

Norconsult 

Skjæringsdesign

Stabilitet og sikring av bergskjæringer 07.06.2021



Aktuelt

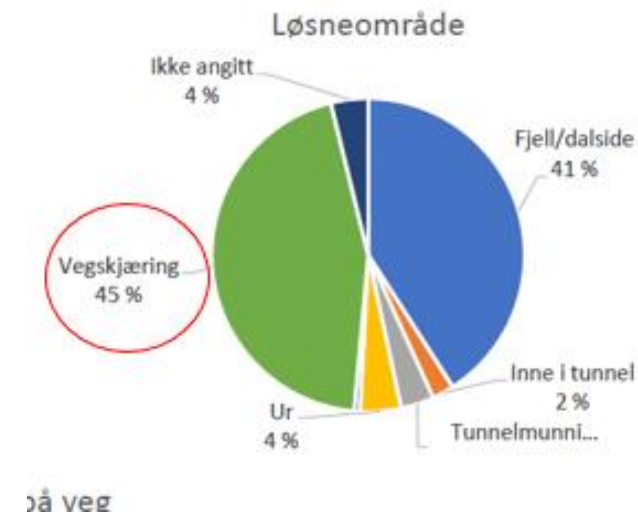
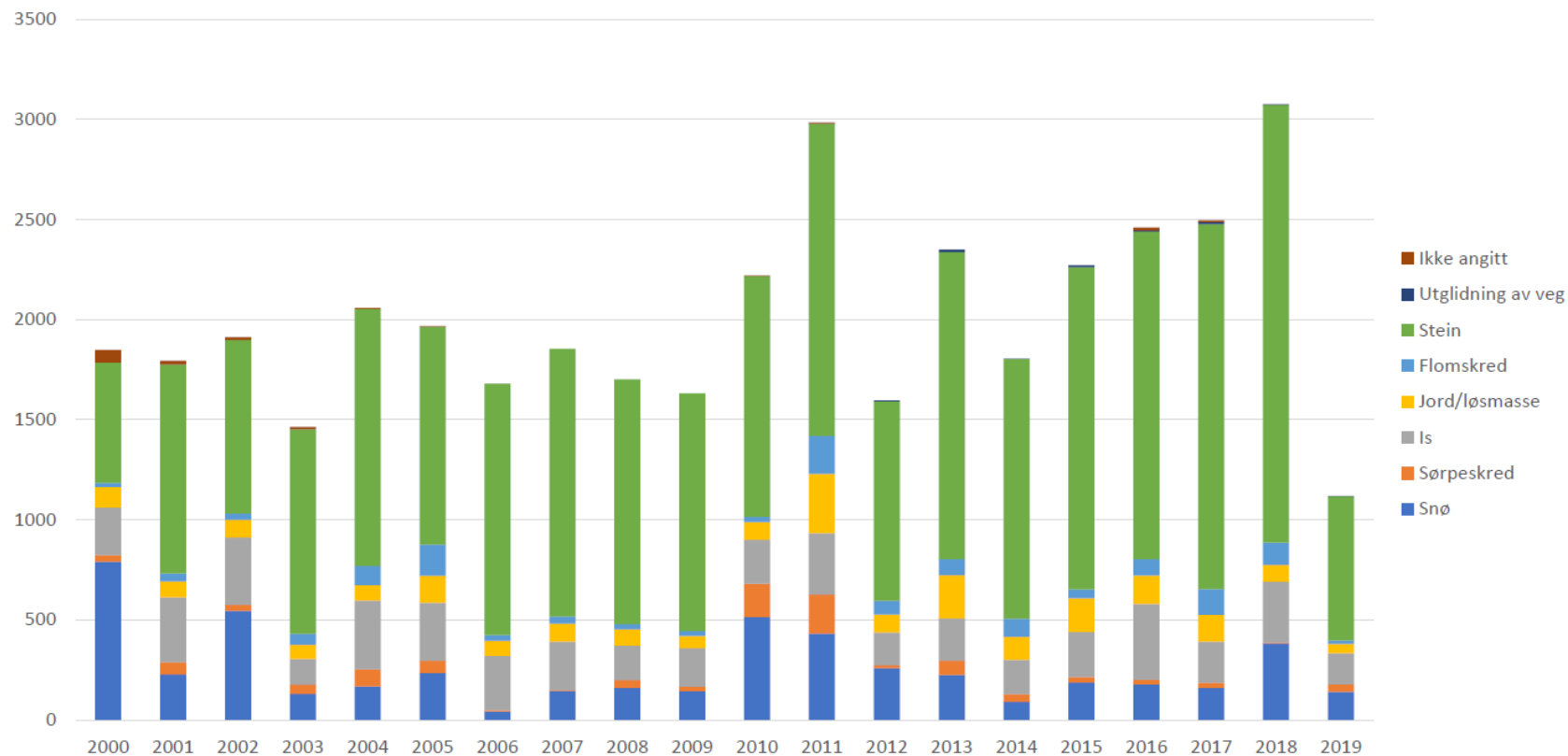
Larvik raset – hva ble gjort



Aktuelt

Skjer steinsprang fra skjæringe?

Registrerte skred og nedfall på veg, hele Norge, perioden 2000-2019



Data fra NVDB august 2019

Temaer

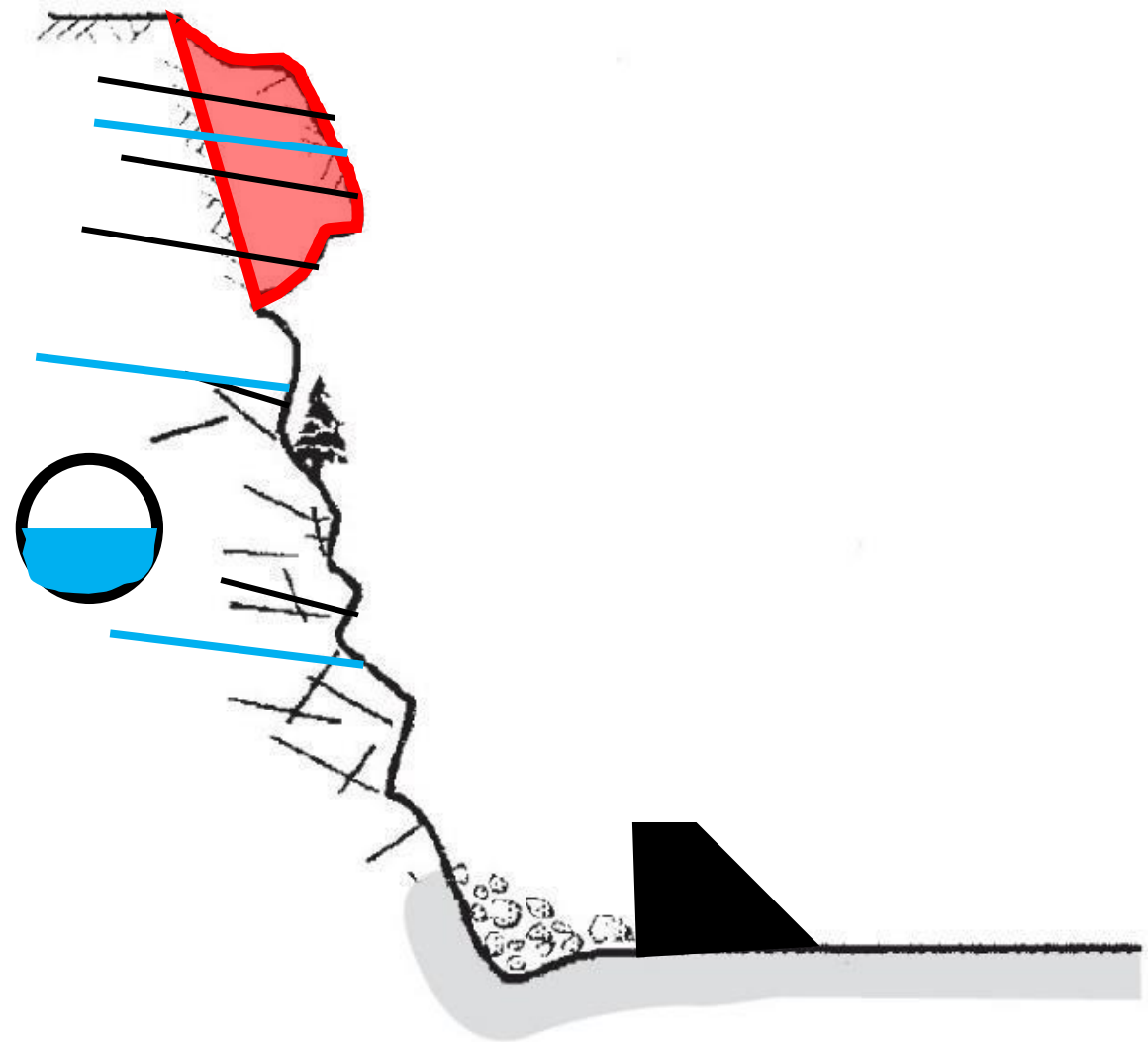
- ▶ Utforming og stabilitet av en bergskjæring
- ▶ Hvordan hensynta dette i prosjekteringen
- ▶ Hva sier regelverket
- ▶ Vurdering av spesielle faktorer
 - ▶ Fanggrøft vs. tilbakefylling
 - ▶ Jevnhet av skjæring

Utforming er avhengig av:

- ▶ Formål med arealet under skjæringen
- ▶ Landskap
- ▶ Geologiske forhold
- ▶ Høyden på skjæringen
- ▶ Terrenget over skjæringen
- ▶ Klimatiske forhold
 - ▶ Nedfall av is
 - ▶ Fokksnø og lagring av snø
- ▶ Anleggtekniske forhold
- ▶ Vedlikehold

Stabilisere en bergskjæring

- ▶ Fjerne bergmasse / endre geometri
- ▶ Forsterke bergmassen
- ▶ Drenering
- ▶ Beskytte
- ▶ God utførelse (forsiktig sprengning)



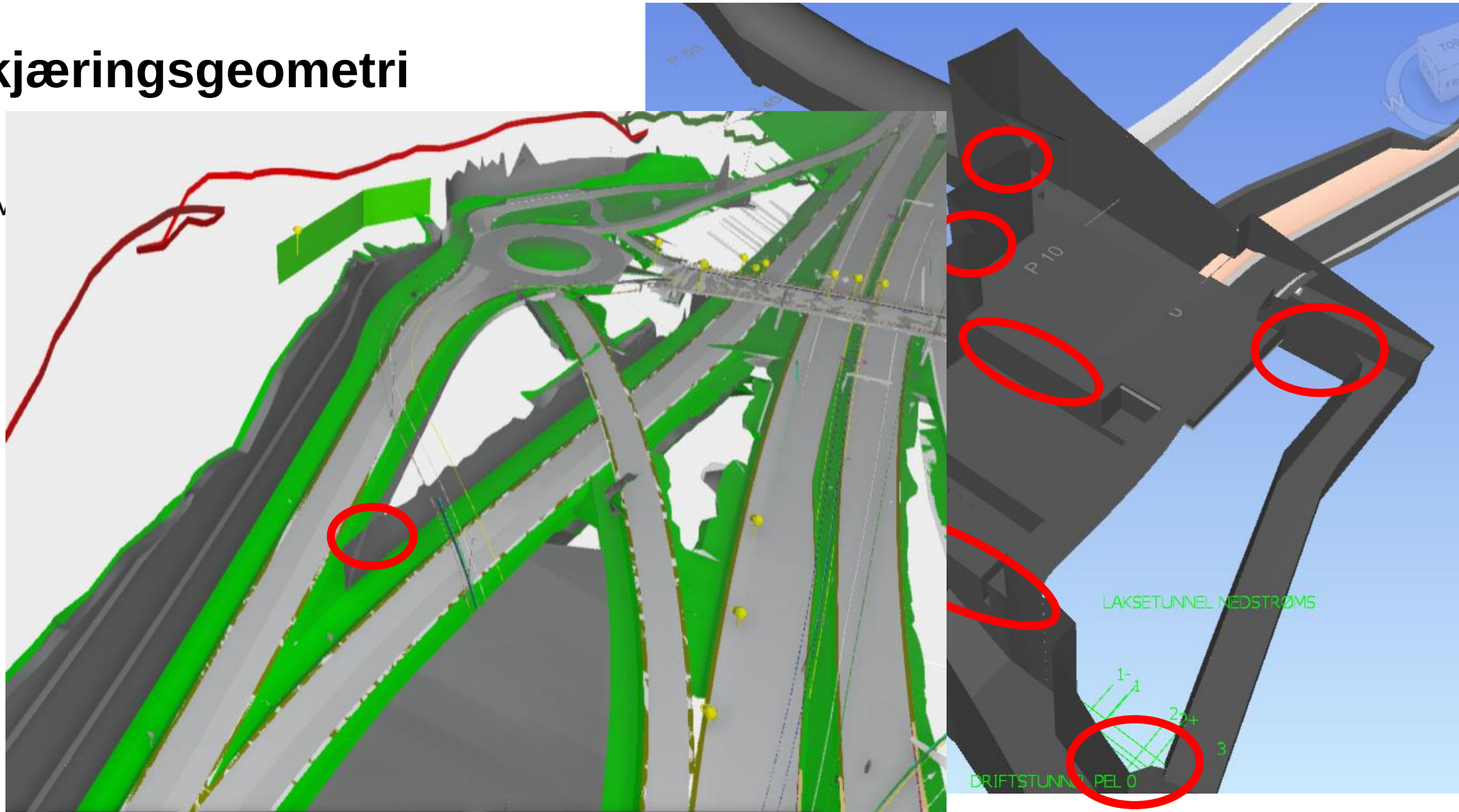
(mod. Etter Wyllie og Mah, 2004).

Skjæringsdesign – tilpasning av skjæringsgeometri

- ▶ Skjæringsgeometri
- ▶ Skjæringshøyde
- ▶ Helning
- ▶ Sideterreng
- ▶ Grøft
- ▶ Jevnhet

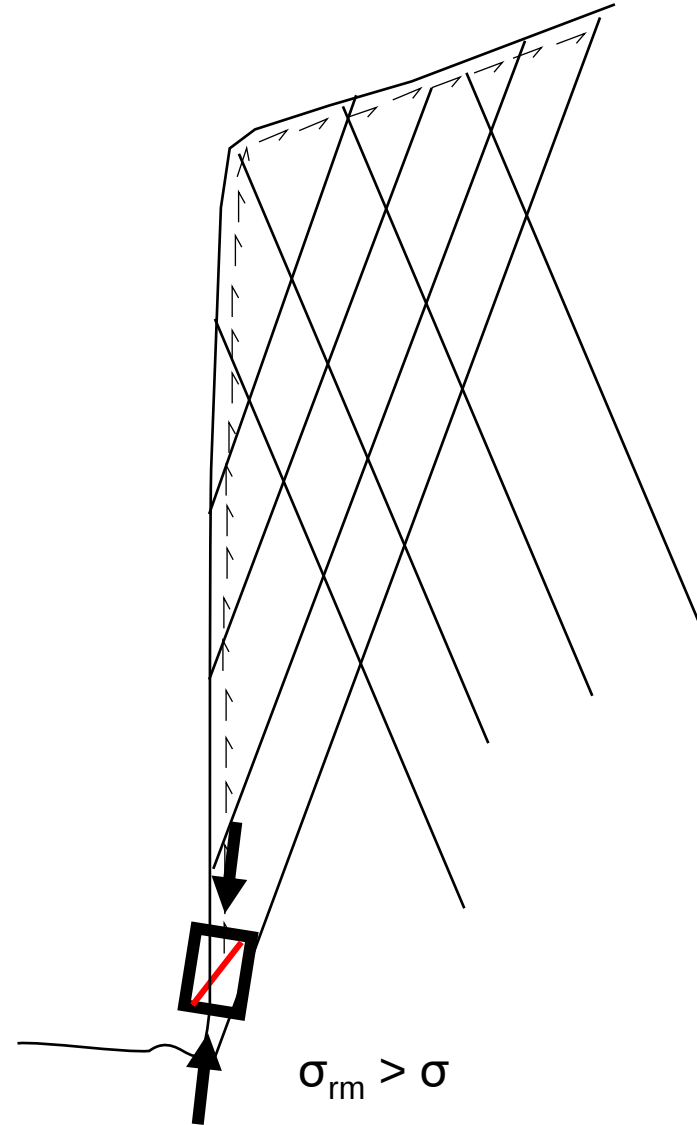
Skjæringsgeometri

► N



Skjæringshøyde

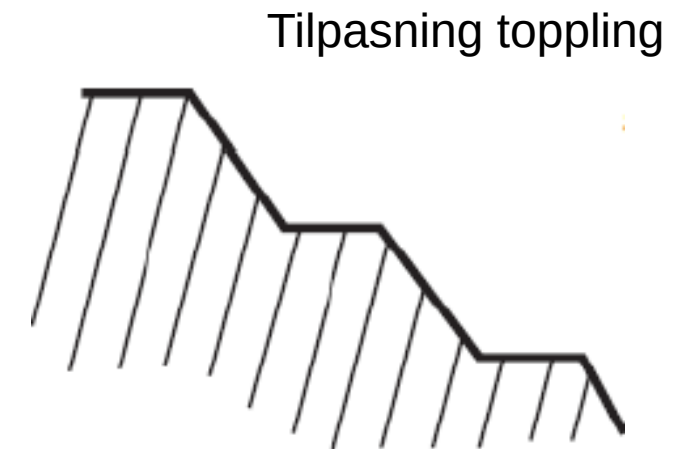
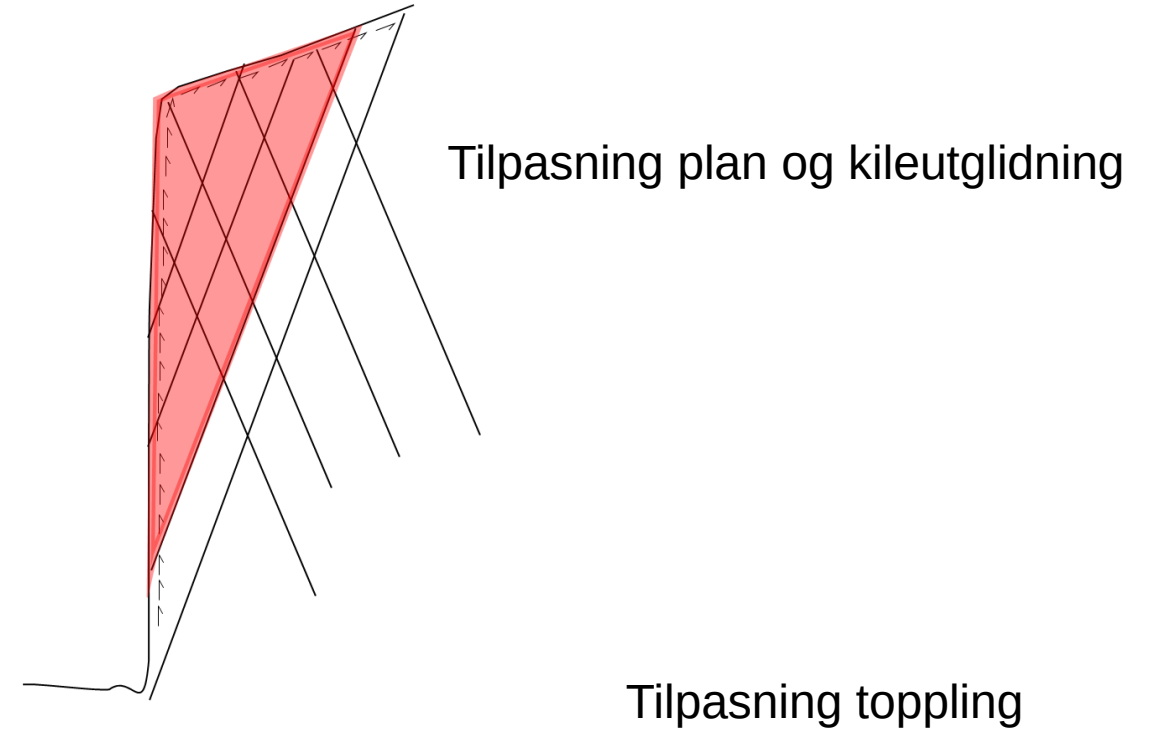
- ▶ Hva setter begrensninger
 - ▶ styrke av bergmasse
 - ▶ Oppsprekking
 - ▶ Konkav
 - ▶ Anleggtekniske – hva langt kan man bore
- ▶ Hva kan man gjøre? Redusere høyden!
 - ▶ Redusert vanntrykk
 - ▶ Sikringsvolum (potensielt større kiler)
 - ▶ Redusert energi av blokker



Skjæringshelning

Hva kan man gjøre:

- ▶ Sterkt berg
 - ▶ Tilpasse helning dominerende bruddplan
- ▶ Svakt berg
 - ▶ Redusert skjæringshelning

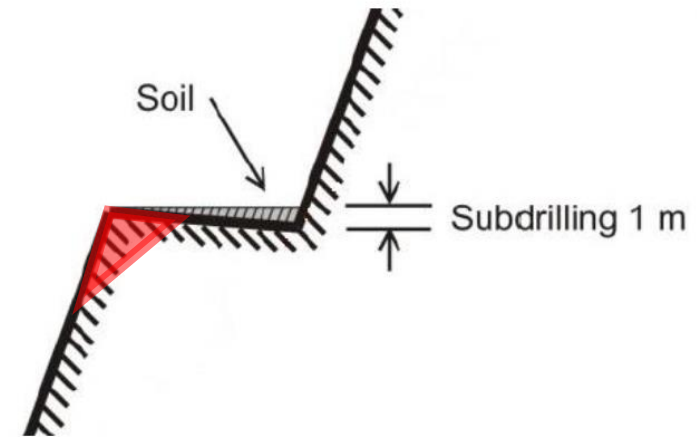
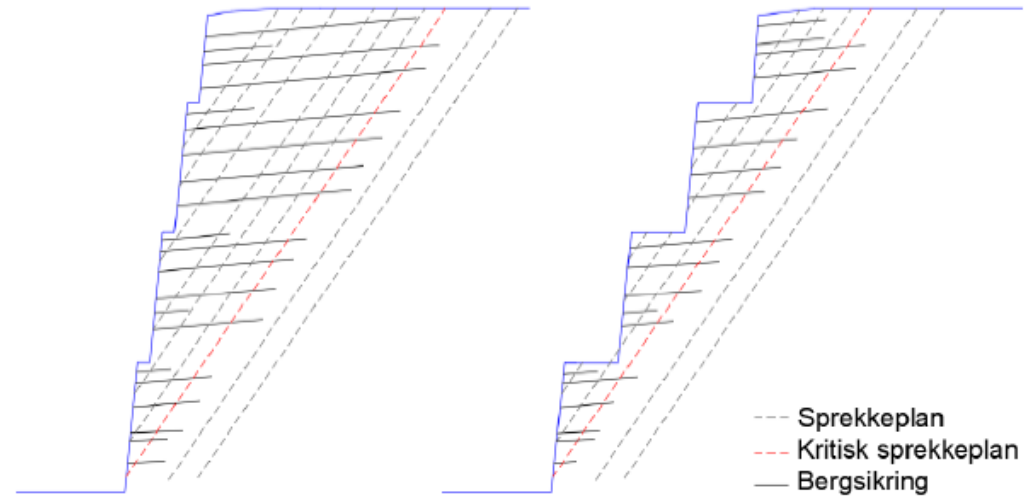






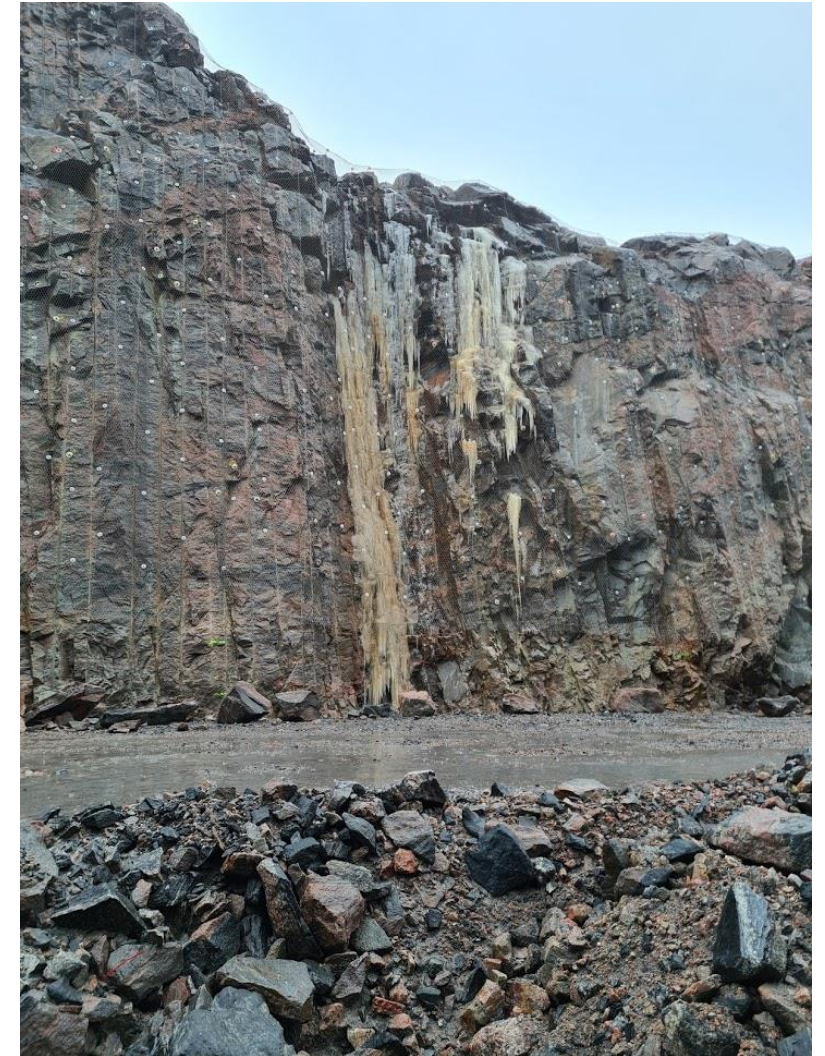
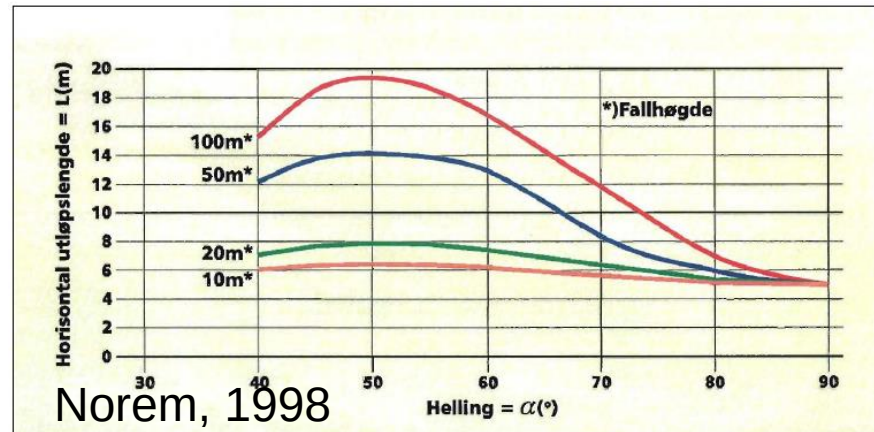
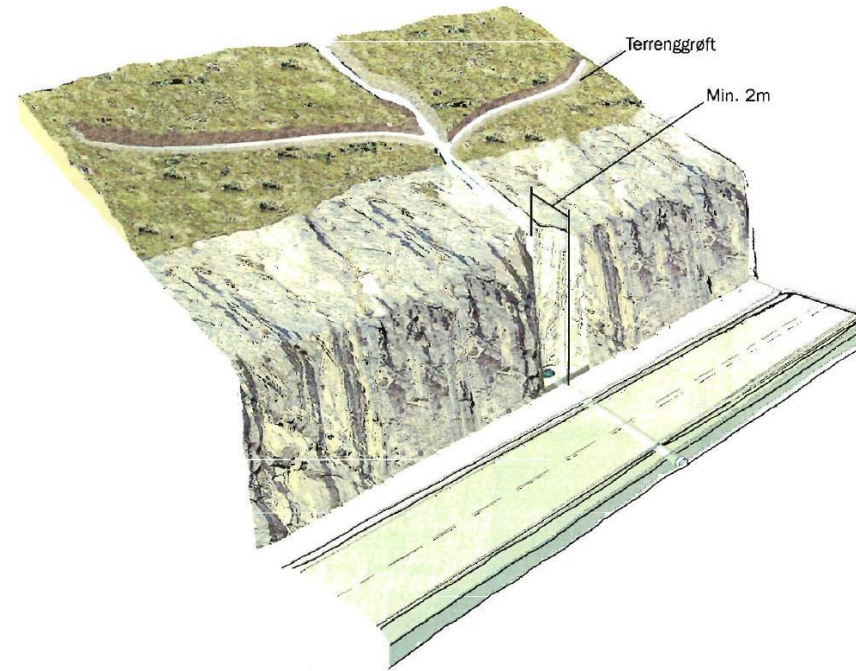
Hyller

- ▶ Totalstabilitet: redusert skråningsvinkel
- ▶ Detaljstabilitet: Oppsamlingssted for ovenforliggende skjæring
- ▶ Må ha fokus på anleggstekniske for å få til dette:
 - ▶ Hyller er spenningsavløste og sprengningsutsatt



Vannhåndtering

- ▶ Redusere iskjøving evt. håndtere det
- ▶ Avskjæringsgrøft, hyller med drenggrøfter, nedføringsrenne (nisjer)



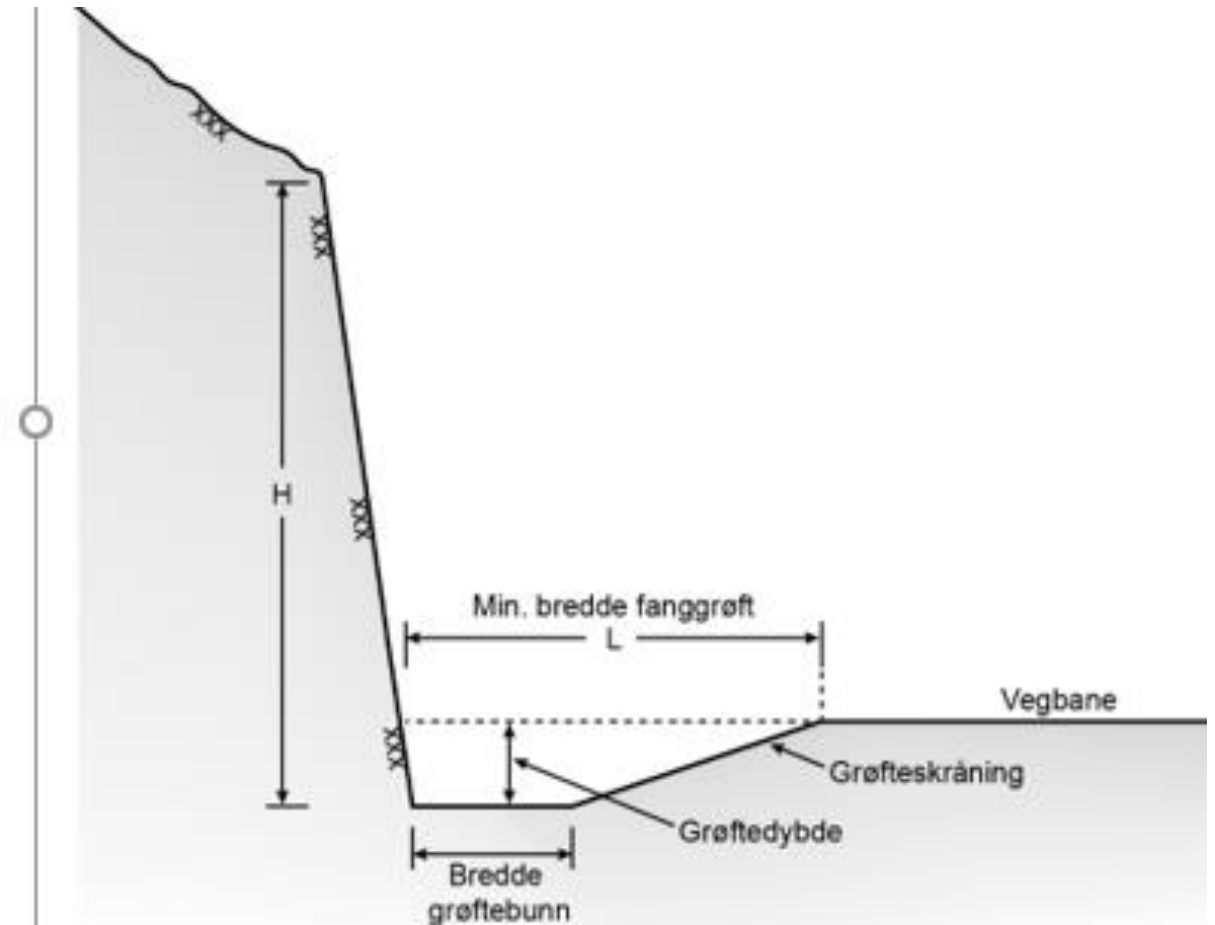
Sideterreng

- ▶ Stabilt over skjæringstopp
 - ▶ Naturlige skred (steinsprang, snøskred, jord og flomskred)
 - ▶ Stabile løsmasser på topp skjæringskant



Grøft

- ▶ Dimensjonering av fanggrøft:
 - ▶ Bredde
 - ▶ Dybde
 - ▶ Grøfteskråning
- ▶ Tilbakefylling



Jevnhet

- Redusere utstikkende knøler og bergpartier



Jevnhet

- Gjenstående kant etter boring.



Hvordan ta hensyn til skjæringsdesign i prosjekteringen

Tidligfase

- ▶ Planlegge med en veitrase som minimerer høye og kompliserte skjæringer
- ▶ Spesielt i svake bergarter, svakhetssoner, mye vann, stort sideterreng
- ▶ Maks høyde på 30 m (?)
 - ▶ pga vedlikehold fra vei og risiko under bygging



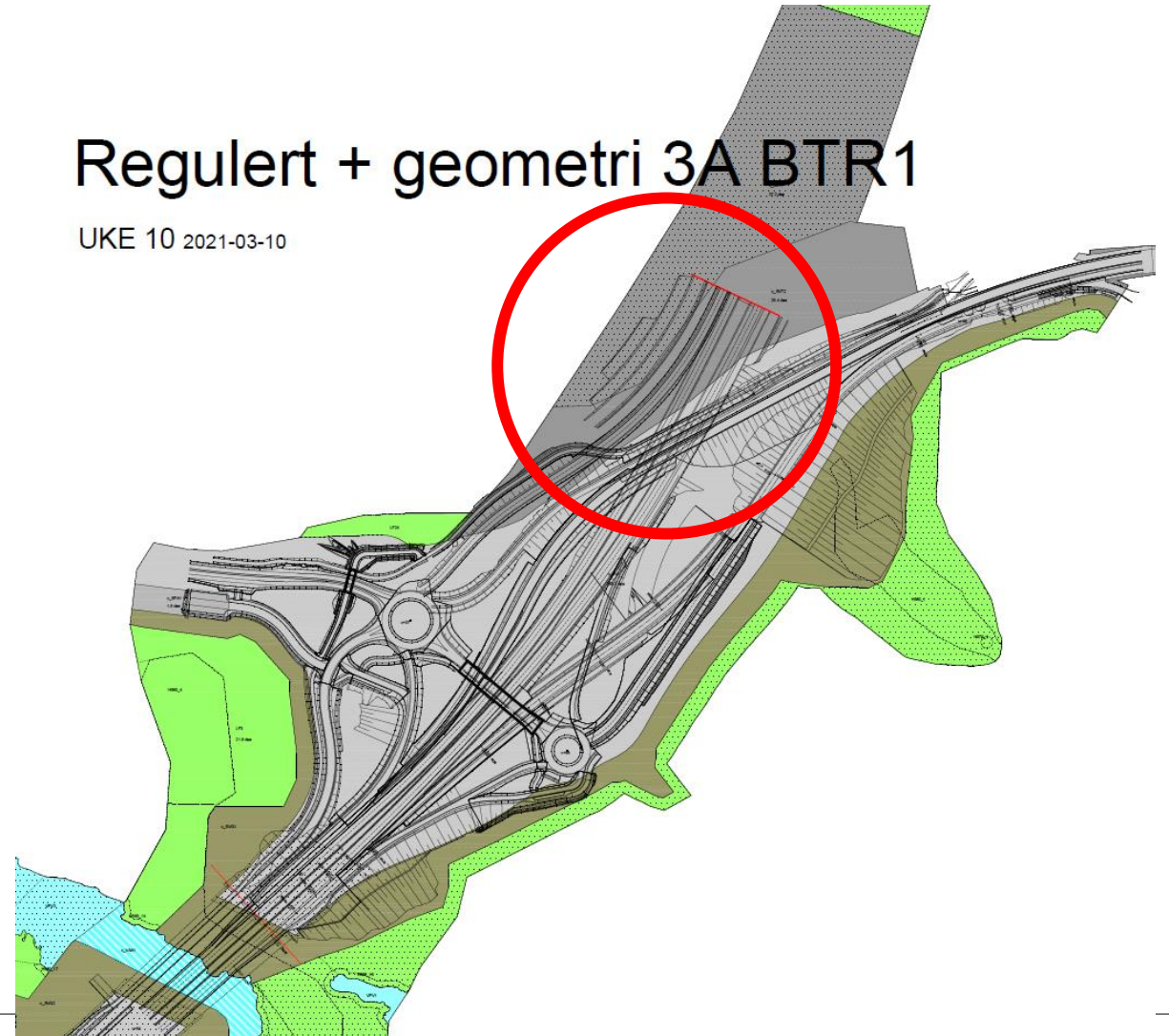
Hvordan ta hensyn til dette i prosjekteringen

Reguleringsplan

- ▶ Sette av tilstrekkelig bred inngrepsgrense (veikorridor) i områder med høye, forskjæringer og bratt sideterreng.
- ▶ Må ha tilstrekkelig areal for å kunne gjøre de tiltakene det er behov for.

Regulert + geometri 3A BTR1

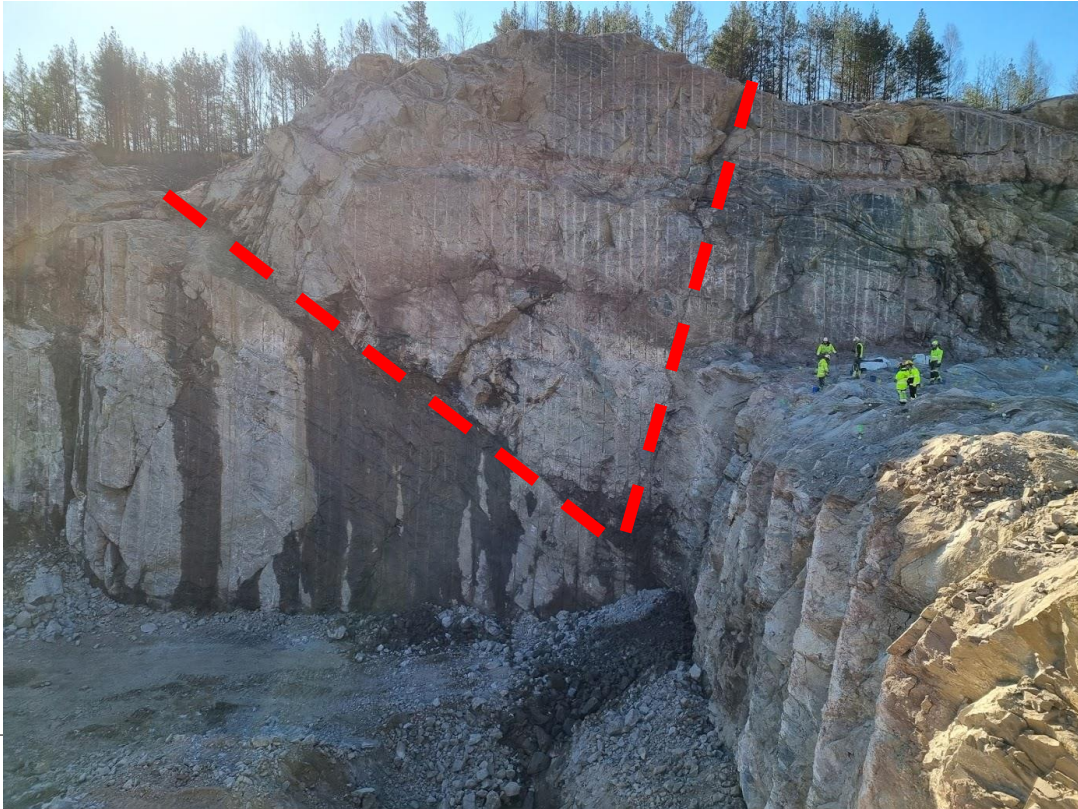
UKE 10 2021-03-10



Hvordan ta hensyn til dette i prosjekteringen

Under bygging

- ▶ Ny befaring ved byggestart
- ▶ Vurdering av berget etter det er avdekket
- ▶ Vurdering og forløpende oppfølging under sprengning



Regelverk

- ▶ Eurokode 7
- ▶ PBL /TEK 17
- ▶ SVV HB N200
- ▶ Bane NOR – Teknisk regelverk

Regelverk

Eurokode 7 kapittel 11 – områdestabilitet

- ▶ NBG veileder: kap 11 «Gjelder også sprengte skjæringer i berg.»
- ▶ 11.5.2 Skråninger og skjæringer i bergmasser
 - ▶ (2) «Stabilitetsanalyser skal bygge på pålitelig kunnskap av diskontinuiteter som krysser bergmassen og av skjærfastheten av intakt berg og av diskontinuitetene»
 - ▶ (5) «... Ved skjæring bør glidning unngås ved at retning og orientering av skråningsflaten velges slik at det er kinematisk umulig for isolerte blokker å bevege seg»
- ▶ (8-10)
 - ▶ Muligheten for steinsprang skal analyseres
 - ▶ Om man ikke kan forhindre skal man benytte egnete tiltak for å fange opp stein som faller
 - ▶ Prosjektering av sikringstiltak bør bygge på en grundig undersøkelse av mulige baner for matematerialet som faller.

Regelverk

PBL § 28-1 & TEK17 kap. 7-3 og 10.2

Kapittel 28. Krav til byggetomta og ubebygget areal

§ 28-1. Byggegrunn, miljøforhold mv.

Grunn kan bare bebygges, eller eiendom opprettes eller endres, dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold. Det samme gjelder for grunn som utsettes for fare eller vesentlig ulempe som følge av tiltak.

For grunn som ikke er tilstrekkelig sikker, skal kommunen om nødvendig nedlegge forbud mot opprettelse eller endring av eiendom eller oppføring av byggverk, eller stille særlige krav til byggegrunn, bebyggelse og uteareal.

Departementet kan gi nærmere forskrifter om sikkerhetsnivå og krav til undersøkelser, sikringstiltak for person eller eiendom, dokumentasjon av tiltaket og særskilte sikringstiltak.

0 Tilføyd ved [lov 8 mai 2009 nr. 27](#).

§ 28-2. Sikringstiltak ved byggearbeid mv.

Bygge- eller rivingsarbeid, graving, sprenging eller fylling kan ikke igangsettes uten at de ansvarlige på forhånd har truffet nødvendige tiltak for å sikre mot at skade kan oppstå på person eller eiendom, og for å opprettholde den offentlige trafikk.

Maskiner, stillaser og alt utstyr for byggearbeid skal være forsvarlig innrettet og vedlikeholdt, og driften skal være ordnet slik at fare for liv og helse ikke oppstår. Kommunen kan gi de pålegg den finner påkrevd for at disse bestemmelser blir holdt, herunder om grunnundersøkelser.

0 Tilføyd ved [lov 8 mai 2009 nr. 27](#).

Kapittel 7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger

§ 7-3. Sikkerhet mot skred

[Veiledning til bestemmelsen](#) ▾

(1) Byggverk hvor konsekvensen av et skred, herunder sekundærvirkninger av skred, er særlig stor, skal ikke plasseres i skredfarlig område.

Kapittel 10 Konstruksjonssikkerhet

§ 10-2. Konstruksjonssikkerhet

(1) Materialer og produkter i byggverket skal ha slike egenskaper at grunnleggende krav til byggverkets mekaniske motstandsevne og stabilitet blir tilfredsstillt.

[Veiledning til første ledd](#) ▾

(2) Byggverket skal prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot brudd og tilstrekkelig stivhet og stabilitet for laster som kan oppstå under forutsatt bruk. Kravet gjelder byggverk under utførelse og i endelig tilstand.

[Veiledning til annet ledd](#) ▾

(3) Grunnleggende krav til byggverkets mekaniske motstandsevne og stabilitet, herunder grunnforhold og sikringstiltak under utførelse og i endelig tilstand, kan oppfylles ved prosjektering av konstruksjoner etter Norsk Standard NS-EN 1990 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner og underliggende standarder i serien NS-EN 1991 til NS-EN 1999, med tilhørende nasjonale tillegg.

[Veiledning til tredje ledd](#) ▾

Regelverk

HB N200 2018

221 Funksjonskrav

Funksjonskrav for skråninger og skjæringer i berg er vist i tabell 221.1.

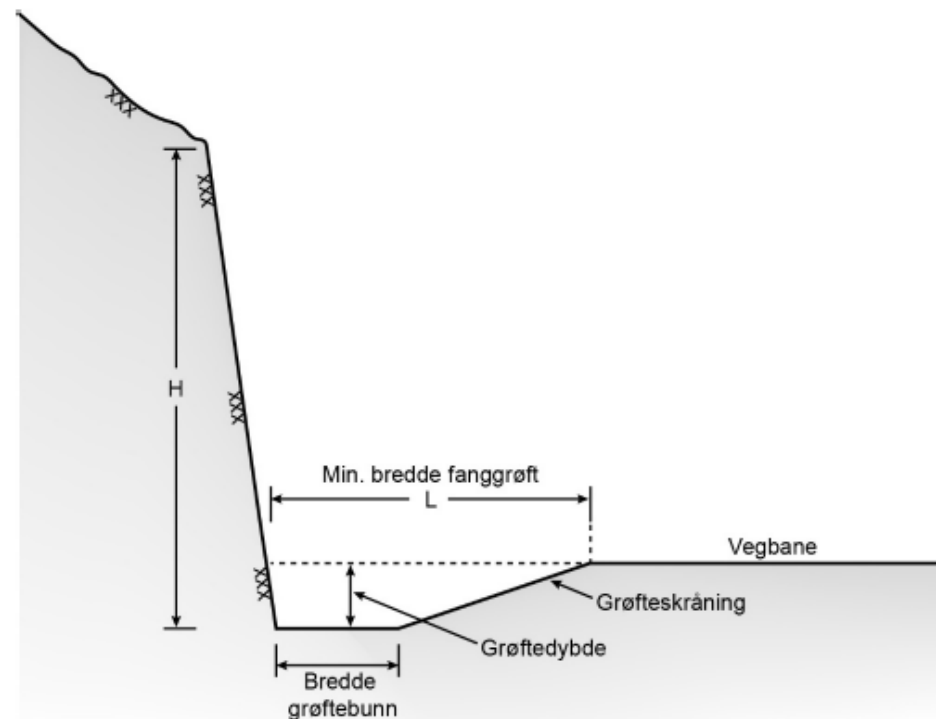
Tabell 221.1 Funksjonskrav for skråninger og skjæringer i berg

Krav til	Krav
Stabilitet, sikkerhet mot utfall og skred	Bergskjæringer skal etableres slik at det ikke er fare for nedfall av stein og is på veg. Bergskjæringer bør etableres slik at man unngår rensk og annen sikring de første 20 årene. Det samme gjelder rensk og sikring av løsmasse på skjæringstopp.
Sikkerhetsnivå skjæringstopp/ skråning	Inngjerding bør vurderes for å hindre fall av dyr eller mennesker fra skjærings-/skråningstopp.
Trafikksikkerhetsnivå / Grunnlag for prosjektering	Sikkerhetsnivået i skråninger/skjæringer bør være likt for hele vegstrekningen som bygges ut.

222 Utforming av bergskjæringer og fanggrøft

Bergskjæringer bør utformes som nær vertikale skjæringer (10:1 eller brattere). Helning og utforming skal tilpasses forhold som geologi, grunnvann og landskap.

Bergskjæringer skal utformes med fanggrøft, se figur 222.1.



Figur 222.1 Prinsippkisse for utforming av fanggrøft i bergskjæring

Minimumsbredde på fanggrøft for steinnedfall (L) skal dimensjoneres i henhold til figur 222.2. Ved behov for andre skjæringshelninger enn de som er oppgitt i figuren benyttes interpolering.

Regelverk

Bane NOR – Teknisk regelverk – underbygning – banelegeme

6 Fjellskjæring

TRV:00901

a) Utforming og størrelse skal minimum tilfredsstillende krav i Underbygning/Prosjektering_og_bygging/Profil og minste_tverrsnitt

TRV:00902

b) Det skal tas hensyn til stedlige faktorer knyttet til grunnforhold, snømengder, rasfare, drenering, vannavløp, støy og terrengtilpasninger.

TRV:00903

c) For nyanlegg skal det utføres en ingeniørgeologisk vurdering av fjellet og anvisning av sikkerhetstiltak.

For å få minst mulig masseuttak, brukes tilnærmet vertikal skjæringsvegg. Likevel er lagdeling og brudd i berggrunnen ofte bestemmende for skjærings helningsvinkel.

TRV:00904

d) Utsprengningen bør utføres slik at sprekkeplan følges. Se figur 5.



TRV:00905

e) På linjeavsnitt hvor drivsnø kan være problematisk, skal skråningsvinkel vurderes også ut fra disse forhold.

Regelverk

Bane NOR – Teknisk regelverk – underbygning – banelegeme

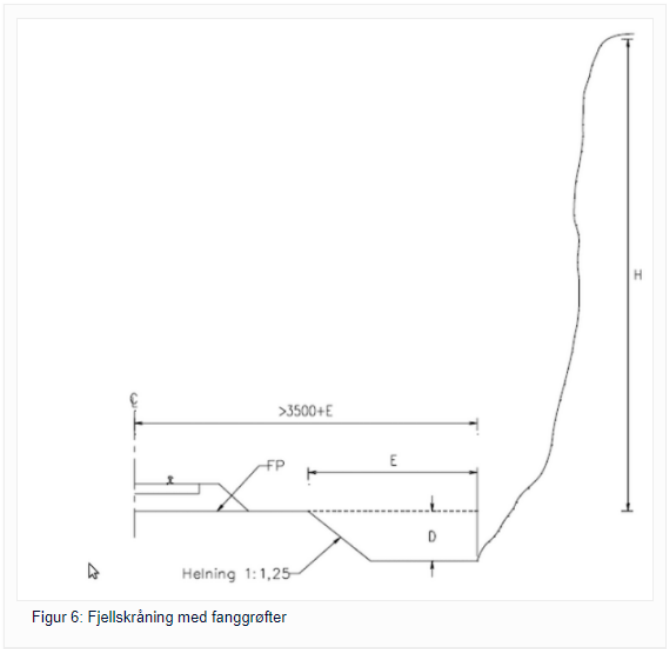
6.1 Fanggrøft

For å sikre linjen mot fallende stein kan det lages en fanggrøft mellom skjæringsveggen og linjen. Der topografien gjør det naturlig, kan fanggrøften også legges oppe i skråningen i større avstand fra linjen. Slik fanggrøft kan kombineres med en barrikade av jord eller stein. I enkelte tilfeller kan det være aktuelt med rasvarslingsgjerde/fanggjerde på toppen av skråningen/skjæringen.

TRV:00906

a) Behovet for utvidet skjæring med fanggrøft skal vurderes på bakgrunn av fjellkvalitet, topografi, og dessuten i forhold til andre sikringsmetoder.

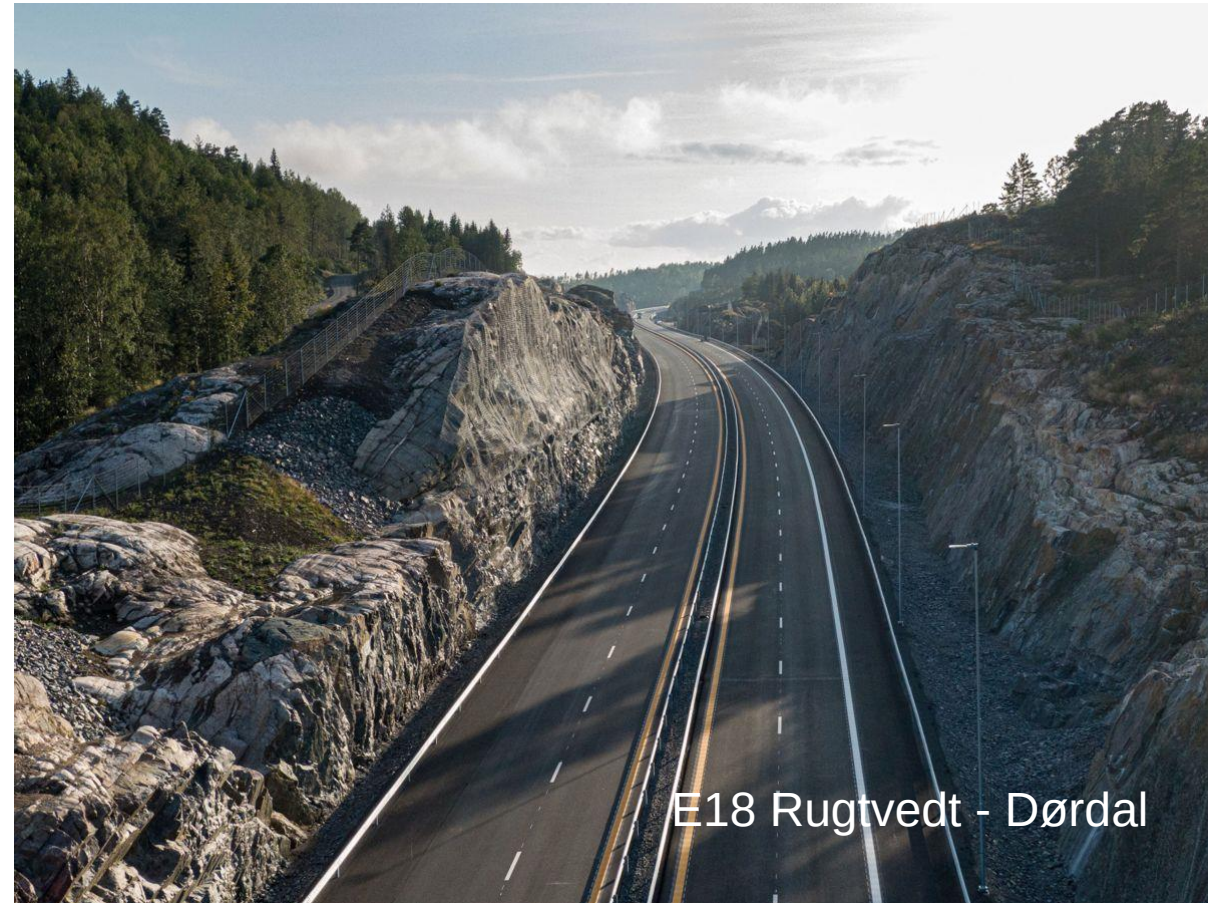
1. Utførelse: Fanggrøfter skal bygges med høyde (H), bredde (E) og dybde (D) som angitt i tabell 4.
2. Unntak: Ved omfattende permanent sikring (med bolter, nett osv.) kan bredde og dybde av grøft reduseres i forhold til veiledende verdier i tabell 4.



Tabell 4: Veiledende dimensjoner for fanggrøfter

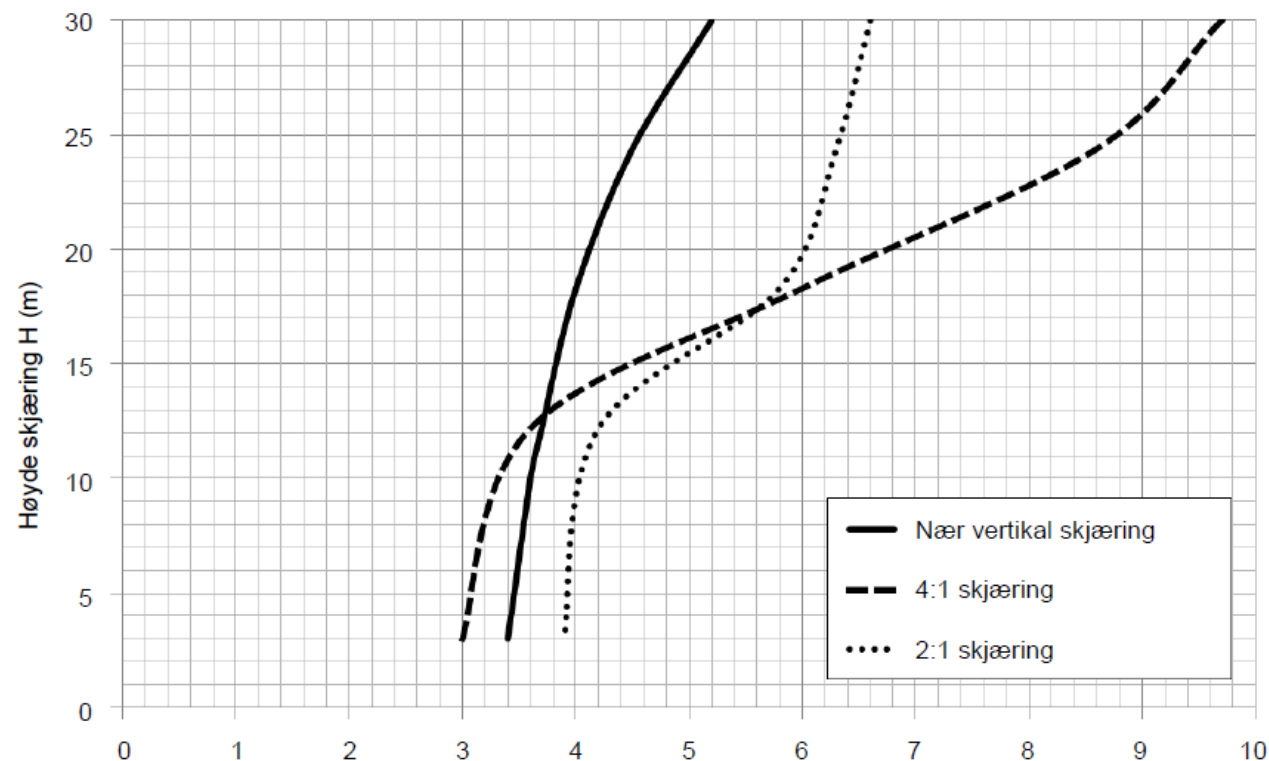
Helning (α)	Høyde H (m)	Grøftens bredde E (m)	Grøftens dybde D (m)
Vertikal ca. (80°-90°)	5-10	3,0	1,0
	10-20	5,0	1,5
	> 20	6,5	1,5
4:1 til 3:1 ca. (75°)	5-10	3,0	1,0
	10-20	5,0	1,5
	20-35	6,5	2,0
	> 35	8,0	2,0
2:1 ca. (65°)	5-10	3,0	1,0
	10-20	5,0	2,0
	20-35	6,5	2,0
	> 35	8,0	3,0
4:3 ca. (55°)	0-10	3,0	1,0
	10-20	3,0	1,5
	> 20	5,0	2,0
1:1 (45°)	0-10	3,0	1,0
	10-20	3,0	1,5
	> 20	5,0	2,0

Design av Grøft



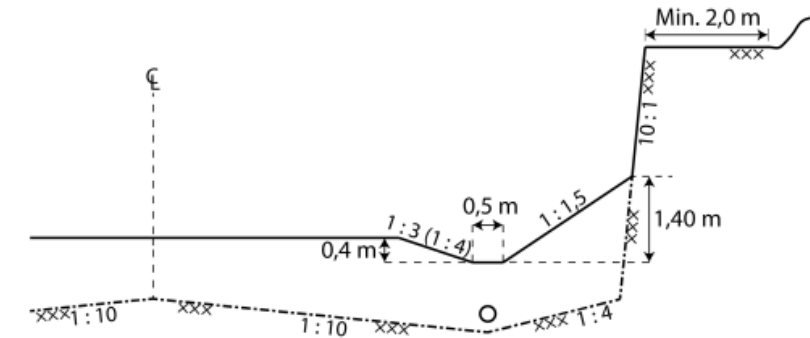
Design av fanggrøft iht. SVV N200

- ▶ Arbeid i 2014 av Sandøy og Tyssekvam for SVV for å vurdere utforming av fanggrøft
- ▶ Gjennomgang av litteratur
 - ▶ Feltforsøk i fra 2001 der 11.000 steinsprangtester ble utført
 - ▶ Ulike helninger og 3 ulike høyder (inkl. palldeling på 45 cm)
- ▶ Kalibrere rocfall modell mot feltdata
- ▶ Resultatet er nytt designkriterium
 - ▶ 90% fangevne
 - ▶ Grøfteskråning 5:1 (traffiksikkerhet)

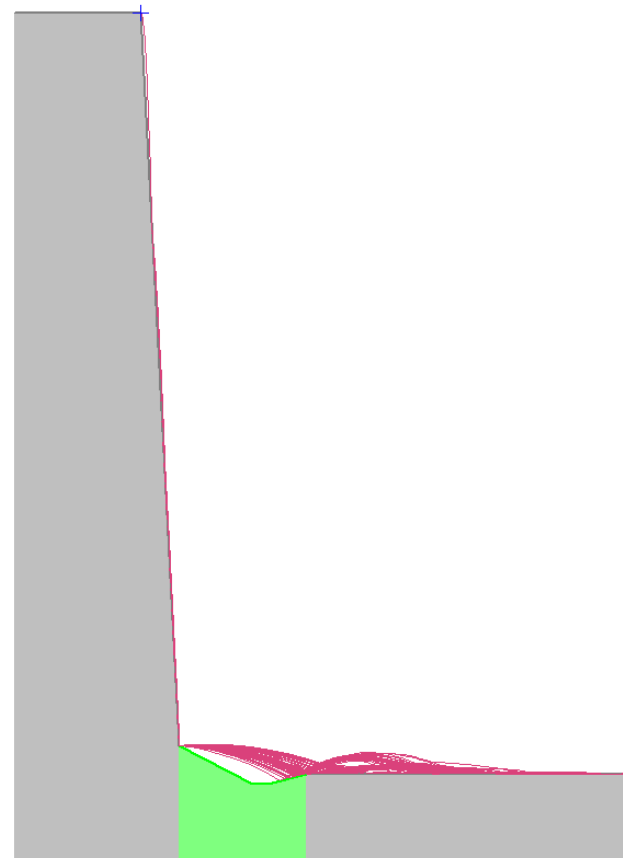
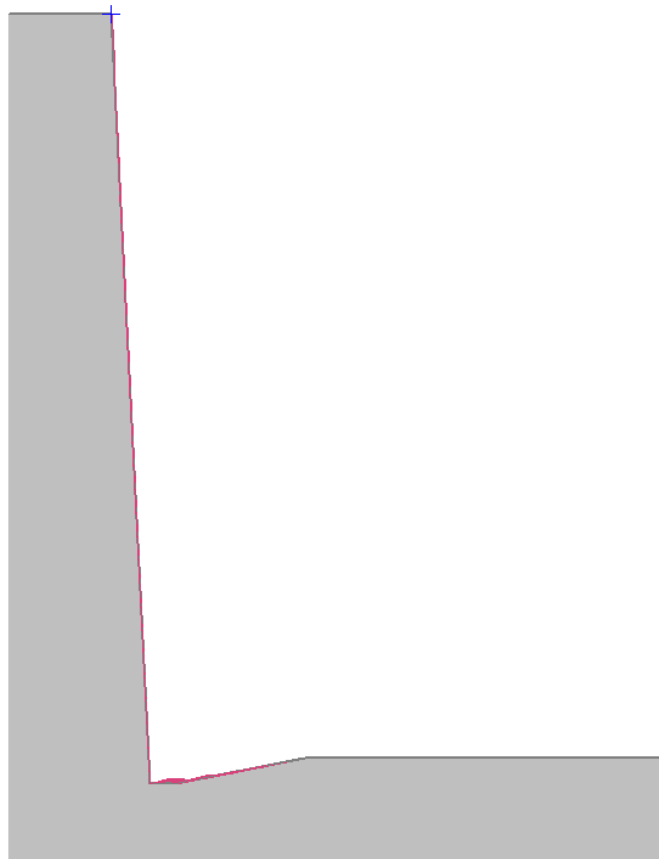


Tilbakefylling

- ▶ Stein som faller i tilbakefylt grøft vil bli tilført en horisontalkomponent som kan øke utløpslengden
- ▶ Ingen spesifikke krav til materialer i en tilbakefylling
- ▶ Mindre volum til å håndtere snø og is fra brøyting samt nedfall
- ▶ Vanskelig/umulig å få modellene til å oppnå fangevne opp mot 90 %. Måtte da benytte materiale med svært gode dempningskoeffisienter
 - ▶ I realiteten telefarlig materiale? Iskjøving osv. Store variasjoner i materialets dempingsevne i løpet av året
- ▶ En tilbakefylt grøft er ikke en fanggrøft. Dersom grøft tilbakefylles må skjæring detaljsikres på annen måte!



Figur 225.2 Redusert skjæringsprofil med tilbakefylling mot berg.



Design av grøft



Fra konkurransegrunnlag E16 Bjørum – Skaret (2020)

8.3 Utforming av bergskjæringer

Bergskjæringer sprenges med helning iht. håndbok N200:2014 Vegbygging. Det brukes i utgangspunktet helning 10:1 der bergforholdene tillater dette. Grøft og område mot foten av skjæringsveggen skal utformes i samsvar med reguleringsplanen og ikke være i strid med håndbok N200:2014 Vegbygging.

Det skal unngås å sette igjen mindre bergknauser der dette vil se unaturlig og skjemmende ut. Utenfor sikkerhetssonen kan bergnabber med en viss størrelse få stå, der dette skaper bedre tilpasning til eksisterende terreng, vurdert i samråd med byggherren.

Inn mot alle bergskjæringer skal det generelt etableres en tilsådd sone fra grøften med en fylling inn mot fjellfoten. Fyllingen skal ha en helning på 1:2 og. Se illustrasjon.



Figur D1.2.8-01 Eksempel på ønsket uttrykk ved bergskjæring med helling 10:1.

Gjennom Bjørkåsen skal fyllingen mot skjæringsfoten være bredere, med et 3 meter bredt avflatet parti nærmest berget i tillegg til skråning og grøft. Det avflatete partiet skal ha helning 1:10 ned mot skjæringsveggen.

Avstand fra vegkant til foten av skjæringsveggen skal ikke være mindre enn det som er angitt i reguleringsplanen.

Hvordan påvirker skjæringsdesign utløpslengde av steinsprang

Konturklasse – jevnhet.

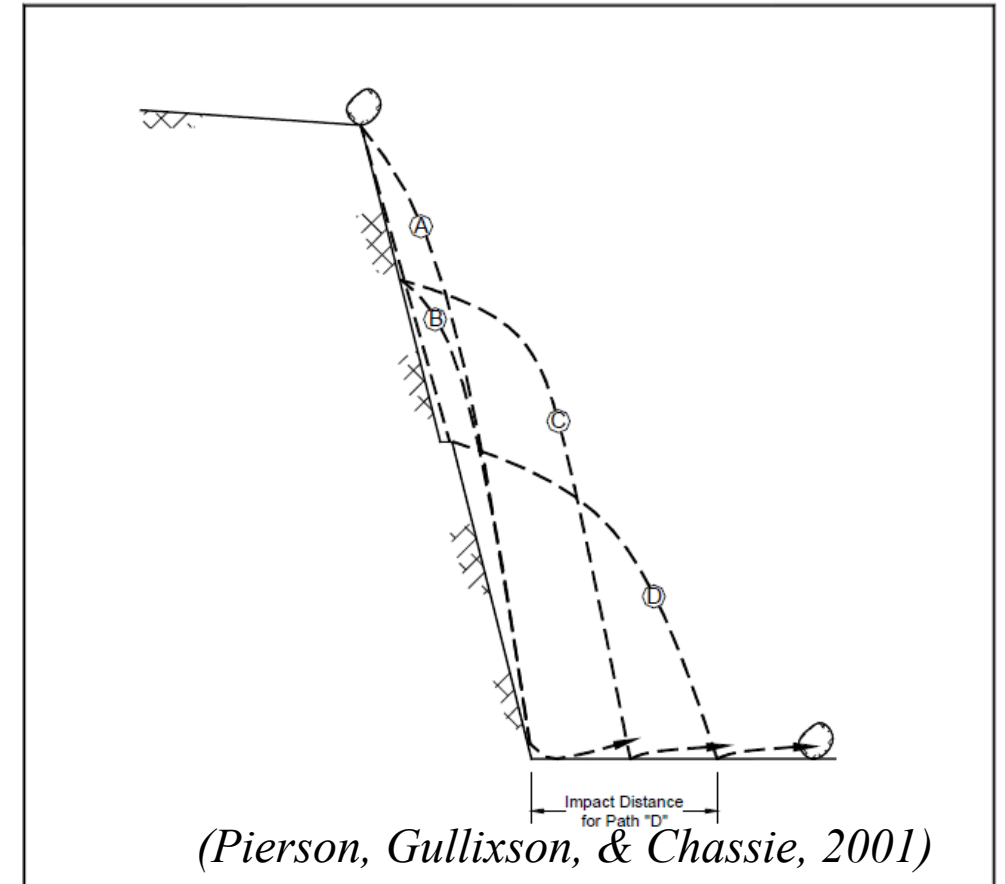
Slik har vi drevet på...



Hvordan påvirker skjæringsdesign utløpslengde av steinsprang

Konturklasse – jevnhet.

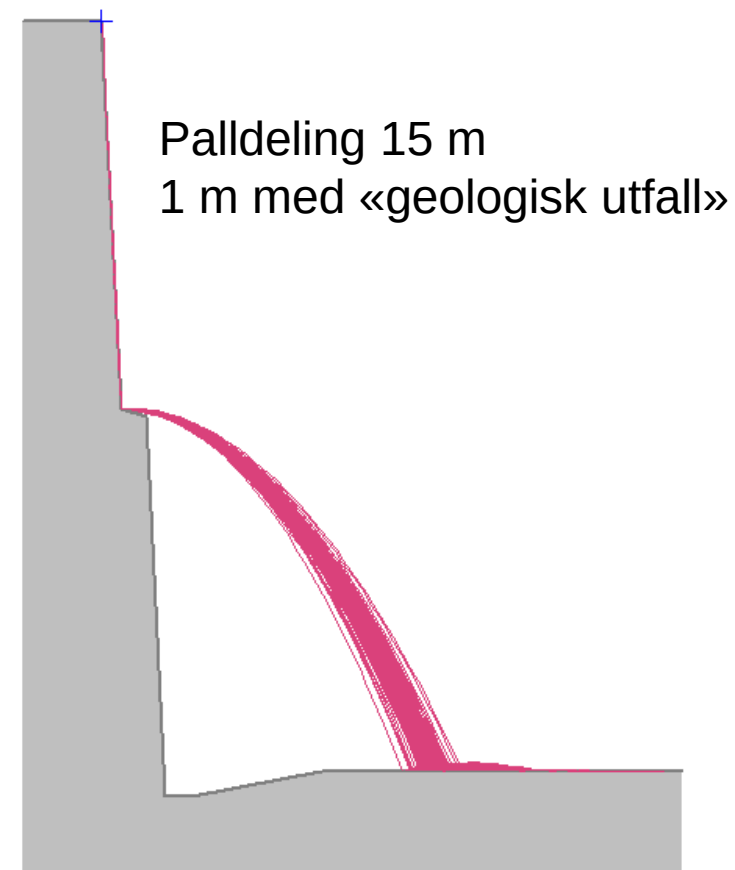
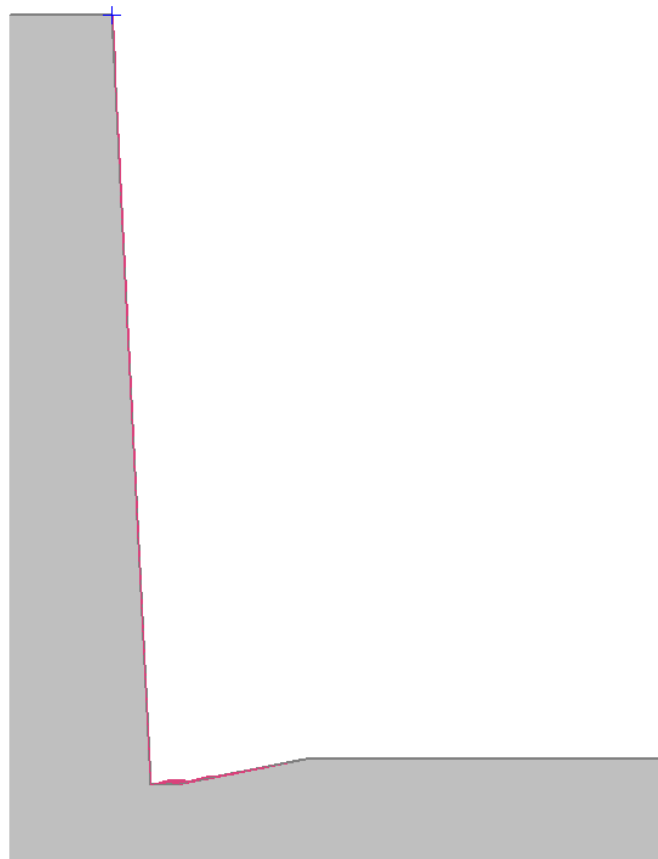
- ▶ N200 dimensjonerende fanggrøft
 - ▶ For høyde på hhv 18 og 24 er det i feltforsøk hylle på 45 cm.
 - ▶ I Rocfallmodellene som ligger til grunn er det jevnflate, men kalibrerte data!
- ▶ Egne observasjoner
 - ▶ Treffer steinsprang kant gir det et første nedslagspunkt og utløpslengde betydelig lengre







Rocfall 30 m høyde SVV HB N200 grøfteprofil (6 m bredde)



Avsluttende kommentar

- ▶ Skjæringsdesign er første sikringsmetode og premissgiveren for videre arbeid og vedlikehold i bergskjæringen
- ▶ Bruk geologien til din fordel
- ▶ Benytt fanggrøft og etabler jevne skjæringsflater



Vår kunnskap bidrar til et mer verdifullt samfunn