

HANS K HELFRICH

UNDERSÖKNING AV MALMTYPER,
STRUKTURTYPER OCH SAMMAN-
VÄXNINGSTRUKTURER INOM
STEKENJOKKMALMEN



STOCKHOLM 1969

HANS K. HELFRICH

UNDERSÖKNING AV MALMTYPER,
STRUKTURTYPER OCH SAMMAN-
VÄXNINGSTRUKTURER INOM
STEKENJOKKMALMEN

STOCKHOLM 1969

DR PHIL HANS HELFRICH
BOLIDEN AKTIEBOLAG
GRUVFÖRVALTNINGEN
PROSPEKTERINGSAVDELNINGEN
BOLIDEN

Redaktör: Per H. Lundegårdh
C. DAVIDSONS BOKTRYCKERI AB, VÄXJÖ 1970

INNEHÅLL

	Sida
Sammanfattning	4
Zusammenfassung	4
Inledning	5
Geologisk situation	5
Malm- och gråbergstyper inom malmkroppen	6
Mineralbestånd	7
Struktur- och mineraliseringstyper	14
Malmtyp 1	14
Strukturtyp 1.1	14
Strukturtyp 1.2.1	15
Strukturtyp 1.2.2	16
Strukturtyp 1.2.3	16
Sammanfattning av malmtyp 1	17
Malmtyp 2	17
Strukturtyp 2.1.1	17
Strukturtyp 2.1.2	17
Strukturtyp 2.2.1	18
Strukturtyp 2.2.2	19
Sammanfattning av malmtyp 2	19
Malmtyp 3	20
Strukturtyp 3.1.1	20
Strukturtyp 3.1.2	21
Strukturtyp 3.2.1	22
Strukturtyp 3.2.2	23
Sammanfattning av malmtyp 3	23
Malmtyp 4	23
Malmtyp 5	23
Strukturfördelning inom Stekenjokkmalmen	23
Sammanfattning av de väsentligaste sammanväxningsstrukturerna	25
Malmens geologisk-mineralogiska bedömning ur anrikningssynpunkt	26
Malmens anrikningsegenskaper	27
Riktlinjer för framtida mineralogiska undersökningar ur anrikningssynpunkt	29
Litteratur	31

SAMMANFATTNING

Som underlag för anrikningsförsök undersöktes malmmikroskopiskt Stekenjokkmalmens sammansättning, fördelning av olika malm- och gråbergstyper inom malmen samt sammanväxningsstrukturer. Undersökningsmaterialet omfattade 230 polerprover och 20 slipprouver.

Följande malm- och gråbergstyper kunde urskiljas:

Tät kompakt malm

Kompakt malm

Rik impregnationsmalm i sericitkvartsit

Rik impregnationsmalm i grafitskiffer

Fattig impregnation i sericitkvartsit

Fattig impregnation i grafitskiffer

Sericitkvartsit med kisstänk

Grafitskiffer med kisstänk

Största delen av sammanväxningsstrukturerna är godartade ur anrikningssynpunkt. I de enstaka typerna konstaterades vissa strukturförändringar mot djupare liggande malmdelar.

ZUSAMMENFASSUNG

Für Aufbereitungsversuche wurde die Vererzung von Stekenjokk hinsichtlich Zusammensetzung, Verteilung von Erz- und Nebengesteinstypen im Erz und Verwachsungsstrukturen erzmikroskopisch untersucht. Das Untersuchungsmaterial umfasste 230 Anschliffe und 20 Dünnschliffe.

Folgende Erz- und Nebengesteinstypen konnten unterschieden werden:

Dichtes Kompakterz

Kompakterz

Reiches Imprägnationserz in Serizitquarzit

Reiches Imprägnationserz in Graphitschiefer

Armes Imprägnationserz in Serizitquarzit

Armes Imprägnationserz in Graphitschiefer

Serizitquarzit mit Spurenmineralisierung

Graphitschiefer mit Spurenmineralisierung

Der grösste Teil aller Verwachsungsstrukturen zeigt einen für die Aufbereitung günstigen Charakter. Eine gewisse Strukturverteilung in Abhängigkeit von der Teufe wurde festgestellt.

INLEDNING

För utarbetande av lämpligaste anrikningsprocess är det önskvärt att en så fullständig bild som möjligt erhålles av malmernas mineralogiska sammansättning, mineralkombinationer, mineraliserings- och strukturtyper samt av sammanväxningsförhållanden. Dessa för anrikningen viktiga egenskaper undersöks med särskild tanke på den rymdgeometrisk fördelningen inom en fyndighet. Anrikningsförsöket i det aktuella fallet från Stekenjokkmalmen baserades på en serie av dagborrhål, fördelade över hela malmen.

Det anrikningsmikroskopiska undersökningsmaterialet omfattade sammanlagt 230 polerprover och 20 slippoprover, statistiskt representativt fördelade över hela malmkroppen. Undersökningsmaterialets omfattning tillät en mycket uttömmande beskrivning och typindelning av Stekenjokkmalmens anriknings-mineralogiska egenskaper.

På detta ställe vill jag framföra mitt tack till Kungl Kommerskollegium, Sveriges Geologiska Undersökning och Boliden Aktiebolag för tillståndet till publiceringen av detta arbete. Jag tackar även överingenjör PH Fahlström och mina medarbetare S Premfors och Å Wirstam för det goda samarbetet, stimulerande diskussioner och kritiska synpunkter. Slutligen gäller mitt tack även avdelningsdirektören E Zachrisson för granskningen av manuskriptet.

GEOLOGISK SITUATION

Stekenjokkmalmen påträffades år 1918 genom upptäckten av rika malmblock i en liten bäck. Malmfyndigheten är belägen i sydligaste Västerbottensfjällen, Vilhelmina kommun, ca 7 km från norska gränsen. Stekenjokkmalmen tillhör Fjällkedjans sulfidmalmsprovins som är belägen i den fyllitiska sk Köli-avdelningen av den stora överskjutningsskollan. Enligt Zachrisson (1963, 1964) uppbygges denna avdelning underifrån räknat av mörk, grafitisk fyllit-glimmerskiffer, delvis med inlagringar av kalksten och kvartsit eller kvartsitkonglomerat, sedan en mäktig kalkfyllitformation, därpå en bergartsserie med huvudsakligen kvartskeratofyr, som utgör den malmförande avdelningen, med agglomerater, tuffer och tuffiter, samt slutligen grafitförande glänsande fylliter. Dessutom uppträder intrusioner av gabbro i form av linser, sliror och lagerformiga kroppar. Hela bergartskomplexet utsattes för veckning, och förskiffring lokalt med nedkrossning som följd. Särskilt grafitiskiffrarna är kraftigt påverkade ofta med utbildning av grafitiskölar. Genom metasomatiska omvandlingar, främst i anslutning till malmen, har keratofyrer och tuffiter gradvis omvandlats till sericitkvartsiter eller "sericitsmörja".

Malmens form är en flackt, mot söder stupande linjal med oregelbunden detaljstruktur. Den marknära delen i N ligger i en mot E överstjälpt antiklinal med en axel i N 12° W/20° S. I mellersta, något djupare belägna delen vidgar sig vecket, den nedböjda skänkeln tonar ut och malmen antar i huvudsak formen av en böjd skiva. Malmxelns riktning svänger över till ca N 10° E, med flack, mot söder återigen något ökande stupning (E Zachrisson).

Dessutom uppträder en intensiv småveckning med en våglängd av omkring 1 m och mindre varigenom malmgränsen kan bli oregelbunden. Småveckningens veckaxel stryker N 20–40 E och avviker således 10–30° från malmens huvudaxel. Kompaktmalmen uppträder alltid i hängandet och står mest i kontakt med grafitskiffrar. Även om malmstrukturerna är mycket differentierade så följer de stora linjerna en bestämd stratigrafisk horisont. Magnusson (1953) beskriver den allmänna formen av "fjällmalmerna" som utdragna lager, till synes fullständigt konformt inlagrade i den omgivande, i allmänhet flackt ligande serien av kölibergarter. Detta överensstämmer med observationer av Helfrich (1962, 1964) inom Gaisarfyndighetens malmstråk som konsekvent följer en bestämd stratigrafisk nivå.

Malmens upptäckt har beskrivits av A Högbom (1925) som även gav en första översikt om fyndighetens geologiska position.

MALM- OCH GRÅBERGSTYPER INOM MALMKROPPEN

Stekenjokkmalmen är en komplex kismalm med huvudsakligen svavelkis, kopparkis, zinkblände och magnetkis. Blyglans ingår i obetydliga mängder och ädelmetallhalterna är låga. Metallhalterna fördelar sig i genomsnitt enligt följande: Cu 1,63 %, Zn 2,95 %, Pb 0,20 % och S 19,2 %, fördelade på ca 8,5 milj ton utvinningsbar malm (malmberäkning Å Wirstam). Malmen uppträder i sericitkvartsit, sericitskiffer och grafitskiffer.

På grund av den mikroskopiska undersökningen inklusive analyser och specifiktsbestämningar indelas malmen och gråberget i följande huvudtyper:

	S-halt %	Täthet g/cm ³
1. Kompakt malm	>15	>3,15
2. Impregnationsmalm i sericitkvartsit	<15	<3,15
3. Impregnationsmalm i grafitskiffer	<15	<3,15
4. Sericitkvartsit (gråberg)	< 3	ca 2,75
5. Grafitskiffer (gråberg)	< 3	ca 2,80

Den malmmikroskopiska undersökningen ledde till en mer detaljerad typisering, där hänsyn tagits till mineralbeståndet och malmstrukturerna. Således delas kompaktmalmen in i tät kompakt och kompakt typ, impregnationsmal-

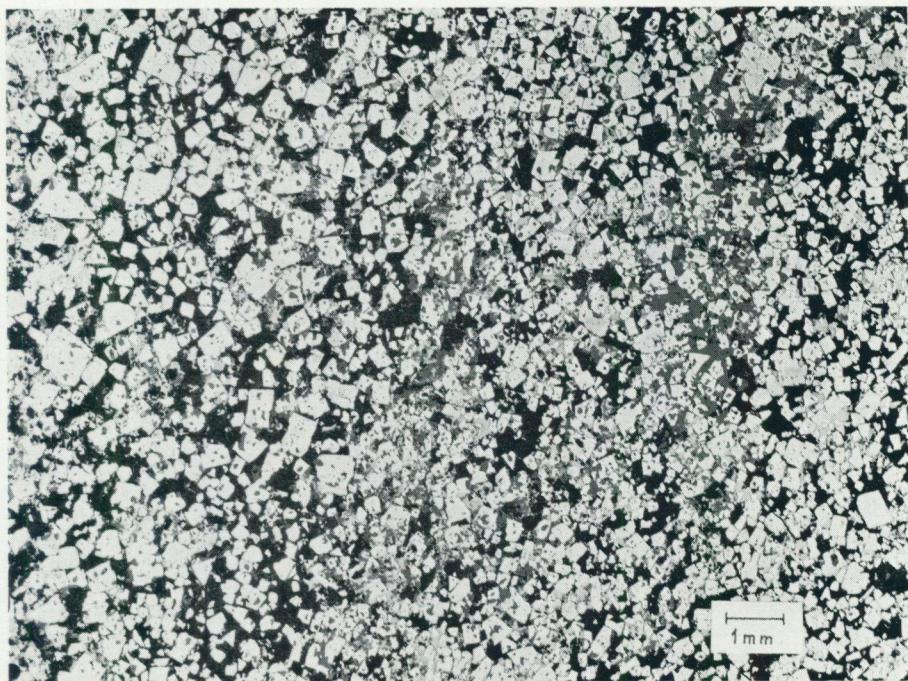


Fig. 1. Tät kompakt svavelkismalm med växlande halter av kopparkis (ljusgrå) och zinkblände (grå). Svavelkis vit. Först. 7,5x. Foto: K Vesterberg.

men i rika och fattiga impregnationer. Strukturtyperna erhöles efter granskning av mineraliseringstyperna och de uppträdande malm- respektive sammanväxningsstrukturerna mellan de enstaka malmmineralen. Strukturtypernas indelning överensstämmer inte fullständigt med uppdelningen efter svavelhalten och tätheten.

Sidobergstyperna (gråberg) sericitkvartsit och grafitskiffer har tagits med vid typindelningen, då båda ingår i malmkroppen samt är växelagrande med de olika malmtyperna.

Det kan tilläggas att olika fördelningsberäkningar på olika provmaterial visade mycket god överensstämmelse, vilket styrker deras tillförlitlighet och även typer på att polermaterialet är representativt.

MINERALBESTÅND

Tabell 1 återger alla malmmineral som kunde observeras. Den inbördes ordningen representerar i stort den kvantitativa ordningsföljden. Tabellen är sammanställd på så sätt att man direkt kan jämföra mineralbeståndet för de olika typerna.

Tabell 1: Stekenjokkmalmens mineralbestånd.

Malmmineral	Hela malmen	Malmtyp					Strukturtyp													
		1	2	3	4	5	1.1	1.2.1	1.2.2	1.2.3	2.1.2	2.2.1	2.2.2	3.1.1	3.1.2	3.2.1	3.2.2	4.0	5.0	
Svavelkis	****	****	***	***	**	**	****	***	****	****	***	**	—	**	***	**	*	**	**	
Kopparkis	***	***	***	***	**	**	***	***	***	***	***	**	**	***	***	**	**	**	**	
Zinkblände	***	***	***	***	**	*	***	***	***	***	***	**	*	**	**	**	**	**	*	
Magnetkis	***	***	***	***	**	**	***	***	**	**	**	**	**	***	—	**	**	**	**	
Blyglans	**	**	**	**	*	—	**	**	**	**	**	*	—	*	*	*	*	*	—	
Arsenikkis	**	**	*	*	*	—	**	**	**	**	*	*	—	—	*	—	—	—	—	
Grafit	**	*	—	**	—	***	—	—	—	**	—	—	—	***	***	***	***	—	***	
Gediget Ag?	*	*	*	*	—	—	—	—	*	—	—	*	—	—	—	*	—	—	—	
Cubanit	*	*	*	—	—	—	—	*	—	—	*	—	—	—	—	—	—	—	—	
Fahlerz	*	*	—	—	—	—	*	—	*	*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Bournonit	*	*	*	—	—	—	*	—	—	—	—	*	—	—	—	—	—	—	—	
Bornit	*	*	—	—	—	—	*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Silverglans	*	*	—	—	—	—	*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Melnikovitpyrit	*	*	—	—	—	—	—	—	—	*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Magnetit } observerades i ett prov
 Hämatit }

**** mycket riklig *** riklig ** vanlig * sällsynt

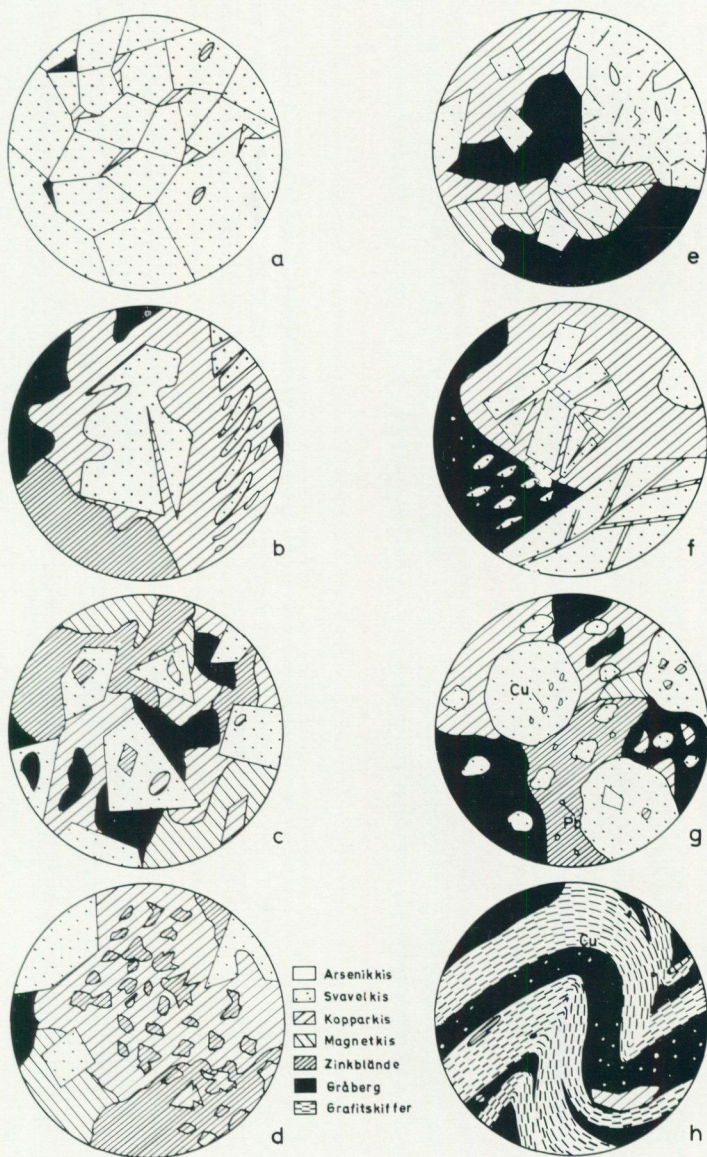


Fig. 2. Sammanställning av olika sammanväxningsstrukturer.

- a) Tät, kompakt, svavelkismalm med kopparkis-”Zwickelfüllung”.
- b) Anfränt svavelkis, förträngning genom kopparkis, skelettbildning (små rester av svavelkis).
- c) Idiomorf svavelkis med inneslutningar av zinkblände, kopparkis och gråberg.
- d) Grafisk sammanväxning mellan kopparkis och zinkblände.
- e) Sammelkristallisation av svavelkis (till höger i bilden).
- f) Kataklastiskt sönderbruten svavelkis (tektoniskt krossad), svavelkisgrus i gråberg.
- g) Mikroporfyrisk struktur av svavelkis, zinkblände med små blyglansinneslutningar.
- h) Kopparkisimpregnation i grafitskiffer.

Tabell 2: Strukturöversikt över Stekenjokkmalmen.

Malm- eller bergartstyp	Grupp	Index	Strukturtyp	Index	Mineraliseringstyp	Procent		
1	Kompaktmalm S > 15 % med spec vikt > 3,15	Tät kompaktmalm	Tät kompakt svavelkismalm med växlande halter kopparkis och zinkblände	1.1.1	Kopparkis-magnetkisförande svavelkismalm	~ 60-65		
				1.1.2	Zinkbländeförande svavelkismalm			
				1.1.3	Komplex kisförande svavelkismalm			
		Kompaktmalm	Kompakt svavelkismalm med växlande halter kopparkis-zinkblände i sericitkvartsitmiljö	1.2.1	Kopparkiscementerad kompaktmalm		1.2.1.1	Kopparkis-magnetkisförande svavelkismalm
				1.2.2	Kompakt svavelkismalm med växlande halter kopparkis-zinkblände i sericitkvartsitmiljö		1.2.2.2	Zinkbländeförande svavelkismalm
							1.2.2.3	Komplex kisförande svavelkismalm
							1.2.3	Kompakt svavelkismalm med växlande halter kopparkis-zinkblände i grafitskiffermiljö
				1.2.3.2	Zinkbländeförande svavelkismalm			
				1.2.3.3	Komplex kisförande svavelkismalm			
		Rik impregnation i kvartsit	Kopparkis-magnetkisflaserig rik impregurationsmalm i sericitkvartsit	2.1.1	Kopparkis-magnetkisflaserig rik impregurationsmalm i sericitkvartsit		2.1.1.1.1	Kopparkis-magnetkisrik sericitkvartsit
2.1.2	Komplex rik impregurationsmalm i sericitkvartsit			2.1.2.1.2	Kopparkis-svavelkisrik sericitkvartsit			
		2.1.2.2	Zinkbländeförande svavelkisrik sericitkvartsit					
		2.1.2.3	Komplex kisrik kvartsit					
		2.2.1	Komplex fattig kisimpregnation i sericitkvartsit	2.2.1.1	Kopparkis-magnetkisförande kvartsit			
				2.2.1.2	Zinkblände-svavelkisförande sericitkvartsit			
2.2.1.3	Komplex kisförande sericitkvartsit							
2.2.2	Fattig flaserig magnetkisimpregnation i sericitkvartsit	2.2.2.4	Svavelkisförande sericitkvartsit					
		2.2.2.5	Magnetkisförande sericitkvartsit					
2	Impregurationsmalm i sericitkvartsit S < 15 % med spec vikt > 3,15	Fattig impregnation i kvartsit		2.2.1	Komplex fattig kisimpregnation i sericitkvartsit	~ 20-25		
				2.2.1.1	Kopparkis-magnetkisförande kvartsit			
				2.2.1.2	Zinkblände-svavelkisförande sericitkvartsit			
				2.2.1.3	Komplex kisförande sericitkvartsit			
				2.2.1.4	Svavelkisförande sericitkvartsit			
2.2.2.5	Magnetkisförande sericitkvartsit							

1	Kompaktmalm	Rik impregnation i grafitskiffer	3.1.1	Komplex kisrik impregnation i grafitskiffer	3.1.1.1	Kopparkis-magnetkisrik grafit-skiffer	~ 6		
					3.1.1.2	Zinkblände-magnetkisrik grafit-skiffer			
3	Impregnationsmalm i grafitskiffer S < 15 % med spec vikt < 3,15	Fattig impregnation i grafitskiffer	3.1.2	Svavelkisrik impregnationsmalm i grafitskiffer	3.1.2.3	Komplex-kisrik grafitskiffer			
					3.2.1	Komplex kisimpregnation i grafit-skiffer		3.2.1.1	Kopparkis-magnetkisförande grafit-skiffer
								3.2.1.2	Zinkbländeförande grafit-skiffer
								3.2.1.3	Komplex-kisförande grafit-skiffer
								3.2.2.4	Svavelkisförande grafit-skiffer
3.2.2	Randig magnetkisimpregnation i grafitskiffer	3.2.2.5	Magnetkisförande grafit-skiffer						
4	Sericitkvartsit	Kvartsit	4.0	Sericitkvartsit med kisstänk	4.0	Sericitkvartsit ev med kisstänk		~ 5	
5	Grafitskiffer	Grafitskiffer	5.0	Grafitskiffer med kisstänk	5.0	Grafitskiffer ev med kisstänk		~ 4	

Tabell 3: Sammandrag av de viktigaste strukturkännetecknen.

	Mineralbestånd	Kornstorlek	Struktur	Sammanväxningskaraktär	Halvkorn	Anmärkning
1.1	Alla malmmineral	Mindre än 1 mm till några μm	Tät kompakt	Godartad	Svavelkis-kopparkis Kopparkis-zinkblände	Blyglans ogynnsam ur anrikningssynpunkt "Zwickelfüllung"
1.2.2	Typomorf parag Kopparkis-magnetkis, svavelkis	Några mm till några hundratal mm	Kompakt	Godartad	Kopparkis-magnetkis Svavelkis-kopparkis	Tilltagande korrosion och kataklas mot djupet
1.2.2	Saknas en del accessorier	Växlande, dels mikroporfyrisk	Kompakt Bandad	Godartad	Svavelkis-zinkblände Gråberg-kopparkis	Tilltagande mikroporfyrisk mot djupet
1.2.3	Saknas en del accessorier	Finkornig	Kompakt Slirig	Godartad med undantag av kopparkisimpregnationer	Kopparkis-gråberg Komplex kisaggregat	Brecciestruktur
2.1.1	Magnetkis-kopparkis	Grov-finkornig	Flaserig	Godartad Kopparkisimpregnation	Magnetkis-zinkblände Kopparkis-gråberg	Komplexa sammanväxningar Kataklas
2.1.2	Utom cubanit saknas accessorier	Med växlande kornstorlek	Flaserig-slrig (hårdmalmstyp)	Godartad	Kismineral-gråberg	Ökad sammalkristallisation och kataklas mot djupet
2.2.1	Komplex kismineraliserad, accessorier sporadiskt	Starkt växlande kornstorlek	Randig, slrig impregnation	Finkornig impregnation ogynnsam	Kismineral-gråberg	Lokal kompaktmalmsstruktur men korrosion saknas
2.2.2	Magnetkis, övriga kismineral sporadiskt	Finkornig-medelkornig	Flaserig impregnation	Delvis ogynnsam	Kismineral-gråberg	Tendens till sammalkristallisation och kraftigare kataklas mot djupet
3.1.1	Accessorier saknas	Växlande kornstorlek	Bandad, veckad Flaserig impregnation	Godartad	Magnetkis-zinkblände Kopparkis-gråberg	Övergångar till kvartsitmatrix

3.1.2	Accessories saknas	Växlande, delvis porfyrisk	Slirig Breccierad	Delvis ogynnsam	Kopparkis-svavelkis Kopparkis-magnetkis Kismineral-gråberg	Kraftig tektonisk deformation
3.2.1	Fattigt på kismineral	Mycket varierande	Slirig, randig breccierad	Finkornig impregnation i gråberg ogynnsam	Kismineral-gråberg	I detalj kompaktmalmsstrukturer Kataklas
3.2.2	Magnetkis, övriga sporadiskt	Finkornig	Randig impregnation	Mindre godartad Delvis ogynnsam	Olika kismineral med gråberg	Inga strukturvariationer
4.0	Kisstänk Kvartsit	Finkornig	Kisstänk här och var	Saknar betydelse	–	Betraktas som gråberg
5.0	Kisstänk Grafitskiffer	Finkornig	Kisstänk här och var	Saknar betydelse	–	Betraktas som gråberg

STRUKTUR- OCH MINERALISERINGSTYPER

Tabell 2 ger en fullständig sammanställning av alla förekommande malm-, struktur- och mineraliseringstyper. Ett sammandrag av de viktigaste strukturkännetecknen lämnas i tabell 3. I det följande kompletteras denna sammanställning med en kortfattad karakteristik av de olika typerna.

Malmtyp 1

Strukturtyp 1.1: Tät kompakt svavelkismalm med växlande halter av kopparkis och zinkblände (fig 1)

Som framgår av tabell 1 återfinns i denna strukturtyp alla observerade malmmineral. Dessa fördelar sig på följande mineraliseringstyper:

Kopparkis –magnetkisförande svavelkismalm

Zinkbländeförande svavelkismalm

Komplex kisförande svavelkismalm

Strukturtyp 1.1 utmärkes genom en mycket låg gråbergsinblandning. Karakteristiska strukturer är tätpackad, idiomorf svavelkis i en mellanmassa med kopparkis, zinkblände och magnetkis som "Zwickelfüllung" (se fig 2a).

Svavelkisen är längs oregelbundet uppträdande sprickor genomådrad av framförallt kopparkis, sporadiskt även av blyglans. Utgående från dessa sprickor förträngs svavelkisen av kopparkisen, i extrema fall till skelettartade kroppar (fig 2b).

Flera olika slag av sammanväxningar uppträder på grund av svavelkisens natur som huvudbeståndsdel och dess ofta utpräglade porfyriska karaktär. Inneslutningar av alla kismineral, men även av gråbergsmineral förekommer. Inneslutningarna måste åtminstone till en del betraktas som äldre förträngningsrester, inneslutna vid bildandet av svavelkisporfyroblastar (under metamorfosen), (fig 2c).

Kopparkisen är alltid xenomorf och visar inga tecken på kataklastiska strukturer, beroende på dess rekristallisationsförmåga.

Av sammanväxningsstrukturer kan nämnas en grafisk sammanväxning av zinkblände och något magnetkis, uppträdande som inneslutning i svavelkis. Zinkblände korroderar svavelkis, mera underordnat förekommer större eller mindre, oregelbundet begränsade kroppar i svavelkis.

Av övriga malmmineral kan nämnas blyglans som små inneslutningar i svavelkis, ibland som tunna hinnor mellan svavelkiskorn, även sammanvuxen med zinkblände.

Sammanväxningsstrukturerna är i allmänhet gynnsamma ur anrikningssynpunkt. Mot djupet blir sammanväxningen mellan svavelkis och kopparkis mera taggig, en mera utpräglad tendens till sammalkristallisation kan konstateras (fig 2e), tilltagande kataklas och starkare förträngning av svavelkisen även ge-

nom gråberg (fig 2f) uppträder och kornstorleken blir mer varierande. De olika mineraliseringstyperna kan uppträda växellagrande med varandra, så att en viss bandningsstruktur i stort observeras.

Strukturtyp 1.2.1: Kopparkiscementerad kompaktmalm (fig 3)

Strukturtypen är identisk med mineraliseringstypen: kopparkis-magnetkisförande svavelkismalm.

Alla huvudmineral är representerade i denna typ. De accessorier, som var typiska för strukturtyp 1.1 saknas dock. Typen utmärkes av en grövre kornstorlek och en större inblandning av gråbergsmineral. Strukturen är på grund av matrixens sammansättning och karaktär mycket varierande.

Svavelkisen är delvis inhomogen med ibland flera mm stora korn. Lokalt, framförallt tilltagande mot djupet, observeras en tätare packning av små kopparkisdroppar i svavelkisen (fig 2g) samt tydliga förträngnings- och kataklasstrukturer.

Kopparkisen uppträder delvis som stora kornaggregat, men kan även finnas som impregnation insprängd i gråbergsmineralen. Magnetkis bildar tillsam-

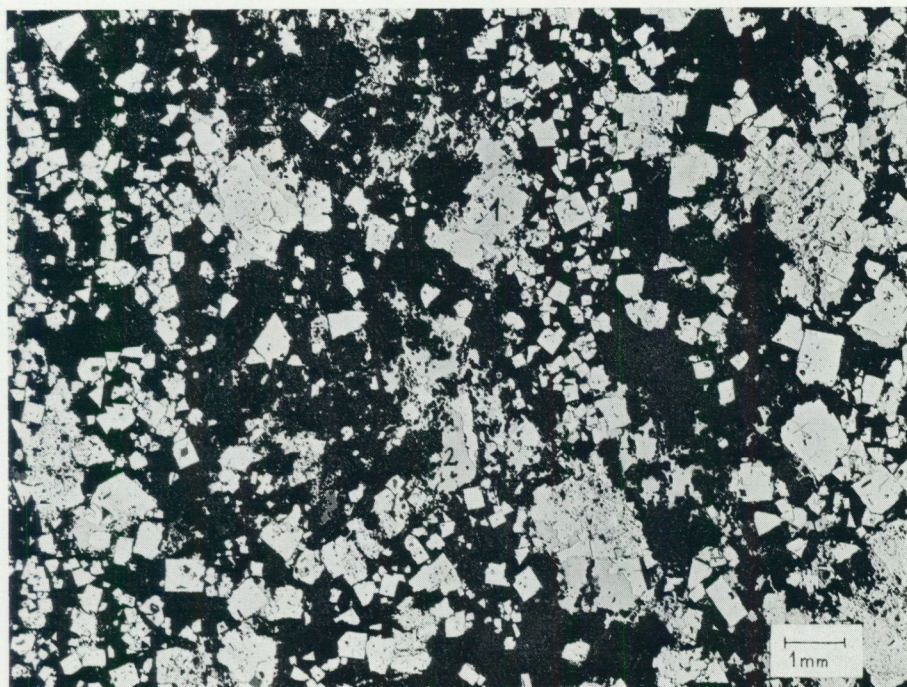


Fig. 3. Kopparkis-magnetkisförande svavelkismalm (1.2.1.1). 1 svavelkis, 2 kopparkis, 3 magnetkis. Först. 7,5x. Foto: K Vesterberg.

mans med kopparkis matrixen, medan zinkblände bildar utmärkta grafiska sammanväxningar med kopparkis. Blyglans och arsenikkis uppträder som inneslutningar i de olika huvudmineralen. Mot djupet finns en tilltagande tendens till kataklas. Sammanväxningsstrukturen är godartad ur anrikningssynpunkt.

Strukturtyp 1.2.2: Kompakt svavelkismalm med växlande halter av kopparkis – zinkblände i sericitkvartsit

Följande mineraliseringstyper är representerade:

Zinkbländeförande svavelkismalm

Komplex kisleförande svavelkismalm

Av malmmineralsammanställningen i tabell 1 framgår att magnetkishalten avtar och som accessorier finns fahlerz och gediget Ag.

Malmmineralens detaljstrukturer avviker ej i större omfattning från tidigare beskrivna. Som specifikt strukturdrag kan nämnas att detaljstrukturerna är likartade över hela malmkroppen. Som helhet betraktad är denna strukturtyp komplex beroende på omväxlande zinkblände- och kopparkisföring i samma prov, ofta även komplext sammanbundna. Anmärkningsvärt är vidare den porfyriska strukturen (runda svavelkiskorn bland finkornigt svavelkisgrus), som endast framträder mikroskopiskt (fig 2g). Den tycks vara bunden till de djupare malmdelarna, men uppträder även som band i partier som utmärkes genom idiomorft skarpkantiga svavelkiskornanrikningar, vilka knappast visar några tecken på korrosionsfenomen och kataklasstrukturer.

Strukturtyp 1.2.3: Kompakt svavelkismalm med växlande halter av kopparkis och zinkblände i grafitskiffermiljö

Följande mineraliseringstyper är representerade:

Kopparkis-magnetkisleförande svavelkismalm

Zinkbländeförande svavelkismalm

Komplex kisleförande svavelkismalm

Utmärkande för denna typ är grafitskiffermiljön och därmed uppträdanget av grafit, till vilken särskild hänsyn får tas ur anrikningssynpunkt. Kopparkishalten är något större, bildar delvis stora kornaggregat och är matrixbildande samt taggigt sammanvuxen med gråbergsmineral. Zinkblände visar komplexa sammanväxningar med kopparkis, blyglans och svavelkis (förträngning) samt uppträder som markerad impregnation i vissa delar eller band, särskilt där grafitskiffersliror kommer in i bilden. Blyglansen fyller ofta rupturella strukturer i svavelkis, som därvid även korroderas. Påfallande är en brecciestruktur, där brottstycken av gråberg med tätt sammanpackade finkorniga kismineral observeras här och var i de svartskiffersliriga partierna. Dessa brottstycken tyder

på en zonvis brecciering av malmen. Sådana zoner kan man vänta i grafitskiffermiljö, som är predestinerad för utbildning av glidhorisonter. Tektoniseringen kan erhålla mylonitkaraktär. I samband med uppträdande rörelsehorisonter i grafitskiffer kan kornstorleken lokalt bli mycket mindre och den kompakta malmkaraktären avlöses på sina ställen genom finkorniga impregnationer.

Sammanfattning av malmtyp 1. Sammanfattas strukturkännetecknen för malmtyp 1, kan denna betecknas som kompakt svavelkismalm med mer eller mindre tätpackade idiomorft – hypidiomorft, ibland även xenomorft utbildade svavelkiskorn, med kopparkis, zinkblände och magnetkis. Lokalt uppträder som typiskt inslag kataklastiska strukturer. Komplicerade sammanväxningsstrukturer saknas.

Strukturtyperna 1.1, 1.2.1, 1.2.2 och 1.2.3 utgör tillsammans 60–65 viktsprocent av Stekenjokkmalmen. I sin tur betyder detta att nästan 2/3 av malmen inte visar sådana sammanväxningsstrukturer, som skulle vara besvärande ur anrikningssynpunkt. Av de beskrivna strukturtyperna visar dock 1.1 vanligtvis "Zwickel-struktur" som kan förorsaka halvkornbildning. Gemensamt för hela malmtyp 1 tycks vara att kopparkishalten tilltar mot djupet. Detta medför dock förhöjda risker för sammanväxningar mellan kopparkis och svavelkis, inte minst med tanke på de samtidigt ökande korrosionsfenomenen.

Malmtyp 2

Malmtypen karakteriseras som impregnationsmalm i sericitkvartsit.

Strukturtyp 2.1.1: Kopparkis-magnetkisflaserig rik impregnationsmalm i sericitkvartsit

Strukturtypen är identisk med mineraliseringstypen kopparkis-magnetkisrik sericitkvartsit.

Denna strukturtyp karakteriseras genom mineralkombinationen kopparkis-magnetkis utan nämnvärda svavelkishalter. Kopparkis och magnetkis bildar stora kornaggregat utan märkvärdiga sammanväxningsstrukturer.

Anm: Strukturtypen saknas i sammanställningarna i tabell 1 och i plansch (se denna). Denna typ bestämdes teoretiskt och hittades sedan i ett material som ej har varit underlag för upprättandet av plansch 1.

Strukturtyp 2.1.2: Komplex, rik impregnationsmalm i sericitkvartsit (fig 4)

Följande mineraliseringstyper är representerade:

- Kopparkis-svavelkisrik sericitkvartsit
- Zinkblände-svavelkisrik sericitkvartsit
- Komplex kisrik sericitkvartsit

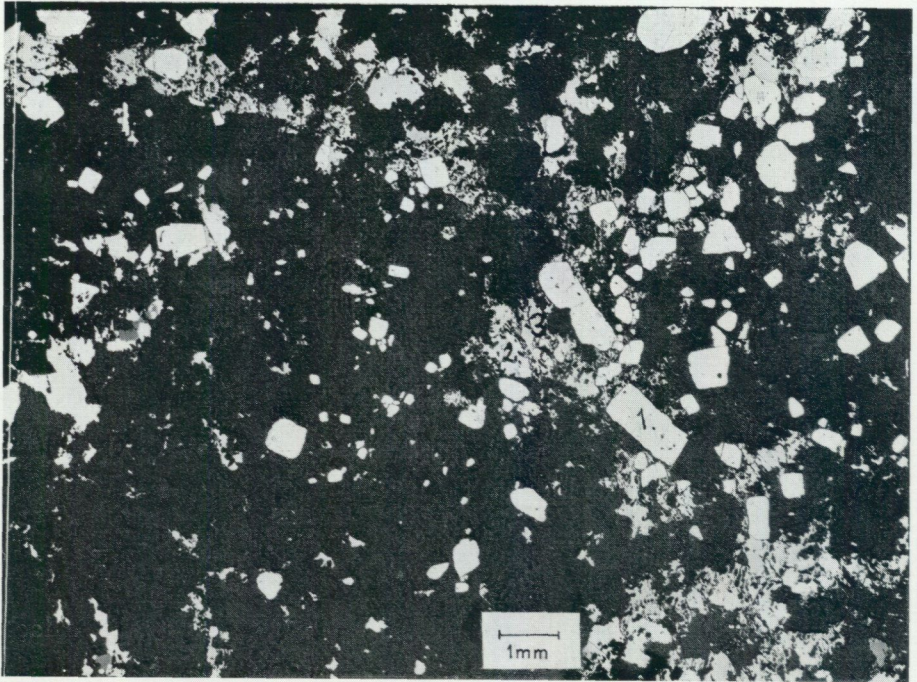


Fig. 4. Kopparkis-svavelkisrik sericitkvartsit (2.1.2.1.2). 1 svavelkis, 2 kopparkis, 3 magnetkis. Först. 7,5x. Foto: K Vesterberg.

Vad detaljstrukturerna beträffar så föreligger stora likheter med malmtyp 1. Skillnaden ligger främst i packningsgraden av malmmineralen. Gråbergsinslaget är betydligt större, men det förekommer kompakta kistränder växellagrande med nästan rena gråbergspartier.

Av malmmineralen visar svavelkis en något rundad form och starkt växlande kornstorlek. Svavelkisen påträffas mest som inneslutningar i antingen kopparkis- eller magnetkisagregat. Kopparkisens kornstorlek växlar från stora aggregatsamlingar till några μm stora impregnationskorn. Lameller av cubanit har observerats.

Strukturtyp 2.2.1: Komplex fattig kisimpregnation i sericitkvartsit (fig 5)

Följande mineraliseringstyper återfinns:

Kopparkis-magnetkisförande sericitkvartsit

Zinkblände-svavelkisförande sericitkvartsit

Komplex kisförande sericitkvartsit

Svavelkisförande sericitkvartsit

Trots att impregnationen är fattig på malmmineral återfinns dock samtliga väsentliga kismineral. Impregnationen kan vara grov – men även finkornig med

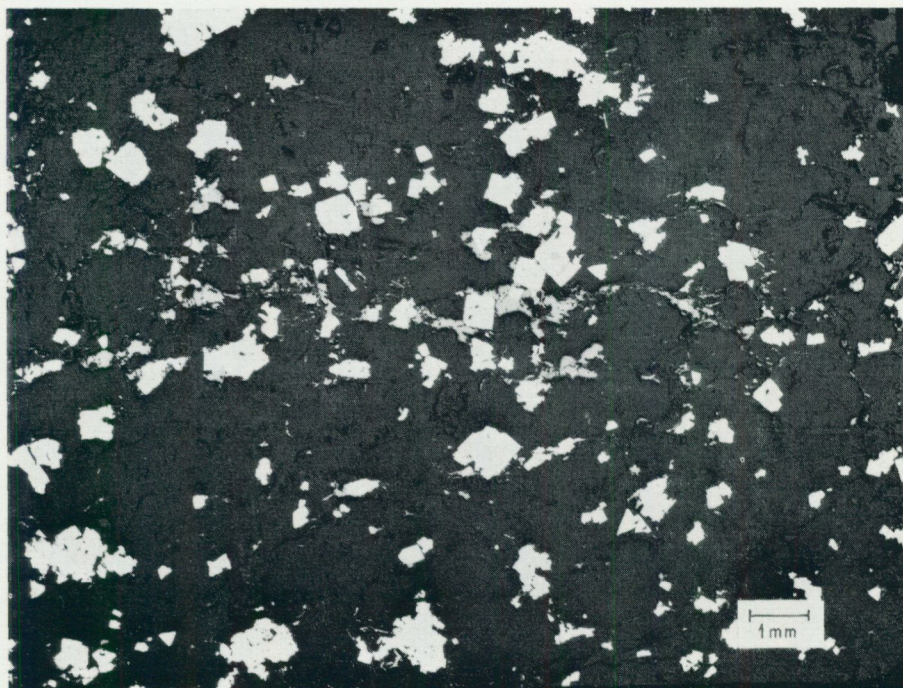


Fig. 5. Komplex kisförande sericitkvartsit (2.2.1.3). Svavelkis vit, zinkblände grå. Först. 7,5x.
Foto: K Vesterberg.

en tendens till finrandig anordning (s-struktur). Även tunna kompakta kistränder uppträder. I jämförelse med tidigare strukturtyp saknas korrosionsfenomen, vilka tydligen är proportionella mot kopparkisföringen.

Kopparkis och blyglans kan vara mycket finkornig (enstaka μm) och uppträder då som tunna ådror, droppar i svavelkis, och lokal impregnation i gråbergsmineralen, ibland som tunna hinnor kring svavelkis.

Det föreligger en tendens till tilltagande sammalkristallisation och starkare kataklas mot djupet (fig 2e, f).

Strukturtyp 2.2.2: Fattig flaserig magnetkisimpregnation i kvartsit

Denna typ karkteriseras genom en fattig impregnation av typ magnetkis-kopparkis och genom sin finkornighet. Inga komplexa sammanväxningar uppträder men typen är genom impregnation i gråberget och taggiga sammanväxningar ogynnsam ur anrikningssynpunkt. Som mineraliseringstyp påträffas en magnetkisförande sericitkvartsit.

Sammanfattning av malmtyp 2. Sammanfattar man strukturkännetecknen för malmtyp 2, finner man att denna omfattar både rika och fattiga kisimpreg-

nationer i sericitkvartsit. Strukturindelningen av denna typ förklaras genom uppträdandet av olika mineralkombinationer och graden av gråbergsinblandning. Av sammanväxningsstrukturerna mellan malm- och gråbergsmineral att döma är ca 20–25 % av hela Stekenjokkmalmen delvis ogynnsammare ur anrikningssynpunkt än själva kompaktmalmen. Sammanväxningsstrukturerna mellan de olika kismineralen är jämförbara med de observerade i malmtyp 1 och gynnsamma ur anrikningssynpunkt. Ett sammandrag av de väsentligaste strukturdragen återfinns i tabell 3.

Malmtyp 3

Malmtypen karakteriseras som impregnationsmalm i grafitskiffer och utgör 5–7 % av hela malmen.

Strukturtyp 3.1.1: Komplex kisrik impregnation i grafitskiffer (fig 6)

Följande mineraliseringstyper föreligger:

Kopparkis-magnetkisrik grafitskiffer

Zinkblände-magnetkisrik grafitskiffer

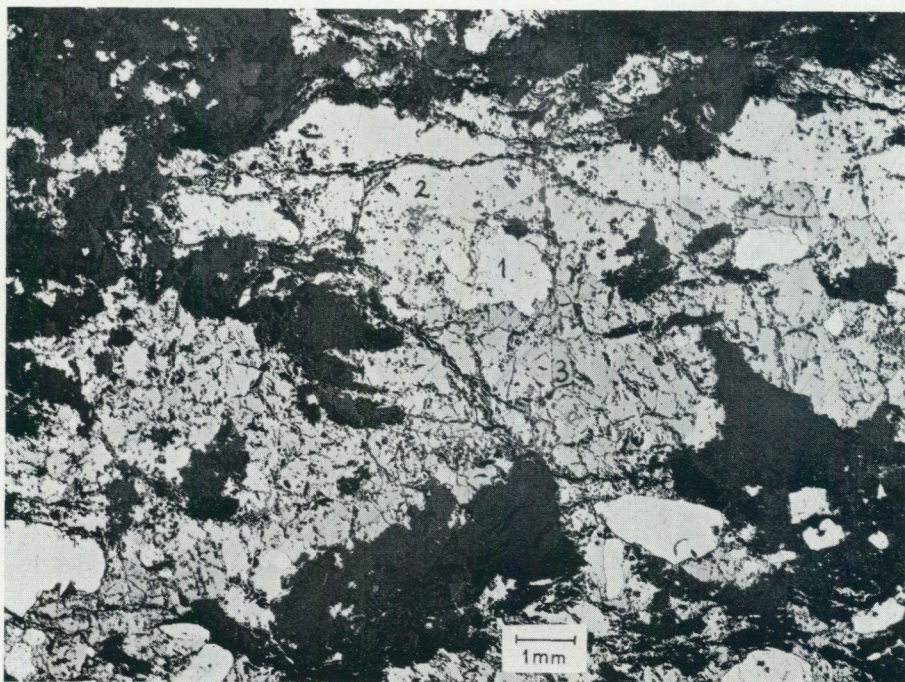


Fig. 6. Kopparkis-magnetkisrik grafitskiffer (3.1.1.1). 1 svavelkis, 2 kopparkis, 3 magnetkis. Först. 7,5x. Foto: K Vesterberg.

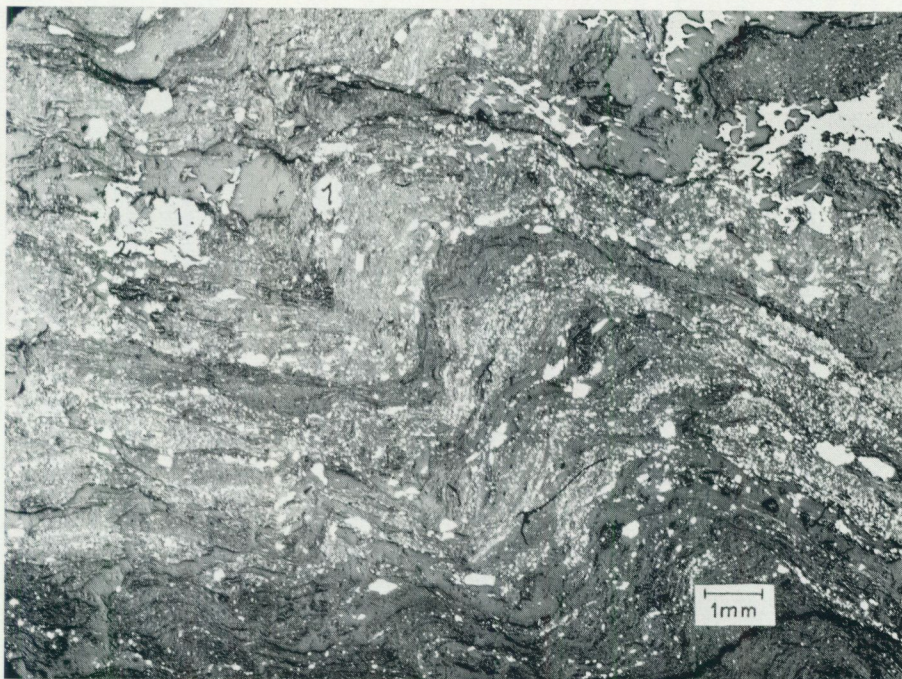


Fig. 7. Kopparkis–magnetisförande grafitskiffer (3.2.1.1). 1 svaveikis, 2 kopparkis. Först. 7,5x. Foto: K Vesterberg.

Denna strukturtyp karakteriseras genom paragenesen kopparkis–magnetkis samt intensiva sammanväxningar mellan magnetkis och zinkblände. Den visar både kompakt- och impregnationskaraktär. En särskild grupp bildar bandade kopparkisförande grafitskiffer som kan bli kopparkisrika och uppträder starkt veckade på flera olika ställen inom malmen (fig 2h).

Övergångar till de ljusa kvartsittyperna förekommer även i liten skala (polerprov). Det betyder att grafitskifferlagren kan vara mycket tunna på vissa ställen, vilket i sin tur lokalt medför en snabb strukturvariation.

Strukturtyp 3.1.2: Svavelkisrik impregnation i grafitskiffer

Endast en komplex – kisrik mineraliseringstyp observerades.

Mineraliseringen i grafitskiffer är ofta starkt tektoniskt påverkad. En kraftig kataklas kännetecknar svavelkisen, som förträngs längs sprickor av kopparkis, zinkblände och blyglans. Särskilt påfallande är den porfyrisk strukturen, betingad av större svavelkiskorn i svavelkisgrus.

Allmänt uppträder en brecciestruktur. De båda rika impregnationsmineraliseringarna i kvartsit och grafitskiffer visar en viss släktskap. Detta beror i första hand på den geologiska bakgrunden, då grafitskiffern ofta utgör rörelsehorisonter och på så sätt även blandas med omliggande bergarter.

Beroende på om svavelkis-kopparkis eller magnetkis-kopparkis uppträder som huvudsakliga mineralkombinationer kan man vänta halvkorn antingen mellan svavelkis-kopparkis eller mellan kopparkis-magnetkis. I bägge fallen föreligger dessutom risk för bildning av halvkorn mellan kis- och gråbergsmineralen.

Strukturtyp 3.2.1: Komplex kisimpregnation i grafitskiffer (fig 7)

I motsats till föregående typ uppträder flera mineraliseringstyper såsom kopparkis-magnetkisförande, zinkbländeförande, komplex-kisförande och svavelkisförande grafitskiffer.

Allmän karakteristik: Slirig, randig impregnation av i huvudsak magnetkis, kopparkis och svavelkis i olika inbördes fördelning samt med breccie- och veckningsstrukturer. Impregnationen följer således bandningen och skiffriheten (//s). Strukturerna visar inga förändringar vid tilltagande djup. Detaljstrukturerna i mera tätpackade impregnationer visar normala sammanväxningsförhållanden som kan bli lika de i kompaktmalmen.

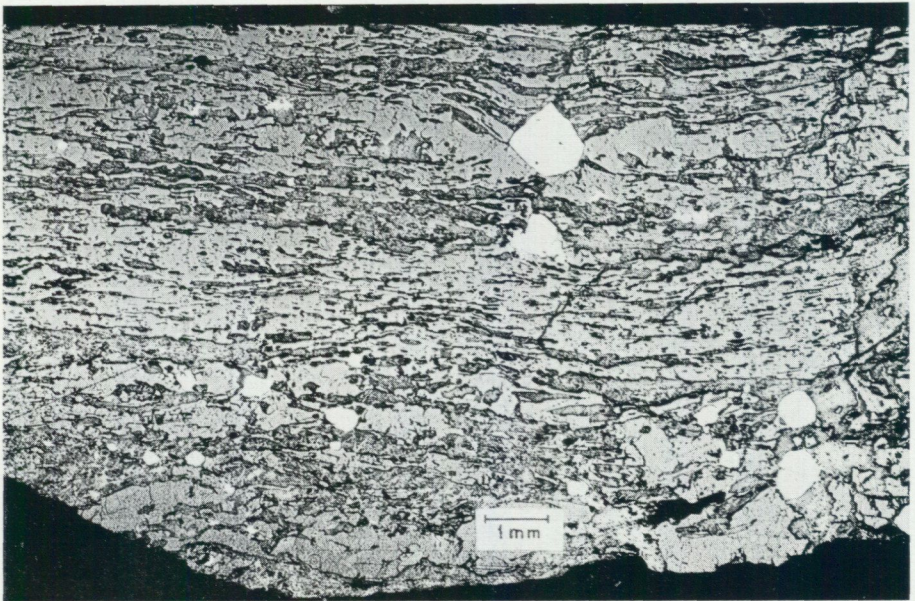


Fig. 8. Sericitkvartsit med kistänk (4.0). Först. 8,5x. Foto: K Vesterberg.

Strukturtyp 3.2.2: Randig magnetkisimpregnation i grafitskiffer

Den sliriga, bandade och veckade impregnationen karakteriseras genom det dominerande uppträdandet av magnetkis. Endast i mycket ringa omfattning förekommer kopparkis, zinkblände och blyglans, varför mineraliseringstypen betecknas som magnetkisförande grafitskiffer. Endast denna typ observerades.

Sammanväxningsstrukturerna mellan magnetkis-kopparkis, kopparkis-blyglans och kopparkis-gråberg är godartade men vissa fina impregnationer är ogynnsamma ur anrikningssynpunkt. I allmänhet är sammanväxningarna raka och inga komplexa strukturer förekommer.

Sammanfattning av malmtyp 3. I stort sett gäller för malmtyp 3 vad som sagts för malmtyp 2. Till skillnad från denna finns i typ 3 en impregnation som är bunden till delvis starkt tektoniskt deformerad grafitskiffer. Detta innebär en del brecciestrukturer som tämligen regelbundet återfinns. Bunden till tektoniska rörelsezoner finns grusansamlingar av olika kismineral som kan vara mycket finkorniga och därmed besvärliga ur anrikningssynpunkt. Detsamma gäller för den ofta mycket finkorniga impregnationen av kopparkis i grafitskiffer. Grafitföringen måste beaktas ur anrikningssynpunkt. I sin helhet bedöms denna typ vara något besvärligare ur anrikningssynpunkt än malmtyp 2.

Ett sammandrag av strukturerna för de enskilda typerna finns i tabell 3.

Malmtyp 4

Denna typ, som rätteligen ej skulle kallas malmtyp utan gråberg men som ingår i den mineraliseringszon, som ekonomiskt betecknas som malm, uppvisar en mycket svag impregnation (kisstänk) i sericitkvartsit. Inga strukturer av betydelse observerades (fig 8).

Malmtyp 5

För denna typ gäller villkor som för typ 4. Till skillnad från ovan nämnda typ, består typen av grafitskiffer med kisstänk (fig 9). Uppträdandet av grafitskiffer i malmen är till nackdel för både anrikningen och hållfastheten.

STRUKTURFÖRDELNING INOM STEKENJOKKMALMEN

Mineraliseringstyperna uppdelas generellt efter följande mineralkombinationer:

- Kopparkis-magnetkisförande
- Zinkbländeförande
- Komplex-kisförande
- Svavelkisförande

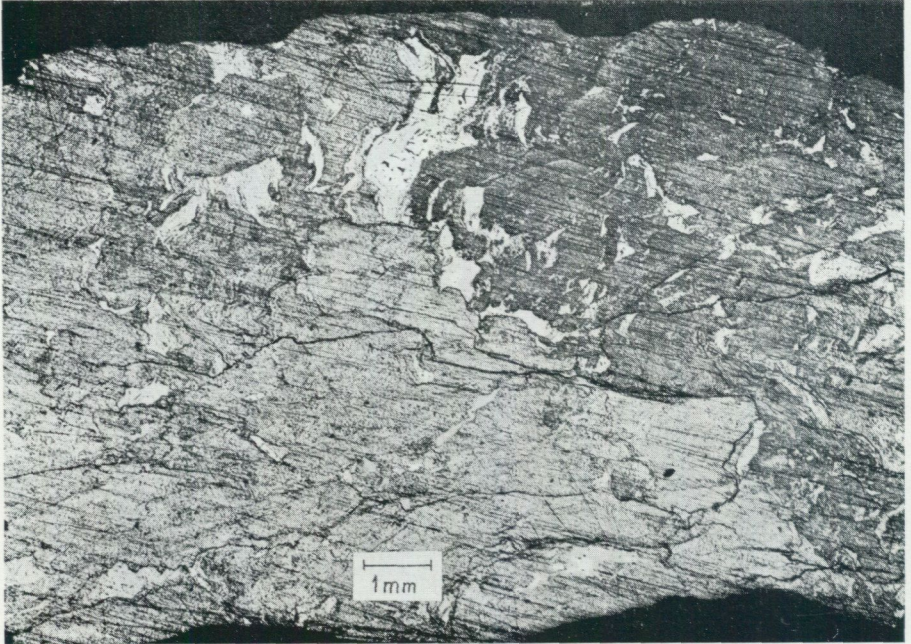


Fig. 9. Grafitskiffer med kiststänk (5.0). Först. 8,5x. Foto: K Vesteröberg.

Malmen visar en differentiering eller bandningsstruktur som karakteriserar genesen. Att inte alla mineraliseringstyper är fullt representerade i varje strukturtyp torde ha sin förklaring i tektoniken som drabbade malmen efter uppkomsten (utvalsningssfenomen i samband med veckningen). Inom parentes påpekas att denna uppsats ej djupare skall sysselsätta sig med genetiska malmproblem.

Ur strukturöversikten över Stekenjokkmalmen (se plansch 1) framgår att de uppträdande strukturtyperna har heterogen sammansättning. Vissa strukturtyper består av endast en mineraliseringstyp, medan andra maximalt uppvisar fyra olika typer.

Struktur- och malmtypernas fördelning åskådliggörs i plansch 1. Konstruktionen baseras på provtagningspunkter. Alla prov är markerade genom små tecken, representerande läget för resp uttagna prov. Malmens mäktighet är något överrepresenterad, vilket dock inte påverkat strukturfördelningen i nämnvärd grad. Malmgränserna är naturligtvis schematiska och för en mera noggrann kartläggning av malmtyperna skulle behövas ett åtskilligt större provmaterial. I princip framgår dock malmens inhomogenitet i struktur- och malmtypavseende och att kompaktmalmen fördelas över hela malmen med en klar topp mellan ridåerna 15–19, alltså i de lägre delarna av malmkroppen. Vi-

dare framgår ur materialet att även kopparhalten, alltså malmtyper med högre kopparhalt, tilltar mot djupet. Det framgår inte ur plansch 1 att även sammalkristallisation och kataklastiska strukturer tilltar mot de djupare malm delarna.

SAMMANFATTNING AV DE VÄSENTLIGASTE SAMMANVÄXNINGSTRUKTURERNA

Ur detaljbeskrivningen framgår att största delen av sammanväxningsstrukturerna är godartade ur anrikningssynpunkt. De flesta korngränserna är raka och av enkel konfiguration. Något komplicerade är de grafiska strukturerna mellan kopparkis och zinkblände. Fenomenet liknar i viss mån "myrmekitiska" strukturer, men denna struktur är här grovkornigare och i detalj bildas även här raka korngränser. Uppkomsten av denna struktur förklaras genom en samtidig kristallisation av båda kismineralen och en senare rekristallisation. Strukturen kan inte betraktas som en avblandningsstruktur. I sådant fall skulle sammanväxningen vara av myrmekitisk karaktär.

Betydligt ogynnsammare strukturer föreligger där inneslutningarna finns i svavelkis. I allmänhet finns i varje svavelkiskorn enstaka inneslutningar. Bland dessa är både kopparkis och blyglans finkorniga, ofta bara några μm stora och förekommer regelbundet. I en del fall observeras rikligt med kopparkis i svavelkis, vilket kan komma att medföra mindre kopparförluster i vissa malmpartier. Kvantitativt är det dock mycket litet. Huvuddelen av inneslutningarna är dock förträngningsrester av matrixen eller grundmassan vid den senare omkristallisationen av svavelkisen (porfyroblastbildning). Angående zinkbländeinneslutningar i svavelkis kan sägas att denna typ av sammanväxning mellan zinkblände och svavelkis är av mera godartad karaktär. Korngränserna är i allmänhet raka och aggregatstorleken av inneslutningarna gynnsammare ur renkrossningssynpunkt. Undantagna är vissa förträngningsstrukturer mellan svavelkis och zinkblände, där korngränserna är taggigare och mindre gynnsamma. Zinkbländets säregna benägenhet att bilda halvkorn med olika kismineral (särskilt med blyglans) bör dock påpekas. Det finns trots godartade sammanväxningsförhållanden eventuellt risk för mindre zinkförluster. Blyglansen uppträder inte enbart i svavelkisen utan även i zinkbländekornen. Även där är kornstorleken liten och blyglansens sammanväxningar måste betraktas som mycket ogynnsamma ur anrikningssynpunkt.

Vad arsenikkisen beträffar så ansluter sig denna ofta till svavelkis så att man kan räkna med en liten As-halt i svavelkiskoncentrat. Malmens analyser utvisar någon Co-halt. Inget koboltmineral kunde hittas. Även Co kan vara bundet till svavelkisen. Vad Ag beträffar så är alla korn, som misstänkes vara gediget Ag och de mineral, som troligen kan vara silverbärande såsom blyglans och fahlerz mycket små och svåra att frilägga och beträffande fahlerz endast

sporadiskt uppträdande. Om alltså Pb- och Ag-avfallet är större än man hade hoppats på så beror detta på naturliga omständigheter, grundade i malmens struktur.

Angående den möjligheten att halvkorn kan erhållas vid renkrossningen kan nämnas följande:

Komplexa sammanväxningar och finkorniga impregnationer i gråberget visar att det finns en viss risk för halvkornbildning för följande kombinationer:

- Svavelkis – zinkblände
- Kopparkis – zinkblände
- Kopparkis – svavelkis
- Kopparkis – gråberg
- Zinkblände – magnetkis

Alla korngränsstrukturer är dock i princip godartade och goda renkrossningsresultat bör erhållas. Beträffande den finkorniga kopparkisimpregnationen i gråberg (<0,01 mm) kan sägas att halvkorn av sådan karaktär torde gå till avfallet, men även detta torde kvantitativt inte spela någon större roll.

MALMENS GEOLOGISK-MINERALOGISKA BEDÖMNING UR ANRIKNINGSSYNPUNKT

Sammanfattar man alla observationer på kornstorlek, mineralkombinationer, sammanväxningsstrukturer och dess fördelning inom hela Stekenjokkmalmen, så kan man dra den slutsatsen att malmen i stort sett har gynnsamma anrikningsstrukturer. Sådana gynnsamma fall kan väntas inom relativt homogent metamorfa malmer med en så här enkel paragenes. Ca 60–65 viktsprocent av malmen tillhör kompaktmalmstypen, medan resten består av impregnationsmalm och gråberg. På grund av malmens struktur (gråbergslager, impregnationszoner växellagrande med kompaktmalmen) kan man inte bryta denna selektivt, d v s de olika malmtyperna var för sig. Gråberget, som uppträder i malmen och som sidoberg, är sericitkvartsit respektive grafitskiffer. Sericitkvartsiten och kompaktmalmen innehåller i viss utsträckning karbonat. Detta är ett gynnsamt drag, då sammanväxningar mellan malmineral och karbonat är godartade ur anrikningssynpunkt. Även i mineraliserade band i grafitskiffer ingår i mindre omfattning karbonat som gråbergsmineral, men grafithalten i de mörka skiffrarna måste särskilt beaktas ur anrikningssynpunkt. Vissa strukturförändringar med tilltagande djup och de därmed sammanhängande förändringarna av sammanväxningsstrukturerna i ogynnsam riktning medför risk för en ogynnsammare utveckling ur anrikningssynpunkt.

Slutligen skall nämnas att anrikningsresultaten på Cu och Zn sannolikt blir goda medan man måste räkna med Pb- och Ag-förluster på grund av deras ogynnsammare uppträdande inom malmen.

Vid anrikningsundersökningen var man hänvisad till att använda provmaterial från ett mindre antal borrhälar från enstaka grunda borrhål. Genom en mineralogisk jämförelse mellan dessa och proverna från hela fyndigheten var det möjligt att medelst ett fåtal kompletterande anrikningsförsök på ett viktat generalprov, baserat på typfördelningen inom fyndigheten, överföra anrikningsresultaten till att gälla för hela malmen.

MALMENS ANRIKNINGSEGENSKAPER

Anrikningsförsök på olika typer av malm från Stekenjokkfyndigheten utfördes i en särskild undersökning. Försöksmaterialet uttogs från bh 61010, bestående av övervägande impregnationsmalm, bh 61009, bestående av huvudsakligen kompaktmalm, bh 62009, bestående av grafitskiffer med relativt låg andel kompaktmalm och impregnationsmalm. Vidare uttogs ett generalprov ur borrhälar från hela fyndigheten, sammansatt av kompaktmalm, impregnationsmalm och grafitskiffer i proportion till deras förekomst enligt den kvantitativa uppskattningen i tabell 1. Slutligen utfördes i Bolidenbolagets försöksanrikningsverk en anrikningskampanj på ca 900 ton malm uttagen i Stekenjokkfyndigheten på 200 m nivå. Under kampanjen uttogs ett prov, som särskilt undersöktes med avseende på förekomsten av olika malmtyper, varvid graden av överensstämmelse med generalprovet från hela fyndigheten kunde bedömas. Härigenom kunde försökskampanjens resultat återföras till malm av fyndighetens medelsammansättning.

Anrikningsförsöken omfattade huvudmomenten renkrossning, flotation samt stegvis malning och flotation. Resultaten jämfördes med de prognoser som upprättats på grundval av den föregående mineralogiska undersökningen. *Renkrossning.* Försöken på de olika proven gav en kvantitativ bild av renkrossningsförhållandena för olika malmtyper. Godset från malmkvantitet I (med >20 % S) renkrossades efter en energiinsats av ca 15 kWh/ton, motsvarande en siktanalys på malprodukten av 60–65 viktsprocent <44 μ m. För kvantitet II (med <20 % S) var motsvarande energiinsats 10 kWh/ton med en siktanalys på malprodukten av 50–55 viktsprocent <44 μ m. Det lägre energibehovet och den grövre malprodukten för kvantitet II återspeglar att sammanväxningsgraden är gynnsammare i den senare än i kvantitet I. Detta överensstämmer med observationer från den mikroskopiska undersökningen. Den längre drivna malning som erfordras för malmkvantitet I betingas uppenbarligen främst av de uppträdande grafiska strukturerna mellan kopparkis och zinkblände samt de komplexa sammanväxningar med "Zwickelfüllung" i kompaktmalmen. För

mycket komplexa kompaktmalmstyper erfordras för renkrossning en nedmalning till 70 viktsprocent $<44 \mu\text{m}$. Detta står i samklang med den genom mikroskopet iakttagbara ogynnsamma strukturbilden. Renkrossningen i sin helhet förefaller dock att ske gynnsammare än som kunde förväntas med tanke på de beskrivna sammanväxningsstrukturerna. Detta kan eventuellt återföras till den postkristallina deformationen, vilken tjänstgör som en slags initialkrossning in situ.

Flotation. Vid kopparkisflotationen erhöles god selektivitet mot zinkblände och svavelkis och kopparkoncentratets halt kunde uppdrivas till 24–25 %, vilket antyder normal renkrossning. Blyglansen visade viss tröghet under kopparkisflotationen. Silver, bundet med fahlerz, floterade väl under kopparkisflotationen, medan silver i blyglansen utvanns i mindre omfattning.

Vid zinkbländeflotation var selektiviteten gentemot järnsulfid tillfredsställande. Förekomsten av halvkorn av zinkblände och svavelkis medförde viss svårighet att erhålla ett zinkkoncentrat med låg järnhalt. Zinkhalten kunde uppänrikas till 54 %.

Vid svavelkisflotationen erhöles koncentrat med tämligen hög halt av kopparkis, zinkblände, blyglans och arsenikkis. Detta förklaras av de ofta observerade, talrikt uppträdande enstaka mikronstora inneslutningarna av ovan nämnda mineral i svavelkisen.

Vid en särskild undersökning, varvid grafitskiffer inblandades i en jämn mängd av upp till 20 viktsprocent i malmen erhöles ingen förändring av anrikningsresultatet.

Stegvis malning och flotation. Den i mikroskopet fastlagda förekomsten av såväl grövre som finare kopparkis i malmen föranledde en undersökning av stegvis malning och flotation av kopparkis. Flotationen verkställdes såväl efter stångkvarnsmalning till en malprodukt med 25 viktsprocent $<44 \mu\text{m}$, som efter den följande finmalningen av malmen till 60–65 viktsprocent $<44 \mu\text{m}$. Därvid förhindrades övermalningen av kopparkis och erhöles ett renare sammanlagt kopparkiskoncentrat än om malmen färdigmaldes innan kopparkisflotationen sattes in.

Sammanfattningsvis kan fastslås, att de erhållna anrikningsresultaten överensstämmer väl med de slutsatser som kunnat dras av den mineralogiska undersökningen. (De ovan citerade anrikningsresultaten redovisas i opublicerade rapporter utarbetade 1963 och 1966 av Boliden Aktiebolag, Gruvförvaltningen, på uppdrag av Kungl Kommerskollegium.)

Den postkristallina deformation av malmstrukturen, vilken påvisats vid mikroskoperingsundersökningen, torde vara orsak till att renkrossningsförhållandena vid anrikningsundersökningen utfallit något gynnsammare än som kunnat prognostiseras p g a direkta iakttagelser beträffande struktur- och kornsamband.

RIKTLINJER FÖR FRAMTIDA MINERALOGISKA UNDER- SÖKNINGAR UR ANRIKNINGSSYNPUNKT

Föreliggande undersökning visar att en malmmikroskopisk strukturanalys ger vissa möjligheter till en bedömning av de strukturer som menligt kan påverka anrikningen. Undersökningar av denna typ utförs regelbundet inom Boliden Aktiefbolag i intimt samarbete med anrikningsexpertis.

Ur mineralogens synvinkel förefaller det dock önskvärt att en mera ingående analys av sammanväxningsstrukturerna utförs. Vissa malmineral visar en större benägenhet till sammanväxning (t ex zinkblände-blyglans). Där är det önskvärt med en strukturundersökning som söker orsaken till sådana fenomen som kan finnas i korngefügeorienteringen, kristallgittret eller i de kemiska relationerna.

Samtidigt önskas en mera kvantitativ strukturanalys där följande faktorer bör undersökas:

- 1) Bestämning av kornfinheten i malmprovet

$$M = \sum_1^N H_h \cdot F_h \cdot 10^{-2} \quad (1)$$

där

M = genomsnittliga korntvärsnittet

H_h = % av kornklass

F_h = korntvärsnitt

$$z = \frac{1}{M} \quad (2)$$

z = kornfinhet

- 2) Bestämning av kornarts- och kornstorleksfördelningens homogenitetsgrad. Enligt W Dreyer (1965) är

$$t = \frac{M}{\sqrt{\sum_1^N H_h \cdot (F_h - M)^2}} \quad (3)$$

t = homogenitetsgrad som blir större när antalet kornklasser minskas.

- 3) Bestämning av kornens förgreningsgrad i malmprovet. Enligt P Niggli (1948) definieras förgreningsgraden (Verzahnungsgrad) genom

$$G = \frac{1}{h} \cdot \sum_1^h \sqrt[3]{\frac{O_h}{V_h}} \quad (4)$$

där

h = antal undersökta korn

O_h = kornvolym

V_h = kontaktyta av respektive korn med intilliggande korn

För polerprovundersökningar tillämpas

$$g = \frac{1}{h} \cdot \sum_1^n \sqrt{\frac{U_h}{F_h}}$$

där

U_h = kornens omkrets som står i kontakt med intilliggande kornen

F_h = korntvärnsnittens yta

- 4) Bestämning av kornens rundningsgrad, där andelen konvexa, plana och konkava ytområden uttryckes i %.

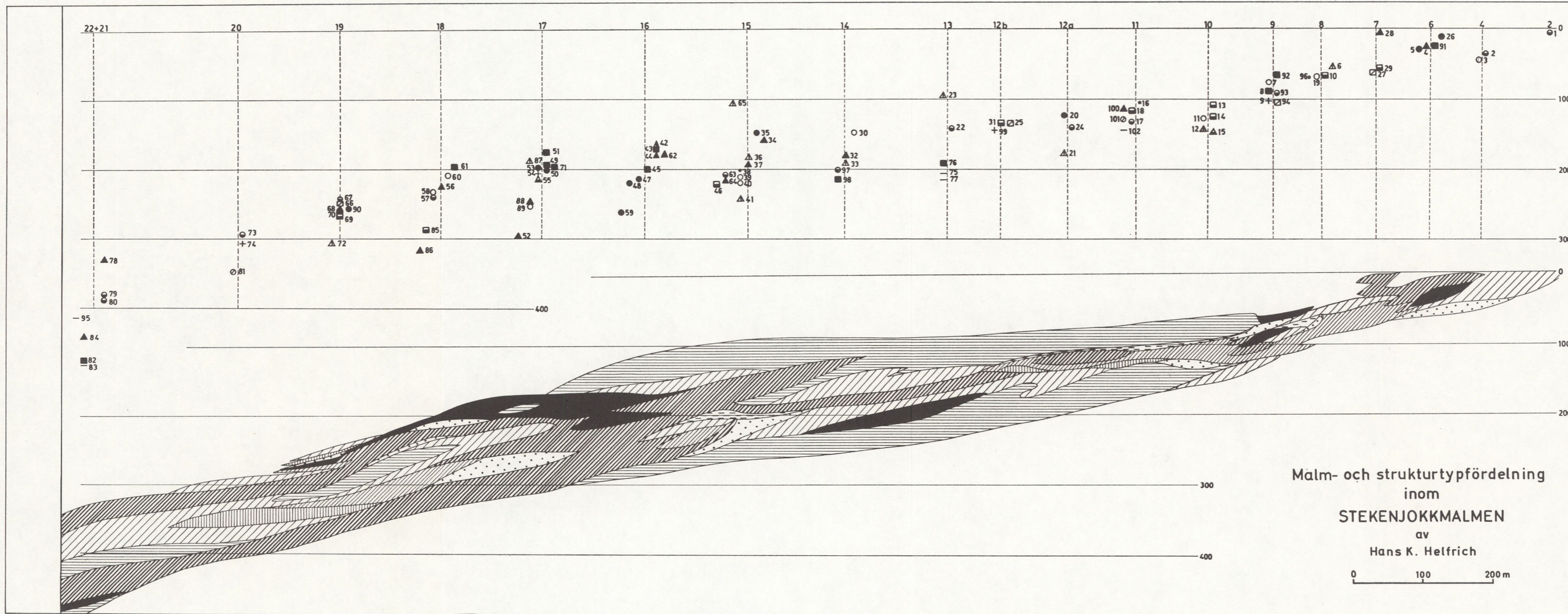
Alla dessa olika faktorer bestämmer malmens korngefüge och genitetsgraden (rymdgeometrisk anordning och storleksrelationer). Även tropigraden (inbördes orientering mellan gefügeelementen) är av betydelse ur sammanväxningssynpunkt.

Till sist hänvisas till ytterligare en väsentlig faktor, nämligen mineralens malningsegenskaper, där inte bara den individuella hållfastheten utan även mineralens foghållfasthet och deformationsbeteende samt rheologiska beteende är av väsentlig betydelse. Dessa egenskaper är inte bara specifika egenskaper för respektive mineral under en viss påkänning, utan även beroende på korngemenskapen, orienteringen och ömsesidig påverkan av intilliggande mineral.

Undersökningar i de ovan skisserade riktningarna tillåter inte bara en kvalitativ bedömning av anrikningsbarheten av en viss malmtyp, utan är även grunden till en kvantitativ bedömning som i alla avseenden är att förorda som ett modernt och rationellt led inom anrikningsforskningen.

LITTERATUR

- DREYER, W, 1965: Ansätze für eine Vorausberechnung der Festigkeitseigenschaften polykristalliner Gesteine aus den Festigkeitsparametern der Mineralkomponenten. Bergbauwissenschaften 12 H1/2.
- 1966: Quantitative Untersuchungen über die Festigkeit einfach strukturierter Gesteinsarten in Korrelation zu den Gefügeparametern und dem Mineralgehalt der Accessorien. Proceedings of the first Congress of the International Society of Rock Mechanics I, Lisboa.
- FREUND, H, 1954: Handbuch der Mikroskopie in der Technik. Band II Teil 2, Umschau-Verlag, Frankfurt am Main.
- HELFRICH, H: Ergränzende Strukturuntersuchungen von Bleierztypen in Längsele. Ej publ. gruvgeologirapport nr 59, Boliden Aktiebolag, 1957.
- 1957: Die Verwachsungsverhältnisse des Rentströmerzes. Ej publ. gruvgeologirapport nr 61, Boliden Aktiebolag.
- 1962: Mikroskopisk undersökning av anrikningsprodukter från Kristinebergsmalmen. Ej publ. gruvgeologirapport nr 104, Boliden Aktiebolag.
- 1963: Undersökning av malmtyper, mineralkombinationer och sammanväxningsstrukturer inom Stekenjokkfyndigheten. Gruvgeologirapport nr 107, Boliden Aktiebolag.
- 1962, 1964: Gaisarfyndigheten. Ej publ. årsrapport, Boliden Aktiebolag.
- HÖGBOM, A, 1925: De geologiska förhållandena inom Stekenjokk-Remdalens malmtrakt. SGU C 329.
- MAGNUSSON, N H, 1953: Malmgeologi. Jernkontoret Stockholm.
- NIGGLI, P, 1948: Gesteins- und Minerallagerstätten 1.
- RAMDOHR, P, 1960: Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. Akademie-Verlag, Berlin.
- ZACHRISSON, E, 1963: MalMBERÄKNING Stekenjokk. Ej publ. rapport. SGU.
- 1964: The Remdalen Syncline. Stratigraphy and tectonics. SGU C 596.



Malm- och strukturtypfördelning
inom
STEKENJOKKMALMEN
av
Hans K. Helfrich

0 100 200 m

Strukturtyp	
1.1	■
1.2.1	●
1.2.2	▲
1.2.3	+
} 1. Malm med > 15% S	
2.1.2	▣
2.2.1	○
2.2.2	△
} 2. Malm med < 15% S i sericitkvarst	
3.1.1	▤
3.1.2	○
3.2.1	△
3.2.2	-
} 3. Malm med < 15% S i grafitskiffer	
4.0	○
} 4. Sericitkvarst med < 3% S	
5.0	•
} 5. Grafitskiffer med < 3% S	
Malm typ	
1.1	■
1.2	▨
} 1. Malm med > 15% S	
2.1	▤
2.2	▥
} 2. Malm med < 15% S i kvarst	
3.1	▧
3.2	▨
} 3. Malm med < 15% S i grafitskiffer	
4.0	▩
} 4. Sericitkvarst	
5.0	▪
} 5. Grafitskiffer	
6	—
} Borrprofil	
—	200
} Djup i meter under markytan	

PRISKLASS C

Distribution

SVENSKA REPRODUKTIONS AB

FAK, 162 10 VÄLLINGBY 1

Växjö 1969 C. Davidsons Boktryckeri AB

Printed in Sweden