



NFF

NORSK FORENING FOR
FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK

TEKNISK RAPPORT 11

Nøyaktig boring



November 2011

NFFs tekniske rapporter er utarbeidet av fagpersoner oppnevnt av Utviklingskomiteen i NFF i samsvar med sitt mandat. Innholdet er i samsvar med kjent viten på det tidspunkt redigering ble avsluttet. Feil eller mangler kan likevel forekomme.

NFF, forfatter eller fagkomiteen har intet ansvar for eventuelle feil eller mangler i rapporten og mulige konsekvenser av disse.

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

© Norsk Forening for Fjellsprenningsteknikk - NFF

ISBN 978-82-92641-22-4

Forsidebilde: Atlas Copco



Trykk: Helli - Visuell kommunikasjon

En annen interessant studie ble utført av SveBeFo (Svensk bergforskning), som fant at innrettingsavviket økte med redusert kravspesifikasjon for boringen. Innrettingsavviket nærmest doblet seg, fra 1,3 % til 2,5 %, når avstanden mellom hullene i en kontur økte fra 40 cm til 80 cm. Videre økte avviket til det dobbelte av dette igjen, for produksjonshullene i samme salve. Dette viser at motivasjon og fokus er viktig for kvaliteten på boringen.

Målinger av pukkverksalver blant annet i Norge og Sverige viser at det ikke er uvanlig med gjennomsnittlige innrettingsavvik på over 5%. Med dagens teknologi burde dette være unødvendig, og eksemplene over viser at man bør kunne nærme seg 1% innrettingsavvik, uten at det i nevneverdig grad påvirker produktiviteten.

Med GPS assisterte borrhjelp vil man kunne fjerne det aller meste av ansetts- og innrettingsavvik.

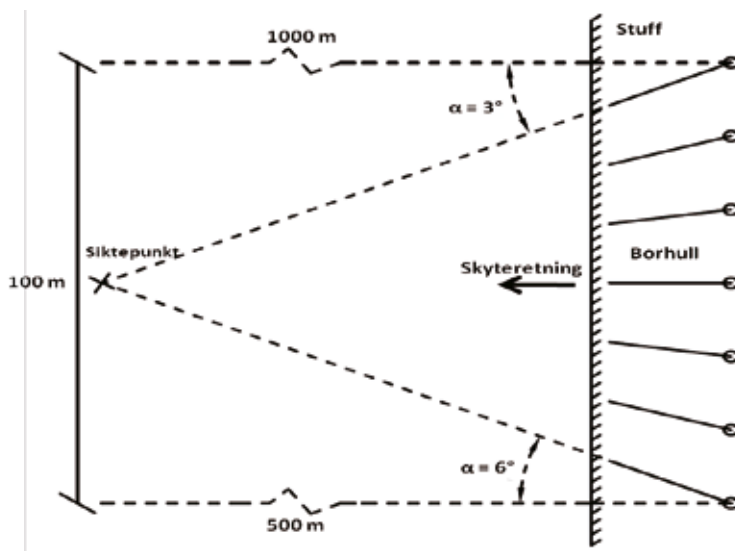
Figur 2 **Borrhjelp med GPS utstyr. (Foto: V.Olsen.)**

Årsaker

Årsakene til ansetts- og innrettingsavvik kan være:

- Unøyaktighet under innmåling og utsetting av borhull.
- Begrensninger i nøyaktigheten på navigering av borriggen og instrumentene som brukes for å innrette bortårnet.
- Slark og unøyaktighet i borriggens ledd og hydraulikk.
- Operatørens erfaring og motivasjon.
- Topografiske forhold ved ansettspunktet.

Ved manuell oppmerking og utsetting av hull med bruk av målestav og sprayboks kan det være vanskelig å oppnå fullstendig parallelitet mellom raster og eksakt hullavstand. Denne prosedyren gir de største tilfeldige ansettsfeilene. Ved manuell styring av borriggen vil man kunne bomme på oppmerket punkt, men dette gir mindre avvik.



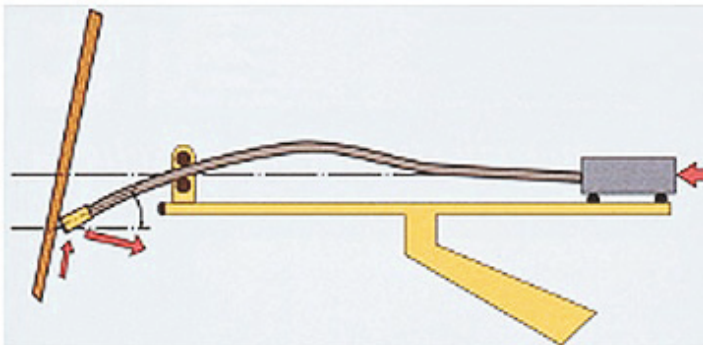
Figur 3 Systematisk vinkelfeil pga kort avstand til siktepunkt [2].

Ved ujevn stuff eller pall, svakhetssoner og slepper eller f.eks. vanddammer vil man ofte måtte flytte hull i forhold til planlagt plassering. Dette vil også være et ansettsavvik. Ved store forflytninger bør man kompensere med endret innrettingsvinkel slik at borhulls bunnen er nærmest mulig planlagt sted.

GPS posisjonering er mer og mer vanlig ved boring over jord. Det enkleste GPS-utstyret har målenøyaktighet som ligger på under 10 cm.

Ved manuell innmåling av retning er det flere feilkilder. Feil siktepunkt, eller for kort avstand til siktepunkt, kan gi feil navigering av borrhinnen og systematiske retningsfeil. Halvautomatisk innretting der boroperatøren styrer bortårnet etter instrumentgivere eller en dataskjerm gir normalt mer avvik enn om borhullet innrettes helautomatisk. Tøyninger i borrhinnens konstruksjon og slarke i ledd vil også kunne gi retningsfeil.

Dersom det påskrâmes på skrått underlag vil borkrona kunne skli og retningen på borhullet vil bli en annen en utgangspunktet for bortårnet. Uppreis påskrâming og for kraftig mating vil ofte være årsaken til dette.



Figur 4 Innrettingsavvik pga for kraftig mating ved påskrâming av borhull (Illustrasjon: Atlas Copco).

2.2 Avbøyningsavvik

Mens ansetts- og innrettingsavvik i hovedsak oppstår før boringen starter, oppstår avbøyning under boring. I tekstboksen nedenfor er en liste over hvilke faktorene som påvirker avbøyningsavviket.

A. Boreparametre	<ul style="list-style-type: none">- Matekraft, slagtrykk og rotasjonstrykk- Rotasjonshastighet- Spyling- Vekt av borstreng- Anti-jamming system
B. Hullutforming	<ul style="list-style-type: none">- Helning og retning på borhullet- Borhulldiameter- Hull lengde
C. Borutstyr	<ul style="list-style-type: none">- Stempel-design- Avstand mellom chuck og nakke- Type og tilstand på koblinger og gjenger- Stabilisator-design (rotasjonsboring)- Form på borkrone (front, skjørt, stift og slitasje)- Type og diameter på borstenger (rør eller stang)- Forholdet mellom diameter på krone og stang
D. Geologi og anlegg	<ul style="list-style-type: none">- Struktur (sprekker, slepper, lagdeling)- Lagdelingens orientering i forhold til borhullet- Avstand mellom sprekker og sleppers mektighet- Fjellets hardhet- Kohesjon i lagdeling/foliasjon- Forholdene på pallen (sylte eller rensket pall)

Foruten punktene under kategori D, kan man direkte eller indirekte påvirke avbøyningen gjennom valg av borutstyr og innstillinger av boreparametre.

Sammenlignet med ansetts- og innrettingsavvik, som vanligvis er enkelt å forklare, kan årsaken til avbøyning være kompleks. Nedenfor er en enkel beskrivelse av fenomenet, med bakgrunn i de geologiske forholdene.

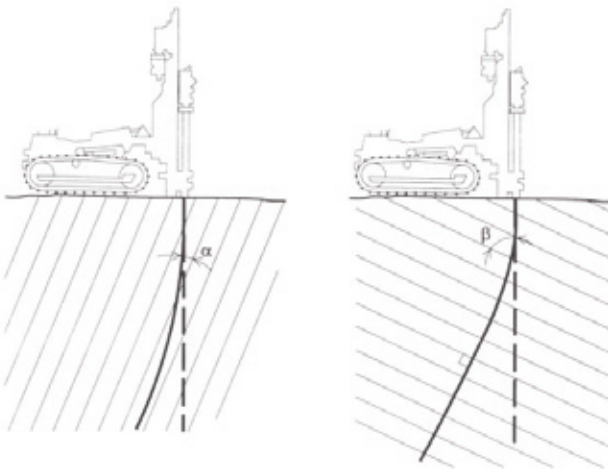
Det er to typer avbøyning man vanligvis ser, se Figur 5.

1. Avbøyning langs skifrihet/foliasjon.
2. Avbøyning normalt på skifrihet/foliasjon.

Når man borer tilnærmet langs skifrihet/foliasjon vil boret ønske å følge denne. Denne avbøyningen oppstår når skifrihetens vinkel i forhold til borhullet er mindre enn ca 20°.

Dersom skifrihetens/foliasjonens vinkel i forhold til borhullet blir større enn ca 20° , vil borkrona begynne å trekkes normalt på skifriheten.

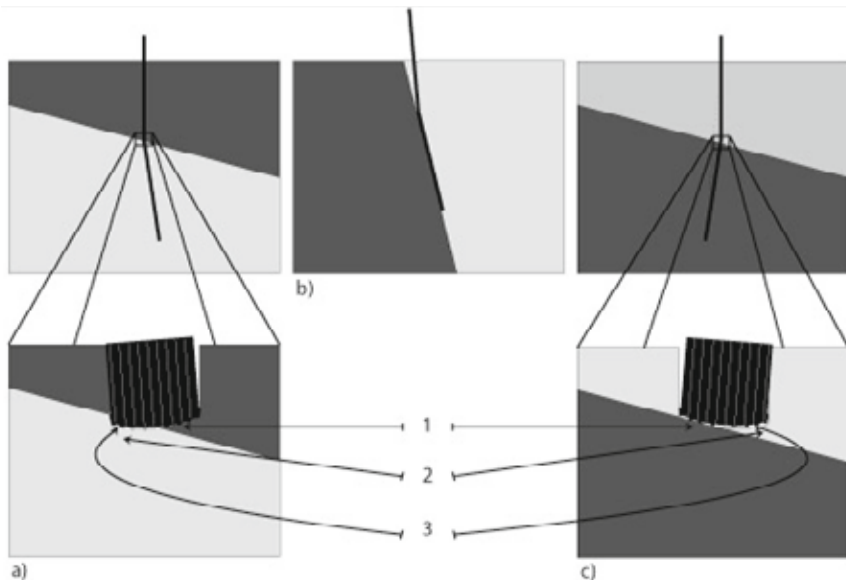
Det er ikke uvanlig at berget endrer fysikalske egenskaper underveis, slik at avbøyningsforholdene kan endres i hullet så vel som i nærliggende hull. Avbøyningsavvik vil i teorien vokse som en annengradsfunksjon, det vil si at avviket kan øke betydelig jo lengre man borer.



Figur 5 Avbøyning i forhold til respektivt liten (α) eller stor (β) vinkel til foliasjonen/lagdelingen [3].

Ansetts- og innrettingsavvik er vanligvis tilfeldig i alle retninger, mens retningen på avbøyningsavviket kan være både tilfeldig og systematisk på grunn av fjellforholdene, som nevnt over. Generelt kan man si følgende om avbøyning og bergmassens struktur:

I lagdelt og foliert fjell vil borhullene bøyes av enten parallelt eller normalt på lagdelingen/ oppsoprekkingen. Ekstreme avbøyninger kan oppstå under ikke-ideelle forhold. **I homogent fjell** derimot vil avbøyningen være mer tilfeldig og relativt liten. Økt sprekkefrekvens fører til mer systematisk avbøyning, som for lagdelt og foliert fjell.



Figur 6 *Avbøyning som skyldes endring i fjellets hardhet [4]. På grunn av ulik hardhet vil borsynken variere over tverrsnittet på borkrona. Mørkt fjell (1) er hardere enn det lyse fjellet (2). Det oppstår et moment og borkrona vil bore fortere i området markert ved piler fra punkt 3. a) Fra hardt til mykt fjell. b) Glidning langs lagdeling. c) Fra mykt til hardt fjell.*

2.3 Dybdeavvik

I dag er de fleste borrhorer instrumentert med et instrument som måler hvor langt ned man har boret. Ved hjelp av laser og GPS gir dette små avvik i boret lengde. Uten disse hjelpemidlene kan ønsket boret lengde variere mye. Dette vil resultere i knøl og ujevn palloverflate og økte rystelser pga økt innspenning av enkelthull.

Ved avbøyning og innrettingsavvik vil man ikke greie nå korrekt nivå på boringen selv om lengden på hullet er korrekt. Dybdeavviket kan utgjøre opptil 0,5 m til 1,0m ved store retningsavvik.

Løsmasser som raser ned i hullene vil heve de planlagte borenivået, og effekten vil være den samme som å bore for korte hull. Dette vil være mer sensitivt for små borhullsdiametre enn for store.



Figur 7 Endring i bergets egenskaper (Foto: Atlas Copco).

3 Boring av rette hull

Foruten de tekniske forholdene ved å bore rette hull, som omtales nedenfor, er det viktig å påpeke viktigheten av at ledelsen i firma har fokus på området. Noen stikkord er:

- Tydelige planer og mål
- Dokumentasjon av tiltak
- Motivér borfører
- Unngå tidspress

De praktiske og økonomiske forholdene ved boreoperasjonen er vesentlige med tanke på hvilke tiltak man kan iverksette for å redusere avbøyning. Punktlista nedenfor angir de viktigste faktorene for å bore rette hull. De er forsøkt rangert etter hvilke tiltak som er enklest å gjennomføre i praksis, som er minst ressurskrevende både mtp tid og kostnad, og som gir best effekt:

- Øke stangdiameter
- Redusert slagverks- og matetrykk
- Optimalisere borkrona
- Anskaffelse av større borutstyr evt. endre boremetode
- Redusere pallhøyden

Stangdiameter

Den aller viktigste faktoren for å unngå avbøyning er stivheten på borstanga. Øker man dimensjonen på stengene vil rakheten på hullene forbedres. Ved bruk av styrerør vil hele røret fungere som en stabilisator i tillegg til at stanga blir stivere og større krefter må til for å bøye den. Styrerør har generelt lavere levetid enn vanlige stenger ved slagboring.

Borstanga må nødvendigvis være mindre enn borkrona, og dette medfører at man i noen tilfeller må øke borhulldiameteren for å kunne øke stangdiameteren. Økt borhulldiameter må vurderes nøye før det gjennomføres. Noe innkjøringstid må forventes mtp bormønster og ladingsmengder, samt at det har innvirkning på sikkerheten og mulig sprutlengde.



Figur 8 Boring med styrerør til venstre, uten styrerør til høyre (Foto: Sandvik).

Trykkinnstillinger på borryggen

Slagtrykket er viktig med tanke på avbøyning. Figur 9 illustrerer hvordan motkreftene i fjellet opptrer ved overgang fra en hard til en myk bergart, som vil gi en avbøyning mot høyre på figuren. Det oppstår et moment på borkrona fordi det er ulik motstand i fjellet. Den absolutte forskjellen mellom motkreftene vil reduseres ved redusert slagtrykk. Momentet blir mindre og avbøyningen redusert. I teorien vil man halvere avbøyningen med halvert slagverkstrykk.

For stor matekraft kan også medføre avbøyning pga bøyning av strengen i borhullet, samme prinsipp som vist i Figur 4. Slagverkstrykk, matekraft og rotasjonstrykk er sterkt knyttet til hverandre og endring av den ene medfører ofte justeringer av de andre. Ved store problemer med boravvik bør man kontakte servicefolk fra borrygg leverandøren som kan dette til fingerspissene.

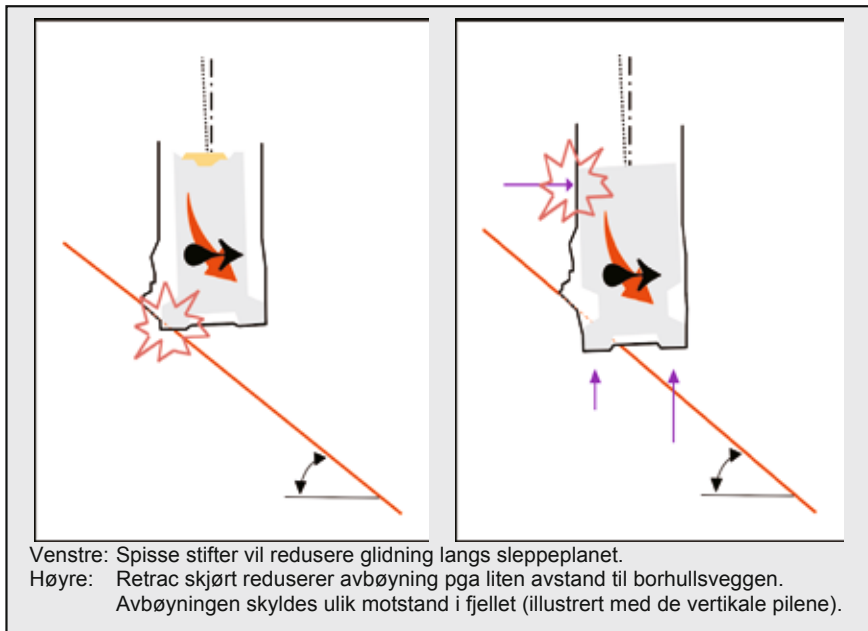
Innen utvikling av borhammere skjer det stadig forbedring. Høyere slagfrekvens og lettere stempel er positivt i forhold til avbøyning.

Borkrone design

Borkronas form innvirker på avbøyningen. Spissere stifter medfører at borkrona lettere hugger fast i sprekke- og sleppeplan slik at glidning reduseres. Retrac skjørt fungerer som en stabilisator i hullet, og reduserer avstanden mellom borkrona og borhullsveggen. Det blir mindre rom for borkrona til å endre retning. Se Figur 9.

Rene skjærkroner eller spesielle guide-bit kroner brukes når det er ekstreme krav til nøyaktighet. Sistnevnte kan ha kombinasjon av skjær og stifter i tillegg til at de er ekstra lange. Disse har lavere inndrift og krever spesielt slipeutstyr.

Man kan oppnå redusert avbøyning ved å øke borhulldiameteren, samtidig som man øker dimensjonen på borstanga. Om man bare øker diameteren på borkrona og beholder samme stangdiameter vil den relative stivheten i strengen reduseres, og borstrengen får mer rom å bøye seg på i borhullet. Dette kan gi økt avbøyning!



Figur 9 Redusert avbøyning pga borkronas form (Sandvik).

Borrigg og boremetode

Ved anskaffelse av større borutstyr vil man kunne benytte grovere stenger, evt endre boremetoder som vil gi mindre avbøyning. For boring med rør i dimensjonen 115 mm og oppover (senkbor, Coprod[®], rotasjon) vil man i liten grad oppleve avbøyning. Avbøyning er i hovedsak knyttet til topphammerboring.

Innkjøp av nytt utstyr er ofte en noe tidkrevende prosess, hvor flere ledd i organisasjonen blir involvert, og vil i første omgang være aktuelt for større steinbrudd og gruver med avbøyingsproblematikk, hvor andre tiltak er prøvd først. Det er likevel viktig å ha avbøyning i tankene når man skal gjøre en ny investering. Større borrhiger kan i de fleste tilfeller håndtere grovere borstreng, og vil kunne bore rettere enn mindre rigger.

Pallhøyde

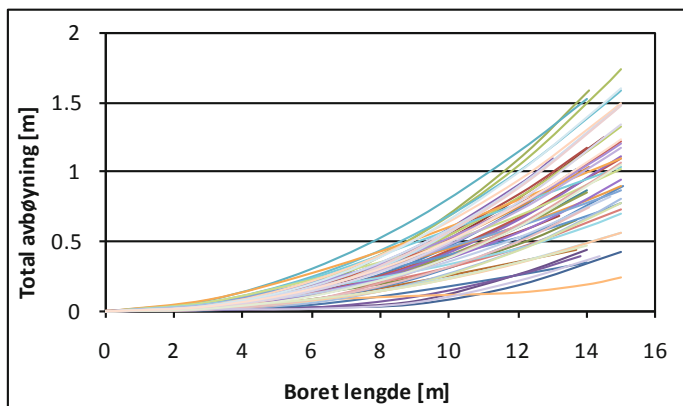
Borhullslengden har stor innflytelse på avbøyningen. Innretningsavvik vil øke lineært med hulldybden, avbøyning, derimot, vil øke som en andregradsfunksjon. Dette innebærer en betydelig økning i avbøyning ved for lange borhull.

Geologien har selvfølgelig stor innvirkning på bestemmelsen av pallhøyden og avbøyning. I noen formasjoner vil det være lite avbøyning, selv på 20 m pall. I andre tilfeller vil man ha alvorlige problemer allerede ved 7 – 10 m pallhøyde.

I mange tilfeller vil endring av pallhøyde kreve større driftsmessige justeringer. Nedpalling er krevende, og sprengningsteknikken må tilpasses. Optimalt lasteutstyr vil også til en viss grad endres ved endret pallhøyde.

Endring av pallhøyde kan være ressurskrevende både administrativt og praktisk.

Logging av borhull viser at avbøyningen i svært mange tilfeller følger en annengradsfunksjon. Dette innebærer at avviket øker mer og mer jo lengre borhullet er. Ved å redusere pallhøyden vil man også redusere avbøyningen.



Figur 10 Avbøyning som funksjon av hullengde [5].

Andre forhold

Ved boring gjennom sylte vet ikke borkronen hvordan overflaten er når borkrona treffer fast fjell. Dersom man treffer ugunstig på et skrått parti med fast fjell vil borkrona skli, som nevnt over. Det vil ved alle tilfeller være viktig å redusere slagtrykket og matetrykket til man er sikker på at man er i fast fjell.

Vinkelen på borhullet kan til en viss grad påvirke avbøyningen. Dette oppstår først når kastvinkelen overstiger 15°. Da vil gravitasjonskreftene medføre at borstrengen henger som en klesnor, og borkrona vil tendere til å bore oppover! Boring i lodd gir liten virkning på avbøyning. Det man imidlertid ser er at det kan gi positiv effekt på innretningsavviket.

Potensiell avbøyning

Det er gjort mange avviksmålinger av borhull de seneste årene. De fleste målingene blir brukt internt på anlegg eller i pukkverk uten videre dokumentasjon. Det finnes for øvrig en god del målinger som kan gi en pekepinn på hva som er mye, middels og lite avbøyning.

En tommelfingerregel sier at man kan planlegge med kurver på 60 m radius under retningsstyrt kjerneboring med 51 mm diameter borstreng. Dette gir 5% avbøyning ved 6 m hulldyp, 10,1 % ved 12 m og 15,4 % ved 18 m hulldyp, som gir hhv 0,3 m, 1,2 m og 2,8 m i absolutt avbøyning. Dette må ikke ses på som maksimalverdier, selv om man ved redusert radius vil oppleve en betydelig økning i antall stangbrudd.

Tommelfingerregelen stemmer for øvrig godt med de undersøkelser Olsen (2009) har utført. Her ligger de største enkeltmålingene for avbøyning med 51 mm stang på hele 14 %, ved 13 m hulldyp (1,8 m). Tilsvarende er det for 45 mm stang er målt oppimot 25 % avbøyning på samme pallen (3,2 m).

Det er relativt sjelden at slike verdier måles, men det er også svært sjelden at borhull har null avbøyning.

GJENNOMSNIITTLIG AVBØYNING	KATEGORI	KOMMENTAR
< 3 %	Lite	Potensialet for besparelser er lavt. Enkle tiltak kan prøves.
4 % - 6 %	Middels	De fleste steinbrudd ligger her. Enkelt avvik kan være betydelig større og innebære sikkerhetsrisiko. Omfattende tiltak kan lønne seg om enkle tiltak gir/har gitt begrenset resultat.
> 7 %	Mye	Tiltak bør iverksettes snarlig på grunn av sikkerhet. Driften er trolig plaget med mye storstein og knøl

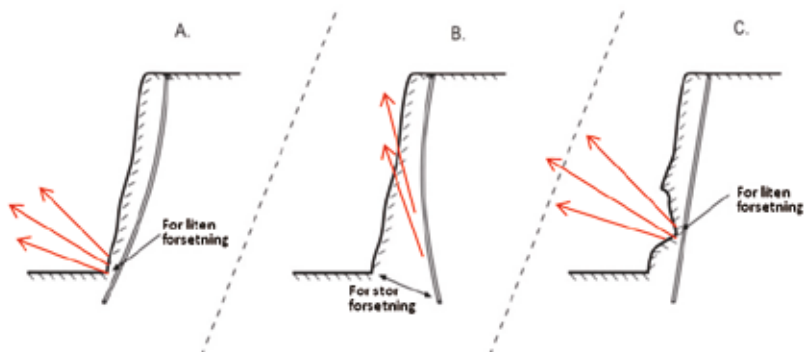
Tabell 1 Kategorisering av avbøyingsavvik (utsetting og innretting er ikke med). Eksempel for 12 – 15 m pall.

4 Sikkerhet

Unøyaktig boring har utvilsomt en negativ effekt på sikkerheten innen sprengning, hovedsakelig med tanke på ukontrollert kast av bergmassen. Andre effekt er knyttet til økte rystelser og luftsjokk.

All sprengning over jord innebærer en risiko for skader på nærliggende bygninger og infrastruktur, og i verste fall skader på mennesker. Årsaken til hendelser med sprut fra salver skyldes i hovedsak for høy energimengde i et gitt område av bergmassen. Er forsetningen for liten vil sprengstoffets energi være større enn det som trengs for å bryte løs fjellet, og overskuddsenergien vil kaste bergmassen ukontrollert.

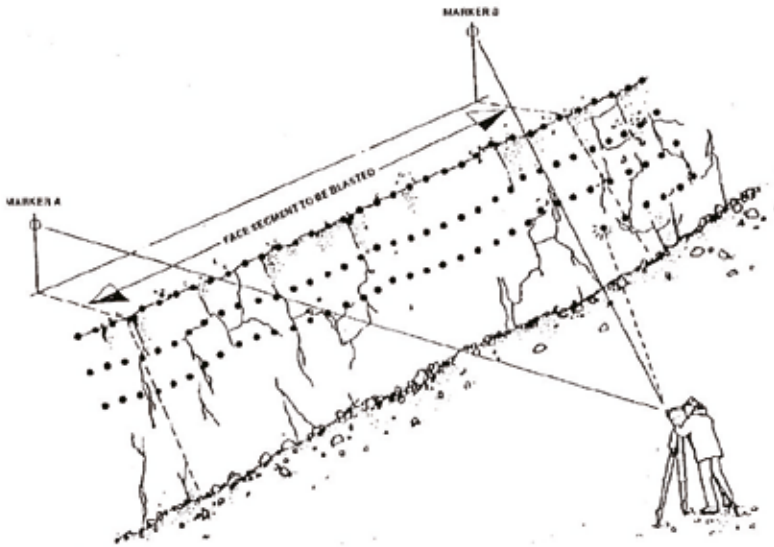
På den andre siden så vil for stor forsetning medføre for lite energi til å bryte ut berget foran borhullet. Eksplosjonsenergien vil da ta minste motstands vei, som er oppover langs borhullet. I toppen vil energien utløses, og det oppstår sprut fra toppen av pallen. For stor forsetning vil gjøre berget mer innspent, og dette vil også øke rystelsene. Utblåsninger kan gi ekstra luftsjokk.



Figur 11 (A) Avbøyning framover forårsaker for liten forsetning.
(B) Avbøyning bakover forårsaker for stor forsetning.
(C) Hakk i stoffen gir for liten forsetning selv om borhullet er boret rett.
Pilene angir sannsynlig retning på sprut [2].

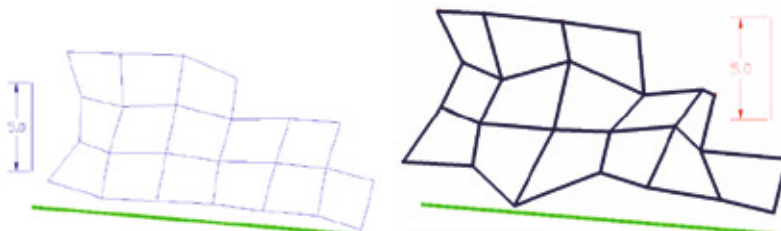
Måling av avvik gjør det mulig å kompensere for varierende forsetning ved å endre på ladningsmengden eller eventuelt bore nye hull. Avviksmåling alene er ofte ikke nok, og bør supplementeres med scanning av stoffen. Ujevn stoff pga bakbrytning fra forrige salve er ikke uvanlig. Visuelt vil man kunne kartlegge store hakk eller knøler i stoffen, og man kan justere hullplasseringen før boring. Mindre, men kritiske ujevnheter kan være vanskelige å oppdage. I slike tilfeller kan rette hull være vel så farlige som avvikende hull. Se Figur 11.

Scanning av stoffen bør utføres før boring, slik at man kan ta høyde for ujevn stoff og plassere borhullene mer optimalt i første rast. Ofte kan dette være vanskelig da røysa fra foregående salve ligger foran pallen under boring. Alternativet vil da være å redusere ladningsmengden og fylle i sand i utsatte hull.



Figur 12 Eksempel på oppsett for scanning av stuff (Illustrasjon: MDL).

Ukontrollert sprut er normalt knyttet til første og andre rast i ei salve. Rystelser fra unøyaktig boring kan for øvrig oppstå fra hvor som helt i salva. Tilsynelatende korrekt bormønster i toppen av ei salve kan være betydelig forskjøvet og vridd i bunnen av salva. Se Figur 13. Sprikende bormønster vil medføre høyere innspenning og økte rystelser, så vel som knøl og dårlig fragmentering. Områder med for liten avstand mellom borhullene vil gi mere finstoff, kraftigere bakkbrytning og ustabile pallvegger.



Figur 13 Ugunstig bormønster i bunn av salva [6].
Venstre/Høyre: Topp/bunn-koordinater. Grønn strek indikerer stoffen.

Mistanke om avbøyning under boring

Avviksmåling med sonde er noe man ofte gjennomfører når man vil vil forsikre seg om at hullene i f.eks. førsterasta er tilnærmet som planlagt, eller man har mistanke om at et eller flere borhulle har ”dratt av gårde”.

En dyktig boroperatør vil kunne fatte denne mistanken basert på forskjellige observasjoner under boring.

- Rotasjonstrykket øker
- Stengene blir vanskelige å slå løs
- Borstreng roterer i klypa under boring
- Bortårnet må etterjusteres (borkrona sklir ved påskråming)
- Varmgang i stenger

På sikt vil det også merkes på unormalt høyt borstålsforbruk.

Vanligvis iverksetter boroperatøren tiltak underveis når slike ting observeres på enkelthull (reduisert slagverkstrykk og matetrykk osv.) Er det et generelt problem må man kanskje sette i gang med noen mer omfattende tiltak. Avviksmåling som ledd i å kartlegge omfanget er da vanlig. Valg av tiltak må da gjøres ut ifra praktisk gjennomførbarhet på og økonomi. Her vil størrelse på jobb og lengde på arbeidet påvirke løsningen. I store steinbrudd og gruver vil man f.eks ha et mer langsiktig perspektiv enn for små steinbrudd og tidsbegrensede anlegg.

5 Økonomiske forhold

Vanligvis benyttes avviksmålinger av borhull for å øke sikkerheten med tanke på sprut. Sett i et lengre perspektiv bør det være et mål i seg selv å bore rette hull. Dette vil ikke bare øke sikkerheten, men det vil også kunne gi økonomiske fordeler. Det er flere forhold som vil gi bedre økonomi:

- Mindre boring
 - Økt bormønster pga bedre kontroll på forsetningen og hullavstander i bunn av salva.
 - Færre bormeter pga bedre fordeling av sprengstoffet i berget.
 - Underboring reduseres.
 - Reduksjon av spesifikk ladningsmengde.

- Forbedret boreprosess
 - Borstålslevetiden økes.
 - Færre stopp pga brekkasje
 - Redusert heft ved stangskifte og løsgjøring av stenger
 - Problemer med fastboring reduseres.

- Bedre sprengningsresultat
 - Bedre fragmentering
 - Mindre finstoff (vrakmasser eller lavprisprodukter)
 - Mindre pigging
 - Spretting av knøl reduseres
 - Bedre lasteforhold
 - Mindre innblanding av gråberg (spesielt gruver)
 - Redusert overmasse (spesielt i skjæringer)
 - Økt stabilitet i bakvegg (større utnyttelse forekomst og mindre sikring)

Det er gjort flere kostnadsestimater vedrørende boring av rette hull:

Nielsen (1996) estimerer en total kostnadsreduksjon på 7 kr/t (20%) for et pukkverk ved å øke borhulldiameteren og bore rettere hull [7].

Sandvik AS (1989) har beregnet kostnadspotensialet for boring og lading til å være 10-15 % under medium avviksforhold [8].

Karlson (1990) har beregnet det totale sprengningspotensialet til å være 19 % ved å redusere den gjennomsnittlige avbøyningen fra 7 % til 0 % i et gitt steinbrudd [9].

Olsen (2009) oppsummerer tilsvarende beregninger gjengitt i Tabell 2 under [2]. Tabell 2

REDUKSJON AVBØYNING	EFFEKT	KOSTNADSEFFEKT
8 % to 2 %	13.5 %	5.2 kr/fm ³
5 % to 2 %	7.0 %	2.7 kr/fm ³

Tabell 2 *Totale kostnadsbesparelser (stein levert knuser) som følge av redusert avbøyning. Grunnlag kostnad stein levert knuser 38,5 kr/fm³.*

Potensialet vil variere fra steinbrudd til steinbrudd ut fra geologi, boreutstyr, driftsopplegg og aktuell ressurs. Det er likevel udiskutabelt at det å bore rette hull er god økonomi, i tillegg til at det gir en sikrere drift!

Referanser

- [1] Sinkala T. (1989). Hole deviation in percussion drilling and control measures: theoretical and field studies. Doctorial thesis no. 1989:74D. Division of Mining Equipment Engineering, Luleå University of Technology, Sweden.
- [2] Olsen V. (2009). Rock Quarrying – Prediction Models and Blasting Safety. Doctoral Thesis, 2009:96 (1), Institutt for bygg anlegg og transport, NTNU, Norge.
- [3] Broch E. og Nilsen B. (1996). Ingeniørgeologi – Fjell. Kompendium. Institutt for geologi og bergteknikk, NTNU.
- [4] Norsk Forening for Fjellsprengningsteknikk (2003). Sikker sprengning i dagen. Teknisk rapport 03.
- [5] Bakketun T.S. og Gården R. (2005). Sikker boring gjennom sylta. Masteroppgave, Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU.
- [6] Spilling E. (2004). Boravviksmåling. Masteroppgave, Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU.
- [7] Nielsen K. (1996). Finstoffdannelse ved pallsprengning – Konsekvenser av unøyaktig boring. Konferanseartikkel 11.2, Fjellsprengningsdagen 22. november 1996 i Oslo.
- [8] Tamrock (1989). Surface Drilling – Know-how and equipment.
- [9] Karlsson F. (1997). Improved Drillhole Quality in Quarries. Examensarbete 1997:105 CIV. Division of road and hydro power engineering, Luleå University of Technology, Sweden.

Håndbøker fra NFF

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

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

- 01: Redningskammer for underjordsdrift
- 02: Diesel under jord. Sluttrapport fra forprosjektet.
- 02E: Diesel Underground – a project report.
- 03: Sikker sprengning i dagen.
- 04: Plastmaterialer i tunneler og bergrom – sikker håndtering i anleggsfasen.
- 05: - Informasjon, takk! Råd og tips om kommunikasjon i en anleggshverdag.
- 06: Sikker boring gjennom sylte.
- 07: Diesel under jord
- 08: Sikkerhet ved berginjeksjon
- 09: Behandling og utslipp av driftsvann fra tunnelanlegg
- 10: Rescue chamber for underground work. Transl. of techn.rept 1

Norwegian Tunneling Technology

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

Fjellsprengningsdagen (Høstkonferansen)

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

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



NORSK FORENING FOR
FJELSPRENGNINGSTEKNIKK

e-post: nff@nff.no

ISBN 978-82-92641-22-4