



Bergvesenet

Postboks 3021, N-7441 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering	Gradering
6234				
Kommer fra arkiv	Ekstern rapport nr	Oversendt fra	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Elkem as	84 - 97	Elkem as		

Titel

Malmgeologisk og brytningsteknisk vurdering av Selvåg jernmalmforekomst
Hovedoppgave for Knut Thorvaldsen.

Forfatter

Thorvaldsen, Knut

Dato **År**

31.12 1974

Bedrift (oppdragsgiver og/eller oppdragstaker)

NTH

Kommune

Bø

Fylke

Nordland

Bergdistrikt

1: 50 000 kartblad

11321

1: 250 000 kartblad

Svolvær

Fagområde

Geologi
Brytningsteknikk

Dokument type

Forekomster (forekomst, gruvefelt, undersøkelsesfelt)

Selvåg

Råstoffgruppe

Malm/metall

Råstofftype

Fe

Sammendrag, innholdsfortegnelse eller innholdsbeskrivelse

Første del av rapporten inneholder en redegjørelse for geologi med analyse av malmen.

Andre del er forslag til avbygning av forekomsten hvor både dagbrudds- og underjordsdrift er vurdert.

MALMGEOLOGISK OG BRYTNINGSTEKNISK VURDERING AV SELVÅG

JERNMALMFOREKOMST

av

Knut Thorvaldsen



Jeg erklærer at dette eksamensarbeidet er utført
selvstendig og i samsvar med eksamensreglementet for
Norges Tekniske Høgskole.

Trondheim, januar 1975

Knut Thorvaldsen

INNEHOLDSLISTE

Titelside	side	1
Egenskyløring		2
Oppgavetekst		4
I Forord		5
II Innledning		7
Figurliste, tekstdel		10
Figurliste, bilagsdel		11
Litteraturhenvisninger og -liste		15
Avdeling A. Geologi		18
Avdeling B. Brytningsmetoder		33
Avdeling C. Malmens økonomi		103

NORGES TEKNISKE HØGSKOLE

BERGAVDELINGEN



TRONDHEIM - N.T.H.
TELEFON 50 100 - 410

HOVEDOPPGAVE for

Navn: Knut Thorvaldsen

Studieretning: Gruvedrift Fagområde: Gruvedrift

Tekst: "Malmegeologisk og brytningsteknisk vurdering av
Selvåg Jernmalmsforekomst"

På grunnlag av befaringer og prøvestykker/diamantborkjerner skal det foretas en vurdering av malmverdi og eventuell lønnsom brytningsmetode for forekomsten.

For oppgaven gis følgende retningslinjer:

1. Foreta en mikroskopisk analyse av malmen og tegn på grunnlag av bløtninger og diamantborkhull opp malmgrensene slik at malmreserver og gehalter kan anslås.
2. Vurder dagbrudd og underjordsdrift mot hverandre og mål de mekaniske egenskaper for malm og sideberg. På dette grunnlag foretas et lay-out for avbygningen.
3. Foreslå maskinutrustning og transportmuligheter til grovknuser samt dennes beliggenhet.
4. Etter vurdering av brytningsmetode med bemanning, maskinutrustning, anleggskostnader etc., grovberegnes pris pr. tonn levert grovknuser.
5. Tilslutt vurderes lønnsomheten ved å sammenholde malmreserver, avbygningstakt, brytningskostnader, malmverdi og salgbarhet.

Oppgaven utlevert: 1. oktober 1974.

Oppgaven innlevert: 31. desember 1974.


faglærer

Oppgaven innleveres i 3 - tre - eksemplarer til avdelingskontoret + eventuelle ekstra eksemplarer til instituttet etter avtale med faglærer.

I FORORD

Som oppgavetekstens ordlyd viser, er denne rapporten om Selvåg jernmalforekomst konsentrert om de malngeologiske og brytningstekniske problemer ved forekomsten.

Av praktiske grunner, og for å lette arbeidet under utførelsen, er oppgaven delt i tre avdelinger.

Avdeling A inneholder en redegjørelse om områdets geologi, vesentlig satt sammen ved hjelp av eksisterende litteratur. Videre inngår en nøyere strukturell og tekstoneuell analyse av malmen. Den første er basert på egne notater og analyser av diamantborhull, mens den andre alt vesentlig er basert på mikroskopering av malmprøver. Dessuten inngår en diskusjon om maldannelsen og forekomstens form og fortsettelse mot dypet.

Avdeling B inneholder forslag til lay-out for avbygningen av forekomsten. Det er først en del teoretiske betraktninger som danner det første grunnlag for vurderingen, slike faktorer som klima, topografi etc. Fra diamantborkjerner ble sidebergets mekaniske egenskaper målt, og disse, sammen med de første betraktninger, ble lagt til grunn for forslag til avbygning av forekomsten. Både dagbrudds- og underjordsdrift er blitt vurdert. Jeg har videre utarbeidet forslag til veier og transportsystemer innen forekomsten. Dessuten utarbeidet en del alternativer for plassering av grovknuser, og foreslått plassering av gråbergtipper. På grunnlag av estimer av forekomstens størrelse og produksjonspotensiale har jeg så foreslått maskinutrustningen. Jeg har også forsøkt å finne frem til metoder for høyning av effektiviteten til det tekniske utstyret.

Avdeling C er en teknisk-økonomisk vurdering og analyse av malmen. På grunnlag av analyser av overflateprøver og diamantborkjerner har jeg foretatt et overslag over malmmengde med gjennomsnittsgehalter av Fe, Ti og V.

Det er også foretatt en beregning av gråbergsmengden og av totalforholdet gråberg/malm. Jeg har så anslått investeringskostnadene for maskinutrustningen, samt brytningskostnadene. Ut ifra dette har jeg prøvd å foreta en beregning av lønnsomheten. Til slutt inngår en liten vurdering av malmens oppredningsegenskaper og dens salgbarhet.

Dessverre har det blitt litt vel mye teoretisering og skisseringer av løsninger på de tekniske problemer uten at dette har ført til helt konkrete resultater. Årsaken til dette er at forekomsten er svært lite undersøkt. De analyser og data som finnes er enten for upålitelige eller for få. Det har således kostet mye tid og arbeid på leting og vurdering av helt elementære data.

Hovedgrunnlaget for rapporten er Elkem-Spigerverkets Selvågnappe. Ved siden av dette har jeg selv foretatt en del reiser til forekomsten. Den første var kun en liten befaringsreise for å gjøre seg kjent med stedet. Den andre var en feltundersøkelse som foregikk i tidsrommet 1. til 11. august. Den siste reisen ble gjort i september/oktober. Jeg prøvde da å få målt inn malmgrensene samtidig som jeg var assistent for Rødsand Grubers gravemåler under oppmålingen av utmålskravet.

Grunnlaget for de fleste tegninger og skisser er et tachymeterkart over forekomsten, oppmålt 1936 i målestokk 1:2000. Nordre linse er også dekket av et kart i målestokken 1:1000. Dessverre dekker de ikke hele forekomsten. Disse kartene er stort sett gode, men de er noe grove, bl.a. er det høydekurver bare for hver 10. meter. Ellers har jeg brukt NGO's kart 1132 Nykvåg i målestokk 1:50 000. Dette kartet har jeg fått forstørret til målestokkene 1:10 000 og 1:5000. Disse forstørrelsene danner grunnlaget for bl.a. beregning av gråbergsmengde og bruddgrenser. Dette kartet er oppmålt i 1899-1900 og er dessverre meget upålitelig.

Jeg vil få takke Elkem-Spigerverket ved Hans-Peter Geis for all hjelp. Jeg vil også få takke for selve oppgaven som har vært uhyre interessant, håper den faller i smak!

Jeg vil også få takke Bjørn Lie og Joar Lyngstad for råd og vink under utformingen av oppgaven.

Anmerkning:

Tabell 9 og 10 er dessverre blitt en del amputert, og fig. 32 til 35 har blitt utelatt. Årsaken til dette var et sammenbrudd for instituttets Hewlett-Packard Calculator.

II Innledning.

Langøya er en av de nordvestligste øyene i Vesterålen i Nordland fylke. Geografisk ligger den mellom $65^{\circ} 35'$ og $68^{\circ} 50'$ Nordlig bredde, og rundt 15° Østlig lengde.

Øyas overflate dekker et areal på 360 km^2 . Den er dermed Norges tredje største øy. Den er politisk oppdelt i fem kommuner: Radsel, Sortland, Langnes, Øksnes og Bø. Forekomsten ligger i Bø kommune.

Øya har en meget irregulær form, med lange og dype fjorder som skjærer seg inn i landet. Det indre av øya er fylt av høye, spisse fjell og med dype botner imellom. Fjordene er ofte kun skilt fra hverandre med lave eid, som er dekket eller består av kvartære avsetninger. Også inne i fjordene finnes store arealer dekket av morenegrus og -sand. Alle disse avsetningene og øyas generelle geomorfologi vitner om at øya fikk sin nåværende form under siste istid. Øyas høyeste punkt er på ca 700 m.o.h., men vanligvis er ikke fjellene høyere enn 3-500 m. Fjordene er dype, med fjell på sidene som stuper bratt ned i dem.

Bø kommune har ca 1800 innbyggere, og hele øyas innbyggertall kan anslås til ca 6000. Sortland er et tettsted i sterk vekst, dette har sannsynligvis bidratt til en stabilisering av innbyggertallet på resten av øya.

Det er idag to ferjer som forbinder Bø kommune med Sortland og fastlandet. Over Sortlandssundet (ca 10 min.) og Kråkberget - Sandset (ca 40 min.). Det bygges for tiden bro over Sortlandssundet og Kråkberget - Sandset vil bli erstattet av vei. Begge regnes å åpnes i løpet av 1975 eller 76.

Det er videre en kortbaneflyplass ved Stokmarknes, ca 20 km fra Sortland, og både Stokmarknes og Sortland har daglige anløp av hurtigruten. Spesielt flyplassen har gitt langøya en god og regulær forbindelse med omverdenen.

Små gardsbruk kombinert med fiske har tradisjonelt vært øyas viktigste næringsvei. Bø kommune har i mange år kjempet mot fraflyttingen og nedgang i folketallet i mange år. I de siste årene ser folketallet ut til å ha stabilisert seg på rundt 1800 innbyggere. Det er imidlertid en meget labil situasjon som fort kan forandre seg. Det finnes ingen industri av betydning innen kommunen, unntatt en del fiske-

industri. Den er imidlertid sesongbetont og ellers veldig følsom overfor konjunkturer. Annen industri er noen verksteder og sagbruk som er små og ikke sysselsetter mere enn ca 10 personer.

Det er et klart behov for industri eller annen sysselsetning som kan hjelpe kommunen ut av den labile situasjon den befinner seg i, det vil derfor være en klar fordel for kommunen å få en utbygging av Selvåg. Av de jeg snakket med var det en klar holdning til fordel for utbygging. Den vil gi gode arbeidsplasser i mange år og gi kommunen inntekter nok til å få i gang en stabil industri.

Øyas beliggenhet er vist i fig.1-1 & 1-2.



FIGURLISTE, TEKSTDEL,

Fig. 1 Bilder fra Selvåg	side 16
Fig. 2 Skisse av intrusjonenes forløp mot dypet	23
Fig. 3 Bilder fra sletten ved Selvåg	25
Fig. 4 Bilder av forekomsten	27
Fig. 5 Bilder av Nordre linse	29
Fig. 6 Bilder av Søndre linse	31
Fig. 7 Bilder av Selvå ved sjøen	33
Fig. 8 Mikroskopering	35
Fig. 9 Prinsipper ved underjordsdrift	60
Fig. 10 Underjordsdrift, transportutstyr	60
Fig. 11 Skjerfastheten for hengbergarten	46
Fig. 12 Skjerfastheten for liggbergarten	47
Fig. 13 Bilde med sprekkesystemet	49
Fig. 14 Sprekkesystemene, blokkdiagram	50
Fig. 15 Sprekkesystemene, snitt igjennom pall	50
Fig. 15 ^a & fig. 15 ^b .	
Diagram over pallvinkler i bruddet	55,57
Fig. 16 Prinsippskisse for dagbruddsdrift	66
Fig. 17 Utforming av bruddet ved kote nnull	66 ^b
Fig. 18 Rotasjonsbormaskin	75,76
Fig. 19 Sprengning, hullmønster	78
Fig. 20 Gravemaskin	80
Fig. 21 Hjullaster	82
Fig. 23 Åpning av bruddet, åpningskutt kote 360 m	92
Fig. 24 Åpning av bruddet, sliss nivå 360 m	92
Fig. 25 Åpning av bruddet, sliss nivå 345 m	93
Fig. 26 Åpning av bruddet, nivå 330 m	93
Fig. 27 Åpning av bruddet, påhugg nivå 285 m	95
Fig. 28 Åpning av bruddet, påhugg nivå 270 m	95
Fig. 29 Avbygning av sydmalmen	98
Fig. 30 Systemanalyser	104
Fig. 36 Funksjon for Fe/TiO ₂ -forholdet	125

FIGURLISTE, TITAG 1953

Avdeling A: Geologi

- Fig. 1-1 Langøya beliggenhet
- Fig. 1-3 Geologisk kart over Langøya
- Fig. 2-1 Geologisk kart over Eidet-Hovden intrusjonen
- Fig. 3-1 Blokkdiagram over området mellom forekomsten og fjorden.
- Fig. 3-2 Kart over Nordre linse 1:2000
- Fig. 3-3 Kart over Nordre linse 1:1000
- Fig. 3-4 Blokkdiagram over Nordre linse
- Fig. 3-5 Nordre linse, profil nr. 1
- Fig. 3-6 Nordre linse, profil nr. 2
- Fig. 3-7 Nordre linse, profil nr. 3
- Fig. 3-8 Kart over Søndre linse 1:2000
- Fig. 3-9 Blokkdiagram over Søndre linse
- Fig. 4-1 Halmens struktur, horisontalsnitt fra Nordre linse

Avdeling B: Brytningsmetoden

- Fig. 1-1 Veier til forekomsten
- Fig. 1-3 Oversiktskart 1:10 000
- Fig. 2-1 Brytningsmetode for underjordsdrift
- Fig. 4-1 Plassering av grovkuser, alt. 1
- Fig. 4-2 Plassering av grovkuser, alt. 1
- Fig. 4-3 Plassering av grovkuser, alt. 2 & 3
- Fig. 4-4 Plassering av grovkuser, alt. 4
- Fig. 4-5 Plassering av grovkuser, alt. 5
- Fig. 4-6 Plassering av grovkuser, alt. 5
- Fig. 4-7 Plassering av grovkuser, alt. 6
- Fig. 4-8 Plassering av grovkuser, alt. 6
- Fig. 4-9 Plassering av grovkuser, alt. 7
- Fig. 6-1 Utforming av gråbergstipp
- Fig. 6-2 Gråbergsbrytning, oppstart
- Fig. 6-3 Gråbergsbrytning, pall 360 m
- Fig. 7-1 Gråbergsbrytning, pall 330 m
- Fig. 7-2 Gråbergsbrytning, pall 300 m
- Fig. 7-3 Gråbergsbrytning, pall 270 m
- Fig. 7-4 Gråbergsbrytning, pall 240 m

- Fig. 7-5 Gröbergabrytning, pall 240 m, idealisera
 Fig. 7-6 Gröbergabrytning, pall 235 m
 Fig. 7-7 Gröbergabrytning, pall 225 m
 Fig. 7-8 Gröbergabrytning, sprenghälsanalyser
 Fig. 7-9 Gröbergabrytning og svälsbrytning, pall 210 m
 Fig. 7-10 Halsbrytning, pall 135 m

LITTERATURLISTE.

1. Knut S. Heier:
Langøyas geologi
NGU nr. 245.
2. Stig Wennberg
Det store eksamensarbeidet 1966
3. D. F. Coates
Rock Mechanics Principles
4. Elkem-Spigerverket
Rapporter om Selvåg
5. Surface Mining
Society of Mining Engineers of AIME 1968
6. Mining Engineering Handbook
Society of Mining Engineers of AIME 1973
7. Knut Thorvaldsen
Beskrivelse av dagbruddet på Tellnes, A/S TITANIA
Sommeroppgave 1973
8. Mineral Processing equipment costs and preliminary
capital costs estimates
Special Volume nr. 13
The Canadian Institute of Mining and Metallurgy
9. Engineering and Mining Journal
March 1974.

AVDELING A: Geologi.

1.0. Områdets geologi

1.1. Langøyas geologi	side	15
1.2. "Banded Series" - Gneisformasjonen		15
1.3. Eidet-Hovden området		17

2.0. Eidet-Hovdenintrusjonen

2.1. Generelt	side	18
2.2. Monzonitt		18
2.3. Gabbro		19
2.4. Ultra-basiske linser		20
2.5. Ganger		20
2.6. Oppsummering		21

3.0. Forekomsten

3.1. Beliggenhet	side	24
3.2. Nordre linse		24
3.3. Søndre linse		26

4.0. Malmen

4.1. Generelt	side	30
4.2. Malmens Struktur		30
4.3. Malmens Tekstur		34
4.4. Malmens relasjon til intrusivet		38
4.5. Malmens forsettelse mot dypet		38

1.0. OMRÅDETS GEOLOGI

1.1. Langøyas geologi

Øyas geologi er stort sett preget av metamorfe bergarter. De fleste av disse er så omvandlet at det er vanskelig å gjenkjenne den primære bergarten. Se fig. 1-3. Man kan imidlertid dele øya i to hovedfacies, delt av en ditinkt grense. Øst for denne grensen finnes bergarter i amfibolittfacies, og vest for grensen granulittfacies. Bergartene er meget sterkt omvandlet, spesielt i den vestlige delen. Mineralassosiasjonene er tydelig metamorfe slik at det er vanskelig å finne primære magmatiske eller sedimentære trekk. Det er imidlertid funnet utvilsomt sedimentære bergarter innen gneissserien og disse viser at de såkalte "Banded Series" primært bestod av sedimentære bergarter, gråvakker, skifre, sandstener, lavaer, osv. som opprinnelig var avsatt i en geosynklinal. De metasedimentære bergarter som fremdeles kan gjenkjennes som slike, er grafittskifre og marmor, begge er svært resistente mot regionalmetamorfe omvandlinger. Kvarsitt finnes innen begge facies, men er bare gjenkjennelig som slike innen de østlige amfibolittfacies, og ikke i det hele tatt innen granulittfacies i vest.

1.2. "Banded Series"

Denne bergarten er arealmessig den viktigste bergarten på øya. Den har fått sitt navn pga. sin sterkt båndede struktur, men kan ellers variere i mineralinnhold. Bergarten er karakteristisk. Heier (1) mener at bergarten opprinnelig har vært sedimentær. Etter utseendet å dømme må den kunne karakteriseres som en Charnocittgneis. Ved siden av den båndede strukturen er mineralet hypersten karakteristisk og det dominerende mineral. Utenom disse to dellestrekk kan bergartene i denne serien variere meget. Derfor er det etter min mening riktig å bruke selve betegnelsen gneis på denne serien. Fig. 1 viser et bilde av Utskår på østsiden av Malnesfjorden. På bildet fremgår det tydelig hvordan bergartene står nesten lodrett. Det gir også et godt inntrykk av den ville naturen her oppe.



Fig 1^a). Utskår sett fra Søndre linse.



Fig 1^b) Søndre linse og sletten sett fra stranden.

1.3. Eidet - Hovden området.

Dette er geografisk en stor halvøy mellom Åsanfjorden og Malnesfjorden. Se fig. 1-4. Halvøya har imidlertid også en geologi som skiller seg vesentlig ut fra Langøyas generelle geologi. Det meste av halvøya er dekket av intrusive bergarter. Disse varierer fra monzonitt til gabbro og ultra-basiske bergarter og dekker dermed en hel magmatisk serie. Heier (1) har ikke funnet noe bevis for fraksjonert krystallisasjon, men regner likevel med en slik magmatisk dannelselse. Intrusivet er imidlertid noe metamorfosert og det kan være årsaken.

2.0. Eidet - Hovden intrusjonen.

2.1. Generelt

Intrusjonen er, som nevnt, en serie ~~m~~ magmatiske bergarter hvis petrogenese er distinkt forskjellig fra de omliggende bergartene. Intrusivet består av følgende bergarter:

Monzonitt

Ganger (monzonittiske og pegmatittiske)

Gabbro

Magnetitt - Ilmenittmineraliseringer

Ultra - basitter

Gangene finnes bare innen gabbroen. Hele intrusjonen ser ut til å danne en antiklinal med foldningsakse Nord - Syd. *hovedsakelig synklinal*

Intrusjonen er så ² og si hele veien rundt omgitt av sjøen. Det er bare over et kort stykke i Sydvest, hvor halvøya er landfast at grensen mot gneisene kommer over sjønivå. Hvor kontakten krysser halvøya, kan den følges i terrenget som en tydelig trang dal. Den starter et lite stykke Syd for Selvåg og går et stykke rett Sydover før den dreier østover til Eidet. Se fig. 1-4. *hvor?*

Selv om kontakten ikke i seg selv er blottet, finnes det blotninger på hver side av kontakten, ofte bare få meter fra den. Dette gjør det mulig å fastlegge grensen temmelig nøyaktig.

2.2. Monzonitt.

To geografisk adskilte monzonittmassiver opptrer innenfor området. Det minste av disse finnes i et lite område ved Engenkyken, ved Bufjell. Det andre og langt største går over et stort område fra Selvågtind og nordover til Hovden. Det er vanskelig å finne noen eksakt grense pga. overdekningen. Dermed vet man ikke hvorvidt monzonitten

→ er intrusjoner i gabbroen eller ligger oppå den. Jeg er tilbøyelig til å mene det siste. Fallet forandrer seg fra steilt i gabbroen nær grensen mot gneisen og flater mere og mere ut jo lenger inn mot monzonitten man kommer. En pegmatittgang, funnet av Heier (1), nær grensen mot gabbroen, ligger så og si horisontalt. Det er også en indikasjon på at strøket flater ut og at dermed monzonitten ligger oppå gabbroen. *2*

Monzonitten er utvilsomt yngre enn gabbroen. Heier (1) har funnet ganger av den som skjærer seg inn i gabbroen.

2.3. Gabbro

Heier (1) inndeler bergarten i fem forskjellige soner. Inndelingen er basert på variasjoner i plagioklasens An - innhold som ser ut til å variere sonevis eller jevnt innover mot monzonitten (Se fig. 1-4). Den generelle trend er: Sonene 1 & 2 er den smale stripen nær kontakten mot gneisene. Mesteparten av gabbroen ligger innenfor sonene 3 & 4. Sone 5, som er den mest albittrike plagioklas, ligger som en smal stripe rundt monzonittmassivet. Denne soneinndelingen er sannsynligvis et primært magmatisk fenomen.

Den nøyaktige grensen mellom gabbroen og gneisen er ikke kjent. Området er, som nevnt, overdekket og det er få blotninger. Heier (1) antar likevel at grensen er skarp. Gabbroen er meget sterkt omvandlet i en sone nær grensen. gneisen er imidlertid så og si uberørt (i forhold til resten av gneismassivet). Det eneste tegn på forstyrrelser er en bøyning rundt gabbroen i stor skala. Dette kan være et fenomen som oppstod under dannelsen av intrusjonen.

Heier (1) observerer en intensiv pressing av gabbroen nær kontakten som kan strekke seg opptil 50 m fra den. Selve den omvandlete sonen kan følges til Røshagen, ca 2 km nord for Selvåg. Ca 1 km syd for Røshagen er der et punkt hvor gabbroen er så sterkt omvandlet at den minner om grønnskiifer

Mineralogien til gabbroen forandrer seg med avstanden fra grensen (størst omvandling nær grensen). Lengst vekk fra kontakten (innen sonen) er gabbroen en del mekanisk påvirket men ikke rekrystallisert. Karakteristiske mineraler for denne sonen er plagioklas, hornblende, biotitt, skapolitt, serpentin, apatitt og opake mineraler.

Mesteparten av intrusjonen er imidlertid normal gabbro. Den er en grå, medium til grovkornet bergart. Gabbroen er båndet, men båndene er ofte dårlig utviklet. Båndingen er best utviklet innen de sentrale deler av gabbroen, og er karakterisert ved plagioklasrike bånd i veksling med pyroksenittbånd. Båndenes fall er tilnærmet vertikalt i kontakten med gneisen men flater ut og blir tilnærmet

horisontale nær monzonitten. Båndingen, sammen med en viss lamellær utvikling av plagioklaskornene definerer strøk og fall for gabbroen. Grønnspinell er et mineral som, foruten de vanlige gabbromineralene opptrer innenfor alle sonene. Det opptrer også i malmen, ifølge en rapport fra Elkem-Spigerverket (2).

2.4. Ultrabasiske linser

hva består de av?

Linsene varierer meget i størrelse på utgående, fra cm^2 - store opptil noen hundre m^2 . Alle linsene har et meget irregulært omriss i utgående. Karakteristisk er at de er lengere i en dimensjon, og dette gir dem et utseende av at de er bånd i gabbroen.

Selv om linsene ser ut tilsynelatende til å være vilkårlig spredt utover innen gabbromassivet, viser det seg ved nærmere undersøkelse at de danner et mønster. Det er en tydelig trend at linsene finnes gruppert i midten av gabbroen, og i nær tilknytning til magnetitt - ilmenittforekomstene eller den godt båndede gabbro. Disse siste utgjør forøvrig, sammen med jernmalmforekomstene, også en sone i intrusjonen, men det kommer jeg tilbake til.

De eneste funn av ultrabasiske linser (1) som tilsynelatende faller utenfor rammen, er flere små linser på den lille øya Torvøen. Der finnes imidlertid også en magnetitt-ilmenitt forekomst, og det er mulig at den tilhører den samme sonen. Da må intrusjonen være foldet, men det er vanskelig å finne noe bevis for en slik utvikling, fordi denne delen av intrusjonen ligger under havnivå.

hvor?

2.5. Ganger.

Disse gangene er vanlige innen gabbroen, spesielt syd for Selvågtind. Ingen av dem kan følges over lengre distanser. Heller ikke kan de følges over kontakten og inn i gneisen. Tvertimot synes gangene å bøye av og bli tilnærmet parallell med kontakten.

Tykkelsen på gangene varierer, fra noen centimeter til flere meter. Den tykkeste gangen som ble funnet av Heier (1) var ca 20 m;

Gangenens mineralogiske sammensetning viser at de består av sure bergarter. Stort sett kan de klassifiseres (1) til monzonittiske og pegmatittiske.

2.6. Oppsummering.

Det faktum at intrusjonen er lite eller ingenting metamorfoisert, unntatt langs kontakten, gjør det klart at den må ha unngått regionalmetamorfosen i området. Den må da være syn- eller postmetamorf. Det faktum at intrusjonen er sterkt metamorfoisert langs grensen mot gneisen, og at begge bergartene har samme strøk langs kontakten, gjør at jeg er av den oppfatning at intrusjonen må være dannet under eller sent (på slutten av) metamorfosen i området. Hvis den ble introdusert sent i metamorfosen forklarer det det faktum at intrusjonen er en del tektonisert og foldet. Den må da ha blitt foldet sammen med gneisene under siste fase av regionalmetamorfosen. I dette tilfellet ville intrusjonen foldes som en enhet og bare vise omvandling i kontakten med de omliggende bergarter. Gangene ville også ha kunnet bli introdusert under denne fasen.

Intrusjonen ligger som en synklinal, med foldningsakse pekende nord - syd. Tilstedeværelsen av monzonitt og magnetitt - ilmenitt ved Buffjell - Gustad området indikerer at muligheten for en antyklinal er til stede, dvs. at intrusjonen er foldet tilbake igjen.

Heier (1) påviste at det ikke er noen mineralogisk forskjell på de to monzonittmassivene. Det skulle tyde på at de to kroppene tilhører det samme massivet.

Jeg antar, på bakgrunn av dette, at dannelsen av intrusjonen må ha foregått slik:

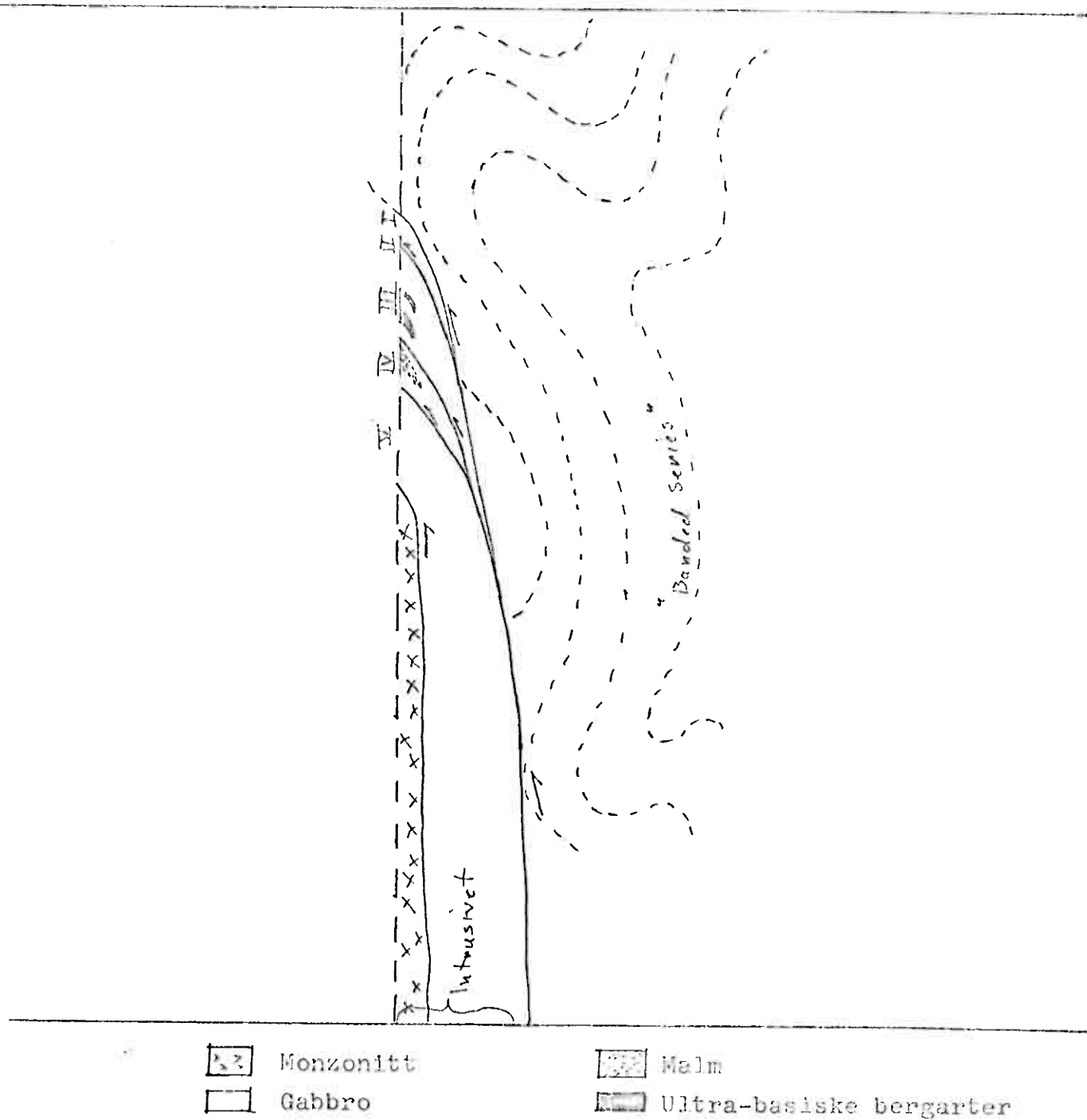
- 1) Avsetning av sedimenter i et geosynklinalbekken med påfølgende heving og metamorfose.
- 2) Introdusering av et magma enten på slutten av metamorfosen eller umiddelbart etter, ved foldningen av sedimentpakken.
- 3) Foldning av sedimentpakken og intrusjonen sammen, intrudering av ganger i gabbroen. Sannsynligvis har hele intrusivet "sklidd" opp eller ned, sannsynligvis ned, på gneisene, slik at gabbroen ble kontakt-metamorfoisert nær gneisene.

Grensen mellom intrusjonen og gabbroen danner, som nevnt, et distinkt dalføre. Dette tyder på at det er et forkastnings- eller glideplan der. Hvis både gneisen og intrusjonen var blitt foldet og tektonisert på samme tid, skulle det også være mulig å finne tegn til omvandling innen gneisens grensesone.

skulle det også være mulig å finne tegn til omvandling innen gneisens grensesone.

Fig. 2 viser et skjematisk snitt av intrusjonens forløp mot dypet. Det fremgår tydelig av figuren hvordan hele komplekset flyter oppå sedimentene. Fig 2-1 viser to vertikalsnitt av intrusjonen, det ene nord-syd og det andre øst-vest.

hvor?



Den vertikale skala er sterkt overdrevet

Fig. 2 Skisse av intrusjonens plassering i komplekset.

3.0. FOREKOMSTEN.

3.1. Beliggenhet.

Forekomsten ligger i en bratt fjellside på vestsiden av Malnesfjorden og ca 800 m fra stranden. Tidligere lå det et lite gårdsbruk der, Selvåg, hvorfra forekomsten har fått sitt navn. Den ble fraflyttet i mellomkrigstiden. Man kan enda se hustuftene og deler av grunnmuren der. Det finnes ikke vei helt inn til forekomsten, den stopper ved Grimstad, ca 2,5 km syd for Selvåg.

Nedenfor forekomsten, mellom denne og stranden ligger en stor gressbevokst slette, som delvis har karakter av myr. Slettens areal er på ca 100 000 m² brutto, den flateste delen er på ca 50 000 m². Sletten bør gi god plass for verksted, administrasjonsbygg, oppredningsanlegg etc. Det må selvsagt foretas grunnundersøkelser, men generelt sett er nok ikke torvlaget dypere enn ca 1 m.

Malnesfjorden er dyp nok for de fleste skip, selv malmskip opp til 50 000 tonns klassen. Ifølge kommuneingeniøren i Bø skal det allerede noen meter fra stranden være dybder opptil 10 m. Rett over Selvåg, ved Utskår, finnes ifølge kommuneingeniøren Bø's beste havn, hvor skip kan gå inn i så og si all slags vær. På den andre siden av forekomsten, mot vest, finnes tettstedet Nykvåg, hvor det også er opparbeidet en god havn, selv om den ikke er beregnet på store skip.

Selve Malnesfjorden er ca 7 km lang inn til Selvåg, og ca 12 km lang totalt. Fig. 3 viser bilder av sletten nedenfor forekomsten, tatt fra nordre linse. Fig. 3-1 er et blokkdiagram over hele området, som viser de forskjellige parametre for forekomsten.

*Arke er i utgang
blokk diagram*

Forekomsten deles opp i to deler, nordre og søndre linse, efter utgående av jernmalmen.

3.2. Nordre linse

Som nevnt er forekomstens utgående delt i to selv om det er mulig at de to delene har forbindelse mot dypet. Nordre linse er den største av de to utgående. Arealet kan anslås til ca 80 000 m² i utgående. Fig 3-1 viser kart over Nordre linse. Utgående av linsen ligger i en bratt



Fig. 3^a): Sletten foran forekomsten, sett fra Nordre linse.

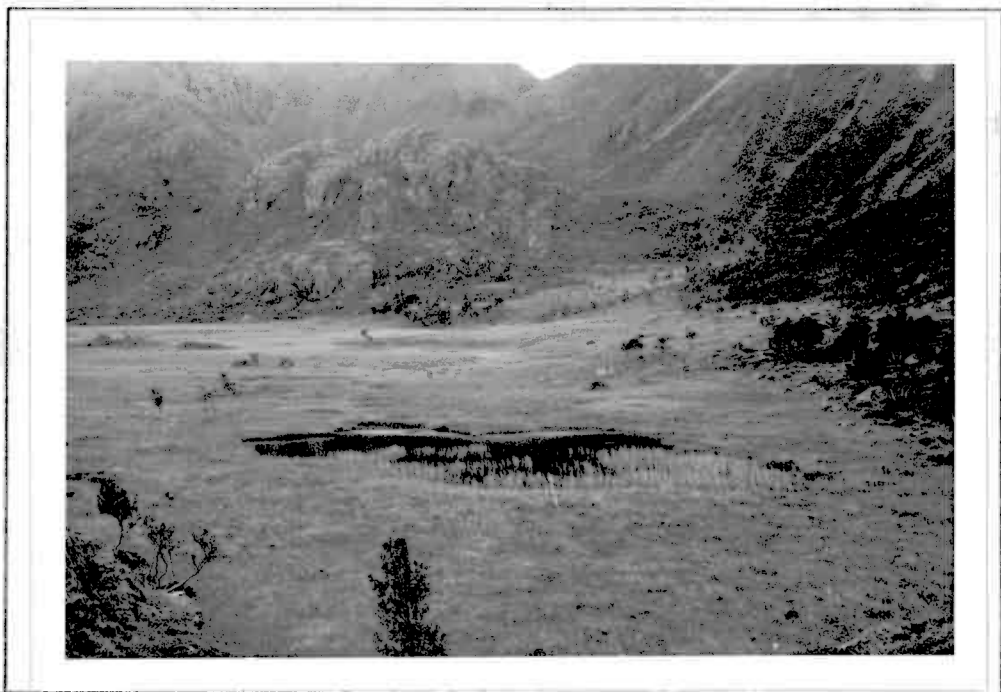


Fig. 3^b): Sletten foran forekomsten, sett fra fjorden.

fjellside. Fjellsiden vender mot øst, mot fjorden, mens linsens fall er i gjennomsnitt beregnet til ca 50° W. Strøket går tilnærmet nord - syd.

Liggen av malmen har utgående på ca 90 m.o.h., mens hengen har utgående på ca 240 m.o.h. Fjellsidens høyeste punkt er på ca 380 m.o.h.

Terrengnet er preget av blokkfall og ur. Fjellsiden er meget bratt, enkelte steder med en helningsvinkel på 40° .

Liggrensen er så og si helt skjult under ura, mens hengsiden stort sett er blottet. Fig. 4 gir et godt bilde på hvordan forekomsten ligger i terrengnet. I mine kalkulasjoner har jeg beregnet nordmalmens lengde til ca 500 m. Det er imidlertid funnet malm høyere opp, helt opp til ca 450 m. (2). Jeg regner derfor med at malmen strekker seg videre mot nord, opp mot Selvågtind ca 570 m.o.h. Denne delen av malmen er dekket av torv og gress, lenger oppe av ur, men i ura finnes et betydelig antall malmblokker som skulle tyde på at malmen ihvertfall strekker seg opp til ca 400 m.o.h. Se kapittel 1.0., seksjon C.

Fig. 3-3 viser det beste kartet over nordmalmen, i målestokk 1:1000. Fig. 3-4 er et blokkdiagram over linsen, med antatt forløp av malmen ned til kote 0. Figurene 3-5, 3-6 og 3-7 viser de diamantboringene som er foretatt. Det er ialt boret ca 1000 m, som jo er alt for lite til å gi et sikkert bilde av forekomsten.

3.3. Søndre Linse

Søndre Linse eller sydmalmen ligger bare ca 100 m syd for nordre linse. Det går en trang dal fra nordmalmen mot syd, og sydmalmen starter i denne dalen på ca 120 m.o.h. Den bøyer imidlertid mere vestlig, sammen med det generellerstrøket i området. Hengen følger dalen opp til ca 270 m.o.h. Der forsvinner den under ur og røys. Liggen følger dalen et stykke rett syd, og bøyer så skarpt av mot vest. Innen denne linsen finnes også svært lite blotninger. Det er en del spredte blotninger i dalen i den nordligste delen, dessuten den sydvestligste delen fra 230 til 270 m.o.h. Grensen er nesten ikke blottet, men det er funnet blotninger på begge sider av den og like inntil. Dessuten gir blokkfunn en viss indikasjon på hvor grensen går.



Fig 4^a): Nordre linse, sett mot vest. *Hor er grensen?*



Fig 4^b): Nordre linse, sett fra Søndre linse.

Hor er grensen?

Denne linsen er noe mindre enn nordmalmen. Den har et utgående malmareal på ca 50 000 m². Linsens laveste punkt er altså ca 120 m.o.h., mens det høyeste funne er på ca 270 m.o.h.

Det er ikke foretatt noen boringer i denne linseen, kun overflateprøver er tatt. Dette gir et dårlig grunnlag for malmberegninger, se kap. 1.0.

Fig. 3-8. viser et kart over sydmalmen, målestokk 1:2000. Malmgrensen, spesielt liggen, ble forsøkt målt inn med målestagg og teodolitt under feltarbeidet. Resultatet er lite pålitelig, pga. overdekningen, men gir et omtrentlig bilde av hvor grensen går. Det må også her foretas diamantboringer for å få fastslått malmens nøyaktige forløp. Malmens fall varierer fra ca 70° V i nordenden til ca 70° NV mot syd.

Fig. 3-9. viser blokkdiagram av forekomsten og fig. 5 er to bilder av forekomsten som viser hvor vanskelig terrenget i området er. Malmgrensen er forsøkt tegnet inn.



Fig 5^a): Søndre linse, sett mot syd.

grensen?



Fig 5^b): Søndre linse, sett mot sydvest.
Malmgrensen inntegnet.

4.0. MALMEN

4.1. Generelt.

Som nevnt finnes det så få opplysninger om forekomsten at det har vært vanskelig å få dannet seg et skikkelig bilde av den, spesielt gjelder dette gangen mot dypet. Ved siden av betraktning av den sterkt forvitrede overflaten, (anslagsvis 10% av forekomsten er blottet), er de diamantboringene som er foretatt alt for lite til at jeg får dannet meg et pålitelig bilde av forekomstens struktur.

4.2. Malmens struktur.

Den mest iøynefallende strukturelle egenskap ved malmen er den utstrakte båndingen. Den arter seg vesentlig som en veksling mellom lysere og mørkere lag. Det mørkeste båndet av de to er det som tydeligvis har det største malminnhold. (Se fig. 6). Båndene er vanligvis 1-10 cm tykke, ofte finnes en meget regelmessig veksling.

Det finnes tre strukturelle hovedtyper innen malmen. Den første er karakterisert ved en bånding hvor lyse, hvitgrå bånd veksler med mørke brune bånd. Dette er sannsynligvis en fattig malm. De lyse båndene er plagioklasrike, med lite mørke mineraler. De er sannsynligvis av den samme type som er blitt beskrevet av Heier(1)(se kap. 2.3.). De er av noenlunde samme type som bergarten imellom og rundt linsene, dog er den en del mere finkornig. De mørkebrune båndene ser ut til å være pyroksenittbånd som inneholder en del malm.

Den andre typen er en bånding hvor begge båndene er relativt mørke. Det er en veksling mellom lyse- og mørkebrune bånd. Begge båndene har den karakteristiske forvittringshuden og jeg går ut ifra at det dreier seg om relativt god malm. De lyseste båndene er pyroksenittiske og tydelig gabbroide, med en grov tekstur. Disse ligner på de mørke båndene beskrevet av Heier(kap. 2.3.), og ligner også på de mørkeste av de nyss beskrevne bånd. De mørkeste båndene er tydelig malmrike. Ofte har de den karakteristiske blåsorte farven som kjennetegner rik malm.



Fig 6^a): Malmens benkning.

*ifølge teksten skal det
være båndingen*



Fig 6^b): Nærbillede av malmens struktur.

*hva viser
det?*

Denne siste typen viser ofte overganger til den tredje malmtypen. Dette er en massiv, mørk brun til sort malm. Det karakteristiske ved denne typen er at malmrike soner opptrer som klumper av blåsort farve. Denne typen er uten tegn til bånding, men en eller annen form for benkning finnes alltid innen malmen. Denne siste typen er sannsynligvis de rikeste partiene innen malmen.

Spesielt de rikeste partiene av malmen har en godt synlig forvittringshud. Denne ser ut som ~~en~~ en glassaktig, tynn hinne og dekker malmoverflaten. Det er et resultat av kjemisk forvitring. Sannsynligvis er det denne huden som får frem den karakteristiske blåsorte farven. Denne mangler helt, f.eks. på diamantborkjernene.

Malmen er meget oppsprukket og forvitret. En del av denne oppsprekningen skyldes uten tvil erosjon og frostsprengning. En del er sannsynligvis sprekker av mere dyptgående karakter. Disse vil bli gjort rede for i kap. 2.2., avdeling B. Det finnes også en del slepper som har skapt mye byyderi og fastkjøring under diamantboringen.

Nær grensen blir malmen tydelig lysere og fattigere, spesielt i Søndre linse. Det finnes imidlertid unntak, slik som vist i fig. 7^a), som viser henggrensen i Nordre linse. På dette bildet sees også den karakteristiske benkningen og forvitringen.

Mot syd og nord ser malmen ut til å smalne inn og kile ut i små, smale spisser. Det er imidlertid vanskelig å si noe sikkert om dette pga. overdekningen.

Bergarten rundt malmen er en grovkornet gabbro som har blitt beskrevet i kap. 2.3. Mellom linsene er den av en annen karakter, lysere og med en god benkning og bånding. Det ser ut til å være en distinkt sone innen gabbroen hvori malmen ligger, se kap. 4.4.

I fig. 4-1 har jeg forsøkt å tegne inn strukturen i malmen i Nordre linse basert på analyser av diamantborkjerner. Diamantborhullene er vist i fig. 3-5 til 3-7. Disse er projisert ned til nivå null, og jeg har så forsøkt å finne felles strukturelle trekk mellom borhullene. Borhullene er satt med en innbyrdes avstand på ca 100 m, og det har vist seg at malmen varierer så mye at avstanden har blitt for stor. Det kan observeres et visst mønster i malmen innen



Fig 7^a): Mot hengen i Nordre linse.

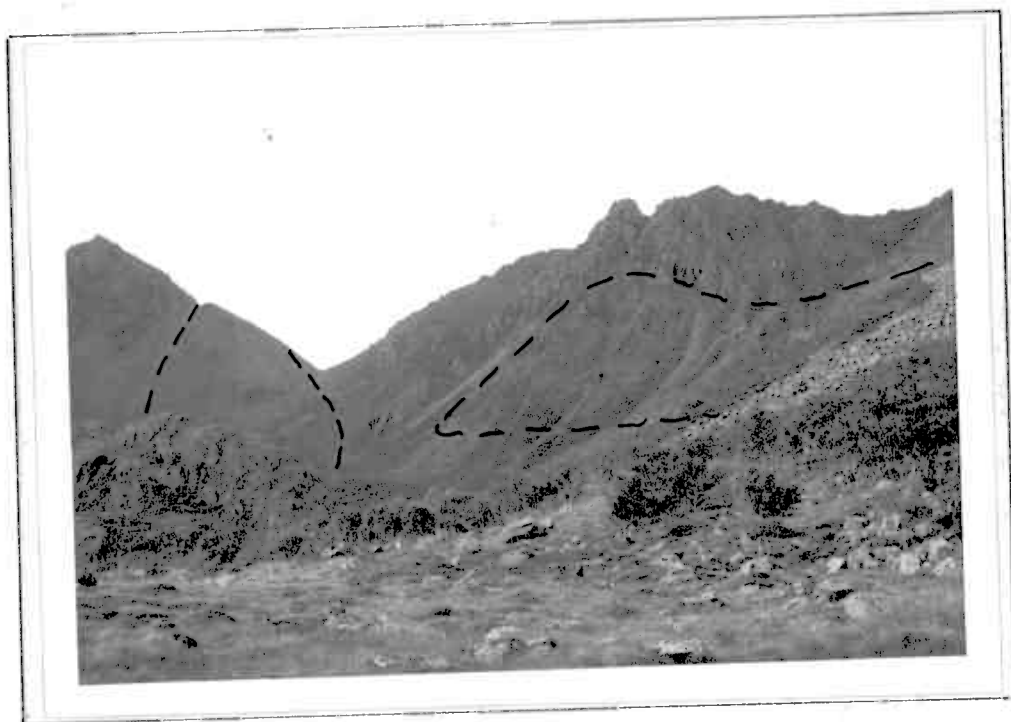


Fig. 7^b): Forekomsten med grensene inntegnet.

hvert enkelt hull, med midten av malmen som den rikeste delen. Dette er for såvidt normalt i en magmatisk malm av denne typen og finnes også f.eks. hos a/s Titania's dagbrudd på Tellnes.

Utenom dette er verdiene så vrierende at jeg ikke kunne trekke noen entydig konklusjon. Det figur 4-1 viser, er da analysene fra diamantborkjernene projisert ned til et horisontalsnitt på nivå null. Jeg har forsøkt å skille ut de dårligste partier av malmen, dvs. de med mindre enn 20% Fe. Dette tilsvarer en påsetning på ca 1:5,0. Jeg har forbundet disse sonene med hverandre der hvor dette kunne la seg gjøre, og i det hele antydde grensene for dem.

Det er en stor variasjon mellom gehalten i % og påsetningen pr. tonn slig. Dette betyr at malmens opprednings-egenskaper varierer sterkt. Dette vil imidlertid bli behandlet i avdeling C.

4.3. Malmens tekstur.

Undersøkelsene er gjort med grunnlag i analyse av ni slip, åtte fra Søndre linse og ett fra Nordre linse.

Alle slipene, unntatt ett (S.S.2.), holdt ca 40 - 50% malmmineraler. Det ene slipet var tatt av en prøve fra en tydelig malmfattig sone for å se om malmen opptrer annerledes innen disse sonene. Dette viste seg ikke å være tilfelle. Det viste seg også at det ikke var noen forskjell på malmen fra Nordre og Søndre linse. De vil derfor i det etterfølgende bli behandlet samlet.

De forekommende malmmineraler i slipene er:

Hovedmineraler: Magnetitt
 Ilmenitt

Aksessoriske mineraler: Pyritt
 Pyrrhotitt
 Chalcopyritt
 Pentlanditt (?)

Alle de aksessoriske mineraler opptrer i svært små mengder (ca 1%), med pyritt som det hyppigst forekommende. De er oftest så finkornige at identifisering er vanskelig.

Mineralenes opptreden i slipene er helt tilfeldig, uten å følge noen bestemt tekstur. Dog kunne jeg i enkelte slip observere en meget svak kataklastisk tekstur. Denne var kjennetegnet ved at en oppsprekning og oppknusning hadde funnet sted, spesielt gjelder dette silikatene. Denne teksturen så ut til å følge (svakt) en felles parallell tekstur.

Spesielt magnetittkrystallene varierer mye i størrelse, fra nesten submikroskopiske korn til store krystaller. Sulfidene er vanligvis finkornige, med anhedral form. Ilmenitt som korn er også euhedrale, oftest grovkornige, men viser ikke så god krystallform som magnetitten. Oksydmineralene har som oftest skarpe grenser seg imellom og imot silikatene, mens sulfidenes grenser er mere utflytende og ujevne.

De største magnetittkornene er samlet i allotriomorfe aggregater, mens små korn oftest er vilkårlig spredt rundt innen slipene. De innbyrdes grenser er vanskelig å observere, men stort sett ser krystallenes form ut til å være oktaedrisk.

Ilmenitten opptrer for det meste som avblandings-lameller i magnetittkrystallene (ilmeno-magnetitt). Lamellene varierer voldsomt i størrelse, fra nesten submikroskopiske til tykke blad. Lamellene ser ut til å være orientert langs // 111-planet i magnetitten. (Se fig. 8^a). Sulfidene opptrer som dråpeformede korn. De ligger oftest innesluttet i en bergartsmasse, slik at de sjelden er i kontakt med oksydmineralene. De opptrer med varierende mengde i de forskjellige slip, fra 0 og opptil 2% av totale mineraler. Som oftest opptrer de på steder og i de slip hvor det finnes spor av omvandling.

Ilmenitt som enkeltkrystaller er det eneste mineral som tydelig bærer preg av omvandling. Den viser en sterk undulerende utslukning under xx nicols og en meget sterk sonering. Krystallene inneholder også lameller av et annet mineral, som ser ut til å være hematitt.

Sulfidene viser mange innbyrdes inneslutninger, f.eks. er chalcoprytt ofte innesluttet i pyritt eller pyrrhotitt osv. Noen omvandling eller fortrenkning i stor

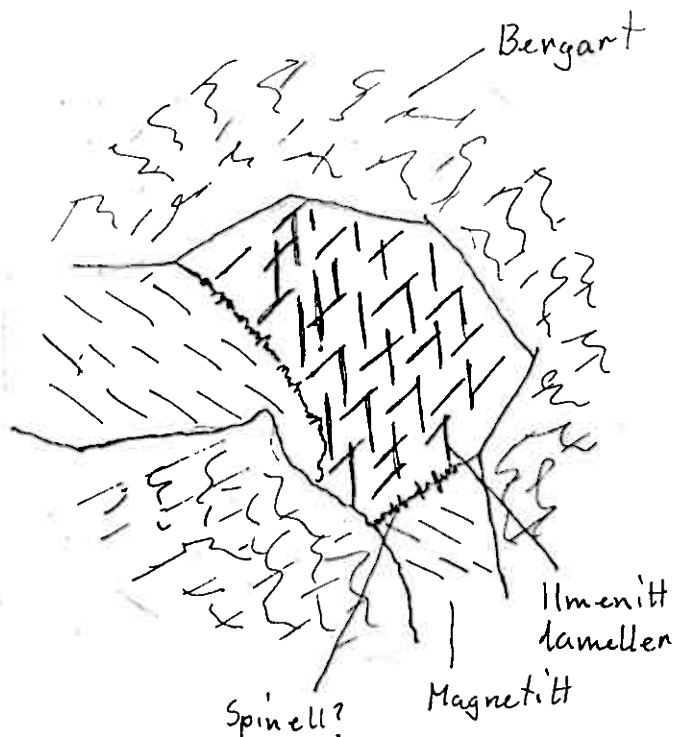


Fig. 8^a

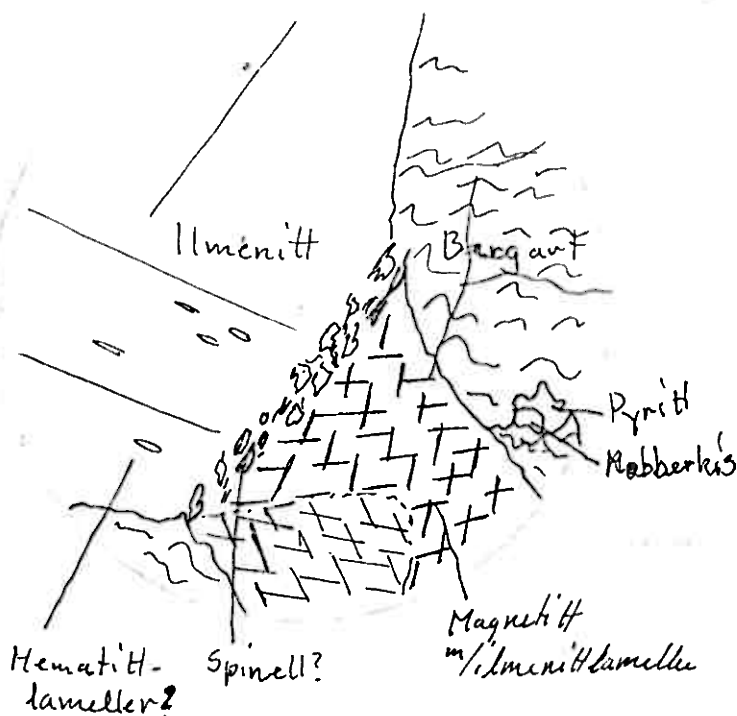


Fig. 8^b.

skala ser imidlertid ikke ut til å ha funnet sted, og hovedsakelig må malmens tekstur sies å være primært, sannsynligvis likvid-magmatisk.

En merkelig tekstur opptrer i alle slipene (fig. 8^b). Mellom ilmenitt og magnetitt, dessuten imellom magnetittkrystallene har et annet mineral satt seg på sprekke. Om mineralet er primært avsatt imellom kornene eller om det er resultatet av en fortrenkning er vanskelig å si. Det ser imidlertid ut til at det første er tilfelle. Mineralet er meget finkornig og mørkt av farge, nesten like mørkt som silikatene. De har ingen god krystallform, men viser nærmest dråpeform slik som sulfidene. Jeg tror at dette er en Mg-rik spinell (Analysene viser Mg-overskudd) som har slått seg sammen med de Fe- og Ti-mengder som har blitt til overs under dannelsen og som så har krystallisert ut imellom magnetittkrystallene.

Nøkkelen til det forvirrende misforholdet mellom Fe-innholdet og påsetning kan sannsynligvis forklares ut ifra de observasjoner som er gjort. Det viste seg i en del slip at de inneholdt fri ilmenitt, mens andre igjen kun hadde ilmenitten som lameller i magnetitt. Med frikorn av ilmenitt vil man da få en lavere påsetning med samme Fe-innhold.

*for like
materiale
for å av-
gjøre*

4.4. Malmens relasjon til intrusivet.

Heier (1) har rapportert mineralisering av magnetitt flere steder innen gabbroen. Det ser ut som om disse mineraliseringene følger et bestemt mønster, som danner en sone innen gabbroen. Med forekomsten som referanse har Heier funnet mineralisering i et drag fra Nordre linse og så langt nord som Malnestind. Fra Søndre linse kan den spores over ryggen øst for Trollvann. Hele komplekset ser ut til å danne en bue som nevnt under kap. 2.6. Denne trenden blir enda tydeligere hvis man tar med sonene med båndet gabbro og en sone i vest med pyroksenittgabbro. Da går det tydelig frem hvordan hele komplekset danner en tydelig sone innen gabbroen, se fig. 4-2. Jeg tror at denne sonen er et primært magmatisk fenomen som viser et spesielt størkningssyklus. Et eller annet tidspunkt under størkingen var betingelsene slik at de tunge malmmineralene ble krystallisert ut. På de steder hvor det var lite malmmineraler, ble det isteden pyroksenitt og beslektede mineraler som krystalliserte ut. Dette fordi de samme betingelser måtte eksistere over hele sonen i magmakammeret og siden det var lite malmmineraler måtte en erstatning for disse felles ut. Båndingen ville man da få fordi det etter utfellingen av tunge mineraler ble et overskudd på lyse mineraler som så krystalliserte. Etter dette ble det da igjen overskudd på mørke mineraler, muligens pga. ny tilførsel, og disse krystalliserte da ut.

hvor?

*det var
2. sone over
skudd på malm-
taller.
fra båndet
ha sett i
C. Herat*

4.5. Malmens forsettelse mot dypet.

Det man for tiden sikkert vet, er at malmen forsetter til nivå null. Det er imidlertid overveiende sannsynlig at malmsonen forsetter også under dette nivået. Betingelsen for dette er at erosjonen ikke har kommet så langt at det meste av malmen er blitt erodert bort. Fig. 2 viser hvordan jeg tenker meg malmens forsettelse mot dypet. Jeg har da regnet med at erosjonen bare så vidt har avdekket forekomsten. Det som er blottet er da den øverste del av en stor linse som har delt seg i øvre del, og som vi deler i Nordre og Søndre linse. Da vil linsene altså gå sammen på dypet. Det må det imidlertid en utstrakt diamantboring til før man kan få det sikkert fastslått.

*ligger
ikke
linsene
i samme
nivå?*

AVDELING B. BYGNINGSMETODER.

1.0. Prinsippene for avbygning av forekomsten	
1.1. Klima	side 40
1.2. Underjordsdrift	41
1.3. Dagbruddsdrift	42
1.4. Avbygning mot øst	43
1.5. Avbygning mot vest	44
2.0. Bergmekanikk	
2.1. Sidebergets mekaniske egenskaper	side 45
2.2. Svakhetssoner	48
2.3. Dagbrudd, beregning av pallvinkler	52
2.4. Underjordsdrift, metode	58
2.5. Underjordsdrift, utstyr og parametre	59
3.0. Beregningsgrunnlag	
3.1. Estimert malmkvantum	side 61
3.2. Livslengde, årsproduksjon	62
3.3. Materialkarakteristikker	63
3.4. Diverse	64
3.5. Bruddets design	65
4.0. Grovknuser	
4.1. Størrelse	side 67
4.2. Plassering, utbygging mot øst	68
4.3. Plassering, utbygging mot vest	72
5.0. Valg av teknisk utstyr	
5.1. Boring	side 73
5.2. Sprengning	77
5.3. Lasting	79
5.4. Fordring	83
5.5. Diverse	87

6.0. Åpningsarbeider	
6.1. Fjerning av overdekning	side 88
6.2. Plussering av gråberghipper	89
6.3. Åpning av breddet (nordmalen)	91
6.4. Åpning av sydmalen	97
7.0. Brytningen	
7.1. Gråbergsbrytning	side 99
7.2. Melmbrytning	109
8.0. Systems Engineering	
8.1. Generelt	side 101
8.2. Lesting	102
8.3. Fordring	103
8.4. ...	...

1.0. PRINSIPPER FOR AVBYGNING AV FOREKOMSTEN

1.1. Klima

Forekomsten er, som nevnt, plassert ved kysten. Dette betyr at man stort sett vil få et typisk kystklima, med mye nedbør.

Den ligger også såpass langt nord at man vil få kalde vintre. Man vil imidlertid dra fordel av Golfstrømmen, som renner langs kysten. Dette vil stabilisere temperaturen sett på årsbasis. Gjennomsnittlig temperatur på årsbasis er ca 0° C. Om sommeren kan temperaturen komme opp i ca 20° - 25° C, mens den om vinteren sjelden går under -10° C. $+4^{\circ}$ C!

Den indre del av Malnesfjorden fryser igjen om vinteren, men utenfor Selvåg er det isfritt året rundt.

Snemengdene kan bli store, ofte over 1 meter. 2

Den fremherskende vindretningene er nord og vest. Særlig ved nordlige vinder, vil vinden stå rett inn fjorden, og det kan ofte blåse ganske friskt. Ved vestlig vindretning vil vinden komme over toppen på forekomsten. Akkurat i dalen ved forekomsten er det imidlertid stort sett lunt. Dette betyr at det er en fare for skavldannelse under vesttoppen av forekomsten, som igjen øker faren for ras. Vinden, sammen med de store nedbørmengdene kan gjøre det vanskelig å holde veiene åpne om vinteren.

Det bør i alla tilfelle gjennomføres en undersøkelse om sneforholdene ved forekomsten. Samtidig må rasforholdene analyseres, sammen med eventuell rashyppighet. Det er en mulighet for at spesielle sikkerhetsforanstaltninger må taes ibruk og da bør man ha rede på dette på forhånd. Sikkerhetsbriter?

Se fig 8.

det er planstip!

1.2. Underjordsdrift.

Pga. forekomstens topografiske beliggenhet og de momenter vedr. klimaet som ble nevnt i forrige kapitel, bør muligheten for valg av underjordsdrift vurderes.

Ved å velge en metode for brytning under jord, gjør man seg uavhengig av klimatiske forhold under brytningen. De topografiske forhold er slik at det er vanskelig å komme igang med malmbrytning umiddelbart. Det vil man imidlertid kunne gjøre ved underjordsdrift.

En meget stor bakdel ved å velge en underjordsmetode er imidlertid at store mengder malm vil gå tapt fordi man ikke kan bryte opp til overflaten. Pga. de topografiske forhold, bratt fjellside, vil det dreie seg om ganske store mengder, opptil 5% av total tonnasje.

Den største bakdelen er imidlertid de økte brytningskostnader, sammenlignet med et dagbrudd. Ved f. eks. Skivebrytning vil kostnadene bli ca 4,5 ganger høyere, ved matasinbrytning 4,0 ganger høyere og ved skiverasbrytning ca 3,0 ganger høyere enn ved dagbruddsdrift.

Jeg har imidlertid vurdert brytningsmetode for et underjords alternativ for avbygging av forekomsten, selv om jeg regner med at dagbrudd vil bli den beste løsningen for denne forekomsten. Se kap. 2.4.

1.3. Dagbruddsdrift

Dagbrudd er den metoden som alltid bør overveies ved avbygning av en forekomst relativt nær dagen. Man har her nærmest ubegrenset av plass og kan kjøre inn store enheter for å minske kostnadene.

Malmen er jevnt over fattig. Det kan også ventes store problemer på oppredningssiden, muligens må en kostbar oppredningsmetode velges. Brytningskostnadene må derfor holdes så lave som overhodet mulig.

De negative sidene ved dagbruddbrytning er, som nevnt i kap. 1.1., klimaet. Videre må store mengder gråberg brytes før man overhodet kan ta fatt på malmen. Det dreier seg om mengder på ca 10 - 20 mill. tonn. Likevel har man her den fordel at man da har fått frilagt store arealer av malmen.

En viktig forutsetning for mine beregninger om dagbruddsdrift er imidlertid at bruddvinkelen blir skarp nok, slik at det ikke trenges å brytes gråberg langs liggen av forekomsten. Det vil i praksis si at bruddvinkelen bør ligge over ca 60 - 70°.

Ved store dagbrudd somher har man ofte omfattende naturverninteresser å ta hensyn til. De topografiske og botaniske forhold er imidlertid slike at det sannsynligvis ikke blir noe problem. Vegetasjonen er sparsom, det er ikke noe dyreliv av betydning. En annen stor fordel er at man slipper å ta hensyn til bebyggelse ved brytning og sprengning av forekomsten. Som nevnt ligger nærmeste hus ca 2,5 km fra forekomsten.

1.4. Avbygning mot øst.

Prinsippet for denne måten å av bygge forekomsten på er primært at malmen transporteres ut mot øst. Det vil igjen si at oppredningsverk, verksted, administrasjonsbygning etc. bygges på sletten øst for forekomsten, på plassen Selvåg. Det forutsettes bygget fullt kaianlegg ved denne løsningen. Uten å komme inn på detaljene, viser jeg til fig. 1-1 som er et oversiktskart over forekomsten med de viktigste veier m.m. inntegnet.

Fordelen med avbygning denne veien er først og fremst den korte veien inn til forekomsten. Den flate sletten er god å bygge på, og man vil få muligheten av et kompakt anlegg med kort avstand mellom de ulike funksjonene. Det vil jo også være mest økonomisk å få en felles utbygging av alle funksjoner samtidig og på samme sted.

Ved dette alternativet må det foretas en rekke undersøkelser vedr. dybdeforholdene i fjorden. Dessuten må man vite om strømforholdene før den beste plassen for skipningsanlegg velges.

Transportveien fra grovknuser til oppredningsverk vil bli under 500 meter.

Et problem ved dette alternativet er vannforsyningen til oppredningsverket..Det finnes ikke ferskvann i nærheten og det må sannsynligvis vurderes om sjøvann kan brukes til dette formålet.

1.5. Avbygning mot vest.

Dessverre vet man på det nåværende tidspunkt alt for lite om malmens forsettelse mot dypet. Det er imidlertid stor sannsynlighet for at dette er tilfelle (se kap. 1, seksjon A). Ifølge skissen fig. 7 ser man at malmen, som faller mot vest, sannsynligvis følger stratigrafien i området og flater ut under gabbroen. Man vil da komme til et punkt hvor det er mere fordelaktig å av bygge malmen mot vest istedenfor øst.

hva vet
man om
den?

Under denne forutsetningen har jeg foreslått et alternativ hvor grovknuser og oppredningsverk plasseres vest for forekomsten. Plasseringen vil fremgå av fig. 4-9. Oppredningsverket plasseres da like syd for Trollvann.

den gjør
ikke det!

Administrasjonsbygg, verksteder etc. er også i dette alternativet plassert ved Selvåg. Siloer og skipningskai er imidlertid tenkt plassert ved Nykvåg, hvor man kan dra fordel av et eksisterende kaianlegg.

Dette alternativet vil også gi en bedre løsning på vannproblemet. Det er flere vann i nærheten. Mitt forslag er da at Dalvann demmes opp til ca 60 m.o.h. og vil da også innbefatte Trolldalsvann. fig. 8.

I begynnelsen vil dette alternativet transportmessig være klart det østlige alternativet underlegget. Den ekstra fordreveien etter alt. 7 vil bli på ca 1500m pluss en ekstra båndtransport fra oppredningsverk til kai på ca 2000 m.

hva er
det?

Imidlertid, hvis malmen strekker seg langt under nivå null og den flater ut mot dypet, som resten av massivet gjør, hvil bruddet bevege seg vestover efter som brytningen skrider frem. Avstandsmessig, når det gjelder transport til grovknuser, vil disse to alternativene være omtrent like ved brytning under nivå null. Særlig vil dette forhold gjøre seg gjeldende for Sydmalmen.

2.0. BERGMEKANIKK

2.1. Sidebergets mekaniske egenskaper.

Bergartens trykkholdfasthet ble målt i en vanlig hydraulisk presse. Kjerneprøver fra Selvåg ble kuttet opp i biter, 22 mm $\varnothing$ x 55 mm. De ble derefter kjørt til brudd. Resultatet fremgår av tabell 1.

TABELL 1

Prøve nr.	Bruddlast kg	Trykkholdfasthet kg/cm ²	Middelverdi kg/cm ²
Heng I	4330	1140	} 1145
Heng II	4350	1149	
Ligg I ^{a)}	7520	1985	—
Ligg I ^{b)}	5930	1563	} 1520
Ligg II ^{a)}	5375	1419	
Ligg II ^{b)}	5975	1579	

Dette er selvsagt alt for få prøver til å gi et pålitelig statistisk materiale. Imidlertid ligger verdiene så nære hverandre at spredningen blir relativt liten. De vil derfor gi et godt utgangspunkt. Prøve nr. Ligg I^{a)} med sin høye verdi er derfor utelatt fra beregningene.

Det er imidlertid denne prøves verdi som kommer nærmest den "normale" trykkholdfasthet for gabbro. I. W. Farmer i "Engineering Properties of Rock" regner trykkholdfastheten for gabbro til å ligge i området 1800 - 2000 kg/cm².

Fra disse verdiene har jeg, ved hjelp av Mohr's sirkelkonstruksjon kommet frem til en verdi for skjærfastheten for henholdsvis heng og liggbergartene. Dette er vist i fig 11 & 12 på de neste sider.

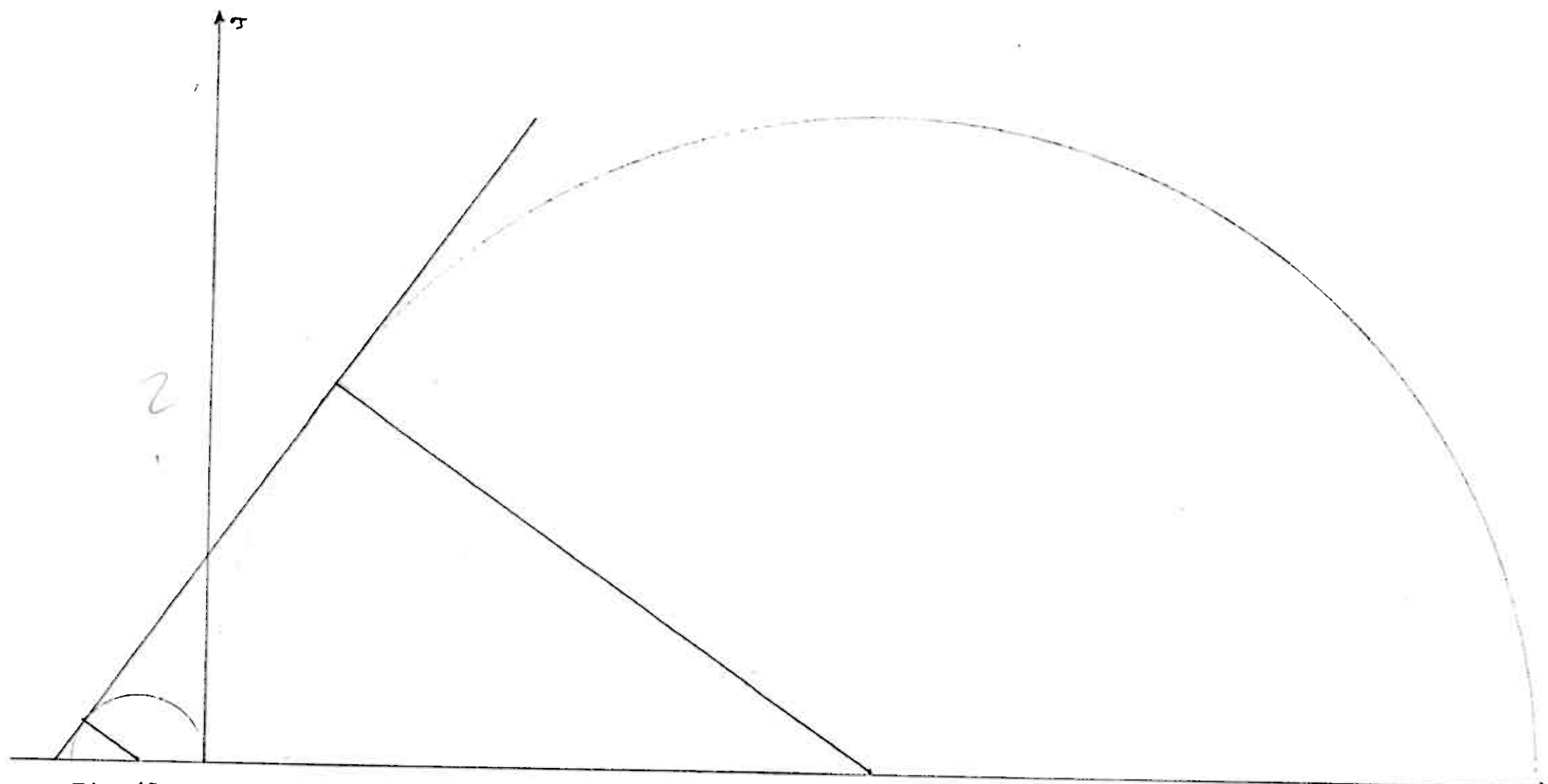


Fig. 11. Sidebergets fasthetsegenskaper: Heng.

Skjærholdfasthet: $\tau = 185 \text{ kg/cm}^2$

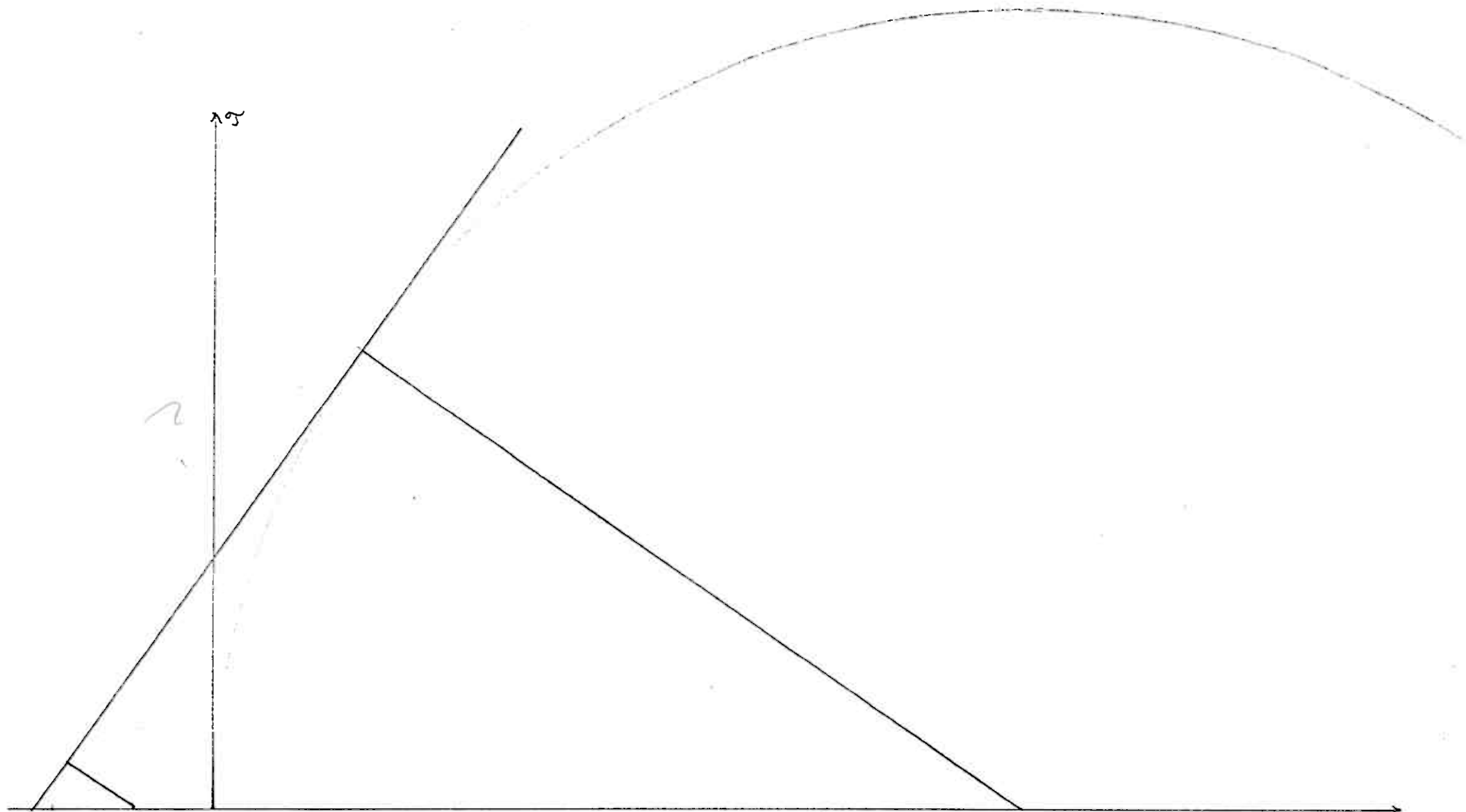


Fig. 18. Sidebergets fasthetsegenskaper: Ligg.
 Skjærholdfasthet: $\bar{\sigma} = 240 \text{ kg/cm}^2$

2.2. Svakhetssoner.

Ut ifra observasjoner i felten ble jeg tidlig klar over at sideberget inneholder en del sprekker av tildels stort omfang. Dessverre er, som nevnt, bergarten svært overdekket, og det har vært vanskelig å finne steder hvor sprekkenes kom så tydelig frem at de kunne måles.

Ved en blotning i sydmalmen kom imidlertid sprekkenes meget tydelig frem, se fig. 13. De ble forsøkt målt inn med kompass, med strøk- og fallretning. Dessverre er resultatet temmelig upålitelig, på grunn av malmens magnetiske karakter. Ut ifra målingene og ved hjelp av bildet fig. 13 har jeg forsøkt å rekonstruere situasjonen. Det må bemerkes at bildet er orientert inn på kartet, slik at bildets akse ligger langs strøket av malmen.

hvilket kart?

Resultatet av målingene ble:

Sone 1, lagdelingen	Strøk N 35° Ø	Fall 70° V
Sone 2,	N 20° V	30° V
Sone 3,	N 100° V	60° S

*2. fra a
d. r. v.
sone 3?*

Siden bildet, fig. 13, er orientert syd, har jeg forsøkt å snu det slik at jeg har fått riktig nordlig orientering. Dette er vist skjematisk i fig. 14. Den er forsøkt tegnet som en blokk i malmen med sonene inntegnet. Jeg kunne ikke finne andre steder hvor spreke- eller svakhetsplan var så godt blottet. Jeg kunne heller ikke finne noen slepper ved feltundersøkelsen. Det kan likevel ventes svakhetssoner ihvertfall to andre steder ved malmen, i liggen ved sydmalmen og over hengen i nordmalmen. Begge steder grenser en ultrabasisk linse opp til malmen.

Fig. 15 viser et snitt, med situasjon fra brytningen. Som man ser vil sprekkesonene ikke utgjøre noen umiddelbar fare for utrasing. Sone 2 kan imidlertid forårsake matthet og utglidninger ved bunnen av pallene.

hvor er her sone 2?



Fig. 13: Blotning i Søndre linse med sprekkesystemene.

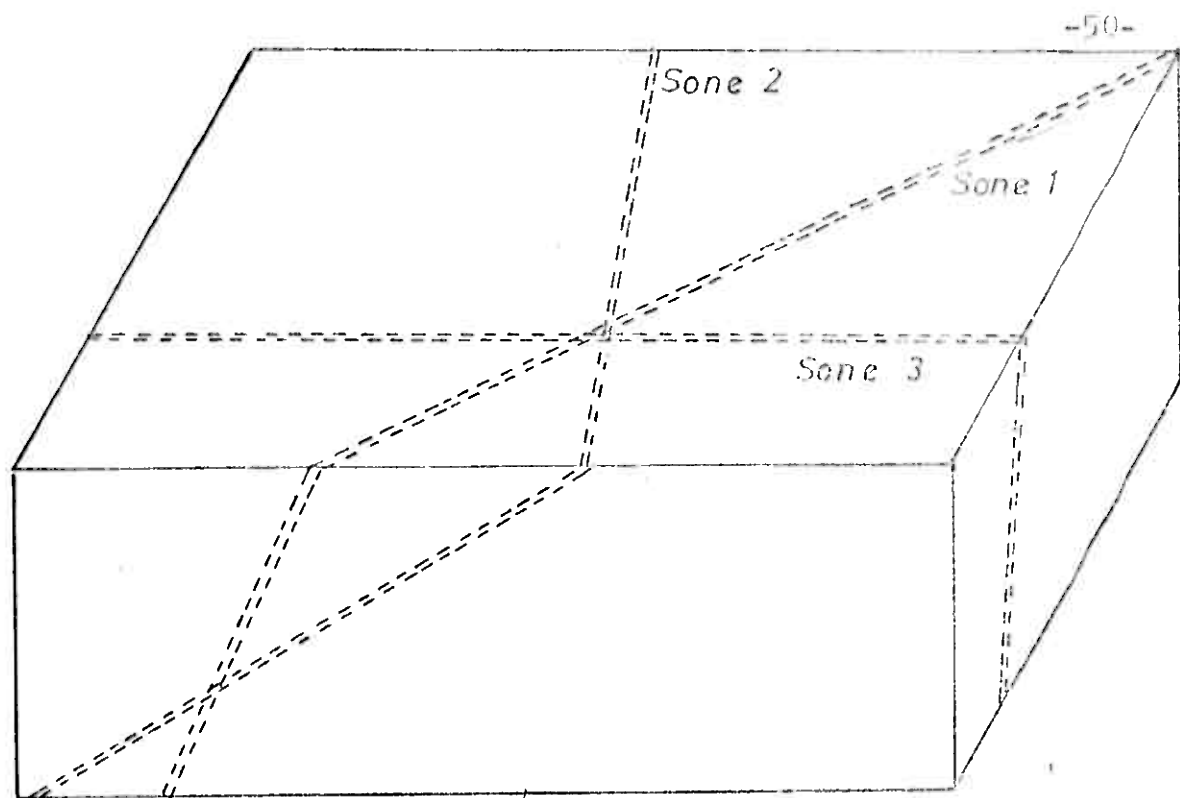


Fig. 14. Sprekkesystemer.

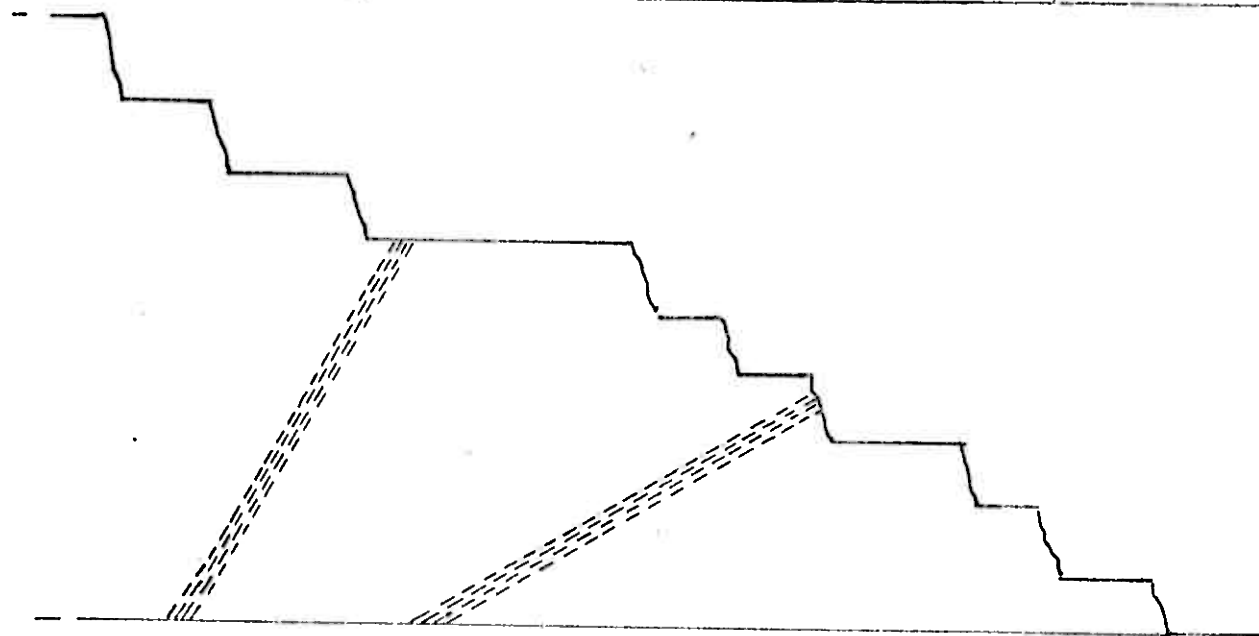
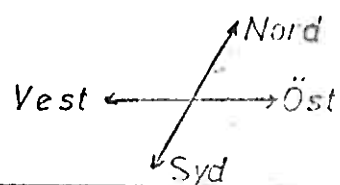


Fig. 15. Sprekkesystemene i forhold til bruddet.

Rent generelt vil jeg ut ifra feltundersøkelsene si at bergarten må jevnt over karakteriseres som stabil. Flere steder finnes brattheng med nesten lodrette vegger. Ellers er dalsidens vegger jevnt over ganske bratt, opptil $40 - 50^{\circ}$.

Det må imidlertid gjennomføres nøyaktige undersøkelser av malmen og sideberget for å få gjennomført en nøyaktig kartlegging av de mekaniske egenskapene. Dette gjelder bl.a. trykkholdfasthet, indre friksjonsvinkel, vanntrykk, slepper osv. Dessuten må undersøkelsen få brakt på det rene om det finnes horisontale spenninger i bergartsmassen.

2.3. Pallvinkler i dagbruddet.

De mange faktorer som influerer på stabiliteten av en bergartsmasse gjør det vanskelig å komme frem til eksakte verdier for pallvinkelen. Dertil kommer det faktum at det enda ikke er utviklet pålitelige matematiske funksjoner for bergartsstabilitet. Sammen vil disse faktorer bevirke at selv en nøyaktig beregning ikke er stort bedre enn et overslag.

Den mest brukte formelen kalles for Coulomb's ligning. Den fastsetter sammenhengen mellom trykk- og skjærholdfasthet i en bergart: (2,3).

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \phi + c \quad \text{..... (1)}$$

Hvor τ = Skjærspenning (her: skjærholdfasthet)

σ = Normalspenning (her: trykkholdfasthet)

ϕ = Indre friksjonsvinkel

c = Kohesjonsfaktoren.

σ er funnet ut ifra forsøk (kap. 2.1.) og τ er funnet ved hjelp av Mohr's sirkelkonstruksjon. Vinkelen er svært vanskelig å bestemme ved hjelp av forsøk. Ifølge oppslagsbøker ligger den vanligvis imellom 50 og 65° (2).

Ut ifra fig. 11 & 12 er følgende parametre funnet:

Ligg: $\sigma = 1520 \text{ kg/cm}^2$ Heng: $\sigma = 1140 \text{ kg/cm}^2$

$\tau = 240$ " $\tau = 185$ "

I tabell 2 har jeg satt opp forskjellige verdier for c som løsning på ligningen for verdier for vinkelene 48 - 64°. Det er så valgt en passende verdi for c ved en gitt vinkel. 2

Ifølge Coates (3) kan den kritiske dagbruddsvinkel uttrykkes ved ligningen:

for $\alpha = 54$

TABELL 2

Vinkel	HENG			LIGG		
	tg	c	c	tg	c	c
	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/m ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/m ²
48°	1266	1081	108 100	1638	1398	139 800
50°	1358	1173	117 300	1811	1571	157 100
52°	1459	1274	127 400	1945	1705	170 500
54°	1569	1384	138 400	2092	1852	185 200
56°	1690	1515	151 500	2253	2013	201 300
58°	1824	1639	163 900	2432	2192	219 200
60°	1974	1789	178 900	2632	2392	239 200
62°	2147	1952	195 200	2858	2618	261 800
64°	2337	2152	215 200	3116	2876	287 600

Det bør bemerkes at ved henvisning til lign. (1) ser man at løsningen er negativ.

Jeg har valgt vinkelen 50° som utgangspunkt for de videre beregningene. Det gir verdiene for c henholdsvis:

$$c_{\text{heng}} = 117\,300 \text{ kg/m}^2 \quad c_{\text{ligg}} = 157\,100 \text{ kg/m}^2$$

*i_c = kritisk vinkel
 hva er H, x, y? H = fallhøyde?
 dagbruks høyde?*

$$\frac{c}{Hx\gamma} = \cos^2 i_c (\operatorname{tg} i_c - \operatorname{tg} \phi) \quad \dots\dots\dots (2)$$

Denne ligningen er imidlertid vanskelig å løse med hensyn på i_c .

Fra Hoek's utformingsdiagram (2) kan en annen ligning utledes. Den er også basert på en sikkerhetsfaktor $F = 1$. Man har da grensetilfellet for likevekt og dagbruddsvinkelen i er lik kritisk dagbruddsvinkel i_c :

$$\frac{\gamma x H}{c} = \frac{2 \sin i \cos \phi}{\sin(i - \beta) \sin(\beta - \phi)} \quad \dots\dots\dots (3)$$

hvor β = fallvinkelen for skråplanet. *hva er det?*

Ved å arbeide ut ifra $F = 1$, kan man her gjøre en del forenklinger i ligningen. Som før nevnt kan i settes lik i_c , og dermed blir også β lik i_c . Resultatet blir:

$$\frac{\gamma x H}{c} = \frac{2 \sin i_c \cos \phi}{\sin(i_c - \phi)}$$

som gir:

$$\operatorname{tg} i_c = \frac{\gamma x H}{\gamma x H - 2c} \operatorname{tg} \phi \quad \dots\dots\dots (4)$$

Løsningen for denne ligningen ved forskjellige H er vist grafisk i fig. 15^a. En vil se at ligningen blir meningsløs når H blir for liten, dvs. når $\gamma x H < 2c$. Som figuren viser, må i_c reduseres når H øker, hvilket er naturlig. Nå er imidlertid denne ligningen basert på en rekke tilnærmelser. Ved å bruke ligning (2) som kontroll, kan jeg gjøre en prøve på nøyaktighetsgraden av ligningen. Jeg har derfor forsøkt satt inn i ligningen følgende data:

$$i_c = 60^\circ, \phi = 50^\circ, c_{\text{heng}} = 117\,300 \text{ kg/m}^2.$$

Dette gir som resultat $H = 270$ meter. Av fig 15^a sees

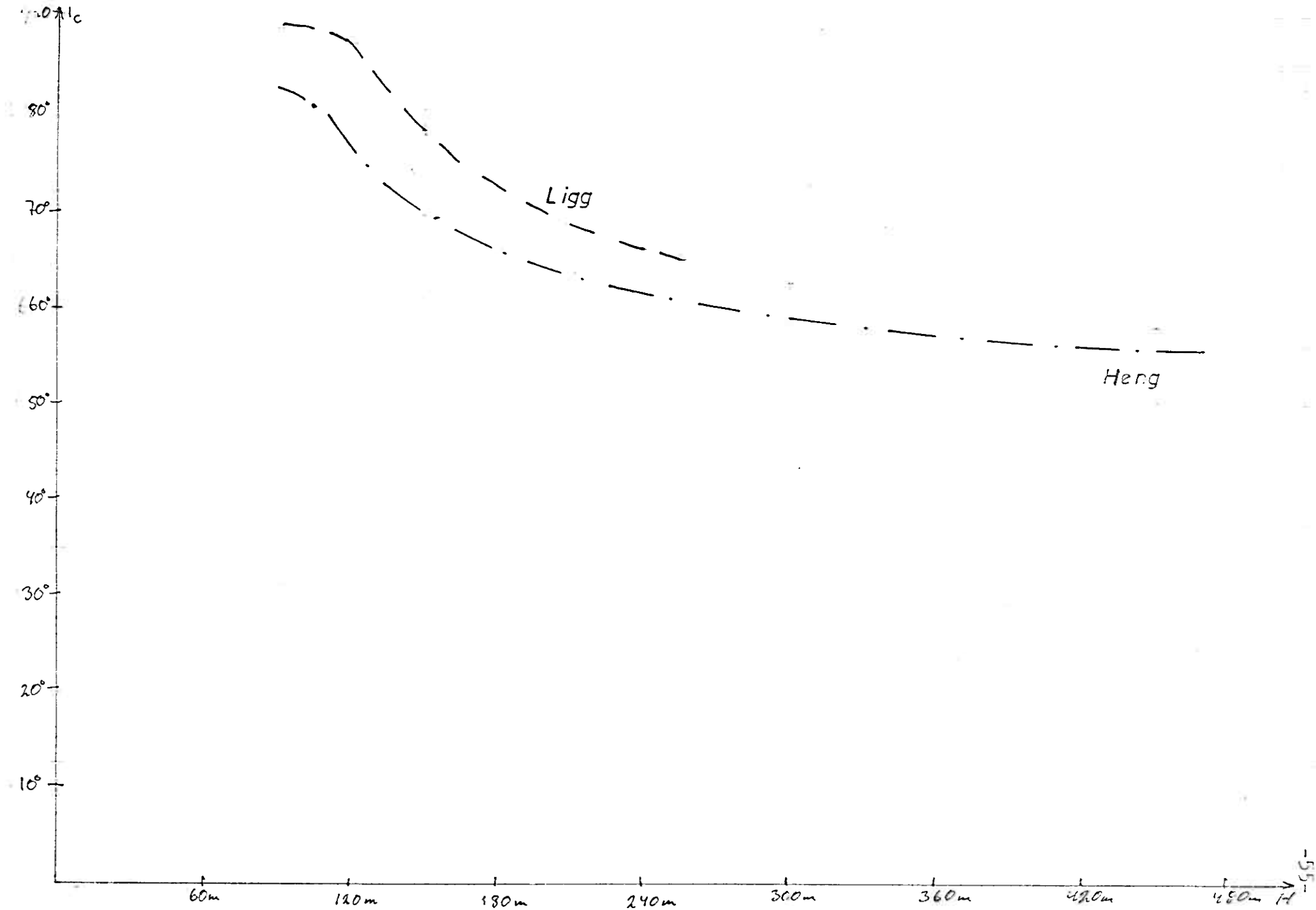


Fig. 15^a. Løsning av ligning (4) for forskjellige verdier for H .

at en vinkel $i_c = 60^\circ$ gir $H = 300$ meter. Feilen er altså ikke større enn ca 10%. Dette er ganske bra når man tar i betraktning alle de tilnærmelsene en er nødt til å gjøre.

Som et kompromiss har jeg foreløpig bestemt grensevinkelen i bruddet til 60° for hengen og 70° for liggen. Som det vil fremgå av seksjon A, vil man da slippe gråbergsbrytning i liggen idet fallvinkelen for malmen er mindre enn total dagbruddsvinkel.

Disse verdiene er altså et resultat jeg har kommet frem til ved å gjøre mange forenklinger. Foruten et dårlig statistisk grunnlag for bestemmelsen av c , har jeg kun foretatt et valg når det gjelder verdien for indre friksjonsvinkel, nemlig 50° . I fig. 15^b har jeg løst ligning (4) ut ifra en konstant pallhøyde på $H = 100$ m. Ut ifra dette utgangspunktet har jeg variert friksjonsvinkelen mellom 48° og 64° , med de tilhørende verdier for c . Som det vil gå frem av figuren, vil valget av verdier for friksjonsvinkelen gi meget store utslag. En feilmåling på 2° for friksjonsvinkelen, vil for eksempel gi en feil på ca 5° for total dagbruddsvinkel.

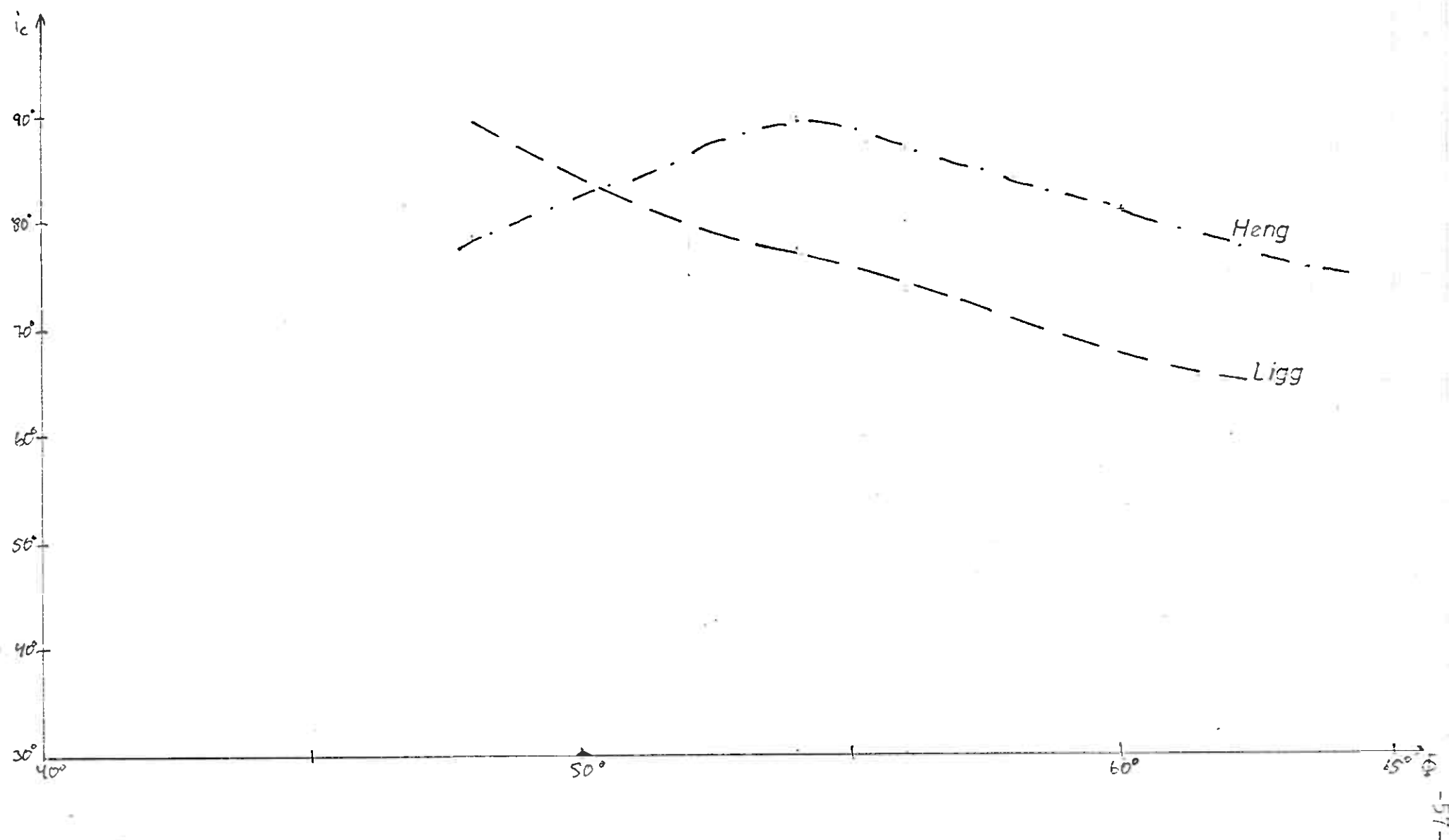


Fig. 15^b. Løsning av ligning (4) for forskjellige verdier av ϕ .

2.4. Underjordsdrift, metode.

Efter vurdering av flere metoder for avbygning av forekomsten, har jeg til slutt valgt å foreslå skiverasbrytning. Bergarten har en så høy trykkfasthet at ortene kan gjøres store. På samme tid er den høye trykkfastheten en bakdel ved selve brytningen hvor det jo gjelder å få malmen og gabbroen til å rase ut etter hvert som brytningen skriker frem. Dette ser likevel ikke ut til å være et problem. Bergarten er, som nevnt, såpass oppsprukket at den vil rase ut langs disse svakhetssonene. *Det må først påvises!*

Jeg har valgt skiverasbrytning fordi dette er idag den metode som enklest og lettest kan fullmekaniseres. Den er også en av de billigere metoder (jfr. kap. 1.2.). Jeg har beregnet ortstørrelse mm. ut ifra skinneløs drift. Siden malmen sannsynligvis vil flate ut mot dypet, kan det lønne seg å vurdere et skinnegående transportsystem på et lavere nivå. Dette må beregnes etter malmkvanta som fordres på hvert enkelt nivå. *med papirer*

Når det gjelder den øverste del av forekomsten, må denne enten drives som dagbrudd et stykke eller som underjordsdrift etter en annen metode. Jeg har der tenkt på en langsgående skiveras- eller skivebrytningsmetode. Dette fordi ortene i en tversgående metode vil bli altfor korte. Ved å drive de øveste malmmengdene som dagbrudd, vil man få et stort problem med rasfaren. *Summer-drift?* Løsningen kan da rett og slett bli at denne delen av forekomsten igjensettes, men man vil som nevnt tape en god del malm.

2.5. Underjordsdrift, utstyr og parametre.

Ved å benytte tverrgående skiverasbrytning som utgangspunkt, vil den generelle lay-out for driften bli som i fig. 2-1. Som tegningen viser vil driften bli helt konvensjonell. Selvsagt må det regnes med en del mindre forandringer, men disse kommer først når de nødvendige modellforsøk har vist den beste løsning.

Grovknuseren plasseres like under nivå null. Når det gjelder utforming av transport til dagen, vil det fremgå av fig. 4-1. Det vil ikke bli silo over grovknuser, truckene kommer direkte i knuseren.

*hva er
det?
NIN?*

Det er hovedtransportnivå for hver 100 vertikale meter, med et mellomnivå imellom. Disse utformes med 40 m^2 tverrsnitt ($8 \times 5 \text{ m}$). På disse nivåene vil det meste av transporten i gruben foregå.

Borortene legges som vist på snittet på figuren. De drives med tverrsnitt $5 \times 3,5 \text{ m}$. Produksjonsboringen foregår i disse. Som et forslag har jeg tenkt brukt Atlas Copco utstyr. Borvognene er hjulgående, dieseldrevet, med tre hydrauliske bommer, f.eks. BUT 14. Her vil all produksjon i gruben foregå.

Langs liggen drives liggorter, som vil bli forbindelseslinjene og transportorter imellom borortene. De drives helt i malm for å unngå for mye gråbergsbrytning. De vil også bli brukt som transportveier for malm imellom borortene og styrtssjaktene. De drives med tverrsnitt $5 \times 3,5 \text{ m}$.

Fig 10^a) viser utformingen av skråortene. Disse er forbindelseslinjer imellom de forskjellige bornivåene. De er da kun tenkt som adkomstvei til disse, og det er ikke tenkt noen malmtransport der. Som figuren viser, vil disse også bli drevet i malm. Tverrsnitt $5 \times 3,5 \text{ m}$.

Tappingsortene er en forsettelse av borortene som drives inn i gråberget i liggen og inn til tappingene.

Se fig 2-1, snitt D-D. Tverrsnittet for disse vil bli det samme som for borortene, men høyden må utvides til ca 5 m over selve tapningen for å gi plass til truckene, se fig. 9. Fig. 9 viser også hvor stort kryssningspunktet mellom tapnings- og liggort må være for å harmonere med truckens svingradius.

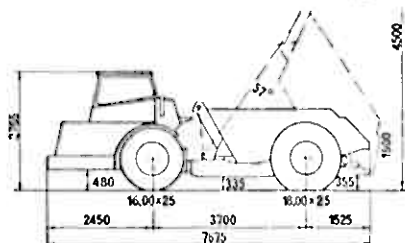
Styrtsjaktene drives fra tapningsortene langs ligger med ca 60° fall og ned til hovedtransportnivået. Som vist på fig. 2-1 vil styrtsjaktene drives litt ut ifra tapningsortene. Det må da drives en liten sjakt ned fra tapningsortene. (Kirunasystemet.) Denne utforming vil bevirke at sjaktene trkker fra alle nivåer når de tappes, slik at det unngås at de nederste deler av dem blir fulle og blokkerer produksjonen. Sjaktene drives med Almakutstyr, tverrsnitt 5 x 5 m, mens sjakten fra liggorten sannsynligvis kan drives med et Simbaaggregat eller lignende.

Styrtsjaktene legges med det mellomrom som er nødvendig ut ifra driftsteknisk synspunkt. For det første må kapasiteten avveies mot produksjonsnivået. For det andre må Drivningskostnadene for en sjakt avveies imot transportkostnadene fra borort til sjakt slik at den optimale avstand kan finnes. *burde vært beregnet*

Når det gjelder laste- og transportsystemet finnes to hovedalternativer. Alternativ 1 er basert på anvendelsen av last- og barytstyr. Det vil imidlertid kollidere med den utforming av sjaktsystemet som jeg har foreslått, fordi sjaktene må legges tettere. Det kan ikke tillates lengre avstand enn en sjakt for hver tredje borort, dvs. ca 30 m avstand imellom hver. Helst skulle man da ha en sjakt pr. borort. Alternativ to er basert på bruken av kontinuerlig lasteutstyr, f.eks. en Hæggloader. Denne laster da i en Kirunatruck som igjen transporterer malmen til styrtsjakt.

Transportutstyret er vist i fig. 9. Jeg har valgt Kirunatrucker til både orttransporten og hovedtransporten, henholdsvis K-162, 9,5 m³ og K-500, 30 m³.

Fig. 10^a viser utformingen av skråortene, mens fig. 10^b viser den tenkte utforming av transportsystemet under sine null.

K-162 · 9.5 m³ · (25 ton)

volumetric weight
of the load approx. 2.3 t/m³

Outputs per ton
loaded truck 4.0 hp/t
empty truck 10.6 hp/t

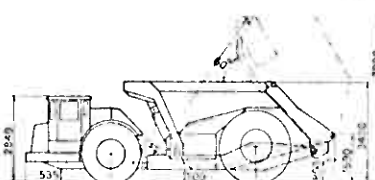
tyres
front 16.00x25
rear 18.00x25

Weights
tare weight 15.3 tons
payload 25.0 tons
GROSS VEHICLE WEIGHT 40.3 tons

Bowl capacity
flat load 7.0 m³
heaped load 2.5 m³
TOTAL CAPACITY 9.5 m³

AXLE LOADS
loaded truck:
front axle 14.4 tons — 35.7 %
rear axle 25.9 tons — 64.3 %

empty truck:
front axle 10.0 tons — 65.4 %
rear axle 5.3 tons — 34.6 %

K-500 · 30 m³ · (70 ton)

volumetric weight
of the load 2.3 t/m³

outputs per ton
loaded truck 5.0 hp/t
empty truck 15.1 hp/t

tyres
front axle 29.50x29
rear axle 27.00x49

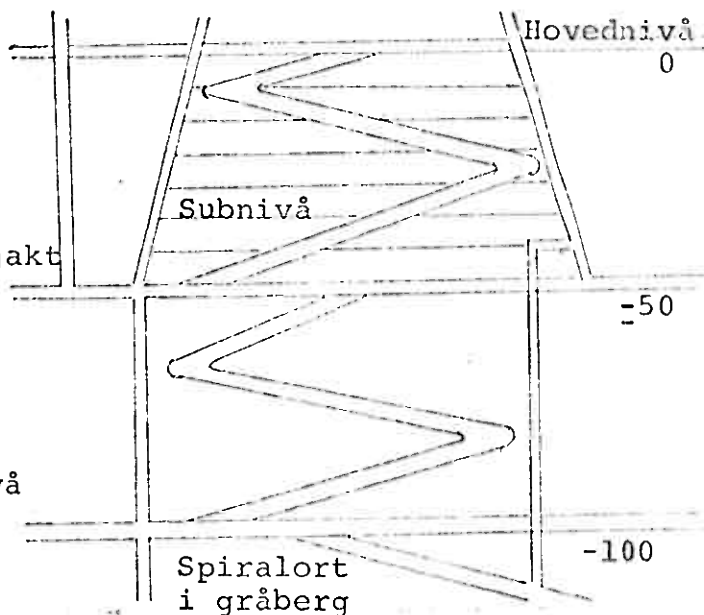
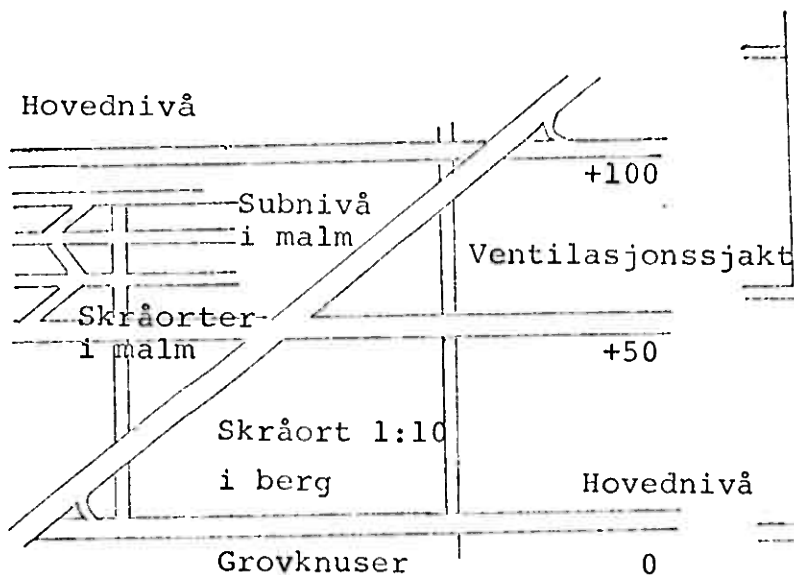
weights
tare weight 31.0 tons
payload 70.0 tons
GROSS VEHICLE WEIGHT 101.0 tons

bowl capacity
flat load 27.0 m³
heaped load, SAE 2:1 3.0 m³
TOTAL CAPACITY 30.0 m³

AXLE LOADS
loaded truck
front axle 34.0 t — 33.6 %
rear axle 67.0 t — 66.4 %

empty truck
front axle 19.0 t — 61.3 %
rear axle 12.0 t — 38.7 %

Fig. 9. Kirunatrucker for underjordsdrift

Fig. 10^a. Utformingen av skråorter i malm og gråbergFig. 10^b. Utforming av spiralort under nivå null (skisse).

3.0. BEREGNINGSGRUNNLAG

3.1. Estimert malmkvantum.

Til hjelp for de videre beregninger har jeg foretatt et overslag over malmkvantumet i de to linsene. Det henvises forøvrig til kap. 1.0. seksjon C.

Nordre Linse (nordmalmen) er langt den største. Med et areal (1) på ca 80 000 m², og middelveidien av hengens utgående (ca 240 m.o.h.) og liggens (ca 100 m.o.h.), som er ca 170 m.o.h. fåes et malmkvantum på 13,6 mill. m³. Dette gir igjen en tonnasje 47,6 mill. tonn når egenvekten settes til 3,5.

*bindet var 3,0
→ 40,8 mill t*

Søndre Linse (sydmalmen) har et utgående malmareal på ca 50 000 m². Regner vi også her middelveidien av hengens og liggens utgående (hhv. 280 og 100 m.o.h.), gir dette ca 190 m.o.h. i gjennomsnitt. Dette gir et malmkvantum på ca 9,5 mill. m³, eller 33 mill. tonn med en egenvekt på 3,5.

m 3,0: 28,5 mill t

Tilsammen gir dette ca 80 mill. tonn malm til disposisjon ned til nivå null.

m 3,0: 69,3 mill t

3.2. Livslengde, årsproduksjon.

i N-linse 2800000 t/m

Med de ovenfornevnte malmkvanta har jeg lagt meg på en årsproduksjon i bruddet på ca 3 mill. tonn råmalm. Dette skulle gi en levetid for forekomsten på ca 25 år, noe som skulle være tilskrekkelig i første omgang.

Dette malmkvantum gir ca 1,42 mill. tonn slig pr. år. *→ gir påretning 1:2,11, for godt*
Det er da regnet med et konsentrat som holder 60 % Fe, fra en råmalm som holder 27 % Fe i gjennomsnitt.

Årsproduksjonen på ca 3 mill. tonn vil bety en dagsproduksjon på 15 000 tonn. Det er da regnet med 200 arbeidsdager i året og toskifts drift. det gir igjen ca ~~11 000~~ tonn pr. time.

833

3.3. Materialkarakteristikker.

Ifølge tabell fra Sala industrier har jernmalm følgende egenvekter ved varierende Fe-innhold:

25 % Fe :	3350 kg/m ³
27 % Fe :	3400 "
30 % Fe :	3500 "
40 % Fe :	3800 "

*Kun ikke
brukes
her!*

Jernmalm har en svellprosent på ca 60 %. (5). Svellfaktoren vil da bli:

$$\text{Svellfaktor } s = \frac{1}{1+0,6} = \underline{0,625}$$

Jernmalm med ca 30 % Fe vil da få en egenvekt i sprengt tilstand på $3500 \times 0,625 = 2200 \text{ kg/m}^3$. *2187,5*

Gabbro har en egenvekt på ca 2800 kg/m^3 i fjell. :
En svellprosent på ca 50 gir en svellfaktor på $0,66\bar{7}$ og en egenvekt i sprengt tilstand på ca 1860 kg/m^3 .

3.4. Diverse.

Veiene i bruddet legges generelt med en minimumsbredde på 15 m. Når det gjelder forbindelsesveier og adkomstveier mellom de forskjellige fordreveiene, kan de legges med en bredde på ca 7 m. Jeg regner med at gabbro kan brukes til veimateriale slik at tilkjøring av slike ting kan unngåes. Hovedveienes underlag må være så fast og godt som mulig slik at rullemotstanden blir liten og levetiden på dekk blir høy. Jeg har regnet med en rullemotstand på 60 GVW (5) på hovedveiene som tilsvarer 3 %, og 100 GVW i bruddet eller 5 %. Hovedveiene i bruddet vil fremgå av fig. 1-2^{og 1-3}, og fordreveiene for malm vil fremgå av fig. 3-1. For tilførselsveien fra Selvåg opp til bruddet er det lagt inn et alternativ på figuren hvor veien går i tunnell langs liggen av nordmalmen. Dette er gjort for å minske faren ved ras fra brytningen. Det må da i tilfelle overveies ut ifra analyse av rasfaren, men jeg regner med at den blir så høy at tunnell vil bli nødvendig.

→ stigning makes 1:3 !

3.5. Bruddets design.

Siden malmen generelt stryker nord - syd har jeg valgt å legge hovedlinjene i bruddet denne veien. Ved åpningen av pallene har jeg lagt vekt på å følge hovedlinjene i terrenget, dvs. høydekotene. Senere blir det foretatt en tilpasning slik at bruddet blir mere symmetrisk.

Pallene blir brutt fra syd mot nord når det gjelder nordmalmen. Pallene åpnes fra sydmalmen, se fig 16 .

Pallene åpnes på den måten at den vestligste koten tjener som utgangspunkt, se fig 16 , pkt. ① . Dette blir referansepunktet. Fra dette punktet, eller i gjennom det, trekkes en linje nord - syd. Når da neste, den nedenforliggende pall brytes, brytes den inn til denne linjen, med fradrag for en passende pallvinkel. På denne måten vil pallen åpnes langs terrenget. Den vil selvsagt bli svært bred ved den østligste koten, pkt. ② på figuren, men det vil man få igjen ved at man ^{her} får åpnet store deler av malmen når den tid kommer.

Denne brytningen betyr at man vil få paller med bedre plass til tungt utstyr, og har muligheten til å sprengte store salver i gangen.

Sydmalmen dreier mere vestlig. og pallene vil naturlig følge denne dreiningen. Nordmalmen ser ut til å kile ut mot nord, og pallene fra begge sider vil da møtes der og stoppe. Fig. 17 er et forsøk på å tegne den endelige utforming av bruddet , ved kote null. Som man ser vil man pga. malmens fall og sydmalmens dreining få en trauform på bruddet ved dette stadium.

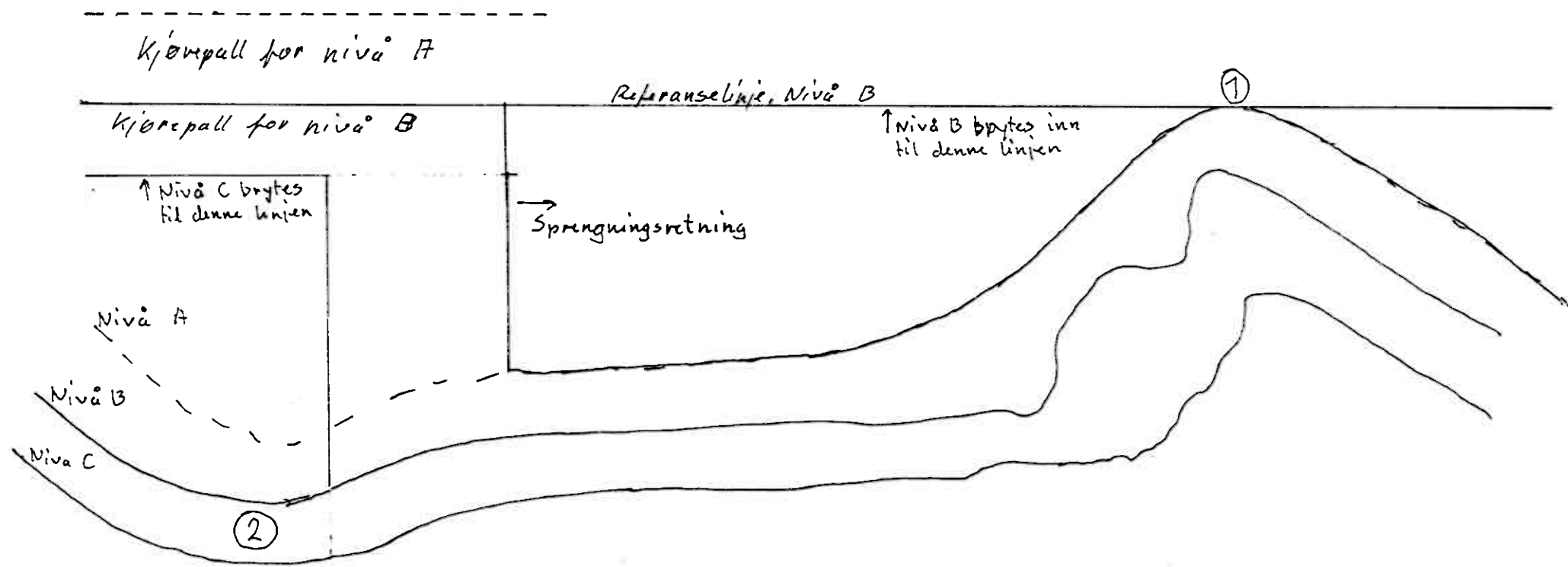
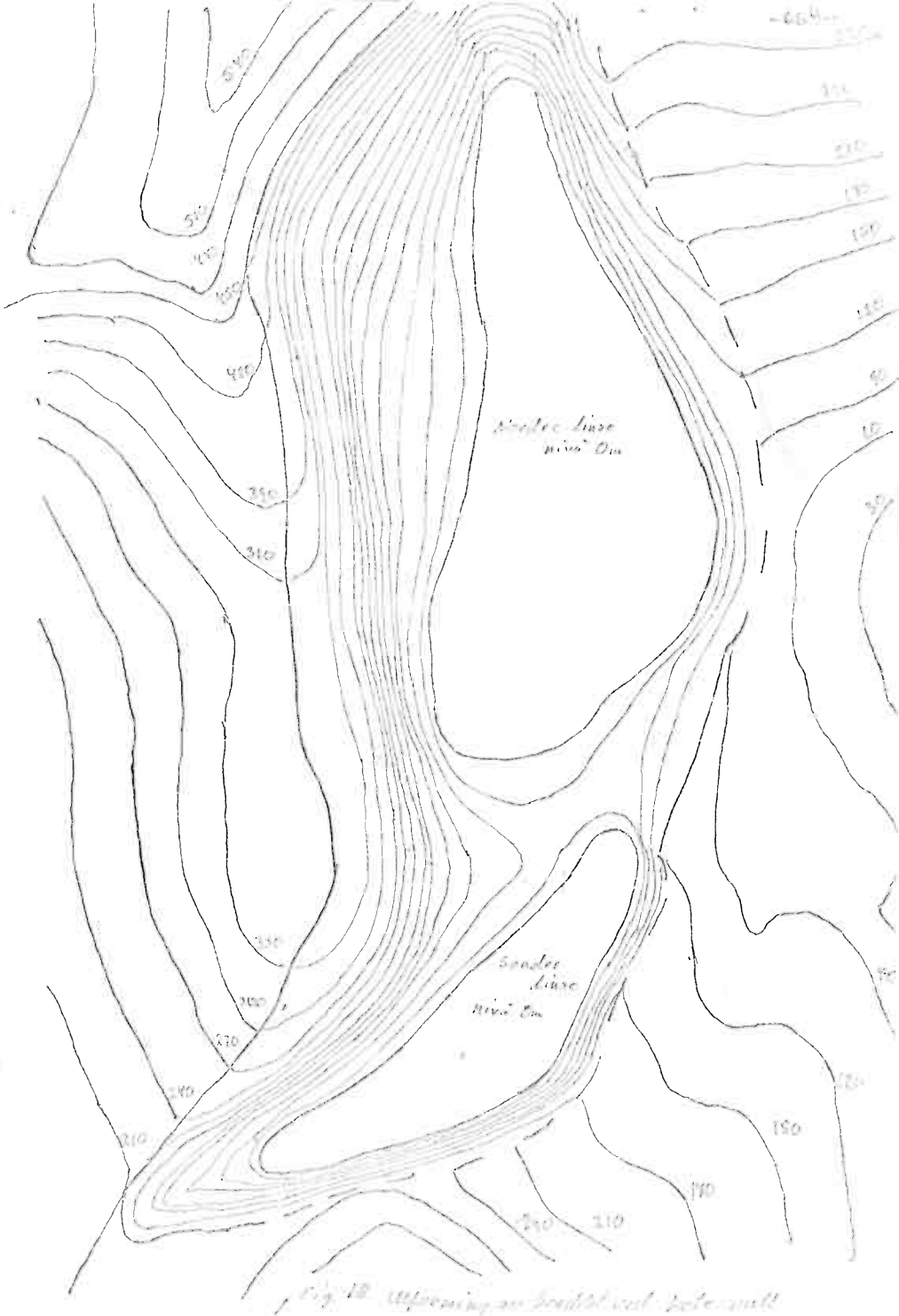


Fig. 16. Design av bruddet.

1/2



4.0. GROVKNUSER

4.1. Størrelse.

Ved knusing av malm av denne kategori er det i realiteten kun to typer å velge imellom, kjefteknuser og gyratory. Begge kan knuse en hard abrasiv malm som jernmalm er. Gyratoryknuseren er vanligvis mye dyrere enn kjefteknuseren, men man må også ta med i betraktning at en gyratory vanligvis har større kapasitet enn en kjefteknuser av samme størrelse.

Valget av knuser er basert på følgende data: (8)

Blokkstørrelse: Maks. 1,5 x 1,5 m

Kapasitet : Min. 1000 tonn pr. time

Av tabellen neste side (tabell 3) fremgår det at valg av kjefteknuser blir uakseptabelt. Den største kjefteknuser som er nevnt i håndbøker har alt for liten kapasitet. Likevel kan selvsagt en kjefteknuser spesialbestilles, men det bør overveies om det er verdt de ekstra kostnadene.

Jeg har til slutt valgt en gyratory knuser, med en knuseråpning på 60 x 89 in. (1524 x 2225 mm). Den har en kapasitet ifølge tabellen på min. 1100 tonn/time.

Tabell 3

	Kjefteknuser	Gyratory I	Gyratory II	
Kjefåpning	1524 x 1219	1220 x 1880	1524 x 2225	mm
Åpningsareal	2880 sq. in	3552 sq. in	5340 sq. in	
Kostnad	750 000 kr.	1,75 mill.	3,0 mill. kr.	
Motor:Maks.	ca 270 Hk	520 Hk	ca 600 Hk	
Min.	140 Hk	290 Hk	ca 380 Hk	
Kapasitet Maks.	ca 650	ca 1100	2800	tonn/time
Min.	350	900	1100	tonn/time
Kraftforbruk Maks.	ca 166 kWh	ca 430 kWh		
Min.	125	ca 290		
Bunnåpning	140 x 250	127 x 203		mm

4.2. Plassering, utbygging mot øst.

Alt. 1.

Dette alternativet er foretrukket, og alle videre beregninger er basert på denne plassering av grovknuseren.

Knuseren plasseres på nivå null inn i fjellet under dammen på 82,5 m.o.h., se fig 4.1. Inntak og dumpeplass for truckene føres inn i fjellet rett over knuseren. Inntaket sprenges inn i fjell, på nivå 85 m.o.h. og ca 15 m inn i fjellet, eller det sprenges ut en skjæring med de samme dimensjoner. Dumpehøyden må være minst 8 m. Pga. klimaforholdene vil det være en stor fordel å få lagt dumpestasjonen avskjermet. Det vil hindre is og sne i å komme ned til grovknuseren.

Snuplassen for truckene legges like utenfor inngangen, slik at de rygger inn til dumping. Den må være minst ca 25m bred for å gi en så rask og sikker snuoperasjon som mulig.

Grovknuseren anbringes altså på nivå null. Fra bunnen av knuseren føres belte opp i dagen til møllesilo. Som vist i snitt B-B fig. 4-2, vil beltet ligge som en nisje i hovedtunnellen. Hovedtunnellen har her et tverrsnitt på 50 m^2 pluss 5 m^2 for nisjen. Dette er selvsagt bare omtrentlige verdier. For å redusere kostnadene mest mulig, må det først innhentes sikre data om størrelsen på knuserdelene, spesielt den største del som må fraktes i et stykke. Ut ifra disse data kan så tunnellens tverrsnitt fastsettes.

Over knuseren er det tenkt sprengt ut silo for det grovknuste godset, fig 4-2. Tverrsnittet er 20 m og høyden ca 70 m. Dette gir et rominnhold på $22\,000 \text{ m}^3$. Den har da en kapasitet på ca 60 000 tonn malm. Dette vil gi en effektiv og billig reserve som kan hindre at "break-down" i en deloperasjon sprer seg til hele virksomheten. Ved å holde nivået i siloen på halvfullt vil man ha en reserve begge veier som tilsvarer ca 2 døgns produksjon.

Ved fremtidig brytning, dvs. når nivået i bruddet kommer under siloåpningen på 85 m.o.h., kan grovknuseren lettere nåes ved å slå inn en ort fra bruddet inn til knuseren. Man vil dermed også redusere transportlengden i bruddet, men man må selvsagt renonsere på fordelene med silo.

Alt. 2.

Plasseringen av knuseren fremgår av fig. 4-²3. Forskjellen mellom dette alternativet og alt. 1 er i grunn bare at knuseren plasseres i friluft. Man vil da slippe merkostnadene ved å bygge tunnell og silo, på den annen side må man regne med at transportkostnadene vil bli høyere etter hvert som malmen brytes ned under nivå 80 m.o.h. hvor dumpeplassen er plassert.

Alt. 3.

Knuseren plasseres i liggen av nordmalmen, like utenfor malmgrensen, se fig 4-3. Knuseren plasseres også her på nivå null og tappeåpningen kommer opp i liggen av malmen ca på nivå 100 m.o.h. Utforming av tunnell og matearrangement blir som ved alternativ 1.

Dette alternativet vil bety høyere tilredningskostnader idet man vil være nødt til å føre en god vei frem til siloåpningen. Denne veiens beliggenhet er slik at det vil være stor rasfare fra malmen under brytningen, Å sikre dette vil by på så store kostnader at alternativet ikke kom i betraktning.

Alt. 4.

Her plasseres knuseren inne i fjellet øst for nordmalmen i nordskråningen rundt Selvåg. Plasseringen fremgår av fig. 4-4. Som det vil fremgå av figuren, har jeg tenkt meg sprengning av en "grøft" opp skråningen som i dypet skråner ned til grovknuseren på nivå null. Helningsvinkelen i nord og syd tilsvarer rasvinkelen og er her lagt til 60° , mens sidene øst og vest er tenkt boltet og sikret slik at de kan ha en helningsvinkel på ca 80° . Grøften vil i

lengderetning (nord - syd) strekke seg fra nivå 120 m.o.h. til nivå 210 m.o.h.

Fordelen med denne plasseringen av knuseren er først og fremst at den kan trekke malm fra flere nivåer samtidig. Som det fremgår av figuren er det tenkt tre dumpeplasser, hver trekker fra tre nivåer slik at det kan dumpes fra tilsammen ni nivåer. På denne måten vil det bli svært få fordreveier som har stigning ellersenkning, noe som er et aber ved alternativ 1.

Transportveien fra nordmalmen vil være konstant, ca 700 m maksimalt på alle nivåer. Fra sydmalmen vil man imidlertid få en nokså lang transportvei, opptil 1,5 km. Da er det også en forutsetning at nordmalmen er brutt så langt ned at pall 120 m.o.h. kan brukes som fordrevei.

Det som fordyrer og delvis umuliggjør dette alternativet er at pallene må åpnes i hele sin lengde frem til dumpeplassen før regulær dumpning kan skje. Som det vil fremgå senere, må nemlig pallene åpnes fra sydsiden. Man må da bryte ca 1 km av hver pall og sprengsteinen må kjøres på lagerplass eller tipp, før tømning kan skje.

Alt. 5.

Dette er envidereutvikling av alternativ 2, men knuseren plasseres mellom de to linsene, se fig. 4-5. Som det vil fremgå av figuren, vil grovknuseren også her plasseres på nivå null. Det blir tre styrtsjaktåpninger som fører ned til en felles silo som ligger over grovknuseren. Fig. 4-6 viser et snitt igjennom grovknuseren med adkomsttunnell inntegnet.

Dette alternativet vil gi den korteste fordrevei. Imidlertid vil man måtte ta ulempene ved at styrtsjaktene må brytes nedover etter som bruddet avsenkes. Det vil også gi mere tunnelldrift enn de andre alternativene og det er tvilsomt om den relativt lille gevinst i fordrevei

oppveier disse ulempene.

Til sist har man det problemet at knuseren sannsynligvis må flyttes når brytningen er kommet ned mot nivå null. Hvis malmen forsetter mot dypet, er man nødt til å bryte gräberget mellom linsene og da må grovknuseren flyttes.

4.3. Plassering, utbygning mot vest.

Alt. 6.

Dette alternativet fremgår av fig. 4-7. Knuser og siloarrangement er som i alternativ 1. Det slåes inn en ort mellom knuserbunnen og Dalvann, og det grovknuste godset føres på transportbånd bort til oppredningsverket. Velger man utbygging mot vest, vil dette alternativet gi de samme parametre for bruddet som alternativ 1. Men i tillegg har man den haken at det er store muligheter for at knuseren må flyttes når brytningen kommer under nivå null. Se også profilet, fig. 4-8.

Alt. 7.

Dette er en videreutvikling av alternativ 6, se fig 4-7 & 4-9. Som man ser, er også knuseren plassert ved Dalvann. Det slåes en ort inn til bruddet, med styrtsjakter opp i malmen i nordre og søndre linse. Ved å plassere styrtsjaktene slik som vist, oppnåes an meget liten fordrevei i bruddet. Til gjengjeld vil man få en fordrevei under jord på ca 1500 meter maksimalt. Denne fordringen regner jeg med kan foregå ved hjelp av store trucker, bunntømmende, slik at de blir lavest mulig, og med en kapasitet på ca 200 - 250 tonn. Jeg har dessverre ikke klart å innhente pålitelige opplysninger om disse og har derfor ingen tekniske beregninger.

Tunnellen utformes med et tverrsnitt for enveis kjøring, snuplasser med jevne mellomrom. Sjåførene kan stå i kontakt med hverandre ved hjelp av radio, eller trafikklys kan monteres.

5.0. VALG AV TEKNISK UTSTYR

5.1. Boring

Til primærboringen regner jeg med å bruke rotasjonsbormaskiner. Disse har vist seg å være de mest effektive og økonomiske ved store operasjoner i dagbrudd.

A/S TITANIA (6) har i bruk en Bucyrus-Erie BE 45R med 97/8" borkrone. Den regnes å ha et produksjonspotensiale på ca 2,0 mill. tonn pr. år. Jeg har til pallbrytningen valgt større maskiner med 12 1/4" borkrone. Det blir da enten en BE 60R eller en Gardener - Denver GD 130. I begge maskinene kan man skifte til 15" borkroner hvis det skulle bli aktuelt.

A/S TITANIA driver i en iømenittmalm i noritt som mineralogisk er noenlunde lik Selvågmalmen, og som derfor egner seg til sammenligninger. Deres BE 45R har en borsynk (1972) på ca 10 m/time som har gitt 63,5 bormeter pr. skift. Jeg regner med omtrent samme produksjon i Selvågmalmen.

Maskinene kjøpes inn med jevne mellomrom til man har fått fire stykker. Ved full brytning vil en maskin gå i sydmalmen, en i nordmalmen, og to i gråbergsbrytningen. Tidspunkt for innkjøp vil fremgå av kap. 6.0.

Maskinene må ha et tårn på ca 20m slik at de kan bore opptil 17 m hull uten stangskifte.

Rotasjonsbormaskinene er lite mobile, og krever i tillegg en plan flate å arbeide på. Siden terrenget er så varierende vil det bli bruk for beltegående, mindre maskiner som kan stå for åpningen av pallene, eller assistere rotasjonsbormaskinene. De må være mobile, lette å flytte og kunne bore i bratt terreng.

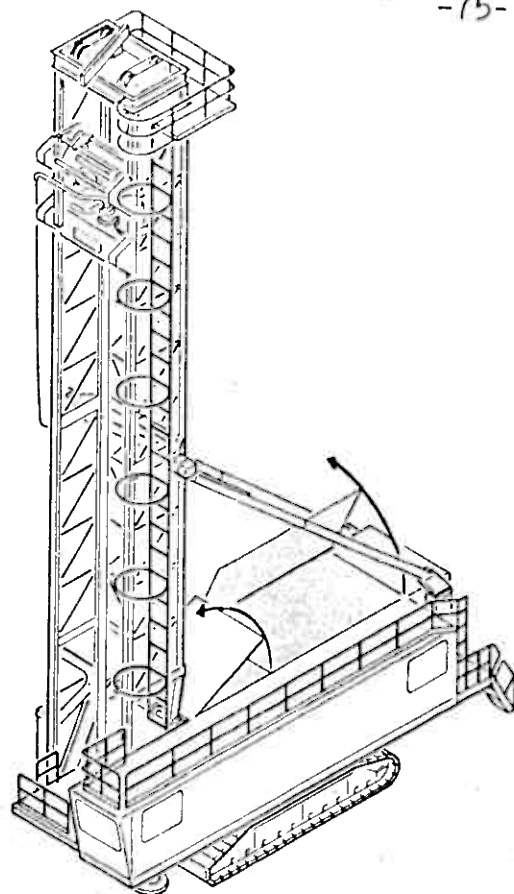
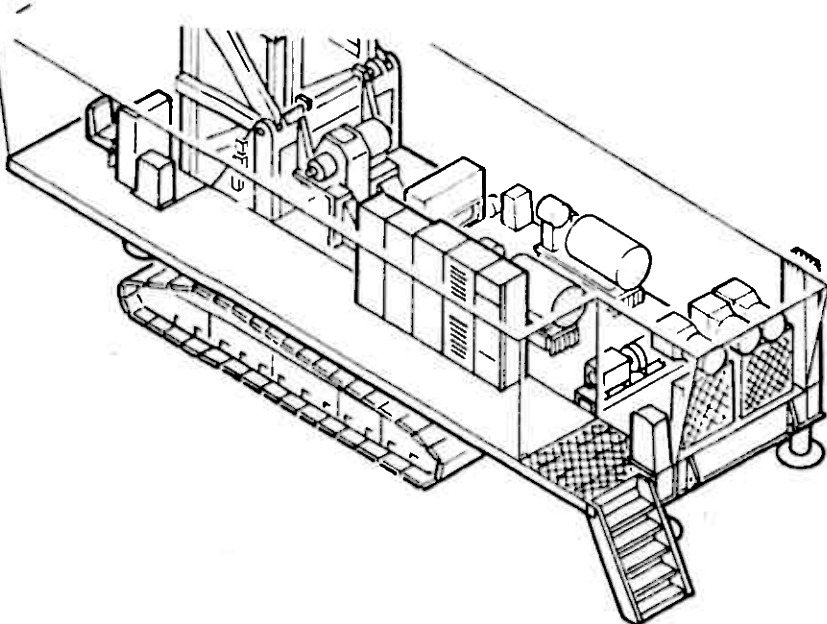
Jeg har derfor festet meg ved beltegående "Down-the-Hole" bormaskiner med 6" borkrone. Disse er bl.a. blitt

utprøvet ved A/S TITANIA og er funnet meget effektive. De har en netto borsynk som kan måle seg med rotasjonsbormaskinene, dvs. ca 10 m/time, og et produksjonspotensiale på ca 50 bormeter pr. tonn.

Jeg regner med at det er nødvendig med tre slike maskiner, to i produksjon og en i reserve/service. Disse skal da brukes ved åpning av pallene og andre steder hvor det tyngre utstyret ikke kommer til.

Forventet levetid på borkronene er ca 600 m i malm og ca 1000 m i gabbro for begge maskiner.

Fig. 18 viser en prinsippskisse av en rotasjonsbormaskin (GD 130).



SPECIFICATIONS

WEIGHT (AVERAGE)	260,000 lb
PULLDOWN AND HOIST	
Bit loading	130,000 lb
Hydraulic hoist	80,000 lb
Electric hoist	32,400 lb @ 111 fpm
HOLE SIZE RANGE	12 1/4 in. thru 17 in.

AIR COMPRESSOR (STANDARD)	
Two Gardner-Denver Rota-Screw*, direct gear driven, oil-cooled, rated at 1480 cfm free air each (2960 cfm total) @ 55 psi ambient plus 100° F	
Discharge air temperature	
(Optional compressor sizes available.)	

(Optional compressor sizes available.)		
RECOMMENDED BIT/PIPE COMBINATIONS		
Bit Size	Pipe Dia	Bailing Air Velocity
12 1/4 in.	10 in.	10,854 fpm
13 1/4 in.	10 1/2 in.	7,412 fpm
15 in.	13 in.	9,720 fpm
17 in.	15 in.	8,500 fpm

ELECTRIC POWER	
Air Compressor ac motors	Two @ 250 hp ea @ 1800 rpm
MG set ac motor	250 hp @ 1800 rpm
Rotary drive dc motors	Two @ 105 hp ea 475 v
Hoist/propel dc motor	105 hp @ 475 v
Hydraulic pumps ac motor	tefc 40 hp @ 1800 rpm
Auxiliary compressor ac motor	tefc 5 hp @ 1800 rpm
Compressor oil radiator fan ac motors	Two teao @ 10 hp @ 1800 rpm

Machinery house filter/pressurizing fans	three teao 7.5 hp ea @ 1800 rpm
Lights	110 v

DIMENSIONS	
Overall length mast raised	43'
Height with mast lowered platform folded	19' 9"
Width overall	19' 7"
Shipping width	10' 7"
Shipping height	10' 0"

CRAWLER MOUNTING	
Length overall	22' 4"
Width overall — Standard (44" links)	18' 8"
Optional coal field (54" links)	19' 6"
Optional severe service (36" links)	18' 0"

Fig. 18. Rotasjonsbormaskin

MAST

End mounted hydraulically raised and lowered. All alloy steel heavy duty construction. Center pipe rack standard. Right & left racks optional. Automatic folding back braces available. Angle hole equipment available.

LEVELING JACKS

Four jack system. All jack cylinders identical 9" diameter 66" stroke.

MACHINERY HOUSE

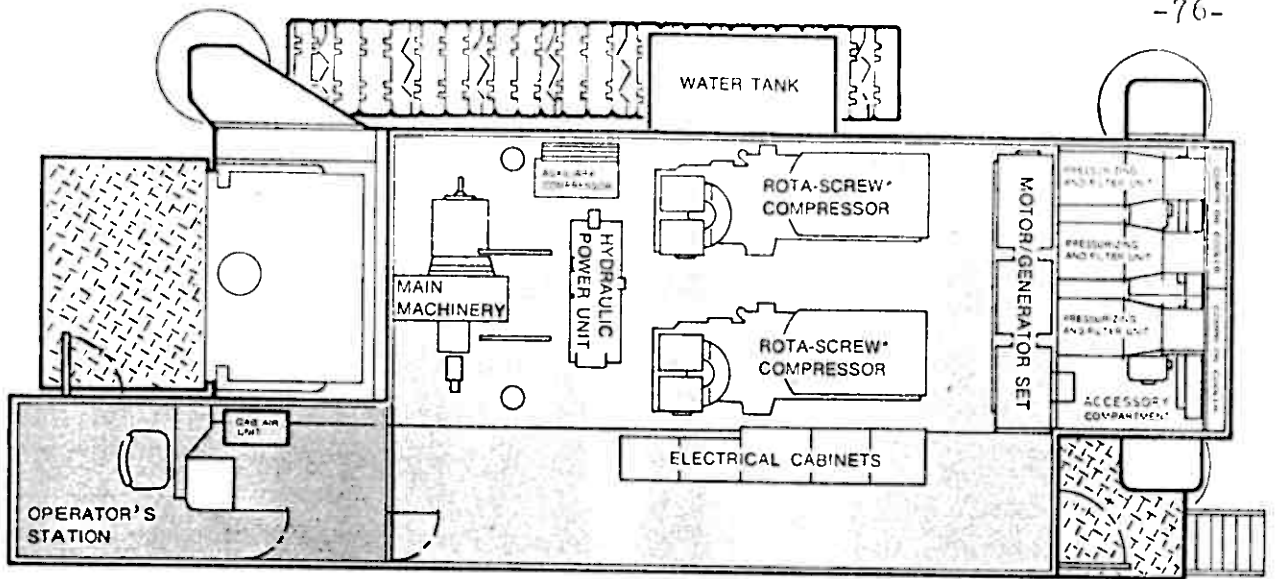
Heavy 10 gauge sheet steel construction. All main machinery inside totally enclosed filtered and pressurized house. 6' 6" minimum inside head room. Power raised roof for component removal. Optional — double steel wall construction with fireproof insulation. Thermostatically controlled heaters.

OPERATOR'S CAB

Totally enclosed double steel wall construction. Pressurized, filtered, heated, and insulated with fireproof insulation for reduced noise level and increased operator comfort and efficiency. Tinted safety glass. Adjustable operator's seat. Rubber safety floor covering.

SPECIAL FEATURES

- Full automation is available as optional equipment.
- Direct-reading depth indicator is standard equipment.
- Pushbutton starting is standard.
- Separate sealed hydraulic system for pulldown is standard.
- Mast lock pins are power pulled. Mast can be lowered in approximately 5 minutes.
- Retractable mounting stairway is standard.
- Machines are fully assembled and factory tested prior to shipping.

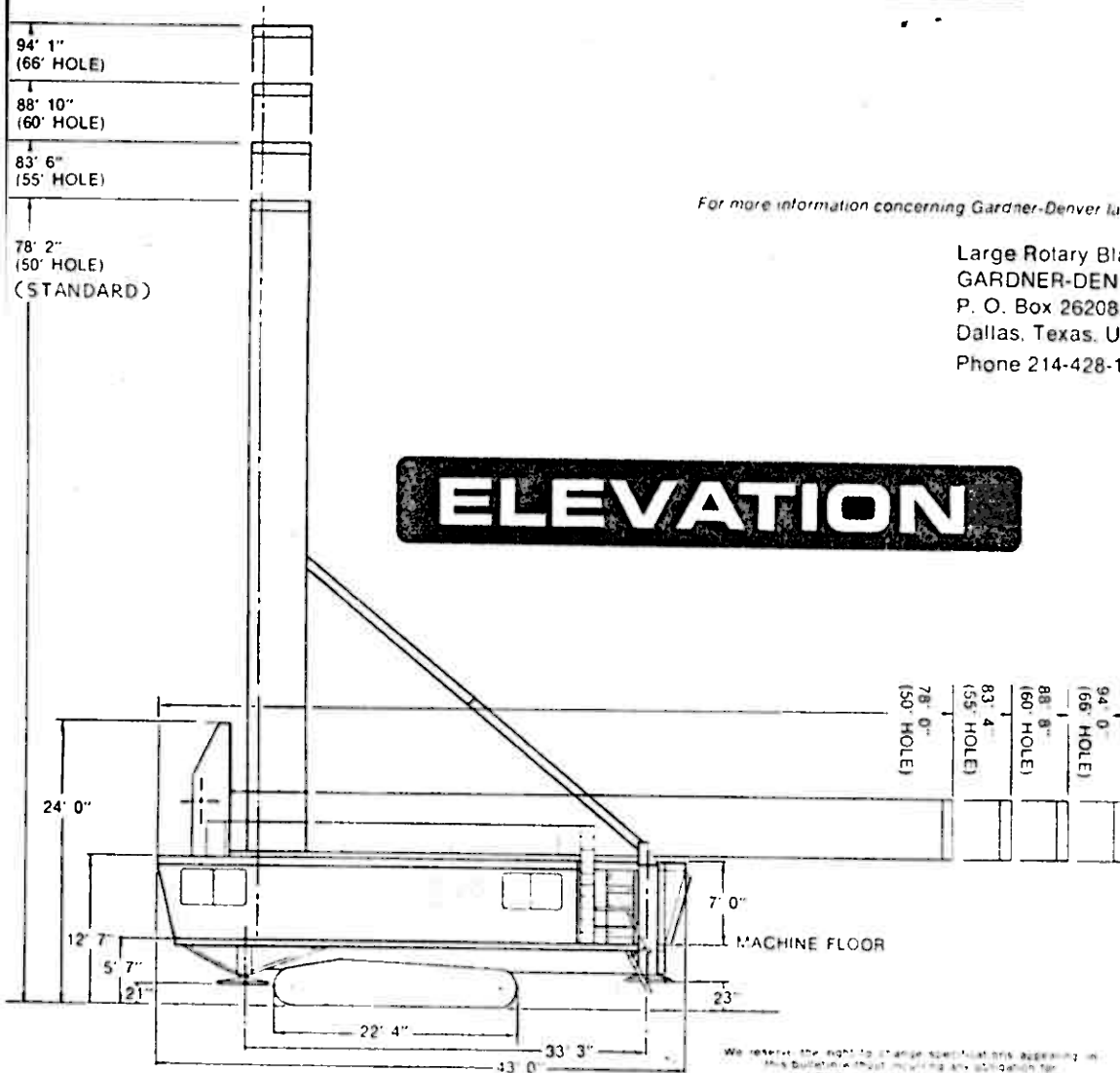


DECK PLAN

For more information concerning Gardner-Denver large rotary blasthole drills contact:

Large Rotary Blasthole Drill Sales Manager
GARDNER-DENVER COMPANY
P. O. Box 26208
Dallas, Texas, USA 75226
Phone 214-428-1561

ELEVATION



first in rock drilling
GARDNER-DENVER COMPANY

EXECUTIVE OFFICE
QUINCY, ILLINOIS



6.2. Sprengning.

Det bores med hullmønster 9 x 9 m med rotasjonsbormaskinene. Se fig. 19. Gjennomsnittlig sprengning vil bli på 100 000 til 200 000 tusen tonn. Ved slike store sprengninger regner jeg med å komme opp i en produksjon på ca 200 tonn pr. bormeter. For å få best mulig fragmentering har jeg gjort pallen med dimensjoner hvor lengden er ca 2 ganger bredden. For en sprengning på 100 000 tonn skulle dette gi målene omtrent 15 x 27 x 70 m. Fig 6-1 gir et eksempel på sprengningsmønster av et nivå.

DTH-boringen skal foregå med et hullmønster på ca 5 x 5 m hvor maskinene borer hele pallen alene. Der hvor de supplerer rotasjonsbormaskinene må hullmønsteret tilpasses det tyngre utstyrets. Der regner jeg med at hullmønsteret må reguleres til det halve av grovhullenes.

Sprengstoffet har jeg valgt som ANFO High Velocity Slurry som antennes av primer. Elektrisk sprengning. Pulverfaktoren kan ut ifra andres erfaringer, (7) settes til ca 0,2 - 0,5 gram pr. tonn.

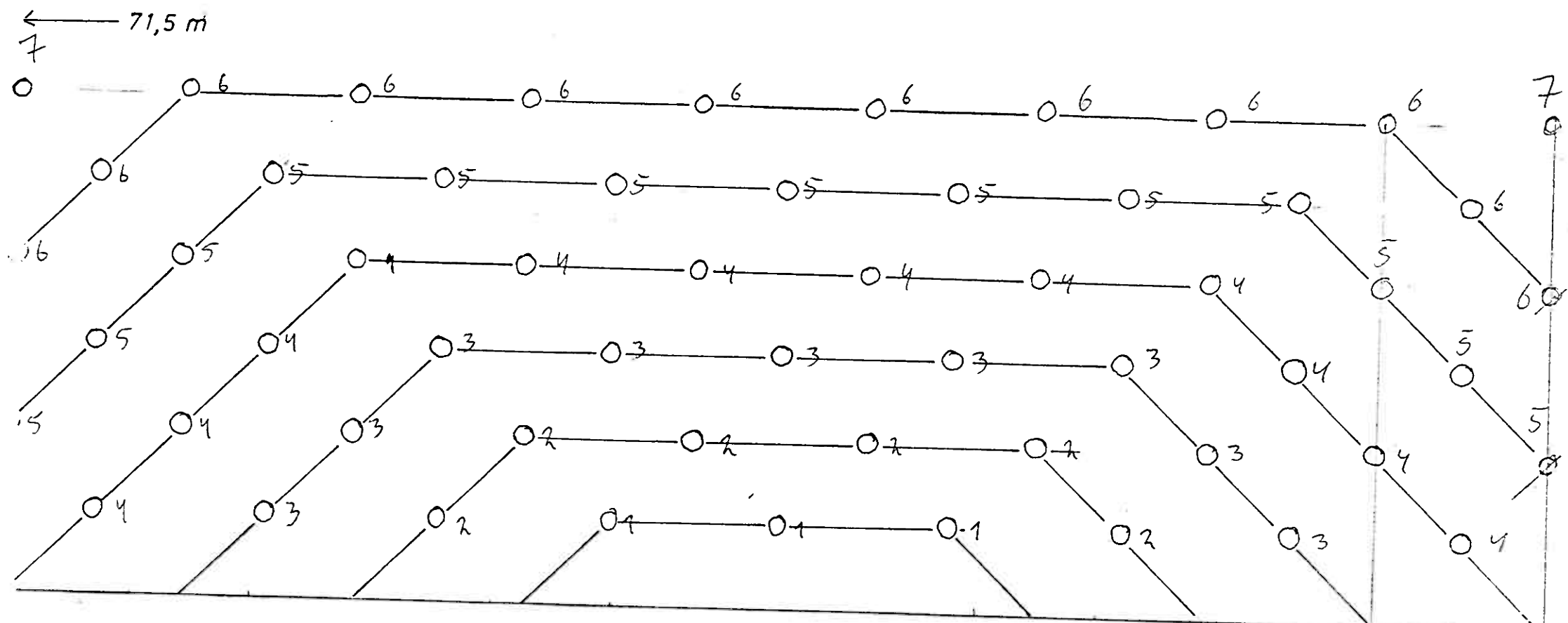


Fig. 19. Hullmønster for grovhullsboring. Salve 71,5x24x15m.

5.3. Lasting.

Hovedlastningen på pallen skal foregå ved hjelp av elektrisk drevne forgraver. Fig. 20 viser et bilde av en Roston Bucyrus RB 280. De er lite mobile, men ved de store spregningene jeg har valgt, vil flytting foregå med store mellomrom.

Jeg har beregnet ut ifra maskiner med 13 - 15 cu yd skuffer. I malm regner jeg med at skuffevolumet bør være 13 cu yd, mens jeg har gått opp til 15 cu yd i gråberg.

I malm vil maskinen ha følgende kapasitet:

Fyllfaktor for skuffe:	50 %
Syklustid	: 40 sek
Maskineffektivitet	: 80 %
Materialvekt	: 2200 kg/m ³
Skuffestørrelse	: 13 cu yd = 10 m ³
Svingfaktor	: 0,9 ved 110° sving

$$\text{Kapasitet: } \frac{60 \times 60 \times 0,5 \times 0,8 \times 2200}{40} \times 10 \times 0,9$$

$$= \underline{670 \text{ tonn/time}}$$

Det vil altså bli nødvendig med to slike maskiner for å komme opp i den forutsatte produksjon.

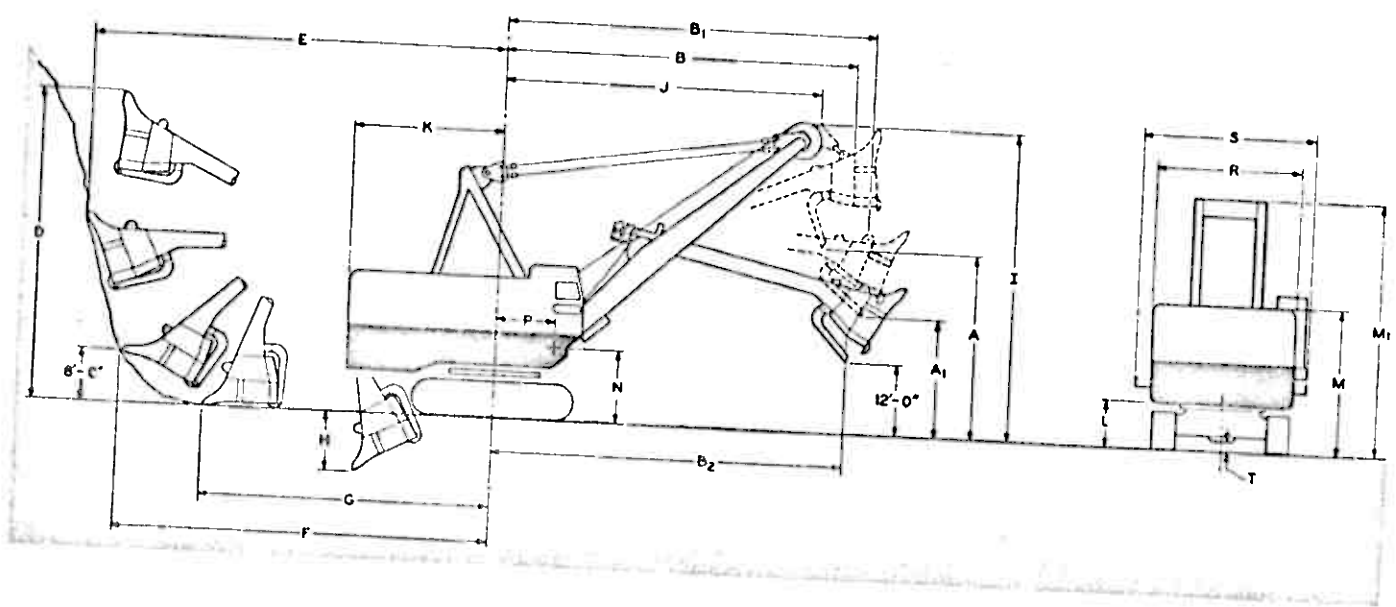
I gabbro vil maskinen ha følgende kapasitet med 15 cu yd skuffe:

$$\text{Kapasitet: } \frac{60 \times 60 \times 0,5 \times 0,8 \times 1860}{40} \times 11,5 \times 0,9$$

$$= \underline{700 \text{ tonn/time}}$$

Resten av gråbergproduksjonen vil bli oppnådd ved bruk av hjullastere.

Det er også her meningen å anskaffe maskinene etter hvert som det blir bruk for dem. Mer om dette i kap. 6.0.



Shovel Working Range

Dipper Capacity (Nominal) cu. yds.	15
Dipper Capacities (Range) cu. yds.	8-18
Length of boom	50'-0"
Effective length of dipper handle	31'-0"
Overall length of dipper handle	36'-0"

Range using 15 yd. general purpose dipper.

A	Angle of boom.	47	
A	Dumping height - maximum	30'-6"	A
A ₁	Dumping height at maximum radius - B ₁	22'-3"	A ₁
B	Dumping radius at maximum height - A	49'-6"	B
B ₁	Dumping radius - maximum	52'-6"	B ₁
B ₂	Dumping radius at 12'-0" dumping height	51'-6"	B ₂
D	Cutting height - maximum	48'-3"	D
E	Cutting radius - maximum	62'-6"	E
F	Cutting radius at 8'-0" elevation	57'-9"	F
G	Radius of level floor	43'-3"	G
H	Digging depth below ground level - maximum	8'-6"	H
I	Clearance height - boom point sheaves	50'-6"	I
J	Clearance radius - boom point sheaves	46'-6"	J
K	Clearance radius - revolving frame	21'-6"	K
L	Clearance under frame - to ground	6'-7½"	L
M	Clearance height top of house	20'-10"	M
M ₁	Height of A-frame	36'-7"	M ₁
N	Height of boom foot above ground level	10'-11½"	N
P	Distance - boom foot to center of rotation	9'-5"	P
R	Width of machinery house without walkways	21'-0¾"	R
S	Overall width of machinery house	25'-0"	S
T	Clearance under lowest point in truck frame	17⅞"	T

Specifications 280-B2 H-B 2M 6-69

Fig. 20. Gravemaskin

Til annet lastearbeide og til supplement for hovedlastemaskineriet, har jeg beregnet bruk av hjullastere. Disse skal for det meste brukes til renskning av pallgulvet og annet forefallende arbeid. Dessuten skal de brukes i produksjon, delvis som last- og bærutstyr hvor det blir vanskelig for truckene å komme frem, dessuten skal de som nevnt stå for en del av gråbergproduksjonen.

Behovet for disse maskinene vil variere sterkt fra sted til sted, og det er nettopp pga. sin evne til rask forflytning at de er de store maskinene overlegne.

Under åpningen av bruddet og senere til utfylling og supplering av produksjonen, har jeg valgt en Dart eller Terex hjullaster med 10 cu yd ($7,65 \text{ m}^3$) skuffe. Dette er enforholdsvis tung, langsom maskin, men den egner seg bedre til tungt arbeid enn f. eks. en tilsvarende Caterpillar. Ideelt vil den kunne oppnå en produksjon på ca 700 tonn/time. Imidlertid må den påsettes en lenger bærearmer pga truckene, og jeg regner derfor med en produksjon på ca 400 tonn/time ved pallasting og ca 200 tonn/time totalt sett.

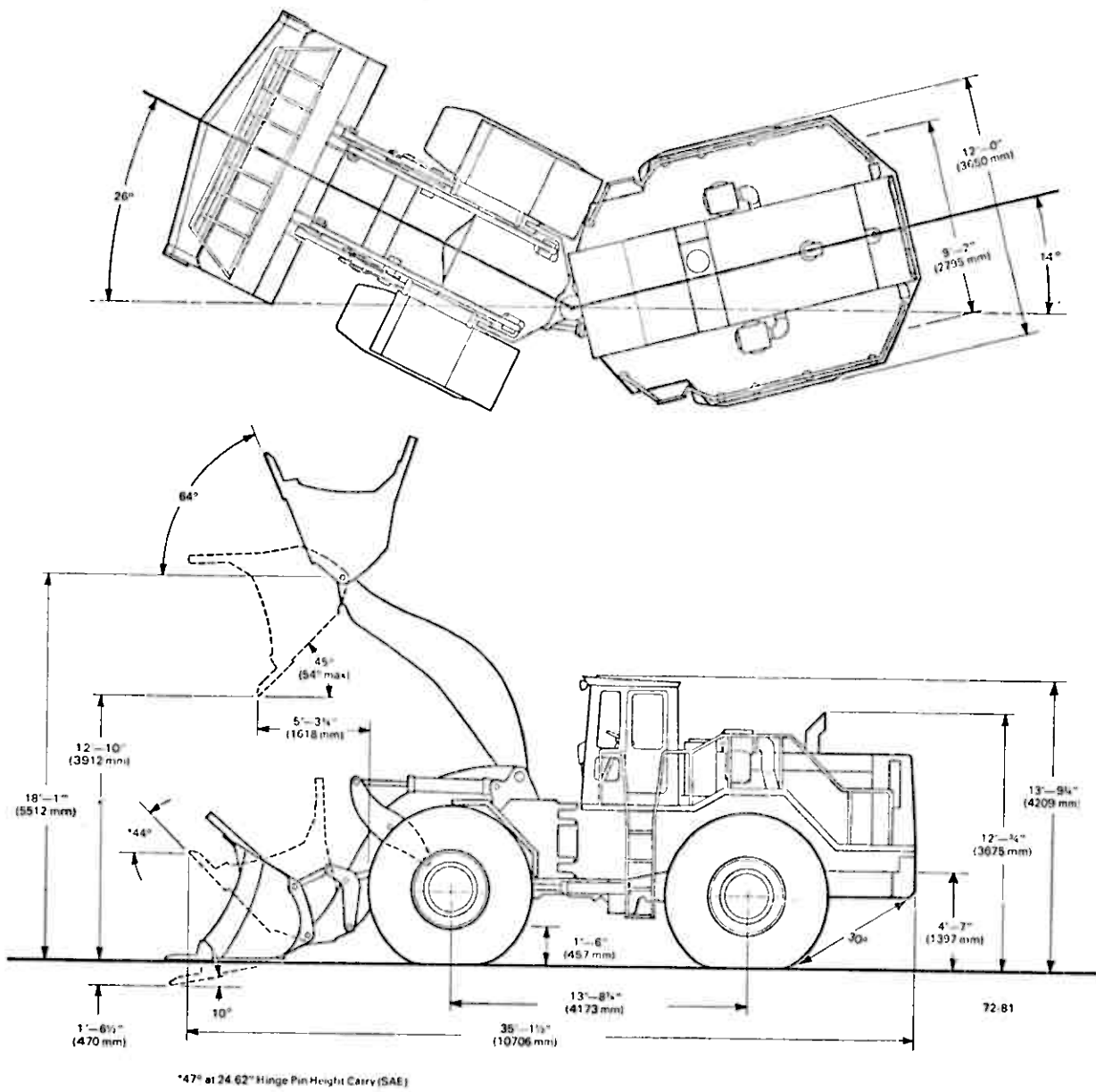
Til renskning av pall, annen lastning osv. regner jeg med å bruke Caterpillar 988 med 5 m^3 skuffe. Disse maskinene er lette, raske og egner seg godt for mobile operasjoner som f.eks. last og bær. Disse maskinene må også utstyres med en lenger arm hvis de skal laste i truckene. Jeg regner derfor med en produksjon på ca 100 tonn/time og trenger fire slike, inkludert en i reserve.

Fig 21 er en skisse av målene for en Terex og fig 22 viser det samme for en Caterpillar 988.

Pga mye ur- og blokkoverdekning har jeg overveiet bruk av beltegående lasteutstyr. Disse har imidlertid så avgrenset bruksområde at jeg isteden vil kjøre med en kombinasjon beltedozer/hjullaster der hvor det blir nødvendig.

ADDITIONAL DIMENSIONAL INFORMATION

Tire Size and Type	Vertical Dimensions Change	Turning Radius Outside Rear Tires	Reach at Max. Height Change	Machine Width	Vehicle Track
33.25 x 35, L-4	- 0 -	24'-8" (7519 mm)	- 0 -	12'- 0" (3658 mm)	9'-2" (2704 mm)
33.25 x 35, L-3	-2" (-50,8 mm)	24'-8" (7519 mm)	+ .5" (+13 mm)	11'-11½" (3645 mm)	9'-2" (2704 mm)
33.25 x 35, L-5	+1" (+25,4 mm)	24'-7¾" (7513 mm)	-1.5" (-38 mm)	12'- 0" (3658 mm)	9'-2" (2704 mm)



Unit Shown with 9 Yard Rock Bucket, ROPS Cab, and Standard Tires

Fig. 21. Hjullaster.

5.4. Fordring.

Transporten av malm og gråberg innen bruddet vil foregå med konvensjonelle trucker. Typene som er blitt vurdert er:

Truck 1.	65,1 m ³	136,2 tonn	(Terex 33-15)
Truck 2.	33,7 "	72,6 "	(Terex 33-11)
Truck 3.	30,0 "	70,0 "	(Kiruna K-500)
Truck 4.	76,5 "!	82,0 "	(Haulpack 90)

Truck 4 er bunntømmende og vil bare komme i betraktning dersom grovknuseren blir plassert etter alt. 7, og man vil få tømming i styrtsjakt. Den er derfor så spesiell at den for det meste er blitt holdt utenfor beregningene. Bunntømmende trucker har en del store fordeler fremfor konvensjonelle baktippende, bl.a. lav lastehøyde, lavere vekt etc. Imidlertid vil transportsystemet lett bli komplisert og mere uøkonomisk når forskjellige trucker ikke kan skifte mellom forskjellige transportbehov innen bruddet.

I tabell 5 finnes en del parametre for de forskjellige lastemaskinene. Disse er brukt som utregningsbasis for tabell 6 som viser de forskjellige truck/shovelkombinasjoner. Tabell 7 er en foreløbig oversikt over kjøretider ved hovedveiene i bruddet.

Av tabellen vil det fremgå at kombinasjonen 13 cu yd shovel/136 tonn truck er ugunstig når det gjelder lastetid. Jeg har derfor overveiet å gå over til 15 cu yd gravemaskiner over hele bruddet. Dette betyr imidlertid at det må velges en annen gravemaskintype f.eks. en Roston Bucyrus 290B istedenfor en 280B.

Når det gjelder tabell 7 må jeg understreke at tallene er kun veiledende. De tabellene jeg har fått fra fabrikanten er ikke helt pålitelige.

TABELL 5.

	Symbol	Gravemaskin		Hjullaster
		13 cu yd	15 cu yd	10 cu yd
Skuffestørrelse	f	10 m ³	11,5 m ³	7,6m ³
Fyllfaktor	a	0,4	0,4	0,75
Svellfaktor: Malm	g	0,625	0,625	
Gråberg			0,665	0,665
m ³ pr. skuff Malm	h	2,50m ³	3,60m ³	
Gråberg			3,06m ³	3,80m ³
Materialvekt Malm	d	3500kg/m ³		
Gråberg		2800kg/m ³		
Tonn pr. skuff Malm	k	8,8 tonn	12,6 tonn	
Gråberg		7,45tonn	8,6 tonn	10,6 tonn
Syklustid	s	40 sek	40 sek	60 sek

Tallene er basert på:

Antall m³ pr. skuff: $h = f \times a \times g$

Antall tonn pr. skuff: $k = h \times d$

Antall skuffer pr. truck: $T = \frac{\text{Nyttelast}}{k}$ eller $\frac{\text{Nyttevolum}}{h}$

Lastetid: $l = T \times s$

TABELL 6.

			Gravemaskin		Hjullaster
			13 cu yd	15 cu yd	10 cu yd
Antall skuffer pr. truck	Malm	136 tonn	15	11	
		72 tonn	8	6	
		70 tonn	8	5,5	
		82 tonn	9	6,5	
	Gråberg	136 tonn	18	16	13
		72 tonn		8,4	7
		70 tonn		8	6,6
Lastetid	Malm	136 tonn	600	440	
		72 tonn	320	240	
		70 tonn	320	220	
		82 tonn	360	260	
	Gråberg	136 tonn		640	520
		72 tonn		340	280
		70 tonn		320	270

Som det vil fremgå, har jeg to alternativer trucker i 70-tonns klassen. Ved å sammenligne de tekniske data viser det seg at Kirunatrucken er den overlegent beste. F.eks. er svingdiameteren for denne trucken 8,4m, mens den er 20,4m for den andre trucken!

Transporten i bruddet og transportbehovet vil variere sterkt, selv om jeg har bestrebet meg på å komme frem til en enkel brytningsmetode. Det må derfor gjennomføres en ordentlig analyse av transportbehovet. Nøkkelen til en god planlegging idag ligger i bruken av computer hvor hele transportsystemet kan simuleres.

Ut ifra de data som foreligger, har jeg valgt følgende trucker:

136 tonns truck til hovedtransporten.

70 tonns Kirunatruck til vanskelig transport.

TABELL 7.

Strekning	Gradering	Rulle- motstand	Lengde	136, 2 tonn				72,5 tonn				Kiruna-truck			
				Lastet		Tom		Lastet		Tom		Lastet		Tom	
				km/t	Tid	km/t	Tid	km/t	Tid	km/t	Tid	km/t	Tid	km/t	Tid
A	13 %	2 %	350	30,4	38	20	63	20	63	24	53	10	126	24	53
B	14 %	"	420	28,0	54	19,4	79	20	75	8	190	10	151	21	72
C	22 %	"	320	2	574	40	36	4	287	27,2	42	4	287	15	77
D	8,5%	"	700	12,8	65	48	52	12,8	197	63	40	10	251	33	76
E	0 %	5 %	-	24,0	-	48	-	25	-	59	-	22	-	46	-

Strekning A: Grovknuser til avkjørsel tipp 2 (nedover)

B: Tipp 2 til sving 190 m.o.h. (nedover)

C: Sving 190 m.o.h. til topp 277 m.o.h. (stigning)

D: Topp 277 m.o.h. til tipp 1. (stigning)

E: Innen bruddet.

5.5. Diverse.

Det er ingen vits i å gå nøyere inn på behovet for annet maskineri her. Løst anslått vil det alltid være behov for en del bulldozere, lastebiler av forskjellig størrelse og noen andre biltyper til bruk i bruddet. Det vil også være behov for en veiskrape. Dessuten en liten hjullaster som hjelpemaskin for veiarbeid o.l.

Man må også ta hensyn til klimaet, og anskaffe utstyr for vedlikedhold om vinteren, slik som sandstrøingsutstyr, sneploger osv.

6.0. ÅPNINGSARBEIDER

6.1. Fjerning av overdekning.

Som det allerede er vist i kap. 3, sesjon A, er forekomsten lite dekket av vegetasjon, men desto mere av ur og blokker. Det er imidlertid en del kratt og kjerr, vesentlig bjørk som må fjernes. Ved siden av dette er en del av nordmalmen dekket av torv.

Jeg regner med å få fjernet denne delen av overdekningen ved hjelp av traktor med utstyr. Trærne kan sannsynligvis brennes på stedet.

Jordoverdekningen kan fjernes ved hjelp av spyling. Jeg regner med at det kan brukes sjøvann til dette formålet. Ved å montere trykktank på traktoren eller en bulldozer skulle det være mulig å få tatt seg frem i de bratte liene.

Når det gjelder de store mengdene ur og blokk, overveide jeg først bruken av skrape og spill. Det vil imidlertid bli en meget kostbar og tidkrevende prosess. Dessuten må man regne med å være nødt til å skrape flere ganger, rett og slett fordi det ikke vil bli til å unngå at stein faller nedover fjellsiden under spregningen av pallene. Jeg regner derfor med å foreta rensken ved hjelp av bulldozer. Det vil bare bli foretatt rensk i den utstrekning som det er nødvendig til å gi bormaskinene arbeidsplass. Der hvor det blir for bratt, vil det også bli vanskelige arbeidsforhold for DTH-maskinene, og jeg regner med at det der må bores skrå eller horisontale hull fra en sikker standplass.

Som nevnt vil det bli en del blokkfall ned fjellsiden under spregningene. Dette regner jeg med å kunne ta opp med hjullaster og laste i mindre trucker. Er det for vanskelige arbeidsforhold, tar jeg kombinasjonen hjullaster/bulldozer i bruk.

6.2. Plassering av gråbergstipper.

Den topografiske plassering av tippene vil fremgå av fig. 1-1 og 1-2. Tippene er nummerert ① ② & ③.

Tipp ① er plassert ved det lille tjernet på 338 m.o.h. Terrenget er bratt, ca 30° , og det skulle derfor gå greit i første omgang å tippe massen rett utfor skråningen. Man vil da slippe utjevning av tippen med bulldozer i første omgang. Ved å fylle igjen tjernet og å renske litt rundt skulle det bli en stor manøvreringsplass for truckene.

Tippen er lagt såpass langt syd at den skulle komme utenfor bruddsidene, selv med brytning dypere enn nivå null. Den vil tjene som dumpeplass for alt gråbergsmengde som blir tatt ut på nivåene over ca 240m. Den vil også tjene som dumpeplass for sydmalmen når den brytes.

Ved å regne med kjegleformet ras, rasvinkel ca 45° , og med den utstrekning som vist på fig. 6-1, regner jeg med at tippen skulle kunne ha en kapasitet på ca 5 mill. tonn berg (ca 2,5 mill. m^3). Dessverre går ikke kartet lenger syd, men fra hovedkartet går det frem at tippen kan utvides meget langt sydover etter som det blir behov for det. Det skulle således ikke være problem å få dumpet alt brutt gråberg der, selv ved utvidelse av bruddet under nivå null. Som det vil fremgå av figuren, har man ved utvidelse en god flate å kjøre på mot syd.

Tipp ② er plassert utenfor sydmalmen, på østsiden. Fig. 3-1 viser hvordan vei er tenkt ført frem til tippen. Fra avkjørselen til tippen er sletten meget jevn. Akkurat ved tippen er det imidlertid meget bratt, og godt egnet for dumping. Hovedveien fra Eidet til bruddet vil gå nedenfor tippen, men det skulle være en god sikkerhetssone imellom.

Tippen er berggnet til å ta gråberg fra brytningen mellom linsene, delvis også fra brytningen i nordenden av

bruddet. Siden det ikke trengs og brytes gråberg fra liggen, trenger ikke denne tippen å være så stor.

Totalt volum av denne tippen er estimert til ca 1 mill. m³ eller ca 2 mill. tonn. Av blokkdiagrammet fig 3-1, avdeling A, vil det gå frem at også denne tippen kan utvides i sydlig retning. Det må imidlertid da sprenges en del for å få plass til vei.

Den tredje tippen, merket (3) på figuren, er bare ment som en avlastning for tipp (1). Den er beregnet for å brukes når nordmalmen utvides nordover, og den er spesielt beregnet på det tilfellet at nordmalmen går lenger opp i åssiden enn det som tidligere er antatt. Dette vil i såfall bli under en senere fase av brytningen, og ligger flere år frem i tiden. Denne plassering er derfor bare omtrentlig anslått, og er kun ment som et forslag fra min side.

6.3. Åpning av bruddet.

Som nevnt i kap. 3.5. har jeg basert brytningen på at forekomsten åpnes nedeffra. Jeg har i realiteten ikke noe annet valg, da fjellsidene er så bratte at det vil kreve uforholdsmessige store utgifter til sikring under arbeidet hvis jeg skulle starte direkte på malmen.

Åpningen vil foregå på den måten at veien fra tipp 1 føres videre opp til 360 m.o.h. På det nivået sprenges det inn en arbeidspall. Eventuelt sprengt berg skyfles bare nedetter fjellsiden.

Fra denne pallen bores og sprenges nivået ned til 360m. Man vil få en "box cut" som vist på fig. 23. Det bores med DTH-maskiner, hullmønster 5 x 6 m. Det første kuttet er ca 30 m langt og ca 12 m dypt. Opplasting i Kiruna-trucker ved hjelp av hjullastere.

Lasting med hjullaster. Data fra tabell 5, 6 & 7.
 Lastetid 8 min. inkl. manøvrering
 Dumpetid 1 min. " "

Kjøretid: full 5,4 min
 tom 3 "

Total syklustid: 18 min

Nødvendig antall trucker: $18/8 = 2,2 \approx 3$ trucker.

Det brytes videre inn etter samme mønster til man er kommet igjennom pallen. Derfra utvides pallen i sørlig og nordlig retning i slisser åca 30-40 m. til hele pallen er brutt ned til nivå 360 m.

Fig. 24 viser hvordan slissen er tenkt ført igjennom pallen. Blokkdiagrammet, fig 6-2 viser hvordan det vil se ut når pallen er ferdig brutt. Tabell 8 viser tekniske og tidsmessige data for brytning av pallen.

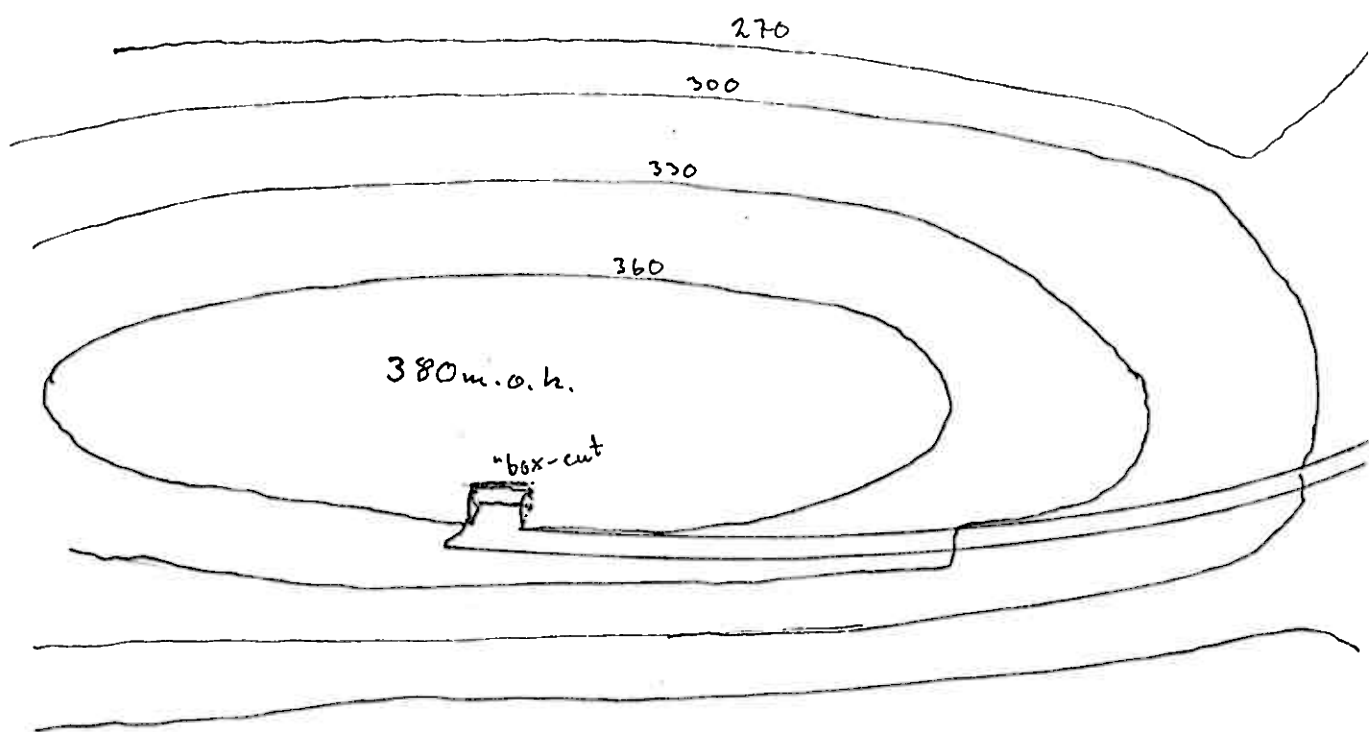


Fig. 23. Åpning av pall 360 m.

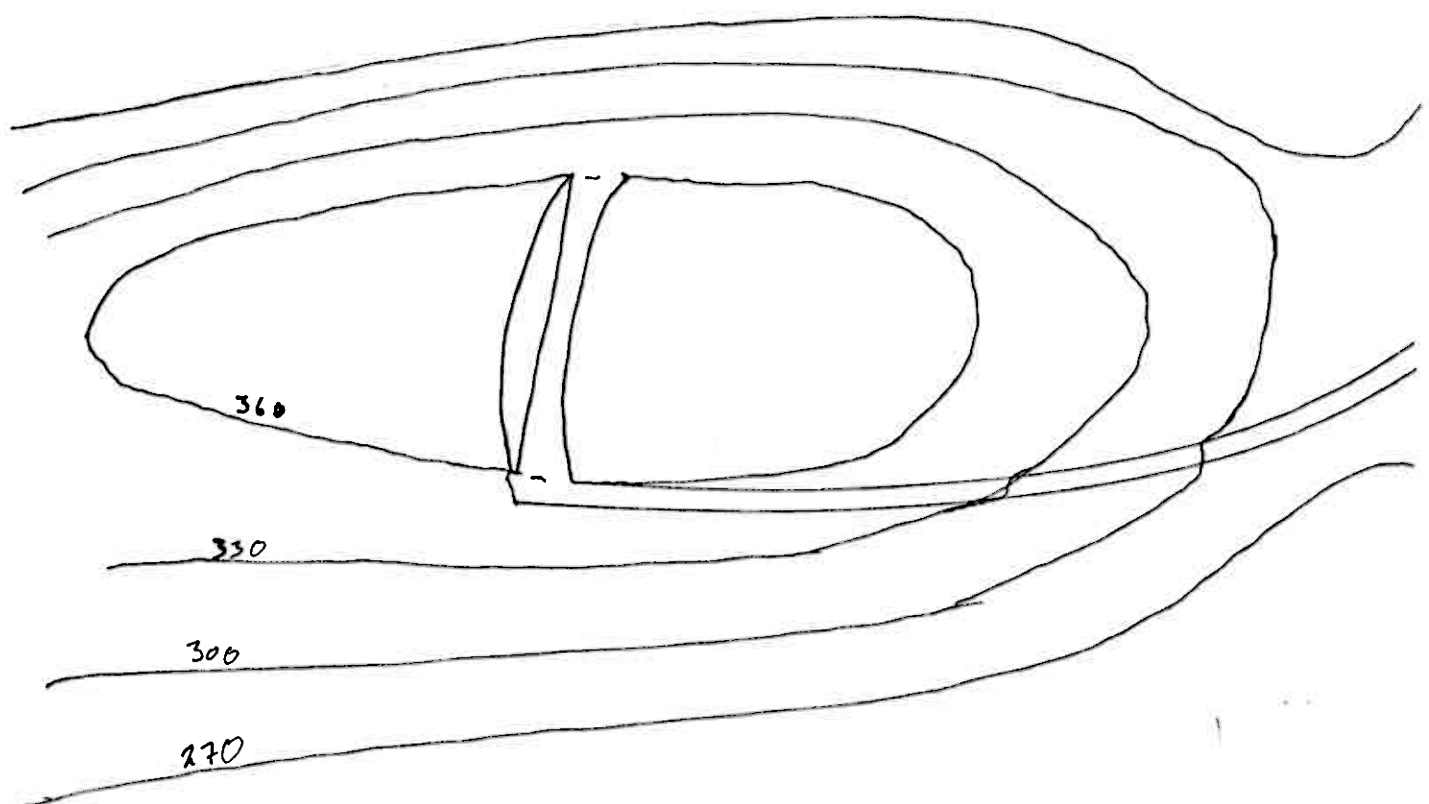


Fig. 24. Slissen, pall 360 m ferdig brutt.

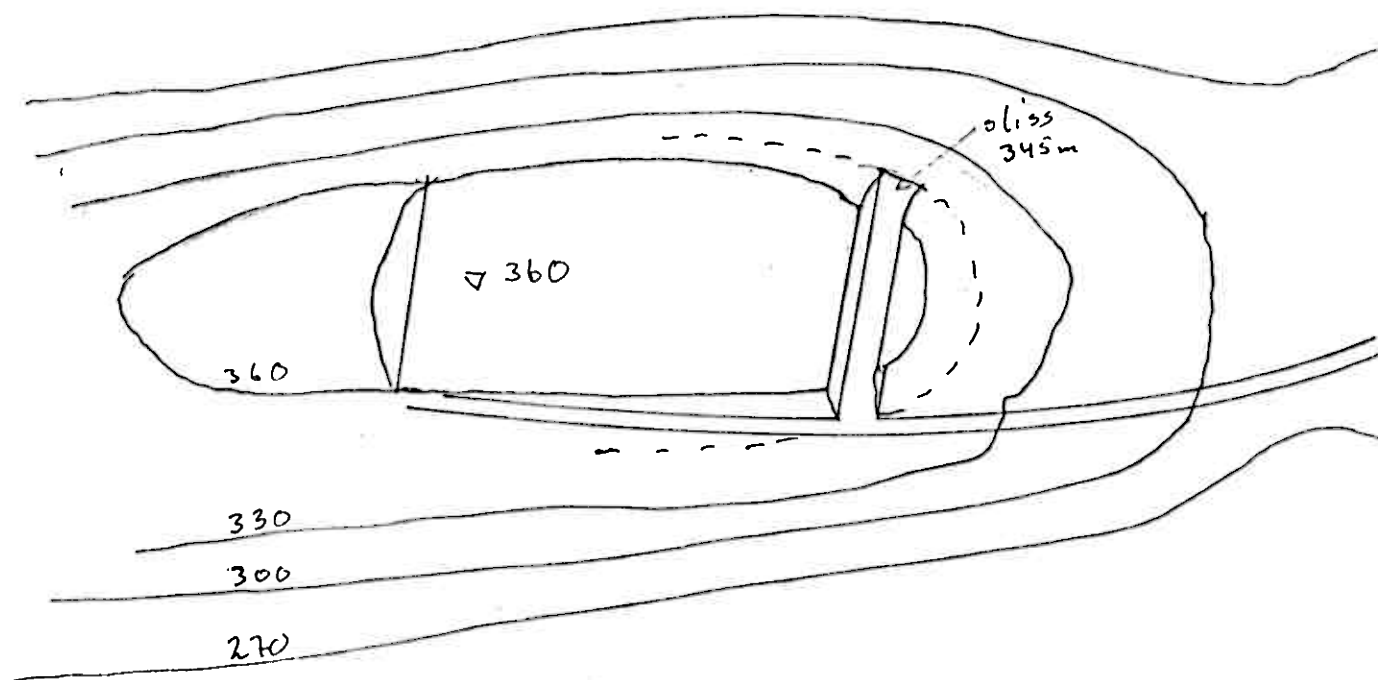


Fig 25. Sliss, brytning av pall 345 m

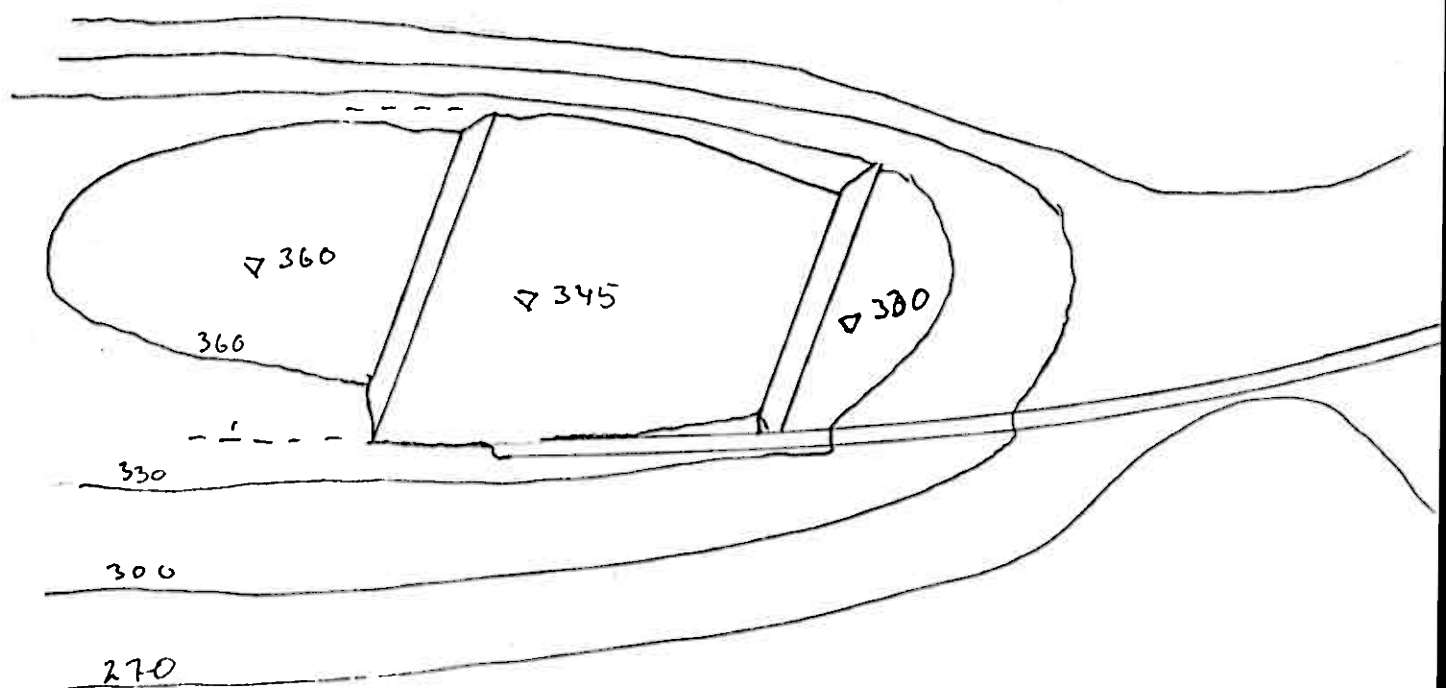


Fig. 26. Åpning av pall 330 m.

Som nevnt er underlaget dårlig, og derfor har jeg bare med et eksempel på hvordan slike data kan beregnes.

Tabell 8. Brytning av nivå 360 m.

Pallens:	lengde	største bredde	gj.sn. br.	største h.	gj.sn. h.
	300 m	75 m	60 m	23 m	ca 10 m
Total bergfangst:	fast berg: 180 000 m ³				
	løst " 500 000 tonn				

Slissen.

Borpallens dimensjoner: 30 x 12 m.

Antall kutt: 5 stk

Borhull pr. kutt: ca 14

Bormeter pr.kutt: ca 15/4

60 bormeter pr. skift gir 3 skift boring pr. kutt.

Med en hjullasterkapasitet på ca 400 tonn/time, vil lastetiden pr kutt bli ca 25 timer eller 4 skift. Dette gir da ca 16 skift til brytning på en sliss.

Resten av nivået brytes i kutt på 60 x 12 m. Det må da brytes 10 slisser sydover og 13 slisser nordover for å bryte hele pallen. Med en bortid pr. sliss på ca 6 skift, vil hele nivået brytes på 73 skift. De må begge sider brytes samtidig.

Når nivå 360 m er ferdig brutt, vil det se ut som på fig. 6-3.

Nivå 345 m åpnes på samme måte, se fig. 25. Denne vil også for det meste måtte drives med DTH-maskiner, men rotasjonsbormaskinene skal introduseres så snart de har fått nok arbeidsplass.

På samme måte åpnes også nivå 330 m, fig 26. Dette nivået skal imidlertid ikke brytes ut i hele sin bredde, kun ca halvparten. Bredden vil da først og fremst være avhengig av hvor den endelige bruddveggen vil komme, men kartet er for unøyaktig for eksakt bestemmelse av dette på nåværende tidspunkt.

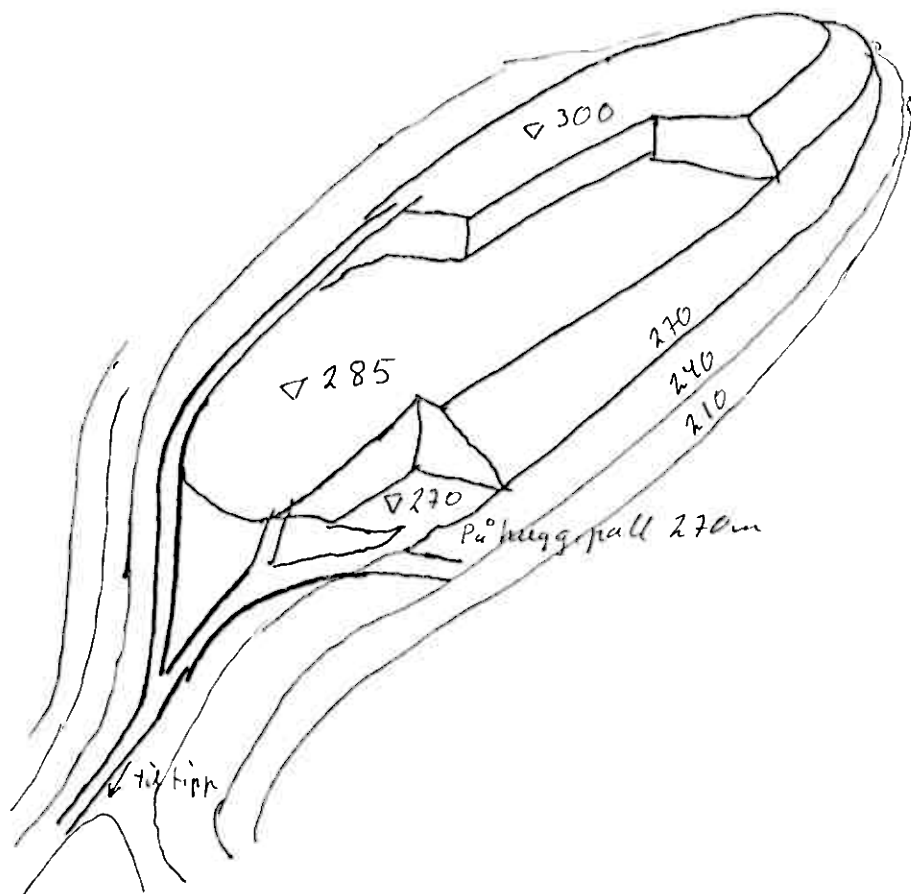


Fig. 28. Påhugg, nivå 270

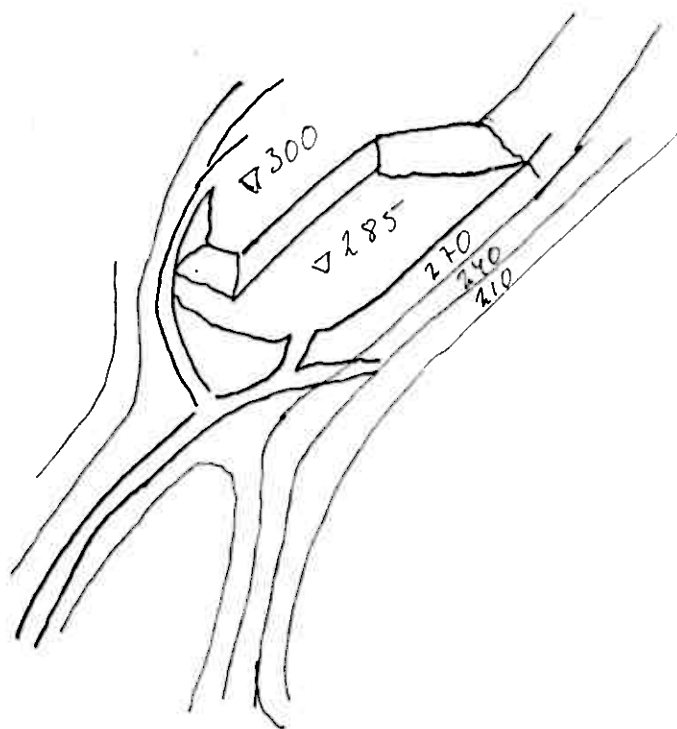


Fig. 27. Påhugg, nivå 285.

Nivåene 315, 300 og 285 m åpnes alle fra sydvest. Det drives da inn en åpningspall som vist i fig. 27. Pallenes bredde er avhengig av avstanden mellom høydekurvenes utgående. Som vist på figuren, drives pallene inn rett øst, før de dreies nordover slik som de andre pallene.

Nivåene fra og med 270 m åpnes alle fra østsiden. De drives inn fra veien opp skaret i full bredde (se neste avsnitt). Dette opplegget må være fleksibelt, fordi det må harmonere med åpningen av sydmalmen.

Jeg regner med at alle åpningspallene må lastes med hjullaster pga. bredden. Fordringen må, av samme grunn, sannsynligvis gå med Kirunatrucker i begynnelsen, til pallene er blitt så brede at tungt utstyr kan settes inn.

6.4. Åpning av sydmalmen.

For det første vil jeg si at jeg ikke vil ta noe standpunkt til når sydmalmen skal åpnes. Det kreves mye solidere grunnlag enn det jeg har på det nåværende tidspunkt.

Et av hovedproblemene ved åpningen av sydmalmen er at åpningen kan forstyrre fordringen på veien til tipp 1 og vil absolutt være en bakdel for transporten på veien opp skaret i sydmalmen. Dette vil man få bedre kjennskap til når grensene for sydmalmen er bedre fastlagt.

Sydmalmen åpnes ved at det drives vei inn fra veien til tipp 1. Veiene drives inn til de nivåene som skal brytes. Det skulle ikke være nødvendig med stort mere enn to veier, da malmen etter mine undersøkelser ikke går høyere enn ca 300 m.o.h. (sydgrensen). Nivåene palles ut i hele sin bredde før et underliggende nivå påbegynnes. Det blir således helt plane flater over hele den bredden av ryggen som sydmalmen går over, se fig. 29 (s. 5). Senere åpnes de forskjellige nivåer østfra, ved at de allerede åpnede paller forlenges sydover. Hvor langt vestover pallene nå skal utvides, er avhengig av bruken av veien til tipp 1.

Tidspunktet for åpningen av sydmalmen er, som sagt, vanskelig å fastslå nå. En tidlig åpning vil være å foretrekke ut ifra økonomiske kriterier. Man vil da komme i gang med malmproduksjon umiddelbart, samtidig som det gråberget over nordmalmen blir fjernet. Man trenger da ikke å tære så mye på kapitalen.

En senere åpning vil være å foretrekke ut ifra et driftsmessig synspunkt pga. den transportmessige forstyrrelse som brytningen vil forårsake. Det vil bl.a. være stor fare for ras under brytningen og omfattende sikkerhetstiltak må settes i verk i dalen der veien går. Det beste, sett fra denne synsvinkel, vil være å åpne sydmalmen når gråbergsbrytningen i nordmalmen på det nærmeste er ferdig, ca ved pall 210 m.

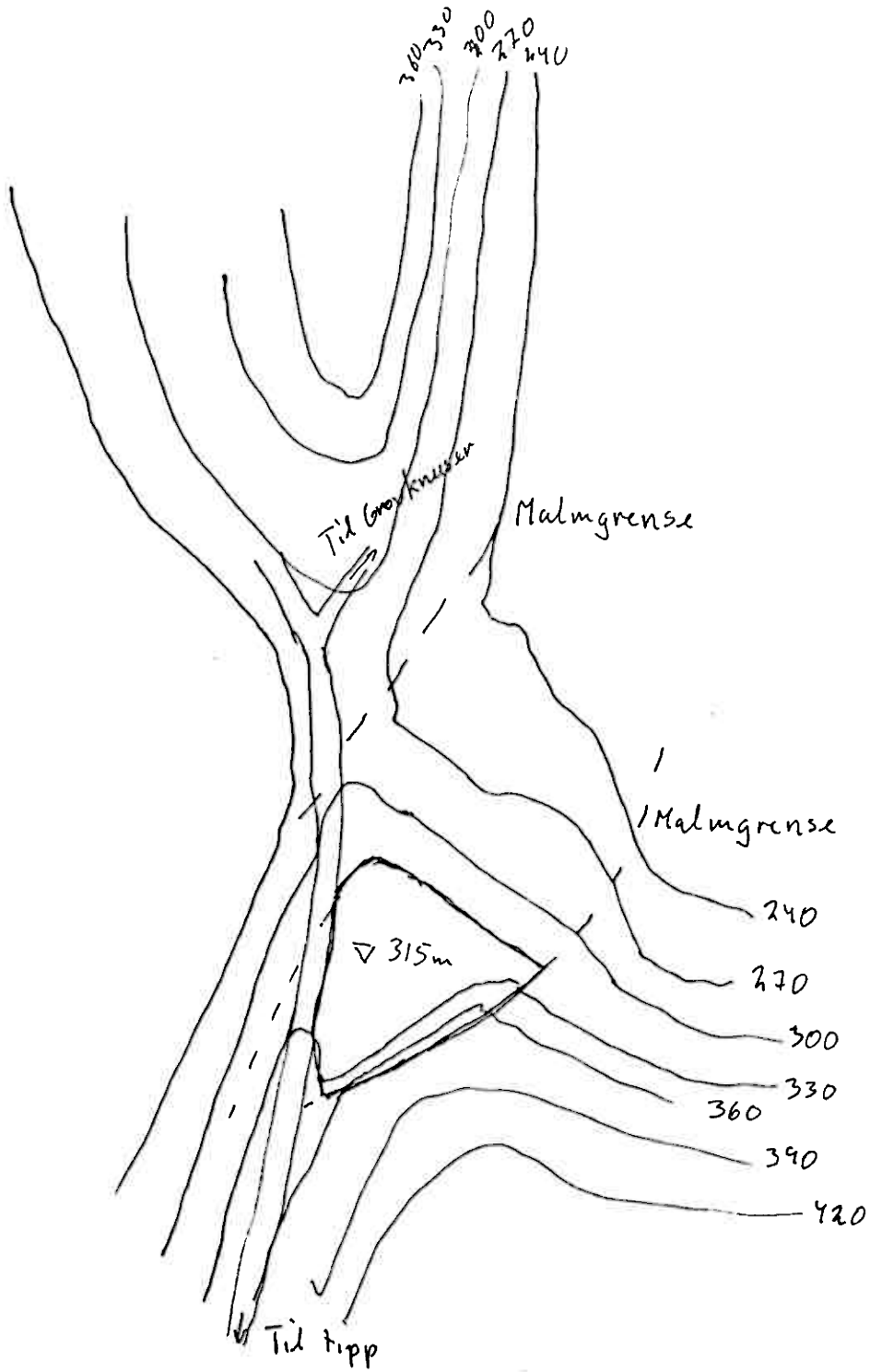


Fig. 29. Avbygning av sydmalmen

7.0. BRYTNINGEN

7.1. Gråbergsbrytning.

Den generelle regel og prinsippet for brytningen er allerede redegjort for i store trekk i kap. 3.5. Overgangen fra åpnings- til gråbergsbrytning har jeg definert som det tidspunkt da det tunge utstyret kan settes inn. (Rotasjonsbormaskiner og gravemaskiner.)

Fig 7-1 til 7-5 viser forskjellige faser av brytningen ned til nivå 270 m. Her er NGU-kartet brukt som *NGU, 2* grunnlag. Fig. 7-6, 7-7 og 7-9 er i målestokken 1:2000. *fanitormale* Det fremgår at jeg regner med produksjon på opptil 4 paller samtidig.

Fig 7-6 demonstrerer metoden for brytningen ved at en pall brytes inn til en nord-sydlinje bestemt ut ifra de topografiske forhold. Det må understrekes at dette bare gjelder den første pallen. Når bruddet avanserer mot dypet vil pallene bli brutt vestover på vanlig måte. Denne metoden har den store fordel at jeg får blottlagt store arealer av malmen, og gir en del sprengningstekniske fordeler. En stor bakdel er at gråbergsmengden blir større, men det er gråberg som i alle tilfelle må brytes før eller siden for å blottlegge malmen. En bred brytningsfront er også gunstigere for laste- og fordre-utstyret.

Fig. 7-8 viser en detalj av fig 7-7 med sprengningsmønsteret inntegnet. Man ser tydelig hvordan den brede avanserende flaten er den gunstigste, sett fra et sprengningsteknisk synspunkt. Videre gir den gode plasser muligheter for å sette inn flere lasteenheter ved hver front for å høyne produksjonen.

Fig 7-9 viser en situasjon hvor det brytes både malm og gråberg. Her er det viktig at sprengningsmønsteret er fleksibelt slik at gråbergsinnblanding i malmen unngås.

7.2. Malmbrytning.

Denne vil foregå etter de samme retningslinjer som, og som en naturlig forsettelse av gråbergsbrytningen. Derved slipper man den belastning det er å skifte metode under brytningen. Et viktig punkt i malmbrytningen er bestemmelsen om når gydmalmen skal settes i produksjon.

Fig. 7-10 viser malmbrytningen ved pall 135 m. Som man ser er det i prinsippet ingen forskjell. Jeg har også prøvd å vise hvordan fordreveien kan forkortes ved at det bygges stikkveier ned til hovedveien. Det er viktig at mulighetene for dette holdes åpne. Særlig med dagens høye oljepriser må fordreavstanden holdes så liten som overhodet mulig.

Eftersom brytningen avanserer nedover vil man treffe på liggen av malmen. Når man nå går videre nedover, er man nødt til å gå ned med en "box cut" for å få åpnet de lavere nivåene. Man sprenger da ned en rampe med stigning 1:10 til man er kommet ned til nivået under. Det vil lønne seg å få brytningsfronten så bred som mulig, for å oppnå best økonomi og effektivitet.

Jeg har ikke prosjektert anlegget videre nedover. Det ligger så langt inn i fremtiden at de teknologiske forhold vil ha forandret seg så mye at nye metoder vil bli tatt i bruk.

8.0. SYSTEMS ENGINEERING.

8.1. Generelt.

Dette uttrykket defineres som planlegging, design og forståelsen av et system, og hvordan forskjellige deler av et system koordineres for å oppnå et optimum. Begrepet dekker bl.a. ting som produktkontroll og kostnadskontroll, som jeg ikke skal komme inn på her, dessuten design og produksjonsplanlegging som dette kapitlet hovedsakelig vil dreie seg om.

"Systems Engineering" følger vanligvis en bestemt prosedyre som denne:(6)

1. Definisjon av et problem
2. Konstruksjon av en modell av systemet.
3. Testing av modellen under kjente betingelser.
4. Løsning av problemet på grunnlag av modellen.
5. Overføre løsning til praksis.

Nå har ikke jeg tenkt å gjennomføre en slik full analyse, som er både vanskelig og tidkrevende. Jeg vil imidlertid peke på, og poengtere en del problemer innen bruddet og foreslå en skisse til løsningen av disse.

8.2. Lasting.

De store elektriske gravemaskinene når sin maksimale effektivitet ved lasting av store masser på samme sted. Den beste utnyttelsen av maskineriet fås ved store sprengninger. De bør derfor knyttes til rotasjonsbormaskinene slik at f.eks. ved boring av pall n, foregår lasting av pall n-1. Man vil da få en kontinuerlig produksjon langs et nivå. Som det fremgår av fig. 7-8, har jeg bestrebet meg på å få til brede paller. Dette er gjort av flere grunner. En stor flate å sprengre imot høyner effekten av salven. Dessuten kan man få store salver. Av sikkerhetsgrunner må jo gravemaskinen flyttes unna sprengningssonen. En stor salve vil si lenger tid mellom hver salve som igjen gir minimal ventetid for lastemaskineriet. Den store pallbredden gir også maskineriet stor plass å bevege seg på, med de fordeler dette medfører. Man kan f.eks. kjøre inn to gravemaskiner hvis det skulle bli nødvendig.

Det bør tilstrebes et system hvor avbruddstidene kan kontrolleres og kombineres med f.eks. overhaling og service. Slike overhalinger må gjennomføres med mest mulig faste mellomrom og det passer da godt å få disse avbruddene til å gli naturlig inn i produksjonen. Dette kan gjøres ved at det planlegges et avbrudd ved pallskifte. Man kan da f.eks. sette inn hjullastere for lasting av den første salven på et nytt nivå mens gravemaskinen er inn til service.

Å ha mange hjullastere, som kanskje ofte ikke er med i produksjonen, kan synes unødvendig. De kan imidlertid mildne en "break-down" i systemet og, som nevnt hjelpe til slik at gravemaskinene får sin regelmessige service.

8.3. Transport.

Lasting og transport er i grunnen så intimt forbundet med hverandre at de må sees under denne samme synsvinkel for å gi optimal effektivitet i bruddet.

Ved å fortsette tankegangen fra forrige avsnitt, kan man anse en hel produksjonssyklus, d.e. boring, sprengning, lasting og fordring under et. Konsekvensen for fordringen blir da at hver lastemaskin disponerer et antall trucker som er nødvendig, sett ut ifra størrelse, fordreavstand osv. Man vil da bl.a ha det problemet at man må ha noen trucker i reserve etter som fordreavstanden blir lengre (Se fig. 7-10). Man kan selvsagt også gi hver gravemaskin det antall trucker som er nødvendig ved den lengste avstand fra grovknuser, men da må det aksepteres ventetider ved kortere avstander. Problemet kan imidlertid løses ved planlegging. Ved å forutse og vite hvor mange trucker som er nødvendig til enhver tid, kan man gi tiloversblevne trucker service i tider hvor de ikke er nødvendig.

En annen metode er å beregne et visst antall trucker + reserver. Disse settes inn i fordringen uten bestemte ruter, men laster fra den maskin som til enhver tid er ledig. Man vil ved denne måten slippe å bruke så mange trucker. Det store problemet her er å få koordinert kjøringen ellers kan det oppstå korker, ventetider, feilkjøring osv. Til dette kreves store forhåndsberegninger, og det må være kommunikasjonslinjer mellom truckene og gravemaskinene, f.eks. radio. Likevel er nok denne siste metoden såpass vanskelig og tungvint at den vanskelig kan la seg gjennomføre.

Den første metoden byr selvsagt også på en rekke problemer som må løses. Det er utført mye forskning på dette området og datamaskinen har vært et uunnværlig hjelpemiddel. Fig. 30 viser en beregningsbasis etter forslag en. Lastede trucker dirigeres til tipp eller g grovknuser ved veikrysset. Hver gravemaskin har et gitt antall trucker til disposisjon. Essensielt sett vil

TABLE 30-8—Results—in Part—of Single-Shift Simulation

EXPLANATION OF STATISTICS						
TABLE 1	TRUCK TYPE	ASSIGNED SUPPLY	SHOVEL NUMBER	LOADED ORG	LOADED WASTE	TOTAL TIME
	SHOVEL 65	1	1	0	30	0.0
	SHOVEL 65	1	2	0	30	0.0
	SHOVEL 65	1	3	0	29	0.0
	SHOVEL 65	5	1	25	0	1918.9
	SHOVEL 65	5	2	25	0	1827.8
	SHOVEL 65	5	3	25	0	1823.8

LOADING QUEUES

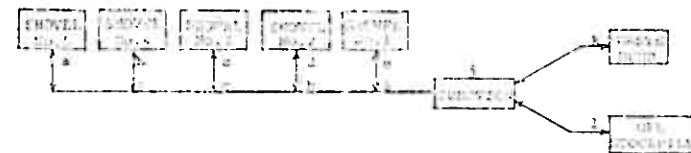
SHOVEL NUMBER 1	SHOVEL IDLE TIME	5.72	TRUCK WAIT TIME	112.43
SHOVEL NUMBER 2	SHOVEL IDLE TIME	49.59	TRUCK WAIT TIME	44.11
SHOVEL NUMBER 3	SHOVEL IDLE TIME	34.31	TRUCK WAIT TIME	60.70
SHOVEL NUMBER 4	SHOVEL IDLE TIME	51.37	TRUCK WAIT TIME	10.63
SHOVEL NUMBER 5	SHOVEL IDLE TIME	60.41	TRUCK WAIT TIME	10.45

HAUL ROAD AND DUMP QUEUES

SHOVEL NUMBER 1	LOCATION 1	DELAY TIME (ORG)	0.0	DELAY TIME (WASTE)	0.0
SHOVEL NUMBER 1	LOCATION 2	DELAY TIME (ORG)	0.0	DELAY TIME (WASTE)	0.0
SHOVEL NUMBER 1	LOCATION 3	DELAY TIME (ORG)	0.0	DELAY TIME (WASTE)	0.0
SHOVEL NUMBER 1	LOCATION 4	DELAY TIME (ORG)	0.0	DELAY TIME (WASTE)	0.0
SHOVEL NUMBER 1	LOCATION 5	DELAY TIME (ORG)	0.0	DELAY TIME (WASTE)	0.0
SHOVEL NUMBER 1	LOCATION 6	DELAY TIME (ORG)	0.0	DELAY TIME (WASTE)	0.0
SHOVEL NUMBER 5	LOCATION 9	DELAY TIME (ORG)	0.0	DELAY TIME (WASTE)	0.0
SHOVEL NUMBER 5	LOCATION 10	DELAY TIME (ORG)	0.0	DELAY TIME (WASTE)	0.0
SHOVEL NUMBER 5	LOCATION 11	DELAY TIME (ORG)	0.0	DELAY TIME (WASTE)	0.0
SHOVEL NUMBER 5	LOCATION 12	DELAY TIME (ORG)	0.0	DELAY TIME (WASTE)	0.0
SHOVEL NUMBER 5	LOCATION 13	DELAY TIME (ORG)	0.0	DELAY TIME (WASTE)	0.0
SHOVEL NUMBER 5	LOCATION 14	DELAY TIME (ORG)	0.0	DELAY TIME (WASTE)	0.0

EXPECTED TRAVEL TIMES (EMPTY AND LOADED)

SHOVEL NO 1	ETTO 0.0	ETTW 2.429	LTTO 0.0	LTWW 2.179	TRUCK NO 1
SHOVEL NO 1	ETTO 0.0	ETTW 2.429	LTTO 0.0	LTWW 2.429	TRUCK NO 2
SHOVEL NO 1	ETTO 0.0	ETTW 2.429	LTTO 0.0	LTWW 2.429	TRUCK NO 3
SHOVEL NO 5	ETTO 0.236	ETTW 0.0	LTTO 5.612	LTWW 0.0	TRUCK NO 1
SHOVEL NO 5	ETTO 0.236	ETTW 0.0	LTTO 5.565	LTWW 0.0	TRUCK NO 2
SHOVEL NO 5	ETTO 0.236	ETTW 0.0	LTTO 5.591	LTWW 0.0	TRUCK NO 3

Fig. 30^C. Resultatet av systemberegning.

SEGMENT	SEGMENT	SEGMENT	SEGMENT
a - f	f - g Type 2	h - g Type 7	h - g Type 11
b - f	g - h Type 1	k - j Type 9	g - f Type 12
c - g	h - i Type 4	l - j Type 9	i - e
d - i	i - j Type 5	j - k Type 9	h - d
	j - l Type 6	l - m Type 10	g - c Type 13
			i - b
			f - a
			LOAD Type 14

$$\begin{aligned} \text{No. of Segments} &= 3 \cdot 21 \cdot 4 \\ &= 12 \cdot 21 \cdot 4 \\ &= 16 \end{aligned}$$

For example of TYPE (4,3) = 3, the computer knows that the number 3 truck from shovel 4 must be moved from y to h in the system.

Fig. 30-12—Schematic of open-pit truck-shovel system programmed into simulation.

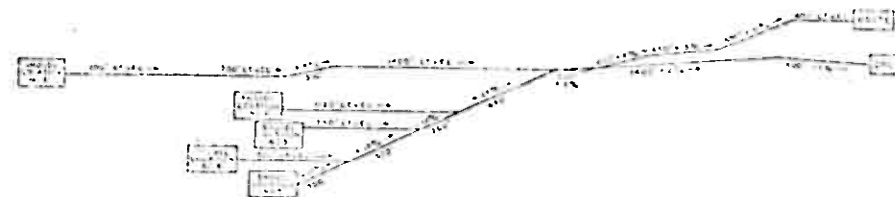
Fig. 30^a. Shovel-truck kombinasjoner.

Fig. 30-14—General layout of prototype mining system.

Fig. 30^b. Fordreveier.

modellen lage en syklus for truckenes pendling mellom gravemaskin og grovknuser ev. tipp. Man kan da, ved å gjennomgå modellen, få en oversikt over tidsfaktoren og ventetider og eventuelle flaskehalsar. Fig. 30 er tilpasset Selvågbruddet. Denne beregningen vil gi en journal som kan overføres til praksis i bruddet.

Nødvendige parametere for en slik modell inkluderer antall skift, arbeidstid pr. skift, trucktype og -kapasitet, etc. Fordrevesienes parametre må også kjennes, fig 30^b. Figuren er basert på situasjonen i fig 7-10 med gråbergkjøring til tipp ②.

Fig. 30^c viser et utsnitt av resultatet av en slik beregning (6) med basis i en syklus bestående av fem gravemaskiner med tre trucker til hver gravemaskin.

Avdeling C, Økonomi.

1.0. Malmverdi

1.1. Gjennomsnittsanalyser	side 109
1.2. Malms bestanddeler	112
1.3. Malmberregning	113
1.4. Gråbergsmengden, totalforholdet	117

2.0. Investeringer og kostnader

2.1. Priser på teknisk utstyr	side 119
2.2. Kostnader	120

3.0. Malms økonomi

3.1. Priser	side 122
3.2. Malmverdi	123
3.3. Salg av gabbro	126

1.0. MAINVERDI

1.1. Gjennomsnittsanalyser.

Analysene er basert på forskjellige overflate- og borkjernep prøver fra forekomsten (4). Forekomsten er lite prøvetatt. Under kartoppmålingen i 1936 ble ca 100 overflateprøver + en del store prøver til oppredningsforsøk tatt ut, og i 1956 ble forekomsten (Nordre linse) diamantboret med ialt 100 m. *1000 m!*

Fra Søndre linse finnes kun 3 analyser, alle er fra overflateprøver. Grunnen til dette er sannsynligvis at linsen tidligere ble regnet som så liten i forhold til Nordre linse, slik at arbeidet ble konsentrert om denne største linsen. Gjennomsnittet for disse tre prøvene er 23,8 % Fe og 3,8 % TiO_2 . Disse analysene er da kun bare en antydning om malmen, og er vel sannsynligvis også selektivt plukket slik at de er lite å stole på. Som man ser av tabell 9 & 10 ligger analysene av overflateprøvene ca 3 % Fe høyere enn analysene av diamantborkjernene, som sannsynligvis er mest pålitelige. Dersom dette forholdet også gjelder for Søndre linse, kan gjennomsnittsgehalten der ventes å ligge på ca 20 % Fe.

Fra Nordre linse foreligger da de fleste analyser. Overflateprøvene er plukket derfra, og denne linsen er diamantboret. Tabell 9 viser en statistisk oversikt over analysene av diamantborkjernene, basert på vektprinsippet.

Som tabellen viser har det ikke lyktes å komme frem til noe statistisk pålitelig resultat. Ved siden av dette finnes en del analyser med Fe-gehalter ned til 13 - 14 %. Disse områdene trekker selvsagt totalanalysene ned. Analysene for borhull 4 er undersøkt ved at alla gehalter under 20 % Fe er utelatt. Man ser at sikkerheten i utregningen er bedret betraktelig og at gjennomsnittsgehalten er høyere.

Dette viser at forekomsten stort sett holder en jevn gehalt, men forekomsten må oppbores så nøyaktig

TABELL 9

Borhull nr.	Antall prøver	% Fe	St.avvik	Sanns. feil
1	18	24,13	3,05	2,05
2	2	31,30	0,42	0,29
3	6	25,85	3,74	2,52
4	29	22,12	4,84	3,26
5	2	26,10	0,42	0,29
6	4	22,93	6,27	4,23
7	5	25,85	1,80	1,22
Alle	66			
% Fe	66			
TiO ₂	25			
V	25			
S	43			

TABELL 10

Type		Fe	TiO ₂	V	S	Cu
Overflatepr.	Gehalt	27,23				
	St.avvik	3,43				
	Sanns.feil	0,26				
	Antall pr.	75				
Borhullspr.	Antall	66				
	Gehalt	23,70				
	Sanns.feil	0,36				
	St.avvik	4,41				
Alle	Antall pr.	46	41	48	1	
	Gehalt	3,71	0,13	0,48	0,032	
	St.avvik	0,75	0,03	0,19		
	Sanns.feil	0,07	0,003	0,02		

at man får en oversikt over slike lavprosentlige områder. Dersom de er av tilskrekkelig størrelse kan massene fjernes ved et selektivt brytningsopplegg.

Tabell 10 viser resultatet av statistisk behandling av overflateprøver og borkjerner, samt en generalanalyse. Fig. 32 -35 viser sannsynlighetskurvene for Fe, TiO_2 , V og S-gehaltene.

hvor?

1.2. Malmens Bestanddeler.

Malmens innhold av ertsmineraler er tidligere undersøkt i kap. 4.3., avdeling A. Dessuten er det påvist mineralene (1): pyroksen, plagioklas og kvarts. En spektralanalyse av en prøve fra Selvåg er blitt utført ved Norges Geologiske Undersøkelse med følgende resultat:

Totaljern regnet som Fe	24,2 %
SiO ₂	31,3 %
Al ₂ O ₃	6,3 %
TiO ₂	5,3 %
CaO	11,7 %
MgO	10,0 %
MnO	0,3 %
V	ca 0,05%
Cr	ca 0,01%
Ni	ca 0,01%
Co	ca 0,01%

Dessuten påvist: Cu, Mo, Pb og Na

En generalanalyse, basert på flere prøver har gitt følgende resultat (4):

Totaljern regnet som Fe	30,40 %
SiO ₂	27,48 %
Al ₂ O ₃	5,25 %
CaO	8,29 %
MgO	9,40 %
TiO ₂	4,25 %
MnO	0,29 %
V	0,13 %
S	0,54 %

Hovedforskjellen mellom disse to analysene bunner nok i at den første er en analyse av en vilkårlig prøve, mens den andre er basert på flere prøver. At analysene varierer så mye for sporelementene kommer av at spektralanalysen er upålitelig når det gjelder disses mengdeforhold. Av de 30,40 % Fe totalt er andelen syreløselig Fe 26,20 %.

En annen gjennomsnittsanalyse (4), konkluderer med at råmalmen levert oppredningsverket, vil holde følgende elementer: 29,8 % Fe, 4,70 % TiO₂, 0,50 % S, 0,005 % Cu, 0,014 % Ni, 0,15 % V og ca 29 % SiO₂.

Til slutt vil jeg nevne en analyse av et svovelkiskonsentrat av malm fra Borhull 1. Dette konsentratet holder ca 2 % Cu og Ca.0,8% Ni. Hvis disse metallene skal oppredes, bør man kjenne mineralenes opptreden og eventuell konsentrasjon innen malmen. Ut ifra mikroskoperingene er det utvilsomt en meget ujevn fordeling av disse elementene i malmen.

Ved en senere nøyere undersøkelse bør man satse på å få en så sikkeranalyse av opptredenen til disse elementene som mulig. Ved en fordeling kan det muligens være lønnsomt å få en selektiv drift, med henblikk på å få konsentrater av disse elementene. *fordeling*

1.3. Malmberegning

Malmkvantumet er i de fleste undersøkelserne (1 & 4) blitt anslått til ca 80 mill. tonn. Dette er en nøyere oppmåling av malmkvantumet, basert på malmarcalet.

Målingen ble utført med et presisjonsplanimeter. Arealet av hver kote innen malmen ble målt. Arealet av to nærliggende høydekyrver ble så addert og halvert (aritmetisk middel). Volumet av skiven ble så bestemt ved å multiplisere middelarealet med avstanden mellom målingene.

Fra Søndre linse finnes lite opplysninger. Fra Nordre linse er det utført en malmberegning på grunnlag av borhullssnittene. Den ga et malmvolum på 17,2 mill. m³ som gir 61,5 mill. tonn malm ved en egenvekt på 3,5.

For Nordre linse ble målingene utført på kartet 1:1000 (Fig. 3-3). Resultatet er satt opp i tabell 11. Målingen er utført opp til kote 240 m på nordsiden. Det totale malmarcalet for linsen ble 82 200 m² som er etter estimatet. Volumet opp til kote 240 m ble da 13 *Malmarcalet!* 13.293.790 m³. Med en gjennomsnittlig Fe-gehalt på 24 % *~ 1,30* gir dette en total tonnasje på 48,9 mill. tonn ned til kote null. *egen v. 3,68!*

Det er imidlertid rapportert (4) at malmen strekker seg videre nordover. Det er bl.a. tatt en prøve ca 500 m.o.h. som viste seg å holde 24,8 % Fe. Så langt nord er imidlertid malmsonen smal, 10 - 20 m (det er vanskelig å si pga. overdekningen). Ved å regne med at malmen strekker seg opp til minimum 350 m.o.h. vil dette gi et tillegg i malmarcalet på ca 17.600 m² eller ca 5 mill. tonn ned til kote null.

Tabell 12 er de samme målinger utført over Søndre linse. Da kartet ikke går lenger enn til kote 270 m.o.h., vil den delen av malmen som ligger utenfor kartet ikke la seg måle. Totalt malmarcal over linsen er målt til

TABELL 11

Kote	Areal	Snitt	Volum	Kote	Areal	Snitt	Volum
m	m ²	m ²	m ³	m	m ²	m ²	m ³
240	1 000			Overf			4 317 290
235	1 200	600	3 000	110	76 380		
230	1 800	1 500	7 500	105	77 640	77 010	385 050
225	2 880	2 340	11 700	100	79 030	78 335	391 675
220	4 920	3 600	18 000	95	80 420	79 725	398 625
215	5 330	5 225	26 125	90	81 590	81 005	405 025
210	7 210	6 370	31 850	85	82 130	81 860	409 300
205	9 350	8 280	41 400	80	82 200	82 165	410 825
200	11 370	10 360	51 800			82 200	6 576 000
195	14 130	12 750	63 750				<u>13 293 790</u>
190	18 220	16 175	80 875				
185	22 470	20 345	101 725				
180	26 300	24 385	121 925				
175	31 060	28 680	143 400				
170	34 920	32 990	164 950				
165	40 490	37 705	188 525				
160	41 860	41 175	205 875				
155	46 000	43 930	219 650				
150	50 330	48 165	240 825				
145	54 340	52 335	261 675				
140	58 270	56 305	281 525				
135	62 520	60 395	301 975				
130	65 660	64 090	320 450				
125	67 010	66 335	331 675				
120	72 240	69 625	348 125				
115	75 490	73 865	369 325				
110	76 380	75 935	379 675				
Overf.			4 317 290				

TABELL 12

Kote Høyde m m	Areal m ²	Middelareal m ²	Volum m ³
270	10 200	10 200	102 000
260	12 200	11 200	112 000
250	14 400	13 300	133 000
240	17 200	15 300	158 000
230	19 800	18 500	185 000
220	22 800	21 300	213 000
210	24 800	23 800	238 000
200	27 200	26 000	260 000
190	31 000	29 100	291 000
180	36 200	33 600	336 000
170	41 800	39 000	390 000
160	46 800	44 300	443 000
150	50 000	48 400	484 000
140	59 000	54 500	545 000
130	69 800	64 400	644 000
120	76 000	72 900	729 000
110	80 800	78 400	784 000
100	82 000	81 400	814 000
0	82 000	82 000	8 200 000
			<u>15 064 000</u>

82 200 m², som er mye mere enn hva som var antatt på forhånd. Dersom det usikre arealet over kote 270 m holdes utenfor, er malmarealet 70 000 m². Totalt malmvolum i denne linsen er efter disse beregningene 15 064 000 m³, eller 49,7 mill. tonn ned til nivå null. *per m. 3,3*

Dette gir en total bergfangst for begge linser på ca 100 mill. tonn. Dette er en god del mere enn hva som tidligere ble antatt. Imidlertid må beregningene taes med en klype salt, særlig for sydmalmens vedkommende, fordi målingene ikke kan bli bedre enn grunnlaget for dem.

Som tidligere nevnt ligger nord- og sydmalmen ca 100 m fra hverandre i utgående. Det er imidlertid stor sannsynlighet for, ut ifra geologiske kriterier, at linsene går sammen på dypet. Dette vil i så tilfelle gi et tillegg for malmarealet på ca 6 000 m². Dette vil igjen si at forekomsten kan avbygges med minimum 500 000, maksimum 613 000 tonn pr. meter avsenkning.

Følgende antagelser er gjort under utførelsen av målingene:

- Heng- og liggvinkel parallelle
- Endene av linsene har vertikalt fall
- All malm innen arealet drivverdig.

Jeg er stygt redd for at han regner med en vertikal ligg. grunn

1.4. Gråbergsmengden,

Gråbergsmengden er beregnet etter profiler fra kartene 1:5000. Arealet ble bestemt med en absolutt bruddvinkel, på 60°. Ingen gråbergsbrytning på liggsiden.

På grunn av kartet må det regnes med en feil på $\pm 10\%$. Jeg har heller ikke regnet med den gråbergsbrytning man vil få i endene av forekomsten, dvs. at endeveggene regnes 90°. Feilen skulle likevel ikke bli større enn ca 2-3 %, og tatt i betraktning den store feilmarginen i kartet, spiller ikke det noen rolle.

Tabell 13 viser beregningsprosedyren, etter to alternativer. I alt 1 er gråbergsmengden beregnet som det aritmetiske middel av samtlige profiler multiplisert med den totale lengde av alle profilene. Alt. 2 er basert på at arealene er multiplisert med et vektall lik halve profilavstanden til hver side, multiplisert med antall profiler. Det største tallet er brukt.

Som det fremgår av tabellen, er alt. 1 størst. Det er 45,84 mill. m³, som gir 128,268 mill. tonn (egenvekt 2,8). Dette vil da gi det totale brytningsforholdet:

$$F = \frac{128,268}{98,6} = 1,3 : 1$$

TABELL 13

Profil nr.	Areal	Influensomr.	Volum mill. m ³
A. 1.	68 150	50 m	3,40
A. 2.	50 000	100 m	5,00
A. 3.	49 000	100 m	4,90
A. 4.	44 400	100 m	4,44
A. 5.	42 500	100 m	4,25
A. 6.	46 250	100 m	4,62
A. 7.	ca 57 300	100 m	5,73
A. 8.	18 000	100 m	1,80
A. 9.	22 200	100 m	2,22
A. 10.	33 300	100 m	3,33
A. 11.	27 000	100 m	2,70
A. 12.	0		0
Sum	458 100	1200 m	42,39

Totalt volum alternativ 1 blir ca:

$$V_1 = \frac{458\,100}{12} \times 1200 = 45,81 \text{ mill. m}^3$$

Totalt volum efter alternativ 2 blir:

$$V_2 = 42,39 \text{ mill. m}^3$$

2.0. INVESTERINGER OG KOSTNADER

2.1. Priser.

Jeg har bare her tatt for meg en del priser for det tekniske utstyret i den hensikt å få en oversikt over nødvendig investeringer for driften. Prisene er stort sett omtrentlige, basert på 1973-priser.

Borutstyr.

En Bucyrus-Erie 60R eller en Gardner Denver GD 120 vil koste ca kr. 8,525 mill. Denne kan da bore 12 1/4" hull. Borkronene koster ca 10 000 kr. pr. stykke. Ved å gå ut ifra erfaringer fra a/s Titania (7) venter jeg at de har en levetid på ca 700 m i malm og ca 1200 m i gabbro.

Lasteutstyr.

En Roston Bucyrus elektrisk gravemaskin med 15 cu yd skuffe koster ca 7,2 mill. kr. En Dart hjullaster med 10 cu yd skuffe koster ca 1,8 mill. kr. Dekkpris ca 35 000 kr. pr. sett. Caterpillar hjullaster 992 koster omtrent det samme, mens en Caterpillar 988 hjullaster vil koste ca 1 mill. kr. Dekkpris ikke oppgitt.

Transportutstyr.

De store 130 tonns truckene og Kirunatruckene har jeg ikke fått fatt i nøyaktig pris på. De største truckene vil imidlertid koste i nærheten av ca 2 mill. kr. pr. stykke, mens de mindre truckene vil komme på ca 0,7 mill. kr. pr stykke.

De totale driftsinvesteringer vil da bli:

Boring	4 maskiner	33,100	mill. kr.
Lasting	3 gravemaskiner	21,600	"
	1 stor hjullaster	1,8	"
	4 mindre "	4,0	"
Transport	4 store trucker	8,0	"
	4 Kirunatrucker	3,2	"
		71,7	mill. kr.
Grovknuser		3,0	"
		ca 75,0	mill. kr.

2.1. Kostnader.

Det er vanskelig å sette opp en god og nøyaktig kostnadsanalyse, dette vil kun være en orientering og diskusjon om de forskjellige kostnadsparametre. Til grunn for analysen har jeg lagt erfaringsdata fra noen gruver, først og fremst a/s Titania (7) som driver i noenlunde samme malm. Videre har jeg benyttet gjennomsnittsdata fra amerikanske og canadiske verk.

En standard kostnadsfordeling for aktivitetene i

et brudd er:	Boring	30 %
	Sprengning	40 %
	Lasting	15 %
	Fordring	15 %

Ved a/s Titania kunne 35 tonns trucker i 1972 fordre malm til en kostnad av ca kr. 0,95 pr. tonn/km. Rana Gruber rapporterer at deres store 150 tonns trucker transporterer malmen til en tredjedel av denne prisen (1974). I Selvågbruddet vil fordreveien sjelden komme over 1 km, men jeg har regnet med denne avstanden som et gjennomsnitt. Ved å ta prisstigningen i betraktning, har jeg kommet til et anslag for fordring på kr. 0,40 pr. tonn/km. Ved å bruke kostnadsfordelingen over, får jeg da følgende anslag:

Boring	kr. 0,80 pr. tonn
Sprengning	" 1,05
Lasting	" 0,40
Fordring	" 0,40
Totalt	<u>Kr. 2,65 pr. tonn</u>

Mining Engineering Handbook (6) har som et gjennomsnitt av 8 dagbrudd funnet en kostnad på kr. 2,45 pr. tonn.

I tillegg til dette kommer så grovknusning, som kan estimeres til ca kr. 0,35 pr. tonn. Dette gir en total brytningskostnad til grovknuser på kr. 3,- pr. tonn. for malmbrytninger, med malmen levert til grovknuser. Da er imidlertid avskrivninger og administrasjonsutgifter holdt utenfor.

Gråbergsbrytningen vil, selv om den går efter de samme prinsipper som malm-brytningen, bli en del billigere. Først og fremst vil utgiftene til grovkruiser bli holdt utenfor. Dermed vil boring og sprengningsutgiftene bli mindre. Bl. a. fordi borekronene har lengere levetid, Gårbenget er lettere å bore i, slik at man oppnår høyere borsyke og dermed lavere kostnad pr. tonn. Gårbenget er også mere lettsprengt, slik at mengden sprengstoff pr. tonn blir litt lavere. Jeg har derfor, ut ifra diverse erfaringer, satt denne kostnaden til kr. 2,- pr. tonn.

3.0. HALLERES ØKONOMI

3.1. Priser.

De prisene som her er oppgitt gjelder for 1973. Det representerer et gjennomsnitt av de priser som ble oppnådd på Londonbørsen igjennom året. De er altså de maksimalt oppnåelige priser, og man må vente at de i praksis vil ligge ca 20 - 30 % lavere.

Jern: 1975 Kiruna 60 % Fe: US \$ 10,45 pr. tonn

52!
som tilsvarer kr. 62 pr. tonn.

Titanium: US \$ 38,- pr. long ton som tilsvarer kr. 190,-
pr. metrisk tonn. 187

Vanadium: US \$ 1,50 pr. pund V_2O_5 -innhold. Dette vil
tilsvare ca kr. 20,80 pr. kg V_2O_5 -innhold eller
kr. 117,50 pr. kg rent V-innhold.

2 Kobber: US \$ 0,40 pr. pund som tilsvarer kr. 1,30 pr.
kg. kobberinnhold. - 9,372/11 - 102,3 2/11

1 Nikkel: US \$ 1,49 pr. pund som tilsvarer kr. 20,60 pr.
kg nikkelinnhold. 16,85-2,-\$ - 16,41

so → smelter 75 point of entry

3.2. Halmeverdi.

Med basis i prisene fra forrige avsnitt og de bestanddeler som ble nevnt i avsnitt 1.2., kan jeg nå sette opp en oversikt over malmens teoretiske verdi. De tallene jeg kommer frem til her, er basert på 100 % utvinning for alle elementer, unntatt jern. Tallet for jern er basert på et konsentrat på 60 % Fe, med en påsetning på 1:4.

Jern:	kr. 62,- x 0,25	kr. 15,50
Titanium:	" 114,- x 0,047	kr. 5,35
Vanadium:	" 20,80 x 0,0015 x 1000	kr. 31,40
Kobber:	" 1,30 x 0,0005 x 1000	kr. 0,65
Nikkel	" 20,60 x 0,0014 x 1000	kr. 28,80
	Totalt	kr. 81,70 pr. tonn

Dette er selvsagt helt teoretiske priser. Særlig for vanadiums vedkommende skal det bli vanskelig å oppnå en slik pris. For både kobber og nikkel kan det ventes svært lavere priser, både pga. utvinningstap og fordi smelteverkene betaler etter konsentratets innhold av elementer. Jernprisen er sannsynligvis den som virker mest realistisk av samtlige.

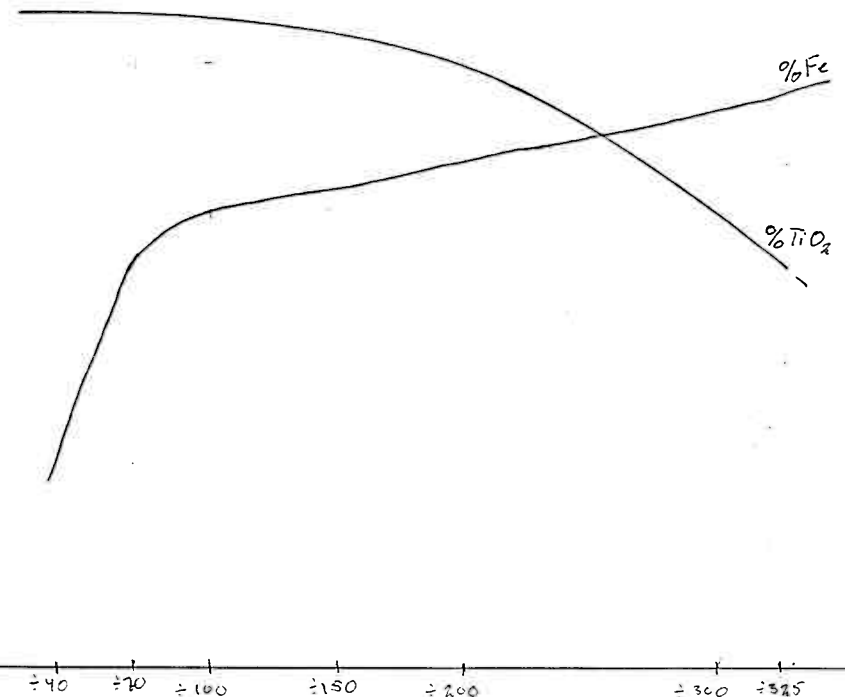
Ved dagbruddsdrift tilsier erfaringer fra andre brudd at totalomkostninger pr. tonn råmalm kan holdes under ca 10,- kr. Ved denne fattige malmen må man ha rede på så nøyaktig som mulig både oppnåelige konsentrater og disses priser. Ut ifra dette kan man så finne ut hvor høye investeringer malmen tåler. Dersom bruddet skal drives som rent gråbergsbrytning vil dette selvsagt bety en hard belastning på kapitalen. Det mest rimelige ville være at staten så på dagbruddet som en utkantsinvestering, og at nye arbeidsplasser trengs, er hevet over tvil. Staten kan da, etter min mening, bestride de utgiftene og investeringene som er over det normale for et tilsvarende verk, f.eks. ved at den tar på seg utgiftene til gråbergsbrytningen, dvs. avdekkingen av forekomsten.

Malmens salgbarhet er vanskelig å fastslå. Pga. metallurgiske vanskeligheter kan man ikke vente å få utnyttet både vanadium og titanium. Man må velge et av dem. Ut ifra malmverdidetruktninger er det klart at vanadium vil være det mest attraktive. Problemet ligger da i det momentet at titanium vanskelig lar seg trekke ut av malmen, og det er meget vanskelig å få solgt konsentrater som holder mere enn ca 2 % titanium. De nye elektriske smelteovnene kan ta malm som holder opptil ca 5 % titanium, men foreløpig er den typen ovner sjeldene og markedet er således meget begrenset. Det vil være lettere å få solgt konsentratet som Fe-Ti konsentrat, fordi smelteverker for titanmalm trenger tilskudd av jernmalm og da spiller ikke konsentratets innhold av titanium noen rolle.

Problemet vil da kort sagt være valget mellom å selge konsentratet som Fe-Ti konsentrat, da vil malmverdien bli så liten at den sannsynligvis ikke kan bære de nødvendige investeringer. På den annen side, hvis konsentratet selges som vanadiumholdig Fe-konsentrat, vil markedet være begrenset, og det er et spørsmål om man i det hele tatt vil få solgt malmen på det åpne marked.

Fig. 36 viser hvordan Fe-Ti forholdet varierer med nedknusningsgraden. Tabellen ved siden av viser også typiske Fe- og Ti-verdier ved de forskjellige nedknusningsgrader. Man ser at det vil lønne seg å knuse malmen mest mulig ned for på denne måten å få ned Ti-innholdet i konsentratet. Nedknusning så langt ned som det her er tale om vil imidlertid redusere konsentratets salgbarhet. Pelletisering krever imidlertid en såpass langtgående nedknusning, og mulighetene for dette bør undersøkes. Bl.a. kan det være en mulighet for at Ti-innholdet ytterligere kan reduseres ved en slik prosess.

$\frac{\% \text{Fe}}{\% \text{TiO}_2}$
 70
 60
 50
 40



Mash	% Fe	% TiO ₂	F = $\frac{\% \text{Fe}}{\% \text{TiO}_2}$
70	49-55	5.0-5.3	9-10
70	53-60	4.9-5.3	10-12
100	56-60	4.5-5.0	11-13
200	56-62	4.0-5.6	12-14
325	ca 63	ca 3.6	7-15

Mash

3.3. Salg av gabbro.

Som nevnt vil den store mengde gråberg som må brytes før malmbrytningen vil komme igang bety en stor investeringsbelastning under den første fase av bruddet.

En måte å redusere disse utgiftene på, vil være å få solgt gråberget. Gabbro er en av de bergarter som er mest brukt som pukk, fyllmasse etc. Det har vist seg at etter at de fleste løsmasser er blitt oppbrukt, har behovet for alternative ressurser meldt seg. Flere steder er man nå allerede igang med regulær dagbruddsdrift på slike mineraler. I Europa er det et ganske stort behov for dette. Jeg kan bare henvise til Sydvaranger som allerede har fått redusert sine utgifter betraktelig ved en slik ordning.

Hvis man får solgt gabbroen vil dette bety at investeringene vil kunne holdes på et rimelig nivå. Det vil også by på fordeler senere, f.eks. ved utvidelser under nivå null. Man kan selvsagt ikke regne med å få solgt alt gråberget, men et salg på ca $\frac{1}{2}$ mill. tonn årlig skulle ikke være urealistisk.

Dette krever en del forundersøkelsen. Man må undersøke bergartens flisighet, sprøhet og dens evne til pakking. Dette kan man få utført ved NGU's laboratorier