

## Kap 10 UTFÖRANDE AV BERGBORRAD BRUNN

### A. Översiktlig beskrivning

#### RÖRDRIVNINGSMETODER

##### Rördrivning med slag överst på foderröret

Vid rördrivning enligt äldre metod monteras en slagsko överst på stålröret och neddrivning sker genom slag på övre delen av stålröret. Röret slås ner 1-2 m i taget varefter borring och renblåsning sker. Påträffas större block måste stålröret lyftas något och blocket sprängas sönder.

Vid berg i dagen och vid litet jorddjup, mindre än 2 m, tillämpas i vissa områden att slå eller pressa ner ett plaströr i borrhålet efter det förborring skett med 140 mm och 127 mm (utan foderrör). Eftersom plaströren ej tålde stora yttre vattentryck sattes de ej djupare än 6-7 m. När plaströret slagits ner till botten av 127 mm-borrhålet fortsätter borringen med 115 mm. Denna metod tillämpas ej längre bl a beroende på att man i dag borrar 5"-brunnar i stor utsträckning.

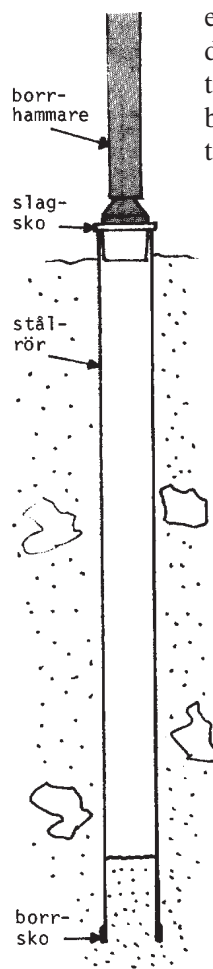


Fig 10:1.  
Rördrivning med slag  
överst på borrhöret  
(äldre metod)

##### Rördrivning med slag på borrhåskan nederst på foderröret

Normalt startar en brunnsborring med att ett foderrör nedborras genom jordlagret och en bit ner i berget. Därvid används någon av metoderna **Odex**, **Tubex** eller **No-X**.

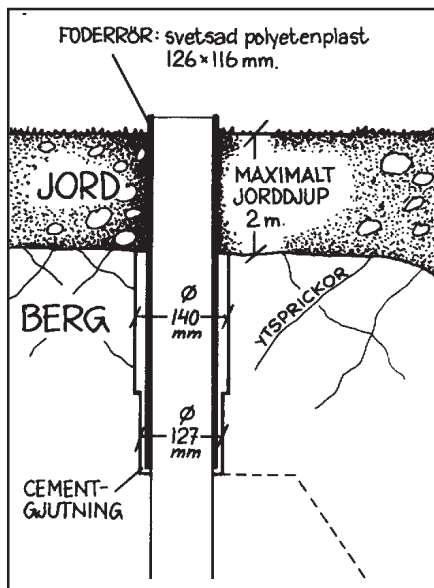


Fig 10:2. Nedpressat plaströr

Vid borring med Odex och Tubex svänger kronans rymmare ut och borrar ett hål som är större än foderrörets ytterdiameter, detta kallas underrymning och gör det möjligt att föra ner foderrör utan rotation. När önskat djup uppnåtts backrotteras bormaskinen varvid rymmaren svänger tillbaka och kronan kan tas upp.

Plaströr kan få en ökad användning genom att ett nytt rör lanseras som är lätt att skarva och har en borrhåskan som medger Odexborring med plaströr till djup mellan 10-20 m.

Dessa rör kommer att finnas även för 5"-brunnar.

Vid rördrivning med No-X användes en ringborrkrona. Denna blir kvar på foderröret och återanvändes följaktligen ej medan styrningen - pilotkronan upptages och återanvändes.

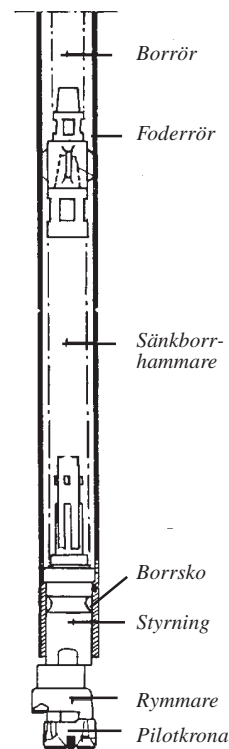


Fig 10:3.  
Rördrivning med  
Odex/Tubex

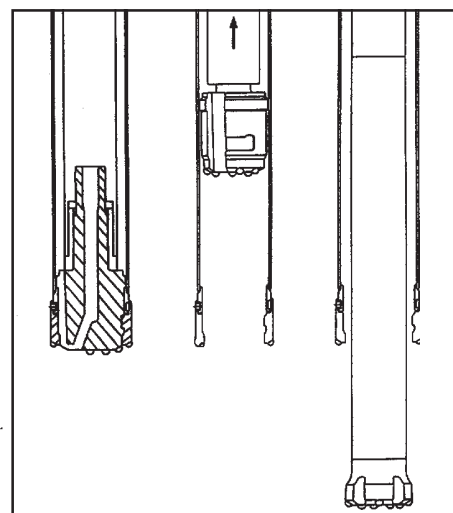


Fig 10:4. Rördrivning med No-X

## TYP AV RÖR OCH SVETSTEKNIK

De stålrör som används är ofta av Arfa-typ eller likvärdigt med rätt stålqualität. De från fabriken fasade rören sammansvetsas (med t ex elektrosvets, fig 10:6). När svetsningen är avslutad slipas fogen jämn. Plaströr kan skarvas med en ny patenterad metod där rören trycks ihop. Dessa rör finns ej ännu för 5"-brunnar varför de ej kommit i allmänt bruk.

## RÖRDRIVNINGSDJUP I BERG

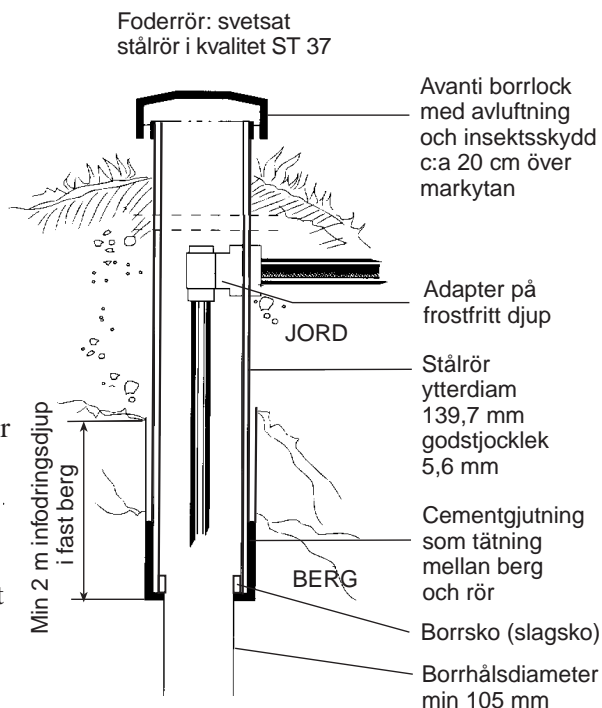
### Standardbrunn

När jordlagret genomborrats sker rördrivning i berg till visst djup för att ge brunnen ett skydd mot ytligt förorenat vatten.

När berget påträffas skall rördrivning ske till minst 2 m i fast berg (fig 10:8). Det är vanligt att berget är löst och sprickigt i ytan. Rördrivning bör med tanke på risken att få in sand- och lerhaltigt vatten ske till sådant djup att man avslutar borrhningen i fast berg. Vid infodring med plaströr, dvs vid jorddjup under 1 m, gäller minst 6 m infodringsdjup från markytan.

## Dokumentation av jordlagerföljd

Vid rördrivningen bedöms de jordarter som genomborras t ex lera, sand, grus, morän eller pinnmo. Jordlagerföljden dokumenteras i protokoll för att man t ex ska kunna återgå och utföra en brunn i jordlager om detta skulle visa sig fördelaktigare (fig 10:7). Jordlagerföljden anges på det s k borrhbeviset till ledning för nya borrhningar i området och för bedömning av grundvattnets skydd t ex vid val av plats för avloppsinfiltration.



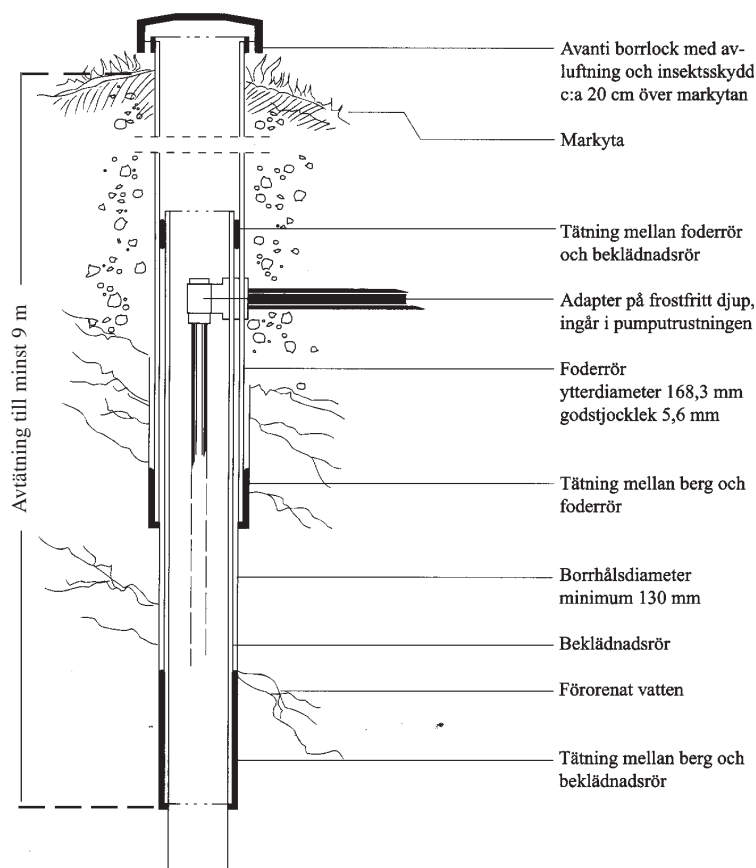
Figur 10:7. Exempel på dokumentation av jordlagerföljd

Figur 10:8. Standardbrunn innebär minimum 2 m infodringsdjup i fast berg

|  |                    |                                     |         |
|--|--------------------|-------------------------------------|---------|
| ● Uppmätt avstånd från marknivå till fast berg |                    |                                     | 8 meter |
| ● Jordart/bergart                              | Djup från markytan |                                     |         |
|  | från 0 till 7 m    | Jordart/bergart (färg) morän, lerig |         |
|  | från 7 till 8 m    | morän, sandig                       |         |
|  | från 8 till 29 m   | gnejs, ljusröd                      |         |
|  | från 29 till 57 m  | gnejs, gråaktig                     |         |
| ● Borrhålet har beklänts med stålrör           | ⌀ 139 / 128 mm     | 9 meter                             |         |
| ● Borrhålet har beklänts med plaströr          | ⌀ 125 / 116 mm     | 9 meter                             |         |
| ● Borrhålets bottendiameter                    |                    | 111 mm                              |         |

## Miljöbrunn

En miljöbrunn är utförd med större borrhålsdiameter än standardbrunnen (140 eller 165 mm) så att extra infodring mot förurning och föroreningar kan ske i efterhand. Miljöbrunnen är utförd med foderrör minst 2 m i berg och/eller extra beklädnadsrör till minst 9 m djup under markytan.



Figur 10:9. Miljöbrunn  
avtätas till minst 9 m djup

## TÄTNINGSMETODER

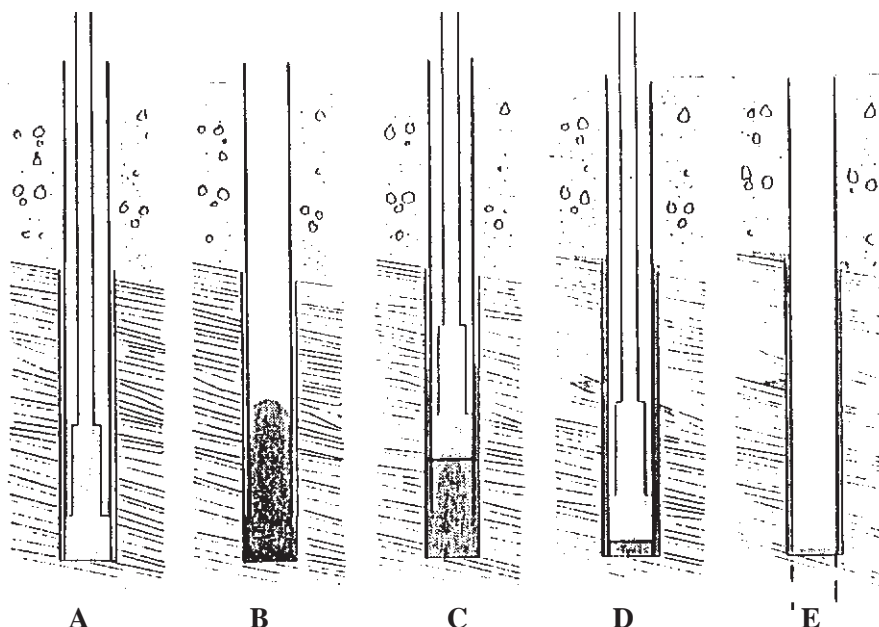
Gjutning eller cementering används för tätning mellan rörända och berg. Gjutmassan består oftast av en cementblandning som tillsätts borrhålet. Foderröret lyfts något före cementblandningen förs ner. Foderröret slås därefter ner mot hålets botten.

Brinntiden för gjutningen varierar beroende på vilken gjutmetod som används och om accelerator tillsatts. Även temperatur och vattnets kloridhalt m m inverkar på brinntiden.

För att få ut cementen mellan berg och foderrör tillämpas speciell teknik enligt följande modell (fig 10:10):

- A.** Foderröret borrar ned till någon eller några meter i berg, för att komma från ytsprickor.
- B.** Borrtrustringen i röret tas upp. Cementblandningen nedförs.
- C-D.** Specialutrustning trycker cementblandningen framför sig under samtidig nedslagning av röret. Röret slås dikt an mot berget.
- E.** Cementblandningen är nu på utsidan av röret. Tätningen är färdig, borrningen kan fortsätta.

Figur 10:10.  
Cementering  
av brunn



## BORRNING I BERG

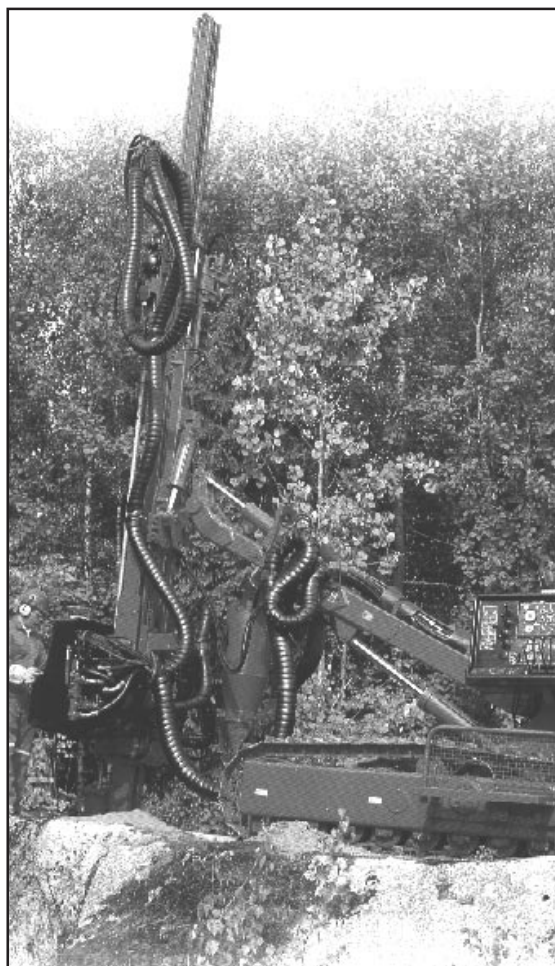
### Borrning med topphammare

Toppammarmaskinen (fig 10:11) har slagverktyget (borrhammaren) ovan mark. Via hopgångade stålstänger överförs slagen till borrkronan längst ned i borrhålet. Eftersom uppblåsning av borrkax (sönderborrat berg) till markytan har svårt att ske helt effektivt kan vatten erhållas i botten på borrhålet utan att det alltid kan iakttas uppe vid maskinen.

Borrning med topphammare sker mycket snabbt, 30-40 meter på 4-5 timmar är ej onormalt. Å andra sidan kan man vid mycket hårt berg ibland inte borra djupare än 70-80 meter med denna maskintyp.

I vissa fall påträffas vatten först på 80-100 meter eller kanske t o m djupare. Det är då viktigt att den maskinella utrustningen har kapacitet för dessa djup, vilket alltså inte alltid kan garanteras med en toppammarmaskin.

Fig 10:11. Toppammarmaskin

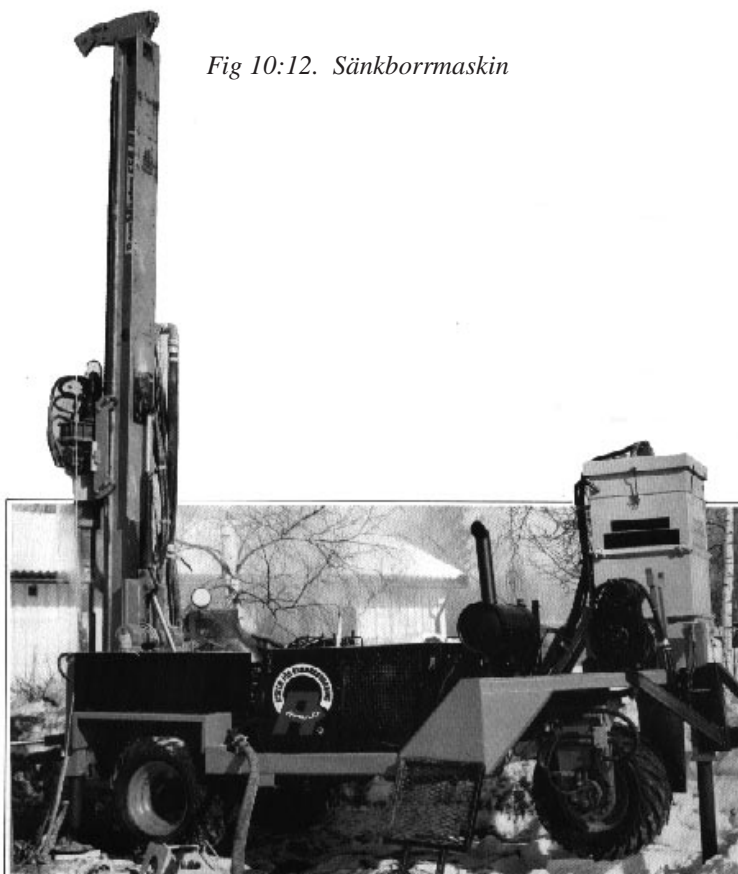


### Borrning med sänkborrhammare

Sänkborrhammare är utexperimenterad och konstruerad speciellt för brunnsborrning. Maskintypen har funnits ca 25 år på den svenska marknaden (fig 10:12).

Vad som skiljer denna maskintyp från föregående är att den har slagverktyget (borrhammaren) nere i borrhålet. Borrhammaren är förbunden med maskinen via sammangångade rör som leder ner tryckluft till borrhammaren. I nedre delen av borrhammaren sitter en borrkrona med hårdmetallstift. Borrkronan roterar samtidigt som den påverkas att slå i vertikal riktning med ca 1000 slag per minut och krossar på detta sätt berget. Den överblivna luften från borrhammaren släpps ut i borrhammarens nederdel och rusar med hög hastighet upp mellan borrhör och bergvägg. Luften tar med sig det krossade berget liksom det vatten som påträffas. När vatten erhålls i botten på borrhålet kan detta således iakttas uppe i markytan. Vattenmängden kan därmed grovt mätas under hela borrhningen (fig 10:13).

Fig 10:12. Sänkbormmaskin





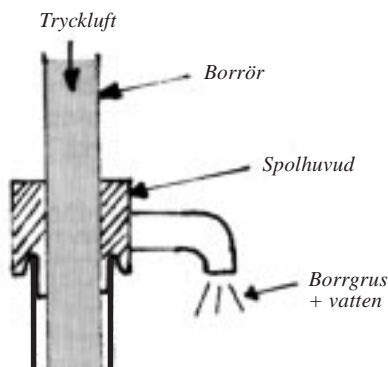


Fig 10:13. Vattenföring genom spolhuvudet

Beroende på erhållet vattenflöde och önskemål om visst vattenmagasin i brunnen borrar man ibland medvetet förbi de vattenförande sprickorna en bit. Tack vare sänkborrhammarens konstruktion bibehåller man alltid borrhammarens och borkronans slagkraft till tillräckligt (ekonomiskt motiverat) djup. Därtill kommer att hålet blir mer rakt än med topphammarmaskin.

## Rapport över borring

Alla brunnar som borrar måste dokumenteras. Brunnaborraren skriver en rapport ute i fält, som senare blir underlag för borrhavis och faktura (bil 10:1).

Rapporten innehåller fakta om brunnen och borrhavsplatsen, bl a beställarens namn, adress, postadress, telefon, fastighetsbeteckning, kommun, borrhålets plats och arbetsplatsadress. När det gäller brunnen skriver man datum när den är utförd, uppmätt grundvattenyta och borringens händelseförlopp.

## Borrhavis

Borrhaviset är en värdehandling som skrivs ut efter borrhavrapporten, när arbetet är färdigt. Det skall vara undertecknat av behörig Avanti-borrare samt innehålla ett registreringsnummer. Borrhaviset i original överlämnas till beställaren. Borrhavet sänder en kopia till SGU och arkiverar en kopia.

Fig 10:14  
Borrhaviset, en  
värdehandling

## Bergart och vattenföring

Bergarter dokumenteras genom observation av borkaxet som kommer upp. Om bergarten inte kan bestämmas anges endast berg. I anmärkningskolumnen skall uppgifter om vattenföring, färg, sprickor m m lämnas.

Sprickighet dokumenteras genom borrhavsjunkningens variationer.

När brunnen renblåsts från borkax dokumenteras vattenföringen genom mätning av vattnet som kommer upp till markytan.

## Vattenkvalitet

Under borringen utförs fältprovning (bl a lukt och smak), vilket införes i rapporten över borringen. Detta underlättar eventuella framtida åtgärder på olika nivåer i borrhålet om vattenkvaliteten ej blir bra.

## Kap 10 forts UTFÖRANDE AV BERGBORRAD BRUNN

### B. Momentvisa checklistor/anvisningar

**I det följande kommer mer detaljerade råd och anvisningar att ges för olika funktionella avsnitt inom borrhningen av den bergborrade brunnen. Härmed avses då även t ex transporterna mellan borrarplatserna.**

**Det finns avsevärda skillnader i verksamheten mellan borrhföretag i olika landsändar. Tyngdpunkten i verksamhetens olika avsnitt varierar. Det kan gälla långa respektive korta avstånd mellan borrarplatserna. Det kan gälla borrarplatsernas utseende vad gäller kuperad eller slät terräng. Det kan gälla dominerande tätbebyggelse eller glesbygd. Det kan gälla avsevärd variation i medeljorddjup i brunnarna mellan olika regioner.**

**Dessa skillnader medverkar till de olika krav som föreligger på utrustningars utseende för rationell drift av verksamheten. Önskemål om smidighet och lätthanterlighet från skilda utgångspunkter leder m o emellanåt till olika resultat, dvs olika lösningar och förfaranden. Principen för val måste huvudsakligen vara att transport-, borrhnings- och personaltid optimeras så att lägsta kostnad uppstår.**

**Detta leder till att det i det följande ibland görs generaliseringar och ibland beskrivning av alternativ.**

#### Transporter (val av borrekipage)

Etablering och avveckling av borrarplatsen är tillsammans med rördrivning den tyngsta delen i brunnsborrningsarbetet. För att minimera förslitningsskador är val av borrhgg och transportlösning av största betydelse

Optimal avvägning av transportlösning varierar över tiden (beläggning, typ av borrhning osv) samt geografiskt över riket.

Normalt krävs släp utöver lastbil eftersom totalt en stor mängd materiel skall fram till borrarplatsen.

- 8 - 9 ton bormmateriel
- 4 - 5 ton tung kompressor
- 10 tons lastbil med boggi

Exempel på olika transportlösningar är:

1. Lastbil med kompressor på flak, vattentank på flak, dieseltank på flak, borrhör och borrhverktug på flak och borrhgg som släp.
2. Samma som ovan men kompressor som släp och borrhgg på flak.
3. Allt på ett lastbilsflak och stora borrhggar.
4. Olika typer av flakväxelsystem med flyttbara flak
5. Traktor eller annat motorredskap i stället för lastbil.

Faktorer som inverkar på val av transport är:

- max axeltryck på vägar och broar i området
- terräng i vilken borrhning normalt sker
- avstånd mellan olika kunder/borrhningar
- brunnstyp, dvs typ av borrhaggregat
- bemanning vid borrhning/antal; t ex flexibel bemanning m h t arbetsmomenten
- tid som åtgår för utförande av brunnen; t ex möjlighet att utföra flera borrhål på samma plats
- typ av körkort
- registrerat eller oregistrerat fordon (stora avstånd kräver registrerat fordon 80 km/h contra 30 km/h)
- fordon (modell I Ekholm) med tillstånd för begränsad aktionsradie (50 km)
- kapitalbindning i fordon.

Principen för val skall, som ovan beskrivits, vara att transport-/borrnings- och personaltid optimeras så att lägsta kostnad uppnås.

## Etablering på borrplatsen

### Val av borrplats

- Val av borrplats skall i första hand ske med tanke på att erhålla hög vattenkvalitet i brunnen. (Avsnitt 5 ”Placering av brunn”).
- Val av borrplats skall även ske så att det går lätt att arbeta på platsen och så att brunnen i framtiden kan servas på ett bekvämt sätt vid pumpbyten m m. Detta är en viktig punkt för att kunna arbeta på ett ergonomiskt riktigt sätt och skapa en framtida god arbetsmiljö
- Välj avlastningsplats för maskin så att ramper ligger stadigt och vältningsrisk undviks.
- Vägen mellan borrplats och avlastningsplats för lastbil skall vara så kort som möjligt.
- Ju mer materiel som kan framtransporteras till borrplatsen på själva borrhjgen desto bättre. Borrhjgen får dock ej bli för tung om marken har begränsad bärighet

### Uppställning av maskin för borring

Tänk på följande:

- Borrkax skall kunna uppsamlas i t ex container och transporteras bort (gäller främst energibrunnar i tätort) om inte kunden vill behålla kaxet för utplanering på tomten
- Svetsning skall kunna ske i bekväm arbetsställning
- Svängtrum skall finnas för hantering av borrhör.
- Borrhjg skall helst vara vänd mot rörupplag så att framtransport av rör blir enkel (om möjligt skall rören framtransporteras på kärra eller finnas i magasin på borrhjgen).
- Borrhjgen bör vara försedd med dammsugare eller system för vattenspolning. Bägge metoderna ger möjlighet till insamling av borrhkaxet (se vidare under borring, nedan!)

### Placering och start av kompressor

Tänk på följande:

- säkerhetsavstånd runt kompressorn och runt borrhjgen på minst 6 m bör markeras med stängsel/band, speciellt där det rör sig folk
- kompressorn bör vara vänd och stå så långt

från borrhjg att dammutsläpp ej når kompressorfilter

- kompressorn bör stå så att avgaser ej besvärar kund eller borrhare
- slang mellan kompressorn och maskin säkerhetsförankras i bägge ändar
- slang skall vara av modern typ som ej går av utan endast blir hål i vid skada
- kontrollera före start att kranar och reglage är nollställda (stängda)
- starta mot stängd luftkran och öppna sakta
- börja borringen med ett lågt arbetstryck eftersom jordborringen till att börja med ej kräver högre tryck
- följ kompressorinstruktion som utfärdats av tillverkaren.

### Kontroll innan borring

Tänk på följande:

- följ skötselinstruktion (smörjning, filter mm) om sådan finns
- kontrollera hydrauliksystem (slangar, ventiler mm)
- kontrollera oljor, exempelvis smörjolja till borrhammare
- kontrollera att manöverspakarna är i nolläge
- provkör alla funktioner (kan ha frusit, kan skena i matningsautomaten m m)
- se till att nödstopp fungerar
- kontrollera pallning under maskin (skall kontrolleras fortlöpande).

### Skaderisker på hus eller befintliga brunnar i närområdet

Vid borring nära hus måste borrharen ta reda på markförhållanden och grundläggning, så att relevant säkerhetsavstånd till kan iakttagas. Särskild försiktighet måste iakttagas vid rödrivning i finkornigt material (lera, finsand etc) och vattensjuk mark eller mark med hög grundvattnivå.

- vid berg i dagen är risken liten för skada medan hus grundlagda med plattor, grundmur eller hel bottenplatta i jord lätt kan skadas om man borrar för nära.
- kontrollera att luften kommer upp ur borrh-

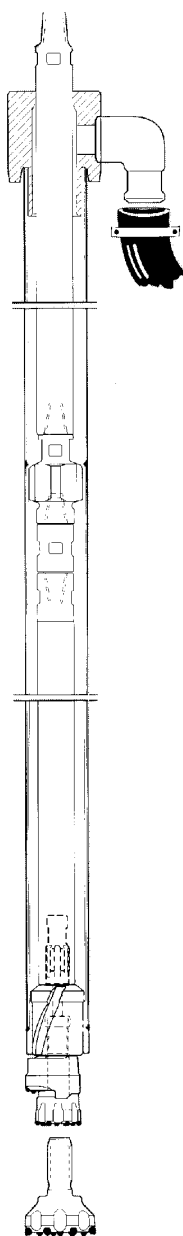
hållet så att inte tryck byggs upp under golv.  
Hus på hel bottenplatta kan skadas eftersom  
trycket är tillräckligt för att få huset att  
spricka (lyfta)

- trycket som byggs upp i berg vid trång  
luftpassage i borrhålet kan leda till utpress-  
ning av slam och medföra grumlighet i  
annans brunn. Observera att Miljöskadelagen  
ger skadeståndsrätt för drabbad brunnsägare  
(se Miljöskadelagen, kap 3)

- skydda vägg med t ex presenning vid  
borrning intill vägg om inte husägaren själv  
kan engageras och ta ansvar för detta  
arbete. Vid nedsmutsning gäller återställ-  
ningsplikt om ej överenskommelse träffats

- informera kund om nödvändig genom-  
gång av t ex staket och att vissa körskador  
kan uppstå vid transport av maskin över  
tomtmark

- informera kunden om att borrning alltid  
medför viss spridning av borkax på mark  
(borrigen bör ha kåpa/avledarhus för  
borttransport av borkax)



## Jordborrning

(Under redigering)

## Svetsning av stålrör

(Under redigering)

Fig 10:14  
Tubex-principen



i normalfallet kan ske omedelbart efter avslutad gjutning.

Om NO-X användes vid jordborrningen kan i vissa fall krävas att nedslagning sker genom slag på foderrörets överkant, som då skyddas med borrsko/slagdyna.

Ett alternativ till förpreparerade gjutkapslar enligt ovan är nedförsel av cementblandning på sätt som gör att den inte löses upp under transporten. Här finns olika förfaranden utvecklade för att göra detta på säkert sätt. Dessa inrymmer inte att cementblandningen bara släpps ned fritt från markytan i foderröret. Då måste mängden cement vara avsevärd och metod 2 enligt nedan tillgripas.

Rätt utförd medför metod 1 att bergborrningen kan påbörjas direkt efter att cementmassan har pressats ut mellan foderrör och berg samt röret slagits ned mot hålets botten.

## 2) Tunnflytande cementblandning

Med denna metod används så mycket blandning som erfordras för att fylla foderröret och det utanför belägna tomrummet i övergången mellan jord och berg. Enligt kommunicerande-kärl-principen stiger nivån på utsidan av foderröret till samma nivå som på insidan. När denna metod används kan bergborrningen inte påbörjas förrän blandningen hårdnat (brunnit). För att förkorta denna tid kan accelerator av någon typ användas.

## Avtätning/gjutning

Efter avslutad jordborrning skall vid fastgjutning av stålröret tillses att cementmassa tränger upp utanför foderröret, dvs mellan berget och foderröret. Därefter drivs foderröret ned mot hålets botten /Tubex/Odex), innan bergborrningen påbörjas.

Det finns olika metoder för avtätningen. Två säkra metoder för undervattenstättning beskrivs nedan:

### 1) Förpreparerad cementpatron.

En eller flera gjutkapslar i form av förpackade "cementkorvar" blötläggs under slutskedet av rörborrningen. Efter avslutad borrning släpps cementpatronen/erna ned i borrhålet. Därefter förs en tryckplugg av betong ned och med borrhammaren bringas denna att pressa ut cementmassan. Avslutningsvis drivs foderröret ned mot hålets botten (Tubex/Odex) innan bergborrningen påbörjas, vilket

## Bergborrning

Bergborrkronan har större diameter än pilotkronan (under jordborrningen). För att undvika fastkörning av bergborrkronan i jorborrkronans "pilothål" när bergborrningen påbörjas, sker upprymning med tryckpluggen från gjutningen som mothåll. Alternativt kan några stena släppas ned i pilotborrhålet. Mothållet underlättar påhugget i berget.

- målet är att åstadkomma ett bergborrhål med raka och släta borrhålsväggar ned till vattenförande spricka/or

- för att senare kunna åtgärda borrhål med dålig vattenkvalitet är det viktigt att föra protokoll över alla iakttagelser vid borrningen

- viktigast att protokollföra är de första 10 metrarna under foderröret
- förskjutningar i borrhål beroende på att borrhönan ej löper centriskt är till nackdel t ex vid infodring med plaströr
- förskjutning i borrhålet *kan* inträffa vid växling av bergart och vid sprickor och slag i berget om styrning på hammaren saknas eller om matningstrycket är för högt
- vattenspolning användes vid borrning och uppsamling av fuktigt borrhåskav sker t ex i container
- vattenspolning är en bra metod för att minska dammbildning och risk för igensättning av vattenförande sprickor under borrningen. En lägre borrhåskavning blir dock följden när vatten tillförs
- dammsugare ger viss dammbildning vid borrning (dock kraftig dammbildning vid rensning av dammsugaren!)
- minskad dammning under pågående borrning indikerar vatteninträngning från spricka. Vid sådan minskad kavuppbåsnung bör vattenspolning ske (genom hammaren) för att undvika ansamling av borrhåskav på bergvägg och borrhål och därmed riskera igensättningsrisk
- vid påborrning av vattenförande spricka med tillräcklig tillrinning skall borrning ske till minst 3 m under sprickan för att få en slamficka. Hela borrhålet spolas därefter rent efter avslutad borrning
- spolning skall ske med renvatten så att inte bakterier ”ympas” in i brunnen
- ökad vattentillrinning mot djupet i borrhål är ej *alltid* från ny spricka eftersom den kan härröra från ökad tillrinning från de ytliga sprickorna som plötsligt uppstår under borrningen
- efter borrning sker kapacitetstest genom blåsnung, flottörmätning eller korttidspumpning (kapacitetsbestämning, se kap 14)

## Kronslipning

Följ anvisningar utfärdade av leverantören!

## Borrningens avslutning

Tänk på följande:

- när borrningen avslutats skall ”sköljning” av borrhålet ske *ända från botten* i borrhålet
  - \* med befintligt vatten i borrhålet genom t ex blåsnung
  - \* med tillfört renvatten (krävs i de fall vattentillrinningen är liten i borrhålet)
- slutför borrhållprotokoll, fyll i bottendiameter och tillrinning (l/tim).

## Borrhållsren, avveckling

- anbringa ett lock som försluter borrhålet direkt efter avslutad borrning
- borrhållsren borttages, pallningsvirke plockas bort
- eventuell åverkan på mark och tomt som ej är inom ramen för gjord överenskommelse bör återställas alternativt tas upp med kunden för ny överenskommelse
- kundkontakt före, under och efter borrning är viktig

Kunden bör informeras fortlöpande under borrningen om borrhållsresultat, eventuella svårigheter osv. Efter avslutad borrning informeras kunden om borrhållsdjup, brunnskapacitet mm (se mer om kundkontakter i avsnittet om marknadsföring, kap 19)

## Skillnader mellan luft- och hydrauldrivna riggar

De flesta nya borrhigar som tillverkas idag är hydrauliska. Ett antal av de borrhigar som är i drift är dock fortfarande av den tidigare dominerande luftdrivna typen. De grundläggande skillnaderna mellan typerna är:

- en hydraulrigg har högre vridmoment vilket är fördelaktigt vid stora jorddjup (20-40 m)
- en hydraulrigg har bättre matningsfunktion vilket är fördelaktigt vid djupa brunnar
- en luftdriven borrhigg är lättare
- en luftdriven borrhigg är enklare att serva

Vissa driftsekonomiska fördelar i kombination med en viktig fördel, som leder till lägre axeltryck på fordon mm, har gjort att de äldre lufttriggarna fortfarande finns kvar i viss utsträckning.

I t ex skärgårdsmiljö är den låga vikten ett starkt argument.

De ekonomiskt gynnsamma betingelserna är sammanfattningsvis:

- låg kapitalkostnad
- billiga begagnade reservdelar
- enklare konstruktion och därmed större möjlighet till egen service
- det lägre vridmomentet leder till färre haverier på borrhustrustningen

Både de äldre luftdrivna borrhigar och de modernare hydrauliska finns för såväl sänkborrhämmare som topphammare. Båda riggtyperna finns i versioner/fabrikat som är larv- eller hjulburna.

Topphammar-riggar rekommenderas ej för brunnsborrning genom risken för krokiga hål.

Inom området bergvärme där det i vissa fall endast behövs relativt grunda hål utan krav på samma rakhet som vattenhål, börjar nu topphammartekniken och dess ekonomiska fördelar att diskuteras.

### Borrtekniska skillnader

#### **Luftdrivna borrhigar:**

Ovan beskrivna allmänna fördelar *kan* uppväga de olika borrhitekniska nackdelar som

den äldre tekniken inrymmer:

1. Det lägre vridmomentet gör det svårt för Odex/Tubex borrning med grövre dimensioner. Normalt klarar tekniken dock NO-X i de vanligaste dimensionerna.
2. Det är svårt att borra djupa hål. Förmågan att hålla borrhsträngen vid matning är begränsad. Matningen blir m a o sämre.
3. Maskinen kan inte förflytta sig själv utan kopplad luftslang till kompressorn, vilket kan vara krångligt i bl a uppväxta trädgårdar.
4. För bräckning finns inte hydrauliken kraft att tillgå. Svårigheterna att lossa borrhkronor och borrhör vid diameter 140 mm och uppåt blir stora.
5. Vid fuktig väderlek och temperatur i närheten av 0°C uppstår gärna frysning i motorer och ventiler.
6. Luftdrivna motorer har låg verkningsgrad, vilket leder till hög driftskostnad (kompressor/bränsle). Kapacitetsbrist på luft kan göra att dammsugare ej kan användas framgångsrikt.

#### **Hydrauliska borrhigar**

De borrhitekniska nackdelarna med de luftdrivna borrhigar ger motsvarande fördelar hos dessa riggar:

1. De tar sig lättare fram i terräng
2. De klara stora borrhdjup, även vid grövre dimensioner
3. Deras högre vridmoment ger större möjligheter
4. Hydrauliken ger en betydligt större lyftkapacitet
5. Hydraulisk bräckning förenklar lossdragning

De borrhitekniska fördelarna skall m a o uppväga:

- den högre kapitalkostnaden (dyra i inköp)
- den större tyngden
- det mer komplicerade (dyrare) underhållet

## Kap 10 forts UTFÖRANDE AV BERGBORRAD BRUNN

### C. Bergarters borrarbarhet

**Avsnittet är ett utdrag om slående borrar-  
ning ur "Handbok i bergbörning" av  
Sandvik Rock Tools 1989. Viss bearbet-  
ning av texten har skett för anpassning  
Brunnsbörarhandboken.**

#### Borrarbarhet

Bergets borrarbarhet beror bl a på hårdheten hos de mineral som ingår och på kornstorleken på mineralkornen. Kvarts är ett av det vanligaste bergartsbildande mineralet.

Eftersom kvarts är mycket hårt innebär hög kvartshalt (kiselsyrehalt) att berget är hårdborrat. Detta ger hög förslitning på hårdmetallen. En bergart som har stort innehåll av kalkspat är däremot lättborrad och ger liten förslitning.

Nedan ges en kort vägledning av vad som styr bergarters borrarbarhet.

#### Mineral

Bergarter består av ett eller flera mineral.

Mineralen har olika hårdhet och brukar delas in i en hårdhetsskala från 1-10 (Mohs skala). Nedan ges exempel på några mineral och deras hårdhet.

- |    |  |
|----|--|
| 1  | Talk: smulas lätt sönder med fingrarna         |
| 2  | Gips: Repas lätt med nageln                    |
| 3  | Kalkspat: repas med svårighet med nageln       |
| 4  | Flusspat: repas lätt med kniv                  |
| 5  | Apatit: repas med kniv                         |
| 6  | Fältspat: mycket svårt att repa med kniv       |
| 7  | Kvarts: repar glas, repas av fil (specialstål) |
| 8  | Topas: repar glas, repas av smärgel            |
| 9  | Korund: repar glas, repas av diamant           |
| 10 | Diamant: repar glas                            |

Bergarterna indelas som regel i tre grupper.

#### Eruptiva bergarter

Eruptiva bergarter har trängt upp i smält form (magma) från jordens inre och kristalliserat. Om magman stelnat långsamt och under högt tryck på stort djup, har bildats en djupbergart med relativt stora kristaller t ex granit. Om magman trängt högre upp som gångar i andra bergarter eller till jordytan som lava, har den svalnat snabbare och bildat finkorniga gång- eller ytbergarter som t ex basalt och diabas.

#### Sedimentära bergarter

Sedimentära bergarter har bildats av vatten-transporterat vittrat material från den fasta jordskorpan, som avlagrats vid flodmynningar och på botten av förhistoriska hav. Exempel på lagrade bergarter är sandsten, lerskiffer och kalksten.

#### Metamorfa bergarter

Metamorfa bergarter är ursprungligen eruptiva eller sedimentära bergarter. Under inverkan av tryck eller värme, eller genom utbyte av grundämnen med omgivningen har de omvandlats i struktur och sammansättning.

#### Ursprunglig bergart

Vulkanisk tuff

Granit

Diabas, basalt

Kvartssandsten

Sedimentär kalksten

#### Omvandlade bergarter

Leptit

Gnejs

Amfibolit

Kvartsit

Marmor, kristallin kalksten

#### Struktur

Bergarter har som regel en struktur. Om mineralkornen bildar en homogen massa är bergarten massformig (t ex granit). I en skiktad bergart ligger mineralkornen ordnade i lager. En skiffrig bergart har också mineralen ordnade i lager men genom tryck och ev uppvärmning har varje lager pressats samman till skivor.



## Hårdhet. Kornstorlek

En bergart med grovkornig struktur är lättare att borra i och ger mindre förslitning än en finkornig. Bergarter med i stort sett samma mineralinnehåll kan därför vara olika svårt att borra i.

Kvartsit kan t ex vara finkornig (kornstorlek 0,5-1 mm) eller tät (kornstorlek 0,05 mm) och en granit kan vara grovkornig (+ 5 mm) medelkornig (1-5 mm) eller finkornig (0,5-1 mm).

## Tryckhållfasthet

Tryckhållfasthet är ett mått som talar om vilket tryck ett prov av en bergart kan utsättas för innan det brister. Den används ofta som mått på bergets borrarbarhet.

Man kan mycket grovt säga att bergets borrarbarhet är omvänt proportionell mot dess tryckhållfasthet, dvs om borrsjunkningen är 90 cm/min. När tryckhållfastheten är 2000 bar, så förväntas i lösare berg, med en tryckhållfasthet av 1500 bar, att borrsjunkningen skall vara:

$$\frac{90 (2000)}{1500} = 120 \text{ cm/min}$$

Genom att skaffa sig information om ingående mineral, kornstorlek och struktur, kan man ofta göra en grov bedömning av borrarbarheten. För att kunna ge en mera detaljerad rekommendation bör man göra en provborrning.

## PRINCIP FÖR BERGBORRNING

### Slående borrrning

Slående borrrning, eller hammarborrrning är den vanligaste borrrmetoden och används i de flesta förekommande bergarter. Både topphammare och sänkbormmaskiner används.

Vid slående och krossande borrrning sönderdelas berget genom att det utsätts för en stor tryckkraft av ett stift eller skär av hårdmetall.

I berget kring kontaktpunkten uppbyggs ett spänningstillstånd, som ökar med ökad belastning. Materialet närmast stiftet krossas kontinuerligt till ett fint pulver (borrdammet) och i stiftets närhet bildas en krossad zon. Om stiftet är tillräckligt spetsigt, blir spänningen i berget så småningom så stor att berget spräcks och en större flisa lösgörs.

Om stiftet är trubbigt krävs större kraft för att åstadkomma inträngning och spräckning. Så småningom uteblir spräckningsfasen helt och borrsjunkningen upphör trots att stiftet utsätts för mycket hög belastning. Borrkronornas stift eller skär måste alltså slipas innan borrsjunkningen avtagit allt för mycket.

Förutom slående borrrning som används vid brunnsborrrning i urberg finns *roterande krossande*, *roterande skärande* och *roterande nötande borrrning* vilka kräver speciella typer av borrhjull.

### Rakhet

Rakheten på borrhålet varierar beroende på typ av berg, borrrmetod och borrrutrustning. Viktigt för rakheten är inriktningen vid ansättningen av borrhålet och matningstrycket vid borrrningen.

### Energiöverföring vid slående borrrning

Vid slående borrrning överförs energi från en bormmaskin via borrhjull och hårdmetallstift eller skär till berget i borrhjullsbotten, där ett krossningsarbete utförs.

Den väsentliga delen i en bergbormmaskin är kolven, som kastas framåt och slår mot borrhjullens nacke. Kolvens rörelseenergi övergår till stängen i form av en stötvåg.

Energien i den stötvåg som når borrkronan överförs till borraringsarbete i kontaktytan mellan stift och berg. Den del av energin som inte utnyttjas, reflekteras tillbaka.

Vid borrarng med sänkbormmaskin överförs energin i princip på samma sätt, men bormmaskinens kolv arbetar då direkt på borrkronan.

## Energiöverföring vid roterande krossande borrarng

Vid roterande krossande borrarng med rullborkronor överförs energin till borkronan via ett rör, som roterar och pressar borkronan mot berget. Hårdmetallstiften pressas in och spräcker loss flisor ur berget, i princip på samma sätt som vid slående borrarng.

## Bortförsel av borkkax

För att borrarng ska kunna ske, måste hålbotten hållas ren och de lossade bergpartiklarna kontinuerligt föras ut ur borkhålet. Det sker med ett spolmedium - luft, vatten eller skum - som trycks ner till hålbotten. Kaxet - bergpartiklarna blandade med spolmedlet - trycks ut ur borkhålet i mellanrummet mellan borkrör och hålvägg.

## Vattenspolning

Vattenspolning används alltmer och rekommenderas från hälsoskyddssynpunkt. Vatten binder effektivt det damm som bildas vid borrarngen.

## Luftspolning

Luftspolning används vid olika typer av borrarng. Borkdammet samlas upp i dammsugare.

## Skumspolning

Skumspolning används främst som komplement till luft för att lättare lyfta upp borkkaxet. Skummet har också en tätande och smörjande effekt på hålväggen och används därför ofta vid borrarng genom jordlager.

## Spolvolym

För att få effektiv renspolning måste spolmedlet ha en viss hastighet i spalten mellan

borkröret och hålväggen. En ökning av spalten ger lägre hastighet vid oförändrat tryck. Vid borrarng vertikalt nedåt och vattenspolning, kan hastigheten vara så låg som 0,4-1,0 m/s. Om spolningen i stället sker med luft, måste spolhastigheten vara 10-30 m/s. Bergets densitet är avgörande för vilken spolhastighet som ger effektiv renspolning av hålbotten.

Eftersom dimensionerna på borkrör och spolhål är givna, kan spolhastigheten ökas bara genom att höja ingångstrycket och därmed öka volymen spolmedel per tidsenhet. Normala spoltryck för vatten och luft är ... bar.

Otillräcklig spolning innebär:

- 1 Ökad risk för fastbollarng
- 2 Lägre borksjunkning
- 3 Ökat periferislitage på borkkronan.

## Matning

Slagenergin från bormmaskinen ska till största möjliga del överföras till berget och utföra borraringsarbetet. Borkkronan måste därför hela tiden ligga an mot hålbotten. Vid sänkbollarng är rotationsmotorn monterad på mataren på borkrigen medan slagverket monteras direkt på borkkronan och följer med ned i borkhålet.

## Rotation

Principen för rotation är att borkkronan mellan varje slag från slagmekanismen skall vridas så att den bearbetar en ny del av hålbotten.

Rotationsmekanismen kan på topphammare antingen vara inbyggd i bormmaskinen - spärraxel eller spärrhjul - eller ligga i en separat rotationsmotor. Om rotationen är inbyggd i bormmaskinen är den direkt sammankopplad med slagverket så att ett minskat antal slag ger lägre rotationshastighet. Med separat rotationsmotor kan rotationshastigheten regleras oberoende av slagverket. Rotationen överförs till borkren via maskinens borkrhylsa.

Sänkbollarng innebär att slagverket följer borkkronan ner i hålet medan rotationsmotorn löper på mataren bakom det sista borkröret utan att någon gång gå ner i hålet.

Vridningen mellan varje slag skall anpassas så att avverkningen blir så stor som möjligt dvs skär eller stift skall hindras att slå i

samma spår i berget flera gånger.

För normalt förekommande kombinationer av bergborrkronor - slagenergier så ger ett indexeringsavstånd  $b = 9-10$  mm en optimal bergavverkning. Om borrhordniametern är  $D$  och slagtalet är  $f$  så ges varvtalet  $n$  således av

$$n = 2 \frac{60 \times f \times b}{p \times D}$$

Vid  $f = 50$  Hz och håldiametern  $D = 102$  mm så bli följaktligen  $n \sim 90$  varv/min.

## HÅRDMETALL OCH BORRKRONOR

Hårdmetall för bergborrning är en sintrad blandning av volframkarbid och kobolt. Volframkarbiden ger metallen hårdheten och slitstyrkan, medan kobolt ger segheten.

Hårdmetallen framställs genom en pulvermetallurgisk process. De ingående komponenterna i form av pulver pressas under högt tryck till rätt form och sintras sedan under hög temperatur, varvid pulverkornen förenas och kroppen krymper till sin slutliga dimension.

### Egenskaper

Hårdmetallen har följande karakteristiska egenskaper:

Hög densitet, 14500 kg/m<sup>3</sup>.

Högre tryckhållfasthet än stål.

Högre värmeledningsförmåga än stål.

Lägre värmeutvidgningskoefficient än stål (~ 50 %).

### Slitstyrka

Hög slitstyrka, hårdhet 1100-1500H<sub>v</sub> (~ 9 enl Mohs skala). Slitstyrka (hårdhet) och seghet (kombinationen av tryck- och draghållfasthet) är de egenskaper, som är viktiga vid bergborrning. De påverkas av

### Kobolthalt

Kobolthalten är normalt mellan 6 och 12 % av vikten.

### Kornstorlek

Kornstorleken på volframkarbiden är normalt 2-5 mm.

Följande samband gäller:

*Lägre kobolthalt - Högre slitstyrka  
Mindre kornstorlek - Högre slitstyrka  
Högre slitstyrka - Lägre seghet (skörare material).*

### DP - hårdmetall

Ovan nämnda samband gäller dock inte för en nyutvecklad typ av hårdmetall, DP-hårdmetall, där DP står för Dual Property (Dubbla egenskaper). Med hjälp av DP-teknologin kan man öka både slitstyrkan och segheten hos hårdmetallen eller den ena egenskapen oberoende av den andra. Denna hårdmetall är speciellt lämplig för stiftborrkronor. Ett stift av DP-hårdmetall består av ett antal zoner med olika kobolthalt. Zonerna kan förändras för att passa förslitningen hos olika bergformationer.

Möjligheten att ge DP-hårdmetallen olika kombinationer av slitsyrka och seghet erbjuder en unik utvecklingspotential för stiftborrkronor. DP-kronor kommer att kunna borra mycket snabbare än dagens kronor, eller ge avsevärt förbättrade livslängder i olika applikationer.

## Infästning av hårdmetallen

Stål och hårdmetall kan fogas samman på olika sätt.

### Lödning

Skär löds fast i ett fräst spår. Som lödmedel används vanligen silver- eller bronsbaserade lod. Lödmedlet skall fästa bra på både stål och hårdmetall. Det skall också vara så elastiskt att det kan utjämna skillnaden i värmeutvidgning mellan stål och hårdmetall och måste ha hög utmattningshållfasthet. Det är viktigt att lödfogen har en viss tjocklek, därför mäts skären med en noggrannhet på några hundra delar mm.

## Krympning. Pressning

Stiften fästes genom krympning eller kall ipressning. Vid krympning borrar man hål i kronkroppen, som sedan värms upp, varefter stiften sätts i. När stålet svalnar krymper hålen och klämmer fast stiften. Toleranserna mellan hårdmetall- och stålkropp är viktiga. Varje stifthål mäts därför med en noggrannhet på några tusendels mm. Stiften slipas till exakt rundhet och mäts med samma noggrannhet.

## Kronutformning

### Släppning

För att borrningen ska ske utan störning, måste borkronan ha sin största diameter längst fram. Den främre delen av kronan är därför utförd med en viss släppning.

### Sänkborkrkronor

Sänkborkrkronor tillverkas med skaft, som passar till olika bormaskiner. Det normala dimensionsområdet är 85-215 mm.

### Spolning

Spolmedlet tillförs kronfronten genom ett spolrör i centrum av bormaskinen och ett centralt spolhål i kronan.

### Krontyper

Stiftutförande är i dag den dominerande formen i alla typer av berg.

Kronans front kan ha olika utseende, den vanligaste typen är "Flathead", där fronten är plan. Dessa kronor finns i tre utföranden, normal, heavy duty och med koniska stift.

## HANTERING OCH SKÖTSEL

### Förslitningsmönster

Hårdmetallen i skär och stift slits under borrning. Det mesta slitaget orsakas av nötning mot hålbotten och hålets väggar när borkronan roterar. Om slitaget tillåts gå för långt, minskar borrhjulen och både hårdmetall och ståldetaljer utsätts för onormalt höga påkänningar. Hårdmetallen måste därför med jämna mellanrum slipas så att dess ursprungliga form återställs. Olika typer av berg orsakar olika mycket slitage och ger olika slitagebilder.

*Höjdsitage* uppträder när man borrar i hårt berg såsom granit och gnejs. Hårdmetallen slits ner på höjden och får en sklitfas. Periferistift på en stiftborkrkrona slits mer än frontstiften på den längre väg som kronans periferi rör sig.

*Periferislitage* uppträder i förslitande bergstyper med stort kvartsinnehåll. Hårdmetallen på kronans periferi slits onormalt mycket, så att en sk motkona uppstår och borkronans släppning försvinner.

*Repitilhud* uppkommer i berg som orsakar obetydligt slitage på hårdmetallen. Hårdmetallens yta blir utmattad och ett mönster av mikrosprickor, som mycket liknar "repitilhud" uppträder. I vissa typer av berg uppstår inget synligt slitage alls. Hårdmetallen måste emellertid slipas i alla fall för att inte utmattningsskador ska uppstå. Rekommenderad slipintervall för stift är i sådana fall 300 m. Men för att få bra slipekonomi och göra slipningen enklare och snabbare kan man med fördel putsa stiften redan när de är slitna till 1/3 av diametern.

### Fasta sliprutiner

Det är nödvändigt att införa fasta sliprutiner. För tidig slipning är aldrig ofördelaktig. Eftersom mindre hårdmetall slipas bort varje gång har det inte någon negativ inverkan på ekonomin.



## Slipning

Detaljerade instruktioner om hur slipning ska gå till finns i separata trycksaker och broschyrer. Slitna hårdmetallstift måste putsas så att de blir sfäriska igen. Det görs lättast med en slipskål belagd med syntetiska diamanter. Om stålet först måste avlägsnas finns det även för detta ändamål speciella slipstift. Slipmedlet på dessa består av bornitrid.

## Transport och lagring

En skada i ytan på en ståldetalj kan vara startpunkt för ett brott. Stålet utsätts nämligen för höga påkänningar av stötvågen från bormaskinens kolv. Stänger, hylsor och nackadaptrar bör därför hanteras med varsamhet, eftersom de ofta har ett hårt men sprött ytskikt, som är känsligt för slagmärken.

De nycklar som används för att lossa gängorna måste vara i god kondition utan grader. Startpunkten för ett brott, den ursprungliga skadan, är oftast lätt att hitta i centrum av en s k "utmattningsros".

Förvara borrhonor och hårdmetalldetaljer på ett sådant sätt under transport att inte hårdmetallen skadas. Trots att hårdmetall är mycket motståndskraftig för slag mot alla andra material, är den lätt att skada om hårdmetall slår mot hårdmetall.

## ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN FÖR BERGBORRNING

Bergborrning utförs i många sammanhang och på många olika sätt. Inom ett så brett verksamhetsområde har det efterhand utvecklats ett stort sortiment av utrustningar. Många speciella uttryck och termer används, som det är nödvändigt att känna till för att förstå sammanhangen.

## Mekaniserad borrrning

I mekaniserad borrrning har borrarerna ofta två eller tre bormaskiner att sköta. Maskinerna är monterade på matare och bommar, som bärs upp av olika typer av borrhjälper.

## Pallborrrning

Pallborrrning inenbär borrrning av språnghål för pallsprånkning, vilket är den enklaste formen av språnkning. En pall kännetecknas av att språnningen sker mot en fri yta.

Pallborrrning sker både över och under jord och kan utföras nedåt, uppåt eller horisontellt.

## Drifterborrrning

Drifterborrrning är borrrning av språnghål för att driva en tunnel eller gruvvort. Berget är då inspänt och man måste arrangera en öppning att spränka mot och tillräckligt utrymme för det utsprängda berget. Borrrningen kan ske med handhållna maskiner eller mekaniserat. I större tunnlar används alltid någon form av mekaniserad utrustning.

## Fullortsborrrning

En annan form av tunneldrivning är fullortsborrrning, där hela tunnelarean borraras med användning av roterande krossande borrrning.

## Produktionsborrrning

Produktionsborrrning används som beteckning för borrrning av språnghål för brytning av malm i gruvor eller sten i stenbrott. Den sker både i dagbrott och under jord med användning av långa hål och någon form av pallborrrning. I underjordsgruvor sker borrrningen ofta från begränsade utrymmen i trånga orter.

## Litteratur

För vidare studier hänvisas till "Handbok i Bergborrrning", "Användning av bergborrrverktyg" och "Skötselinstruktion för sänkborrhjälper".