ble der utført boringer langs en linje »profil 2« som gikk fra 1400 S 200 V til 800 S 1000 Ø. Dette profil går gjennom Slåttebakken skjerp som ved boringer hadde vist seg bare å bestå av små sulfidansamlinger på oversiden av noen gneisflak i gabbroen. Borhull 88 fra koordinat 1131 S 341, 8 Ø i høyde 222,8 m o. h. påtraff gneis på et dyp av 191 m som antakelig omtrent tilsvarer fakolittens laveste parti. Dette ligger altså her i ca. 30 m o. h. tilsvarende forholdene i Litland gruve. Der ble imidlertid ikke påtruffet noe malm i borhullet.

Diamantborhull 85 i dette profil som ble påhugget i gneis bekreftet den oppfatning at dette gneisparti var et flak som er en rest av fakolittens tak.

Der ble videre utført flere diamantborhull ved Nonås for å konstatere om de derværende offsetganger muligens kunne stå i forbindelse med større malmansamlinger på dypet. Ingen av borhullene påtraff malm og bekreftet derved den tidligere erfaring at offsetgangene kiler ut nordover og at den primærmagmatiske malm her bare er mindre ansamlinger på gneisflak.

Malmmineraler.

De primære sulfidiske mineraler i malm fra Hosangerfeltet er etter krystallisasjonsrekkefølgen:

- Svovelkis (FeS_2)
- Magnetkis ($\text{Fe}_n \text{S}_{n+1}$)
- Pentlandit ($(\text{Ni}, \text{Fe})_9\text{S}_8$)
- Kopperkis (CuFeS_2).

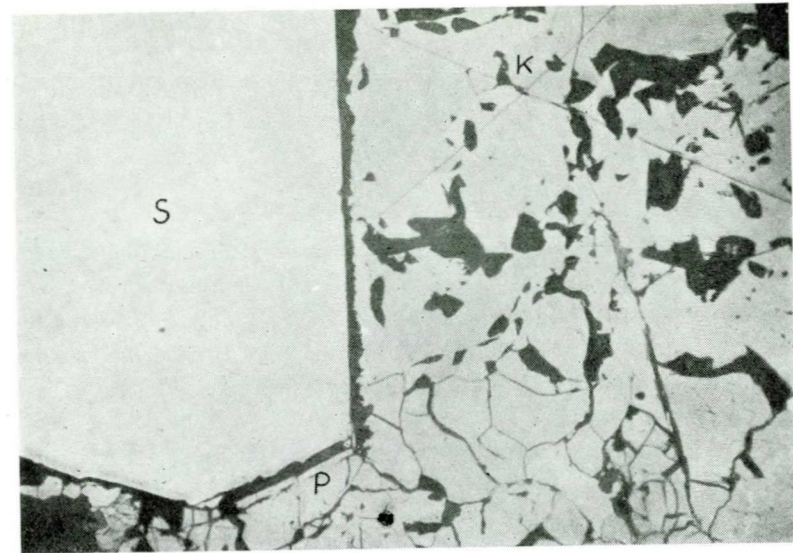


Fig. 5. Lien gruve (80 ×). Svovelkis (S), magnetkis (M), kopperkis (K) og pentlanditt (P).

Som sekundært omvandlingsprodukt av pentlandit opptrer enkelte steder i malmen et mineral som etter utseende under mikroskop stemmer overens med violaritt (11). De oksydiske ertsmineraler magnetitt og jernglans opptrer i små mengder.

Svovelkis.

Det gjennomsnittlige innhold av svovelkis i malmen fra Hosangerfeltet utgjør ca. 4 % av de samlede sulfidiske mineraler (se mineralberegning s. 25). Svovelkisen opptrer fortrinnsvis i store porfyriske krystaller uten inneslutninger av andre mineraler (fig. 5). Krystallene kan bli opp til 2 cm i diameter, men de største har gjerne en dårligere utviklet krystallbegrensning. Habitus er oktaedrisk. Som tidligere beskrevet (5) viser svovelkisen fra Hosangerfeltet i likhet med svovelkisene fra de øvrige nikkelforekomster en betydelig gehalt av kobolt som synes å inngå isomorft i svovelkisens gitter i det den erstatter Fe.

Røntgenspektrografiske analyser av utplukkete svovelkis-krystaller av malm fra Lien gruve viste 0,79 % Co mens svovelkis fra Nonåsmalm viste 0,48 % Co. Røntgenspektrogrammene

viste også at svovelkis fra Hosangermalmene ikke fører påvisbare mengder nikkel.

Bravoitt eller nikkelholdig sekundær svovelkis som beskrevet av C. E. Michener og A. B. Yates (11) er ikke funnet i Hosangermalm.

Magnetkis og Pentlandit.

Disse mineraler opptrer delvis i intim sammenvoksning og lar seg ikke skille effektivt ved vanlige fraksjoneringsmetoder. Ved pulverisering og magnetisk separasjon er det således umulig å få et magnetiskonsentrat uten at der inngår betydelige mengder pentlandit. Man kan derfor ikke få noen analyse av magnetkisens sammensetning.

Pentlanditten i Hosangermalmen inngår overveiende som fine spaltefyllinger og delvis som noe grovere korn langs grensen av magnetiskornene og sees bare sjelden som utskilte lameller i magnetkisen (fig. 6). Bare en meget underordnet del av nikkelinnholdet synes således opprinnelig å ha vært oppløst i den utskilte magnetkis. Etter mineralberegningen av malmen (s. 25) er det gjennomsnittlige forhold magnetkis/pentlandit = 4,1 : 1 i Hosangermalmene. I enkelte deler av malmen er pentlanditten omvandlet til violaritt (fig. 7).

Kopperkis.

Malmenes kopperinnhold er i sin helhet bunnet i kopperkis. Mengden varierer meget sterkt i de forskjellige deler av malmen, men driftsanalysene viser at den gjennomsnittlige koppergehalt av den brutte malm varierer meget lite fra måned til måned. Kopperkis er det sist utkrystalliserte primære sulfidmineral og viser under mikroskopet former som tyder på at det ofte har fortrent tidligere utkrystalliserte mineraler, særlig magnetkis.

Man finder ofte eksempler på sekundære bevegelser av kopperkisen. Således opptrer ofte tynne spaltefyllinger av kopperkis i yngre aplitt og pegmatittganger som gjennomsetter malmen. Røntgenspektrogrammer av utplukkete stykker kopperkis viser ingen karakteristiske bibestanddeler.



Fig. 6. Litland gruve (80 ×). Magnetkis (M), pentlanditt (P).

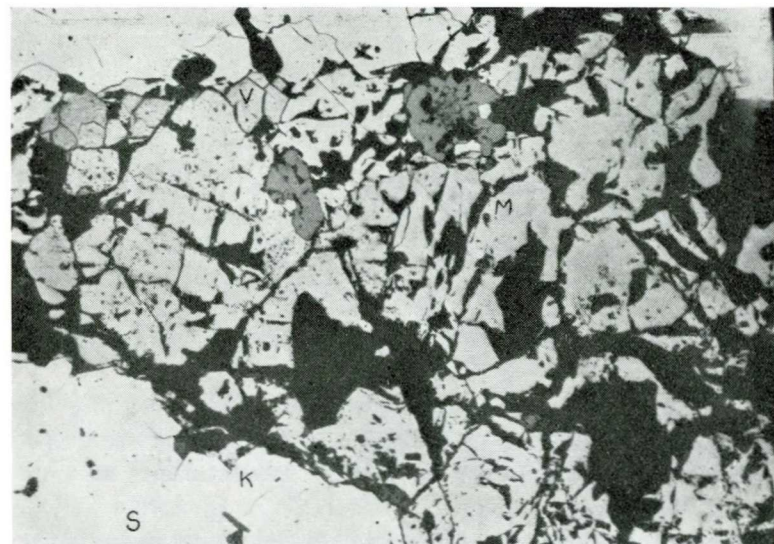


Fig. 7. Litland gruve (80 ×). Svovelkis (S), kopperkis (K), magnetkis (M), violaritt (V).

Malmenes sammensetning.

Alle malmene i Hosangerfeltet viser i håndstykker store variasjoner både i nikkelinhold og i forholdet mellom de forskjellige mineraler. Det er derfor umulig å ta ut et håndstykke som tilsvarer malmens gjennomsnittssammensetning. I de primær magmatiske malmer veksler også forholdet mellom sulfidiske mineraler og silikatmineraler meget sterkt, i det disse malmer er oppbygget av sulfidrike slirer med mellomliggende fattigere soner og vanlige gabbrobergarter. Slirene er alltid anordnet parallelt malmaksen som igjen følger fakollittens lengdeakse.

Denne slireformete oppbygning av malmen kan illustreres ved borhull 2 (ved Hybinettesynken) som gjennomborer Litlandsmalmen nær dens utgående. Denne hadde her en samlet mektighet av 8,43 m og borkjernen viste følgende sammensetning:

	Lengde m	Ni %	Cu %	S %
Rik malm	0,38	3,20	1,50	19,50
Noritt	1,82	-	-	-
Rik malm	0,24	2,15	1,70	15,30
Fattig impregn.	1,20	0,45	0,90	3,10
Noritt	0,15	-	-	-
Fattig impregn.	1,85	0,41	0,30	2,70
Aplitt	0,08	-	-	-
Fattig impregn.	1,30	0,75	0,75	5,80
Ujevn malm	0,40	0,99	0,75	23,30
Gabbrobergart	0,31	-	-	-
Middels impregn.	0,70	0,93	0,60	5,95
Tilsammen	8,43	gj.sn. 0,64	0,54	4,83

For å få et bilde av malmenes mineralsammensetning har jeg utført mineralberegning av en stoff fra hver av de tre gruver i feltet. Analysene er utført ved gruvens laboratorium, og to av disse er tidligere publisert (4). Resultatet er gjengitt i tab. 2. Tabellen viser at mineralsammensetningen av stoffene fra de tre gruver veksler meget lite. Særlig interessant er det at en »porfyrmalms« fra Litland gruve atskiller seg meget lite fra en lignende malm fra Nonås som opptrer som en skarpt begrenset offsetgang.

Tabell 2.

Porfyrmalms Litland (Str. 1 233,43 m) uten synlig svovelkis.

Beregnete min.	%	Omregnet på sulfider, %	Ni 6,25 %	Cu 0,03 %	Fe 52,30 %	S 36,02 %	Uløst 3,20 %
Kopperkis (CuFeS ₂) ..	0,09	0,10	-	0,03	0,03	0,03	-
Pentlandit ¹ ((Ni, Fe) ₉ S ₈)	18,33	19,92	6,25	-	5,52	6,56	-
Magnetkis ² (Fe _n S _{n+1}) ..	73,58	79,78	-	-	44,15	29,43	-
Uoppl. substans	3,20	-	-	-	-	-	3,20
Oppl. ikke best.	4,80	-	-	-	-	-	-
	100,000	100,00					

Ni i magnetkis + penlandit = 6,80%. Forholdet magnetkis + pentlandit/S = 2,5. Forholdet magnetkis/pentlandit = 4,0. S—S_k/Ni = 5,7.

Porfyrmalms med svovelkis Smith Meyers gruve (Tversl. 1 N).

Beregnete min.	%	Omregnet på sulfider, %	Ni 5,03 %	Cu 0,03 %	Fe 50,80 %	S 38,48 %	Uløst 6,36 %
Kopperkis (CuFeS) ...	0,09	0,10	-	0,03	0,03	0,03	-
Pentlandit ((Ni, Fe) ₉ S ₈)	14,74	15,37	5,03	-	4,43	5,27	-
Magnetkis (Fe _n S _{n+1}) ..	69,28	73,85	-	-	41,58	27,70	-
Svovelkis (FeS ₂)	10,24	10,68	-	-	4,76	5,47	-
Uoppl. subst.	6,36	-	-	-	-	-	6,36
	100,71						

Ni i magnetkis + pentlandit = 5,99%. Forholdet magnetkis/pentlandit = 4,8. Forholdet magnetkis + pentlandit + svovelkis/S = 5,4. S—S_k/Ni = 7,6.

Porfyrmalms fra Nonås (Offsetmalms).

Beregnete min.	%	Omregnet på sulfider %	Ni 3,92 %	Cu 0,08 %	Fe 36,65 %	S 27,00 %	Uløst 16,00 %
Kopperkis (CuFeS ₂) ...	0,24	0,35	-	0,08	0,08	0,08	16,00
Pentlandit ((Ni, Fe) ₉ S ₈)	11,20	16,56	3,92	-	3,16	4,12	-
Magnetkis (Fe _n S _{n+1}) ..	53,00	78,36	-	-	31,80	21,20	-
Svovelkis (FeS ₂)	3,20	4,73	-	-	-	-	-
Uoppl. subst.	16,00	-	-	-	-	-	16,00
Oppl. ikke best.	16,36	-	-	-	-	-	-

Ni i magnetkis + pentlandit = 6,1%. Forholdet magnetkis/pentlandit = 4,1. Forholdet magnetkis + pentlandit + svovelkis/S = 2,1. S—S_k/Ni = 6,8.

¹ Beregnet med et innhold av 34% Ni.

² Beregnet etter en sammensetning 60% Fe 40% S.

Det prosentvise innhold av nikkel i magnetkis + pentlanditt veksler i de tre prøver fra 5,99 % til 6,80 %. Forholdet mellom svovel, fratrukket det svovel som er bundet i koppekis, S-S_k til nikkel vil gi uttrykk for svovelkisinholdet i prøvene og veksler fra 5,7 i prøven fra Litland som er uten svovelkis til 7,6 for prøven fra Smith Meyers gruve som har en svovelkisgehalt av vel 10 %.

For å få et bilde av malmens gjennomsnittlige sammensetning må man ta for seg driftsanalysene over en viss periode. Slike analyser foreligger imidlertid bare for den samlede malm fra Lien og Litland gruver og gir ikke opplysning om de enkelte malmers sammensetning.

Tabell 3.
Månedlige driftsanalyser av Hosangermalm.

	Måned	Ni %	Cu %	Fe %	Uløst %	S %	Ni : Cu
Påsatt malm (raw ore) ..	Nov. 1939	0,67	0,285	8,10	74,54	4,60	1 : 0,43
Konsentrat (concentrate)	- -	5,80	2,43	31,95	15,56	30,10	1 : 0,42
Avgang (waste)	- -	0,085	0,035	5,65	79,82	1,66	1 : 0,41
Påsatt malm (raw ore) ..	Jan. 1942	0,98	0,35	11,30	67,00	6,39	1 : 0,36
Konsentrat (concentrate)	- -	6,12	2,195	36,90	16,00	32,50	1 : 0,36
Avgang (waste)	- -	0,105	0,04	8,15	75,04	3,02	1 : 0,36
Påsatt malm (raw ore) ..	Febr. 1942	1,135	0,39	12,85	64,24	7,46	1 : 0,35
Konsentrat (concentrate)	- -	6,10	2,22	39,55	13,32	32,87	1 : 0,36
Avgang (waste)	- -	0,10	0,035	8,35	74,68	2,72	1 : 0,35
Påsatt malm (raw ore) ..	Mars 1942	1,14	0,39	12,60	63,62	7,61	1 : 0,34
Konsentrat (concentrate)	- -	6,16	2,355	40,45	13,40	33,65	1 : 0,38
Avgang (waste)	- -	0,125	0,035	7,75	74,65	2,47	1 : 0,28
Påsatt malm (raw ore) ..	April 1942	1,215	0,44	13,60	63,28	8,49	1 : 0,36
Konsentrat (concentrate)	- -	6,025	2,37	36,85	16,40	31,41	1 : 0,39
Avgang (waste)	- -	0,12	0,04	8,10	75,64	3,27	1 : 0,33

I tab. 3 er gjengitt månedlige driftsanalyser av Hosangermalm fra nov. 1939 og jan.—april 1942. Av tabellen sees at forholdet Ni : Cu veksler lite fra 1 : 0,34 til 1 : 0,43 og at dette forhold er omtrent likt for påsatt malm, konsentrat og avgang. Der er altså forholdsvis like stort tap av nikkel og koppekis under flotasjonen.

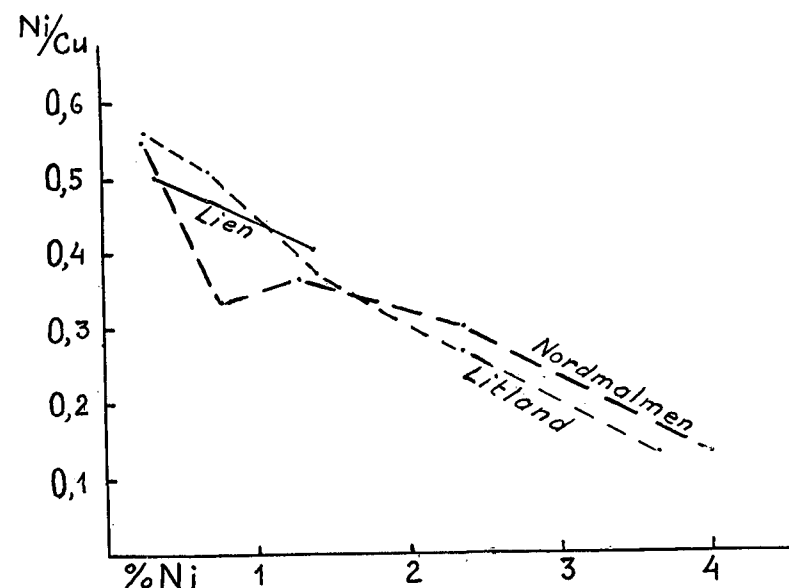


Fig. 8. Ni/Cu-forholdets avhengighet av nikkelgehalten.
Etter analyser av borkjerner

Gjennomfører man en mineralberegning på gjennomsnittsanalysen av påsatt malm for febr. 1942 fås følgende sammensetning av sulfidmineralene:

Koppekis (CuFeS)	5,98 %
Pentlanditt ((Ni, Fe) ₅ S ₈)	17,63 %
Magnetkis (Fe _n S _{n+1})	72,00 %
Svovelkis (FeS ₂)	4,39 %

Der foreligger et meget stort antall analyser av diamantborkjerner av malm fra Hosangerfeltet. Disse veksler meget sterkt i nikkelgehalt og i det relative forhold mellom nikkel og koppekis.

For å undersøke om det foreligger noen lovmessighet i fordelingen av sulfidmineralene i rikere og fattigere malm er det uttatt analyser fra en rekke borkull som gjennomborer malmen, og disse er sammenstillet i grupper etter nikkelinholdet og det

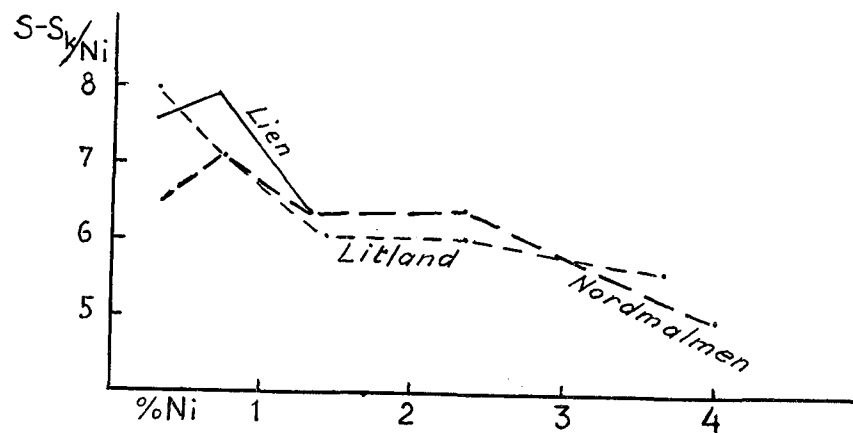


Fig. 9. $S-S_k/Ni$ i forhold til nikkelgehalten. Etter analyser av borkjerner.

gjennomsnittlige innhold av Ni, Cu og S er beregnet. Dessverre er det enkelte grupper hvor det foreligger få analyser og som derfor blir for svakt representert. På grunnlag av disse gjennomsnittssammensetninger er utregnet forholdet Cu/Ni og forholdet $S-S_k/Ni$ ($S-S_k$ = svovel fratrukket det svovel som er bundet i kopperkis).

Resultatet er gjengitt i tab. 4 og i de grafiske fremstillinger (fig. 8 og 9).

Det viser seg at man herved kommer frem til samme lov-messighet som tidligere er funnet for malmen fra Flåt i Evjè (6) nemlig at kopperinnholdet er forholdsvis størst i de nikkelfattige prøver.

Forholdet $S-S_k/Ni$ er også størst i de nikkelfattige prøver og viser at den nikkelfattige malm også er forholdsvis rikere på svovelkis.

Det synes således å foreligge en tilnærmet omvendt proporsjonalitet mellom nikkelinhold og innholdet av kopperkis og svovelkis, således at jo rikere malmen er på nikkel jo relativt mindre innhold har den av kopperkis og svovelkis.

Tabell 4.
Analyser av borkjerner.

	Antall analyser (Number of analyses)	Gjennomsnittl. innh. (Average)			Cu/Ni	S—S _k /Ni
		Ni %	Cu %	S %		
Litland gruve. (Litland mine)						
> 3% Ni.....	9	3,66	0,50	21,25	0,13	5,7
2 —3 - ».....	34	2,55	0,64	15,13	0,27	6,2
1 —2 - ».....	67	1,41	0,52	9,13	0,37	6,1
0,5—1 - ».....	69	0,72	0,37	5,45	0,51	7,1
0,5 - ».....	71	0,27	0,15	2,30	0,56	8,0
Lien gruve. (Lien mine)						
1 —2% Ni.....	34	1,32	0,53	8,82	0,40	6,3
0,5—1 - ».....	66	0,70	0,33	5,82	0,47	7,9
0,5 - ».....	72	0,28	0,14	2,25	0,50	7,6
Nordmalmen.						
> 3% Ni.....	3	4,01	0,53	21,62	0,13	5,0
2 —3 - ».....	11	2,33	0,69	15,71	0,30	6,4
1 —2 - ».....	28	1,31	0,49	8,70	0,37	6,3
0,5—1 - ».....	19	0,74	0,25	5,52	0,33	7,1
0,5 - ».....	25	0,32	0,18	2,26	0,56	6,5

Et røntgenspektrum av en gjennomsnittsprøve av påsatt malm fra Hosanger ga ved beregning etter intensitetsforholdet $NK\beta_1/CoK\alpha_1$ et forhold Ni : Co = 18 : 1.

En kjemisk analyse utført av ing. Sverre Jarp av påsatt malm Hosanger med 0,41 % Ni ga 0,017 % Co d. v. s. Ni : Co = 24 : 1 og samme forhold ble også funnet i konsentratet som holdt 4,5 % Ni.

Røntgenspektrum av utplukket grovkrystallinsk magnetkis fra Hosanger ga et forhold Ni : Co = 60 : 1.

Det synes således som malmenes innhold av kobolt er anriket i svovelkis og pentlanditt mens magnetkisens koboltinnhold er meget ubetydelig.

Edelmetallinnholdet i Hosangermalmen er tidligere publisert av S. Foslie og M. Johnson Høst (8). Etter analyser utført i 1915 ble der funnet følgende innhold av edelmetaller:

Litlandmalm med 2,35 % Ni og 0,83 % Cu:

Pt	0,042 g/t	} sum Pt metaller = 0,184 g/t
Pd	0,142 »	
Au	0,045 »	
Ag	1,— »	

Forholdet platinmetaller: Ni + Cu = 1 : 175 000.

Lienmalm med 1,51 Ni og 0,62 Cu:

Pt	0,028 g/t	} sum = 0,113 g/t
Pd	0,142 »	
Au	0,030 »	

Platinmetaller: Ni + Cu = 1 : 190 000.

Malmenes dannelse.

De overveiende malmer i Hosangerfeltet tilhører den primær magmatiske type og synes å være typisk magmatisk dannet ved en gravitativ anriking av utskilte sulfider langs bunnen av gabbrofakolitten. Alle de kjente større malmer ligger meget nær kontakten mot underliggende gneis. På samme måte finner man flere steder anriket sulfider på oversiden av gneisflak som ligger innesluttet i noritten. Dette er tilfelle ved Nonås og ved skjerpene Slåttebakken og Nordåsskjerpene. Selv på ganske små gneisflak kan man finne antydning til sulfidanriking i noritten umiddelbart over gneiskontakten.

Malmens opptreden i slirer med lengderetning parallell fakolittens akse tyder på at sulfidene må ha vært utskilt og sunket til bunns i gabbrosmeltemassen allerede mens denne var i bevegelse.

Det må også ha foregått en viss differensiering av sulfidsmelten som har bevirket at de rikere sentrale deler av malmslirene er fattigere på svovelkis og kopperkis enn de perifere fattigere soner.

Dette tilsvarer forholdene ved Flåt gruve (6) og kan antakelig forklares ved at svovelkis som det først krystalliserende mineral fortrinnsvis er størknet i de perifere deler av malmsliren, mens kopperkisen som krystalliserer sist er anriket i restsmelten og har derfra vært presset ut i periferien. Man har også eksempler

på senere bevegelser av kopperkis i det den som tidligere nevnt kan finnes som årer i yngre gjennomsettende pegmatitter.

De skarpt begrensede malmganger som særlig opptrer i Nonåsfeltet og som jeg har kalt offsetmalm synes geologisk å tilsvare offsetgangene som er beskrevet fra Sudbury. De gjennomsetter dels gabbrobergarter og dels gneis som er innesluttet i gabbroen. I utseende ligner disse malmer de sentrale deler av de primærmagmatiske malmslirer og de kjemiske analyser viser en lignende sammensetning. Som regel viser disse malmer en viss sonarbygning slik at sonene nær kontakten mot omgivende bergart er rikere på svovelkis enn de sentrale deler av gangen.

Disse offsetganger må antas å være dannet ved en utpresning av den utskilte sulfidsmelte på sprekker i omgivende bergart.

Etter J. H. L. Vogts teori (12) skal det være et noenlunde bestemt forhold mellom størrelsen av gabbromassivene og den utskilte mengde nikkelmalm. Tenker man seg de utskilte sulfider igjen fordelt i gabbromassivet vil dette imidlertid bare tilsvare en meget liten gehalt. Etter foreliggende kart og profiler har den kjente ca. 3,5 km lange del av Hosangerfakolitten et kubikkinnhold av ca. 140 mill. m³ tilsvarende ca. 420 mill. t og de utdrevne malmer har etter gruveregnskapene hatt et nikkelinhold av ca. 4200 t. Fordeler man dette nikkel på hele fakolitten får man 10 g nikkel pr. t bergart.

Ifølge V. M. Goldschmidt (9) er det midlere innhold av nikkel i jordskorpen ca. 100 g/t. Hvis man regner at fakolitten holder like meget nikkel som den utdrevne i form av udrivverdige impregnasjoner og fordeler dette på samme måte får man 20 g/t, altså bare 1/5 av jordskorpens middelsammensetning.

Da de utskilte nikkelmengder fordelt på moderbergarten således er meget små, er det et spørsmål hvorvidt de nikkelmalmførende gabbrobergarter virkelig representerer smelter som har vært særlig anriket på nikkel eller om det er spesielle kjemiske forhold eller avkjølingsforhold som har bevirket at nikkellholdige sulfider er utskilt av enkelte gabbrobergarter men ikke av andre. Dette spørsmål vil antakelig kunne løses ved omfattende spektrografiske nikkelbestemmelser i gabbrobergarter.

English summary.

The Hosanger nickel deposits are situated on the western coast of Southern Norway, about 20 km NE off Bergen.

Nickel ore has been produced in 4 mines, Nonås, Litland, Lien I, and Lien II (Smith Meyers mine). The deposits were discovered in 1875 and production has taken place in different periods from 1882. In 1917 the production was laid down in Nonås, and the largest quantity of ore has been mined after 1933 in the Litland and Lien mines.

The ore production in the Hosanger mines.

Mine	Mined ore t.	Ni %	Cu %	Metallic Ni t.
Nonås (untill 1917)	11 000	2,5	-	280
Litland (before 1933)	10 000	-	-	-
Litland (after 1933)	321 000	1,02	0,38	3 260
Lien I.	100 000	0,55	-	550
Smith Meyers mine	20 000	0,39	0,18	80
Total	462 000			4 170

Geology.

The mining district at Hosanger belongs geologically to the Bergen Arch System which has been described by C. F. and N. H. Kolderup (10). During the geological mapping it was only possible to distinguish two types of rocks: The intrusiv gabbroic rocks which on the map has been named gabbro, and the surrounding migmatic gneisses. The gneisses are of very different composition including granitic gneisses with mineral composition: micropertthite, quartz, oligoclase, biotite, chlorite,

garnet and epidote, and albite-zoisite-gneisses with quartz, albite zoisite, and biotite.

The intrusive has the shape of a phacolite chiefly composed of noritic rocks, analyses of which are given in table 1 (p. 12) together with an analysis of ore diorite from the Flåt nickel mine in Setesdal, southern Norway.

J. H. L. Vogt (13) has calculated the following mineral composition from the analysis of ore norite from Hosanger: Labradorite 20, hypersthene (with 27 FeSiO₃ and some diallag) 60, amphibole 12 and biotite 5. Scapolite is a very common mineral in the Hosanger norite but could not be considered in the recalculation of the analysis since no determination of Cl is available. This shows an interesting similarity to the Flåt ore diorite which contains considerable amounts of Cl as constituent in apatite. The amount of apatite in the Flåt diorite shows an average of 4 %.

The peripheral parts of the phacolite chiefly consist of rocks poor in feldspar, partly hornblendites and partly bahiaites which previously have been mentioned by Barth (2).

Flakes of gneiss abound especially in the peripheral parts of the phacolite. As a rule the gneiss flakes are oriented parallel with the surrounding rocks. But small dykes of gabbroic rocks are common in the gneiss near the contact of the phacolite.

Aplitic dykes abundantly intersecting the gabbroic rocks are the youngest rocks in the area. In the Lien mine a large granite pegmatite occurs in the ore gabbro.

The ores.

The ores may be divided into two groups:

1. Primary magmatic ores
2. Offset ores.

Almost all of the ore mined during the last periods of production belongs to the first group. This ore never exhibits sharp boundaries against the surrounding gabbroic rocks, but gradually becomes poorer in sulphides. Thus the borders of these ores are of economic importance.

The offset ores occur frequently at Nonås in the southern part of the area, but are also met with in the central part of the area in connection with the Litland deposits, forming dykes with sharp contacts against the surrounding rock; gabbro or gneiss flakes. The thickness of the dykes are from 1 dm up to 3 m. In hand specimens this ore is indistinguishable from the richer parts of the primary ores. Often this ore is developed as "porphyre ore" with about 1—2 cm porphyric inclusions of uraltite usually showing a zonal structure, the outer zone of the dykes being richer in pyrite than the central parts.

Research work.

As the Hosanger mine in the last periods of production had very small ore reserves, an intensive research work was carried on by the mining company in order to find new ore deposits. Until 1937 the mining engineer H. H. Hornemann was consulting geologist later Dr. Carstens and the author.

In 1937 electrical prospecting was tried without any results, and later the investigation was carried on only on a geological basis.

As all of the primary magmatic ores occurred at the bottom of the intrusive gabbroic rock near the contact of the underlying gneiss the first task was to find out the exact shape of the phacolite and especially the deepest contact against the underlying gneiss.

To that end a series of diamond drill holes were planned in order to get sufficient transversal sections through the phacolite.

The holes were drilled in E—W plans along the coordinates 500 N, 30 S, 230 S and in the profil 1 and 2 in the southern part of the area (see the map). Near the outcrop of the Litland ore a gneiss anticline indicates that the bottom of the phacolite in this place has been split into two synclines. This was verified by the drill holes 67—69 from coordinate 222,5 S—370 E and the holes 81—83 farther south. However, no ore was found in this part of the phacolite.

In the section 500 N the drill hole nr. 77 showed a displacement of about 40 m of the underlying gneiss along a fault striking

N 20° W and dipping 60° in the level of the Lien mine. Farther down the dip gradually flattened out. Due to a cover of soil the fault was not visible on the surface. In harmony with this discovery the continuation of the Lien ore was found on the other side of the fault. A shaft was sunk into the new ore, and the mine received the name "Smith Meyers Mine" or "Lien II".

Unfortunately this ore was very poor, and when 20 000 t ore with an average of 0,39 % Ni had been produced the mine was closed.

North of the Lien mine the rock consists of a gneiss with almost horizontal schistosity. Farther north at Haldal noritic rocks occur.

If the noritic rocks at Haldal formed a continuation of the Litland—Lien phacolite, ore deposits ought to occur on the bottom of this norite.

A serie of drill holes from coordinate 1515,2 N, 41,3 E actually demonstrated ore deposits at the supposed depth near the contact of the underlying gneiss. Unfortunately this ore was also too poor for economical mining, the richest zone of about 2 m containing only 0,6 % Ni according to analyses of the drill cores.

South of the Litland mine the phacolite was studied by drill holes in profil 1 and 2 (see the map). None of these holes struck any ore.

Ore Minerals.

The mineral paragenesis of the sulphidic minerals of the Hosanger nickel ores is very simple.

According to the sequence of crystallization the ores consist of the following primary sulphidic minerals:

Pyrite
Pyrrhothite
Pentlandite
Chalcopyrite.

Violarite occur as a secondary decomposition product in some parts of the ores.

The pyrite often occurs as well-defined crystals without inclusions visible under the microscope. X-ray spectrograms

showed a content of 0,48—0,79 % Co without any detectable amounts of Ni.

Pyrrhotite and Pentlandite always occur together, most of the pentlandite form small granular stringers around pyrrhothite grains and along fissures in this mineral. Only small amounts of pentlandite seem to be formed by exsolution and occur as oriented blades, lenses, and flakes within the pyrrhothite crystals. The average proportion between pyrrhothite and pentlandite in the Hosanger ores is 4.1 : 1. In some parts of the ore the pentlandite is converted into violarite.

Chalcopyrite, is the only copper-bearing mineral in the ores. As the last crystallized mineral chalcopyrite seems to replace older minerals especially pyrrhothite. It is also observed filling fissures in the younger aplitic dykes penetrating the ores. X ray spectrograms of the chalcopyrite do not show any characteristic minor constituents.

The composition of the ores.

Samples of the Hosanger ores show very great variations both in the content of Ni and in the relative amounts of the different minerals. It is therefore impossible to pick out a sample corresponding to the average composition of the ore.

In the primary magmatic ores the proportion between the sulphidic minerals and the silicates likewise vary within wide

Drill hole 2.

	Lenght	Ni	Cu	S
	%	%	%	o/o
Rich ore	0,38 m	3,20	1,50	19,50
Norite	1,82 -	-	-	-
Rich ore	0,24 -	2,15	1,70	15,30
Poor impregn. .	1,20 -	0,45	0,90	3,10
Norite	0,15 -	-	-	-
Poor impregn. .	1,85 -	0,41	0,30	2,70
Aplite	0,08 -	-	-	-
Poor impregn. .	1,30 -	0,75	0,75	5,80
Varying ore . .	0,40 -	0,99	0,75	23,30
Gabbroic rock .	0,31 -	-	-	-
Impregnation . .	0,70 -	0,93	0,64	5,95
Total	8,43 m	aver. 0,64	0,54	4,83

limits. These ore deposits are build up of "schlieren" rich in sulphides surrounded by poor ore or gabbroic rocks nearly without sulphides. The "schlieren" are oriented with their longer axes parallel to the axis of the phacolite.

This will be illustrated by the report of the drill hole 2 which has been drilled through the Litland ore near the ore outcrop.

To get a picture of the mineral composition of the sulphides of the ore, one sample from 3 different mines has been analyzed and the composition calculated. The results are given in table 2 (p. 23).

This calculations gave the following figures for the mineral composition:

	Litland mine	Smith Meyers mine	Nonås mine
	%	%	%
Ni in pyrrhothite	6,8	5,99	6,1
Pyrrhothite/Pentlandite . . .	4,0	4,8	4,1
Pyrrhothite + Pentlandite/S .	2,5	2,4	2,1
S—Sk/Ni	5,7	7,6	6,8

The mineral calculation of the average analysis of the raw ore for february 1942 gave following result:

Chalcopyrite	5,98 %
Pentlandite	17,63 -
Pyrrhothite	72,00 -
Pyrite	4,39 -

As the composition of the ores differs within wide limits in each sample the only way to get a picture of the average composition is to study the analyses of the raw ore made at the flotation plant. The monthly averages of these analyses show slight differences from months to month.

Table 3 gives a serie of such analyses from 1939 and 1942 of raw ore, concentrate, and waste. During the research work at the mines a great number of drill cores of ore were analyzed on Ni, Cu and S. When these analyses are arranged in groups according to the content of Ni it is possible to calculate the average composition of ores with different content of Ni. From these

averages the relations Cu/Ni and $S - S_k^1/Ni$ have been calculated. These values are given in table and graphically on fig. 8 and 9.

The values for Cu/Ni and $S - S_k/Ni$ gave the same result as previously found for the Flåt ore (6) that *the relative content of chalcopyrite and pyrite increases with decreasing amount of Ni in the ore.* X-ray spectrograms of an average sample of ore from the flotation plant showed a relation Ni : Co 18 : 1. A chemical analysis gave the relation Ni : Co 24 : 1 X-ray spectrograms of grains of coarse pyrrhothite gave a relation Ni : Co 60 : 1.

Analyses of Pt metals in the ores are given on page 28.

The formation of the ore.

The chief ores in the Hosanger mining district belong to the primary magmatic type and seem to have been formed by gravitative enrichment of the sulphides near the bottom of the phacolite. The larger ore deposits are always situated near the contact of the underlying gneiss.

In the same way gneiss flakes imbedded in the phacolite always exhibit small deposits of sulphides on the upper side of the flake. All the small claims in the area are formed as small deposits on the upper side of gneiss flakes. None of these have any economic importance.

The orientation of the sulphide "schlieren" along the phacolite axis indicates that the sulphides must have settled down before the intrusive magma ceased to move. The relations between the content of Ni and the composition show that a certain differentiation of the sulphide magma has taken place. The offset dykes which seem to be analogous to the offsets of Sudbury have the same composition as the central parts of the primary magmatic deposits and are probably formed by sulphidic magma which has been squeezed out along fractures in the surrounding rocks.

The investigated part of the Hosanger phacolite is calculated to about 140 mill m³ corresponding to about 420 mill. t. As the amount of Ni in the mined ore is about 4200 t this will

¹ Total sulphur minus sulphur present in chalcopyrite.

correspond to 10 g/t if distributed throughout the phacolite. According to V. M. Goldschmidt (9) the average content of Ni in the earth crust is 100 g/t and the mined ore in this way only is about $\frac{1}{10}$ of this average. It is therefore a question if the deposition of the Ni ores is due to an especially high content of Ni in the mother magma or if the cooling conditions have made that the sulphides have been exsolved in some magmas and not in others. Exact spectrographic analyses of ore gabbros compared without nickel ores will be able to give an answer to this question.

Litteratur.

1. Amdahl, Thor: Hosanger Nikkelgrube. Tidsskr. f. Kjem. og bergvesen 3 1938.
2. Barth, Tom. F. W.: The Nickeliferous Iveland—Evje Amphibolite and its Relation. Norges Geol. Unders., 168 a (1947).
3. Bjørlykke, Harald: Millerite i norske nikkelmalm. Det Kgl. Norske Vidensk. Selsk. Forh. B. XIII nr. 25 p. 181 1941.
4. — De norske nikkelmalmers mineralsammensetning. Det Kgl. Norske Vidensk. Selsk. Forh. B. XVII nr. 24 p. 97 (1944).
5. — Innholdet av kobolt i svovelkis fra norske nikkelmalm. Norsk Geol. Tidsskr. 25 p. 11, 1945.
6. — Flåt Nickel Mine. Norges Geol. Unders. 168 b, 1947.
7. Foslie, Steinar; Raana norittfelt. Norges Geol. Unders., 87 Årbok 1920.
8. — og M. Johnson Høst: Platina i sulfidisk nikkelmalm. Norges Geol. Unders. 137, 1932.
9. Goldschmidt, V. M.: Geochemische Verteilungsgesetze IX. Det Norske Vidensk. Akadem. Skr. I, 1937 No. 4.
10. Kolderup, C. F. og N. H.: Geology of the Bergen Arc System. Bergens Mus. Skr. No. 20, 1940.
11. Michener and A. B. Yates: Oxidation of Primary Nickel Sulphides. Econ. Geol. Vol. XXXIX p. 506—514 (1944).
12. Vogt, J. H. L.: Om relationen mellem størrelsen av eruptivfeltene og størrelsen av de i eller ved samme optrædende malmutsondringer. Norges Geol. Unders. Årbok 1905, Nr. 43.
13. — Nickel in Igneous Rocks. Econ. Geol. Vol. XVIII nr. 4 192.

