© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

OPTIMERING AV STENBROTTSDRIFT

Anders von Post, AB Sandvik Tamrock Tools
Arne Lislerud, Sandvik Tamrock Corp
Pertti Koivunen, Sandvik Tamrock Corp

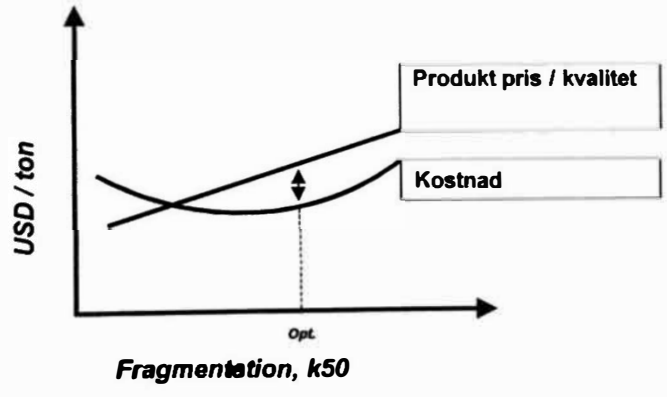
ABSTRAKT: Bergavverkning ovanjord utgörs av en rad underliggande arbetsprocesser; borrning-sprängning, skuthantering, lastning, transport, krossning, förvaring och leverans av säljbara krossmassor.

Varje bergavverkning är unik och behöver planeras omsorgsfullt såväl med avseende på arbetsprocessen som på valet av utrustning för att optimera det ekonomiska resultatet. Borrning representerar normalt 10-15% och sprängning 13-16% av totala kostnaden för producerat ton krossmaterial. Beroende på tekniska och ekonomiska konsekvenser för efterföljande arbetsprocesser måste man noga överväga valet av borrutrustning med tanke på produktionskapacitet, kvalitet och ergonomi samt miljöfaktorer. Instrument kan användas för att försäkra sig om korrekt påhugg, hålriktning och håldjup. Hålavvikelsen kan minimeras genom att använda sk retrac-borrkronor och en optimal kombination av borrkronediameter/stångdiameter. Även styrstänger kan användas när så erfordras.

INTRODUKTION

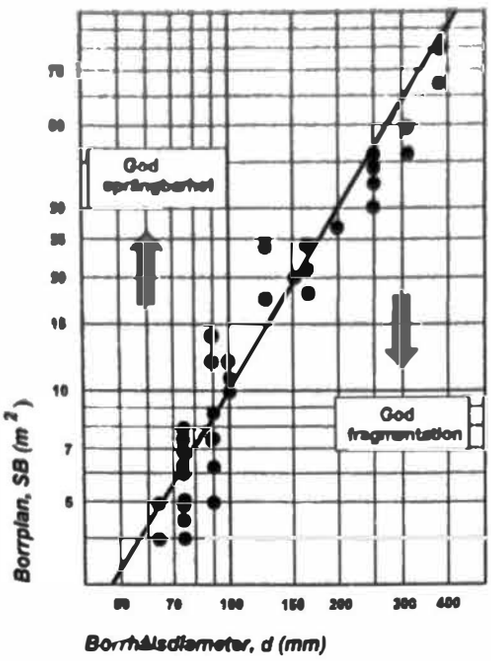
1.1 Förberedelser för bergavverkning

Valet av borrutrustning och borrverktyg har ett avgörande inflytande på de efterföljande arbetsprocesserna, t ex spängämneskonsumtionen, styckefallet, skut-frekvensen med följande behov av skut-sprängning, uppkomsten av kvarstående bergstumpar och bergryggar ovanför sulan och deras inverkan på lastning och transport av salvan samt krossanläggningens utförande.



Figur 1. Produktionskostnad och pris på uppkrossat berg i förhållande till fragmentationen

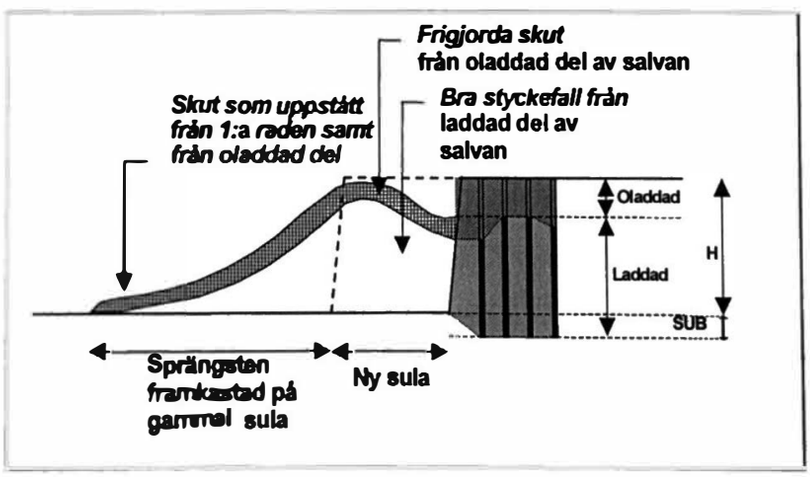
© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare



Figur 2. Borrplan i förhållande till borrhålsdiameter för en given genomsnittsfragmentation k_{50}

1.2 Kvalitetsaspekter

Idag riktas fokus alltmer mot kvaliteten på slutprodukten. D v s kvaliteten på det krossade materialet med t ex avseende på kubiskhet och minimal omfattning av mikrosprickor.



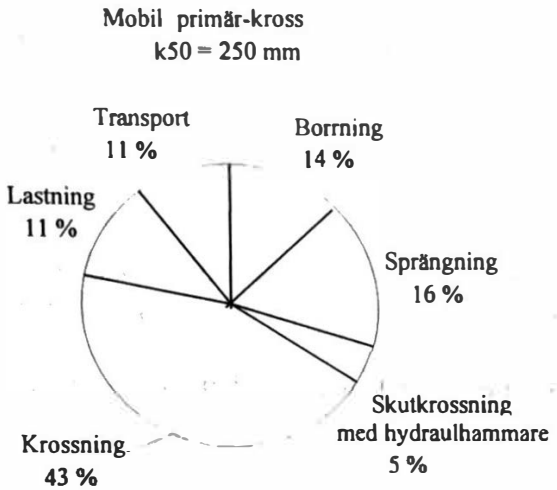
Figur 3. Skut som härstammar från den oladdade delen av salvan

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

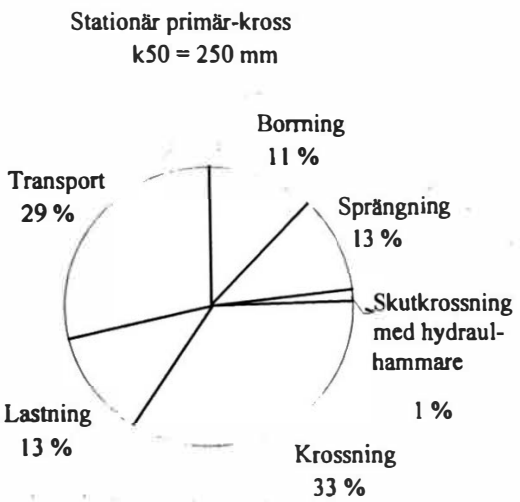
2 BERGBRYTNINGSPROCESSEN

2.1 Produktionskostnader för uppkrossat berg

Produktionskostnaderna för uppkrossat berg har simulerats i New Quarry Process Concept Project, NQPC, som tagits fram av Sandvik Tamrock och Nordberg. Fem olika fragmentationskurvor analyserades; från väldigt grovt styckefall (k_{50} = 410 mm) till väldigt fint styckefall (k_{50} = 150 mm). Flera olika lösningar användes för krossningen. Däribland alternativ med stationära, semi-mobila och mobila primärkrossar åtföljda av stationära sekundär- och tertiär-krossar. Alternativa transportsystem var truckar och transportband. Transportband användes i samband med mobila krossar.



Figur 4. Simulerad distribution av produktionskostnaderna för uppkrossad granodiorit. Total kostnad 2,79 USD/ton. Primärkross är Lokotrack och transport sker med transportband.



Figur 5. Simulerad distribution av produktionskostnaderna för uppkrossad granodiorit. Total kostnad 3,66 USD/ton. Stationär primär kross, transport med truckar.

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

2.2 Borrkostnader

Borrning representerar 10-15% och sprängning 13-16% av totala produktionskostnaden för uppkrossat berg (New Quarry Process Concept).

Beroende på tekniska och ekonomiska konsekvenser för efterföljande arbetsprocesser måste man noga överväga valet av borrutrustning med tanke på håldiameter, håldjup, borrningskapacitet, borrhålskvalitet och ergonomi för borraren.

3 VAL AV UTRUSTNING

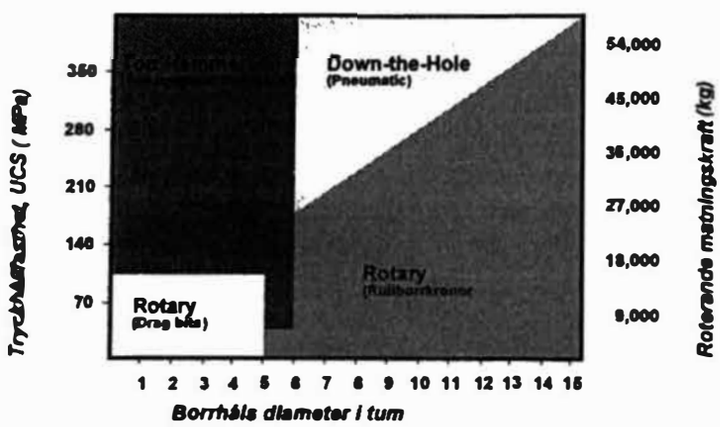
3.1 Hårdvara

Olika typer av pallborrning ställer olika krav på borrutrustning, borrverktyg och borrmetod.

För stenbrott och ovanjordsgruvor är tyngdpunkten oftast lagd på hålkvalitet och långtidskapacitet.

En entreprenör däremot som arbetar under mer växlande förhållanden bör lägga större vikt vid utrustningens flexibilitet och möjlighet att arbeta i svår terräng.

För all utrustning gäller dock att ekonomi, driftsäkerhet, ergonomi och lätthanterlighet är av vital betydelse.



Figur 6. Val av pallborrningsutrustning

3.2 Service och underhåll

Förutom hårdvara och utrustningens egenskaper spelar idag tillverkarens möjlighet att tillhandahålla erforderlig service, en allt större roll. Exempel på sådan service kan vara hjälp med produktivitetsuppskattningar för att möjliggöra optimalt val av borrutrustning, kostnadsberäkningar, användningsrekommendationer, hjälp vid uppstartning och träning samt underhåll och reservdelar.

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

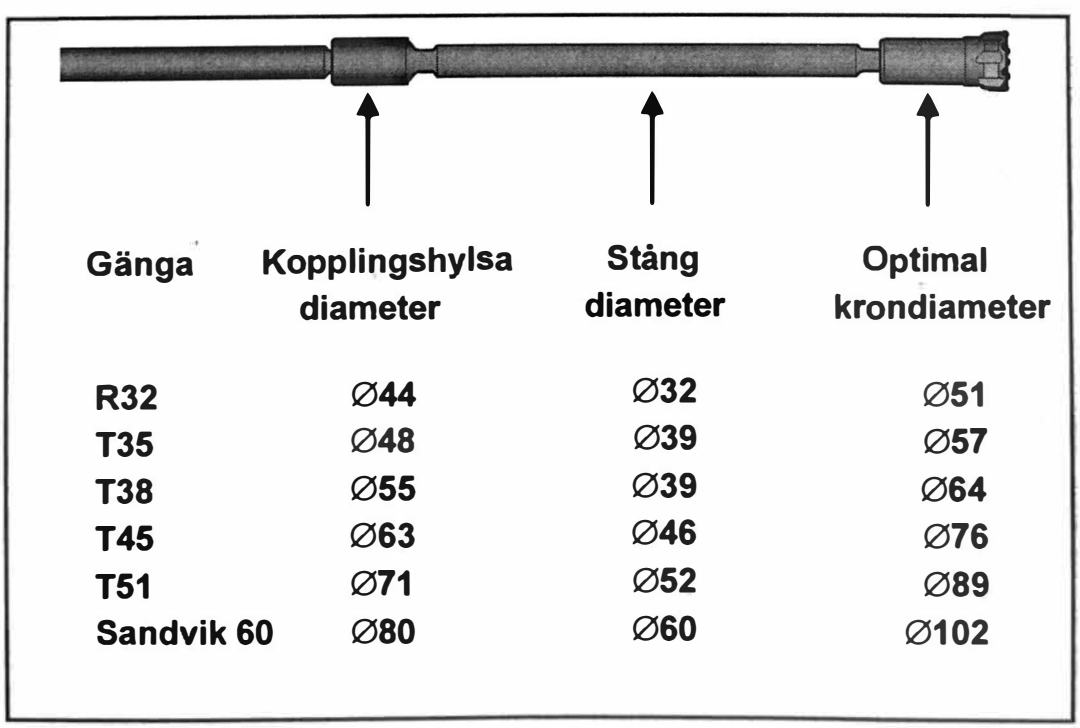
Användarna fordrar idag alltmer att tillverkarna av borrutrustning ska förstå hela bergbrytningsprocessen och dess betydelse för de olika delarna i hela processen.

3.3 Mjukvara

De bästa simuleringsprogrammen erbjuder praktiska och beprövade verktyg för planeringen av bergbrytningsprocessen. Med Sandvik Tamrocks pallborrningsprogram "Surface Study Program" är det möjligt att variera en mängd faktorer och se hur det kommer att påverka resultatet. Bland dessa faktorer kan nämnas: Håldiameter, borrutrustning och borrverktyg, uppskattad borrningskapacitet, beräkning av borr- och laddplaner, specifik borrning och specifik laddning samt styckefallskurvor, uppskattning av skutfrekvens med avseende på max storlek för primärkrossen, produktivitet samt borrnings- och sprängningskostnader.

3.4 Borrhålsprecision

Borrhålsprecisionen är en kombination av minimerad hålavböjning och noggrann uppriktning samt korrekt påhugg i enlighet med upprättad borrplan. Minimerad hålavböjning erhålls genom val av korrekt borrkrona, optimal kombination av krondiameter/ stångdiameter samt korrekt inställda borrningsparametrar (slagverk, matning, rotation, spolning etc.) Beträffande borrkronor finns idag en mångfald typer att välja mellan beroende på vilken typ av berg man ska borra i och vilken hålrakhet som erfordras.

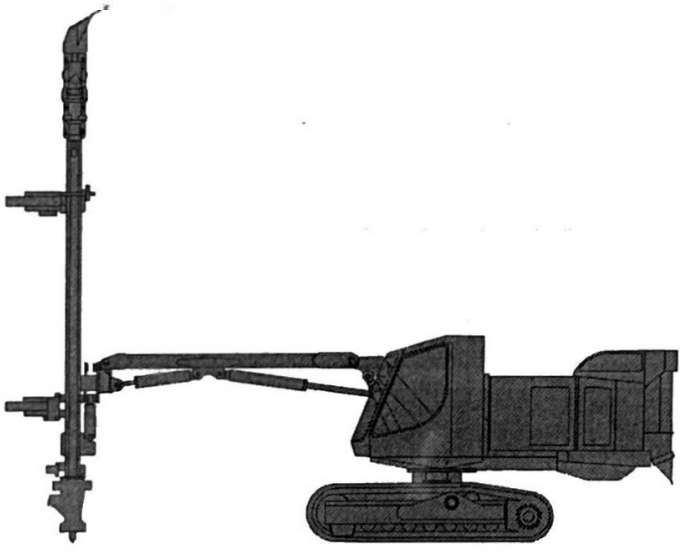


Figur 7. Optimal kombination av krondiameter / stångdiameter

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Moderna riktinstrument är enkla att använda. Förutom basfunktioner som att ange hålriktning och hållutning kan dessa programmeras så att borrning för varje enskilt hål sker till ett visst förutbestämt håldjup. På så sätt skapas betydligt bättre förutsättningar för att få en jämn och fin sula. Håldjupet kan antingen relateras till marknivån vid påhugget , eller till ett laserplan.

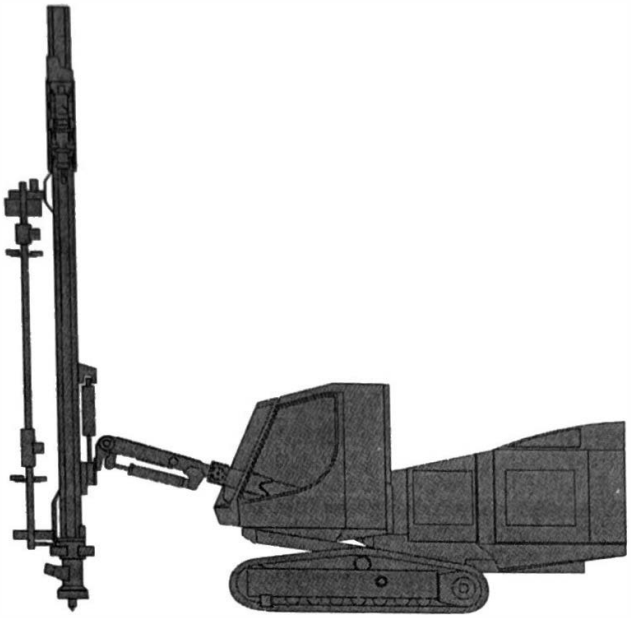
Förutom ovannämnda funktioner är det möjligt att utöka instrumentationen så att data om borriggens arbete och själva borrningen kan samlas in och sparas. Den mest avancerade versionen (MWD = Measurement-While-Drilling) kan samla in data om ett flertal olika borrningsparametrar under själva borrningen . Denna information kan sedan bl a användas för att beskriva bergets egenskaper och vara till hjälp för laddningsarbetet.



Figur 8. ***Tamrock Ranger 500/600/700.*** *Pallborrningsrigg för entreprenadprojekt och stenbrott*

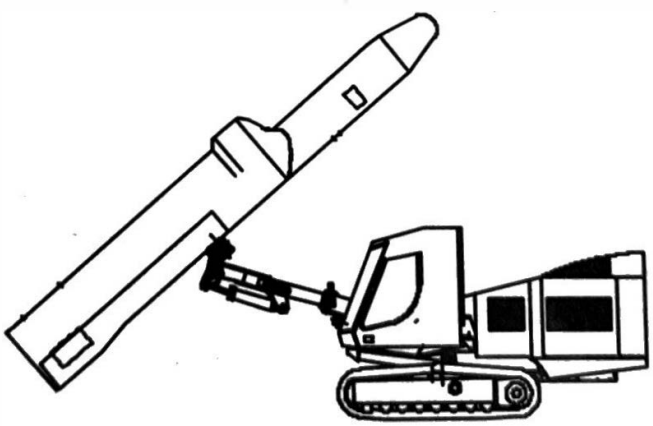
Egenskaper: Kraftfull hydraulborrnaskin, svängbart chassi, stor räckvidd, god terrängförmåga, säkerhetshytt FOPS/ROPS, ergonomiskt utformade reglage med joy-stick för borrfunktionerna, stånghantering och förflyttning. Hålområde Ø64-115 mm.

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare



Figur 9. ***Tamrock Pantera 800/900/1100/1500.*** *Pallborrningsrigg för gruvbrytning ovanjord, stenbrott och större anläggningsprojekt.*

Egenskaper: Kraftfull hydraulborrmaskin, teleskopbom, stabil konstruktion, utmärkt ergonomisk utformning av hytt, reglage etc, hög produktionskapacitet. Säkerhetshytt FOPS/ROPS, joystick för borrfunktionerna, stånghantering och larvning. Hålområde Ø76-152 mm



Figur 10. Ett ökat antal stenbrott och arbetsplatser nära uppbyggda områden möter allt hårdare miljökrav, bl a krav på låg ljudnivå. Den ljuddämpande inbyggnaden som visas ovan reducerar hörbart ljud från borrningen till 1/8 eller med 9 dB(A).

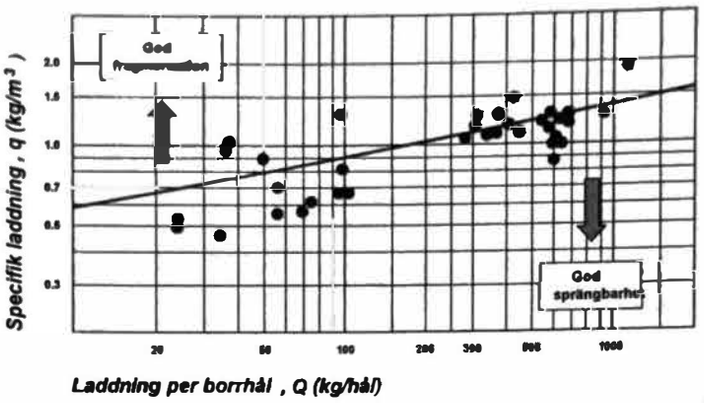
© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

4 SLUTSATSER

Både borrnings- och sprängningskostnaderna ökar när man vill uppnå bättre styckefall. (Med bättre styckefall avses styckefallet vid k_{50}).

Om hänsyn tas enbart till borrnings- och sprängningskostnaderna får man den bästa ekonomin vid extremt grovt styckefall. När man även inkluderar påföljande arbetsprocesser , t ex skut-hantering , lastning och transport samt i förekommande fall även krossning blir bilden emellertid helt annorlunda.

Kostnaderna för borrning minskar och kostnaderna för sprängning ökar som regel med ökad borrhålsdiameter. Dock minskar den totala borrnings- och sprängningskostnaden för avverkat berg per m^3 eller per ton med ökad borrhålsdiameter.



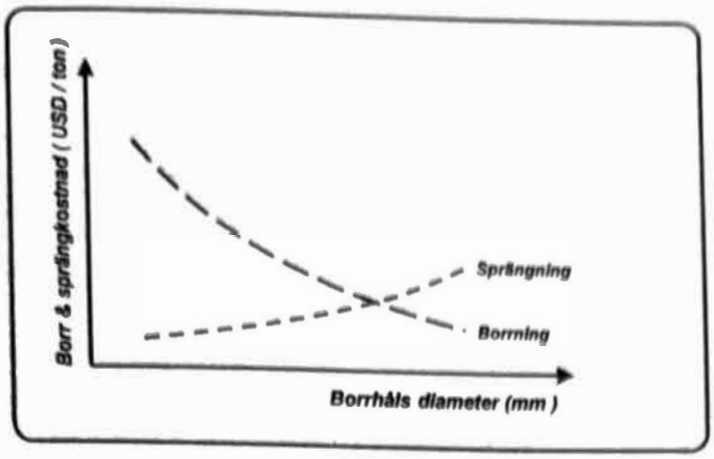
Figur 11. Sprängämneskonsumtionen eller specifika laddningen ökar med större borrhälsdiamter för ett givet genomsnittligt styckefall k50

Emellertid är det viktigt att notera att trots att den totala kostnaden för borrning och sprängning sjunker med ökad håldiameter, så ökar även både andelen skut och stenmjöl. Dessutom ökar också andelen mikrosprickor i sprängstenen.

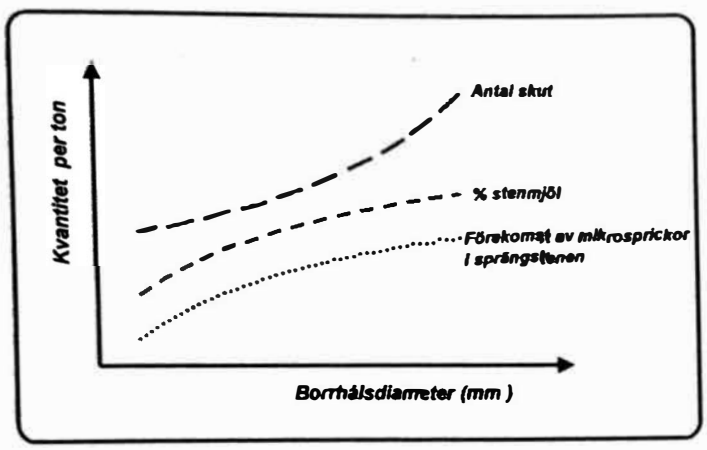
Huruvida uppkomsten av stenmjöl och mikrosprickor i sprängstenen är negativt eller inte beror på vad det sprängda berget skall användas för. Producenter av krossmaterial, t ex för byggnadsindustrin försöker generellt att minska andelen mikrosprickor i sprängstenen och leverera så kubformat aggregat som möjligt. Mängden små partiklar avlägsnas ofta från krossmassorna eftersom det betraktas som förorening eller skräp. Å andra sidan kan en cementproducent eller gruva anse att en högre andel stenmjöl eller sprängsten med mikrosprickor är värdefull i deras krossnings- och malningsprocess.

Val av borrningsutrustning är sålunda en mycket viktig del i planeringen av bergavverkning. Moderna borriggar med kraftfulla hydraulhammare och lämpliga bergborrverktyg samt adekvat instrumentering kan möta dagens krav på hålkvalitet och produktivitet och utgör en mycket viktig del i att åstadkomma en total-ekonomisk process.

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare

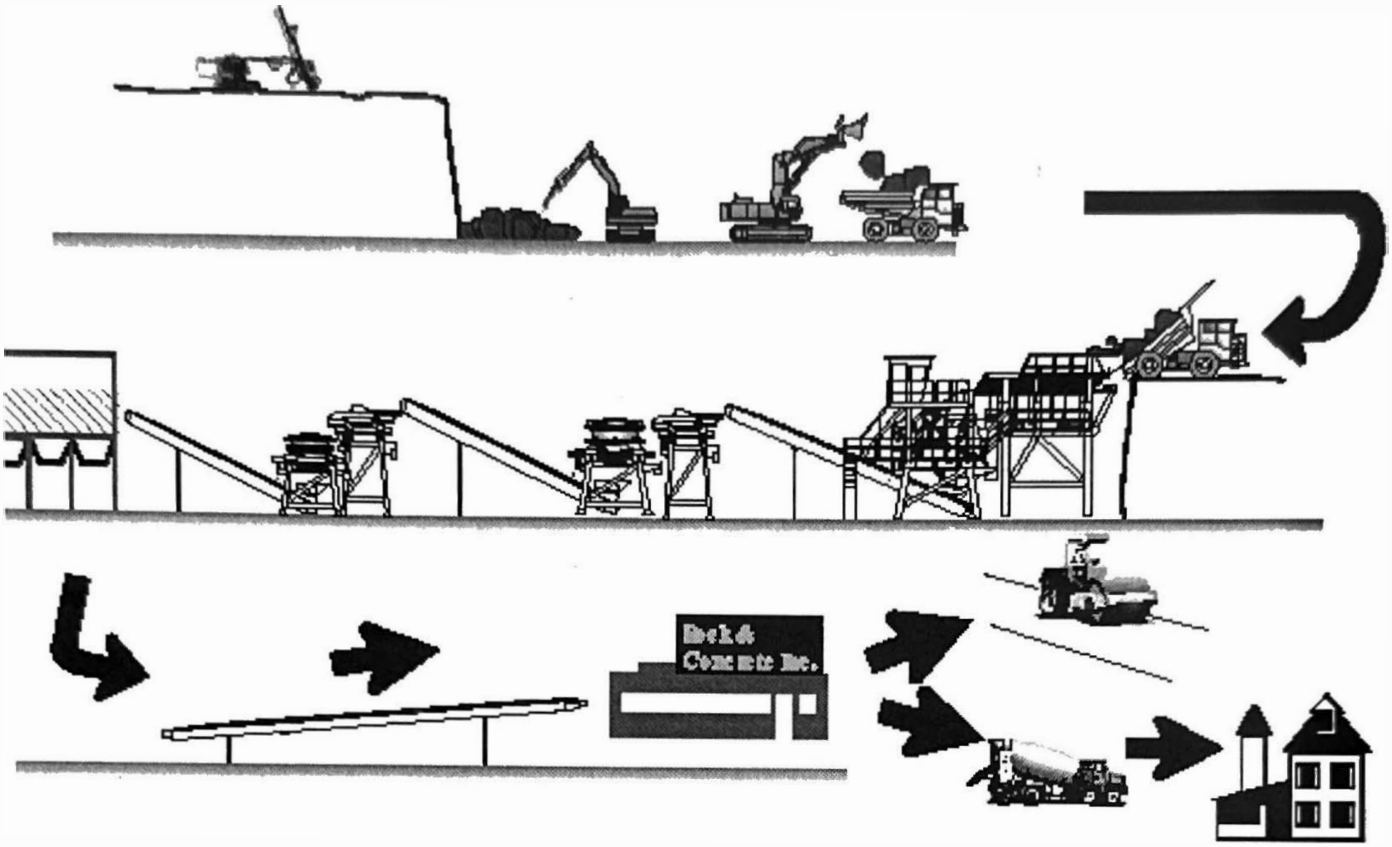


Figur 12. Inverkan av borrhålsdiametern på borr- och sprängkostnaderna



Figur 13. Inverkan av borrhålsdiametern på sprängstenen

© 2001 Svenska Bergteknikföreningen och författare



Figur 14. Schematisk bild av processen för ett stenbrott som producerar krossmaterial, samt exempel på olika användningsområden för sådant krossmaterial

REFERENSER

Lislerud Arne: *Fjellsprengningsteknikk*, Norges Tekniske Høgskole, Trondheim, p229, 1990.
Sandvik Tamrock & Nordberg: *New Quarry Process Concept*, Tampere, 1998.
Sandvik Tamrock: *QUARRY ACADEMY™*, Tampere, 1999