



09.06.2021

SPRENGNINGSTEKNIKK



ESPEN HUGAAS
ORICA NORWAY AS

Innledning

Hvorfor sprenger man fjell?

Sprengstoff = Energi

Kjemisk Energi



Mekanisk Arbeid



Sprengstoffets detonasjon genererer en støtbølge i berget som reflekteres som strekkbølger og det dannes ny sprekker rundt hullet. Sprenggasser med høy temperatur og trykk (900 l / kg) strømmer ut i nye og eksisterende sprekker/slepper, berget brytes opp og kastes.

Energi og effekt



En CAT dumper forbruker 400 kg diesel i timen som tilsvarer en energi på:

$$400 \text{ kg} \times 40 \text{ MJ/kg} = 16\,000 \text{ MJ}$$

Dette gir en effekt på $16\,000 \text{ MJ} / 3\,600 \text{ s} = \mathbf{4.4 \text{ MW}}$

Dieselskost (13 kr/kg) = $4.4 / 5200 = 1182 \text{ kr} / \text{MW}$



1 stk Eurodyn 45x540 mm dynamitt har en energi på $4 \text{ MJ/kg} = 4 \text{ MJ}$

Denne energien omsettes med en hastighet på 5000 m/s dvs. 0.00011 s

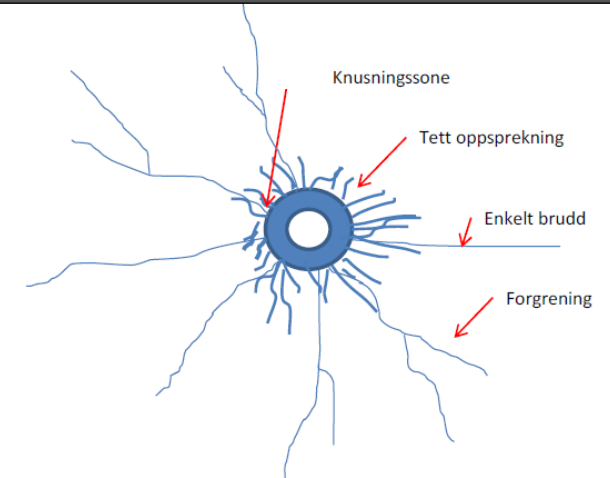
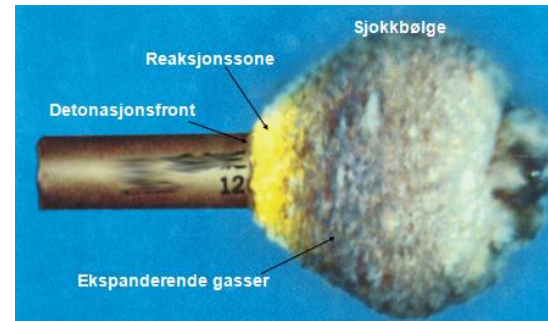
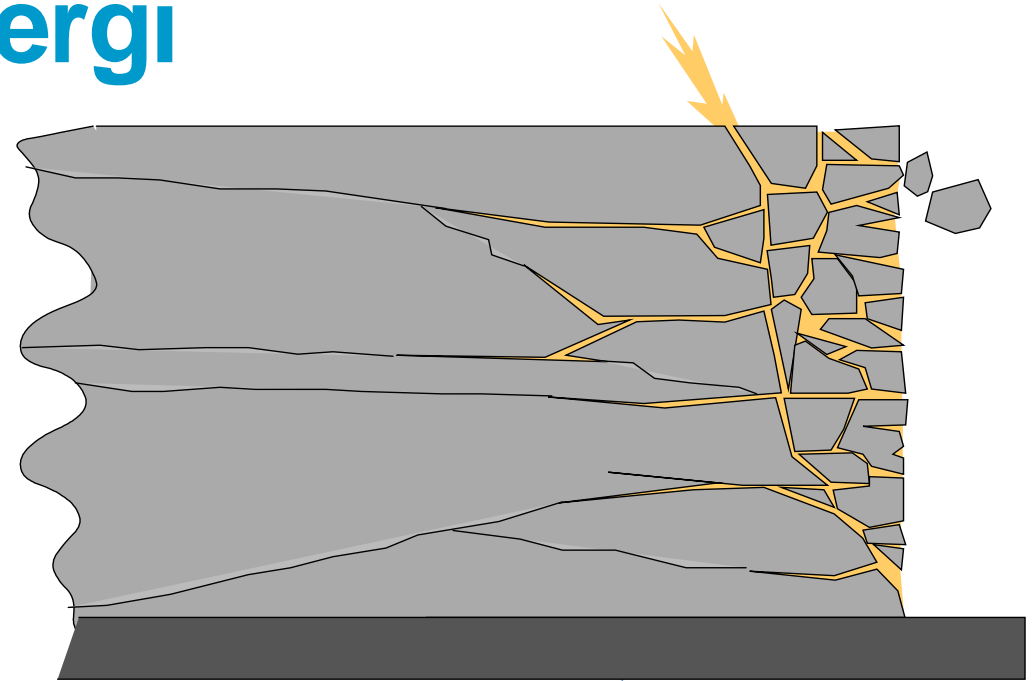
Dette gir en effekt på $4 \text{ MJ} / 0.00011 \text{ s} = \mathbf{36\,363 \text{ MW}}$

Dynamittkost (34.82 kr/kg) = 0.00096 kr/MW

1 kg Dynamitt har samme effekt som 8264 dumpere

Sprengstoff – Effekt og Energi

- Trykk- og strekkbølger overføres fra sprengstoffet til fjellet
- Fjellet sprekker opp
- Sprenggassene utvider sprekkenes
- På samme måte som de nydannede sprekkenes utvides av gassene, vil også de eksisterende sprekkenes i fjellet utvides



Sprengstoff

- Det vi vil utnyttet energien til er:
 - Fragmentere fjellet
 - Flytte fjellet
- Det vi vil unngå er at energien gir:
 - Sprut
 - Rystelser
 - Luftsjokk
 - Ødelegger det gjenstående fjellet

Hvordan løser vi dette?

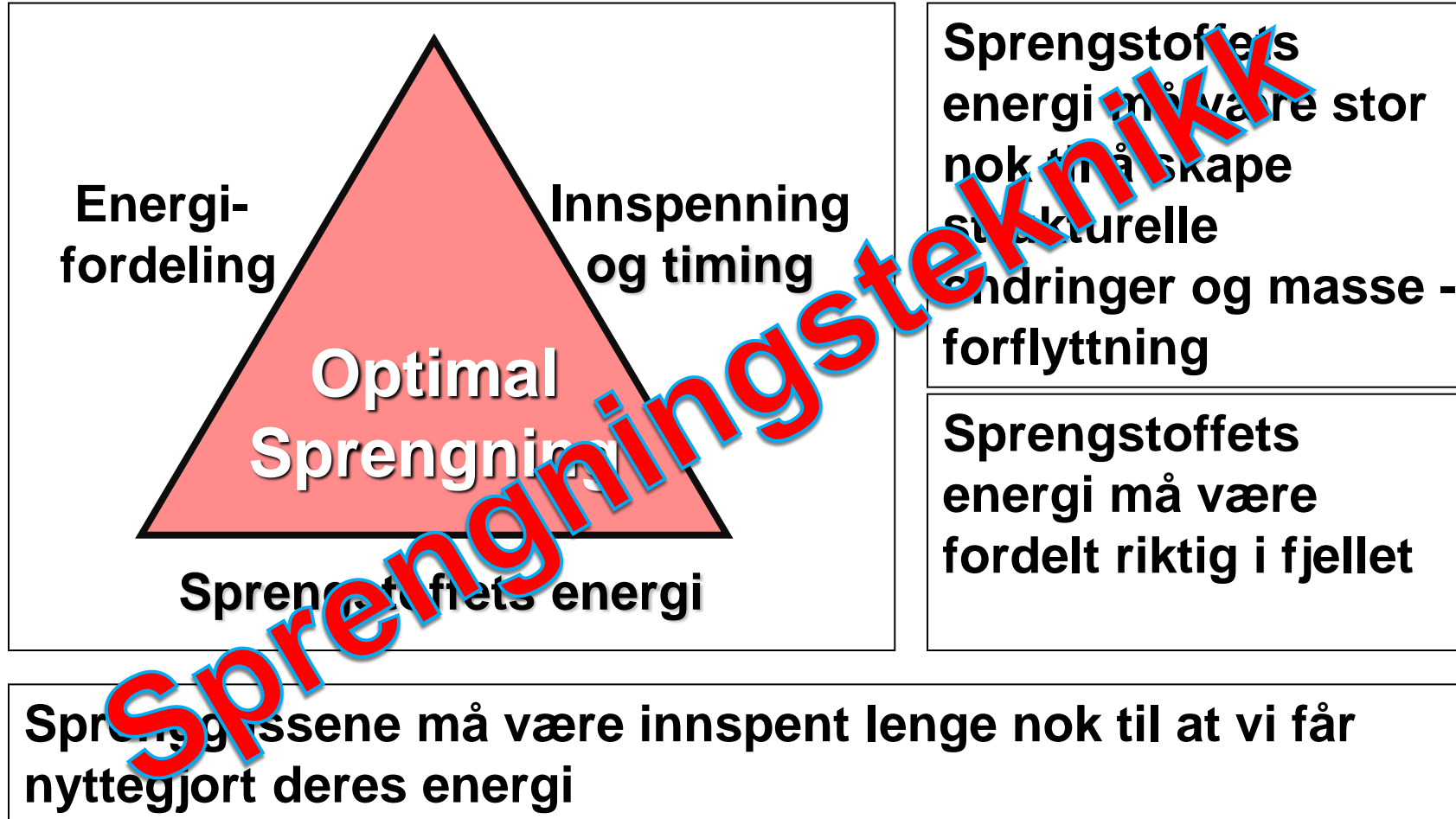


Sprengningsteknikk - Hva er det?

Sprengningsteknikk = Distribuere energien i sprengstoffet korrekt

- Fragmentering
- Masseforflytning
- Avgrense påvirkningen på gjenstående fjell
- Sprengning av fjell er fagarbeid og er i stor grad erfaringsbasert

Sprengningsteknikk – Hva er det?



Sprengningsteknikk - Verktøy

Energien i salva styres ved hjelp av å:

- fordele sprengstoffet i fjellet – Boring
- endre sprengstoffets energi – Valg av produkter + hvordan plasseres disse i hullet?
- fordele ladningene pr. tid (Tennsystemer)



Sprengning av en skjæring

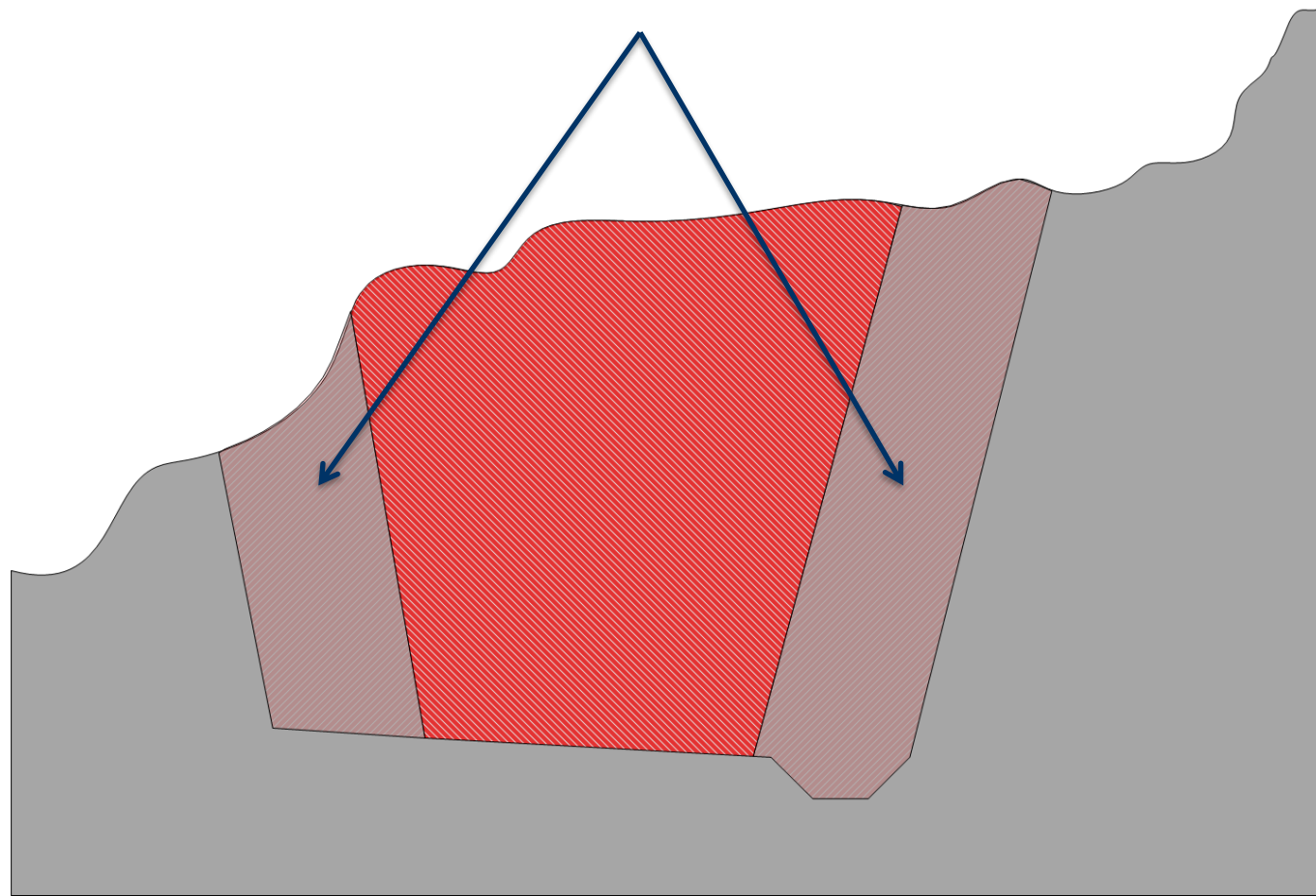


Sprengning av en skjæring

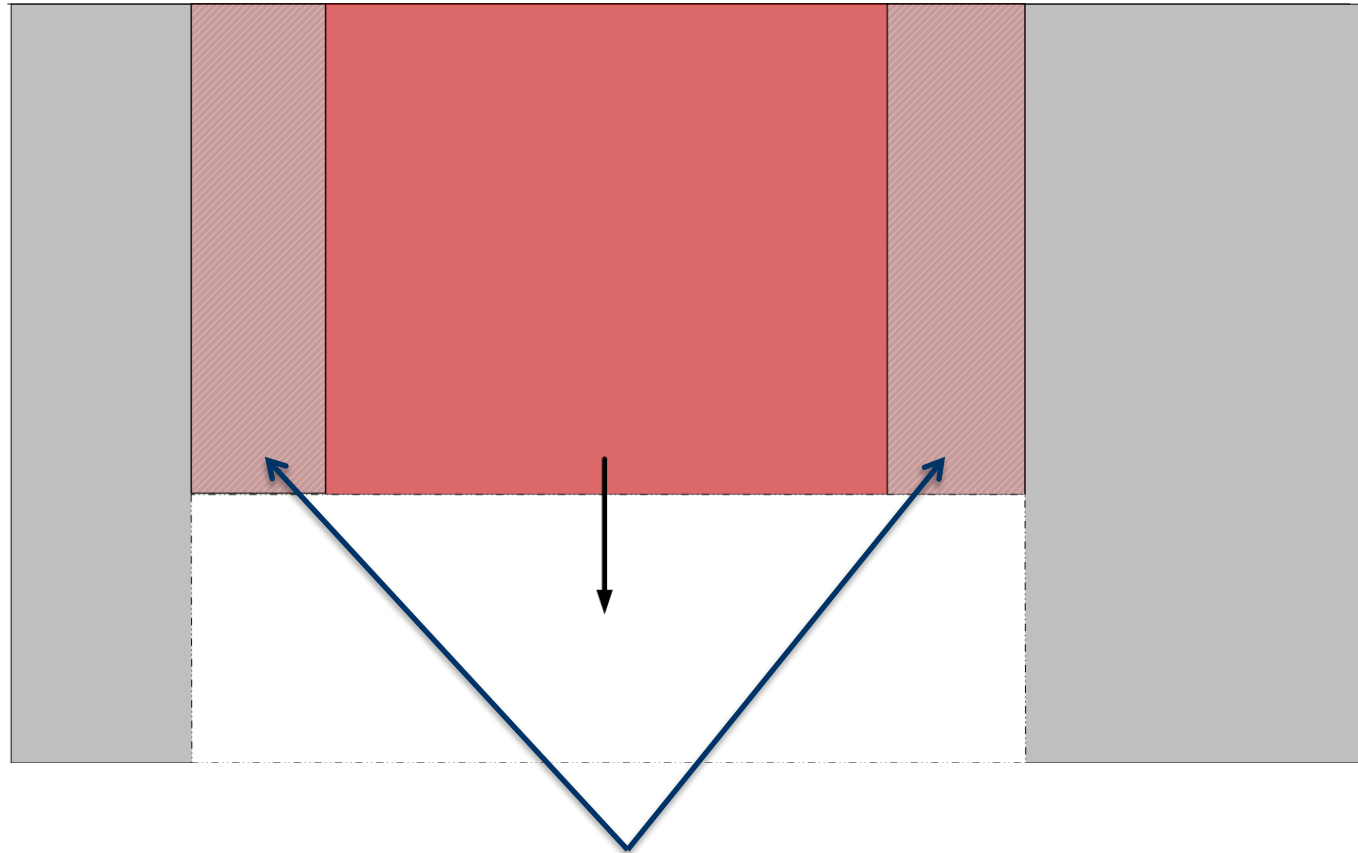


Sprengning av en skjæring

Disse delene må være styrende for sprengningen!



Sprengning av skjæringen



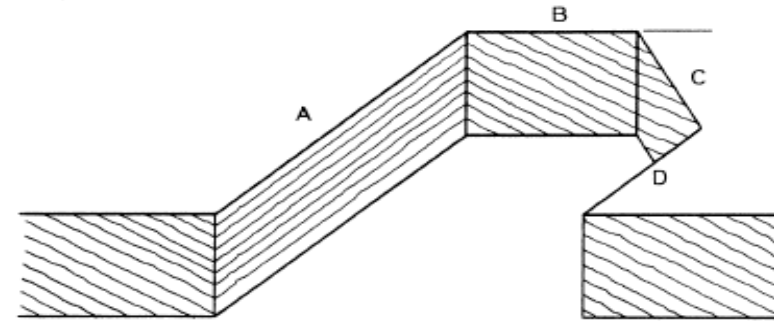
Disse delene må være styrende for sprengningen!

Forutsetninger for god kontur

Geologi

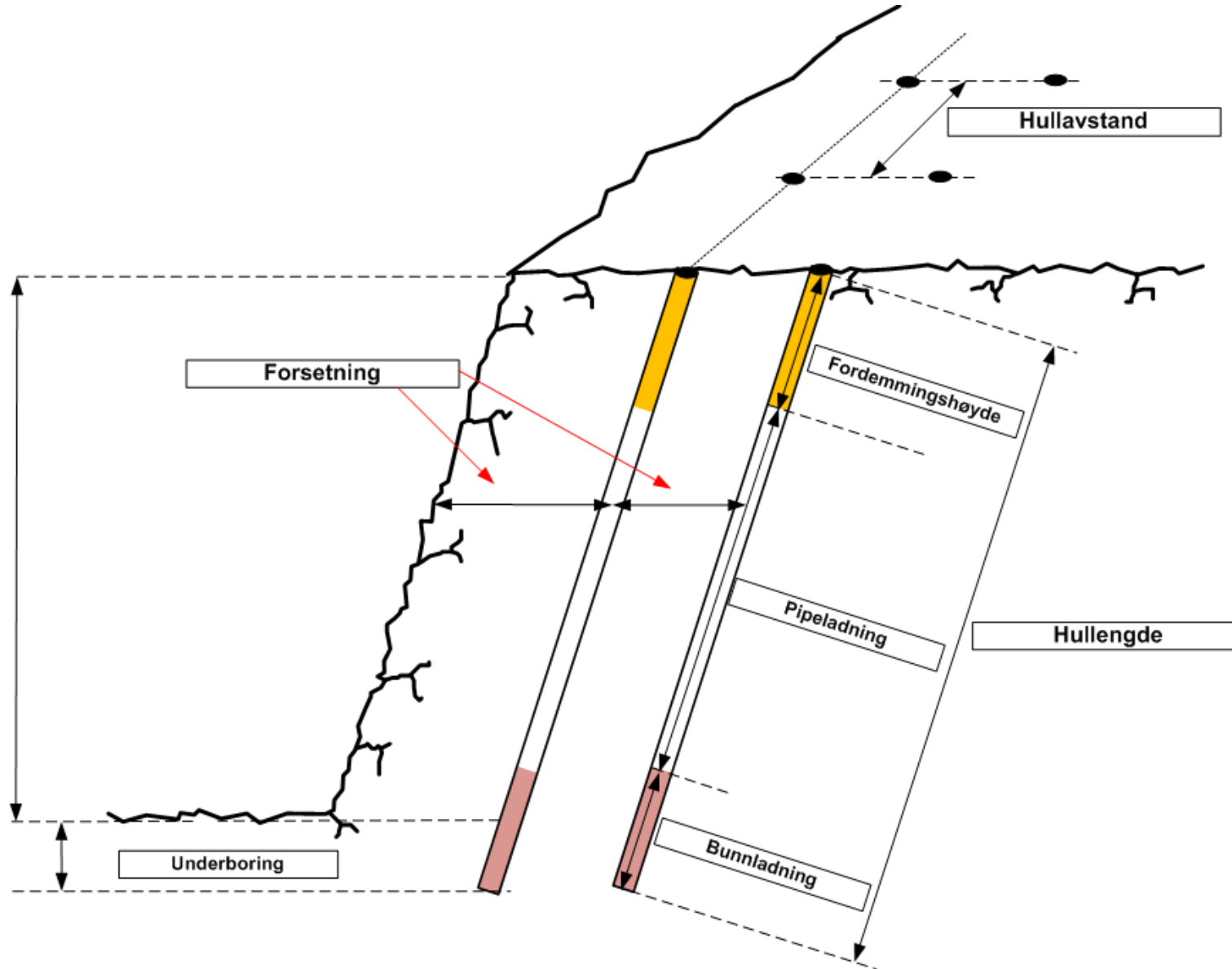


Salveplanlegging - Skyteretning



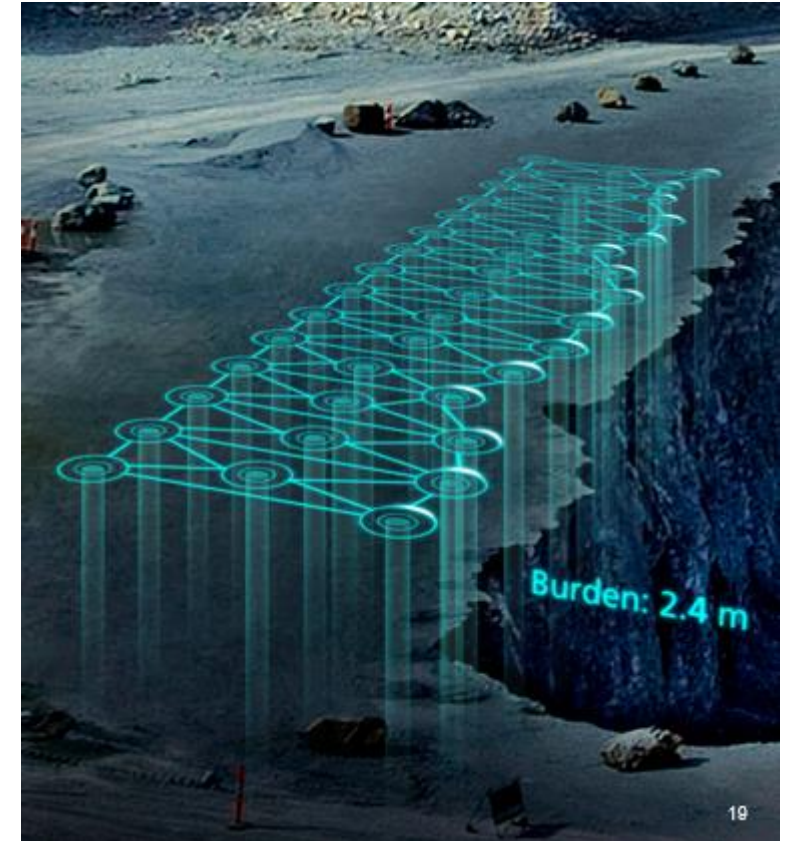
Skyte- etning	Retning	Fragmen- tering	Bakbryting og tåproblemer	Såle- problemer
→	A	Dårlig	Problemer	Problemer
↓	B	God	En del problemer	Ok
↙	C	God	Mindre problemer	Ok
↘	D	God	Mindre problemer	Mindre problemer

Boring og sprengning - Begreper



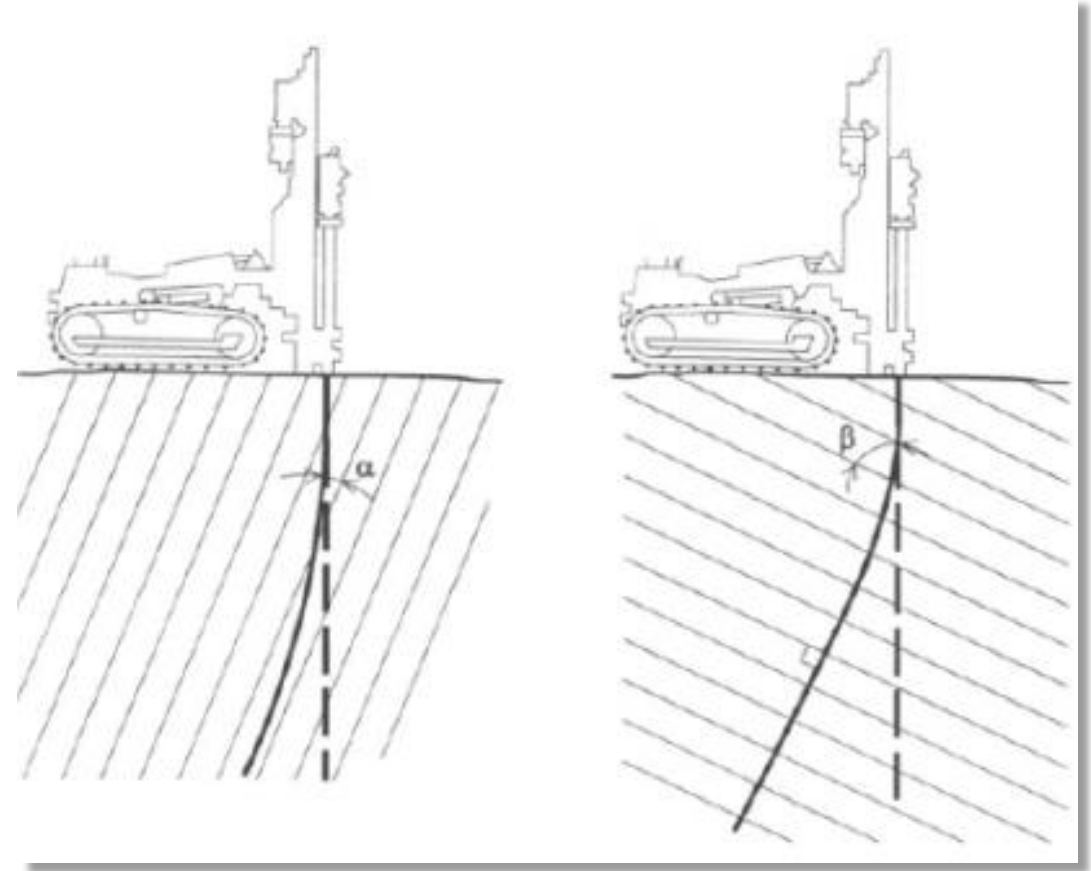
Sprengningsteknikk - Bormønster

- Bormønster etableres i forhold til:
 - Bordimensjon
 - pallhøyde
 - Definererte kriterier (eks. prosesskoden)
- Typisk i dag vil det benyttes bordimensjoner grovere enn 64 mm på pallsprengning
- Bormønsteret i produksjonshull vil man optimalisere i forhold til fragmentering og fremkast
- Bormønster i kontur og hjelperast vil man optimalisere i forhold til kvaliteten på gjenstående berg



Boreavvik

- Selv med bordimensjoner $>70\text{mm}$ vil det ofte være avvik på borhullene
- Sannsynligheten for boreavvik øker ved:
 - Økning i hullengden
 - Reduksjon av dimensjonen på borkrone og borstål
 - Økt slagverkstrykk
 - Økt kastvinkel
 - Slitte borkroner
 - Oppsprekning og lagdeling
- Kontroll av boreavviket er helt essensielt for å oppnå et godt salveresultat



Boreavvik

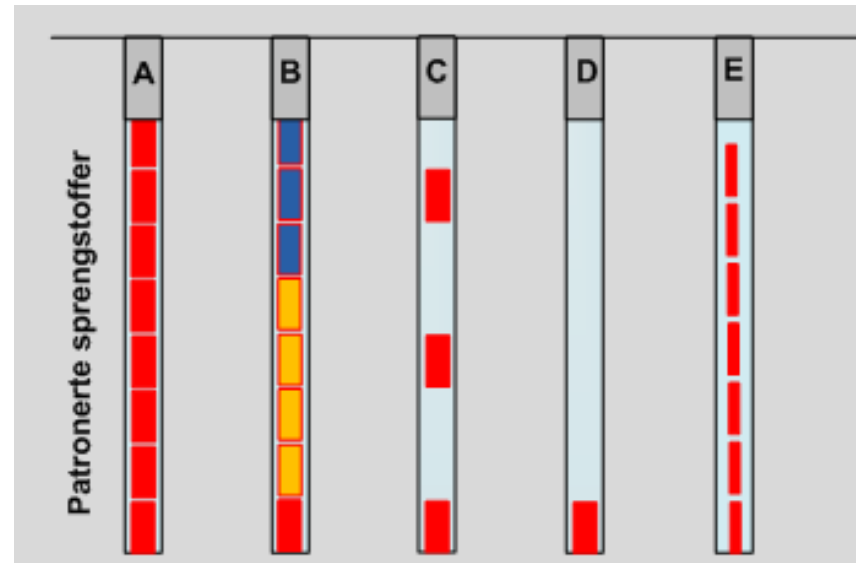
- Hvilke avvik kan vi leve med?
- Spesifisert av byggherre?
- Dokumentasjonen av boringen er et viktig verktøy i evalueringen av salveresultatet



Endring av energimengden i hullet

Energimengden i hullet endrer vi ved å tilpasse:

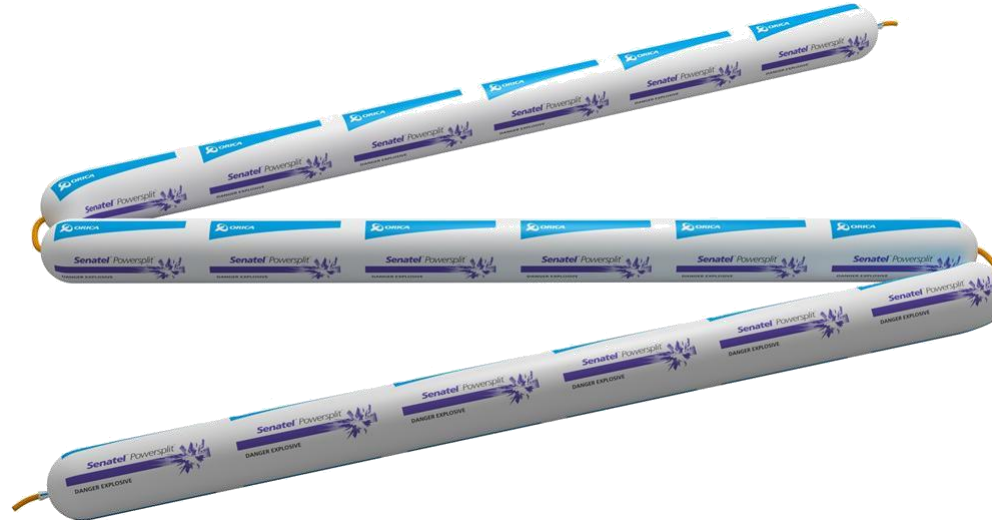
- Hulldiameter
- Bruke sprengstoffer med ulike egenskaper
- Dele opp i flere dekk som adskilles ved hjelp av luft (airdeck) eller fordemningsmateriale
- Forholdet mellom ladningens diameter og hullets diameter er en viktig parameter (dekoblingseffekt)



Kontursprengning-generelt

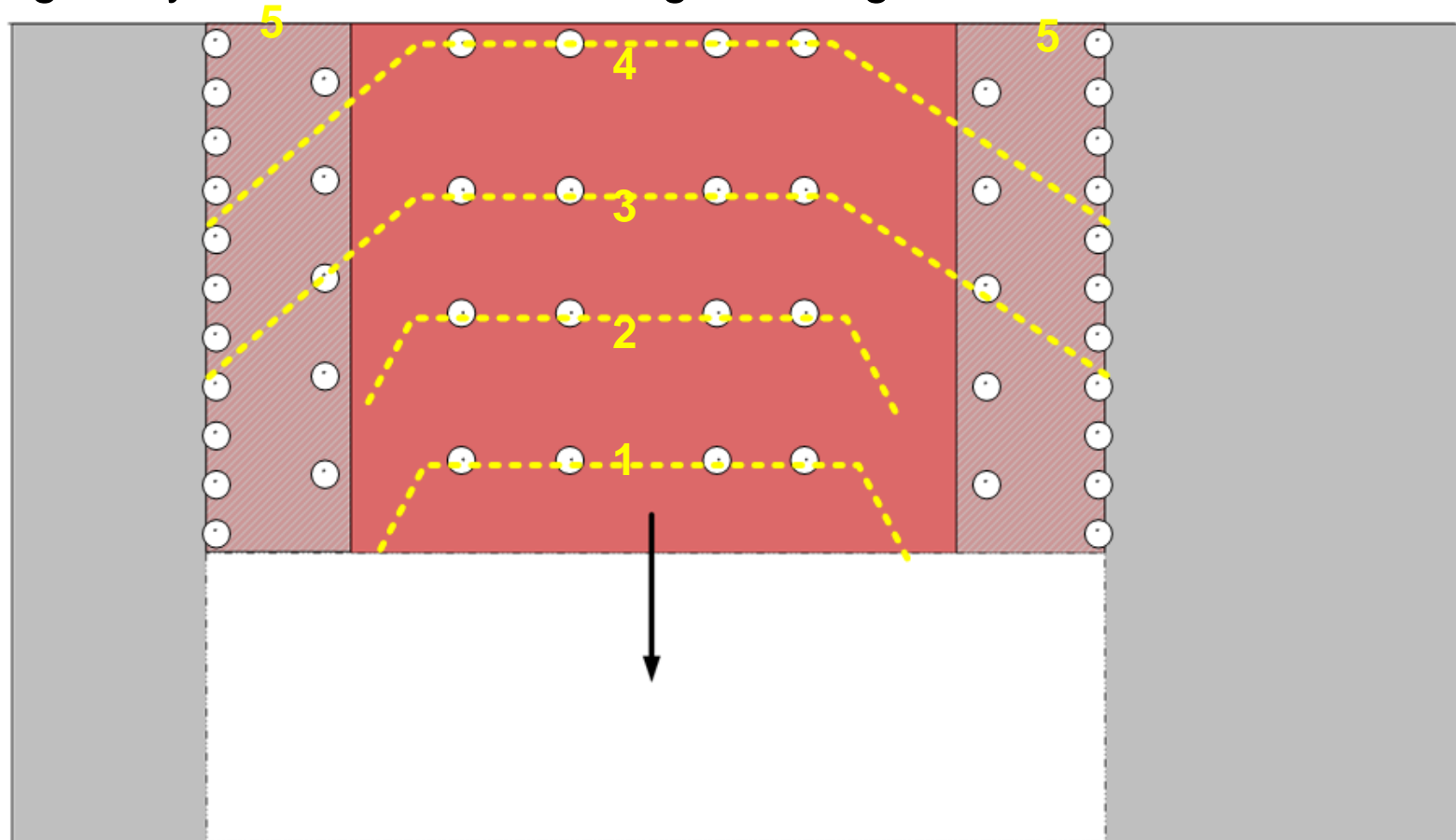
- I en kontur bores det tettere og lades lettere
- Bulksprengstoffer bør unngås i konturen
- Det er en rekke produkter på markedet som kan benyttes til kontursprengstoff
 - Patronerte sprengstoffer
 - Detonerende lunte

Kontursprengning – Patronerte Produkter



Opptenningen - tidsforsinkelse

- Med opptenningen styrer vi hvilken rekkefølge ladningene detonerer



Metode Slettsprengning

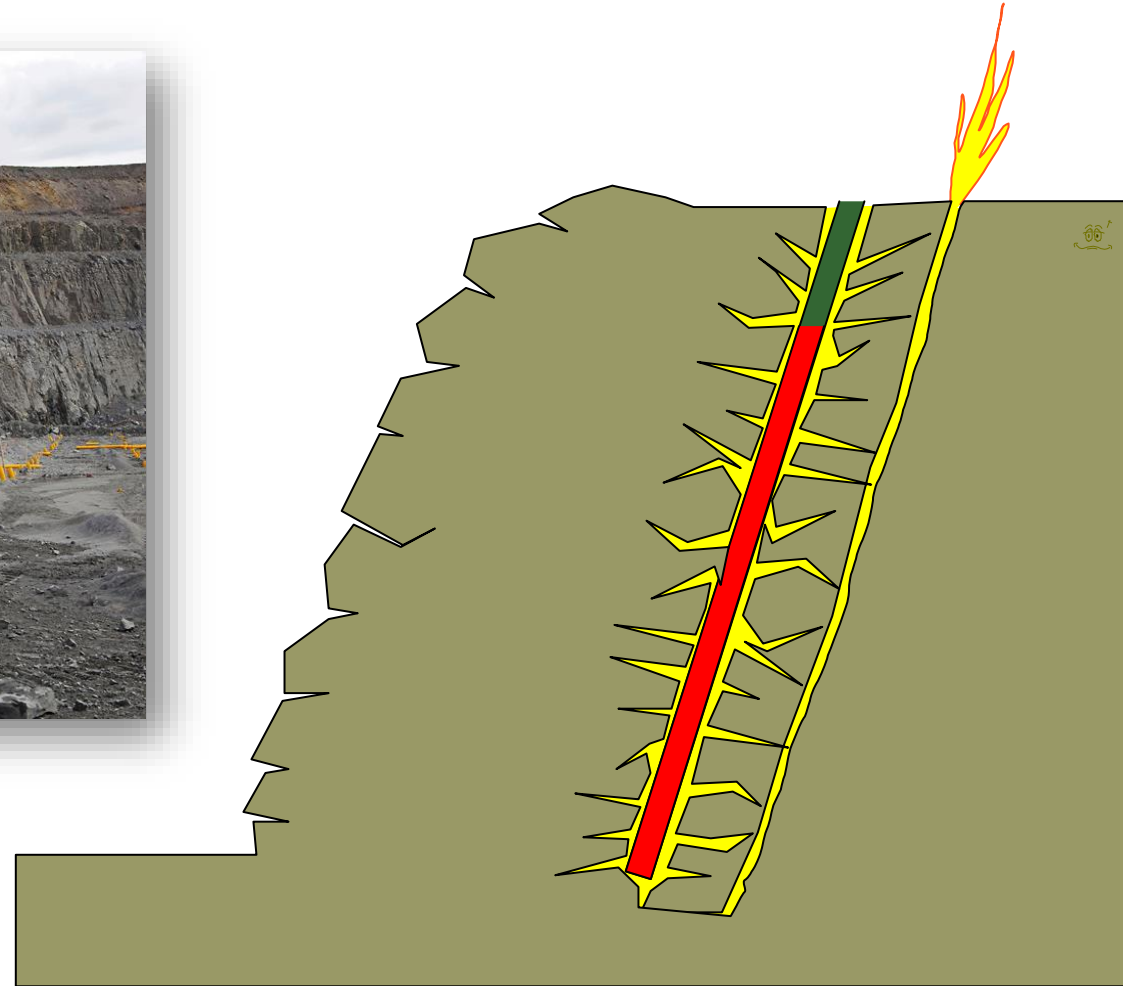
- Slettsprengning innebærer at konturhullene sprenges etter resten av salvehullene
- Opptenningen tilpasses resten av tennplanen i salva
- Ofte fordemt
- Lades med redusert ladning
- Hjelperast må ikke ha for stor avstand
- Hjelperast må også lades med redusert ladning

Metode Presplitt

- Forsprekking (presplitt) innebærer at konturhullene sprenges før hjelpehullene og de andre salvehullene.
- Momentan opptenning av alle eller deler av hullene
- Skal skape en bruddanvisning i fjellet og ”kappe” eksisterende sprekkesystemer
- Ingen fordemming – god ventilering av sprenggassene
- Lades med redusert ladning
- Hjelperast må ikke ha for stor avstand
- Gir ingen garantier om redusert skadesone – hjelperast må fortsatt lades med redusert ladningsmengde
- OBS! Vibrasjoner og luftsjokk

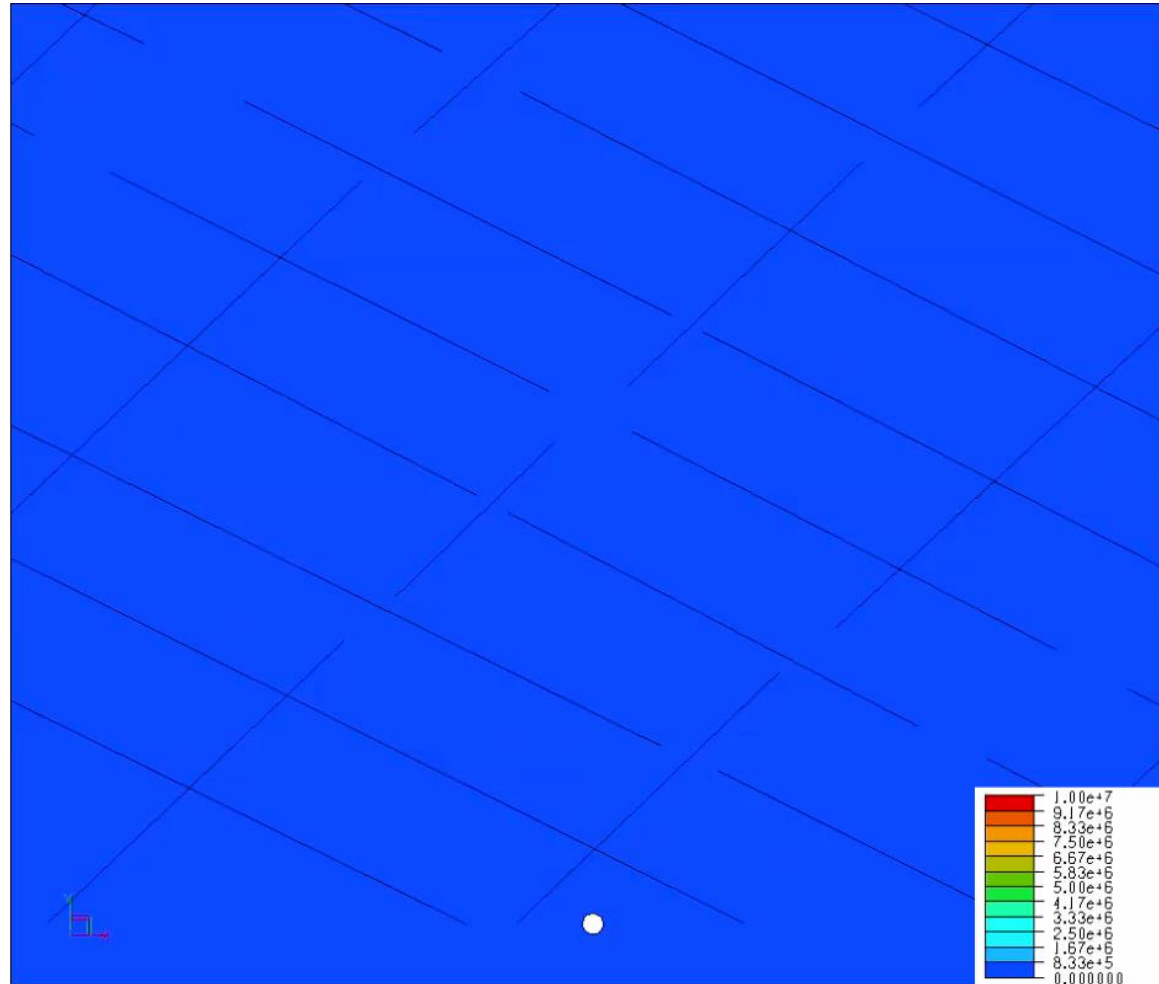


Presplitt “stopper” skadesonen

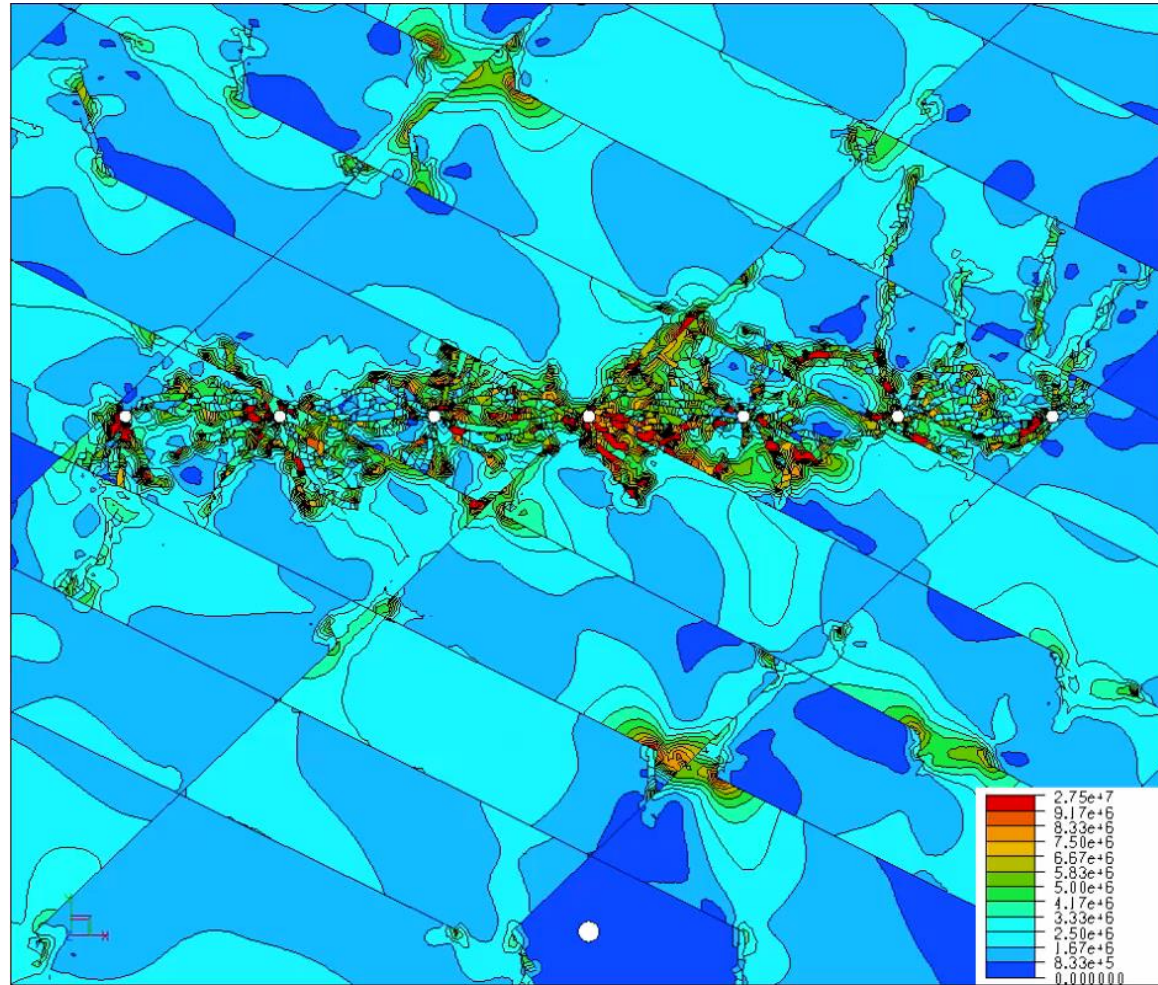




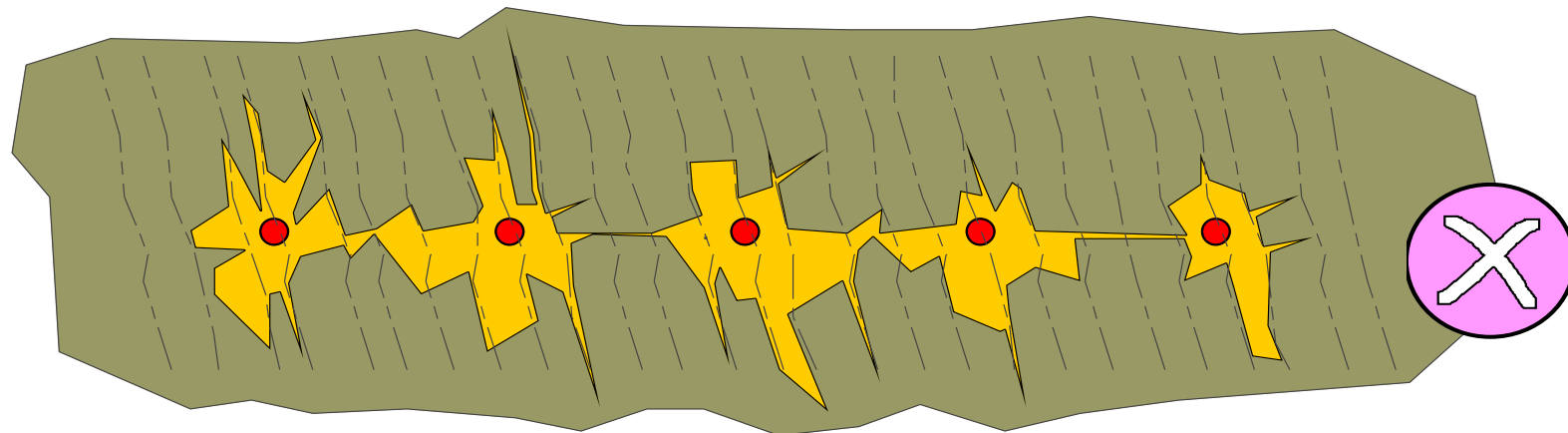
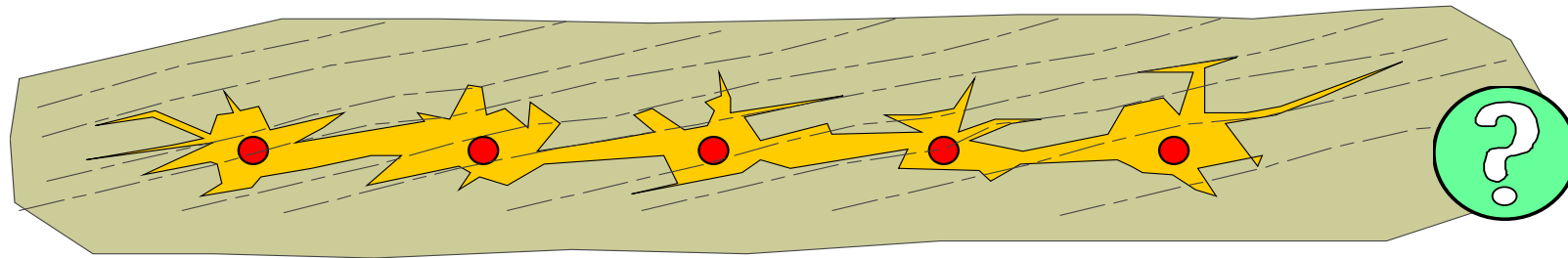
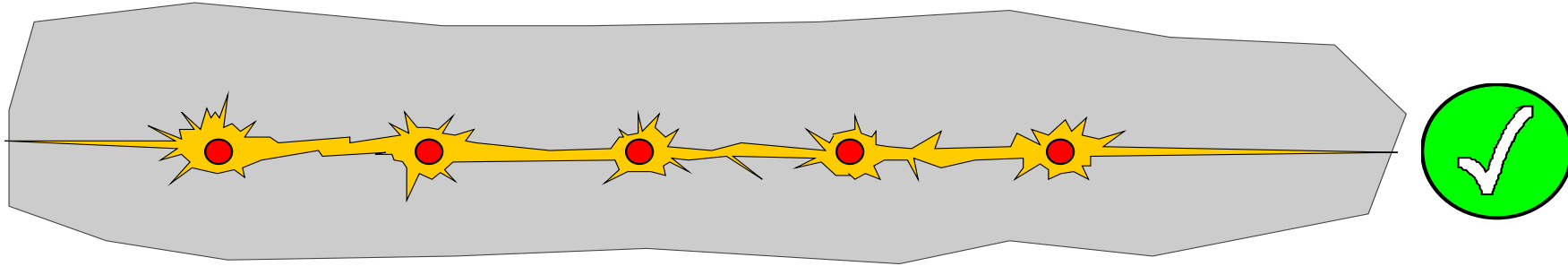
Modellering – uten splitt



Modellering – Presplittet berg

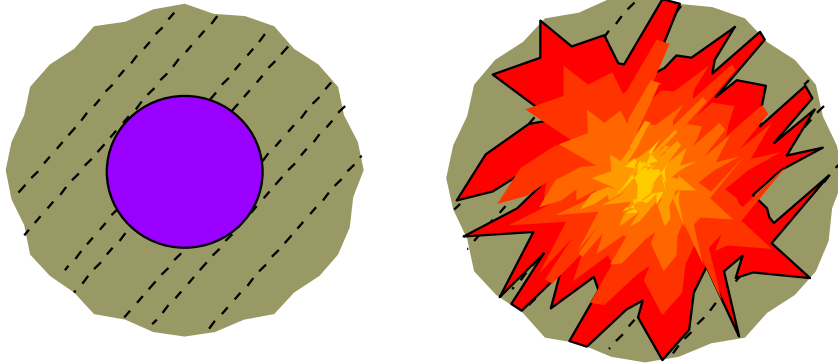


Presplittens resultat avhenger av geologien



Dekobling

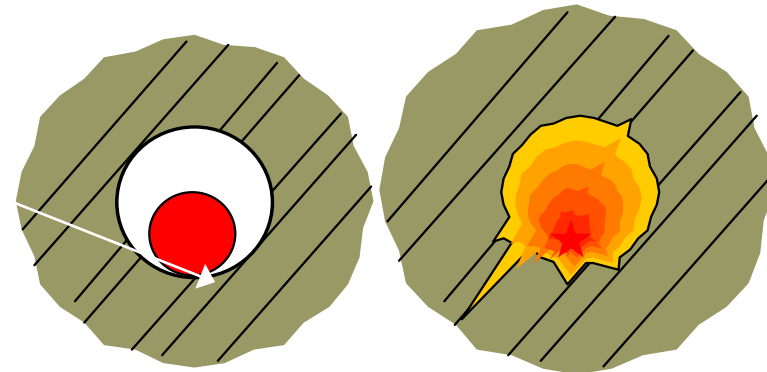
Hullet fylt



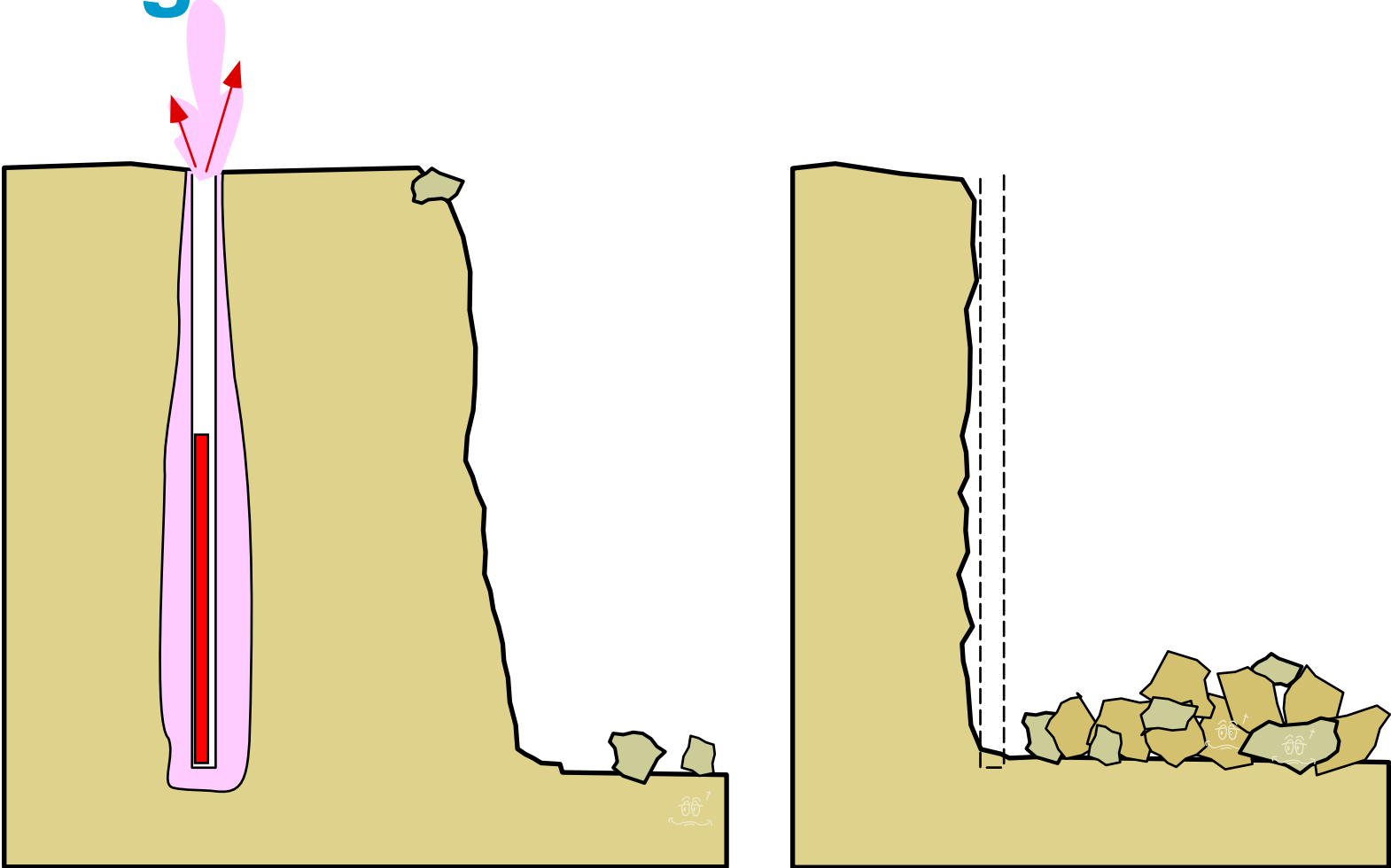
Hull fylt med mindre energi



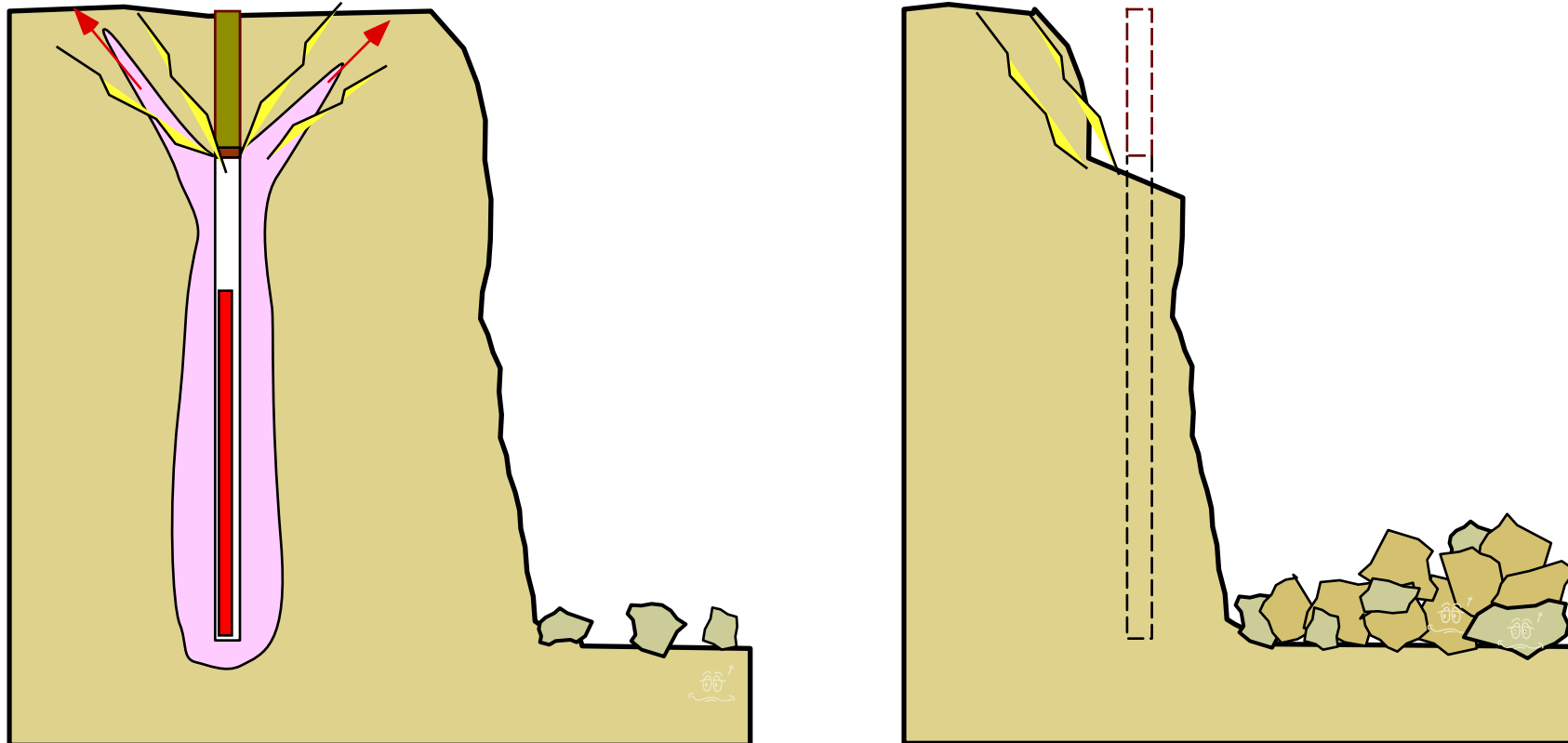
Dekoblet



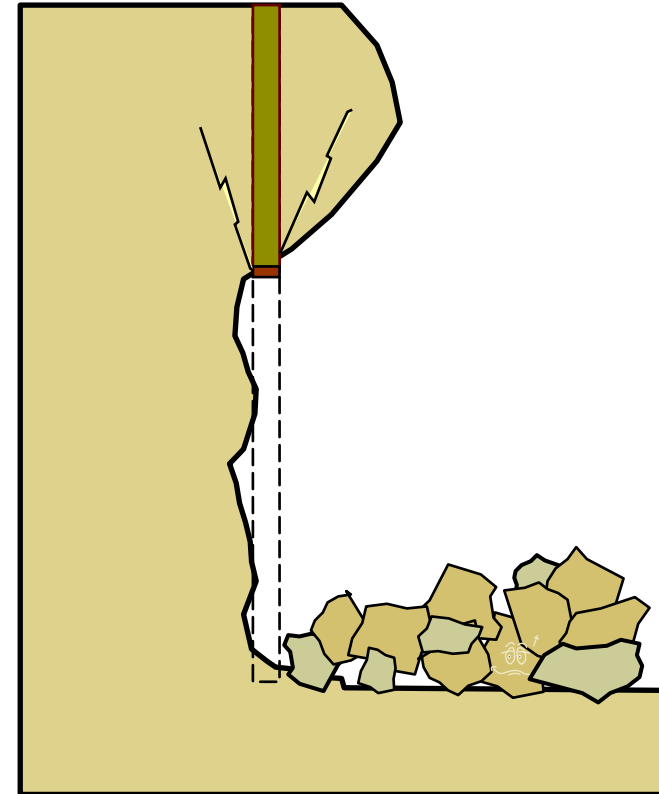
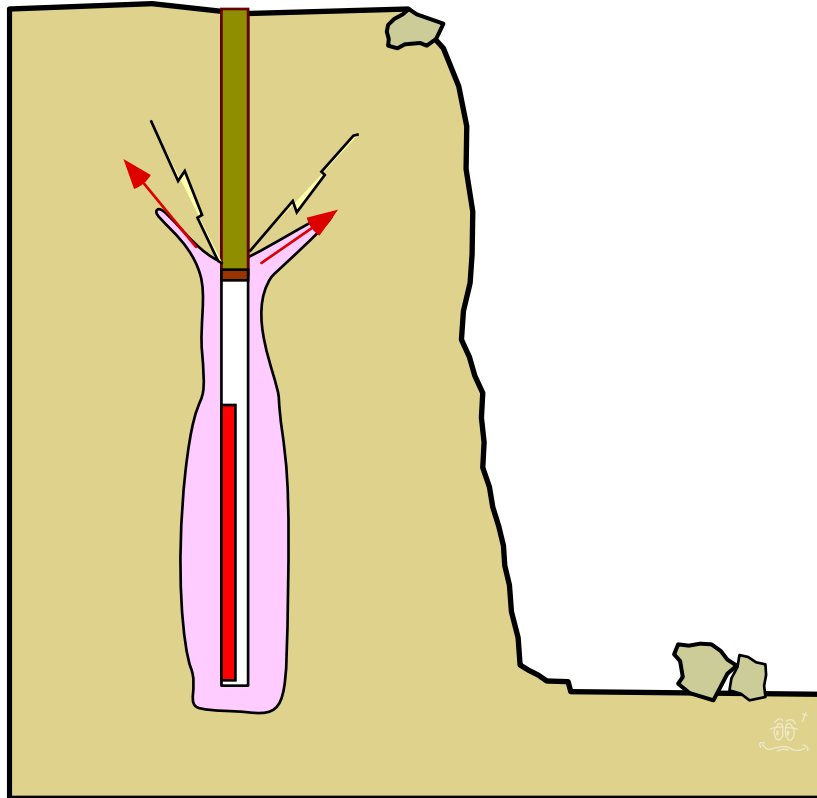
Fordemming?



Fordemming?



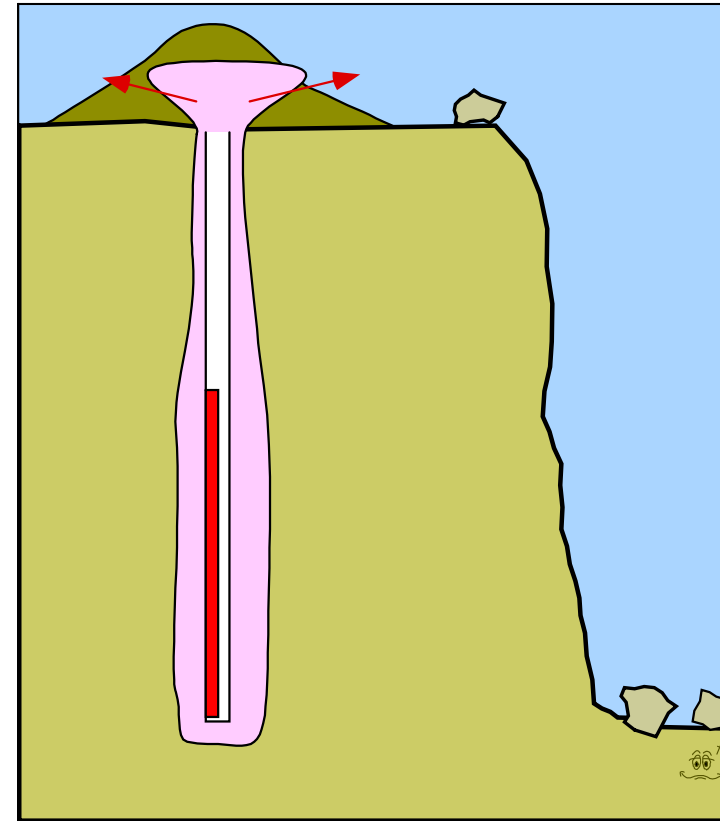
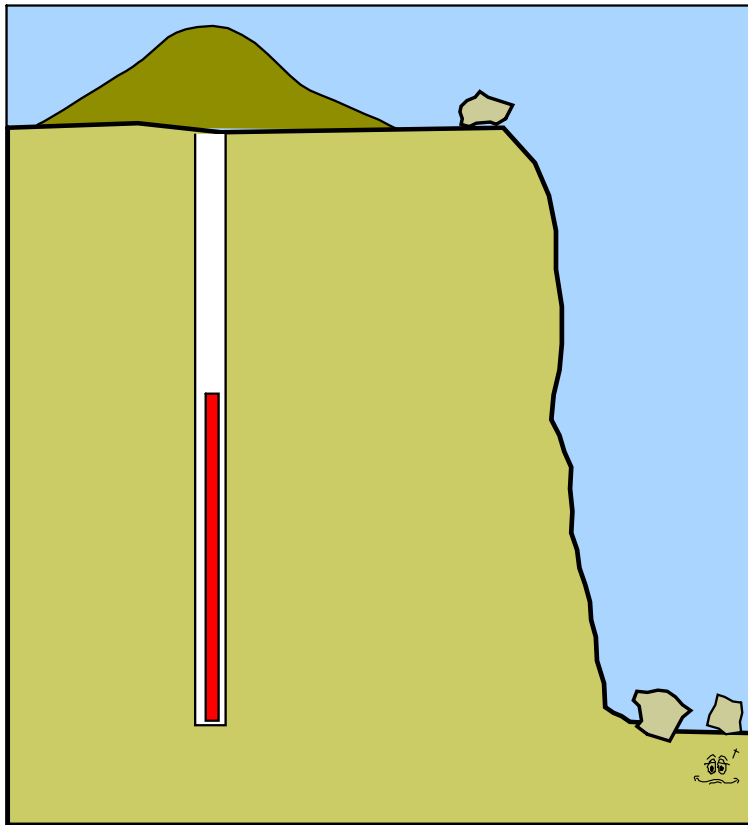
Fordemming?



Praktisk tilnærming

Airdeck

Ikke fordemning i hullet



Sømboring

- Hensikten med sømboring er å danne en bruddanvisning i fjellet.
- Sømmen vil også ventilere ut sprenggasser
- En søm skal ikke lades med sprengstoff – åpne hull
- Hullavstand: 3 X hulldiameteren (c-c)
- En søm er er ikke en erstantning for redusert ladning i kontur og hjelperast

Sømboring



Til Slutt

- Fjellsprenghing er et erfaringsfag for alle involverte
- Kommunikasjon mellom de ulike interessenter er svært viktig
 - Bestiller (byggherre)
 - Geolog
 - Bergsprenger
 - Bergsprenghingsleder
 - Borer
 - Stikker
 - Utlastere og maskinførere



Takk for oppmerksomheten!