© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

MEKANISERAD BRYTNING AV SMALA MALMER

Lars Montan, Marknadschef Gruvutrustningar, Atlas Copco MCT AB, Stockholm

Smala malkmkroppar - ett brett område

Detta föredrag är avsett att ge en kort, sammanfattande bild av vad egentligen smala malmer är och hur långt den mekaniserade brytningen av dessa malmer kommit i Sverige och i andra länder.

Det finns idag ett stort intresse över hela världen att mekanisera brytingen av smala malmer. Orsakerna är många men framförallt kan följande nämnas.

- Relativt höga metallpriser, framförallt guld
- Höga halter av ädelmetaller förekommer ofta i smala malmådror ("veins)
- En ökad medvetenhet och vilja att ta tillvara natur-tillgångar.
- Svårigheter att finna kvalificerad arbetskraft för underjordsarbete

"Smala malmer"- småskalig gruvbrytning

Gruvindustrin har under de senaste åren tvingats vidtaga en hel del olika åtgärder för att vara konkurrenskraftiga och för att helt enkelt överleva. En klar trend är att koncentrera produktionen till stora enheter med högt tonnage och hög produktivitet liksom även brytningen av små, smala högvärdiga mineral förekomster.

Någon klar definition av skillnaden mellan smala malmer och småskalig gruvbrytning finns egentligen inte utan begreppet varierar mellan olika gruvbolag och från land till land. Dock kan det vara på sin plats att skilja dem åt eftersom det i normala fall ställs olika krav på den mekaniserade utrustningen, framförallt vad beträffar utrustningarnas storlek.

Smala malmer kan beskrivas på följande sätt:

- Mäktighet kan vara från cm till 2 m

  I vissa fall brukar man sträcka sig längre, dvs 3- 4 M men för smala malmbegreppet är det relevant att stanna vid 2 m.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Ett medelvärde kan sägas ligga vid 1 - 1,2 m.

- Sidostupningen går från vertikal till horisontell.
- Som vanligt förekommer mest vertikala (60 - 90) resp horisontella (0 - 30). Det riktigt besvärliga området är 30 - 60 och förmodligen är det ej så omtalat eftersom det är svårt att mekanisera.
- Utsträckning i längled kan vara från 20 - 30 m upp till flera 100 m. Dessutom är de smala malmerna ofta oregelbundna.
- Fyndigheterna eller malmgångarna ligger ofta i anslutning till större malmkroppar men även helt separat förekommer.
- Höga halter av ädelmetaller t ex guld, silver, platina men även andra metaller kan förekomma t ex koppar, bly, zinc osv.

Vad menas då med småskalig gruvbrytning?

I dagligt tal brukar man beskriva det som en liten malmkropp som ej behöver vara smal. Dessutom brukar ingående metallhalter var tämligen goda. Ytterligare faktorer som karakteriserar småskalig gruvbrytning är att årsproduktionen brukar vara mellan 60 - 100 000 ton samt att de idag på marknaden existerande s k mindre standardutrustingarna väl möter mekaniseringskraven.

Brytningsmetoder för smala malmer

Flera undersökningar har gett vid handen att ett flertal olika gruvbrytningsmetoder, alternativt varianter på huvudmetoder används världen över.

Följande tabell visar fördelningen av de vanligaste förekommande brytningsmetoderna (Källa är i huvudsak västvärlden och omfattning är ca 40 gruvor)

o Manuell igensättningsbrytning	40 %
o Mekaniserad igensättningsbrytning	5 %
o Skivpallbrytning	25 %
o Magasinsbrytning	15 %
o Övriga t ex "Rill mining", vertical crater retreat (VCR) etc	15 %

Den fortsatta trenden pekar mot en ökad användning av mekaniserad igensättningsbrytning (Fig 1) framförallt då för metodens goda selektivitet. Uppåtriktad borrning förekommer i stor utsträckning på grund av högre produktivitet. Selektiv takstross (Resuing mining") (Fig 2) kan vara ett alternativ. Mycket vanligt är också horisontell borrning på grund av hög selektivitet, god kontroll av tak och väggar men med nackdelen relativt låg produktivitet.

"Rill mining" (Fig 3) eller en kombination av selektiv skivpall med återfyll är mycket untressant eftersom samma utrustning som för normal igensättninsbrytning kan användas. Den stora fördelen

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

dessutom att enhetsoperationerna kan utföras kontinuerligt och ej cykliskt som vid normal igensättning.

Skivpallbrytning (Fig 4) är också intressant eftersom metoden har låga kostnader. Dock kräver den bra sidoberg och ger tyvärr ofta hög gråbergsinblanding. Dock har metoden hög produktivitet.

Magasinsbrytning (Fig 5) är fortfarande mycket vanlig fastän produktiviteten är låg. Det är stora svårigheter att mekanisera på konventionellt sätt. Ett alternativ kan då vara att använda sig av kombinationsutrustning (en bärare för många funktioner som i fallet Långdal där ett aggregat kan förses med bom-ladd- eller skrotutrustning). Ett annat alternativ är Alimaks metod för mekaniserad magasinsbrytning - AMS- metoden.

Det är många faktorer som bestämmer valet av brytningsmetod för smala malmer. Att ge några generella rekommendationer är mycket svårt eftersom varje malmkropp är i stort sett unik. Dessutom inverkar även lokala betingelser och erfarenheter i landet i fråga.

Det är ej heller enbart kostnaden per ton som avgör utan mycket viktigt är också produktiviteten och förväntad gråbergsinblandning, dvs hur mycket metall som produceras.

Nedan följer några exempel från brytning av smala malmer både i Sverige och utomlands.

Manuell magasinsbrytning

Denna metod är en av de äldsta och är mycket vanligt förekommande, speciellt i extremt samla malmer.

I Kina till exempel är den applicerad i wolframgruvor där malmbredd kan variera mellan 0,3 - 0,75 m med en rumsbredd från 0,8 - 1,1 m. Beroende på gråbergsinblanding avancerar rummet uppåt 6 - 8 m/månad.

En intressant version är "wall cutting and fill" (Fig 6) för malmbredder 0,3 - 0,6 m och med stabil malmkropp samt sidoberg. Fyllmaterial transporteras upp genom stigorten och malmen skrapas sedan ut samma väg med skrapspel. Metodens fördelen sägs vara

- Mindre problem med sidobergsväggar
- Högre produktivitet
- Mindre gråbergsinblanding

Mekaniserad magasinsbrytning

En ny metod ALIMAK mekaniserad magasinsbrytning (Fig 7) är under utveckling.

Metoden är applicerbar i malmbredder från 1 - 2,5 m, då med plattform och handhållen borrning eller från 1,8 - 4,0 m, då med plattform och mekaniserad borrning.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Fördelarna är:

1. Relativt låg investering, snabb igångsättning eftersom det inte krävs så mycket undersökningsborrning.

2. Relativt hög produktivitet.

3. Man är oberoende av nivån på den lösskjutna malmer eftersom utrustningen "hänger" i taket.

4. Två skivor kan tas ut från en gejderuppsättning (först horisontell borrning, därefter vertikal på vägen tillbaka).

Metoden är ej applicerad ännu men många intressanter finns (Sverige, Chile, Australien) och det är bara att hoppas att man kommer igång snart för att erhålla erfarenheter.

Ett annat intressant fall är Långdal (Fig 8) där man istället för att tillreda med ramp (vilket skulle ha kostat ca 8 MSEK och malmkroppen innehåller endast ca 90 000 ton) valde mekaniserad magasinsbrytning med en kombinationsutrustning (Fig 9) som klarar av fyra operationer: vertikal produktionsborrning, laddning, skrotning samt bulthålsborrning.

Utrustningen tas ej ut ur rummet; efter utjämning av sulan med hjälp av skrapspel sker produktionsborrning osv.

Visseligen är inte malmkroppen speciellt smal - vid bottenskivan 3 - 4 m och högre upp ännu bredare - men Långdal kan tjäna som ett exempel på mekaniserad magasinsbrytning även för smala malmer.

Selektiv takstross - "Resuing mining"

Huaron gruvan i Peru övergick i början av 80-talet från magasinsbrytning till "resuing mining"(Fig 10). Orsaken var den högre selektiviteten för de smala 0,8 m malmkropparna samt den höga tillredningsvolymen av dragpunkter i magasinsbrytningen.

Man sprängde i två steg - först malmen och utlastning av densamma, sedan gråberget och fyllning, men på grund av hög gråbergsinblandningen och problem med gråbergs-"bröstet" övergick man till att spränga i ett steg.

Rumsbredden är 1,1 m för 0,8 m malmbredden och gråbergsinblandningen blev något lägre än tidigare trots dessa 0,3 m gråberg. Dock sjönk produktiviteten eftersom rumsbredden minskades från 1,6 m till 1,1 m vilket medförde införande av elektriska smala 0,85 m breda LHD. Detta uppvägdes dock av sänkt gråbergsinblandning.

Ett annat exempel är Falu gruva (Fig 11) där selektiv takstross är introducerad sedan januari 1988 i en nyligen exploaterad guldmalmsfyndighet.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

För borrningen används ett borraggregat från Atlas Copco, Trakker T526 endast 1,1 m bred (Fig 12). Utrustningen har ett crawlerunderrede och med pneumatiska borrmaskinen COP 923.

Lastning sker med Wagner HST 1 (bredd 1,22 m) vilken bestämmer rumsbredden, 1,4 m.

Det skall bli mycket intressant att följa erfarenheterna från Falu gruva.

Skivpallbrytning

Golden Crown Mine, Australia (Ref 1) (Fig 13) är ett exempel på skivpallbrytning, med en årsproduktion av 52 000 ton malm och 10 000 ton gråberg. Malmkroppen har en sidostupning av 62 och mäktigheten varierar från några cm till 4,5 m. Medelhalt är 16 gr guld/ton.

En jämförelse gjordes mellan magasinsbrytning, skivpallbrytning och igensättningsbrytning. Skivhöjden är endast 7 m vilket motiveras av gråbergsinblandning minimeras (korta borrhål ca 4,5 m ger låg hålavvikelse) och det är lätt att följa malmgränserna. Rumsbredd är 1,4 m. Trots detta är gråbergsinblandning 25 - 30 %.

En liknande metod används i Dome, Canada (Ref 2). Malmbredd är där 1,5 m och skivhöjd 15 m, längsta borrhål ca 9 m.

Produktiviteten är 15,5 ton/manskift.

Zinkgruvprojektet (BEFO 171, Skivpallbrytning av smala malmer) pågår med tillredning och fastställande av malmgränsen. (Fig 14 och 15).

Malmkroppen som skall brytas är 150 m lång, medelbredd 1,3 m (0,5 - 3,5 m), sidostupning 74 och totalt malminnehåll ca 30 000 ton.

Förutom en utvärdering av brytningsmetoden som sådan skall i projektet även prövas följande:

- Lämplig borrstålsutrustning för Ø 35 - 38 mm hål, både för tunneldrivning, långhålsborrning och bultborrning
- Borr- och laddplaner (val av sprängämne)
- Krav på borr- och lastutrustning
- Minimering av hålavvikelse
- Jämförelse med andra metoder t ex "Resuing mining" (Falu gruva) och "Rill mining" (Kristinebergsgruvan, Boliden).

Projektet beräknas ta två år i anspråk.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Stigortsbrytning

Denna metod, också utvecklad av ALIMAK, (Fig 16) framförallt för smalmalmsbrytning, karakteriseras av låg tillredningskostnad.

Det är en metod med öppna rum och den kan även kallas horisontell "skivpallbrytning". Vertikala pelare kan lämnas beroende på bergförhållandena.

Metoden har använts i några gruvor (Mexico, Argentina, Sverige) men har inte fått någon större spridning.

Dock kan ett större intresse skönjas nu då metoden lämpar sig för mekaniserad brytning av smala malmer, framförallt då med tanke på att s k "pallsprängningsteknik" kan appliceras vilket minimerar uttag av gråberg. (Fig 17)

I Sovjet används metoden för brytning av malmbredder mellan 1,6 - 3,8 m.

Horisontella smala malmer

Avslutningsvis kan sägas att alla malmer ej står vertikalt utan det finns även horisontella.

STOMEC (Atlas Copco) är ett exempel på en mekanisering av borrningen i smala horisontella malmkroppar (guld). (Fig 18)

Borraggregatet är lågbyggt endast 0,75 m högt och har ett crawlerunderrede med två stycken hydrauliska bergborrmaskiner COP 1028.

En STOMEC ersätter 32 handhållna pneumatiska borrmaskiner.

Malmens mäktighet varierar mellan 0,9 - 1,5 m.

Till Rofomexgruvan i Mexico, där man bryter FOSFAT , har flera lågbyggda enbomsbergborraggregat levererats. (Fig 19) Aggregaten är endast 0,9 m höga men blir då å andra sidan längre och bredare.

Aggregaten är utrustade med en hydraulisk borrmaskin COP 1032 och har i denna lösa bergart en borrsjunkning på över 4 m i minuten.

Detta aggregat ersätter 12 handhållna borrmaskiner.

Sammanfattning - avslutning

Mekanisering av smala malmer kommer att öka allt mer och syftet bör vara att kunna bryta dessa malmer med hög produktivitet och till låg kostnad.

Detta innebär att använda kostnadseffektiv utrustning samt minimera arbetstyrka och materialhantering.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Synsättet på malmvärde och gråbergsinblanding bör vara att se till metallinnehållet i det som produceras - det är den "intäkten" som betalar investeringen för mekanisering.

Referenser

1. R A Carlton: "Development of a High Grade Underground Gold Mine. Golden Crown Gold Mine, Cue, Western Australia", Small Scale Mining Symposium, London, March 1987.

2. B E Robertson: "The Mechanization of Narrow Vein Mining at the Dome Mine", Mining Magazine, October 1986.

3. R C Cárdenas: "Huaron Mines Reserves in Narrow and Winding Veins", World Mining, June 1983.

4. W H Clausthal-Zellerfeld: "Gold Ore Mining in Canada", German Mining No 1, 1987.

5. l Yihona and Z Weijin: Reducing Waste-Rock Dilution in Narrow-Vein Conditions at Tungsten Mines in China", Mining Science and Technology 4 (1986) 1-7, Amsterdam.

6. V G Druzhkov an Y N Saifutdinov: " The Effective Mining of Vein Deposits" 13 th World Mining Congress, Stockholm 1987.

7. M Olsson, H Thorshag: "Mining Technique for Narrow Ore Bodies", SveDeFo Report DS 1987:1, Stockholm 1986.

8. L White: "Boliden Cut-and-fill: Not Just a Means of Mining Weak Ground" E & Mining Journal, August 1984.

9. "Atlas Copco Internal Reports", 1987.

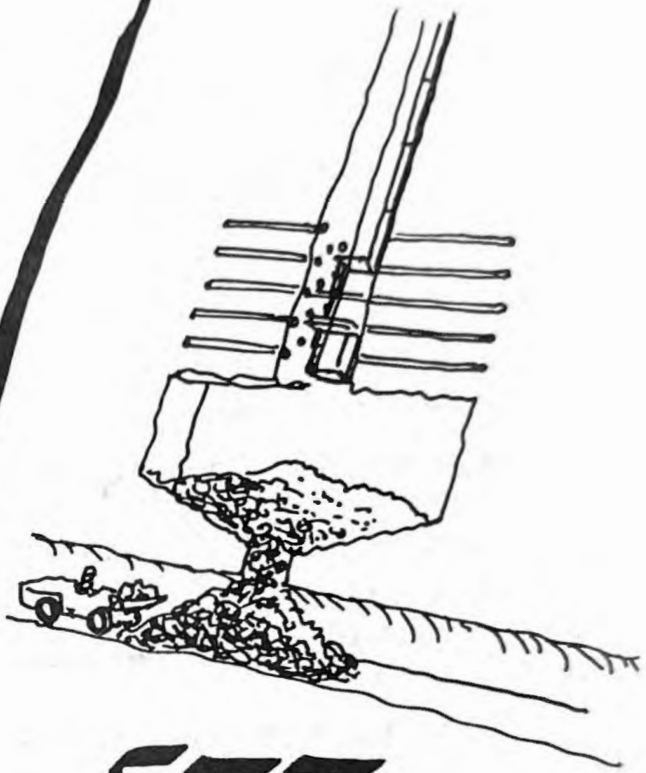
10. O Jonsson: "Even Small Mines can be Mechanized", Bergsmannen No 3, 1987 (in Swedish).

11. G Bagioli: "Recovery of Pillars in the El Bronce de Petorca Mine", II International Gold Symposium, Rio de Janeiro, August 1987.

12. A Zablocki: "Techniques for Mining of Narrow Veins", Institute of Mining Engineers, 30 th Annual Meeting, Nov 1987, Chile.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

SMALA MALM-KROPPAR ...



-ETT BRETT OMRÅDE

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Principskiss igensättningsbrytning

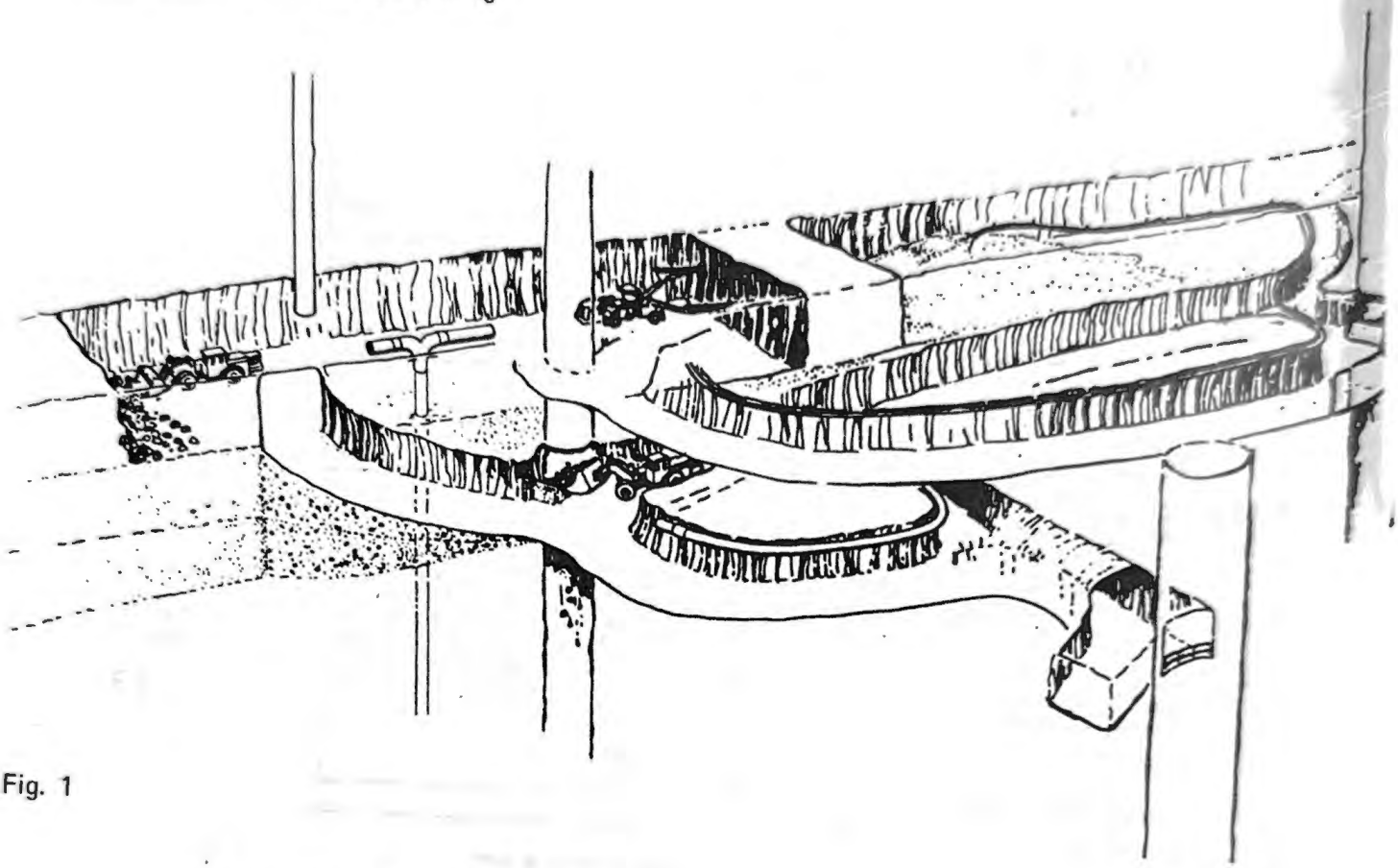


Fig. 1

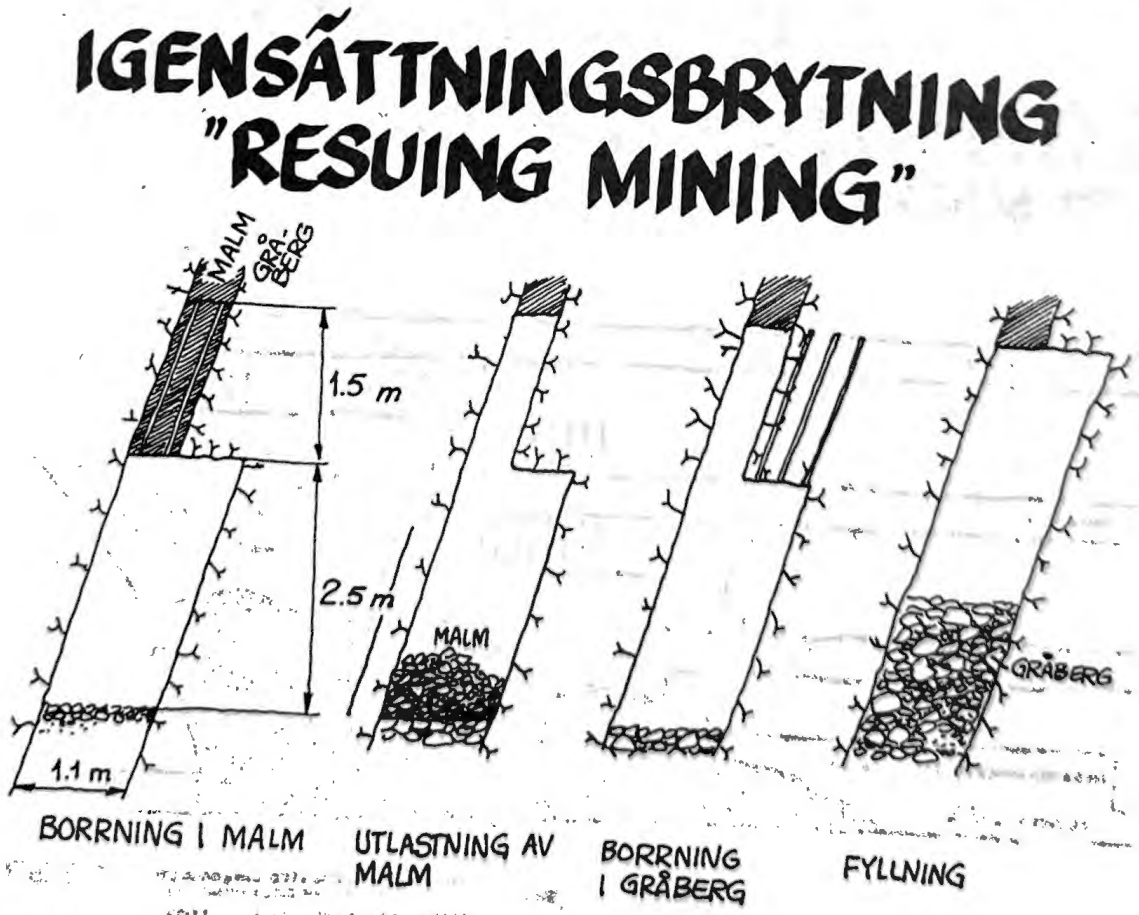


Fig. 2

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

"RILL MINING"

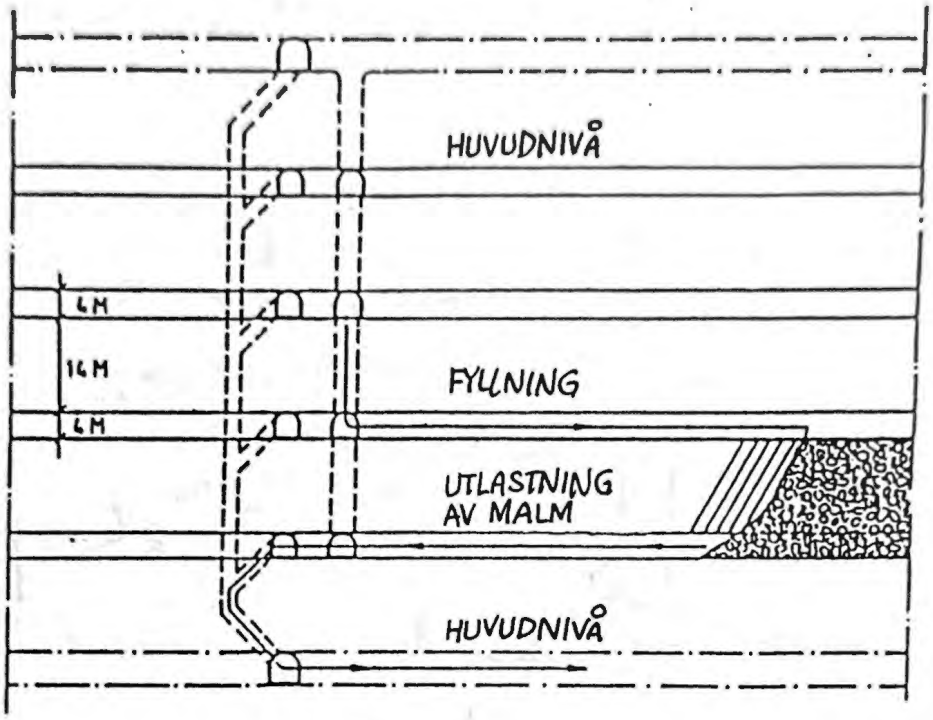
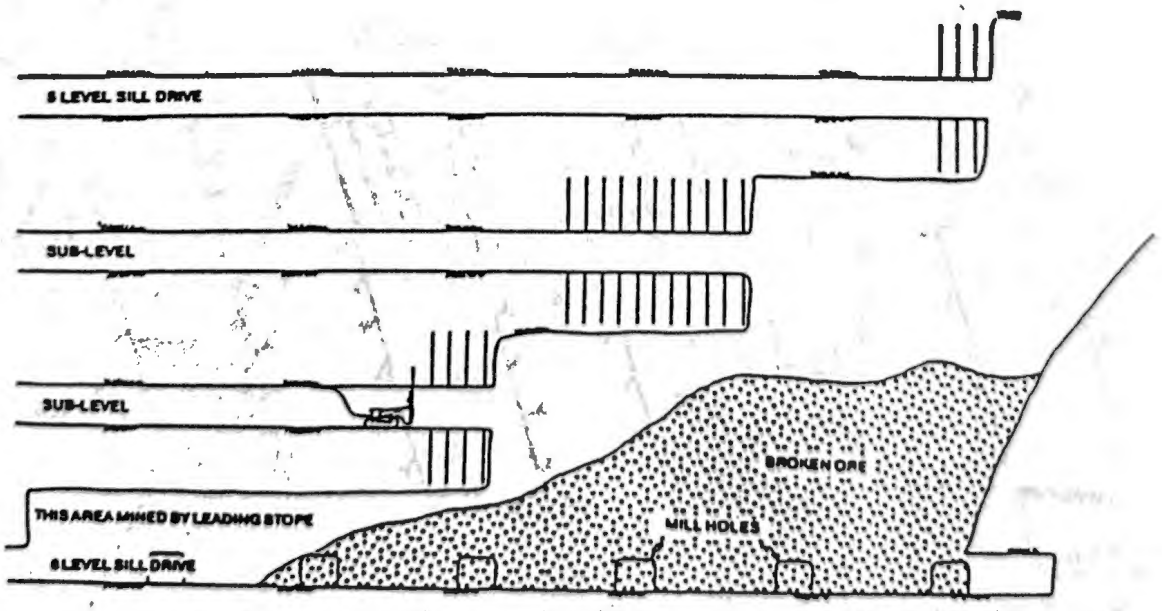


Fig. 3

SKIVPALLBRYTNING
MED MAGASIN



AUSTRALIAN CONSOLIDATED MINERALS LTD.
GOLDEN CROWN GOLD MINE
SCHEMATIC SUB-LEVEL
OPEN STOPING

Fig. 4

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

MAGASINSBRYTNING – MANUELL

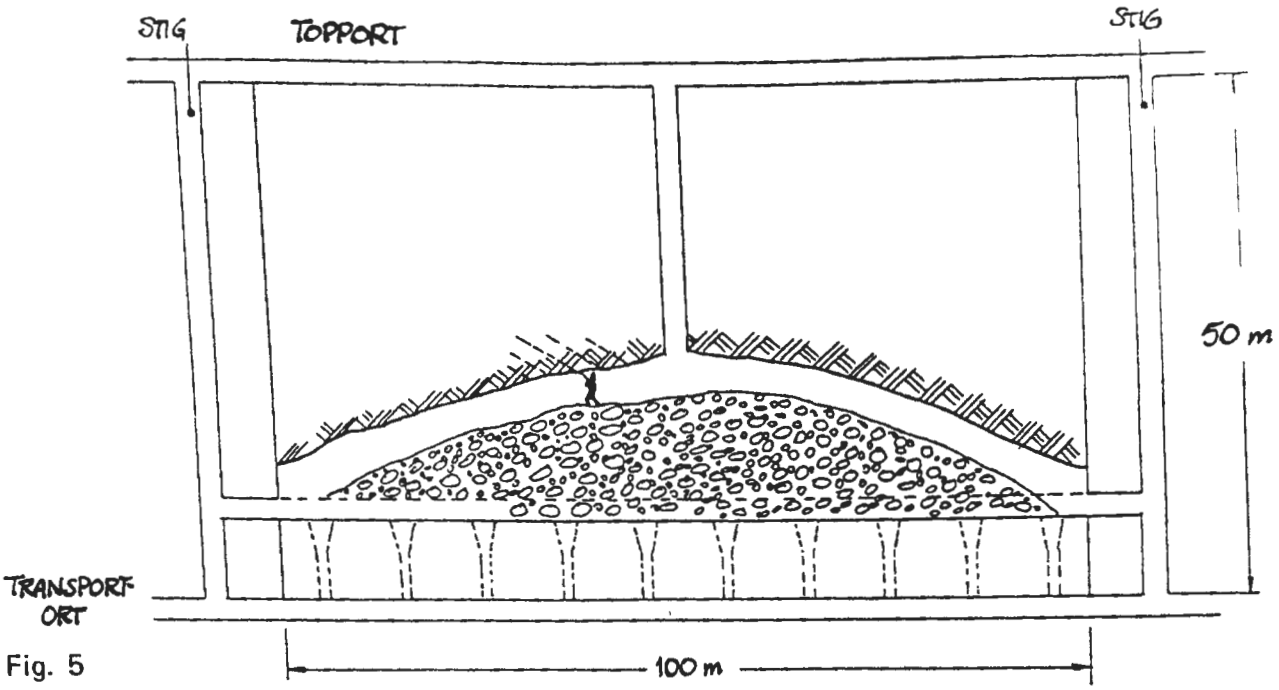
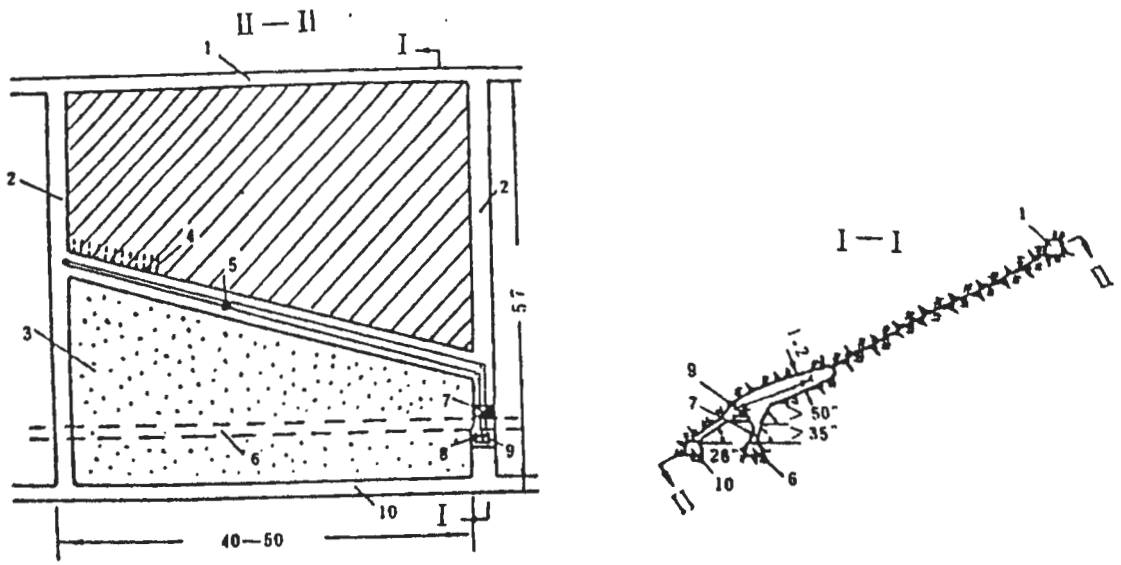


Fig. 5

"WALL CUTTING AND FILL"



1. HORISONTELL TOPPORT
2. STIGORT
3. FYLLNINGSMATERIAL
4. BORRNING
5. SKRAPSPELSSKOPA
6. UPPLAGSORT
7. TAPP
8. SKRAPSPEL
9. SKRAPSPELSORT

Fig. 6

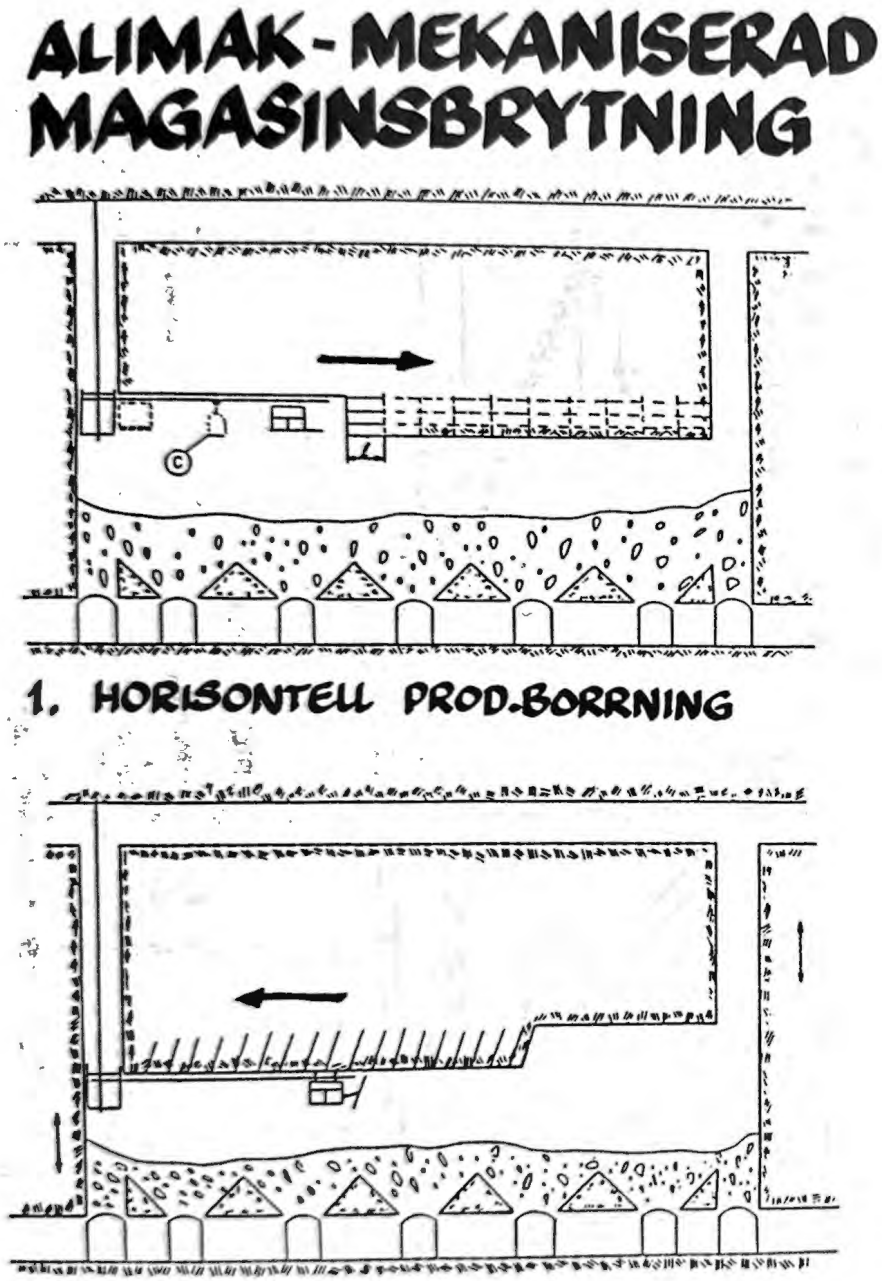


Fig. 7

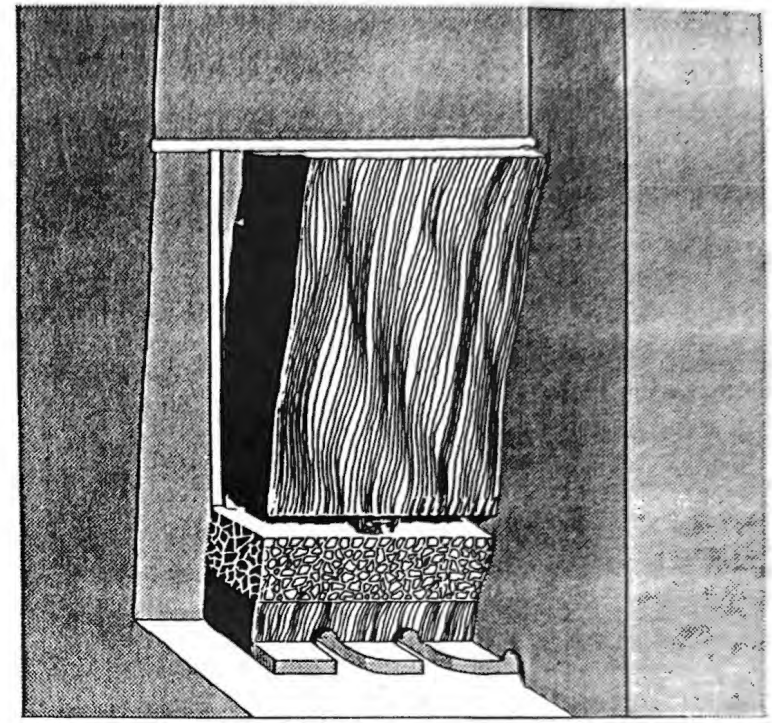
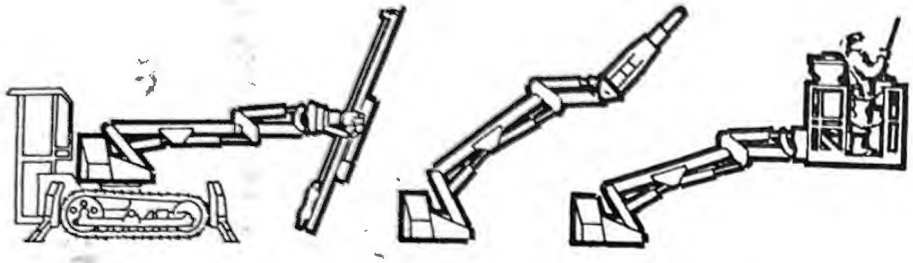
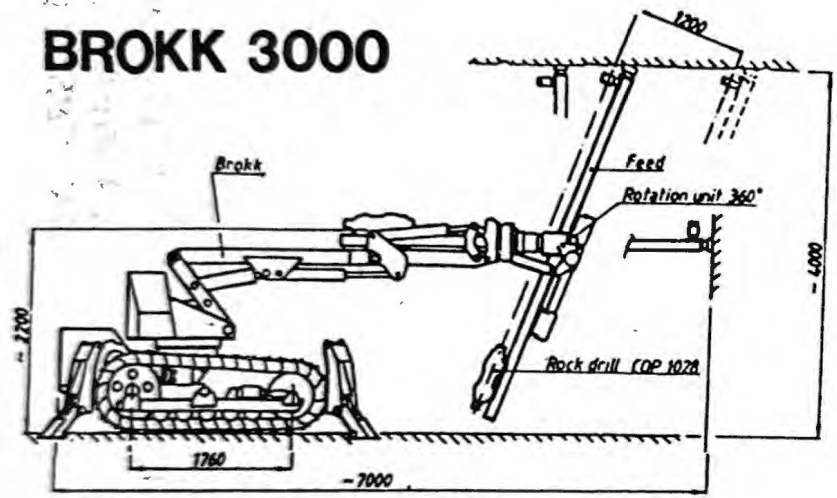


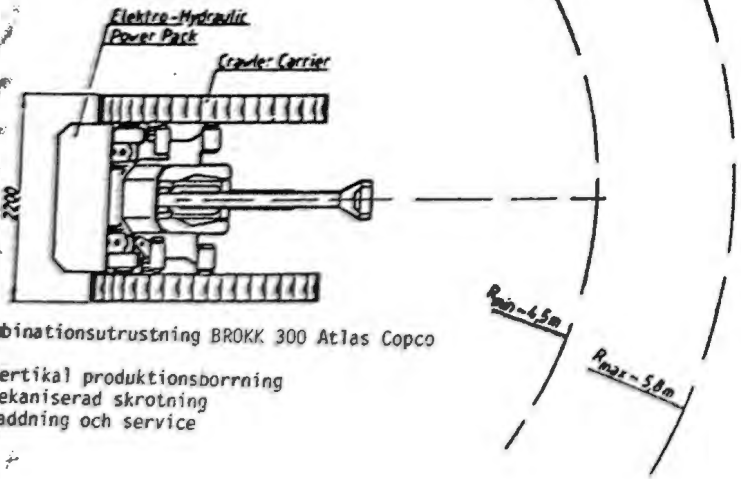
Fig. 8. Mekaniserad magasinbrytning, Långdal

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare



BROKK 3000





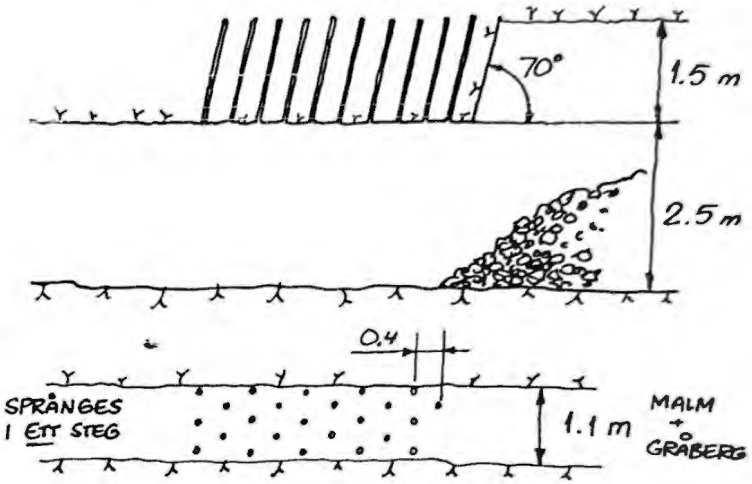
Kombinationsutrustning BROKK 300 Atlas Copco

- Vertikal produktionsborrning
- Mekaniserad skrotning
- Laddning och service

Fig. 9

"RESUING MINING"

HUARON, PERU



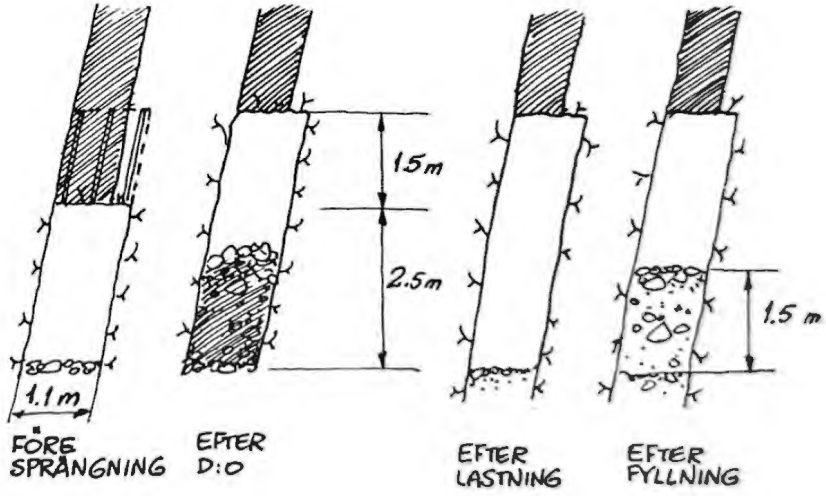


Fig. 10

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

FALU KOPPARGRUVA

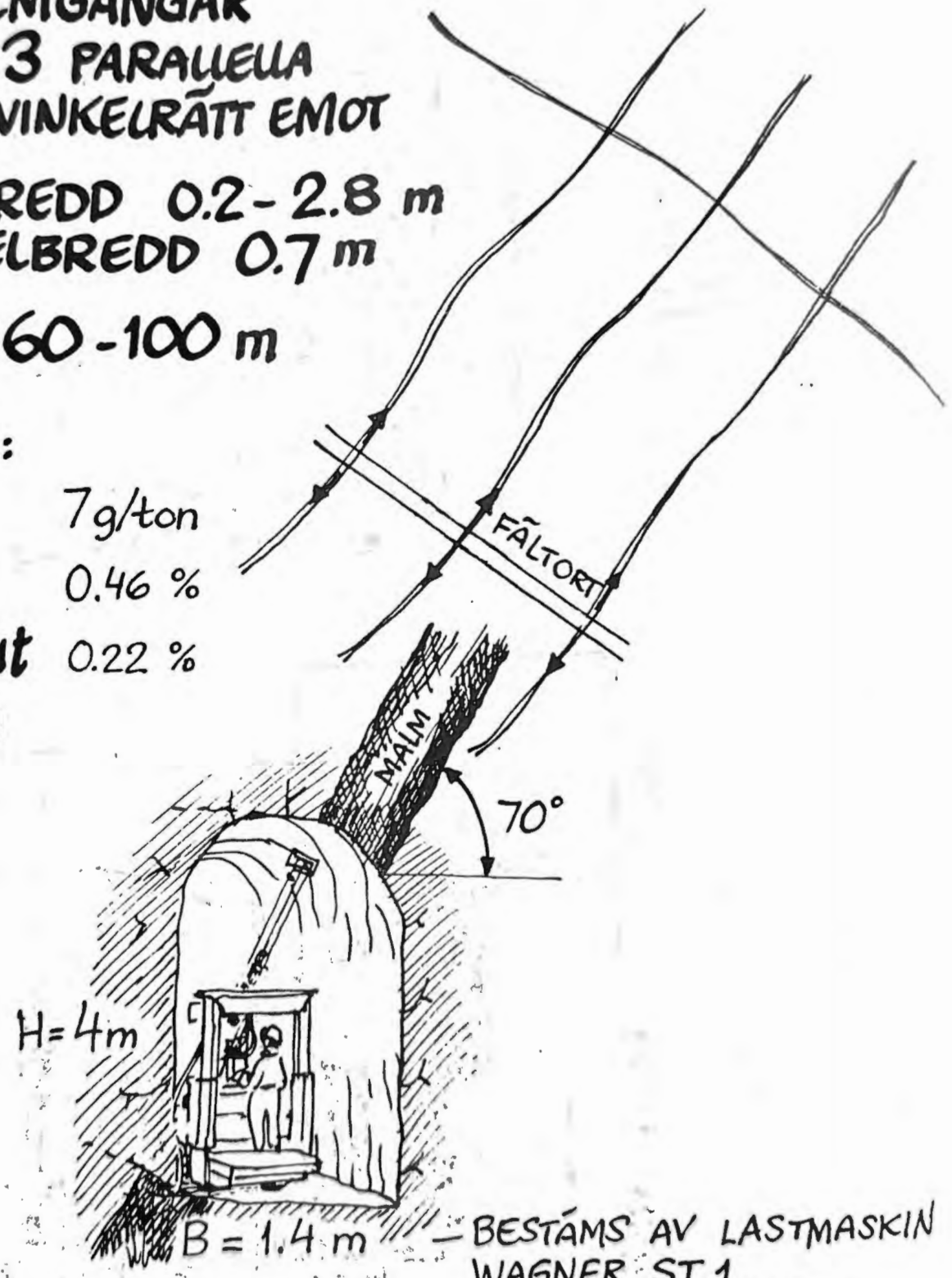
4 MALMGÅNGAR
VARAV 3 PARALLELLA
OCH 1 VINKELRÄTT EMOT

MALMBREDD 0.2 - 2.8 m
— MEDELBREDD 0.7 m

LÄNGD 60 - 100 m

IN SITU:

	Au	7 g/ton
	Cu	0.46 %
(Bi)	Vismut	0.22 %
(Se)	Selen	



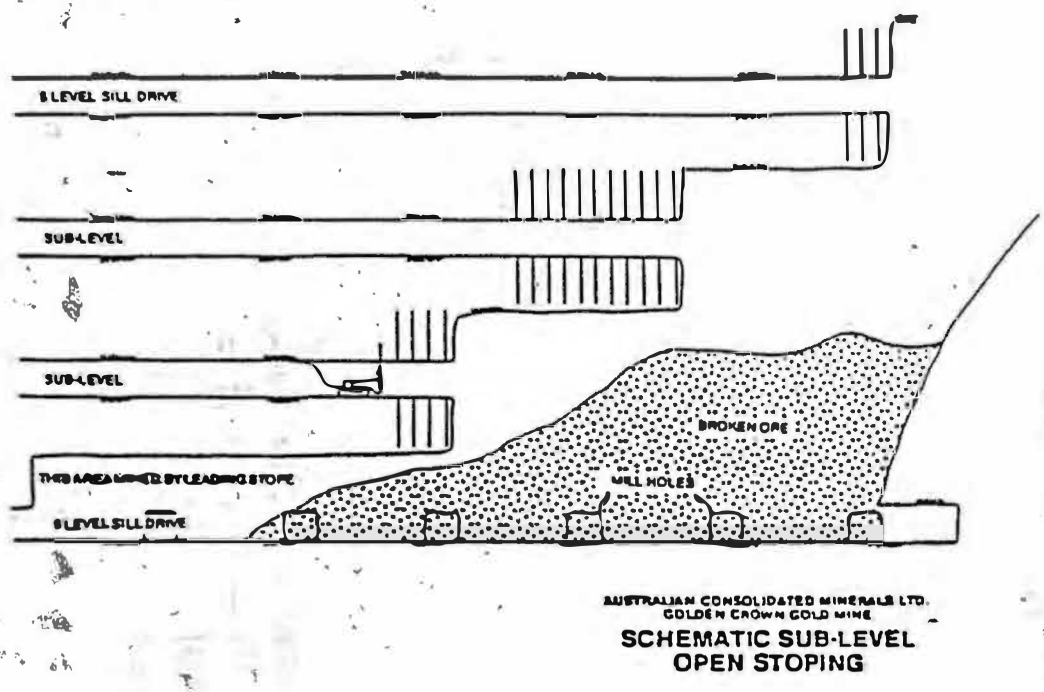
"RESUING MINING"

Fig 11

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Fig 12. TRAKKER 526, Falu gruva

SKIVPALLBRYTNING
MED MAGASIN



AUSTRALIAN CONSOLIDATED MINERALS LTD.
GOLDEN CROWN GOLD MINE
SCHEMATIC SUB-LEVEL
OPEN STOPING

Fig. 13

DEVELOPMENT

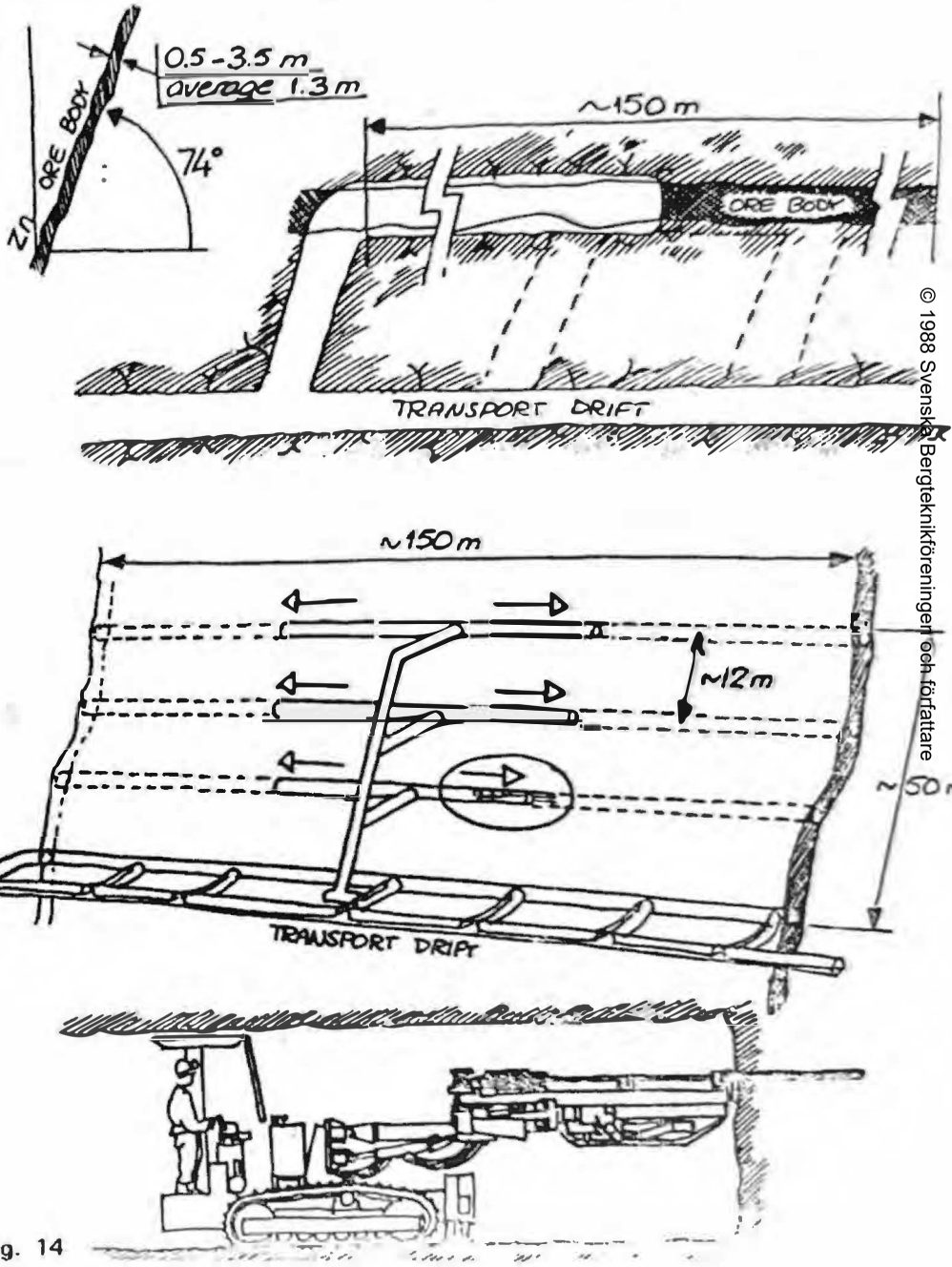


Fig. 14

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

LONG HOLE DRILLING

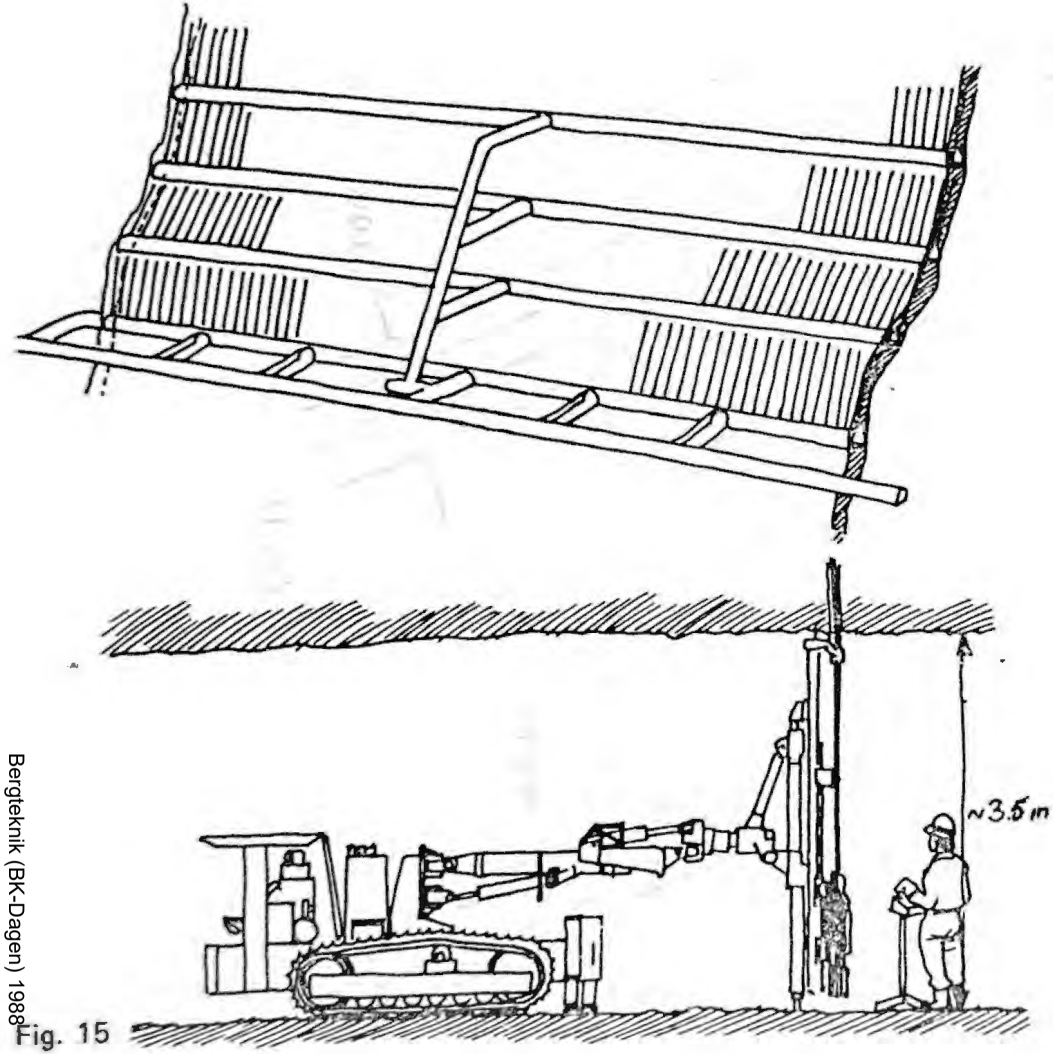


Fig. 15

ALIMAKMETODEN FÖR STIGORTSBRYTNING

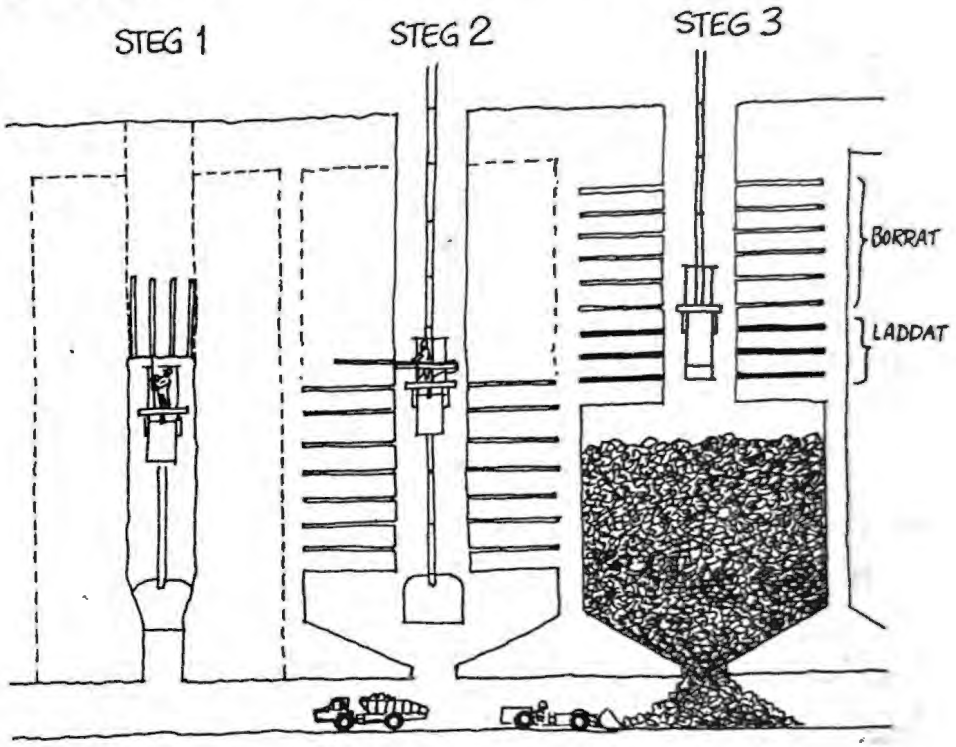


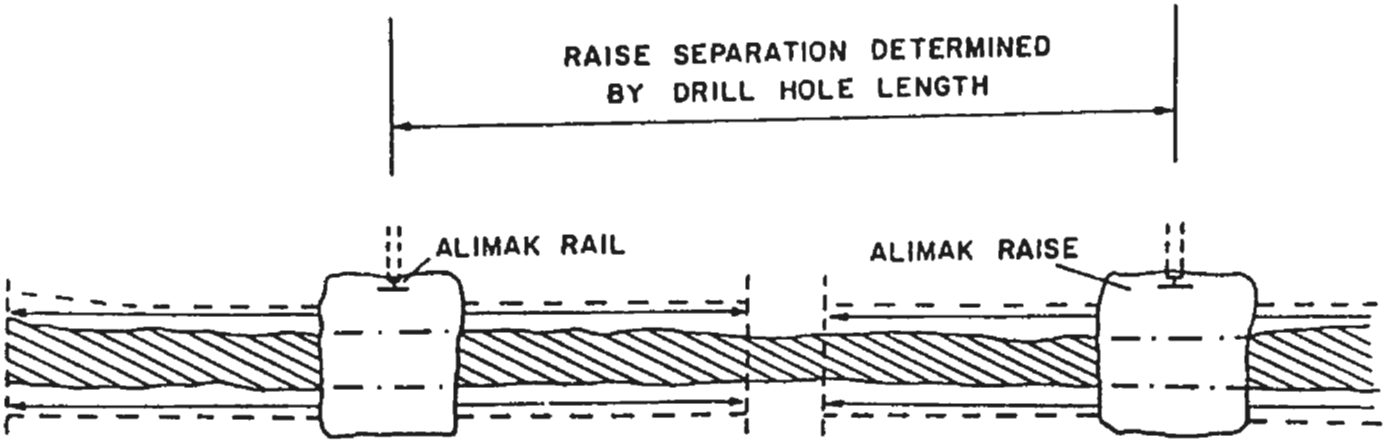
Fig. 16

Bergteknik (BK-Dagen) 1988

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

ALIMAK-METODEN



VEIN MINING – HORIZONTAL SECTION

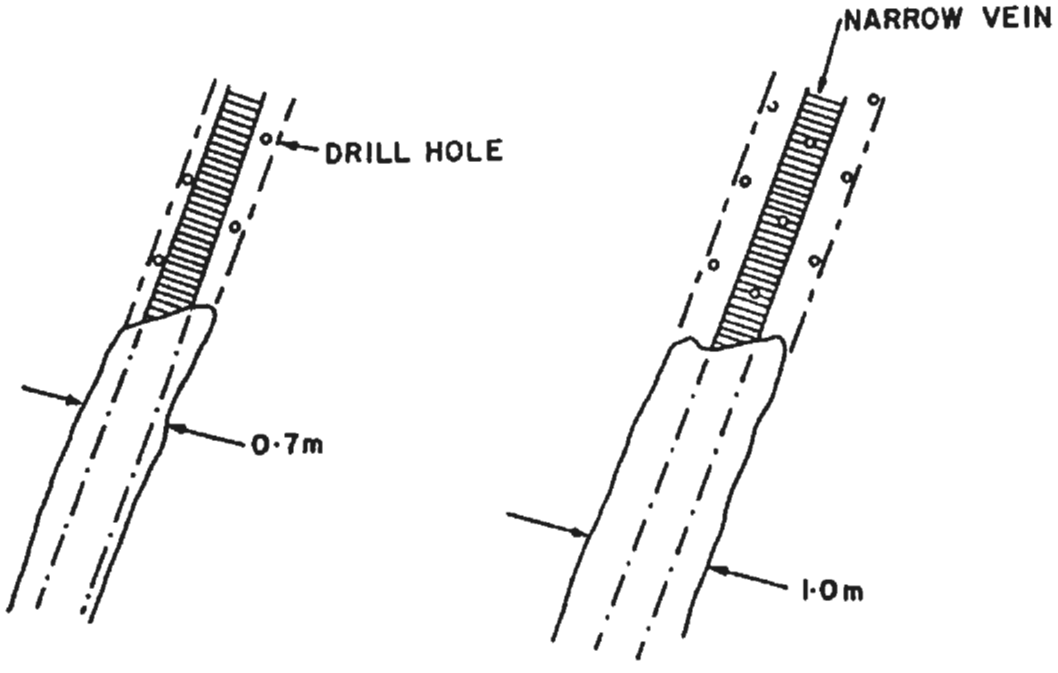


Fig 17

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

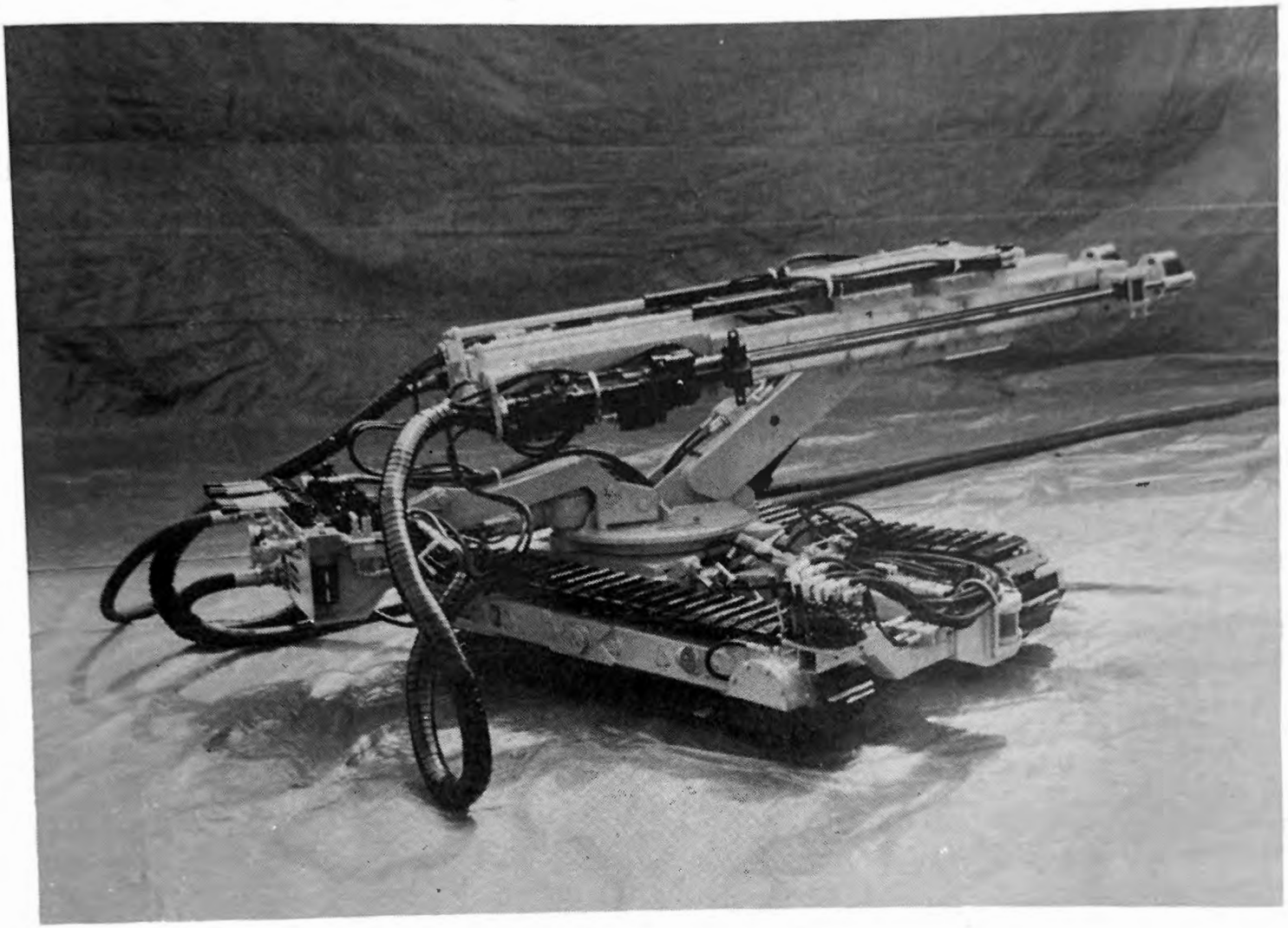


Fig 18. STOMEC - Mechanized drilling in gold mines

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Fig. 19