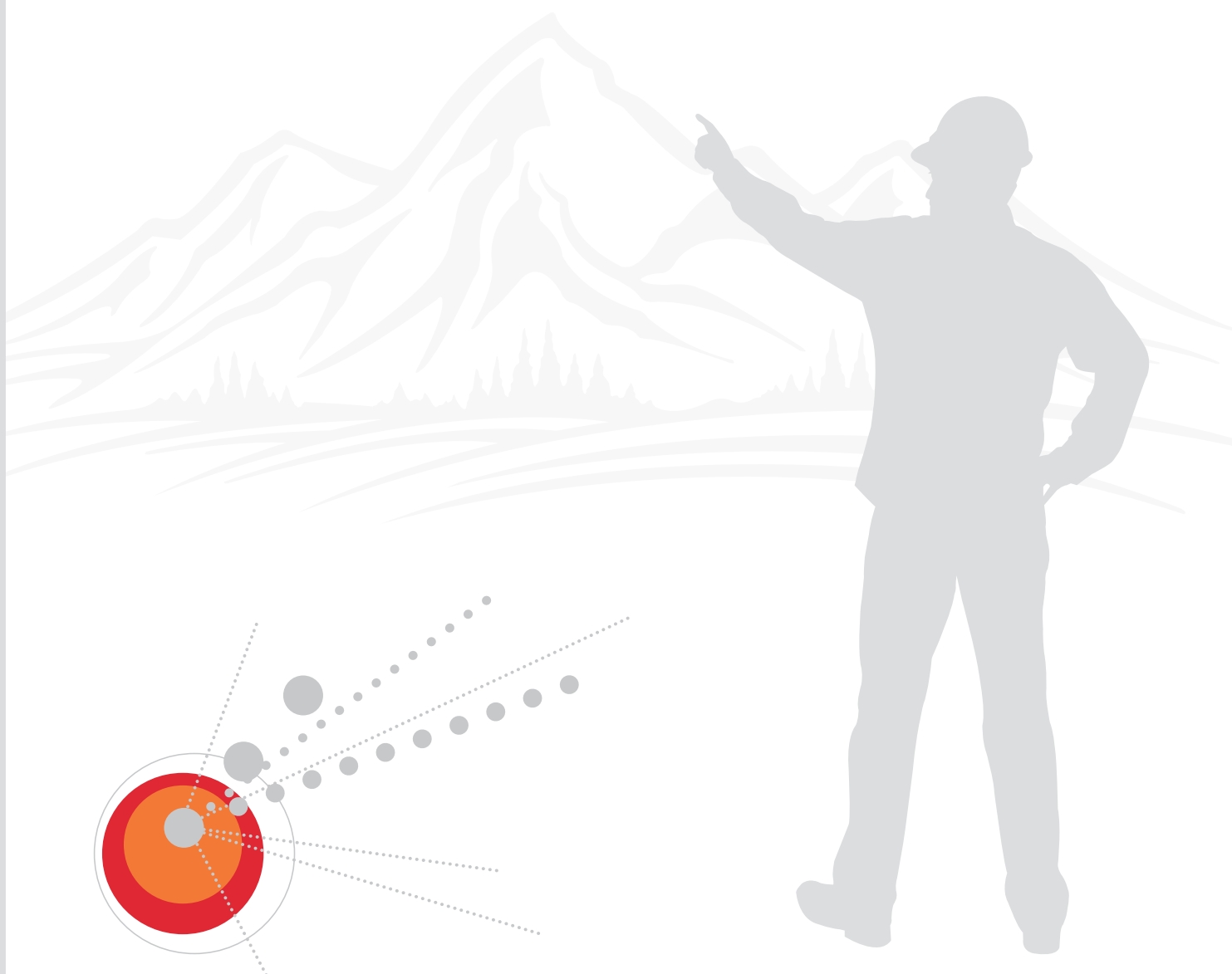


Hvordan unngå gjenstående sprengstoff og forsagere ved tunnelsprengning



Arbeidsgruppen har bestått av

Bergljot Skonnord, Veidekke
Thor Kristian Hustveit, Nye Veier
John Ivar Fagermo, AF Gruppen

Inge Haustveit, Vestland fylkeskommune
Olaf Rømcke, Orica



Alt sprengstoff som står igjen, skal uansett type og tilstand behandles som sprengstoff.

Bransjerådet for Fjellsprengning (BfF) har gjennom flere år hatt fokus på gjenstående sprengstoff og hvordan man kan unngå det for på den måten gjøre bransjen sikrere. I dette notatet har man fokusert på sprengning i tunnel og spesielt sett på og vurdert boring, produkter, opplæring og ladeteknikk, samt utforming av tverrsnitt.

Utforming av tverrsnitt

I forbindelse med tunnelsprengning bør sprengning av grøfta vies spesiell oppmerksomhet med tanke på at det kan stå igjen sprengstoff.

Noen punkter som kan minimalisere muligheten for gjenstående sprengstoff:

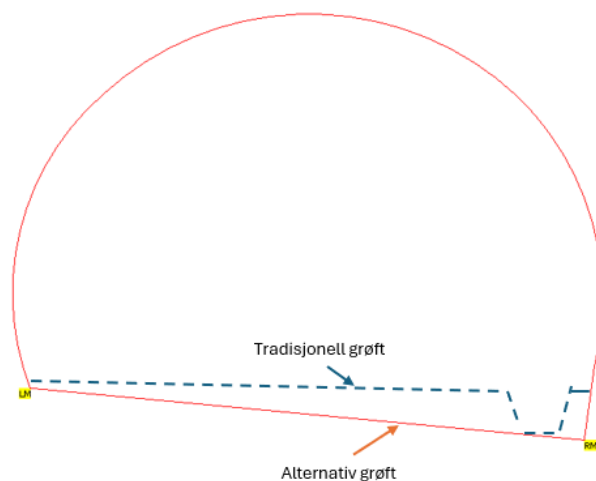
- Grøfta bør alltid sprenges sammen med selve salva. Dette fordi man da unngår å bore i fjell der det er sprengt tidligere.
- Den tradisjonelle grøfta innebærer at flere hull i sålen vinkles ekstra nedover for å utforme en teoretisk inntegnet grøft. Det er vanlig å tegne inn grøfta med skarpe hjørner oppe og i bunn. Bredden og dybden kan variere.

I praksis så vinkles ofte grøftehullene mer enn det som strengt tatt er nødvendig, dette for å unngå ettersprengning. Dette medfører igjen at grøfta kan bli ekstra tung å sprengre og følgelig enda større sannsynlighet for gjenstående sprengstoff.

- Det foreslås derfor at grøften legges som en slak ensidig eller tosidig fall ut mot sidene, avhengig av om det er behov for en eller to grøfter. Det blir da riktignok noe mer fjell som må sprenges ut, men man unngår en tung-

sprengt grøft og sannsynligheten for gjenstående sprengstoff reduseres.

Det foreslås derfor å endre praksisen her så sant det ikke er spesielle forhold som gjør dette umulig.



Det understrekes at dette er en prinsippskisse, dette må utformes slik at man unngår tungsprengt grøft, uten at det tas ut for mye overfjell.

Boring

Borplaner

Boring er svært viktig og danner grunnlaget for et godt og sikkert sprengningsresultat. Hvis ikke spesielle forhold tilsier noe annet så bør boreplanen, som må utarbeides før boring, følges. I mange tilfeller så ligger det inne flere forskjellige boreplaner i boreriggen. I så tilfelle er det viktig å enten navngi eller på annen måte definere de forskjellige planene slik at ikke misforståelser oppstår.

Kronediameter

48mm kontra 64mm: Større diameter kan gi et høyere forbruk av sprengstoff avhengig av tverrsnittet på tunnelen. I mindre tunneltverrsnitt kan det bli vanskeligere å utnytte det større utborede volumet gjennom at boremønsteret kan økes. I forhold til sjokktrykk fra nabohull som ikke har detonert så vil økt diameter kunne gi et større sjokktrykk (såkalt dødpressing), men samtidig blir hullavstanden større, noe som vil virke positivt med hensyn på sjokktrykket. (se angående dynamisk sjokk på side 6). Dette bør sees nærmere på og konkretiseres. Andre typer kroner og borstenger kan benyttes, noe som kan gi mindre avvik og dermed mer nøyaktig boring.

Rensk før ansett

Det er svært viktig at utgraving fra forrige salve er gjort godt, og at sålen er renska slik at det er mulig å få til gode ansett på neste salve.

Sprengstoff

Når det gjelder valg av sprengstoff, så vil bruk av bulksprengstoffer redusere faren for utilsiktet detonasjon vesentlig i forbindelse med utlasting og pigging etter sprengning hvis det skulle finnes udetonert sprengstoff etter sprengning. Dette gjelder både emulsjon- og anfo-sprengstoffer.

NG

Fordelen ved NG-produkter er at det er et følsomt sprengstoff som er energirikt og har en god overføringsevne. Dette gjør at det skal mye til før det blir stopp i detonasjonen. Unntaket her er mindre dimensjoner <25 mm og spesielt rørladninger. Bruk av rørladninger bør alltid kombineres med bruk av 5-10 grams detonerende lunte. Dette vil redusere faren for at det står igjen udetonert sprengstoff.

Ulempen ved NG sprengstoffer er at de er mer følsomme for slagenergi, dvs at ved evt gjenstående sprengstoff så øker både sannsynligheten for detonasjon ved på-graving/pigging. NG-sprengstoffer har også god holdbarhet, noe som innebærer at de kan ligge lenge i grunnen uten å forringes. Erfaringer viser at de kan representere en fare i flere tiår.

Emulsjonssprengstoffer

Fordelen ved emulsjonssprengstoffer er at de er lite følsomme for slagenergi. De har heller ikke så lang holdbarhet og de brytes fortere ned enn NG-sprengstoffer. Husk uansett at det er definert som sprengstoff og må behandles deretter. Hvis det er tvil, må produsent/leverandør forespørres.

Ulempen er at det pga mindre følsomhet lettere kan bli brudd i detonasjonen. Emulsjonssprengstoff lar

seg også lettere dødpresses, for eksempel fra nabohull. Faren for at det blir gjenstående sprengstoff er derfor større enn ved bruk av NG-sprengstoffer.

Emulsjonssprengstoff lar seg ikke sideveis initiere, med det. lunte mindre enn 12 g/m, dvs at detonerende lunte mindre enn 12 gram/meter skal ikke benyttes sammen med emulsjonssprengstoffer. Det vil dødpresses/ødelegge ladestrengen.

Bulksprengstoffer

Fordelen med bulksprengstoffer er at man får en god og sikker ladestreg, noe som innebærer god overføring og sikker detonasjon. Dette forutsetter at det utøves god ladeteknikk. Bulksprengstoffer er svært lite følsomme for slagenergi og må betraktes som de sikreste i forhold til utilsiktet detonasjon (hvis det skulle gjenstå sprengstoff etter sprengning) under utlasting og pigging. Anfo er løslig i vann og vil derfor ikke ligge i grunnen lenge.

Svært få ulemper i forhold til problemet med gjenstående sprengstoff.

Kommentar: Anfo benyttes praktisk talt ikke, kun i noen få korte tunneler og små tverrsnitt.

Primer

Den minste primeren med en diameter på ca 15 mm og lengde på ca 150 mm (ca 20-25 gram) er den mest brukte i tunnelsprengning. Dette gjør at den kan puttes inn i ladeslangen ved lading. Dynamitt som primer benyttes også, men ikke i like stort omfang.

Fordelen med den lille primeren, er at det er små mengder med sprengstoff og er effektiv i forhold til sprengstoffmengden.

Ulempen med den lille primeren er at det stilles større krav til nøyaktig ladeteknikk. Den er like følsom som NG-sprengstoff ved evt påboring/pigging.

Tennere

Her snakker vi ikke-elektriske kontra elektroniske tennere. Elektriske tennere anbefales ikke i tunnel i Norge og kommenteres derfor ikke.

Ikke-elektriske tennere tok helt over for elektriske for mange år siden og har til nå vært det mest brukte. Det er enkelt å bruke og sikker mot utidig tenning. Det er imidlertid ikke målbart og når det gjelder intervalltider, så er intervallsprangene større jo høyere man kommer opp i totaltidene og unøyaktigheten blir da også større.

Elektroniske tennere er målbare og gir store muligheter for kontroll i alle faser av sprengningsarbeidet. Nøyaktigheten er meget bra, noe som gjør at tidsintervallene kan settes tett. Prisen er imidlertid adskillig høyere enn for ikke-elektriske tennere.

Ikke-elektriske

Fordelen er at det er et relativt enkelt og oversiktlig tennsystem og har ingen begrensinger i forhold til høyspent.

Ulempen er at det ikke er målbart. Dette tennsystemet er meget sårbart for brudd i tennkretsen. Spesielt gjelder dette der dekningsmatter benyttes.

Elektroniske

Fordelen er at dette tennsystemet er målbart. Dette gjelder både brudd i tennekrets, jordfeil og overslag. Det måler også antall tennere som er innkoblet og registrerer om det mangler tennere under forutsetning av at disse er skannet inn. Det er mulig å registrere i etterkant hvordan det er koblet og om eventuelle feil er rettet opp.

Etter avfyring kan man få ut en tenner rapport som da kan sammenholdes mot en borerapport for å se om det er avvik her.

Ulempen er at det i en startfase vil ha en noe høyere brukerterskel, da det kreves mer utstyr og opplæringsbehov. De forskjellige leverandører/ produsenter har sitt eget system. Dette innebærer at det er forskjellige måter å koble og håndtere tennsystemene på.

Opplæring og opplysning

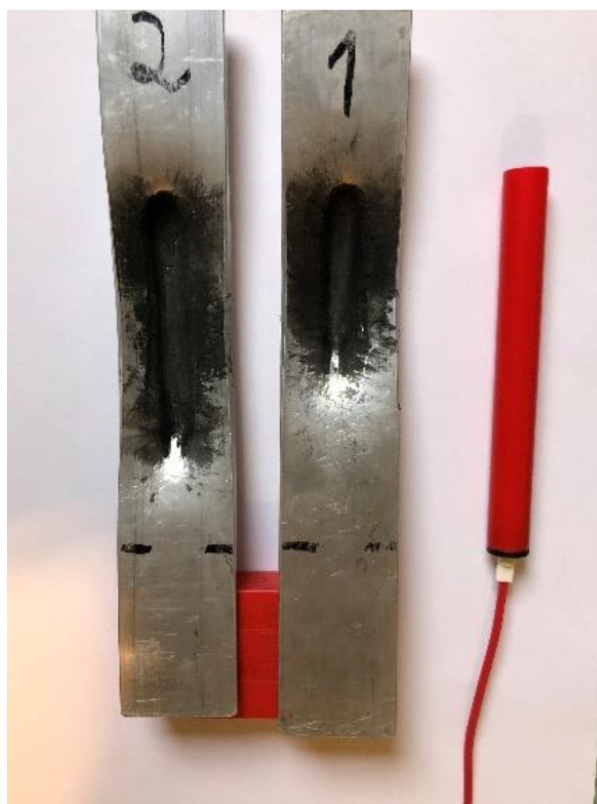
Dette er et svært viktig punkt når det gjelder å unngå forsagere.

Når det gjelder kurs og opplæring, så har leverandørene et ansvar for å lære opp i riktig bruk av deres produkter.

Arbeidsgiver har et ansvar for at nødvendig opplæring blir gitt og dokumentert. Det er her også viktig at leverandør får beskjed når nye personer blir ansatt som ikke kjenner til leverandørens ladesystem, slik at leverandør kan lære opp nytt personell.



Fyrer man av bare tenner og primer så vil ikke hele primeren gå av, pga liten diameter på primeren rundt tenneren



Dette viser sprengning med like primere, men tenneren er stukket lenger inn på skudd nr 1



Slakk på ladeslangen mot slangetrekket må ikke forekomme. Da kan dette oppstå, bildet viser. lading med slangetrekk i plexiglass (50mm) som skal illustrere et konturhull der det har vært slakk på ladeslangen.

Ladeteknikk

Riktig ladeteknikk er viktig og her har leverandørene et ansvar for å lære opp personell, samtidig som den enkelte også har et ansvar for å følge instruksjonene.

Eksempler på viktige punkter her kan nevnes:

Issett av tenner

Jo lenger inn i primeren tinneren settes desto mindre sjanse for at primeren går av. Siden det er lite sprengstoff i de primerne som benyttes, så er det ikke så mye å gå på. Tinneren må settes så langt inn i primeren at den sitter fast, men ikke settes for langt inn. Da kan man risikere at man mister noe av effekten fra primeren.

Bulklading

Primeren puttes normalt inn i selve ladeslangen. Når ladingen starter (trykker på start knappen) så vil det bygge seg oppet lite overtrykk i ladeslangen før primeren spyttes ut. Da vil samtidig ladeslangen få et lite skyv tilbake hvis man ikke holder ladeslangen fast.

Søl av matrise

Det må unngås søl av matrise. Eventuelt søl skal samles opp i bøtte/spann. Søl er pr definisjon ikke forsager (en forsager er eksplosiv vare som ikke er omsatt ved avfyring), men vil kunne skape andre utfordringer som miljøforurensing, påboring/funn av gjenstående sprengstoff under kum- og grøftesprengning, bolteboring og evt hundesøk i etterkant.

Øvrige forhold

- Ved bruk av patronerte sprengstoff; forskjell på hulldiameter og patron diameter
- Ved bruk av større krone, f.eks 64 mm må også lademengden pr hull hensyntas.
- I de tilfeller det er mye vannavrenning i borhullet bør bruk av foringsrør vurderes for å unngå utvasking. Bruk av doble tennere bør også vurderes for å sikre detonasjon av hele strengen.

- Overføringsevnen til emulsjon er dårligere enn f.eks. til dynamitt. Det innebærer at hvis det forekommer luftlommer/brudd i ladestringen så er det stor sannsynlighet for at det blir stopp i detonasjonen og at sprengstoff står igjen etter sprengning.
- I strosshull vil ladeslangen nærmest flyte ut av seg selv. Det skal derfor ikke være nødvendig å dra i slangen, da kan man risikere få gap i ladestringen noe som igjen kan føre til stopp i detonasjonen. I kontur bør automatisk slange-trekk brukes, da det er vanskeligere å få til den tynne og jevne ladestringen ved å dra ut manuelt.

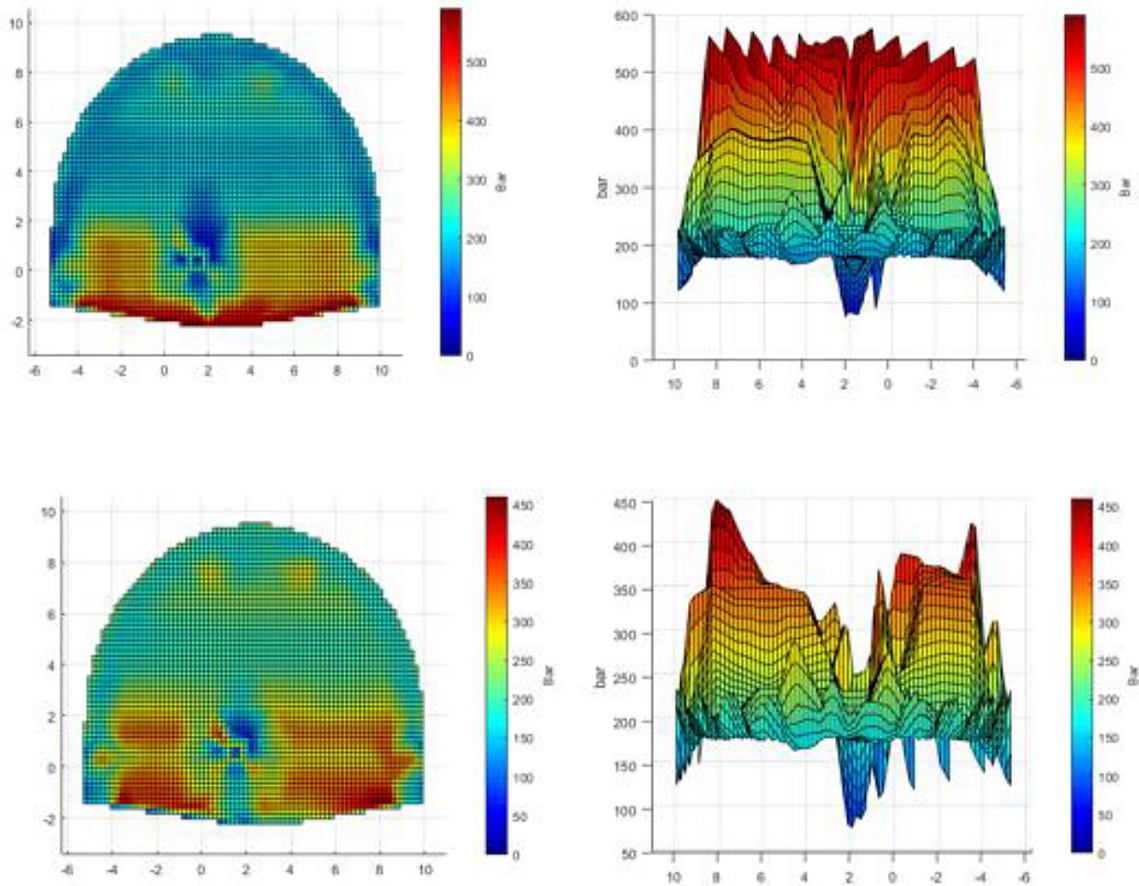
Dynamisk sjokk

Dette er et punkt som har vært lite berørt, men er et viktig punkt når det gjelder forsagere. Faktorer som kan påvirke sjokktrykket (et hull ødelegges ved at nabohullet detonerer og forårsaker høyt trykk):

- Avstand mellom borhullene.
- Innspenning salver.
- Geologi, oppsprekking og retning.
- Vann i fjell/borhull vil kunne forsterke trykket.
- Boravvik, dvs at hullene kommer nærmere hverandre enn antatt.



Det finnes regneprogram som kan simulere dette, i bildet under er dette illustrert.



Illustrasjonen fra datasimulering viser at ved å strekke bormønster ca 15 % i nedre del av salva i tillegg til at tennerekkefølgen i liggerhullene optimaliseres, så vil resultatet bli ca 22% lavere trykkpåkjenning.

Anbefalinger

Se på og gå gjennom ladeprosedyrer med tanke på minimalisere søl.

For å oppnå sprengningsteknisk optimalisering, bør følgende punkter vurderes:

- Borplan
- Forskjellige borkroner (både diameter og type)
- Tennplan; hvordan tennplanen kan påvirke gjenstående sprengstoff
- Måling av boravvik

Videre anbefales det å måle nitratavrenning. Avrenningen sier noe om omsetning av sprengstoffet i salva. Dårlig omsetning gir mer nitrat i avrenningen.

Denne brosjyren er godkjent av Bransjerådet 4. juni 2024. Den er utarbeidet på grunnlag av arbeidsgruppens notat datert 15. mai 2024, med noen tilpasninger til nytt format.

