

Sikker sprengning i dagen



FORORD

For Norsk Forening for Fjellsprengningsteknikk (NFF) er det sentralt å engasjere seg i arbeid som kan utvikle og styrke norsk bergteknologi. Dette arbeidet skjer i nært samarbeid med bransjen

Utviklingsarbeider i regi av NFF gjøres kjent gjennom utvidelse av håndbøker eller tekniske rapporter.

Utviklingskomiteen i NFF har som en del av sin handlingsplan etablert et samarbeid med NTNU for å kunne benytte studenter i utviklingsoppgaver. Denne tekniske rapporten har som formål å gi enkle tekniske retningslinjer for hvordan sprengning i dagen kan foregå på en sikker måte for omgivelsene. Målet har vært å lage grunnlag for rutiner som reduserer faren for at skader skal skje.

Prosjektleder har vært Vegard Olsen v/NTNU-IBAT (Inst. for Bygg Anlegg og Transport). Arbeidet har i hovedsak vært utført av Eivind Hegbom v/NTNU-IBAT. Arbeidet er basert på data og studier i hovedoppgave ved NTNU-IBAT utført av Jan Remø og Eivind Hegbom (2002). Prosjektleder har rapportert til Utviklingskomiteen v/ Knut Petter Netland, Norstone.

For kvalitetsikring har det vært benyttet en referansegruppe som har bestått av følgende representanter fra forskjellige bedrifter:

- Freddy Larsen, Franzefoss Bruk
- Jan Kristiansen, Dyno Nobel
- Tom Richard Olsen, Mesta
- Sigbjørn Lian, DBE
- Ståle Nilsen, T. Stangeland Maskin

NFF, Utviklingskomiteen

September 2003

ENGLISH SUMMARY

For surface blasting it is essential that the works can be carried out in a safe way for the whole community. This report is focusing on the main topics influencing safety of such works and is addressed to planners as well as those actually executing the blasting.

The report is dealing with factors influencing the risk of flyrock, noise, air-shock, gasses, dust and vibrations as well as proposals on how such risks can be reduced. In addition the report contains a review of the requirements for documentation and possible methods of measurements.

Provided that it is used by personnel having adequate competence and understanding of limitations, this report may be an efficient tool for increasing safety.

INNHold

ENGLISH SUMMARY.....	2
FORORD.....	3
1 INNLEDNING	5
2 SPRUT	6
2.1 BØRING.....	6
2.1.1 SIKKERHET MOT PÅBORING AV SPRENGSTOFF	6
2.1.2 HULLDIAMETER.....	6
2.1.3 HULLAVSTAND (E) OG FORSETNING (V)	6
2.1.4 HULLPLASSERING, MØNSTER	7
2.1.5 PALLHØYDE & STIVHETSTALL.....	7
2.1.6 HELNING AV HULL.....	8
2.1.7 BORAVVIKSKONTROLL	8-9
2.2 LADING	10
2.2.1 DEKNING.....	10
2.2.2 TENNERPLASSERING.....	11
2.2.3 KONTROLL AV LADESØYLE.....	11
2.2.4 FORDEMNING	11
2.3 GEOMETRI.....	12
2.3.1 BRUK AV NATURLIG AVSKJERMING	12
2.3.2 INNSPENNING.....	12
2.3.3 BEREGNET MAKSIMAL KASTLENGDE.....	13
3 STØY/LUFTSJOKK	13
3.1 KILDER TIL STØY/LUFTSJOKK.....	13
3.1.1 KONSEKVENSER.....	13
3.2 REDUKSJON AV PROBLEMER VED STØY/LUFTSJOKK	14
4 STØV/GASSER.....	14
4.1 STØV.....	14
4.2 GASSER.....	15
5 VIBRASJONER	15
5.1 VIBRASJONER PÅVIRKES AV	15
5.2 VIBRASJONER REDUSERES MED	16
6 DOKUMENTASJON.....	16
6.1 SPRENGNINGSPLAN.....	16
6.2 SALVEPLAN.....	17
6.3 BORRAPPORT	17
6.4 SALVERAPPORT.....	17
6.5 BYTTE AV MANNSKAP.....	17
7 MÅLEMETODER	18
7.1 SPRUTKILDER.....	18
7.2 VIBRASJONER.....	18
7.3 LUFTSJOKK	18
8 PROBLEMLØSER	19
9 REFERANSER:.....	21

1. INNLEDNING

Forutsetningen for at vi skal kunne utføre sprengningsarbeider her i landet, er at det kan skje med en for samfunnet akseptabel risiko. Risikoen vil alltid veies opp mot samfunnsnyttene, men jo flere uønska hendelser, jo større press vil det bli på å stramme inn på regelverket knyttet til bruk av sprengstoffer.

Enhver bruker har derfor et ansvar, ikke bare ovenfor seg selv og sin arbeidsgiver, men også ovenfor samfunnet og bransjen, til å bevisst planlegge og utføre arbeidet på en slik måte at uønska hendelser ikke forekommer.

Denne rapporten omtaler de viktigste parametrene som skal og må tas hensyn til for at sprengningen skal kunne skje på en forskriftsmessig og sikker måte.

Forskriften fra DBE av 26 juni 2002 legger til forskjell fra tidligere betydelig ansvar på utførende brukers virksomhet og på byggherren. Det betyr at de problemstillinger som denne rapporten omtaler er aktuelt for de som både planlegger, får utført og utfører sprengningsarbeider.

2. SPRUT

Sprut har de senere årene vært den vanligste årsaken til dødsulykker og alvorlige ulykker knyttet til sprengning. Grunnen til dette kan være vanskeligheten med å forutsi sprutproblemer ved den enkelte salve og at den enkelte har for lite kunnskap om de mekanismene som fører til sprut.

2.1. Boring

2.1.1. Sikkerhet mot påboring av sprengstoff

Fjellet skal være sikret mot påboring av gammelt sprengstoff. Når man borer på steder hvor det ligger sylte, må man normalt renske fjellet for løsmassene mellom overflaten på pallen, og overflaten av fast fjell. Enkelt forklart er sylte de massene som ligger igjen på pallen etter at et overliggende nivå har blitt sprengt, og etter at det meste av massene er blitt fraktet bort. Med andre ord de massene som det er vanskelig å fjerne med hovedlastestyret.

Hvis det velges å bore gjennom sylta, vil dette kreve en risikovurdering for å kunne dokumentere at det er sikkert.

2.1.2. Hulldiameter

Ved økende hulldiameter oppnår man øket risiko for sprut ved sprengning ved at:

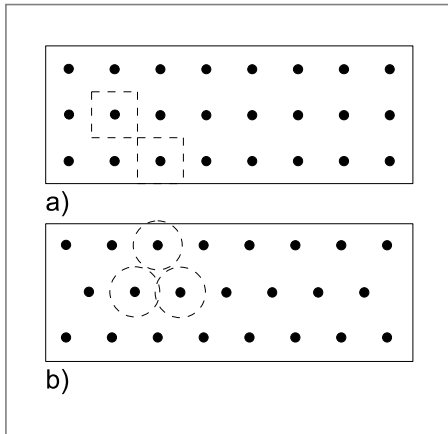
- Økende hulldiameter, øker mengden sprengstoff som brukes og dermed energimengden som skal omsettes ved sprengningen. Spesifikk sprengstoffmengde, eller enhetsmengden, går opp.
- Ved økt diameter blir hullene plassert i et grovere mønster, som fører til mer innspenning.
- Borutstyret blir større, tyngre og mindre manøvrerbart, og kan derfor gi redusert nøyaktighet ved ansett.
- Korte grove hull og svakheter i berget kan gi overraskelser ved at innspenningen blir liten, og sprut kan bli resultatet.

Økende hulldiameter kan også gi en redusert risiko for sprut, knyttet til det at økende hulldiameter vil gi rettere hull forutsatt bruk av riktig utstyr.

2.1.3. Hullavstand (E) og forsetning (V)

Hullavstand og forsetning må være tilpasset bergforhold, sprengstofftype og hulldiameter. Er forholdet feil, kan sannsynligheten for frontsprut øke, eller man kan få dårlig framkast og mye toppsprut.

Ved økende andel sprekker bør forsetningen V økes slik at E/V forholdet reduseres for å dempe utblåsninger i stuffveggen som kan forårsake sprut. Det kan være gunstig å forskyve hullmønsteret rastvis, fig.1b). Dette gir bedre fordeling av hullene slik at hvert hull får et "rundere" areal det skal sprengte ut (avstand til alle nabohull blir jevnere). Man kan også regne med at forsetningen blir noe større fordi sprengstoffet i et hull rett foran det gjeldene hullet ikke har detonert.



Figur 1: Forskyving av hullmønsteret gir jevnere fordeling av sprengstoffet.

2.1.4. Hullplassering, mønster

Forskriften setter krav til at hullmønster skal dokumenteres på forhånd i salveplanen. Avvik fra denne skal ved alle tilfeller dokumenteres, og ny risikovurdering skal utføres. Det er skytebasen som skal godkjenne en slik forandring. Er avviket av sikkerhetsmessig betydning må virksomhetens ansvarshavende godkjenne korrigerende tiltak.

Bormønsteret må være tilpasset de aktuelle bergforhold. Både bergart og sprekkeforhold må vurderes for å unngå overlading. Grunnlag for utregning av bormønster kan finnes i litteraturen /4/, /5/,/6/,/7/.

Skytebasen skal sjekke at boringen er utført etter planen før borrhiggen kjøres bort. Finnes det feil etter at riggen er kjørt bort, vil feilen ofte ikke bli rettet opp fordi dette koster tid og penger.

GPS-posisjonering på riggen med forhåndsbestemte koordinater for hvert hull vil kunne effektivisere boreprosessen, og øke nøyaktigheten på hullplasseringen og dybden. Slike systemer er i skrivende stund lite utbredt, men er på vei ut til markedet.

2.1.5 Pallhøyde & stivhetstall

Pallhøyden påvirker sprutfaren på følgende måte:

Økt pallhøyde gir:

- Økt hullavvik .
- Mindre innspenning .
- Mulighet til større uladet lengde.

Lave paller og stor borhullsdiameter gir større mulighet for sprut. Ved å vurdere forholdstallet mellom pallhøyde og forsetning (pallhøyde /forsetning), også kalt stivhetstallet, kan man si noe om faren for uønskede hendelser som luftsjokk, rystelser og sprut/6/, samt fragmenteringsgraden. Ved lavt stivhetstall, under 2, har man ugunstige sprengningsforhold. Man kan få problemer som dårlig fragmentering, kraftig luftsjokk, store rystelser og steinsprut. Man bør her utarbeide en gunstigere sprengningsplan! Stivhetstall på over 3 gir som regel gode resultater.

2.1.6. Helning av hull

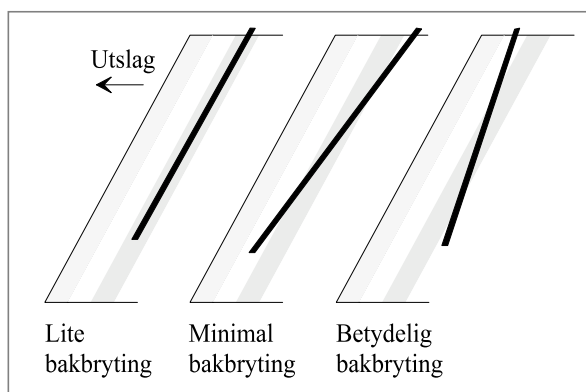
Stuffveggen som skal sprenges ut er sjelden vertikal. Den heller slik at forsetningen blir større ved bunnen av stuffveggen når hullene ikke borres på kast. Dette kan føre til at man får stor innspenning i bunnen som kan føre til sprut og knølproblemer. Det er vanlig med et kastforhold på 10:1-5:1 (6° - 11°). Ved tungt framkast (stor innspenning) kan denne vinkelen økes.

Bakbryting vil kunne reduseres ved å velge rett kastvinkel /3/.

Hvis fjellet har naturlig lagdeling/sprekker parallelt med stuffretningen med fall på mer enn 60° , vil bakbryting bli redusert hvis det bores med kast som er lik, eller større enn, fallet til lagdelingen, fig.2.

For å redusere frontsprut, er det viktig å redusere bakbryting slik at stuffveggen gir nok og jevn forsetning for neste salve.

2.1.7. Boravvikskontroll



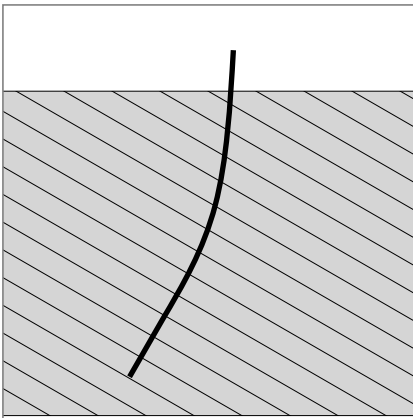
Figur 2: Riktig kastvinkel kan gi redusert bakbryting, og dermed redusert sannsynlighet for sprut.

Det er viktig at borhullene har den planlagte retningen. I hvilken grad dette stemmer er avhengig av flere faktorer.

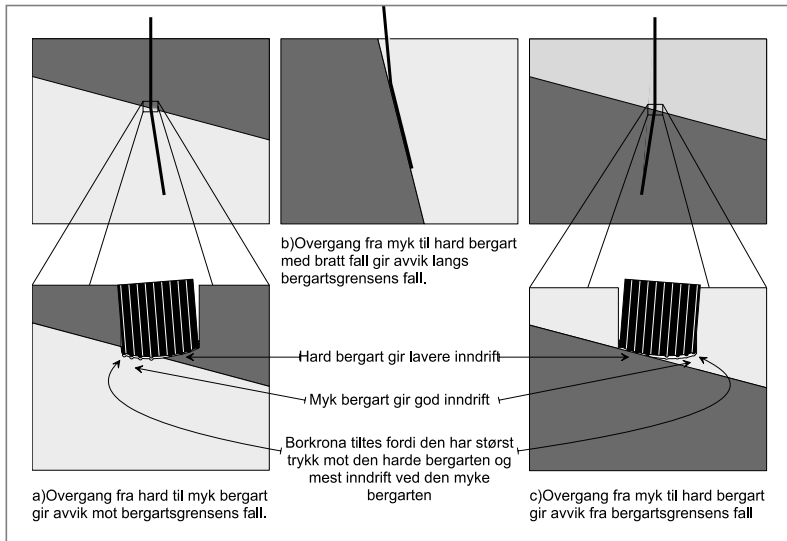
- Bergart, mineralsammensetning
- Sprekker, slepper og fjellets struktur
- Helningsvinkel til hullet (kast)
- Borhulldiameter
- Stivhet i borstålet
- Matetrykk
- Vedlikehold av borrygg
- Nøyaktighet på ansett, vinkel eller merking
- Borkronedesign

De to første faktorer kan man ikke gjøre mye med. Det er likevel viktig å forstå hvordan de påvirker retningen til et borhull. /2/

- I myke og medium harde bergarter kan det bli borhull avvik fordi hullet utvides av friksjon mellom borstang og hullvegg. Større hull gir større bue på borstålet og dermed skeivt slag mot hullbunn. Dette er avhengig av bl.a. matetrykk og forholdet mellom borkronediameter og tykkelse på borstang. Andre geologiske faktorer er mindre fremtredende som årsak til avvik.
- For hardere bergarter vil sprekker, slemper og fjellets struktur kunne gi betydelig avvik avhengig av orientering i forhold til ønsket hullretning. Fig. 3.
- Ved grenser mellom en hard og en bløt bergart vil man få avvik med samme retning som fallet. Motsatt ved overgang fra myk til hard bergart. Fig. 4 a) og c)
- Hvis vinkelen mellom sprekker/bergartsgrenser og hullaksen er liten, vil hullet ofte avvike slik at det får samme retning som sprekkenes/grensen Fig. 4 b)
- Kort avstand mellom sett av sprekker/bergartsgrenser kan øke avviket.



Figur 3: Borhullsavvik ved oppsprukkede bergarter



Figur 4: Borhullsavvik ved overgang mellom bergarter med forskjellige borbarhetsegenskaper.

2.2. Lading

2.2.1. Dekning

Statistikk fra DBE viser at manglende dekning er en av de hyppigste årsakene til uønskede hendelser.

Det er meget viktig at dekning er med i planleggingsfasen. Hvis man finner ut at man trenger dekningsmaterieell uten at det finnes på anlegget, er sjansen mindre for at man skaffer dette.

Det er viktig at dekningsmatter legges slik at sprenggassene kan slippe ut. Gjøres ikke dette, kan det føre til at mattene kastes bort av trykket fra sprenggassene før de rekker å fange opp sprut fra salva. Mattene bør syes (koples) sammen til en stor matte med for eksempel tykt tau. For å hindre små steiner fra å sprute kan man benytte industrifilt sammen med tunge matter. Mattene skal forankres i bakkant av salven med fjellbolter. Det er viktig at mattene ikke ligger for stramt slik at sammenføyningene i mattene ødelegges ved sprengningen.

En god måte å dekke stoffen på er å legge tilbake masser fra forrige salve. Massene må ikke ligge urørt fra forrige salve. Det er meget viktig at man har avdekket hele stoffen, slik at man vet dens tilstand og om det er betydelig bakbryting, sprekker osv. som kan ha betydning for forsetningen av første rast.

Gjenliggende sylte (eller andre masser) på pallen vil fungere som god dekning. Hvis man skal benytte seg av sylta som dekning er det viktig at man har oversikt over hvor tidligere ladninger (fra overliggende pall) har vært, og at det ikke ligger igjen noe sprengstoff i sylta før man starter boringen. Det vil i fremtiden komme systemer som forbedrer denne kontrollen. Man er nå avhengig av en grundig risikovurdering hvis man velger å bore gjennom sylta.

2.2.2. Tennerplassering

Tenneren skal plasseres slik at man sikrer omsetning av alt sprengstoff i hvert hull, og i hele salva.

Det er veldokumentert at topptenning gir mer toppsprut. Spesielt i første rast kan denne toppspruten være kritisk da kastvinkelen ofte blir på skrå framover og dermed optimal for lange kast. Ved lang rastvis forsinkelse vil man kunne få denne effekten på hver rast.

Ulempen ved bunntenning er som nevnt at følsomt sprengstoff kan stå igjen i sålen. Dette sprengstoffet kan senere gå av ved påboring. For å unngå dette, kan man plassere tenneren/primeren over planlagt sålenivå. Dermed vil man få bunntenningens reduserte toppsprut, og topptenningens sikkerhet mot gjestående følsomt sprengstoff.

2.2.3. Kontroll av ladesøyle

Kontroller alltid lengden på ladesøylen før man fordemmer hullet.

Hulldybden kan enkelte ganger være usikker. Slurry sprengstoff ekspanderer i borhullet, og lengden på ladesøylen må kontrolleres.

Sprengstoff som er for høyt i hullet skal fjernes.

Det kan også tenkes at sprengstoff renner ut i svakhetssoner i berget noe som kan gi overlading dersom en ikke har kontroll på mengden sprengstoff som går i hullet.

For å hindre at det oppstår toppsprut er det meget viktig at ladesøylen ikke er høyere enn planlagt. Dette gjelder spesielt for første rast. Her er forsetningen ofte liten, og utkast av stein vil kunne få optimal vinkel for maksimal kastlengde. Dette kan ansees som en av de farligste kilder til sprut!

2 setninger om forsinkelsens betydning, dvs. for kort eller for lag for lang forsinkelse mellom hull/raster kan medføre sprut

2.2.4. Fordemning

Det er viktig å bruke rett fordemningsmateriale. Borkaks kan ikke karakteriseres som tilfredsstillende, det er alt for finkornet. Godt egnet er knust stein med midlere diameter 1/20 (5 %) av hulldiameter.

Tabell 1: Kornstørrelse for fordemningsmateriale og volum for en meter borhull

Hulldiameter Mm	Tommer	d50 mm	Volum per L/m meter hull
38	1,5	2	1,1
76	3	4	4,6
89	3,5	4	6,2
152	6	8	18,2
241	9,5	12	45,7
320	12,5	16	79,2

Som en bekreftelse på at den uladete lengden er det som man har kontrollert (se kap. 2.2.3), kan man måle hvor mye pukkk som det er plass til i hullet. Dette er vist i Tabell 1. Når man får plass til 12,4 liter pukkk i et 3,5 tommers hull, vet man at fordemningsøylen er 2m høy (6,2 liter pukkk per meter). Avviker ulada lengde fra det som er planlagt, må avbøtende tiltak settes inn.

2.3. Geometri

2.3.1. Bruk av naturlig avskjerming

Ved utarbeidelse av sprengningsplaner og arbeidsprogresjon bør man prøve å benytte den naturlige sikring som er tilstede. Man kan sette igjen bergknauser eller vegetasjon/trær som kan gi beskyttelse for både sprut og luftsjokk.

2.3.2. Innspenning

Bergmassene som sprenges utvider seg i volum (teoretisk ca. 50%). Det er viktig at denne utvidelsen foregår som planlagt. Finnes det ingen frie flater hvor fjellet kan bevege seg horisonstalt, vil denne utvidelsen skje oppover og føre til sprut. Det er flere kilder til innspenning:

- Geometrisk innspenning
- Tidsinnspenning
- Innspenning pga feil ved detonasjon av andre hull (pil)

Geometrisk innspenning kommer av at fjellmassene ikke har nok frie flater hvor volumet kan økes fordi fjellet rundt er intakt. Dette er ofte tilfelle i hjørner. Ved slik innspenning vil en større andel av energien utløses oppover.

Tidsinnspenning kommer av at tidsforsinkelsen mellom rastene er for liten. Det fører til at rastene bak første rast ikke får nok plass til å utvide seg. Dermed går mye av energien til å kaste stein oppover. Forsinkelsen som bør brukes er avhengig av sprengstofftype og mengde, lydshastigheten i fjellet, høyde på pall, ønsket røysprofil og fragmentering, og spesielt forsetningen.

- Korte forsinkertider gir
 - høyere røys
 - mindre framkast
 - mer bakbryting
 - kraftigere vibrasjoner og luftsjokk
 - større fare for toppsprut
 - redusert fragmentering
- Lengre forsinkertider gir
 - mindre fare for toppsprut
 - økt fragmentering
 - reduserte vibrasjoner og luftsjokk
 - redusert bakbryting
 - lav røys med langt framkast

Man kan ved normale forhold regne 7ms/m som kort og 20 ms/m som lang forsinkelse. Holder man seg på rundt 10-13 ms/m, (dvs. 10 til 13 ms forsinkelse per meter forsetning,) vil man i de fleste tilfeller oppnå et godt resultat. Ved uttesting av forsinkertid er det gunstigst å starte med for lange forsinkertider, for deretter å forkorte tiden til ønsket forsinkelse er funnet

2.3.3. Beregnet maksimal kastlengde

Tabell 2: Beregnet teoretisk maksimal kastlengde og fragmentstørrelse ved maks. kast /1/

Hulldiameter		Beregnet	Teoretisk
Tommer	Mm	kastlengde	fragmentstørrelse ved denne kastlengde
1		25	260 m 10 cm
2	51	430 m	15 cm
3	76	570 m	20 cm
5	127	820 m	30 cm
10	254	1300 m	50 cm

Det er viktig å merke seg at disse verdiene er beregnet på grunnlag av betingelser som ofte ikke stemmer i virkeligheten. Dette gir ingen garanti for at stein ikke skal kunne kastes lengre. Tabellen viser at større hulldiameter gir lenger kast. Tabellen kan likevel gi et visst grunnlag for hvor langt man kan forvente kast, men må ikke brukes blindt!

3. STØY/LUFTSJOKK

3.1. Kilder til Støy/luftsjokk

Det finnes flere kilder til Støy/luftsjokk. De viktigste er:

- Bevegelsen av stoffveggen presser frem luft. Dette gir lave frekvenser.
- Vibrasjoner i fjellet setter lufta i bevegelse, selv over noe avstand.
- Ventilering av sprenggasser gjennom det oppsprukne fjellet, gjennom fordemning, eller når fordemning er utblåst.
- Detonerende lunte, tennere, sprengstoff for spretting osv. som ligger i overflaten.

Hvilke frekvenser som kildene produserer varierer, generelt har det en sammenheng med gass/fjellhastighet. Større hastigheter gir oftest høyere frekvenser. Dermed kan man si at listen over kilder går fra lave til høye frekvenser.

3.1.1. Konsekvenser

Høye frekvenser, >200Hz, dempes raskt av avstand, vegetasjon, topografi. Luftsjokk er lyd med lave frekvenser, under 20 Hz, og er derfor ikke hørbar. Likevel kan de være svært merkbare på kroppen. I tillegg vil de lave frekvensene kunne sette materialer, for eksempel vinduer og servise, i bevegelse. Dette kan, sammen med vibrasjoner og kroppens følelse av luftsjokket, virke ubehagelig.

Kraftige luftsjokk kan skade/ødelegge vindusglass. Ved 140dB vil 1 av 10.000 vinduer ødelegges, ved 170dB vil de fleste ødelegges. Mennesker vil føle ubehag ved trykk over 140dB.

3.2. Reduksjon av problemer ved Støy/Luftsjokk

Følgende tiltak kan redusere disse problemene:

- Planlegg uttaket slik at eksisterende terrenget og vegetasjon kan brukes som støyskjerm.
- Avstand demper lydbølger. Ved dobbel avstand reduseres lydtrykket fire ganger.
- Planlegg salvene slik at pallfronten ikke peker mot naboer.
- Sørg for at borhull er rett plassert og uten avvik av betydning.
- Fordem med nok og rett materiale.
- Dekk tydelige sprekker/slepper med matter/steinfylling.
- Unngå å bruke sprengstoff på overflaten som for eksempel detonerende lunte. Ved store problemer med støy kan koblingsblokker dekket med fordemningsmateriale.
- Spreng på tider av døgnet med mye annen støy.
- Reduser mengde sprengstoff per intervall.
- Unngå å skyte ved ugunstige værforhold. Visse værphenomener kan redusere den geometriske spredningen av trykkbølgene. Vind kan "transportere" bølgene med seg. Hvis det er lite vind kan temperatursjikt i forskjellige høyder reflektere trykkbølgene. Lave tunge skyer kan virke på samme måte som temperatursjikt.
- Informer naboer. Når de er forberedt på at noe skal skje, vil det virke mindre voldsomt.

4. STØV/GASSER

4.1. Støv

Støv i luften kan oppføre seg på samme måte som gasser, men holder seg ikke svevende over lenger tid. Generelt vil som regel støvproblemet knyttet til sprengning være underordnet andre støvkilder på et anleggsområdet.

En spredningsvei for støv som kan skape problemer er bekker, og elver. Støvet vil her kunne gi misfarging og skape problemer for fisk og annet liv. Ved anlegg i nærhet av næringsvirksomhet knyttet til vassdrag og sjø vil støvforurensing av vann være et stort problem.

En støvkilde ved sprengning som lett kan fjernes er borkakset. Dette vil kunne redusere støvproduksjonen. Andre tiltak kan være å redusere bormønster og dermed sprengstoffmengde, eller velge et annet sprengstoff som gir ønsket resultat.

4.2. Gasser

I tunnel er det kjent at sprenggasser representerer et problem. Gassene er giftige, innholdet av CO, NO og NO₂ overstiger de administrative normene for arbeidsmiljø. I dagen er lufttilgangen god, og gassene blir raskt tynnet ut. Det er kun ved spesielle værforhold eller topografiske forhold at gassene vil gi problemer. Hvis det ikke er noe vind, eller meget svak vind, vil gassene tynnes sakte ut. Dermed kan de drive fra salva til et område den skaper problemer. Dette problemet kan forsterkes av topografien.

Dersom sprenggassspredning har noen betydning, er det da viktig å vite at emulsjons-sprengstoff gir minimalt med NO₂ gasser. En bør også unngå å sprengre ved ugunstige værforhold hvis det er knyttet for stor stor risiko til en gassky på avveie.

En annen faktor ved sprenggasser er gasser oppløst i vann. Disse kan i enkelte tilfeller forurense sensitive vannressurser. Man må utrede hvilke konsekvenser avrenning av nitrater fra sprengningsarbeider kan få. Man kan også få avrenning fra deponier av sprengstein. Kilder til de oppløste nitratene er detonert og ikkedetonert sprengstoff.

5. VIBRASJONER

Vibrasjoner er en vanlig kilde til klager. Dagens forskrifter fokuserer kun på at skader på bygg og installasjoner skal unngås. Mennesker kan føle vibrasjoner i nivåer som er langt under det forskriften tillater. Det er ikke uvanlig at vibrasjoner produseres i dagens samfunn. Det spesielle med sprengningsinduserte vibrasjoner er at de kommer plutselig, ofte uten forvarsel, og at de kan være kraftige. En slik overraskelse føles ubehagelig, selv om det ikke er noen stor fare for materielle skader.

Ved sprengning i nærheten av sensitive objekter er det viktig å beregne vibrasjonene, og dimensjonere salvene deretter. Norsk Standard NS 8141 bør benyttes ved beregning av vibrasjoner.

Generelt anbefales det å måle vibrasjoner for å kunne dokumentere nivået. Dette vil i tillegg til dokumentasjonen ha en umiddelbar effekt mnh antall klager. Når de berørte får en trygghet for at nivået ikke er skadelig, vil det redusere usikkerheten, og dermed klagingen.

5.1. Vibrasjoner påvirkes av

Vibrasjonsnivået er avhengig av:

- Avstand fra sprengningssted til målepunkt.
- Ladningsmengde per intervall.
- Innspenningsgrad.
- Fjelllets egenskaper.

5.2. Vibrasjoner reduseres med

Hvordan redusere problemer forbundet med vibrasjoner:

- Varsle i god tid før hver salve, og angi ett rimelig nøyaktig sprengningstidspunkt.
- Redusere ladningsmengde per intervall.
- Spreng salva i flere lag (dekk), dvs. del hullene horisontalt til to initieringsintervaller, det korteste øverst slik at ladningsmengde per intervall går ned.
- Redusere innspenning.
- Bruke mindre salver.
- Bruk et sprengstoff med lavere detonasjonshastighet

Forsøk viser at vibrasjoner kan dempes ved å sette borhullene på kast
Boring av søm kan også være effektivt ved kort avstand til vibrasjonssensitivt objekt.
Effekten av sømmen avtar ved større avstand til salve eller objekt som skal beskyttes.

Informasjon om vibrasjoner vil som regel være med på å redusere faren for klager.
Ved spesielt vanskelige forhold bør alternativer til sprengning vurderes

6. DOKUMENTASJON

6.1. Sprengningsplan

Forskrift om håndtering av eksplosjonsfarlig stoff av 26. juni 2002 krever at det utarbeides sprengningsplan for alle sprengningsarbeider. Både byggherre og den utførende virksomhet er ansvarlig for at dette utarbeides. Planene skal omfatte (for utdypende info, se veiledning til forskriften):

- Beskrivelse av ansvarsforholdene, organisasjon
- Utført risikovurdering, kartlegging av alle farlige forhold
- Arbeidstillatelsessystem
- Varslings og posteringsplan
- Salveplan
- Instruks for avviksbehandling
- Ansvar for utarbeidelse av salverapporter og innholdet av denne.

Disse planene skal være under kontinuerlig oppdatering og det er virksomhetens ledelse som er ansvarlig for at planen utarbeides kvalitetsmessig, at den etterleves og oppdateres.

6.2. Salveplan

Før hver salve påbegynnes, før den bores, skal det utarbeides en salveplan som med utgangspunkt i sprengningsplanen beskriver den aktuelle salven:

- Hullstørrelse, bormønster, hulldybder
- Sprengstoff og tennmidler
- Dekning, ev. risikovurdering for utelatelse av dekning
- Nødvendig utstyr, behov før oppstart
- Skisser av pall, tenningsopplegg.

Planen er omfattende, men kan med fordel standardiseres som utfyllingsskjema slik at alle forhold kommer med, og den blir rask å produsere, men likevel beholder kvaliteten. Ansvaret for utarbeidelse ligger på virksomhetens ledelse og godkjent bruker i fellesskap.

6.3. Borrapport

Forskrift om håndtering av eksplosjonsfarlig stoff av 26. juni 2002 setter krav til at skriftlig rapport fra boringen skal leveres til godkjent bruker (skytebas). Rapporten skal bl.a. beskrive avvik fra borplan. Poenget er her at skytebasen skal kunne korrigere for forhold som ikke er mulig å se i dagen, som for eksempel borhullsavvik, slepper, vann, galt kast med mer. Det er viktig at skytebasen mottar denne informasjonen (fra borriggoperatøren) før salven lades. Her ligger det en stor utfordring i å lage et raskt og godt rapporterings-system som dekker alle mulige avvik, men som likevel ikke er for omfattende og tidkrevende å fylle ut.

6.4. Salverapport

Det skal etter alle salver skrives en salverapport. Denne skal inneholde:

- Faktisk sprengstoff og tennerforbruk
- Sprengningsresultat
- Værforhold
- Evt. avvik og om disse er varslet

6.5. Bytte av mannskap

Det må lages systemer som viderefører opplysninger ved skiftbytte, slik at informasjon ikke går tapt eller ikke taes hensyn til før det er for sent. Dette gjelder også ved bytte av mannskap slik at det nye mannskapet raskt settes inn i rutiner og prosedyrer ved anlegget.

7. Målemetoder

7.1. Sprutkilder

- Hurtigfilmkamera
- Digital video, DV

Digitale videokameraer er billig i innkjøp. Kvaliteten på bildene er god nok til enkle analyser av sprutproblemer. Det er nyttig for skytebasen å se på opptak av sine egne salver, spesielt i forbindelse med opplæring av nye skytebasen.

Filming med hurtigvideokamera kan bestilles av forsknings-institusjoner. Analyse av opptakene gir en god indikasjon på hvordan tenningsopplegget fungerer og hvordan sprutproblemer oppstår.

7.2. Vibrasjoner

Vibrasjonsmålere kan leies eller kjøpes. De kan brukes til:

- å kontrollere rystelser.
- å beregne en modell som kan brukes til å forutsi rystelser ved senere sprengninger/8/.

Vibrasjonsmålere kan plasseres ut for å få en objektiv måling av hvilke rystelser en konstruksjon utsettes for.

Erfaringsmessig har de en ikke ubetydelig konfliktreducerende effekt, ved at de som blir utsatt for rystelser får se at rystelsesnivået ikke er farlig, og på den måten føler seg trygge.

7.3. Luftsjokk

- Mikrofon (opp til ca. 170db /9/)
- Piezoelektrisk trykkmåler (pz)

Det kan være en fordel å måle luftsjokk og vibrasjoner samtidig. Disse har relativ lik påvirkning på hus, og en samtidig måling vil kunne skille ut hva som skyldes luftsjokk. Enkelte vibrasjonsmålere kan samtidig utstyres med luftsjokkmåler.

8. PROBLEMLØSER

Problem	Resultat	Årsak	Mulig løsning
Sprut	Toppsprut, frontsprut	Manglende dekning	Øk antall matter, sy dem sammen, legg flere lag, bruk fiberduk i tillegg for å fange små fragmenter.
	Toppsprut, frontsprut	For mye energi	Reduser hulldiameter, øk hullmønster
	Toppsprut	For lite energi	Øk energimengde, reduser hullmønster
	Toppsprut	For lav pall	Øk pallhøyden
	Toppsprut	Tidsinnspenning	Øk rastvis tidsforsinkelse
	Sprut fra stuffen	For liten forsetning	Øk Forsetningen
	Lange kast	For liten uladet lengde	Øk uladet lengde, øk pallhøyde
	Toppsprut	Feil fordennings materiale	Ikke bruk borkaks. Bruk knust kubisk stein med størrelse nevnt tidligere i rapporten
	Sprut fra stuffen	Stort hullavvik	Reduser lading. Øk hulldiameter. Reduser matekraft. Øk borstaldimensjon. Reduser pallhøyde. Sørg for at utstyret er vedlikeholdt og at det fungerer. Øk kompetanse hos riggoperatør. Sørg for rett innmåling av borhull.
	Sprut fra stuffen	Bakbryting	Reduser hullavstand i bakerste rast. Reduser ladingsmengde i bakerste rast. Bruk slettsprengning.
	Toppsprut, lange kast, sprut fra stuffen	Tenner plassert i toppen	Plasser tenner i bunnen av hullet, eller rett over underboret nivå.

Problem	Resultat	Årsak	Mulig løsning
	Toppssprut, frontsprut	Innspenning	Øk antall frie flater. Finn nytt tenningsopplegg med ny kastretning og ethullstening. Planlegg salvene slik at innspenningen reduseres. Øk rastvis og sideveis forsinkelse.
Støy/ Luftsjokk	Føles ubehagelig for naboer. Kan skade vinduer.		Ethullstening. Begrens bruk av det.lunte. Begrens spretting. Dekk salve. Dekk tenningsblokker med sand el.lign. Spreng på et fast tidspunkt som er varslet hos naboer. Planlegg salvene slik at naturlige lydempere settes igjen (Trær, vegetasjon, topografi). Informer naboer om hva som skjer.
Vibrasjoner	Bygning-skader.	For store vibrasjoner.	Reduser ladningsmengde per intervall. Reduser innspenning. Reduser hullmønster. Reduser salvestørrelse. Øk kastvinkel. Bruk et sprengstoff med lavere detonasjonshastighet. Øk sprengstoffmengde hvis sprengningsresultatet er dårlig.
	Føles ubehagelig. Redd for huset sitt	Ikke forberedt på hendelsen, og ikke overbevist om at det er ufarlig	Informere naboer om farligheten av vibrasjoner. Skyt til et fast tidspunkt som er kjent av naboer og berørte. Dokumenter med målinger selv om beregninger viser at det ikke kan oppstå skader.

Problem	Resultat	Årsak	Mulig løsning
Støv	Støvedfall over boliger med mer.	Stor produksjon av støv	Unngå å sprengre ved ugunstige værforhold. Fjern borkaks. Tilsett vann til borkaks. Bruk et sprengstoff med lavere detonasjonshastighet. Reduser hullmønsteret. Varsle naboer og berørte.
	Støv i bekker osv.	Stor produksjon av støv	Som over. Lag sedimentasjonsbasseng for vann fra anlegget.
Gass	Klager på gasslukt	Sprenggasser er ikke fortynnet. Ugunstig vær	Benytt et sprengstoff med lav gassproduksjon. Reduser salvestørrelse. Unngå å sprengre ved ugunstige vær-situasjoner. Varsle naboer og berørte.

9. Referanser:

1. Lundborg, Nils, Risker för stenkast vid sprängning, Svensk Detonikforskning (SVEDEFO) rapport DS 1974:3
2. Sing, S. Paul, The Influence of geology on blasthole deviation, Proceedings of the 1996 22nd Annual Conference on Explosives and Blasting Technique. Part 2 (of 2) ISSN:0732-619X
3. Prosjektrapport NTNU-IBA 14B-97
4. Prosjektrapport NTNU-IBA 12B-98.
5. Dyno Industrier, Håndbok Sprengstoffer - Sprengningsteknikk 1981 .
6. Arve Fauske, Basisteori- dagsprenging. NIF kurs nr. 14406260, Storefjell februar 2001.
7. U. Langefors og B. Kihlström 1963, Modern technique of Rock Blasting. Almqvist & Wiksell/Gebers forlag AB, Stockholm.
8. Prosjektrapport NTNU-IBA 14A-95
9. The United States Army Corps of Engineers, <http://www.usace.army.mil/inet/usace-docs/s-r/etl1110-1-142/c-4.pdf>

Håndbøker fra NFF/NBG

Nr. 1: Fjellinjeksjon. Praktisk veiledning i valg av tettestrategi og injeksjonsopplegg.	(kr 200,-)
Nr. 2: Engineering Geology and Rock Engineering	(kr 500,-)
Nr. 3: Arbeidsmiljø under jord	(kr 150,-)
Nr. 4: Håndbok for skytebas	(kr 300,-)

Tekniske rapporter fra NFF/NBG

01 – Redningskammer for underjordsdrift	(kr 100,-)
02 – Diesel under jord - Sluttrapport fra forprosjektet	(kr 100,-)
02E – Diesel Underground - a projekt report	(kr 100,-)
03 – Teknisk rapport - Sikker sprengning i dagen	(kr 100,-)

Norwegian Tunneling Technology

- Nr. 1: Hard Rock Tunneling
- Nr. 2: Tunneling Technology
- Nr. 3: Hydropower Tunneling
- Nr. 4: Road Tunneling
- Nr. 5: Tunneling Today
- Nr. 6: Geology of Norway (a map)
- Nr. 7: Tunneling reviewed in International Press
- Nr. 8: Subsea Tunneling
- Nr. 9: Underground Storage
- Nr. 10: Urban Tunneling
- Nr. 11: Hard Rock TBM Tunneling
- Nr. 12: Water Controll in Tunneling
- Nr. 13: Health & Safety in Tunneling

Fjellsprengningskonferansen (Høstkonferansen)

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

Rapportene kan bestilles hos:

NFF/NBG

Postboks 2312 Solli

0201 OSLO

Fax: 22 94 75 02

E-post: lise.lystad@nif.no

