

# STABILITET OG SIKRING AV BERGSKJÆRINGER 2021

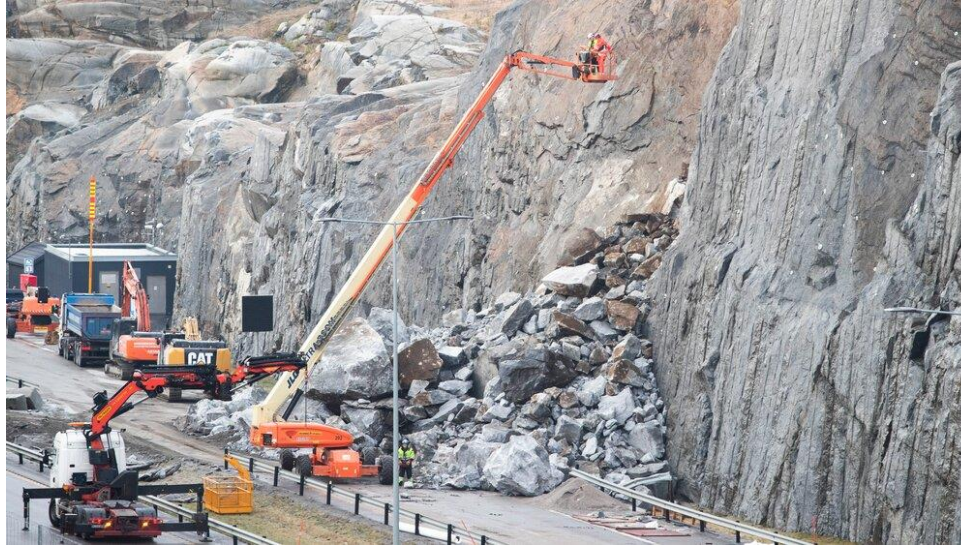
## (2) E18-raset ved Larvik – ekspertutvalgets vurderinger

Bjørn Nilsen, Institutt for geovitenskap og petroleum, NTNU

- Beskrivelse av rashendelsen
- Utvalgets sammensetning og mandat
- Hva gikk galt?
- Læringspunkter
- Anbefalinger



# E18 Larvik – 13. desember 2019



Bommestad – sørgående felt

Rasvolum: ca. 1140 m<sup>3</sup>



# Visse likhetstrekk med rashendelen i Løsberga, E6 ved Steinkjer, juni 2008 – ca. 8000 m<sup>3</sup>



Referansegruppe-rapport:

<https://www.vegvesen.no/attachment/82127/binary/76595>

=> Strengere krav til skjæringer med høyde > 10 m (NA-rundskriv 2009/11):

«skal i utgangspunktet plasseres i prosjektklasse 3 iht NS 3480»

# Ekspertutvalg nedsatt av vegdirektøren 17.12.2019:

- Anders Beitnes, Beitnes Consulting
- Vidar Kveldsvik, NGI
- Øystein Nordgulen, NGU
- Eivind Okstad, SINTEF Digital
- Bjørn Nilsen, NTNU (leder)



Raset på E18 ved Larvik 13. desember 2019

Ekspertutvalgets rapport

27. februar 2020

<https://www.vegvesen.no/om+statens+vegvesen/pressenyheter/nasjonalt/larvik-ekspertutvalg-har-undersokt-raset-ved-bommestad>

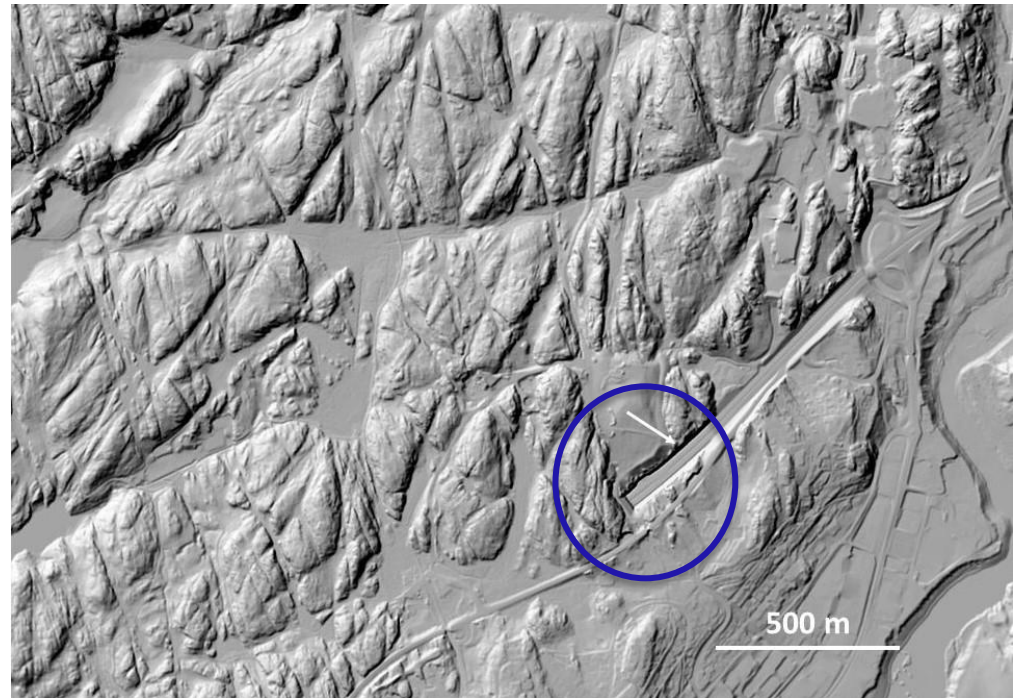
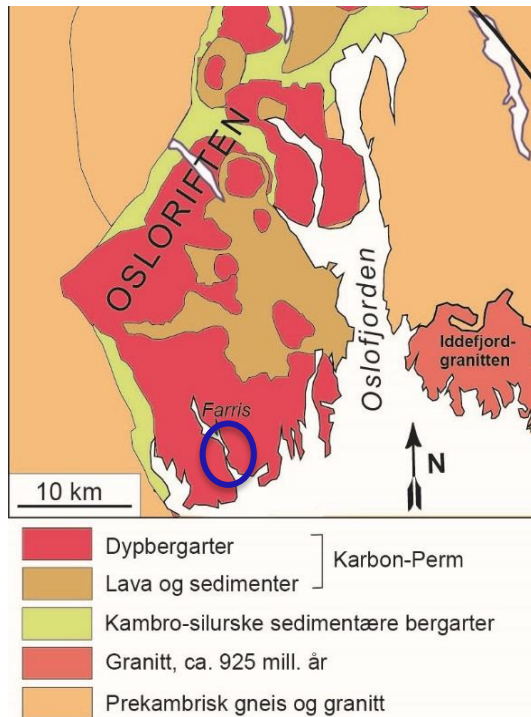
# Mandat

Vurdering av:

1. Utførte forundersøkelser og stabilitetsvurderinger/analyser
2. Geologien i området og utført stabilitetssikring (boltelengder, diameter, retning etc)
3. Byggherrens oppfølging under utførelse:
  - a. dokumentasjon av bestilt og utført stabilitetssikring
  - b. dokumentasjon av geologiske vurderinger, bestillinger, rapporter fra utvidet (uavhengig faglig) kontroll, geologisk sluttrapport for skjæringer
4. Oppfylging av formelle krav til planlegging, prosjektering og utførelse av bergskjæringer
5. Risiko for framtidige stabilitetsproblemer
6. Mulig effekt av sprenging
7. Mulige tiltak som kan bidra til å forhindre lignende hendelser i framtida

# Geologi

- Larvikitt av permisk alder
- Høy mekanisk styrke
- Preget av markerte forkastninger og sprekker/bruddsoner, noen med forvitring og leirfylling



## Utrasningstype/geologisk årsak

- Markerte sprekkeflater med orientering som førte til underkutting av stort, kileformet bergvolum
- Sprekkeflate i underkant:
  - fallvinkel ca.  $50^\circ$
  - tykkelse ca. 50 cm, sterkt oppknust/omdannet
  - inneholder bl.a. kloritt og smektitt
- Drivende krefter  $>$  stabiliserende krefter  
=> kileutglidning



# Forundersøkelser, analyser, prosjektering

- Geologi/bergtekniske forhold omtalt i rapporter fra alle planfaser; [Kommunedelplan \(2008\)](#), [Reguleringsplan \(2010\)](#), [Byggeplan \(2013\)](#) - hele prosjektet plassert i geoteknisk kategori 3 iht. Eurokode 7
- Hovedvekt i prosjektet lagt på tunnelene, men krav om spesiell fokus på skjæringer med  $H > 10$  m (konsekvens av Løsberga) også omtalt
- Ingen spesifikke risikovurderinger eller analyser utført for mulige ras i skjæringer
- Ekstern kvalitetskontroll bestilt med utgangspunkt i Hb018-krav til utvidet (U) prosjekterings- og utførelses-kontroll for skjæringer med høyde  $> 10$  m.

Kontroll-klasse	Kontrollform					
	Prosjektering			Utførelse		
	Grunnleggende kontroll	Kollega-kontroll	Uavhengig eller utvidet Kontroll	Basis kontroll	Intern systematisk kontroll	Uavhengig kontroll
B	kreves	kreves ikke	kreves ikke	kreves	kreves ikke	kreves ikke
N	kreves	kreves	kreves ikke	kreves	kreves	kreves ikke
U	kreves	kreves	kreves	kreves	kreves	kreves

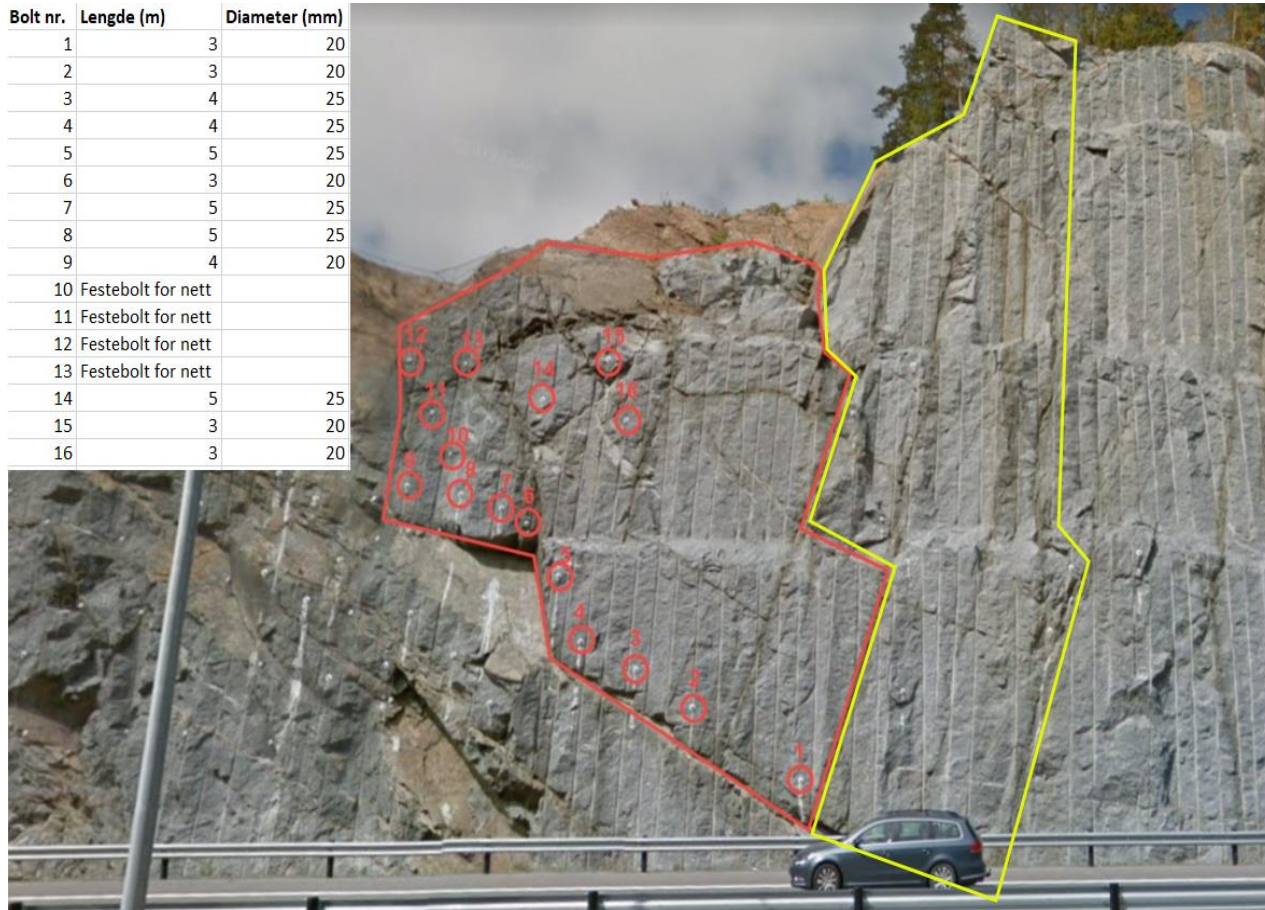


## Oppfølging under bygging, utført sikring

- Konkurransesgrunnlaget basert på 2012-utgaven av prosesskoden. Ikke lagt inn poster for Ø32 mm bolter, stag og dreneringshull.
- Underentreprenør engasjert for sikring av bergskjæringer. Lagt opp til at permanent bergsikring skulle gjøres i samråd med byggherre.
- I partiet som raste ut var det anvist totalt 7 stk. sikringsbolter (Ø25 og Ø20 mm). Under utførelsen satt inn ytterligere 2 stk. Av disse vurderes 8 stk. å ha vært tiltenkt sikring/låsing av foten av kilen som raste ut.
- Tilsynelatende ikke utført beregninger av stabilitet/sikringsbehov for de høye bergskjæringene.
- Mangler mht. bergsikring ikke påpekt ved uavhengig kontroll, som heller ikke omfattet stabilitetsanalyse eller beregninger.

# Utført boltesikring i rasområdet

Bolt nr.	Lengde (m)	Diameter (mm)
1	3	20
2	3	20
3	4	25
4	4	25
5	5	25
6	3	20
7	5	25
8	5	25
9	4	20
10	Festebolt for nett	
11	Festebolt for nett	
12	Festebolt for nett	
13	Festebolt for nett	
14	5	25
15	3	20
16	3	20



Rød polygon: begrensning av raset

Rød + gul: begrensning av potensiell, maksimal kileutglidning.

Boltene 1-5 og 7-9 vurderes av utvalget å ha vært planlagt for å skulle sikre kilen.

## Effekt av boltesikring - stabilitetsberegning utført av utvalget

- Beregning utført som likevektsanalyse (SWEDGE).
- SVV's håndbøker Hb274 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger (2008) og V224 Fjellbolting (2014) anbefaler sikkerhetsfaktor SF=1,5-2 for fullt vanntrykk.
- For SF=1,5 og 100% vannfylt glideflate er påkrevd boltekapasitet 13 ganger større enn prosjektert sikring!

SF drenert/tørr	Boltekapasitet (kN)	SF ved 100 % vannfylling	Vannfylling ved SF=1,0	Antall Ø33 mm <sup>1)</sup>	Antall med 1000 kN <sup>2)</sup>
1,5	7110	0,68	85 %	18	7
2,0	14576	1,20	-	37	15
2,3	18948	1,5	-	47	19
2,8	26527	2,0	-	66	27
1,1	1460 <sup>3)</sup>	0,29	50 %	-	-

<sup>1)</sup> Kapasitet ved flytning, kamstålbolt: 402 kN. <sup>2)</sup> Kapasitet ved flytning: 1000 kN. Det finnes også stag med langt større kapasitet enn 1000 kN. <sup>3)</sup> Prosjektert sikring med til sammen 8 stk. bolter; 3 stk. Ø20 mm og 5 stk. Ø25 mm

# Utført sikring - årsaker til utglidning

- Prosjektert sikring utilstrekkelig, med kun 8 stk. bolter, Ø20-25 mm anvist for sikring av underkuttet, 1140 m<sup>3</sup> bergkile.
- Sikringen tilsynelatende feil utført; med kun en av de anviste 8 boltene forankret i stabilt berg innenfor utglidningsflaten (indikerer mulig feilboring både i horisontal- og i vertikalplanet).
- Mangelfull uavhengig kontroll ved at det ikke ble påpekt behov for beregninger.



## Læringspunkter - utvalgets anbefalinger

- Høye bergskjæringer bør få tydeligere «status» i planlegging og beskrivelser, med klare krav til kartlegging, risikovurdering, utforming, sikringstiltak, fagkyndig oppfølging og dokumentasjon.
- Krav til risikovurdering for høye skjæringer bør tas inn i Hb N200 etter tilsvarende mal som for tunneler med lengde over 500 m i Hb N500.
- Relevante krav og veiledninger for høye bergskjæringer bør samles og struktureres i ett konsistent sett av retningslinjer og veiledninger. Funksjonskrav må tilkjennegi meget liten toleranse for svikt/utfall/ras.
- Prosesskoden bør få med normerte krav også til lengre og kraftigere bolter/stag, inkl. krav til tøyningsevne og samvirke. Dreneringshull bør inn som egen post.
- Kvalifisert revurdering av stabilitet og sikring i høye bergskjæringer tas inn i det periodiske vegvedlikeholdet.

# Hovedårsakene til E18/Larvik-raset - og stabilitetsproblemer i vegskjæringer generelt

- Mangelfull prosjektering/uheldig design  
mangelfulle/for dårlige forundersøkelser
- Utfordringen/stabilitetsproblemet ikke observert og/eller ikke forstått  
under bygging  
for dårlig oppfølging/kontroll under bygging
- Utfordringen undervurdert/for lite sikring  
mangelfull/manglende stabilitetsanalyse
- Dårlig utførelse/feil type av bergsikring  
mangelfull beskrivelse og/eller kontroll

Viktig at høye vegskjæringer har «status»  
på linje med tunneler!

