



Bergvesenet

Postboks 3021, 7002 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr BV 1941	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering Trondheim	Gradering
Kommer fra ..arkiv	Ekstern rapport nr	Oversendt fra	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Tittel Løkkenfeltets geologi (Løkken og Høidal gruveområder med nærmeste omgivelser)				
Forfatter Strand, Trygve		Dato 11.01 1958	Bedrift Orkla Industrier A/S	
Kommune Meldal	Fylke Sør-Trøndelag	Bergdistrikt Trondheimske	1: 50 000 kartblad	1: 250 000 kartblad
Fagområde Geologi	Dokument type		Forekomster Løkken Høidal	
Råstofftype Malm/metall	Emneord			
Sammendrag				

R A P P O R T

til

ORKLA GRUBE-AKTIEBOLAG

om

LÖKKEN-FELTETS geologi

(LÖKKEN og HÖIDAL gruveområder med nærmeste omgivelser)

fra

Trygve Strand

Innhold.

Innledning s. 1

Bergartene i Løkken-feltet s. 2

Lys feltspatrik grønsten s. 3

Lys grønsten, type Frilsjøgda (Carstens) s. 3

Mørk grøn grønsten s. 4

Grønsten av Wallenberg-type s. 4

Metaomatisk omvandlete grønstener s. 5

Karbonatisering s. 6

Albit-bergarter s. 6

Klorit-bergarter s. 6

"Malmkvartsit" s. 7

Omv.grønsten fra Løkken gruve (analyse) s. 7

Felsitaktig grønsten ved gamle dynamithus s. 8

Svartfjell og vasskis s. 8

Kloritlag s. 8

Tuffskiifer s. 8

Fyllit s. 9

Intrusivbergarter s. 9

Gabbro s. 9

Diabasganger s. 9

Porfyrer av Høidalstype s. 9

Felsit s. 10

Løkken-feltets geologi og tektonik s. 10

Geologien i dagen s. 10

Skyveplanets utgående s. 10

Bergartene under skyveplanet s. 12

Vestsiden av Løkken-dalen s. 12

Østsiden " " s. 13

Bergartene over skyveplanet s. 14

Geologiske iakttagelser i gruva s. 15

Vasskis ved hovedmalmens liggrense s. 16

Vasskislag i grøsten i ligg av hovedmalmen s. 19

" " i heng " s. 19

Tverslag 6 på 430 m s. 20

Borhull 849 og 864 s. 21

Borhull 29 og 30 s. 23

Tektoniske iakttagelser s. 23

Småfolder i vasskis s. 23

Sprekker og slepper s. 23

Sammenfatning og konklusjon s. 25

I n n l e d n i n g .

I begynnelsen av inneværende år (1957) fikk jeg gjennom professor Arne Hofseth en anmodning fra Orkla Grube-Aktiebolag om å foreta en geologisk undersøkelse av Lökken gruve og malmforekomst og nærmeste omgivelser. Det var hos Bolaget forventning og håp om at resultatene av en slik undersøkelse kunne bli til hjelp og nytte ved de pågående malmetnings- og malmundersøkelsesarbeider. Jeg besøkte Lökken 11. mars 1957 og mellom Bolaget og meg ble det samme dag truffet avtale om at jeg skulle påta meg nevnte oppgave.

I tiden 14. juni til 11. juli 1957 anvendte jeg i alt 22 arbeidsdager i marken og i gruva og ved et nytt besøk på Lökken 17. - 22. oktober 4 arbeidsdager i gruva. Mine dagbøker viser marsjruter og observasjoner i disse dager.

Denne rapport er utarbeidet på grunnlag av mine iakttagelser støttet ved mikroskopisk undersøkelse av mitt innsamlete materiale. Et verdifullt materiale foreligger også i karter og profiler over Lökken gruve, hvor foruten malmkroppenes begrensning også andre data av geologisk interesse er inntegnet. Dessuten har jeg gjort bruk av eldre foreliggende rapporter og trykt litteratur om gruveområdets geologi og petrografi.

Under mine opphold på Lökken er jeg blitt møtt med den største imøtekommenhet og vennlighet av alle ved Bolaget, i ledelsen og i administrasjonen, i gruva og på hotellet, noe jeg føler trang til å takke for. Men jeg må spesielt nevne overingeniør Arne Okkenhaug, bergingeniør Per Sandvik og Bolagets konsulent, professor Arne Hofseth. De har gitt meg mange verdifulle opplysninger og med dem har jeg hatt mange givende diskusjoner.

En liste over alle de publikasjoner som berører eller nevner Lökken og nærliggende kisforekomster og de omgivende bergarter ville sikkert bli ganske lang. Jeg skal her nøye meg med å føre opp de rapporter og publikasjoner som har Lökken-feltet som et hovedtema.

Rapporter.

Lökken-feltets geologi av C. W. Carstens, 1922, rapport utarbeidet for Bolaget. Foruten en omtale av feltets kisforekomster gir den analyser og beskrivelser av feltets bergarter. En vesentlig del av dette ble publisert i Carstens's avhandling, "Vulkanhorizont" 1924.

Beskrivelse av Höidal gruve og nærmeste omgivelser av Knut Brøndmo, et diplomarbeid ved Bergavdelingen, NTH. En utmerket geologisk og petrografisk beskrivelse med kart over Höidalsområdet. Jeg har lest denne på Lökken, men har ikke hatt den for meg under utarbeidelsen av denne rapport.

Litteratur.

Otto Falkenberg. Geologisch-petrographische Beschreibung einiger süd-norwegischer Schwefelkiesvorkommen mit besonderer Berücksichtigung ihrer Genesis. Zeitschrift für praktische

Geologie 1914. Inneholder s. 9 - 22 en beskrivelse av Meldal-feltet med Lökken, Höidal, Åmot og Dragset forekomster. Ved Carstens's senere arbeider er Falkenbergs bidrag for største delen blitt foreldet, men ennå av stor interesse er hans beskrivelse av sprekke- og forskyvningstektonikken i den østlige del av Lökken gruve, som jeg skal komme tilbake til.

C. W. Carstens. Der unterordovizische Vulkanhorizont in dem Trondhjemgebiet. Norsk Geol. Tidsskr. bd. 8, s. 175 - 270, 1924.

Et meget verdifullt arbeid med beskrivelse av Lökken-feltets grönstener og intrusivbergarter og av vasskis- og svartfjell-lagene. For sistnevnte blir det ført bevis for en sedimentær dannelse.

I det følgende skal den siteres som "Vulkanhorizont".

C. W. Carstens. Om dannelsen av de norske svovelkisforekomster. Det Kgl. Norske Videnskabers Selskab, Forhandlinger, 1944. Carstens har publisert to andre avhandlinger med samme tema, men denne er den eneste som gir nærmere data om Lökken-forekomsten. Skal siteres som "Svovelkisforekomster".

C. W. Carstens. Geologisk kart over Lökken-feltet. 1952.
C. W. Carstens. Lökkenfeltets geologi. Norsk Geol. Tidsskr. bd. 29, s. 9 - 25, 1951.

Dette arbeid gir hovedtrekkene av Lökken-feltets og omgivende ströks geologi, stratigrafi og petrografi og kan betraktes som et skjelett til beskrivelse av det geologiske kart.

I jubileumsboken for Lökken Verk 300 år har Harald Carstens gitt en god populær oversikt over Lökken-feltets geologi, men uten å bringe nytt stoff.

Lökken-feltet regnes av Carstens å omfatte et område på omkring 600 km², svarende til området for hans geologiske kart. I denne rapport skal ordet Lökken-feltet brukes som betegnelse for de umiddelbare omgivelser av Lökken og Höidal gruver, som mine egne undersøkelser har strakt seg over. Dette Lökken-feltet i engere omfatning strekker seg fra Lökken og Höidal gruver til grönstenens sydgrense ved jaspiskonglomeratet, nordover omtrent til Dalatjern, nordenden av Björnlivann og Jorhustjernet i vest og til Styggstjern og Bustadvannet i øst.

Bergartene i Lökken-feltet.

Berggrunnen i Lökken-feltet består som kjent helt overveiende av grönsten med innleirete lag av vasskis, svartfjell og jaspis, tuffskiifer og glimmerskiifer. Dertil kommer intrusive bergarter, gabbro og gabbroide gangbergarter og felsitt.

Grönstenene er omvandlete basalter. De er finkornete og meget massive bergarter, benkning eller andre strukturer som viser den opprinnelige lagning finnes bare som sjeldne unntak. En stor del av grönstenene har pillowstruktur, pillow'ene (putene) som grönstenen da er oppdelt i må antas å ha lagt seg på flat-siden (med den minste akse i de linseformete eller ellipsoid-

iske puter loddrett), men heller ikke ved putenes anordning er det lett å bestemme grønstenens lagning med noen nøyaktighet.

Grønstenen i feltet er av noe forskjellige typer. Dette skyldes dels at bergartene primært har vært forskjellige, i kornstørrelse og i kjemisk-mineralogisk sammensetning, dels skyldes det omvandlinger som er foregått etter størkningen, det tenkes i denne forbindelse på omvandling ut over den normale omkrystallisasjon som alle feltets grønstener har gjennomgått.

Når basalter og andre gabbroide bergarter omkrystalliseres ved lave temperaturer, som tilfelle har vært i Lökken-feltet, får de albitt, epidot (eller jernfattig klinozoisitt), hornblende og kloritt som hovedmineraler, mens hovedmineralene i de opprinnelige gabbroide bergarter var kalkrik plagioklas og pyroksen (eventuelt også olivin). Imidlertid har mange av områdets grønstener undergått omvandling med forandring av den kjemiske sammensetning. Dette må ha foregått ved at oppløsninger som har inneholdt kullsyre og andre stoffer har trengt gjennom bergartene. Bergarter som utvilsomt er grønstener omvandlet ved forandring i den kjemiske sammensetning finnes særlig i nærheten av kisforekomstene, således både i heng og ligg av Lökkenforekomstene.

Grønstenenes farge veksler fra lys grålig til grønnlig over sterkere grønt til mørkegrønt og helt svart hos noen sterkt omvandlede typer.

Den mest alminnelig utbredte grønstenstype i Lökken-feltet er en forholdsvis grovkornet, lys grå eller av og til lys grønn bergart. Mange steder er den porfyrisk med omkring millimeterstore innsprenginger av feltspat synlige på overflaten. Mandelstruktur med utvitrete hulrom er også ganske alminnelig. Den er som vanlig for grønstenene meget massiv uten antydning til lagning eller benkning, pillow-struktur sees ofte, gjerne med store, opp til meterstore puter.

Ved mikroskopisk undersøkelse (3, 5, 7, 12, 17) 1) viser den seg å inneholde feltspat (albitt) som en overveiende bestanddel, det sees 0.1 - 0.4 mm lange listeformete snitt gjennom de tavleformete feltspater. De femiske mineraler, hornblende og kloritt, er for det meste helt fargeløse, hva som viser at bergarten er rik på magnesium i forhold til jern (med et høyt tall for forholdet magnesium/jern). Bergartens lyse farge kommer sikkert av de fargeløse femiske mineraler og er således en følge av bergartens høye magnesiuminnhold.

Carstens har i sin Lökken-rapport av 1922, s. 14 f., beskrevet og fått analysert en lysegrøn grønsten fra Frilsjohögda og oppgir at denne type er alminnelig utbredt i Lökken-feltet (her sikkert tatt i videre betydning). Denne bergart er fattig på feltspat og meget rik på hornblende (85 % ifølge Carstens's beregning av mineralinnholdet) og svarer etter sin kjemiske sammensetning til en olivinbasalt. Den lyse grønsten som jeg ovenfor har beskrevet og som er alminnelig utbredt i det engere

- 1) Numrene henviser til de av meg innsamlede bergartsprøver fra Lökken-feltet, se fortegnelse bakerst *i dagboken*.

Lökken-felt er meget feltspatrik, og hører til en annen type enn Carstens's lysegrønne bergart fra Frilsjöhögda.

De lyse grönstener med vasskislagen i högda öst for Fagerlivann er tildels meget grovkornete, så grovkornet at en kunne tvile på at de kunne være lavabergarter, om ikke vasskislagen hadde vært innleiret i dem. Den samme meget grovkornete gabbroliggende bergart fantes ved mitt besök i oktober 1957 i det utkjørte materiale fra stollen i "Katthullet" ved transportbanen.

På begge sider av dalen, både ved Lökken og Höidal gruver, står den lyse grönsten ved grensen til jaspiskonglomeratet og nordover. På vestsiden ved Lökken strekker den seg nordover til i högda öst for Fagerlivann (med utgåendet av Bak-India-vasskisen). På nordsiden av bilveien nord for nevnte högd kommer man over i et belte med mørkere grönstener. På östsiden av dalen har den lyse grönsten en enda større utbredelse enn på vestsiden.

Den mørke grönsten i det ovenfor nevnte belte skiller seg i marken fra den lyse ved sin mørkegrønne farge. Den har ofte pillowstruktur og noen steder agglomeratstruktur (midt på nordsiden av Idrettsplassen og i högda nord for Festivitetslokalet). Av den mørkegrønne grönsten har Carstens fått analysert en prøve fra sydöstsiden av Björnlivann (rapport s. 18 f.). Analysen viser et höyt natriuminnhold og en kjemisk sammensetning svarende til andesitt.

Jeg har mikroskopert en mørkegrønn grönsten fra Idrettsplassen (90), den er rik på albitt i omkring 0.5 mm lange lister, har sparsomt av hornblende og noe mer av kloritt og epidot. Hornblenden og kloritten i denne bergart viser i mikroskopet tydelig grønn farge, hva som sikkert er grunnen til den mørkegrønne farge hos bergarten.

En grönsten med kraftig lys grønnfarge står på nordsiden av veien 100 m öst for sundet mellom Fagerli- og Björnlivannene (89). Den er hornblenderik med tydelig grønnfarget hornblende og kloritt.

I "Velkomstberget" nord for Folkets hus står massiv, grovkornet grönsten av den lyse type, med fargelös hornblende og kloritt (10). Den inneholder rester av den opprinnelige pyroksen. Den ligger i beltet med overveiende mørke grönstener.

Nærmest nord for dammen ved östsiden av Björnlivann står en lys tildels feltspat-porfyrisk grönsten, av den ovenfor beskrevne lyse, feltspatrike type. Nord for denne, på östsiden av vannet (+ 1100x- 1300 y), står en lys grønn finkornet grönsten, tildels med pillowstruktur. I mikroskopet viser den seg å være rik på hornblende og kloritt og forholdsvis fattig på epidot og albitt. Dette er en type som synes å svare til Carstens's lysegrønne bergart fra Frilsjöhögda.

En type av grönsten som er lett å kjenne i marken står ved stollåpning til Wallenberg sjakt. Den har pillowstruktur med små, omkring 2 dm lange linseformete puter. Den er finkornet, har mandelstruktur med utvitrete hulrom, med fyllinger av rød kalkspat og har rödfargete (jaspis-fargete) striper. Putene er variolitiske med mørkere farget rand og bergarten inneholder ofte gule epidotrike årer. Denne bergart står i den sydlige del av Fagerlihögda (öst for Björnlivann). Den finnes også nord for

Jorhuse+tjernet og ved ^{veien ved} ~~siden av~~ Jorhus (ved hus ovenfor veien + 1700 x, + 400 y).

I mikroskopet (2) viser den seg å være meget finkornet, rik på epidot og forholdsvis fattig på albitt. For korthets skyld skal denne type av grönsten bli kalt Wallenberg-typen.

Etter i det foregående å ha beskrevet de forskjellige typer av "normale" grönstener, skal jeg gå over til å beskrive de derivater av grönsten som under omvandlingen har fått sin kjemiske sammensetning forandret.

En velkjent og alminnelig utbredt omvandling av basaltiske grönstener er den som skyldes kullsyreholdige oppløsninger. Ved lave temperaturer er Ca-holdige silikater ikke stabile i nærvær av kullsyre, men vil nedbrytes under dannelse av karbonat som kan bli i bergarten som kalkspat eller Ca kan bli ført vekk i oppløsning. Hornblenden er det Ca-silikat som først og lettest nedbrytes på denne måte, vi kan da få albitt-epidot-kloritt grönstener som regel med kalkspat. Om også epidoten nedbrytes, får vi albitt-kloritt-(kalkspat)-bergarter.

Som nevnt er denne slags omvandling alminnelig i grönstens-områder. Ved Lökken synes denne karbonatsiering å forekomme bare i nærhet av kisforekomstene. I nærhet av kisforekomstene har det foregått også mer gjennomgripende metasomatiske omvandlinger av grönstenene, ikke bare ved oppløsning og vekkføring av Ca, men også med tilførsel av forskjellige stoffer.

Jeg skal til innledning sitere hva Carstens har skrevet om denne omvandling i sitt arbeid om dannelsen av de norske svovelkisforekomster i 1944, s. 15:

"På Lökken har jeg i forskjellige profiler uttatt prøver av hengbergarten i forskjellige avstand fra kiskontakten. Nærmest hengen inngår ved siden av kvarts alltid større mengder kloritt, tildels uten tilblending av sericitt. I flere meters avstand opptrer i alminnelighet sericitt som hovedbestanddel ved siden av kloritten og går i enda større avstand fra kiskontrakten leilighetsvis over til å bli bergartens hovedbestanddel. Kvarts inngår alltid i betydelig mengde. Mineralselskapet antyder med sikkerhet at metasomatosen har funnet sted under tilførsel av SiO_2 , K_2O og H_2O ."

Carstens sier samme sted at de metasomatiske omvandlinger er størst i kisforekomstenes heng. Mitt eget materiale av bergarter fra Lökken gruve stammer for største delen fra hovedforekomstens ligg og viser at det også der har vært en kraftig stoffomsetning.

De bergarter som skal beskrives i det følgende må uten tvil være omvandlingsprodukter av grönsten, noen av dem er tatt av blotninger som viser pillowstruktur og de fleste av bergartene kan ikke i marken skilles fra vanlige grönstener.

Fra mine egne innsamlinger har jeg slip av 29 grönstensbergarter fra gruva, av disse er bare tre så litet omvandlet at de kan betegnes som normale grönstener, de andre er for det meste kraftig omvandlete, til tross for at jeg ikke har lagt an på å

samle omvandlede bergarter. Dette viser at omvandlingen av grönstenene er meget utbredt i nærheten av kisforekomsten, også i ligger, som nevnt stammer de fleste av mine prøver herfra.

Karbonatisering er meget alminnelig, de aller fleste omvandlede grönstener inneholder mer eller mindre av kalkspat. Unntaksvis finnes bergarter med kalkspat som hovedbestanddel i de undersøkte tynnsli, fra 430 m komort prof. 46½ (nr. 52) og fra 380 m prof. 74½ (nr. 22) foreligger albitt-kalkspat-bergart. Kvarts og muskovitt forekommer i en stor del av de omvandlede grönstener, forekomsten av disse mineraler viser at henholdsvis Si og K må være blitt tilført. Kvartsen forekommer på en karakteristisk måte som forholdsvis grovkornete aggregater, enten på rette årer eller i runde, druseaktige partier i bergarten. En alminnelig type av omvandlede bergarter er albitt-kloritt-bergart med de nevnte mineraler som hovedbestanddel, som bibestanddeler finnes dels hornblede og epidot, dels kalkspat, kvarts og muskovitt. Albiten finnes som korn med listeformet tverrsnitt av lignende form som albiten i de normale grönstener. Hos enkelte albitt-kloritt-bergarter opptrer en del av albiten i rosetter av strålige korn, en struktur helt forskjellig fra grönstenenes, den strålige albitt må derfor være nydannet eller omkrystallisert. Av bergarter i min samling som jeg har tynnsli av er nr. 25, 27, 41, 60, 65, 70, 82 og 83 å regne som albitt-kloritt-bergarter.

I noen bergarter er den ovenfor beskrevne strålige albitt det helt overveiende eller eneste mineral, vi har albitt-bergarter. I albiten i disse er det innvokset fjærformete aggregater av en mørk, ubestemmelig substans, det er antagelig denne som gir bergarten en svart farge. Ved dannelsen av disse bergarter som nesten helt ut består av den strålige albitt må det ha vært tilførsel av Na (nr. 49, 62, 80) En slik svart albitt-bergart står like i heng av kisen ved inngangen til det lange tverrslag 6 på 430 m.

Som en egen type kan også utskilles kvarts-kloritt-bergarter med de nevnte mineraler som hovedbestanddeler.

Noen bergarter er blitt omdannet ved sterk anrikning på kloritt, klorittisering. En illustrasjon av denne prosess gir en bergart fra 250 m liggkom omkr. prof. 20 vest (83), en breksjelignende bergart med uregelmessig formete mørke innleiringer i en grå grunnmasse, inneslutningenes størrelse 1 til 5 mm med enkelte større, 1 til 2 cm. Grunnmassen i denne er albitt-kloritt-bergart, de mørke inneslutninger består helt overveiende av grønn kloritt. At bergarten opprinnelig har hatt breksjestruktur må regnes som meget litet sannsynlig. I alle fall må både grunnmasse og inneslutninger være metasomatisk omvandlet.

En bergart av samme type med klorittinnetringer i en albitt-kloritt-bergart er funnet på nordvestsiden av Styggstjern.

Det er videre funnet kloritt-bergarter med kloritt som overveiende bestanddel (nr. 21 og 55). Men disse er det vanskelig med sikkerhet å skille fra de sedimentære klorittlag som finnes sammen med vasskislagene.

En forekomst av kloritt-bergart i sammenheng med albitt-kloritt-bergart og kvarts-kloritt-bergart, som alle sikkert er metasoma-

tiske omdannelsesprodukter av grönsten er i borhullene 847 og 848 som har gått opp fra hovedmalmens henggrense på profil 55. Etter mikroskoperte prøver har vi på 2 m over hengen kvartsklorittbergart, på 12 m klorittbergart, på 32 m albitt-klorittbergart og på 52 m igjen klorittbergart. Disse klorittbergarter kan ikke ha noen sammenheng med sedimentære vasskislag, slike er ikke rapportert fra denne boring.

De kvartsrike bergarter som danner grunnmassen i kisbreksjen i Gamlegruva kan kalles "malmkvartsitter" (nr. 76 - 79) (kvartsitt må settes i anførselstegn, ordet skal egentlig brukes bare om omvandlete sandstensbergarter). Disse har kvarts som hovedbestanddel, oftest i forholdsvis store korn, omkr. 0,2 mm. En av bergartene (78) består av en meget finkornet (omkr. 0.01 mm) grunnmasse av kvarts og kloritt med enkelte større kvartskorn. Dessuten finnes muskovitt og i de fleste også kloritt. De er kisimpregnert også utenfor de kisrike breksjefyllinger.

I betraktning av at kvarts med lignende struktur som i "malmkvartsittene" forekommer alminnelig i de ovenfor beskrevne metasomatisk omdannede bergarter, må det ansees som meget sannsynlig at også disse er kraftig metasomatisk omdannede derivater av grönsten. Selv har jeg ikke hatt anledning til å følge noen jevn overgang fra malmkvartsittene til sikre grönstensderivater og kan derfor ikke helt utelukke muligheten av at "malmkvartsitten" opprinnelig har vært en sandsten eller en "lys jaspis". Carstens skriver i sin Lökken-rapport 1922 (s. 49) at grunnmassen i malmbreksjen dels er en grönstenskiferlignende bergart, dels en gråhvit kvartsittisk bergart. Disse vil vel vise seg å gå jevnt over i hinannen.

I Übersicht der Eruptivgesteine im kaledonischen Gebrige", 1916, har V. M. Goldschmidt meddelt en analyse av grönsten fra Lökken gruve, materialet samlet av Carl Bugge i 1908:

	Vekt %	Mol.ekviv. %
SiO ₂	38.07	34.2
TiO ₂	0.66	0.5
Al ₂ O ₃	13.71	14.7
Fe ₂ O ₃	1.72	1.2
FeO	4.50	3.5
MnO	0.12	
MgO	4.64	6.4
CaO	16.12	15.8
Na ₂ O	2.98	5.3
K ₂ O	2.43	2.9
CO ₂	11.71	14.8
P ₂ O ₅	0.07	
H ₂ O +	3.27	
H ₂ O ÷	0.11	
	<u>100.11</u>	<u>100.0</u>

(I beregningen av analysen i mol.ekvivalent % er det regnet med "molekyler" $\text{AlO}_{1\frac{1}{2}}$, $\text{FeO}_{1\frac{1}{2}}$, $\text{NaO}_{\frac{1}{2}}$ og $\text{KO}_{\frac{1}{2}}$, alltid et metallatom per "molekyl").

I Geologisk museums slipsamling finnes det et slip merket "C. B. Lökken 08", som antagelig er av det analyserte materiale. Den ene del av slipet består av strålig albitt, den annen del har en meget finkornet ubestemmelig grunnmasse, hvor det er små utydelig begrensede partier av et sterkt dobbeltbrytende lyst mineral, sikkert muskovitt. Dessuten finnes rikelig kalkspat, og videre epidot, hornblende og kloritten sitter i runde "druser". Mineralsammensetningen kan grovt beregnes til 30 % kalkspat, 26 % albitt, 4 % epidot, 4 % hornblende, 20 % muskovitt og 16 % kloritt. Det fremgår klart av analysen at vi har en grønsten hvor det meste av Ca-mineralene er blitt karbonatisert og K er blitt tilført.

Det må til slutt nevnes at en stor del av de ovenfor beskrevne omvandlede bergarter er kisimpregnerte. Av og til sees foruten den opake kis også gjennomsluktige korn av sinkblende i dem.

I högd like nord for det gamle dynamitthus står en lys meget finkornet og seig bergart, som i marken ble ansett for å være felsitt. Blotninger av samme finnes også nordenfor bort til transportbanen (nr. 9, 92). Ved mikroskopiske undersøkelser viste den seg å være rik på epidot og hornblende. Fine hornblendenaaler ligger på kryss og tvers, denne struktur er nok årsak til bergartens store seighet. Det er tvilsomt om denne bergart primært har vært forskjellig fra den vanlige grønsten eller om den er blitt dannet ved en særskilt slags omvandling.

De sedimentære vasskiser og de ledsagende svartfjellag og klorittlag er blitt inngående beskrevet av Carstens. Svartfjell har ifølge Carstens kloritt (stilpnomelan) og magnetitt som hovedbestanddeler. Som klorittlag betegnet han (Vulkanhorizont, s 222) bergarter med albitt, muskovitt og titanitt, av og til også magnetitt, i en grunnmasse av kvarts og kloritt.

Jeg har samlet og mikroskopert bergarter som må regnes å høre til Carstens's klorittlag fra sydsiden av det gamle dagbrudd ved Gamlesjakt (utgående av India) (nr. 9 og 87) og fra liggen av hovedmalmen i tverslag på 380 m, prof. 40 - 43 og 430 m prof. 58 (nr. 84 - 86, 88). At disse klorittrike bergarter ikke er metasomatiske derivater av grønsten vises av at de inneholder tynne striper av vasskis, de fører et magnetisk mineral, antagelig magnetkis.

Alle disse bergarter unntatt nr. 88 har kloritt som hovedbestanddel, av andre mineraler finnes kvarts, muskovitt, en lys grøn glimmer (en slags biotitt), albitt i større porfyroblaster og titanitt. Nr. 88 er meget kvartsrik og minner for så vidt om "malmkvartsitt". De fleste av disse bergarter er sekundært kisimpregnert.

Kiselsedimenter, jaspis, ledsager vasskisene. Det kan henvises til Carstens's beskrivelse av disse.

Som innleiringer i grønstenene forekommer tuffskifrer, oftest med

rödlig farge. Analyse og beskrivelse av en slik bergart fra jernbanelinjen nord for Lökken finnes i Carstens's Lökken-rapport 1922, s. 21. Rød tuffskifer forekommer ved Höidal gruve og er herfra blitt beskrevet av Brøndmo. Selv har jeg mikroskopert en rödlig tuffskifer fra vannbassenget ovenfor Björnli (nr. 91). Den er så finkornet at mineralene for det meste er ubestemmelige, men den inneholder epidot, hva som viser at den må inneholde basaltisk materiale.

i grönsten. I dalsökk på östsiden av dalen 500 m nord for Lökken fant jeg en grå glimmerskifer (nr. 32) som her må forekomme som innleiring. Den er en helt normal glimmerskifer eller fyllit med ruglete skifrihetsflater, som förer ganske rikelig med turmalin.

Av intrusivbergarter i grönstenene er det gabbro som dekker de største arealer. Carstens ~~x~~ har meddelt analyser av Lökken-feltets gabbroer i sin Lökken-rapport 1922, s. 36 og i sin posthume avhandling om Lökken-feltets geologi s. 23. Gabbroene har bevart sin opprinnelige struktur, mens mineralene er nesten fullstendig omvandlet, en stor del av pyroksenene til hornblende mens plagioklasen er saussuritisert, de er saussurit-uralit-gabbroer.

Jeg har ikke gjort noen mikroskopisk undersökelse av gabbroene da de lett kan kjennes fra området's andre bergarter i marken og i håndstykker, derimot kan det være grunn til å omtale deres geologiske opptreden og deres grenseforhold til grönstenene. At gabbroene er yngre enn grönstenene og intrudert i disse vises av finkornete grensefacies mot grönsten av og av inneslutninger av grönsten i gabbroen. Dette kan sees ved Styggjtjern. Det er her finkornet gabbro ved grense til grönsten på nordvestsiden og eruptivbreksje med bruddstykker av grönsten i finkornet gabbro på sydsiden av dammen. Ved grensen grönsten - gabbro nord for Liahaugetjern treffes over en ganske lang strekning avvekslende grönsten med årer og ganger av gabbro og gabbro med inneslutninger av grönsten.

Den basaltiske grönstensbergart måtte derfor være avkjölet da gabbroen trengte inn i dem, men noen stor aldersforskjell kan det på den annen side ikke være mellom de to slags bergarter. Som påvist av Carstens finnes Lökken-feltets gabbro ikke i Hovin-gruppens bergarter, og må således være eldre enn disse.

Mens gabbroen som nevnt er finkornet nærmest grensen til grönstenen, går den i noen avstand fra denne over i en normalkornet gabbro. Noen deler av gabbromassivene er meget grovkornet med centimeterstore tavleformete feltspater og med de mørke mineraler som utfylling mellom disse (ofitisk struktur).

Foruten av gabbro er grönstenene også gjennomsett av finkornete diabasganger av bredde opp til en meter. Slike ganger har jeg sett på nordsiden av Idrettsplassen med 1 til 2 dm bredde, retning nord-syd. På östsiden av Björnlivann, (omkr. + 1150 x), er det omkring meterbrede ganger av porfyrisk diabas med retning öst-nordöst. En 70 cm. bred gang blottet i stranden har finkornet rand, mens bergarten i midten går over i normalkornet gabbro. Det er lignende ganger i den östlige del av Lökken gruve. En gangbergart av særpreget type er porfyritt med store feltspatinnsprengninger (störrelse 1, opp til 3 cm). Hos noen

av bergartene finnes foruten feltspat også innsprengninger av hornblende eller pyroksen. Ganger av denne type finnes ved Höidal gruve og i den østlige del av Lökken gruve, hvor det settes gjennom malmforekomstene (prøver fra denne gang ligger på museet på Lökken). Jeg har funnet samme gangbergart i tverrslag 6 på 430 m og på nordsiden av jaspiskonglomeratet vest for Snurås.

Disse gangbergarter i Lökken-feltet svarer til bergarter som finnes i store masser på Hölonda, av Th. Vogt kalt Hölonda-porfyritt. Disse har her vært oppfattet som lavaer (bl.a. av Vogt), andre som Carstens har ansett dem som intrusive. Vogt har i sin Hölonda-avhandling 1945 beskrevet inneslutninger, oppfattet som utkastete vulkanske bomber, av Hölonda-porfyritt i fossilførende Hölonda-kalk. Dette viser at Hölonda-porfyritten må være samtidig med Hölonda-kalken, av tidlig mellom-ordovicisk alder. Når ganger av Hölonda-porfyritt gjennomsetter malmen ved Lökken, bekrefter dette Carstens's oppfatning at malmene i Lökken-feltet er eldre enn Hovin-gruppen.

Finkornete felsitiske intrusivbergarter av trondhjemitisk sammensetning opptrer som linseformete intrusivlegemer i grønstenene i strøket nord for Dalatjern og østover mot nordenden av Bjørnlivann. Jeg har ingen nye bidrag å gi til kjenskapet til disse bergarter og kan bare henvise til Carstens's beskrivelse av dem i rapporten av 1922 s. 32 i "Vulkanhorizont" s. 214 og i Lökken-feltets geologi s. 15.

Hovin-gruppens bergarter vil ikke bli omtalt i denne rapport. Grensen mellom grønstenene og Hovin-gruppens bergarter er tydelig markert ved konglomeratdraget som strekker seg fra Höidalskammen tvers over dalen til sydøst for Snurås. Karakteristisk for dette konglomerat er at det fører boller av jaspis, det kan derfor betegnes som jaspiskonglomeratet.

Lökken-feltets geologi og tektonikk.

Fremstillingen av Lökken-feltets geologi og tektonikk skal deles i tre avsnitt, geologien i dagen, geologien i gruva, tektonikken og konklusjon om feltets geologi og tektonikk med særlig sikte på malmforekomstene.

En vanskelighet for geologen i Lökken-feltet er, som alt nevnt, at grønstenene som er de mest utbredte og de viktigste bergarter i feltet, ikke har tydelige lag- og strukturflater. Det er nesten bare i vasskisene at en kan finne sikre lagflater. De lagstillingstegn i grønsten som er avsatt på kartet må derfor tas med forbehold.

Geologien i dagen.

Skyveplanet som ble oppdaget i gruva og som der er markert ved den kjente leirsleppe, går ut i dagen ved veien ved den sydligste del av Bjørnlivannet, hvor det står en sterkt forskifret og tektonisert grønsten. Også gabbroen som her ligger like over skyveplanet bærer tydelig preg av å være presset. Nord-over

herfra fortsetter skyveplanet omtrent langs den vestre bredd av Björnlivannet, for så å svinge over på østsiden på + 1250 x. Her er det grense med omtrent øst-vestlig retning mellom gabbro i nord og en svart bergart i syd og under og syd for den svarte bergart en grå eller grønn meget massiv grönsten. Gabbroen er gjennomført av kvartsårer og bergartene i nærheten av grensen er sterkt presset. Grensen viser seg tydelig som et bevegelsesplan. I den svarte bergart ved grensen er det opp til 10 m lange og $1\frac{1}{2}$ m brede linser av lys felsitt eller felsitt-lignende bergart (den er ikke blitt mikroskopisk undersøkt).

Det har ikke vært mulig med den tid jeg har hatt til rådighet å følge skyvegrensen videre herfra, men sannsynligvis er det samme skyvegrense som er blottet nordvest for Jorhustjernet (+ 2200 x, - 450 y). Det er her et søkk i terrenget med retning nord - syd, hvor det på østsiden står massiv lys grönsten og på vestsiden finkornet gabbro, som nederst er tydelig tektonisk forskifret.

Mot syd stryker utgåendet av skyveplanet ut i Fagerlivannet og kommer igjen til syne i bekken som fra syd renner ned i sydenden av vannet. Bergartene oppover langs bekken er sterkt forskifret, så det kan ikke være tvil om at vi her har fortsettelsen av skyveplanet. Til forskjell fra forholdene nordenfor er det her grönsten både over og under skyveplanet. Den ovenfor omtalte bekk renner på stykket nærmest ovenfor Fagerlivannet ganske bratt nedover i en markert dalsenkning, som følger utgåendet av skyveplanet. Omkring 500 m syd for Fagerlivannet blir terrenget flatere og bekken renner her langs et myrdrag, hvis retning svinger over ~~x~~ fra sydlig til syd-sydvestlig retning. Ved den nordøstlige ende av dette myrdraget er det et litet myrdrag med retning nord - syd hvor det på begge sider er sterkt mylonittisert finkornet lys grönsten, hva som kunne tyde på at vi her er i nærheten av et skyveplan. Det lille myrdraget ligger omtrent på (- 1200 ~~x~~, - 1300 y) etter Lökken-kartets koordinatsystem. På nord-vestsiden av myrdraget i fortsettelsen av bekken ned til Fagerlivann hever det seg en bratt helling opp mot högd sydvest for Fagerlivann. Nederst i hellingen er det overdekket, men nederste blotning i hellingen var en mylonittisert og oppsprukket grönsten. Denne bratte hellingen mot syd-öst med det flate myrdraget ved foten markerer sannsynligvis det utgående av skyveplanet.

Det vil være av interesse å få undersøke den mulige fortsettelse av skyveplanet sydover, særlig hvordan det forholder seg til jaspiskonglomeratet, som står nær sønnenfor.

~~I gruva~~ Fra gruva vet vi at skyveplanet heller innover mot vest-nordvest i malmens lengderetning, dets utgående i dagen har retning nord-nordöst - syd-sydvest.

Vi må anta at den övre blokk har beveget seg oppover mot øst-sydöst langs skyveplanet i forhold til den undre blokk. Ved skyveplanet deles Lökken-feltet i to deler, over og under skyveplanet, som ikke har noen direkte geologisk sammenheng med hinannen.

Bergartene under skyveplanet.

I området omkring gruva på vestsiden av dalen står som foran omtalt den lyse feltspatrike grønsten fra veien til Fagerli syd- over til jaspiskonglomeratet (jeg har selv iaktatt konglomeratet nordvest for Snurås). Den lyse grønsten er utmerket blottet i högda med vasskislagen øst for Fagerlivannet. I strøket sønnenfor, hvor det stratigrafiske nivå for hovedforekomsten må gå i dagen, er det meget sterkt overdekket. Men også i dette område er det praktisk talt sammenhengende blotninger oppover langs bekken som renner ned i vestenden av Fagerlivannet. Også ved den øvre transportbane er det gode blotninger av den lyse grønsten. I samme område finnes de foran omtalte seige felsittlignende bergarter i högda mellom det tidligere dynamitthus og transportbanen.

Ovenfor den gamle gruveåpning (nå gjenfylt med berghalder) (ved + 50-100 x, - 50 y) er det blotninger av mørk grønsten med pillow- og slakkestruktur og med runde hulrom etter mandelfyllinger. Den mørke farge på grønstenen her skyldes temmelig sikkert omvandling av samme type som forekommer i gruva i nærheten av malmforekomstene. --- Bortsett fra de nyss nevnte forekomster er omvandlet grønsten ikke funnet ved overflaten.

Blotninger av vasskis- og svartfjellag, til dels med jaspis, er det i högda øst for Fagerlivannet, østligst finnes det her to slike lag skilt ved omkring 15 ms mektighet av den lyse grønsten. Klorittlag med tynne striper av vasskis er som foran omtalt blottet ved det gamle dagbrudd med utgåendet av India-malmen ved den gamle sjakt.

Jaspis i en ganske mektig klump, sammenfoldet etter forskjellige akseretninger, er blottet vest-sydvest for østenden av Fagerlivannet (+ 50 x, - 600 y), nær vestenfor og sannsynligvis under jaspisen er det en blotning av den lyse grønsten.

Jaspis er blottet også i den vestligste del av tunnelen i transportbanen (øst for Fagerlivannet), iflg. Carstens's 1922-rapport, s. 48.

Svartfjell er videre blottet ved drivhus for heis ovenfor Fearnley sjakt (- 100 x, - 200 y).

Mellom veien til Fagerli og dammen ved Bjørnlitjern står som foran omtalt grønsten som skiller seg fra grønstenen sønnenfor ved sin mørkere grønne farge. Det må bemerkes at det i dette område også finnes grønsten med lysere farge og at det ikke er lett å bedømme fargetonen helt objektivt. Men at grønstenen her stort sett er mørkere enn den som står både sønnenfor og nordenfor kan det ikke være tvil om. Samme mørke grønsten er blottet også langs veien oppover fra Lökken og langs veien i dalbunnen nordover fra Lökken til på + 900 x, hvor det treffes lys porfyrisk grønsten ved bekk i sydkant av et jorde, omtrent rett øst for dammen i Bjørnlitjern. --- Den lyse grønsten finnes videre nordover blottet like ved veien til ved gården på + 1550 x.

Nordenfor ovenfor nevnte gård, mellom denne og den store Jorhusgård, hvor det tar opp vei til et hus, står tydelig variolitisk

grönsten med småputet struktur, av typen fra Wallenberg sjakt. Puteflatene heller vestover og bergarten har en tydelig akseretning og linjestruktur som faller 15° i vest-nordvestlig retning.

Grönsten av samme type med et lag av jaspis er blottet nord for Jorhus-tjernet, i forlengelsen av akseretningen fra ovennevnte lokalitet.

Nord for dammen på østsiden av Björnlitjern^{står}, som nevnt i avsnittet om bergartene, lys feltspatrik, tildels porfyrisk grönsten, mens det nordenfor denne, nærmest syd for skyvegrensen, står en lysegrønn, finkornet hornblenderik grönsten (omtalt i avsnittet om bergartene).

Også på østsiden av dalen står den lyse feltspatrike grönsten nordover fra grensen til jaspiskonglomeratet. Ved Höidal gruve er horisontalavstanden fra jaspiskonglomeratet til vasskislagen ved gruva omkring 500 m, mens avstanden fra konglomeratet til de tilsvarende vasskislager ved Lökken gruve er omkring 1500 m. Det blir således en mot vest åpen vinkel på noe under 10° mellom vasskisdraget og konglomeratet. Erosjonsdiskordansen mellom grönstenen og jaspiskonglomeratet viser seg på denne måte.

Den mørkegrønne grönsten, som vi har sett står på vestsiden av dalen helt ned til dalbunnen, hvor den er blottet langs veien nord for Lökken, stryker ikke over på østsiden av dalen. Her står grönsten av den lyse type fra de nederste blotninger og et godt stykke oppover dalsiden. Derimot finnes det mørk grönsten langs kraftledningen mellom veien til Höidal og sydenden av Stygg-tjern. Dette forhold kan forklares ved at den mørke grönsten ligger over den lyse i en synklinal, hvis akse stiger opp mot øst (under en vinkel av bortimot 20°) så den mørke grönsten bringes høyt opp på østsiden av dalen. Ved veien opp til Stygg-tjern synes en grense mellom lys grönsten og mørk grönsten ovenfor å ligge på 250-300 m o.h. I högd 450 (-300 x, + 1600 y) finnes grönsten av den mørke type, likeså nordenfor i högda sydøst for Stygg-tjern (omtr. + 150 x, + 1700 y), men langs denne porfillinje finnes den mørke grönsten som innleiringer i overveiende lys bergart. Lengere østover, i profilet nordover fra Höidal mangler den mørke grönsten, den må her være steget opp i luften (være vekkerodert).

Foruten mørk grönsten som må antas å være fortsettelsen av den tilsvarende bergart på vestsiden finnes det enkelte steder grönsten med mørk farge som sannsynligvis skyldes omvandling av lignende art som hos de mørke grönstener i gruva. Slike mørke bergarter finnes like nord for Höidal gruve (nordligste dagbrudd) og på nordvestsiden av Stygg-tjern.

Ved Höidal er det flere lag av svartfjell og vasskis avlagt på Bröndmos kart. Det samme drag med vasskislager fortsetter vestover på sydsiden av veien til Höidal, hvor det er blitt undersøkt ved boringer. En avrøsket blotning av et av lagene er ved kraftledning ved sydkant av myr (- 450 x, + 1000 y).

Ved Kattdalen er vasskislager gjennomført på to steder. Et borhull i dalbunnen (- 60 x, + 215 y) som er gått ned under 45° helling mot syd viser ovenfor 10 m grönsten, 6-7 m vasskis, 20 m grönsten, 2 m vasskis, 5 m grönsten, nesten 35 m rød tuffskifer

og underst 2 m grönsten, borhullets lengde 83,85 m. Et annet borhull på samme sted med 60° helling mot syd til 48,80 m skjærer gjennom de samme to vasskislag, som i borhullenes plan faller 45° nordlig, i dette borhull er det funnet også et meter-tykt vasskislag 6 m under det övre.

Et borhull lengere oppe ved dalen (- 100 x, + 300 y) med helling 45° mot syd viser snaut 30 m grönsten, 4 m vasskis, 25 m grönsten og under denne rød tuffskifer, 7 m gjennomboret. Et vertikalt hull på samme sted traff vasskislagets övre grense på 57 m, vasskislaget har 60° nordlig fall i borhullenes plan.

Den röde tuffskifer er påvist i borhull i dalbunnen ved tilfluktsrom. Gamlestallen (- 90 x, + 145 y). Borhullene heller 45° og 60° mot öst og har gått gjennom to lag av rød tuffskifer av 15-20 m mektighet, skilt ved ca. 12 m grönsten. Det övre tuffskiferlag ligger like under jorddekket. I planet gjennom borhullene har lagene 50° vestlig fall. Vasskis ble ikke påvist i disse borhull.

Det kan neppe være tvil at dette er det samme drag med vasskislag som finnes igjen ved Lökken gruve. Her er ikke den röde tuffskifer påvist.

På vestsiden av dalen er det et stort gabbromassiv ved Stygg-tjern og Bustadvann. Ved sin grense mot sydvest gafler det seg ut i flere grener, kilt inn i grönstenen etter en nordöst - sydvestlig retning. Det er videre en linseformet gabbrokropp på sydsiden av dalen nord for Stygg-tjern.

Den mektige gang av grovporfyrisk diabas ved veien like vest for Höidal gruve har lenge vært kjent (nevnt i Carstens's 1922-rapport, s. 13). Den fortsetter sydovert fra veien i retning noe syd for sydvest, mens fortsettelsen mot nord har omkring nord-nordöstlig retning. Gangen finnes igjen med 25 m bredde i höide på sydsiden av et myrdrag med tjern (0 x, -2400 y). Ved veien til Höidal er en 15 m bred gang av samme bergart 100 m vest for den store gangen.

Bergartene over skyveplanet.

Bergartene over skyveplanet finnes bare på vestsiden av dalen. Jeg har ikke ofret megen tid på undersökelse av denne del av området fordi den har mindre direkte interesse for malmforekomstenes geologi.

I högda sydvest for Fagerlivann står de vanlige meget massive lyse grönstener over det utgående av skyveplanet på sydsiden av högda (se foran). I sydhellingen nær ovenfor den formodete skyvegrense ved myrdraget ble det funnet en liten intrusjon av finkornet gabbro. Nedover fra toppen av högda mot nord i retning av Lihaugtjern følges den lyse grönsten, men i höyde 400-350 m o.h. er det overgang til gabbro. Grensen mellom grönstenen og det store gabbromassivet nordenfor er ikke skarp, for så vidt som det överst treffes små intrusjoner av finkornet gabbro i grönstenen og videre nedover stadig veksel mellom gabbro og grönsten, det finnes eruptivbreksjer med større og mindre bruddstykker av gabbro i grönstenen.

På østsiden av den sydligste del av Björnlivann står gabbro like over skyveplanets utgående, gabbroen er grovkornet og tydelig sterkt tektonisk påvirket. Den danner en forholdsvis tynn plate, som nordover antagelig er sammenhengende med gabbroen ved den nordøstlige del av Björnlivann, det finnes blotninger av gabbro ved langs veien langs Björnlivann.

Over gabbroen er det variolitisk grönsten av "Wallenberg-typen" blottet ved stollåpning og ved sjakttårnet ved Wallenberg, den er blottet også ved en sprengning i högda mellom Fagerli og Björnli (+ 600 x, - 1100 y).

Ved vannbassenget står en tuffskifer som jeg ikke selv har sett, men som jeg har undersøkt mikroskopisk (nr. 91). Ved hoppbakken nordligst i högda er det felsit.

Omkring hovedbebyggelsen i Björnli og ved veien herfra til Dalatjern er det blotninger av grönsten som jeg ikke har undersøkt nærmere.

Ved de nordligste hus nord for Björnlivannet står en lys finkornet og tynnbenket, flintaktig, muligens mylonittisk grönsten. Nordenfor, på vestsiden av tjernet nord for Björnlivann og i högd på nordsiden av samme tjern står finkornet variolitisk grönsten av "Wallenberg-type".

Ved sydöstsiden av tjernet står gabbro, middelskornet og noe mylonitisert. Jeg har ingen nye detaljer å gi til geologi og kartbilde i strøket fra den nordöstre del av Björnlivann nord-öster mot Jorhustjernet uten det som foran er nevnt under omtalen av skyvegrensen.

Geologiske iakttagelser i gruva.

Bergartene i gruva er beskrevet i et foregående avsnitt. Vi har i ligg av malmen i gruva den lyse feltspatrike av og til porfyriske grönsten som er blottet i högda öst for Fagerlivannet, hvor Bakindia-vasskisene går ut og i strøket sönnenfor hvor hovedforekomstens nivå må gå i dagen. I nærheten av malmforekomstene er disse bergarter, som foran beskrevet for det meste mer eller mindre omvandlet.

Grönstensbergartene kan ikke gi noen ledetråd til utredning av den geologiske bygning. Primært er de ensartete og omvandlingen er heller ikke karakteristisk for noen bestemt horisont. Derimot finnes det i nærheten av malmforekomstene en rekke lag av vasskis og svartfjell som er utmerkete stratigrafiske ledehorisonter, og en detaljert utredning av disse vil gi en nøkkel til kisforekomstenes geologi. De bidrag jeg har rukket å gi skal meddeles i det følgende.

Alle som har gjort geologiske iakttagelser i Lökken gruve er blitt slått av den nære sammenheng mellom vasskisene og de epigenetiske kiser.

Falkenberg skriver i sitt arbeid av 1914, hans iakttagelser er fra den östligste og eldste del av gruva (s. 15): "Der Feinkies (d. e. vasskis) ist auf das Liegende der Kiesgänge beschränkt,

wo er zwischen Hauptkies und Liegendem vorkommt, mit scharfer Begrenzung gegen beide."

Carstens skriver i sin Lökken-rapport 1922, s. 49:

"Jaspislag (og hvite kvartsitlag), svartfjellag og kislav av Leksdalstypen opptrær imidlertid på mange steder i kontakt med Lökken grubes kisstokke (Hovedgruben og Bakindien), sædvandligvis i kisingenes ligg, undtagelsesvis også i deres hæng."

Ved fire besök i gruva i oktober 1957 fulgte jeg hovedkisens ligg fra i öst (ca. prof. 30) til i vest (ca. prof. 74) og skal nedenfor meddele de iakttagelser jeg da gjorde, sammen med noen iakttagelser fra sommerens arbeid (se fig. 1).

På 250 m nivå, tverrslag 1 og 4, prof. 9 og 12 (vest) ligger et svartfjellag like under malmen, mot hengen går malmen over i impregnasjons- og breksjemalm av samme type som i Gammelgruva.

På 300 m nivået er det i tverrslag ved prof. 28 b mørk bergart (svartfjell) i ligg av kisen, på hengen finnes litt jaspis.

I tverrslag ved prof. 30 b er blottet kisens liggrense med mer enn 45° nordlig fall til et mektig svartfjellag med en jaspisstripe. Noen meter i ligg er det et nytt svartfjellag.

Prof. 34 b svartfjell med innleiringer av grå grönsten rett i ligg av kisen.

Nytt tverrslag prof. 35 b svart lag (svartfjell ?) i selve kisligen. Derimot kunne det ikke finnes vasskis ved kisligg på prof. 36 b, her grå bergart i ligg av kisen.

På 340 m nivået er det i tverrslag 31, prof. 31, et steiltstående jaspislag ved kisens liggrense.

Ved tverrslag prof. 32 (?) er det svartfjell under kisen, liggrensen har slak helling, 15-20°.

I skraport på prof. 30 mellom 340 og 380 m nivå fulgtes svartfjell og jaspis i ligg av kisen.

Ved åpning av tverrslag 14, prof. 39 b, er det svartfjell og vasskis ved ligg av kisen.

På 380 m nivå i ny kom ved prof. 38 et mektig lag av svartfjell under kisen, liggrense slakt hellende, men ved ny hengkom ved samme profil har kisen en lys grönsten ved liggrensen.

I tverrslag 12 öst prof. 40 b ligger det under kisen en skifrig mørk bergart med tynne striper av vasskis. Den mørke bergart i dette og nærliggende tverrslag er blitt undersøkt ~~x~~ mikroskopisk og beskrevet i avsnittet om bergartene og ansett som kloritlag. Det må bemerkes at det i marken er umulig å skille mellom svartfjell og kloritlag, meget av det som her er kalt svartfjell kan være kloritlag.

I tverrslag 11 prof. 41 er det dels lys, omvandlet grönsten med mørke flekker, dels kloritlag med tynne vasskisstriper, nærmest under kisen.

Tverrslag 10 øst grå grönsten under kisen, selve liggrensen blottet i den sydlige del av tverrslaget, hvor det er et tynt svart kloritlag like under kisen.

I ny kom prof. 43 er det et lag av svart jaspis i ligg av malmen, grensens fall 45° til steilt.

På 300 m nivået i strosse prof. 42 - 42 b vasskis i ligg av malmen, under vasskisen grå grönsten.

Ved prof. 43 b ned skraport til en horisontal ort mellom 380 og 430. På det øverste stykke går skraporten i kis og kommer nederst inn på liggen, som er svartfjell med vasskisstriper. Den horisontale orten går gjennom lys grönsten, men svartfjellaget et flere steder blottet i den øvre del av orten, men går lengere vestover ned i sålen. Det er magnetisk (magnetitholdig ?) svartfjell med en 1-2 cm bred stripe av vasskis. Videre vestover ned skraport til 430 m nivå. Ved prof. 46 b går en stigort opp til kisligg fra skraporten, her er det 0.3-1 m av vasskis-svartfjell mellom kis og lys grönsten med mandelstruktur.

På 430 m-nivået finnes i tverrslag på prof. 48 b, i nærheten av skråsjakten til 456x, samme svartfjell med vasskislag som like ovenfor omtalt fra ortene østenfor.

I nytt tverrslag 18 b, prof. 55 b, grå grönsten med overliggende svartfjell og vasskis ved ligg av kisen. Samme lagfølge ved kisligg i tverrslagets stuff.

Tverrslag 19 b, ved liggrense til kisen en snau meter vasskis mellom grå grönsten og kis.

I tverrslag 20 b, prof. 57, er det ikke vasskis, men grå grönsten ved kisligg sees i stuffen.

Tverrslag 21 b, "unormal" vertikal liggrense til kisen med svart impregnasjonsbergart ved grensen. Et vasskislag ytterst ved munningen av tverrslaget.

Tverrslag 22 b, prof. 57 b, lignende forhold med svart impregnasjonsbergart ved kisligg. I den svarte bergart ved kisliggen fantes her striper av vasskis (88).

Det lange tverrslag 26, prof. 59 b, går gjennom kisen. Ved tverrslagets åpning i hengkom er det et mektig båndet vasskislag ved kisligg, også ved kisens heng vasskis, som er sterkt impregnert med epigenetisk kis og på den måten sveiset sammen med hovedkisen.

Tverrslag 32, prof. 62 b, grå grönsten i ligg av kisen, men like i liggen svart til brunlig finkornet bergart med en enkelt tynn kisstripe, muligens svartfjell og vasskis.

Ved prof. 62 b gått ned stige til feltort, her sees vasskis ved kisens liggrense, også her sterkt sekundært kisimpregnert. I vestgående ort på 440 m står denne kisimpregnert vasskis med grönsten både i heng og ligg, mot liggen kloritsleppe. Lengere vestover jaspis under vasskisen.

Den impregnerte vasskis følges vestover på 430 m til tverrslag 39, prof. 65 b - 66, hvor vi har den sekundært kisimpregnerte vasskis med grönsten i heng og ligg med sterkt tektonisert liggrense.

På 380 m nivå kommer malmens liggrense opp i tverrslag 48, prof. 70 b, svartfjell med vasskisstriper direkte under kisen, grensen svevende. Liggrensen uregelmessig og forstyrret av forkastninger.

Tverrslag 50, prof. 71 b. Like ved åpning i liggkom kisens liggrense til grönsten med tynne lag av svartfjell med kisstriper. Lengere inne i tverrslaget samme slags liggrense, underliggende grönsten her forskifret og full av kvartsårer. Når stoff i tverrslaget $\frac{1}{2}$ m svartfjell med vasskislag nærmest under kisen, under svartfjellet grå grönsten.

Tverrslag 52, prof. 72 b, ved åpning samme forhold ved liggrense som i ytre del av tv. 50. Også her er liggen forstyrret ved forkastninger. Omkring 25 m innenfor tverrslagets kryss med langsgående ort sees kisens liggrense til båndet svartfjell med vasskisstriper og litt jaspis av minst 1 m mektighet. Lengere inne i tverrslaget en mindre enn 1 m tykk stjer av kisen med svartfjell både i heng og ligg. Enda lengere inne stikker et lag av "foredlet" (kisimpregnert) vasskis gjennom tverrslaget.

I feltort vestover til nordligste del av tverrslag 56, prof. 74 b, følges kisens liggrense, for det meste til grönsten, men noen steder kuler av jaspis og litt svartfjell ved ^{ensen}grönsten. I skraport som går opp mot syd fra den langsgående feltort sees stripning i kisen som her er 2 m mektig, den er en "foredlet" vasskis.

I tverrslag 56 er det to vasskislag skilt ved grönsten ved kisens ligg, det överste av vasskislagene rett ved liggen.

På 430 m nivået ved åpning av krocket ort ved prof. 82 b ligger en mörk bergart rett i ligg av kisen. Den mörke bergart (53) viser seg mikroskopisk å være en kloritfels, muligens metasomatisk omvandlet grönsten. Lengere inne i orten er det vasskis i ligg av malmen.

Etter meddelelse fra overingeniör Okkenhaug er det sekundært omvandlet vasskis i utspissingen av hovedmalmen på 456 m nivået.

Det iakttagelsesmateriale som er blitt fremlagt i det foregående vil antagelig kunne suppleres ved rapporter av borer som har skåret kisingrensen. Borhull 868 har gått gjennom malmens nedre spiss ved prof. 45 b og viser 70 cm kis, i ligg av denne 3.5 m vasskis og svartfjell og videre i ligg lys grönsten med mandelstruktur.

Ved profil 26 er det en innknipning av hovedmalmen som er meget iöinefallende på lengdesnittet. Ved profil 25 går en stigort opp langs malmens grense, som her heller bratt mot vest, etter meddelelse fra bergingeniör Sandvik går denne stigort i jaspis. Gruveprofilene 25-26 b viser mektige jaspislag i både heng og ligg av malmen.

For å summere opp iakttagelsene er det påvist at malmforekomstene er knyttet til svartfjell-vasskislagerne, som regel er disse ved malmens ligg, men heller ikke rent sjelden i hengen. Det er imidlertid ganske mange unntak fra regelen om vasskis i malmens ligg, idet malmen mange steder finnes direkte over grönsten. Vi kan merke oss at malmen ved utspissningene flere steder kiler seg inn mellom svartfjell-vasskislager både i heng og ligg og at den flere steder går over i sekundært kisimpregnert, "foredlet", vasskis.

Det svartfjell-vasskislager som kan følges langs malmens ligg er ledsaget av flere, i ligger ~~og tildels også i hengen~~ av malmen.

Et meget godt profil gjennom vasskislager i ligg av hovedmalmen gir det lange tverrslag 26 på 430 m nivået, prof. 59 b. Mellom de to liggkomene er det her et praktfullt båndet vasskislager, 13 m bredt horisontalt over sålen, fall 30° til 50° nordlig, mektighet vel omkring 9 m. 8 m innenfor i tverrslaget er det et nytt 1.5 m mektig vasskislager. Midt inne i tverrslaget ligger et tynt lag av mørk finkornet bergart (svartfjell) med 1 til 2 cm tykke kisstriper. Laget ligger temmelig flatt med en svak böining. Det er av stor interesse at laget noenlunde følger liggrensen til kisen ovenfor, dette tyder på at vasskislagerne er konkordante med kiggrensen. Vasskislaget ved kisligg (omtalt foran) er 2 til 3 m mektig. Det mektige vasskislager på 430 m kan følges østover fra tv. 26, det står i kom ved prof. 49-51, 60 m lengere nord enn i tv. 26. Det er her småfoldning i vasskisen med aksefall omkr. 10° vest-nordvest, parallelt malmens liggrense (fig. 3).

På 456 m nivået er det et vasskislager ved prof. 57 b mellom søndre og nordre kom, det ligger omkring 20 m under malmens slakt helende liggrense og svarer antagelig til det store laget på 430.

På 300 m nivået er notert et vasskislager 30 m nord for Wallenberg sjakt, prof. 48, det ligger 30 m i horisontal retning fra malmens övre spiss og kan svare til det store laget på 430. På 340 m nivået er det et vasskislager kloss nord for Wallenberg, dette ligger i en horisontal avstand av 90 m fra malmens liggrense og er sannsynligvis på et lavere stratigrafisk nivå enn noen av de andre. Det kan sikkert skaffes flere og mer nöiaktige data fra gruva om vasskislagerne i malmligg, de vil være av stor interesse for malmforekomstens geologi.

Fra tverrslag på 120 m nivået, prof. 6 öst, har bergingeniör Sandvik meddelt meg et profil som viser to 2 til 3 m mektige vasskislager i ligg av hovedmalmen, skilt ved 10 m mektighet av grönsten. De to vasskislager er skilt ved en sleppe med bratt sydlig fall, så det er mulig at de er forstyrret i forhold til hinannen og endog at de kan være forkastete deler av samme lag. Grönstenen i ligger av det överste lag er på profilet beskrevet som "oppknust lys grönsten med leirelign. nesten hvit mellommasse". Det er omkring 60 m horisontal avstand fra det nordligste vasskislager til malmens liggrense.

Vasskislager som ligger i heng av hovedmalmen er blottet i dagen i sydhellingen av högda öst for Fagerlivannet, men skal omtales her fordi det ene av dem er det utgående av Bakindia-malmen, som er en sekundært kisimpregnert vasskis. Ved vei ved östre inngang til transportbanens tunnel er de to vasskislager utmerket

blottet like ovenfor veien, et undre lag 60 cm mektig og et øvre 75 cm med fall 50° nord-nordøst, skilt ved vel 15 m av lys grovkornet grönsten. Det øvre lag kan følges vestover langs sydhellingen av högda.

Andre dagblotninger av svartfjell-vasskis og jaspis-lag er omtalt i et foregående avsnitt.

Som foran nevnt er svartfjell-vasskislagen i den lyse grönsten et utmerket ledenivå som er fulgt praktisk talt sammenhengende fra Höidal til Lökken gruveområde. De røde tuffskiferlag som ledsager vasskislagen er kjent fra Höidal til borhullet ved Gamlestallen, derimot ikke i Lökken gruveområde. Hvert enkelt svartfjell-vasskislag kan derimot neppe følges over lengere strekninger, de synes raskt å forandre mektighet og kile ut, og grönstenslagene mellom dem må ventes å veksle meget i mektighet fra det ene sted til det annet.

Tverrslag 6 på 430 m nivået, prof. 49 b gir et vel 1400 m langt snitt gjennom grönstensmassene 100 m under havflaten (fig. 4).

Ved åpningen like ved kisens heng, 255 m fra grunnlinjen står en hard mørk albitfels (49). Lignende mørke metasomatisk omdannede bergarter som vanlig i kisens heng står innover på det første stykke.

Ved 370 m (avstand fra grunnlinjen) lys grå finkornet grönsten (48), mikroskopisk viser den seg å være hornblenderik, uten synlig albit, med innsprengninger av talk (pseudomorfoser etter olivin eller enstatit?), en grönsten av typen fra Frilsjöhögda (Carstens). Videre til 700 m veksler av lyse til lysegrönne grönstener, noen steder med pillow-struktur, og mørkfargete bergarter, grönlig og svartgrå bergart kan finnes like ved siden av hverandre, hva som tyder på at den metasomatiske omvandling gjør seg gjeldende langt inn i hengen av malmen. Ved 810 m mørk kvartsklorit-epidot-fels (46).

Ved 860 m treffes en mørk grön grönsten, farge omtrent som hos bergarten ved Idrettsplassen, Lökken, i denne et lag med jaspisstriper som faller 10° sydlig, like sønnenfor en struktur som kan være lagning med fall 10° nordlig, lagene skulle her altså ligge med en svak böining, men stort sett horisontalt.

Fra 900m helt overveiende lyst grå eller lysegrönne bergarter. De lyse grönstener mellom 900 og 1200 m (42-44) har jeg ikke undersøkt mikroskopisk. På 1210 m en mørk grön grönsten med et 4 dm tykt jaspislag som faller 15-20° nordlig (samme som på 860 m ??). Den mørke grönsten (41) er feltspatrik med 0.2-0.4 mm store albitlister, grön klorit, hornblende og epidot, samme bergarttype som grönstenen ved Idrettsplassen, Lökken.

Videre innover helt overveiende lyse grönstener, på 1380 m porfyrisk grönsten med feltspatinnsprengninger og således sikkert av den feltspatrike type. Omkring 1450 m lys grönsten med epidotrike gule "mandler" (sekundær omvandling?) (39) og meget finkornet lys grönsten (38), av den hornblenderike type uten feltspat synlig i mikroskop.

I de innerste 150 m i tverrslaget ca. 1540 m står grönsten av "Wallenberg-typen" pillow-struktur med putenes rand mørkere enn det indre, jaspisfargete striper og grønne epidotrike partier i grönstenen. Like ved stoffen innleiring i denne av en mørk noe rødlig skifer med svovelkis, laget faller 25° nordlig. Grönstenen av "Wallenberg-type" innerst i tverrslaget (33) lys grønn, mikroskopisk med hornblende og rikelig epidot i en meget finkornet grunnmasse. Den rødlig skifer (34) er meget finkornet og rik på sterkt dobbeltbrytende vanskelig bestembare mineraler, sikkert en basaltisk tuff.

Pillow-struktur med forskjellige størrelser på putene finnes på mange steder i tverrslaget og er som vanlig alminnelig i grönstenene.

Mellom ca. 1280 og 1520 m ganger av finkornet (millimeterkornet) gabbroid bergart, gangflatene faller nordlig. De fleste ganger 1-2 m tykke, ved 1490 m en 10 m mektig gang, grovkornet med store hornblender i midten. -- Mellom 675 og 750 m treffes tre ganger av porfyritt med store feltspatinnsprenghninger av typen Höidalsgangen, omkring 2 m mektige, gangflatene stryker nordøst og faller sydøstlig.

På flere steder i tverrslaget er grönstenene gjennomslått av sprekker og er sterkt oppklistret, ett sted med litt vanddrypp fra taket (visstnok bare det ene sted).

Jeg har undersøkt borkjernene og tatt ut prøver til mikroskopisk undersøkelse av kjernematerialet fra de to borhullene 849 og 864 gjennom den nye malmen, disse har gått ned fra 481 m nivået på henholdsvis (-2485 y, + 839 x) og (-2529 y, + 886 x) etter dagkartets koordinater, fig. 5.

I borhull 849 fra 0 til 108 m gabbro.

108-116 lys grönsten med intrusjoner av gabbro
116-124 veksel av lys og mørk grönsten, 118.5 (understrekete tall betegnes mikroskoperte prøver fra vedkommende nivå) mørk sterkt omvandlet kalkspatirik grönsten, med rikelig opp til 2 mm store feltspatinnsprenghninger, öyensynlig en feltspatirik porfyrisk grönsten.

126-135 gabbro med inneslutninger av lys grönsten.

135-140 gabbro

140-170 overveiende mørk grönsten med oppklistrede soner, særlig på stykket 144.2 - 144.46.

170 grense til underliggende lys grovkornet gabbrolignende bergart. 178.5 grovkornet bergart med albit, hornblende og epidot som hovedmineraler, med ganske meget muskovit og rikelig kalkspat, ant. omvandlet og omkrystallisert grönsten. På omkring 190 går den gabbrolignende bergart over i vanlig lys grönsten.

190-201 epidotisert grönsten tildels med runde "mandler" av epidot, farge vekslende fra lys til mørk grønn. 201 omvandlet grönsten, består overveiende av et stengelig mineral, ant. hornblende, rader av parallelle stengler ordnet som trinnene i en stige. En enkelt 2 mm stor albitinnsprenghning er muligens en rest fra en opprinnelig feltspatirik grönsten.

201-210 mørk til mørk grønn grønsten, vanlig omvandlet type. 210-235, nivået med kis. 218 i øvre tynne kislag svart bergart, ligner svartfjell, det er en kisimpregnert kvarts-muskovit-bergart, sanns. av metasomatisk opprinnelse. -Både i heng og ligg av malmen mørk grå grønsten, men på 234 grønsten av desidert lys type.

235-243 øverst lys grønn grønsten som nedover blir mørkere. 235 lys grønsten, rikelig hornblende og epidot i en finkornet, tett grunnmasse, albit ikke synlig i mikroskop. -- 238, mørk bergart, albit-kloritfels med rikelig albitlister, men albiten vel dannet ved bergartens metasomatiske omvandling av den lyse-grønne bergart ovenfor.

243-300 overveiende lys eller lys grønn grønsten hist og her med enkelte mørkere grå partier. 248.5 lys grønsten av den hornblende- og epidotrike type uten synlig feltspat. Ca. 294 grenser grønstenen til en rødlig hornstensaktig skifer med store svovelkiskrystaller, grensen 45° til kjerneaksen. Den rødlig skifer 296 er en meget finkornet grønsten med hornblende og epidot, tuffskifer. 299 grønsten rik på hornblende og epidot, samme bergart som på 235 og 248.5.

I borhull 864 0-165 m gabbro av vekslende kornstørrelse, til dels meget grovkornet med store tavleformete feltspater, en del inneslutninger av grønsten.

Ca. 165-207 grønsten, mørk til mørk grønnlig, like under 171 er den sterkt oppkjust.

207-244, øverst lys epidotrik breksjert grønsten, videre overveiende mørke grønnstener. 218.5 mørk grønsten, albit-kloritfels, rikelig av små listeformete albitkorn, enkelte større, omkr. 1 mm, kan være rester av den opprinnelige bergarts feltspat, det er samme bergart en bergartstype som er alminnelig blant de omvandlete grønnstener i gruva. Ca. 230 mørk grønsten med epidotårer, nedenfor til 234 kisimpregnasjon.

Over malmen mørk bergart med kisimpregnasjon, under malmen, ~~Vass-~~ kis og under denne lys grønsten. 271 mørk bergart, en del av bergarten består av klorit og muskovit i forholdsvis små korn, andre deler av grovkornet kvarts, metasomatisk type. 274.7 svartfjell (?), opak grunnmasse med små epidotkorn, denne er gjennomtrengt av årer av en lys bergart med kvarts og muskovit.

Undersøkelsen av borkjernene har vist at vi ved den nye malm finner lignende metasomatiske omvandlinger av bergartene som i Lökken gruve, først og fremst i forekomstens heng, i mindre grad i dens ligg. Bergartene i hengen synes primært å ha vært grønnstener av den feltspatrike type, som vi har i liggen av Lökkenforekomstene. I liggen av den nye malm, i borhull 849, treffes grønsten av den hornblenderike type, forskjellig fra den feltspatrike type som er overveiende i gruva. Den nye malm kan derfor ikke ligge på samme stratigrafiske nivå som de gamle malmene, dette nivå er antagelig her i vest blitt kuttet ut av overskyvningen. Dette stemmer med det som synes å fremgå av iakttagelser i gruva. Under leirsleppe på 481 m står en forskifret lys grønsten. Denne følges opp skråsjakten til 430 hvor den står i ligg av malmen ved ort like ved nedgangen til skråsjakten.

Også fra borhullene 29 og 30 ved Jorhus vasskisforekomst har jeg undersøkt kjernematerialet. Det er her en ganske ensartet lys grønn grönsten av vekslende kornstørrelse, noen deler meget grovkornete. I bh 29 er det et jaspislag på 12 m, fra 36,7 og nedover et mektig vasskislag med noen innleiringer av grönsten. I bh 30 er det 2 dm tykke jaspislag på 12 m og på 28 m.

To grönstener fra bh 30 er blitt mikroskopisk undersøkt. 11 ganske grovkornet grönsten rik på hornblende og epidot. 72 meget grovkornet bergart med albit, epidot, hornblende og klorit, kornstørrelse 0.2 - 0.5 mm, usedvanlig stor for grönsten, diabasaktig struktur.

Tektoniske iakttagelser.

Et hovedtrekk ved Lökken-malmens geologi og tektonikk er det skyveplan som ligger over malmen som er blitt oppdaget i gruva. Det er blitt fulgt fra den vestligste og dypeste del av gruva på 481 til utgåendet ved den sydlige del av Björnlivann og er innlagt på modellen av Lökken-malmen.

Leirsleppen ved skyveplanet er blottet flere steder i gruva, best på 481 m nivået, den er et omkring desimetertykt lag av en leiraktig grå masse som kan tas ut med fingrene.

Som foran nevnt er det for det meste umulig å bestemme lagstilling og måle strök og fall i grönstenene, heller ikke er det stratigrafiske ledehorisonter i selve grönstenene som kan gi noen nøkkel til utredning av tektonikken.

Derimot er, som foran nevnt, svartfjell- og vasskis-lagene utmerkete ledehorisonter. Da vi foran har sett at et vasskislag følger hovedmalmens (og antagelig også India-malmens) ligg, gir malmens liggrense, som finnes på gruveprofilene, et bilde av grönstenslagenes böyning ved foldningen, noe jeg skal komme tilbake til i sluttavsnittet.

Småfolder av så liten størrelse at de kan iakttas direkte på blottete flater forekommer som rimelig kan være ikke i de massive grönstener, men derimot på noen steder i vasskislagen og i nærheten av disse.

Ved veien ved östre åpning av transportbanens tunnel (+ 200 x, - 350 y) er det småfolder i grönsten 1 m over det övre vasskislag. Foldningsaksen faller 25° i retning noe nord for nordvest.

I kom på 430 m nivået ved prof. 50 er det som foran nevnt småfolder i det store vasskislaget. Foldene er omkring $\frac{1}{2}$ m brede og synes svakt overböyet i sydlig retning, foldningsaksen faller omkring 10° i retning nordvest (fig. 2).

I den sekundært kisimpregnerte vasskis ved heng av malmen i tverrsnitt 26, prof. 59 b på 430 m nivået er det kraftige småfolder som vist på fig. 2 med akseretning omkring $V 35^{\circ} N$. Kisen i nærheten av det foldete parti er sterkt oppsprukket og breksjert, derimot ikke den foldete kis, oppsprekningen og breksjeringen er således klart yngre enn foldningen (fig. 2).

Sleppe- og sprekkeflater (stikk) i bergartene er alminnelig over

hele feltet og et detaljert studium av sprekkesystemene vil sikkert kunne gi verdifulle resultater av tektonisk art. Til fremstillingen av retningen av linjer og flater og også til (grafisk) statistisk behandling av observasjonsmateriale er fremstilling på kuleflate i plan projeksjon alminnelig brukt (se fig. 6).

På en del slepper er det blitt observert glidestriper (fig. 7). Direkte observasjoner av nord-syd-gående småforkastninger viser at det østlige stykke er beveget mot nord i forhold til det vestlige, glidestripene viser at bevegelsen i mange tilfeller har hatt en komponent (relativt) oppover for det østlige stykke.

I ligkom omkr. prof. 60 på 380 m nivået er grönstenen full av kalkspat som kommer inn selv på de minste stikk i bergarten. En 1 m lang sprekk fylt med kalkspat var omkr. 5 cm tykk på midten, avsmalnende mot endene, en typisk tensjonsprekk loddrett på retningen for minste hovedspenning. Den stryker omkring nord-syd og faller 70° østlig, den står noenlunde loddrett på malmforekomstens akse.

I øst-vest-gående ort mellom 380 og 430 m nivåene ble det observert en 40 cm bred kvartsbreksje med strøk V 30 N og sydlig fall.

Mine egne målinger av sprekker i Lökken-feltet, både i dagen og i gruva er fremstillet på fig. 8 . Det sees at sprekker med nordøstlig retning synes å være de alminneligste, de spiller også en stor rolle for utformingen av reliefet, som det fremgår av luftfotografiene, og grensen for gabbroene og for ganger følger ofte denne retning.

På fig. 9 er fremstillet sprekker fra den østlige del av gruva som er inntegnet på det gamle gruvekartet. Her synes sprekker med øst-vestlig retning å være fremherskende.

Otto Falkenberg har i sitt arbeide av 1914 gitt data om sprekker og forskyvninger i den østlige gamle del av gruva, kopier av hans figurer er vedheftet.

Hans "Störung I" stryker omtrent øst-vest og faller 60° nord. Etter hans fremstilling danner den en begrensning mot syd for malmen i Båtmannsorten østligst på 120 m nivået, noen forskyvning av malmen langs sleppen synes ikke å være påvist.

"Störung II" og St. III" er nesten parallelle med foran nevnte og synes å ha lignende betydning for begrensning av malmlegemene.

"Störung V" har så vidt det kan skjønnes (strøket er ikke oppgitt og ikke inntegnet på plankart) nordvest- eller vest-nordvestlig retning og 50° sydvestlig fall, den er etter profil fig. 14 en "revers forkastning" av en malm hvor hengsiden er blitt skjøvet 4 m oppover.

"Störung VII" stryker omkring nordvest med 10° sydvestlig fall og danner liggbegrensning for malmkropp østligst på 200 m nivået.

"Störung VIII" har strøk nær nordøst og 80° nordvestlig fall, den har forskyvet det østlige stykke nordover i malm på 200 m nivået.

Ved mitt besök i den östre del av gruvan fikk jeg inntrykk av at sleppene her har spillet en rolle for begrensning av malmkroppene og et nærmere studium av dette forhold ville sikkert være av interesse.

Sprekke- og oppknusningssoner hvor det må ha vært kraftig bevegelse i bergarten finnes mange steder. Særlig fremtredende er slike soner med øst-vestlig retning i bekkedaler på østsiden av Lökken-dalen. En slik oppknusningssone sees ved veien like nedenfor Styggstjern og ved bekkedal nær ovenfor husene like nord for veien til Höidal, som professor Hofseth og bergingeniör Sandvik har gjort meg oppmerksom på.

En god del, i det minste, av sprekkedannelsene må være yngre enn malmene, fordi de bryter opp og lager forskyvninger i disse. Men noen av dem kan også være samtidige med malmdannelsen.

Sammenfatning og konklusjon.

Ved begynnelsen av mitt arbeid ved Lökken håpet jeg å kunne lage en stratigrafi i grönstenene ved å skille ut forskjellige horisonter av grönsten. Til en viss grad er dette også lykkedes. Det er mulig å skille ut den mørkegrönne grönsten nord for malmens nivå. Blant de lyse eller lysegrönne grönstener kan det skilles ut en feltspatrik type, som synes å utgjöre hovedmassen av bergartene ved og under malmens nivå og en hornblendetrik type svarende til Carstens's lysegrönne grönsten fra Frillsjö-högda. Bortsett fra porfyriske former av den feltspatrike grönstenen, kan de to typer av lys grönsten skilles bare ved hjelp av mikroskop. En tredje type ~~se~~ Wallenberg-typen, som er lett å kjenne i marken. Om det ikke er lett å få alt til å stemme med den stratigrafi som er stillet opp, må man huske på at grönstenene er lavabergarter som kan veksle meget sterkt i mektighet eller kile ut selv over ganske korte avstander.

Det er ut fra grönstensstratigrafien gode grunner for at Lökkenfeltet har synklinal bygning med de mørke grönstener som överste lag i midten og Lökken- og Höidal-malmenes nivå i synklinalens söndre arm og de tildels steiltstående vasskislager ved Jorhus i den nordre. Slik er forholdene fremstillet på profilet gjennom tverrslag 6, fig. 4. De sparsomme lagstillingsobservasjoner som er gjort i dette tverrslag tyder på at lagene i midten av synklinalen ligger noenlunde flatt.

Borhull 783 som er satt ned fra tverrslag 6 synes å ha gått gjennom et kisleførende nivå omkring 25 m vertikalt under tverrslagets såle og 150 m horisontalt fra malmens nedre spiss. Borhull 787 som er satt ned omkring 350 m horisontalt fra malmens spiss har derimot, så vidt det er avmerket på mitt eksemplar av profilet over tverrslag 6, bare gått gjennom grönsten. Kanskje er vasskishorisonten ved Lökken-malmen kilt ut mot bunnen av synklinalen?

Vasskislaget ved Jorhus er neppe på samme stratigrafiske nivå som Lökken-malmenes vasskisinivå, de ligger i eller i nærheten av grönsten av "Wallenberg-typen", som er helt forskjellig fra den feltspatrike lyse grönsten som Lökken-Höidal vasskishorisont ligger i. Mulig er det at vi ved Jorhus har en eldre og lavere str-

tigrafisk horisont enn den laveste ved Lökken, hvor grønstenene i syd har erosjonsgrense til jaspiskonglomeratet.

At de mørke grønstener nord for Lökken gruveområde ligger i midten av en synklinal kan også forklare forholdene på østsiden av Lökken-dalen hvor de samme mørke grønstener tydelig ligger over de lyse. Bergartene på østsiden av dalen ved Lökken må være blitt løftet og bøyet ganske kraftig opp i forhold til bergartene på vestsiden etter en flessur eller kanskje en rekke små forkastninger langs Lökken-dalen. Dette bekreftes ved glidestripene på sleppeflater. Sammen med direkte iakttagelser av tilsvarende forskyvninger viser disse at det østlige stykke er blitt skjøvet nordover og oppover i forhold til det vestlige.

För jeg går over til selve malmforekomstene, skal jeg med noen ord omtale de forskjellige oppfatninger om malmens dannelsesmåte. Egentlig ligger dette utenfor mitt emne da jeg ikke har gitt noen bidrag til den mineralogiske beskrivelse av malmene. Som kjent ble de norske kaledonske kisforekomster av J. H. L. Vogt oppfattet som magmatisk intrusive dannelser. I sine senere år tok C. W. Carstens avstand fra denne oppfatning og hevdet en hydrotermal metasomatisk dannelsesmåte for de samme kismalmer. I sitt arbeide Svovelkisforekomster 1944 beskriver han en pillow-struktur fra deler av Lökken-kisen som han tolket som en "avbildning" av pillow-struktur i den grønsten som var blitt fortrent ved kisdannelsen. Carstens har publisert fotografier av pillow-struktur i malmen og ved analyser har han påvist at mellommassen mellom putene har en sammensetning forskjellig fra disse (er kopperfattigere). Ved et besök i Lökken gruve i 1953 sammen med statsgeolog Chr. Oftedahl viste overingeniör Okkenhaug en av de lokaliteter i tverrslag gjennom malmen hvor Carstens hadde sett pillow-struktur i kisen. Det var ved vårt besök den gang umulig å se noen slik struktur, hva som ifölge Okkenhaug kunne komme av at fuktighetsforholdene hadde forandret seg siden Carstens hadde gjort sine iakttagelser. -- Jeg har sett en struktur som må være identisk med Carstens's pillow-struktur på 340 m nivået ved tverrslag 34 prof. 29 hvor skråsjakt fra 300 m nivået kommer ned. På en forvitret flate i kis var kisen tydelig inhomogen, rundaktige noe pillow-lignende partier var avgrenset ved rustne striper i kisen. Men denne struktur var for mitt syn ikke så regelmessig og hadde heller ikke så stor likhet med grønstenens vanlige pillow-struktur at den overbeviste meg om riktigheten av Carstens's tolkning.

Carstens hadde uten tvil rett i at det ved Lökken finnes malmer av metasomatisk hydrotermal impregnasjonstype som ved hengen på flere steder har jevn overgang til den kompakte rikmalm. Men dette er vel ikke noe bevis for at hele malmen er dannet metasomatisk ved replacement. Etter min oppfatning som det skal redregjøres for i det følgende, er det forhold som tyder på at store deler av Lökken-malmene er intrusive, d. v. s. de er kommet inn på og har fylt hulrom som har åpnet seg. Derfor behøver malmene ikke å være magmatisk dannet, de oppløsninger som har ført med seg og avsatt kisen behøver ikke ha vært så konsentrerte og så varme at de med rimelighet kan kalles for magmaer. Men en nærmere diskusjon av disse rent fysiko-kjemiske spørsmål ligger utenfor min kompetanse.

En gammel og hederskronet oppfatning som nå må oppgis, i det min-

ste for Lökkens vedkommende er at de gabbroer som finnes i nærheten av kisene har spillet en rolle som malmbringere. Vi vet nå at gabbroen som ligger over Lökken-malmene er blitt skjøvet over disse i stiv, avkjølet tilstand. I sin alminnelighet er det i Lökken-feltet heller ingen tegn til at kisforekomster er knyttet til nærheten av gabbroer.

Selv om det er umulig for tiden å gi noen tilfredsstillende forklaring av malmens opprinnelse, så kan vi i mange tilfeller ut fra geologiske, særlig strukturgeologiske undersøkelser gi en forklaring av at malmen er kommet inn på den plass hvor den ligger. Dette er tilfelle med Lökken-malmen. Den ligger for det første under et skyveplan, dernest på en bestemt stratigrafisk horisont (vasskishorisonten) og dessuten på sydsiden av en stor mulde med malmens største mektighet ved lagenes ombøyning fra forholdsvis bratt til slakt fall. Overskyvningens plan heller nedover mot vest-nordvest langs malmens lengdeakse og den går ut i dagen med strøkretning noe øst for nord, stykket over skyveplanet må være blitt skjøvet mot øst-sydøst oppover langs det underliggende stykke som malmene ligger i. Samtidig har vi i feltet foldning etter en akseretning som faller sammen med bevegelsesretningen for skyvningen. Dette forhold med "tverrfoldning" finnes igjen i mange andre deler av vår kaledonske fjellkjede.

Langs en linje i retningen for den vest-nordvestlige foldning ligger Höidal, Lökken og Dragset kisforekomster. Dette forhold er meget iøynefallende ved studiet av et kart og ingen vil vel mene at det er en tilfældighet. Langs denne linje må det ha foregått særlig kraftige tektoniske bevegelser.

På de fleste steder hvor observasjoner er blitt gjort har malmene i liggen et vasskislag, av og til også på hengen. Malmen ligger altså på en bestemt stratigrafisk horisont, selv om den mulighet ikke kan utelukkes at malmen noen steder kan ha sprunget fra ett vasskislag til et annet nærliggende. Det er også klart at hvis noen bevegelse skulle finne sted i grönstensmassene måtte disse først og fremst utløse seg i de båndete og litet motstandsdyktige vasskislag.

At malmene er knyttet til en bestemt vasskishorisont har vært erkjent tidligere, selv om det ikke uttrykkelig er blitt skrevet. Overingeniör Okkenhaug har meddelt meg at Carstens hadde antydnet muligheten av at både hovedmalmen, India og Bakindia lå på samme vasskishorisont. Hvis dette er tilfelle må det ha vært meget skarpe folder i grönstenen med kraftige bøyninger av lagene. Det er verdt å merke at vi i hovedmalmens heng der hvor den er tilgjengelig ikke kjenner vasskishorisonter som kunne svare til de andre malmers horisont.

(fig. 10)

Man ser på lengdesnittet gjennom Lökken gruve at malmene legger seg med sin utkilende stjørt inn mot skyveplanet, slik at leirsleppa ligger rett ned på malmen. Dette kunne i sommer sees i strossevestligst på 380 m nivået, et snitt som viser malm rett under leirsleppa ble her fotografert. På grunn av denne malmenes stilling i forhold til skyveplanet er det ikke grunn til å anta at malmene er eldre enn overskyvningen og at de er blitt skåret over av denne, det måtte i tilfelle være bare et litet stykke av stjørtten som var blitt kuttet av. Den eneste rimelige

antagelse er tvert imot at malmene er kommet på plass som en følge av skyvningen. Et skyveplan vil være sted for utløsning av oppsamlet stress, dette vil skape en spenningsgradient som kan ha drevet de "malmførende vesker" oppover. Det sted hvor malmutfellingen finner sted bør være et trykkminimum, minsket trykk nedsetter oppløseligheten av et fast stoff og omvendt.

Ved overskyvningen og foldningen er det blitt et trykkminimum, langs et vasskislage har det da åpnet seg rom så malmen er kommet på plass. Det er forholdet med vasskislaget ved kisligg, at vasskislaget tyensynlig er blitt revet over, av og til med en del på liggen og en del på hengen som gjør at jeg holder det for sannsynlig at Lökken-malmene er kommet på plass ved å fylle rom som har åpnet seg.

Ifølge min overenskomst med Bolaget skulle jeg søke å utpeke steder som antas å ha de største muligheter for nye malmfunn. Alt da overenskomsten ble skrevet hadde Bolagets egne ingeniører tatt dette point fra meg, de hadde lett etter og funnet malm i den retning som en geolog ville ha rådet til nemlig i fortsettelsen av det tektoniske malmnivå under skyveplanet. Hva jeg da kan si er at det er all grunn til å følge dette spor videre så langt som mulig, det bør være en pen sannsynlighet for at den malmkropp som er blitt påvist ikke er den eneste som kan finnes.

Ellers vil det være av interesse å fortsette den geologiske detaljundersøkelse av Lökken-feltet. Mitt bidrag i denne rapport får betraktes som et grunnlag som det kan bygges videre på. Det vil være av særlig interesse å følge overskyvningsplanets utgående så langt som mulig både mot nord og syd. Ved detaljundersøkelser av bergartene ved skyveplanet kan man kanskje finne strukturer som kunne tenkes å ha lokalisert malmforekomster.

Rapporten avsluttet 11. januar 1958.

Trygve Strand
Trygve Strand



Skyveplan



Porfyrangang, Hoidal-type



Diabasgang



Felsit



Gabbro



Kis (ganskis)



Jaspiskonglomerat



Fyllit



Gvartsfjell, kloritlag, vaaskis



Jaspis



Tuffskifer



Grønsten i alm.



lys ell. lys grøn



" feltsopatrik, porfyrisk



" hornblenderik



" Wallenberg-type



mørk grøn



mørk, metasomatisk omvandlet

Fargeforklaring til kart og profiler.

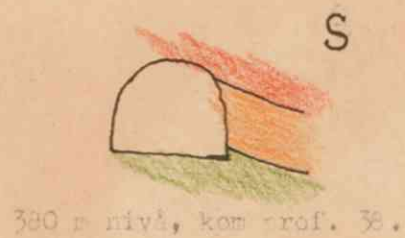
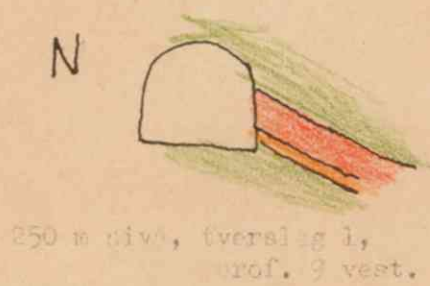


Fig. 1. Profiler fra hovednælmens lipgrense i gruva.

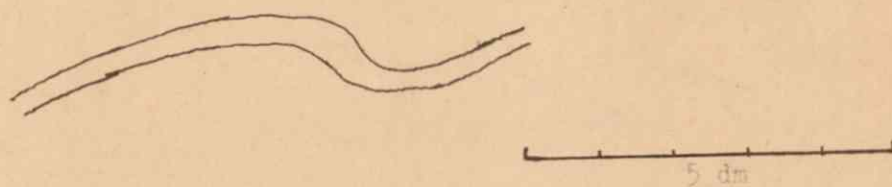
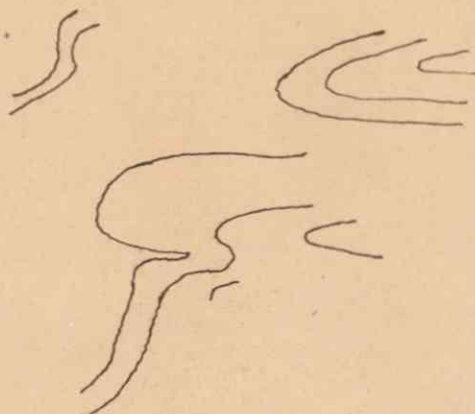


Fig. 2. Følger i væskis 430 m nivå.
øverst kom prof. 50,
tilhøre ved kisens bane,
tverslag 26, prof. 59.



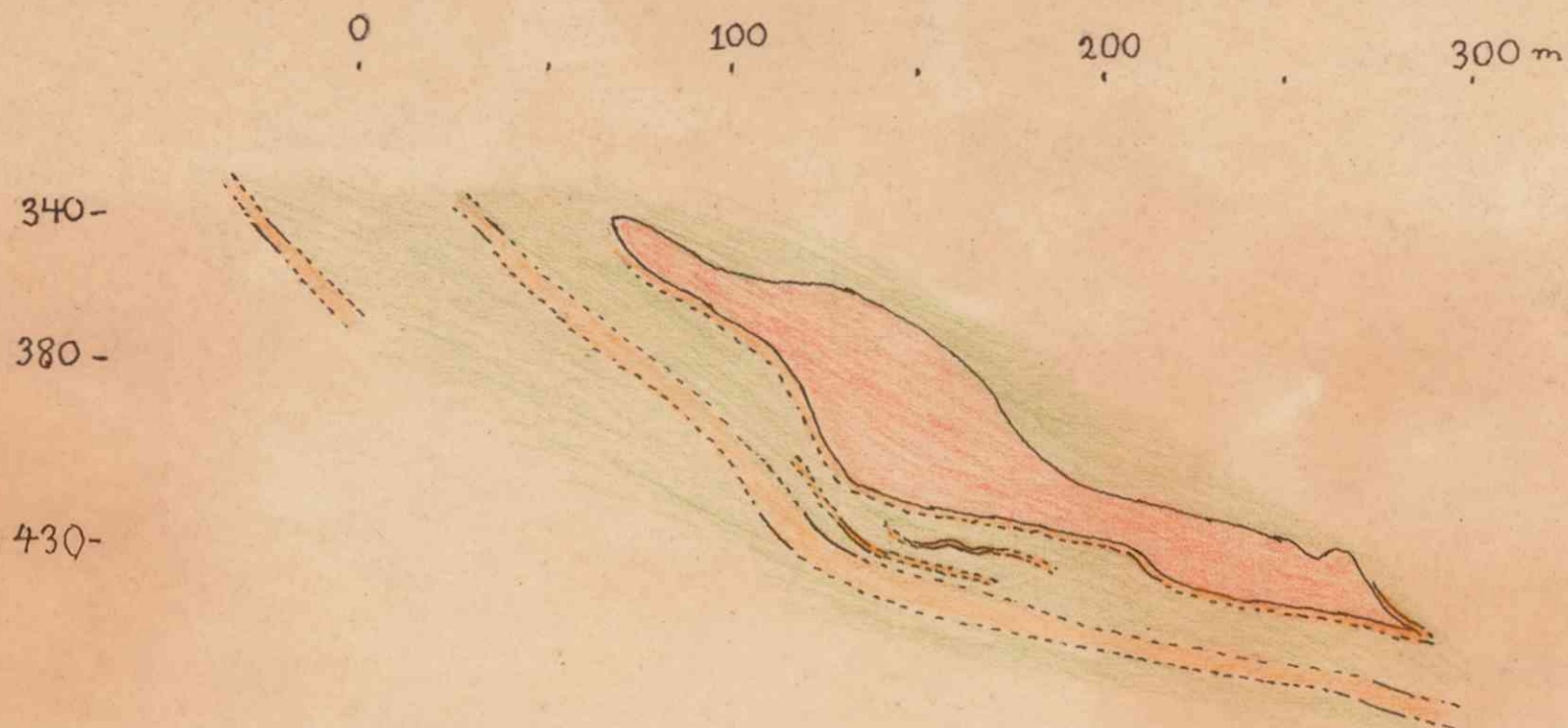


Fig. 3. Profil gjennom hovedmassen med vaaskislag i ligg ved prof. 59. De to lag som er inntegnet på 340 m nivå finner ved samme stilling til kisenes øvre spiss på 300 og 340 m nivå ved prof. 48.

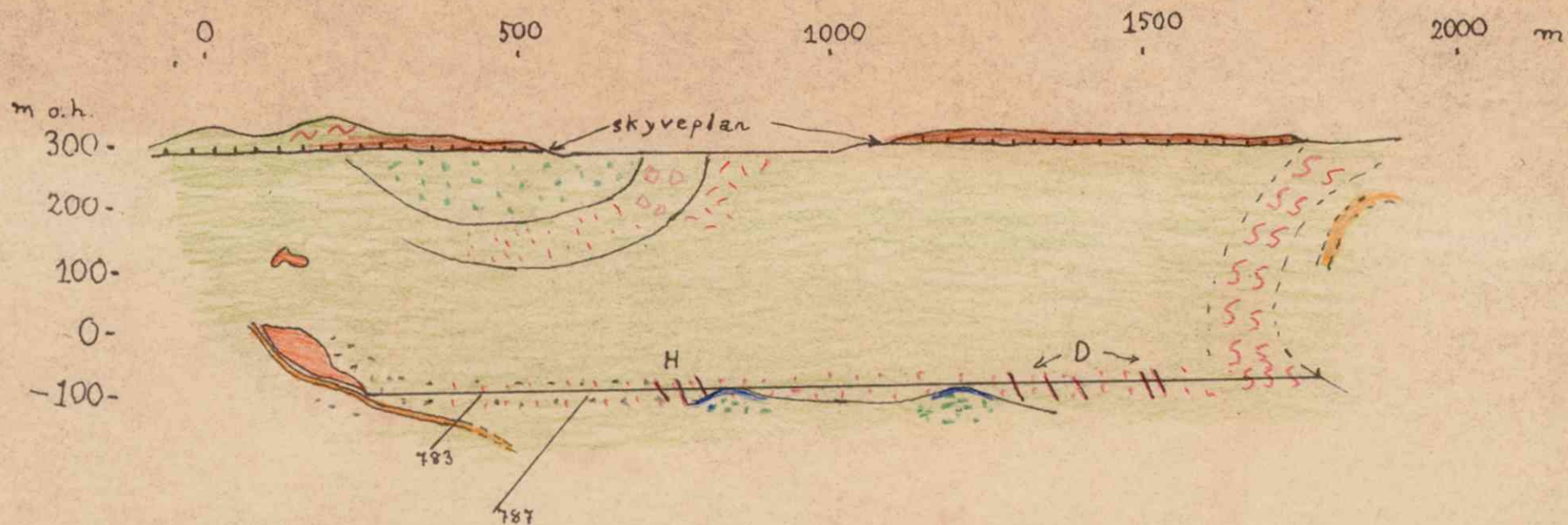


Fig. 4. Profil tverslag C.

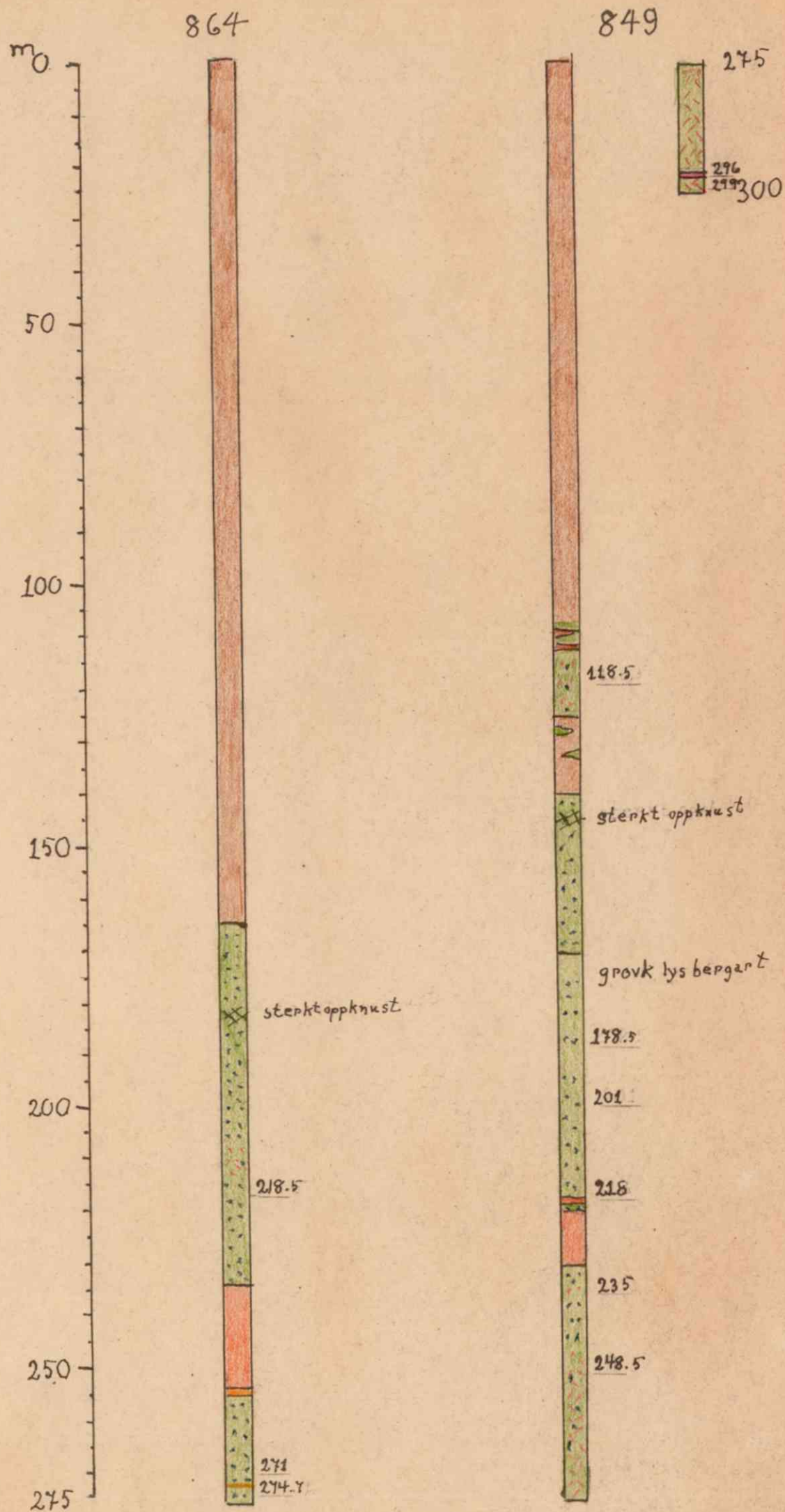


Fig. 5. Borkull 849 og 864.

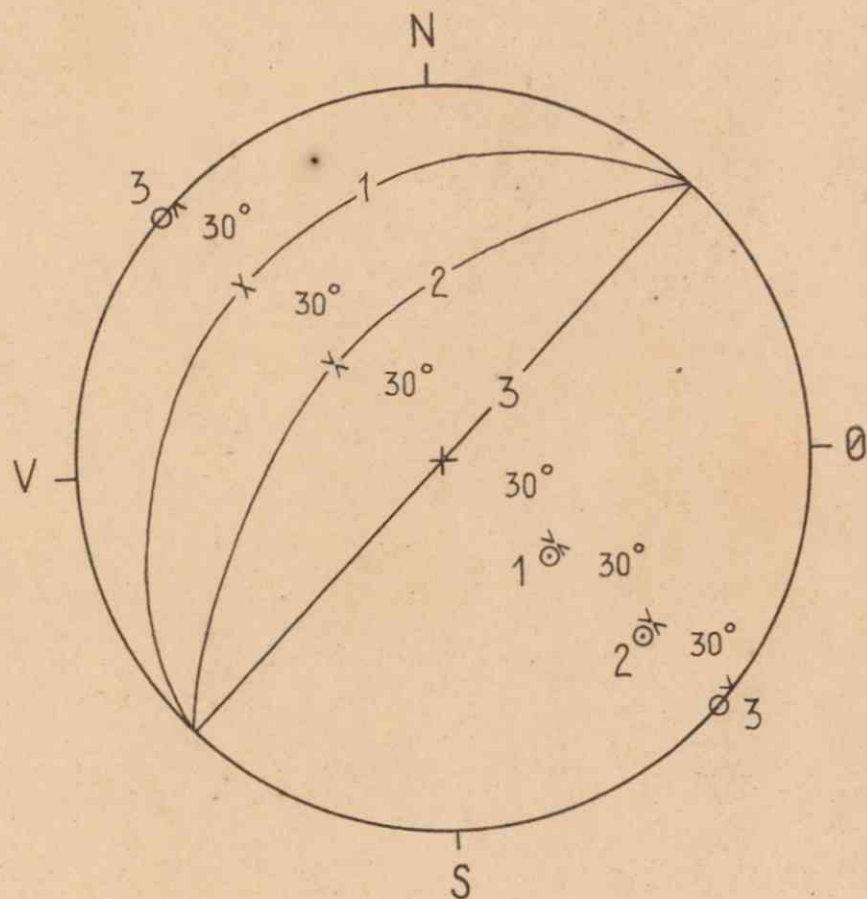


Fig. 6.

Til forklaring av diagrammene fig. 7 - 9.

Sirkelen fremstiller en halvkule i flatetro (ikke stereografisk) projeksjon. Sirkellinjens omkrets er horisontalplanet, sentrum er zenit. Vinkelavstandene langs halvkulens vertikale storsirkler (sirkelens di metre) er tilnærmet (ikke nøyaktig) proporsjonale med de lineære avstander langs radiene, like store vinkelavstander er noe lengere nær sentrum enn ved periferien.

Flater og retninger som skal fremstilles tenkes forskjøvet så de går gjennom kulens sentrum. En hver flate skjærer da kule i en storsirkel. Flatens strek er dens skjæringslinje med horisontalplanet (sirkelens omkrets). Flatens normal stikker gjennom kule 90° fra flaten, regnet langs storsirkelen loddrett på flaten, flatens vinkelavstand fra horisontalplanet eller normalens vinkelavstand fra zenit er fallet.

Normalenes gjennomstikkespunkter bestemmer flatens stilling helt entydig, og det er bare disse som er avsatt på diagrammene fig. 8 og 9.

På diagrammet ovenfor er fremstillet tre flater med 30° - SV, 30° og 60° fall sydøstlig (avre halvkule er fremstillet), den tredje flate står steilt.

strek

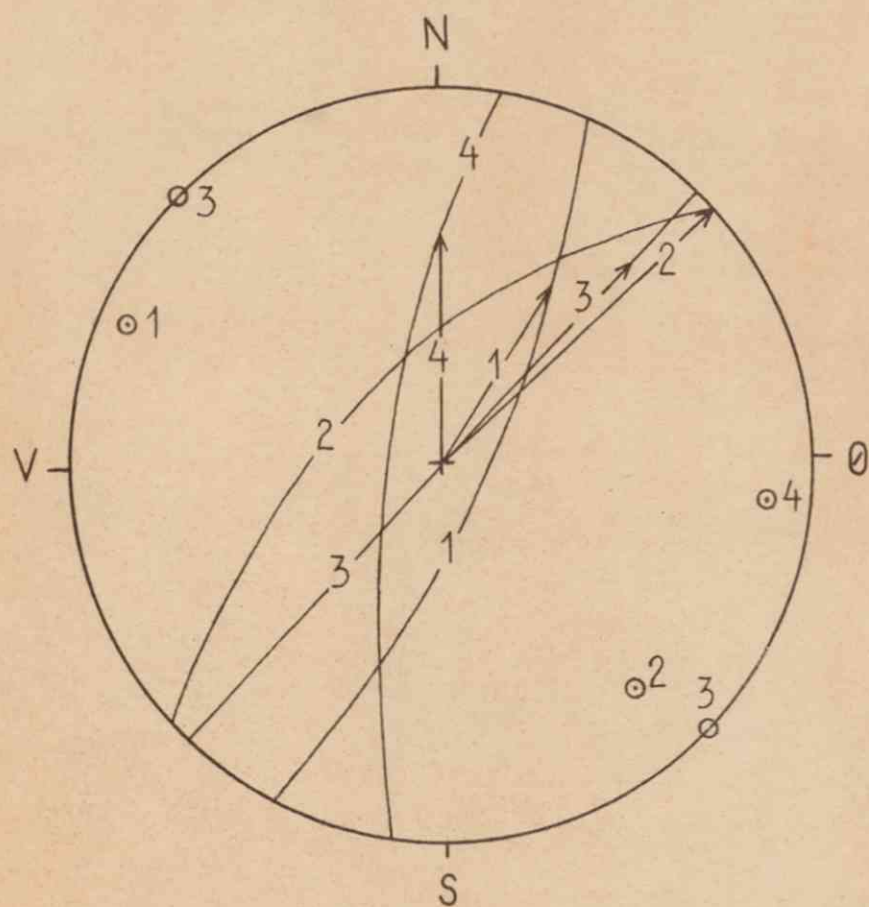


Fig. 7.

Slippeflater med glidestriper.

Både flatene, deres normaler og glidestriperes retning er fremtallet.

1. Slippe fall $80^{\circ}V25^{\circ}N$, glidestriper fall 45° sydlig. Veiavingene ovenfor løkken.

2. Slippe fall 70° sydøst, glidestriper horisontale. Lokaltet som 1.

3. Slippe strek nordøst, fall steilt, glidestriper fall 25° sydvestlig. Vei ved østre åpning av transcarthagens tunnel.

4. Slippe fall $80^{\circ} \text{ } 10^{\circ}S$, glidestriper fall 40° sydlig. Østenden av dalen omkr. 500 m nord for løkken.

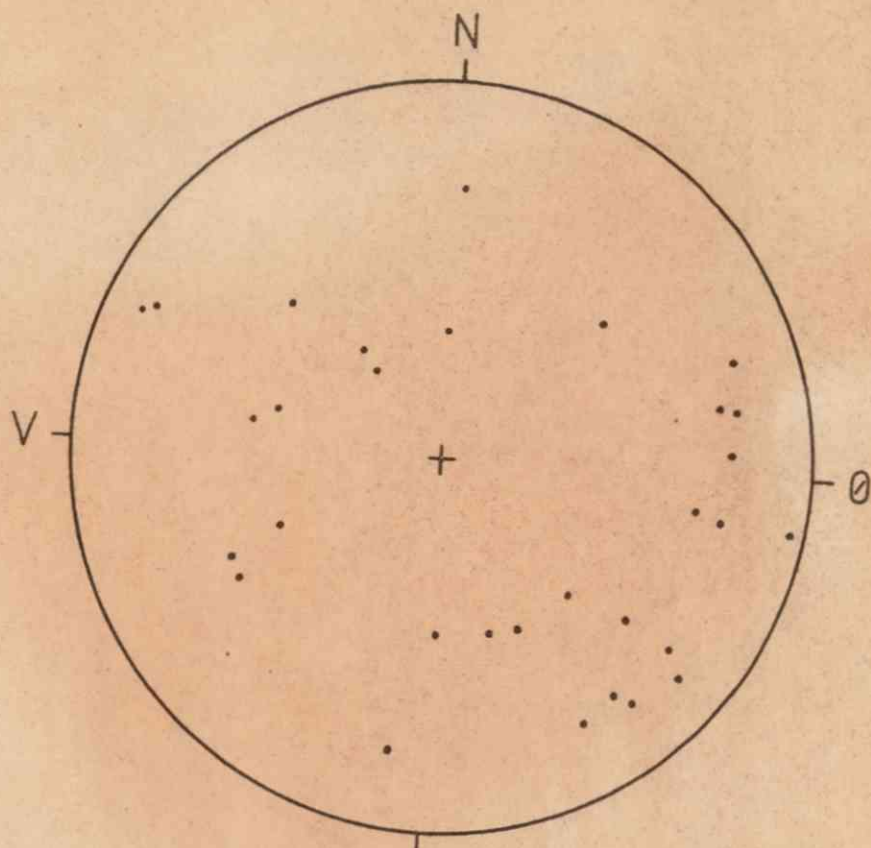


Fig. 8.
Sprekker og slepper efter egne målinger i dagen og i
gruva (flatenormaler).

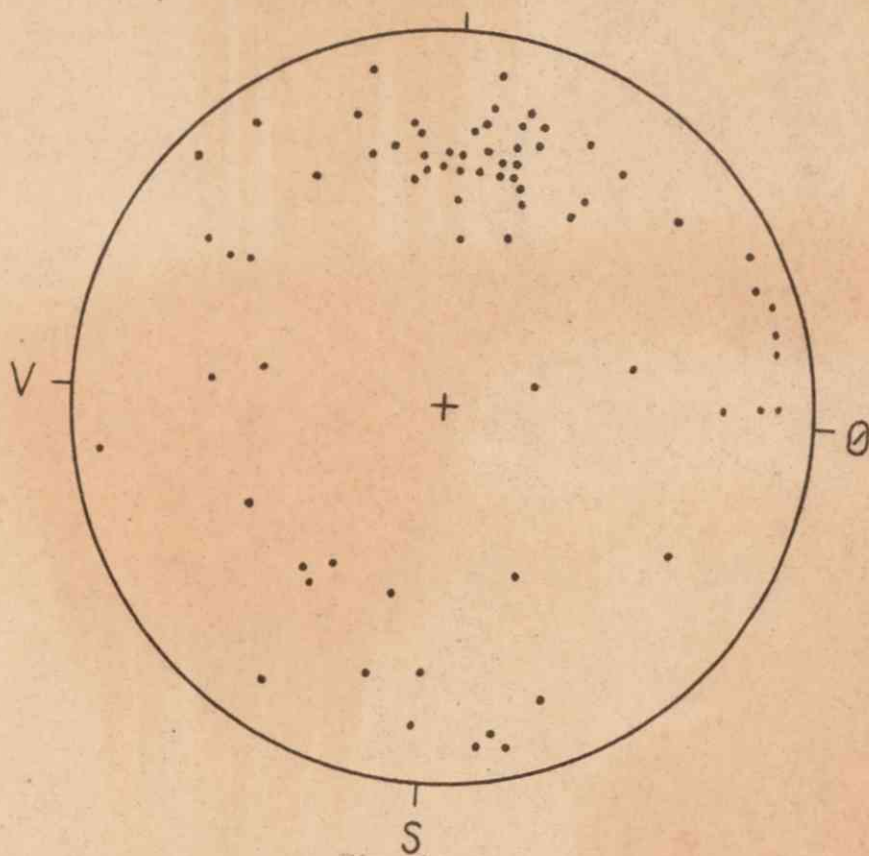


Fig. 9.
Sprekker og slepper fra den østligste del av Løkken gruve,
efter gruvekart (flatenormaler).



Skyveplan

\H

Porfyrigitgang, Høidal-type

\D

Diabasgang



Felsit



Gabbro



Kis (gangkis)



Jaspiskonglomerat

F

Fyllit



Svartfjell, kloritlag, vasskis



Jaspis



Tuffskiifer



Grønsten i alm.



lys ell. lys grøn



" feltspatrik, porfyrisk



" hornblenderik



" Wallenberg-type



mørk grøn



mørk, metasomatisk omvandlet

Fargeforklaring til kart og profiler.

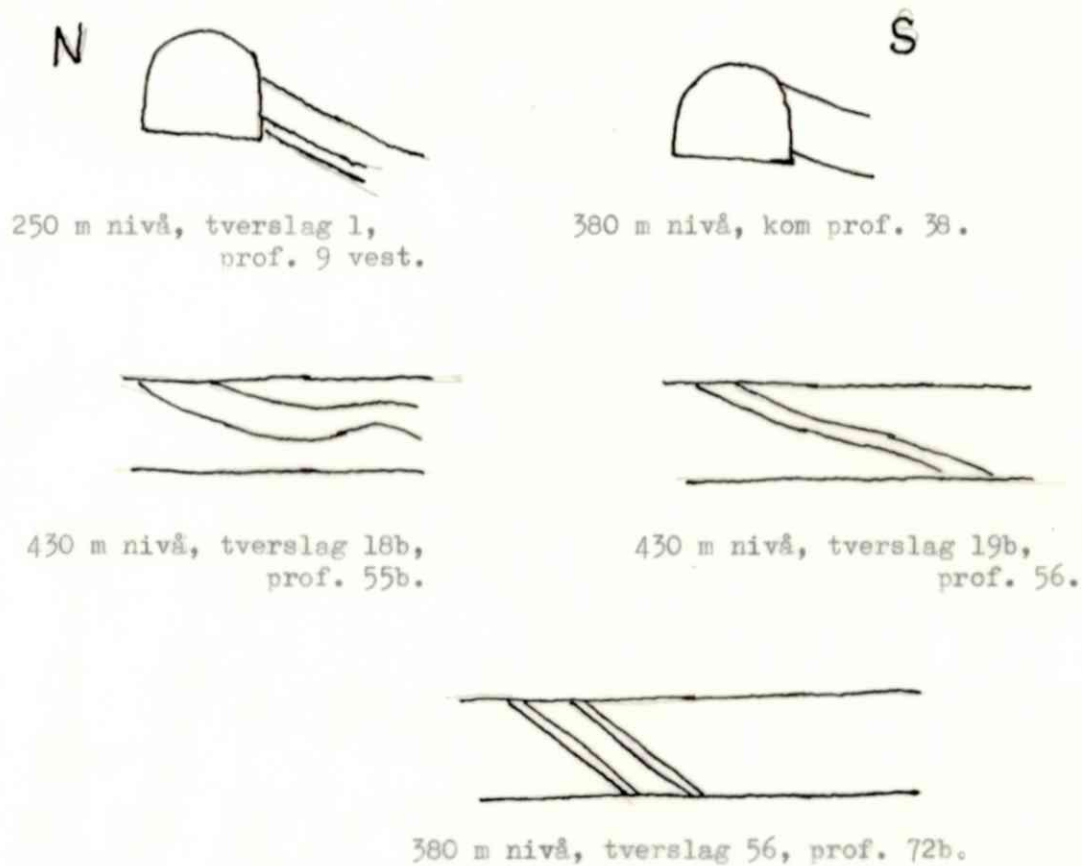


Fig. 1. Profiler fra hovedmalmens liggrense i gruva.

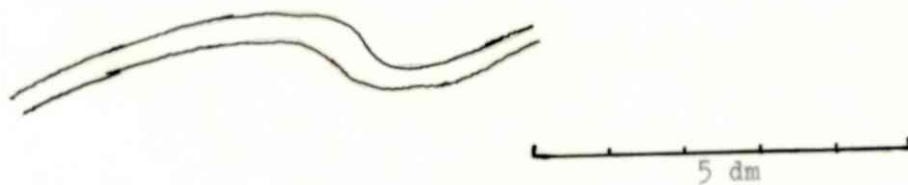
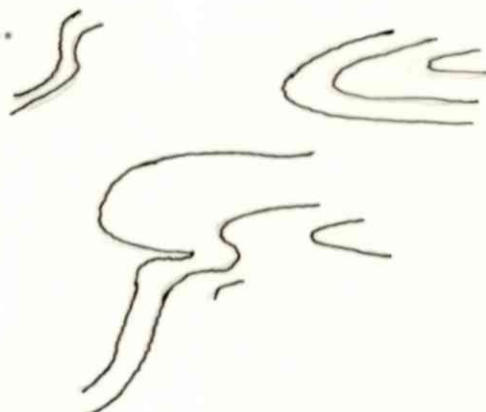


Fig. 2. Folder i vasskis 430 m nivå.
Øverst kom prof. 50,
tilhøre ved kisens heng,
tverslag 26, prof. 59.



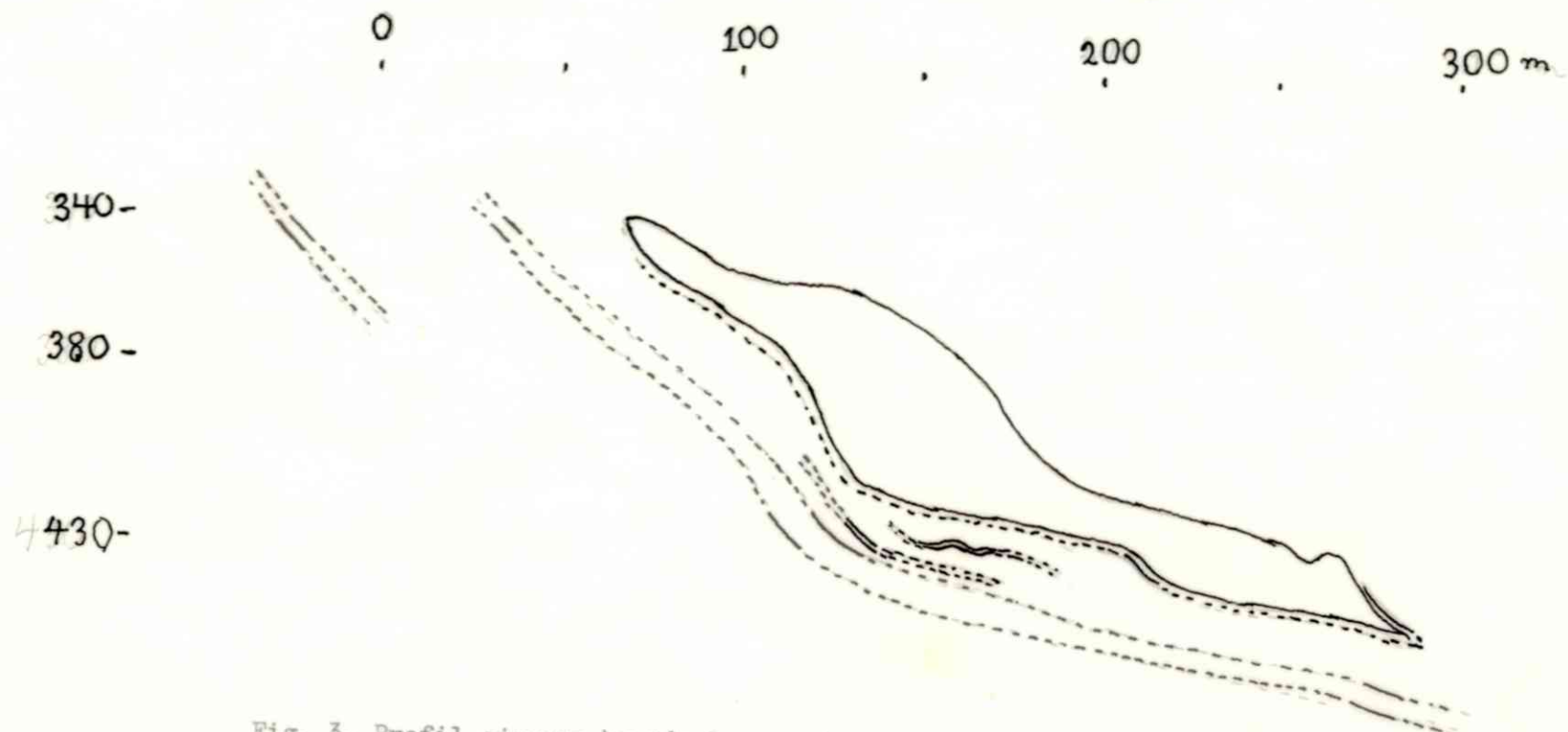


Fig. 3. Profil gjennom hovedmalmen med vasskislager i ligg ved prof. 59. De to lag som er inntegnet på 340 m nivå finnes med samme stilling til kisens øvre spiss på 300 og 340 m nivå ved prof. 48.

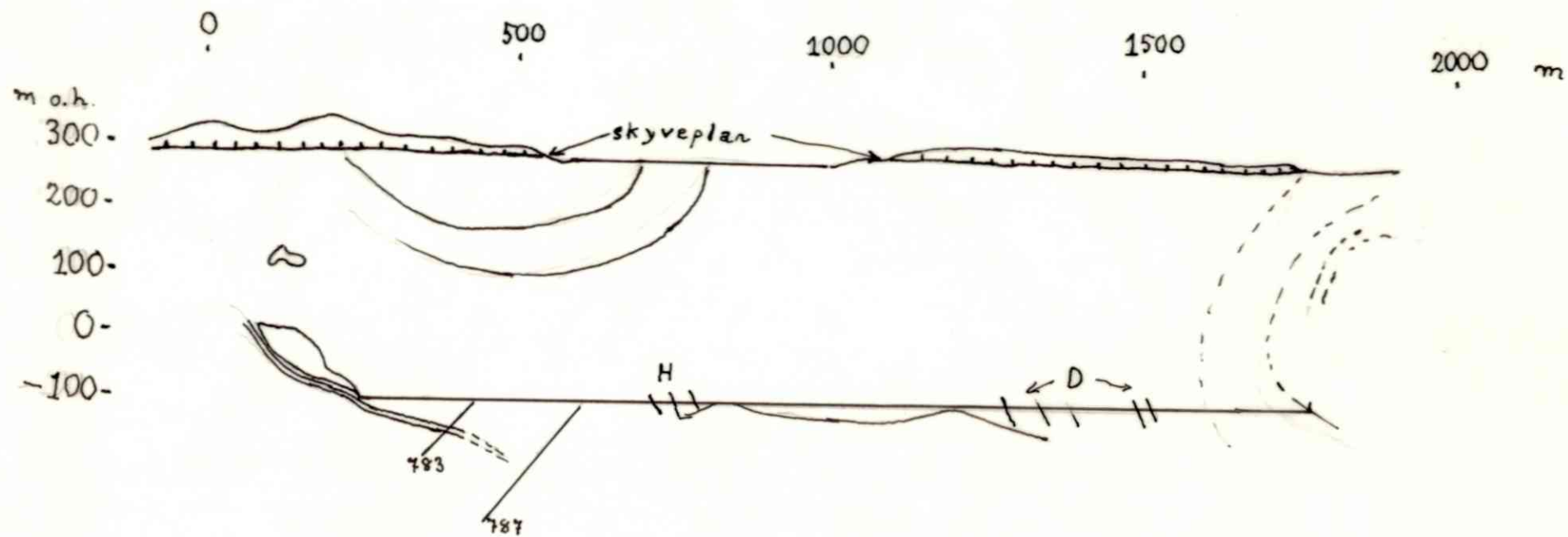


Fig. 4. Profil tverslag 6.

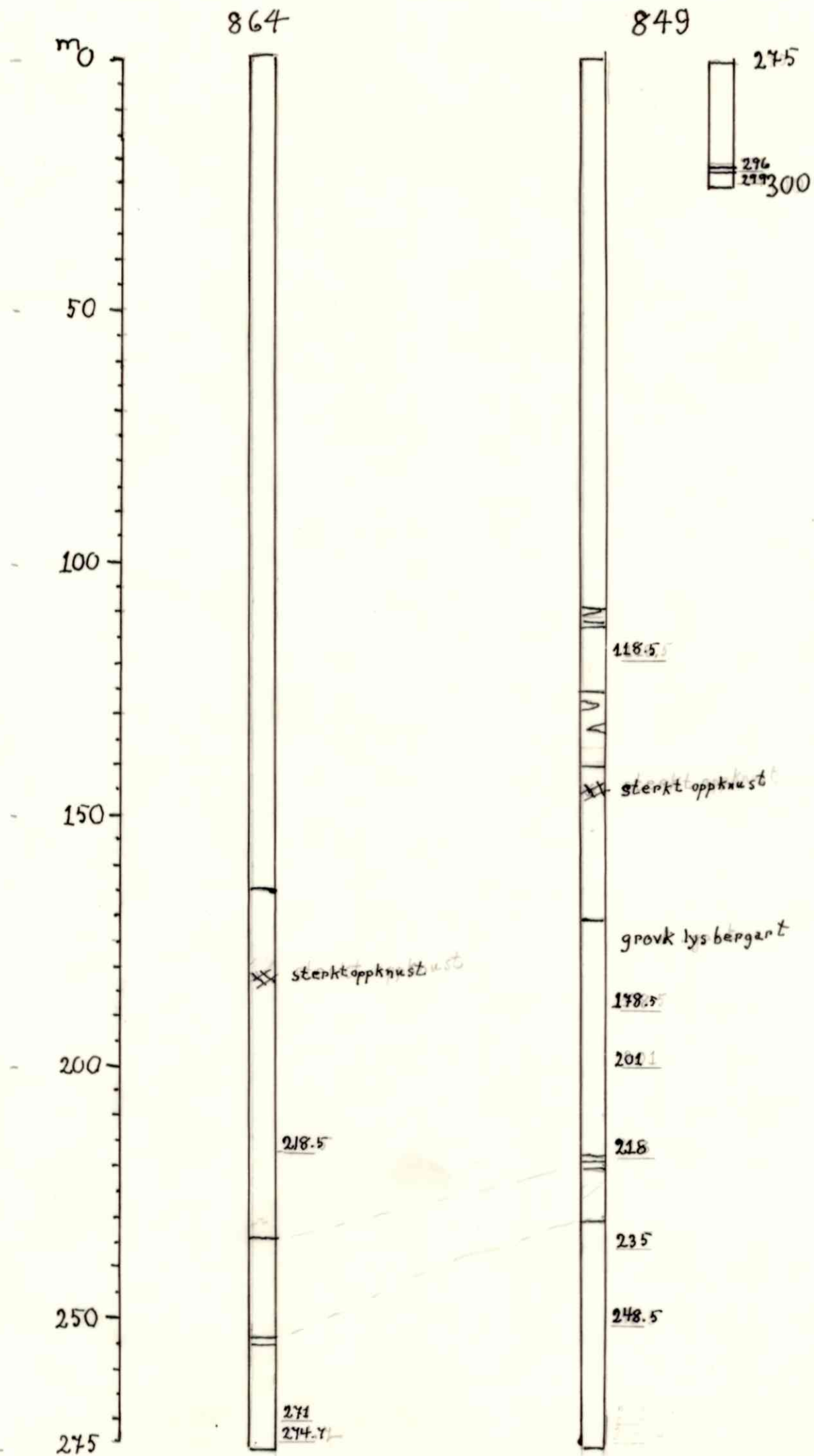


Fig. 5. Børhull 849 og 864.

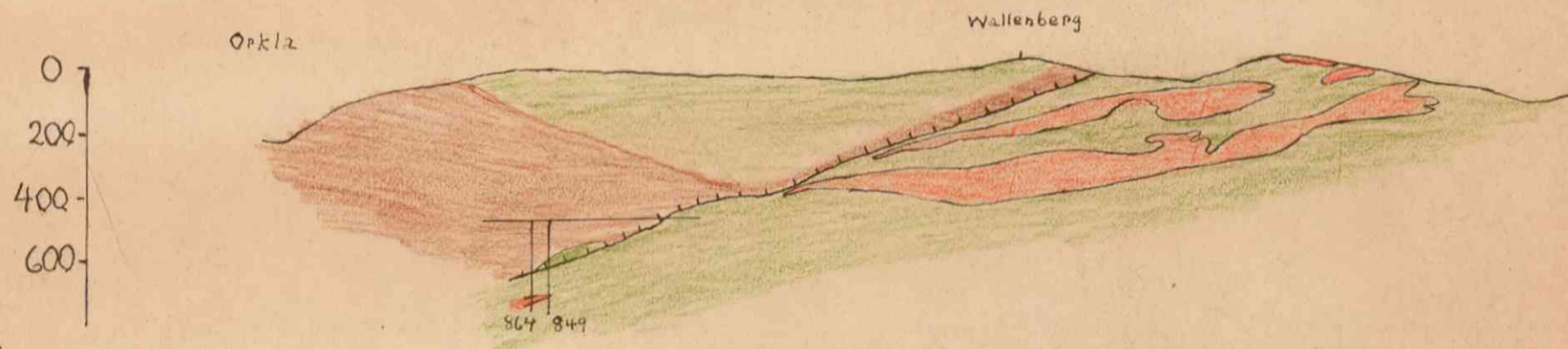


Fig. 10. Lengdesnitt Løkken gruve, 1 : 20 000.

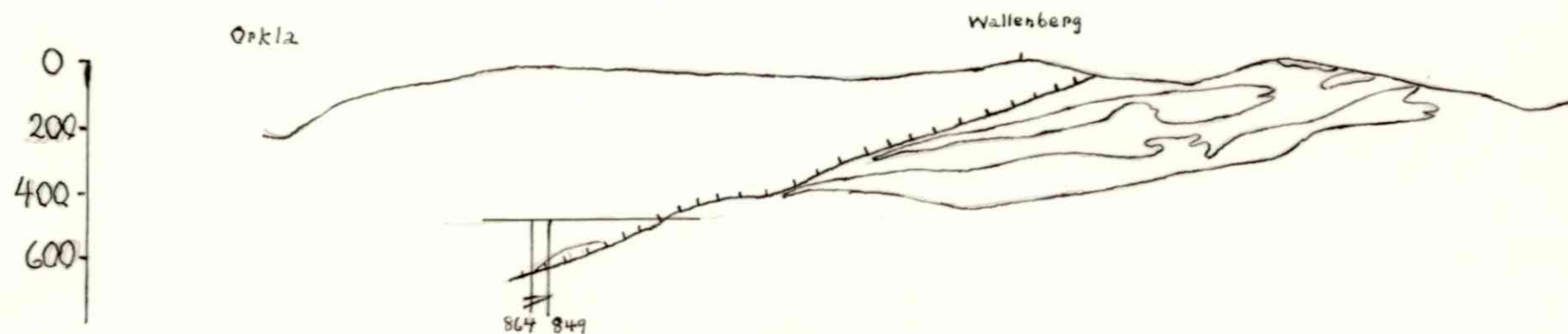


Fig. 10. Lengdesnitt Løkken gruve, 1 : 20 000.

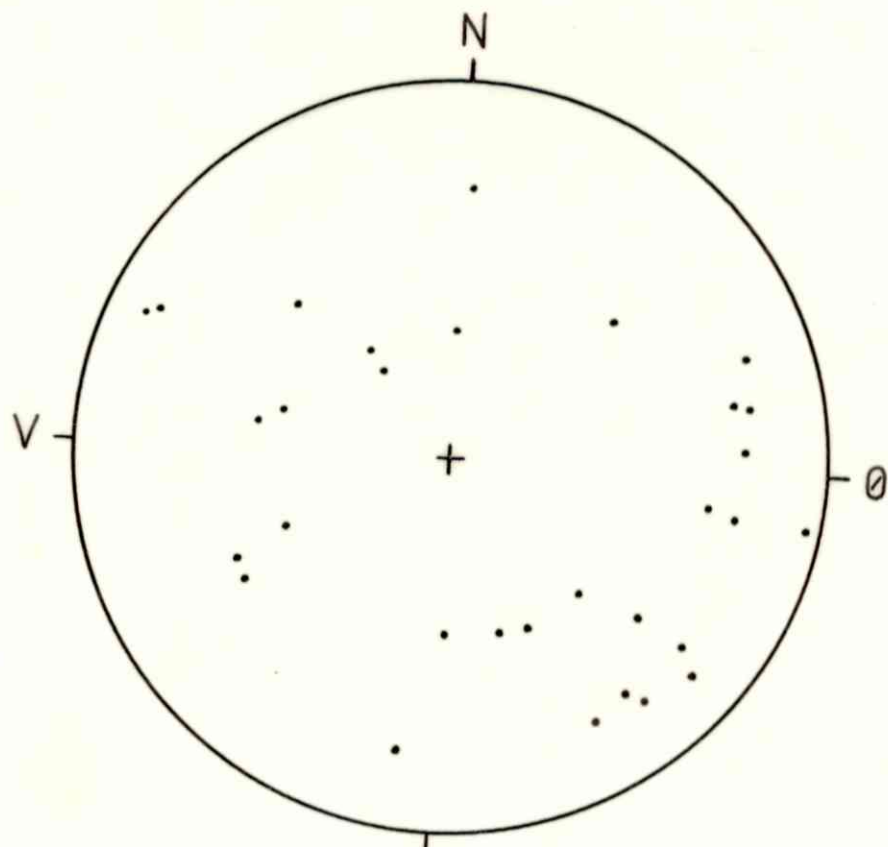


Fig. 8.
Sprekker og slepper efter egne målinger i dagen og i
gruva (flatenormaler).

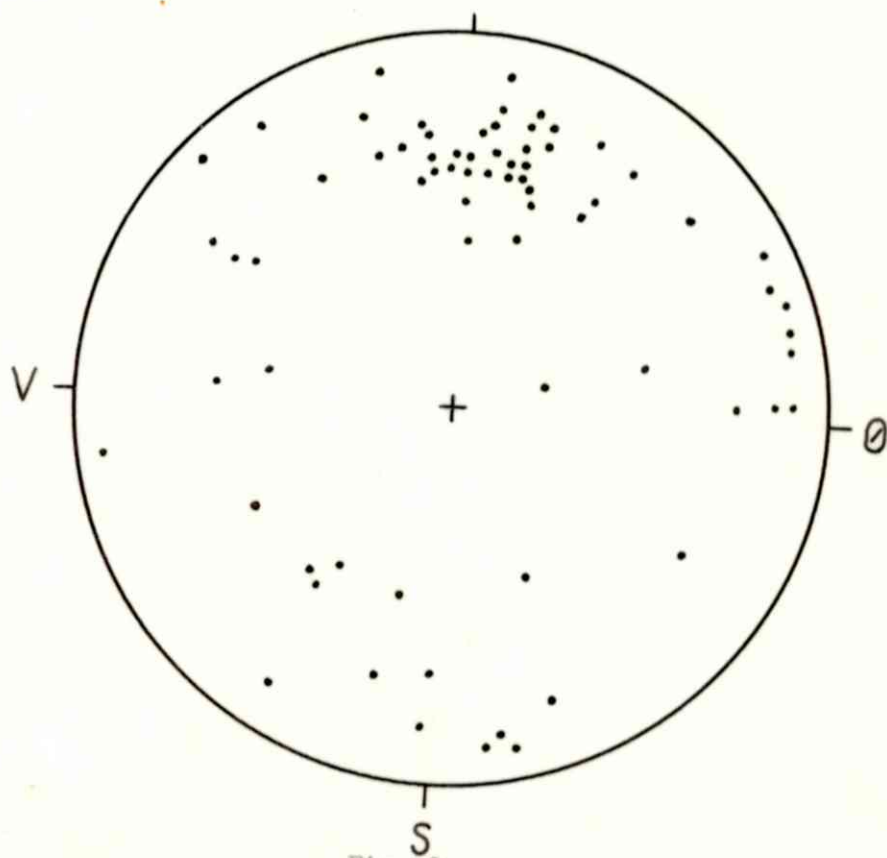


Fig. 9.
Sprekker og slepper fra den østligste del av Løkken gruve,
efter gruvekart (flatenormaler).

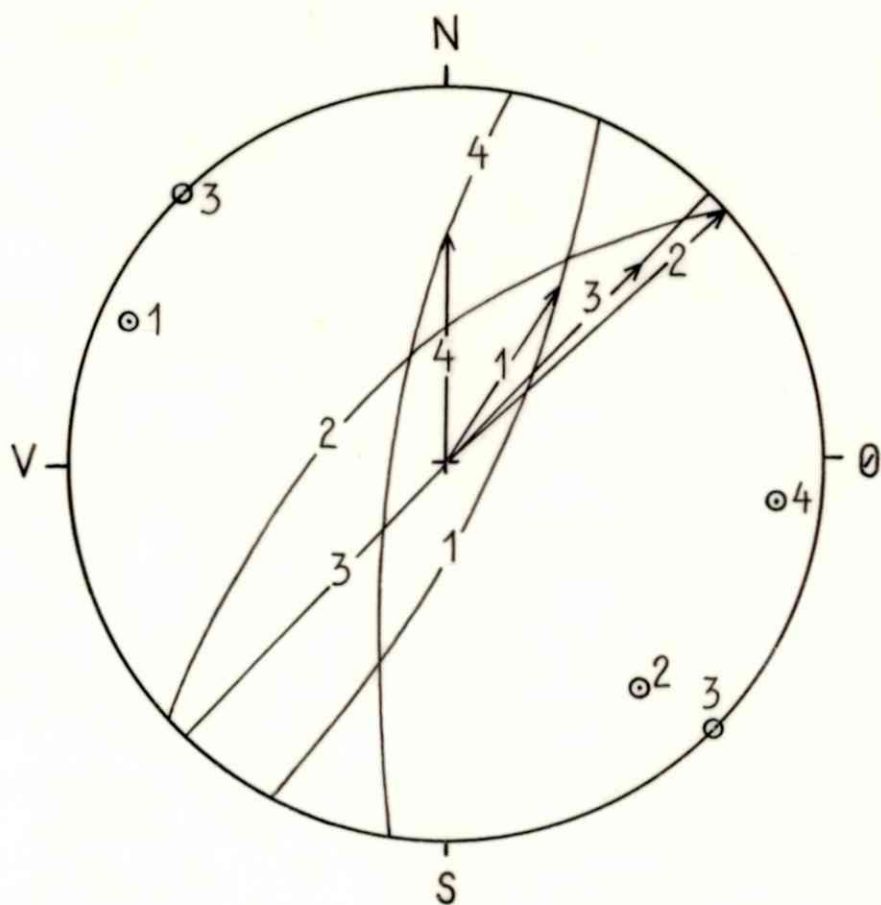


Fig. 7.

Sleppeflater med glidestriper.

Både flatene, deres normaler og glidestripenes retning er fremstillet.

1. Sleppe fall $80^{\circ}V25^{\circ}N$, glidestriper fall 45° sydlig. Veisvingene ovenfor Løkken.

2. Sleppe fall 70° sydøst, glidestriper horisontale. Lokalitet som 1.

3. Sleppe strøk nordøst, fall steilt, glidestriper fall 25° sydvestlig. Vei ved østre åpning av transportbanens tunnel.

4. Sleppe fall $80^{\circ} \text{ Ø } 10^{\circ}S$, glidestriper fall 40° sydlig. Østsiden av dalen omkr. 500 m nord for Løkken.

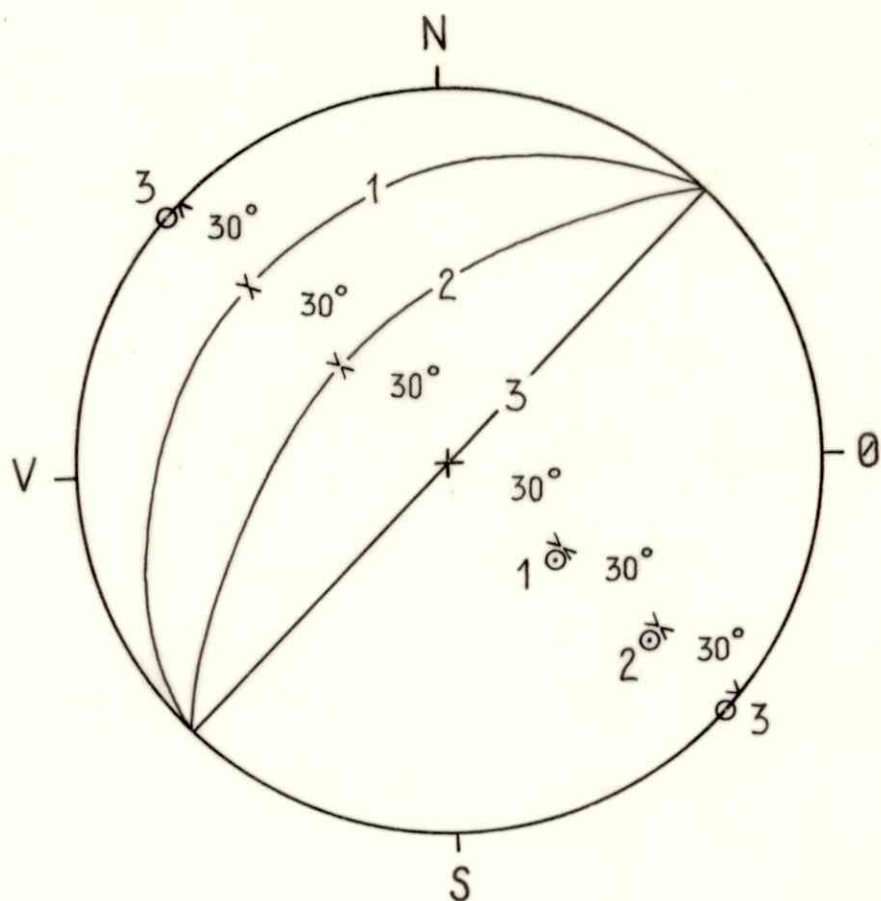


Fig. 6.

Til forklaring av diagrammene fig. 7 - 9.

Sirkelen fremstiller en halvkule i flatetro (ikke stereografisk) projeksjon. Sirkellinjens omkrets er horisontalplanet, sentrum er zenit. Vinkelavstandene langs halvkulens vertikale storsirkler (sirkelens diametre) er tilnærmet (ikke nøyaktig) proporsjonale med de lineære avstander langs radiene, like store vinkelavstander er noe lengere nær sentrum enn ved periferien.

Flater og retninger som skal fremstilles tenkes forskjøvet så de går gjennom kulens sentrum. En hver flate skjærer da kulen i en storsirkel. Flatens strøk er dens skjæringslinje med horisontalplanet (sirkelens omkrets). Flatens normal stikker gjennom kulen 90° fra flaten, regnet langs storsirkelen loddrett på flaten, flatens vinkelavstand fra horisontalplanet eller normalens vinkelavstand fra zenit er fallet.

Normalenes gjennestikkspunkter bestemmer flatens stilling helt entydig, og det er bare disse som er avsatt på diagrammene fig. 8 og 9.

På diagrammet ovenfor er fremstillet tre flater med ^{strøk} NØ - SV og 30 og 60° fall sydøstlig (øvre halvkule er fremstillet), den tredje flate står steilt.