

Innføring i underjords gruvemetoder



NFFs tekniske rapporter er utarbeidet av fagpersoner oppnevnt av utviklingskomiteen i NFF. Innholdet er i samsvar med kjent viten på det tidspunkt redigering ble avsluttet. Feil eller mangler kan likevel forekomme. NFF, forfattere eller fagkomiteen har intet ansvar for eventuelle feil eller mangler i rapporten og mulige konsekvenser av disse.

Det forutsettes at rapporten benyttes av kompetente, fagkyndige personer med forståelse for de begrensninger og forutsetninger som legges til grunn.

© Norsk Forening for Fjellsprenningsteknikk - NFF

ISBN - 978-82-92641-29-3

Forsidebilde: Rana Gruver. Langhullsboring i vifteform opp i malmkroppen.

Tilrettelegging og produksjon:
Helli - Visuell kommunikasjon /
www.helli.no

Forord

Norsk Forening for Fjellsprenghningsteknikk - NFF er en åpen forening for personer og virksomheter knyttet til eller interessert i aktiviteter som angår norsk bergteknologi. En sentral del av foreningens arbeid gjelder utviklingsprosjekter til nytte for bransjen. Dette skjer i nært samarbeid med relevante aktører, og de oppnådde resultater gjøres kjent gjennom NFF sine publikasjoner, håndbøker og tekniske rapporter.

Teknisk rapport nr 14 som er en innføring i drivemetoder for gruvedrift under jord, er utarbeidet av Pål Drevland Jakobsen, NTNU; Jon Ivar Fagermo, AF gruppen; Iver Hauknes, Orica Mining Services og Jardar Lohne, NTNU.

Arbeidet er i vesentlig grad basert på publikasjoner utarbeidet av Atlas Copco. Vi retter derfor en stor takk til Atlas Copco Anlegg- og Gruveteknikk som har besørget tillatelse til bruk av dette materialet og til Roar Woldseth som har vært behjelpelig med utvalg i denne sammenheng. Figurene er redigert og teksten på norsk av Jan Håvard Nordtug, NTNU.

November 2013

NFF - Utviklingskomiteen

Innhold

Forord	1
1. Introduksjon	3
1.1 Generelt	3
1.2 Strategi og saksbehandling i Norge	5
2. Introduksjon til underjordsgruvebrytningsmetoder	7
2.1 Generelt	7
2.2 Vokabular og definisjoner	8
2.3 Skivepallbrytning.....	10
2.4 Skiverasbrytning	12
2.5 Gjenfyllingsbrytning.....	15
2.6 Vertical Retreat Stopping/ “Vertikal tilbake strossing”(VRS)	17
2.7 Longwall Mining	18
2.8 Rom og pilar	21
3. Diskusjon, oppsummering og videre arbeid	25
Referanser.....	27

1. Introduksjon

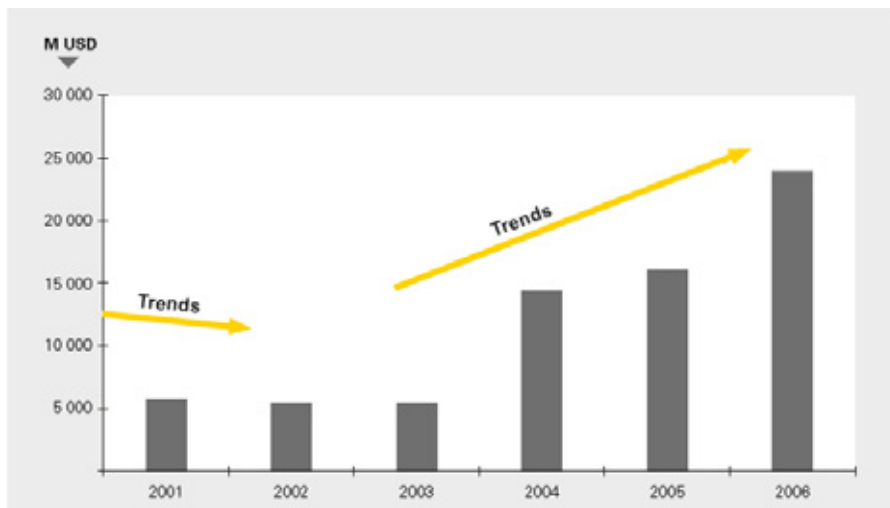
1.1 Generelt

Verdens og Norges etterspørsel etter råstoff har ført til en stabil vekst i gruveindustrien siden tidlig 2000-tallet. Dette i motsetning til deler av 70-, 80-, og 90-tallet som var preget av ustabil og varierende økonomisk global vekst og tilsvarende mindre behov for mineralressurser. Det er i stor grad tidligere utviklingsland med stor økonomisk vekst som siden tidlig 2000-tall trenger metaller og andre råstoff som driver denne etterspørselen. I tillegg har verden blitt «mindre» med hensyn til transport, handel og vareflyt. Denne internasjonale veksten setter også sine spor i Norge, hvor tidligere nedlagte gruver igjen åpnes og nyinvesteringer gjøres. Trenden vises også i NFFs utarbeidede tunnelstatistikk hvor uttak til gruveinfrastruktur (oppfaring, atkomster og stoller) har økt de siste årene.



Figur 1: Uttak av berg i faste kubikkmeter for gruver i Norge (fra NFFs tunnelstatistikk www.nff.no).

De store sprangene i produksjon som vises i Figur 1 og 2 indikerer også hvor følsom gruveindustri er for konjunkturer og etterspørsel.



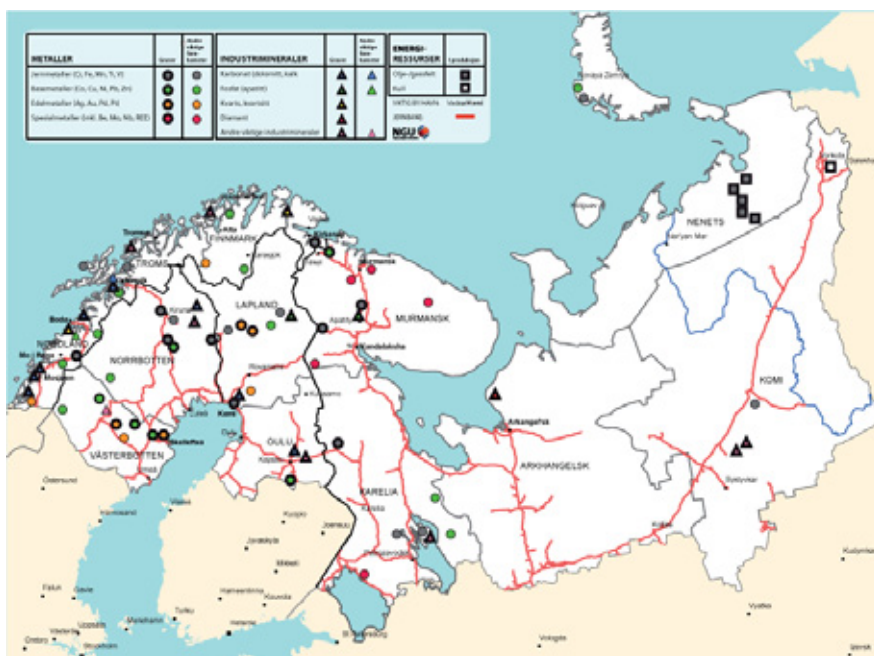
Figur 2: Gruveprosjekter under utvikling og investering fra 2001 til 2006 (Atlas Copco 2008)

Gruvedrift er en kompleks virksomhet som involverer mange fagfelt og ulike politiske/offentlige beslutningsnivåer. Hver især sitter disse på særkunnskap om ulike fagfelt relatert til problematikken om gruvedrift generelt og underjordsgruver spesielt. Det finnes per i dag, ingen god sammenfattende oversikt over helheten innenfor feltet. Vi vil i denne rapporten kort søke å bote på deler av dette, ved å presentere ulike underjordsgruvemetoder som det bør tas hensyn til ved analyse av fremtidige gruveprosjekter.

Denne NFF rapporten er utarbeidet for å presentere en oversikt over de underjords gruvemetoder som benyttes i Norge i dag samt trender i både nasjonal og internasjonal underjords gruvedrift. Bakgrunnen for dette er en begrenset tilgang på ny og oppdatert informasjon om gruvemetoder utgitt på norsk. Rapporten gir ingen detaljert gjennomgang av verken norsk gruvehistorie eller noe utfyllende teknisk beskrivelse av metodikker, men gir snarere en kort introduksjon til gruvemetoder som er og kan være aktuelle for Norge nå, og i fremtiden.

1.2 Strategi og saksbehandling i Norge

Den nylig utgitte Stortingsmelding 7 (2011-2012) kapittel 13.5 *Mineralutvinning i nordområdene* indikerer at utvinning av mineralressurser er en prioritet for Norge i tiden fremover. Figur 3 viser en oversikt over metall-, industrimineral- og energiresurser i nordområdene fra Stortingsmeldingen.



Figur 3: Mineralforekomster og transportlogistikk i Barentsregionen (Stortingsmelding 7 2011-2012)

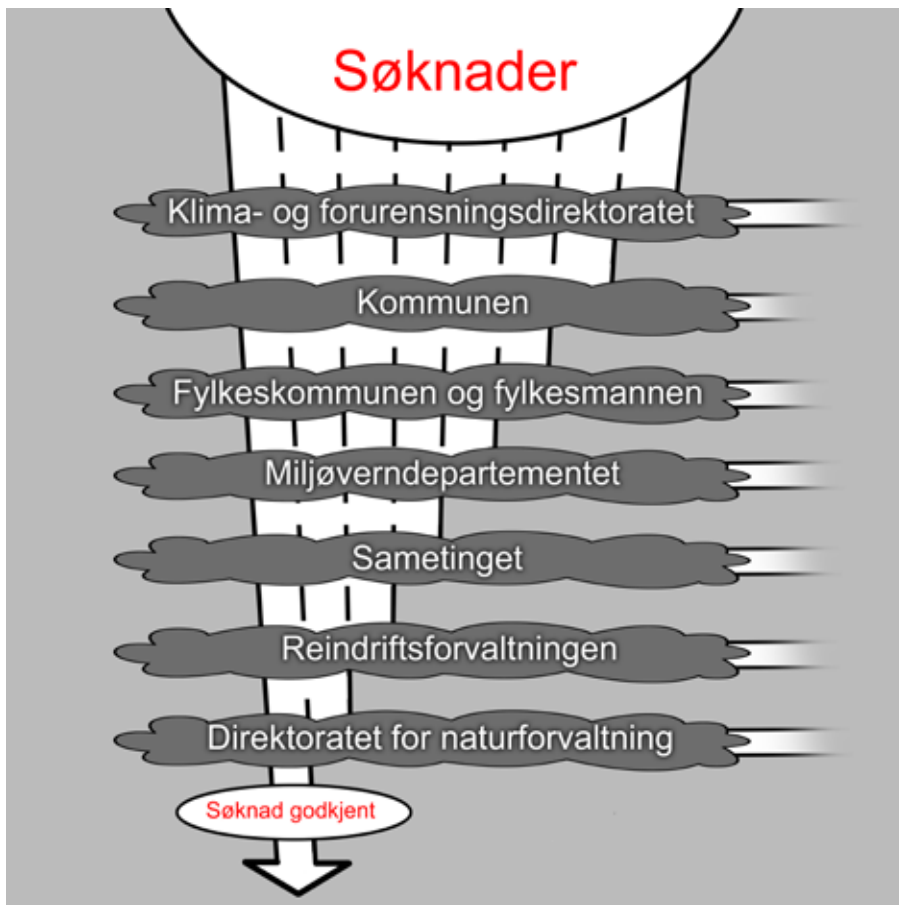
Bakgrunnen for Stortingsmeldingene er kraftig økende global etterspørsel etter malm, metaller og mineraler. Utvinning av disse ressursene kan også gi et godt og økonomisk bærekraftig næringsutvikling i Nord Norge, Sverige, Finland og Russland. Europa forbruker 20% av verdens mineral og malm forekomster, men produserer bare 3-4 %. Nordområdene er et av få områder i Europa hvor det er stort potensial for å finne og utvikle nye forekomster, til tross for at bergverksdrift er arealkrevende og kan innebære miljøutfordringer, naturinngrep, restavfallproblematikk og forurensning.

Det har de siste årene vært jobbet aktivt fra næringen og forskningsmiljøer gjennom bl.a. gjennom MINFORSK-prosessen (se www.sintef.no/minforsk) for å opprette et eget FoU-program gjennom Norges Forskningsråd (NFR). Denne satsingen nådde dessverre ikke opp. Det ble påpekt fra Nærings- og handelsdepartementet i Mineralstrategien som kom i mars 2013 (se http://www.regjeringen.no/pages/38261985/mineralstrategi_20130313.pdf) at næringen først må vise engasjement i form av å benytte de eksisterende virkemidler som finnes i NFR (eksempelvis BIA-programmet). La oss håpe at det i fremtiden vil komme et nytt program, det er på tide da siste program for mineralnæringen (NORMIN) ble avsluttet i 1996.

Pr i dag er det mange instanser som har uttalelsesrett, og kan velge å godta, avslå eller kreve økt dokumentasjon og derav forsinke oppstart av ny gruvevirksomhet. Eksempler på instanser er Klima- og forurensningsdirektoratet, kommuner, fylkeskommuner, fylkesmenn, Miljøverndepartementet, Sametinget, Reindriftsforvaltningen, og Direktoratet for naturforvaltning. I tillegg kan næringen også møte krav mer lokalt, som naboer, skog- og landbruksinteresser, fiskere, fiskeriorganisasjoner, offentlig fiskeriforvaltning samt miljøvernorganisasjoner.

Lokale og regionale myndigheter har ressurser og kompetanse innenfor reguleringsplanlegging, næringsliv, kulturminner og miljø. For mineralnæringens interesser derimot er det ofte vesentlig færre talpersoner, med kompetanse innen for spesifikke eksempler som kulturminner og miljø.

Gruvenæringen, er etter NFFs skjønn, ikke mot en streng forvaltning og vil alltid jobbe for å bli bedre. Særlig presserende oppleves behovet for forenkling av prosessen fra søknad til faktisk aktivitet. Noe av forenklingen man kunne ønske seg er å få lagt ansvaret for planleggingsprosessen til Direktoratet for mineralforvaltning. Figur 4 viser skjematisk eksempel på hvilke offentlige instanser som har innflytelse på konsesjon og oppstart av gruver.



Figur 4 Eksempel på offentlige instanser og forvaltning med innflytelse på konsesjon og oppstart for gruver og mineralutvinning (etter VG 2012)

2. Introduksjon til underjordsgruvebrytningsmetoder

2.1. Generelt

Valg av brytningsmetode ved ny- eller reetablering av en gruve avhenger først og fremst av hvordan ressurs er orientert og fordelt i omliggende berg. I tillegg vil en etablering være avhengig av tilgang på kapital for investor. Dersom ressursen er tilgjengelig fra dagen, er det langt mindre

kapitalkrevende å etablere dagbruddsdrift, og slik tjene inn kapital til å følge ressursen ned i undergrunnen.

I planleggingen av gruvedrift er det viktig å ivareta behovet for frisk luft til bemannede områder i gruen.

Gruver kan være svært krevende å ventilere som følge av mange forurensende enheter, komplekst utformede bergrom, aktiviteter på flere områder og/eller nivåer i gruen. Dersom det etableres flere åpninger til friluft vil det bli vanskeligere å styre luften. Luftbehovet vil ofte være stort, og det kan være fornuftig å lage ventilasjonsåpninger ut i friskluft for å oppnå effektiv utlufting av skytegasser. Slike ventilasjonsåpninger kan utformes som sjakter, slik at skorsteineffekten utnyttes, og varm luft strømmer opp av sjakta ved hjelp av temperaturforskjellen i vinterhalvåret. Det kan også være aktuelt å benytte toveis ventilasjon med utblåsing av forurenset luft gjennom lukkede kanaler til friluft, fra områder med sentrale forurensningskilder.

Salveskyting bør i størst mulig grad utføres slik at ventilerings av skytegassene kan gjennomføres uten at personell er tilstede i gruverommet. Dette er særlig viktig dersom uttaket skjer med store salvevolum.

Bruk av elektrisk drevne maskiner vil redusere luftbehovet. Uttransport av malmen på transportbånd eller annet elektrisk drevet transport bør vurderes. I gruver som etablerer et sentralt lastenivå er det særlig viktig at ventilasjonsopplegget planlegges godt. Installasjonene i ventilasjonsopplegget må i slike gruver være utformet med tanke på lang levetid.

2.2. Vokabular og definisjoner

Gruvedrift og gruvebransjen har en rekke uttrykk og definisjoner. I denne listen forsøkes det å gi et overblikk og forklaring på relevante uttrykk for underjordsgruvedrift. Listen er basert på Ellefmo og Nielsen (2013).

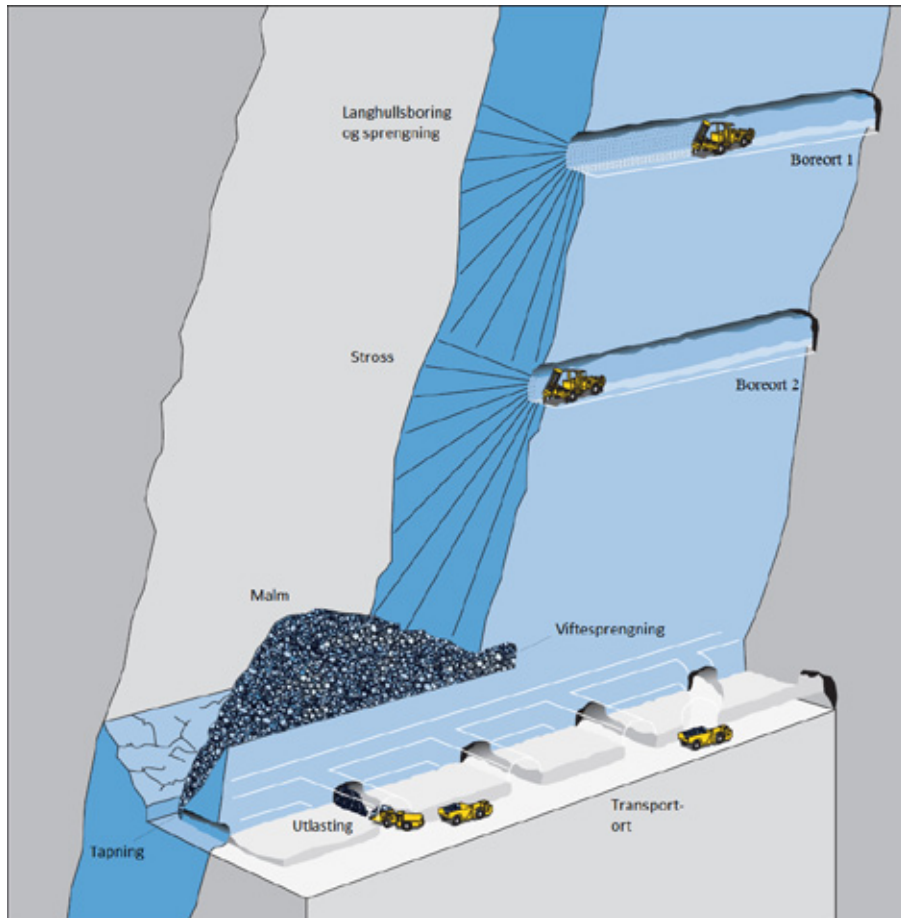
- HENG: Forekomstens hengside eller hengen (overside).

- **LIGG:** Forekomstens liggside eller liggen (underside). Når man snakker om liggen i en gruve, så er denne bestemt ut fra "oppe og nede"/"øverst-nederst", og dette trenger ikke alltid være det samme som den opprinnelige geologiske liggen dersom forekomsten f.eks. er kraftig foldet eller invertert.
- **MALM:** Malm er et økonomisk begrep, og brukes om en mineralforekomst eller bergart som kan utvinnes og selges med økonomisk fortjeneste. Dersom forekomsten ikke kan utnyttes økonomisk, er det snakk om en mineralisering eller gråberg.
- **ORT:** En gang i berget uten noen åpning til dagen. Den kan være både flattliggende/horisontal (drift) eller steiltstående (raise).
- **OVERDEKNING:** Løsmasser (sand, jord, grus, leire etc.) eller fast berg som dekker over malmkroppen.
- **PILLAR/KRONPILLAR:** Kronpilar eller et såkalt horisontalt bergfeste som settes igjen mellom dagbruddet og underjordsgruva. Dette gjøres for å sikre stabiliteten og for å beskytte underjordsdriften mot vær og vind. Man vil også sette igjen horisontale pilarer over og under nivåene så lenge disse brukes til adkomst og transport.
- **STOLL:** En tilnærmet horisontal gang (adit) som drives innover i berget fra en dagåpning.
- **STROSSE:** Å strosse (to stope), dvs. å utvide tverrsnittet til en tunnel, en ort eller et bergrom.
- **STUFF:** Brytningsfronten (face), dvs der man arbeider med boring, sprengning og lasting i en ort, tunnel, strosse, bergrom el.l.
- **SÅLE:** Gulvet (floor) i et brytningsrom, tunnel, ort e.l.
- **TUNNEL:** En tilnærmet horisontal gang (tunnel) i berget med dagåpning i begge ender

2.3. Skivepallbrytning

Skivepallbrytning benyttes til å utvinne mineralressurser som har steil orientering og jevn grense mot omliggende berg. Det omliggende berget må være stabilt og kompetent nok til å kunne stå usikret etter hvert som mineralressursen drives ut. Malmen som drives ut må også være kompetent.

Figur 5 viser prinsipielt hvordan mineralutvinning gjennomføres med skivepallbrytning. Malmen drives ut i store åpne strosser, som vanligvis gjennfylles. Det bores vifter til sprengstoff fra en eller flere boreorter. Når dette sprenges utnyttes gravitasjon slik at malmen raser ned til et lavere nivå hvor utlasting foregår.



Figur 5: Prinsipp for skivepallbrytning (Atlas Copco 2003)

Malmkroppen blir delt inn i separate strosser. Mellom hver strosse blir malmseksjoner brukt som søyler til å støtte hengen. Søylen blir vanligvis utformet som vertikale pilarer på tvers av malmkroppen. Horisontale seksjoner av malm blir også etterlatt som horisontale pilarer.

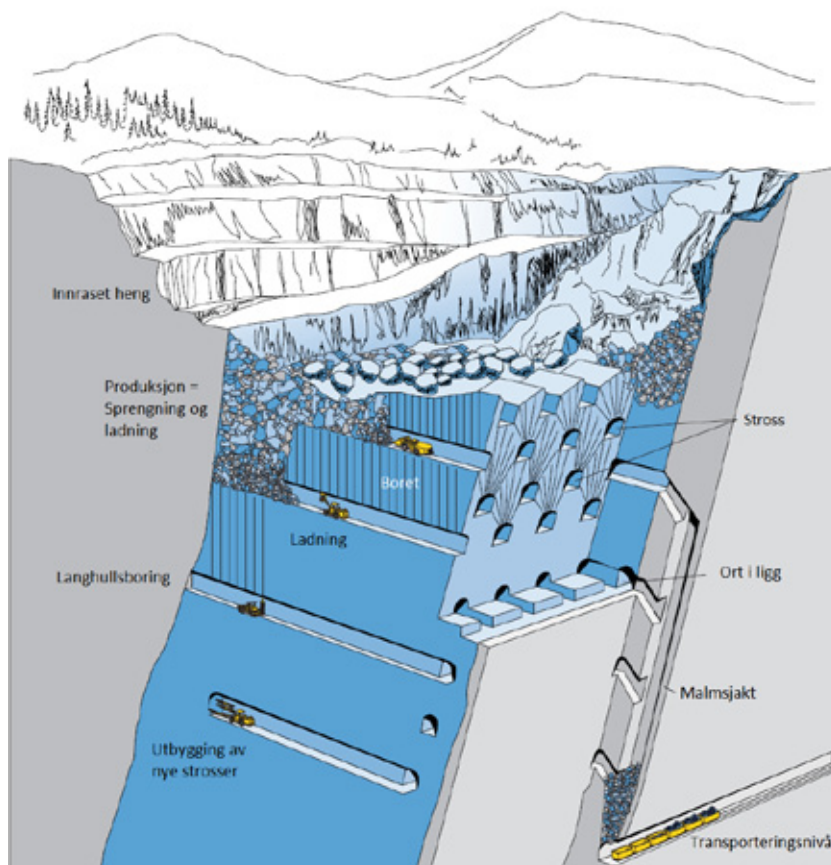
Generelt sett er skivepallbrytning mer effektivt desto større skivepaller man kan spreng og drive ut. Stabiliteten til det omliggende berget er som regel den dimensjonerende faktoren, og høy innsats innen bergmekaniske forundersøkelser og oppfølging er nødvendig. Nøyaktig vifteboring er teknisk krevende, og er meget viktig for å redusere eventuell innblanding av

omliggende gråberg.

2.4. Skiverasbrytning

Skiverasbrytning er en utdrivingsmetode som egner seg til dype og mektige ressurser og malmkropper med bratt fall, og hvor malmen er stabil nok til at strosser i malmkroppen kan stå mer eller mindre usikret, med kun sporadisk bruk av bolting. Hengen sprenges forsiktig for å initiere kollaps, noe som også tilsier at setninger og oppsprekking opp til dagen må tolereres. Hengen må kollapse meget kontrollert og uten for høy innblanding av omliggende gråberg som kan forringe malmen.

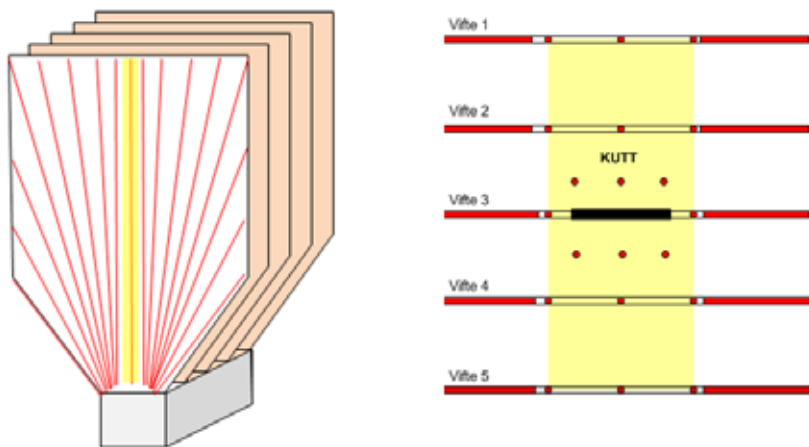
Figur 6 viser prinsipielt hvordan skiverasbrytning foregår.



Figur 6: Prinsipp for skiverasbrytning (Atlas Copco 2003)

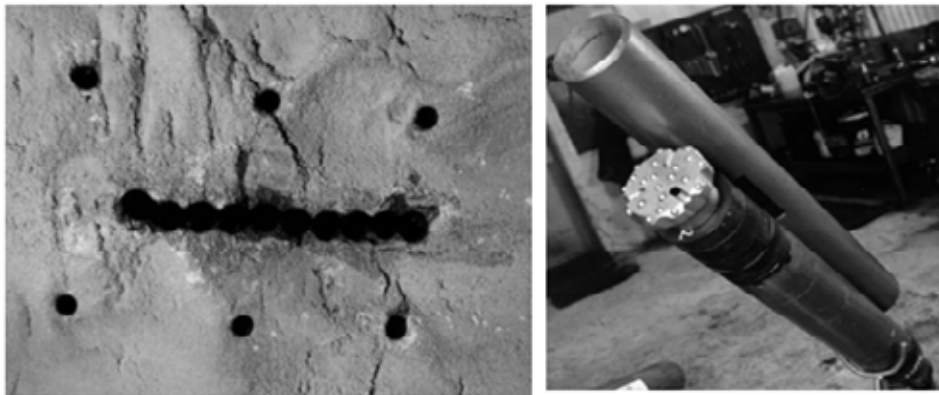
Det er viktig at brytningsprosessen er kontinuerlig, da usikret bergrom har høy risiko for plutselig kollaps, noe som vil gi store konsekvenser for den videre driften av gruen.

Ved skiverasbrytning blir malmkroppen delt inn i flere horisontale nivå med relativt liten vertikal avstand, vanligvis 8 til 15 meter. Hvert nivå består av et nettverk av strosser som dekker den aktuelle seksjonen av malmkroppen. Malmen rett over hver stross viftebores med langhull. Den maksimale hullengden er 2 ganger den vertikale avstanden mellom nivåene. Langhullsboringen foregår som en egen operasjon, i god tid før sprengning. Boring kan utføres i flere strosser før sprengning og utlasting starter. Den senere tids utvikling av borutrustning har gjort det mulig å øke avstand mellom nivå og lengre hull uten økt borhullsavvik og tap i borsynk. Dette har man oppnådd med ITH (in the hole) og vannhammere. LKAB Kiruna og Malmberget har ledet an i denne utviklingen ved utvikling av Wassara vannhammere og i samarbeid med Atlas Copco utviklet fullautomatisert boring basert på Atlas Copco Simba W469s/W6C. Sprengningen starter ved enden av malmkroppen, og det drives deretter kontinuerlig mot liggen. Åpningssalven består typisk av 5 vifter med en parallellhullskutt i midten som vist i figur 7.



Figur 7: Parallellhullskutt i skiverasbrytning.

Kutten kan være av stjernetypen med 5 til 6 grovhull eller som i figuren en sliss (slot) som består av 10-11 grovhull boret sammen med 3 brytningshull på hver side. Hull som er skravert gult er parallelle og boret til full lengde.



Figur 8: Sliss og Wassare W120 borkrone (CEMI 2013).

Slissen som vist er boret med Wassare W120 hammer og 165 mm borkrone med styrerør. Salvehull er boret med 115 mm borkrone (CEMI 2013).

Korte oppad rettede salvehull lades oftest med bulkemulsjon som pumpes in nedenfra. Lengre hull lades ved at ladeslangen føres in i hullet til topps. Ettersom hullet fylles trekkes slangen ut. Lading fra topp muliggjør ulike ladelengder for en jevnere energifordeling i hullet. Ladningen holdes på plass ved hjelp av sperrefjærer / gassbagger som blåses opp. Hullet initieres ved en eller flere boostere i hullet.



Figur 9: Bulkladeenhet for lading av oppadrettede hull.

For at kutten skal bryte stilles det store krav til borenøyaktighet og timing. Hullene i kutten forsinkes typisk med flere sekunder for at den skal bryte ned og ikke pakke seg. Legger man til forsinkertiden på viftene er det ikke unormalt at den totale forsinkelsen for hele åpningssalven er 10-15 sekunder. Slike forsinkertider med nødvendig nøyaktighet og presisjon er kun mulig ved bruk av elektroniske tennmidler. Resten av salvene i strossen sprenges in mot åpningen og er av en mye mindre kompleksitet.

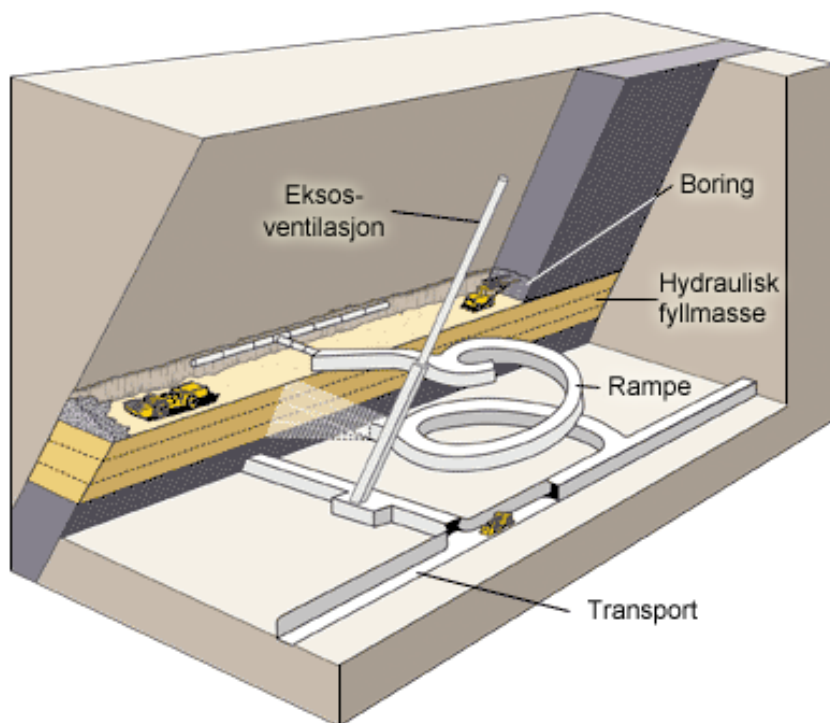
Drivingen foregår som regel langs en rett stoff, slik at tilstøtende strosser drives samtidig. På grunn av at denne metoden tillates det uavhengige bore- og sprengingsarbeider, noe som øker utnyttelsesgrad på maskineri og utstyr.

Da denne metoden innebærer en del innblanding av gråberg i malmen, er dette en metode som helst brukes til ressurser som lett kan skilles fra avfallsmateriale, for eksempel i en magnetisk prosess.

2.5. Gjenfyllingsbrytning

Gjenfyllingsbrytning kan brukes på bratte malmårer med rimelig faste malmer. Noe av fordelen med gjenfyllingsbrytning er selektiviteten du har underveis. En kan ta ut rikholdige malmer, mens fattige områder kan bli stående. Metoden er også brukbar på uregelmessige og usammenhengende malmårer.

Figur 7 viser prinsippet ved gjenfyllingsbrytning. Ved gjenfyllingsbrytning blir malmen utgravd i horisontale sektorer fra bunnen og oppover. All den utsprengte malmen blir uttransportert fra strossen. Deretter, når hele sektoren er sprengt ut og fjernet blir det respektive volumet fylt med avfallsmasser. Dette gir både støtte for veggene samt danner plattformen for videre bryting oppover.



Figur 10: Prinsipp for gjenfyllingsbrytning (Atlas Copco, 2003)

Det er i hovedsak to forskjellige metoder ved gjenfyllingsbrytning. Man kan enten bore horisontalt eller vertikalt. Vertikal boring har den store fordel at man kan bore over store områder samtidig noe som gir høyere effektivitet enn horisontal boring. Ulempene er blant annet at det må være plass til en borerigg under malmåren etter gjenfylling. Når den borede malmen sprenges ut vil takhøyden bli vesentlig høyere enn ved horisontal boring. Dette medfører litt vanskeligheter med tanke på kontroll av hengt over

Ved horisontal boring derimot kan nesten hele volumet gjenfylles med hydraulisk fyll. På denne måten blir takhøyden mye mindre og etterkontroll lettere. Ulempen er allikevel at bredden på strossen begrenser fremdriften under boring.

På grunn av de mange fordelene gjenfyllingsbrytning har når det kommer til selektivitet, god ressursutnyttelse og anvendelse ved varierende bergforhold og malmårer, vil denne metoden kunne erstatte mindre effektive metoder. Dette gjelder spesielt i gruver med uregelmessige malmårer og spredt

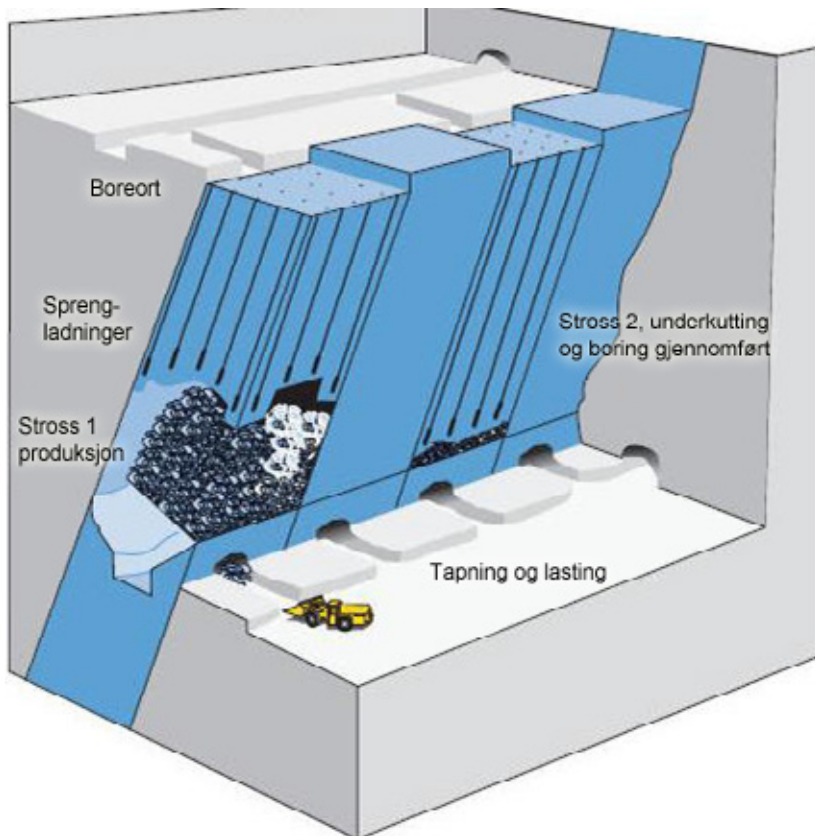
mineralisering. Ulempen er fortsatt at produksjonen er usammenhengende grunnet boring og fylling av stross. Dette kan allikevel minimeres betraktelig ved hydraulisk fylling. Det stilles også høye krav til sikkerhet da en god del folk må jobbe i strossen, under malmkroppen.

2.6. Vertical Retreat Stopping/ “Vertikal tilbake strossing”(VRS)

VRS metoden ligner magasinbrytning siden malmen er tatt ut i horisontale skiver, og strossingen starter nedenfra og går oppover. En del av den knuste malmen blir ofte midlertidig liggende i strossen for å stabilisere veggene. Vertikal tilbake strossing VRS bygger på en unik sprengningsteknikk som er patentert i Canada.

VRS kan bli brukt ved bratte malmårer under samme forhold som skivepallbrytning og magasinbrytning. Siden malmen kan bli liggende i strossen vil det hjelpe til å stabilisere hengveggen under den videre strossingen. Kravet for en stabil hengvegg er derfor mindre enn for eksempel skivepallbrytning. Det stilles allikevel krav om at både berget og malmen må være kompetent.

Figur 8 viser hvordan prinsippet for mineralutvinning med VRS er. I hovedsak bores det ned i det underliggende malmvolumet under en stross. Denne metoden stiller høye krav til sprengningen da den gjøres fra oversiden i et volum som er underkuttet. Det bores parallelle hull. Sprengningen sammen med raset vil knuse malmen til en håndterbar størrelse for maskiner.



Figur 11: Vertical Retreat Stopping (Atlas Copco 2003)

VRS er fortsatt en relativt ny metode. Denne metoden stiller større krav til nøyaktig boring og sprengning enn de andre tradisjonelle utvinningsmetodene. Eventuelle deler av malmen som ikke blir sprengt løs som planlagt kan bli ofret.

VRS er nok en metode som kommer til å bli mer og mer brukt. Ikke minst siden dette er regnet som en mye sikrere metode enn blant annet lignede magasinbrytning. Med unntak av selve boringen er det aldri mennesker tilstede i strossen.

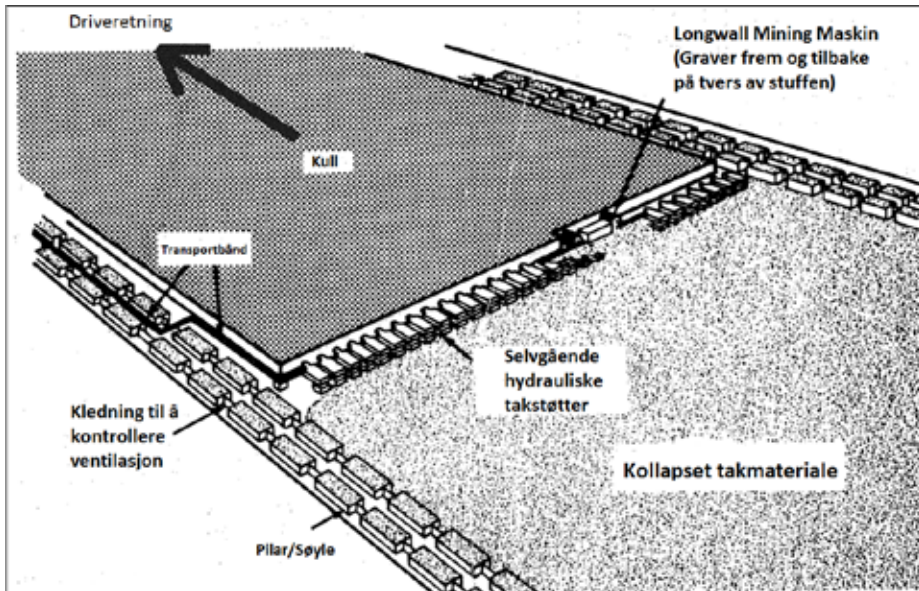
2.7. Longwall Mining

Longwall mining benyttes som regel på relativt tynne og lagdelte ressursforekomster som har uniform tykkelse og stor horisontal mektighet. Typiske ressurser som drives slik er kull, kalium og gullårer. Denne metoden

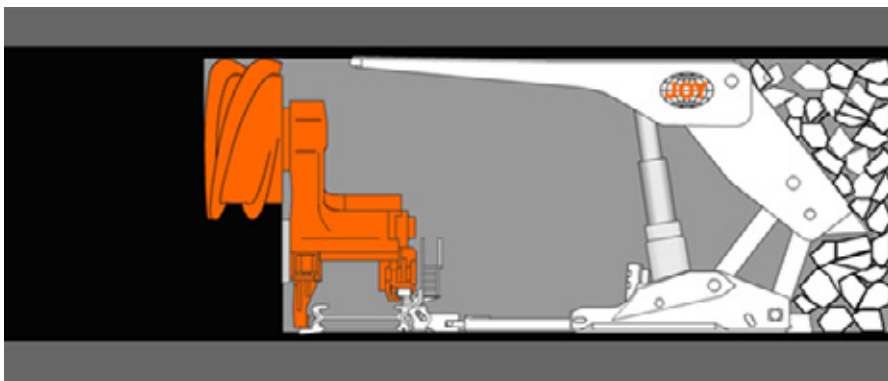
innebærer utdriving av ressursen langs en lang vegg eller stuff, hvor området bak stuffen er åpen for å gi plass til personell og utstyr. Bak det sikrede området rundt stuffen tillates hengen å kollapse. Denne metoden fører dermed til en del setninger og ofte riss opp til dagen, og er derfor uegnet nær byer og i miljøsensensitive områder.

Driving med denne metoden krever at det lages et nettverk av tilgangsorter, som gir tilgang til produksjonsområdene og hvor ressursene kan transporteres ut. Disse ortene er vanligvis ordnet i mønster, og blir drevet ut i malmen.

En form for Longwall mining med sprengstoff er tidligere benyttet, blant annet i kullgruvene på Svalbard. Denne metoden baserte seg på et mekanisk drevet kutt og ladede borehull for å hjelpe drivingen. Grunnet vanskelige arbeidsforhold med hensyn til helse og sikkerhet, samt lav mekaniseringsgrad med påfølgende høy kostnad og lav kapasitet, er denne metoden mer eller mindre utdatert. I dag er den mest aktuelle og vanlige metoden ved uttak av kull består av en skjærer som kutter stuffen, hvor malmen faller ned på et transportbånd og transporteres ut. Skjæreren og transportbåndet står under et sikringstak med hydrauliske jekker som unngår kollaps av hengen. Etter hvert som maskinen avanserer frem kolliderer hengen bak. Prinsipper som viser hvordan dette utføres ses i Figur 12 og Figur 13



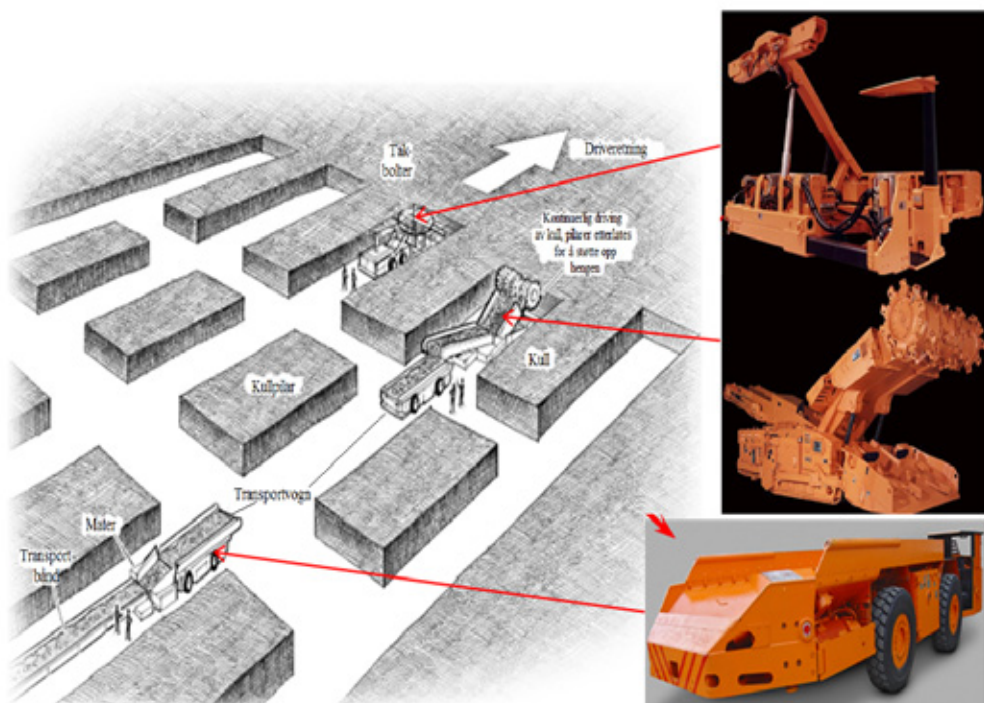
Figur 12: Prinsipp for Longwall mining i kullforekomst (Energy Information Administration)



Figur 13: Prinsippskisse som viser bevegelig skjærer, takstøtte og kollapset heng bak stoff (Opphavsrett: JOY Mining Machinery)

2.8. Rom og pilar

Rom og pilar er en gruvemetode som er basert på å drive ut så mye som mulig av den ønskede ressursen, mens man etterlater seg pilarer av malm som skal støtte opp hengen. Metoden egner seg godt hvor man har kompetent berg i malm og omliggende gråberg, og horisontal til slak helning av forekomsten som drives. Helningen bør ikke overstige 30 grader. Rom og pilar, i tillegg til longwall mining, er en av få gjennomførbare drivningsmetoder i horisontal malm med begrenset tykkelse. Metoden brukes i stor grad til å utvinne lagdelte ressurser med sedimentær opprinnelse, som kobbermalm i skifer, industrielle mineraler som kalkstein, dolomitt, salt og kull. Forekomsten har ofte begrenset tykkelse. Figur 14 viser en prinsippskisse av rom og pilar utført i en kullgruve.



Figur 14: Prinsipp for rom og pilar i kullforekomst
(interdisciplinaryenergystudy.wiki.lovett.org/Mining)

Dimensjonene til pilarene og strossene som drives avhenger av stabiliteten til hengen og malmen, tykkelsen av malmen og bergtrykket. Generelt sett forsøker man å drive ut så mye som mulig av ressursen med så små pilarer som mulig uten å sette arbeidsforholdene på spill. Man kan som regel utvide dimensjonene til pilarene eller begrense bredden til strossene for å gjøre opp for svake grunnforhold, men dette fører riktignok igjen til økt tap av ressursen som drives. Malmpilarene blir vanligvis ordnet etter et fast mønster og de kan være sirkulære, kvadratiske eller utformet som en langsgående vegg som separerer de ulike strossene. Malmen i pilarene kan i noen tilfeller drives ut som en siste operasjon i gruen, men generelt er ressursene i pilaren ikke utvinnbare.

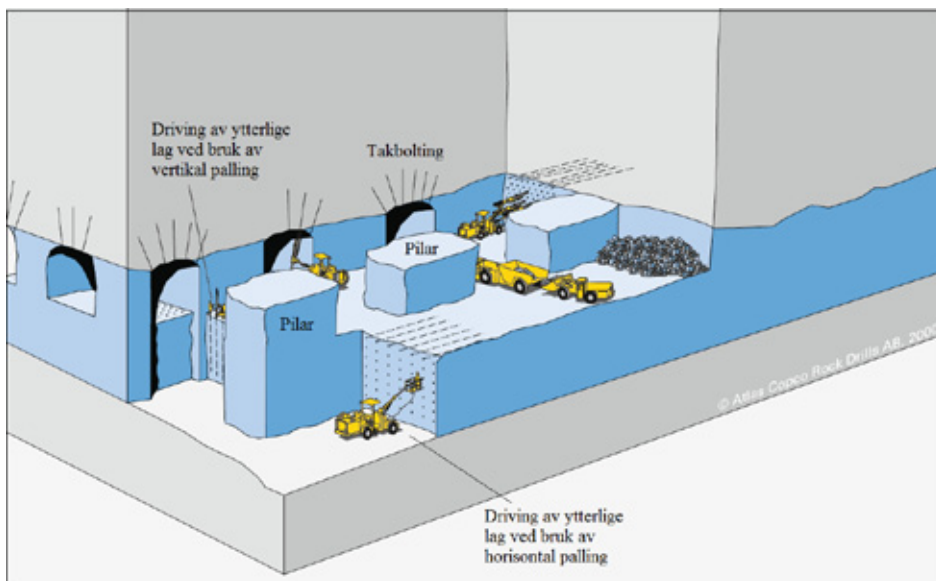
Bolting i hengen vil forbedre stabiliteten og brukes i stort omfang i forbindelse med denne rom og pilar.

Det finnes ulike typer rom og pilar drift. Den mest vanlige metoden er klassisk rom og pilar med palling, «rom og pilar med pilarrøving» og «stegvis rom og pilar drift».

I horisontale eller tilnærmet horisontale forekomster av ressurser av tilstrekkelig tykkelse, kan man benytte en variant av rom og pilar hvor man driver seksjonsvis med palling. Drivingen skaper store rom i malmen hvor hjulgåendemaskineri kan bevege seg fritt på sålen. I malmkropper med stor vertikal høyde driver man vanligvis den øvre delen av malmen først, hvorpå det utføres takbolting og grundig kontroll av hengen. Deretter kan man drive ut resten av malmen nedover ved bruk av ett eller flere lag med vertikale paller.

Denne metoden krever svært lite forberedende arbeid av infrastruktur, siden tilgangsorter og kommunikasjon går gjennom materialet som skal drives ut.

En prinsippsskisse av klassisk rom og pilar er vist i Figur 15.



**Figur 15: Prinsipp for klassisk rom og pilar med vertikal palling
(Atlas Copco 2003)**

Malmen lastes direkte fra stoff ved bruk av ulike metoder som avhenger av tilgjengelig plass og transportavstand. Har man tilstrekkelig plass kan standard hjullastere benyttes, noe som gir en effektiv utlasting av malmen. Ved lavere takhøyder kan spesialbygde enheter benyttes.

Da all aktivitet blir utført på ett eller noen få nivåer med stor utstrekning, er det mange flater tilgjengelig til enhver tid. Derfor bør man benytte utstyr med høy mobilitet, og eller ha flere arbeidslag for å oppnå mest mulig effektiv drift.

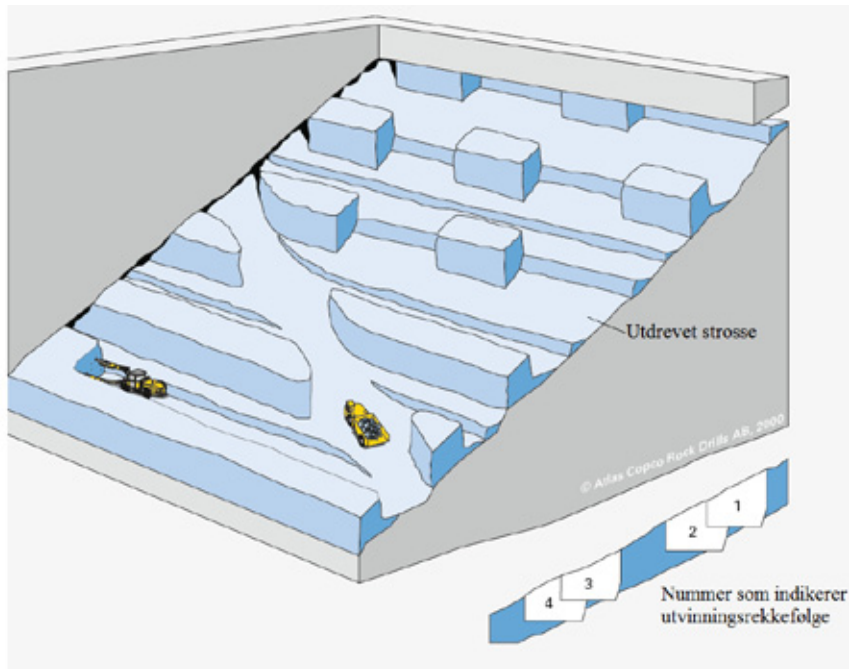
Rom og pilar med pilarrøving brukes i malmkropper med helning mellom 20 og 55 grader med stor vertikal høyde. Denne metoden er en krysning av gjenfyllingsbrytning og rom og pilar. Her drives malmen ut i horisontale skiver, hvor man starter med den nederste og deretter jobber seg oppover i malmkroppen mens man setter igjen pilarer av malm til å støtte opp hengen. Når man har utvunnet en horisontal skive, gjenfylles denne med gjenfyllingsmateriale, som kan inneholde sement for ekstra styrke, slik at

neste horisontale skive kan drives ut mens man jobber oppå den gjenfylte massen. Gjenfyllingsmassen holder også steinmassene rundt stabile.

Pilarene vil være gjennomgående gjennom de ulike lagene som drives, slik at materialet bidrar til støtte og dermed tillater en høy grad av materialutvinning. Gjenfyllingsmassen kan modifiseres til å passe de forholdene man har i gruen med tanke på helning og grenser mellom malm og gråberg.

Step rom og pilar er en metode som tillater sporløs drift i malmkropper med for stor helning til at man kan benytte seg av klassisk rom og pilar, og brukes gjerne i malmkropper som har 2 til 5 meters tykkelse og helning mellom 15 og 30 grader. Her legges det til rette for effektiv bruk av mobilt maskineri (trackless) som har muligheten til å kjøre opp og ned gruveganger med helning.

Tilgangsortene som brukes til å forflytte seg mellom de ulike produksjonsstrossene orienteres diagonalt på malmkroppen, og med en vinkel som stemmer overens med den mulige kjørvinkelen til maskineriet. Ut fra disse tilgangsortene opprettes det horisontale strosser hvor malmen drives ut. Strossene utformes slik at de følger grensesjiktet mellom malm og gråberg tett, samtidig som de går parallelt og ved siden av den foregående strossen. Utviklingen av gruen går nedover med helningen, steg for steg. En prinsippsskisse av dette er vist i figur 13..



Figur 16: Prinsipp for step rom og pilar (Atlas Copco 2003)

Under drivingen må man sørge for å etterlate pilarer av malm som støtter opp hengen, noe som kan komplisere strossingen. Utvinningen utføres i strosser med tilnærmet horisontal såle, som er sammenbundet av tilgangsortene med helning. Dette legger som nevnt til rette for bruk av mekanisert utstyr, og dermed en mer lønnsom drift enn hva som ville vært tilfellet ved bruk av manuell arbeidskraft slik det tidligere var under forhold med betydelig helning.

3. Diskusjon, oppsummering og videre arbeid

Som nevnt innledningsvis, har denne rapporten forsøkt å presentere viktige aspekter ved underjords gruvedrift. Denne rapporten gir langt i fra noe uttømmende bilde av utfordringene innen feltet. Det være seg i søknad – planlegging – etablering – drift og termineringsfaser. Vi anbefaler derfor at et videre arbeid setter i gang som kan behandle de aktuelle undertemaene. I et slikt arbeid vil det være naturlig å inkludere ulike aspekter som ikke er behandlet i denne rapporten. Disse aspektene kan være miljøpåkjenning

(f.eks. life cycle assesement), samfunnsnytte, risikostyring og analyse, konseptutredninger, eller tekniske detaljer omkring bergmekanikk, bore- og spregningsteknikk. .

Referanser

Atlas Copco 1980, Guide to underground mining methods and applications. 1980. Atlas Copco Stockholm.

Atlas Copco 2003, Underground Mining Methods and Case Studies 1st revision. 2008. Atlas Copco Örebro.

Atlas Copco 2008, Underground Mining Methods 3rd revision. 2008. Atlas Copco Örebro.

CEMI 2013, Informasjon om Wassara, <https://www.miningexcellence.ca>

Ellefmo, S. Nielsen, K. 2013. Terminologi og faguttrykk. Kurspensum i TGB4227 Mineralproduksjon grunnkurs.

Stortingsmelding 7 (2011-2012) Kapittel 13.5 Mineralutvinning i nordområdene.
<http://www.regjeringen.no/nb/dep/ud/dok/regpubl/stmeld/2011-2012/meld-st-7-20112012/13/5.html?id=663486>

Tunnelstatistikken 2011, <http://www.nff.no/article.php?id=524>

VG 2012, Truer med å lenke seg fast ved Førdefjorden, 25.10.2012
<http://www.vg.no/nyheter/innenriks/artikkel.php?artid=10055214>



REPRESENTERER FAGKUNNSKAP INNEN

- Bergsprengning og masseflytting
- Tunnel teknologi
- Bergmekanikk og Ingeniørgeologi

FJELLSPRENGNINGSFORENINGEN

AVGJØRENDE FOR FORUNDERSØKELSER, PLANLEGGING OG GJENNOMFØRING AV

- Fjellarbeid generelt, produksjon av knust berg og mineraluttak
- Vegbygging
 - I dagen
 - Under jord
- Vannkraftutvikling med
 - Stasjonshaller
 - Overføringstunneler
 - Trykksjakter
 - Damanlegg
- Oljeprosjekter
 - Planering for landanlegg
 - Landfall av rørledninger
 - Produktlager for olje og gass
- Grunnarbeid for hus og industri
- Idrettsanlegg, lager, parkeringsanlegg i fjell, og mye mer.....

www.nff.no

Håndbøker fra NFF

- Nr. 1: Fjellinjeksjon. Praktisk veiledning i valg av tettestrategi og injeksjonsopplegg. (kr 200,-)
- Nr. 2: Engineering Geology and Rock Engineering. NBG (kr. 500,-)
- Nr. 3: Arbeidsmiljø under jord. (kr. 150,-)
- Nr. 4: Håndbok for skytebas. (kr. 150,-)
- Nr. 5: Tung bergsikring i underjordsanlegg (kr. 150,-)
- Nr. 6: Praktisk berginjeksjon for underjordsanlegg (kr.150,-)
- Nr. 7: Håndbok for bestiller av bergsprengningsarbeid (kr.150,-)

Tekniske rapporter fra NFF (kr. 100,- pr. stk)

- Nr.01: Redningskammer for underjordsdrift
- Nr.02: Diesel under jord. Sluttrapport fra forprosjektet.
- Nr.02E: Diesel Underground – a project report.
- Nr.03: Sikker sprengning i dagen.
- Nr.04: Plastmaterialer i tunneler og bergrom – sikker håndtering i anleggsfasen.
- Nr.05: - Informasjon, takk! Råd og tips om kommunikasjon i en anleggshverdag.
- Nr.06: Sikker boring gjennom sylte.
- Nr.07: Diesel under jord
- Nr.08: Sikkerhet ved berginjeksjon
- Nr.09: Behandling og utslipp av driftsvann fra tunnelanlegg
- Nr.10: Rescue chamber for underground work. Translation of technical report 1
- Nr.11: Nøyaktig boring
- Nr.12: Konturkvalitet i sprengte tunneler
- Nr.13: Ventilasjon ved tunneldrift
- Nr.14: Innføring i underjords gruvemetoder

Norwegian Tunneling Technology

- No. 1: Hard Rock Tunnelling
- No. 2: Tunnelling Technology
- No. 3: Hydropower Tunnelling
- No. 4: Road Tunnelling
- No. 5: Tunnelling Today
- No. 6: Geology of Norway (a map)
- No. 7: Tunnelling Reviewed in the International Press
- No. 8: Subsea Tunnelling
- No. 9: Underground Storage
- No. 10: Urban Tunnelling
- No. 11: Hard Rock TBM Tunnelling
- No. 12: Water Control Tunnelling
- No. 13: Health and Safety in Norwegian Tunnelling
- No. 14: Norwegian Tunnelling
- No. 15: Sustainable Underground Concepts
- No. 16: Underground Constr. for the Norwegian Oil and Gas Industry
- No. 17: Underground Openings - Operations, Maintenance and Repair
- No. 18: Subsea Tunnels
- No. 19: Rock Support in Norwegian Tunnelling
- No. 20: Rock Mass Grouting
- No. 21: Contracts in Norwegian Tunnelling
- No.22: Norwegian Hydropower Tunnelling II

Fjellsprengningsdagen (Høstkonferansen)

En årlig konferansebok som er kommet fortløpende ut siden 1963.(Flere årganger er utsolgt).

Publikasjoner kan bestilles hos: NFF, Postboks 626, NO-1303 Sandvika. E-post: nff@nff.no



NORSK FORENING FOR
FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK

e-post: nff@nff.no

ISBN 978-82-92641-27-9