



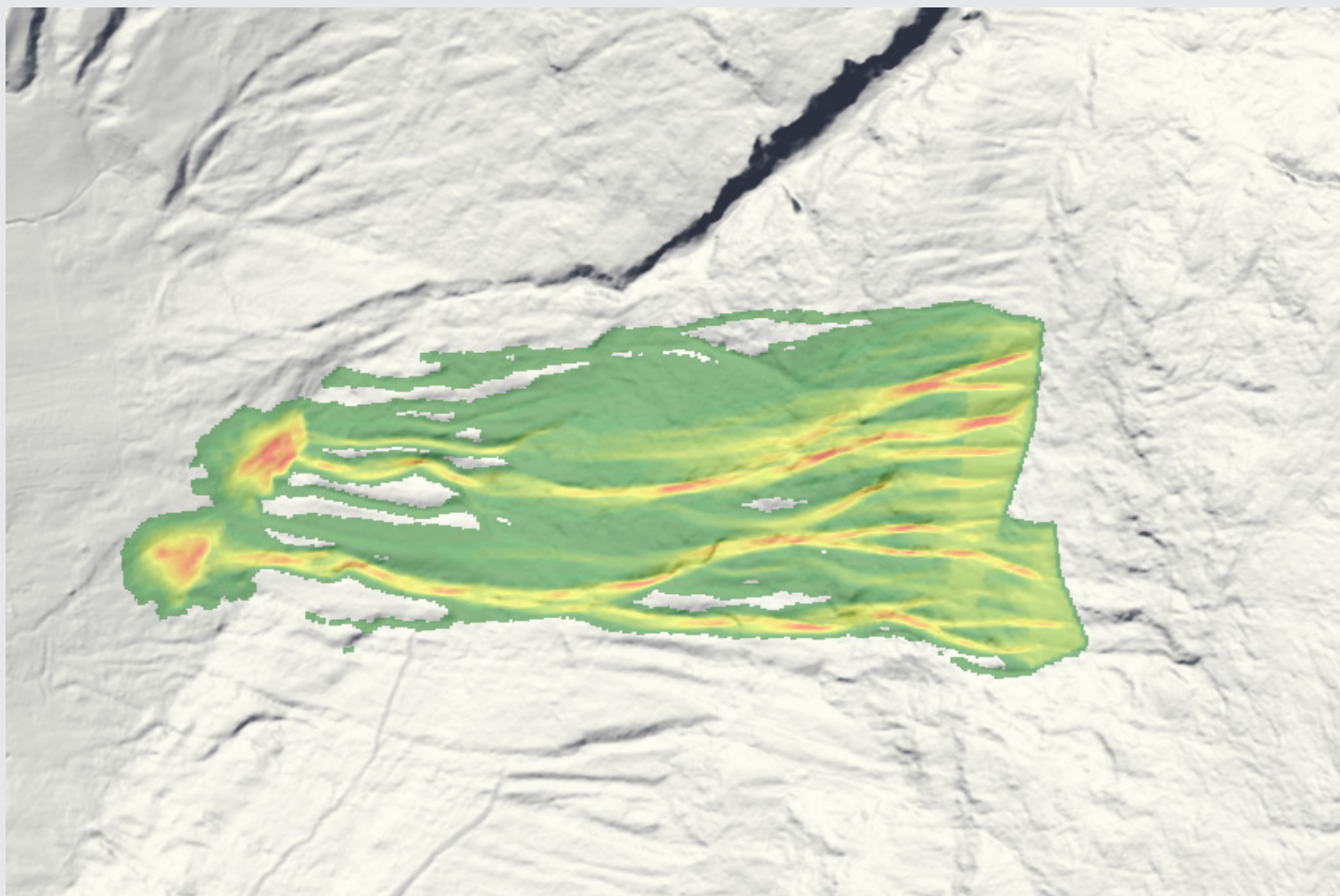
Skred

Todalsfjordkryssing, skredfarevurdering

Sunndal kommune

Ressursavdelingen

40125-GEOL-R1





Statens vegvesen

Region midt

Ressursavdelingen

Berg- og geoteknikkseksjonen

Postadr. Postboks 2525

6404 MOLDE

Telefon 22073000

www.vegvesen.no



Oppdragsrapport

Nr. 40125-GEOL-R1

Labsysnr.

Skred

Todalsfjordkryssing, skredfarevurdering

UTM-sone	Euref89 Ø-N	Oppdragsgiver:	Antall sider:
33	171062 - 6982974	Bjarne Otnes	27
Kommune nr.	Kommune	Dato:	Antall vedlegg:
1563	Sunndal	2019-10-16	6
		Utarbeidet av (navn, sign.)	Antall tegninger:
		Halgeir Dahle	
Prosjektnummer	Oppdragsnummer	Seksjonsleder (navn, sign.)	Kontrollert
		Per Olav Berg	Torkild Åndal
Sammendrag			

Todalsfjordforbindelsen planlegges som tunnel fra Ålvundfoss til Todalsfjorden og med bru over Todalsfjorden. Flere mulige løsninger er skissert og denne rapporten belyser skredfaren til mulige områder for ilandføring av bru og tunnelpåhugg.

Skredfaren ved fem lokaliteter er undersøkt. En av lokalitetene, Skifteshammeren, har så stor fare for steinsprang at alternativet med hengebru fra Skifteshammeren til Kammen ikke lar seg gjennomføre. Det er forankringskablene som ville blitt mest skredutsatt. Alternative bruløsninger kan muligens la seg gjennomføre, for eksempel en bruløsning der alle konstruksjonene og fjellpåhugg legges nærmere fjorden.

Ved Ålvundfoss planlegges tunnelmunningen i bunnen av en høy fjellside. Her må munningen til tunnelportalen legges utenfor skredutsatt område. Ved det sørlige påhuggsalternativet kan dette oppnås eventuelt ved å etablere ledevoller for skred. Utforming av slike voller gjøres i neste planfase. Alle påhuggsalternativer vil kreve skredsikringstiltak i form av fang-/ledevoll.

For lokalitetene Kammen, Svinvika og Rakaneset er det liten eller ingen skredfare. Her er det kun aktuelt med mindre skredsikringstiltak. Dette fastlegges i neste planfase.

Emneord

Skred, tunnel, hengebro

Innhold

1. Innledning	4
1.1 Undersøkt område	4
1.2 Krav til sikkerhet.....	5
2. Skredtyper i bratt terreng	6
2.1 Snøskred	6
2.2 Steinsprang/steinskred	6
2.3 Jordskred.....	6
2.4 Flomskred.....	6
2.5 Sørpeskred	6
2.6 Skredfare og klimaendringer.....	7
3. Klima i området	8
4. Analyseområdene	10
4.1 Rakaneset.....	10
4.2 Skifteshammeren	12
4.3 Svinvika	15
4.4 Kammen	17
4.5 Ålvundfoss	18
5. Skredsimulering	20
5.1 Rakaneset.....	20
5.2 Skifteshammeren	20
5.3 Ålvundfoss	22
6. Skredfare i analyseområdene.....	24
6.1 Rakaneset.....	24
6.2 Skifteshammeren	24
6.3 Svinvika	25
6.4 Kammen	25
6.5 Ålvundfoss	25
7. Anbefalte undersøkelser i neste planfase.....	27
8. Konklusjon.....	27
9. Referanser	27
VEDLEGG	28
Vedlegg 1: Bergartskart: Gul: Kvart-feltspat-muskovittskifer, Grønn: Glimmerskifer, Rosa: Gneis	28
Vedlegg 2: Løsmassekart.....	29
Vedlegg 3: Aktsomhetskart, snøskred.....	30
Vedlegg 4: Aktsomhetskart steinsprang	30
Vedlegg 5: Aktsomhetskart jord- og flomskred	31
Vedlegg 6: Skredsimulering, loggfiler	32

1. Innledning

Todalsfjordforbindelsen planlegges som tunnel fra Ålvundfoss til Todalsfjorden og med bru over Todalsfjorden. Flere mulige løsninger er skissert og denne rapporten belyser skredfare til mulige områder for ilandføring av bru og tunnelpåhugg.

Skredfarevurderinga er utført på oppdrag av Plan- og prosjekteringsseksjonen ved Bjarne Otnes.

1.1 Undersøkt område

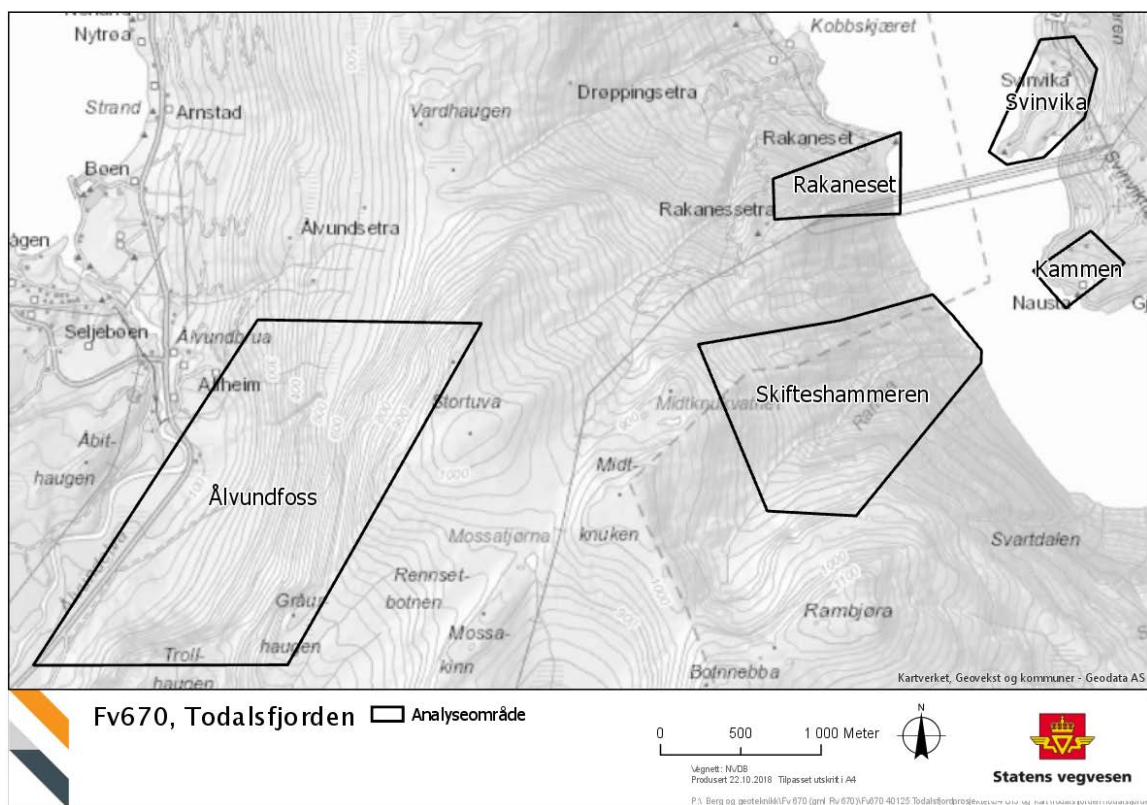
Fire områder er aktuelle for ilandføring av bro over Todalsfjorden og vist i figur 1. Ved alle lokaliteter bortsett fra «Svinvika» er det mest sannsynlig at vegen går over i tunnel i enden av en bro. En femte lokalitet er undersøkt ved Ålvundfossen er fjellsiden vest for Stortuva. Dette området er vurdert med tanke på skredfare mot et tunnelpåhugg. Feltarbeid er utført i alle områder, men av ulikt omfang.

Skredfarevurderinga omfatter steinsprang/steinskred, snøskred (isskred) og jord- og flomskred. Fare for skred i massene det skal bygges i vurderes i egen geoteknisk rapport [1].

Feltarbeid og studie av grunnlagsdata og er utført av Halgeir Dahle, med deltagelse av Torkild Åndal. Feltarbeidet omfatter 2 dager. Skredfare ved Skifteshammeren er også vurdert av uavhengig foretak (Rambøll AS, ved Stein Heggstad).

Følgende grunnlagsdata er tilgjengelig:

- Laserskannet topografi
- Flyfoto av flere årganger
- Tidligere skredregistreringer
 - NVDB (vegvesen.no/vegkart)
 - NVE Atlas



Figur 1. Fem analyseområder for skredfarevurdering tilknyttet Todalsfjordforbindelsen.

1.2 Krav til sikkerhet

Akseptkriterium for skred for veg er gitt i NA-rundskriv 2014/08 [2]. Kriteriet bestemmes ut fra skredsannsynlighet pr km og trafikkmengde. Kriteriet er oppsummert i en risikomatrix i figur 2. Alle nye veger skal oppfylle kravet om akseptabel risiko. Av ulike årsaker kan man også akseptere tolererbar risiko [2]. I dette prosjektet kan man ut fra matrisen i figur 2 akseptere at vegen er stengt av skred hvert 20. år. På grunn av at det er konstruksjoner som kan skades av skredene, er det vurdert at man bør øke dette til hvert 50. år for tunnelpåhuggene.

Fremskrevet trafikkmengde 20 år frem i tid er vurdert til å være 1400.

		Akseptkriterier for skred på trafikkert veg					
		Akseptabel strekningsrisiko		Tolererbar strekningsrisiko		Uakseptabel strekningsrisiko	
Årlig nominell skredfrekvens pr. km (F)	I $1/5 < F \leq 1/2$						
	II $1/10 < F \leq 1/5$						
	III $1/20 < F \leq 1/10$						
	IV $1/50 < F \leq 1/20$						
	V $1/100 < F \leq 1/50$						
	VI $1/1000 < F \leq 1/100$						
	VII $F \leq 1/1000$						
		A < 200	B 200 - 499	C 500 - 1499	D 1500 - 3999	E 4000 - 7999	F ≥ 8000
		Gjennomsnitt trafikkmengde pr. døgn, normalisert over et år (ÅDT)					

Figur 2. Akseptkriterier for skred på veg [1]. Dette vegprosjektet skal plasseres inn i blå ramme.

Krav til sikkerhet mot selve brokonstruksjonen omfattes ikke av matrisen i figur 2. Sikkerhet til skred som kan ha ødeleggende effekt på brokonstruksjonen vil ha en lavere tillatt skredsannsynlighet. I dette prosjektet vurderes dette til å sammenlignes med bolighus hvor største nominelle skredsannsynlighet er satt til 1/1000 [2].

2. Skredtyper i bratt terreng

2.1 Snøskred

Snøskred blir gjerne delt inn i løssnøskred og flaskred. Løssnøskred er utløsning av skred i løs snø med liten fasthet, som gjerne starter med en liten lokal utglidning. Etter hvert som nye snøkorn rives med utvider skredet seg og får ei pæreform. Flaskred oppstår når en større del av snødekket løsner som et flak langs et glideplan. Det er flaskred som har størst skadepotensiale. Snøskred løsner vanligvis der terrenget er mellom 30 – 50° bratt. Der det er brattere enn dette glir snøen stadig ut slik at det ikke dannes større snøskred. Snøskred kan også skape skredgufs/fonnvind med kraft til å gjøre stor skade.

2.2 Steinsprang/steinscred

Når en eller flere steinblokker løsner og spretter, ruller eller sklir nedover en skråning bruker man begrepa steinsprang eller steinscred. Steinsprang og steinscred løsner oftest i bratte fjellparti der terrenghellina er større enn 40-45°.

2.3 Jordscred

Jordscred starter med en plutselig utglidning i vannmetta løsmasser og blir som regel utløst i skråninger som er brattere enn 25 – 30°. Grovt sett skiller man i Norge mellom kanaliserte og ikke-kanaliserte jordscred.

Et kanalisert jordscred skaper en kanal i løsmassene som senere fungerer som skredbane for nye skred. Skredmasser kan bli avsatt og danne langsgående rygger parallelt med kanalen. Når terrenget flater ut blir skredmassene avsatt i ei tungeform. Over tid bygger flere slike skred ei vifte av skredavsetninger.

I et ikke-kanalisert jordscred flytter massene seg nedover langs ei sone som kan bli gradvis bredere.

Mindre jordscred kan oppstå i slakere terreng med finkorna, vannmetta jord og leire, gjerne på dyrka mark eller i naturlig terrasseforma skråninger i terrenget.

2.4 Flomskred

Flomskred er et raskt, vannrikt, flomlignende skred som følger elve- og bekkeløp, eller i raviner, gjel eller skar uten permanent vannføring. Hellinga kan være ned mot 10°. Skredmassene kan bli avsatt som langsgående rygger på sidene av skredløpet, og oftest i ei stor vifte nederst, der de groveste massene ligger ved rota av vifta og finere masser blir avsatt utover vifta. Massene i et flomskred kan komme fra store og små jordscred langsetter flomløpet, undergraving av sideskråninger og erosjon i løpet, eller i kombinasjon med sørpescred.

2.5 Sørpescred

Sørpescred er strøm av vannmetta snømasser. Sørpescred følger oftest senkninger i terrenget, og oppstår når det er dårlig drenering i grunnen, for eksempel på grunn av tele og is. Sørpescred kan gå i slakt terreng, for eksempel når kraftig snøfall blir etterfulgt av regn og mildvær. Om våren kan sørpescred bli utløst i fjellet når varme gir intens snøsmelting. Skredmassene har høy tetthet og selv skred med små volum kan gi stor skade. Det er ikke utarbeidet aktsomhetskart for sørpescred.

2.6 Skredfare og klimaendringer

I deler av landet vil klimautviklingen gi økt frekvens av skredtyper som er knytt til regn, snø og flom. Det gjelder først og fremst jordskred, flomskred, snøskred og sørpeskred. Hyppigere episoder med ekstremnedbør vil og kunne gi økt frekvens av steinsprang og steinskred.

3. Klima i området

Kartleggingsområdet er i et område med bratte fjellsider og dype daler med høyde opp mot 1100 moh. Denne topografien påvirker klima og vær. Vinden i dalen påvirkes mye av topografien, mens vinden på fjellet har et mer regionalt preg. Ingen av værstasjonene i området gir gode normaler for vindretning på grunn av at de er sterkt påvirket av topografien. Tre værstasjoner med vindnormaler er vist i figur 3. Nedbør, snødybde og temperatur er mindre påvirket av lokal topografi og er gjengitt i figur 4 og 5. Figurene viser at det måles mindre nedbør på Sunndalsøra enn i Surnadal og Innerdalen. Tabell 1 viser ekstremverdier ved tre værstasjoner. Største målte døggnedbør er 175 mm. For Innerdalen sier statistikken at dette var en nedbørsintensitet med gjentaksintervall på 1000 år.

Snødybden i området øker vanligvis med høyde over havet. Dette viser også målestasjonene. 270 cm er største målte snødybde i Innerdalen.

Sørvestlige vindretninger gir vanligvis mildt vær med mye nedbør (vanlig med regn også om vinteren), mens nordvestlige vindretninger gir kaldere vær – noe som om vinteren gir snøfall også i lavlandet. Sørlige og østlige vindretninger gir vanligvis lite nedbør og ofte pent og stabilt vær, men lokalt med mye vind [4]. Nordvestlige vindretninger gir vanligvis de største snøfallene.

Vindrose, frekvensfordeling av vind

Vindretning deles i sektorer på 30°

Frekvensfordeling av vindhastighet i prosent %

Vindhastighet (m/s)

- >14
- 10,6-14
- 7,1-10,5
- 3,6-7
- 0,1-3,5

Stille (%)

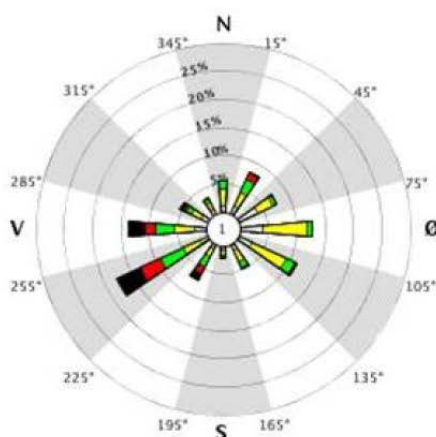
5



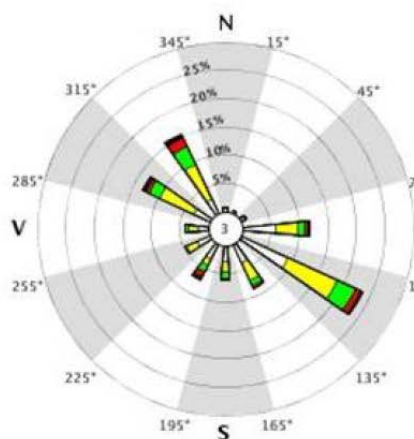
2011-01-01 --> 2012-01-01

Tidspunkt: 0,1, . . . ,23 (UTC)

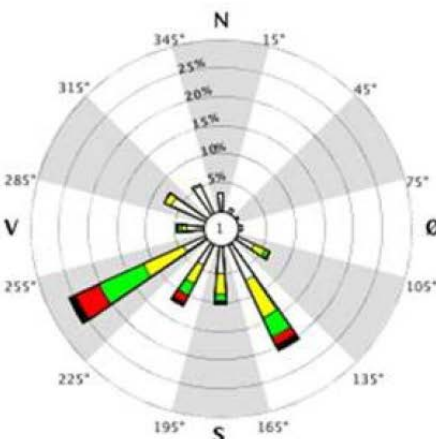
64330 KRISTIANSUND LUFTHAVN



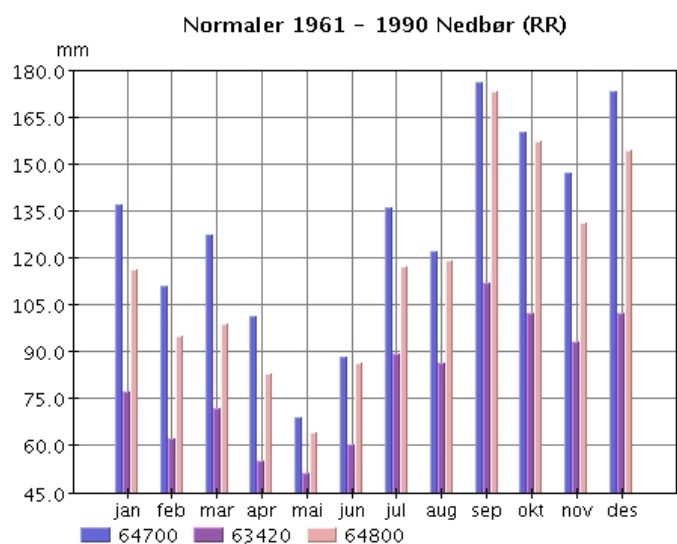
63420 SUNNDALSØRA III



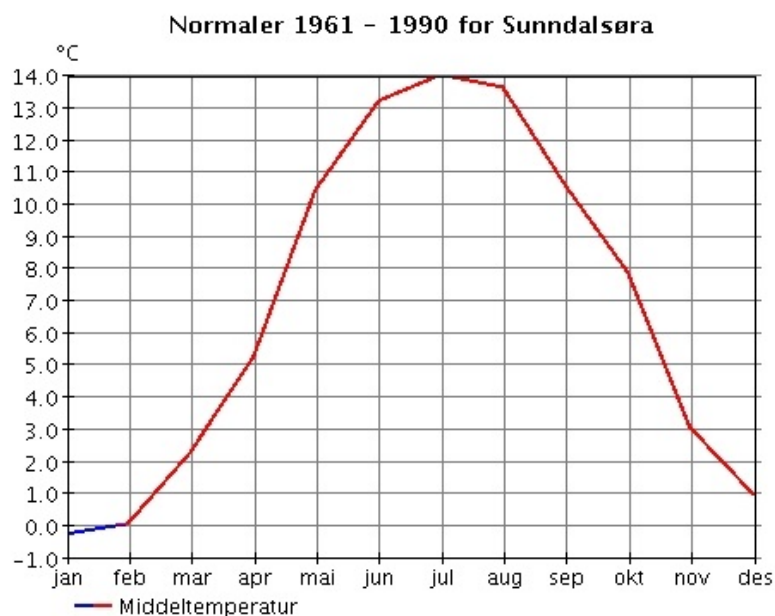
61410 MANNEN



Figur 3. Vinddata fra værstasjonene på Kristiansund Lufthavn, Sunndalsøra og Mannen (kilde: met.no)



Figur 4. Månedsverdier for nedbør ved tre målestasjoner: Innerdalen, 405 moh (64700), Sunndalsøra, 10 moh (63420) og Surnadal, 39 moh (64800). Kilde: eklime.no.



Figur 5. Middeltemperatur for Sunndalsøra. Kilde: eklime.no.

Tabell 1. Ekstremverdier for utvalgte målestasjoner i området ved Todalsfjorden.

Stasjon	Høyde [Moh]	Maksimal registrert snødybde [cm]	Største døgnnedbør [mm], returperiode [år]			Største registrerte døgnnedbør [mm]
			10	100	1000	
63420 Sunndalsøra	10	73	57	78	99	69,4
64700 Innerdalen	405	270	88	129	169	175
64780 Surnadal	23	140	69	91	113	80

4. Analyseområdene

Berggrunn

I følge NGUs kartdatabase består berggrunnen i hovedsak av gneiser av ulike typer. Unntaket er sør for Rakaneset hvor det er innslag av glimmerrike gneiser, av og til skifrig og kvarts og feltspatrik muskovittgneis, se vedlegg 1. Bergartstypene i området og baserer seg på NGUs kartlegging.

Løsmasser

Mest fremtredende løsmasseavsetning i området er randtrinnavsetningen som danner selve Rakaneset. I analyseområdet ellers er det for det meste tynne avsetninger, mest humus- og torv, men også mer tydelige skredavsetninger. I Svinvika finnes det marine strandavsetninger. Løsmassefordelingen er vist i Vedlegg 2.

4.1 Rakaneset

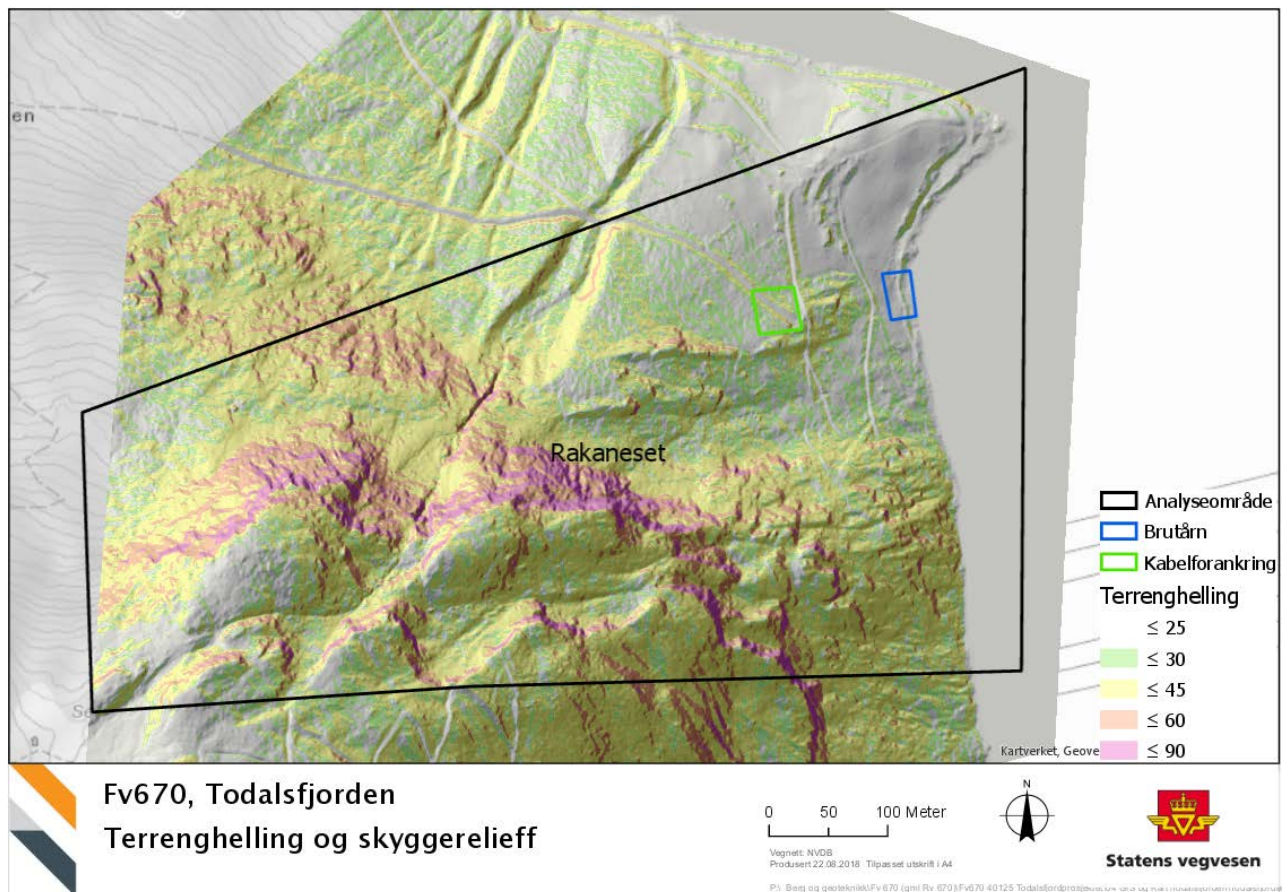
Analyseområdet ved Rakaneset går opp til ca 400 moh. Området danner en konveks overflate relatert til det omkringliggende området. Deler av området består av mektige løsmasser i form av en randtrinnavsetning og danner Rakaneset. Mektige løsmasser finnes lokalt opp til 150 moh. På nordsiden av Rakaneset skjærer bekker seg gjennom løsmassene og danner raviner. På sørsiden av neset er løsmassemektheten tynn og bart berg stikker opp flere steder. Dette kommer godt frem i figur 6. Det observeres også to oppstikkende rygger i retning Ø-V rett ovenfor mulig kabelforankringsområde.

Figuren viser også terrenghellingsgrader. I områder med bart berg er terrenget brattere. En bratt bergskrent med høyde på inntil ca 50 -70 høydemeter er tydelig i området og vist i figur 7. Det er ingen synlige nylige steinsprang fra hammeren, men det er ur av eldre årgang under hammeren. Nedenfor hammeren er flere overflateutglidninger synlig. Alle utglidningene har stoppet i overgangen mellom berg og ur.

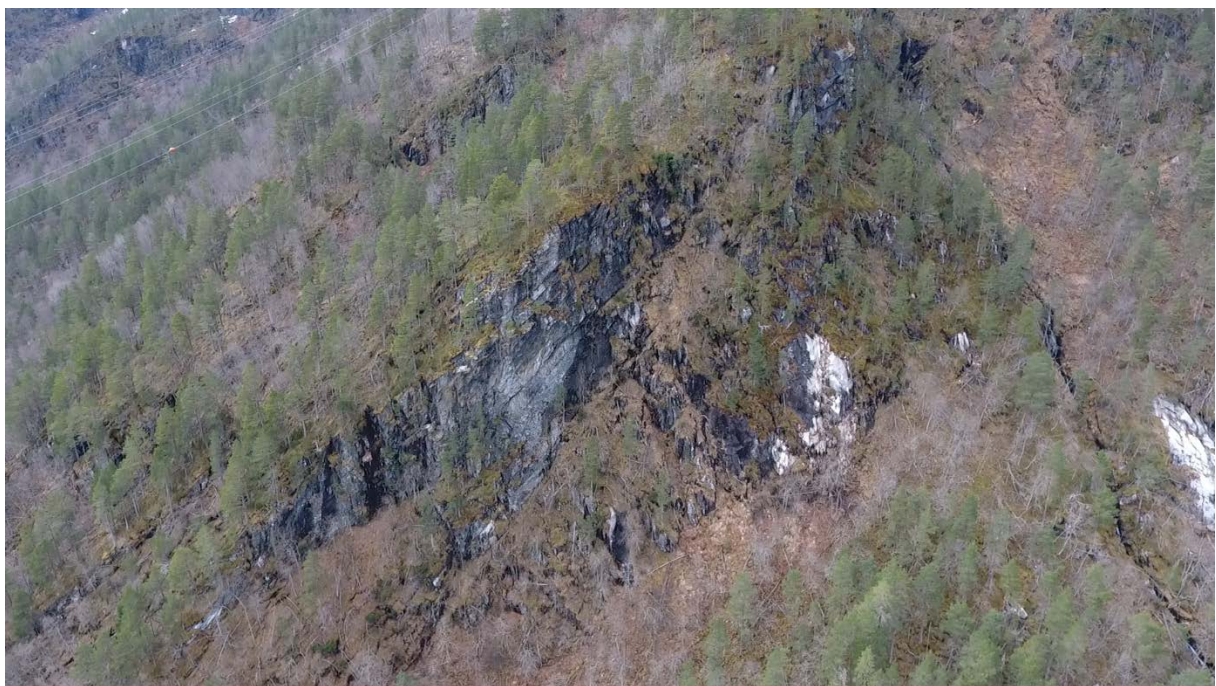
Terrenget er dekt med spredt skog, men også områder av tett plantet granskog.

Aktsomhetskartene for skred dekker store deler av området. Se vedlegg.

Grunneier på Rakaneset kan fortelle at det ikke har gått skred i hans tid ned mot bebyggelsen på Rakaneset.



Figur 6. Skyggerelieff og terrenghelling ved Rakaneset.



Figur 7. Bratt bergskrent ved Rakaneset, inntil 400 moh. Overflateskred i løsmassene er synlig.

4.2 Skifteshammeren

Analyseområdet går fra fjorden og opp til ca 900 moh. Fjelltoppene utenfor området går opp til ca 1100 moh.

Terrenget bærer preg av bratte mindre skrenter i nedre del av området, mens terrenget får større terrengformer med økende høyde over havet, se figur 8 og 9.

Løsmassemektingen i området varierer fra bart berg til tykke morenematerialer øverst i området. Flomskred fra morenen er synlig med utløp i fjorden helt sør. Nordlige del av analyseområdet er preget av rygger med oppstikkende berg hvor de konkave områdene mellom den har skredavsetninger fra steinsprang. Overflateutglidninger er også observert i området ved at bart berg er blottlagt.

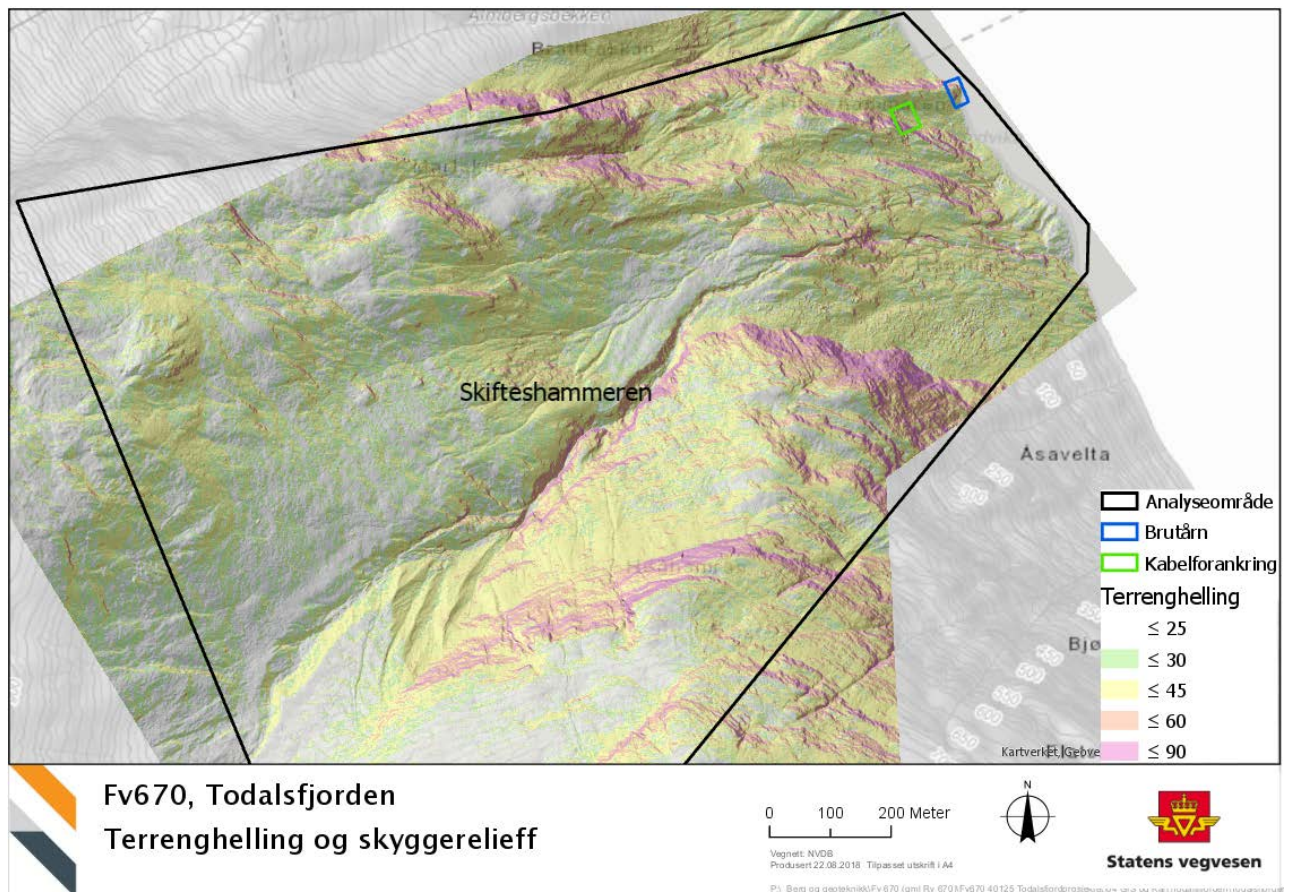
Et ferskt steinsprang er observert rett ovenfor området for mulig brutårn, se figur 10.

Skoggrensen går ved ca 600 moh, men trær av særlig størrelse er kun observert fra 450 moh og lavere.

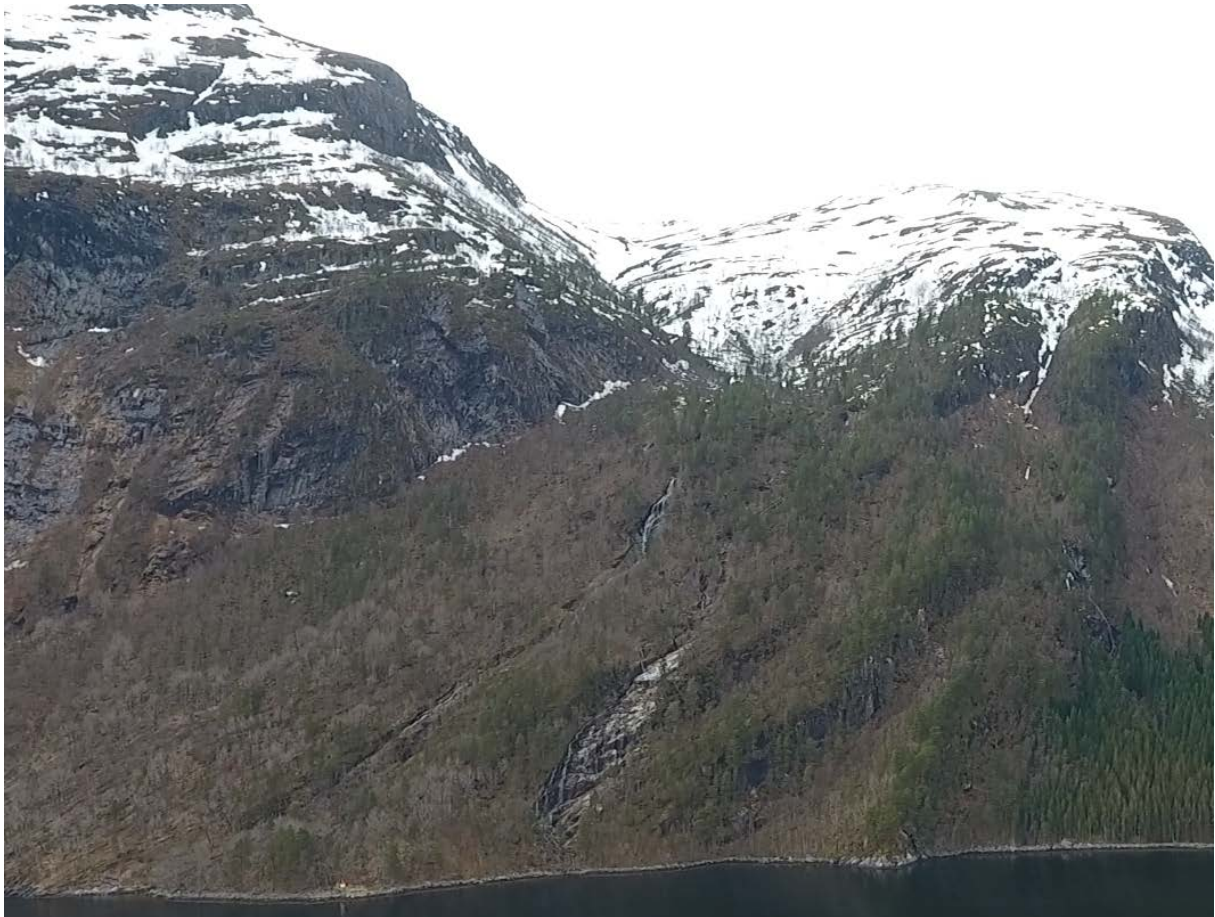
Skrenten ovenfor Skifteshammeren er opp mot 40 m høy og til dels vertikal. Nedre deler består av solid og lite oppsprukket berg, mens øvre del har flere åpne sprekker som avgrenser berghamre på flere 100 m³. Figur 11 viser to bilder av berghamre med usikker stabilitet. Antallet av disse ustabile berghamrene fører til at det ikke vil være tilrådelig med sikring eller fjerning av disse. Ved nedfall av slike blokker vil en bruforankring bli betydelig skadet og føre til at brua kan bli ødelagt.

Ingen typiske spor etter snøskredløp er observert ved Skifteshammeren.

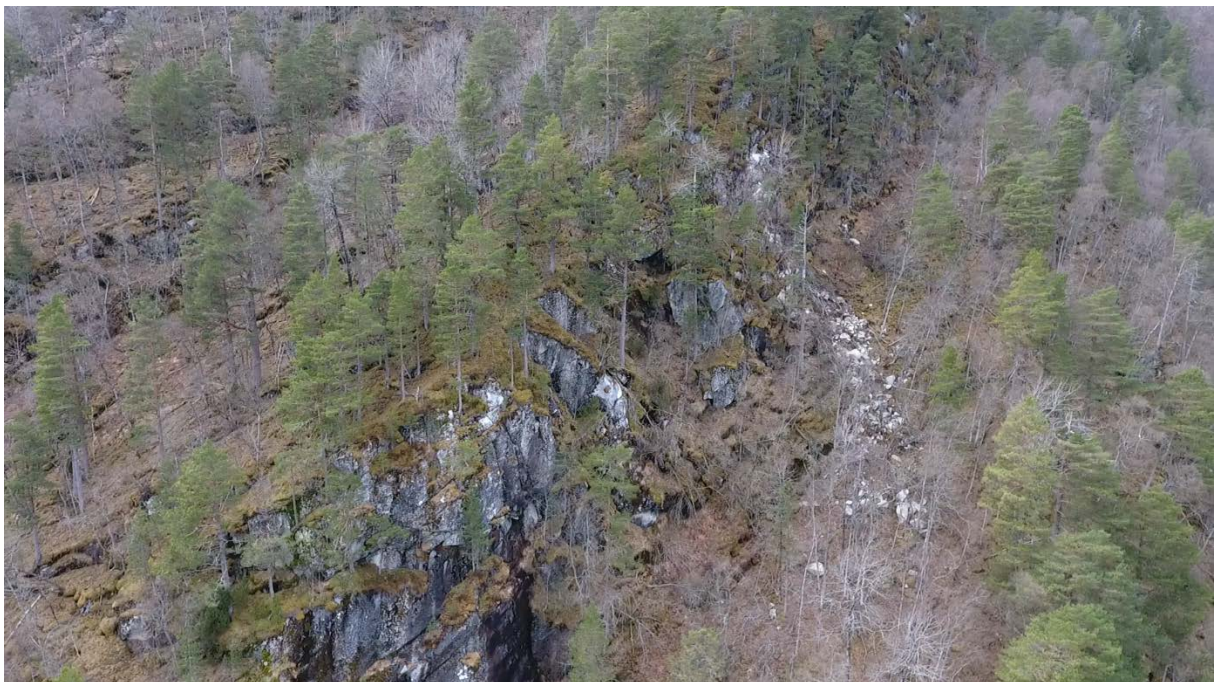
Aktsomhetskartene for skred dekker store deler av området. Se vedlegg 3, 4 og 5.



Figur 8. Skyggerelieff og terrenghelling ved Skifteshammeren.



Figur 9. Analyseområdet ved Skifteshammeren. Selve Skifteshammeren danner et nes ut i fjorden i nedre høyre billedkant.



Figur 10. Steinsprang ved Skifteshammeren, rett ovenfor mulig bruforankring. Flere ustabile berghammere er påvist til venstre for steinspranget.

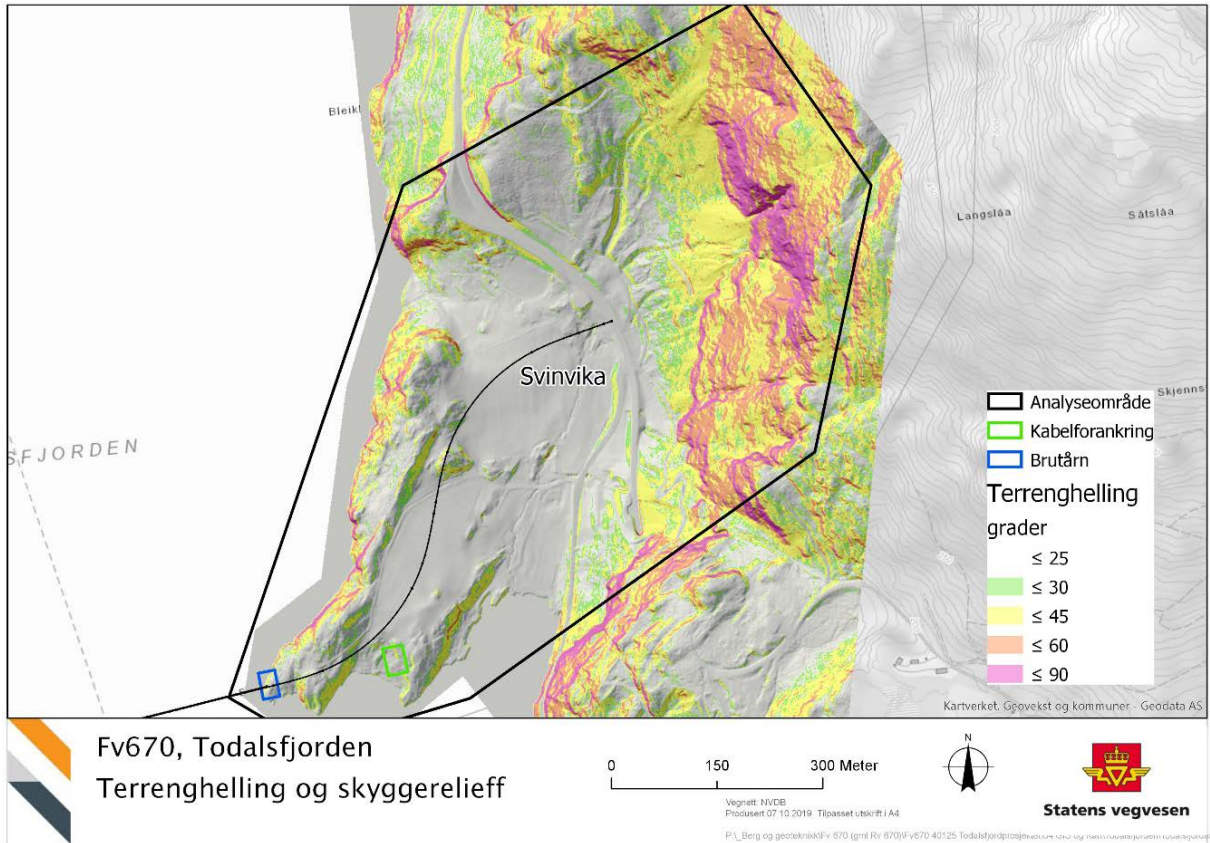


Figur 11. To av hamrene som ser ut til å ha dårlig langtidsstabilitet.

4.3 Svinvika

Analyseområdet bærer preg av en bratt fjellside i øst og lave skrenter hvor området imellom er dekt med marine strandavsetinger, se figur 12. Figur 13 viser Svinvika sett fra lufta.

Aktsomhetskartene for skred dekker NØ del av analyseområdet. Se vedlegg 3, 4 og 5.



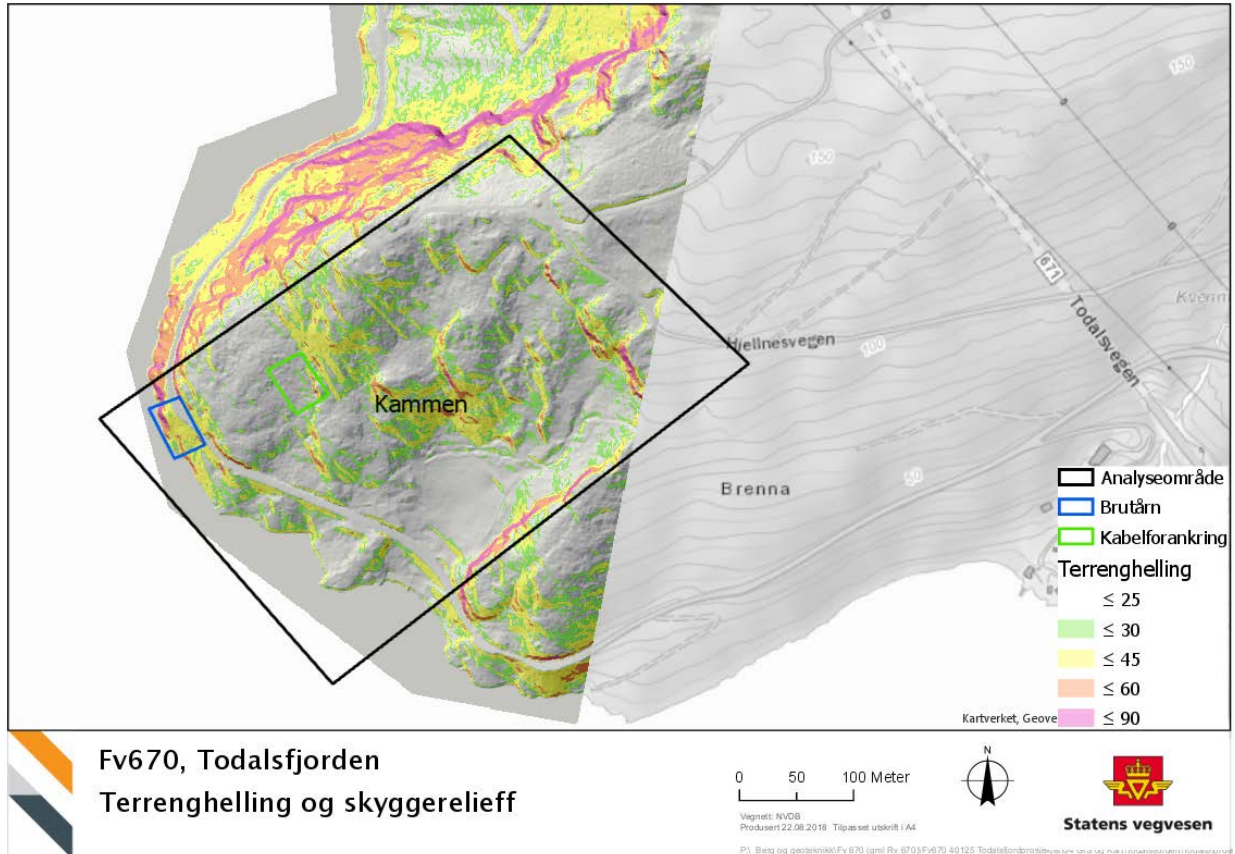
Figur 12. Skyggerelieff og terrenghelling ved Svinvika.



Figur 13. Analyseområdet ved Svinvika.

4.4 Kammen

Analyseområdet ved Kammen går opp til ca 100 moh. Overflaten består av noe bart berg, tynt torv- og løsmassedekke, men også dyrket mark. I områder med bart er terrenget bratt. Områder som ikke består av bart berg er stort sett dekt med tett skog. Figur 14 viser skyggerelieff og terrenghelling av området. Figur 15 viser analyseområdet sett fra lufta.



Figur 14. Skyggerelieff og terrenghelling ved Kammen.



Figur 15. Analyseområdet ved Kammen.



Figur 17. Deler av analyseområdet ved Ålvundfoss. Foto mot sør-vest.



Figur 18. Flyfoto fra Ålvundfoss tatt i 1960. Bildet viser spor etter flere jordskred. I dag er disse skredløpene gjengrodd og ikke synlig i terrenget.

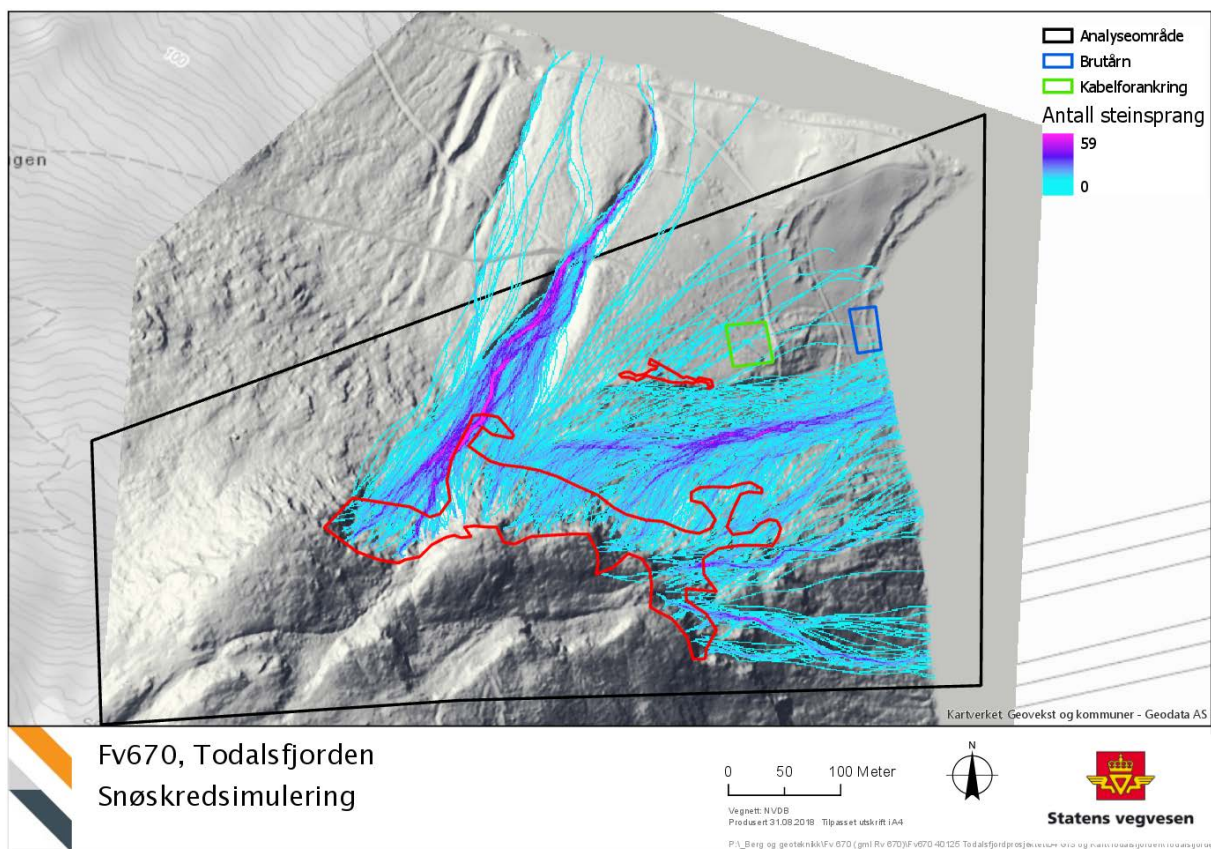
5. Skredsimulering

5.1 Rakaneset

Simulering av steinsprang er gjennomført for området ved Rakaneset. Ca 1000 enkeltsteinsprang med størrelser mellom 1- 2 m³ er simulert. Resultatfiguren for steinsprangutløpene er vist i figur 19. Løsneområdene for steinsprangene er i områdene hvor terrenget er brattere enn 45°. Disse områdene er identifisert ut fra hellingskart og observert fra drone.

Det er ikke tatt høyde for at skog vil dempe utløpslengden til steinsprangene. Dermed gir steinsprangsimuleringen lengre skredutløp enn hva tilfellet vil være i virkeligheten.

Figur 19 viser at steinsprangløpene deler seg i to like store deler, med retning mot nord og øst. Rakaneset er dermed skjermet for steinsprangene. Kun få steinsprang går ned mot Rakaneset.

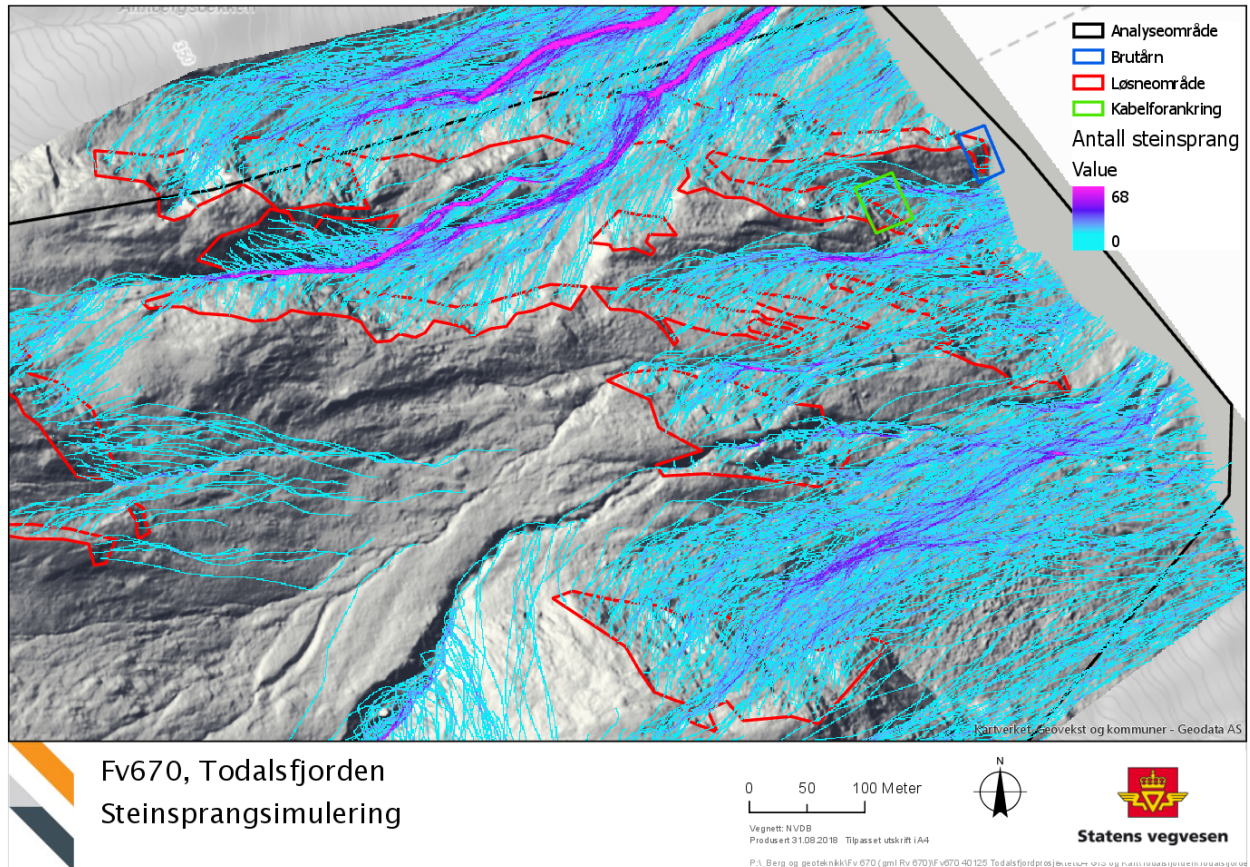


Figur 19. Simulering av steinsprang ved Rakaneset. Løsneområdene er vist i rødt.

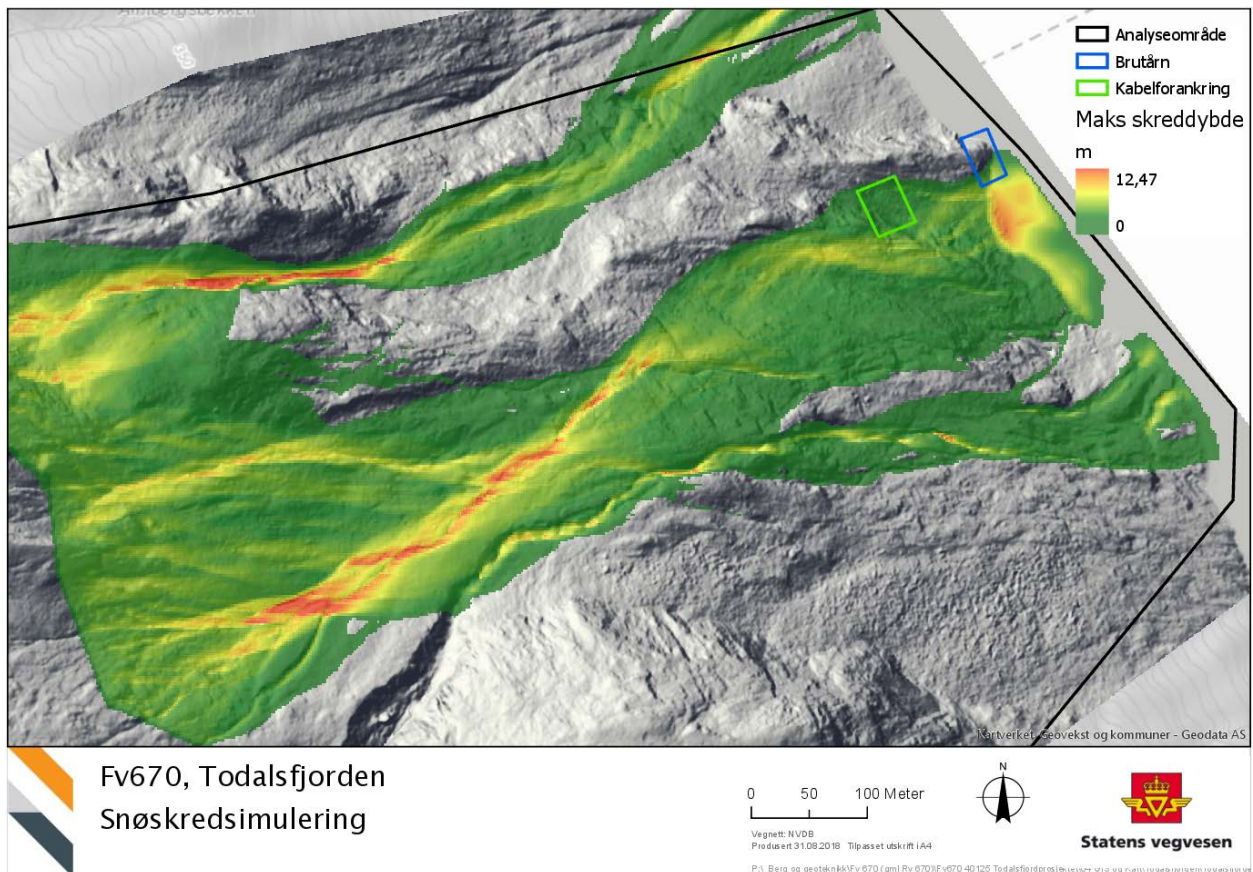
5.2 Skifteshammeren

For området ved Skifteshammeren er det utført skredsimulering av steinskred og snøskred. Terrenget ved Skifteshammeren består av flere bratte områder og det er simulert steinsprang fra disse områdene for å avklare om steinsprang herfra kan komme ned mot selve Skifteshammeren og bruforankinga. Ca 2000 steinsprang er simulert og resultatet av skredbanene er vist i figur 20. I området ved brutårn og kabelforankring viser simuleringene at det kun er steinsprang fra nærmeste berghammer som kan nå konstruksjonen.

Snøskredsimuleringen baserer seg kun på områder som har potensiale til å føre til et stort snøskred. Det er ikke observert snøskred i området av den størrelsen som blir simulert her. Figur 21 viser simuleringen av et 44 000 m³ stort snøskred. Løsneområdet er ca 350 m bredt. Simuleringen viser at skredmassene følger renner i terrenget. Rett ovenfor Skifteshammeren skifter rennen retning mens deler av skredmassene fortsetter rett frem, slik at deler av skredmassene kan komme ned mot bruforankringen. Brutårnet ser ikke ut til å bli påvirket av snøskred.



Figur 20. Steinsprangsimulering for området ved Skifteshammeren. Løsneområdene er vist i rødt.

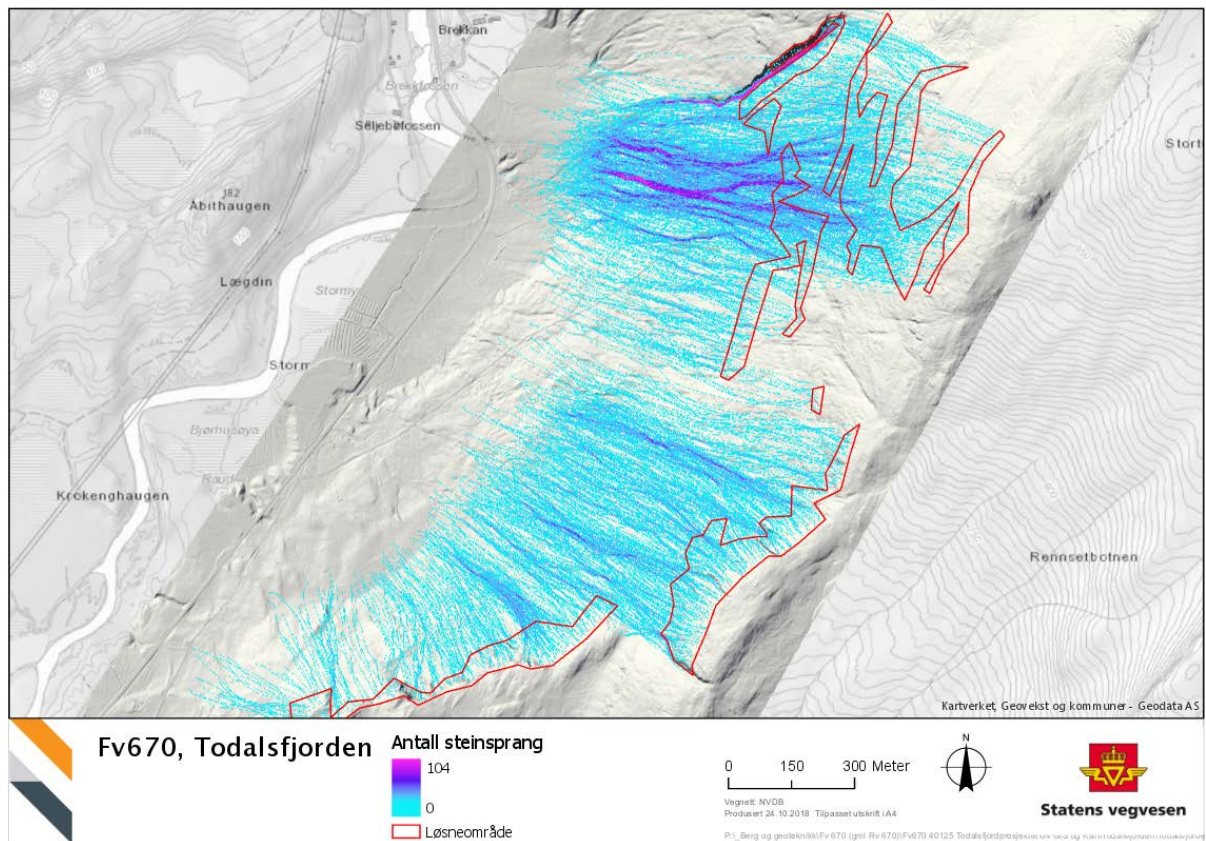


Figur 21. Snøskredsimulering ved Skifteshammeren. Skredvolumet er 44.000 m³, tilsvarende skredstørrelse 4.

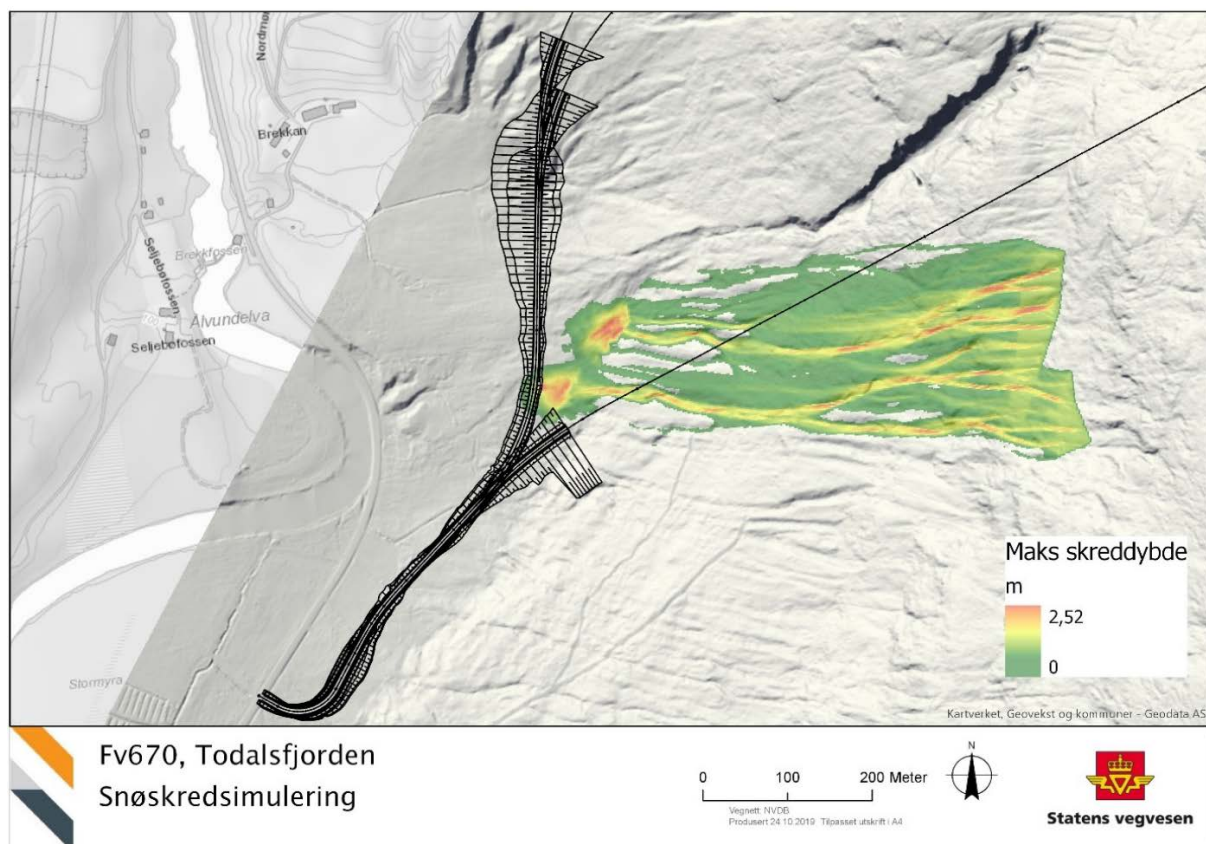
5.3 Ålvundfoss

Ved Ålvundfoss er det utført steinsprangsimulering av 2300 enkeltsteiner med løsnedområder hvor terrenget er brattere enn 45°. Figur 22 viser steinsprangløpene og løsnedområdene. Skog er ikke tatt med i analysen og utløpene vil i virkeligheten bli noe kortere. Terrenget slaker av mot dalbunnen og steinsprangene stopper der terrenget flater ut. I nordre ende kommer steinsprangene lengst ned mot dalbunnen. Her kommer det også frem at steinsprangene følger kanaliserte terrengformer, de samme som det er observert snøskred i. Steinsprang er sjeldne i dette området og simuleringen er derfor ikke kalibrert mot virkelige hendelser i dette området.

Simulering av snøskred er utført i et område hvor det er observert små snøskredløp i øvre del av skogen. Figur 23 viser et utsnitt av et simulert snøskred. Det simulerte skredet er av en så stor størrelse, og forekommer svært sjeldent i området. Dette kan fastslås ut fra at det er svært lite skredskadet skog i bunnen av fjellsiden. Skredet antas å være i størrelsesorden et 100-årsskred.



Figur 22. Steinsprangsimulering ved Ålvundfoss.



Figur 23. Snøskredsimulering av snøskredområde ved Ålvundfoss.

6. Skredfare i analyseområdene

6.1 Rakaneset

Ovenfor Rakaneset er det en bratt skrent som har potensiale til større steinsprang. Fjellsiden er innsisert fra drone og det er ikke observert nyere steinsprang, kun overflateutglidinger av løsmasser som blottlegger bart berg. Nedenfor skrenten er det små mengder av begrodd ur, noe som viser til at det i tidligere tider har vært steinsprangaktivitet i området.

Terrenget nedenfor brattskrenten flater ut og det er rygger der som vil lede bort eller stanse steinsprang. Dette kommer også tydelig frem i steinsprangsimuleringen. I tillegg vil dagens skog også redusere utløpslengden til steinsprangene.

I neste planfase anbefales det å studere brattskrenten mer i detalj. Funn herfra vil avgjøre om man må gjøre tiltak for å sikre seg mot mulige steinsprang ned mot kabelforankringen. Dette vil innbefatte bygging av en mindre løsmassevoll for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet mot skred.

Selve landfestet/brutårnet ser ikke ut til å være utsatt for steinsprang med årlig sannsynlighet større enn 1/1000.

Snøskred og jord-/flomskred vurderes som svært lite aktuelt i området oppstrøms landfestet til brua på grunn av at terrenget og kildeområdene er svært små.

Steinsprang er dimensjonerende skredtype ved Rakaneset.

6.2 Skifteshammeren

Ved Skifteshammeren er det skredtypene snøskred og steinsprang som utgjør skredfaren. Det er ikke kjent at snøskred har gått ned mot Skifteshammeren og det er heller ikke områder oppstrøms hammeren der skogen er lagt ned som følge av snøskred. Snøskredsimuleringer viser at mindre deler av snøskredet i ekstreme tilfeller kan komme ned mot Skifteshammeren, og da spesielt mot kabelforankringen. Kabelforankringen kan bygges slik at den skal motstå snøskred ved for eksempel å bygge ledekonstruksjoner.

Under befaringen i området ble det påvist berghammere som har dårlig stabilitet. Dersom det hadde vært få av disse, kunne dette vært håndtert ved sikring eller fjerning av de ustabile massene. De ustabile hammerene er av slikt omfang at sikringstiltak ikke kan anbefales. Nedfall av slike store blokker vil føre til at kabelforankringen kan bli skadet og at broen ødelegges. Dette understrekes også av uavhengig konsulent som deltok på befaringen [5].

Det anbefales ikke at det bygges en hengebro med fundament ved Skiftehammeren på grunn av for stor skredfare ved kabelforankringen. Selve brutårnene er planlagt i et trygt område, mens tunnelmunningen kan sikres med betongportal. Andre bruløsninger kan være trygge for skred, som for eksempel en flytebro der alle konstruksjoner blir i nedre deler av Skifteshammeren.

6.3 Svinvika

Hengebro til Svinvika kommer utenfor aktsomhetsområdet for skred og konstruksjonen vil dermed være trygg mot skred. Veggen fra brua og til eksisterende vegnett vil gå inn mot en bratt fjellside hvor det er potensiale for steinsprang og flomskred ved rundkjøringa. Det er ikke registrert skredhendelser på vegen i området i NVDB, men terrengformen tilsier at det har forekommet jord- og flomskred i området. Slike skred i dette området forekommer sjeldent slik at prosjektet ikke trenger å hensynta dette.

Steinsprang har potensiale til å nå vegen, men sannsynligheten for dette er lavere enn hva man normalt aksepterer med denne trafikkmengden. Dersom man likevel ønsker å øke sikkerheten mot skred ved kan man etablere en lav fangvoll med 2-4 m høyde øst for rundkjøringa. Denne vil stoppe og/eller lede bort flomskred og steinsprang.

Langs strekningen fra rundkjøringen og nordover under Svinvikhammaren er det ikke registrert skredhendelser på veg. Aktsomhetskartene mot skred viser at det er potensiale for skred mot veg her, men sannsynligvis med en lavere sannsynlighet enn hva kravet til sikkerhet mot skred tilsier. Det vurderes at skredsikring ikke er nødvendig på denne strekningen.

6.4 Kammen

En hengebro til Kammen vil komme i land på i et bratt område med noen bratte mindre skrenter. Skrentene vil ikke gi skred med lange utløp, slik at et steinsprang herfra kun vil påvirke området rett nedenfor skrentene. Dersom det oppdages enkeltblokker som er ustabile, kan dette sikres ved å feste blokkene med bolter eller ved å renske ned de ustabile massene.

6.5 Ålvundfoss

Ved Ålvundfoss planlegges det et påhugg for en tunnel til Todalsfjorden. Påhugget har flere alternativer.

Snøskred, steinsprang og jordskred er aktuelle skredtyper i fjellsiden ovenfor mulig påhugg.

Jordskred har tidligere løsnet i fjellsiden og gått ned mot dagens veg. Sist gang dette skjedde er mer enn 60 år siden. Slike skred vil skje igjen og skjer i forbindelse med høy grunnvannsstand, kombinert med intens nedbør. Man kan anta jordskred ned mot dagens veg skjer sjeldnere enn hvert femtiende år på denne strekningen. Sikringstiltak mot jordskred vil være å trekke tunnelportalen ut fra fjellsiden kombinert med ledevoller slik at skredmassene blir ledet bort fra tunnelåpningen.

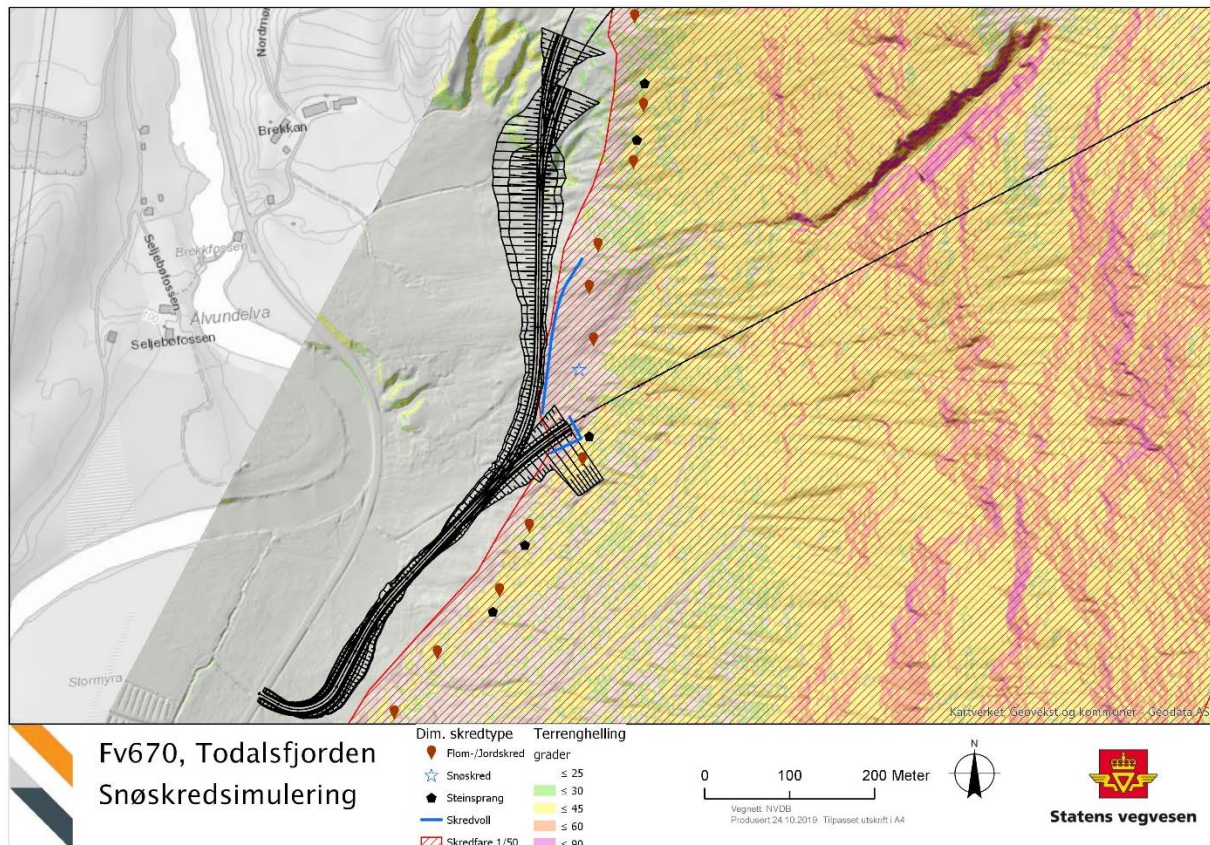
Snøskredløp er observert ved det nordlige påhuggsområdet. Her er det mulighet for at mindre snøskred kan nå ut på de flatere områdene. Fjellsiden er orientert slik at det svært sjeldent legger seg opp store snømasser i de potensielle løsneområdene øverst i fjellsiden. Det er ikke spor etter større snøskred i fjellsiden.

Steinsprangsimulering viser at steinsprang vil gå ned mot dalbunnen. Det er ikke påvist nyere steinsprang i området. Dette er den viktigste indikatoren ved fastsetting av skredfare.

Figur 24 viser et skravert område hvor permanent tunnelmunning ikke anbefales etablert ut fra skredfaren i området. Selve fjellpåhugget kan være innenfor, men en betongportal må trekkes utenfor skravert areal. I neste planfase må det vurderes skredsikringstiltak som kan få eventuelle skred i området til å bli ledet utenfor tunnelportalen. Sikringstiltakene vil i dette prosjektet være

voller som vil lede skredmassene bort fra tunnelmunningen, som vanlig ledevoll, plogvoll, fangvoll eller som en kombinasjon. En plogvoll ved påhugget er skissert i figur 24.

Nord for det sørlige påhugget i figur 24 er det en flomskredvifte. Det er ikke observert nye større skred i denne vifta. Vannveiene i denne vifta har potensiale til å endres over tid. Det anbefales derfor å etablere en ca 4 m høy ledevoll for flomskred, flom og snøskred, skissert i figur 24 med blå linjer.



Figur 24. Skredfaresone med årlig nominell sannsynlighet 1/50. Dimensjonerende skredtype er antydnet.

7. Anbefalte undersøkelser i neste planfase

I neste planfase bør det gjøres nærmere skredrelaterte undersøkelser i disse områdene:

- Detaljert kartlegging av løseområdet ovenfor Rakaneset for å finne ut hvor store steinsprangvolum som er aktuelle. Store volum kan føre til at det er behov for skredsikringstiltak i form av skredvoller.
- Fastlegge behov for skredsikringstiltak ved tunnelmunningen ved Ålvundfoss når endelig plassering og utforming av portalen er valgt.

8. Konklusjon

Skredfaren ved fem lokaliteter er undersøkt. En av lokalitetene, Skifteshammeren, har så stor fare for steinsprang at alternativet med hengebru fra Skifteshammeren til Kammen ikke lar seg gjennomføre. Det er forankringskablene som ville blitt mest skredutsatt. Alternative bruløsninger kan muligens la seg gjennomføre, for eksempel en bruløsning der alle konstruksjonene og fjellpåhugg legges nærmere fjorden.

Ved Ålvundfoss planlegges tunnelmunningen i bunnen av en høy fjellside. Her må munningen til tunnelportalen legges utenfor skredutsatt område. Ved det sørlige påhuggsalternativet kan dette oppnås eventuelt ved å etablere ledevoller for skred. Utforming av slike voller gjøres i neste planfase. Alle påhuggsalternativer vil kreve skredsikringstiltak i form av fang-/ledevoll.

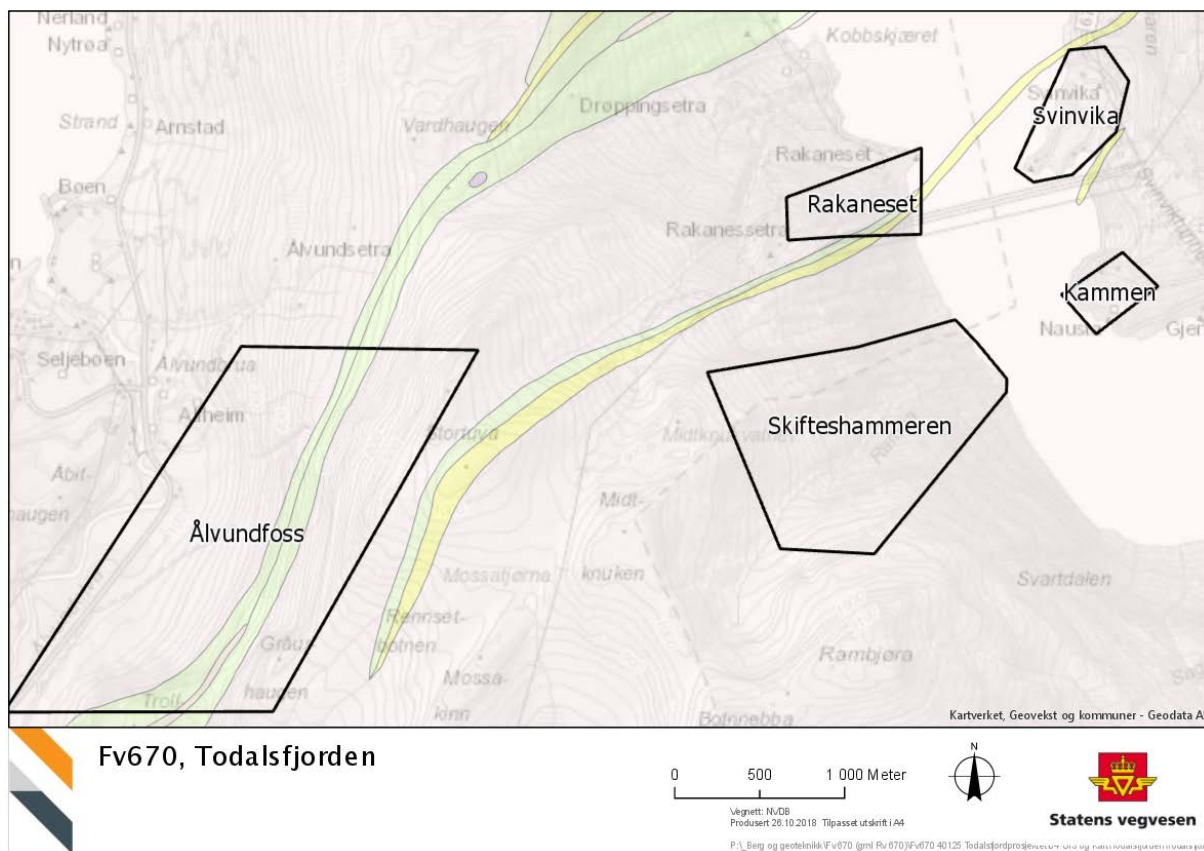
For lokalitetene Kammen, Svinvika og Rakaneset er det liten eller ingen skredfare. Her er det kun aktuelt med mindre skredsikringstiltak. Dette fastlegges i neste planfase.

9. Referanser

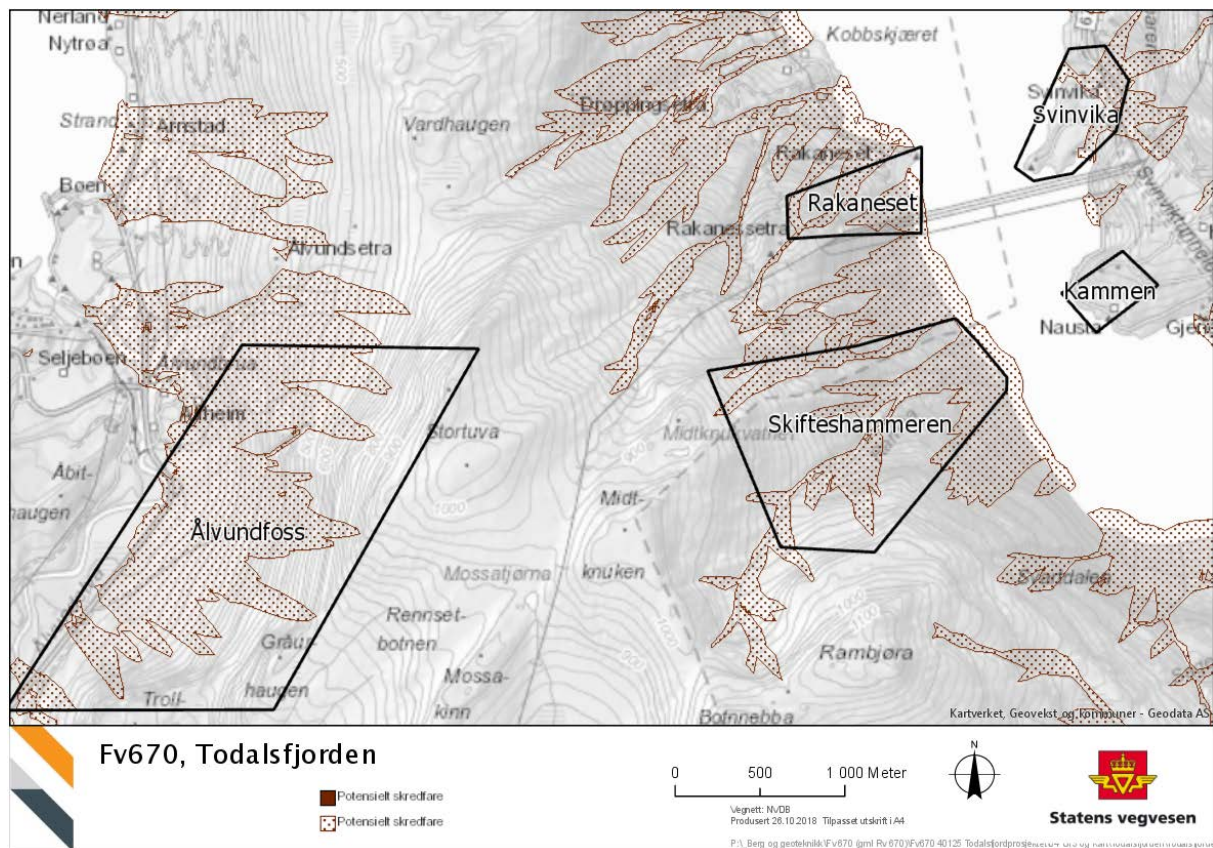
- [1] Statens vegvesen (2018): Fv670 Todalsfjordforbindelsen – Geoteknisk rapport. Under arbeid. Rapportnummer: 40125-GEOT-R1.
- [2] NA-Rundskriv 2014/08 (2014): Retningslinjer for risikoakseptkriterier for skred på veg.
- [3] Direktoratet for byggkvalitet, Byggteknisk forskrift (TEK17). Kapittel 7, §7-3 Sikkerhet mot skred.
- [4] Statens vegvesen [2015]: Byggherrens beredskapsplan ved naturfare, del B. 1505 Indre Nordmøre.
- [5] Rambøll [2018]: Fv 670 Todalsfjordkryssing. Uavhengig vurdering av hengebrufundament ved Skifteshammeren. Stein Heggstad. Oppdrag: 1350030462.

VEDLEGG

Vedlegg 1: Bergartskart: Gul: Kwart-feltspat-muskovittskifer, Grønn: Glimmerskifer, Rosa: Gneis



Vedlegg 5: Aktsomhetskart jord- og flomskred



Vedlegg 6: Skredsimulering, loggfiler

Ålvund snøskredsimulering

RAMMS::AVALANCHE RAMMS OUTPUT LOGFILE

Output filename: C:\DATA\RAMMS\alvund\alvund2.out.gz

Simulation stopped due to LOW FLUX!

Simulation stopped after 106.000s

Calculation time (min.): 3.42

Simulation resolution (m): 2.00

SIMULATION RESULTS

Number of cells: 234771

Number of nodes: 236017

Calculated Release Volume (m3): 5921.79

Overall MAX velocity (m/s): 23.6735

Overall MAX flowheight (m): 2.52473

Overall MAX pressure (kPa): 168.131

RAMMS::AVALANCHE 1.7.20 INPUT LOGFILE

Date: Thu Oct 24 10:25:45 2019

Input filename: C:\DATA\RAMMS\alvund\alvund2.av2

Project: alvund

Details:

DEM / REGION INFORMATION:

DEM file: C:\DATA\RAMMS\alvund\alvund.xyz

DEM resolution (m): 1.00

(imported from: P:_Berg og geoteknikk\Fv 670 (gml Rv 670)\Fv670 40125 Todalsfjordprosjektet\04 GIS og Kart\Ålvund\DEM\ekspert_118777_20181022\dtm1\data\dtm1.tif)

Nr of nodes: 6206889

Nr of cells: 6201860

Project region extent:

E - W: 172599.00 / 169741.00

S - N: 6981495.0 / 6983665.0

CALCULATION DOMAIN:

C:\DATA\RAMMS\alvund\alvDom.dom

GENERAL SIMULATION PARAMETERS:

Simulation time (s): 300.000

Dump interval (s): 2.00

Stopping criteria (momentum threshold) (%): 5

Constant density (kg/m3): 300

NUMERICS:

Numerical scheme: SecondOrder

H Cutoff (m): 0.000001

Curvature effects are ON!

RELEASE:

Depth: 0.50 m Vol: 1463.4 m3 Delay: 0.00 s Name: relalv.shp (0)

Depth: 0.50 m Vol: 4473.2 m3 Delay: 0.00 s Name: relalv.shp (1)

Estimated release volume: 5936.61 m3

FRICITION MUXI:

Altitude_limit_1: 1000 m a.s.l

Altitude_limit_2: 500 m a.s.l

Format of following parameters: [< 500] - [500 - 1000] - [> 1000]

Open slope parameters:

Mu: 0.275 - 0.260 - 0.245

Xi: 1500 - 1750 - 2000

Channelled parameters:

Mu: 0.320 - 0.310 - 0.290

Xi: 1200 - 1350 - 1500

Gully parameters:

Mu: 0.410 - 0.390 - 0.380

Xi: 1000 - 1100 - 1200

Flat parameters:

Mu: 0.255 - 0.240 - 0.225

Xi: 2000 - 2250 - 2500

Forest parameters:

Mu (delta): 0.020 - 0.020 - 0.020

Xi: 400 - 400 - 400

RETURN PERIOD (y): 100

VOLUME category: Small

COHESION:

No COHESION specified.

Ålvundfoss steinsprangsimulering

RAMMS::ROCKFALL - Simulation Scenario Logfile

Version 1.6.70

Scenario Name: alvund_Pos1_Pos1_Pos1

Scenario Folder:

C:\DATA\RAMMS\RAMMS_ROCK\Todalen\Alvundfoss\alvund\output\alvund_Pos1_Pos1_Pos1\

Simulation Started: Tue Oct 23 16:26:04 2018

Simulation Finished: Tue Oct 23 20:25:22 2018

Simulation Time (min): 239.3

Simulation Settings:

Nr_Source_Points: 2344

Nr_Simulated_Rocks: 1

Nr_Random_Orientations: 1

Nr_Z-Offset_Iterations: 1

(Nr_Simulations_Per_Source_Point: 1)

Total_Nr_Simulations: 2344

Simulation Results:

(Min/Mean/Max Values)

Jumpheights (m): 0.39 / 4.23 / 183.68

Velocities (m/s): 0.00 / 20.84 / 71.86

Kin. Energies (kJ): 0.00 / 1949.33 / 17177.48

Rot. Velocities (rot s-1): 0.00 / 2.94 / 10.77

Average Slope (Degrees): 24.72 / 36.91 / 87.36

Input Settings:

General:

Time Step (s): 0.010

Dump Step (s): 0.020

DEM File: alvund\alvund.xyz

DEM Resolution (m): 1.00

Calculation Domain: .\

Friction:

Overall Type: Medium

Additional Friction Areas:

steinAlvund3.shp: Hard

Release:

Type: Polygon Area

Polygon Shapefile: Todalsfjorden\steinAlvund3.shp

Automatic Z-Offset(s): 1.45 - 1.45 m

Roc:

Rock Density (kg/m3): 2700.00

Rock Volume (m3): 2.27

Rock Form: Equant_2.0_2.3m3.pts

Skifteshammeren, Steinsprangsimulering

RAMMS::ROCKFALL - Simulation Scenario Logfile

Version 1.6.55

Scenario Name: Skifteshammeren_ny_1m_rektangul

Scenario Folder:

C:\DATA\RAMMS\RAMMS_ROCK\Todalen\Skifteshammeren\output\Skifteshammeren_ny_1m_rektangul\

Simulation Started: Tue Aug 21 15:12:08 2018

Simulation Finished: Tue Aug 21 18:24:03 2018

Simulation Time (min): 191.9

Simulation Settings:

Nr_Source_Points: 2102

Nr_Simulated_Rocks: 1

Nr_Random_Orientations: 1

Nr_Z-Offset_Iterations: 1

(Nr_Simulations_Per_Source_Point: 1)

Total_Nr_Simulations: 2102

Simulation Results:

(Min/Mean/Max Values)

Jumpheights (m): 0.31 / 3.13 / 1794.61

Velocities (m/s): 0.00 / 16.11 / 58.64

Kin. Energies (kJ): 0.00 / 511.61 / 5071.59

Rot. Velocities (rot s-1): 0.00 / 2.84 / 10.22

Average Slope (Degrees): 19.99 / 37.92 / 85.33

Input Settings:

General:

Time Step: 0.010

Dump Step: 0.020

DEM File: Skifteshammeren\Skifteshammeren.xyz

Friction:

Overall Type: Medium

Additional Friction Areas:

losneomr.shp: Extra Hard

Forest/Moor:

hav.shp: Lake/River/Moor

hav2.shp: Lake/River/Moor

Release:

Type: Polygon Area

Polygon Shapefile: Todalsfjorden\losneomr.shp

Automatic Z-Offset(s): 0.96 - 0.96 m

Rock:

Rock Density (kg/m3): 2700.00

Rock Volume (m3): 0.00

Rock Form: Long_1.2_1.0m3 rektangel.pts

Skifteshammeren, snøskredsimulering

RAMMS::AVALANCHE RAMMS OUTPUT LOGFILE

Output filename: C:\DATA\RAMMS\RAMMS_AVAL\Skifteshammeren\Skiftelav1608.out.gz

Simulation stopped due to LOW FLUX!

Simulation stopped after 110.000s

Calculation time (min.): 5.58

Simulation resolution (m): 2.00

SIMULATION RESULTS

Number of cells: 127593

Number of nodes: 128562

Calculated Release Volume (m3): 44222.0

Overall MAX velocity (m/s): 45.9732

Overall MAX flowheight (m): 12.4686

Overall MAX pressure (kPa): 634.060

RAMMS::AVALANCHE 1.7.05 INPUT LOGFILE

Date: Thu Aug 16 15:16:20 2018

Input filename: C:\DATA\RAMMS\RAMMS_AVAL\Skifteshammeren\Skiftelav1608.av2

Project: Skifteshammeren

Details:

DEM / REGION INFORMATION:

DEM file: C:\DATA\RAMMS\RAMMS_AVAL\Skifteshammeren\Skifteshammeren.xyz

DEM resolution (m): 1.00

(imported from: P:_Berg og geoteknikk\Fv 670 (gml Rv 670)\Fv670 40125 Todalsfjordprosjektet\04 GIS og Kart\Skifteshammeren\DEM\dtm1\data\dtm1.tif)

Nr of nodes: 4713590

Nr of cells: 4709238

Project region extent:

E - W: 175775.00 / 173753.00

S - N: 6981561.0 / 6983890.0

CALCULATION DOMAIN:

C:\DATA\RAMMS\RAMMS_AVAL\Skifteshammeren\skiftelavdom.dom

GENERAL SIMULATION PARAMETERS:

Simulation time (s): 300.000

Dump interval (s): 2.00

Stopping criteria (momentum threshold) (%): 5

Constant density (kg/m3): 300

NUMERICS:

Numerical scheme: SecondOrder

H Cutoff (m): 0.000001

Curvature effects are ON!

RELEASE:

Depth: 1.00 m Vol: 44506.4 m3 Delay: 0.00 s Name: Skiftelav.shp

Estimated release volume: 44506.40 m3

FRICTION MUXI:

Altitude_limit_1: 850 m a.s.l

Altitude_limit_2: 350 m a.s.l

Format of following parameters: [< 350] - [350 - 850] - [> 850]

Open slope parameters:

Mu: 0.230 - 0.210 - 0.195

Xi: 1750 - 2100 - 2500

Channelled parameters:

Mu: 0.280 - 0.270 - 0.250

Xi: 1350 - 1530 - 1750

Gully parameters:

Mu: 0.360 - 0.330 - 0.320

Xi: 1100 - 1200 - 1350

Flat parameters:

Mu: 0.210 - 0.190 - 0.170

Xi: 2500 - 2900 - 3250

Forest parameters:

Mu (delta): 0.020 - 0.020 - 0.020

Xi: 400 - 400 - 400

RETURN PERIOD (y): 300

VOLUME category: Medium

COHESION:

No COHESION specified.

Rakaneset, steinsprangsimulering

RAMMS::ROCKFALL - Simulation Scenario Logfile

Version 1.6.55

Scenario Name: raka3

Scenario Folder: C:\DATA\RAMMS\RAMMS_ROCK\Todalen\Rakaneset\raka3\output\raka3\

Simulation Started: Fri Aug 17 12:38:28 2018

Simulation Finished: Fri Aug 17 12:44:54 2018

Simulation Time (min): 6.4

Simulation Settings:

Nr_Source_Points: 320

Nr_Simulated_Rocks: 1

Nr_Random_Orientations: 1

Nr_Z-Offset_Iterations: 1

(Nr_Simulations_Per_Source_Point: 1)

Total_Nr_Simulations: 320

Simulation Results:

(Min/Mean/Max Values)

Jumpheights (m): 0.44 / 2.15 / 1325.04

Velocities (m/s): 0.00 / 14.72 / 43.53

Kin. Energies (kJ): 0.00 / 436.71 / 2790.99

Rot. Velocities (rot s-1): 0.00 / 2.76 / 8.16

Average Slope (Degrees): 24.63 / 32.76 / 39.37

Input Settings:

General:

Time Step: 0.010

Dump Step: 0.020

DEM File: raka3\raka3.xyz

Friction:

Overall Type: Medium Soft

Additional Friction Areas:

steinRaka.shp: Extra Hard

Forest/Moor:

havraka.shp: Lake/River/Moor

Release:

Type: Polygon Area

Polygon Shapefile: Todalsfjorden\steinRaka.shp

Automatic Z-Offset(s): 1.03 - 1.03 m

Rock:

Rock Density (kg/m3): 2700.00

Rock Volume (m3): 0.00

Rock Form: Equant_1.0_1.0m3.pts



Statens vegvesen
Region midt
Ressursavdelingen
Postboks 2525, 6404 MOLDE
Tlf: 22073000
firmapost-midt@vegvesen.no

vegvesen.no

Trygt fram sammen