

Oppdragsgiver	Navn COWI AS	Kontaktperson Olav Eriksen
Oppdrag	Nummer og navn 18411 - Reguleringsplan E6 Storhove – Øyer – Fagområde Skred	Oppdragsleder Nils Arne K. Walberg
Dokument	Nummer 18411-03-1 Utført av Nils Arne K. Walberg	Dato 2019-03-12 Kontrollert av Sondre Lunde

Oversikt over skredsikringstiltak for rasutsatt strekning, E6 Storhove- Øyer

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I forbindelse med Cowi AS sitt arbeid med prosjektet «Reguleringsplan med konsekvensutredning E6 Storhove – Øyer» har Skred AS utført en skredfare- og risikokartlegging for veistrekningen. Vurderingen avdekket at deler av strekningen har uakseptabel høy risiko for skred, dvs. at årlig sannsynligheten for skred vurderes som høyere enn 1/100 per km for gjeldende strekning. Dette på bakgrunn av faren for løsmasseskred.

På bakgrunn av konklusjonen i skredfarevurderingen er Skred AS bedt om å gjøre en overordnet utredning om mulige sikringstiltak mot skred, samt et kostnadsestimat. Dette notatet presenterer og diskuterer mulige sikringsløsninger for ulike deler av skredutsatt strekning.

1.2 Mål

Dette notatet skal gi oppdragsgiveren mulighet til å vurdere kostnader for skredsikring av eksisterende veitrase opp mot ulike trasevalg med tunnel for hele, eller deler, av strekningen.

1.3 Generelle begrensninger og forbehold

For de skisserte sikringsløsningene har vi lagt til grunn resultater fra skredfare- og risikovurderingen utført av Skred AS i februar 2019 (Skred AS, 2019). Det er ikke tatt hensyn til evt. nye skredproblemer som kan oppstå i forbindelse med f.eks. flatehogst av skog i skråninger brattere enn 30°, noe som kan danne potensielle løснеområder for snøskred.

Det er ikke utført detaljerte vurderinger og modellberegninger for dimensjonerende krefter av skred. Det må derfor forventes at dimensjoner og plassering av tiltakene i de ulike sikringskonseptene vil endres i løpet av prosjektet, for eksempel som resultat av nye beregninger og befaring. Vi har heller ikke utført befaring spesielt for vurdering av sikringstiltak. Skissene i dette notatet må derfor ikke brukes som grunnlag for detaljprosjektering og/eller utføring.

Kostnader for de ulike tiltakene er foreløpig ikke beregnet, men det gis en pekepinn på erfaringsmessige kostnader ved sammenlignbare tiltak. Totalkostnaden for sikring av strekningen vil sterkt avhenge av omfanget av sikring. Omfang av sikring vil variere med valgt trase, utforming, inngrep i skråningen og hvilke risikoakseptnivå man skal sikre for (akseptabel eller tolererbar). I denne fasen av prosjektet er flere av disse momentene ikke bestemt. Beslutningene vil kunne ha innvirkning på valg og omfang av sikringsløsning. Behovet for sikring skissert i denne rapporten er skjønnsmessig vurdert ut fra tilgjengelig informasjon og erfaring.

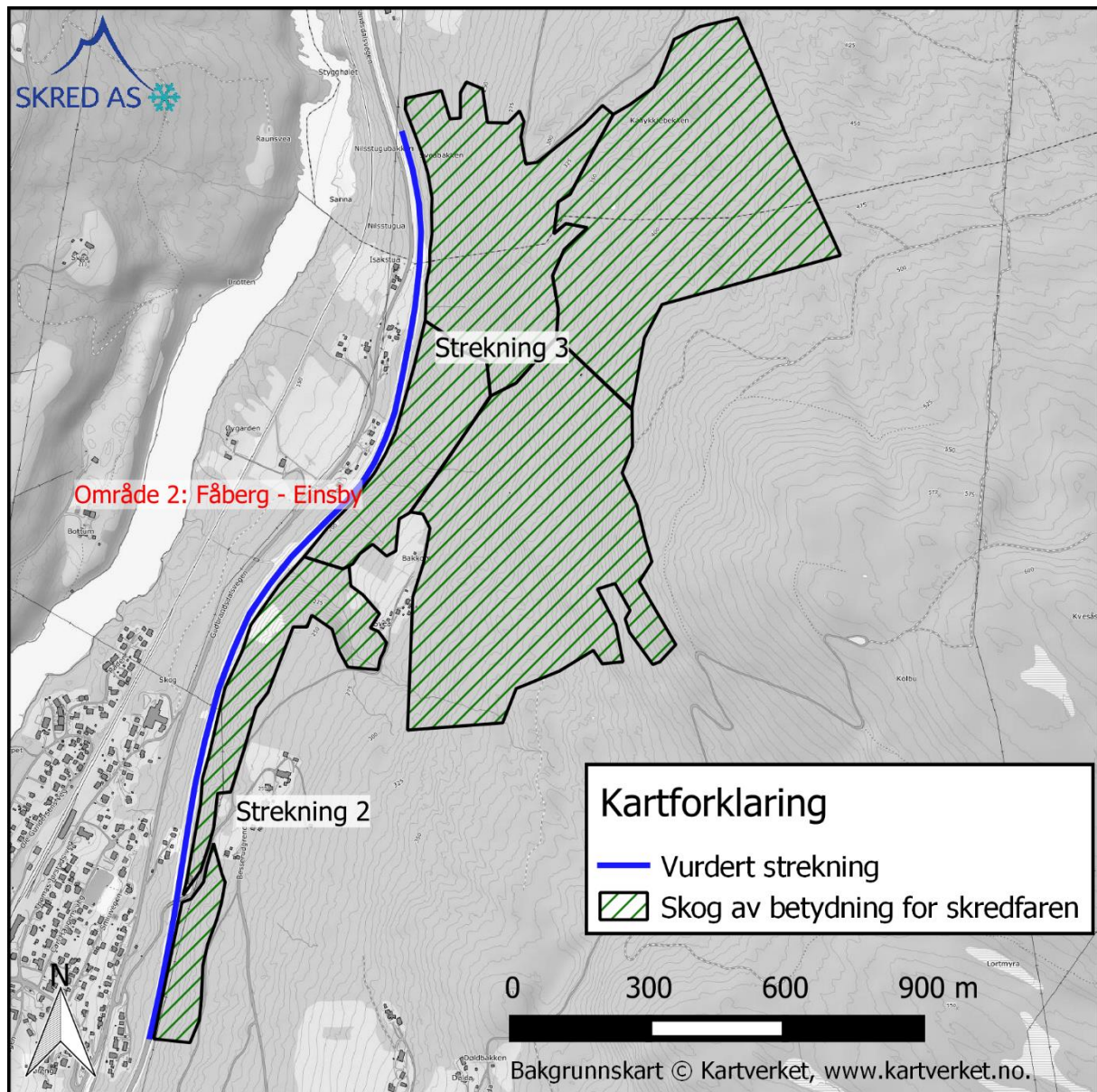
2 Grunnlag

2.1 Tidligere arbeid

Skred AS utførte i perioden desember 2018 til februar 2019 en skredfarevurdering på reguleringsplannivå for strekningen E6 Storhove – Øyer (Skred AS, 2019). Arbeidet i dette notatet bygger i all hovedsak på denne rapporten.

2.2 Geografi

Området som er vurdert skredutsatt og som er utredet i forhold til skredsikring strekker seg mellom planlagt tunnelpåhugg øst for Fåberg til Sveabakken, nordøst for Isakstua. I skredfarevurderingen er dette omtalt som enhetsstrekning 2 og 3. Den rasutsatte strekningen er ca. 2 km lang, se Figur 1.



Figur 1: Oversikt over vurdert strekning og skog av betydning for skredfaren. Betegnelsene strekning 2 og 3, samt område 2 henviser til områdebeskrivelse i skredfarevurderingen (Skred AS, 2019).

2.3 Topografi og geologi

Området består av morenedekke med varierende mektighet. Det er observert noe fjell i dagen langs eksisterende E6 trase. I søndre del av område, ovenfor enhetsstrekning 2 ved Fåberg, er det 35-45 hm stigning fra dagens E6 opp til eksisterende (skogs-)vei som ligger 70-90 m i horisontalavstand fra E6. Terrenghelningen i dette området er i stor grad brattere enn 30-45°, spesielt i nord. Grunnundersøkelser viser at løsmassemektigheten er 5-10 m (Statens vegvesen, 2017). Ovenfor veien Besserudgrenda, som avgrensar det vurderte området i øst, slaker terrenget ut og det er kun mindre, usammenhengende partier brattere enn 25°.

I nordre del av den vurderte strekningen, langs enhetsstrekning 3 ved Isakstua, er det en stor, bratt vestvendt skråning. Opp til 350 -400 moh. er det i stor grad sammenhengende brattere enn 30°, med en del mindre klippefremspring brattere enn 45°. Fra ca. 400 moh. endrer terrenget karakter med avrenning mot NV og slakere områder mellom klippefremspring og bratte løsmasseskråninger som fortsatt vender mot V.

Langs hele den skredutsatte strekningen er raviner utbredt i nedre deler av skråningen, og fra terrengmodellen kan man detektere mer enn 70 stk. store og små raviner. I sør er det hovedsakelig små raviner med en høydeforskjell på 30-50 m, men i nord er det større raviner som starter opp mot 150 høydemeter over veien.

3 Mulige sikringsløsninger

3.1 Beskrivelse av ulike risikoreduserende sikringstiltak

Eksempler på sikringstiltak som ansees som aktuelle i prosjektet, og som er nærmere beskrevet er

- Fangvoll
- Flomskrednett
- Nett mot grunne jordskred
- Gabioner / tørrmur
- Erosjonssikring av masser/ stabilisering av skråninger
- Steinsprangnett (for evt. tunellpåhugg).

Eksempler på mindre, risikoreduserende tiltak som kan være aktuelle i prosjektet, men som ikke er nærmere beskrevet eller vurdert kostnadsestimat for:

- Heving av veikroppen (fylling) for samtidig å danne en type fangvoll / grøft på oversiden av veien som kan stoppe løsmasseskred med begrenset volum
- Utvidete og senkede veigrøfter
- Beholde eksisterende vegetasjon

3.1.1 Fangvoll

En fangvoll er et sikringstiltak som stopper skredmasser før de når veien, ofte med en grøft på skredsiden. Disse vollene kan stoppe eventuelle skredmasser fra både løsmasseskred og steinsprang. En fangvoll må dimensjoneres i forhold til både hastighet, volum og krefter fra et skred, slik at ikke massene kan bevege seg over eller rundt vollen. En riktig dimensjonert voll kan hindre store skred i å nå veien. Et annet liknende alternativ, som er mer aktuelt i områder hvor det er enkeltobjekter som skal sikres, er en ledevoll som leder skredmassene på utsiden av objektet som skal sikres.



Figur 2: Fangvoll ovenfor Tveito i Rjukan, her vist som eksempel. Vollen er bygd av stedlige masser, noe som signifikant reduserer kostnaden.

3.1.2 Flomskred nett

Flomskred nett, eller fleksible flomskred barrierer, monteres i gjel og raviner for å stoppe og bremse jord- og flomskred. Nettene kan motstå betydelige dynamiske og statiske krefter forårsaket av vannrelaterte skred. De blir ofte benyttet i bratte og små vassdrag, og blir forankret på sidene med vaierbolter eller fleksible ankerfester.

Det er produsentene som står for sertifisering av produktene og garanterer virkningen, forutsatt at gjerdene ikke utsettes for større belastninger enn de er sertifisert for. Dette er en av fordelene med stålgerder i forhold til fangvoller bygd med løsmasser og gabioner. I tillegg har flomskredgjerder mindre «fotavtrykk» enn fangvoller med tilsvarende høyde og styrke, og kan derfor lettere etableres i bratt terreng. Som ulempe har flomskredgjerder generelt betydelig større vedlikeholdskostnader enn fangvoller, og dette gjelder spesielt når funksjonaliteten av tiltaket må gjenopprettes etter at en skredhendelse har truffet tiltaket.



Figur 3: Flomskredgjerde i Kollobekken, Otta. www.geobrugg.com

3.1.3 Nett mot grunne jordskred

Barrierene er designet for å stoppe grunne jordskred og utglidninger i forbindelse med bratte løsmasseskråninger, men er også dimensjonert for å stoppe mindre flomskred og steinsprang. Disse tåler dynamiske laster opp til 150 kN/m².



Figur 4: Nett mot grunne jordskred. www.geobrugg.com.

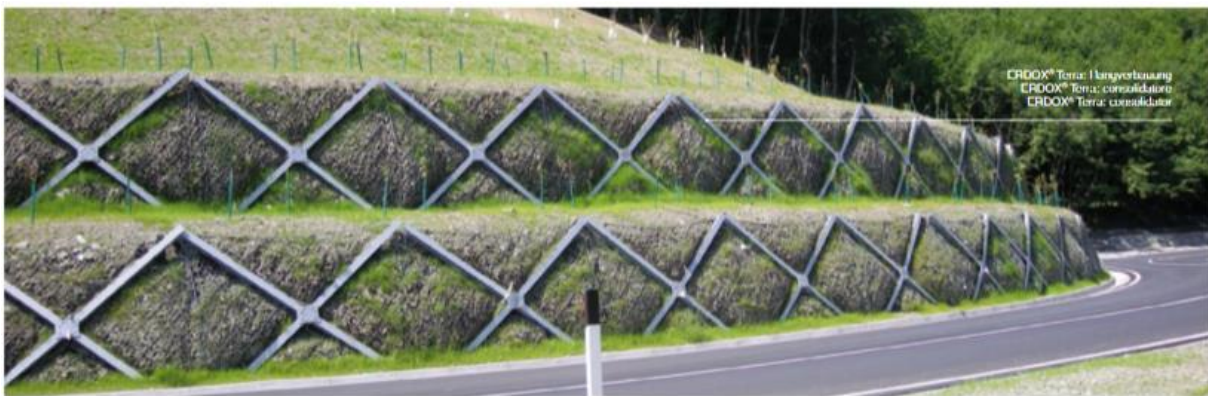
3.1.4 Gabioner / tørrmur

Tørrmurer av naturstein eller gabioner kan benyttes for å hindre mindre volum av skredmasser i å treffe veien. Dette kan egne seg godt i områder hvor skredmassene har lite energi, f.eks. mindre skjæringer og i utkanten av potensielle løснеområder. Gabionene må forankres i hverandre og i bakken, eller etableres med en bredde slik at de får en tyngde som kan motstå skredkreftene. Gabioner kan også benyttes til å etablere den bratte støtsiden til større fangvoller.

3.1.5 Stabilisering av skråninger

Erosjonsnett av typen Tecco Green fra Geobrugg eller Green Terramesh fra Maccaferri er egnet til å stabilisere løsmasseskråninger som er utsatt for erosjon. Løsninger som f.eks. Erdox Terra fra Betonform kan benyttes til å stabilisere mindre løsmasseskråninger, og på den måten hindre erosjon og sannsynligheten for utglidning av mindre masser. Løsningen kan også monteres slik at mindre utglidninger vil stoppe i nettstrukturen.

Slike tiltak vil være aktuelle der det er bratte løsmasseskråninger eller -skjæringer i umiddelbar nærhet av veibanen.



Figur 5: Stabilisering av mindre løsmasseskråning ved bruk av Erdox Terra. www.betonform.it

3.1.6 Steinsprang gjerde

Steinspranggjerder er i likhet med flomskrednett tiltak som ikke endrer sannsynligheten for utfall, men som skal stoppe utfall før det når utsatt infrastruktur. Fordelen med steinsprangnett sammenlignet med fangvoller er at det krever mindre areal og kan plasseres i bratt terreng. Ulempen er at det normalt kreves større vedlikehold, spesielt etter en skredhendelse

Steinsprang er ikke dimensjonerende skredtype på strekningen, og det er ikke lagt opp til sikring av steinsprang i denne vurderingen. Det kan likevel være aktuelt å utføre steinsprangsikring i forbindelse med tunnelpåhugg. Steinspranggjerder er per i dag tilgjengelige på marked med høyde opptil 9 m og i stand til å stoppe blokker med energi opptil 10.000 kJ. For sikring av et evt. tunnellpåhugg anslår vi at det er tilstrekkelig med mindre dimensjoner da omfanget av løснеområder og blokkstørrelser vil være begrenset.

4 Vurdering av behov for sikring

I det følgende kapitlet er det gjort en vurdering av de mest kritiske skredpunktene langs strekningen basert på grunnlagsmateriale for utført skredfarevurdering, og en eller flere sikringsmetoder av disse punktene foreslått. Den endelige løsningen, både for enkeltpunkter og strekningen som helhet, vil sannsynligvis bestå av en kombinasjon av ulike løsninger.

4.1 Grunnlag for kostnadsoverslag

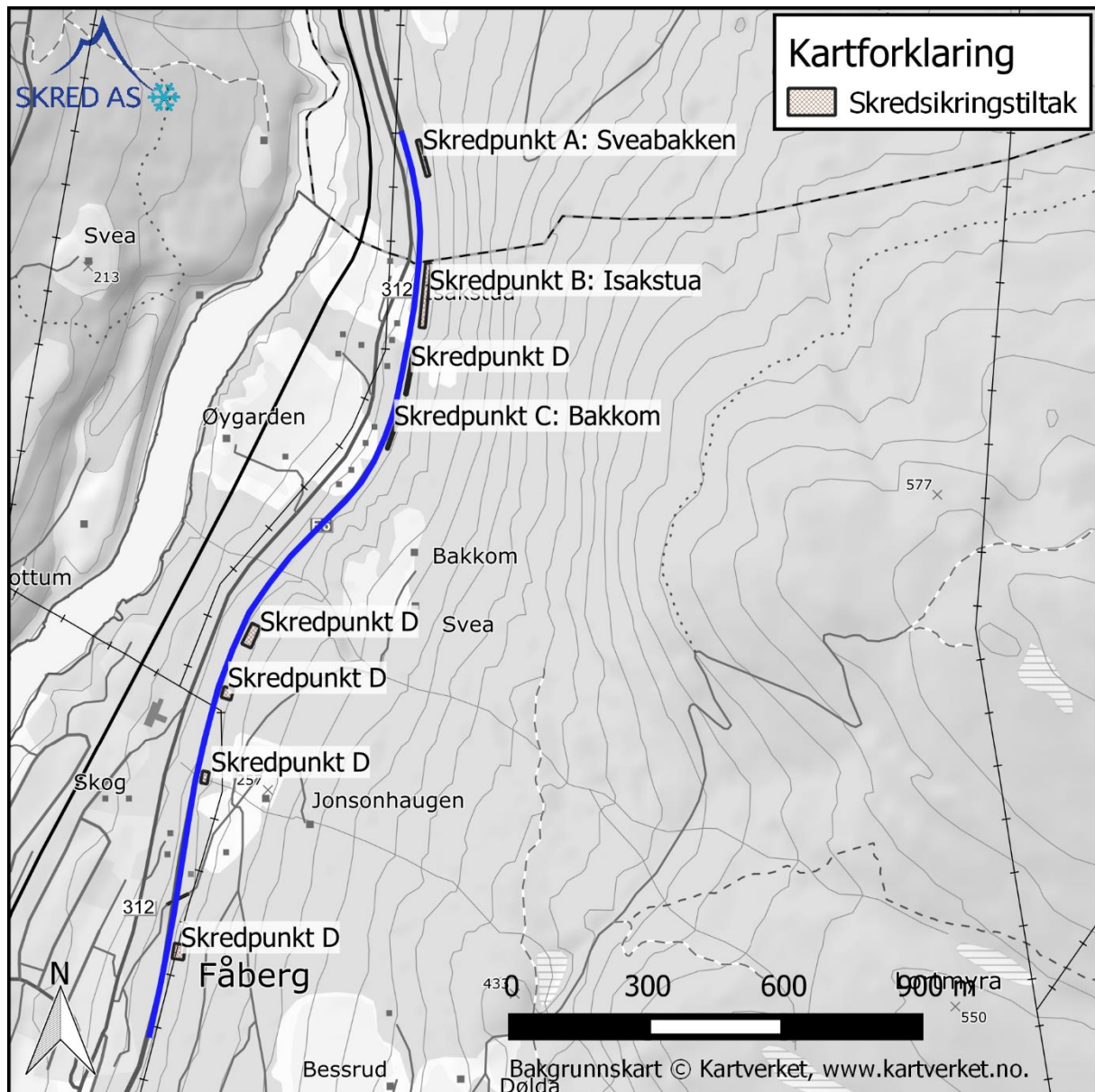
Kostnadsoverslagene for de ulike sikringsløsningene er basert på enhetspriser i Tabell 1. Skred AS er ikke leverandør eller utbygger av ulike sikringstiltak, og har ingen avtaler med spesielle leverandører. Enhetsprisene baseres på kjennskap til og oppgitte priser fra liknende prosjekter, kostnadsoverslag tilsendt fra ulike leverandører og erfaringsdata fra bransjen. Det mest konservative kostnadsoverslaget er valgt der det er flere priser og prosjekter å referere til. Kostnadsoverslaga er derfor grove og må forventes å kunne variere, blant annet på bakgrunn av nærmere prosjektering av sikringsløsninger, omfang av sikring, valg av leverandør og tilgjengelighet av masser.

Tabell 1: Enhetspriser for ulike skredsikringstiltak.

Element	Enhet	Enhetspris
Tørrmur / gabioner	m ²	4 375,-
Fangvoll / ledevoll i løsmasse (6 m høy)	lm	26 250,-
Fangnett (flomskred)	lm	50 000,-
Fangnett (grunne jordskred)	lm	16 000,-
Fangnett (steinsprang)	lm	43 750,-
Erdox Terra conservator	lm	9 000,- * kun modul, uten installasjon
Erosjonssikring, nett	m ²	1 200,-

4.2 Skredpunkter og sikringsforslag:

Oversikt over plassering av skredpunkter er gitt i Figur 6.



Figur 6: Forslag til plassering av skredsikringstiltak.

4.2.1 Skredpunkt A: Sveabakken

Beskrivelse: Bratt løsmasseskråning, 3-4 raviner i nedre del, mulighet for stor vanntilførsel ved overløp av dreneringskanal langs vei.

Skredproblem: Løsmasseskred / flomskred med stor høydeforskjell (> 100 hm).

Skredsikringstiltak: Fangvoll på område hvor det i dag er en skogsbilvei. Estimert lengde på tiltak er ca. 80 m.

Estimert kostnad: Voll: 2 100 000 NOK ekskl. mva.

4.2.2 Skredpunkt B: Isakstua

Beskrivelse: Tydelig ravinert løsmasseskråning. Det er flere store raviner som samles i to utløp. Det er stort avrenningsområde med mulighet for at vannet finner nye veier høyt i fjellsiden. Dronebilder og datagrunnlag tyder på at det i dag er en eksisterende voll på denne lokasjonen. Vi har ikke detaljer om vollen, og om den er tilstrekkelig prosjektert for dimensjonerende skred.

Skredproblem: Flomskred med stor høydeforskjell (> 100 hm).

Skredsikringstiltak: Fangvoll rett på oversiden av veien, der det i dag er anlagt en mindre voll. Om eksisterende voll er underdimensjonert, trengs en voll på ca. 150 m, som evt. kan deles opp i to mindre voller.

Estimert kostnad: Voll: 3 938 000 NOK eksl. mva.

4.2.3 Skredpunkt C: Nord for Bakkom

Beskrivelse: Bratt løsmasseskråning med tydelige raviner og vanntilførsel, spor etter relativt nylig utløst flomskred, mulighet for stor vanntilførsel ved overløp av dreneringskanal langs skogsbilvei. Det er mindre ravinering i nedre del av siden. Langs denne delen av strekningen er det mange raviner overflateavrenning og skred kan følge, men vi har vurdert disse som mest utsatt, da flytanalyser viser at disse har størst nedbørsfelt.

Skredproblem: Løsmasseskred / flomskred med stor høydeforskjell (> 100 hm).

Skredsikringstiltak: Fangvoll eller flomskrednett i nedre område på oversiden av vei. Estimert lengde på voll/flomskrednett er ca. 85 m.

Estimert kostnad: Alternativ 1 - Voll: 2 231 000 NOK eksl. mva.
Alternativ 2 - Flomskrednett: 4 250 000 NOK eksl. mva.

4.2.4 Skredpunkt D: Generelle løsmasseskråninger i nedre del av fjellsiden

Beskrivelse: Bratt løsmasseskråning rett i overkant av veien, med mulighet for vanntilførsel ved store nedbørhendelser og/eller tilstopping av eksisterende drengrofter langs veien i skrånningen.

Skredproblem: Grunne jordskred / utglidning / mindre flomskred med liten høydeforskjell (30-40 hm).

Skredsikringstiltak: Her må det gjøres en nærmere vurdering for hver enkelt skrånning. Alternativer er erosjonssikring, opprettholde vegetasjon, tilstrekkelig overvannshåndtering og drenering i ovenforliggende områder for å hindre erosjon og poretrykkoppbygning, gabionmur i forbindelse med drengrofter langs ny vei og/eller grunne jordskrednett. Total lengde av mest utsatte områder er estimert til totalt ca. 200 m fordelt over flere områder.

Estimert kostnad: Alternativ 1 - Grunne jordskrednett (200 m): 3 200 000 NOK eksl. mva.
Alternativ 2 - Erosjonssikring (200 m x 20 m): 4 800 000 NOK eksl. mva.
Alternativ 3 - Gabionmur (200 m x 1,5 m): 1 313 000 NOK eksl. mva.

Tabell 2: Kostnadsoverslag for alternative sikringsløsninger

Skredpunkt	Sikringsalternativ	Enhetspris	Mengde	Kostnad	Inkl. usikkerhet [+ 30%]
A	Voll	26 250,- /m	80m	2 100 000,-	2 730 000,-
B	Voll	26 250,- /m	150m	3 938 000,-	5 119 000,-
C	Alt 1: Voll	26 250,- /m	85m	2 231 000,-	2 900 000,-
	Alt 2: Flomskrednett	50 000,- /m	85m	4 250 000,-	5 525 000,-
D	Alt 1: Grunne jordskrednett	16 000,- / m	200m	3 200 000,-	4 160 000,-
	Alt 2: erosjonssikring	1 200,- /m ²	200m x 20m	4 800 000,-	6 240 000,-
	Alt 3: Gabionmur	4 375,- /m	200m x1,5m	1 313 000,-	1 706 000,-
Totalkostnad (dyreste alternativ): 15 088 000,-					
Totalkostnad (dyreste alternativ) inkl. 30% usikkerhet: 19 614 000,-					

5 Skogens påvirkning på skredfaren

Skogens påvirkning på skredfaren ble også omtalt i skredfarevurderingen (Skred AS, 2019).

Skogen, som dekker store deler av den bratte skråningen mellom Fåberg og Isakstua, forebygger snøskredutløsning i terrengpartier brattere enn 30 °, som ellers utgjør flere reelle løsnedområder. Skogen virker også risikoreduerende ved at den reduserer sannsynligheten for utløsning av jord- og flomskred. I tillegg reduserer den sannsynligheten for at steinsprang når ned til veien ved at blokkene stopper i trær. Dersom skogen i terreng brattere enn 25 - 30° hogges eller blir borte av andre årsaker, vil det etter vår vurdering føre til en økning i skredrelatert risiko. Økningen vil trolig være signifikant.

Langs hele den skredutsatte strekningen er det bratte løsmasseskråninger i nedre deler av fjellsiden. Disse er i dag i stor grad dekket av tett vegetasjon. Ved inngrep i skråningen, som fjerning av skog og etablering av løsmasseskjæringer, vil skredfaren øke og det bør utføres erosjonssikrende tiltak, f.eks. sikring ved bruk av erosjonsnett.

Avhengig av endelig trasevalg og valg av eventuelle sikringsløsninger, må det vurderes om det er grunn til å forvalte skogen som vernskog eller med restriksjoner for hogst. For nærmere informasjon og anbefalinger når det gjelder hogstfelt som tar hensyn til skredfare, henvises det til veiledere om skog og skred (NVE, 2015). Skogen som er av betydning for skredfarevurderingen, er vist i Figur 1, samt vedlegg 7.5 i skredfarevurderingen (Skred AS, 2019). Det totale arealet av skog med betydning for skredfaren er ca. 940 000 m².

6 Oppsummering

Skred AS har gjort en overordnet utredning om mulige sikringstiltak mot skred og et grovt kostnadsestimat. De mest konservative enhetsprisene er lagt til grunn der vi har flere kilder til prisene, men det bør likevel påregnes en usikkerhet, både knyttet til enhetspriser og omfang av sikring.

For de største skredbanene er det vurdert at det er mulig å sikre veien med fangvoller eller flomskrednett med en total lengde på 315 m (skredpunkt A, B og C). For mindre løsmasseskråninger er det vanskelig å estimere behov for sikring da man ikke vet hvor neste skredhendelse vil skje, og dette må vurderes nærmere i en prosjekteringsfase. Foreløpige anslag tilsier at ca. 200 m av strekningen er spesielt utsatt og bør sikres, enten med mindre tiltak i forbindelse med vannhåndtering eller mindre erosjons- og skredsikringstiltak.

Totalkostnaden for sikring av de mest skredutsatte punktene, under gitte forutsetninger, er vurdert til ca. 15 000 000 NOK ekskl. mva. Det tas forbehold om usikkerheter knyttet til nærmere prosjektering av sikringsløsninger, omfang av sikring, valg av leverandør og tilgjengelighet av stedlige masser. Usikkerheten vurderes til ca. 30%, og totalkostnaden kan derfor øke til 19 600 000 NOK ekskl. mva. Kostnader knyttet til sikring av eventuelle tunnelpåhugg eller kunstige skjæringer som følger av anleggsarbeidet er ikke inkludert.

Eksisterende vegetasjon er svært viktig for skredfarevurderingen, og på dette nivået vurderes det at all fjerning av vegetasjon i skrånninger brattere enn 20-25° har en negativ påvirkning på skredfare, og bør følges opp av erosjons- eller skredsikringstiltak. I tillegg vil fjerning av skog i områder brattere enn 30° danne potensielle løsneområder for snøskred. Det totale arealet av skog med betydning for skredfare er vurdert til 0,94 km².

7 Referanser

NVE. (2015). *Oppsummeringsrapport for skog og skredprosjektet. Samanstilling av rapportar frå prosjektet. NVE Rapport 92-2015.*

Skred AS. (2019). *Reguleringsplan E6 Storhove-Øyer - Skredfarevurdering.*

Statens vegvesen. (2017). *E6 Vingrom-Ensby. Kommunedelplan med konsekvensutredning. Geoteknisk Rapport. Bilag 5: Geotekniske tegninger.*