

Oppdragsgiver	Navn COWI AS	Kontaktperson Kim André Larsen
Oppdrag	Nummer og navn 18411 - Reguleringsplan E6 Storhove – Øyer – Fagområde Skred	Oppdragsleder Nils Arne K. Walberg
Dokument	Nummer 18411-02-1 Utført av Nils Arne K. Walberg	Dato 2019-02-08 Kontrollert av Sondre Lunde

Reguleringsplan E6 Storhove – Øyer- Skredfarevurdering

Sammendrag

I forbindelse med Cowi AS sitt arbeid med prosjektet "Reguleringsplan med konsekvensutredning E6 Storhove – Øyer", har Skred AS utført en skredfarekartlegging for veistrekningen. Veien går i til dels bratt terreng og med bratt sideterreng. Alle typer skred i bratt terreng er vurdert, dvs. snøskred, steinsprang og steinskred, isnedfall, sørpeskred, jord- og flomskred.

Vurderinger er gjennomført i henhold til Håndbok N200 – Vegbygging, kap. 208 Sikkerhet mot skred (Vegdirektoratet, 2018). Skredfare- og risikokartleggingen viser at strekningen mellom planlagt tunnelpåhugg øst for Fåberg til Sveabakken, nordøst for Isakstua, har uakseptabel høy risiko for skred, dvs. at sannsynligheten for skred vurderes som høyere enn 1 / 100 per km og år på strekningen. Dette på bakgrunn av faren for løsmasseskred. I dette området må det dermed gjøres tiltak for å redusere risikoen for skred. Omfang av nødvendig tiltak vil være ulik langs strekningen, med størst omfang i forbindelse med den bratte løsmasseskråningen ovenfor Isakstua. Resterende del av den vurderte veistrekningen for reguleringsplan E6 Storhove – Øyer faller inn under akseptabel risiko, dvs. at sannsynligheten for skred vurderes som lavere enn 1 / 1000 per km og år.

Innhold

1	Innledning	5
1.1	Bakgrunn	5
1.2	Krav til sikkerhet mot skred og risikoakseptkriterier	5
1.3	Beskrivelse av aktuelle skredtyper	7
1.3.1	Snøskred	7
1.3.2	Sørpeskred	7
1.3.3	Skred i fast fjell: Steinsprang, steinskred og fjellskred	8
1.3.4	Løsmasseskred: jordskred og flomskred	8
1.3.5	Isnedfall	8
2	Oversikt over de kartlagte områdene	9
2.1	Topografi	10
2.2	Geologi og geomorfologi	10
2.3	Vegetasjon	11
2.4	Klima	11
3	Metodikk for fastsettelse av skredfare og sannsynlighet for skred for dette oppdraget	14
3.1	Skredhistorikk	14
3.2	Høydemodeller, skyggekart og helningskart	14
3.3	Topografi, vegetasjon og klimaforhold	15
3.4	Feltkartlegging	15
3.5	Modellering	17
3.5.1	Beregninger med Rockyfor3d for steinsprang	18
3.5.2	Beregninger med RAMMS for snøskred	18
3.5.3	Beregninger med RAMMS for jord-/flomskred	19
3.5.4	Tolkning av modellresultater	19
3.6	Fastsetting av sannsynlighetsklasser	19
4	Delområde	21
4.1	Område 1: Storhove – Balberg	21
4.1.1	Topografi og grunnforhold	21
4.1.2	Skredhendelser	21
4.1.3	Tidligere vurderinger	22
4.1.4	Eksisterende sikringstiltak	22
4.1.5	Modeller og oppsett	22
4.1.6	Skredfarevurdering	22
4.2	Område 2: Fåberg – Einsby	23
4.2.1	Topografi og grunnforhold	24
4.2.2	Skredhendelser	25
4.2.3	Eksisterende sikringstiltak	25
4.2.4	Modeller og oppsett	26
4.2.5	Skredfarevurdering	27

4.3	Område 3: Sagstua – Mokrud og Åsletta.....	30
4.3.1	Topografi og grunnforhold	30
4.3.2	Skredhendelser.....	30
4.3.3	Tidligere vurderinger	30
4.3.4	Eksisterende sikringstiltak	30
4.3.5	Modeller og oppsett.....	31
4.3.6	Skredfarevurdering.....	31
5	Konklusjon	33
5.1	Forutsetning for vurderingene	34
5.2	Risikoreducerende tiltak	34
5.3	Videre arbeid	34
6	Referanser	35
7	Vedlegg	36
7.1	Befaringsnotater	36
7.2	Befaringskart.....	37
7.3	Hellingskart	37
7.4	Skredrelatert risiko	37
7.5	Viktig skog.....	37

Figurer

Figur 1: Risikomatrix for skred langs en veistrekning. Grønn, gul og rød angir akseptnivå (Statens vegvesen, 2014).....	7
Figur 2: Oversikt over det vurderte område. Enhetsstrekninger er markert i blått og lilla. Delområder er markert i rødt.....	9
Figur 3: Utsnitt av NGUs løsmassekart 1:250 000 (NGU, 2019b) for den kartlagte strekningen med delområder. Røde sirkler viser omtrentlig plassering av delområde 1, 2 og 3....	11
Figur 4: Månedsnormaler for nedbør (stolper) og temperatur (linje) i normalperioden 1960-90. Data fra www.eklima.no	12
Figur 5: Beregnet døgnnedbør for nedbør som regn. Data fra www.eklima.no	13
Figur 6: Beregnet 3-døgns vinter nedbør. Data fra www.eklima.no	13
Figur 7: Skyggekart og sporlogg for det mest skredutsatte området NØ for Fåberg. For feltnotater, se vedlegg.....	16
Figur 8: Dronefoto av Storhove-Balberg sett mot nord (Nordicskytech.com, 2018).	21
Figur 9: Dronefoto over sørlige deler av strekning tatt nordover ved Fåberg. I midten skimtes bru over E6 og høydebasseng (Nordicskytech.com, 2018).....	24
Figur 10: Dronefoto tatt sørover fra Einsby. Foto viser bratt skråning og skredutsatt strekning ved Isakstua (Nordicskytech.com, 2018).....	24
Figur 11: RAMMS flomskredmodellering. Figuren viser maks flyte høyde for utvalgte skredbaner, samt raviner observert fra feltbefaring og skyggekart.	26
Figur 12: Resultater fra modellert utbredelse av steinsprang ovenfor enhetsstrekning 3 ved Isakstua.....	27

Figur 13: Dronefoto fra Midtskog nordover mot Hafjell (Nordicskytech.com, 2018). 30
Figur 14: Skredrelatert risiko langs vurdert strekning E6 Storhove-Øyer..... 33

Tabeller

Tabell 1: Sikkerhetskrav for skredsannsynlighet på vei (Vegdirektoratet, 2018). 5
Tabell 2: Anvendte parametere i RAMMS beregningene for flomskred. 19

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 skredfarekartlegging for veistrekningen. Veien går i til dels bratt terreng og med bratt sideterreng. Alle typer skred i bratt terreng er vurdert, dvs. snøskred, steinsprang og steinskred, sørpeskred, jord- og flomskred.

Vurderinger er gjennomført i henhold til Håndbok N200 – Vegbygging, kap. 208 Sikkerhet mot skred (Vegdirektoratet, 2018). Denne bygger på Statens Vegvesens "Retningslinjer for risikoakseptkriterier for skred på veg" (Vegdirektoratet, 2014).

Områder utsatt for skredfare og skredrelatert risiko er kartlagt for hele strekningen langs dagens E6 Storhove - Granrudmoen, med ett unntak hvor veien skal gå i tunnel. I tillegg foreslås de mest hensiktsmessige sikringstiltak for strekningen som helhet. Dimensjonering og prosjektering av sikringstiltakene omfattes ikke av denne leveransen.

1.2 Krav til sikkerhet mot skred og risikoakseptkriterier

Håndbok N200 – Vegbygging, kap. 208 Sikkerhet mot skred (Vegdirektoratet, 2018) beskriver håndtering av skredfare mot vei. Skredfaren håndteres gjennom et sett risikoakseptkriterier som tar utgangspunkt i samlet skredsannsynlighet per km vei og dimensjonerende trafikkmengde.

Restrisikoen for skred på veg skal være lavere enn tolererbar skredsannsynlighet, og bør være lavere enn akseptabel skredsannsynlighet gitt i Tabell 1. I valg av endelig sikkerhetsnivå (restrisiko) skal det legges vekt på skredintensitet og skadepotensiale fra skred, konsekvenser av stengt veg regionalt og lokalt, kostnader for å oppnå ulike sikkerhetsnivå mv.

Kravene er en tilpasning av sikkerhetskravene i Byggteknisk forskrift til plan- og bygningsloven, TEK 17 (DiBK, 2019), og gjelder for strekninger hvor trafikken normalt er i flyt. For områder hvor det tilrettelegges for stans, som oppstillingsplasser, rasteplasser mv. gjelder sikkerhetskravene i TEK 17 (DiBK, 2019).

Tabell 1: Sikkerhetskrav for skredsannsynlighet på vei (Vegdirektoratet, 2018).

Dimensjonerende trafikkmengde \ Skred-sannsynlighet	< 200	200 – 499	500 – 1499	1500 – 3999	4000 – 7999	> 8000
Akseptabel skredsannsynlighet pr. km og år (bør-krav)	1/10	1/20	1/50	1/50	1/100	1/1000
Tolererbar skredsannsynlighet pr. km og år (skal-krav)	1/2	1/5	1/10	1/20	1/50	1/100

I *Retningslinjer for risikoakseptkriterier for skred på veg* (Statens vegvesen, 2014) er konsekvens relatert til trafikkmengde (ÅDT) og enhetsstrekning. En enhetsstrekning er definert som en veilengde på 1 km med start fra ene ytterkant av en skredfaresone til andre ytterkant. Personskade som følge av at skredhendelser treffer trafikanter er dermed ikke vektet. I risikoakseptkriteriene skiller det heller ikke på at ulike skredtyper har forskjellig skadepotensiale i tillegg til variasjoner i skredvolum. I dette dokumentet har vi derfor vurdert faren for at vi kan få skredmasser på veien, noe som må anses som kritisk i den grad veien vil være beregnet på høye hastigheter.

For strekningen er dimensjonerende trafikkmengde (ÅDT) > 8000, noe som gjør at skredsannsynligheten (P) faller inn under følgende sikkerhetskrav:

Akseptabel skredsannsynlighet pr. km og år (bør krav): $P < 1 / 1000$ (fargekode: grønn)

Tolererbar skredsannsynlighet pr. km og år (skal krav): $1 / 1000 < P < 1 / 100$ (fargekode: gul)

Uakseptabel skredsannsynlighet pr. km og år: $P > 1 / 100$ (fargekode: rød).

Nærmere beskrivelse av retningslinjene og definisjoner knyttet opp mot disse finns i *Retningslinjer for risikoakseptkriterier for veg* (Statens vegvesen, 2014), hvor risikomatriksen i Figur 1 er hentet fra.

Årlig nominell skredsannsynlighet pr. enhetsstrekning	I $1/2 \geq F > 1/5$						
	II $1/5 \geq F > 1/10$						
	III $1/10 \geq F > 1/20$						
	IV $1/20 \geq F > 1/50$						
	V $1/50 \geq F > 1/100$						
	VI $1/100 \geq F > 1/1000$						
	VII $1/1000 \geq F$						
Trafikkmengde (ÅDT)	A <200	B 200 - <500	C 500 - <1500	D 1500 - <4000	E 4000 - <8000	F ≥8000	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> ■ Akseptabel strekningsrisiko </div> <div style="text-align: center;"> ■ Tolererbar strekningsrisiko. Aksept avhenger av skredintensitet og kost-nytte-analyse. Akseptnivå besluttet av regionledelsen (vegeier hos fylkesk.). </div> <div style="text-align: center;"> ■ Uakseptabel strekningsrisiko </div> </div>							

Figur 1: Risikomatrix for skred langs en veistrekning. Grønn, gul og rød angir akseptnivå (Statens vegvesen, 2014).

1.3 Beskrivelse av aktuelle skredtyper

1.3.1 Snøskred

Snøskred kan inndeles i løssnøskred og flaskred. Løssnøskred utløses i snø med lav fasthet, som gjerne starter med en liten lokal utglidning. Etter hvert som nye snøkorn blir revet med utvider skredet seg og kan få en pæreform. Flaskred oppstår når en større del av snødekket løsner som et flak langs et glideplan. Det er flaskred som har størst skadepotensiale. Store snøskred løsner vanligvis der terrenget er mellom 30-50° grader bratt. Der det er brattere enn dette glir snøen stadig ut slik at det ikke dannes større skred. Snøskred kan skape skredvind med kraft til å utrette stor skade.

1.3.2 Sørpeskred

Sørpeskred er en strøm med vannmettede snømasser. Sørpeskred følger som oftest forsenkninger i terrenget, og oppstår når dreneringen i grunnen er dårlig, som for eksempel på grunn av tele og is. Sørpeskred kan utløses i slakt terreng, for eksempel når kraftig snøfall blir etterfulgt av regn og mildvær. Sørpeskred kan også utløses når varme gir intens snøsmelting. Skredmassene har høy tetthet og skred med lite volum kan gi stor skade. Det er ikke utarbeidet aktsomhetskart for sørpeskred.

1.3.3 Skred i fast fjell: Steinsprang, steinskred og fjellskred

Når en eller flere steinblokker løsner og faller, spretter, ruller, eller sklir nedover en skråning benyttes begrepene steinsprang (volum <math><100\text{ m}^3</math>) og steinskred (volum 100-10.000 m^3). Steinsprang og steinskred løsner oftest i bratte fjellparti der terrenghelningen er større enn 40-45°. Fjellskred er store og svært sjeldne skred (>100.000 m^3) fra ustabile fjellparti, og skiller seg fra steinskred med større volum og større mobilitet. Ødeleggelsene er som regel totale i et område som blir truffet av et fjellskred.

1.3.4 Løsmasseskred: jordskred og flomskred

Jordskred starter med en plutselig utglidning i vannmettede løsmasser og blir som regel utløst i skråninger som er brattere enn 25-30°. Man kan skille mellom kanaliserte og ikke-kanaliserte jordskred.

Et kanalisert jordskred skaper en kanal i løsmassene som kan fungere som skredbane for nye skred. Skredmasser kan bli avsatt og danne langsgående rygger parallelt med kanalen. Når terrenget flater ut blir skredmassene avsatt i en tungeform. Over tid kan flere slike skred bygge en vifte av skredavsetninger. I et ikke-kanalisert jordskred flytter massene seg nedover langs en sone som gradvis kan bli bredere. Mindre jordskred kan oppstå i slakere terreng med finkorna, vannmettet jord og leire, gjerne på dyrka mark eller i naturlig terrasseformede skråninger i terrenget.

Flomskred er raske, vannrike, flomlignende skred som følger elve- og bekkeløp, raviner, gjel eller skar, ofte uten permanent vannføring. Helningen i utløsningsområdet kan være ned mot 10°. Skredmassene kan bli avsatt som langsgående rygger på siden av skredløpet, og oftest i en stor vifte nederst, der de groveste massene ligger ved roten av vifta og finere masser blir avsatt utover vifta. Massene i et flomskred kan komme fra store og små flomskred langsetter flomløpet, undergraving av sideskråninger og erosjon i løpet, eller i kombinasjon med sørpeskred.

1.3.5 Isnedfall

Isnedfall er nedfall av en eller flere isblokker fra en naturlig bratt fjellside eller skjæring.

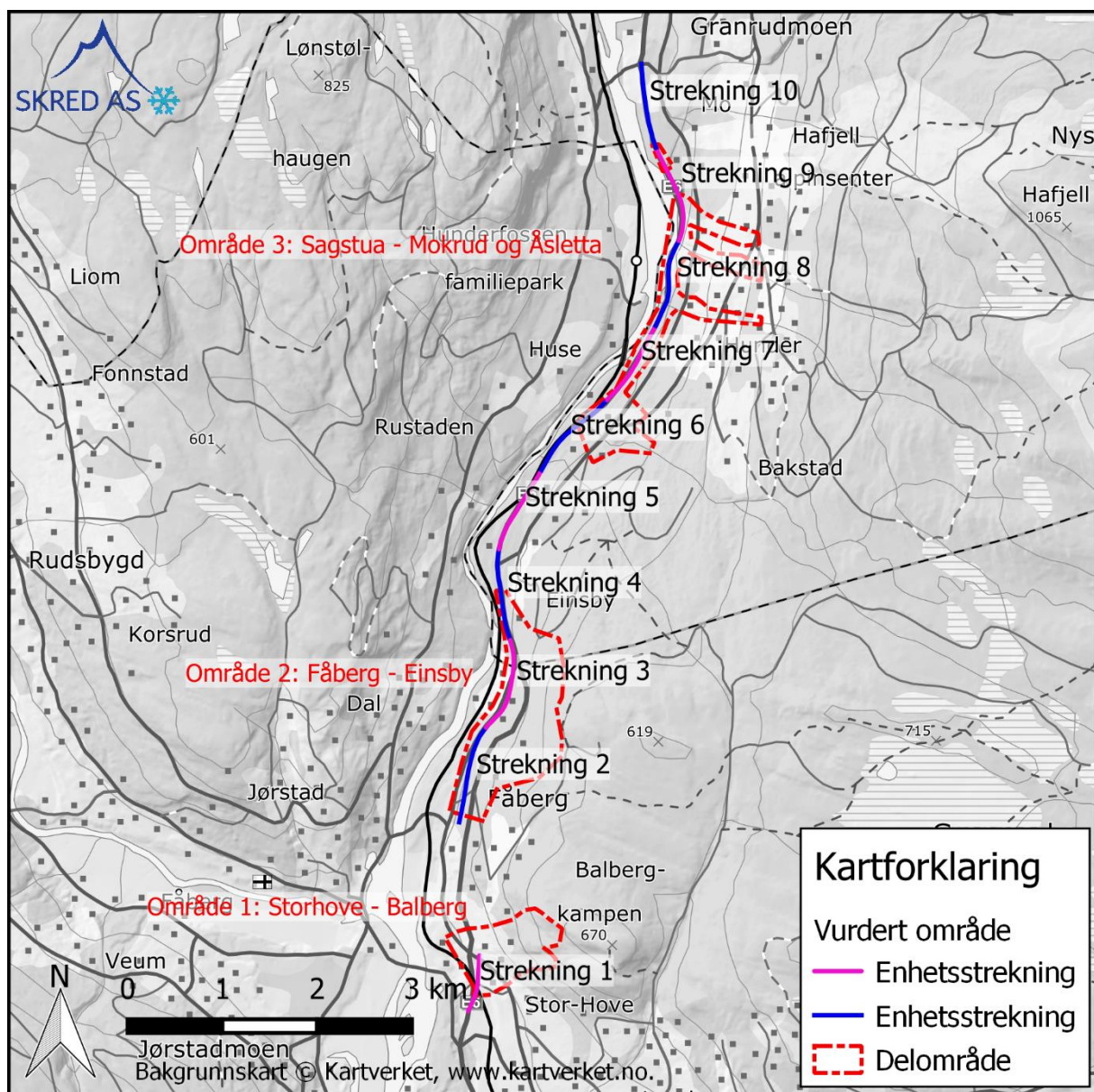
2 Oversikt over de kartlagte områdene

Kartleggingsområdet strekker seg fra Storhove nord for Lillehammer til Granrudmoen ved Hafjell. Kartleggingsområde omfatter eksisterende E6-trase, med unntak av et kortere område ved Fåberg hvor det er bestemt at veien vil gå i tunnel. Området er delt opp i 10 enhetsstrekninger av ca. 1 km lengde, nummerert fra 1-10 fra sør. Videre er det i beskrivelsen av rapporten fokusert på 3 delområder på bakgrunn av områder som tidlig i prosessen ble utpekt som områder med potensiell skredfare. Disse er

Område 1: Storhove – Balberg (Enhetsstrekning 1)

Område 2: Fåberg – Einsby (Enhetsstrekning 2 + 3)

Område 3: Sagstua – Mokrud og Åsletta (deler av enhetsstrekning 6 – 9)



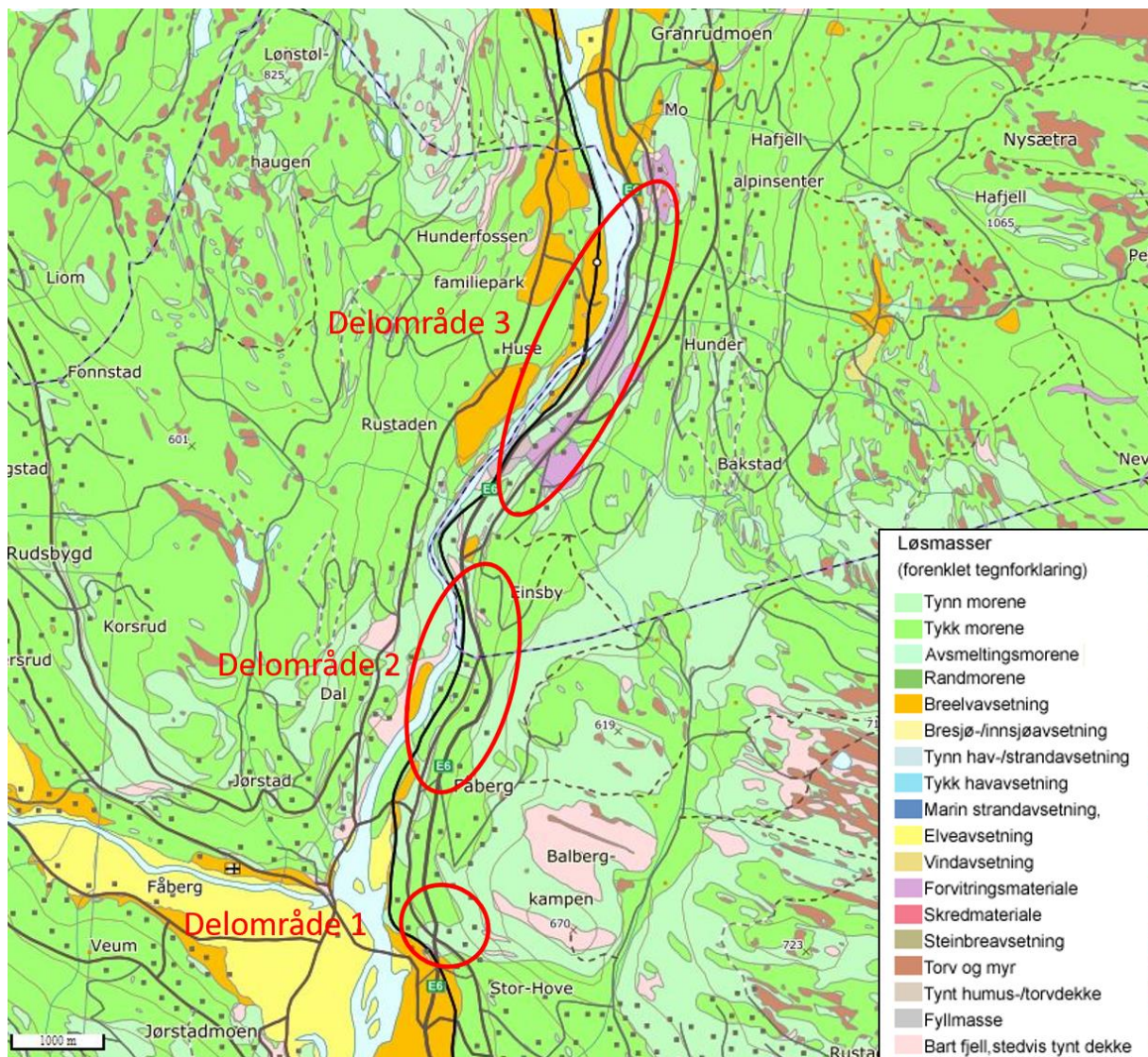
Figur 2: Oversikt over det vurderte område. Enhetsstrekninger er markert i blått og lilla. Delområder er markert i rødt.

2.1 Topografi

2.2 Geologi og geomorfologi

Hele den aktuelle vegstrekningen ligger ifølge NGUs kartblad Lillehammer 1817 II i Brøttumformasjonen, med sandstein og skifer i veksling (Englund, 1978). Denne formasjonen består av et opptil 2 km tykt, sedimentært bergartslag som ble forskjøvet under den kaledonske fjellkjedefoldingen. Det har derfor foldinger og overskyvninger av varierende størrelse og kvalitet. Foldeaksene er i all hovedsak i øst-vestlig retning. Berggrunnsgeologien er nærmere beskrevet i tilsendt notat om geologisk kartlegging av fjellblotninger i området (Rømoen, 2012)

Løsmassegeologien er kartlagt i 1: 50 000 og 1:250 000 av NGU (Olsen & Follestad, 1982). Et utsnitt av kartet i 1:250 000 er vist i Figur 3, med avgrensning av den kartlagte strekningen i nord og syd (pil), samt områder nærmere beskrevet (sirkel). Kartene viser at dalsiden er dekket av morene med avtakende tykkelse oppover (grønt), og at dalbunnen er kartlagt som forvittringsmateriale (lilla) og breelvavsetninger (oransje).



Figur 3: Utsnitt av NGUs løsmassekart 1:250 000 (NGU, 2019b) for den kartlagte strekningen med delområder. Røde sirkler viser omtrentlig plassering av delområde 1, 2 og 3.

2.3 Vegetasjon

Dalsidene er stort sett utnyttet til jordbruk og skogsdrift der den er egnet.

Sammenhengende slake områder i lavere deler av dalsiden består av jorder og åker, mens skogen stort sett er voksen granskog som strekker seg helt opp til tregrensen. Flyfoto viser at det drives hogst i området. I høyereliggende fjellområder er det bart fjell og en del myr.

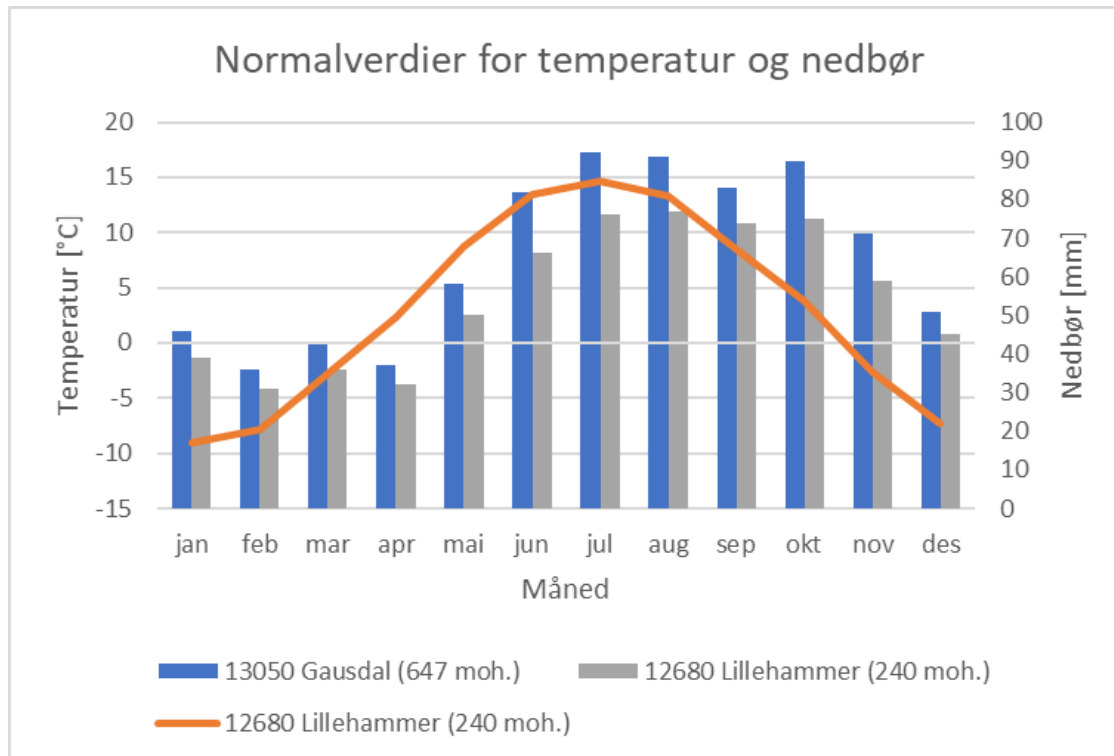
2.4 Klima

Det er utført en analyse av områdets klimatiske trekk med størst betydning for skredfarevurderingen. På bakgrunn av at jord- og flomskred anses som mest relevant i området, er det fokusert på korttids nedbørintensiteter og nedbør som regn.

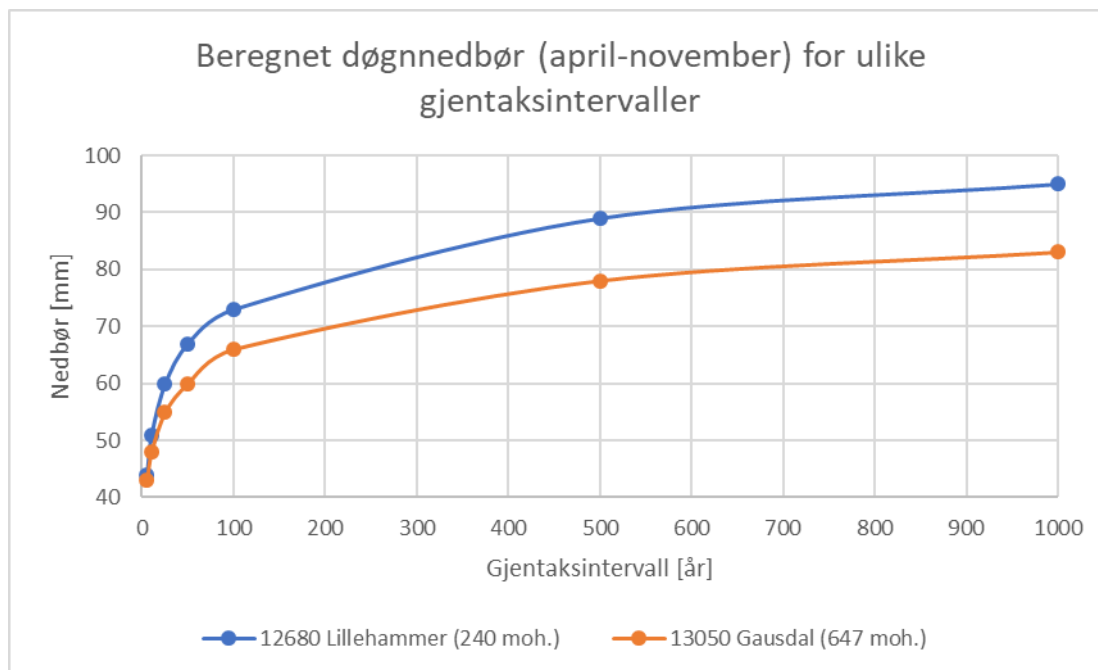
Studier utført i Norge indikerer at løsmasseskred generelt løses ut ved døgnnedbør på min. 8 % av gjennomsnittlig årlig nedbør (Sandersen, Bakkehøi, Hestnes, & Lied, 1997). I det vurderte området, som har en normal årsnedbør på 660-780 mm (Figur 4), tilsvarer dette en

døgnnedbør på 53 – 63 mm. En ekstremverdianalyse utført for nedbør i perioden april til november, da det antas at all nedbør kommer i form av regn, viser at gjentaksintervallet for en døgnnedbør på 53 – 63 mm i vurderingsområdet er på 10 - 75 år (Figur 6).

Sannsynligheten for at en nedbørmengde som potensielt er i stand til å utløse løsmasseskred forekommer, er ikke det samme som sannsynligheten for at skred faktisk utløses. Utløsning av løsmasseskred avhenger av mange flere forhold enn nedbørintensitet, og blant alle de forholdene er terrenget viktigst. Dette er vurdert og beskrevet for hvert område.

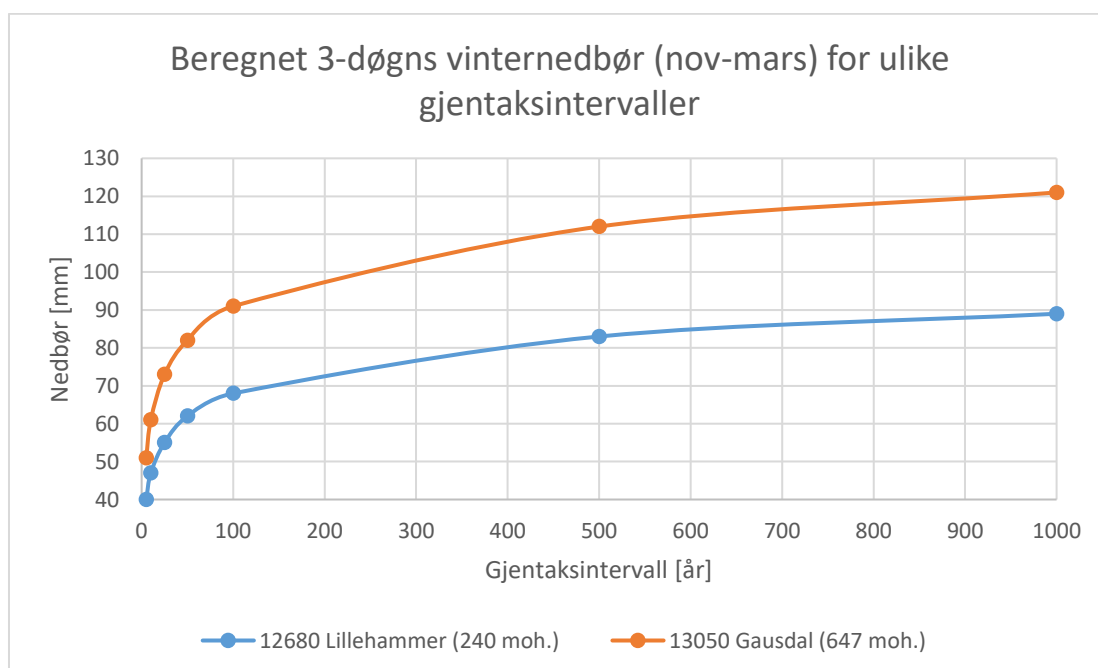


Figur 4: Månedsnormaler for nedbør (stolper) og temperatur (linje) i normalperioden 1960-90. Data fra www.eklima.no.



Figur 5: Beregnet døggnedbør for nedbør som regn. Data fra www.eklima.no.

For snøskredfarevurderingen er det imidlertid mye viktigere å analysere ekstreme snøfall enn normale nedbørsverdier. Fokuset er spesielt på 3-døgns snøfall med store gjentaksintervaller. Nedbør som faller i fjellet mellom november og mars, antas å komme i form av snø. For disse vintermånedene og ved de to benyttede stasjonene er den beregnede 3-døgns nedbør med 1000 års gjentaksintervall på henholdsvis 89 og 121 cm (Figur 6). Dette blir benyttet som utgangspunkt for modellering av 1000 års snøskred.



Figur 6: Beregnet 3-døgns vinternedbør. Data fra www.eklima.no.

3 Metodikk for fastsettelse av skredfare og sannsynlighet for skred for dette oppdraget

Utarbeidelse av sannsynlighetsklasser for skred er en kompleks prosess. Arbeidet skal alltid inkludere en grundig vurdering av flere viktige momenter som underbygger bruk og forståelse av data. Data hentes fra feltkartlegging, tidligere skredhendelser og annen historikk, vurderinger og modelleringer. Dette, samt skredfaglig empiri og skjønn, brukes til fastsetting av sannsynlighet for skred på vei. Metodikken vi har anvendt for å komme frem til faresonene er kort omtalt nedenfor.

3.1 Skredhistorikk

Skred vil ofte gjentas der det har gått skred tidligere. Dette gjelder både de nesten årlige skredene og de sjeldnere hendelsene. Det å dokumentere tidligere skredhendelser er derfor svært viktig i en skredfarevurdering. Dette vil gi informasjon om hvilke områder som er mest utsatt for skred og om potensiell skredutbredelse. Et utvalg av historiske skredhendelser er samlet i en nasjonal skreddatabase (NVE Atlas) og vises på www.atlas.nve.no. NVE Atlas inneholder også observasjoner fra Statens vegvesen og BaneNor sine databaser for skred. Opplysningene registrert i skreddatabasen oppsummerer blant annet mye av det som var å finne i lokale skriftlige kilder, som for eksempel kirkebøker. Skreddatabasen kan ikke oppfattes som en komplett historikk av hendelser i et område. Plassering av hendelsene i databasen, samt registrert skredtype, er ofte upresis, og benyttes som veiledende mer enn absolutt.

3.2 Høydemodeller, skyggekart og helningskart

En digital høydemodell (DHM), eller terrengmodell, er en tredimensjonal digital representasjon av terrenget som gir informasjon om høyde over havet i hvert punkt av datasettet.

Terrengmodellene som er benyttet for skredfarekartlegging for E6 Storhove-Øyer, er laget basert på punktskyer fra LiDAR-skanning til den nasjonale høydemodellen. Skanningen er utført delvis i 2014 og delvis 2015 av Blom Geomatics med en punkttetthet på 5 punkter per kvadratmeter (Blom Geomatics AS, 2015). Dataene er lastet ned fra hoydedata.no. Bakkepunkter er filtrert ut fra punktskyene, og terrengmodellene er generert med oppløsning på 1x1 m. Manglende verdier er interpolert inn i modellen og laveste høydeverdi er valgt for piksler med flere verdier.

Skyggekart er en visningsmåte av en DHM som gir et relieffkart av terrenget. Skyggekart fra høyoppløsnings DHM er svært nyttige i geologisk skredkartlegging for å avgrense skredbaner, løsneområder, skredavsetninger osv.

Helningskart er også beregnet fra en DHM og viser terrenghelningen for hvert punkt i datasettet. Terrenghelningen er en av de viktigste parameterne for å definere løsneområder for skred. Helningskartet for hele kartleggingsområde vises i Kartbilag 2 og er delt inn i følgende klasser:

25° til 30°: mulige løsneområder for jordskred
30° til 45°: mulige løsneområder for jordskred og snøskred
45° til 60°: mulige løsneområder for snøskred og steinsprang
60° til 90°: mulige løsneområder for steinsprang

3.3 Topografi, vegetasjon og klimaforhold

Topografien er et av de aller viktigste elementene som avgjør en fjellsides skredpotensial. Blant de topografiske forholdene som er viktige for skredpotensialet, i tillegg til terrenghelningen, er terrengformen og terrengruheten.

Terrengformen beskrives av kurvaturen eller krummingen i terrengoverflaten, både parallelt med og på tvers av høydekurvene. Snø, overflatevann og grunnvann har alle mer tendens til og akkumuleres eller konsentreres i konkave, dvs. gryteformede, terrengpartier enn på konvekse former som rygger. I konkave terrengpartier er det derfor ofte større sannsynlighet for utløsning av snøskred, jordskred og flomskred enn på ryggformasjoner. Ved kildeområder for steinsprang, kan derimot konvekse fjellknauser gi like mye (eller mer) utfall av blokker som mer konkave deler av en skrent, eller potensial for utfall av større volum. For samtlige typer skred, i varierende grad, vil ofte konkave terrengformer som raviner og nedskjærte bekkeløp styre skredmassenes bevegelse i fjellsiden og skredutbredelsen i utløpssonen.

Terrengruheten i potensielle løsneområder kan også påvirke sannsynligheten for skredutløsning. Dette har spesielt stor betydning for snøskred, der bruddforplantning over store arealer krever relativt gjennomgående lagdeling i snødekket. Større snømengder er nemlig nødvendig for å tildekke terreng med stor ruhet enn for å tildekke glattere overflater. Dette fører til at utløsningssannsynligheten er lavere i områder med stor ruhet, da det i disse områdene skal mer snø til for at et svakt lag er gjennomgående i snødekket. Ruheten av terrenget lenger nede i skredbanen er på den andre siden blant faktorene som styrer skredutløpet, spesielt for steinsprang. Både terrengkrumming og ruhet vurderes skjønnsmessig ved GIS-baserte analyser som benytter høyoppløsnings terrengmodell, ved hjelp av skyggekart, samt ved feltobservasjoner.

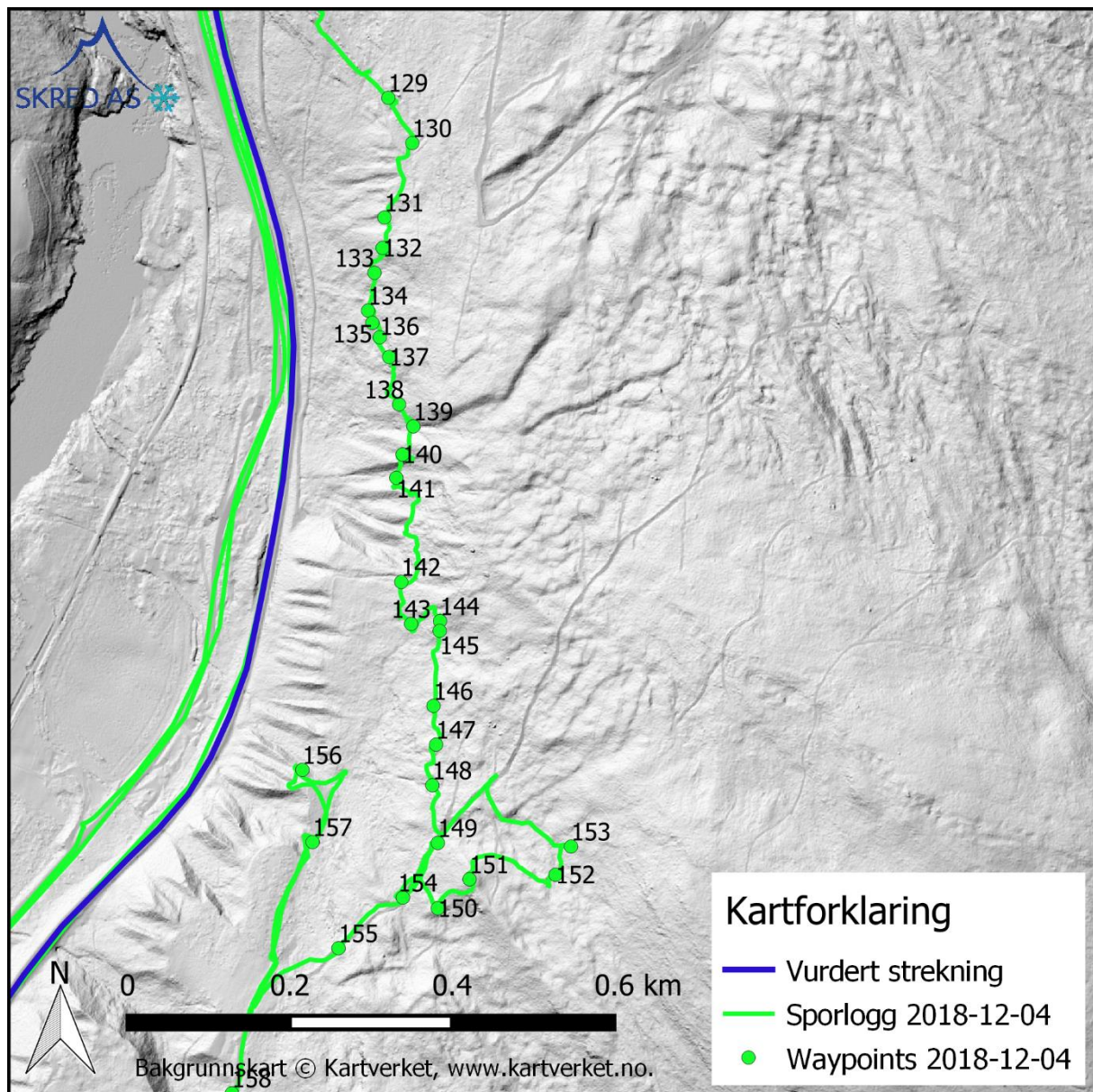
Vegetasjonen har også betydning for skredfarevurdering. Effekten av skogen er i denne rapporten vurdert ut fra befaringsobservasjoner og flybildestudie, i henhold til NGIs rapport «Skog og skred – Forslag til kriterier for vernskog mot skred» (NGI, 2015) samt NVEs «Oppsummeringsrapport for skog og skredprosjektet» (NVE, 2015).

3.4 Feltkartlegging

Rett etter tildeling av oppdraget foretok Skred AS, ved Nils Arne K. Walberg, en første befarings til kartleggingsområdet (4. desember 2018). Dette ble gjort for å få en oversikt over området og løsmassedekket for snøen kom. I tillegg ble informasjon fra befarings i forbindelse med hydrologisk kartlegging benyttet. Denne ble utført av 12. desember av to hydrologer i Skred AS.

Befaringene ble gjennomført ved bruk av bil og til fots med fokus på bratte områder rundt Storhove og Fåberg. Droneflyging ble ikke prioritert da vi har fått tilgang til gode dronebilder

i prosjektet (Nordicskytech.com, 2018). Det var klart vintervær og noe snø på bakken i åpne områder, men i skogen var det bart under befaringen 4. desember.



Figur 7: Skyggekart og sporlogg for det mest skredutsatte området NØ for Fåberg. For feltnotater, se vedlegg.

Mye av fokuset under feltbefaringene var på å kartlegge løснеområder, skredbaner og skredaktivitet for de ulike typer skred. En første identifisering av potensielle løśnieområder ble gjort før feltarbeidet, basert på helningskart med 1 m oppløsning med inndeling i helningsklassene vist i avsnitt 3.2. Under feltbefaringene ble de potensielle løøgneområdene definert på bakgrunn av terrenghelning, vurdert i lys av andre lokale forhold, spesielt terrengform, skredaktivitet og vegetasjon.

For jordskred er løснеområdene i første omgang definert som alle løsmasseskråninger brattere enn 25°. For de ulike potensielle løснеområdene er i tillegg sannsynligheten for skredutløsning vurdert. Denne sannsynlighetsvurderingen ble basert på:

- terrengformen (mindre sannsynlighet på ryggformasjoner enn i konkave eller plane skråninger);
- vegetasjon (mindre sannsynlighet i tett skog enn i bart terreng);
- hydrologiske forhold (mindre sannsynlighet ved begrenset nedslagsfelt og liten vanntilgang);
- eventuelle forhold som endrer naturlig vannavrenning og stabilitet (eks. skogsveier);
- informasjon om, samt tegn på tidligere skred (mindre sannsynlighet ved manglende tidligere skredaktivitet i fjellsiden)

Løснеområder for flomskred er identifisert som alle forsenkede terrengformasjoner, eks. raviner og nedskjærte bekkeløp, med enten løse materialer (dvs. stein, jord, falne trær) eller betydelig potensial for erosjon langs løpet.

Steinsprang ble før befaringen vurdert som en lite utbredt skredtype, men befaringen viste at dette var et reelt problem i deler av fjellsiden. Løснеområder for steinsprang er derfor definert som alle naturlige fjellskrenter brattere enn 45°, altså er alle skrenter over 45° tatt med som potensielle kildeområder i det senere modelleringsarbeidet. Fra befaringsobservasjoner ble det imidlertid gjort en kvalitativ vurdering av steinsprangpotensialet i de ulike kildene. Noen skrenter har for eksempel kraftig oppsprukket berg og mange avløste partier, mens andre virker mye mer kompakte. Dette gjenspeiles generelt i omfanget av steinsprangavsetningene i foten av skrenten. Størrelsen av kartleggingsområdene ville imidlertid gjort det umulig å kalibrere dynamiske modeller for hvert enkelt løśnieområde og scenario, slik det ville gjøres dersom det skulle prosjekteres sikringstiltak for en bestemt skredbane.

Derfor er det for samtlige skrenter utført modellering uavhengig av egenskapene i det enkelte kildeområdet. Det er i neste steg, dvs. i forbindelse med tolking og vektlegging av resultatene frem til fastsetting av strekningsrisiko, at den kvalitative vurderingen av de enkelte skrentene og avsetningene gjort i felt, ble lagt vekt på.

3.5 Modellering

Resultater av skredmodellering utført med ulike beregningsverktøy kan brukes til å etterprøve og underbygge vurderinger av forventet skredutløp basert på andre kilder som skredhistorikk, feltobservasjoner og skjønn.

Modellresultatene, eks. maksimalt utløp, flyte høyde, skredhastighet og trykk, er alltid avhengig av de valgte inngangsparameterne. utfordringen ligger generelt i usikkerheten rundt avgrensning av løśnieområdene (spesielt ved mange diffuse kilder), utløsningsvolum og materialeegenskaper.

Muligheten til å kalibrere modeller basert på tidligere hendelser krever at det finnes historiske hendelser i nærliggende og sammenlignbare områder med detaljert informasjon om hendelsene. Dette foreligger sjeldent. Selv i de tilfellene der det er mulig å etterregne kjente skred er det umulig å vite gjentakintervallet for skredet som modellen kalibreres opp mot, med mindre det finnes flere, kjente skredhendelser i samme skredbane.

Modellverktøy er med andre ord først og fremst benyttet som strømningsmodeller for å bedre definere skredmassenes utbredelse i fjellsiden, men uten å legge for stor vekt på modelleringsresultatene maksimale skredutløp.

Modellering av skredutløp er utført for alle skredprosesser som terrengeanalyse og befariingsobservasjoner tilsier er aktuelle i hvert kartleggingsområde. De benyttede modellene og deres oppsett er beskrevet nedenfor.

3.5.1 Beregninger med Rockyfor3d for steinsprang

Programvaren Rockyfor3d (Dorren, 2015), versjon 5.2.4 er anvendt til beregning av mulig utbredelse av steinsprangblokker. Generell fremgangsmåte er som følger:

- Definere scenarier for hendelser på bakgrunn av observasjoner i felt, inklusive fastsettelse av følgende parametere:
 - o Kildeområde.
 - o Størrelse på steinsprangblokker. Typiske verdier som vi har benyttet, er 0,5-1,5 m³. Dette valget var i liten grad avhengig av størrelse og oppsprekingsgrad kvalitativt vurdert for de ulike kildene. De lokale forholdene i skrenten og eventuelle avsetningene er derimot tatt i betraktning i en senere fase, dvs. ved tolkning av modelleringsresultater opp mot andre elementer, fram til vurdering av skredfare.
- Vurdering av resultater mot registrerte avsetninger som representerer tidligere steinsprangutfall.

Generelle innstillinger er som følger:

- Det er simulert 50 utfallende blokker per celle i kildeområdene.
- Det er anvendt en startfallhøyde på 0-3 m, da mange av de diffuse løseområdene er avhengige av eksterne faktorer for at blokker skal løse ut, f.eks. rotvelt.
- Skog er ikke inkludert i simuleringene, men dette er tatt høyde for i vurderingen.
- Tetthet = 2700 kg/m³.
- Blokkform = rektangulær.
- Det er benyttet automatisk valgte, gjennomsnittlige verdier for bakkens ruhet og energidemping («Rapid automatic simulation»).

3.5.2 Beregninger med RAMMS for snøskred

Modellering av mulig skredutbredelse av snøskred er gjort med RAMMS (Christen mfl., 2010), versjon 1.7.20, modulen for snøskred. Verdiene for friksjonsparameterne μ og ξ er definert som anbefalt i programmet, med unntak av at øvre høydenivå er redusert fra

1500 moh. til 1000 moh., og nedre høydenivå fra 1000 moh. til 500 moh. på grunn av klimatiske forskjeller mellom Norge og Alpene hvor modellen er utviklet og kalibrert.

Utløsningsområder er definert fra beregnet terrengform og -helning, historisk informasjon, og vurdering i felt av blant annet vegetasjon og terrengform. Bruddhøyder er vurdert fra klimaanalysen samt lokale forhold, og er typisk variert mellom 0,5 m og 1 m. Disse bruddkanthøydene er beregnet med utgangspunkt i 3 døgns snøfall (nedbør i perioden novemer til mars) i området. Med disse bruddkanthøydene som utgangspunkt for definisjonen av friksjonsparametere, har vi kjørt beregninger med friksjonsparametere tilsvarende skred av størrelse «medium» til «large».

3.5.3 Beregninger med RAMMS for jord-/flomskred

Modellering av mulig skredutbredelse av løsmasseskred er gjort med RAMMS Debris Flow (Christen mfl., 2012), versjon 1.7.20. Utløsningsområdene er definert i eller ovenfor forsenkninger og eksisterende raviner der flomskred mest sannsynlig vil løses ut, samt i løsmasseskråninger brattere enn 25°. De fleste løsneområdene er tegnet der terrenganalysen (dronebilder, flyfoto, skyggekart) viste tegn på tidligere utglidninger.

Resultatene er brukt til å vurdere mulighet for utbredelse av flomskred. Modellen er kjørt med parametere erfaringsmessig kalibrert for flomskred (Tabell 2). På grunn av stort omfang av raviner og bratte løsmasseskråninger med morene, er det modellert et begrenset utvalg av løsneområder for jordskred / flomskred.

For alle beregninger er innstillingen «block» benyttet, siden hydrografen for de modellerte skredhendelsene ikke er kjent, og vil variere. Anvendte friksjonsparametere er vist i Tabell 2.

Tabell 2: Anvendte parametere i RAMMS beregningene for flomskred.

Skredtype	Oppløsning i terrengmodell	Friksjonsparameter ξ	Friksjonsparameter μ	Høyde blokk
Flomskred	1-2 m	100 m/s ²	0,15	0,5 - 1 m

3.5.4 Tolkning av modellresultater

Det er utført flere beregninger for å teste effekt av variasjonen i de ulike parametersettene. Utløp og risikovurdering er derfor ikke basert på en spesifikk modellberegning, men laget ut fra en samlet vurdering av observasjoner, tidligere informasjon, beregninger og erfaring.

3.6 Fastsetting av sannsynlighetsklasser

Sannsynlighetsklasse fastsettes for den samlede sannsynlighet for alle typer skred etter retningslinjene i Håndbok N200 – Vegbygging, kap. 208 Sikkerhet mot skred (Vegdirektoratet, 2018).

Den endelige vurderingen av sannsynligheten for de ulike skredprosesser, scenarioer og beregnede skredutløp, har i stor grad vært basert på skredfaglig skjønn. Dette vil si at vektlegging av ulike datasett og opplysninger (eks. terrengobservasjoner, resultat av modellering, skredhistorikk) er skjønnsmessig tilpasset til de ulike skredbaner og områder.

I den følgende beskrivelsen for hvert kartlagt område vil det redegjøres for hvilke vurderinger som ligger til grunn for utbredelsen av skredfare og dominerende skredtype innenfor områdene. Hvis flere skredtyper er med på å påvirke strekningsrisikoen vil dette omtales.

4 Delområde

4.1 Område 1: Storhove – Balberg

Det kartlagte området er lokalisert nord for Storhove, i området hvor Balbergvegen svinger oppover fjellsiden fra Gudbrandsdalsvegen (delområde 1 og enhetsstrekning nr. 1 i Figur 2). Ny E6 vil i dette område gå inn i en tunnel, slik at det vil bli et tunnelpåhugg i fjellsiden. Det er skissert to ulike påhugg avhengig av lengde og trase på valgt tunnel (Statens vegvesen, 2017). Strekingen er vurdert under enhetsstrekning 1.

4.1.1 Topografi og grunnforhold

Området består av en SV-vendt skråning med bunn på elveslettene nedenfor dagens E6 og topp på Svartberget og Balbergkampen (670 moh.). Nedre deler av skråningen er i stor grad brattere enn 30° i området hvor Balbergvegen svinger oppover, med mindre partier brattere enn 45°. Ovenfor bebyggelsen slaker det ut med jorder slakere enn 25°, før det på oversiden av gården Balberg er to større partier brattere enn 30° i forlengelsen av Svarteberget og Balbergkampen.

Vi har ikke gjort detaljerte geologiske undersøkelser i området, men berggrunnen i området består ifølge NGUs berggrunnskart av vekslende sandstein og skifer i Brøttumformasjonen (NGU, 2019a; Rømoen, 2012). Grunnundersøkelser utført for SVV viser at fjell i dagen ble observert i nærheten av planlagt tunnelpåhugg, og fjellkontrollboringer i området viser generell dybde til fjell på mellom 1 -3,5 m. Totalsonderinger ble utført rett øst av planlagt tunnelpåhugg og resultatene viser grus og morene på 4 - 6 m dybde (Statens vegvesen, 2017).



Figur 8: Dronefoto av Storhove-Balberg sett mot nord (Nordicskytech.com, 2018).

4.1.2 Skredhendelser

Det er ingen registrerte hendelser i den nasjonale skred databasen i dette området (NVE, 2019).

4.1.3 Tidligere vurderinger

Skred AS har tidligere utført en skredfarekartlegging for et undervisningsbygg på Storhove. Vi er ikke kjent med ytterligere vurderinger i området.

4.1.4 Eksisterende sikringstiltak

Vi har ikke detaljert kjennskap til sikringstiltak i området, men det er observert lokale utfyllinger, planering, fjellrensk og bolting i forbindelse med hovedveier og sideveier som passerer området. Spesielt gjelder dette Balbergvegen som går i bratt terreng med skjæringer $>30^\circ$.

4.1.5 Modeller og oppsett

Det er utført modellering for steinsprang, snøskred og jordskred i dette delområdet.

RAMMS Debris Flow er benyttet for modellering av jord- og flomskred, med egne parametersett angitt i avsnitt 3.5.3. Mulige løснеområder for jord- og flomskred er definert nedenfor området omtalt som Kalykjeberget, der terrengeanalyser basert på skyggekart indikerer at tidligere løsmasseskred har skjedd.

For steinsprang er Rockyfor3D benyttet. Kildeområdene er definert ved alle terrengpartier brattere enn 45° . Øvrige benyttede parametere er angitt i avsnitt 3.5.1.

For snøskred er RAMMS Avalanche benyttet for et potensielt løснеområde i et hogstfelt ovenfor Balberg. Modellen ble kjørt med standard friksjonsparametere, med og uten skog, og med bruddhøyder mellom 0,5 og 1,0 m.

4.1.6 Skredfarevurdering

4.1.6.1 Steinsprang og steinskred

Det er flere mindre skrenter brattere enn 45° som er potensielle løснеområder for steinsprang i øvre deler av fjellsiden, noen med velutviklede steinurer i underkant. Utfall fra disse er modellert, og det er vurdert at steinsprang har begrenset rekkevidde og vil stoppe i skråningen nedenfor, og dermed ikke påvirke veistrekningen.

Nedre deler av fjellskråningen ovenfor planlagt tunnelpåhugg, der Balbergvegen går, har mindre, bratte partier og veiskjæringer hvor mindre steinsprang kan løsne. Disse er vurdert til å ha begrenset størrelse og rekkevidde, og til først og fremst å være en ingeniørgeologisk problemstilling ved etablering av påhugg. Det er derfor vurdert faren for naturlige steinsprang er mindre enn 1/1000 for enhetsstrekning 1.

4.1.6.2 Snøskred

Snøskred krever sammenhengende partier brattere enn 30° med ingen eller lav vegetasjon. I dette område er det et potensielt løснеområde i et hogstfelt ca. 575 moh. Det er vurdert at snøskred under ugunstige forhold kan løsne her, og det er derfor foretatt modelleringer. Resultatene fra modellen viser at store, sjeldne skred med bruddhøyde tilsvarende en 3-døgns snøfallhendelse med gjentaksintervall på 1000 år, som er dimensjonerende for snøskred med årlig sannsynlighet 1/1000, kan nå ned til enden av jordene nedenfor løснеområde, men ikke påvirke planlagt trase.

Nedre deler av skråningen er også per i dag dekket av tilstrekkelig vegetasjon for å hindre utløsning av mindre snøskred. Det kan ikke utelukkes at mindre snøutglidinger kan forekomme fra vegetasjonsfrie skråninger og fjellskjæringer med helling brattere enn 27°. Dette vil spesielt være aktuelt i fasen rett etter etablering av en bratt skjæring, f.eks. i forbindelse med tunnelpåhugg, før vegetasjonen får tid til å vokse opp eller sikring er iverksatt.

4.1.6.3 Sørpeskred

Sørpeskred er ikke kjent i dette området. Fjellsiden vurderes ikke å ligge til rette for utløsning av sørpeskred, og det vurderes derfor ikke som en reell problemstilling.

4.1.6.4 Jord- og flomskred

Under befaringen ble løsmassedekket i den bratte skråningen langs Balbergveien vurdert til å bestå av et tynt forvittringslag eller være fraværende (fjellskjæring), og løsmasseskred vurderes derfor ikke som en problemstilling i denne skrenten. På oversiden er det større områder med jorder/åker, men disse har en terrenghelning som er mindre enn 25°, og er derfor ikke vurdert som potensielle løsneområder for jord- og flomskred.

Øst for området er det fire markerte søkk (raviner) i den nedre delen av fjellsiden omtalt som Kalykjeberget. Alle ravinene går over i vifteformede terrengformasjoner som kan tolkes som flomskredavsetninger. Nedre del av flomskredviftene ligger rundt kote 210. Nye løsmasseskred i dette området kan ikke utelukkes, men disse vil ikke ha utløp som vil påvirke den vurderte strekningen.

4.1.6.5 Isnedfall

Sannsynligheten for isnedfall fra en naturlig bratt fjellside eller skjæring vurderes som liten i området da befaringen og hydrologiske analyser viser at avrenningen fra ovenforliggende terreng i stor grad dreneres nordvest for planlagt påhugg.

4.1.6.6 Oppsummering

Det er vurdert at mindre steinsprang kan forekomme fra naturlige skråninger og skjæringer i nedre deler av fjellsiden, men at disse har begrenset størrelse og rekkevidde, og den årlige sannsynligheten for steinsprang langs delstrekningen vurderes som lavere enn 1/1000. Ved etablering av påhugg i fjellskjæringen vil de lokale forholdene ovenfor påhugget endres, og ingeniørgeologiske vurderinger rundt påhugget vil avdekke behov for lokal sikring. Det vurderes at den årlige sannsynligheten alle skredtyper er lavere enn 1/1000 langs enhetsstrekning nr. 1, se Figur 14.

4.2 Område 2: Fåberg – Einsby

Delområde strekker seg fra Fåberg til Einsby (delområdet 2, enhetsstrekning 2 og 3 i Figur 2). Det er foreløpig skissert at det skal komme en tunnel på deler eller hele strekningen, og det er blitt presentert skisser til to mulige plasseringer for tunnelpåhugg, hvor det er gjort en foreløpig vurdering i forbindelse med dette arbeidet (Skred AS, 2019). Kort tunnel er skissert ca. 250-300 m sør for eksisterende vannmagasin øst for Fåberg. Lang tunnel er skissert med nordre påhugg rett øst for Isakstua.



Figur 9: Dronefoto over sørlige deler av strekning tatt nordover ved Fåberg. I midten skimtes bru over E6 og høydebasseng (Nordicskytech.com, 2018).



Figur 10: Dronefoto tatt sørover fra Einsby. Foto viser bratt skråning og skredutsatt strekning ved Isakstua (Nordicskytech.com, 2018).

4.2.1 Topografi og grunnforhold

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 løsmassemektheten er 5-10 m (Statens vegvesen, 2017). Ovenfor veien Besserudgrenda, som avgrensner det vurderte området i øst,

slaker terrenget ut og det er kun mindre, usammenhengende partier som er 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 strekning 2 og 3 er raviner utbredt i nedre deler av skråningen, og fra terrengmodellen kan man detektere mer enn 70 stk. store og små raviner, se Figur 11. 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.

4.2.1.1 Hydrologi

Det er gjort GIS-analyser av vannveier for hele det vurderte området og ovenforliggende terreng basert på terrengmodellen. Disse viser at eksisterende skogsveier i fjellsiden mellom Fåberg - Einsby har stor betydning for avrenningen i området. Analysene viser også at det skal lite til for at vannet finner andre veier enn dagens primære avrenningsmønster, f.eks. erosjon, tett kulvert eller overløp, og det kan derfor ikke utelukkes at de fleste lokaliteter og raviner i fjellsiden kan få en signifikant vanntilførsel under store nedbørmengder. Dette gjør at det ikke er mulig å differensiere utløsningssannsynligheten på løsmasseskred i fjellsiden på bakgrunn av avrenningsmønster.

4.2.2 Skredhendelser

I Nasjonal skreddatabase er det registrert 2 hendelser langs jernbanen i nærheten, begge 15.09.1988 med betegnelsen «Ras pga. vedvarende regnvær». Langs vei er det registrert et jordras/flomskred 22.05.2013 nær Øyer, nord for Lillehammer, som er geografisk plassert ved Einsby. Erfaringsmessig er plasseringen av skredhendelser upresis, og skredhendelsen kan derfor muligens være observert skred ved WP 148.

Under befaringen 04.12.2018 ble det observert et grunt jordskred, et stort løsmasseskred og flere steinsprang i det vurderte området eller nærliggende terreng. Disse er nærmere beskrevet i vurderingene.

4.2.3 Eksisterende sikringstiltak

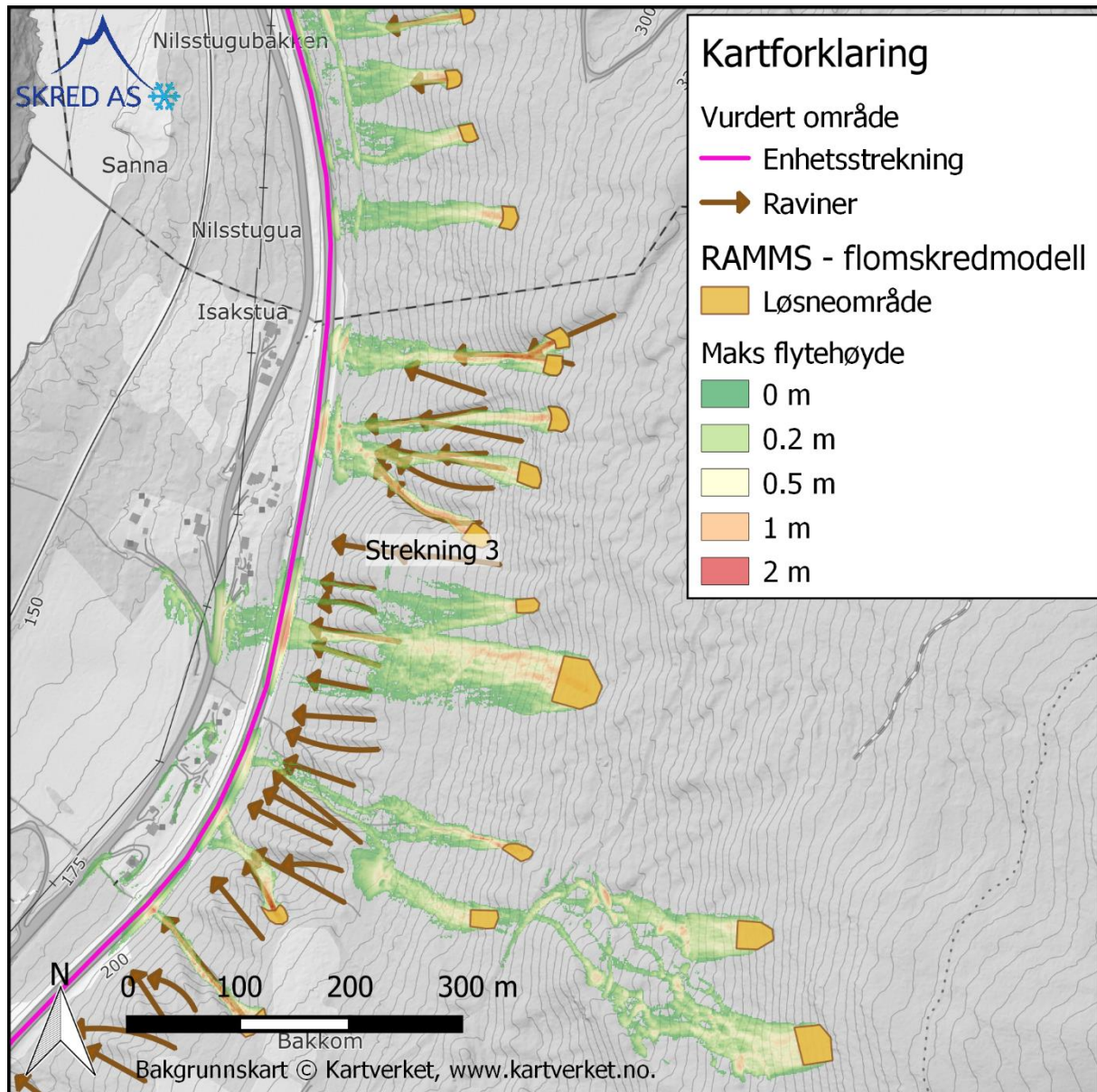
Vi har ikke detaljert kjennskap til sikringstiltak i området, men det er observert mindre tiltak i forbindelse med hoved-, side- og skogsbilveier i området.

I løsmasseskjæringen fra brua der lokalveien Besserudgrenda krysser E6 og minst 75 m sørover, WP 164, ble det observert erosjonsnett for å stabilisere skråningen. Det antas at dette er lokaliteten som er beskrevet i oversendt dokument om sikring av skjæringer (Statens vegvesen, 1991). Det er også her en grøft i bakkant av erosjonssikringen som hindrer overflateavrenning ut i den bratte skråningen.

4.2.4 Modeller og oppsett

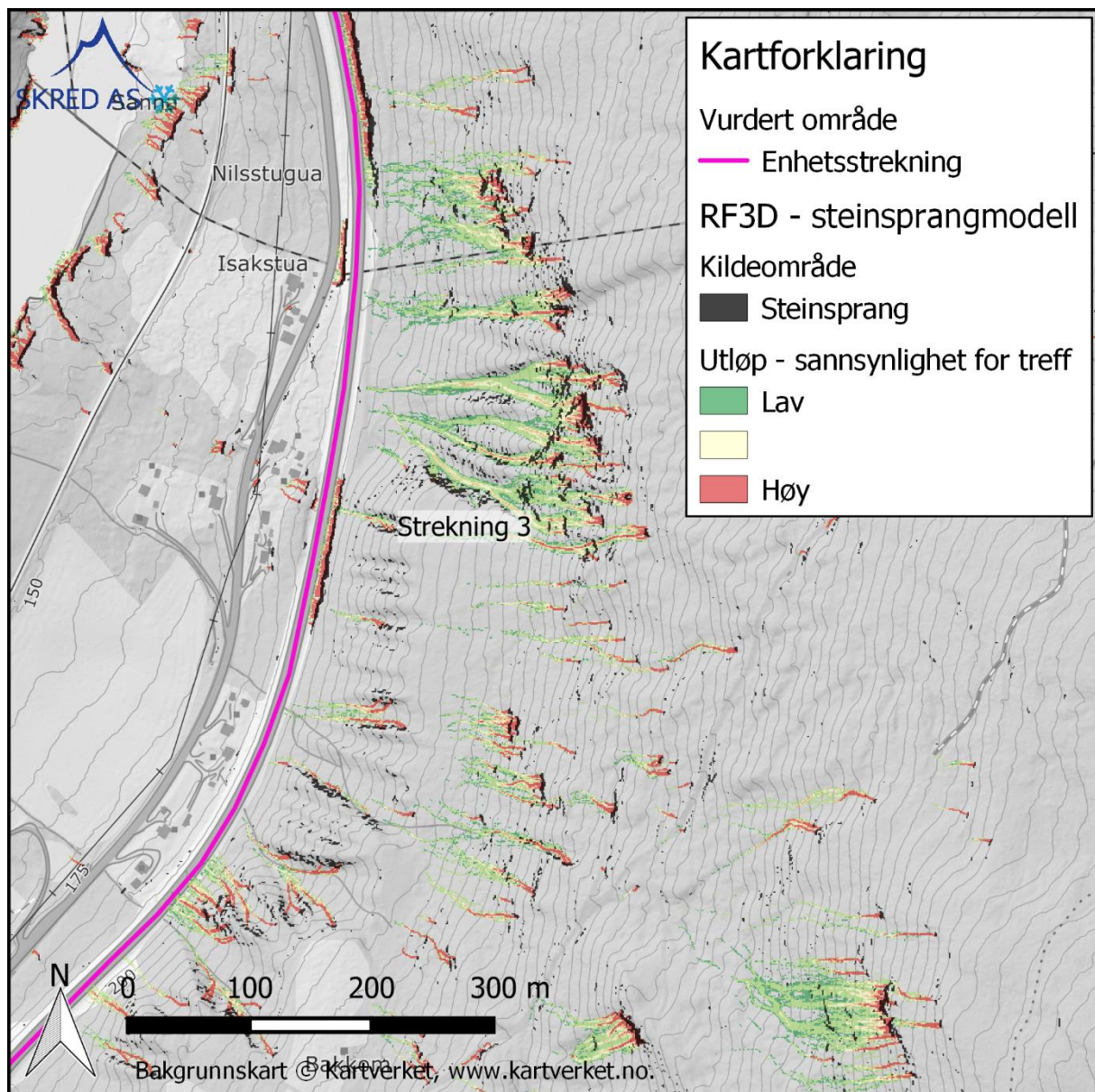
I dette kartleggingsområdet er modellering utført jord-/flomskred og steinsprang.

RAMMS Debris Flow er benyttet for modellering av jord- og flomskred, med egne parametersett angitt i avsnitt 3.5.3. Mulige løснеområder for jord- og flomskred er tegnet i terreng med helning over 25 – 30° der terrengeanalyser basert på skyggekart og befaringen indikerer at tidligere utglidninger har skjedd eller kan skje. Kun utvalgte løснеområder er modellert for å få et overblikk over utstrekning.



Figur 11: RAMMS flomskredmodellering. Figuren viser maks flyte høyde for utvalgte skredbaner, samt raviner observert fra feltbefaring og skyggekart.

For steinsprang er Rockyfor3D benyttet. Kildeområdene er definert ved alle terrengepartier brattere enn 45°. Øvrige benyttede parametere er angitt i avsnitt 3.5.1



Figur 12: Resultater fra modellert utbredelse av steinsprang ovenfor enhetsstrekning 3 ved Isakstua.

4.2.5 Skredfarevurdering

4.2.5.1 Steinsprang og steinskred

I dalsiden ovenfor det vurderte området er det flere små og bratte fjellskjæringer som er tydelig oppsprukket, og som vil være potensielle løснеområder for steinsprang. Remobilisering av blokker i morenemassene kan også være en potensiell kilde for steinsprang, da det enkelte steder er løsmasseskråninger med helling opp mot 35-40°. På bakgrunn av skrenter med begrenset lengde og høyde er det ikke fare for utfall av volum definerende som steinskred.

Langsom forvitring, rot- og frostsprengning er en vanlig årsak til utløsning av steinsprang, men i dette området vil rotvelt også være en mulig utløsende årsak. Det ble observert flere

ferske steinsprang og skader på trær. For den største og ferskeste hendelsen observert, utfall på 5-10 m³ i løpet av de siste 1-2 år, er rotvelt som har skjøvet ut en liten, svært forvitret fjellskjæring en sannsynlig årsak.

Den tette granskogen har likevel totalt sett en positiv effekt ved at den bremser og stopper steinsprang som har løsnet før de treffer veien, noe det ble sett flere eksempler på. Modellering viser at utfall vil kanaliseres i eksisterende raviner i terrenget, og at utløp i stor grad vil stoppe før veien. Steinsprang vurderes som en reell problemstilling i fjellsiden, men det vurderes at sannsynlighet for potensielle utfall ned mot eksisterende vei ikke overstiger 1/1000. Skulle det dermed gjøres inngrep i skråningen, eller vei eller tunnelpåhugg flyttes nærmere eller inn i skråningsfoten, bør det vurderes behov for sikring.

4.2.5.2 Snøskred

Snøskred krever sammenhengende partier brattere enn 30°. Det vurderte området vurderes til ikke å være berørt av snøskred da alle potensielle områder under dagens vegetasjonsforhold er dekket av tett skog. Hogst av sammenhengende områder i bratt terreng vil kunne føre til at det dannes løснеområder for snøskred som kan påvirke det vurderte område. Det bør derfor vurderes å innføre restriksjoner for hogst i fjellsiden (i henhold til veileder).

4.2.5.3 Sørpeskred

Sørpeskred er ikke kjent i dette området. Fjellsiden vurderes ikke å ligge til rette for utløsning av sørpeskred under dagens forhold. Dette begrunnes med at den i all hovedsak er bratt og dekket med skog, og mangler slake partier der store snømengder kan samles og deretter bli vannmettet uten at vann finner en naturlig drenering nedover i fjellsiden.

Evt. sørpeskred som løsner i småkupert terreng og hogstfelt i øvre deler av skråningen vil drenerer NV før de faller mot vest. Sørpeskred vil i stor grad følge forsenkninger i terrenget, på samme måte som flomskred, og vil dermed fanges opp av områder som vurderes utsatt for flomskred. Sørpeskred vurderes heller ikke som en dimensjonerende skredtype i dette området, da både jord-/flomskred og steinsprang vurderes som en større risiko. Faren for sørpeskred vurderes som mindre enn 1 / 1000 per km og år.

4.2.5.4 Jord- og flomskred

Langs enhetsstrekning 2, ved Fåberg, vurderes større jord- og flomskred fra øvre deler av dalsiden til å være lite sannsynlig. Dette på grunn av få sammenhengende områder som er bratte nok til at jordskred kan løses ut, samt at deler av skråningen er dekket av tett skog. Det er dessuten ingen tydelig ravinering i området som tyder på at dette har skjedd tidligere. Nedre deler av skråningen er derimot dekket av et ti-talls middels og små raviner som vitner om tidligere erosjon og/eller skredaktivitet.

I nordre deler av området, langs enhetsstrekning 3 ved Isakstua, er det høyere og brattere løsmasseskråninger enn i sør, men løsmassemektigheten er antatt noe mindre da det ble observert en del forvitret fjell i skråningen. Dette underbygges av geotekniske undersøkelser i området. I tillegg til raviner og skredsår i nedre deler av skråningen, er det en del raviner som starter høyere opp i fjellsiden, og som dermed har potensial for større skred enn i sør.

På grunnlag av terreng brattere enn 30° og tilgjengelige løsmasser, vurderes det at det er et potensial for løsmasseskred.

Grunne jordskred og utglidninger i naturlig/planert løsmasseskråning og eldre skredgroper i nedre deler av fjellsiden vurderes å være en aktuell problemstilling langs hele strekningen. Sannsynligheten vurderes som størst under store nedbørsmengder og i smelteperioder om våren hvor teledag kan danne impermeable sjikt innad i morenemassene, med påfølgende poretrykksoppbygning og utglidninger av tinte masser over teledybden som resultat. I sørlige deler av området er skråningen rett sør for brua over E6 ved Besserudgrenda, helt eller delvis, sikret med erosjonsnett. Erosjonsnett binder masser og fremmer oppblomstringen av vegetasjon, som reduserer sannsynligheten for utløsning.

Store deler av fjellsiden, spesielt ovenfor enhetsstrekning 3 ved Isakstua, er dekket av voksen granskog, som reduserer sannsynligheten for utløsning av jordskred. Rotsystemet binder sammen jordmassene og drenerer løsmassene til en viss grad. Rotvelt kan derimot forårsake skred ved at det blir liggende åpne sår i terrenget hvor vann kan infiltrere og erodere. Begynnende erosjon etter rotvelt ble observert flere plasser i nærliggende terreng, også i bratte sidekanter av raviner.

Det er få definerte bekkeløp i dette område, men det var vannføring og noe massetransport i mange av ravinene. Dette underbygges av hydrologiske analyser. Det ble observert et ferskt jordskred/flomskred som bekrefter skredpotensiale i området. Løsneområde var ca. 10 m bredt og i bakkant av en eldre, større skredgrop. Bruddkanten var ca. 5 m høy. Lokaliteten var i nærheten av en skogsbilvei, og mulig oppsamling av vann og overløp i forbindelse med drenering langs skogsbilveien kan ha vært en utløsende årsak. Utløpsområde av skredet ble ikke befart. Det ble også observert eldre avsetninger av flere jordskred som har stoppet i skråningen, med mindre skredvolum enn beskrevet skred.

Potensiale for fremtidige jord- og flomskred anses som betydelig. Jord- og flomskred vurderes totalt sett å ha en årlig sannsynlighet større enn 1/100 langs enhetsstrekning 2 og 3, noe som må tas hensyn til i videre veiplanlegging. Bratte løsmasseskråninger nær rasvinkelen (lav stabilitet) vil også være en problemstilling.

4.2.5.5 Isnedfall

Sannsynligheten for isnedfall fra fjellsiden vurderes som liten. Enkelte fjellskjæringer langs eksisterende vei vurderes å ha potensial for isoppbygning, men begrenset høydeforskjell, samt krav om utforming av bergskjæringer og grøfter gjør det sannsynligheten vurderes som mindre enn 1/1000.

4.2.5.6 Oppsummering

Fare for små til middels løsmasseskred fra nedre deler ovenforliggende skråning vil være til stede langs hele enhetsstrekning 2 og 3. Det er mer enn 70 raviner og skredgroper ned mot dagens vei. Nordre deler av området, ved Isakstua, vurderes som utsatt for større løsmasseskred fra ovenforliggende naturlig terreng. Terrenget er generelt brattere enn 30° og det er ferske eksempler på jordskred fra nærliggende terreng som vil kunne ha store konsekvenser dersom de treffer trafikkert vei. I tillegg er faren for steinsprang en sekundær

risiko langs enhetsstrekning 3, men sannsynligheten for dette vurderes som mindre enn 1/1000. Den totale skredfaren vurderes til å overstige 1/100 per km. per år for enhetsstrekning 2 og 3 på bakgrunn av mange potensielle skredbaner for løsmasseskred.

4.3 Område 3: Sagstua – Mokrud og Åsletta

Delområdet strekker seg fra Sagstua til Mokrud, samt et område ved Åsletta (delområde 3, deler av enhetsstrekning 6 – 9 i Figur 2.



Figur 13: Dronefoto fra Midtskog nordover mot Hafjell (Nordicskytech.com, 2018).

4.3.1 Topografi og grunnforhold

Området veien passerer er ganske flatt. Mot øst stiger det jevnt oppover mot Nevelfjell (1092 moh.) og Hafjell (1065 moh.) Helningen er for det meste mindre enn 15° med en del mindre, bratte fjellskreter med helning over 30°. Disse har begrenset høydeforskjell og utstrekning. Store deler av området er utbygd som fritidsboliger i forbindelse med Hafjell Alpinsenter og ulike hytteområder, og det er et utbredt veinett i fjellsiden.

Veien går i dette område flere steder på fyllmasser, og generelt er det tynt morenedekke eller forvittringsmateriale ifølge NGUs løsmassekart. Ved Åsletta er det breelavsetninger (NGU, 2019b). Flere steder passerer veien flere sidebekker til Lågen som drenerer ovenforliggende fjellområder.

4.3.2 Skredhendelser

I Nasjonal skredatabase er det ikke registrert skredhendelser i dette området (NVE, 2019).

4.3.3 Tidligere vurderinger

Vi er ikke kjent med tidligere skredfarevurderinger i dette området.

4.3.4 Eksisterende sikringstiltak

Vi er ikke kjent med sikringstiltak i området.

4.3.5 Modeller og oppsett

Det er ikke utført modellering av skred i dette området.

4.3.6 Skredfarevurdering

4.3.6.1 Steinsprang og steinskred

De bratte fjellskjæringene i dalsiden har alle begrenset høydeforskjell (< 10 hm) og utstrekning, og volum og rekkevidde av eventuelle utfall vurderes som begrenset og til ikke å nå ned til E6. Steinsprang og steinskred fra naturlige løsneområder er derfor vurdert til å ikke utgjøre en betydelig risiko for den vurderte veistrekningen i dette området, og den totale sannsynligheten vurderes som mindre enn 1/1000.

4.3.6.2 Snøskred

Det er enkelte områder av fjellsiden øst for det vurderte området som er brattere enn 30°. Noen av disse er store nok til å være potensielle utløsningsområder for snøskred. Disse områdene er dekket av tett skog, som hindrer utløsning av snøskred. Den vurderte strekningen ligger ikke utsatt for snøskred.

4.3.6.3 Sørpeskred

Sørpeskred er ikke kjent fra området. Det er enkelte myrområder og små vann øst for det vurderte området der sørpeskred kan tenkes å utløses. Sørpeskred kan i tillegg oppstå i bekkene som drenerer området, men disse er i stor grad dekket av skog som reduserer sannsynligheten for utløsning. Eventuell skredutbredelse ned mot veien vurderes som mindre enn 1/1000.

4.3.6.4 Jord- og flomskred

Det er ikke tydelig raviner eller tegn på erosjon i løsmassene i dette området, om vi ser bort fra de tydelige bekkene. Dalsiden er gjennomgående slakere enn 25°, og det vurderes som lite sannsynlig at jord- og flomskred vil løsne i dalsiden. Eventuelle mindre jordskred i lokale områder brattere enn 25° kan likevel ikke utelukkes, men utstrekningen og omfanget av disse vurderes som begrenset.

Bekkene som drener fjellområdene er tydelig nedskjært i moreneavsetningene og evt. breelavsetninger i dalbunnen. En rekke lokalveier krysser bekken i dalsiden, og i forbindelse med disse er det en viss fare for oppdemming og utvasking under intensive nedbørhendelser og/eller snøsmelting. I tillegg er de lokale skråningene langs bekkeløpet er i stor grad brattere enn 25°, spesielt i nedre deler, noe som gjør at det ikke kan utelukkes lokale utglidninger som følge av erosjon i skråningen. Befaringer har vist at det er en del grove masser i nedre deler av disse bekkene, som underbygger at finmateriale er vasket bort. Det er ingen registrerte hendelser i dette området, i tillegg til at gradienten i bekkeløpet i stor grad er slakere enn 25°. Det vurderes derfor at sannsynligheten for hurtigstrømmende flomskred er liten og mindre enn 1/1000. Det kan likevel ikke utelukkes at det kan oppstå mindre utglidninger, som følgelig kan gi massetransport, tetting av kulvert og stigende vannstand. Hydrologiske analyser og flomfarevurdering utføres i en egen rapport.

I området Åsletta er det langs veien en løsmasseskjæring i brelvavsetninger som er 25-30° bratt. Det kan ikke utelukkes at mindre masseutglidninger kan forekomme her som følge av erosjon, først og fremst i perioder med intensiv nedbør. Det vil ikke være destruktive krefter som følge av dette, men det kan føre til tetting av grøfter langs på veien dersom denne ikke sikres.

4.3.6.5 Isnedfall

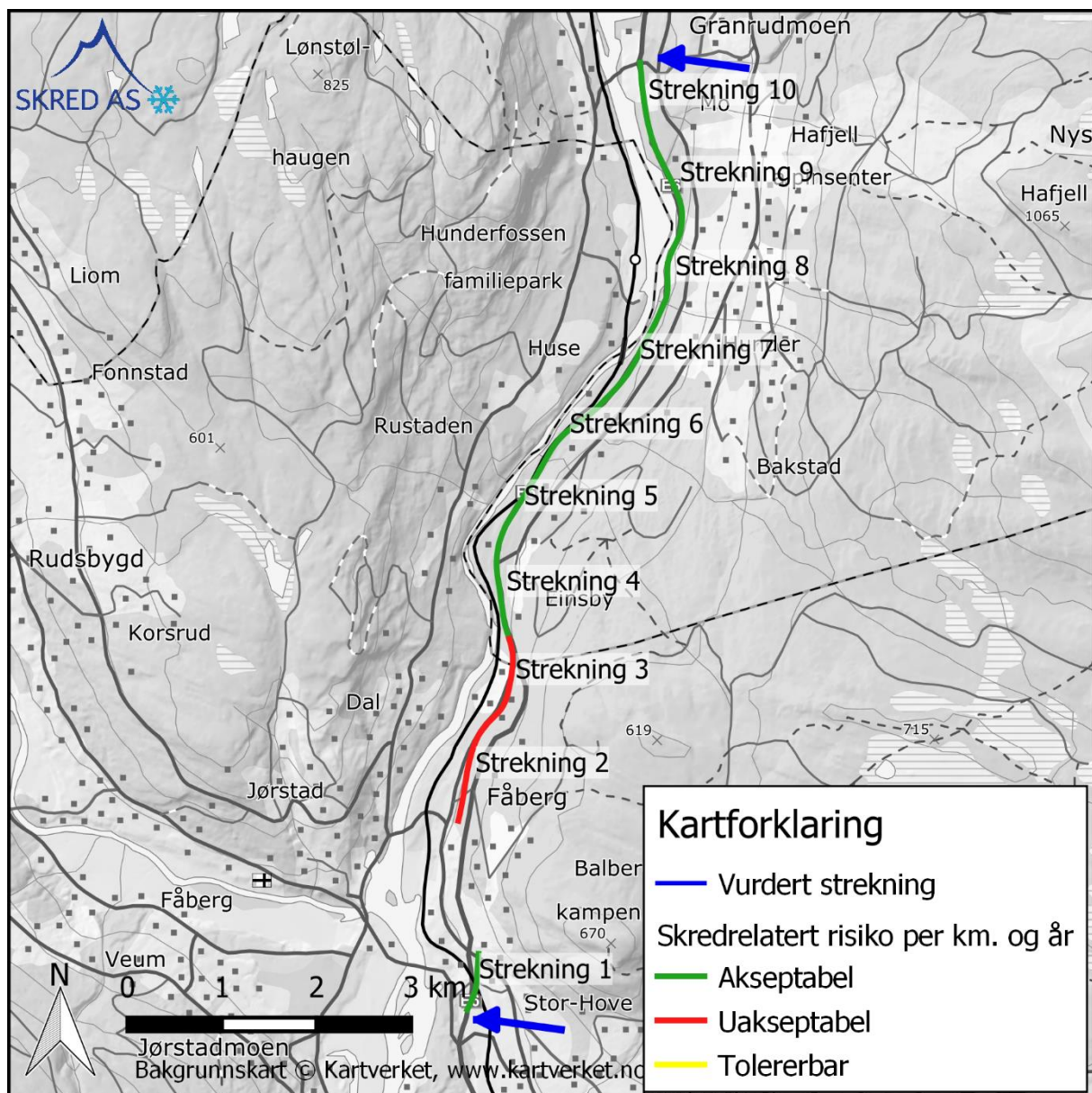
Faren for isnedfall fra en naturlig bratt fjellside eller skjæring vurderes som liten i området. Enkelte fjellskjæringer langs eksisterende vei vurderes til å ha for liten høydeforskjell til at det utgjør noen risiko som naturfare, og den totale sannsynligheten vurderes som mindre enn 1/1000.

4.3.6.6 Oppsummering

Området vurderes generelt som lite utsatt for skred og den totale sannsynligheten for skred per år og km. er lavere enn 1/1000 (enhetsstrekning 6-9 i Figur 14). En mindre løsmasseskjæring i området ved Åsletta bør sikres mot erosjon.

5 Konklusjon

På bakgrunn av utført skredfarevurdering og krav til sikkerhet mot skred og risikoakseptkriterier (kap. 1.2) er det utarbeidet en samlet risikovurdering for planlagt trase til ny E6. Skredfare- og risikokartleggingen viser at enhetsstrekning 2 og 3 mellom planlagt tunnelpåhugg øst for Fåberg til Sveabakken har uakseptabel høy risiko for skred (Figur 14), dvs. at sannsynligheten for skred vurderes som høyere enn 1 / 100 per km på strekningen. Det må her planlegges tiltak slik at strekningen kommer opp på tolererbar eller akseptabelt sikkerhetsnivå. Omfang av nødvendig tiltak vil være ulik langs enhetsstrekningen. Resterende del av den vurderte veistrekningen for reguleringsplan E6 Storhove – Øyer faller inn under akseptabel risiko (Figur 14), dvs. at sannsynligheten for skred vurderes som lavere enn 1 / 1000 per km. og år.



Figur 14: Skredrelatert risiko langs vurdert strekning E6 Storhove-Øyer.

5.1 Forutsetning for vurderingene

Skogen, som dekker store deler av den bratte skråningen mellom Fåberg og Isakstua, forebygger snøskredutløsning i terrengpartier brattere enn 30 °, som ellers kunne utgjøre flere reelle løснеområder. Skogen virker også risikoreduserende 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 i dette området. Økningen vil trolig være signifikant.

Avhengig av endelig trasevalg og valg av eventuelle sikringsløsninger, lar vi det være opp til kommunen å vurdere 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 vedlegg 7.5.

5.2 Risikoreduserende tiltak

Risikoreduserende tiltak kan deles i tiltak som reduserer sannsynligheten for utløsning av skred og tiltak som reduserer skredutbredelsen, dvs. hindrer at skred treffer veibanen.

Eksempler på risikoreduserende tiltak som anses aktuelle i dette prosjektet:

- Fangnett / steinsprangnett mot steinsprang og større flomskred som hindrer skred i å treffe veibanen
- Ledevoller / fangvoller på oversiden av veien for å stoppe løsmasseskred og stein
- Utvidede og senkede veigrøfter for på oversiden av veien for å stoppe løsmasseskred med begrenset volum
- Heving av veikroppen (fylling) for samtidig å skape en type fangvoll på oversiden av veien som kan stoppe mindre løsmasseskred med begrenset volum
- Tunnel
- Erosjonsnett og etablering av vegetasjon for å redusere sannsynligheten for utløsning av løsmasseskred langs løsmasseskjæringer og skråninger med begrenset høydeforskjell.

5.3 Videre arbeid

Ifølge dagens regelverk må det iverksettes tiltak for enhetsstrekning 2 og 3 slik at denne tilfredsstillende pålagte sikkerhetskrav for skred. Skred AS kan være behjelpelig i videre arbeid relatert til skred og risikoreduksjon, spesifisering av sikringstiltak og prosjektering.

6 Referanser

- Blom Geomatics AS. (2015). *4714010 Lillehammer 5pkt & utvidelse Ringebu*.
- DiBK. (2019). *Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK17)*. Hentet fra <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/>
- Englund, J. (1978). *Lillehammer Berggrunnskart, 18172, 1:50 000. Trykt i farger - 1978*.
- NGI. (2015). *Forslag til kriterier for vernskog mot skred. NGI Rapport 20120078-01-R. Rev. nr.: 1 / 19. mars 2015*.
- NGU. (2019a). *Nasjonal beggrunnsdatabase*. Hentet fra <http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>
- NGU. (2019b). *Nasjonal løsmassedatabase*. Hentet fra <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>
- Nordicskytech.com*. (2018). Hentet fra Dronebilder E6 - Moelv-Øyer. Gjort tilgjengelig av Nye Veier: <https://nordicskytech.com/NyeVeierMoelvOyer/>
- NVE. (2015). *Oppsummeringsrapport for skog og skredprosjektet. Samanstilling av rapportar frå prosjektet. NVE Rapport 92-2015*.
- NVE. (2019). *NVE Atlas*. Hentet fra <https://atlas.nve.no/>
- Olsen, L., & Follestad, B. (1982). *Kvartærgeologisk kart Lillehammer, 18172, 1:50 000. Trykt i f - 1982*. NGU.
- Rømoe, N. (2012). *Mulighetsstudie E6 Vingrom-Ensby: Notat om geologisk kartlegging av fjellblotninger, november-desember 2012*.
- Sandersen, F., Bakkehøi, S., Hestnes, E., & Lied, K. (1997). *The influence of meteorological factors on the initiation of debris flows, rockfalls, rockslides and rockmass stability*. NGI Publikasjon 201, s 97-114.
- Skred AS. (2019). *Reguleringsplan Storhove- Øyer. Fagområde skred. Foreløpig skredfarevurdering for nordre påhugg - Alternativ III -A- (kort) og III-B (lang). Rapport 18411-01-1, datert 2019-01-18*.
- Statens vegvesen. (1991). *EV6 Nordhove - Øyer Gr. Sikring av skjæringer. Data fra utførelsen*. Statens vegvesen, Oppland Laboratoriet.
- Statens vegvesen. (2014). *Retningslinjer for risikoakseptkriterier på veg, NA-rundskriv 2014/08*.
- Statens vegvesen. (2017). *E6 Vingrom-Ensby. Kommunedelplan med konsekvensutredning. Geoteknisk Rapport. Bilag 5: Geotekniske tegninger*.
- Vegdirektoratet. (2018). *Håndbok N200 - Vegbygging (juli 2018)*.

7 Vedlegg

7.1 Befaringsnotater

WP	Notat
123	B643. Vannsig ned skjæring. Tynt løsmassedekke. Balbergvegen.
124	Vannsig, issvull.
125	Parkering gårdsgarasje. Gressjorde, ganske slakt 15-20°. Bratt skrent bak hus 100 m over, fast fjell. Hogstfelt rett nord, ganske bratt, enkelte små fjellfremspring. Skog. Gran topp, bjørk ned mellom jorder. Mye fjellskjæringer og stedvis bratt langs Balbergveien.
126	Åbuss Nordhøve, bildetaking
127	Bekkefar. 3 bekker inn i kulvert. Slakt. Litt grov stein og grus. Tverrkanal langs jordet. 1-2 m overdekning. En del grus.
128	Bekk på fjell. 1-2-3 dm løsmasser/røtter på fjell.
129	Skogsvei. Steinuttak/forvitring. En del fjellskrenter/terrassekanter, se kart. B 695-699. Mye veltet trær. Mose/løv.
130	Sildrebekk, topp raviner.
131	Tett vegetasjon. Sving skogsbilvei. Går i overkant av/i brattskrent. Ikke erosjon eller tydelig vannsig. Tett granskog, noe bjørk. 20-40 cm diameter. Høye, rette, lite sigbevegelse.
132	Bratt skråning, ca. 30° siktelinje mot vei. Rotvelt. Morene, sand/grus. Runda. Mørk, glatt overflatelag, botanisk. Sklir veldig lett. Mye veltet trær.
133	Forvitring i stein / rotvelt. Fjellrabber, isdannelse. Tynt dekke.
134	Blokk, løs - på friksjon? 50° plan fallretning. Tydelig skjøvet litt løsmasser foran seg? (bulb).
135	Steinblokk mot trær. Remobilisering. Tydelig kantet sprekkesett.
136	Steinskrent, sandstein? Metamorfisert. Forvitring. Noe sig. Passert lite vannsig. Mye trær og oppsprekking. B--> 735
137	Ur. B-> 738. Rotvelt mobiliserer stein <45°.
138	Bratt, plan skråning. 40°. Rett trær stort sett men noe sig. Stor gran og bjørk.
139	Rotvelt, sår i ravine. Noe vann? Fjell, forvitring. Løse steiner / trær.
140	Bratt raviner, tydelig egg. Morene, sandig + organsisk. Renner litt vann.
141	Liten, gammel tunge fra jord/sørpeskred. Blokker 30x30x30cm Bratt skrent 100 m opp. Steinsprang (utløst?).
142	Gammel vei.
143	Steinsprang, minst 4-5 blokker 1 m ² . Ganske ferskt. Viser potensial. Stopper nok på flate. Tett skog.
144	Løsneområde, rotvelt skjøvet ut lite steinparti?
145	Blokk, løs - på friksjon? 50° plan fallretning. Tydelig skjøvet litt løsmasser foran seg? (bulb).
146	Ur, en del større i terrenget. B 789-91
147	Lite platå. B792-93. Morene
148	Løsmasseskred. Bak/sidekant 5 hm. Opptil 20 m bredt (gammelt), nytt 10 m bredt. Morene, sandig. 0,5 m vegetasjonsdekke ved sår. Mye løst materiale, litt vann. Små etterskred. Ikke fjell. En del rundet materiale. Mulig vei på "topp".
149	Skogsbilvei. Jordskred på motsatt dalside.
150	Blokker i søkk. Kantet 2x2x2m. Ligger oppå. Steinsprang.
151	45-50° bratt moreneskråning. Lite sig, rette trær. Blokk på kant, rotvelt under, utvasking. Gamle sår i terrenget. Terrenget heller litt nordover.
152	Morenelandskap.
153	I underkant av moreneskråning, ser ikke fast fjell, men noen større blokker. Tett trær, gran, snart hogstmoden. B 822-826
154	Bekk ned langs vei. Under vei 10 m nedenfor. PE-rør til tining.
155	Morene over og under vei.
156	Raviner. Litt vann i høyre ned. Lite erosjon. Ca. 30° siktelinje rett ned på vei.

157	Erosjon, vann i vei. 20-25 cm.
158	Liten bekk
159	Elv, 2 kulverter? Grove løsmasser, god fart. Litt slak helling.
160	Bekk
161	Fylling på bratt kant, bekk på nedsiden. 70-90° (grovt anslått).
162	Bro. Påhugg 200 m sør. 2-3 m fjellskjæring langs vei
163	Grunt jordskred/utglidning.
164	Løsmasser, festet med duk. Drenering på oversiden av 0,5 m voll
(165*)	Flate terrenginngrep opp hit, nett og liten voll.
165	Liten skjøring fra vei ned mot E6. Fjell i dagen på motsatt side lokalvei. Tynt løsmassedekke.
166	Hafjell bilder.

7.2 Befaringskart

Se kartvedlegg 1

7.3 Hellingskart

Se kartvedlegg 2A-D

7.4 Skredrelatert risiko

Se kartvedlegg 3

7.5 Viktig skog

Se kartvedlegg 4