© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

NOGGRANN UTSÄTTNING FÖR PALLBORRNING - LÖNAR DET SIG?

Åke Lindgren, Avdelningsdirektör, Vägverket, Borlänge

1. ALLMÄNT

Det är ett obestridligt faktum att bästa totalekonomi för ett bergarbete (utsättning, borrning, laddning, sprängning, massförflyttning och eventuell krossning), får man vid ett jämnt styckefall och jämn lossbrytning i botten. Det förutsätter bl a noggrann borrning. Till god ekonomi bidrar också lutande hål.

Det är särskilt viktigt att borrhålen får avsett läge i bottenplanet. Fig 1 illustrerar de felkällor som bidrar till avvikelse från avsedd borrning.

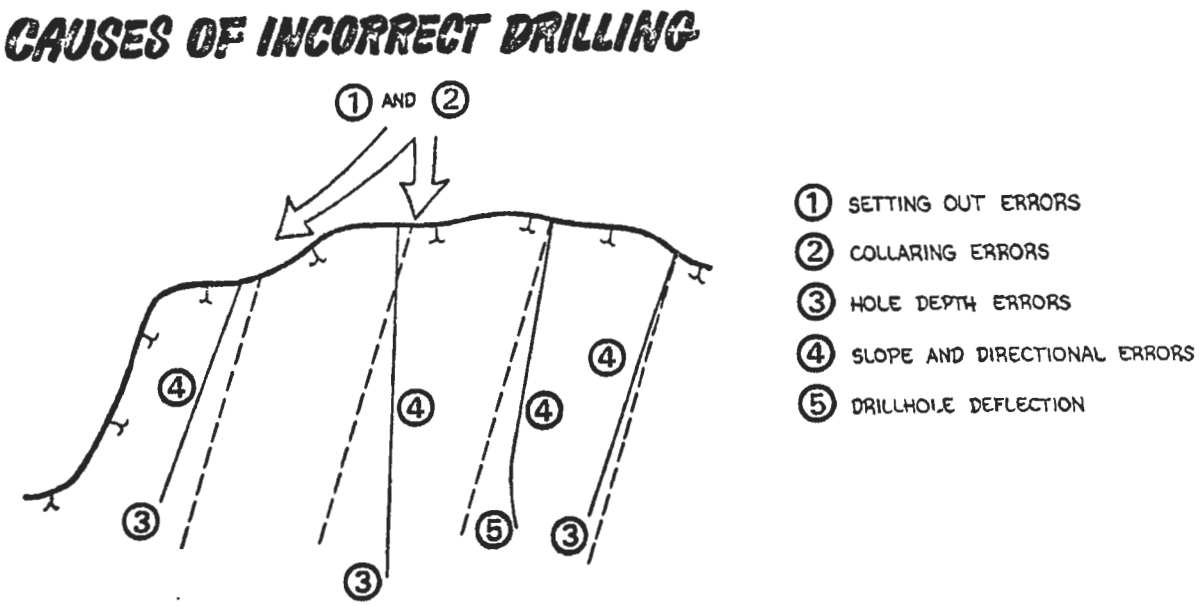


Fig. 1

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

2. UTSÄTTNINGSMETODER FÖR NOGGRANN BERGUTSÄTTNING

Vid lutande hål är det svårt att utan hjälpmedel få rätt ansättningspunkt. Fig 2.

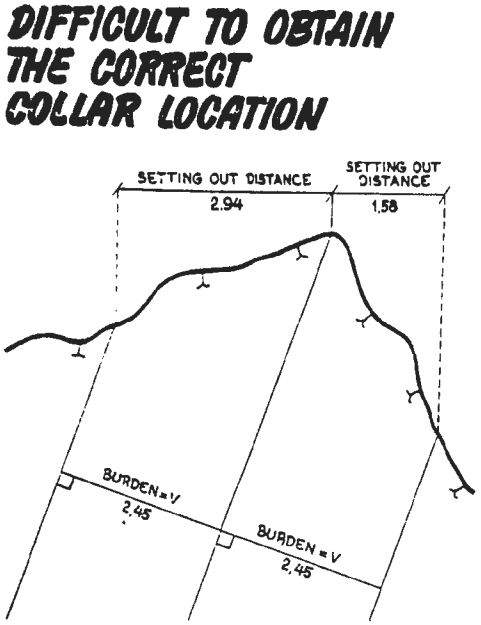


Fig. 2

Inom Vägverket har vi tagit fram och vidareutvecklat två utsättningsmetoder för att minska utsättnings- och ansättningsfelen.

Bägge metoderna bygger på att

- ytan per borrhål (V • E) fig 3, beräknas ur Vägverkets sprängdiagram, fig 4, som baseras på de normala sprängtekniska sambanden och där förhållandet E/V = 1,3.

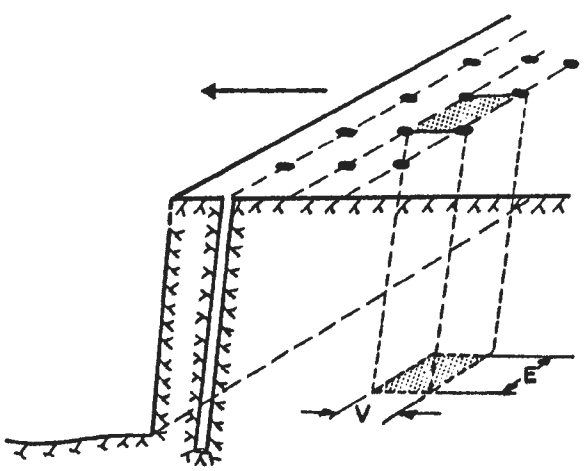


Fig. 3

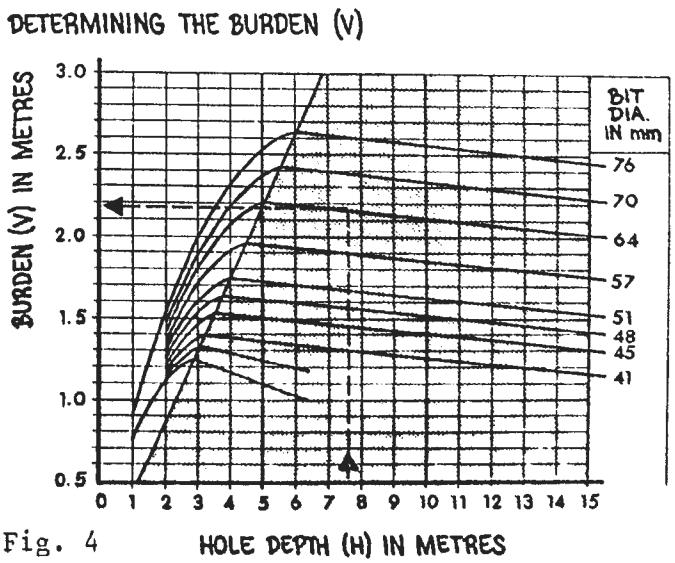


Fig. 4

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

- Avståndet mellan dikeslinjerna i skärning delas upp i hållinjer med hålavståndet E, varav de yttre normalt placeras 0,75 m från dikeslinjen in mot vägmitt. Hålavståndet, E, beräknas med ledning av sprängdiagrammet. Anpassning av hållinjerna görs så att avståndet (c) mellan de yttre hållinjerna, fig 5, delas i lika långa delar, E_1.

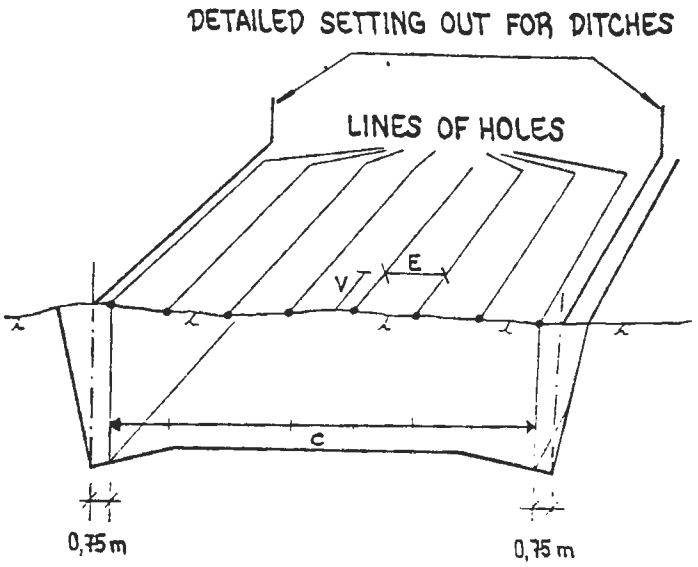


Fig. 5

- Inverkan på E·V =A av hållinjeanpassning och förändringar i pallhöjd utefter hållinjen kompenseras enbart av ändringar av $V_{var} \cdot E_1 = A$. Detta är möjligt genom att förhållandet E/V tillåts variera mellan 1,2 och 2,0 ($1,2 \leq E/V \leq 2,0$)

Erfarenheter från sprängningar visar goda resultat, särskilt i registret 1,3 - 2,0. Om E_1 / V_{var}, vid kontroll faller utanför dessa ramar bör E_1 ändras.

- Borraren presenteras dels var på berget han skall ansätta borren, dels hur långt varje hål skall borras. Det sker genom att antingen:

1. Färgmarkera ansättningspunkterna och skriva ut hållängden på bergytan eller

2. Färgmarkera ansättningspunkterna och borra fast en plastmarkering, ca 150 mm lång, och där ange hållängden.

I bägge fallen får borraren en borrplan där läge och hållängd anges för varje numrerat hål.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

2.1 Vinkelbenmetoden, fig 6

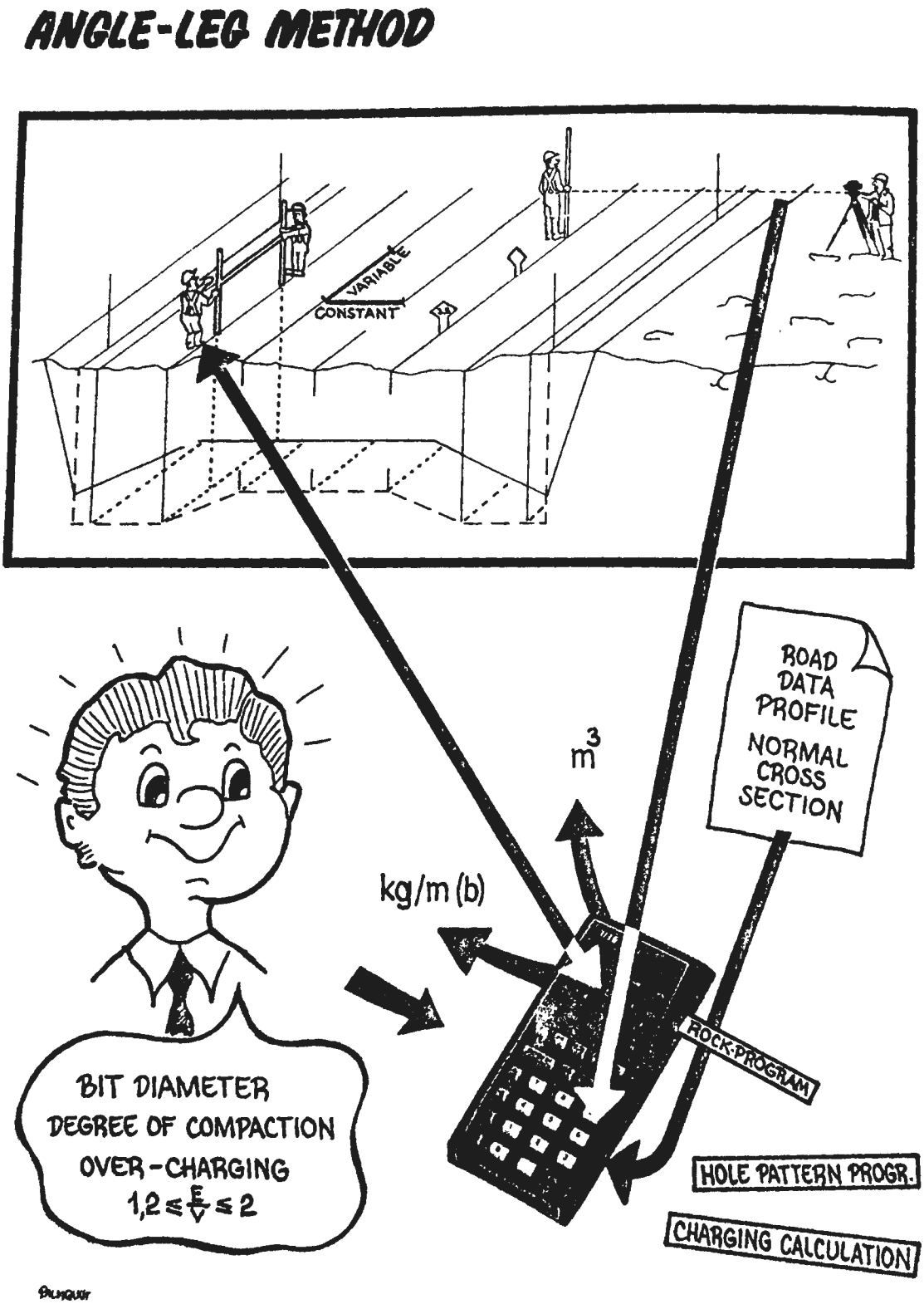


Fig. 6

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Arbetet delas upp i följande moment

- utsättning av diken och referensplan
- beräkning av E_f, signalering av hållinjer
- utsättning av ansättningspunkterna, färgmarkering
- avvägning av ansättningspunkter
- beräkning av borrhålslängder, borrplan med borrhålslängder
- ev befästning av ansättningspunkter med plastmarkering (borr ø 8 mm)

För utsättning av ansättningspunkterna används ett hjälpmedel, Vinkelbenet (Benet), fig 7: Det betjänas av två man.

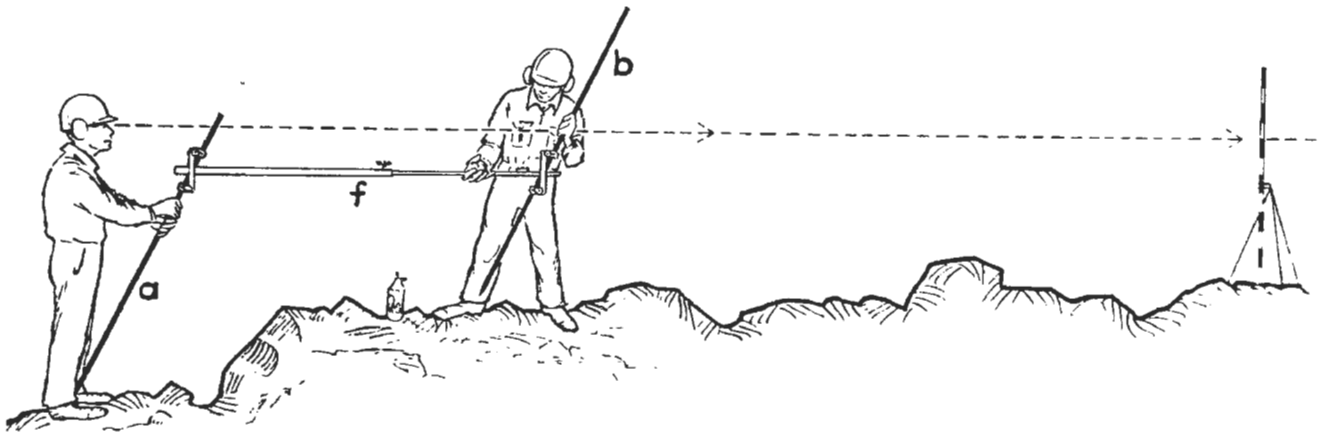


Fig. 7

Försättningen (V) tas fram ur diagram efter att pallhöjden bestämts ungefär genom fluktning i ett referensplan.

De rörliga, parallella stängerna (benen) ställs in i önskad lutning.

Det vinkelräta avståndet (V) mellan de rörliga benen fixeras genom att ställa in det beräknade horisontella utsättningsmåttet på den graderade horisontella stången.

Det ena, rörliga benet (a) ansätts i den tidigare markerade ansättningspunkten. De parallella benen syftas in i den signalerade hållinjen, fig 7, den graderade stången (f) horisonteras med hjälp av inbyggt vattenpass och det andra, rörliga benet (b) får falla mot bergytan. Den punkten är den nya ansättningspunkten som nu markeras med spray.

För beräkning av hållängderna används fickdator.

Borrplanen görs manuellt.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

I praktiken kan det vara arbetssamt att tillvarata varje förändring i pallhöjden utefter en hållinje för att utnyttja maximala försättning för varje hål.

Då är nästa metod intressant.

2.2 Årjängsmetoden, fig 8

2.2 The Årjäng method (Fig. 8)

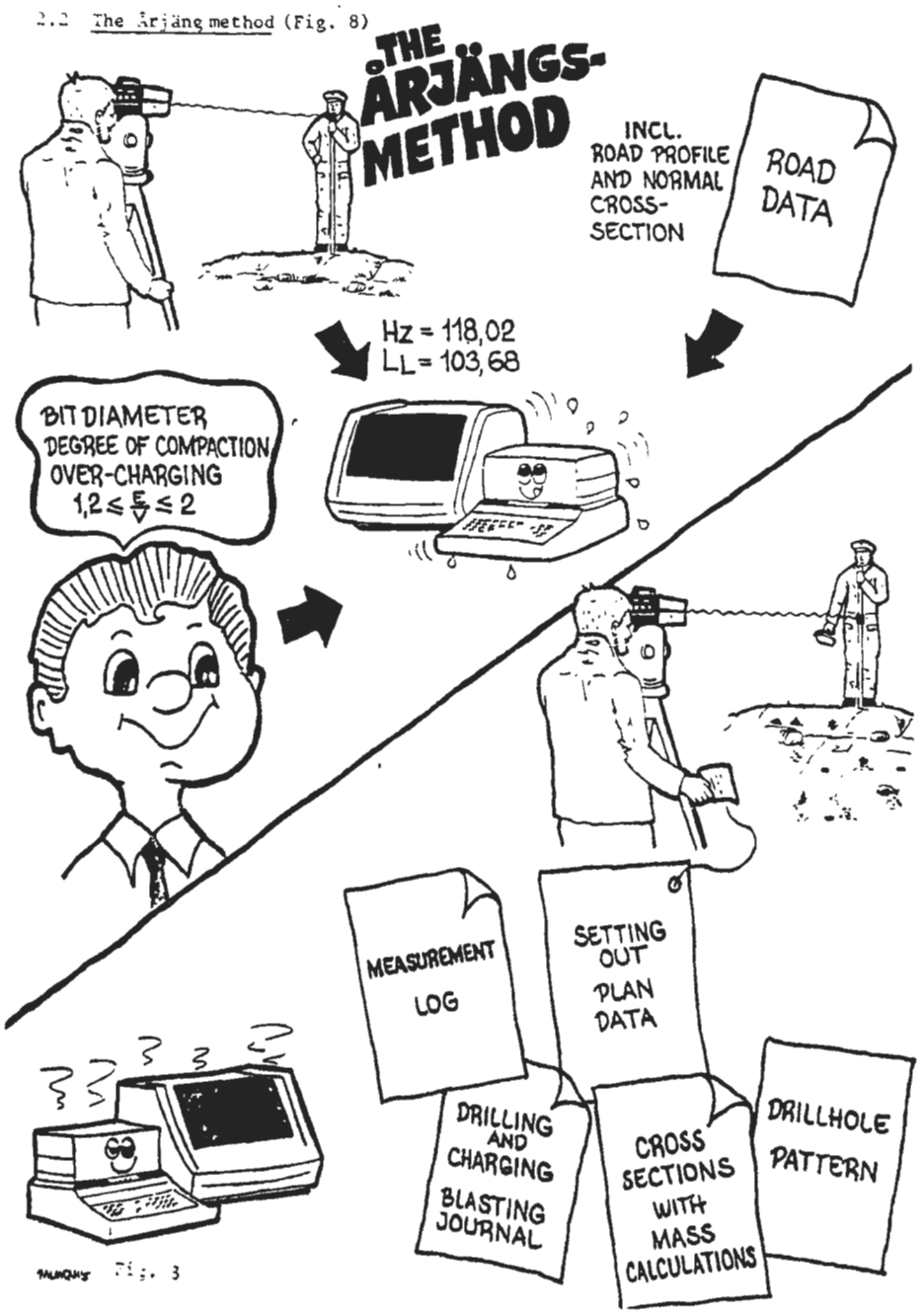


Fig. 3

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Arbetet delas upp i följande moment, fig 9

- Mätningspersonal utrustad med kombinerat längd- och vinkelmätningsinstrument mäter in terränglinjer representerande bergytans nivåkurvor, uttagna " för ögat" (terrängmodellinmätning)

- Fältdata, data om polygonpunkter, väglinje och vägens normalsektion matas in i bordsdator. Resultatet blir en terrängmodell med vägdata jämte felutskrifter.

- Bergarbetsledningen ger sina indata för önskade sprängtekniska samband, bl a villkoret $1{,}2 \leq E/V \leq 2{,}0$.

Dataprogrammet ger efter bearbetning följande resultat

- Utsättningsdata för ansättningspunkterna (längd, horisontal- och vertikalvinkel)

- Borrdata (prel hållängd etc)

- Skalenlig borrplan

- Laddningsberäkning

- Ev journal vid försiktig sprängning

- Ritade tvärsektioner

- Massberäkning (berg och jord)

Lagrade data om borrning och sprängning kan när som helst ändras utan förnyat fältarbete.

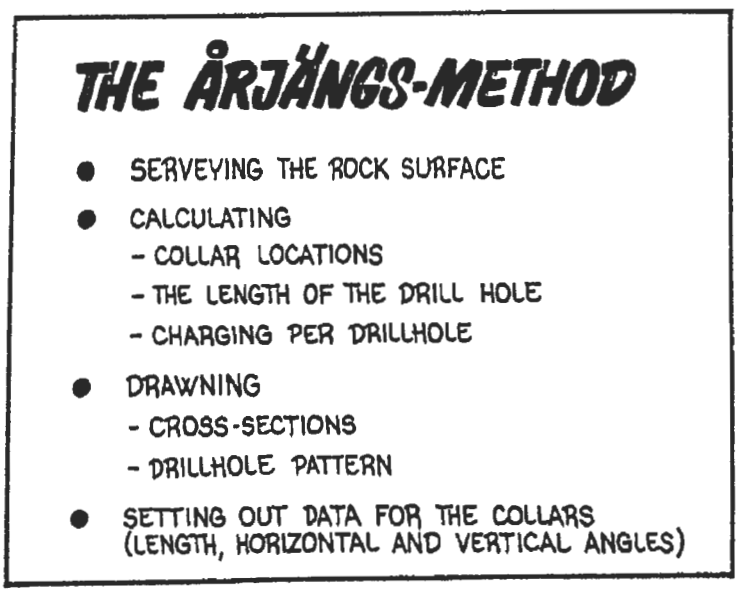


Fig. 9

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Utsättning sker med samma typ av instrument som inmätningen. Vertikalvinkeln från polygon- till ansättningspunkt ger möjlighet till kontroll av borrlängd, fig 10. Borrplanens preliminära hållängdsangivelse korrigeras vid behov till verkligt värde vid utsättningen.

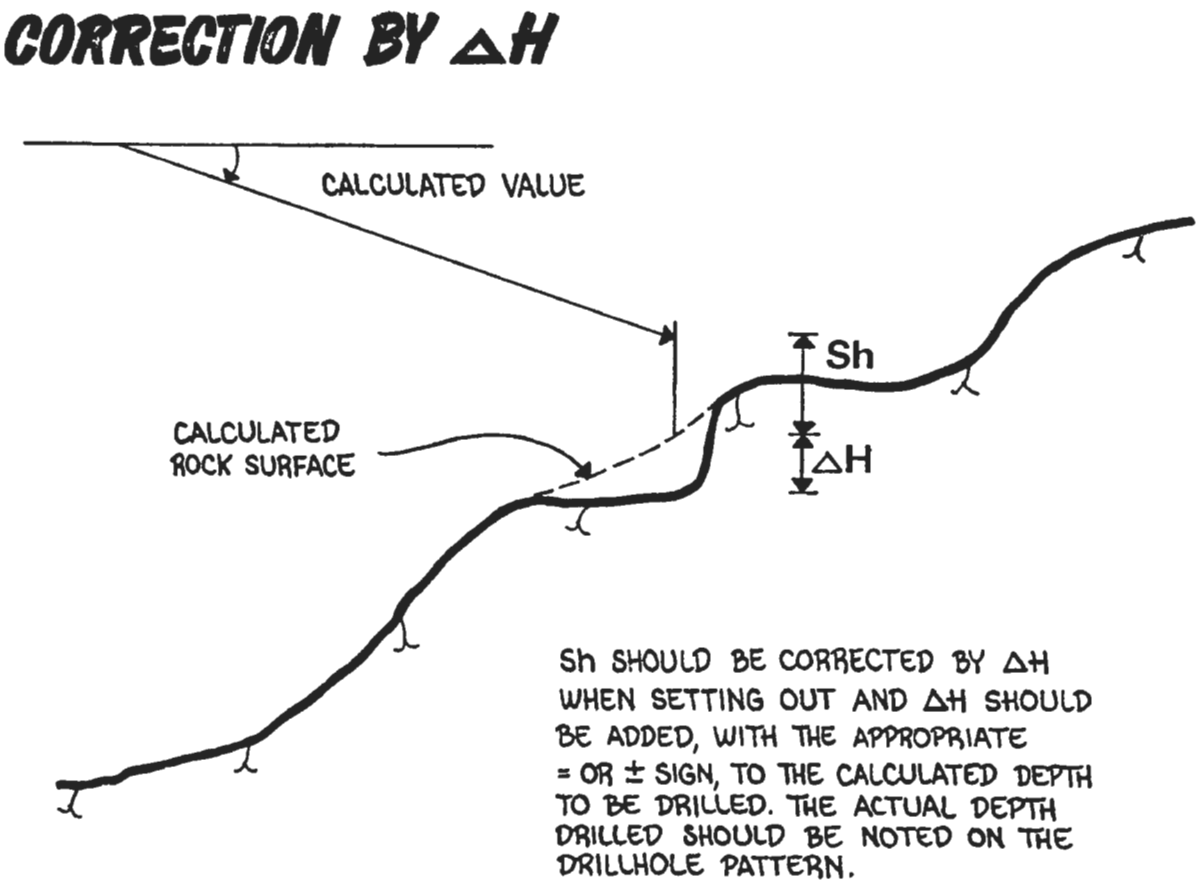


Fig. 10

2.3 Synpunkter

Bägge metoderna ger likvärdig noggrann utsättning men kräver olika insats av tekniska hjälpmedel och Årjängsmetoden ger väsentligt fler informationsmöjligheter.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

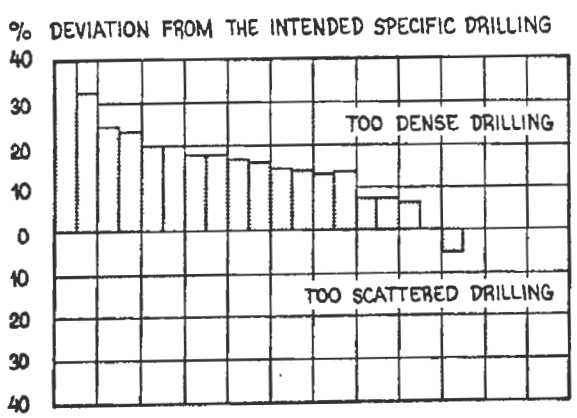
3. JÄMFÖRELSE MELLAN TRADITIONELL OCH NOGGRANN BERGUTSÄTTNING

Vid traditionell utsättning fluktar borraren själv mot t ex brädor, uppsatta som referensnivå. Han får besked om försättning (V) och hålavstånd (E), oftast odifferentierat. Dessa mått sätter han själv ut med t ex måttstock.

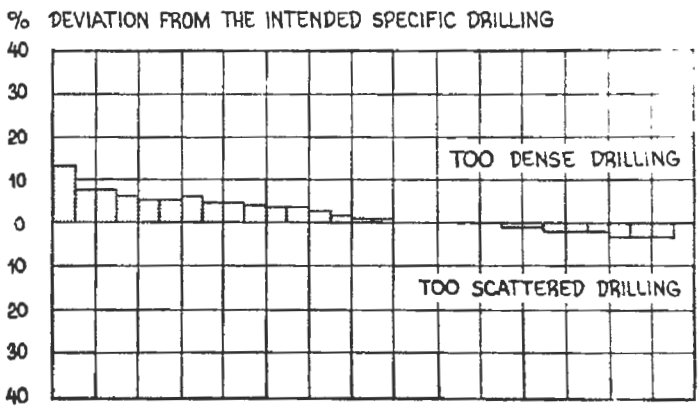
Vägverket har låtit undersöka och jämföra resultaten av borrning vid traditionell respektive noggrann utsättning under lika betingelser i övrigt. Jämförelsen är baserad på avvikelser från avsedd specifik borrning (borrad längd/volym berg).

Det färdigborrade berget delades in i rutor med 6-12 borrhål inom varje ruta. För varje ruta har den avsedda specifika borrningen beräknats

I diagrammet, fig 11, representerar den vertikala axeln de procentuella avvikelserna och den horisontella axeln prov-rutorna ordnade från tätaste till glesaste borrning. Vidare undersöktes om borrningen skedde till rätt nivå. Resultaten redovisas i fig. 12.



DEVIATION FROM THE INTENDED SPECIFIC DRILLING WITH TRADITIONAL SETTING OUT



DEVIATION FROM THE INTENDED SPECIFIC DRILLING WITH ACCURATE SETTING OUT

Fig. 11

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

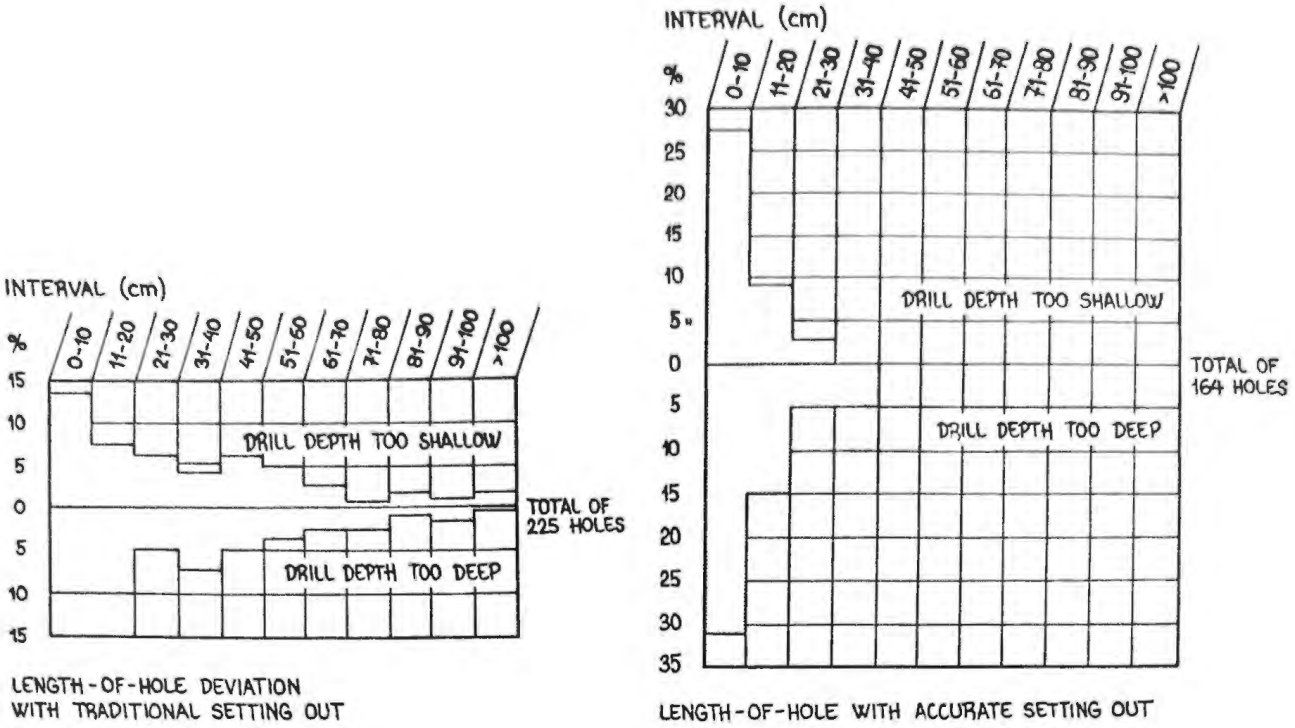


Fig. 12

Noggrann utsättning kräver större insatser av personal och hjälpmedel än den konventionella. Men resultatet av noggrann utsättning - noggrann borrning - ger en lägre totalkostnad vilket framgår av fig 13, som visar jämförelser av utsättnings- och sprängningskostnader mellan konventionell och noggrann utsättning. Kostnadskonsekvenserna av för grund borrning är inte med vilket betyder att den reella kostnadsskillnaden är ännu större till förmån för noggrann bergutsättning.

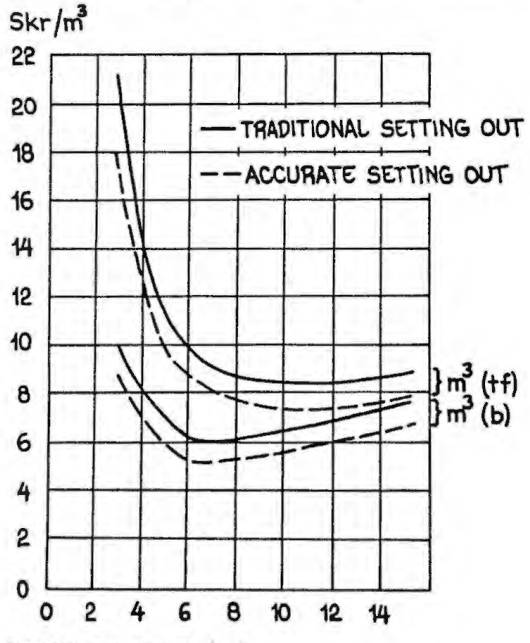


Fig. 13

Vägverkets undersökningar och erfarenheter visar att noggrann utsättning ger god ekonomi. Det norska Vägverket som prövat och köpt Årjängmetoden redovisar också väsentliga besparingar.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

4.1 Riktinstrument

För att nå full effekt av noggrann utsättning som underlag för noggrann borrning är det nödvändigt att förse borrutrustningarna med riktinstrument och hållängdsmätare, fig 14a.

Utan riktinstrument har avvikelser i hållutning och hålriktning uppmätts till i medeltal 70 mm/m (0-190 mm/m). Med riktinstrument maximeras felen till ca 10 mm/m.

Större lutningsfel än så innebär att kompensation måste göras med extra borrning för att få rätt minimimängd sprängämne per m^3 berg i den nedre delen av hålen.

Riktinstrument har därför en avsevärd ekonomisk betydelse.

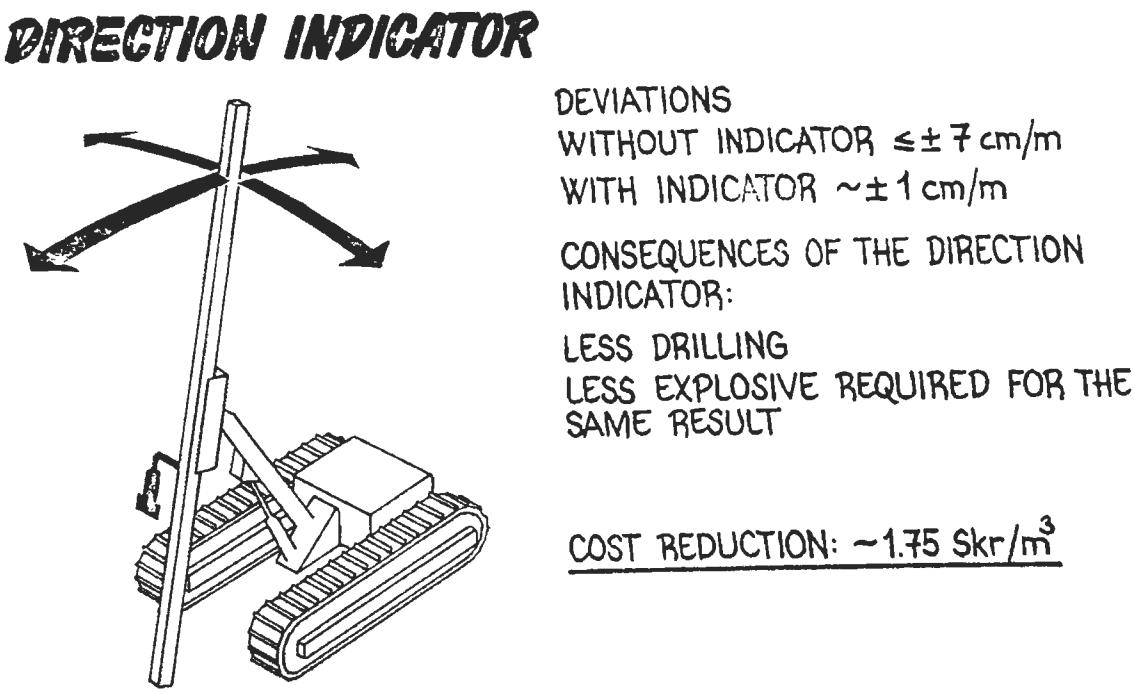


Fig 14a

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

4.2 Hållängdsmätare

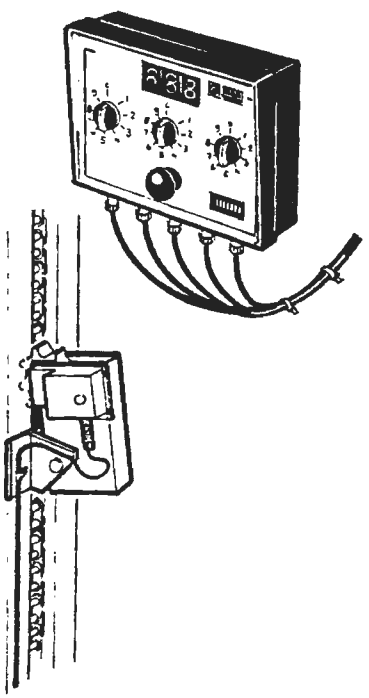
Hållängdsmätaren fungerar så att borrningen automatiskt avbryts när förinställd hållängd är nådd. För grunt borrade hål kan orsaka att efterspränging måste göras. För djupt borrade hål är också onödig kostnad. Ojämnt borrad hålbotten ger sämre effektivitet i lossprängningen, fig 14b.

Kalkyler visar vid hållängden 4-9 m att extra borrning av:

0,1 m ger en merkostnad av 1-2%
0,5 m ger en merkostnad av 4-8%

Hållängdsmätaren är ekonomiskt lönsam.

HOLE-LENGTH METER



- TOO DEEP DRILLING
  -UNNECESSARY COST
- TOO SHALLOW DRILLING - RISK OF NEED FOR EXTRA BLASTING
- IRREGULAR HOLE DEPTH
  -REDUCED BLASTING EFFICIENCY

COST ESTIMATE:
DRILLING 0,1-0,5 m TOO DEEP:
0,30 - 2,30 Skr/m^3

THE SHALLOW DRILLING } COST HIGHER
IRREGULAR HOLE DEPTHS } THAN ABOVE

COST EFFECT: ~1.50 Skr/m^3

Fig. 14b

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

5. SAMMANFATTNING

I fig 15 har vi sammanställt de ekonomiska effekterna av

- noggrann utsättning
- riktinstrument
- hållängdsmätare

Alltså, hjälpmedel som ger noggrann pallborrning ger bättre totalekonomi.

1982 PRICES	COST REDUCTION, ACCORDING RESULTS FOLLOWED UP
SETTING OUT METHODS	**Skr per m^3**
EFFECT OF ACCURATE SETTING OUT.....	≤ 2.00
DIRECTION INDICATOR	
EFFECT OF REDUCED HORIZONTAL DEVIATIONS.....	≤ 1.75
HOLE-LENGTH METER	
EFFECT OF REDUCED VERTICAL DEVIATIONS.....	≤ 1.50
	UP TO 4.00

Fig. 15

ACCURATE BENCH DRILLING AIDS - FOR BETTER OVERALL ECONOMY