



Bergvesenet

Postboks 3021, N-7441 Trondheim

Rapportarkivet 2001

Bergvesenet rapport nr 5321	Intern Journal nr	Gammelt internt rapp. nr.	Rapport lokalisering	Gradering
Kommer fra arkiv Grong Gruber AS	Ekstern rapport nr SINTEF-B 53-1983	Oversendt fra Grong Gruber a.s.	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Tittel GRONGFELTETS MOLYPDENPOTENSIAL Avgrensing og prioritering av favorable områder for molybdenmineralisering				
Forfatter R. Sinding Larsen	Dato 1983	År	Bedrift Grong Gruber SINTEF	
Kommune	Fylke Nord-Trøndelag	Bergdistrikt	1: 50 000 kartblad	1: 250 000 kartblad Grong
Fagområde Geologi Geofysikk Geokjemi	Dokument type	Forekomster Grongfeltet Prioriterte områder: Trondhemitten øst og vest for Skiftesmyr Det nordøstlige drag fra Gaajsjaverien Nordvestre flanke av Skardfjellet Sydvest for Tunnsjøflyin Nord og øst for Jakobsundet samt sydvest for Littlefjellet Brekkevannsområdet samt trondhemitten nordvest for Anlifjell		
Råstoffgruppe Malm/metall	Råstofftype Mo			
Sammendrag / innholdsfortegnelse Innholdsfortegnelse Innledning Datagrunnlaget Prosedyre for prioritering av områder Forekomstmodellering Oversikt over områder med molybdenpotensial Prioritering av områder med molybdenpotensial Avsluttende bemerkninger				

GEOFORSKNINGSRAPPORT G.I./SINTEF-B/53-1983

GRONGFELTETS MOLYBDENPOTENTIAL

Avgrensning og prioritering av favorable områder
for molybdenmineralisering.

av

R. Sinding-Larsen

GEOLOGISK INSTITUTT
NORGES TEKNISKE HØGSKOLE
7034 TRONDHEIM-NTH

INNHALDSFORTEGNELSE

SAMMENDRAG

FORORD

I. INNLEDNING

II. DATAGRUNNLAGET

II.1 Geokjemiske data

II.1.1 Anomalikriterier i forhold til
lokal bakgrunn.

II.1.2 Vurdering av de kjemiske analysers
pålitelighet.

II.2 Geologiske data

Geofysiske data

II.2.1 Magnetiske data.

II.2.2 Elektromagnetiske data.

III. PROSEDYRE FOR PRIORITERING AV OMRÅDER

III.1 Multivariabel statistikk

III.1.1 Regresjonsanalyse

III.1.2 Faktoranalyse.

III.1.3 Kanonisk Korrelasjon.

III.2 Karakteristisk Analyse

III.2.1 Variable som karakteriserer
grønnsten

IV. FOREKOMSTMODELLERING

IV.1 Modellvekter for de geofysiske variable.

IV.2 Logisk karakterisering av Fremstfjellområdet
på grunnlag av geofysiske og kjemiske
variable.

V. OVERSIKT OVER OMRÅDER MED MOLYBDENPOTENTIAL

VI. PRIORITERING AV OMRÅDER MED MOLYBDENPOTENTIAL

VII. AVSLUTTENDE BEMERKNINGER

APPENDIKS - DELRAPPORT JUNI 1983 "PRIORITERING AV
MOLYBDENANOMALIOMRÅDER PÅ BAKGRUNN AV DET GEOKJEMISKE
DISPERSJONSMØNSTER".

SAMMENDRAG

Denne rapport beskriver fremgangsmåte og resultater i forbindelse med tolkning av eksisterende geokjemiske og geofysiske data fra Grong- feltet i relasjon til mulige molybden mineraliseringer.

En statistisk analyse av korrelasjonen mellom elementene i de ca. 750 prøver som inneholder elementene Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Fe, V, Co, Ag og Mo viser at molybden er positivt korrelert med kobber og bly og negativt med nikkel og vanadium. Det er følgelig mulig der hvor ikke molybdenanalyser foreligger å benytte høye kobberverdier og blyverdier samt lave nikkel og vanadium som indirekte indikasjon på områder med molybdenpotential. I disse tilfeller blir selvsagt høye kobberverdier med tilknytning til massive sulfider ute- latt.

På bakgrunn av analysetallene for molybden samt de øvrige regionale geokjemiske kart og regresjonsanalyse er fem hovedområder med molybdenpotential avgrenset. Kontrollprøvetakning i disse områder i løpet av 1983 viste mange tilfeller av store analyse avvik og Ingulsvann, Tromsfjell samt Langtjern områdene måtte følgelig nedprioriteres i forhold til den prioritering de ble gitt på grunnlag av de opprinnelige molybdenanalyser. Humusprøver innsamlet i 1983 i Brekkvatnsområdet viste to prøver med henholdsvis 16 og 30 ppm Mo. Den regionale bakgrunn er ca. 2-3 ppm.

Med utgangspunkt i Fremstfjellfeltet's Mo-Cu mineralisering ble et modellområde på 3 km² avgrenset og karakteristikkanalyse utført for alle geofysiske og geokjemiske variable. Deretter kun for de geofysiske variable da disse viste seg å være de variable som hadde mest diskriminasjonskraft i forhold til Fremstfjell-modellen. På bakgrunn av denne modell ble de øvrige områder kartlagt. De områder som viste favorabel geofysisk signatur for Mo-Cu mineraliseringer ble sammenholdt med de geokjemisk prioriterte områder og endelig prioritering ble utarbeidet. De høyest prioriterte områder er trondhemitten øst og vest for Skiftesmyr, det nordøstlige drag fra Gaajsjaverien, nordvestre flanke av Skardfjellet, sydvest for Tunnsjøflyin, nord og øst for Jakobsundet samt sydvest for Littlefjellet, Brekkevannsområdet samt trondhemitten nordvest for Anlifjell.

FORORD

Grong Gruber tok i begynnelsen av februar 1983 kontakt med Geologisk Institutt, NTH, med forespørsel om Geologisk Institutt gjennom sin SINTEF B virksomhet kunne foreta en sammenstilling og vurdering av molybdenmulighetene på grunnlag av de prospekteringsdata som ble samlet inn i forbindelse med Grong Gruber's NTNF prosjekt innen geodatabehandling.

For oppdraget ble det skissert følgende arbeidsplan:

1. Detaljtolkning av 15000 geokjemiske bekkesedimentprøver i den hensikt å finne en geokjemisk indikator på molybden som kan brukes på de prøver hvor molybden ikke er bestemt. Tolkning vil basere seg på de mineraliseringsmodeller man har innen eksisterende områder med molybden-mineralisering.
2. På bakgrunn av resultatene fra den geokjemiske bearbeidning, det magnetiske kartmateriale og det geologiske kartmateriale vil videre samtolkning utføres slik at områder med molybdenpotensial kan avgrenses.
3. Resultatet av prosjektet vil på regionalnivået definere områder med mineraliseringspotensial tolket i forhold til Kollung's geologiske oversiktskart. Mer detaljert vil de enkelte områdene bli avgrenset og tolket i forhold til geologiske kart i målestokk: 50 000.

Prosjektet startet 1. mars 1983 med bearbeidelse av det geokjemiske datamateriale som det første siktemål. Prosjektet foretok deretter en prioritering av områder med molybdenpotential på grunnlag de geokjemiske resultater. De prospekteringsmessige viktige resultater fra dette arbeid ble rapportert 25. mai 1983. De enkelte interesseområdene for molybden som var utskilt på grunnlag av geokjemi ble deretter detaljbeskrevet og rapportert den 20. juni 1983. På grunn av analyseverdiens noe tvilsomme pålitelighet ble endel kontrollanalyser på innsamlede bekkesedimentprøver utført og oppfølgingsarbeidet konsentrert om de områder som syntes best utifra analyseverdier og sannsynligheten for analyseverdiens korrekthet.

Feltbefaring av endel prioriterte områder ble utført sammen med geolog Arve Haugen i august 1983. Høstsemesteret ble benyttet til å kjøre karakteristikkanalyse programmene på grunnlag av modeller definert innen den kjente molybdenmineraliseringen i Fremstfjellområdet. Disse resultater ble deretter samtolket med resultatene fra geokjemien.

I. INNLEDNING

Omfattende arbeid er blitt utført innen Grongfeltet siden tidlig i 1970 årene. Mye av disse dataene er blitt sammenstilt og kommentert av D.C. Smith i rapport NGU oppdrag 1289/1 i 1974, 1289/2 i 1975, 1289/3 i 1976, samt i diverse notater og forslag gjengitt i rapport 1289/4 fra 1977. NGU's regionale undersøkelser begynte i området rundt Joma i 1964-65 og fortsatte deretter i områdene rundt Gjersvik, Skorovass og Rosset-Godejordområdene i perioden 1969-72. Deretter ble Sandøla, Nesåvatna-områdene fullført i perioden 1973-75. Tilsammen 14212 bekkesedimentprøver ble innsamlet av NGU i denne perioden som del av deres regionale prøvetakning. En rekke mer detaljerte prøvetakninger er også blitt utført i årenes løp men er ikke inkludert i de dataene som er tolket i denne rapport.

I 1978-80 ble det foreliggende geokjemiske datamateriale samt eksisterende geofysiske kart i 1:50000 målestokk digitalisert og kodet i henhold til et rutenett på 500x500m. Disse dataene ble så overført til karakteristikkanalyse-form og bearbeidet med karakteristikk-analyseprogrammene. På bakgrunn av modeller definert over typiske massiv sulfid forekomster tilknyttet grønnsten ble deretter Grongfeltet kartlagt og evaluert med tanke på lignende mineraliseringer. Arbeidet resulterte i utskillelse av 1/2 dusin områder som man burde undersøke nærmere, hvorav kun ett viste seg å være såpass interessant at videre arbeid ble utført. I dette område ved Anlifjellet ble omfattende geologisk kartlegging utført og en "feedersone" avdekket som senere ble oppboret. Etter to diplomarbeider vurderes området som interessant med tanke på forståelse av distal-proximal problematikken i Grongfeltet, men sannsynligvis uten direkte økonomisk mulighet for drivbar malm.

Den foreliggende rapport har konsentrert seg om molybdenpotentialiet i Grongfeltet, og da spesielt i forhold til den type molybdenmineralisering som man har funnet i Fremstfjell-området. Molybden-porfyr av climax typen synes ikke aktuell i Grongfeltet da denne typisk er assosiert med flusspat, noe som ikke har vært observert av geologene i felt. Denne er også hovedsakelig knyttet til riftsoner i kratoniske områder og er mindre vanlig i mobile belter tilknyttet kontinentalranden. På bakgrunn av David Smith's analyser og observasjoner så virker det som om følgende to modeller av porfyrforekomster er aktuelle.

En molybdenrik porfyr-kobber type med stokkverk sprekker fylt med kvarts, kobberkis og molybdenglans i eller nær porfyrittiske intrusjoner. Eksempel på denne typen er El Salvador i Chile, Silver Bell i Arizona eller Highland Valley i British Columbia, Canada. Denne type forekomster er knyttet til bergarter av kvarts monsonitt eller tonalitt typen med breksjerte intrusjoner i et eldre batolittisk vulkansk eller sedimentært miljø. Teksturen vil ofte være preget av en fin til middelskornet aplittisk grunnmasse i bergartene. David Smith har som kjent notert flere hvite trondhjemitter med høyt kalium og lyse trondhjemitter med høyt natrium karakterisert ved lyserød aplitt og mikroporfyr. Malmmineralene i denne modellen er kobberkis, pyritt og molybdenglans og perifert kan man ha sprekkefyllinger eller sekundære mineraliseringer med kobberkis, blyglans, sinkblende og gull som aksessorisk mineral. De ytterste soner kan ha årer med kobber, sølv, antimon, sulfider og gull. Mineraliseringen vil være konsentrert til sprekker og disseminasjoner eller til en massiv replacement der hvor det er en gunstig sidebergart. Kvarts, kalifeltspat, biotitt (kloritt)⁺anhydritt omvandling vil gradvis kunne gå over til prophyлитisk omvandling. Sen hvit glimmer og leiromvandling vil kunne karakterisere den ytre sone som kan strekke seg over hele forekomsten. Det som kontrollerer malmdannelsen i denne modell er årer og sprekker som er relativt konsentrert i de mineraliserte hovedområdene. Gunstig sidebergart kalkholdige sedimenter, diabas tonalitt eller dioritt. De siterte forekomster er alle forvitret med relativt omfattende utlutning av overflaten og tilhørende jernhatt.

Geokjemisk signatur for disse forekomster vil som regel basere seg på kobber, molybden med aksessorisk wolfram i sentrer, deretter bly sink gull, sølv, arsenikk, antimon, tellur, mangan og rubidium i en ytre sone. Typiske gehalter er ca. 0,67 % kobber og 0,037 % molybden. Lavere enn 0,11 ppm gull og lavere enn 3,7 ppm sølv.

Den andre typen forekomstmodell som kan passe på forekomster i Grongfeltet kan beskrives som molybden-porfyr forekomster med lavt fluorinnhold. De kalles også kalkalkaline molybden "stockwork" og har som typisk mineralisering kvarts-molybden årer i felsisk porfyr. Det geologiske miljø er preget av bergartstyper som tonalitt, granodioritt, kvarts-monzonitt med fin aplittisk grunnmasse i porfyren, vanligvis tilknyttet kontinental randsonen og preget av mange forkastninger. Ofte finner man nærliggende gangforekomster med kobberkis, enargitt, bornitt og molybdenglans eller pyritt, gull eller sinkblende, blyglans gull og sølv. Vanlige metallkonsentrasjoner er molybden kobber, wolfram, sølv, gull, bly og sink. Forekomsten er ofte karakterisert ved molybdenglans og pyritt med eventuelt schelitt eller kobberkis som aksessoriske mineraler. Teksturen er disseminert mineralisering i sprekker og årer. Omvandlingen vil være kaliomvandling ut mot prophyllittisk. Phyllittisk og leiromvandling kan dominere i forhold til kaliog den prophyllittiske omvandling. Malmen vil være at stokkverktypen og forvitringen vil vanligvis gi gulaktig jernmolybdat etter molybdenglans. Som geokjemisk signatur har vi typisk en sonering utover og oppover fra molybden til kobber, fra gull til sink, bly, gull og sølv. Typiske forekomster av denne typen er Buckingham Nevada og mange forekomster i Sovjetunionen, beskrevet av Pavlova og Rundqvist.

Med utgangspunkt i disse to modeller og de analyser på sporelementer som er beskrevet i NGU rapport 1289/4 har man forsøkt å danne seg et bilde av den geokjemiske kontrast som vil kunne etterspores i bekkesedimentene og følgelig brukes til å karakterisere en eventuell potensiell molybdenforekomst som ligner på disse typene. Den geokjemiske karakteriseringen har vært gjort ved faktoranalyse, regresjonsanalyse og kanonisk korrelasjonsanalyse og den prospekteringsmessige modellering av den geokjemiske og geofysiske signatur er blitt utført ved karakteristikkanalyse.

Den metodikk som er blitt brukt i denne rapport synes å være effektiv og vil utvilsomt kunne utvikles videre med tanke på definisjon av mere spesifikke kriterier for klassifikasjon av det petro-tektoniske miljø og de mineraliseringer man kan forvente innen denne.

II. DATAGRUNNLAGET

Geologiske, geofysiske og geokjemiske rådata er i forbindelse med det tidligere NTNØ prosjekt samt dette arbeidet blitt "griddet" og kodet i forhold til kvadratiske celler med sidekant 500m. For å kunne få lesbare utskrifter fra "Characteristic Analysis" programmet ble Grongfeltet inndelt i 13 rektangulære felt med størrelse 40x35 ruter. Feltenes navn BINDEL A - BINDEL M og deres plassering fremgår av figuren på side 10.

Origo for celle-koordinatsystemet som dekker Grongfeltet, har UTM-koordinatene

$$X_0 = 370000 \text{ og } Y_0 = 7140000$$

Punktet for cellekoordinatene er alltid nedre venstre hjørne i cellen, og for omregning til UTM-koordinater kan følgende formler brukes:

$$X_{\text{UTM}} = 370000 + (X_{\text{CELLE}} * 500)$$

$$Y_{\text{UTM}} = 7140000 + (Y_{\text{CELLE}} * 500)$$

De geokjemiske rådata og de magnetiske målinger er blitt uttegnet som konturkart i målestokk 1:250000 og redusert til A4 format for enkel håndtering, se side 11, 12 og Appendiks (Fig.3-13). Originalene er overlevert Grong Gruber A/S. De geologiske 1:50000 kart er blitt inndelt i tilsvarende felt som regnemaskinkartene og redusert til A4 format. Kartene finnes fra side 120 til 156.

II.1. Geokjemiske data:

Det foreliggende geokjemiske datamateriale består av bekkesedimentprøver, prøvene er innsamlet over en 10 års periode og dekker elve 1:50000 kartblad slik som angitt i Tabell 1, side 14. De respektive prøveserier er analysert på noe forskjellige elementer slik som det fremgår av Tabell 2, side 15. Av de totalt 14212 bekkesedimentprøver som er innsamlet innenfor området er 14015 prøver analysert både på kobber, bly, sink og nikkel, ca. 7960 prøver har analyseverdier på mangan, jern og sølv, 10937 prøver har analyseverdier på vanadium, 6358 prøver har analyseverdier på cadmium. Molybden er bare analysert på 4143 prøver.

II.1.1 Anomalikriterier i forhold til lokal bakgrunn.

De geokjemiske analyseverdiene av bekkesedimentene er kodet slik at vi har anomali eller pluss for alle rutene innen et nedslagsfelt hvor vi forventer anomali innen nedslagsfeltet. Anomaliverdiene representerer avvik fra lokal bakgrunn og er således filtrert for det bidraget som skulle skyldes lokale anrikninger, f.eks. fra jern og mangan presipitasjon. Den etterfølgende tabell side 16 gir en oversikt over inndelingen av antall celler i gruppene "ikke anomale", "vet ikke" og "anomali". I gjennomsnitt vil ca. 50 % av cellene kunne betraktes som ikke anomale, ca. 25 % vil være kodet med null og betyr at de kan være anomale og ca. 20 % vil være kodet med +1 som betyr at de er definitivt anomale. Innenfor området BINDEL B er de geokjemiske kart med +1, -1 og 0 betegnelsen tegnet ut som eksempel (side 25 til 37).

II.1.2 Vurdering av de kjemiske analysers pålitelighet:

I forbindelse med bearbeidingen av de geokjemiske data syntes det åpenbart at det måtte være tilfeldige og systematiske variasjoner i prøvematerialet. Enkelte områder syntes å være forhøyet i forhold til andre områder og det ble funnet enkelt-anomalier i bekkesystemer uten tegn til anomalier i nærliggende prøver.

Innenfor fem områder med høye molybdenverdier ble det derfor foretatt ny prøvetakning og analysekontroll for å spare feltoppfølging hvis de høye molybdenanalysene ikke kunne bekreftes. Den nye prøvetakning ble foretatt i følgende fem områder: Saksvann, Tromsfjell, Brekkvann, Ingulsvann, Langtjern og Nordli. Prøvene ved kontrollprøvetakningen er tatt så nært som mulig de prøvetakningssteder hvor den opprinnelige prøven var tatt. Tabell 3 viser analyseresultatet av gammel og ny prøvetakning. På side 18 vises analysene fra Nordli samt resultatene av humus prøvene tatt i Brekkvannsområdet.

Kobber:

Når det gjelder nivået på kobberanalysene ser disse ut til å ligge noenlunde på samme nivå som de tidligere analyser. Den høyeste verdi på 132 ppm fra Tromsfjellet har ikke kunnet bekreftes, imidlertid ser vi at prøve 4 fra Saksvann, prøve 5 fra Tromsfjellet og prøve 4 fra Ingulsvann har høyere verdier i omprøvetakningen enn i den tidligere prøvetakning.

De tidligere utførte kobberanalyser må betraktes som akseptable både når det gjelder nivå og presisjon. Spredningen mellom de gamle og nye verdier indikerer imidlertid en relativt stor variasjon lokalt innenfor en og samme bekk.

Sink:

For sink kan man konkludere som for kobber at presisjonen ser ut til å være en funksjon av heterogeniteten innenfor den enkelte bekk. Nivået på de gamle og nye analyser synes imidlertid å være det samme.

Vanadium:

Vanadium viser samme mønster som kobber og sink. Vi ser at kontrollprøvene som er anriket på vanadium, slik som prøvene nr. 7484, 7489, 7496, har samme tendens til høyere verdier også for kobber og sink. Dette tyder på at disse prøvene er tatt fra et noe annet sted i bekken enn de opprinnelige prøvene.

Den observerte variasjonen indikerer størrelsen på den prøvetakningsog analysefeil man kan forvente seg innenfor relativt korte avstander i bekken.

Molybden:

Med unntak av prøvepunktene Saksvatn 3 og Brekkvatn 2 er anomaliene fra den regionale undersøkelsen ikke blitt bekreftet ved nyprøvetakningen. Imidlertid har vi i prøvene 7484, 8491 og 7492 fått anomale verdier der hvor vi før ikke hadde det. Fra regresjonsanalysen på side 15 har vi følgende ligning:

$$\text{Mo} = 5,45 + 0,15 \text{ Cu} + 0,08 \text{ Pb} - 0,1 \text{ Ni} - 0,04 \text{ V (alle i ppm)}.$$

I denne ligning vil bidraget fra nikkel og vanadium være ca. like store og ligningen kan tilnærmet skrives

$$\text{Mo} = 5,45 + 0,15 \text{ Cu} + 0,08 \text{ Pb} - 0,08 \text{ V}$$

Vurderer vi nu de anomale molybdenverdiene i Tabell 3 i forhold til denne ligning så får vi følgende molybden-estimer (Mo est Tabell 4).

Tabell 4.

Jnr.NTH	Prøve	Mo NGU	Mo est	MONTH	Mo est
7481	Saksvatn 1	12	8		
7482	Saksvatn 2	13	8		
7484	Saksvatn 4			15	13
7487	Tromsfjell 6	17	21		
7489	Brekkvatn 1	20	0		
7481	Brekkvatn 3			11	5
7492	Brekkvatn 4			15	6
7493	Ingulsvatn 1	11	6		
7494	Ingulsvatn 2	14	18		
7497	Langtjern 8			7	4
7500	Langtjern 11	11	5		

Når det gjelder prøvepunktet 7484 (Tabell 2) ser vi en systematisk anrikning av kontrollprøven i forhold til den gamle prøve for alle elementer. Setter vi inn verdiene for Cu, Pb og V i regresjonsligningen for Mo så ser vi at den nye analyseverdi på 15 ppm molybden passer med estimatet på 13 ppm og således kan forklares som en høy bakgrunnsverdi. Prøvene 7491, 7492 som begge har fått forhøyete verdier i omprøvetakningen, 11 ppm og 15 ppm respektivt, har estimerer på 5 ppm og 6 ppm og det ser derfor ut til at vi sannsynligvis her kan ha et tilsig av molybden til bekken og ikke en anrikning som følge av en forhøyet bakgrunnsverdi.

Ser vi på de anomale prøvene fra den regionale undersøkelsen som ikke ble bekreftet ved nyprøvetakningen så viser molybdenestimatene basert på regresjonsligningen med de opprinnelige verdiene for Cu, Pb og V at disse prøvene fra Saksvatn, Tromsfjell og Ingulsvatn kan forklares som høye bakgrunnsverdier.

Det er således kun Brekkvatnprøvene og muligens prøve 3 og 5 fra Saksvatn, prøve 1 og 4 fra Ingulsvatn samt prøve 10 og 11 fra Langtjern som kan være anomale.

Bly:

Blyverdiene synes å være godt overensstemmende og de variasjonene vi observerer må tilskrives lokale variasjoner i bekken under prøvetakningen.

Av de 5 områdene som ble kontrollprøvetatt er det kun Saksvann og Brekkvannsområdet som har fått bekreftet høye analyseverdier og de øvrige områder må følgelig nedprioriteres i forhold til det resultatene fra den regionale prøvetakningen skulle tilsi.

II.2 Geologiske data:

Innenfor hver celle 500m x 500m er de geologiske dataene kodet med hensyn på tilstedeværelse av bergart. Detaljer finnes i NGU rapport nr. 1804, 1980. I det foreliggende arbeid har man operert med 3 typer bergart, nemlig, grønnsten, kvartskeratofyr og bergarter av Finbu-formasjonstypen. En har valgt denne inndeling da de sure intrusivene i kontakt med grønnsten kan defineres som "ikke grønnsten i nærheten av grønnsten". Eksempel på kart side 38-40 er uttegnet for BINDEL B området og vises sammen med det geologiske kart side 23.

Geofysiske data:

II.2.1 Magnetiske data:

En kompliserende faktor med de geofysiske kartene er at de er tegnet på grunnlag av flybilde mosaikker og at således overføringen til det topografiske cellesystem medfører skjevheter. Man må derfor regne med at en rute vil kunne være feilplassert med inntil en ruteavstand fra sannheten i terrenget. De magnetiske data er definert slik at de får frem regionale magnetiske strukturer, lokale magnetiske strukturer og lokale forandringer i regionale strukturer. Eksempler på utskrift for område BINDEL-B er vist på side 41-49. Kart i 1:250000 over det magnetiske totalfeltet er uttegnet med fra-trekk av IGRF-feltet. Dette kart er gjengitt på side 11 og viser tydelig grønnstensformasjonene som områder med grønn gul signatur. Heimdalshaug-gabbroen er sterkt magnetisk og skiller seg klart ut fra trondhemitten som er svakt magnetisk. For geofysikk er det som beskrevet i NGU rapport nr. 1804 blitt lagt vekt på bare å kode data av type tilstedeværelse - ikke tilstedeværelse, dette for unngå kompliserte definisjonsproblemer som ville kunne skapt inhomogenitet i kodingen over hele feltet.

11.2.2 Elektromagnetiske data:

Kodingen for den elektromagnetiske imaginærkomponent er utført slik at vi har pluss der hvor en komponent forefinnes, forøvrig minus og i tvilstilfeller null. Reell komponent er kodet med tilstedeværelsen henholdsvis negativ eller positiv utslag. Ledningsevne er angitt med +1 der hvor denne er beregnet.

III. PROSEDYRE FOR PRIORITERING AV OMRÅDER.

Hensikten med dette prosjektet har vært å avgrense og prioritere områder med molybdenpotential. Et av problemene har vært den manglende dekning av molybdenanalyser fra hele feltet, samt den naturlige variasjon i molybdenanalysene som eksisterer innenfor et bekkesystem. En annen av vanskelighetene har vært mangelen på klar geofysisk respons fra de sure intrusiver der hvor man allerede kjenner til molybdenmineralisering. På bakgrunn av de to ovenfor nevnte problemer har jeg valgt å arbeide med indirekte indikatorer for å få homogen dekning over hele Grongfeltet.

Til å finne en indirekte indikator basert på geokjemi ble multivariabel statistikk benyttet. På grunnlag av korrelasjoner mellom molybden og de øvrige elementer ble en molybdenindikator utarbeidet som beskrevet i neste kapittel.

Arbeidet med å bygge opp en indikatorvariabel på bakgrunn av geofysikk baserte seg på Fremstfjellets kjente mineraliseringer. Den beste indikator på sure intrusjoner av den typen vi er ute etter kan defineres som områder med mangelen magnetisk grunnstenssignatur i nærheten av grunnstenen. En nærmere beskrivelse av denne prosedyre er gitt i kapittelet under "Modellering"

Den videre gangen i prosedyren for prioritering av områder var å sammenholde områder med geofysisk signatur som er favorabel for molybden, d.v.s. sure intrusiver nær grønnstener, med den geokjemiske informasjon og derav velge ut de områder som både har favorabel geofysikk og favorabel indirekte geokjemi. Disse områdene er så blitt sammenholdt med de områdene som er blitt prioritert på bakgrunn av de foreliggende molybdenanalyser. På denne måten er det foretatt en samlet prioritering av de områder som kan sies å ha molybdenpotential.

III.1 Multivariabel statistikk:

For å få et bilde av de geokjemiske sammenhenger som eksisterer mellom molybden og de øvrige elementer ble prøvesteder hvor molybdenanalyser forefinnes plukket ut. Av de 4143 prøver som har molybden er det kun nikkel, jern, mangan, vanadium, kobolt, og sølv i 762 av prøvene. Disse prøvene fra oppdrag 1177 ble derfor brukt til å belyse molybden geokjemisk. Minimumsverdier, maksimumsverdier og standardavvik for disse prøver er gjengitt på side 51.

III.1.1 Regresjonsanalyse.

Som vi ser av korrelasjonsmatrisen på side 52 så er variabel 10, d.v.s. molybden, mest korrelert med variabel 1, d.v.s. kobber, dernest bly, nikkel og vanadium. Molybden er relativt svakt korrelert med de øvrige variablene. De første tre variable som blir inkludert i en trinnvis regresjonskurve (side 53) viser seg som ventet å være kobber som første variabel deretter nikkel og så vanadium. I neste trinn side 54 ser vi bly bli inkludert. Vi ser at vi får følgende regresjonsligning når vi ser bort ifra de øvrige variable som ikke er signifikante:

$$Mo = 5,5 + 0,15 Cu + 0,08 Pb - 0,1 Ni - 0,04 V. \quad (\text{Verdiene i ppm})$$

Molybden er følgelig positivt korrelert med kobber og bly og negativt med nikkel og vanadium. Den multiple korrelasjonskoeffisienten på 0,55 (side 54) betyr at ca. 30 % av variasjonen i molybden kan forklares med variasjonen i kobber, bly, nikkel og vanadium.

På sidene 55 til 59 ser vi skatterdiagram for molybden mot henholdsvis Cu, Pb, Ni og V. For Mo-Cu plottet ser vi klar spredning mot høye Cu og høye Mo verdier. I Mo-Pb har vi samme tendens, muligens med tilløp til flere populasjoner. I Mo-Ni og Mo-V plottene ser vi en klar tendens til invers sammenheng.

Det er omtrent ikke noen økning i korrelasjonskoeffisienten når man legger til sink, slik at sink må oppfattes å være nærmest ukorrelert med molybden. En grafisk fremstilling av sammenhengen i regresjonskurven fremgår av plottet på side 60 mellom molybden, vanadium og kobber, hvor kobberkonsentrasjonene er angitt med forskjellige symboler. Vi ser at høye vanadium verdier nesten utelukkende forekommer ved lave molybdenverdier. Høye kobberverdier forekommer imidlertid som ventet sammen med både høye molybdenverdier og høye vanadiumverdier. Vi ser følgelig at vi har to populasjoner med høye kobberverdier, en tilknyttet grønnsten karakterisert ved høye vanadiumverdier og en tilknyttet sure intrusiver karakterisert ved høye molybdenverdier. Det kan følgelig konkluderes med at kobber er den beste positive indikator variabel for molybden og at lave vanadium og nikkellverdier (side 61) er en indikasjon på sur intrusiv og følgelig positiv for muligheten for tilstedeværelse av molybden.

III.1.2 Faktoranalyse:

For å få ytterligere innsikt i de statistiske variasjoner mellom elementene og deres tolkning ble faktoranalyse benyttet for å studere korrelasjonsmatrisen nærmere. Med utgangspunkt i korrelasjonsmatrisen på side 64 ble egenverdiene beregnet. Den første egenverdien på 4,67 forklarer 47 % av variasjonen i data-materialet. Den neste egenverdien på 1,5 øker denne forklaringsandelen til 62 % og den tredje egenverdien på 0,1 øker denne forklaringsprosenten til 72 % av totalvariasjonen. De øvrige egenverdiene bidrar deretter gradvis med å forklare variasjonen helt til den siste egenverdien på 0,11 som forklarer de resterende variasjonene

frem	til	100	%.
------	-----	-----	----

På side 65 ser vi en utskrift av faktorene i forhold til variablene, den såkalte Principal Axes Solution for ti faktorer. Disse faktorverdiene for de enkelte variablene må sammenlignes med matrisen på nedre halvdel av arket som beskriver komunalitetene for de forskjellige faktorene. Komunaliteten vil si hvor stor grad av variansen i et enkelt element som forklares av de enkelte faktorene. F.eks. ser vi at variabel 3, d.v.s. sink, må benytte seg av hele seks faktorer for å forklare 80 % av variansen i sinkverdiene, mens f.eks. kobolts variasjon er forklart med 85 % av sin varians allerede ved tredje faktor. Man kan således bruke komunalitetstallene til å se hvilke elementer som dominerer, d.v.s. karakteriserer de enkelte faktorer.

Faktor 1 er tydeligvis en faktor som beskriver de naturlige variasjoner i Eh, pH samt de regionale geokjemiske forskjeller som eksisterer mellom prøver tatt i området gabbro, trondhemitt, grønnsten. Denne faktor er karakterisert hovedsakelig ved sink, jern og kobolt. De regionale variasjoner av disse elementer kan man se på rådata kartene i Appendiks, hvor det tydeligvis er anrikning i kobolt og jern i den nordlige del av Grongfeltet. Kobolt følger jern og er spesielt anrikt der hvor vi har jernpresipitasjon p.g.a. Eh-pH barrierer. Sink er anrikt som følge av kopresipitasjon med jern og som følge av de naturlige sinkforskjeller innen de forskjellige geologiske miljøer, spesielt i form av sulfider tilknyttet grønnsten.

Faktor 2 er tydeligvis en mineraliseringsfaktor og viser assosiasjon mellom kobber, bly og molybden i forhold til de øvrige elementer. Denne faktor må tolkes som representant for kobber-molybden mineraliseringer i forbindelse med sure bergarter, d.v.s. blyrike bergarter.

Faktor 3 viser spesielt posisjonen mellom nikkel og mangan.

Faktor 4 er tydeligvis en faktor som beskriver kobber-molybden variasjon i oposisjon til bly-sink variasjoner. Denne faktor beskriver sannsynligvis de lokale geografiske forskjeller mellom kobber-molybden og bly og sink anomalier innenfor og utenfor de sure bergarter.

Faktor 5 er karakterisert ved oposisjonen mellom nikkel og vanadium og beskriver regionale variasjoner innenfor grønnstenene.

Faktor 6 har en klar oposisjon mellom kobber og molybden og beskriver molybdenanrikninger uten tilknytning til kobber i grønnstensmiljøet.

De øvrige faktorer forklarer så lite av totalvariansen at det er vanskelig å gi dem noen generell forklaring uten å referere seg til enkeltanomali tilfeller.

Kort kan resultatene fra faktoranalysen oppsummeres som en bekreftelse på at variasjonen i det geokjemiske materiale lar seg splitte opp i variasjoner som er relatert til forskjell i litologi og forskjell i Eh og pH forhold innen feltet, deretter variasjoner som er knyttet til kobbermineralisering sammen med molybden i sure bergarter og kobber i tilknytning til massiv sulfid parageneser. Det er også mulig å skille ut variasjoner som beskrives av en kobber-molybden sonering i forhold til en bly-sink sonering samt omvendt variasjon av nikkel og vanadium og kobber-molybden tilknyttet lokale miljøfaktorer innen grønnstensmiljøet. Disse resultatene er verdifulle fordi de hjelper en til å vurdere bekkesediment anomalienes betydning i forhold til variasjoner i litologi og Eh-pH.

III.1.3 Kanonisk korrelasjon.

Kanonisk korrelasjon er en metode som tillater en å teste noen av de sammenhenger som man kan utlede fra faktoranalysen. Spesielt den assosiasjonen som fremkommer i faktor 2, nemlig kobber, molybden, bly tilknyttet mineraliseringer i sure bergarter er interessant å belyse ved kanonisk korrelasjon. Kanonisk korrelasjon tar utgangspunkt i en korrelasjonsmatrise som er den samme som ble benyttet for regresjonsanalysen og faktoranalysen. Forskjellen fra disse metodene er at kanonisk korrelasjon er mere interessert i samvariasjonen mellom elementene, mens regresjonsanalyse konsentrerer seg om å estimere absoluttinholdet av elementer og faktoranalyse tar sikte på å løse opp de eksisterende korrelasjoner i uavhengige faktorer.

Som det fremgår av regnemaskinutskriften på side 68 ser vi at den første kanoniske korrelasjon mellom kobber, bly og molybden mot de øvrige variabler forklarer 50 % av variansen innen prøvematerialet. Den neste kanoniske korrelasjon har en korrelasjonskoeffisient på 0,35 og tilsammen forklarer disse to kanoniske korrelasjonene 85 % av totalvariansen. Vi ser at den første kanoniske korrelasjon assosierer positivt kobber, positivt bly og negativt molybden med positivt sink, positivt nikkel, negativt mangan, negativt jern, positivt vanadium, kobolt og sølv. Denne første kanoniske korrelasjon uttrykker den regionale variasjon i kobber, bly og molybden i forhold til miljøvariasjonene slik de fremkommer som følge av Eh-pH og litologiske forskjeller. F.eks. hvis vi har en økning i sink som er en funksjon av en økning i jern, d.v.s. copresipitasjon, så vil, siden sink og jern har forskjellig fortegn, denne økningen i sink p.g.a. økningen i jern utlignes og vi får korrigert for en Eh-pH effekt. Den samme tendens vil gjøre seg gjeldende i vektoren mellom kobber, bly og molybden, d.v.s. en økning i kobber og bly som skyldes en tilsvarende økning i molybden, basert på forandringer i miljøet vil utlignes ved at kobber og bly og molybden har forskjellig fortegn. Den første kanoniske korrelasjon uttrykker derfor det samme som vi så i regresjonsligningen og i 1. faktor, nemlig sammenhenger mellom elementene som følge av variasjoner i litologi, Eh og pH, men ikke i forhold til mineralisering. Den andre kanoniske korrelasjon, imidlertid, uttrykker variasjoner som skyldes mineralisering eller andre anomale sammenhenger. Vi har her en assosiasjon mellom positivt kobber, negativt bly og negativt molybden som uttrykker en økning i kobber som matches av en tilsvarende økning i bly og molybden, d.v.s. molybden tilknyttet sure intrusiver. Den andre vektoren uttrykker dette ved å assosiere positive sink-avvik ikke tilknyttet grønnstein eller miljøparametere til en kobber-molybden anrikning i tilknytning til sure bergarter.

Det er foreløpig gjort lite innenfor geokjemisk tolkning av kanoniske korrelasjoner og forfatteren er av den oppfatning at disse vil kunne være et verdifullt supplement til de øvrige statistiske metoder som regresjonsanalyse og faktoranalyse.

111.2 Karakteristisk Analyse.

Karakteristikk analysemetodikken er detaljert beskrevet i NGU rapport nr. 1804, 1980, og kartlegging av Grongfeltets malm-potential. I det følgende vil derfor kun en enklere oversikt bli tatt med.

Karakteristikkanalyse er et system som baserer seg på integrering av forskjellige kartdata når disse dataene er kodet med koden +1 eller -1 i celler av en valgt størrelse. For Grongfeltet ble det valgt en størrelse på 500m x 500m og variablene ble kodet som angitt på side 73. Karakteristikkanalysen tillater to hovedfunksjoner slik som angitt på den vedlagte figur side 71.

I pkt. A i figuren ser vi et eksempel på forskjellige kart som kan brukes som input. I vårt tilfelle i Grong hadde vi 13 forskjellige geokjemiske kart, i tillegg til kart over grønnstein, keratofyr og sedimenter samt fem kart over forskjellige magnetiske forhold og fem kart basert på elektromagnetiske målinger slik det er beskrevet på sidene 24 og 73. Pkt. B på figuren angir hvorledes disse kartene er blitt kodet i henhold til verdien +1 og -1, hvor +1 angir interessant, 0 angir vet ikke eller for de geokjemiske variable "kan være interessant". For alle variable angir -1 definitivt uinteressant eller ikke tilstede.

I Grongprosjektet valgte vi ut 27 forskjellige variable (Tabell side 73), d.v.s. 27 forskjellige kart kodet på denne måten. En syntese av den samvariasjon som eksisterer mellom disse forskjellige kartene får vi, når vi som angitt i pkt. C

Figuren på side 71 viser en matrise hvor de enkelte celler er beskrevet med henholdsvis 1 1 0 -1 -1 for variablene d.v.s. kartene A, B, C, D o.s.v. Denne celle-variabel matrise blir så multiplisert med seg selv og vi får da en produktmatrise som forteller hvor mange celler som samtidig har variabelen A og variabelen B tilstede. Eksempel på en produktmatrise er vist på side 75. Produktmatrisen danner så grunnlaget for beregning av vektorer for de enkelte variablene innen et kjent kontrollområde.

En produktmatrise fra et kontrollområde vil således kunne angi hvor viktig de enkelte variablene er med hensyn på å karakterisere kontrollområdet. Denne prosedyre er angitt i figuren side 71 under pkt. G. Vektene F1, F2, F3, for de forskjellige variablene kan så multipliseres med kodingen i hver av cellene, f.eks. verdien i celle 4 multipliseres med vektene F1, F2 og F3. F1 multipliseres med +1, F2 multipliseres med 0 og bidrar dermed ingenting og F3 multipliseres med -1 og summen blir lik null som forteller oss at cellen ikke ligner de cellene vi har i kontrollområdet. Gjøres dette for alle de ukjente celler i det området vi er interessert i å teste utenfor kontrollområdet så får vi et kart H som representerer et favorabilitetskart hvor høye tall angir stor likhet mellom cellen og kontrollområdet som vi sammenligner med. En annen mulighet som er beskrevet under pkt. D er konstruksjon av logiske sammenhenger. F.eks. kan man tenke seg at vi ønsker å definere en vertsbergart som gunstig for mineralisering. Vi oppnår dette ved å kombinere logisk, variablene E, F og G på en måte som minner om elektriske kretser. I Grongprosjektet, definerte vi f.eks. vertsbergarten "sur intrusiv i nærheten av grønnsten" som en logisk kombinasjon av ikke tilstedeværelse av de magnetiske variable som definerer grønnstein samtidig som vi har tilstedeværelse av en anomali på kobber som i de fleste tilfeller er en indikator på nærhet til grønnsten. Denne definisjon av gunstig vertsbergart kan så kombineres med en situasjon som beskriver muligheten for mineralisering innenfor denne vertsbergart, nemlig f.eks. tilstedeværelsen av anomale verdier for kobber.

Tilstedeværelsen av anomali ble definert som en anrikning i forhold til omgivelsene enten for kobber eller kobber delt på nikkel eller kobber delt på sink. Sinkforholdet ble brukt for å forsøke å diskriminere mellom kobberanrikning som skyldes forandringer i det geokjemiske miljø og nikkelforholdet ble brukt for å forsøke å skille kobberanomali tilknyttet massive sulfider fra kobberanomali tilknyttet en eventuell porfyrforekomst. Kombinasjonen av slike logiske funksjoner kan deretter igjen kombineres og den sammensatte hendelse for favorabel vertsbergart og kobbermineralisering ikke tilknyttet massive sulfider kartlegges. Et resultatkart vil da kunne representere de områder med pluss som har en gunstig geofysisk og geokjemisk signatur for kobbermolybden mineralisering. Slike favorabilitetskart over Grongfeltet er gjengitt side 122 og side 125 samt hver fjerde side t.o.m. side 155 for favorabel vertsbergart på basis av geofysisk signatur. Fra side 121 og side 124 ssamt hver fjerde side t.o.m. side 157 viser kartene favorable områder med hensyn til fravær av kobberanomali tilknyttet massiv-sulfid og tilstedeværelsen av gunstig vertsbergart for porfyr-molybden mineralisering.

III.2.1. Variable som karakteriserer grønnsten.

For å bestemme hvilke variable som karakteriserer grønnstensformasjonen ble et stort modellområde på 74 ruter benyttet i området rundt Fremstfjellfeltet. På side 75 ser vi produktmatrisen for alle de 27 variable innenfor dette område og på side 76 ser vi Tally matrisen som angir hvor mange sammenfallende positive anomalier hver variabel har med de andre variablene i den øvre diagonal av matrisen. I den venstre nedre diagonal av matrisen angis det hvor mange ikke sammenfallende celler innenfor modellen de forskjellige variablene har. F.eks. ser vi at MA3 har tallet 30 i skjæringspunktet med seg selv som betyr at 30 celler av de 74 har en pluss eller minusverdi for MA3. I det horisontale skjæringspunktet mellom MA3 og MA4 ser vi tallet 21 som betyr at det er 21 celler som har samtidig pluss, eller minus, for MA4 og MA3.

Tar vi den vertikale skjæringslinjen mellom MA3 og MA4 så ser vi at vi har tallet 32 som betyr at 32 celler har forskjellig kodning for MA3 og MA4 i modellen med 74 celler. Ved å vurdere denne matrisen så kan man altså finne ut hvor stor samvariasjon det er mellom to variable innenfor matrisen og i den neste matrise sannsynlighetsmatrisen kan man teste hvor sannsynlig det er at disse sammenfallende cellene uttrykker en reell korrelasjon mellom variablene. Hvis vi betrakter sannsynlighetsmatrisen på side 77 og f.eks. ser på den horisontale linjen utfra variabel 13, d.v.s. grønnsten, så ser vi at det er 100 % sannsynlighet for positiv korrelasjon mellom MA1 og grønnsten, 99 % sannsynlighet for korrelasjon med MA2, 100 % med MA3, 96 % med MA4, 99 % med MA5, 93 % med imaginær IM6 og 93 % med imaginær IM7, samt 95 % med ledningsevne-

måling	beregnet	LE8.
--------	----------	------

Vi ser at det er et skarpt fall i sannsynligheten for realkomponent 9 og realkomponent 10 mens vi har 91 % sannsynlighet for korrelasjon med realkomponent 11. Ingen av de geokjemiske variable har så sterk sannsynlighet for korrelasjon som de geofysiske og blant de geokjemiske er det kobber dividert på nikkel som har den høyeste etterfulgt av bly dividert på nikkel og sink dividert på nikkel. Nikkel selv er mye lavere. Vi ser videre i figuren vekter beregnet for de forskjellige variablene og ser at grønnsten variabel 13 kommer høyest med 2,57 og at de geofysiske variablene deretter følger som karakteristiske og tilknyttet grønnsten. Fra 0,212 ser vi at vi får de geokjemiske variablene sink-nikkel, kobber-nikkel og deretter en blanding av geofysiske og geokjemiske variable. Helt nederst har vi Finbu og keratofyr, henholdsvis 0.133 og 0.109 med enkeltelementene bly, sølv, kobber, nikkel samt kobber dividert på sink. På side 78 ser vi en frekvensfordeling av hvordan de 76 cellene fordeler seg på favorabilitetsindeksen fra -0,72 til +0,77 og som vi ser er det nu relativt jevn spredning fra -15 og opp til 077. Vi ser videre at de 413 cellene innen dette delområde noenlunde har den samme fordelingen som modellen med unntak av lave verdier.

En inndeling av dette diagrammet i grupper kan deretter beregnes og vises på kartet på side 80. Her ser vi de 72 cellene angitt med en rute og med en blyantstrek er tegnet i grensen mellom grønnsten og sure bergarter. Vi ser at kodene 2, 3 vesentlig konsentrerer seg om grensen mellom sure bergarter og grønnsten men at vi har dårlig definisjon av skillet mellom grønnsten og Finbuformasjonen samt mellom grønnsten og sure intrusiver som begge i store områder har koden 1. Det er derfor nødvendig å raffinere modellen for å få bedre forklaringsevne. Dette utføres ved at man er mere selektiv og minsker modellområdet til de celler som man er spesielt interessert i å karakterisere. På side 80 ser vi med skravur angitt 12 celler som ligger i det område hvor man har kjent molybdenmineralisering og som vi ønsker å karakterisere nærmere. På side 82 ser vi produktmatrisen for disse 12 cellene og en inspeksjon av denne viser mange 12-verdier for de geofysiske variablene i forhold til seg selv. Dette betyr at de geofysiske variablene dekker hele vårt kontrollområde og følgelig karakteriserer dette. Fra sannsynlighetsmatrisen på side 85 kan vi se at to ruter med grønnsten som viser korrelasjon med MA1, MA3 og MA4, bly, sølv, bly dividert på nikkel og bly dividert på sink som de kraftigste med 68 % sannsynlighet. Variablene MA1, MA2 og MA3 samt bly dividert på sink burde således være gode indikasjoner på grenseområder mellom sure bergarter og grønnsten. På side 88 ser vi vektene beregnet på bakgrunn av de korrelerte variablene og vi ser her en dominans av geokjemiske variable samtidig som vi har MA3, MA1 og MA4. De øvrige magnetiske og elektromagnetiske variable har fått 0 vekt. Det bilde som kommer frem på side 90 er noe forvirrende med det samme men uttrykker med høye tall områder med stor geologisk kompleksitet og områder med lave tall som relativt homogene områder. På side 91 ser vi vekter beregnet på bakgrunn av produktmatrisen og dennes diagonal, d.v.s. vekter som uttrykker de variablene som er mest dominante innenfor de 12 celler. Vi ser her at vi nu får frem de geofysiske variablene som sammen med sink og mangan er de som dominerer bildet. De variablene som definerer kompleksitet, d.v.s. grensesonen

er

På side 93 ser vi nu et kart over dette forholdet inntegnet og vi ser her liten forskjell mellom grønnstensområdene og de sure intrusiver. Vi må derfor forsøke en annen metode, prinsipalkomponent av produktmatrisen som kun fokuserer korrelasjonen mellom variablene, d.v.s. de ikke diagonale elementer. På side 94 ser vi vektor beregnet etter denne metoden og vi ser nu at vi får skilt de celler som har negativ respons innenfor området fra de som har positiv respons. Vi ser følgelig at IM6, MA5, RE10, RE11, MA2, LE8 og IM7, ikke har positive verdier innenfor det sure granittiske område. De som har positiv signatur er karakterisert med RE9, sink på mangan, sink på nikkel, sink og sink på vanadium. Kobber, sølv, bly er mere intermediære og er tilstede både innenfor modellen og utenfor. På side 96 ser vi en uttegning av cellene i området i henhold til deres likhet med modellen. Vi ser her et drastisk bedre bilde enn det som kom frem i de andre modellene og en klar avgrensning av områdene med sure bergarter.

IV. FOREKOMSTMODELLERING

På bakgrunn av resultatene fra den multivariable statistiske analyse og karakteristikkanalysen brukt innenfor Fremstfjell feltet har vi følgende resultater:

Geokjemisk er molybden porfyr-kobbermineraliseringen best karakterisert ved høye kobberverdier samtidig som vi har lave nikkelverdier. Høye kobberverdier som ikke skyldes mineralisering men anrikning i forbindelse med presipitasjon av jern eller andre miljøfaktorer kan elimineres ved å dividere på sink da dette element er meget følsomt for copresipitasjon med f.eks. jern. Ved den endelige forekomstmodellering er følgende variable benyttet: kobber, kobber dividert på nikkel og kobber dividert på sink.

Fra forsøkene med karakteristikkanalyse og forskjellige metoder for vektberegning har vi sett at prinsipal komponentmetoden beregnet på produktmatrisen gir best resultat. Fra de beregnede vekter på side 94 ser vi at de geofysiske variable grupperer seg sammen og har karakteristisk lave verdier, d.v.s. minus innen de sure bergarter utenfor grønnstenen. Da de geofysiske variable har en uniform dekning over hele feltet er det naturlig å konsentrere seg om disse variablene i forbindelse med beregning av vekter etter prinsipalkomponentmetoden og deretter inkorporere de kjemiske variablene ved logisk å kombinere disse med de magnetiske.

IV.1 Modellvekter for de geofysiske variable.

Innenfor de 12 modellcellene ved Fremstfjellfeltet ble produktmatrisen (side 82) benyttet og vektene beregnet fra denne matrisen ved hjelp av prinsipal komponentmetoden. På side 99 kan vi se disse vektene utskrevet i sortert orden. Vi legger merke til at de elektromagnetiske variablene alle har fått høy vekt, 0.320 og at kun de magnetiske variablene 4 og 3 og 1 har lavere vekter. Den eneste negative variable er elektromagnetisk realkomponent, variabel nr. 9, som er negativ innen hele modellområdet og følgelig trekker i motsatt vei i forhold til de andre variablene.

Ser vi på frekvensfordelingen gjengitt på side 100 så ser vi at de 12 modellcellene nu grupperer seg samlet på den negative del av skalaen og at 9 av cellene er meget like mens 3 av cellene avviker noe i retning av positive verdier. Tegner vi ut kart for de geofysiske variable veiet med de beregnede vekter så får vi et kartbilde som vist på side 101. Vi ser her at Fremstfjellområdet mineralisering er karakterisert ved et tall og at grensen mot grønnstenen innenfor modellområdet viser de tre avvikende cellene med henholdsvis tallverdier på 4, 2 og 7. Vi ser videre at grensen mellom sure bergarter og grønnsten kommer godt frem med typiske verdier på rundt 8 over grønnsten og under 7 i forbindelse med de surere bergarter.

Den geofysiske modellen med de beregnede vektorer er blitt benyttet innen hele Grongfeltet og kart tegnet ut for de 12 delområdene Bindel-A til Bindel-N og disse er gjengitt på side 122 og side 125 samt hver fjerde side t.o.m. side 155.

IV.2 Logisk karakterisering av Fremstfjellområdet på grunnlag av geofysiske og kjemiske variable.

Fremgangsmåten ved logisk modellering er kort beskrevet på side 21 pkt. D. Ved å benytte seg av de logiske kombinasjonene "både og", samt "enten eller" samt "tilstede" eller "ikke tilstede" så kan man forme forskjellige nye variable som deretter kan fremstilles på kart for sammenligning med den kjente mineraliserings utbredelse. Første variabel som ble konstruert var variabel 28 dannet ved følgende logiske kombinasjon:

28= 1 og 2 og 3 og 4 og 5.

Ved denne logiske variabel har vi benyttet oss av "og" logikk, d.v.s. at vi forlanger samtidig anomali i alle disse variablene for at en celle skal få verdien pluss. På side 103 ser vi at det bare er 6 celler som oppfyller dette kriterium. De 4 cellene med koordinater 30/67 befinner seg i grønnsten ved Skarfjellet innen kjent molybden og kobber-mineralisering. De to øvrige celler befinner seg øst for Finbuvatn i nærheten av eksisterende sulfidmineralisering. Variabel 28 er tydeligvis meget restriktiv og gir oss indikasjoner på mineralisering i grønnsten i nærheten av litologisk kontakt.

Den neste variabel som ble forsøkt var en logisk kombinasjon av den imaginære del av de elektromagnetiske variablene og variabelen "ledningsevne beregnet". Følgende variabel ble derfor konstruert:

29=6 og 7 og 8

Denne variabelen som skulle angi områder med elektromagnetiske ledere er vist på figuren side 104. Denne variabelen dekker flere celler og synes å gi en relativt god indikasjon på grønnstensdragene fra Skarfjellet og i nordøstlig retning samt området vest for Finbuvatn.

Den neste variabel som ble modellert var realkomponentene til den elektromagnetiske variabel og vi dannet følgende kombinasjon:

30=9 og 10 og 11

Kartbildet side 106 viser her at vi kun har positiv respons helt nord i feltet og øst for Finbuvatn. Denne variabelkombinasjon er derfor tydeligvis for restriktiv til å kunne gi noen indikasjon på grønnstensformasjonene.

Neste variabel som ble modellert var en kombinasjon av de tidligere variable og kobber delt på nikkel, d.v.s. kobberanomali med affinitet til sure bergarter. Følgende variabel ble dannet:

31=21 og ikke 29 og 30

Denne variabel forlanger altså at vi skal ha kobber dividert på nikkelanomali samtidig som vi har fravær av både variabel 29 og variabel 30 som indikerer grønnstensmiljø. Vi ser resultatkartet på side 107 og konstaterer at på grunn av at vi forlanger både 29 og 30 tilstede så er det få celler som oppfyller dette og følgelig vil ikke tilstedeværelse av disse to samtidig være oppfylt i flertallet av cellene og som vi ser på kartet får vi en lite meningsfylt litologisk definisjon. Dette er følgelig et eksempel på hvor restriktiv "og"-logikken er og hvor vanskelig det er å få frem et meningsfylt bilde med denne kombinasjon når ikke variabelene er helt entydige.

Neste variabelkombinasjon baserte seg følgelig på å løse opp den "og"-relasjonen vi introduserte i variabel 31 og følgende variabel ble dannet:

32=21 og ikke (29 eller 30).

Vi ser her at vi har erstattet "og"-relasjonen med en "eller"-relasjon og skulle således få færre positive responser. Som vi ser av kartet på side 108 begynner modelleringen nu å ta form og vi ser at vi får positive responser over de sure intrusiver men fremdeles med for lite spesifikke grenser.

Den neste variabel baserte seg på "eller"-logikk og tok utgangspunkt i de magnetiske variablene 1,2,3,4,5. Følgende relasjon ble dannet:

33=1 eller 2 eller 3 eller 4 eller 5

Vi ser av kartbildet at vi nu har fått karakterisert grønnstensområdene relativt skarpt og at områder med minustegn følgelig representerer litologisk kontakt med grønnstenen. Hvis vi nu kombinerer minussignatur med tilstedeværelsen av kobber så burde vi få en logisk modell som beskriver kobber-molybdenmineralisering i et surt miljø nær grønnstenen.

Som ny variabel for å modellere kobber-molybden-porfyr mineraliseringen i Fremstfjellet valgte man følgende relasjon:

34=kobber og ikke (1 eller 2 eller 3 eller 4 eller 5).

Resultatet av denne nye variabel ser vi på side 109 og vi konstaterer at den definerer meget spesifikt de områdene hvor vi kjenner molybdenmineraliseringen. Denne logiske modell er derfor blitt benyttet over resten av Grongfeltet og resultatene for de forskjellige delområdene finnes på side.121 og 124 samt hver fjerde side t.o.m. side 157.

De to modeller vi har valgt å gå videre med, den geofysiske modell som indikerer bergarter av Fremstfjellfelt typen og den logiske modell som indikerer kobbermineralisering i relasjon til sure intrusiver i kontakt med grønnsten må oppfattes som en vellykket modellering på bakgrunn av de foreliggende data. Det vil imidlertid være naturlig å inkorporere erfaringer gjort under oppfølging med den eksisterende modelleringsprosedyre for eventuell raffinering av de benyttede modeller.

V. OVERSIKT OVER OMRÅDER MED MOLYBDENPOTENTIAL

Celler som har sammenfallende geofysiske signatur og positiv logisk respons og som ligger i tilknytning til sure intrusiver er valgt ut.

BINDEL A-OMRÅDET: Side 120 til 122.

12 celler har positiv respons for den logiske Mo-Cu modellen.

14 celler har tallet 1 d.v.s. favorabel geofysisk signatur.

Følgende anomale områder er utskilt:

A1) Syd for Møklevatnet i Gt på grensen til G4t

A2) Nordvest for Skiftesmyr i Gt på grensen til G4a

A3) Ved Elstadelva i kontakten mellom Gt, L og Gg

BINDEL B-OMRÅDET: Side 123 til 125.

41 celler har positiv respons for den logiske Mo-Cu modellen.

55 celler har tallet 1 d.v.s. favorabel geofysisk signatur.

I tillegg til Fremstfjellområdet har vi favorable celler ved:

B1) Nordøst for Finbuvatnet i Gt

B2) Syd for Gaittindfjellet i Gt på grensen til L3

B3) Nordvest flanke av Skardfjellet i t

B4) Mellom Reinsjøen og Nesåpiggen i Gt

B5) Fra Langhøfjella nordøst til vestre Blåmuren i L4

B6) Sydøst, øst og sydvest for Gaajsjaverie i kontakten mellom t, G5 og L4.

BINDEL C-OMRÅDET: side 126 til 128.

23 celler har positiv respons for den logiske Mo-Cu modellen.

20 celler har tallet 1 d.v.s. favorabel geofysisk signatur.

Følgende anomale områder er utskilt:

C1) Sydvest for Tunnsjøflyin i Gt til Lillefjellklumpen.

C2) Gangbrofossen i G4 mot Gkd

C3) Øst for vestre Litlfjellet i Ggr mot Gg

C4) 2,5 km nordvest for Murfjellet i grønnsten.

C5) 2 km nordvest for Blåmuren i t på grense mot G5 og L4.

C6) 1 km nordvest for Gaajsjaverie.

C7) Nord 500m for øvre Nesåvatnet.

C8) Vest 500m for øvre Nesåvatnet.

C9) 3,5 km nordøst for Gaajsjaverie.

BINDEL D-OMRÅDET: side 129 til 131.

28 celler har positiv respons på den logiske Mo-Cu modellen.

60 celler har tallet +1, d.v.s. favorabel geofysisk signatur.

Følgende anomale områder er utskilt:

- D1) Fortsettelse av sonen Nordøst for Gaajsjaverie - Nord for Blåmuren i t på grensen mot G5 og L4.
- D2) Sydvest for Littlefjellet, Staellien-njueie i Gt
- D3) Nord og øst for Jakobsundet i Gt
- D4) Vest for Ingulsvatnet i G6

BINDEL E-OMRÅDET: side 132 til 134.

3 celler har positiv respons på den logiske Mo-Cu modellen.

4 celler har tallet +1, d.v.s. favorabel geofysisk signatur.

Det lille antall celler som skilles ut er en funksjon av manglende geofysisk dekning vestover.

E1) Lille Tromselv 3 km sydvest for Tromsfjellet.

E2) Syavestlig del av anomalt drag langs Tromselva fra 4 km nord for Tromsfjell til 3 km øst for Langtjernet. (I grenseområdet for Helgelandsdekket.)

BINDEL F-OMRÅDET: side 135 til 137.

45 celler har positiv respons på den logiske Mo-Cu modellen.

41 celler har tallet +1 d.v.s. favorabel geofysisk signatur.

Følgende områder er utskilt:

- F1) 3 km rett syd og 4 km sydvest for Tromsfjell i Gt mot grense til G5 og Gfg.
- F2) Nordøstlig del av anomalt drag 3 km øst for Langtjernet. (I grenseområdet for Helgelandsdekket.)
- F3) Nord (1 km) og vest (500 m) fra Rørvann i Gt på grense mot Gfg og G5.
- F4) 1,5 km og 2,5 km vest for Bjørkvatnet.
- F5) 1,5 km nord for Gjersvikklumpen. Overdekket.

BINDEL G-OMRÅDET: side 138 til 140.

47 celler har positiv respons på den logiske Mo-Cu modellen.

65 celler har tallet +1 d.v.s. favorabel geofysisk signatur.

De to modellene er basert på sur intrusiv i kontakten med grønnsten og vil følgelig ikke være så diagnostisk i Limingen dekket. Anomale områder er derfor ikke utskilt i dette dekket.

G1) 2 km nord av Anlifjell 1,5 km vest for Kirmajaure. Ligger midt inne i Gt.

G2) 2 km nordvest for Ausvann i enden av Gt.

G3) Anomal sone langs Helgelandsdekke-grensen sydøst for Steinfjell. I Alg, Ak, Agl.

G4) Sydøst for Lillefjell mellom Gjersvik og Småtjern. I Gke på grensen mot G5.

G5) I vannkanten nord for Saksvann. I G6.

G6) Nordvest for Saksvann i området mot dekkegrensen.

VI. PRIORITERING AV OMRÅDER MED MOLYBDENPOTENTIAL.

Den endelige prioritering av områder med molybdenpotential har tatt utgangspunkt i følgende tre informasjonskilder:

1. Bearbeidelsen av den regionale geokjemiske bekkesediment informasjon over kobber, bly, sink, nikkel, mangan, jern, vanadium, kobolt, cadmium, sølv og molybden gjengitt i delrapport fra Juni 1983, gjengitt i denne rapport som Appendix. I denne delrapport ble fem anomaliområder utskilt og karakterisert med hensyn på de tilstedeværende geokjemiske anomalier.
2. Kontrollprøvetakning og reanalyse av bekkesedimentprøver fra de anomale bekker innenfor de fem tidligere utskilte anomaliområder.

3. Resultatene fra forekomstmodelleringen, beskrevet i denne rapport kapittel IV. 35 lokaliteter er blitt klassifisert som potensielt interessante på grunnlag av den geofysiske signatur og deres likhet med det geokjemiske og geofysiske bilde av porfyr-kobber mineraliseringen i Fremstfjellet.

På bakgrunn av de tre nevnte informasjonskilder samt den innsikt som man har fått ved behandlingen av geoinformasjonen fra Grongfeltet avgrenses følgende områder som de mest interessante med tanke på å lokalisere ny molybden-kobber mineralisering i Grongfeltet.

BILDEL A-OMRÅDET:

Innenfor dette område har vi som gjengitt på side 112 tre anomale områder som er utskilt. På bakgrunn av de geokjemiske resultatene synes det som om det østlige området syd for Møklevatn er det mest interessante p.g.a. relativt høye bly verdier som kunne tyde på tilstedeværelse av blyrik ap- litt som beskrevet fra Fremstfjellet. Et tilsvarende område på den andre siden av Skiftesmyrforekomsten er også interessant selv om bly responsen her er svak. Det tredje området ved Elstadelva har ingen åpenbare grunner som skulle tilsi høy prioritet og bør følgelig klassifiseres i en B-kategori med tanke på oppfølging.

BINDEL B-OMRÅDET:

Dette området har vært detaljprospektert i forbindelse med Fremstfjell undersøkelsene og jeg går ut ifra at alle de 9 utskilte anomale områdene er blitt fulgt opp i forbindelse med den regionale undersøkelsen av dette området. En skal imidlertid merke seg at området B1, nordøst for Finbuvatnet i de sure intrusiver er blitt klassifisert som anomal.

BINDEL C-OMRÅDET:

Innenfor dette området har vi ni utskilte anomale soner. Høyest prioritering bør sonene i den sydøstre del få, nemlig sonene C5, C6, C7, C8 og C9. Deretter sone C4 på nordsiden av de sure intrusiver og tilslutt sone C1 i de sure intrusiver sydvest for Tunnsjøflyin mot Lillefjellklumpen.

BINDEL D-OMRÅDET:

Innenfor dette området har vi fire anomale soner. Av disse bør sone D1 nordøst for Gaajsjaverie få høyest prioritet p.g.a. de klare geokjemiske anomalier i dette området. D2 sydvest for Littlefjellet i forbindelse med den sure intrusiven er også interessant likeledes nord og vest for Jakobsundet i sur intrusiv selv om den geokjemiske respons er lite favorabel. Den siste anomale sone D4 vest for Ingulsvannet faller sammen med en av anomaliene innenfor anomaliområdet 2 fra den geokjemiske delrapport Juni 1983. Reanalysene fra dette område angir at man ikke kan utelukke at molybdenanomalien er reell og dette området bør følgelig følges opp men antagelig med B-prioritet.

BINDEL E-OMRÅDET:

Dette området faller sammen med anomaliområde 1 fra delrapport Juni 1983 og er karakterisert ved manglende geofysisk dekning i den vestlige del av området. Reanalyseringen av prøver fra Brekkvannsområdet viste at dette området fortsatt må regnes som anomalt og følgelig bør følges opp med høy prioritet. Under feltbefaringen i august, ble det tatt seks humusprøver nær den anomale bekk og to av disse viste verdier over 10 ppm Mo (16 og 30 ppm). Side 18. Sammenlignet med humus analyser for andre områder er dette anomale verdier. Innenfor anomaliområdet E1 har vi en svak geokjemisk respons men dette området bør muligens følges opp med B-prioritet. Område E2, nord for Tromsfjell, bør undersøkes da der også i dette området foreligger en mulig molybdenanomal bekk.

BINDEL F-OMRÅDET:

Området F1 syd og sydvest for Tromsfjell ligger i sure intrusiver, men har ingen klar geokjemisk signatur, ligger imidlertid i gunstig litologisk miljø og bør følges opp. Delområdene F2 ligger i grenseområdet mot Helgelandsdekket i nærheten av anomali 4 innenfor området 1 av delrapport Juni 1983. På grunn av sammenfall av anomaliområdet her, synes det nødvendig å undersøke dette området på tross av mindre favorabel litologisk assosiasjon. Den anomale sone F3 er interessant p.g.a. sin litologiske favorabilitet og tilstedeværelsen av klar kobberanomali. Områdene F4 og F5 virker ikke så interessante og bør hvis de følges opp, følges opp med B eller C-prioritet.

BINDEL G-OMRÅDET:

Dette området dekker anomaliområde 5 utskilt i delrapporten Juni 1983 og inneholder seks anomale soner på bakgrunn av forekomstmodelleringen. Sone G6 faller sammen med anomal molybdenanomali område, men påliteligheten av analysene må betviles sterkt på grunnlag av reanalyseringen utført i sommer og kommentert på side 10-12. Det er således kun en av de opprinnelige prøvene som muligens er anomal. Oppfølgingen utført over denne sone i sommer ga ikke noen ekstra holdpunkter som kunne tyde på molybdenpotential utover de som allerede eksisterer. Det synes derfor som om området bør puttes i C-prioritet inntil videre. Området G5 nord i vannkanten av Saksvann er vanskelig å prioritere uten mere informasjon. De anomale sonene G1 og G2 ligger i tilknytning til den sure intrusiven og burde være favorabel med tanke på molybden-kobber mineralisering. Disse lokaliteter bør følges opp med høy prioritet.

Sonen G4 sydøst for Lillefjell mellom Gjersvik og Småtjern bør følges opp med A-prioritet.

VII. AVSLUTTENDE BEMERKNINGER.

Den foreliggende tolkning representerer en ny måte å sammenkoble prosjekteringsdata på og er spesielt egnet til å få oversikt over store datamengder. Den indikator basert på kobber, bly, nikkel og vanadium som ble brukt for molybden der hvor disse analysene mangler er beregnet globalt for hele feltet. Med mere detaljkunnskap om de geokjemiske egenskapene for bekkesedimenter innen forskjellige litologiske områder vil indikatorer spesifikke for disse miljøene kunne beregnes og finere tolkning utføres. Omprøvetakningen og reanalyseringen viste imidlertid at reproduserbarheten kun er mellom 10 % og 30 % for de fleste elementer, slik at finere tolkning ikke har noen mening.