



Skredfarekartlegging i Norddal kommune

25
2015



R
A
P
P
O
R
T

Rapport nr 25-2015 Skredfarekartlegging i Norddal kommune

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat
Redaktør: Andrea Taurisano
Forfattere: NVE: Andrea Taurisano, Jaran Wasrud, Terje H. Bargel
NGU: Kari Sletten, Lena Rubensdotter, Thierry Oppikofer

Trykk: NVEs hustrykkeri
Opplag: 10
Forsidefoto: Andrea Taurisano / NVE
ISBN 978-82-410-1072-9
ISSN 1501-2832

Sammendrag:

Emneord: Skredfarekartlegging, Norddal kommune, snøskred, sørpeskred, steinsprang, jordskred, flomskred

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

April 2015

Skredfarekartlegging i Norddal kommune

Innhold

Forord	4
Sammendrag	6
1 Innledning	9
1.1 Bakgrunn og formål	9
1.2 Hva inngår i faresonekartleggingen?	9
1.3 Prosjektgjennomføring	10
1.4 Oversikt kartleggingsområder	10
1.5 Topografi, geologi, geomorfologi	11
1.6 Klima	12
2 Metode for utarbeidelse av faresoner	13
2.1 Tidligere skredhendelser	13
2.2 Høydemodell, skyggekart og helningskart	13
2.3 Topografi, vegetasjon og klimaforhold	14
2.4 Feltkartlegging	14
2.4.1 Snøskred og sørpeskred	14
2.4.2 Steinsprang og steinskred	15
2.4.3 Jord- og flomskred	15
2.5 Modeller for beregning av skredrekkevidde	15
2.5.1 Modeller for snøskred og sørpeskred	15
2.5.2 Modeller for steinsprang og steinskred	16
2.5.3 Modeller for jordskred	16
2.6 Fastsetting av faresoner	17
2.6.1 Snøskred og sørpeskred	17
2.6.2 Steinsprang og steinskred	18
2.6.3 Jord- og flomskred	18
2.6.4 Faresoner for den samlede skredfaren	19
3 Område 1 Linge - Murigjerdet	20
3.1 Skredfarevurdering	20
4 Område 2 Muribøbrua - Valdalsfonna	21
4.1 Skredfarevurdering	21
5 Område 3 Sylte	22
5.1 Skredfarevurdering	22
6 Område 4 Jamtekvisla - Bjorstad	23
6.1 Skredfarevurdering	23

Forord

Et nasjonalt kartgrunnlag – faresonekart skred – er under etablering for områder med stort skadepotensial fra skred i bratt terreng. Økt kunnskap og oversikt gjennom kartlegging av fareutsatte områder er et viktig verktøy og underlag for skredforebyggende arbeid.

Hovedmålet med kartleggingen er å bedre grunnlaget for vurdering av skredfare til bruk i arealplanlegging og beredskap mot skred. Kartleggingen vil også gi bedre grunnlag for vurdering av sikringstiltak.

Plan for skredfarekartlegging (NVE rapport 14/2011) legger rammene for kartlegging i årene framover, og er et grunnlag for prioriteringene med hensyn på faresonekartlegging for ulike typer skred. Det er utarbeidet lister med geografiske områder som prioriteres for kartlegging av fare for skred i bratt terreng ved eksisterende bebyggelse.

Denne rapporten presenterer resultatene fra faresonekartlegging skred i Norddal kommune, Møre og Romsdal fylke. Arbeidet er utført av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Norges geologiske undersøkelse (NGU).

I kartleggingen inngår utarbeidelse av faresonekart i henhold til kravene i TEK10, som viser faresoner for skred med nominell årlig sannsynlighet på 1/100, 1/1000 og 1/5000. Sannsynlighetene gjelder skred som utgjør fare for tap av menneskeliv og skader på bygg.

Skredtypene snø-, sørpe-, stein-, jord- og flomskred kartlegges.

Oslo, april 2015



Anne Britt Leifseth

Avdelingsdirektør



Eli K. Øydvin

Seksjonssjef

Sammendrag

Rapporten presenterer resultatet av faresonekartlegging for utvalgte områder i Norddal kommune utført av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Norges geologiske undersøkelse (NGU).

Det er utformet en hovedrapport, som presenterer faresonene for de kartlagte områdene. I tillegg er det laget et teknisk vedlegg med detaljert dokumentasjon av det utførte arbeidet.

I kartlagte områder i Norddal er snøskred og steinskred de skredtypene som er utgjør størst fare for eksisterende bebyggelse. Det er også flere spor etter jordskred og flomskred som i noen tilfeller kan berøre bebyggelse.

Resultatene fra kartleggingen viser at noen få bygninger ligger innenfor faresonene for 100-årsskred og noen flere bygninger ligger innenfor faresonene for 1000-årsskredet.

I kartleggingen inngår utarbeidelse av faresonekart i henhold til kravene i TEK10, som viser faresoner for skred med nominell årlig sannsynlighet på 1/100, 1/1000 og 1/5000. Sannsynlighetene gjelder skred som utgjør fare for tap av menneskeliv og skader på bygg. Skredtypene snøskred, sørpeskred, steinsprang, steinskred, jordskred og flomskred kartlegges. Kartleggingen er basert på feltkartlegging, modelleringsarbeid samt skredfaglige vurderinger som tar i betraktning lokale forhold.

Utarbeidelse av faresonekart omfatter innsamling og gjennomgang av eksisterende grunnlagsdata for å identifisere potensielle fareområder, grundig feltarbeid for å undersøke forhold som har betydning for skredutløsning og rekkevidde i de skredutsatte områdene og for en skredfaglig vurdering av sannsynlighet og utløpsdistanse for de aktuelle skredtypene. Kartleggingen gjøres i en detaljeringsgrad og med en nøyaktighet som tilsvarer målestokk 1:5.000 eller bedre.

Faresoner for den samlede skredfaren fastsettes ut fra skredtype med lengst skredrekkevidde (dimensjonerende skredtype) for henholdsvis 100-, 1000-, og 5000-årsskred. Det kan være ulike skredtyper som er dimensjonerende for ulike delområder innenfor samme kartleggingsområde. Der flere skredprosesser kan nå bebyggelse er dette kartlagt og dokumentert i tillegg.

Det gjennomføres feltkartlegging, modellering og utarbeidelse av faresoner først for den enkelte skredtype. Dette vil si at fastsetting av faresoner utføres separat for henholdsvis snø- og sørpeskred, steinsprang og steinskred og for jord- og flomskred.

Faresonekartene har høyere detaljeringsgrad enn aktsomhetskart og erstatter disse i arealplanlegging for områdene som faresonekartene dekker.

Områder utsatt for skredfare skal avsettes som *hensynssone - skredfare* på arealplankart, og kan tilknyttes bestemmelser som begrenser eller setter vilkår for arealbruken. Dette kan gjøres ved at det ikke tillates etablering av ny bebyggelse innenfor faresone for 1000-årsskred, med mindre det utføres tiltak som sikrer bebyggelsen mot skred. Hensynssonene

17.03.2015 09:56

for skred må innarbeides når kommuneplanen for Norddal kommune rulleres. Faresonene kan også brukes til å planlegge beredskaps- og sikringstiltak.

1 Innledning

Rapporten presenterer resultatet av faresonekartlegging for utvalgte områder i Norddal kommune utført av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Norges geologiske undersøkelse (NGU).

Det er utformet en hovedrapport, som presenterer faresonene for de kartlagte områdene. I tillegg er det laget et teknisk vedlegg med detaljert dokumentasjon av det utførte arbeidet.

1.1 Bakgrunn og formål

NVE har det overordnede ansvaret for statlige forvaltingsoppgaver innen forebygging av skredulykker. Økt kunnskap og oversikt gjennom kartlegging av fareutsatte områder er et viktig verktøy og underlag for skredforebyggende arbeid.

Hovedmålet med kartleggingen er å bedre grunnlaget for vurdering av skredfare til bruk i arealplanlegging og beredskap mot skred. Kartleggingen vil også gi bedre grunnlag for vurdering av sikringstiltak.

Plan for skredfarekartlegging (NVE rapport 11/2014) legger rammene for kartlegging i årene framover, og er et grunnlag for prioriteringene med hensyn på faresonekartlegging for ulike typer skred.

Det er utarbeidet lister med geografiske områder som prioriteres for kartlegging av fare for skred i bratt terreng. Områdene med utsatt eksisterende bebyggelse som kartlegges i hver utvalgte kommune, er identifisert ved hjelp av innledende risikoanalyser og er nærmere avgrenset i dialog med kommunene.

Faresonekartene har høyere detaljeringsgrad enn aktsomhetskart og erstatter disse i arealplanlegging for områdene faresonekartene dekker.

Områder utsatt for skredfare skal avsettes som *hensynssone - skredfare* på arealplankart, og kan tilknyttes bestemmelser som begrenser eller setter vilkår for arealbruken. Dette kan gjøres ved at det ikke tillates etablering av ny bebyggelse innenfor faresone for 1000-årsskred, med mindre det utføres tiltak som sikrer bebyggelsen mot skred. Hensynssonene for flom må innarbeides når kommuneplanen for Norddal kommune rulleres. Faresonene kan også brukes til å planlegge beredskaps- og sikringstiltak.

1.2 Hva inngår i faresonekartleggingen?

I kartleggingen inngår utarbeidelse av faresonekart i henhold til kravene i TEK10, som viser faresoner for skred med nominell årlig sannsynlighet på 1/100, 1/1000 og 1/5000. Sannsynlighetene gjelder skred som utgjør fare for tap av menneskeliv og skader på bygg.

Skredtypene snøskred, sørpeskred, steinsprang og steinskred, jord- og flomskred inngår i kartleggingen.

Utarbeidelse av faresonekart omfatter innsamling og gjennomgang av eksisterende grunnlagsdata for å identifisere potensielle fareområder, grundig feltarbeid for å undersøke forhold som har betydning for skredutløsning og rekkevidde i de skredutsatte områdene og en skredfaglig vurdering av sannsynlighet og utløpsdistanse for de aktuelle skredtypene. Kartleggingen gjøres i en detaljeringsgrad og med en nøyaktighet som tilsvarer målestokk 1:5.000 eller bedre.

Faresonene fastsettes for dimensjonerende skredtype, dvs. for den skredtype som har lengst utløpsområde (skredrekkevidde). Det kan være ulike skredtyper som er dimensjonerende innenfor samme kartleggingsområde. Der flere skredprosesser kan nå bebyggelse er dette kartlagt og dokumentert.

Det gjennomføres feltkartlegging, modellering og utarbeidelse av faresoner først for den enkelte skredtype. Dette vil si at fastsetting av faresoner utføres separat for henholdsvis snø- og sørpeskred, steinsprang og steinskred og for jord- og flomskred.

Deretter ses det på dimensjonerende skredtype og endelig faresonekart utformes ut fra utløpsområder med lengst skredrekkevidde for henholdsvis 100-, 1000-, og 5000-årsskred. Beskrivelse av utførte arbeider er gitt i kapittel 2.

1.3 Prosjektgjennomføring

Prosjektet er gjennomført under ledelse av NVE med bidrag fra NGU. Kartleggingen er gjennomført i henhold til gjeldende Kravspesifikasjon for faresoner for skred (2013).

1.4 Oversikt kartleggingsområder

Det er kartlagt skredutsatte områder i Sylte og Valldal i Norddal kommune, Møre og Romsdal fylke. Valldøla har utløp ved tettstedet Sylte som er administrasjonssenteret i kommunen. Riksvei 63 følger Valldalen og er en viktig kommunikasjonsåre i regionen. Kartleggingen er gjennomført for utvalgte områder med sammenhengende eller spredt bebyggelse.

I rapporten deles kartleggingsområdet inn i 4 mindre områder slik vist i Figur 1.1. Hvert område omhandles i kapitlene 3 til 6.

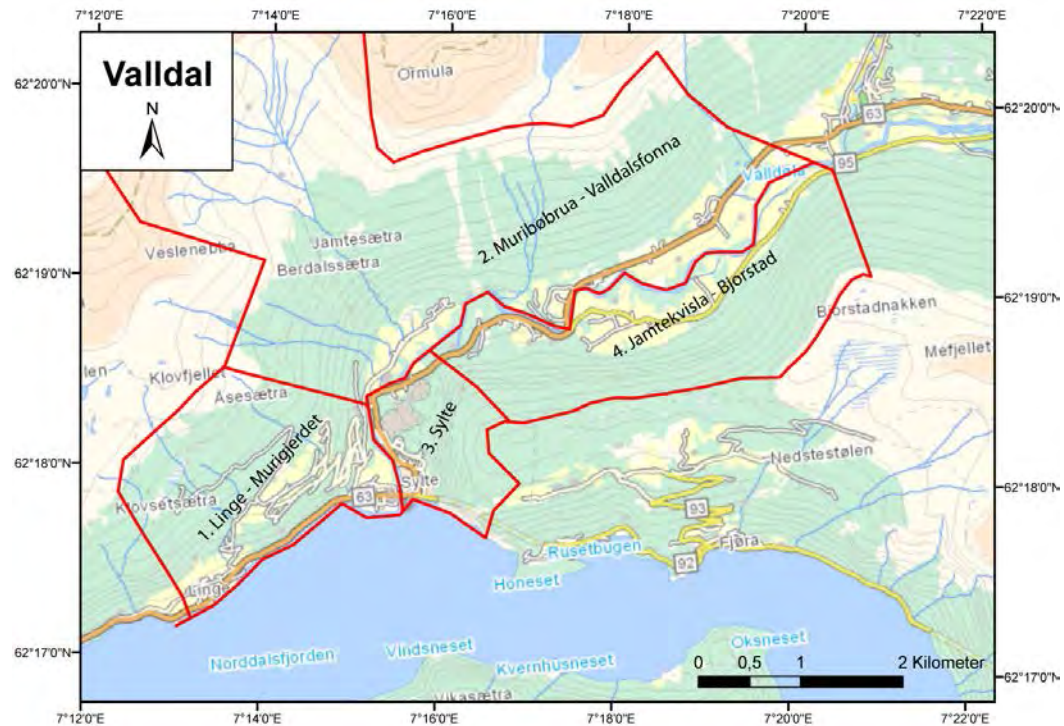


Fig. 1.1 Oversikt de ulike kartleggingsområdene

1.5 Topografi, geologi, geomorfologi

Valldal er en SV-NØ-orientert dal med høyt relieff. Den nordlige dalsiden er i noen områder over 1400 meter høy, og har store partier med gradianter på mer enn 30°. Dalsiden i sør er brattere, stort sett over 45°. Fjellsiden her er mellom 550 og 900 m o.h. og har skogvekst opp til ca 800 m o.h. Skogen i den nordre dalsiden er mer varierende med flere bare områder fra ca 500 m o.h.

Berggrunnen i Valldal er av mellom- til seinproterozoisk alder og består dypbergarter som ble deformert og omdannet under den kaledonske fjellkjedefoldinga. I hovedsak er dette medium- til grovkornet kvartsdiorittisk til granittisk gneis med stedvise forekomster av de ultramafiske bergartene anortositt og olivin.

Som de fleste daler i Norge er Valldal en glisialt erodert U-dal som har blitt formet gjennom en rekke istider i kvartærtiden. Da breen begynte å trekke seg tilbake under siste deglasiasjon, for ca 12 000 år siden, ble sedimenter transportert av smeltevannet nedover mot Norddalsfjorden. Nedre del av Valldal lå på den tiden under havnivå, og det store sand- og grustaket ved Syltemoa ble avsatt som et breelvdelta (Follestad et al., 1994; Stokke, 1983). Det høyeste havnivået man kjenner til etter den siste istiden (marin grense, MG) er for indre del av Storfjorden ca 125 m over nåværende havnivå (Stokke 1983, kvartærgeologisk kart i Norddal kommune, NGU). Etter hvert som breen smeltet videre innover i dalen kom mer og mer morenemateriale fram, og breelvsedimenter og former ble avsatt i dalen. Ettersom landet tok til å stige ble erosjonsbasisen senket. Valldøla og mindre sideelver begynte da å erodere ut raviner og terrasser i avsetningene i dalen

(Melby & Gaarder, 2000). I dag er dalbunnen i nedre del av dalen i stor grad dekket av elvesand. Massebevegelsesprosesser har avsatt skredvifter og talus langs dalsidene, i størst grad langs den nordre. Skredbaner, skredsår i fjellsiden, og relativt ferske skredavsetninger viser at massebevegelse er en aktiv, og kanskje den viktigste, geomorfologiske prosessen i Valldalen i dag. Detaljert kvartærgeologisk kart over mesteparten av de vurderte områdene ses i Vedlegg B.

1.6 Klima

For å beskrive kartleggingsområdets klimatiske trekk er det benyttet data fra stasjonene Norddal (28 moh), Tafjord (11 moh), Grønning (312 moh), Linge (34 moh) og Stordal-Overøye (398 moh). Stasjonene, som er vist i Fig. 2.3.1, har vært i drift i 14 til 117 år. Stasjonene i Tafjord og Linge ble flyttet en eller flere ganger i driftperioden.

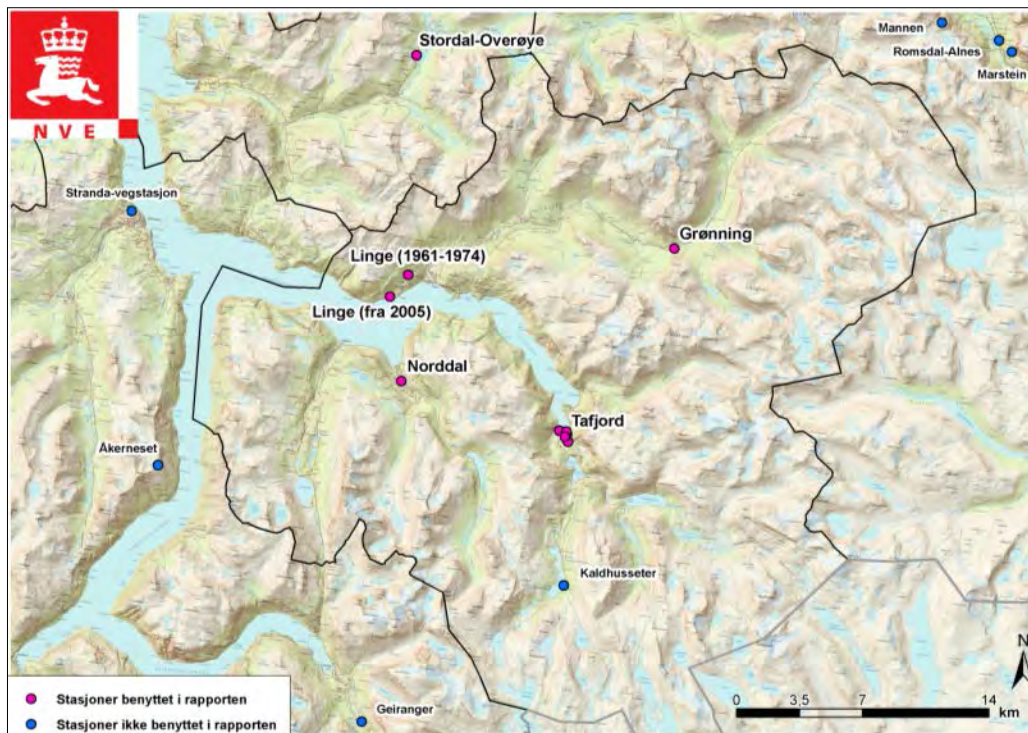


Fig. 1.2 Meteorologiske stasjoner i Norddal område.

Det er ikke utført fullstendige statistiske analyser av klimadataene, men det er rettet fokus på de vær- og klimaaspektene som har størst betydning for vurderingen av faren for jordskred og snøskred. For jordskred er intens nedbør i formen av regn av stor interesse. For snøskred er det viktig å se på nedbør i formen av snø eller maksimale registrerte snødyp samt vindretning under snønedbør.

2 Metode for utarbeidelse av faresoner

Utarbeidelse av skredfaresoner er en kompleks prosess som i stor grad avhenger av og gjenspeiler utførerens skjønn og erfaring, men som alltid skal inkludere en grundig vurdering av flere viktige momenter. Disse er kort omtalt nedenfor.

2.1 Tidligere skredhendelser

Skred vil ofte gjenta seg der det har gått skred tidligere. Dette gjelder både årvisse skred og de mer sjeldne hendelsene. Dokumentasjon av tidligere skredhendelser er svært viktig i en skredfarevurdering. Dette vil gi informasjon om hvilke områder som er mest utsatt for skred, og kan også gi informasjon om den potensielle rekkevidden til skredene. Registrerte historiske skredhendelser er samlet i Nasjonal skredatabase og vises på skrednett.no.

Ytterligere kunnskap om skredhendelser de siste 100 år, er fremskaffet ved å intervju lokalbefolkningen i forbindelse med feltarbeid i 2011 og 2012. Samtalene ga dessuten et bedre bilde av andre relevante aspekter for vurderingen av skredfare, for eksempel oppfattelse av normale og usedvanlig store snødybder i de ulike lokalitetene.

Ettersom faresonegrensene som settes er 1/100 år, 1/1000 år og 1/5000 år blir imidlertid den totale tidsperioden for de historiske skredhendelsene ofte for kort. Det er derfor svært viktig med en grundig kartlegging i terrenget, og innhenting av geologiske data som kan gi informasjon om både nye og eldre skredhendelser. I den kvartærgeologiske kartleggingen (beskrevet i kapittel 2.4) legges det vekt på å kartlegge og beskrive skredløp og andre erosjonskanaler i terrenget, samt skredavsetninger i, langs og nedenfor skredløp. I noen tilfeller kan man skille ut flere generasjoner av skredavsetninger i/langs/nedenfor et skredløp og på denne måte få noe informasjon om frekvens av skred. Det er også mulig å grave grøfter gjennom skredvifter og telle antall skredlag avsatt oppå hverandre. Dette kunne ha vært nyttig i Valldal, men har ikke vært en del av oppdraget.

2.2 Høydemodell, skyggekart og helningskart

En digital høydemodell (DHM) er en tredimensjonal digital representasjon av terrenget som gir informasjon om høyde over havet i hvert eneste punkt av datasettet. En stor del av kartleggingsområdet er dekket med en høyoppløselig DHM generert fra flybasert laserskanning, med en oppløsning på 1 x 1 meter. I resterende områder er den landsdekkende DHM fra Kartverket med en oppløsning av 10 x 10 meter benyttet.

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

Helningskart er også beregnet fra en DHM og viser bratthet av terrenget for hvert punkt i datasettet i forhold til nabopunktene. Helningsvinkel spenner fra 0° (horisontalt) til 90° (vertikalt) og er en av de viktigste parameterne for å definere løsneområder for skred. Derfor er helningsvinkelen inndelt i flere klasser for de ulike skredtypene:

- Mulige løснеområder for snøskred: mellom 30° og 55°
- Mulige løснеområder for steinsprang: mellom 45° og 90° (minimum helningsvinkel kan være 38° dersom det er fjellblotninger)
- Mulige løснеområder for jordskred: mellom 25° og 45° (minimum helningsvinkel kan være 20° under spesielt ugunstige forhold)

2.3 Topografi, vegetasjon og klimaforhold

Topografiske parametre som helningsgrad, helningsretning, dreneringsområde og kurvatur er med i skredfarevurderingen. Betydningen av helningsgrad m.h.t. kildeområder for ulike skredtyper er beskrevet i avsnittet over. Helningsretning i kombinasjon med framherskende vindretning vil være avgjørende for akkumulasjon av snø, og dermed potensielle løснеområder for snøskred. Skredfaresonene skal imidlertid ta høyde for hendelser som oppstår ved uvanlige vær-situasjoner, og dermed sjelden, og skråninger som vanligvis ikke vil være lesider er derfor inkludert.

Helningsgrad og dreneringsmønster har betydning for hvor utsatt terrenget er for jordskred og flomskred. Ulike studier (f.eks. Rickenmann og Zimmermann, 1993) viser at for å få et kildeområde for jordskred har man forholdet (skråningsvinkelen i %) $\geq 0,3 FA^{0,15}$ der FA = dreneringsområdet i km². Dette medfører at jo større dreneringsområdet er, desto slakere terrenghelning skal til for å utløse jordskred. Disse parametrene, sammen med terrengkurvatur, er tatt hensyn til i modelleringen av løснеområder og validert i felt.

For arbeidet er det gjort en visuell og kvalitativ vurdering av vegetasjon fra flybilder og i felt. Vegetasjon har en betydelig effekt på faren for erosjon og utløsning av skred i bratte skråninger (Rankka og Fallsvik, 2003). Røtter er med på å forankre jorda, og vanninnhold og avrenningshastighet vil reduseres sammenlignet med uvegeterte områder. En tett vegetasjon vil i tillegg kunne fange opp materiale som eroderes høyere opp i skråningen. I områder hvor store trær har rotveltet vil jordskredfaren kunne øke, fordi vann lett infiltrerer ned i bakken der jorda er blottlagt. Ung skog vil derfor være bedre enn gammel skog. Tidligere skredhendelser kan vises som skade på skogen. I tillegg kan hogstfelt i bratte områder øke faren for utløsning av jordskred og snøskred og for at steinsprang når bebyggelse.

Vannmetning av løsmassene er en av de viktigste faktorer for utløsning av jordskred. Forskning på norske forhold har vist at kritisk vanntilførsel før et løsmassedekke går til brudd, beregnet som andel av årsnedbør, er 5 % i løpet av 12 timer eller 8 % i løpet av 24 timer (Domaas og Hefre, 2012). Andre tilleggsforhold kan dessuten bidra til utløsning av jordskred. Dette kan være opptining av frossen mark, intens snøsmelting eller allerede vannmettet jordsmonn etter lang tids nedbør.

2.4 Feltkartlegging

2.4.1 Snøskred og sørpeskred

Feltkartleggingen for snøskred og sørpeskred hadde følgende hensikt:

- Løsneområder: nærmere avgrensning av løснеområdene identifisert ved hjelp av helningskart og flybildestudie (inkl. vurdering av skogens evne til å hindre utløsning), samle informasjon om utløsningsforhold ut fra skredhistorikk og lokal kunnskap (inkl. intervjuer til innbyggere).

- Skredbaner og utløpsområder: registrere tegn etter skred gått i de siste tiårene og danne et generelt inntrykk av topografien med tanke på senere modellering av skreddynamikken.

2.4.2 Steinsprang og steinskred

Feltkartleggingen for steinsprang og steinskred fokuserer på kildeområder og utløpsområder og er målrettet i forhold til innsamling av nødvendige parameter til utløpsmodelleringen. Dette omfatter:

- Løsneområder: tegn på steinsprangaktivitet, lokalisering av mulige steinsprangkilder (lokale ustabiliteter), bergart, oppsprekingsgrad av fjellsiden, mulige størrelser av steinsprangblokker
- Utløpsområder: terrengtype, terrengruhet, skogtype, skogtetthet, trestammediameter, størrelser på steinsprangblokker i avsetningene, andre tegn på steinsprangaktivitet (for eksempel merker etter støt mot trær)

2.4.3 Jord- og flomskred

Feltkartleggingen for jordskred har i Valldal vært gjennomført i tråd med NGU sine retningslinjer for Kwartærgeologisk kartlegging. Kwartærgeologi beskriver dannelselse og utbredelse av løsmasser og former i fjell og løsmasser de siste par millioner år, inklusive avsetninger og spor etter massebevegelser. Kartlegging fokuserer derfor på identifisering og stedfesting av løsmassetyper og formelementer i landskapet. Løsmassenes inndeling er i Norge basert på dannelses måte, da dannelses måte og materialegenskaper ofte henger tett sammen. Fargene på kartet viser den dominerende løsmassetypen under et eventuelt humusdekke. I tillegg samles formdata, som markeres i kartet med punkt- eller linjesymboler (f.eks. stor steinblokk eller skredløp).

Kartleggingen foregår gjennom en kombinasjon av feltkontroll og analyse av flyfoto med høy oppløsning i et digitalt 3-dimensionalt miljø. Andre data som blir brukt er detaljerte kotekart og en høyoppløselig digital høydemodell basert på lasermålinger fra fly. I Valldal er kartlegging gjort i målestokk 1:10 000, hvor individuelle skredløp, store blokker, erosjonskanter med mer er symbolisert.

2.5 Modeller for beregning av skredrekkevidde

2.5.1 Modeller for snøskred og sørpeskred

I kartleggingen er det utført beregning av snøskredutløp ved hjelp av den dynamiske modellen RAMMS (Christen m. fl. 2005). Modellen krever at brukeren selv bestemmer en rekke parametre som har betydning for beregningen. Den viktigste av dem er volumet av snø som kan løsne i en hendelse med det gjentakintervallet som en ønsker å vurdere. Dette vil si at brukerdefinerte utløsningsområder og snøhøyder i stor grad vil avgjøre resultatet. Dette betyr i praksis at beregningene gjøres mer for å underbygge skjønn- og observasjonsbaserte vurderinger enn for å finne sikre svar på hvor langt et skred kan gå.

Det er utført modellering av skred fra de viktigste løsneområdene som er identifisert ved hjelp av helningskartanalyse og feltobservasjoner. De fleste modellerte skredbanene er de som skredhistorikken indikerer har vært aktive i de siste 300 år, men det er også utført beregninger for skredbaner der det ikke er dokumenterte hendelser.

I modellering er de standard friksjonsparametrene kalibrert i Alpene, benyttet, men høydeintervallene er redusert fra 1000 og 1500 m til 500 og 1000 m, som passer bedre under norske forhold.

Alle simuleringene utført med RAMMS, tar ikke hensyn til skogens evne til å bremse opp skred, dvs. skredbanene betraktes prinsipielt som bart terreng. Løsneområdene som brukes i modellering er imidlertid avgrenset etter en vurdering av den omkringliggende skogens tilstand og evne til å hindre skredutløsning. Hogst av skog i bratt terreng utenfor løsneområdene benyttet i modellering, kan derfor øke skredfare ved at det vil kunne gi større løsneområder (og dermed skred) enn det som er modellert.

2.5.2 Modeller for steinsprang og steinskred

Programvaren Rockyfor3D v4.1 (Dorren, 2011) er benyttet for å modellere potensielle utløpsområder for steinsprang. Resultatene fra modelleringen bidrar til å vurdere faresoner (nominell årlig sannsynlighet 1/100, 1/1000 og 1/5000). Rockyfor3D gjør en tredimensjonal kalkulerings av sannsynlige utløpsbaner for steinsprangblokker som individuelt faller, spretter og/eller ruller ned en skråning. Rockyfor3D bruker rasterdatasett med informasjon om topografi, jordtyper, overflateruhet, blokkstørrelse og form, og lokalisering av kildeområder. I tillegg kan informasjon som beskriver skog benyttes i områder der dette er relevant (dvs. i tilfeller der skog er forvaltet som sikringstiltak mot skred).

For topografisk grunnlag til modelleringen er det benyttet digital høydemodell (DHM) over Valldal med 10 meter oppløsning med unntak av Sylte hvor det er benyttet en 1m oppløsning. Kildeområder for steinsprang er antatt å være områder der berggrunnen er bratt nok iht. avsnitt 3.2 og er blotlagt i dagen, samt kan bestå av et tynt organisk dekke over berggrunnen. Høyoppløselige flyfoto og tolkninger av DHM-analyser er brukt for å ekstrapolere informasjonen som ble innhentet fra feltkartlegging til resten av studieområdet.

Forholdet mellom størrelsesorden og frekvens basert på volum til steinsprangsblokker er brukt til å definere tre gjentakelsesscenario med årlig sannsynlighet på 1/100, 1/1000, og 1/5000. Det er antatt at blokkvolum er inverst proporsjonalt med hendelsesfrekvensen (mindre blokker utløses oftere enn større blokker). Blokkdimensjonene er inputdata til Rockyfor3D.

Rocfall (Rocscience) er et program som utfører statistiske analyser i 2D langs utvalgte profiler, og benyttes i dette tilfelle for å sammenligne med resultat fra Rockyfor3D. Til hver enkelt blokk beregnes energi, fart, sprett høyde ("bounce height") og endepunkt for hele skråningens profil. I prosjektet er 5 profiler i Sylte området analysert med Rocfall.

2.5.3 Modeller for jordskred

For modelleringen av jordskred er det brukt enkel GIS modellering basert på "siktevinkelkonseptet" og på den empirisk/topografiske modellen Flow-R (fra Universitetet i Lausanne; Horton et al., 2008). Modelleringen benytter den nasjonalt dekkende digitale høydemodellen (DHM) med 10 m oppløsning (celle). Identifiseringen av mulige løsneområder for jordskred er basert på samme metode som er brukt for å lage aktsomhetskart for jordskred i Norge (Fischer et al., 2012) supplert med

observasjoner/kartlegging under feltarbeidet. Utløpsmodelleringen beregner utløpet av et skred som bare tar hensyn til topografien. Dette er ikke en dynamisk modelleringsmetode som også tar hensyn til mekanikken og kinetikken av selve massen (slik som RAMMS).

For identifisering av mulige løseområder er det brukt en empirisk tilnærming som er basert på de tre topografiske egenskapene: hellingsvinkel, planarkurvatur og størrelse av det vanntilførende dreneringsområdet for hver enkelt celle.

Den første tilnærmingen for å estimere utløpslengde er basert på siktevinkelkonseptet. Modellen beregner for hver modellerte startzone et skredutløp basert på en bestemt siktevinkel. I den andre tilnærmingen ble skredutløpet beregnet ved hjelp av en 'multiple flow direction' modell (Flow-R; Horton et al., 2008), som tar hensyn til topografien. Modellen beregner i hvilken retning skredet flyter, og med en energibasert beregning hvor langt skredet beveger seg. Modelleringen tar ikke hensyn til vegetasjon eller bebyggelse. Fig. 2.1 viser et eksempel på "multiple flow direction" modellen (A), og et eksempel der utløpslengde bare er basert på siktevinkel (siktevinkel på 20°) (B).

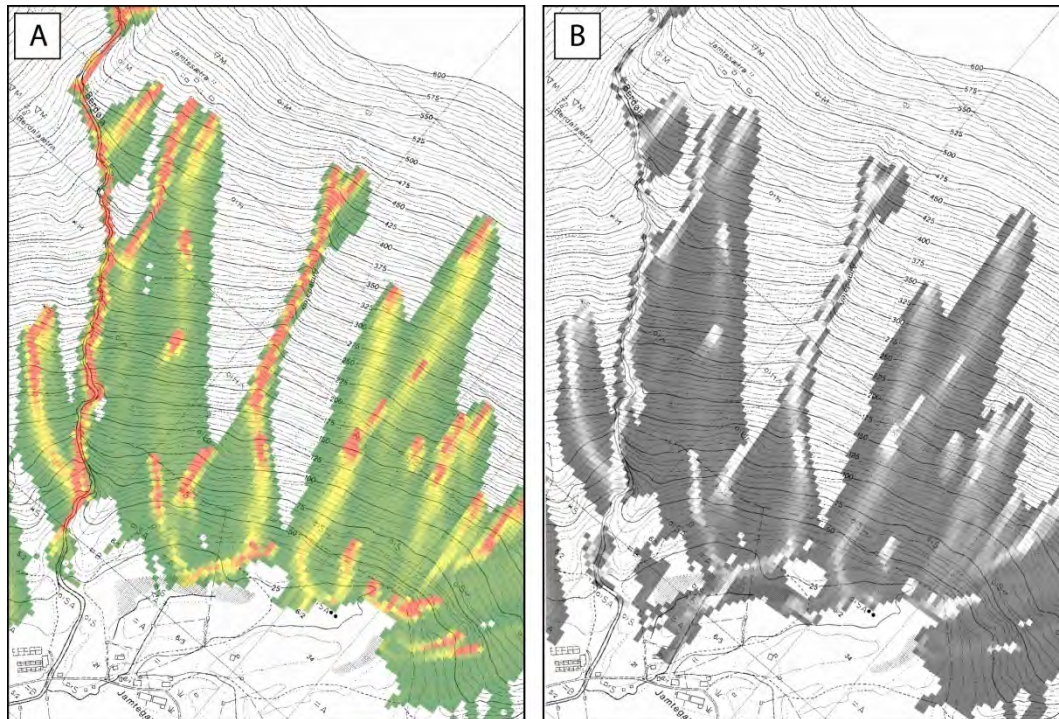


Fig. 2.1 (A) eksempel på "multiple flow direction" modellen, og (B) eksempel på modellen der utløpslengde bare er basert på siktevinkel (siktevinkel på 20°).

2.6 Fastsetting av faresoner

2.6.1 Snøskred og sørpeskred

Vurderingen har vært i stor grad basert på skjønn. Vektlegging av ulike datasett og opplysninger (eks. resultat av numerisk modellering og skredhistorikk) har vært skjønnsmessig tilpasset til de ulike skredbanene. I de fleste tilfellene er den lengste

dokumenterte rekkevidden av snøskred som har gått 1 - 3 ganger de siste 200 – 300 år, antatt å representere det maksimale utløpet av 100-årsskred. Utløpet av 1000- og 5000-årsskred har generelt vært basert i større grad på resultater av numerisk modellering.

2.6.2 Steinsprang og steinskred

Faresonene for steinsprang er vurdert basert på feltobservasjoner, analyse av steinsprangavsetninger og numerisk modellering av utløpsområder. Det er lagt mest vekt på feltobservasjonene og mindre på resultatene fra modelleringen.

Det er ikke utarbeidet faresoner for steinskred, men kun steinsprang. Dette grunnet det er under feltbefaring ikke observert større ustabiliteter med pågående deformasjon. Utløpsområder for potensielle steinskred dekket med faresonen 1/5000, selv om den ikke kan settes samme sannsynlighet som for steinsprang.

2.6.3 Jord-og flomskred

Ved fastsetting av faregrensene for jordskred og flomskred i Valldal har datagrunnlaget i all hovedsak vært den geologiske kartleggingen av sedimentene i dalsidene, spor etter tidligere jord- og flomskredaktivitet, samt de GIS-baserte modelleringene som er beskrevet i kapittel 2.5.3. Der modellen har plukket ut løseområder og beregnet skredbane, med utløpsrekkevidde og spredning som virker fornuftig i forhold til feltkartleggingen, legges modellen i stor grad til grunn for fastsetting av 1000-årsskred for jord- og flomskred. Dette vil være de tilfellene der det er kartlagt skredbaner og skredavsetninger som bekrefter at det har gått skred tidligere, og der forholdene ellers (terreng, vegetasjon, dreneringsområde og menneskelige inngrep) tilsier at det er sannsynlig at det under dagens forhold vil gå skred her med en frekvens på rundt 1/1000 år). Der det er tegn på at skredbanen har vært aktiv flere ganger, skredavsetningene er store i forhold til løpet, det er tegn på aktiv erosjon eller det er andre forhold som tilsier at det er sannsynlig at skred går med en høyere frekvens enn 1/1000, er det også fastsatt 100-årsskred.

Verken modelleringen eller felldata gir egentlig noe grunnlag for å fastsette en grense med sannsynlighet for jord- og flomskred for 1/5000. Både et skred med gjentakintervall på 1000 år og et skred med gjentakintervall på 5000 år er store, sjeldne hendelser med en utløpsrekkevidde nær det som er fysisk mulig for et jord/flomskred. Men det vil ikke være så stor forskjell på utløpsrekkevidden, og av dette følger 5000-års faresonen stort sett 1000-årsskredet, og er bare lagt litt lenger ut i dalbunnen. Enkelte områder der vi anser sannsynligheten for jord/flomskred til å ligge mellom 1/1000 og 1/5000 har vi imidlertid bare satt en 5000 års grense.

Flomskred med stort innhold av vann kan gå lenger ut i flatere terreng enn det jordskredmodelleringa viser. For å ta høyde for flomskred er faregrensene trukket lenger ut i dalbunnen enn det modellene skulle tilsi der det er kanaler med permanent vannføring og et større dreneringsområde. De ytre delene av slike flomskred, bestående av vann og slam, vil imidlertid kunne nå lenger ut enn faresonene. Disse ytre delene av flomskredene vil ha mindre skadepotensial på bygninger, og blir ikke tatt hensyn til ved fastsettelse av faresonene.

For mer om vektlegging av ulike faktorer og parametre i vurdering av hver type skredprosess, henviser vi til det tekniske vedlegget til denne rapporten (Kap. 3.6).

2.6.4 Faresoner for den samlede skredfaren

Faresonene for den samlede skredfaren for alle typer skred med samlet årlig sannsynlighet 1/100, 1/1000 og 1/5000, fastsettes ut fra dimensjonerende skredtype, dvs. for den skredtype som har lengst utløpsområde (skredrekkevidde). Det kan være ulike skredtyper som er dimensjonerende innenfor samme kartleggingsområde. Der flere skredprosesser kan nå bebyggelse er dette kartlagt og dokumentert.

I kapittel 3 – 6 er faresoner for den samlede skredfaren presentert. Dette er endelige faresoner som resultat av kartleggingen. I det tekniske vedlegget beskrives mer detaljert kartlegging av faresoner for den enkelte skredtype.

3 Område 1 Linge - Murigjerdet

Det kartlagte området strekker seg fra fjorden og opp til ca 600 moh. ved Åsesetra (Fig.1.1). Dette sammenfaller omtrent med skoggrensa i området. Området består av en konveks skråning, og har følgelig ingen større vassdrag.

3.1 Skredfarevurdering

Snøskred og jordskred / flomskred er aktuelle prosesser i dette kartleggingsområdet.

Snøskred kan nå bebyggelse fra to forskjellige skredbaner. Den største (Klovfonna) har gått i snitt med 50 - 60 år imellom ned til 180 - 250 meter høyde, uten å treffe bygg, og en gang helt ned til fjorden. Vollen og kjeglene som i senere år ble bygd rett nedenfor løseområdet, reduserer sannsynligheten for nye slike hendelser. Vegetasjonen ved den sørvestlige enden av vollen viser imidlertid tegn på snøskred, og vi mener at vollen for å eliminere faren helt burde vært lengre og noen meter høyere (bilder vi tok i midten av juni viser at den blir nesten nedsnødd og forblir slik til sen vår).

Den andre skredbanen går nordøst for Lingås (Raudfonna), og har vesentlig mindre skredhistorikk enn Klovfonna. Modelleringsresultatet viser at skred teoretisk kan nå ned til fjorden og Syltes vestkant, men flere faktorer, inkl. tettskogen som dekker store deler av skredbanen, gir oss grunn til å redusere faresonene i forhold til modelleringsresultatet, og mer i henhold med skredbanens historikk.

Når det gjelder jordskred og flomskred, er det ingen kjente historiske hendelser i dette område, og effekten av episoder med høy nedbørsintensitet er da generelt usikker. Farevurderingen er derfor basert på geologisk tolkning av området jamført med modelleringsresultater.

Vår vurdering er at flomskred kan ramme deler av bebyggelsen med gjentakintervaller som overskrider gjeldende sikkerhetskrav for ny bebyggelse. Dette mener vi kan være aktuelt langs et par baner mellom Linge og Gammalbøen (til dels samme løp som snøskredet omtalt som Klovfonna), samt et par andre løp som fra Åsesetra kommer ned mellom Nerås og Muriås, og videre ned til Muri.

For mer detaljert beskrivelse av de registrerte forholdene og de ulike faremomentene i dette kartleggingsområdet, henvises til rapportens tekniske vedlegg (Kap. 5).

Faresonene for den dimensjonerende skredtypen er presentert i vedlegg 1.

4 Område 2 Muribøbrua - Valldalsfonna

Området strekker seg fra Muribøbrua og oppover nordre dalside til Valldalsfonna (Fig.1.1). Dalsiden har en konkav form mellom Muribøbrua og Urigjerda, og samler vann fra tre dreneringsfelt i fjellområdene over.

Fjellsidene over dette området er opp til 1400 meter høye og mellom 30° og 45° bratte. I dette området finner vi flere større skredbaner som har vel dokumentert historikk og har tidligere gjort skader på bebyggelse, blant andre Jamtefonna og Valldalsfonna.

4.1 Skredfarevurdering

De fleste skredprosesser kan være aktuelle i dette området, men det er i all hovedsak snøskred som blir dimensjonerende for våre faresoner her.

I vest mener vi at drivhuset på Berdal kan bli berørt av utløpet til Bardalsfonna med litt større gjentakintervall enn 1/1000 år. Campingen like øst for Jamtegården mener vi ligger utsatt for skader fra minst to skredbaner (Gammel Fonna og Jamtefonna), enten direkte eller som konsekvens av kraftig skredvind generert av disse skredene. Jamtefonna mener vi dessuten kan gå over elva og gi noe skader i deler av bebyggelsen på motsattsidan av dalen. Dette er underbygd av historikk i tillegg til modelleringsarbeid.

Videre østover vurderer vi at mye av bebyggelsen mellom Uri og områdegrensen i øst har større skadesannsynlighet enn gjeldende krav til ny bebyggelse. De fleste stedene skyldes dette utløp av snøskred, men et par mindre lokaliteter også jord-/flomskred.

For mer detaljert beskrivelse av de registrerte forholdene og de ulike faremomentene i dette kartleggingsområdet, henvises til rapportens tekniske vedlegg (Kap. 5).

Faresonene for den dimensjonerende skredtypen er presentert i vedlegg 2.

5 Område 3 Sylte

Det kartlagte området omfatter den vestvendte siden av det 601 meter høye Syltefjellet ovenfor Sylte (Fig. 1.1). To stupbratte fjellvegger karakteriserer området. Den nedre fjellveggen er opp til 220 meter høy og den øvre er opp til 130 meter høy. Terrenget ovenfor og nedenfor de bratte fjellveggene er også ganske bratt (20°- 40°).

Ur fra tidligere steinsprang og steinskred finnes ved foten av begge fjellveggene. Store deler av ura er dekket med jord, skog og annet vegetasjon.

5.1 Skredfarevurdering

Steinsprang er den dimensjonerende skredprosessen i dette området.

Faresonen som gjelder for ny bebyggelse (nominell årlig sannsynlighet 1/1000), berører flere bygninger i den sentrale og sørlige delen av området, dels sideveger (sentrale området), og noe av fylkesvegen i sør.

Det er også et par bekker som kan bli skredbaner for flomskred, men disse har mindre betydning for bebyggelsen enn steinsprang i samme område.

For mer detaljert beskrivelse av de registrerte forholdene og de ulike faremomentene i dette kartleggingsområdet, henvises til rapportens tekniske vedlegg (Kap. 5).

Faresonene for den dimensjonerende skredtypen er presentert i vedlegg 1.

6 Område 4 Jamtekvisla - Bjorstad

Dette området omfatter den nord- til nordvestvendte siden av Valldalen mellom Jamtekvisla i vest og Døving i øst (Fig.1.1). Høydeforskjellen mellom toppen av dalsiden og dalbunn er på mellom 450 og 750 m, høyest i øst. Dalsiden har en ganske jevn helningsvinkel mellom 30° og 60°, men skrenter med helningsvinkel over 60° finnes flere steder i dalsiden.

Det er ingen betydelige bekkeløper siden fjellsiden ikke er konkav og det er ikke noe stort nedslagsfelt ovenfor. Store deler av området er dekket av granskog, men i terrenget og vegetasjonen er det tydelige spor fra tidligere steinsprang.

6.1 Skredfarevurdering

Steinsprang er den mest aktuelle skredprosessen i dette kartleggingsområdet. Faresonen for skred med nominell årlig sannsynlighet på 1/1000 berører 3 - 4 bygninger og mindre deler av hovedvegen mellom Døving og Bjorstad. De aktuelle byggene er ikke benyttet som boliger, men til andre formål (bl.a. lager for landbruk).

Det er ikke for øvrig laget faresoner for jordskred og flomskred i dette området. Området er befart kort, men ble ikke prioritert for nærmere undersøkelser med tanke på jordskred og flomskred i løpet av den perioden vi hadde til rådighet for feltarbeid. Steinsprang vil være dimensjonerende i området. Dette betyr ikke at det ikke kan gå jordskred i denne dalsiden, men dreneringsområdet til dalsiden er så lite at det ikke forventes store jordskred her. Det er heller ikke observert tydelige jordskredavsetninger ved munningene av kanalene.

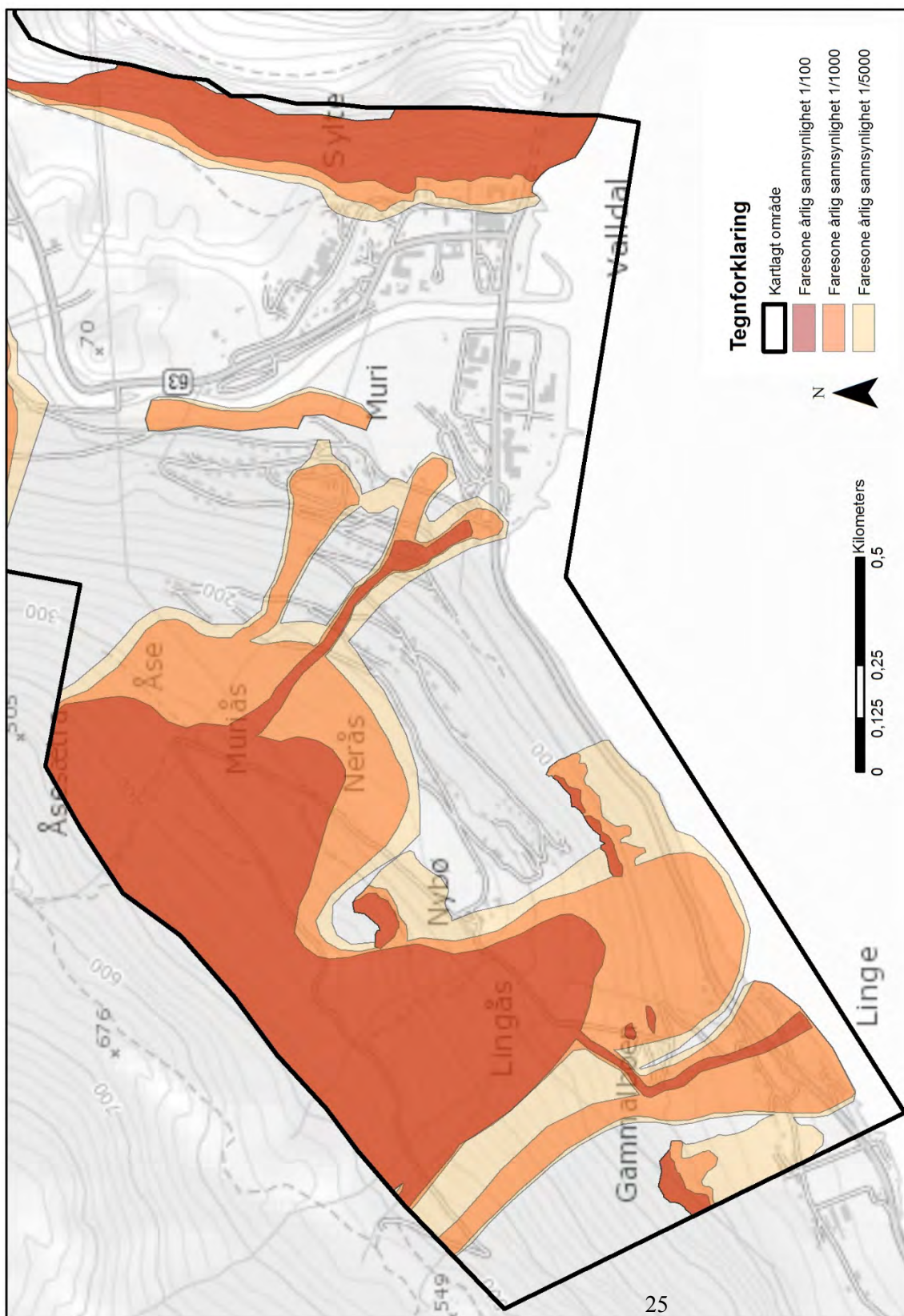
Snøskred vurderes heller ikke å være en utfordring av betydning for bebyggelsen i dette området.

For mer detaljert beskrivelse av de registrerte forholdene og de ulike faremomentene i dette kartleggingsområdet, henvises til rapportens tekniske vedlegg (Kap. 5).

Faresonene for den dimensjonerende skredtypen er presentert i vedlegg 2.

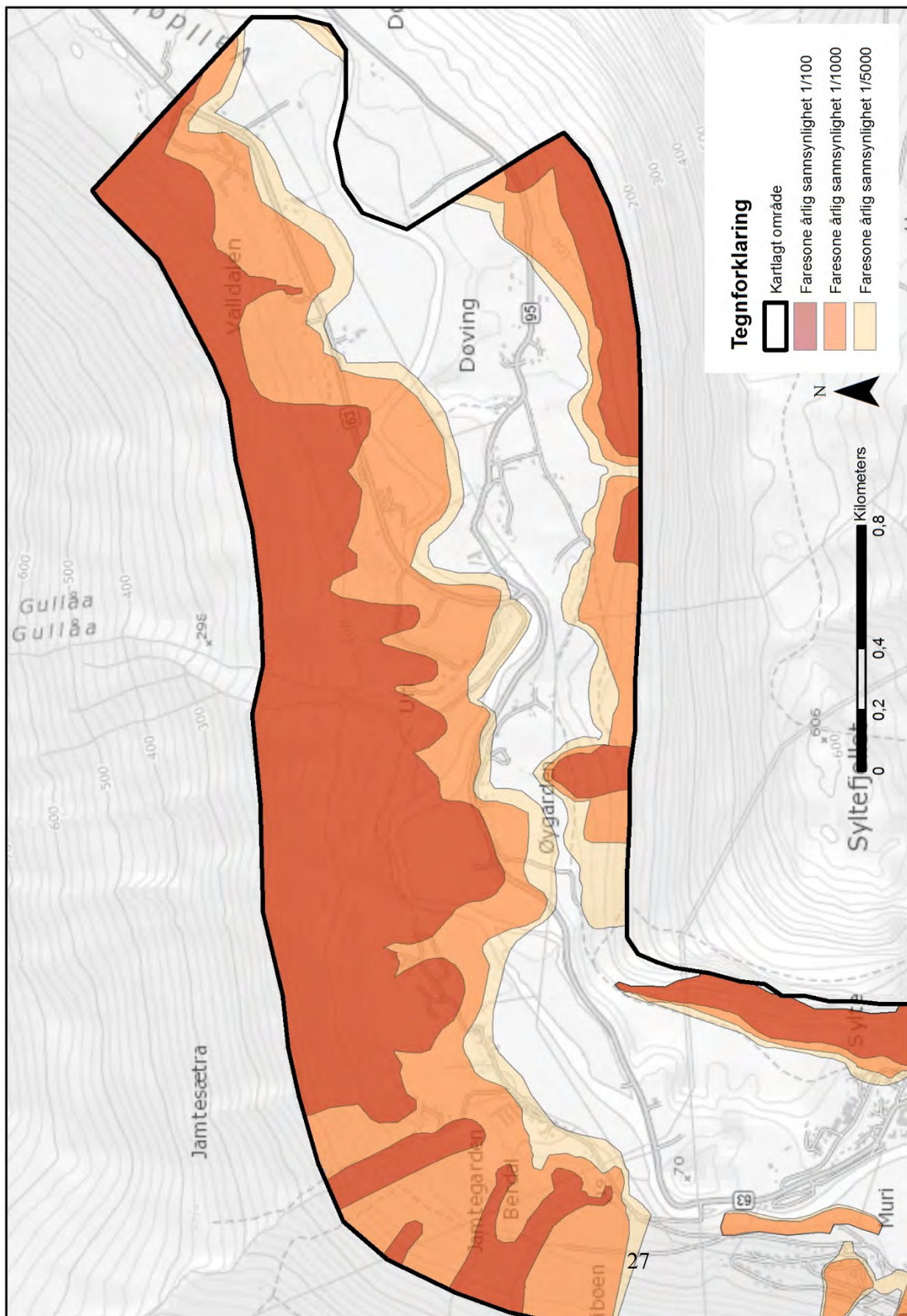
17.03.2015 09:56

Vedlegg 1



17.03.2015 09:56

Vedlegg 2



Teknisk vedlegg

Skredfarekartlegging i Norddal kommune

Innhold

Sammendrag.....	4
1 Innledning.....	4
1.1 Bakgrunn	4
1.2 Formål med kartleggingen, detaljnivå og bruk av kartene	4
2 Oversikt.....	5
2.1 Oversikt over kartleggingsområdene.....	5
2.2 Topografi, geologi og geomorfologi.....	5
2.3 Klima.....	6
3 Metodikk for utarbeidelse av faresoner	11
3.1 Tidligere skredhendelser	11
3.2 Høydemodell, skyggekart og helningskart.....	11
3.3 Topografi, vegetasjon og klimaforhold.....	12
3.4 Feltkartlegging	13
3.4.1 Snøskred og sørpeskred	13
3.4.2 Steinsprang og steinskred.....	13
3.4.3 Jord- og flomskred	13
3.5 Modeller for beregning av skredrekkevidde.....	14
3.5.1 Modeller for snøskred og sørpeskred	14
3.5.2 Modeller for steinsprang og steinskred.....	15
3.5.3 Modeller for jordskred	16
3.6 Vurderinger og vektlegging av ulike datasett ved fastsetting av faregrenser	19
3.6.1 Snøskred og sørpeskred	19
3.6.2 Steinsprang og steinskred.....	19
3.6.3 Jord- og flomskred	20
4 Område 1 Linge - Murigjerdet	21
4.1 Geomorfologi og løsmasser	21
4.2 Skredhistorikk	22
4.3 Observasjoner i terreng.....	23
4.3.1 Snøskred og sørpeskred	23
4.3.2 Steinsprang og steinskred.....	26
4.3.3 Jordskred og flomskred	29
4.4 Modelleringsarbeid.....	32
4.4.1 Snøskred	32
4.4.2 Steinsprang og steinskred.....	33
4.4.3 Jordskred	35
4.5 Skredfarevurdering	35
4.5.1 Snøskred og sørpeskred	35
4.5.2 Steinsprang og steinskred.....	36
4.5.3 Jordskred og flomskred.....	38
5 Område 2 (Muribøbrua - Valdalsfonna)	42
5.1 Geomorfologi og løsmasser	42

5.2	Skredhistorikk	43
5.3	Observasjoner i terreng	44
5.3.1	Snøskred og sørpeskred	44
5.3.2	Steinsprang og steinskred	49
5.3.3	Jordskred og flomskred	52
5.4	Modelleringsarbeid	55
5.4.1	Snøskred	55
5.4.2	Steinsprang og steinskred	56
5.4.3	Jordskred	58
5.5	Skredfarevurdering	60
5.5.1	Snøskred og sørpeskred	60
5.5.2	Steinsprang og steinskred	62
5.5.3	Jordskred og flomskred	63
6	Område 3 (Sylte)	67
6.1	Geomorfologi og løsmasser	67
6.2	Skredhistorikk	68
6.3	Observasjoner i terreng	68
6.3.1	Snøskred og sørpeskred	68
6.3.2	Steinsprang og steinskred	68
6.3.3	Jordskred og flomskred	73
6.4	Modelleringsarbeid	74
6.4.1	Snøskred	74
6.4.2	Steinsprang og steinskred	74
6.4.3	Jordskred	76
6.5	Skredfarevurdering	76
6.5.1	Snøskred og sørpeskred	76
6.5.2	Steinsprang og steinskred	76
6.5.3	Jordskred og flomskred	78
7	Område 4 (Jamtekvisla - Døving)	78
7.1	Geomorfologi og løsmasser	78
7.2	Skredhistorikk	80
7.3	Observasjoner i terreng	80
7.3.1	Snøskred og sørpeskred	80
7.3.2	Steinsprang og steinskred	82
7.3.3	Jordskred og flomskred	85
7.4	Modelleringsarbeid	86
7.4.1	Snøskred	86
7.4.2	Steinsprang og steinskred	86
7.4.3	Jordskred	88
7.5	Skredfarevurdering	88
7.5.1	Snøskred og sørpeskred	88
7.5.2	Steinsprang og steinskred	88
7.5.3	Jordskred og flomskred	89
8	Kartbilag	92

Sammendrag

Denne rapporten presenterer resultatet av faresonekartleggingsarbeid utført av NVE og NGU i Norddal kommune i 2011 og 2012. Kartleggingen omfatter samtlige skredtyper unntatt kvikkleire- og fjellskred og er basert på feltbefaringer, modelleringsarbeid og ekspertvurderinger som tar i betraktning lokale forhold.

Faresonekartene er på mer detaljert nivå enn aktsomhetskartene, og bør derfor benyttes i alt fremtidig kommunalt planarbeid for de dekkede områdene.

Vårt arbeid viser at i alle kartleggingsområder er det bygg der sikkerheten mot skred ikke tilfredsstillende gjeldende krav til ny bebyggelse.

1 Innledning

Rapporten presenterer resultatet av skredfarekartlegging som Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Norges geologiske undersøkelse (NGU) utførte i Norddal kommune i 2011 – 2012.

1.1 Bakgrunn

NVE har overordnet ansvar for statlige forvaltningsoppgaver innen forebygging av skredulykker.

Som en del av forvaltningsarbeidet gjennomføres kartlegging av faren for ”skred i bratt terreng” (dvs. snøskred / sørpeskred, steinsprang / steinskred og jordskred / flomskred) jfr NVEs ”Plan for skredfarekartlegging” (rapp. 14/2011).

Områdene med bebyggelse som skal kartlegges i hver utvalgt kommune, er identifisert ved hjelp av innledende risikoanalyser og nærmere definert i dialog med kommunene.

1.2 Formål med kartleggingen, detaljnivå og bruk av kartene

Kartleggingen presentert i denne rapporten, fokuserer på samtlige aktuelle skredprosesser og benytter de metodene som er vanlige ved faresonekartlegging, dvs. kart- og flybildestudie, feltbefaringer og modellering av prosessene i den graden det er vurdert nødvendig.

Kartene er i henhold til byggeteknisk forskrift (TEK 10), dvs. viser områdene der den nominelle årlige sannsynligheten for skader eller vesentlige ulemper er vurdert å være på 1/100, 1/1000 og 1/5000. I fremtidig kommunalt planarbeid bør disse kartene derfor brukes istedenfor de landsdekkende aktsomhetskartene.

2 Oversikt

2.1 Oversikt over kartleggingsområdene

Valldal i Norddal kommune ligger i de indre fjordstrøkene av Sunnmøre i Møre Romsdal. Elven Valldøla renner her ut ved tettstedet Sylte som er administrasjonssenteret i kommunen. Riksvei 63 følger Valldalen og er en viktig kommunikasjonsåre i regionen. Arbeidet fokuserte på områder med sammenhengende eller spredt bebyggelse som ligger i Valldal og vest for Sylte.

I denne rapporten deles kartleggingsområdet inn i 4 mindre områder slik vist i Fig.2.1.1. De 4 områdene omhandles i egne kapitler (Kap. 3 – 6).

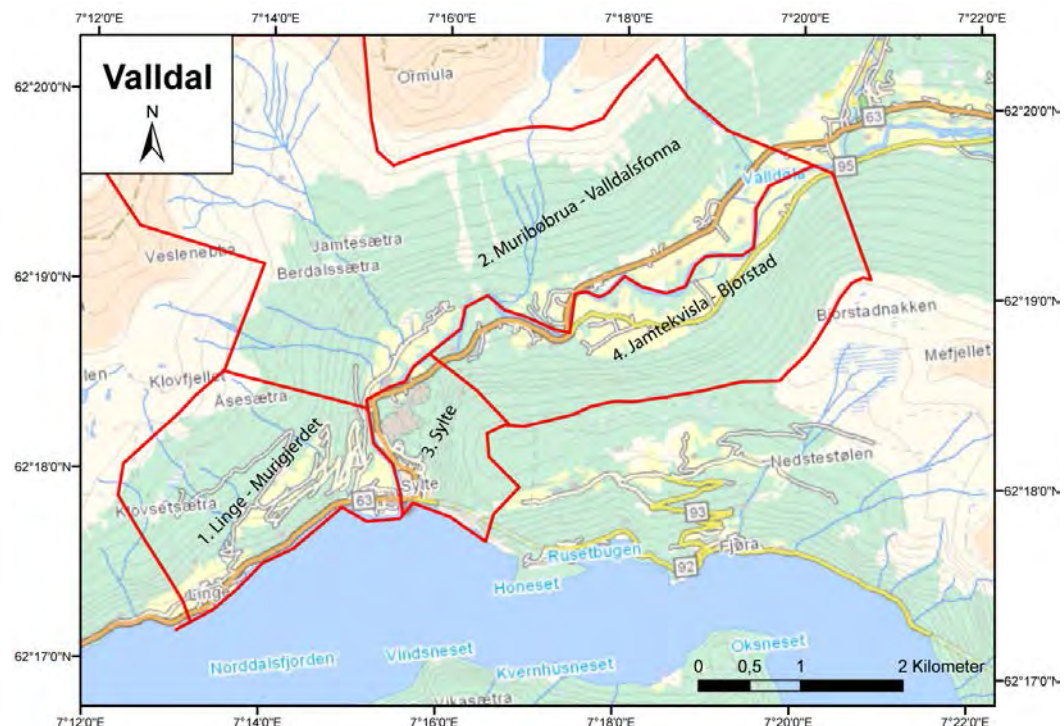


Fig. 2.1.1 Oversikt de ulike kartleggingsområdene

2.2 Topografi, geologi og geomorfologi

Valldal er en SV-NØ-orientert dal med høyt relieff. Den nordlige dalsiden er i noen områder over 1400 meter høy, og har store partier med gradienter på mer enn 30°. Dalsiden i sør er brattere, stort sett over 45°. Fjellsiden her er mellom 550 og 900 m o.h. og har skogvekst opp til ca 800 m o.h. Skogen i den nordre dalsiden er mer varierende med flere bare områder fra ca 500 m o.h.

Berggrunnen i Valldal er av mellom- til seinproterozoisk alder og består djupbergarter som ble deformert og omdannet under den kaledonske fjellkjedefoldinga. I hovedsak er dette medium- til grovkornet kvartsdiorittisk til granittisk gneis med stedvise forekomster av de ultramafiske bergartene anortositt og olivin.

Som de fleste daler i Norge er Valldal en glasialt erodert U-dal som har blitt formet gjennom en rekke istider i kvartærtiden. Da breen begynte å trekke seg tilbake under siste deglasiasjon, for ca 12 000 år siden, ble sedimenter transportert av smeltevannet nedover mot Nordalsfjorden. Nedre del av Valldal lå på den tiden under havnivå, og det store sand- og grustaket ved Syltemoa ble avsatt som et breelvdelta (Follestad et al., 1994; Stokke, 1983). Det høyeste havnivået man kjenner til etter den siste istiden (marin grense, MG) er for indre del av Storfjorden ca 125 m over nåværende havnivå (Stokke 1983, kvartærgeologisk kart i Norddal kommune, NGU). Etter hvert som breen smeltet videre innover i dalen kom mer og mer morenemateriale fram, og breelvsedimenter og former ble avsatt i dalen. Ettersom landet tok til å stige ble erosjonsbasisen senket. Valldøla og mindre sideelver begynte da å erodere ut raviner og terrasser i avsetningene i dalen (Melby & Gaarder, 2000). I dag er dalbunnen i nedre del av dalen i stor grad dekket av elvesand. Massebevegelsesprosesser har avsatt skredvifter og talus langs dalsidene, i størst grad langs den nordre. Skredbaner, skredsår i fjellsiden, og relativt ferske skredavsetninger viser at massebevegelse er en aktiv, og kanskje den viktigste, geomorfologiske prosessen i Valldalen i dag. Detaljert kvartærgeologisk kart over mesteparten av de vurderte områdene ses i Vedlegg B.

2.3 Klima

For å beskrive kartleggingsområdets klimatiske trekk er det benyttet data fra stasjonene Norddal (28 moh), Tafjord (11 moh), Grønning (312 moh), Linge (34 moh) og Stordal-Overøye (398 moh). Stasjonene, som er vist i Fig. 2.3.1, har vært i drift i 14 til 117 år. Stasjonene i Tafjord og Linge ble flyttet en eller flere ganger i driftperioden.

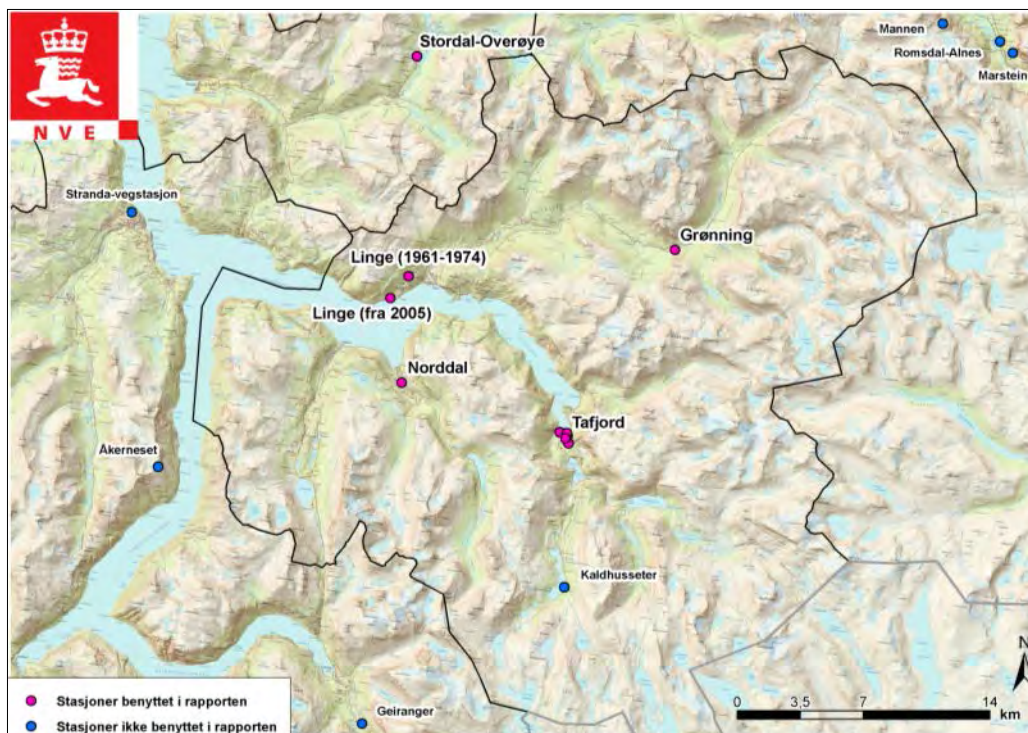


Fig. 2.3.1. Meteorologiske stasjoner i Norddal område.

Det er ikke utført fullstendige statistiske analyser av klimadataene, men det er rettet fokus på de vær- og klimaaspektene som har størst betydning for vurderingen av faren for jordskred og snøskred. For jordskred er intens nedbør i formen av regn av stor interesse. For snøskred er det viktig å se på nedbør i formen av snø eller maksimale registrerte snødyp samt vindretning under snønedbør.

De tre stasjonene som ligger omtrent nede ved sjøen har årsnedbør på mellom 965 og 1290 mm i normalperioden 1961-90 (Tab.2.3.1 og Fig.2.3.2). Tab.2.3.1 viser også verdiene 5%, 8% og 24% av årsnedbør. Erfaringer fra Norge viser at forekomsten av slike nedbørsmengder i løpet av 12 timer, 24 timer og ei uke, henholdsvis, ofte assosieres med jordskred og flomskred. Disse dataene blir brukt i vurdering av jord-/flomskredfare. Månedsnedbør (Fig.2.3.3) er for samtlige stasjoner størst i høstmånedene og minst i sommermånedene.

Tab. 2.3.1. Årsnedbør (mm)

Stasjon	Norddal	Grønning	Stordal-Overøye	Tafjord	Linge
Normalperiode (1961-1990)	965	1400	1860	965	1290
5% av normaler	48.3	70.0	93.0	48.3	64.5
8% av normaler	77.2	112	148.8	77.2	103.2
24% av normaler	231.6	336	446.4	231.6	309.6

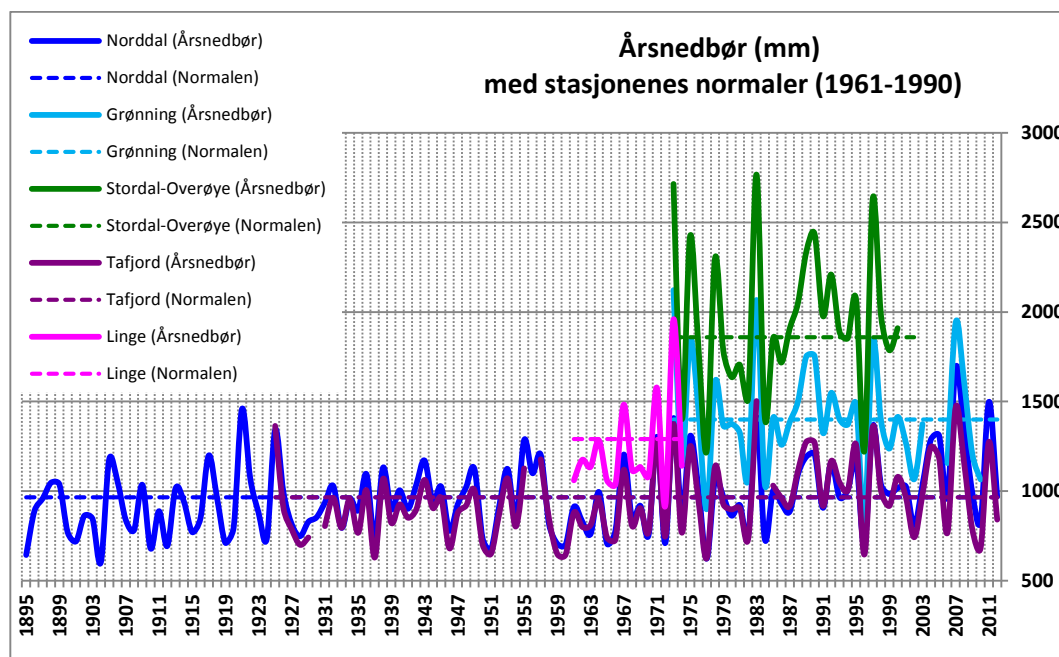


Fig. 2.3.2. Årsnedbør i de utvalgte stasjonene.

I tabell 2.3.2 oppsummeres de 5 største 24t-nedbører registrert av de 5 stasjonene, og for Tafjord også de 5 største 12t-nedbører. Intens nedbør i formen av snø er ikke inkludert ettersom disse verdiene er ment som bidrag til jordskredfarevurderingen.

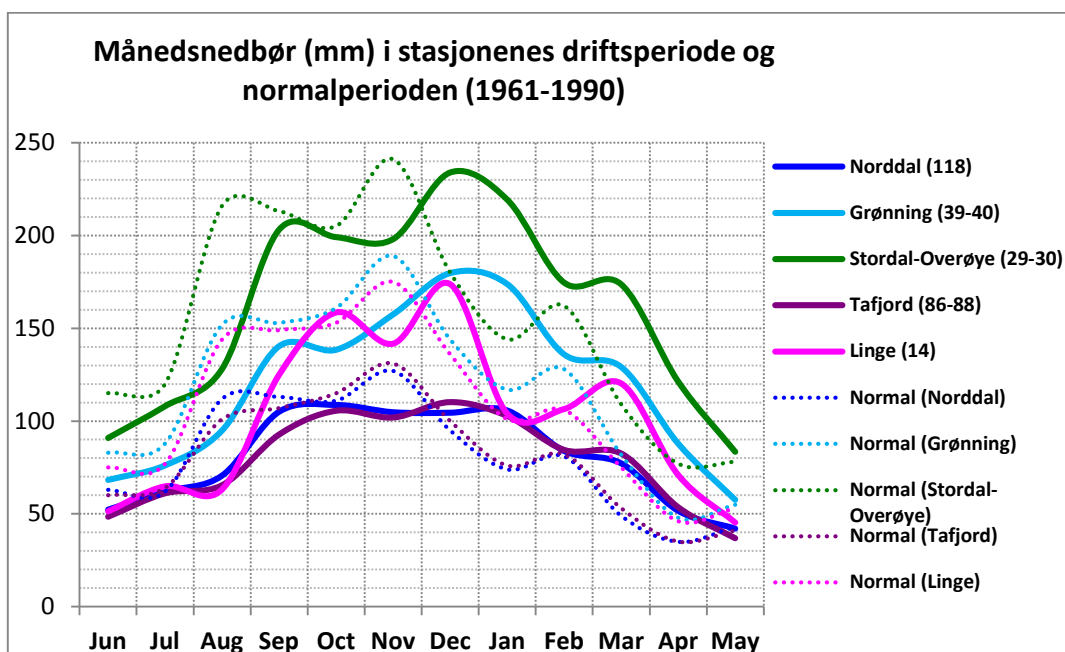


Fig. 2.3.3. Månedsnedbør i de utvalgte stasjonene.

Tab. 2.3.2. De 5 største registrerte 24t-nedbør og 12t-nedbør (regn).

	Nedbør på 24t (mm)	Dato	Nedbør på 12t (mm)	Dato
Norddal	71.1	26.10.1974		
	70.8	18.09.1978		
	69.7	15.11.2005		
	69.5	22.03.2011		
	68.4	07.10.1975		
Grønning	117.4	18.09.1978		
	95.3	27.12.1975		
	83.2	07.10.1975		
	72.5	14.09.1997		
	69.5	21.01.1983		
Stordal-Overøye	177.1	18.09.1978		
	142	07.10.1975		
	136.7	27.12.1975		
	128	31.03.1997		
	116.2	09.10.1992		
Tafjord	103.6	18.09.1978	62.4	08.10.1992
	78.7	09.10.1992	57	18.09.1978
	73.5	07.10.1975	54.6	07.10.1975
	72	08.10.1992	46.6	17.09.1978

	72	27.12.1975	44.6	06.12.1974
Linge	93	26.10.1974		
	84.5	31.08.1964		
	82	20.10.1970		
	69.8	30.09.1969		
	69.3	15.05.1973		

Når det gjelder de klimatiske trekk som har betydning for snøskredfarevurderingen er det valgt å benytte de årlige, maksimale snødybder registrert ved stasjonene (Fig. 2.3.4 og Fig. 2.3.5) og fremherskende vindretninger i forbindelse med snøvær (Fig. 2.3.6).

Figur 2.3.4 viser årlige verdier på maksimal snødybde (dvs. høyden av snødekket på bakken) i de 5 utvalgte stasjonene. Disse dataene er registrert ved stasjoner som ligger mye lavere enn (og i noen tilfeller langt unna) løsneområdene og kan derfor ikke brukes direkte til snøskredmodellering. De kan imidlertid gi et inntrykk av hvor snørikt eller snøfattig et område er i forhold til andre områder i landet som en har erfaringer fra. Det er også mulig å benytte interpolerte data fra www.senorge.no som viser normal årsmaksimum av snødybde (Fig. 2.3.5).

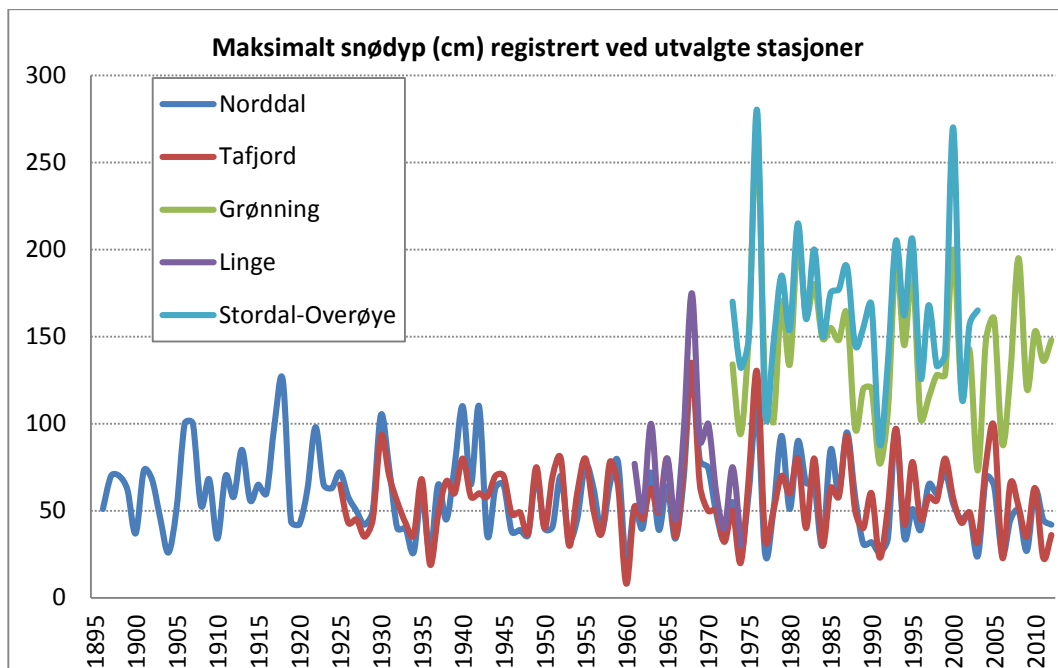


Fig. 2.3.4. Årlig, maksimal snødybde registrert ved Norddal (28 moh), Tafjord (11 moh), Grønning (312 moh), Linge (34 moh) og Stordal-Overøye (398 moh).

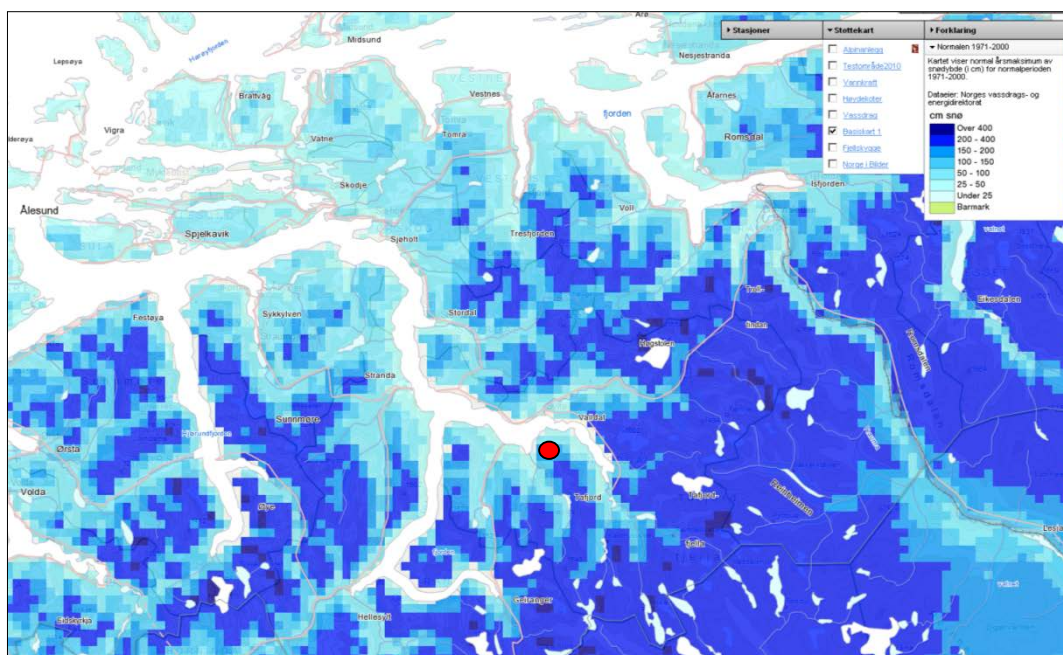


Fig. 2.3.5. Normal årsmaksimum av snødybde (1971-2000), fra www.senorge.no. Kommunesenteret Sylte er vist av den røde sirkelen.

Den fremherskende vindretningen ved snønedbør kan vurderes enten ved å bruke vinddata registrert i vinterhalvåret (med vilkårlig start- og sluttdato) eller ved å benytte vinddata registrert i forbindelse med nedbør og temperatur under en bestemt terskel. I denne rapporten er det valgt å benytte vindregistreringer i værtilstander med nedbør og temperaturer under $+3^{\circ}\text{C}$ (Fig. 2.3.6). Under denne temperaturen målt ved stasjoner som ligger omtrent nede ved havet, antas nedbøren over 400 – 500 m høyde (dvs. i løseområdene for snøskred) å være snø.

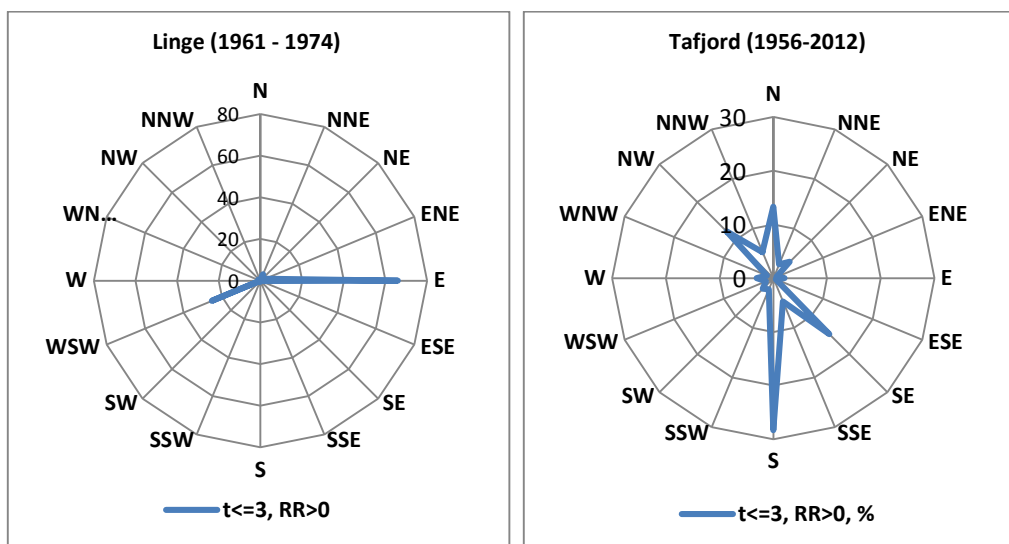


Fig. 2.3.6. Vindrose for Linge (1961 – 1974) og Tafjord (1956 – 2012). Det er benyttet vindmålinger registrert i værtilstander med nedbør ($RR > 0$) som i fjellet kan antas å ha kommet i formen av snø ($t \leq 3^{\circ}\text{C}$ nede ved stasjonene, dvs. omtrent ved havnivå).

Dataene viser ikke noe klart felles mønster mellom stasjonene, og dette skyldes trolig effekten som den lokale topografien (fjell og fjorder) har på vindmønsteret ved de ulike stasjonene. Opplysninger som vi samlet ved intervju til lokale innbyggere i Valldal, tilsier at det er vestlig og nordvestlig vind som i all hovedsak assosieres med større snøfall i kartleggingsområdet, selv om dette ikke kommer godt fram fra vindrosene i Fig. 2.3.6.

3 Metodikk for utarbeidelse av faresoner

Utarbeidelse av skredfaresoner er en kompleks prosess som i stor grad avhenger av og gjenspeiler utførerens skjønn og erfaring, men som alltid bør inkludere en grundig vurdering av flere viktige momenter. Disse er kort omtalt nedenfor.

3.1 Tidligere skredhendelser

Skred vil ofte gjenta seg der det har gått skred tidligere. Dette gjelder både de nesten årvisse skredene og de mer sjeldne 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 kan også gi informasjon om den potensielle rekkevidden til skredene. Registrerte historiske skredhendelser er samlet i Nasjonal skreddatabase og vises på skrednett.no.

Ytterligere kunnskap om de skredhendelser som skjedde omtrent i de siste 100 år, fremskaffet ved å intervju lokalbefolkningen i forbindelse med feltarbeidet i 2011 og 2012. Samtalene ga dessuten et bedre bilde av andre relevante aspekter for vurderingen av skredfare, for eksempel hvilke snødybder er normale og hvilke er usedvanlig store i de ulike lokalitetene, selvsagt i et tidsperspektiv tilsvarende et menneskeliv.

Ettersom faregrensene som skal settes er 1/100 år, 1/1000 år og 1/5000 år blir imidlertid den totale tidsperioden for de historiske skredhendelsene ofte for kort. Det er derfor svært viktig med en grundig kartlegging i terrenget, og innhenting av geologiske data som kan gi informasjon om både nye og eldre skredhendelser. I den kvartærgeologiske kartleggingen (beskrevet i kapittel 3.4) legges det vekt på å kartlegge og beskrive skredløp og andre erosjonskanaler i terrenget, samt skredavsetninger i, langs og nedenfor skredløp. I noen tilfeller kan man skille ut flere generasjoner av skredavsetninger i/langs/nedenfor et skredløp og på denne måte få noe informasjon om frekvens av skred. Det er også mulig å grave grøfter gjennom skredvifter og telle antall skredlag som er avsatt oppå hverandre. Dette kunne ha vært nyttig i Valldal, men har ikke vært en del av oppdraget.

3.2 Høydemodell, skyggekart og helningskart

En digital høydemodell (DHM) er en tredimensjonal digital representasjon av terrenget som gir informasjon om høyde over havet i hvert punkt av datasettet. En stor del av studieområdet er dekket med en høyoppløselig DHM generert fra flybasert laserskanning. Dette datasettet ble innmålt i 2005 av Blom Geomatics på oppdrag av Åknes/Tafjord prosjektet som har stilt modellen til disposisjon

for dette farekartleggingsprosjektet. Denne DHM er veldig nøyaktig med en oppløsning på 1 x 1 m. I andre deler av studieområdet er det den landsdekkende DHM fra Kartverket med en oppløsning av 10 x 10 m som er brukt.

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

Helningskart er også beregnet fra en DHM og viser bratthet av terrenget for hvert punkt i datasettet i forhold til nabopunktene. Helningsvinkel spenner fra 0° (horisontalt) til 90° (vertikalt) og er en av de viktigste parameterne for å definere løснеområder for skred. Derfor er helningsvinkelen inndelt i flere klasser for de ulike skredtypene:

- Mulige løснеområder for snøskred: mellom 30° og 55°
- Mulige løснеområder for steinsprang: mellom 45° og 90° (minimum helningsvinkel kan være 38° dersom det er fjellblotninger)
- Mulige løснеområder for jordskred: mellom 25° og 45° (minimum helningsvinkel kan være 20° under spesielt ugunstige forhold)

3.3 Topografi, vegetasjon og klimaforhold

Topografiske parametere som helningsgrad, helningsretning, dreneringsområde og kurvatur er med i skredfarevurderingen. Betydningen av helningsgrad m.h.t. kildeområder for ulike skredtyper er beskrevet i avsnittet over. Helningsretning i kombinasjon med framherskende vindretning vil være avgjørende for akkumulasjon av snø, og dermed potensielle løснеområder for snøskred. Skredfaresonene skal imidlertid ta høyde for hendelser som oppstår ved uvanlige vær-situasjoner, og dermed sjelden, og skråninger som vanlig vis ikke vil være lesider er derfor inkludert. Helningsgrad og dreneringsmønster har betydning for hvor utsatt terrenget er for jordskred og flomskred. Ulike studier (f.eks. Rickenmann og Zimmermann, 1993) viser at for å få et kildeområde for jordskred har man forholdet

$$(\text{skråningsvinkelen i } \%) \geq 0,3 \text{ FA}^{-0,15}$$

der FA= dreneringsområdet i km²

Dette medfører at jo større dreneringsområdet er, desto slakere terrenghelning skal til for å utløse jordskred. Disse parameterne, sammen med terrengkurvatur, er tatt hensyn til i modelleringen av løснеområder (se nedenfor) og valideres i felt.

For dette arbeidet er det gjort en visuell og kvalitativ vurdering av vegetasjon fra flybilder og i felt. Vegetasjon har en betydelig effekt på faren for erosjon og utløsning av skred i bratte skråninger (Rankka og Fallsvik, 2003). Røtter er med på å forankre jorda, og vanninnhold og avrenningshastighet vil reduseres sammenlignet med uvegeterte områder. En tett vegetasjon vil i tillegg kunne fange opp materiale som eroderes høyere opp i skråningen. I områder hvor store trær har rotveltet vil jordskredfaren kunne øke fordi vann lett infiltrerer ned i bakken der jorda er blottlagt. Ung skog vil derfor være bedre enn gammel skog. Tidligere skredhendelser kan vises som skade på skogen. I tillegg kan hogstfelt i bratte områder øke faren for utløsning av jordskred og snøskred og for at steinsprang når bebyggelse.

Vannmetning av løsmassene er en av de viktigste faktorer for utløsning av jordskred. Forskning på norske forhold har vist at kritisk vanntilførsel før et løsmassedekke går til brudd, beregnet som andel av årsnedbør, er 5 % i løpet av 12 timer eller 8 % i løpet av 24 timer (Domaas og Hefre, 2012). Verdiene viser at det er intense nedbørsepisoder som regnes som kritiske. Tabell 2.3.2 viser de fem høyeste verdiene for døgnnedbør ved omkringliggende målestasjoner og de fem høyeste 12-timersverdiene for Tafjord, og det kommer fram at Grønning, Stordal-Overøye og Tafjord alle har opplevd kritiske nedbørsepisoder i forhold til utløsning av jordskred. For Linge må det vesentligste av døgnnedbøren ha kommet i løpet av 12 timer for å overskride kritiske verdier. Med dette som grunnlag antar vi at området opplever nedbørsepisoder som er intense nok til å utløse jordskred, spesielt dersom andre forhold er ugunstige. Dette kan være opptining av frossen mark, intens snøsmelting eller allerede vannmettet jordsmonn etter lang tids nedbør.

3.4 Feltkartlegging

3.4.1 Snøskred og sørpeskred

Feltkartleggingen for snøskred og sørpeskred hadde følgende hensikt:

- Løsneområder: nærmere avgrense løsneområdene identifisert ved hjelp av helningskart og flybildestudie (inkl. vurdering av skogens evne til å hindre utløsning), samle informasjon om utløsningsforhold ut fra skredhistorikk og lokal kunnskap (inkl. intervjuer til innbyggere).
- Skredbaner og utløpsområder: registrere tegn etter skred gått i de siste tiårene og danne et generelt inntrykk av topografien med tanke på senere modellering av skreddynamikken.

3.4.2 Steinsprang og steinskred

Feltkartleggingen for steinsprang og steinskred fokuserer på kildeområder og utløpsområder og er målrettet i forhold til innsamling av nødvendige parameter til utløpsmodelleringen. Dette omfatter:

- Kildeområder: tegn på steinsprangaktivitet, lokalisering av mulige steinsprangkilder (lokale ustabiliteter), bergart, oppsprekingsgrad av fjellsiden, mulige størrelser av steinsprangblokker
- Utløpsområder: terrengtype, terrengruhet, skogtype, skogtetthet, trestammediameter, størrelser på steinsprangblokker i avsetningene, andre tegn på steinsprangaktivitet (for eksempel merker etter støt mot trær)

3.4.3 Jord- og flomskred

Feltkartleggingen for jordskred har i Valldal vært gjennomført i tråd med NGU sine retningslinjer for Kwartærgeologisk kartlegging. Kwartærgeologi beskriver dannelsen og utbredelse av løsmasser og former i fjell og løsmasser de siste par millioner år, inklusive avsetninger og spor etter massebevegelser. Kartlegging fokuserer derfor på identifisering og stedsfesting av løsmassetyper og formelementer i landskapet. Løsmassenes inndeling er i Norge basert på dannelsesmåte, da dannelsesmåte og materialegenskaper ofte henger tett sammen. Fargene på kartet viser den dominerende løsmassetypen under et eventuelt

humusdekke. I tillegg samles formdata, som markeres i kartet med punkt- eller linjesymboler (f.eks. stor steinblokk eller skredløp).

Kartleggingen foregår gjennom en kombinasjon av feltkontroll og analyse av flyfoto med høy oppløsning i et digitalt 3-dimensionalt miljø. Andre data som blir brukt er detaljerte kotekart og en høyoppløselig digital terrengmodell basert på lasermålinger fra fly (Lidar). I Valldal er kartlegging gjort i skala 1:10 000, hvor individuelle skredløp, store blokker, erosjonskanter med mer er symbolisert.

3.5 Modeller for beregning av skredrekkevidde

3.5.1 Modeller for snøskred og sørpeskred

Modellene for beregning av snøskredrekkevidde deles generelt inn i to grupper:

- Topografiske/statistiske modeller som tar utgangspunkt i fjellsidens lengdeprofil (eks. alfa/beta-modellen av Lied og Bakkehøi 1980)
- Dynamiske modeller basert på fysiske og matematiske beskrivelser av skredbevegelsen, eks. PCM (Perla m. fl. 1980), AVAL-1D (Christen m. fl. 2002), RAMMS (Christen m. fl. 2005) eller NIS (Norem m. fl. 1987)

I denne studien er det utført beregning av snøskredutløp ved hjelp av den dynamiske modellen RAMMS. Dette er kommersiell programvare basert på den vel utprøvde Voellmy modellen, som leveres med standard friksjonsparametre kalibrert på forskningsresultater fra de sveisiske Alpene.

Modellen krever at brukeren selv bestemmer en rekke parametre som har betydning for beregningen. Den viktigste av dem er volumet av snø som kan løsne i en hendelse med det gjentakintervallet som en ønsker å vurdere. Dette vil si at brukerdefinerte utløsningsområder og snøhøyder i stor grad vil avgjøre resultatet. Dette betyr i praksis at beregningene gjøres mer for å underbygge egne skjønn- og observasjonsbaserte vurderinger enn for å finne sikre svar på hvor langt et skred kan gå.

Det er utført modellering av skred fra de viktigste løsneområdene som er identifisert ved hjelp av helningskartanalyse og feltobservasjoner. De fleste modellerte skredbanene er de som skredhistorikken indikerer har vært aktive i de siste 300 år, men det er også utført beregninger for skredbaner der det ikke er dokumenterte hendelser.

I modellering er de standard friksjonsparametrene kalibrert i Alpene, benyttet, men høydeintervallene er redusert fra 1000 og 1500 m til 500 og 1000 m, som passer bedre under norske forhold.

Alle simuleringene vi har utført med RAMMS, tar ikke hensyn til skogens evne til å bremse opp skred, dvs. skredbanene betraktes prinsipielt som bart terreng. Løsneområdene som brukes i modellering er imidlertid avgrenset etter en vurdering av den omkringliggende skogens tilstand og evne til å hindre skredutløsning. Hogst av skog i bratt terreng utenfor løsneområdene benyttet i modellering, kan derfor øke skredfare ved at det vil kunne gi større løsneområder (og dermed skred) enn det som er modellert.

3.5.2 Modeller for steinsprang og steinskred

Programvaren Rockyfor3D v4.1 (Dorren, 2011) er benyttet for alle fire områdene for å modellere potensielle utløpslengder til steinsprang. Resultatene fra modelleringen bidrar som enkel referanse til å vurdere faresoner (nominell årlig sannsynlighet 1/100, 1/1000 og 1/5000). Rockyfor3D gjør en tredimensjonal kalkulering av sannsynlige utløpsbaner for steinsprangblokker som individuelt faller, spretter og/eller ruller ned en skråning.

Modellen bruker en fysisk tilnærming ved å kalkulere sekvenser som har en klassisk parabolisk bevegelse gjennom luften, og som får endret egenskap for hver gang blokken berører en annen flate. En rullende bevegelse representeres av små sekvenser med korte avstander for hver gang blokken berører bakken. Glidende bevegelse modelleres ikke. Modellen regner med et tap av kinetisk energi nedover i skråningen, som påvirkes av blokkens form og egenskapene til bakken (hvor blokken berører en annen flate). Det er også mulig å ta med i beregningen energitap ved sammenstøt av trær, og effekten av sikringsstrukturer (f.eks. steinsprangnett).

Rockyfor3D bruker rasterdatasett med informasjon om topografi, jordtyper, overflateruhet, blokkstørrelse og form, og lokalisering av kildeområder. I tillegg kan informasjon som beskriver skog benyttes i områder der dette er relevant (dvs. i tilfeller der skog er forvaltet som sikringstiltak mot skred).

For topografisk grunnlag til modelleringen er det benyttet digital høydemodell (DHM) over Valldal med 5 m oppløsning (nedskalert fra 1m), med unntak av Sylte hvor det er benyttet en 1m oppløsning. Det er utført modellering av steinsprang fra alle løseområdene med helningsvinkel $> 45^\circ$, i de områder hvor det er kartlagt berggrunn eller tynt dekke med humuslag. Estimeringer av blokkstørrelse og form er utført basert på talusblokker og enkeltliggende steinsprangblokker innmålt i felt. I tillegg er det i felt kartlagt jordtype og overflateruhet for et utvalg avgrensede områder. Høyoppløselige flyfoto og tolkninger av DHM-analyser er brukt for å ekstrapolere informasjonen som ble innhentet fra feltkartlegging til resten av studieområdet. Data som beskriver ulike egenskaper til skogen i de kartlagte områdene ble også innsamlet, men er ikke inkludert som en faktor i utløpsmodellene da det ikke eksisterer per dags dato en norsk lov for bevaring av skog for skredsikringstiltak. For å sørge for gyldige resultat er det kalkulert 250 gjentakelser for hvert scenario. I tillegg er det for Sylte kalkulert 1000 gjentakelser med 1m DHM grunnet kort avstand til urbane områder og område består av fjellsidene med betydelig høyt relieff.

Forholdet mellom størrelsesorden og frekvens basert på volum til steinsprangsblokker er brukt til å definere tre gjentakelsesscenario med årlig sannsynlighet på 1/100, 1/1000, og 1/5000 (tabell 3.5.2.1). Form, høyde, lengde og bredde ble målt på 128 steinsprangblokker felt. Størstedelen av innmålte blokkstørrelser er fra Muribøbrua – Valldalsfonna. Blokkstørrelsene ble innsamlet for å utføre en statistisk analyse og verdiene ble tilpasset en normalfordeling for å definere blokkenes volum (utført for alle fire modellerte områdene). Det er antatt at blokkvolum er inverst proporsjonalt med hendelsesfrekvensen (mindre blokker utløses oftere enn større blokker). Fra normalfordelingen ble verdiene fra de 50, 95 og 100 persentil brukt til å definere gjentakelsesscenario 1/100, 1/1000 og 1/5000, se tabell 3.5.2.1. Enkle antagelser basert på samlet feltdata er benyttet for å fastslå lengde, bredde og høyde for hvert scenario. Blokkdimensjonene er inndata til Rockyfor3D.

Gjentakelsesscenario	Høyde (m)	Lengde (m)	Bredde (m)	Persentil	Volum (m ³)
1/100	1.02	0.69	0.42	50	0.29
1/1000	3.43	2.32	1.39	95	11.06
1/5000	5.95	4.03	2.43	100	58.27

Tabell 3.5.2.1. Blokkstørrelse for tre ulike steinsprangsenarioer i Valldal.

Rocfall (Rocscience) er et program som utfører statistiske analyser i 2D langs utvalgte profiler, og benyttes i dette tilfelle for å sammenligne med resultat fra Rockyfor3D. Til hver enkelt blokk beregnes energi, fart, sprett høyde ("bounce height") og endepunkt for hele skråningens profil. Fordeling kan fremstilt grafisk og omfatter statistikk som blir beregnet automatisk fra programmet (<http://www.rocscience.com/products/12/RocFall>). Parametere for de ulike materialene langs skråningen som benyttes i denne rapporten er kalibrert basert på feltarbeid og tilbake-analysering av tidligere hendelser. I prosjektet er totalt 5 profiler i Sylte området analysert med Rocfall.

Modelleringsresultatene fra denne rapporten har blitt sammenlignet med modellering utført med programvaren HY-STONE i Tafjord området (Crosta m.fl., 2008). Resultat fra 1/100 gjentakelsesscenario (Rockyfor3D) representerer pålitelige resultat sammenlignet med resultat fra Crosta m.fl. (2008). Derimot viser modellert utløpsdistanse for scenarioer 1/1000 og 1/5000 for lang utløpsdistanse sammenlignet med eksisterende steinsprangavsetninger.

Ytterligere modelleringer for steinskred (større ustabiliteter, generelt volume mellom hundre til titusen kubikkmeter) er ikke utført i denne rapporten. Se avsnitt 3.6.2 for begrunnelse og farevurderinger.

3.5.3 Modeller for jordskred

For modelleringen av jordskred brukte vi enkle GIS-baserte modelleringer basert på "siktevinkelkonseptet" og på den empirisk/topografiske modellen Flow-R (fra Univertitet Lausanne; Horton et al., 2008). Modelleringene er basert på den nasjonalt dekkende digitale høydemodellen (DHM), med 10 m oppløsning. Identifiseringen av mulige startområder for jordskred er basert på metoden som er brukt for å lage aktsomhetskart for jordskred i Norge (under utvikling av NGU; Fischer et al., 2012) og supplert med observasjoner/kartlegging under feltarbeidet. Utløpsmodelleringen beregner på en probabilistisk måte utløpet av et skred, og tar bare hensyn til topografien. Dette er ikke en dynamisk modelleringsmetode som også tar hensyn til mekanikken og kinetikken av selve massen (slik som for eksempel RAMMS).

For identifisering av mulige startområder bruker vi en empirisk tilnærming som er basert på de tre topografiske egenskapene; hellingsvinkel, planarkurvatur og størrelse av det vanntilførende dreneringsområdet for hver DHM-celle. Alle tre parametere er hentet fra en DHM ved hjelp av GIS-baserte analyser. En celle er regnet som en startcelle når den oppfyller terskelkriteriet for alle de tre parameterne. Terskelverdier ble tilpasset for ulike løsmassetyper og valgte verdier er for "hellingsvinkel min.": 23-28°, "hellingsvinkel maks.": 45°, planarkurvatur: -0,9 til -1,7 og dreneringsområde: 6000-10000m².

Den første tilnærmingen for å estimere utløpslengde er basert på siktevinkelkonseptet (Fig. 3.5.3.1. (1)). Modellen beregner for hver modellerte startzone en rekkevidde av skredet, basert på en bestemt siktevinkel. Modellen stopper skredet der den totale hellingsvinkelen mellom start og sluttunkt (siktevinkel) har en gitt verdi. Modelleringen ble gjort for forskjellige siktevinkler (20° , 23° og 25°) for sammenlikning og vurdering av maksimal mulig utløpsrekkevidde for skred i ulike topografiske setninger.

I den andre tilnærmingen ble skredutløpet fra hver startzone beregnet ved hjelp av en 'multiple flow direction' modell (Flow-R; Horton et al., 2008), som tar hensyn til topografien. Med en probabilistisk metode beregner modellen i hvilken retning skredet flyter, og med en energibasert beregning hvor langt skredet beveger seg (Fig. 3.5.3.1. (2)). I 'multiple flow direction' modellen flytter skredet seg fra en celle til de neste cellene som har lavere høydeverdier, og det tillates da en viss spredning av skredet (røde piler i Fig. 3.5.3.1. (3)). Hvor mye spredning som tillates kan tilpasses i modellen. I tillegg brukes det en begrensning av den kinetiske energien som fører til at hastigheten av det modellerte skredet ikke kan være større enn en gitt verdi. Denne begrensningen reduserer overestimering av skredutløpet for skred i bratt terreng. Det er brukt parametere som samsvarer med standardverdiene for jordskred i Sveits, Italia og Norge. Gjennomsnittlig helning av skredbanen mellom startpunkt og sluttunkt av utløpet er basert på statistiske analyser av faktiske hendelser. De valgte verdiene er henholdsvis 13 grader for utløpsvinkelen og 15 m/s for den kinetiske energibegrensningen. Modelleringen tar ikke hensyn til vegetasjon eller bebyggelse. Fig. 3.5.3.2. viser et eksempel på "multiple flow direction" modellen (A), og et eksempel på modellen der utløpslengde bare er basert på siktevinkel (siktevinkel på 20°) (B).

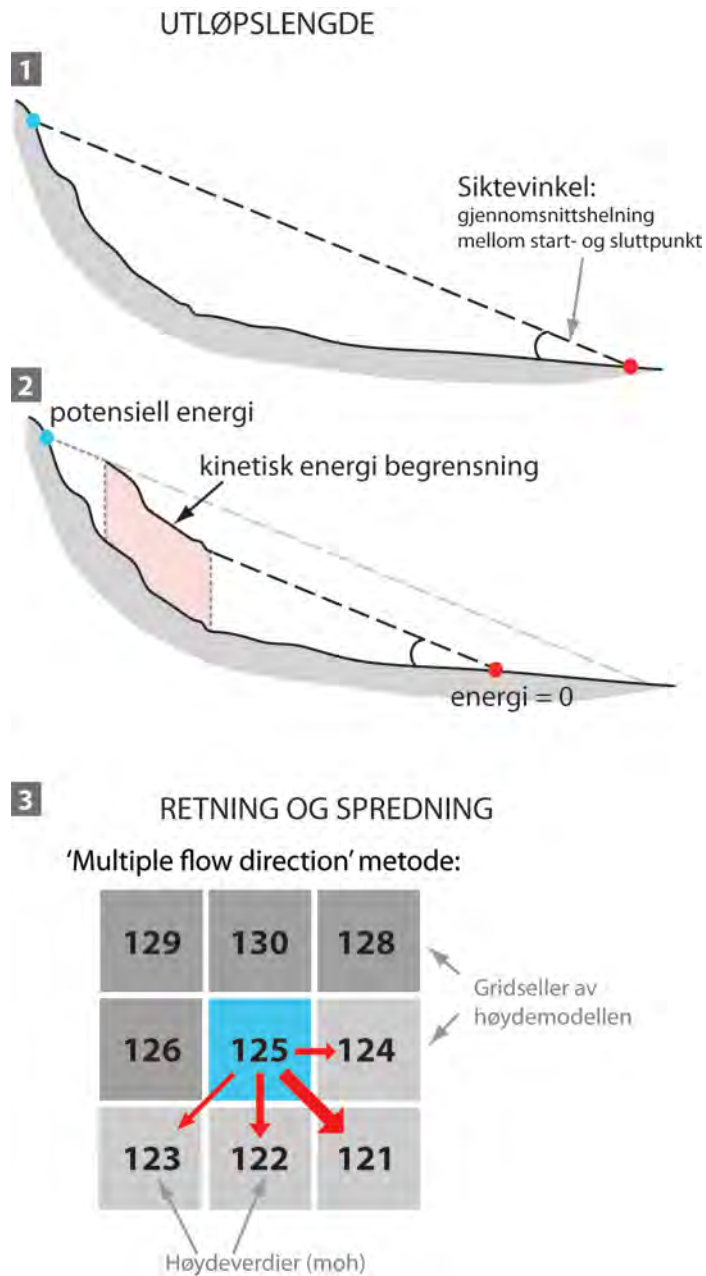


Fig. 3.5.3.1. Prinsipper for jordskredmodelleringen.

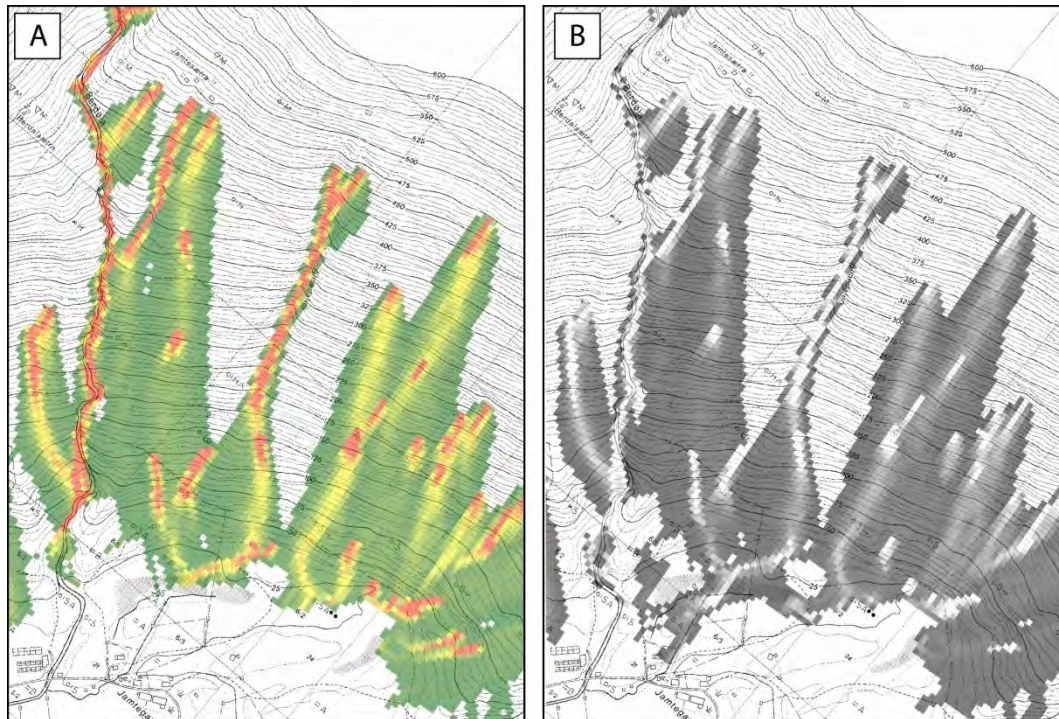


Fig. 3.5.3.2. (A) eksempel på "multiple flow direction" modellen, og (B) eksempel på modellen der utløpslengde bare er basert på siktevinkel (siktevinkel på 20°).

3.6 Vurderinger og vektlegging av ulike datasett ved fastsetting av faregrenser

3.6.1 Snøskred og sørpeskred

Vurderingen har vært i stor grad basert på skjønn og erfaring, dvs. vektlegging av ulike datasett og opplysninger (eks. resultat av numerisk modellering og skredhistorikk) har vært skjønnsmessig tilpasset til de ulike skredbanene. I de fleste tilfellene ble den lengste dokumenterte rekkevidden av snøskred som har gått 1 - 3 ganger de siste 200 – 300 år, antatt å representere det maksimale utløpet av 100 års skred. Utløpet av 1000 og 5000 års skred har generelt vært basert i større grad på resultater av numerisk modellering.

3.6.2 Steinsprang og steinskred

Faresonene for steinsprang er vurdert basert på feltobservasjoner, analyse av steinsprangavsetninger og numerisk modellering (Rockyfor3D og Rocfall) av utløpsområder. Analysen er hierarkisk med høyest relevans til feltobservasjonene og lavest til modelleringen.

Avsetningene er studert i detalj ved hjelp av flyfoto og skyggerelief fra en digital høydemodell (DHM) og 3D-farget skyggerelief kart (Jaboyedoff m.fl., 2004). Numerisk modellering er utført med programvarene Rockyfor3D og Rocfall, som simulerer verste mulige utløpsområde/utløpsdistans for hvert scenario. Resultat fra Rockyfor3D er videre analysert ved hjelp av rasterdatasett "kinematisk energi", "nådd sannsynlighet" og "antall steinsprangblokker avsatt". I tillegg er det for Sylte området vurdert datasettet "antall

blokker” (basert på 1m DHM), som gir sannsynligheten (%) for at steinsprangblokker treffer angitte celler.

Det er i denne rapporten kun utført vurdering av faresoner for steinsprang og ikke definert faresoner for større ustabiliteter (steinskred) observert i kartleggingsområdet. Derimot antas det at utløpsområder til potensielle steinskred i denne rapporten dekkes med faresonen 1/5000, men kan ikke defineres med lik sannsynlighet (1/5000) som steinsprang. For å vurdere rett sannsynlighet må det utføres en detaljert analyse for hver enkel lokalitet.

3.6.3 Jord- og flomskred

Ved fastsetting av faregrensene for jordskred og flomskred i Valldal har datagrunnlaget i all hovedsak vært den geologiske kartleggingen av sedimentene i dalsidene, spor etter tidligere jord- og flomskredaktivitet, samt de GIS-baserte modelleringene som er beskrevet i kapittel 3.5.3. Som generell regel har vi tatt utgangspunkt i 'multiple flow direction' modellen som tillater spredning, og har sammenliknet resultatene av modelleringa med den geologiske kartleggingen. I tillegg er det gjort vurderinger av vegetasjon, størrelse på dreneringsområder og eventuelle menneskelige inngrep i dalsidene, da dette er forhold som ikke er implementert i utløpsmodelleringene.

Hvis modellen har plukket ut startområder og beregnet en skredbane, en utløpsrekkevidde og en spredning som virker fornuftig i forhold til feltkartleggingen, så legges modellen i stor grad til grunn for 1000 års grensa. Dette vil være de tilfellene der vi har kartlagt skredbaner og skredavsetninger som da bekrefter at det har gått skred her tidligere, og der forholdene ellers (terreng, vegetasjon, dreneringsområde og menneskelige inngrep) tilsier at det er sannsynlig at det under dagens forhold vil gå skred her med en frekvens på rundt 1/1000 år). Hvis det er tegn på at skredbanen har vært gjenbrukt flere ganger, hvis skredavsetningene er store i forhold til løpet, hvis det er tegn på aktiv erosjon, eller det er andre forhold som tilsier at det er sannsynlig at skred går med en høyere frekvens enn 1/1000 så er det også tegnet inn en 100 års grense. Denne har ikke samme omfang som 1000 års grensa, da man må regne med at et 1000 års skred vil være større, og bevege seg lenger enn et 100 års skred.

Verken modelleringene eller feltdata gir egentlig noe grunnlag for å fastsette en grense med sannsynlighet for jord- og flomskred på 1/5000. Både et skred med gjentaksintervall på 1000 år og et skred med gjentaksintervall på 5000 år er store, sjeldne hendelser med en utløpsrekkevidde nær det som er fysisk mulig for et jord/flomskred. Det vil derfor ikke være så stor forskjell på utløpsrekkevidden, og 5000 års grensa følger derfor stort sett 1000 års grensa, og er bare lagt litt lenger ut i dalbunnen. Enkelte områder der vi anser sannsynligheten for jord/flomskred til å ligge mellom 1/1000 og 1/5000 har vi imidlertid bare satt en 5000 års grense.

Flomskred med stort innhold av vann kan gå lenger ut i flatere terreng enn det jordskredmodelleringa viser. For å ta høyde for flomskred er faregrensene trukket lenger ut i dalbunnen enn det modellene skulle tilsi der det er kanaler med permanent vannføring og et større dreneringsområde. De ytre delene av slike flomskred, bestående av vann og slam, vil imidlertid kunne nå lenger ut enn faregrensene. Disse ytre delene av flomskredene vil ha mindre skadepotensial på bygninger, og blir ikke tatt hensyn til ved fastsettelse av faregrensene.

4 Område 1 Linge - Murigjerdet

4.1 Geomorfologi og løsmasser

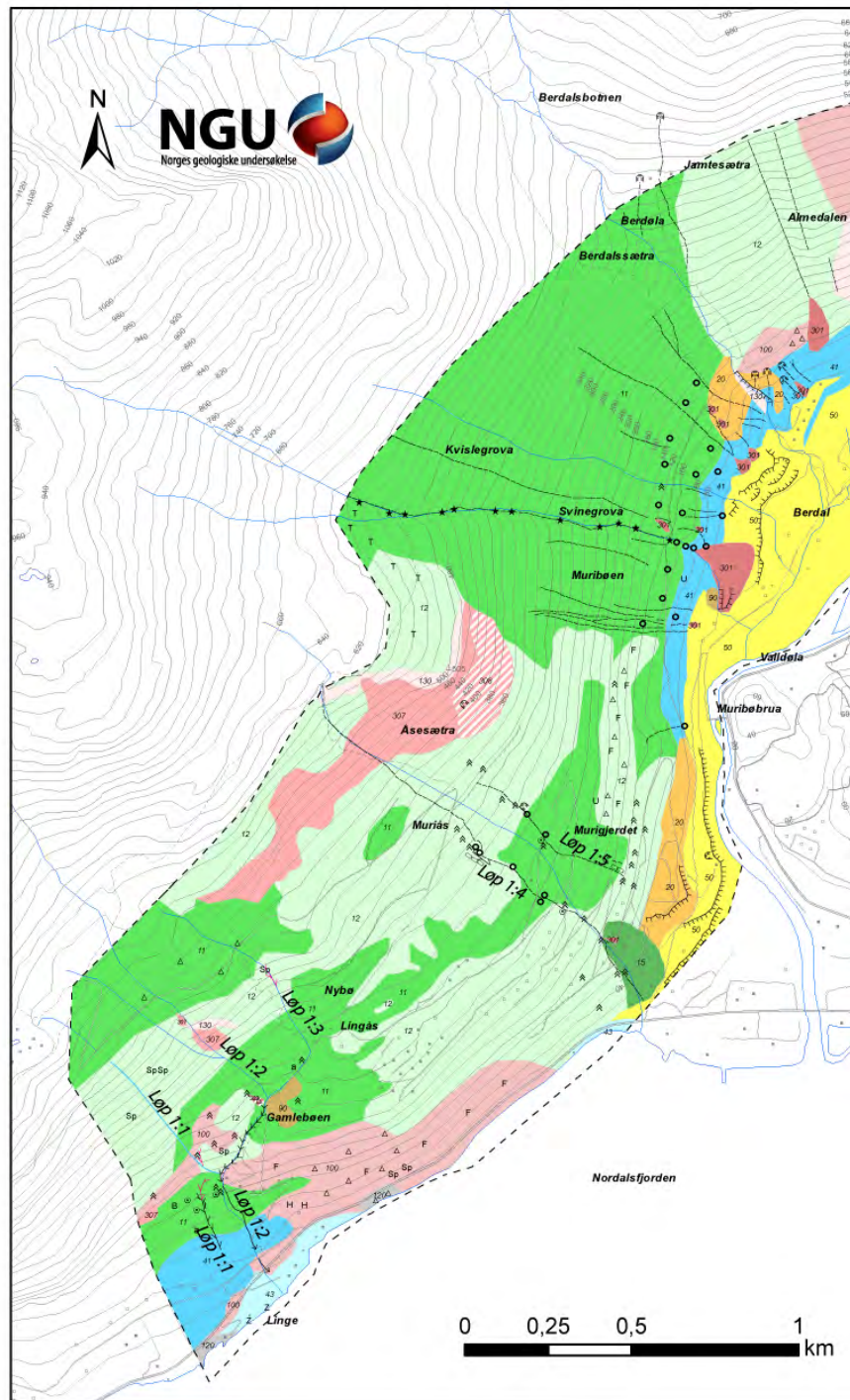


Fig. 4.1.1. Utsnitt av kvartærgeologisk kart. De ulike løp er beskrevet i teksten for jordskred og flomskred. (Tegnforklaring i vedlegg B)

Det vurderte området strekker seg fra fjorden og opp til ca 600 m o.h. ved Åsesetra. Dette sammenfaller omtrent med skoggrensa i området. Området består av en konveks skråning, og har følgelig ingen større vassdrag. Dalsiden er stedvis bratt, med gradienter mellom 30 og 90°. Generelt er det et bratt parti på 20° - 40° fra fjorden eller dalbunnen og opp til ca 200 m o.h. Fra Åsesetra og ned til ca 400 m o.h. er det et annet parti med skråningsvinkel mellom 20° og 40°. I den sørvestre delen av området er det et sammenhengende parti fra Linge og opp til Klovset som er brattere enn 30°.

Genese og mektighet av løsmasser i området er kartlagt og vises på Vedlegg B. I den største delen av området finner vi varierende mektighet av morene over berggrunnen, og små fjellblotninger er utbredt. Ved foten av de brattere partiene ligger steinsprangavsetninger. Dalbunnen er dekket av elveavsetninger, og litt opp i dalsiden finner vi breelvavsetninger hav- og fjordavsetninger.

4.2 Skredhistorikk

Skredhistorikken i Valldal er relativt godt dokumentert tilbake til 1650-tallet. De tilgjengelige opplysningene gjelder spesielt snøskred og skyldes arbeid utført av Arne og Børre Grønningsæter, Astor Furseth og noen rapporter skrevet av NGI. De fleste skredbanene har et eget navn og en nokså kjent historikk. Alle de dokumenterte skredhendelsene er også inkludert i den nasjonale skred databasen tilgjengelig via www.skrednett.no.

Norddal kommune ble hardt rammet av snøskred i den som omtales som ”ulykkesnatta”, den 6. februar 1679. Minst 20 gårder ble skadet og over 70 personer døde da bare i Norddal. Antall mennesker som mistet livet ble minst dobbelt så stort hvis en inkluderer nabokommunene.

I område 1, mellom Linge og Murigjerdet, gikk det antakelig bare ett større snøskred ulykkesnatta i februar 1679, og tok 5 liv ved Muriås - Muri. Skredet skal ha løsnet om lag 900 m oppe i fjellsiden.

Det er imidlertid flere andre kjente ”fonner” som har gått flere ganger (Fig.4.2.1).

Helt i den venstre enden av kartleggingsområdet, gikk et snø- eller sørpeskred ned til sjøen den 18.3.2000. Det er usikkert om dette skredet løsnet høyt oppe på østsiden av Vardefjellet eller i noe lavere høyde like vest for Klovsetsætra, i hvilket tilfelle det kan ha vært et sørpeskred.

Om lag 1 km mot øst finner man Klovfonna. Fra løsneområdet mot toppen av Klovfjellet gikk dette skredet helt ned til sjøen i 1850, og skredet gikk igjen med noe kortere utløp i 1900 og 1942. Skredet medførte skader på uthus like ved gården på Lingås, men selve gården ble aldri nådd fordi skredmassene fulgte forsenket terreng rett vest for den.

Cirka 500 m lengre nordøst, mellom Lingås og Muri, gikk Raudfonna flere ganger, men antakelig ikke så langt ned som Klovfonna og uten betydelige skader.

Når det gjelder øvrige typer skred er det i dette området kun dokumentert noen steinspranghendelser som rammet veien mellom Linge og Sylte i 2001, 2003 og 2005, alle med løsneområder ca. 25 m over veien.

Det er ingen kjente, historiske jordskredhendelser i dette området. Den geologiske kartleggingen viser imidlertid at det har vært flere jord-og flomskredhendelser her etter siste istid (i løpet av de siste ca 12 000 år). Det er flere skredbaner kartlagt i dalsidene (se Figur 4.1.1).

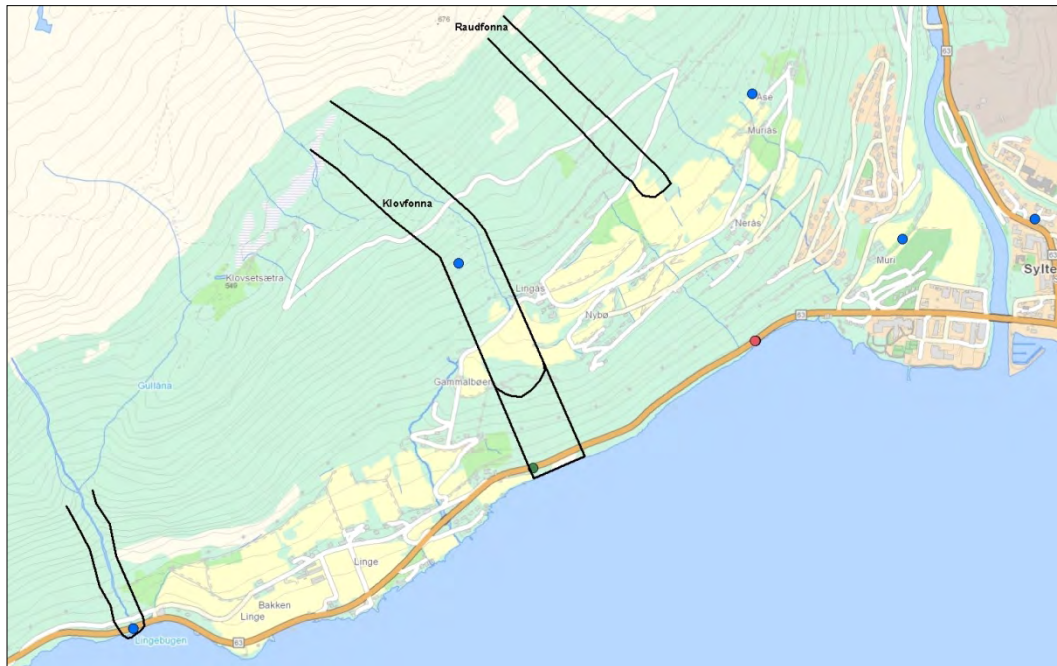


Fig.4.2.1. Kjente skredhendelser i område 1. Hendelsene vist som fargepunkter er fra den nasjonale skreddatabasen (blå farge er snøskred, grønn steinsprang og rød jordskred). Hendelsene vist som linjer er snøskred rapportert av øvrige kilder.

4.3 Observasjoner i terreng

4.3.1 Snøskred og sørpeskred

Første mål har vært å identifisere mulige løснеområder. Et helningskart for området viser at relativt store arealer ovenfor Linge, Lingås og Muriås er karakterisert av terreng mellom 30 og 40°, med mindre terrengpartier mellom 40 og 55° (Fig. 4.3.1.1).

I den vestlige delen av området, ovenfor og vest for Linge, stiger terrenget allerede fra ca. kote 100 med helning over 30°, og flater ikke ut før over ca. kote 750 – 800.

I den midtre delen av området, omtrent ovenfor Lingås, er det et første belte med bratt terreng helt nede mot fjorden (der det ikke har betydning for snøskredfarevurdering), og så er det terreng brattere enn 30° fra ca. kote 250 – 300 og opp til ca. kote 800.

Helt i øst, ved Muriås – Åse, er det først terreng brattere enn 30° mellom ca. kote 100 og 500, og så noen små, bratte terrengpartier i ellers slakere terreng mellom kote 750 og 1000.

Befaringene i dette området ble gjennomført i august 2011 og juni 2012. I tillegg til observasjoner fra lavereliggende punkter er området befart til fots opp til ca. 650 m med utgangspunkt i skogsveien til Klovsetsætra.

Befaringsobservasjoner og flybilder viser at det aller meste av det bratte terrenget i dette området i dag er dekket av skog. Dette er i hovedsak lauvskog, men det er også noen plantefelt (gran) øst for Lingås. Skogen blir generelt vurdert i stand til å forhindre skredutløsning dersom avstanden mellom trærne er mindre enn 5 – 7 m.

Det er imidlertid registrert flere bratte terrengpartier der skogen enten er fraværende eller veldig spredt, slik at snøskred kan løsne. Disse vises i blå farge i Fig. 4.3.1.1 og er diskutert med tilhørende observasjoner nedenfor:

- a- Et større og to litt mindre terrengpartier på sørsiden av Vardefjellet – Hunden, dvs. vest for Klovsetsætra, mellom ca. kote 550 og 780. Det største av de tre består av bart fjell, mens de andre to er områder med tynnere skogsdekke.

Nedenfor løsneområdene er terrenget preget av flere markerte bekkeløp som forenes i et større løp ("Gullåna") fra ca. kote 300. Terrenget er brattere enn 30° ned til ca. 100 m høyde og fortsetter helt ned til fjorden brattere enn 20°. I omtrent hele sin lengde er bekkeløpet ganske rett og relativt godt kanalisert, med flere meter høydeforskjell mellom bunn og omkringliggende terreng. Fra denne skredbanen gikk skred ut i fjorden minst en gang (mars 2000), men vi kunne ikke registrere åpenbare tegn i terreng eller vegetasjon etter dette skredet.

- b- Et større terrengparti på sørsiden av Klovfjellet, mellom ca. kote 650 og 850, delvis med bart fjell og delvis med tynn skog (Fig. 4.3.1.2). Det er også brattere enn 30° ved en liten åpning i skogen nærmere Klovsetsætra, mellom kote 550 og 650.

Det største løsneområdet er det som går under lokalnavnet "Klovfonna". I selve løsneområdet faller terrenget omtrent mot sør, men dreier raskt mot øst – sørøst, lett forsenket langs et bekkeløp. Dette bekkeløpet kommer ut på slakere terreng rett vest for Lingås gård, i ca. kote 220. Her dreier bekken brått med nesten 90° vestover parallelt med skogsveien, for igjen å dreie brått mot fjorden på kote 100.

Fjellsiden langs skredbanen er ellers for det meste dekket av lauvskog, som blir gradvis tynnere over kote 500 og ikke bærer åpenbare tegn etter skred. Vi vet imidlertid at skred har gått i denne banen tre ganger de siste 160 år, og da kom skredet ut på det slake, dyrkede jordet mellom Lingås og Gammalbøen.

I og like under løsneområdet viser vegetasjonen tegn etter hyppige snøskred. Rett nedenfor løsneområdet er det nyligere oppført en ca. 5 m høy fangvoll (Fig. 4.3.1.3) og noen bremsekjegler, angivelig etter vurderinger gjort av fylkesgeolog Einar Anda. Dette er en type tiltak som normalt gjennomføres i utløpsområder, men her har tanken antakelig vært å stoppe skredet rett under startsonen, der hastigheten fortsatt er veldig lav, ved å bruke stedlige masser. Da vi befarte området i juni 2012 var fortsatt halvparten av magasinet bak vollen full av snø. Det ble også registrert tegn etter snøskred i vegetasjonen rett vest for vollen (Fig. 4.3.1.3). Vollens effekt vil bli vurdert og diskutert i Kap. 4.5.1.

Den østlige delen av det samme løsneområdet har eksposisjon mot øst og danner en egen, mindre skredbane kjent som "Raudfonna" mot bebyggelsen Nerås. Det er ikke synlige tegn etter skred i skogen langs skredbanen, men skogen her er preget av menneskelige inngrep (skogsveier, strømlinjer, plantefelt) og er derfor i

en lite aktuell informasjonskilde. Skråningen er åpen og skredbanen ikke kanalisert.

Det minste løснеområdet, rett nord for Klovsetsætra, er et mer åpent skogsparti med slakere terreng og myr like nedenfor.

c- To mindre løснеområder på østsiden av Klovfjellet.

Det laveste løснеområdet er ei sørvendt ur. Området er ca. 250 m langt og strekker seg i gjennomsnitt over et høydeintervall på ca. 50 m mellom kote 400 og 500. Nedenfor den bratte ura er det tett skog, inkl. plantefelt (gran).

Det høyeste løснеområdet er østvendt, ca. 150 m bredt og strekker seg over et høydeintervall på ca. 100 m mellom kote 800 og 900. Dette området er lite vegetert og består delvis av ur og delvis av tilnærmet bart fjell. Nedenfor dette løснеområdet er det bart terreng som gradvis flater ut til ca. 10° mot Åsesætra, og faller videre igjen brattere enn 30°, men helt skogsdekket, mot Åse og Muriås. I skogen ovenfor bebyggelsen er det ingen åpenbare skader etter skred, men det er forholdsvis mye grovt steinmateriale antakelig fra gamle steinskred.

Fig. 4.3.1.1. viser i tillegg et blått område utover terrenget som helningskartet indikerer brattere enn 30°, nemlig ved myra rett vest for Klovsetsætra. Det større løснеområdet som er inntegnet på sørsiden av Klovfjellet (punkt b ovenfor), inkluderer også noe terreng som er slakere enn 30°, helt i vest. I begge tilfeller gjelder det mulige løснеområder for sørpeskred.

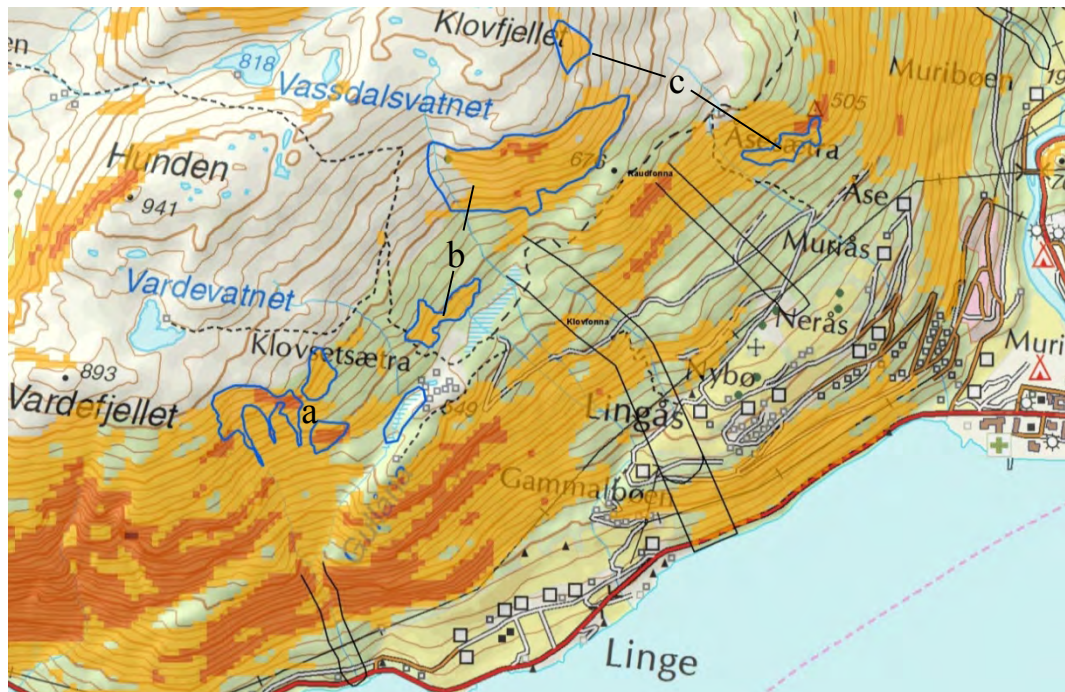


Fig. 4.3.1.1. Helningskart over område 1 (lysere oransje viser terreng 30-40°; mørkere oransje viser terreng 40-55°). Kartet viser også de vurderte løснеområdene (blå linje) og de dokumenterte snøskredhendelsene (svart linje).



Fig. 4.3.1.2. Løsneområdet til Klovfonna, mellom 650 og 850 moh (dette er det største av de to områdene markert "b" i Fig. 4.3.1.1).



Fig. 4.3.1.3. Fangvoll oppført rett under løsneområdet til Klovfonna, mellom 600 og 650 moh.

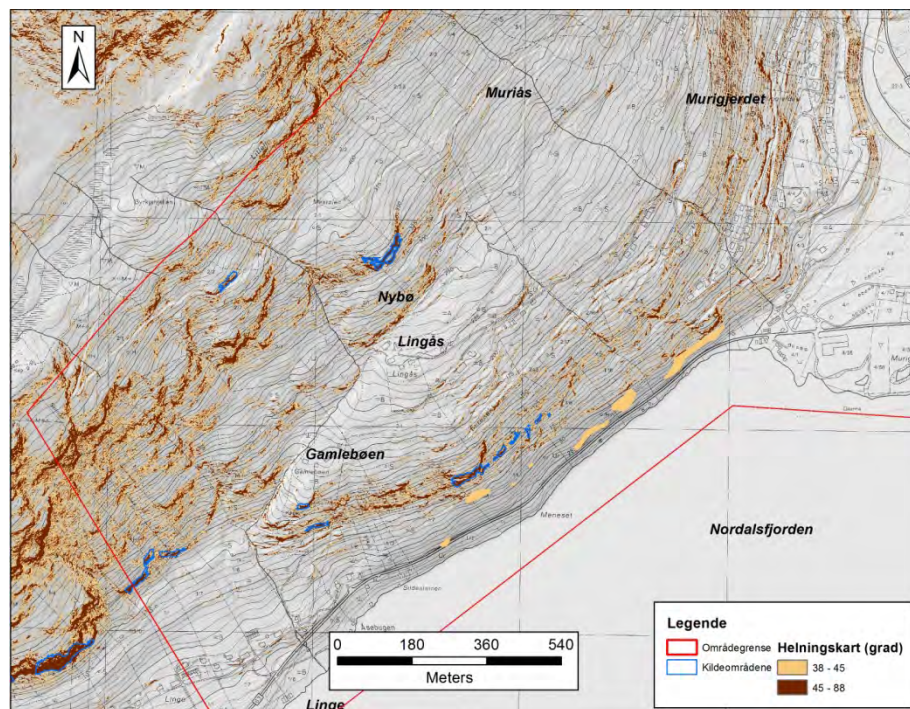
4.3.2 Steinsprang og steinskred

Dette området ble befart i August 2011 og 2012. Utført feltkartleggingen følger kriteriene presentert i delkapittel 3.4.2, og fokuserte hovedsakelig på å identifisere potensielle

kildeområder og beskrive steinsprangavsetning (talus og spredte blokker). Henviser til Tabell 3.5.2.1 (delkapittel 3.5.2) for beskrivelse av de ulike blokkstørrelse.

Mulige løsneområder for steinsprang er lokalisert på bratte sør- til sørøstvendte fjellvegger ovenfor området Linge – Murigjerdet. Derimot er noen bratte skrenter (helningsvinkel >45 grader) ikke vurdert som kilder for steinsprang siden disse skrentene består av morenmateriale og ikke berggrunn. Kildeområder er vist i Fig. 4.3.2.1 med blått linje og er omtalt nedenfor:

- a- Et større område lokalisert øst for Gullåna er vurdert til å være potensiell løsneområde for steinsprang. Her er det lokalisert en sørvendt bratt fjellvegg med relieff på totalt 400m (100m til 500 moh). Det er en fersk (ikke dekt med vegetasjon) talus observert langs foten av fjellsiden. Ved denne nylige avsetningen avtar skråningens helning noe. Bredden av ura varierer langs området og er tydelig bredere mot vest (maks 55m), samt smalere mot øst (min 30m). Avsetningen består av rektangulære blokker med varierende blokkstørrelse (cm til dm). Det er ikke kartlagt noen vesentlig store blokker (flere kubikkmeter) langs denne seksjonen av fjellsiden. Derimot 250m fra fjellsiden er det lokalisert en større blokk på flere kubikkmeter, men denne er vurdert til å være avsetning fra istiden og ikke fra steinsprang (blokken består av runde kanter og delvis nedgravd i jorden). Det er ikke observert flere store blokker langs nedre del av skråningen.



Figur 4.3.2.1. Helningskart med markerte kildeområder (blå linjer) for steinsprang i området Linge– Murigjerdet.

- b- Mot øst endrer skråningens hovedorienteringen seg til SØ og får en mildere fall. Fjellsiden er dekt med skog, men det er noen få klipper (< 4 m høye) lokalisert ved øvre og nedre del av skråningen ved Lingås (fra 150 til 450 moh). Henviser

til figur 4.3.2.2 for eksempel. Kun to av dem er vurdert til å være kildeområde til steinsprang grunnet tilstedeværelse av noe avsetning under fjellblotningene. Blokkstørrelse og form er tilsvarende avsetning beskrevet ved Gullåna. Ved skråningens nedre del avtar helningsvinkelen og har lignende forhold som beskrevet i vest.



Figur 4.3.2.2. Eksempel av potensiell kildeområde for steinsprang ved Lingås.

- c- Åsesætra ligger helt til øst i området (Figur 4.3.2.3), og øvre del av skråningen består av ur som strekker seg fra omtrent 350 moh til 550 moh. Avsetningen er delvis tildekket med vegetasjon og består av både kantete og kantrundet blokker med varierende størrelse (fra cm til flere dm). Helningen av skråningen er brattere (30° til 40°) enn de andre områdene med avsetning. Ingen tydelig kildeområde kan linkes til avsetningen. På bagrunn av disse observasjonene er denne avsetningen vurdert til å være dannet fra andre prosesser enn steinsprang (f.eks. forvitring).



Figur 4.3.2.3 Oversikt over den østlige side av Linge. Pilen viser ur ved Åsesætra.

4.3.3 Jordskred og flomskred

Kartleggingen i dette området viser at alle spor etter tidligere jordskredaktivitet er knyttet til tydelige topografiske løp/kanaler. Det er derfor valgt å ikke tegne inn sammenhengende faregrenser langs foten av dalsiden, men heller legge faresoner rundt hvert enkelt løp som ansees å ha et potensial for jord/flomskred. Det kvartærgeologiske kartet, Vedlegg B og Figur 4.1.1 viser løsmassefordelingen i området, samt kartlagte skredbaner osv. De identifiserte enkeltløpene er nummerert på Fig. 4.1.1 og er beskrevet nedenfor. Skråningshelningen er vist i vedlegg A.

Løp 1:1

Løp 1:1 ligger lengst vest i område 1 og starter ca 520 m o.h., litt øst (ca 150 m) og nedenfor Klovsetsætra. Dette potensielle skredløpet er definert langs et relativt lite, og stedvis utydelig bekkeløp med kontinuerlig, men liten, vannføring. Bekkeløpet går delvis på bart fjell, delvis over større stein/blokk og er delvis skåret ned i morene av varierende tykkelse. Ca halvveis ned ledes bekken inn i løp 1:2 i øst. Litt overfor møtepunktet med løp 1:2 er det tegn på aktiv overflateerosjon av mindre stein og grus som så er avsatt ut i skogen på sidene av bekkeløpet. Dette indikerer ikke jordskred, men viser at det er store sesongvariasjoner i vannføring som på det høyeste klarer å transportere grus og stein ut av kanalen. De siste 40 m før bekkemøtet er det laget en mindre voll på nedsiden av bekken, trolig for å lede bekkene sikkert sammen og for å unngå oversvømmelse som kunne gå videre ned i den nå avsondrede nedre del av løp 1:1. Dette tørre bekkeløpet er i øvre deler opp til 5 m dypt, men blir raskt grunnere til en grøft og er i nedre del helt fylt igjen og oppdyrket, og det er umulig med tilgjengelige data å si om det tidligere har vært

et dypere løp med eventuelle spor etter jord- flomskred ned mot fjorden. Løpet er imidlertid fortsatt synlig på kotebildet i detaljkart (www.norgeskart.no 1:1000) og avmerket som et kort bekkeløp. Løp 1:1 og 1:2 er altså i de nedre delene i dag samlet i ett bekkeløp, men er i farevurderingen også betraktet som separate potensielle skredløp, da større skred fra langt oppe i løp 1:1 kan ha potensial til å gå over den anlagte vollen slik at skredmassene følger det gamle løpet ned mot fjorden.

Løp 1:2

Løp 1:2 starter ca 700 m o.h., og går ned som to mindre bekkeløp som finner seg vei ned en ujevn skråning med fjellhyller og morene av varierende mektighet, og løper sammen ca 450 m o.h. Bekkene skjærer seg 0,5 - 3 m ned i morenedekket. Ca 100 m over Gammelbøen går det nå samlede bekkeløpet over en fjellknaus og danner en liten foss. Under denne lille fossen ligger et vifteformet område hvor tidligere jord/flomskredavsetninger kan ha blitt avsatt slik at overflaten i dag er dekket med stein, hvor den lille bekken sprer seg over større bredde. Herfra går løpet videre etter en 90 grader sving vestover ned i en opptil 7 m dyp ravine. Denne ravina er erodert ned til, og til dels ned i, fast fjell. Denne ravina, og andre kortere løp på denne delen av skråningen, kan være initiert som erosjonsformer i breelver ved siste deglasiasjon. Den er i så fall blitt gjenbrukt som dagens bekkeløp, og er dermed blitt videre fordypet. Løp 1:2 forsetter videre ned ca 300 m til den møter bekken fra løp 1:1 og gjør en brå sving ned mot fjorden. Rett før svingen står et hjortestengsel med en stor stokk tvers over bekkeløpet (notert august 2011). Ved høy vannføring kan stengselet danne en demning ved at vegetasjon og annet setter seg fast i det. Etter svingen er løpet steinsatt. Lengre ned går løpet direkte på flate fjellheller rett før det krysser under vei 63 i en steinsatt tunnel og fortsetter den siste biten som en liten bekk over løsmasser ned til fjorden.

I den nedre delen av løpet finns ingen synlige tegn på jord- flomskredavsetninger, men oppdyrking og planering kan ha visket ut slike spor. Lokalkjente opplyser at det for ca 10 år siden var et flomtilfelle i denne bekken som etterpå blei steinsatt.

Løp 1:3

Løp 1:3 er et mindre bekkeløp, og er vurdert fra 500 m o.h. og ned til Lingås. Bekkeløpet ligger i rør under den nylig bygde grusveien opp til Klovsetsætra. Det er laget et sedimentasjonsbasseng rett over veien ved stikkrenna som består av to rør med ca 30 cm diameter. Ved feltbefaring i 2012 var sedimentasjonsbassenget og stikkrenna halvt gjenfylt med grus og rask. Bekken nedstrøms grusveien løper over morene og over noen få mindre fjellhyller ned til rett vest for Lingås gård. Bekken er meget liten her nederst og svinger vestover langs grusveien mellom Lingås og Gammalbøen. Bekken drenerer her i veggroften. Det er ingen tydelige geologiske tegn på tidligere jord/flomskred langs løpet, men modelleringene plukker ut startsoner i dette løpet, og stikkrenna oppe ved den nye grusveien kan føre til økt skredfare her. Dette er grunnen til at bekken blir definert som et potensielt skredløp.

Løp 1:4

Det vurderte skredløpet starter ved Åsesetra 600 m o.h., og går ned til dalbunnen. Det er ikke registrert skredhendelser i historisk tid her, det foreligger ingen stratigrafiske data, og vurderingen er derfor basert på funn i terrenget.

Skredløpet går i en bekk med kontinuerlig vannføring. Fra 600 ned til 425 m o.h. er terrenghelningen i hovedsak mellom 30 og 45°, og overflata er dekket av steinsprangmateriale. Over 350 m o.h. er skredløpet opp til 3 m djupt og opp til 13 m bredt. Mellom 425 og 150 m o.h. er kanalen i hovedsak slakere enn 25° med unntak av småpartier rundt 30°, og overflata er dominert av tynn morene. Et mindre parti med tjukk morene er kartlagt. Fra 150 til 90 m o.h. er terrenghelningen brattere enn 30 gr, og løpet er skåret ned opp til 5 m djupt. Mellom 300 og 250 m o.h. viser gamle leveer at skredløpet har hatt en annen bane enn dagens bekkeløp. Ansamling av stein, grus og vegetasjon danner plugger, små demninger, mange steder i hele løpets lengde ovenfor bebyggelsen.

Bekken går i stikkrenne under grusveien til Klovsætra. Stikkrenna består av to små rør, ca 15 cm i diameter. På oversiden av veien har det nylig gått et lite jordskred i morenematerialet i bekkeløpet. På og nedenfor veien er det spor etter flomvann som har gått over veien og lagt igjen grus og stein utenfor bekkeløpet. Bekken har ikke erodert ned til fjell i dette området.

Flere veger krysser løpet, bl. a. ved 180, 165, 130, 90 og 75 m o.h. Fra det naturlige løpet ovenfor boligfeltet, 90 m o.h., ledes bekken videre gjennom boligfeltet i en betongstøpt 1,5 m djup dreneringskanal med en 30° knekk. Boligfeltet ligger på en morenerygg som øverst danner et slakere parti i dalsiden og kan derfor fungere som et mulig avsetningsområde for jord/flomskred. Hele det potensielle avsetningsområdet er bebygd med boliger. En mindre jordskredavsetning er, på grunnlag av morfologien, registrert blant bolighusene. Dersom dreiskanalen blokkeres i knekken vil et eventuell jord- eller flomskred spre seg utenfor kanalen. Det kan også danne nytt løp lengre nord (som vist i modelleringene på figur). Skredet vil også møte brattere terreng, kunne akselerere og eventuelt erodere i jordmassene.

Løp 1:5

Det kartlagte skredløpet starter ca 315 m o.h. og kan følges ned til ca 100 m o.h. ca 250 m sør for Murigjerdet. Løpet er avdekket ved feltbefaring og synes på skyggekartet basert på DHM. Fra starten og ned til ca 250 m o.h. går løpet gjennom et tynt morenedekke med flere fjellblotninger. Helningsgraden i dette området er opp mot 27°. Både små utglidninger i løsmassedekket og jordskredavsetninger er registrert langs denne øvre strekningen. Videre ned mot ca 120 m o.h. blir morenedekket mektigere. Helningsgraden øker i denne delen av løpet fra bare ca 15° øverst til opp mot 36° rundt 125 m o.h. I disse bratteste delene av løpet finner vi utglidninger i løsmassedekket, flere skredløp og leveer. Løpet er ledet inn i en kum og lagt i rør fra ca 100 m o.h. Denne dreneringen var tett ved feltbefaring i 2012 Nedstrøms for dette punktet blir terrengformen mer konveks. En ca 100 m bred breelvterrasse med tilnærmet horisontal overflate ligger ved skråningsfoten.

Murigjerdet

Ved Murigjerde ligger det en breelvterrasse ca 50 m o.h. som er omlag 60 m brei og har en ca 30° bratt skråning ned mot elvterrassen nedenfor. Elvterrassen er flat på toppen, og har en 20 m høy, og over 30° bratt skrent ned mot Valldøla. I denne skrenten gikk det et skred våren 2011 (Fig. 4.3.3.1.), og det er også spor etter eldre, liknende skred her.



Fig. 4.3.3.1. Skred i kanten av elveterrassen ved Murigjerde.

4.4 Modelleringsarbeid

4.4.1 Snøskred

Ved modellering av snøskred i dette området, forutsettes utløsning av flak med gjennomsnittlig tykkelse på 1,5 m (mobilisert volum på 80.000 m³) for det vestligste løснеområdet, med gjennomsnittlig tykkelse på 1 m (volum 160.000 m³) for det største løснеområdet, som ”mater” to ulike skredbaner (Klovfonna og Raudfonna) og en tykkelse på 1,5 m (volum 30.000 m³) for det minste løснеområdet, helt nord i fig. 4.3.1.2.

Deler av det største løснеområdet er dekket av skog, og det er derfor usikker om hele område kan bli utløst samtidig. Deler av dette løснеområdet har dessuten en litt konveks form (dvs. en antydning til rygg), og dette er grunnen til at for dette løснеområdet er det forutsatt en utløst tykkelse på 1 m og ikke 1,5 m som for de øvrige og noe mer skålformede løснеområder.

Fig. 4.4.1.1 viser skredhastighetene og skredutløpet beregnet av RAMMS for de aktuelle skredbaner. Skredbanen langs Gullåna (til venstre i bildet) er både brattest og sterkt kanalisert, og skred der oppnår vesentlig større hastigheter, opp til 49 m/s, med beregnet utløp helt ned til fjorden. Den vestlige banen fra det midtre løснеområdet (Klovfonna) er også noe kanalisert, men i snitt mindre bratt enn Gullåna, og skred der oppnår en maksimal hastighet i underkant av 40 m/s, som raskt avtar når skredet kommer ut på utflatingen vest for Lingås gård. Derfra fortsetter hovedparten av skredet rett ned mot fjorden, mens en mindre del tar et noe sørligere løp.

Den østlige delen av det samme store løснеområdet (Raudfonna) er ikke kanalisert, men går i åpent eller konvekst terreng, noe som gjør at hastighetene blir en del lavere. Ifølge modellen kan skred likevel nå ut til fjorden og Syltes vestligste strøk, men det tar ikke

hensyn til skogen langs skredbanen (som i virkeligheten har desto større evne til å bremse opp og stoppe et skred desto lavere skredhastigheten er i utgangspunktet). Sist, skred fra det minste modellerte løснеområdet i dette delområdet får lavest maksimale hastighet (ca. 20 m/s) på grunn av lite mobilisert volum, slik at terrengutflatningen i overkanten av skogen synes tilstrekkelig til å dreie og stoppe opp skredet.

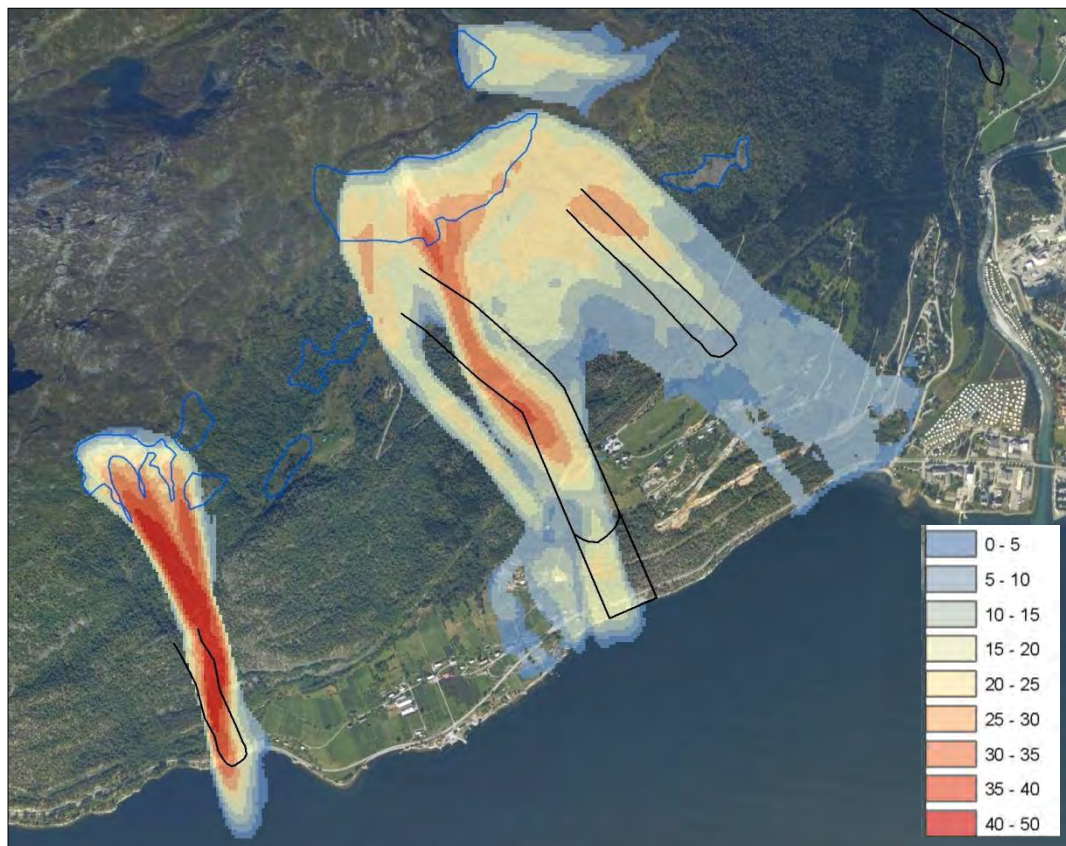
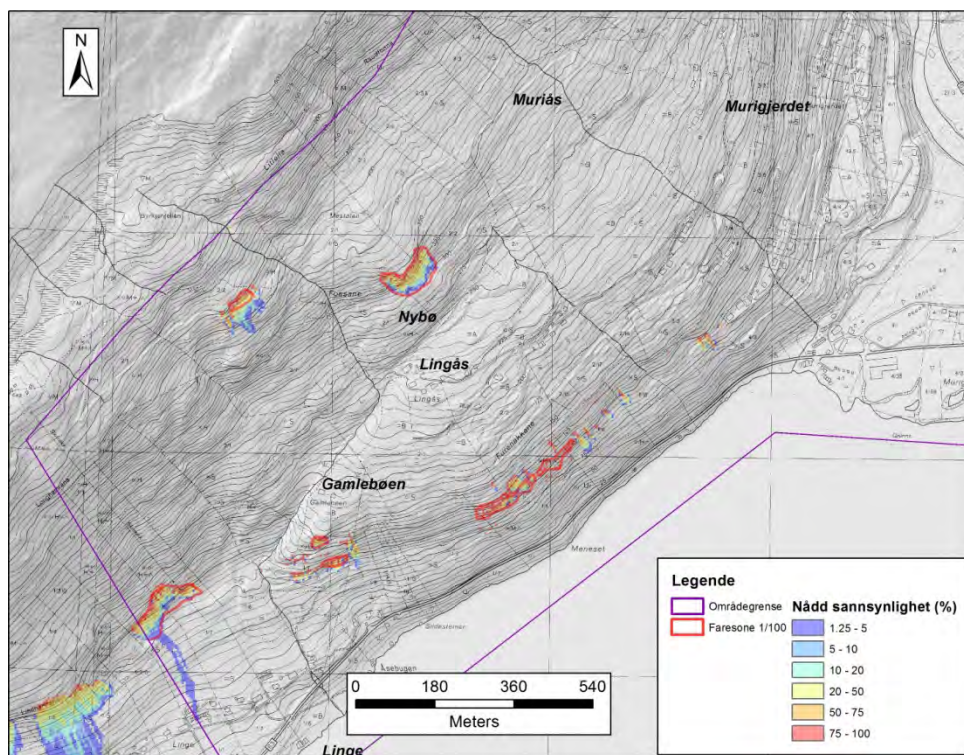


Fig.4.4.1.1. Snøskredmodellering (skredhastigheter, i m/s). Figuren viser også omtrentlig avgrensning av tidligere snøskred (svarte linjer) og de vurderte utløsningsområdene (blå linjer).

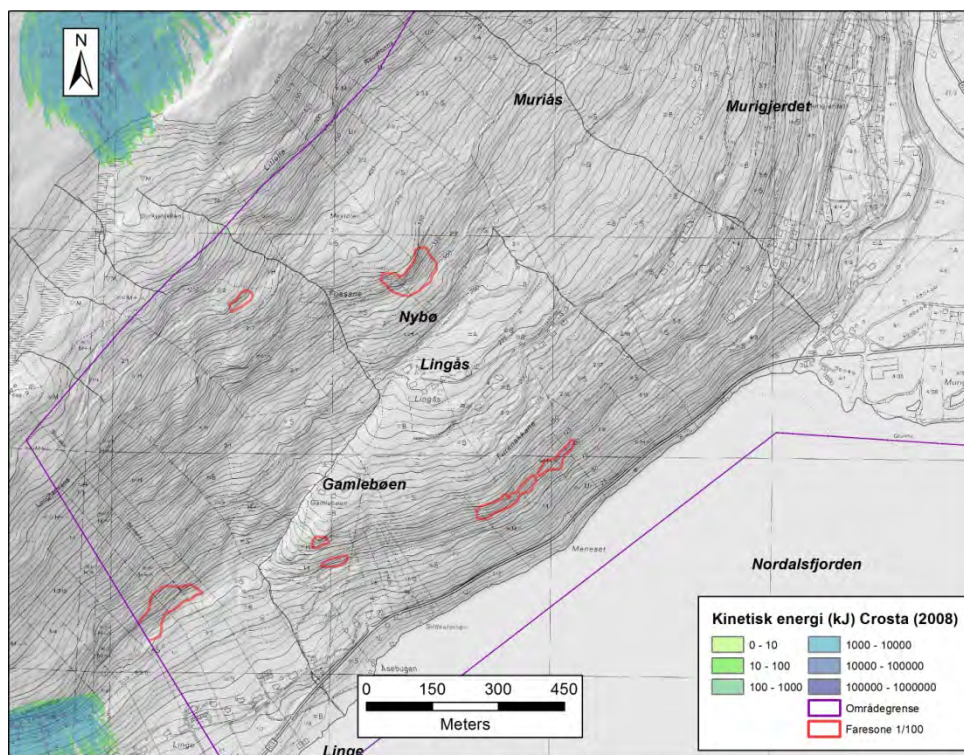
4.4.2 Steinsprang og steinskred

Henviser til delkapittel 3.5.2 og 3.6.2 for metodebeskrivelse av modellering og definisjoner av gjentakelsesscenario for faresoner. Eksempel av resultat fra Rockyfor3D er illustrert Figur 4.4.2.1, samt resultat HY-STONE figur 4.4.2.2 (fra Crosta m.fl., 2008).

Generelt gir modellert utløpsområder en større rekkevidde enn eksisterende avsetningen (både ved langstrakt og kjegleformet ur). Dette kan forklares med at modellering gir økt moment grunnet bratt helningsvinkel, og har samme utfall selv om man benytter lav restitusjonskoeffisient. Resultat fra Crosta m.fl. (2008) betrakter kun avsetningen i det vestlige området, som ligger utenom kartleggingsområdet for denne rapporten, men viser lignende trend som 1/100 scenario presentert i denne rapporten.



Figur 4.4.2.1. Resultat av "nådd sannsynlighet" modellert med Rockyfor3D med valgte parametere for scenario 1/100. Rød polygon representerer fastslått faresone 1/100 i dette området.



Figur 4.4.2.2. Resultat av kinetisk energi modellert med HY-STONE (fra Crosta m. fl., 2008). Rød polygon representerer fastslått faresone 1/100 i dette området.

4.4.3 Jordskred

Modelleringene er utført slik de er forklart i kapittel 3.5.3. De samme parameterne er brukt for hele det kartlagte området i Valldal, og det er således ikke gjort lokale tilpasninger for området Linge – Murigjerdet. Modelleringene for dette området er vist i figur 4.4.3.1

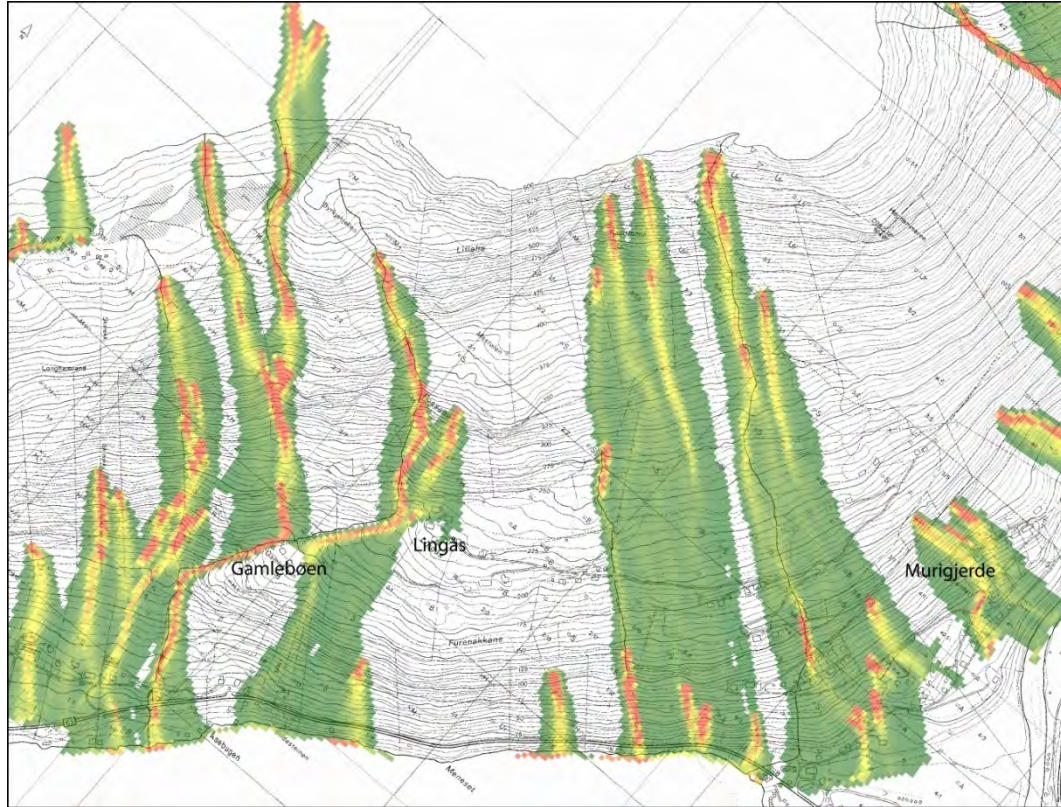


Fig. 4.4.3.1. Modelleringsresultater ved bruk av "multiple flow direction" modellen for området Linge – Murigjerdet.

4.5 Skredfarevurdering

4.5.1 Snøskred og sørpeskred

Både resultater av skredmodellering og skredhistorikken indikerer at skred i den vestligste banen (Gullåna) kan nå ut til fjorden (Fig. 4.4.1.1). Denne skredbanen kan gi snøskred med start langt oppe i fjellsiden, men også sørpeskred med start lengre øst i slakere terreng like ved Klovsætra. Ut fra skredhistorikk og modellering, mener vi at snøskred eller sørpeskred kan nå ut til vegen og fjorden minst en gang pr 100. år (Fig. 4.5.1.1). Enda sjeldnere skred med gjentakintervall på 1000 og 5000 år vil i tillegg, på grunn av større volum, bre seg mer ut i utløpsområdet.

Det største løснеområdet (Fig. 4.4.1.1) mater egentlig to forskjellige skredbaner. Den vestlige (Klovfonna) har gått i snitt med 50 - 60 år imellom ned til 180 - 250 m høyde, uten å treffe bygg på Lingås fordi terrenget synes å styre skredet unna gården, sørover. En gang skal skred herfra ha gått helt ned til fjorden. Vollen og kjeglene som i senere år ble

bygd rett nedenfor løsneområdet, reduserer sannsynligheten for nye slike hendelser. Vegetasjonen ved den sørvestlige enden av vollen viser imidlertid tegn på snøskred (bakgrunn i Fig. 4.3.1.3), og vi mener derfor at vollen for å eliminere faren helt burde vært lengre og gjerne noen meter høyere (bilder vi tok i midten av juni viser at den blir nesten nedsnødd og forblir slik til sen vår). Resultatet av modellering og våre faresoner tar derfor ikke hensyn til vollen slik den er i dag (Fig. 4.5.1.1).

Den andre skredbanen går nordøst for Lingås (Raudfonna), og har vesentlig mindre skredhistorikk enn Klovfonna. Modelleringsresultatet viser at skred teoretisk kan nå ned til fjorden og Syltes vestkant, men hastighetene fra ca. 300 m høyde er ganske lave (ca. 10 m/s) og dette uten å ta hensyn til tettskogen som dekker store deler av skredbanen. Vi mener derfor å ha grunn til å redusere faresonene i forhold til modelleringsresultatet, og mer i henhold med skredbanens historikk (Fig. 4.5.1.1).

De øvrige løsneområdene er vesentlig mindre, og vil kunne gi snøskred med mindre rekkevidde, ikke i stand til å nå bebyggelsen etter vår vurdering.

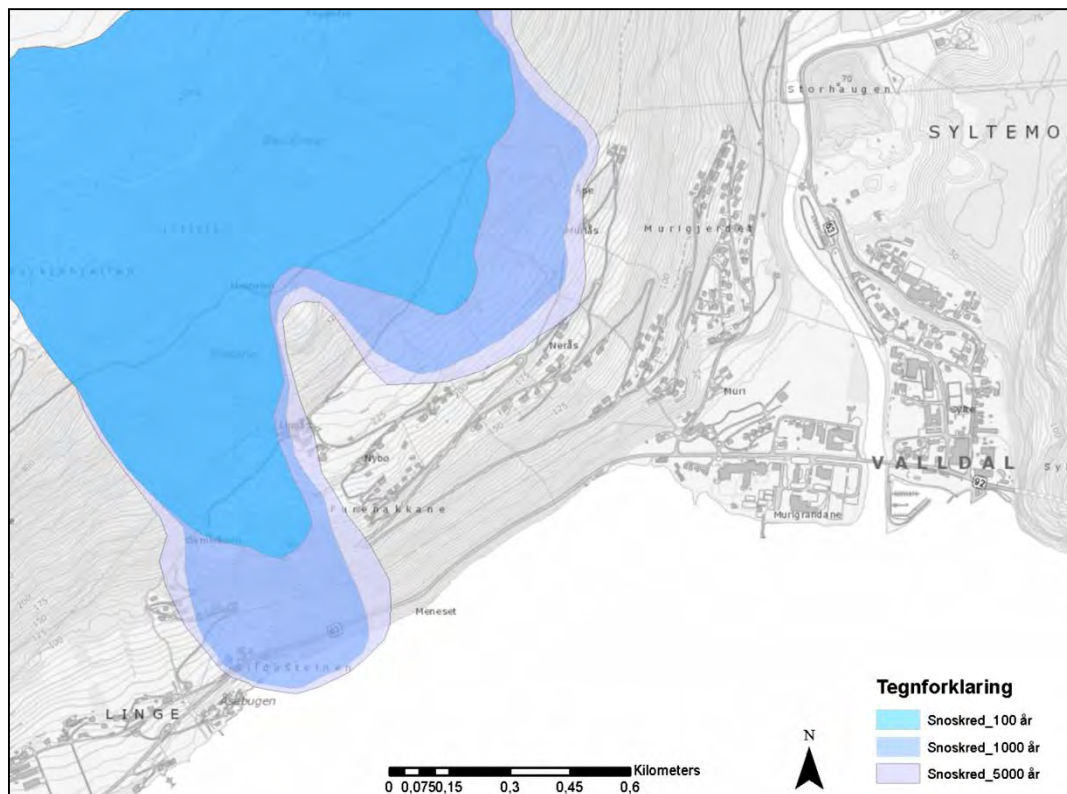


Fig. 4.5.1.1. Faresoner for snøskred, område 1.

4.5.2 Steinsprang og steinskred

Vurdering av faresoner er utført i henhold til kapittel 3.6.2. Resultatene fra numerisk modellering er kun tatt med som enkel referanse, siden det er observert at programmene overestimerer utløpsdistansen. Henviser til figur 4.5.2.1 for utarbeidet faresonekart.

Merk at den største faresonen som er avdekket er lokalisert utenom områdegrensen i dette prosjektet, men er likevel inkludert i figur 4.5.2.1 for opplysning. Det er derimot ikke inkludert en detaljert beskrivelse i teksten under for disse faresonene.

Faresone 1/100:

Sju faresoner er definert innen 100 års grensa, hvor en sone er lokalisert ved Gullåna, fire soner ved Lingås (øvre og en nedre sone) og to soner lokalisert sør ved Gamlebøen.

Alle sju områdene er knyttet til relativ små kildeområder med både lav relieff og lav energi. Ingen bygninger er innenfor 100 års grensa for de tre faresonen lokalisert ved Gullåna og Lingås. Derimot er det flere kabellinjer, sideveier og skogsområder innenfor disse sonene. En av de faresonene lokalisert sør for Gamlebøen er nærliggende to mindre bygninger.

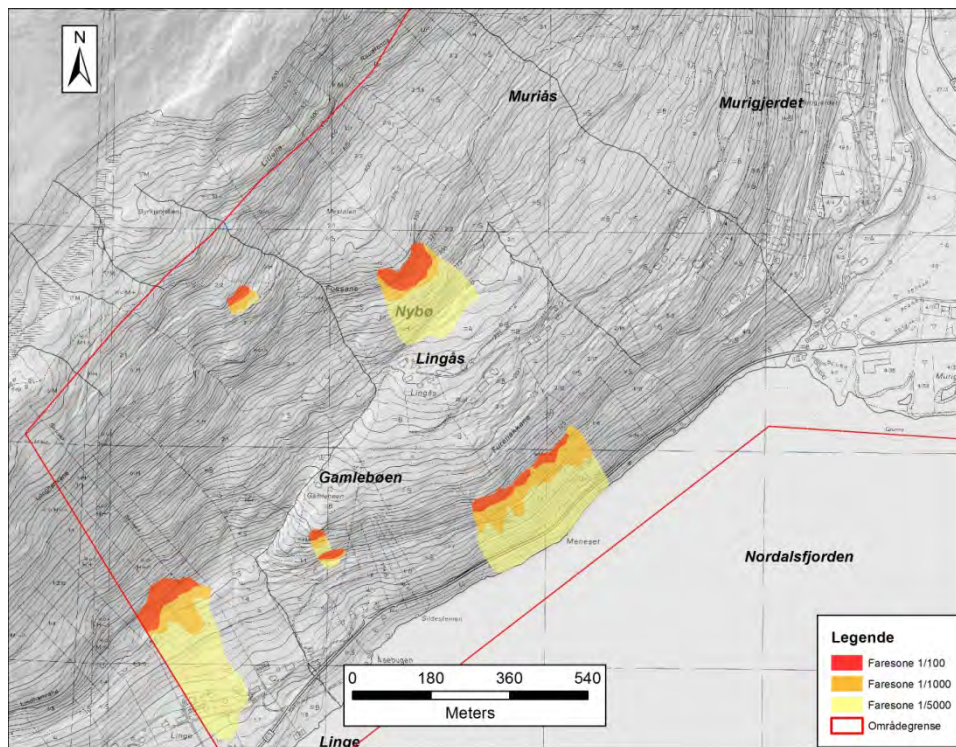
Faresone 1/1000:

Seks faresoner er definert innen 1000 års grensa, hvor en sone er lokalisert ved Gullåna , tre soner ved Lingås (øvre og en nedre sone) og to soner lokalisert sør ved Gamlebøen.

De seks sonene er knyttet til mindre kildeområder og underliggende avsetninger som både er helt dekket og uten vegetasjon. Ingen bygninger er innenfor 1000 års grensa for de tre faresonene lokalisert ved Gullåna og Lingås. Derimot er det flere kabellinjer, sideveier og skogsområder innenfor sonene. Faresonene lokalisert sør for Gamlebøen har en bygning lokalisert delvis innefor sonene.

Faresone 1/5000:

Fem områder er vurdert til lav årlig skredfrekvens (1/5000) for steinsprang. Denne faresonen dekker et større areal enn både 100 og 1000 års grensa, med unntak av øvre Lingås. To bygninger er innenfor sonen ved Gamlebøen, samt fire bygninger er inkludert ved nedre del av Gullåna. I tillegg dekker sonen flere veger og kraftledninger.



Figur 4.5.2.1. Faresonekart for steinsprang, område 1 (Linge – Murigjerdet).

4.5.3 Jordskred og flomskred

Det er ingen kjente historiske jordskredhendelser i dette område, og effekten av episoder med høy nedbørsintensitet (kap. 2) er derfor generelt usikker. Farevurderingen er derfor basert på geologisk tolkning av området jamført med modelleringsresultater.

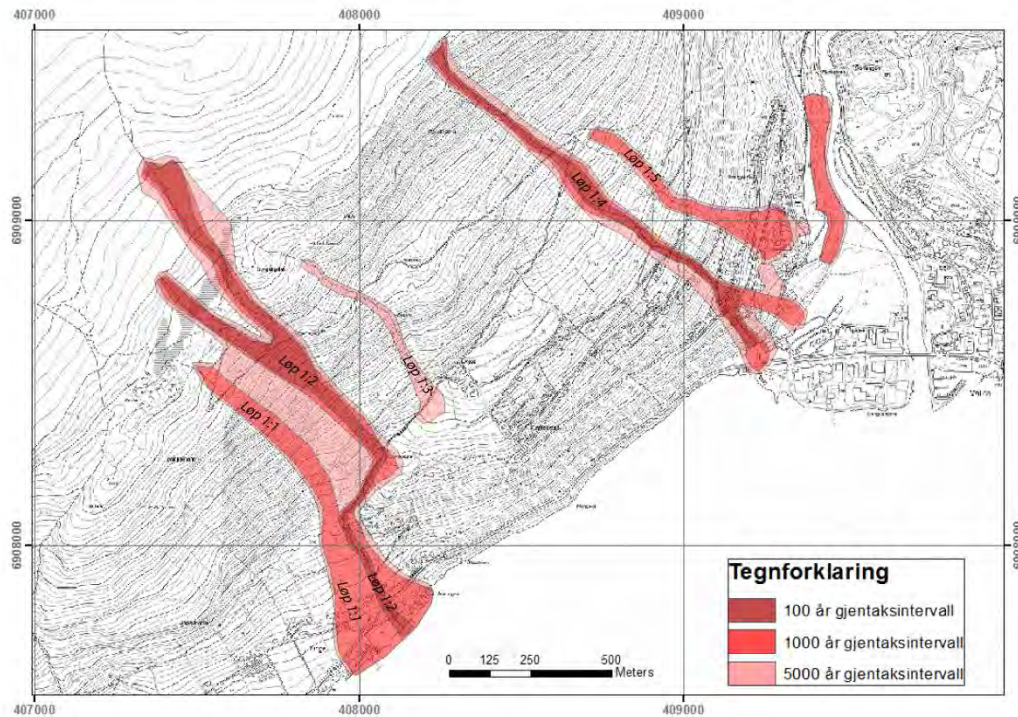


Fig. 4.5.3.1. Faresoner for jord- og flomskred, Område 1. Øvre deler av faresonene er kuttet i det endelige faresonekartet.

Løp 1.1

Det er ingen geologiske spor av skred langs løpet, men noe tegn på materialtransport i og ved siden av bekkeløpet det seneste året. Det er bratt nok i øvre del av løpet for igangsetning av jordskred og det finnes tilgjengelige løsmasser langs løpet. Modelleringen plukker ut utløsningsområder i bekkeløpet, og vi vurderer dette som et potensielt skredløp, men med lav sannsynlighet for skredhendelser. Det antas at et større flomskred fra øvre del av løpet kan erodere og ødelegge jordvullen som leder bekkeløpet sammen med løp 1:2, og at et slikt skred dermed kan fortsette ned i det gamle, nå tørre, bekkeløpet. I et slikt tilfelle kan skredmasser bevege seg ned langs det gamle løpet og spre seg brett ut over den nederste planerte og oppdyrkede delen av løpet.

Løp 1.2

Hjortestengselet som nesten stenger løpet i nedre del sees på som ugunstig og øker faren for oppdemming av løpet ved flom og skred. Dersom en slik oppdemming brister vil det

forverre situasjonen nedstrøms, bl.a. for bebyggelse på Linge. En flomhendelse for ca 10 år siden utløste steinsetting av den nedre delen av løpet. Flomhendelsen, den dype nedskjæringen i deler av løpet, tilgang på sedimenter langs løpet og total høyde til potensiell startzone gir grunnlag for å sette en 1/100-års grense i farevurderingen. Grensene er satt basert på modellering og hensyn til observasjoner i terrenget. Den meget dype nedskjæringen i løpet tilsier en lavere fare for spredning av et 100 års skred utenfor løpet. En 1/1000-års faregrense er imidlertid angitt med noe større spredning da større skredvolum øker faren for at massene går ut over siden av løpet. Det antas at en slik stor hendelse vil kunne ramme Gamlebøen dersom løpet blir blokkert der bekken gjør en skarp sving like ovenfor.

Løp 1.3

Det er ingen kjente jordskredhendelser her og ingen tydelige geologiske spor etter slike. Slike spor kan imidlertid være fjernet ved oppdyrking av det potensielle avsetningsområdet. Grusveien som krysser bekkeløpet kan ha økt faren for skred. Ved høy nedbør kan oppdemning gi erosjon som leder til flomskred videre ned løpet. Mangelen på geologiske spor tilsier en lav frekvens av flomskred i dette løpet og det er derfor bare laget faresone med gjentakintervall 1/5000 år.

Løp 1.4

En rekke mindre jordskredavsetninger og leveer langs løpet indikerer en viss jord- og flomskredaktivitet, og vi finner det derfor rimelig å ta utgangspunkt i de startområdene som kommer fram i modelleringen. At det ikke er svært mange startceller har sammenheng med terrengets generelle konvekse form. Områder med tynt løsmassedekke kan gi oppbygning av høgt poretrykk, men volumet av et eventuelt jordskred fra disse områdene vil være begrenset. Kraftige nedskjæringer langs andre deler av løpet, samt oppdemning viser at materialtilgangen er stor nok for å danne jordskred. Det er ikke funnet større jord- eller flomskredvifter ved utløpet av bekken, men slike akkumulasjoner kan være fjernet av elva i dalbunnen eller avsatt under havnivå. Bebyggelsen nederst i dalsiden kan også skjule eventuelle skredavsetninger. Blokkering av stikkrenner under veger ansees som et potensielt problem, og det samme gjelder eventuell blokkering av en betongstøpt dreneringskanal i boligfeltet.

Funn av en rekke jordskredavsetninger indikerer at løpet er gjenbrukt flere ganger og danner grunnlaget for plasseringen av en 1/100-års grense for jord- og flomskred som i stor grad følger løpet. Den konvekse terrengformen sammen med knekken i den støpte dreneringskanalen i boligfeltet vil kunne gi større spredning her, og faregrensen er utvidet tilsvarende. Plasseringen av 1/1000-års faregrense er gjort på basis av utløpsmodelleringen. På grunn av terrengets konvekse form nedenfor boligfeltet er denne faregrensen lagt langs to løp. At et skred kan ta et nytt løp nord for dagens bekk kommer også godt fram på modelleringene (figur 4.4.3.1).

Løp 1.5

Farevurderingene for dette området er basert på feltobservasjoner da skredløpet ikke fremkommer ved modellering av startområder og følgelig heller ikke ved utløpsmodellering (figur 4.4.3.1). Noen få startceller vises likevel i vegkanten ca 120 m o.h. som en effekt av selve vegskjæringen. Skredhendelser i historisk tid er heller ikke

kjent. Selv om helningsgraden i de øvre deler av løpet er relativt lav, finner vi likevel spor etter tidligere skredhendelser, og utviklingen av leveer over en kort strekning antyder gjenbruk av løpet. Da det ikke er kartlagt skredavsetninger i skråningsfoten, antas det at skred langs dette løpet forekommer sjeldnere enn 1/100 år, og en 1/1000-års grense er lagt langs skredløpet og ut over den flate breelvterrassen. Løpet er lagt i rør fra ca 100 m o.h., og det er observert en tett rist over kummen til røret. Dersom vannet ikke blir ledet ned i kummen vil det danne nye løp, erodere i løsmassedekket på nye steder og eventuelt gi opphav til jord eller flomskred. Det er derfor viktig at slike kummer blir holdt åpne.

Murigjerdet

For den 20 m høye og bratte skrenten fra elveterrassen ned mot Valldøla er det laget 1/1000 år grense og 1/5000 års grense for jordskred. Modellen for jordskred plukker ikke opp startområder for skred i disse skrentene, noe som skyldes at det ikke finnes noe tydelig topografisk nedslagsfelt på den flate terrasseoverflaten som leder til separate deler av skråningen. Dette er en kjent begrensning i modellen som finner potensielle startområder basert på helningsvinkel, kurvatur i terrenget og størrelse på nedslagsfelt over de potensielle startområdene (se kapittel 3.5.3). Skredet i 2011 og tegn på tidligere liknende skred tilsier imidlertid at skrenten er utsatt for jordskred. Skredmassene vil kunne nå ut i Valldøla.

Skredet i 2011 skyldes problemer med dreneringa i området i en periode med mye nedbør. Det har samlet seg vann på terrasseflaten over skrenten, og skredet har gått der vannet har drenert over kanten (figur 4.5.3.1. og figur 4.5.3.2.)



Fig. 4.5.3.1. Terrasseflata over skredet som gikk i 2011. Det er klare spor etter vann som har samlet seg på overflata.



Fig. 4.5.3.2. Spor etter vann som har drenert over kanten av terrasseflata og trolig utløst skredet i 2011.

Det anbefales en vurdering og eventuelt oppgradering av dreneringssystemet i området for å unngå liknende hendelser i fremtiden. Generelt er det viktig at dreneringskanaler holdes åpne i perioder med svært mye vanntilførsel, og at dreneringsrør er dimensjonert med tanke på slike episoder, der det også er normalt at sedimenter og vegetasjon med mer kan komme i transport.

5 Område 2 (Muribøbrua - Valldalsfonna)

5.1 Geomorfologi og løsmasser

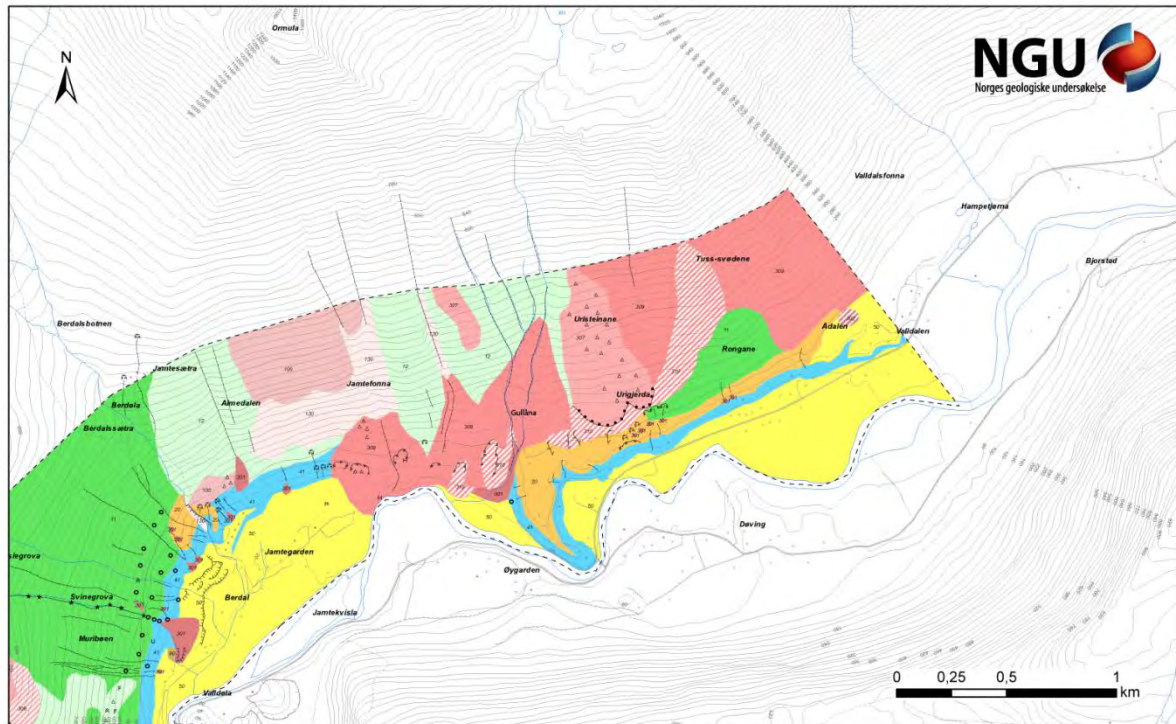


Fig. 5.1.1: Utsnitt av kvartærgeologisk kart (Tegnforklaring i vedlegg B)

Området strekker seg fra Muribøbrua og oppover nordre dalside til Valldalsfonna (Figur. 5.1.1.). Dalsiden har en konkav form mellom Muribøbrua og Urigjerda, og samler vann fra tre dreneringsfelt i fjellområdene over. Vann samles i flere bekke/elveløp, hvorav de største er Svinegrova, Berdøla og Gullåna (Figur. 5.1.1.).

Fjellpartiene rundt Valldalen er opp til 1400 m høye fra dalbunnen, og store deler av dalsidene har en helning mellom 30° og 38° (se helningskart vedlegg A). En del lokale brattkanter, samt store områder i øvre del av dalsiden i området fra Jamtefonna til Valldalsfonna har en helning på mellom 38° og 45°, og i partier er det enda brattere.

Løsmassene i Valldalen bærer preg av at dalen har vært gjennom en kompleks historie ved tilbakesmeltingen av isbreene på slutten av siste istid. Antagelig har breen i dalen trukket seg tilbake, og gått fram igjen flere ganger, noe som har resultert i lag på lag av ulike avsetninger i dalbunnen og opp i dalsidene. Løsmassene er kartlagt opp til 500-600 m o.h. (Figur. 5.1.1.). Under denne høyden har dalsiden mellom Muribøbrua og Berdøla et dekke av tjukt morenemateriale (> 1 meter). Øst for Berdøla er moreneavsetningene tynnere, mens de er tjukkere igjen i området ved Rongane. Fra Jamtefonna og østover ligger det store skredavsetninger/skredvifter i dalsidene, som for en stor del dekker morenematerialet. Skredavsetningene er i hovedsak snøskredavsetninger, men det er også steinsprang og jordskredavsetninger her. Et steinskred – Uristeinane, ligger i fjellsiden ovenfor Urikamben.

Flere steder i området mellom Muribøbrua og Jamtefonna ligger det en skulder/terrasseflate av løsmasser på ca 70 m o.h., og et nytt nivå på rundt 100 m o.h. Løsmassene i denne skulderen er i stor grad marine (lagdelt silt og leir med grus og stein innblandet). Nær Berdøla ligger en avsetning av breelvgrus på disse marine avsetningene. Også små jordskredvifter ligger på de marine avsetningene flere steder. Fra Jamtefonna mot Urikamben domineres nedre del av fjellsiden av snøskredavsetninger. De to nivåene på 70 m og 100 m synes likevel delvis gjennom skredavsetningene som derfor sannsynligvis ligger oppå marine avsetninger.

5.2 Skredhistorikk

Også i dette området er det relativt god dokumentasjon av snøskredhistorikk (Fig.5.2.1).

Et stort snøskred (omtalt som Gammelfonna) gikk fra over 1000 m høyde og tok 16 liv nede på Jamtegården den mye omtalte ”ulykkesnatta” 6. februar 1679. Samme natt gikk også Jamtefonna, like øst for gården. Dette skredet går omtrent årlig og skal ha gått spesielt stort flere ganger siden ulykkesnatta. Siste gang skredet medførte skader var i april 1982, med et løseområde i ca. 1250 m høyde og en 300 m bred front. Dette skredet demte op elva, kom over veien og knuste televerksentralen som lå på terrassen sør for vegen. Det er ikke klart om de store skadene skyldtes skredvind eller snømasser som nådde bygget. Mellom utløpsområdene til Gammelfonna og Jamtefonna ligger i dag en stor kampingsplass.

Enda litt lengre øst, ved Uri, er det utløpet til en skredbane som er kjent å ha gitt flere store skred, fra det som gikk i ulykkesnatta 1679 til de som gikk i 1922, 1934, 1968 og 1979. Noen av disse stoppet opp på det smale plataået (eller den ryggen) som bebyggelsen ligger på, mens andre fortsatt nedover mot elva på enten side av ryggen. Fra disse skredene er det registrert store skader men ingen tapt liv.

Mellom Uri og Valldalen er det flere andre relativt mindre skredbaner der skred flere ganger har gått ned til hovedvegen og litt over den, eks. i 1922.

I to forskjellige lokaliteter like ved Valldalen (gård?) skal to personer ha blitt drept av steinsprang i 1860 og 1929, mens særdeles store snøskred (Valldalsfonna) ga omfattende skader på bebyggelsen i 1679, 1805 og 1979. Dette er den bredeste og en av de mest aktive skredbanene i hele dalen. Skred fra Valldalsfonna har mange ganger gått ned til hovedvegen (morfologiske spor er synlige på begge sider av denne) og skal også ha gått over elva, med skredvindskader på bygg som lå på motsattsidan av dalen.

Det er ingen kjente, historiske jordskredhendelser i dette området. Den geologiske kartleggingen viser imidlertid at det har vært flere jord- og flomskredhendelser her etter siste istid (i løpet av de siste ca 12 000 år). Det er flere skredbaner kartlagt i dalsidene (se Figur 5.1.1), og flere jordskred/flomskredvifter er kartlagt ned mot dalbunnen.



Fig.5.2.1. Kjente skredhendelser i område 2. Hendelsene vist som fargepunkter er fra den nasjonale skreddatabasen (blå farge er snøskred, grønn steinsprang og rød jordskred). Hendelsene vist som linjer er snøskred rapportert av øvrige kilder.

5.3 Observasjoner i terreng

5.3.1 Snøskred og sørpeskred

Dette er det største og mest krevende blant de vurderte områdene, med et stort antall større skredbaner og mye skredhistorikk.

Identifisering av mulige løснеområder er gjort ved hjelp av helningskart supplert av befaringsobservasjoner. Befaringene ble gjennomført i august 2011, hovedsakelig fra lavereliggende observasjonspunkter ettersom fjellsidene her er meget bratte og lite fremkommelige. Befaringer til fots er gjort opp til ca. 150 m høyde for å vurdere skredtegn i lavereliggende skog.

Den vestlige delen av området, fra Muri til Jamtegården, karakteriseres av et belte med terreng $\geq 30^\circ$ mellom ca. kote 100 og 600. Terrenget her er generelt dekket av lauvskog. Videre oppover blir terrenget slakere, men det er en rekke mer eller mindre sammenhengende, partier over 30° helning (Fig. 5.3.1.1). Disse er løснеområdene for snøskred i dette delområdet og beskrives nærmere nedenfor.

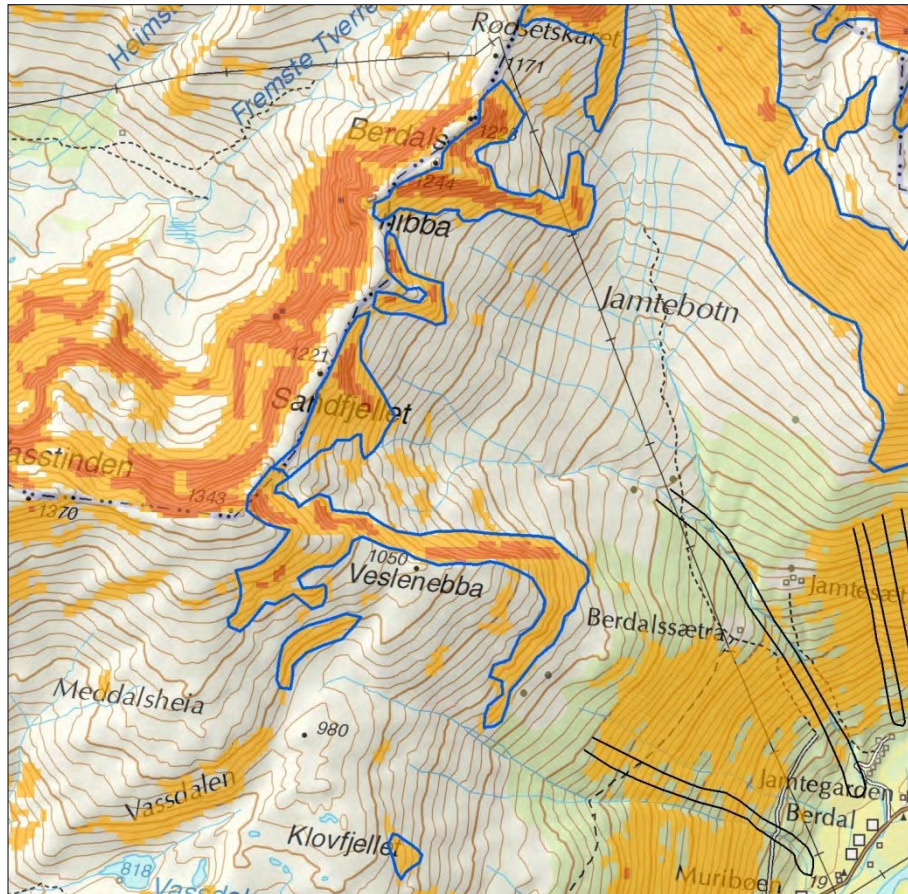


Fig. 5.3.1.1. Helningskart over den vestlige delen av område 2 (lysere oransje viser terreng 30-40°; mørkere oransje viser terreng 40-55°). Kartet viser også de vurderte løснеområdene (blå linje) og de dokumenterte snøskredhendelsene (svart linje).

Fra vest mot øst i dette delområdet finner vi først flere potensielle løснеområder på Veslenebba. De på sørsiden av fjellet vender mot sørøst, mens de på nordsiden av fjellet har eksposisjon mot nordøst. Samtlige består av bart fjell eller lite vegetert høyfjellsterreng med liten ruhet. Skred fra løснеområdene på sørsiden av Veslenebba ledes i to relativt vel kanaliserte bekkeløp som munner ut like ved Muribøen. Skred fra løśnieområdene på nordsiden av fjellet ledes mot Jamtebotn og videre nedover langs bekken Berdøla, mot drivhuset like ved Jamtegården. Her skal det tidligere ha gått skred nesten ned til drivhusene, og i den nedre delen av bekkeløpet, like ved vanninntaket, viser trærne nærmest bekken tegn etter snø- eller mer sannsynligvis sørpeskred. Vi antar at dette var snø- eller sørpeskred ettersom det ikke er registrert vesentlige avsetninger som kunne tilknyttes flomskred.

Videre østover er det flere større og delvis sammenhengende løśnieområder øverst mot fjelltoppene rundt hele Jamtebotn. Disse består også av bart fjell eller høyfjellsterreng med relativt liten ruhet, som små urer og lyng. Nedenfor løøgneområdene, i Jamtebotn, er terrenget betraktelig slakere, med store arealer under 10°. Berdøla, bekken som drenerer hele Jamtebotn, har et ganske stort nedbørsfelt (ca. 6 km²) og i perioder stor vannføring. På venstre siden av bekken, nesten helt nederst, er det et nyere hyttefelt. Hyttene ligger bak en liten rygg i forhold til bekken, og bekkennivået er minst 10 m lavere enn nivået der hyttene ligger.

Resten av området, fra Jamtegården til områdegrensen i øst, er karakterisert av terreng i hovedsak brattere enn 30° fra ca. 150 m høyde og opp til fjelltoppene, som her er ca. 1400 m høye (Fig. 5.3.1.2). Terrengtet er vegetert opp til ca. 700 m høyde, men vegetasjonen er for det meste preget av skredaktiviteten, dvs. nesten helt fraværende i de største og mest aktive skredbaner, og ung og lite utviklet i de skredbaner med mindre hyppig skredaktivitet. Over kote 700 er det stort sett bart fjell, med helninger vel over 30° og stedvis over 40° (Fig. 5.3.1.2, 5.3.1.3 og 5.3.1.4).

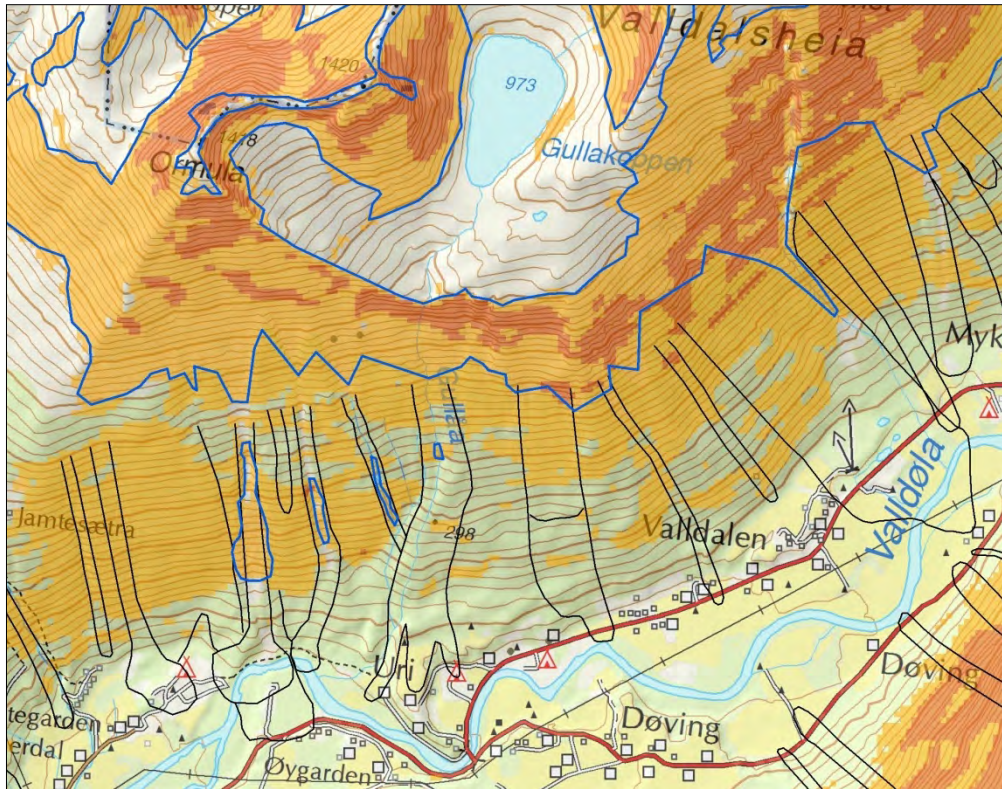


Fig. 5.3.1.2. Helningskart over den østlige delen av området 2 (lysere oransje viser terreng 30-40°; mørkere oransje viser terreng 40-55°). Kartet viser også de vurderte løsneområdene (blå linje) og de dokumenterte snøskredhendelsene (svart linje).

Flere større skredbaner peker seg umiddelbart ut i dette området. De viktigste er:

- Gammelfonna og Jamtefonna (Fig. 5.3.1.3 og 5.3.1.4), som ligger like øst for Jamtegården og flere ganger tidligere har gått ned til et område som i dag er en stor kampingsplass
- Skredbane langs Gullåa (Fig. 5.3.1.4 og 5.3.1.5), som gjentatte ganger har gått ned mot Uri og derfra videre mot elva, både på øst- og vestsiden av plataet
- Valdalsfonna (Fig. 5.3.1.6), som løsner fra østsiden av Valdalsheia, ikke sjeldent kommer ut på veien og i noen tilfeller har gått langt over fylkesvegen og mot elva. Langs en flere hundre meters veistrekning der snømassene fra den bratte skredbanen kommer ut i det slakere utløpsområdet, er det vannfylte forsenkninger (så kalte "impact pools") og naturlige voll-lignende formasjoner ("impact mounds") som viser at dette er et spesielt kraftig skred. Etter store

materielle skader på hus og hytter i to skredhendelser i 1979 og 1981, ble en ledevoll bygd på vestsiden av utløpsområdet, for å verne bebyggelsen.

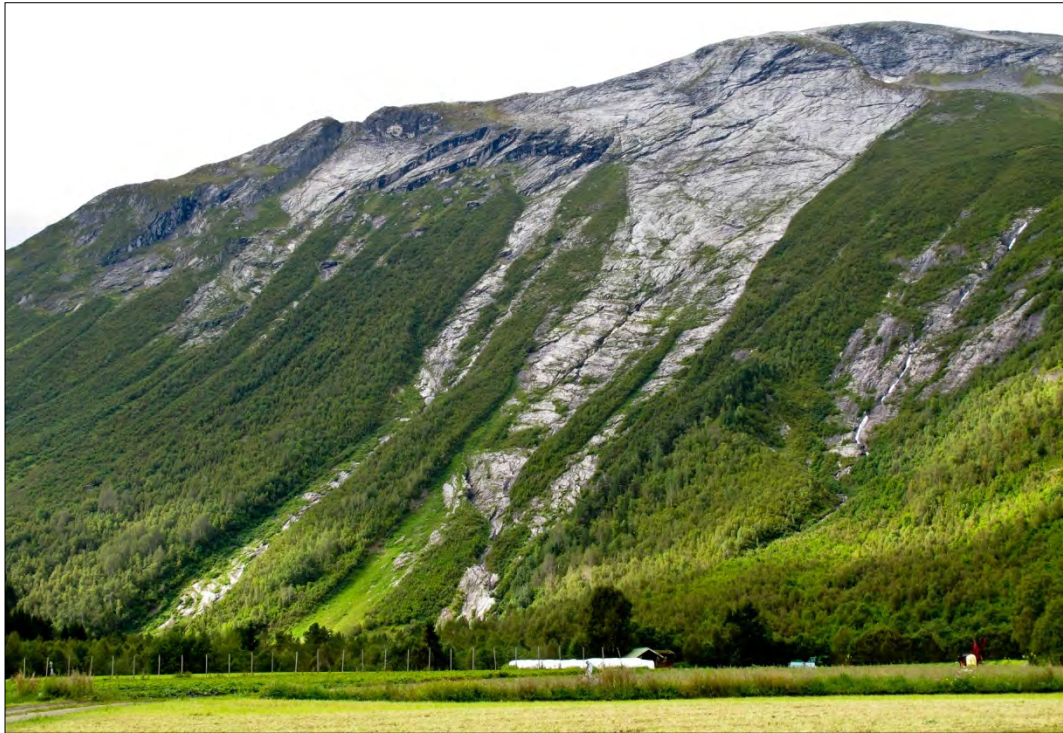


Fig. 5.3.1.3. Jamtefonna og flere andre skredbaner fra sørsiden av Ormula.



Fig. 5.3.1.4. Fjellsiden mellom Ormula og Valldalsheia, med flere større skredbaner.



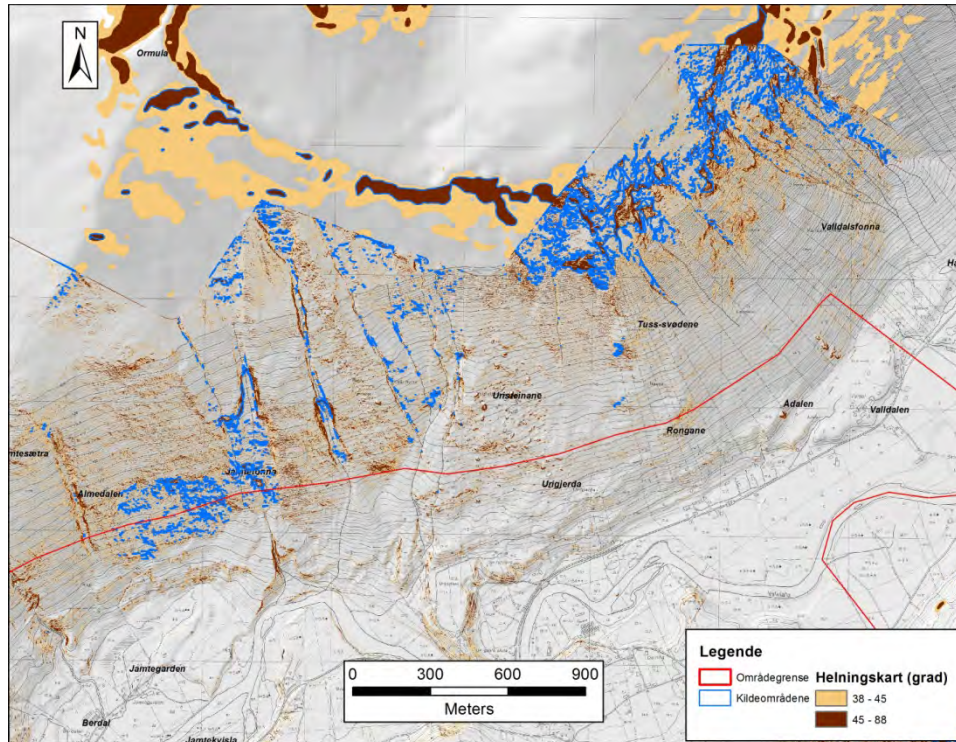
Fig. 5.3.1.5. Fjellsiden og skredbanen ovenfor Uri (selve bebyggelsen ligger rett utenfor bildet, på høyre siden).



Fig. 5.3.1.6. Valldalsfonna, med noen ”impact mounds” i forgrunnen.

5.3.2 Steinsprang og steinskred

Dette området ble befart i August 2012. Utført feltkartleggingen følger kriteriene presentert i delkapittel 3.4.2, og fokuserte hovedsakelig på å identifisere potensielle kildeområder og beskrive steinsprangavsetningene (talus og spredte blokker). Henviser til Tabell 3.5.2.1 (delkapittel 3.5.2) for beskrivelse av de ulike blokkstørrelse. Siden øvre del av området ikke er fullstendig dekket av 1m DHM ble det i øvre del benyttet en 10m DHM for å definere potensielle løsrneområder. Oversikt over skråningshelning og vurderte kildeområder for steinsprang er presentert i figur 5.3.2.1.



Figur.5.3.2.1. Oversiktskart over skråningshelning og kildeområder (blå linjer) for steinsprang i området Muribøbrua - Valdalsfona.

Område 2 består av fjellsider med høyest relieff sammenlignet med de andre områdene vurdert i denne rapporten. Til nord er området begrenset av fjellet Ormula (1418 moh), som er det mest fremtredende fjellet i studieområdet. Øvre del (fra 550 til 1418 moh) av fjellsiden er ikke dekt med vegetasjon (Figur 5.3.2.2). Resterende nedre skråning har en mildere helningsvinkel og for det meste dekt med vegetasjon. Skredavsetninger avsatt i nedre del av fjellsiden til Ormula er fra steinsprangsaktivitet. Derimot er de kjegleformete avsetninger produkt av kombinerte skredprosesser som snøskred, jord- og flomskred og steinsprang. Spor etter nylig steinsprangaktivitet er observert langs fjellsiden (områder med lysere bergoverflate). Skråningen er dekt med skog fra midten til tåen og fortsetter stedvis helt til dalbunnen.



Figur 5.3.2.2. Oversiktsbilde av Ormula.

Flere mindre klipper er kartlagt stedvis (ved ulike lokasjoner) langs nedre del av skråningen (under 550 moh). Disse klippene er hovedsakelig lokalisert langs sidevegger og grunne renner normalt til dalbunnens akse. Noen av disse rennene er vanligvis baner for snøskred og jord- og flomskred. Mellomstore til store kjegleformet avsetninger dannet av gjentatte skredprosesser (kombinert snøskred, jord- og flomskred og steinsprang) er kartlagt ved rennenes utløp, og dekker skråningens tå og delvis dalbunnen. Resterende nedre skråning er dekt med rettlinjet talus, som kan knyttes til snøskred og steinsprang, samt en del av blokkene stammer også fra isbreavsetning. Avsetningen har en stor variasjon i blokkstørrelsen og diameter varierer fra få centimeter til flere meter (Figur 5.3.2.3). Kvartære isbre og marine avsetninger dekker delvis dalbunnen, som danner flate terrasseformer med moderat fallende skreter.

Ved Uristeinane er det kartlagt ved feltarbeid en kjegleformet avsetning som kan knyttes til et tidligere steinskred. Ura er lokalisert langs nedre del av skråningen fra 400 moh til 100 moh, og består av store blokker med volum opp til flere titalls kubikkmeter (figur 5.3.2.4). Avsetning er tydelig synlig på DHM data (skyggerelieff). Blokkstørrelser fra dette steinskredet er ikke inkludert i den statistiske analysen for å definere scenario (Tabell 3.5.2.1), da avsetningen ikke representerer steinsprangaktivitet.



Figur 5.3.2.3. Bilde fra Ormula (nedre del av skråningen) som tydelig viser stor variasjon i blokkstørrelse.

Under feltarbeid er ikke funnet noe spor etter store blokker i dalbunnen som kan knyttes til steinsprangaktivitet. Derimot ble det gjennom kommunikasjon med lokale innbyggere påpekt at i de siste årene har store blokker (flere titalls kubikkmeter) fra steinsprang nådd frem til dalbunnen.



Figur 5.3.2.4. Bilde av stor blokk som knyttes til steinskredhendelsen ved Uristeinane.

I vestlige delen av området er det ingen spor etter nylig steinsprangaktivitet. Skråningen ved Berdalssætra har en moderat helningsvinkel (mindre enn 45 grader) og er dekt med tett skog fra topp til bunn. I tillegg er skråningens nedre del tildekket av kvartærgeologisk avsetning (blokker fra isbreaktivitet).

5.3.3 Jordskred og flomskred

Muribøbrua - Berdøla

Det er gjort flere observasjoner i terrenget mellom Muribøbrua og Berdøla som tilsier at dalsiden her er utsatt for jordskred/flomskredprosesser. Det er kartlagt flere skredbaner som skjærer seg ned i de tjukke moreneavsetningene. Langs, og i løpene, er det flere steder observert jordskredavsetninger, men det er lite jordskredavsetninger helt ned i dalbunnen. De fleste jord/flomskredviftene som er kartlagt er relativt små, og kan representere en eller noen få hendelser. Vifta i utløpet av Svinegrova er større, og antakelig bygget opp av flere hendelser. Gamle skredavsetninger i dalbunnen kan imidlertid være vasket bort av elva som gikk her tidligere, eller være kamuflert av elvesand og oppdyrking/planering.

Sammensetningen av ulike sedimenter i dalsiden påvirker dreneringa av vann. Morene og skredmateriale ligger over finkornige marine sedimenter i nedre del, og dette kan antagelig forklare flere små utglidninger fra de to avsatsene av løsmasser på 70 og 100 m o.h. Vann drenerer gjennom det permeable topplaget, men renner så oppå de harde og overkonsoliderte marine avsetningene. Trolig er disse utglidningene gamle, muligens fra

deglasiasjonsperioden. Forsenkningene disse utglidningene har laget i terrenget brukes imidlertid i dag som dreneringsveier for vann, og det er noen steder spor etter yngre aktivitet i form av små skredvifter avsatt nedenfor og delvis i løpene.

Berdøla

Berdøla er den største elva i dette området, med vanntilførsel fra hele Berdalsbotnen. Elva renner for det meste på bart fjell ned den bratte dalsiden, helt til dalbunnen, hvor elveløpet videre er steinsatt forbi gartneriet på Berdal. Berdøla har i løpet av tiden etter siste istid erodert seg ned gjennom en tjukk avsetning av breelvsedimenter over marine sedimenter nederst i dalsiden, og løpet er i dag dypt nedskåret her. Det er ikke kartlagt flomskredavsetninger i eller langs løpet av Berdøla, verken i den bratte dalsiden, eller i dalbunnen. Det er imidlertid tre jordskredkanaler i området ved Jamtesætra som går ned i Berdøla.

Berdøla - Jamtefonna

Rett øst for Berdøla bygges et hyttefelt. Hyttene er plassert på en elveterrasse 35-45 m o.h, i et område med forholdsvis mektige marine avsetninger opp til 100 m o.h. (figur 5.1.1). Det har gått flere utglidninger i de marine sedimentene. Trolig er det meste av utglidningsaktiviteten fra deglasiasjonen, men et par steder er det kartlagt jordskredavsetninger ut på flata som hyttene ligger på. Den største jordskredavsetningen ligger akkurat der det er plassert ei hytte helt inn mot dalsiden, og hyttetomta er trolig gravd ut i jordskredavsetninger. Overfor hytta er det to-tre raviner/skredkanaler som starter 75 – 100 m o.h. (Fig. 5.3.3.1.)



Fig. 5.3.3.1. Hytte som er bygget inn i jordskredavsetninger.

Litt lenger øst starter det et skredløp mye høyere opp i dalsiden og går ned Almedalen, i retning av hytta lengst nordøst i hyttefeltet. Her er det kartlagt en større jordskredvifte i

dalsiden som stopper ca 40 høydemetere over hytta. Nedenfor Almedalen er det laget en traktorvei i dalsiden. Under feltarbeid blei det observert at vann som drenerer ned dalsiden flere steder renner langs/på veien et stykke, før det finner nye løp videre ned dalsiden. Nær den østligste svingen i denne traktorveien har det løsnet et jordskred, trolig vinteren 2011. Skredmaterialet fra dette skredet er avsatt i en liten vifteform på jordet nedenfor skredløpet.

Jamtefonna - Valldalsfonna

Fra Jamtefonna og østover til Valldalsfonna er dalsiden preget av høy snøskredaktivitet, og det er avsatt store snøskredvifter ned mot dalbunnen. Det er imidlertid også kartlagt flere utglidninger og jord- og flomskredbaner. På Jamtefonna har hovedbekken fra dalsiden skåret seg dypt ned i den store snøskredvifta, og langs bekken er det tegn på flomskred. Det er også en fersk utglidning i sedimentene rett øst for bekken. En mindre bekk drenerer ned på vestsiden av vifta. Under feltarbeidet lå det snø her, men i nedre del av vifta ble det kartlagt utglidninger som bekken renner gjennom.

Ned fra snøskredvifta ved Urikamben går det flere bekker som samles i Gullåna rett vest for Urikamben. Denne elva er steinsatt nederst, men har potensiale til å føre med seg sørpeskred og flomskred. Det er kartlagt noen flomskredavsetninger rundt elva, men disse avsetningene er trolig erodert av Valldøla

Urikamben er ei stor, flat terrasseflate på 80 – 85 m o.h. Avsetningen er 40 - 45 m mektig og består av breelvsedimenter (finsand og silt) som ligger over mer finkorna marine sedimenter. Det er flere raviner i de bratte kantene av Urikamben og det kan ha gått utglidninger i disse. Det er imidlertid ingen spor etter ferske utglidninger eller erosjon.

Fra Urikamben og østover til Tuss-svødene/Rongane er det mindre tilfang av vann til dalsiden, og det er ikke kartlagt jord/flomskredkanaler som starter høyt oppe i fjellsiden og går helt ned til dalbunnen. Det er imidlertid kartlagt mange utglidninger og raviner/skredløp i nedre del av dalsiden, under marin grense. Disse er trolig knyttet til de marine sedimentene som ligger under skredavsetninger og breelvsedimentene her, og kan delvis være svært gamle. Vann som renner gjennom de mer grovkorna skredmassene over ledes imidlertid ned i disse kanalene, og det er flere steder kartlagt mindre jordskredavsetninger. Øst for Tuss-svødene er det noen flere bekker som starter høyt oppe på dalsiden, men heller ikke disse går helt ned i dalbunnen, og vannet drenerer gjennom skredavsetningene ned mot den marine grensa, og deretter som overflatebekker i raviner/og forsenkninger. Vest for terrasseflata ved Ådalen samles vann som renner gjennom grovere sedimenter i dalsiden i en bekk omtrent 110 m o.h. Bekken renner videre ned i dalbunnen gjennom en opptil 8 meter dyp kanal som er nedskåret i breelvsgrus, og de underliggende marine avsetningene (Fig. 5.3.3.2.). I kanalen ligger det flere store steinblokker og jordskredavsetninger. Det ble observert grunnvannsutlag i siden på kanalen 95 m o.h. I tillegg til jordskredavsetninger og store blokker ble det observert at trestokker etter hogst i området er stablet i kanalen. Det er ikke kartlagt jordskredavsetninger der kanalen munner ut i dalbunnen, men terrenget her er menneskelig modifisert og bebygd.



Fig. 5.3.3.2. Skredkanalen vest for Ådalen, med store steinblokker og trestokker.

På jordet ved Ådalen er det kartlagt en jordskredvifte. Ettersom området er oppdyrka og bearbeidet er det ikke observert jordskredavsetninger i overflata, men en forhøyning på den ellers flate elveterrassen tolkes som jordskredavsetning fra dalsiden. Det er imidlertid ingen større kanaler i dalsiden, og ingen tegn på nylig jordskredaktivitet. I ravina som skjærer seg inn i sørvestsiden av breelvterrassen er det ikke tegn til aktiv erosjon. Det er heller ikke kartlagt flomskredsedimenter i utløpet av ravina.

5.4 Modelleringsarbeid

5.4.1 Snøskred

Dette delområdet er det største og det med flest skredbaner, og det er derfor gjort omfattende modellering i RAMMS. For løснеområdene ovenfor Muri og i Berdalen, er det benyttet en gjennomsnittlig mobilisert snøtykkelse på 1,5 m. For øvrige løśnieområder i Valldalen er det antatt en gjennomsnittlig mobilisert snøtykkelse på 2 m. Grunnen til dette valget er at disse løøgneområdene ligger enda høyere og samler (også ifølge lokale innbyggere) mest snø, samt at skredhistorikken forteller om særdeles store snøskred i disse banene.

Berdalen har løøgneområder for snøskred i alle fjellsider (Fig. 5.3.1.1). Noen av disse løøgneområder er større og mer sammenhengende, andre er mindre. Samtlige fører ned til samme bane, omtalt som Berdalsfonna. Det er derfor gjort modellering av skred fra flere løøgneområder i dalen for å vurdere det forventbare utløpet ved flere scenarioer (dvs. kombinasjoner av utløst snøvolum og lokalisering av løøgneområdet). Modelleringen viser at skred kan komme ut i dalbunnen nesten uansett hvilken del av Berdalen løøgneområdet er i, forutsatt at det mobiliserte volumet er tilstrekkelig (Fig. 5.4.1.1). Det er bare skred

fra de innerste (dvs. nordligste) delene av dalen som trolig vil stoppe opp i selve Berdalen uten å forsere terskelen ned mot Valldalen.

Fig. 5.4.1.1 viser for øvrig skredhastighetene og skredutløpet beregnet av RAMMS for de andre aktuelle skredbaner. Skred i de store banene i Valldalen, spesielt Jamtefonna, Valldalsfonna og Årnesfonna (som går mellom de første to nevnte), oppnår svært store maksimale hastigheter (lokalt over 60 m/s), og konsekvent veldig lang rekkevidde, med mulighet for å komme godt over fylkesveg 63. Skred fra flere skredbaner kan ifølge simuleringene nå elva eller komme nært eksisterende bebyggelse. Både Jamtefonna og Almedalsfonna (banen rett vest for Jamtefonna) kan ifølge simuleringene nå deler av kampingsplassen som ligger like ved Jamtegården.

Den helhetlige vurderingen av snøskredfaren i dalen tar imidlertid hensyn til flere faktorer enn simuleringsresultatene. Vurderingene er presentert i Kap. 5.5.1.

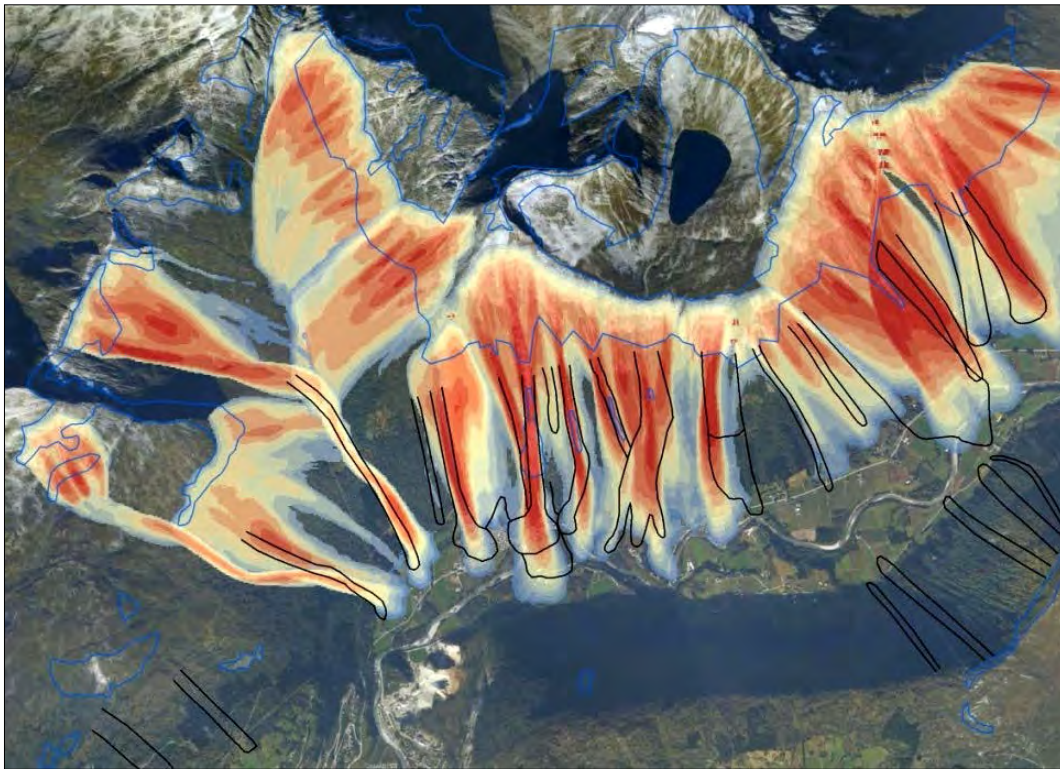


Fig.5.4.1.1. Snøskredmodellering (skredhastigheter, i m/s). Figuren viser også omtrentlig avgrensning av tidligere snøskred (svarte linjer) og de vurderte utløsningsområdene (blå linjer).

5.4.2 Steinsprang og steinskred

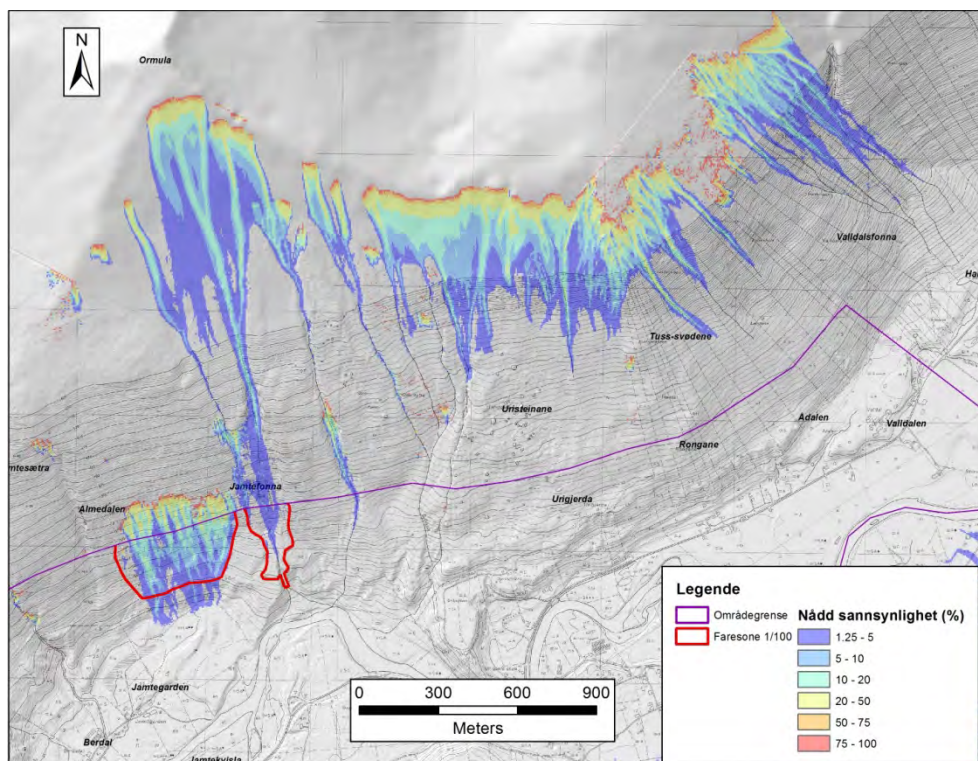
Henviser til delkapittel 3.5.2 og 3.6.2 for metodebeskrivelse av modellering og definisjoner av gjentakelsesscenario for faresoner. Eksempel av resultat fra Rockyfor3D for scenario 1/100 er illustrert Figur 5.4.2.1, samt resultat HY-STONE figur 5.4.2.2 (fra Crosta m.fl.; 2008).

Generelt gir modellert utløpsområder for skredfrekvens 1/1000 og 1/5000 en større rekkevidde enn eksisterende avsetningen (både ved langstrakt og kjegleformet ur). Dette kan forklares med at modellering gir økt moment til nederste del av skråningen grunnet

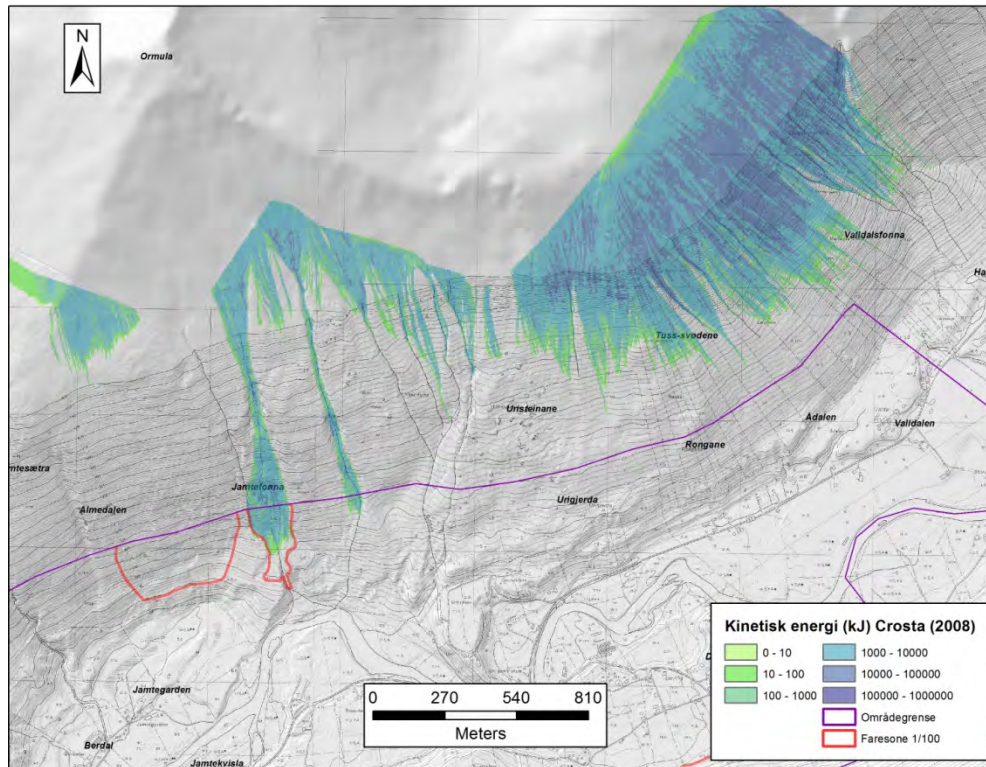
den stedvis har en brattere helningsvinkel (f.eks. skrenter formet av isbre og marinavsetninger). Det er kun i vestlige del av fjellsiden at modelleringen når helt ned til dalbunnen, og resultat fra Crosta m.fl. (2008) viser lignendes trend som 1/100 scenario presentert i denne rapporten.

Rockyfor3d gir høy "nådd sannsynlighet" for steinsprang hovedsakelig langs de grunne renner. Dette viser at fra øvre del av skråningen er disse rennene foretrukket løp for steinsprang. Derimot avdekket feltarbeid ingen store ansamlinger av avsetning langs disse rennene, som kan forklares med at rennene består av berggrunn (med lite løsmasseavsetning) med høy restitusjonskoeffisient. I tillegg vil avsetninger som samles langs rennene periodevis bli transportert til dalbunnen av andre prosesser (f.eks. jord- og flomskred og store snøskred). Basert på modellering og feltobservasjoner er det vurdert lav sannsynlighet for at steinsprang skal forekomme i andre områder. Videre gir modellering at blokker kan nå urbane områder i dalbunnen for scenario 1/1000 og 1/5000.

Selv om det ikke ble observert avsetninger langs rennene er det likevel modellert steinsprang langs to grunne renner kartlagt ved Berdalsætra for å studere oppførselen til potensielle steinsprang. Resultatet av modelleringen gav store kjegleformet avsetninger i utgangen av rennene i dalbunnen. Disse resultatene er ikke videre benyttet for å fastslå faresonene, siden resultatene ikke samsvarer feltobservasjoner.



Figur 5.4.2.1. Resultat av "nådd sannsynlighet" modellert med Rockyfor3D med valgte parametere for scenario 1/100. Rød polygon representerer fastslått faresone 1/100 i dette området.



Figur 5.4.2.3. Resultat av kinetisk energi modellert med HY-STONE (fra Crosta m. fl.; 2008). Rød polygon representerer fastslått faresone 1/100 i dette området.

5.4.3 Jordskred

Modelleringen er utført slik forklart i kapittel 3.5.3. De samme parametrene er brukt for hele det kartlagte området i Valdalen, og det er således ikke gjort lokale tilpassninger for området Muribøbrua - Valdalsfonna. Modelleringen for området er vist i figur 5.4.3.1. og 5.4.3.2.

59

5.5 Skredfarevurdering

5.5.1 Snøskred og sørpeskred

Fig. 5.5.1.1 og 5.5.1.2 viser faresonene for snøskred som er resultatet av en helhetlig vurdering av skredhistorikk, feltobservasjoner og modelleringsarbeid utført for samtlige aktuelle skredbaner.

Valldalen er preget av store og veldig aktive snøskredbaner, og større snøskred må nok forventes i fremtid. I dalen vest for Uribrua, går Fv.63 langs sørsiden av dalen, som er vesentlig mindre preget av snøskredaktivitet. En kommunal veg går imidlertid langs nordsiden av dalen, fra Muribøen til Jamtegården og kampingsplassen, og denne veien representerer omtrentlig den maksimale forventbare rekkevidden for store skred med gjentakintervall på 1000 – 5000 år. De fleste byggene her ligger utenfor faresonen for 1000 års skred, med unntak av et drivhus og noen hytter like bak det, som vi vurderer har en nominell årlig sannsynlighet for skader på mellom 1/100 og 1/1000. Dette skredet (Berdalsfonna) kan også komme so met sørpeskred, da det er konkrete muligheter for utløsning av slike skred oppe i sidedalen.

Videre har vi grunn til å tro at kampingsplassen like øst for Jamtegården er snøskredutsatt da den ligger i utløpet til to større skredbaner med mye dokumentert historikk (Fig. 5.5.1.1). Selv om kampingsplassen ligger på noe høyere terreng i forhold til det laveste punktet i skredutløpsområdet, mener vi at disse skredene kan få tilstrekkelig energi til å klatre opp den beskjedne motbakken. Selve de sekundære trykkvirkninger av slike skred (skredvind), kan egentlig gi skader på en kampingsplass.

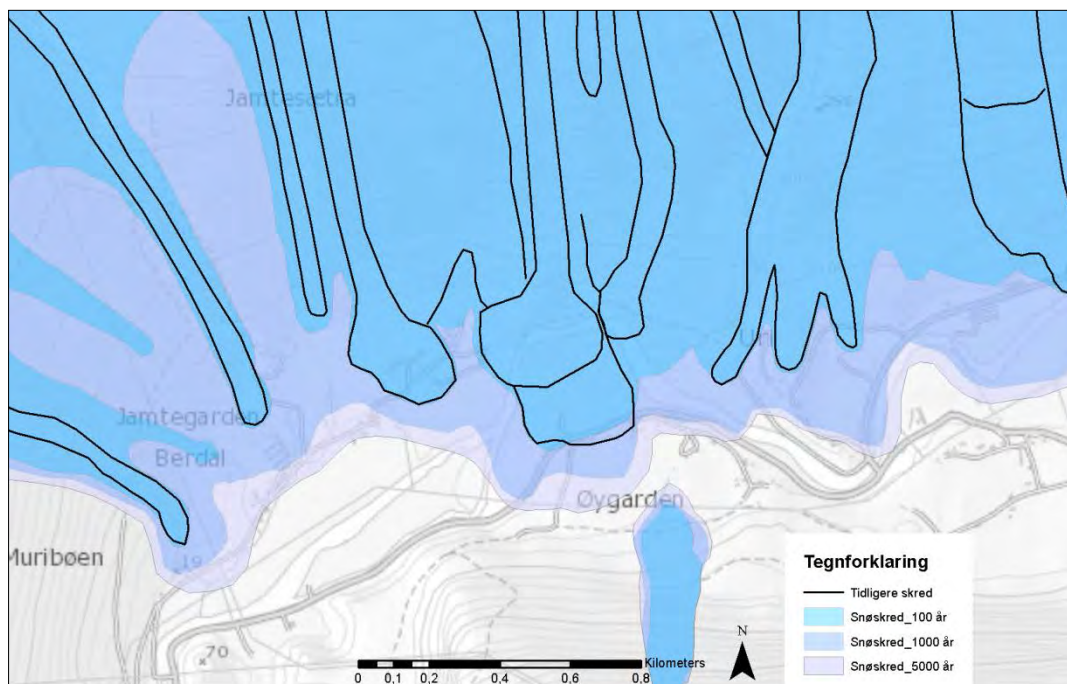


Fig. 5.5.1.1. Faresoner for snøskred i område 2 (vest) og 4 (vest).

Rett øst for kampingsplassen finner vi utløpet til Jamtefonna. Dette er et av de mektigste skredene i dalen og har tidligere gjort skader på motsattsidan av fylkesvegen. Vi mener at fylkesvegen er omtrent den maksimale rekkevidden for skred med gjentakintervall 100

år. Bebyggelsen på sørsiden av vegen ligger noen meter høyere og med tanke på dette og modelleringsresultater vurderer vi at har enkelte hus har en nominell årlig sannsynlighet for skader som er litt over kravet til nybebyggelse (1/1000), mens andre har en litt lavere sannsynlighet. Ved plassering av nye hus i området som ligger mellom grensen av 1000 års skred og grensen av 5000 års skred, anbefaler vi videre at vinduene dimensjoneres med tanke på at de, i tilfelle større skred, vil være utsatt for kraftig skredvind.

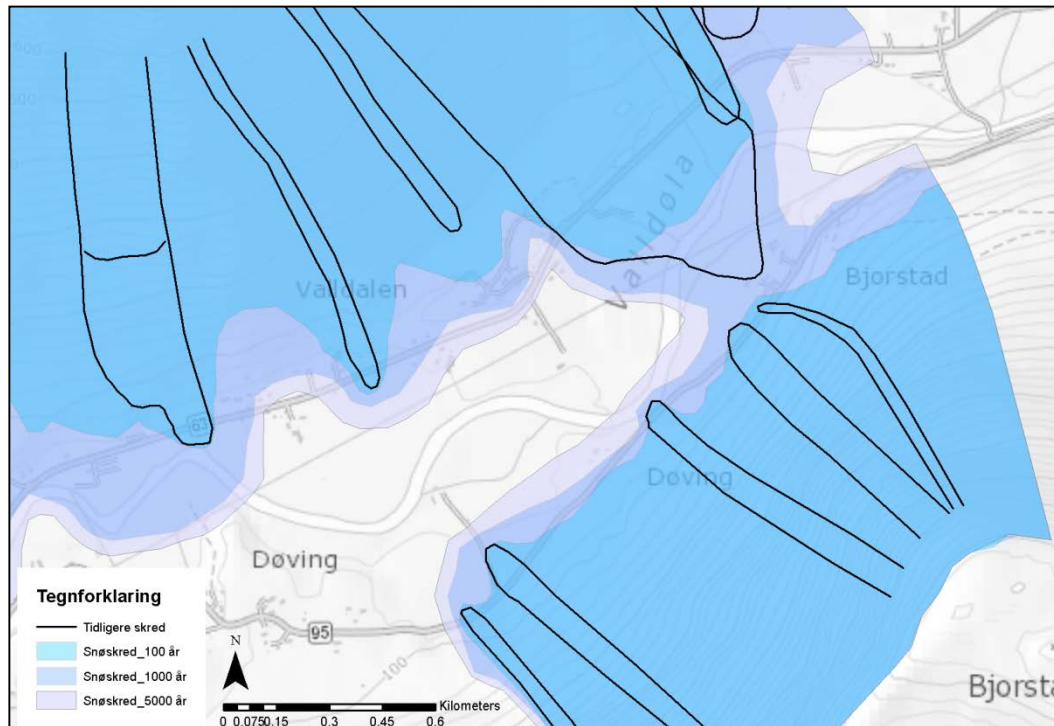


Fig. 5.5.1.2. Faresoner for snøskred, i område 2 (øst) og område 4 (øst).

Videre østover er det en skredbane som kommer ned bak bebyggelsen på Uri. Skred med gjentaksintervall opp til 100 år vurderes ikke å representere en fare for bebyggelsen på ryggen, da disse ventes å delvis stoppe på utflatingen bak bebyggelsen og delvis fortsette nedover på enten side av ryggen der bebyggelsen ligger, og spesielt vestover mot elva. Mesteparten av bebyggelsen på Uri har etter vår vurdering en nominell årlig sannsynlighet for skade på litt over 1/1000. På venstresiden av ryggen, lengre nede mot elva, er det imidlertid et par bygg som vi mener ligger mer utsatt. Kampingsplassen på Uri (Uritun Camping) vurderes også å ligge innenfor rekkevidde for 1000 års skred, og delvis også innenfor utløpet til 100 års skred. Få hundre meter lengre øst er det en til campingsplass innenfor faresonen for 1000 års skred, men utenfor rekkevidde for 100 års skred etter vår vurdering.

Mellom Uri og den østlige grensen av kartleggingsområdet er det flere andre skredbaner der skred tidligere har gått over vegen og der dette vurderes å kunne skje med mindre enn 100 år mellomrom. Skred fra såkalte "Knutsgjølet" kan også nå bygg.

Det største skredet i dette området er imidlertid flere hundre meter brede Valldalsfonna (Fig. 5.5.1.2). En ledevoll øker nå sikkerheten for bebyggelsen på vestsiden av dette skredet, i hvert fall i forhold til skred med gjentaksintervall på 100 – 300 år. Vi kan imidlertid ikke utelukke at et skred med gjentaksintervall 1000 år delvis kan komme over

denne vollen og skade bebyggelsen. Når 1000 års skred vurderes, kan de samme byggene heller ikke vurderes helt trygge i forhold til den mye smalere skredbanen rett vest for Valldalsfonna, som vollen ikke har noe effekt mot.

5.5.2 Steinsprang og steinskred

Vurdering av faresonene er utført i henhold til kapittel 3.6.2. Resultatene fra numerisk modellering er kun tatt med som enkel referanse, med unntak av scenario 1/100 hvor det er benyttet som hovedkriteriet for vurdering av østlige del av skråningen. Dette grunnet det var ikke mulig å nå øvre del av området fra dalbunnen (bratt og ulent terreng). Sonen er dermed noe overestimert, men vurdert til å være tilfredsstillende i dette tilfelle da ingen bygninger vil i fremtiden etableres her (bratt topografi). Videre overestimerer modelleringen utløpsdistansen for 1000 og 5000 års grensa i forhold til feltobservasjoner. Henviser til figur 5.5.2.1 for faresonekart

Faresone 1/100:

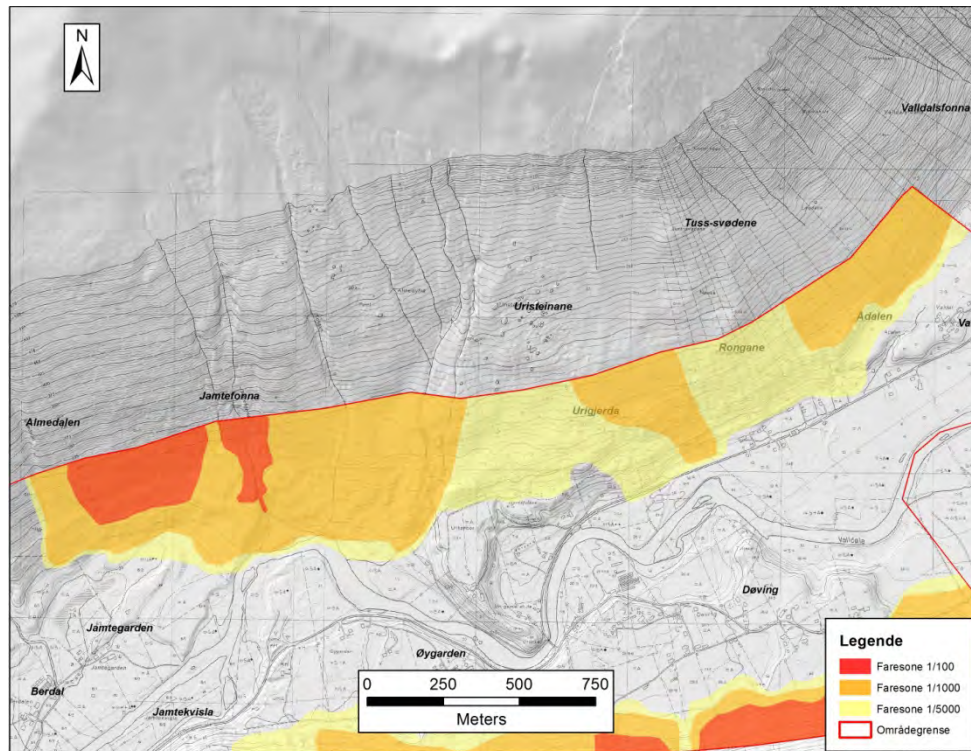
To faresoner er definert i vestlige del av området, men når ikke ned til dalbunnen. Den østligste sonen trekker noe lenger ut mot dalbunnen grunnen kanalisering av steinsprangblokker langs bekkeløp. Det er ingen bygning eller infrastruktur er plassert innenfor sonene.

Faresone 1/1000:

Totalt tre faresoner er definert i dette området. Faresonene dekker en god del av skråningen til Ormula, inkludert et område tildekket med kvartære og marine avsetninger lokalisert noen få meter over dalbunnen ved Jamtegarden, Urikamber, Urigjerda, Ådalen, Valldalen og Hampetjørna og når stedvis dalbunnen. Størstedelen av arealet dekt av denne sonen inneholder steinsprangtalus og kjegleformet avsetninger (begge avsetningstypene er skogsklegg, men ikke dekket med vegetasjon). Ingen bygninger er inne i denne faresonen, men et campingområde rett vest for Jamtegarden ligger kun noen meter unna faresonen.

Faresone 1/5000:

En faresone dekker delvis noe av dalbunnen. Områder hvor lokale har fortalt tidligere steinspranghendelser (flere titalls kubikkmeter) har forekommet er inkludert i denne sonen. Videre omfatter sonen talus (skogskledd, men ikke dekket med vegetasjon) langs tåen til skråningen, samt område langs dalbunnen benyttet til jordbruksformål, en del av campingplassen ved Uri og enkelte bygninger (spesielt på Valldal området).



Figur 5.5.2.1. Faresonekart for steinsprang, område 2 (Muribøbrua – Valldalsfonna).

5.5.3 Jordskred og flomskred

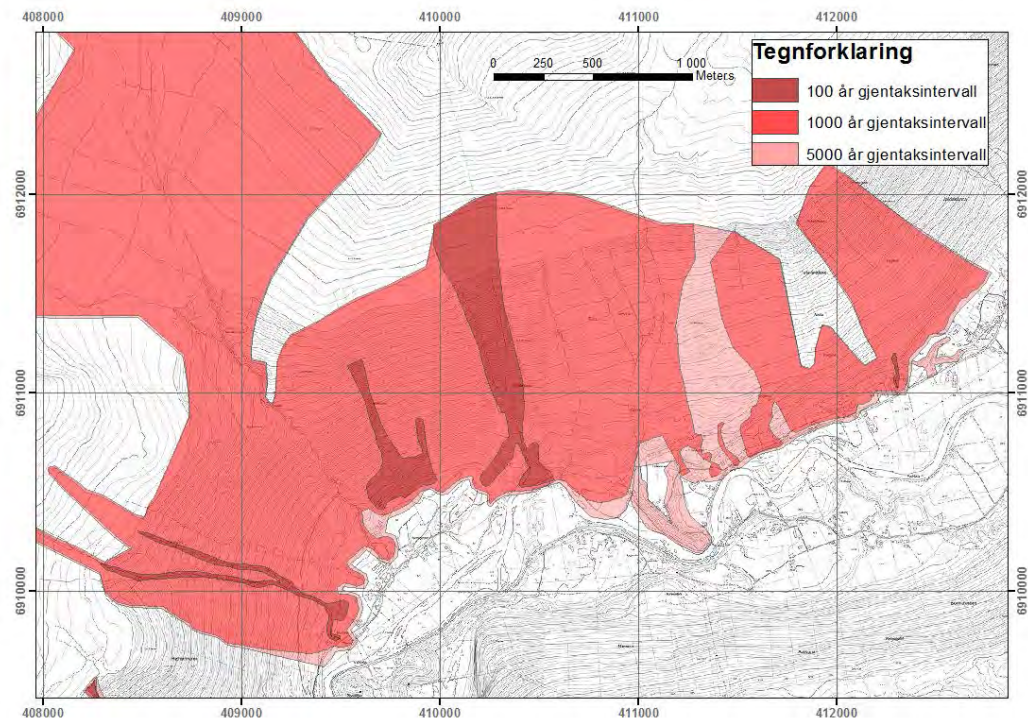


Fig. 5.5.3.1. Faresoner for jord- og flomskred, Område 2. Øvre deler av faresonene er kuttet i det endelige faresonekartet.

Muribøbrua - Berdøla

Observasjoner av flere skredløp og relativt ferske jordskredavsetninger i dalsiden, samt en relativt stor og noen mindre skredvifter ut mot dalbunnen mellom Muribøbrua og Berdøla tilsier at denne dalsiden kan være utsatt for jord- og flomskred. Da det ikke er spor etter noen ferske avsetninger ut mot dalbunnen, og det ikke er noen historiske hendelser her, har vi imidlertid vurdert at frekvensen av jord- og flomskred som når ut mot dalbunnen er lavere enn 1/100, med unntak av vifta fra Svinegrova. På denne vifta er det laget 100 års grense, mens det for resten av området bare er laget 1000 og 5000 års grenser.

Med tanke på skredbanene og skredavsetningene i dalsiden, det bratte terrenget, tilgangen på sedimenter, og tilgangen på vann i denne konkave dalsiden, finner vi modelleringa som viser flere startområder for jordskred i dalsiden fornuftig (Fig. 5.4.3.1). Det er imidlertid ikke alle startsonene som modellen har plukket ut som er validert i felt. Og motsatt er det funnet startsoner under kartlegginga som modellen ikke har klart å plukke ut. Basert på observasjoner i felt er derfor faregrensenes plassering og rekkevidde justert i forhold til de modellerte skredene. Grensene er også trukket et godt stykke ut i dalbunnen rundt Svinegrova. Her er det kartlagt en større skredvifte ned i dalbunnen, men denne er erodert av Valldøla, og tidligere flomskred har trolig gått lenger ut enn de avsetningene vi kan kartlegge i dag. Det er mange spor etter eldre og nyere flomskred i løpet, og dreneringsområdet til Svinegrova er relativt stort. Svinegrova får også tilførsel fra Kvislegrova, der det også er kartlagt skredavsetninger i og nær løpet. De sjeldne, men store flomskredene i Svinegrova vil kunne nå lang ut på elvesletta nedenfor. De relativt ferske sporene etter flomskredaktivitet i løpet gjør at det her også er laget en 1/100 års grense for flomskredet.

Med tanke på sporene etter jord- og flomskred i denne dalsiden anbefales det at skogen vedlikeholdes og pleies. Både flategodt og traktorveier i dalsiden vil kunne øke faren for jordskred.

Berdøla

Det er lite spor av flomskredaktivitet i og rundt elveløpet til Berdøla. Det er heller ikke noen tydelig vifteform i dalbunnen. Trolig har det blitt avsatt mye sedimenter her under isavsmeltingen, men denne vifta av breelvsedimenter er i dag passiv og gjennomskåret av elva. Da det heller ikke er registrert historiske flomskred i Berdøla er det ikke tegnet inn noen 100 års grense her. Med tanke på vanntilførsel, den bratte kanalen, og muligheten for sedimenttilførsel ved utglidninger ved Jamtesætra er 1000 års grensa trukket noe ut på elvesletta, selv om det ikke er kartlagt flomskredsedimenter her. Slike sedimenter kan imidlertid ha blitt vasket vekk av Valldøla, kamuflert av elvesanden, eller være vanskelig å se fordi området er dyrket opp og bearbeidet. Den dype nedskjæringa gjennom de tjukke løsmasseavsetningene nederst i dalsiden gjør at 1000 års grensa for flomskred blir trukket nær elvekanten på østsiden av Berdøla opp til ca 60 m o.h.

1/5000 års grensa er trukket lenger ut i dalbunnen enn 1/1000 års grensa, og den er ikke ført opp langs elvas østside på samme måte som 1/1000 års grensa. Ved et veldig stort flomskred, med transport av mye sedimenter og eventuelt trær, kan elveløpet plugges igjen og flomskredet ta seg et løp på østsiden av breelavsetningen, ned mot hyttene som ligger her. Sannsynligheten for at dette skal skje er imidlertid lav.

Berdøla – Valldalsfonna

Mellom Berdøla og Almedalen er det ikke kartlagt skredbaner fra høyt oppe i fjellsiden som fører ned til hyttefeltet øst for Berdøla, og den største skredfaren her knytter seg til potensielle utglidninger i de marine sedimentene i nedre del av dalsiden der det er kartlagt flere skredbaner. Det er lite dreneringsområde som kan lede vann ned i disse skredbanene, men noe vann renner nok gjennom de mer permeable massene på toppen og kommer ut i grensen mellom disse massene og de underliggende marine sedimentene. I perioder med mye regn og/eller rask snøsmelting kan det gå nye skred i kanalene. Fordi det er kartlagt skredavsetninger ned på terrasseflata som hyttene ligger på mener vi at frekvensen av skred kan være 1/100 år i dette område. Skredløpet i Almedalen har en gradient på over 30°, og i store deler over 37°. Det er et tynt morenedekke i dalsiden, og en glissen lauskog. Selv om dreneringsområdet til Almedalen er lite, tyder den kartlagte skredvifta på at det har gått gjentatte jordskred her, og vi anser det som sannsynlig at det kan løsne skred i denne skredbanen med en frekvens på 1/100 år. Skredsikkerheten kan også være forverret ved at det er bygget traktorveier i nedre del av dalsiden. At den naturlige dreneringa i en dalside blir endret på grunn av en traktorvei med dårlig utført/vedlikeholdt grøfting og stikkrenner er et faremoment når det gjelder utløsning av jordskred. Hele området med traktorvei, inkludert skredbanen og avsetningen fra skredet i 2011 er inkludert i området med 100 års grense for jord- og flomskred.

1000 års grensa for jord-og flomskred er trukket noe lenger ut enn 100 års grensa, i tråd med modelleringa for området, og 5000 års grensa er lagt noe utenfor der igjen.

Vi ønsker å poengtere at traktorveier med dårlig grøfting kan føre til utløsning av jord/flomskred, og at det er svært viktig at veiene og grøftene utformes riktig, og vedlikeholdes for å unngå skredproblemer. I tillegg vil det være viktig å vedlikeholde vegetasjonen i dalsiden over hyttefeltet, spesielt vegetasjon med gode og dyptvoksende røtter.

Jamtefonna - Valldalsfonna

På Jamtefonna er det laget faresone med 1/00 års sannsynlighet der det er observert fersk flomskredaktivitet og utglidninger. 1000 års grensa rundt Jamtefonna er i stor grad basert på modelleringa, mens 5000 års grensa er trukket noe lenger ut. Et lite område av den nordøstligste delene av campingplassen ligger innenfor 1000 og 5000 års grensa for jord- og flomskred.

Ved Gullåna rett vest for Urikamben er 1000 og 5000 års grensa trukket lenger ut i dalbunnen enn det modelleringene viser (Fig. 5.4.3.1.). Dette er basert på kartlagte flomskredsedimentene, og med tanke på at dreneringsområdet til denne elva er relativt stort. Store flomskred vil kunne gå langt ut på elvesletta og antagelig helt ut til Valldøla. Ettersom det ligger et gårdsbruk her, og det ikke er nedtegnet noen historiske hendelser anser vi frekvensen av flomskred til å være mindre enn 1/100 år. Elva er også steinsatt.

Kantene langs terrasseflata Urikamben er for det meste over 30° bratte, og noen steder over 37°. Det er derfor et potensial for utglidninger i disse massene. Modellen for jordskred plukker ikke opp startområder for skred i disse skrentene, noe som skyldes at det ikke finnes noe tydelig topografisk nedslagsfelt på den flate terrasseoverflaten som leder til separate deler av skråningen (Fig. 5.4.3.2.). Dette er en kjent begrensning i modellen som finner potensielle startområder basert på helningsvinkel, kurvatur i

terrenget og størrelse på nedslagsfelt over de potensielle startområdene (se kapittel 3.5.3). Da det ikke er tegn til nylig skredaktivitet eller erosjon, og dreneringsområdet til brattkantene er lite ansees sannsynligheten for jordskred som lav, og det er bare tegnet 5000 års grense rundt brattkantene.

Mellom Urikamben og Valldalsfonna er det, med unntak av bekken øst for Ådalen, bare laget 1000 års og 5000 års grenser for jord- og flomskred. Dalsiden er svært bratt, det er mye tilgjengelige løsmasser og det er spor etter eldre jord/flomskred som tilsier at det kan gå skred her med et gjentakelsesintervall på 1000 år. Det er imidlertid et lite dreneringsområde, ingen historiske hendelser, og ingen store og/eller ferske jordskredavsetninger i dalsiden.

1/1000 år grensa følger for en stor del modelleringene som er gjort her (Fig. 5.4.3.2.), men er justert noe ut i fra den geologiske kartleggingen. Blant annet er 1000 års grensa trukket opp i dalsiden der det ligger et stort steinskred (Uristeinane). Modellen plukker ut startområder for jordskred i steinsprangavsetningen, men det er ingen spor etter jordskredaktivitet i denne avsetningen av til dels svært store steinblokker.

5000 års grensa er lagt litt lenger ut enn 1000 års grensa, men dekker også noen areal mellom områder med 1000 års grense. I tillegg er det laget en 5000 års grense rundt ravina ved Ådalen, og de bratteste delene av terrassekanten her.

I kanalen vest for Ådalen er det laget en 1/100 år grense fordi det er kartlagt flere jordskredavsetninger i kanalen. De store steinblokkene her er antagelig også transportert med jord/flomskred, noe som tilsier skred med stor kraft. Det anbefales at vegetasjonen i sidene av kanalen vedlikeholdes, og at tømmer fjernes fra kanalen.

6 Område 3 (Sylte)

6.1 Geomorfologi og løsmasser

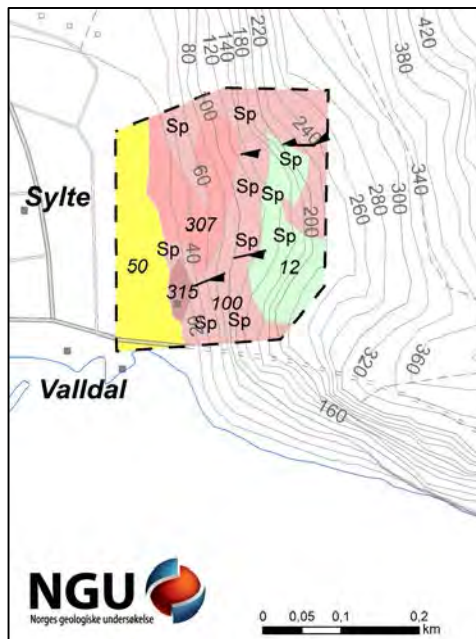


Fig. 6.1.1. Utsnitt ur kvartærgeologisk kart (Tegnforklaring i vedlegg B)

Det vurderte område omfatter den vestvendte siden av det 601 m høye Syltefjellet ovenfor Sylte (Figurer 2.1.1 og 6.1.1). To stupbratte fjellvegger karakteriserer området. Den nedre fjellveggen er opp til 220 m høy og den øvre er opp til 130 m høy. Terrenget ovenfor og nedenfor de bratte fjellveggene er også ganske bratt med helningsvinkler mellom 20° og 40° (se helningskart i vedlegg A). Ur fra tidligere steinsprang og steinskred finnes ved foten av begge fjellveggene. Store deler av ura er dekket med jord, skog og annet vegetasjon.

Syltekoppen i den sørlige delen av fjellsiden er en konkav skråning (Fig. 6.1.1), som delvis vil samle vann og mulige skred i et bekkeløp. Løsmasser i området under dette bekkeløpet er kartlagt og vises på Fig. 6.1.1.

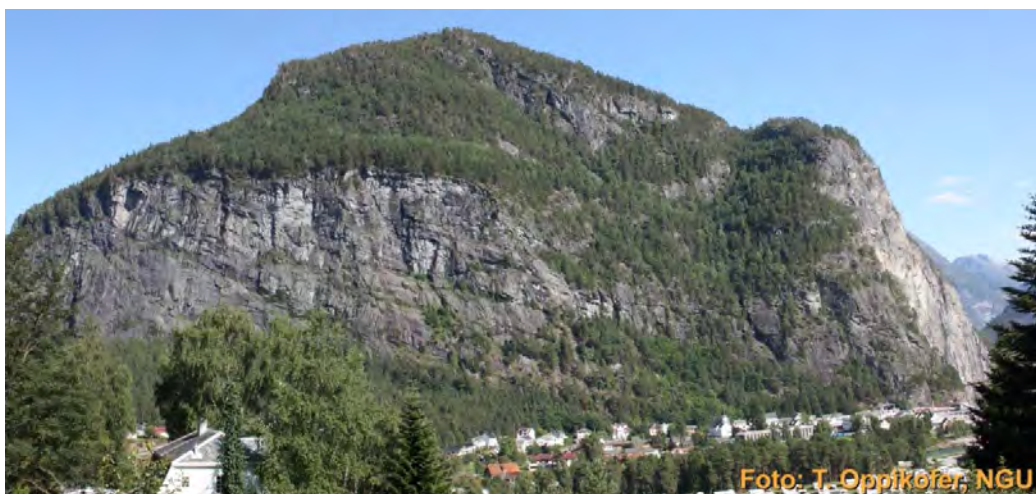


Fig. 6.1.1. Oversiktsbilde av området 3: Sylte

6.2 Skredhistorikk

Området Sylte er generelt karakterisert av brattere fjellskrenter og mer dominert av steinsprang.

Den 11.9.1979 gikk et steinsprang fra Syltefjellet ned mot Sylte sentrum. Skredet medførte skader på hager og uthus, samt mindre skader på bolighus. Det skal ha gått lignende steinsprang tidligere, blant annet i 1963-64 (NGI rapport 934001-1).

I den nasjonale skreddatabasen er det også rapportert et snøskred som skal ha gått mot Sylte sentrum. Det er imidlertid uklart hvor dette skal ha gått fra, og det er ikke usannsynlig at det er feil stedsfesting.

6.3 Observasjoner i terreng

6.3.1 Snøskred og sørpeskred

Skrentene i dette området er vesentlig brattere enn i resten av studieområdet. De bare terrengpartiene med størrelse av betydning for snøskredutløsning, har en helning mellom 50 og 60° (Fig. 6.3.1.1).

Det er ikke observert spor etter snøskred i skråningene nedenfor disse terrengpartiene, mens skråningene er preget av steinsprangaktivitet. Terrenget, i tillegg til veldig bratt, er generelt også veldig kupert (Fig. 6.1.1).

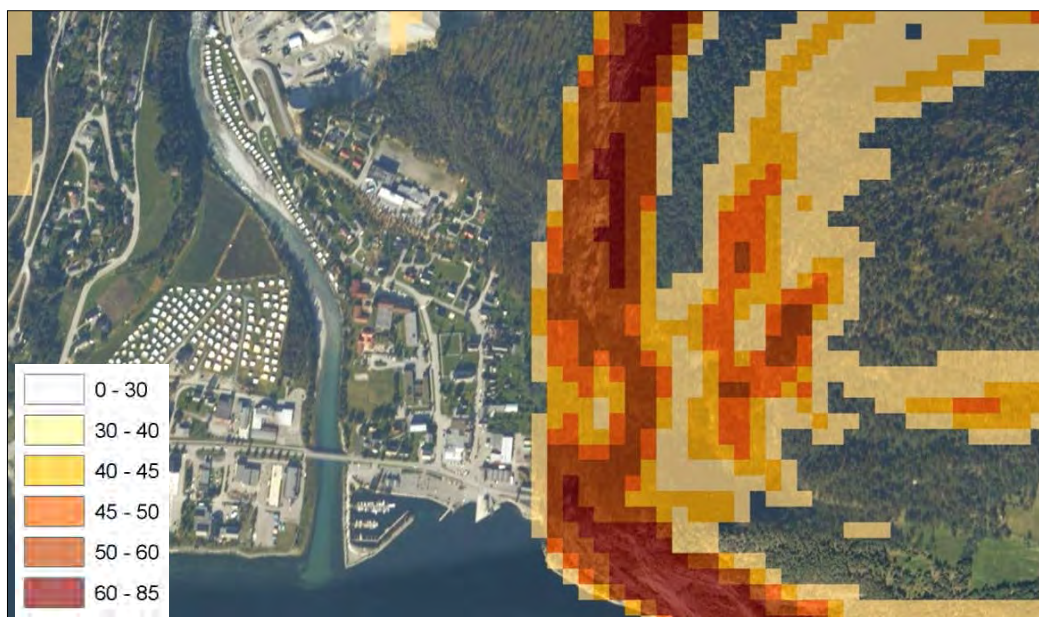
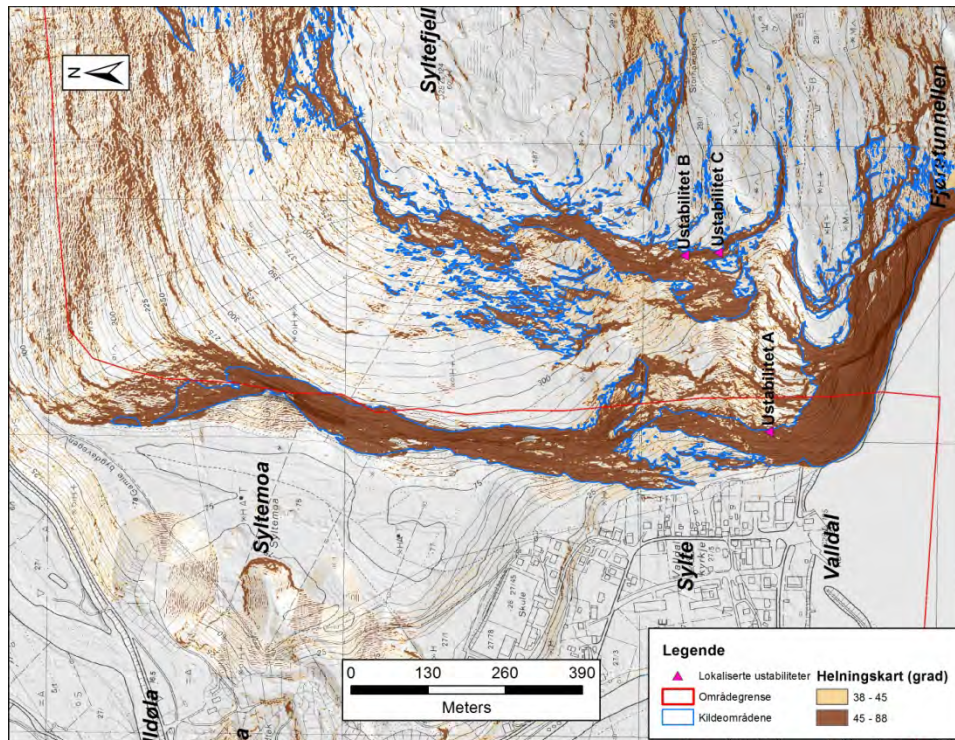


Fig. 6.3.1.1. Helningskart for område 3 (helninger i grader). I dette området er det ingen dokumenterte skredhendelser og ingen aktuelle løseområdene av betydning.

6.3.2 Steinsprang og steinskred

Dette området ble befart i August 2011. Utført feltkartleggingen følger kriteriene presentert i avsnitt 3.4.2, og fokuserte hovedsakelig på å identifisere potensielle kildeområder og beskrive steinsprangavsetningene (talus og spredte blokker). Henviser til

Tabell 3.5.2.1 (avsnitt 3.5.2) for beskrivelse av de ulike blokkstørrelse. Figur 6.3.2.1 representerer helningskart med potensielle kildeområder for steinsprang og større ustabiliteter (steinskred) kartlagt i dette området.



Figur 6.3.2.1 Helningskart med markerte kildeområder (blå linjer) for steinsprang i Sylte området. I tillegg viser figuren kartlagte større ustabiliteter (lilla trekant), som potensielt kan utvikles til steinskred.

De bratte høye fjellveggene ovenfor Sylte viser tydelige tegn fra tidligere steinsprang (ferske sår i fjellveggene) (Fig. 6.3.2.2). Fjellet er dannet av gneiss og har generelt sett av god geologisk styrke og en relativ liten oppsprekingsgrad. Den metamorfe foliasjonen i gneissen er velutviklet og faller med omtrent 45° mot sørøst, dvs. inn i fjellsiden. Andre bruddflater i fjellet er bratte og avgrensar steinsprangblokker sammen med foliasjonen. Eksfoliasjon er velutviklet i hele fjellsiden og danner store overflater som faller mot dalen (Fig. 6.3.2.2c). Disse eksfoliasjonsflatene kan gi utglidninger. Det er ingen åpenbar forskjell i steinsprangsaktivitet og mulige blokkstørrelser i ulike deler av Syltefjellet. Alle fjellvegger er derfor antatt som mulig løseområde for steinsprang.

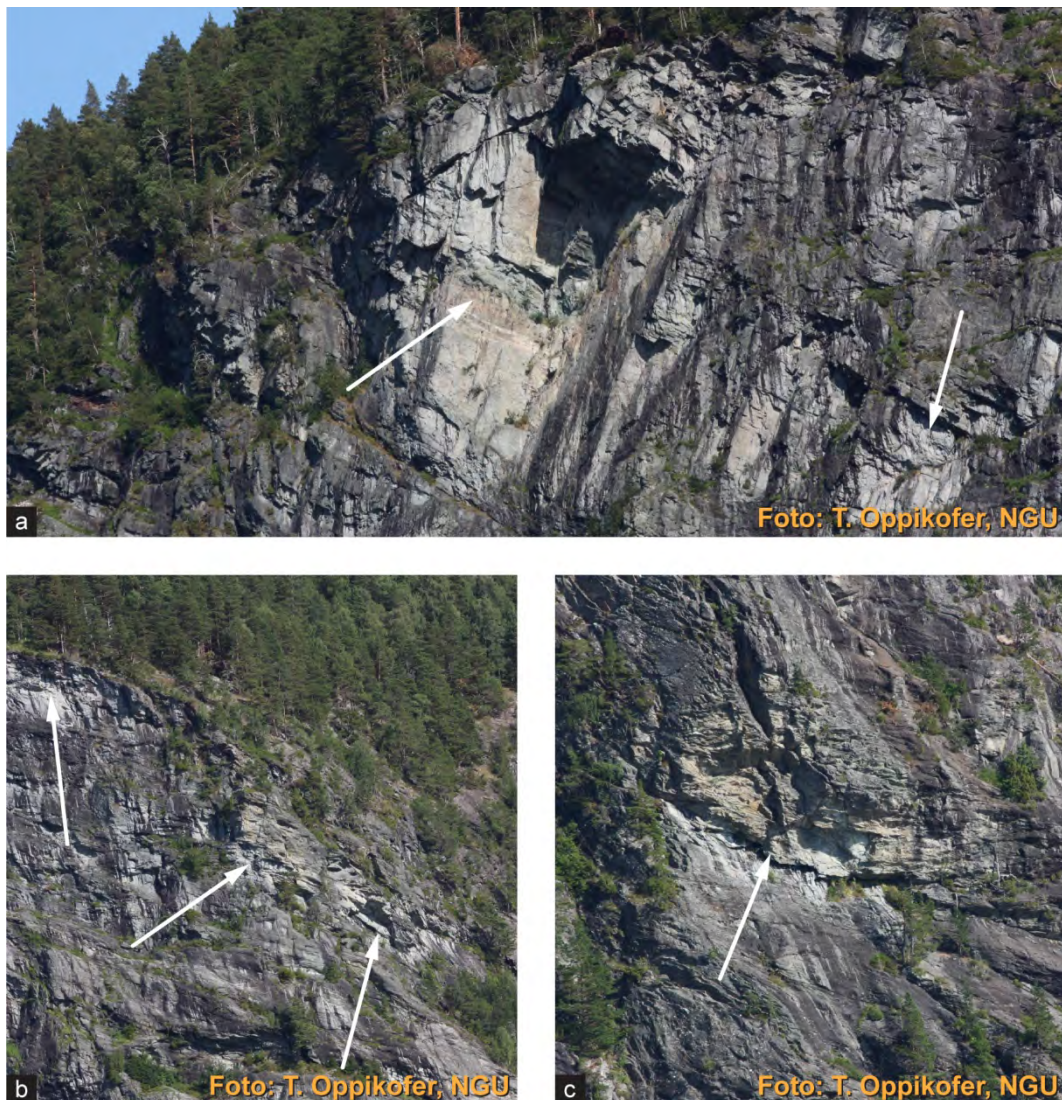
Tre potensielle ustabile områder (ustabiliteter) er avgrenset av delvis åpne sprekker (Fig. 6.3.2.3). Disse ustabilitetene har store volum (flere hundre til flere tusen kubikkmeter) og kan dermed danne steinskred. Ut fra observasjoner fra avstand er det ingen tegn til nåværende bevegelser eller aktivitet i de tre områdene. Derfor antar vi at sannsynligheten for steinskred fra disse ustabilitetene er lavere enn 1/1000 per år. Videre er det observert tydelig tegn etter tidligere steinsprang (Fig. 6.3.2.3). Det er dermed mulig at framtidige steinsprang vil kunne løsne hyppigere fra disse ustabilitetene sammenlignet med andre løseområder.

I de potensielle utløpsområdene ved foten av fjellveggene er det kartlagt ur fra tidligere steinsprang fra Syltefjellet. Blokkene har relativt homogen størrelse på noen desimeter i diameter (Fig. 6.3.2.4a). Flere større blokker (flere meter i diameter) har nådd helt ut på

den flate dalbunnen (Fig. 6.3.2.4b), og en av disse blokkene har faktisk ødelagt et gjerde bak et hus i Sylte (Fig. 6.3.2.4d).

Ura er i stor grad dekket av mose, et tynt lag med jord, skog og annen vegetasjon (se terrenotypekart; Fig. 6.3.2.4c). Under den øvre fjellveggen og nordre deler av den nedre fjellveggen finnes det ur som ikke er dekket av vegetasjon (Fig. 6.3.2.4a). Dette kan tolkes som tegn på nyere steinsprangaktivitet sammenlignet med områder rundt. Skogen ved foten av fjellveggene er ganske tett, men trærne har en relativt liten stemmediameter (Fig. 6.3.2.5a). Mange trær har sår etter støt fra steinsprang, er knekt eller veltet (Fig. 6.3.2.5b-e). Skogens beskyttelsesfunksjon mot steinsprang er begrenset pga. dårlig skogstilstand og manglende vedlikehold, i kombinasjon med store blokkstørrelser for 1000 års og 5000 års steinspranghendelser.

Det er i området blitt bygget en ca 4 m høy voll ble bygd for å beskytte Fjellro kafé og pensjonat mot steinsprang basert på anbefalingene fra NGI i 1993 (NGI rapport 934001-1).



Figur 6.3.2.2. Løsneområder for tidligere steinsprang og steinskred fra Syltefjellet (indikert med pil): a) og b) er lokalisert på den nordre delen av den nedre fjellveggen; c) er lokalisert på

Syltekoppen rett ovenfor Fjøråtunnelen. Overflater dannet av eksfoliasjon er synlig direkte under dette løsneområdet.



Figur 6.3.2.3. Potensielle ustabile områder (ustabiliteter) avgrenset av delvis åpne sprekker (indikert med pil): ustabiliteten i a) ligger på Syltekoppen overfor Fjøråtunnelen og har en estimert volum på ca. 10 000 m³; ustabiliteter i b) og c) ligger på den øvre fjellveggen og har estimerte volumer på henholdsvis ca. 3000 m³ og 1000 m³.



Figur 6.3.2.4. Steinsprangsblokker i utløpsområder ved Syltefjellet: a) ur under den øvre fjellveggen med blokker med flere desimeter i diameter; b) stor blokk på løsmasseterrassen nord for Sylte sentrum; c) steinsprangblokker tildekket med mose, jord, skog og annen vegetasjon; d) stor blokk som ødela et gjerde bak et hus i Sylte sentrum.



Figur 6.3.2.5. Skog ved foten av Syltefjellet. Det er observert at mange trær viser støt fra steinsprang eller er døde, samt generell skogstilstand er ganske dårlig og beskyttelsesfunksjonen er begrenset.

6.3.3 Jordskred og flomskred

Langs foten av fjellet rett øst for sentrale Sylte ligger noen løsmasseavsetninger som primært er avsatt av steinsprang (se 6.3.2), men som viser tegn til at noe materiale er transportert videre av jord/flomskredprosesser. I den søndre delen av området som dekkes av løsmassekartet er det kartlagt en mindre vifte (se figur 6.1.1) hvor steinsprang og mindre flomskredprosesser ser ut til å ha vært aktive (kode 315 på kartet). Denne tolkningen er basert på morfologien til avsetningen, og spor etter nylig sedimenttransport på overflata. Avsetningen settes i sammenheng med et bekkeløp som kommer ned gjennom noen mindre gjel i fjellsiden over. Det finnes i den nordlige delen av det kartlagte området lignende mindre gjel som kanaliserer bekkvann ned skråninga fra nedslagsfelt høyre opp på fjellet. Under disse nordlige gjel ligger det steinsprangmateriale i varierende kornstørrelser, inklusive grus og sand, som kan være sårbare for erosjon.

Nord-vest for det kartlagte området begynner den store Syltemoa- avsetningen som i hovedsak består av sand og grus. Den søndre kanten av denne terrasse er bratt, og det finnes hus både rett nedenfor kanten og oppe på den. Det finnes imidlertid ingen spor etter utglidninger og det er ingen synlig drenering som kan destabilisere skråningen.

6.4 Modelleringsarbeid

6.4.1 Snøskred

Det er ikke utført modellering av snøskred i dette delområdet, siden terrengmodell- og flybildeanalyser samt feltobservasjoner ikke identifiserte løsneområder av betydning her.

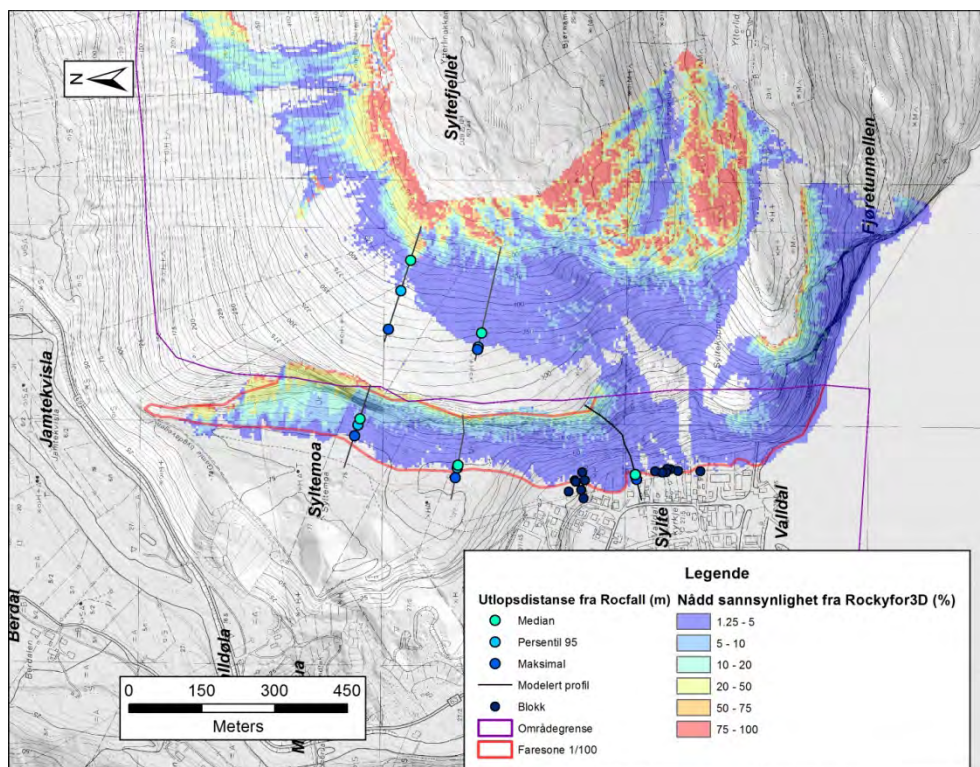
6.4.2 Steinsprang og steinskred

Henviser til delkapittel 3.5.2 og 3.6.2 for metodebeskrivelse av modellering og definisjoner av scenario for faresoner. Eksempel av resultat fra Rockyfor3D for scenario 1/100 er illustrert Figur 6.4.2.1, samt resultat HY-STONE fra Crosta et al. (2008) figur 6.4.2.2.

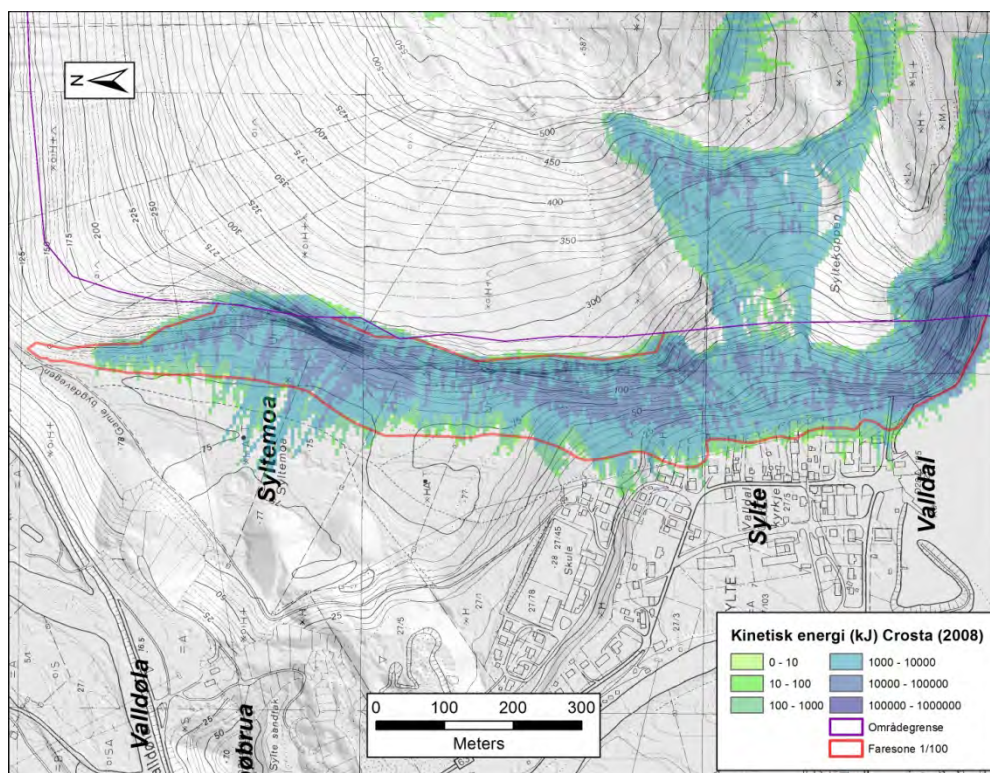
Som nevnt i avsnitt 3.5.3 er Rockyfor3D i området benyttet med en høyt oppløst DEM (oppløsning 1m). Resultat fra modelleringen som representerer 100 års grensa passer godt med lokaliseringen av eksisterende talus på nordre del, samt mesteparten av de enkeltliggende blokkene i den sentrale og sørlige delen av området hvor ingen massive ur er kartlagt. Resultat fra scenario 1/1000 og 1/5000 dekker et større polygon og omfatter alle spredte blokker kartlagt. Modelleringen viser at blokker har en liten utløpsdistanse i selve dalbunnen grunnet tap av moment da terrenget flater ut, samt lavere restitusjonskoeffisient verdi på materialer lokalisert i dalbunnen sammenlignet med fjellveggene.

I tillegg til Rockyfor3D er Rocfall (Rocscience) benyttet for 2D modellering langs 5 profiler. Modelleringen er kalibrert ved å utføre tilbake-analyse av tidligere hendelser på grunnlag kartlagt i felt. Resultat fra 2D modelleringen representerer blokker som tilhører scenario 1/100. Rocfall modellering er utført for å vurdere eksisterende voll for steinsprangsikring bygget etter anbefalinger fra NGU rapport (NGI rapport 934001-1). Det ble utført modellering med og uten vollen. Resultater viser at vollen stopper steinsprangblokker og dette er tatt hensyn til med vurdering av faresonene i området. Det er observert at blokkene i nordre del av område har en lengre utløpsdistanse i dalbunnen enn blokker i sør. Dette grunnet fjellklippene har høyere relieff til nord, som gir større energi til steinsprang fra øvre delen. Resultat fra Crosta et al. (2008) dekker likens område som 1/100 scenario modellert her.

Utløpsmodelleringen inkluderer ikke analyse for større ustabiliteter (steinskred) kartlagt i området (Fig. 6.3.2.2). Ytterlige individuelle analyser for hvert av disse områdene er fortsatt nødvendige. Derimot vil utløpsdistansen av disse ustabilitetene grovt anslått følge resultatet for 1/5000 scenario representert her.



Figur 6.4.2.1. Figuren inkluderer resultat av modellert ”nådd sannsynlighet” fra Rockyfor3D for scenario 1/100 og modellert utløpsdistanse (m) fra Rocfall (Rocscience) langs 5 profiler. I tillegg vises beliggenhet til kartlagte spredte blokker observert under feltarbeid og talus langs dalbunnen.



Figur 6.4.2.2. Resultat av kinetisk energi modellert med HY-STONE (fra Crosta et al., 2008).

6.4.3 Jordskred

Modelleringene er utført slik de er forklart i kapittel 3.5.3. De samme parameterne er brukt for hele det kartlagte området i Valldal, og det er således ikke gjort lokale tilpasninger for området Sylte.

6.5 Skredfarevurdering

6.5.1 Snøskred og sørpeskred

Manglende snøskredhistorikk og spesielt kart-, terrengmodell- og flybildeanalyser, samt terrengobservasjoner indikerer at alt terreng som potensielt kan samle snø i dette området, er tett skogkledd, mens de eneste bare terrengpartier er for bratte til å tillate oppsamling av store mengder snø.

Vår vurdering er at snøskred og sørpeskred ikke er aktuelle prosesser i dette området. Naturlig utløsning av mindre mengder tørr snø ("sluffs") i forbindelse med store snøfall, er sannsynlig, men vurderes ikke å kunne true bebyggelsen. Det er derfor andre prosesser (steinsprang) som vil være dimensjonerende for fastsettelse av faresoner her.

Lokalt på de bratteste fjellskrenter kan det bli dannelse av is dersom grunnvann siger ut av bergsprekker vinterstid. Fall av ismasser vurderes ikke å kunne ha større rekkevidde og skadepotensial enn det som er vurdert ifm steinsprang.

6.5.2 Steinsprang og steinskred

Vurdering av faresonene er utført i henhold til kapittel 3.6.2. Resultatene fra numerisk modellering er kun tatt med som enkel referanse. Likevel viser det seg at resultatene for scenario 1/100 passer godt med feltobservasjoner, mens det antas at modellert utløpsdistansen for 1000 og 5000 års grensa er overestimert og resultatene er benyttet deretter. Henviser til figur 6.5.2.1 for faresonekart

Faresonene presentert her inkluderer ikke analyser for steinskred (større ustabiliteter) beskrevet i kapittel 6.3.2. Det forventes at utløpsområder til potensielle steinskred i dette området dekkes med faresonen 1/5000 år. Analyser av disse lokalitetene er fortsatt nødvendig.

Faresone 1/100:

Faresonen i nord omfatter et område som strekker seg ca 85m langs dalbunnen målt fra fjellklippen sin tå. På dette område er det kartlagt at fjellveggen har høyest relieff.

Morfologien til klippene langs den sentrale delen av området er tilsvarende til nord, mens morfologien langs dalbunnen endres her til å bestå av tre ulike platå separert med skråttstilte skrenter. Steinsprangblokker som kommer frem til disse skrentene vil få en lengre utløpsdistanse enn blokker som stopper på platåene. Langs dette området i dalbunnen er gjennomsnittsbredden til faresonen satt til 75m (målt fra fjellklippenes tå).

Klippene mot sør har en mer stegvis morfologi og har lavere relieff enn nord. Her er det kun et fåtall av blokkene som når dalbunnen (blokkene stopper opp før). Den gjennomsnittlige avstanden til faresonen er 30 m i denne delen. Grunnet tilstedeværelse av vollen er faresonen i dette området redusert og linjene er definert bak konstruksjonen.

Mer mot sør, i nærheten av området der fjellsiden når fjorden, øker høyden til klippen igjen. Dette bidrar til lenger utløpsdistanse for steinsprangblokkene. Her dekke bredden til faresonen 40m langs dalbunnen.

I området hvor fjellsiden når fjorden endrer klippen orientering til NV-SØ. Nedre del av klippen strekker seg helt ned til fjorden og mulige steinsprang vil dermed gå direkte ned i fjorden.

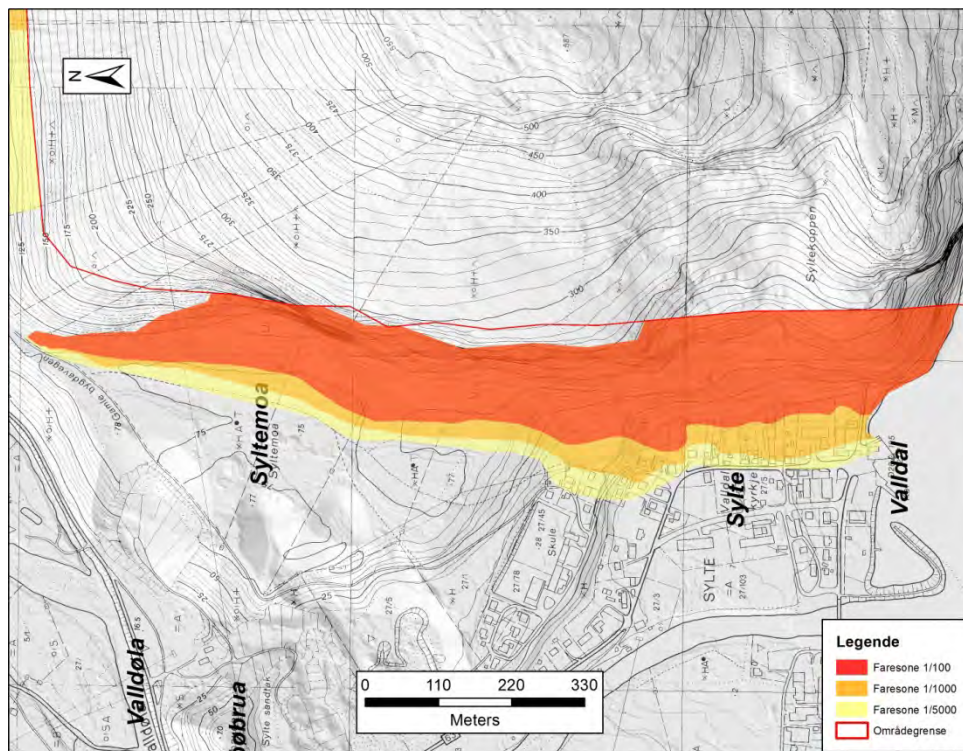
Ingen bygninger er inne i denne faresonen ved nordlige og sentrale delen av området, men sonen inkluderer stedvis hager (spesielt i sentrale delen).

Faresone 1/1000:

Faresonen strekker seg lenger ut fra fjellveggen (mot vest) enn 100 års grensa. Sonen strekker seg særlig lenger der terrenget mot dalbunnen er bygd opp trappevis med plata og skråttstilte skrenter, da disse skrentene bidrar til å øke energien til blokkene. Sonen 1/1000 inkluderer flere bygninger i sentrale og sørlige del av området, dels sideveger (sentrale området), og noe av fylkesvegen i sør.

Faresone 1/5000:

Faresonen følger lignende geometri som 1000 års grensa. Derimot inkluderer 1/5000 flere bygninger, sideveger (sentrale området) og større del av fylkesvegen i sør.



Figur 5.5.2.1. Faresonekart for steinsprang, område 3 (Sylte).

6.5.3 Jordskred og flomskred

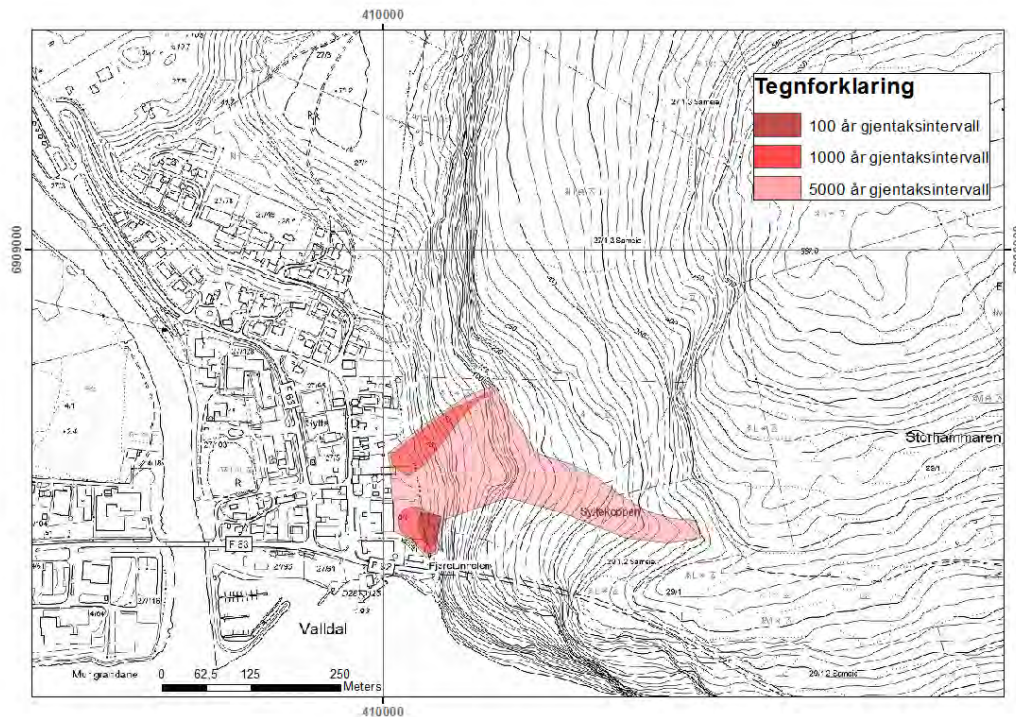


Fig. 6.5.3.1. Faresoner for jord- og flomskred, Område 3. Øvre deler av faresonene er kuttet i det endelige faresonekartet.

Det er laget 1/1000 års grenser for jord/flomskred ved Sylte som er basert på observasjoner av løsmassene i felt og vanntilførselen til skråningen. Modellen har plukket ut et startområde for jordskred høyt oppe i skråningen, men det ble ikke observert spor etter tidligere skred langs eller nedenfor dette løpet i felt, og det er ikke inkludert i 1/1000 års grensa. 1/5000 års grensa tar imidlertid høyde for at det kan gå skred langs dette løpet. Det er sport etter ferske jord/flomskredavsetninger på vifta lengst sør mot Fjortunetunnelen, og her er det tegnet inn en 1/100 års grense.

Den bratte skrenten i sørkanten av Syltemoaavsetningen kan generelt sett være sårbar for skredprosesser, slik vi har sett det ved Murigjerde. Skrenten ved Syltemoa har imidlertid ikke det samme tilfanget av vann, og det er ikke funnet tegn på tidligere skredaktivitet. Vi anser skråningen som stabil slik den står i dag, og det er derfor ikke lagt noen faresoner her. Man bør imidlertid utvise forsiktighet, og vurdere stabilitet og skredfare nærmere ved eventuelle inngrep i skråningen.

7 Område 4 (Jamtekvisla - Døving)

7.1 Geomorfologi og løsmasser

Det vurderte området omfatter den nord- til nordvestvendte siden av Valldalen mellom Jamtekvisla i vest og Døving i øst (Fig. 2.1.1). Høydeforskjellen mellom toppen av dalsiden og dalbunn er litt varierende mellom 530 m i den vestlige delen av området

ovenfor Øygarden (Fig. 7.1.1), 435 m i den midtre delen ovenfor Døving (Fig. 7.1.2) og 800 til 850 m i den nordøstlige delen ovenfor Bjorstad (Fig. 7.1.3). Dalsiden har en ganske jevn helningsvinkel mellom 30° og 60°, men skrenter med helningsvinkel over 60° finnes flere steder i dalsiden. Helningen i dalsiden er vist i Vedlegg A.

Det er ingen betydelige bekkeløper på hele dalsiden siden den ikke er konkav og det er ikke noe stort nedslagsfelt ovenfor. Store deler av området er dekket av granskog, men i terrenget og vegetasjonen er det tydelige spor fra tidligere steinsprang, særlig ovenfor Øygarden (Fig. 7.1.1) og ovenfor Bjorstad (Fig. 7.1.3). Samtidig er det ikke observert store ur eller andre dekkende skredavsetninger ved foten av dalsiden. Videre er det en løsmasseterrasse, Furehjellen, med tett granskog mellom husene på Øygarden og den bratte dalsiden bak (Fig. 7.1.1). Løsmasser i dette område ble ikke kartlagt.



Fig. 7.1.1. Oversiktsbilde av den vestlige delen av området 4: Jamtekvisla – Bjorstad ovenfor Øygarden. Skrenter er synlig midt i og øverst i skråningen.



Fig. 7.1.2. Oversiktsbilde av den midtre delen av området 4: Jamtekvisla – Bjorstad ovenfor Døving. Skrenter er synlig midt i skråningen.



Fig. 7.1.3. Oversiktsbilde av den østlige delen av området 4: Jamtekvisla – Bjorstad ovenfor Døving og Bjorstad. Skrenter er synlig midt i og øverst i skråningen.

7.2 Skredhistorikk

I dette området er det registrert 2 snøskred som skal ha gått mellom Valldal og Døving i årene 1654 – 1659. Disse er nokså usikre både når det gjelder lokalitet og dato. Mindre snøskred skal imidlertid også ha gått både i fjellsiden ovenfor og like sør for Bjorstad i 1955 (Fig.5.2.1). Gården skal ha stått siden 1560 uten å ha blitt tatt av skred.

Rett øst for Døving skal et flere tusen m³ leirskred ha gått mellom 1800 og 1810, med skader på kirkegården.

Ved Uri gikk et 65 m³ jordskred over vegen den 27.3.1997.

7.3 Observasjoner i terreng

7.3.1 Snøskred og sørpeskred

Mesteparten av fjellsiden i dette området er brattere enn 30° og større terrengpartier er også brattere enn 45° (Fig. 7.3.1.1).

Terrenget er også i hovedsak skogsdekket, med unntak av et ca. 75 x 150 m terrengparti med bart fjell mellom 300 og 400 m høyde ovenfor Øygården (Fig. 7.3.1.2) og et ca. 1 km langt men bare 50 – 100 m høyt belte mot toppen av fjellsiden bak Døving og Bjorstad (Fig. 7.3.1.3).

Nedenfor det første av de to nevnte, potensielle løsneområdene er det ikke registrert åpenbare tegn etter at det nylig har gått snøskred. Nedenfor det lengre beltet med bart og bratt terreng lengre øst (Fig. 7.3.1.3) er det imidlertid synlige spor etter skred. Dette er tynne baner der løsmassedekket virker tynnere eller fraværende, muligens som en konsekvens av tidligere jord-/flomskred og trolig også steinsprang. I disse banene skal det også ha gått snøskred noen ganger tidligere.

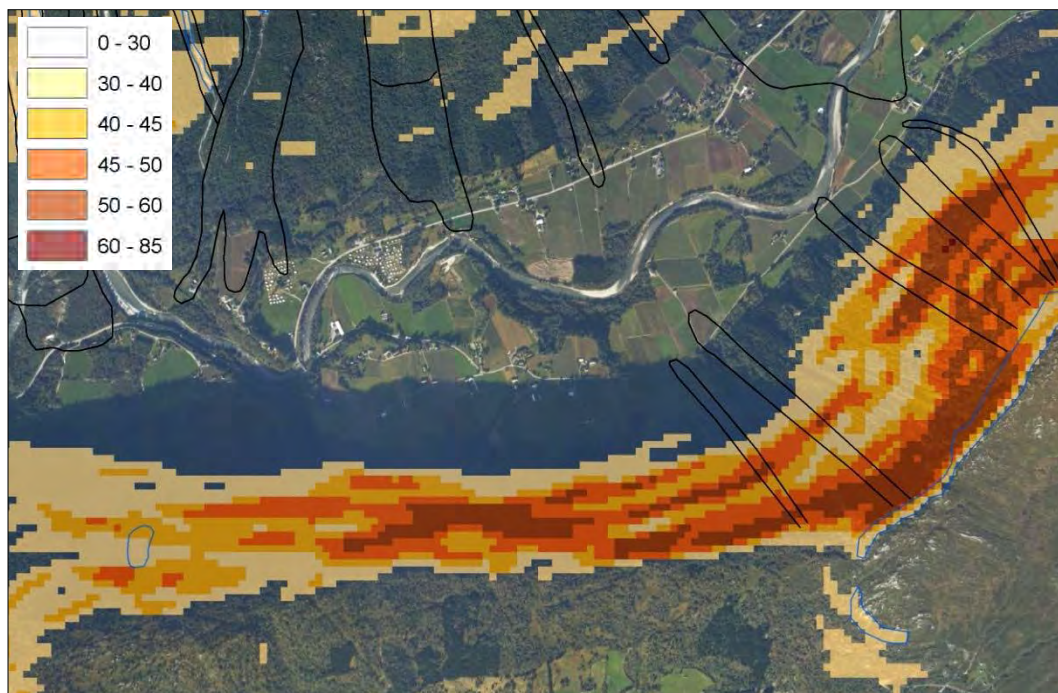


Fig. 7.3.1.1. Helningskart for område 4 (helninger i grader). Kartet viser også de vurderte løснеområdene (blå linje) og de dokumenterte snøskredhendelsene (svart linje).



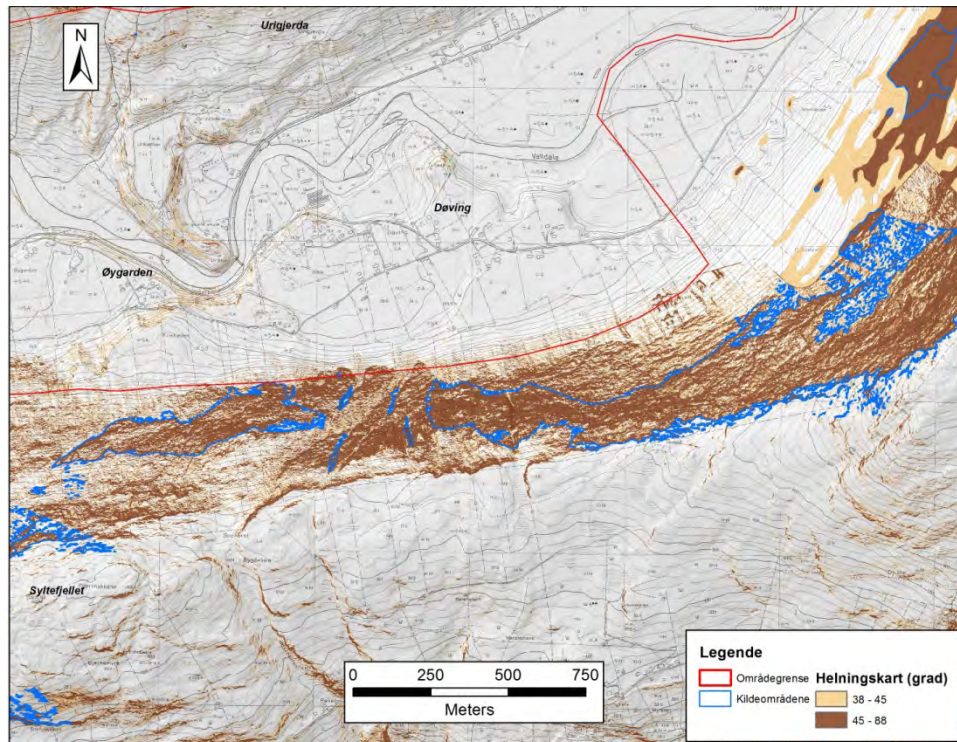
Fig. 7.3.1.2. Det lille bare terrengpartiet ovenfor Øygården (Langhammaren).



Fig. 7.3.1.3. Fjellsiden bak Døving og Bjorstad med tegn etter steinsprang og mindre snøskred i venstredelen av bildet.

7.3.2 Steinsprang og steinskred

Under feltarbeid i august 2012 ble et utvalg avgrensede områder kartlagt i henhold til kriteriene som er presentert i kapittel 3.4.2. En viktig del av feltarbeidet var identifisering av potensielle kildeområder for steinsprang og beskrivelser av blokkeravsetninger i feltområdene. Figur 7.3.2.1 representerer helningskart med potensielle kildeområder for steinsprang i området Jamtekvisla - Bjorstad. Områder over 45 grader er ikke definert som løснеområder grunnet områdene korresponderer ikke til berggrunn eller tynt humusdekke over berggrunn. En beskrivelse av de ulike blokkstørrelsene finnes i kapittel 3.6.2.



Figur 7.3.2.1. Helningskart med markerte kildeområder (blå linjer) for steinsprang i området Jamtekvisla - Bjorstad.

Fjellet er dannet av gneiss og har generelt sett god geologisk styrke og en liten oppsprekkingsgrad. Eksfoliasjon er vel utviklet og danner store overflater som faller mot dalen (Fig. 7.3.2.2a). Den metamorfe foliasjonen faller inn i fjellsiden og avgrenser steinsprangblokker sammen med andre bruddflater og eksfoliasjonen. Erosjon av to gamle forkastninger ovenfor Øygarden og Døving har dannet to dype kløfter i terrenget (Stiskaret og Ramnegjølet) (Fig. 7.3.2.3b).

Steinsprang har tidligere løsnet fra de bratte skrentene i skråningen, og det er stor forskjell i steinsprangaktivitet i de ulike deler av området:

- I den vestlige delen av området ovenfor Øygarden er løsneområder fra skrenter midt og øverst i skråningen på henholdsvis 280 til 340 m o.h. og 490 til 540 m o.h. (Fig. 7.3.2.2). Det er tydelige ferske sår fra steinsprang fra Longhammaren midt i skråningen (Fig. 7.3.2.2a). De fleste observerte steinsprangblokker i utløpsområde er gamle og dekket av mose, mens noen blokker er ferske (Fig. 7.3.2.2b).
- I den midtre delen ovenfor Døving er løsneområder fra skrenter midt i skråningen på 340 til 470 m.o.h. (Fig. 7.3.2.3). Det er bare noen få synlige sår fra tidligere steinsprang (Fig. 7.3.2.3a) og ellers er det lite steinsprangaktivitet fra disse skrentene (Fig. 7.3.2.3b). Den gamle eroderte forkastningen ved Ramnegjølet har ingen åpenbar innflytelse på steinsprangsaktiviteten.
- I den nordøstlige delen ovenfor Døving – Bjorstad er løsneområder fra skrenter midt og øverst i skråningen på henholdsvis 360 til 430 m.o.h. og 760 til 920 m.o.h. (Fig. 7.1.2.4). Det er tydelige ferske sår fra steinsprang fra den øverste skrenten og deres utløp er klar synlig i terrenget (Fig. 7.3.2.4a). Skrentene midt i skråningen har lite tegn for steinsprangaktivitet (Fig. 7.3.2.4b, c). I skråningen

ovenfor Bjorstad er jord- og vegetasjonsdekke fjernet på noen steder pga. overfladisk erosjon (Fig. 7.3.2.4d), men det er ingen sår fra steinsprang. Etter informasjon fra lokalbefolkningen i Bjorstad ble granskogen ved foten av Bjorstadnakken plantet etter et større steinsprang på 1960-tallet.

Ingen potensielle ustabile områder (ustabiliteter) som kunne danne et steinskred ble observert ved feltbefaringen. Vi antar derfor at det er ingen fare for steinskred langs dalsiden mellom Jamtekvisla og Bjorstad.

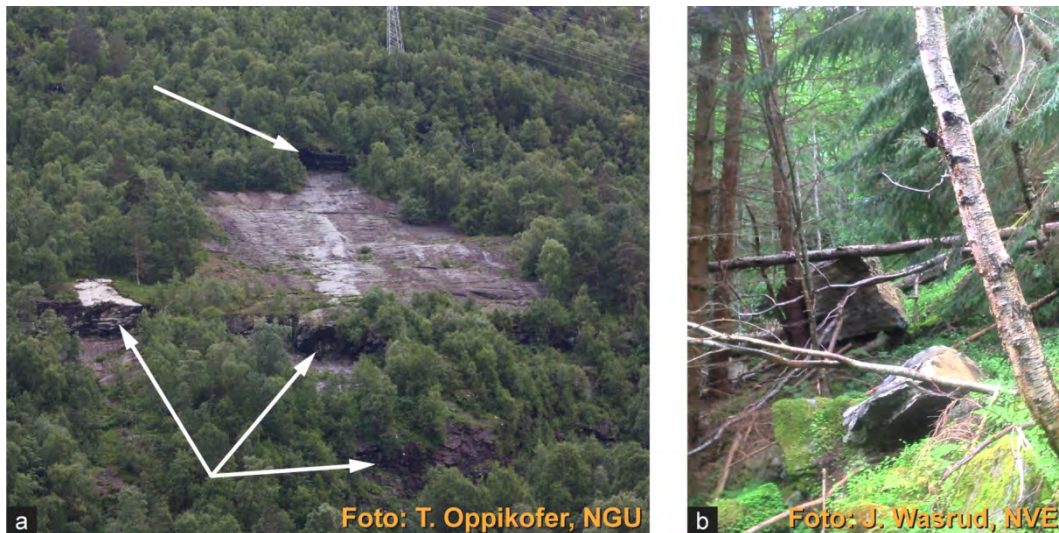


Fig. 7.3.2.2. Steinsprangaktivitet fra Longhammaren ovenfor Øygarden: a) skrenter midt i skråningen er mulige løsneområder; b) flertallet av steinsprangblokker er tildekket med mose og annen vegetasjon, mens noen store blokker er ferske.

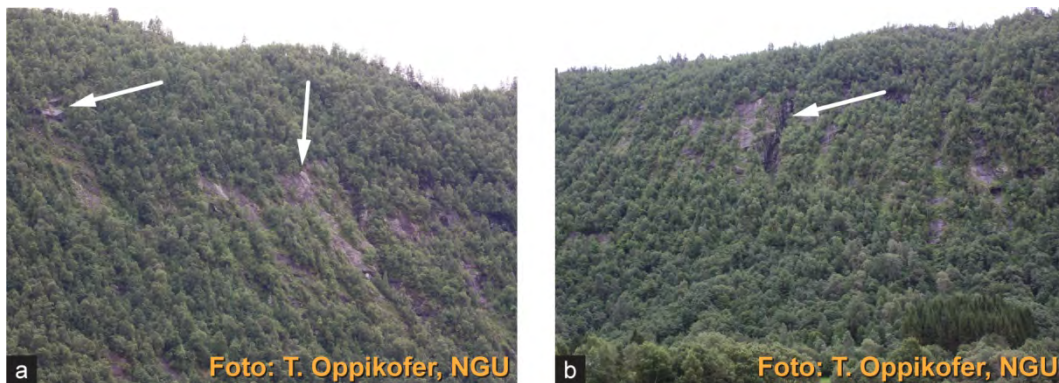


Fig. 7.3.2.3. Steinsprangløsneområder ovenfor Døving: a) sår fra tidligere steinsprang (markert med pil); b) en gammel erodert forkastning danner kløften Ramnegjølet (indikert med pil), men medfører ikke økt steinsprangaktivitet.

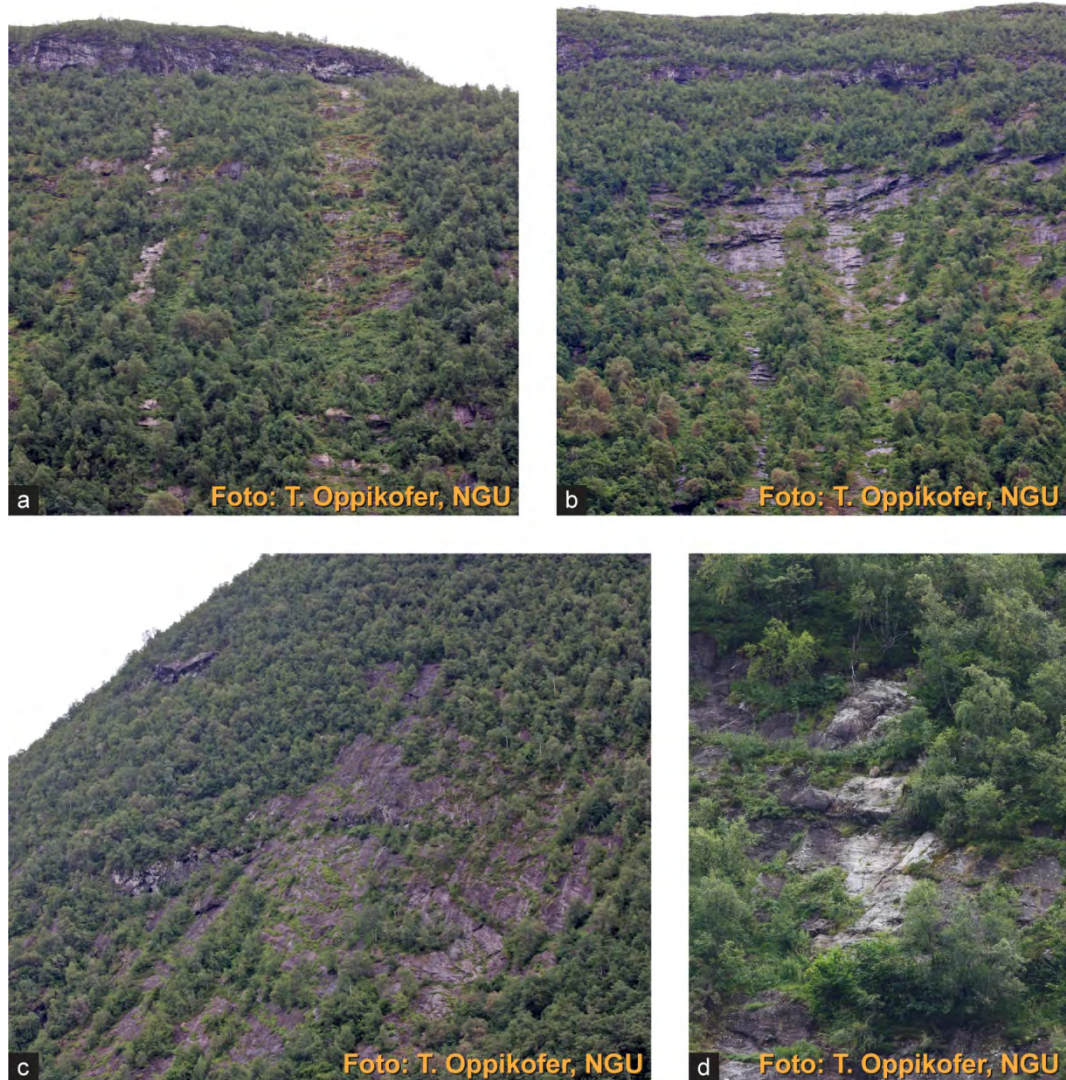


Fig. 7.3.2.4. Steinsprangaktivitet fra Bjorstadnakken ovenfor Døving og Bjorstad: a) steinsprang fra den øverste skrenten har etterlatt tydelige spor i terrenget; b) og c) skrenter midt i og øverst i skråningen er mulige steinsprangløsneområder; d) fjerning av jord og vegetasjonsdekket har gitt fargeforskjellen i overflaten ovenfor Bjorstad.

7.3.3 Jordskred og flomskred

Området består av en homogen nordvendt dalside med lang og bratt skråning med en del skog som klatrer høyt opp, men ikke mye løsmasser. Nederst i skråningsfoten finnes det noe steinsprangavsetninger oppe på den marine og glasifluviale dalfyllingen. I den sørvestre delen av området finner vi ganske tykke løsmasser som en terrasse eller rygg nederst i skråningen, parallelt med skråningen. De er ikke nærmere analysert, men antas å bestå av noen form for lateralt avsatt morene fra siste avsmelting. Det er dannet en mengde dype kanaler gjennom disse løsmassene. Disse kanalene er ikke direkte knyttet til noen synlige løp i dalsiden over løsmassenivået, og antas derfor primært å være dannet av breelveerosjon under isavsmeltingen. Det utelukkes dog ikke at noen av disse kan være gjenbrukt av jordskredprosesser senere.

7.4 Modelleringsarbeid

7.4.1 Snøskred

For begge de potensielle løснеområdene beskrevet i Kap.7.3.1 er det utført modellering i RAMMS. Det er benyttet en gjennomsnittlig mobilisert snøtykkelse på 1,5 m.

Fig. 7.4.1.1 viser skredhastighetene og skredutløpet beregnet av RAMMS for de aktuelle skredbaner. Modellen viser at skred fra det lille løснеområdet i vest kan nå ned til utflatingen der Øygården ligger, men at skredet går vest for selve gården uten å true bebyggelsen. For skredbanene lengre øst viser også modellen muligheten å nå dalbunnen og komme over den kommunale vegen til Bjørstad.

Spesielt i dette tilfellet, der observasjonen viser en fjellside hovedsakelig dekket av skog med bare tynne baner med bart terreng, er det viktig å merke seg at modellen ikke tar hensyn til skogen, og skredhastighetene er derfor trolig overestimert.

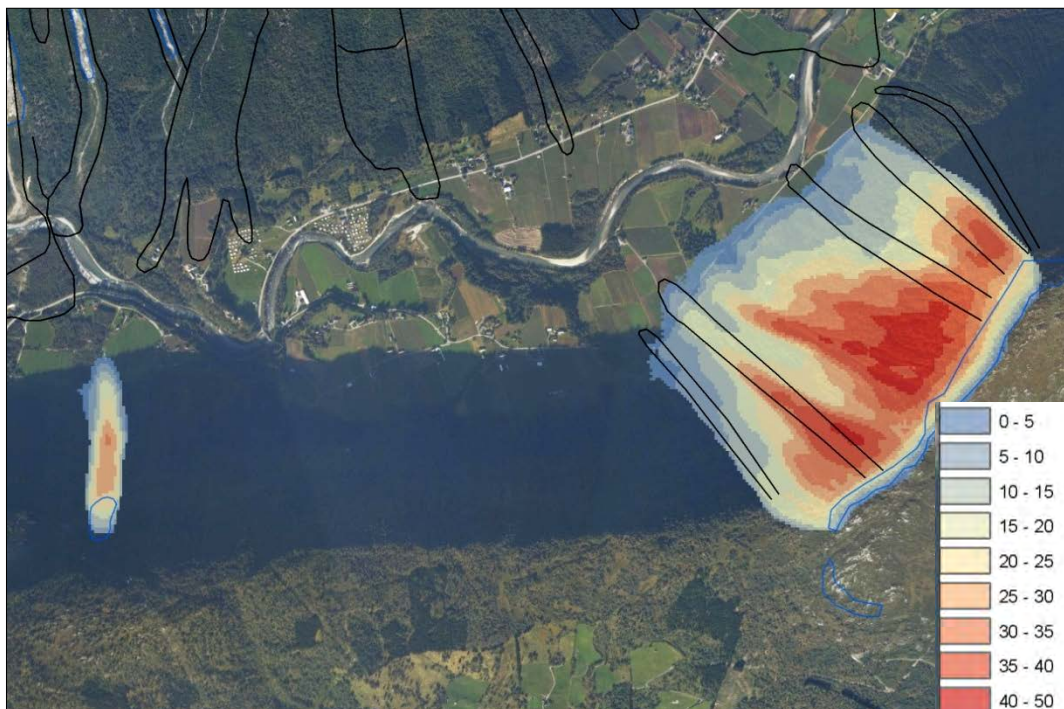


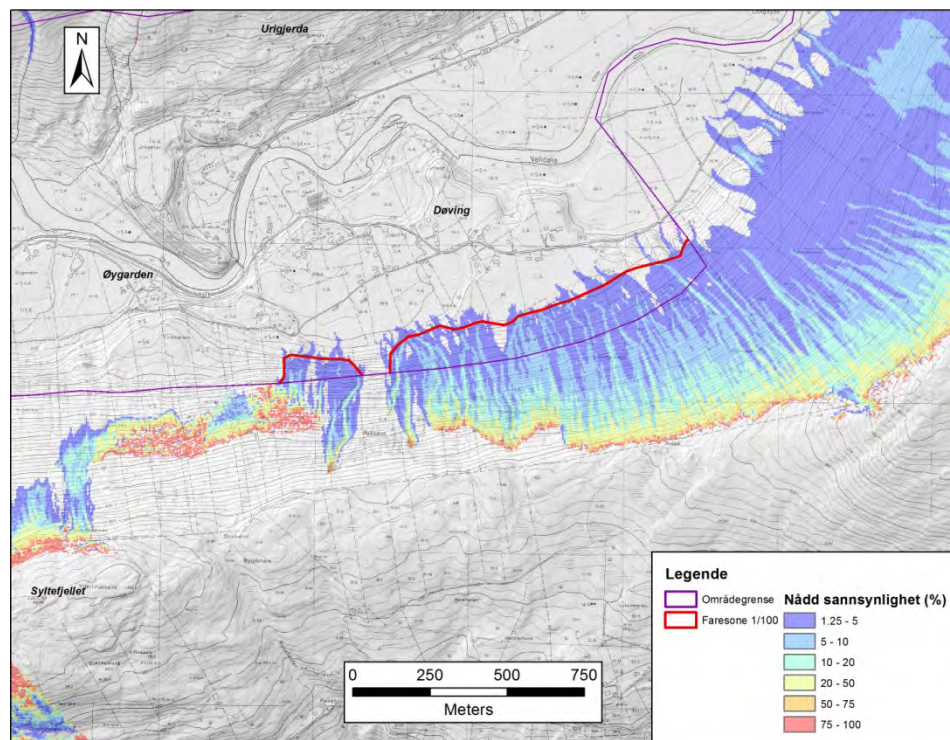
Fig. 7.4.1.1. Snøskredmodellering (skredhastigheter, i m/s). Figuren viser også omtrentlig avgrensning av tidligere snøskred (svarte linjer) og de vurderte utløsningsområdene (blå linjer).

7.4.2 Steinsprang og steinskred

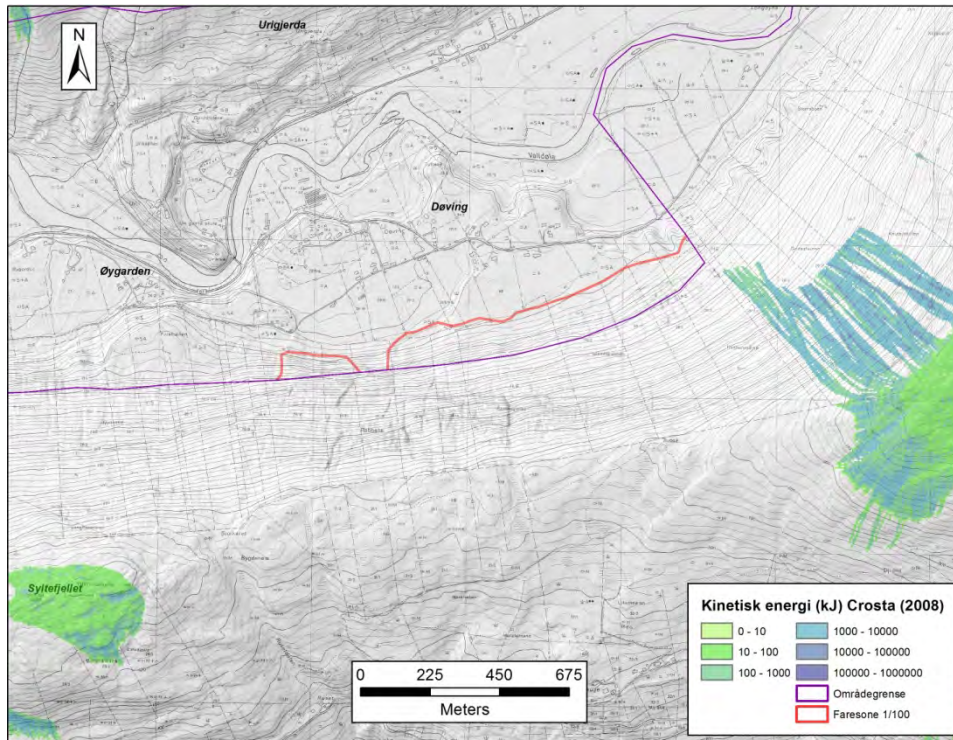
Henviser til delkapittel 3.5.2 og 3.6.2 for metodebeskrivelse av modellering og definisjoner av gjentakelsesscenario for faresoner. Eksempel av resultat fra Rockyfor3D for scenario 1/100 er illustrert i figur 7.4.2.1, samt resultat fra HY-STONE i figur 7.4.2.2 (fra Crosta m. fl., 2008).

Resultat fra modelleringen gir lengre utløpslengder enn hva som er observert under feltkartlegging for de definerte scenarioene (Figur 7.4.2.1). Dette grunnet modelleringen inkluderer kildeområder med steile fjellhammer (helningsvinkel $> 45^\circ$), men under feltkartlegging ble det ikke observert noen tegn på nylig steinsprangaktivitet langs disse skråningene (Figur 7.3.2.1). Likevel er disse områdene inkludert i modelleringen siden de overstiger terskelverdien ($> 45^\circ$) for steinsprang. Videre er det kartlagt at flere av disse skråningene består av områder med både tynt jordsmonn og skog (se beskrivelse delkapittel 7.3.2), som er vanligvis tegn på lav steinsprang aktivitet. Denne lave aktivitet kan muligens være relatert til ugunstig geometri av sprekksett (f.eks. i form av orientering eller sprekkeruhet), men det er ikke utført detaljert strukturanalyse som kan bekrefte dette.

Modelleringen utført i dette prosjektet avviker i stor grad fra resultatene presentert av Crosta m. fl. (2008) i figuren 7.4.2.2, både når det gjelder utløpslengde og areal. Crosta m. fl. har kun utført modellering med steinsprangkilder fra en mindre del av øvre skråning (mellom Døving og Bjørstad). Videre stopper de modellerte blokkene med lengst utløpslengden langs nedre del av skråningen. Dette kan forklares ved at Crosta m.fl. har mest sannsynlig benyttet høye verdier av skråningens ruhet i deres modellering. Derimot ble det identifisert under befaring i dette prosjektet flere mindre kildeområder i østlige delen av området, samt kartlagt et par steinblokker. Det ble også kartlagt noen få blokker langs dalbunnen. På grunnlag av dette vurderer vi resultatene fra Crosta m.fl. for dette området å være ikke tilstrekkelig nok for farevurderingen.



Figur 7.4.2.1. Resultat av kinetisk energi modellert med Rockyfor3D med valgte parametre for scenario 1/100. Rød polygon representer fastslått faresone 1/100 i dette området.



Figur 7.4.2.2. Resultat av kinetisk energi modellert med HY-STONE (fra Crosta m. fl., 2008). Rød polygon representerer fastslått faresone 1/100 i dette området.

7.4.3 Jordskred

Modelleringene er utført slik de er forklart i kapittel 3.5.3. De samme parameterne er brukt for hele det kartlagte området i Valldal, og det er således ikke gjort lokale tilpasninger for området Jamtekvivla - Bjorstad.

7.5 Skredfarevurdering

7.5.1 Snøskred og sørpeskred

Snøskred vurderes ikke å være den største utfordringen i dette området. Det mindre løснеområdet til venstre i Fig. 7.4.1.1. og i Fig. 7.3.1.2 regnes ikke å kunne gi snøskred som kan skade Øygården (Fig. 5.5.1.2).

Lengre øst er det en rekke mindre snøskredbaner som under spesielle forhold kan gi skred i stand til å nå vegen mellom Døving og Bjorstad, men den spredte bebyggelsen har etter vår vurdering en nominell årlig sannsynlighet for skader på like under 1/1000 og tilfredsstillende derfor dagens sikkerhetskrav til ny utbygging (Fig. 5.5.1.2).

7.5.2 Steinsprang og steinskred

Vurdering av faresonene er utført i henhold til kapittel 3.6.2. Resultatene fra numerisk modellering er kun tatt med som enkel referanse, siden det er observert at programmene overestimerer utløpsdistansen. Henviser til figur 7.5.2.1 for faresonekart.

1/100 scenario:

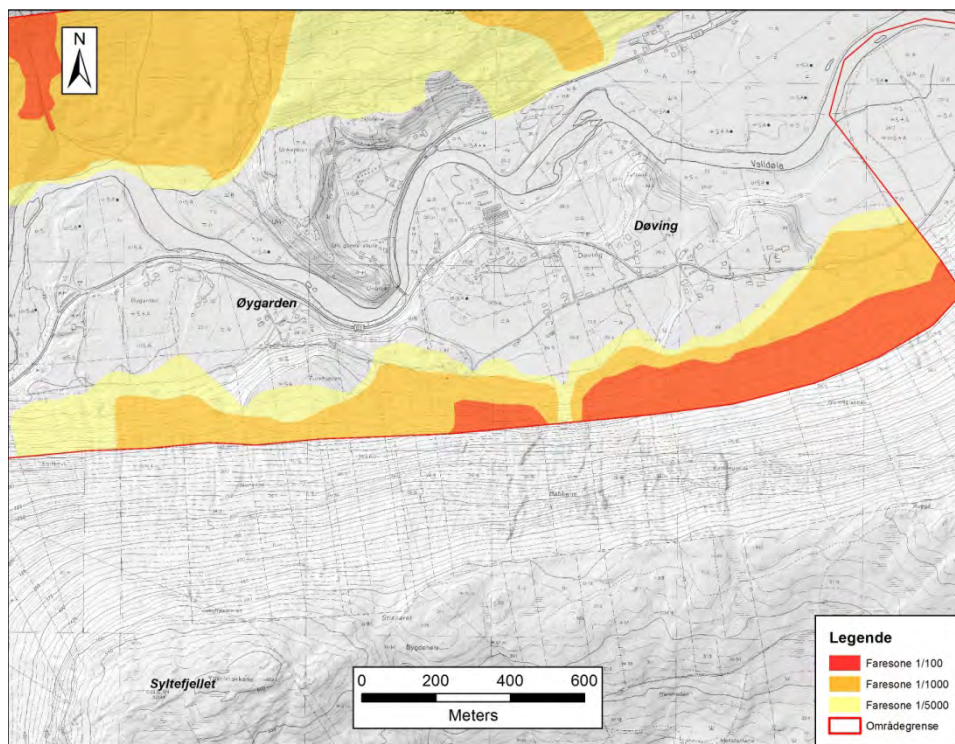
To faresoner er definert i sentrale og østlige del av området. Mot vestre del av området avtar helningsvinkelen og området er dermed ikke inkludert i sonen. Videre resulterte modellering her i en svært liten utløpslengde og kildeområdene er betraktet ikke til å være av betydning. Det er ingen bygninger inkludert innen 1/100 års faregrense. Derimot ligger mindre seksjoner av hovedvegen mellom Døving og Bjorstad innenfor.

1/1000 scenario:

To Soner inkluder hele skråningen til vest (rundt Longhammaren) og dekker delvis dalbunnen ved Øygarden, Døving og Bjorstad. Ingen bygninger er lokalisert innen denne faresonene, men en mindre del av hovedvegen mellom Døving og Bjorstad er inkludert

1/5000 scenario:

Et større parti av dalbunnen langs Øygarden, Døving og Bjorstad er innenfor faresonen. Det er flere landbruksområder inkludert i sonen, men ingen bygninger . Hovedvegen ligger delvis innenfor faresonen ved Døving.



Figur 7.5.2.1 Faresonekart for steinsprang, område 4 (Jamtekvisla - Bjorstad).

7.5.3 Jordskred og flomskred

Det er ikke laget faregrenser for jordskred og flomskred i dette området. Området er befart kort, men ble ikke prioritert for nærmere undersøkelser med tanke på jordskred og flomskred i løpet av den perioden vi hadde til rådighet for feltarbeid. Steinsprang og

snøskred (i østre del) vil være dimensjonerende skredprosesser i området. Dette betyr ikke at det ikke kan gå jordskred i denne dalsiden, som både er bratt og har tilstrekkelig med løsmasser. Dreneringsområdet til dalsiden er imidlertid svært lite, og det forventes ikke store jordskred her. Det er en del dype kanaler i løsmasser i sørvestre del av området. Ettersom dreneringsområdet til disse kanalene er så lite, tolkes de til å være dannet under isavsmeltingen på slutten av siste istid. Med tanke på liten tilfang av vann anser vi det som lite sannsynlig at det vil gå store jordskred i disse kanalene i dag. Det er heller ikke observert tydelige jordskredavsetninger ved munningene av kanalene.

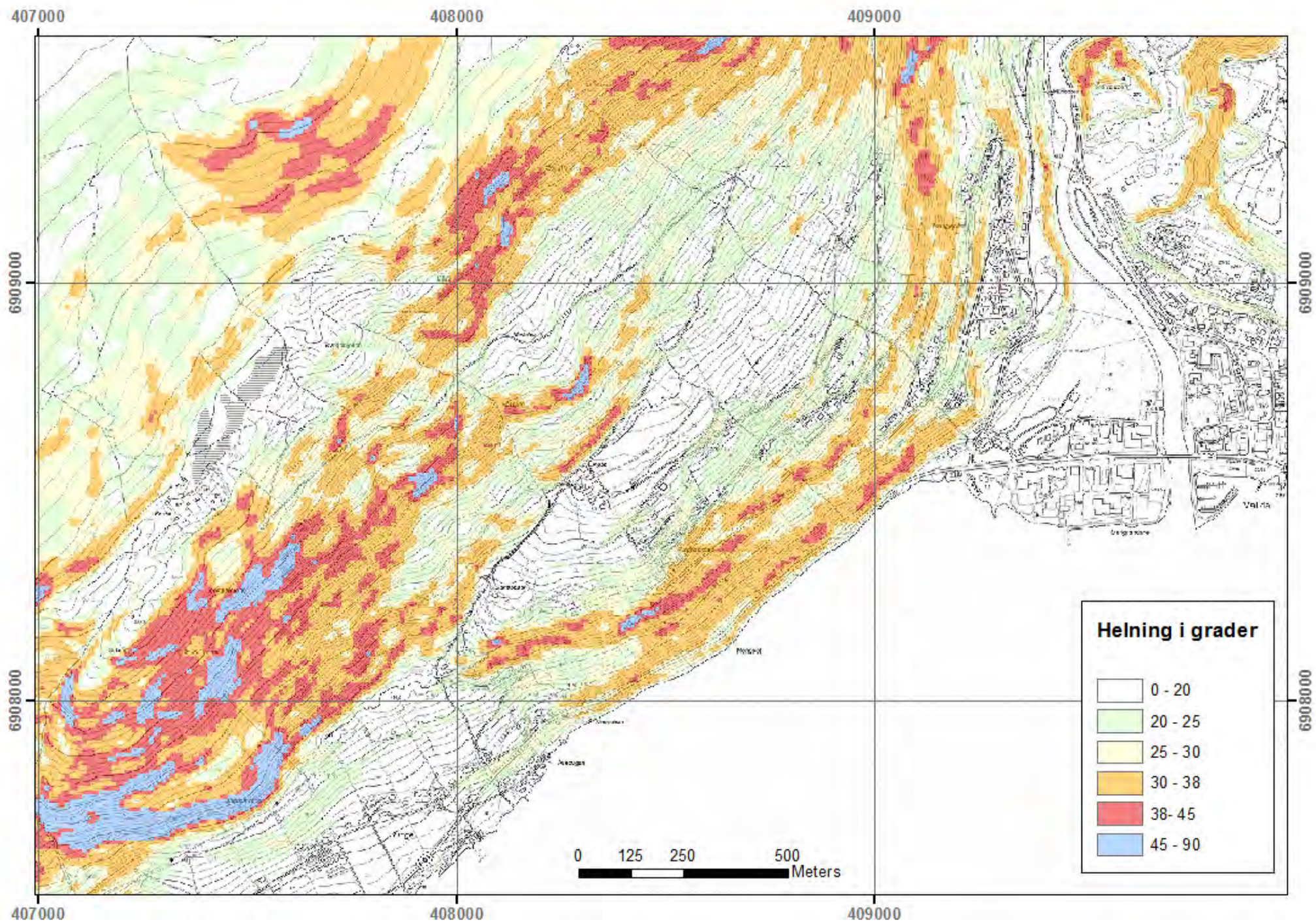
Hvis det på et tidspunkt planlegges utbygging i området mellom Jamtekvisla og Bjorstad bør faren for jordskred vurderes nærmere, med tanke på utforming av eventuelle sikringstiltak mot skred.

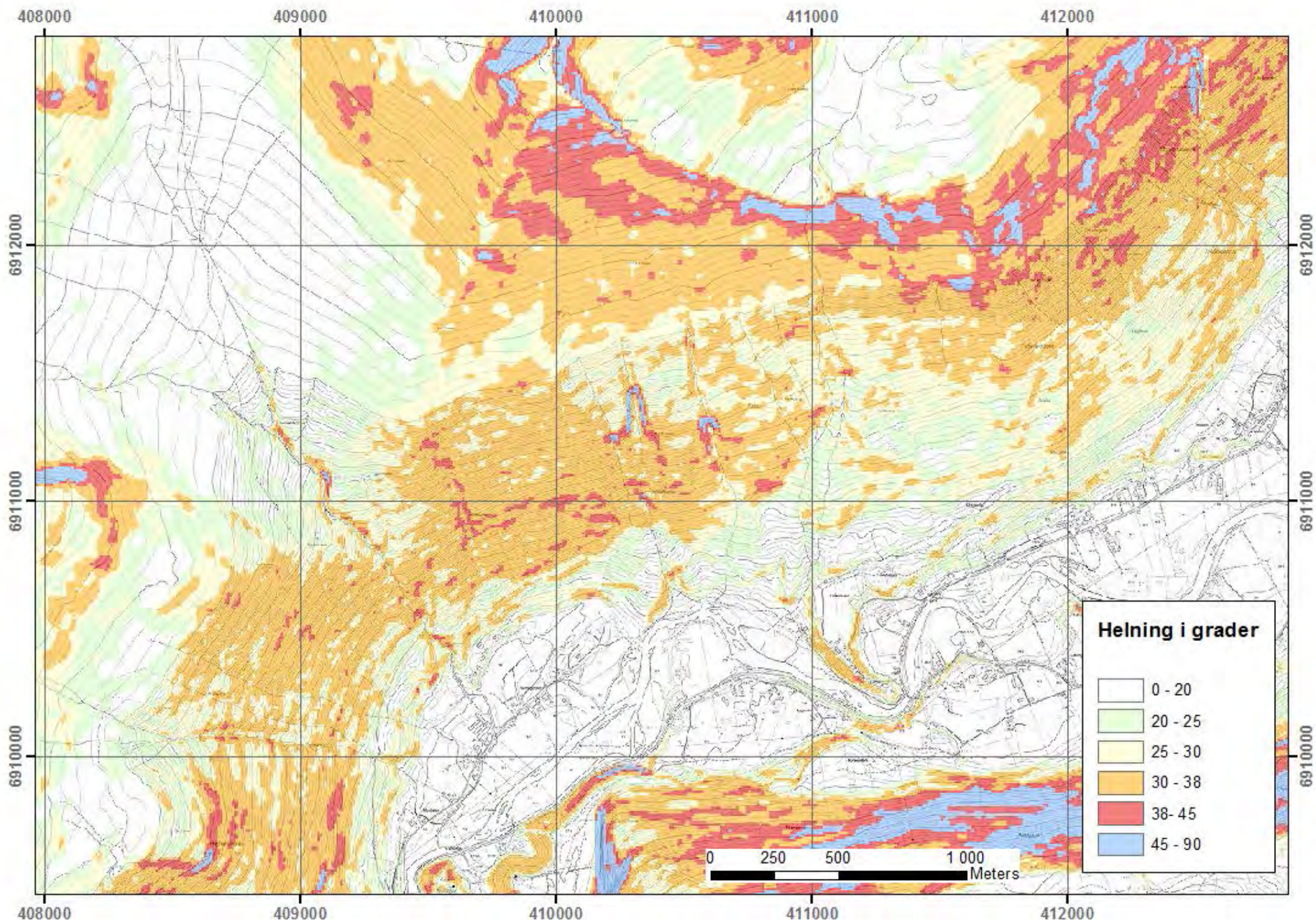
Referanser

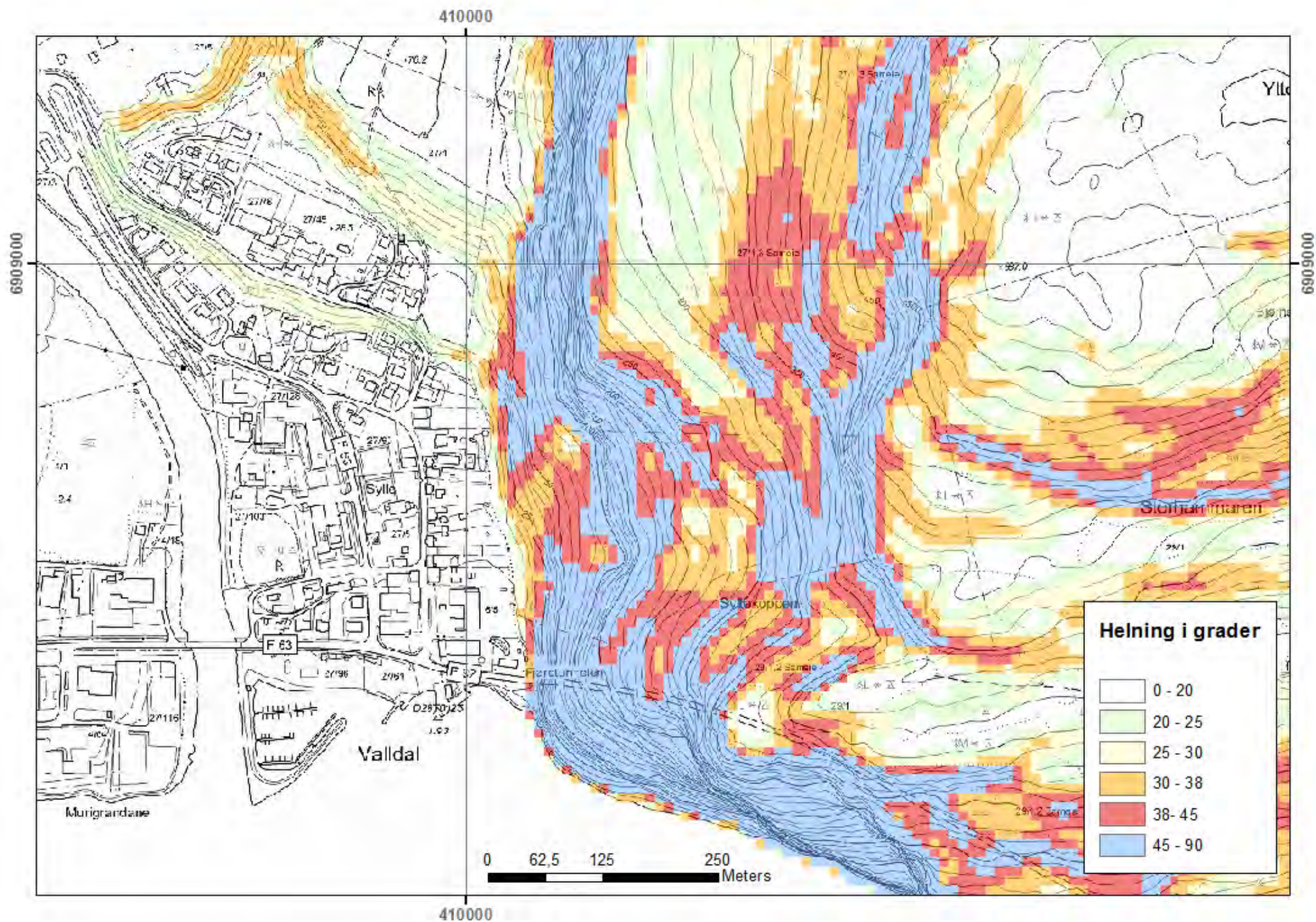
- Carlsen, A. B., Sollid, J. L. & Torp, B. (1983) Valldal, Kvartærgeologi og Geomorfologi 1: 50 000, 1319 IV. Kart. Geografisk Institutt, Universitetet i Oslo.
- Crosta, G., Frattini, P., Agliardi, F., 2008, Activity report-Akerneset Project.
- Follestad, B. A., E. Larsen, O. Longva, E. Anda, E. Sanstegaard, A. Reite & A. R. Aa. (1994) Løsmassekart over Møre og Romsdal fylke M 1:250 000. Beskrivelse. Norges geologiske undersøkelse. Skrifter 112. 52s.
- Morten W. Melby & Geir Gaarder. (2000) Verdier i Valldøla, Norddal og Rauma kommuner i Møre og Romsdal. Utgitt av Direktoratet for naturforvaltning i samarbeid med Norges vassdrags- og energidirektorat. VVV-rapport 2001-46. Trondheim. 50 sider, 6 kart.
- Stokke, J. A. (1983) Kvartærgeologisk kartlegging med oppfølgende sand og grusundersøkelser i Norddal kommune, Møre og Romsdal. NGU rapport 1560/30. Norges geologiske undersøkelse, Trondheim.
- Dorren L.K.A., 2011. Rockyfor3D (v4.1) revealed – Transparent description of the complete 3D rockfall model. ecorisQ paper (www.ecorisq.org): 30 p.
- Dorren, L.K.A., 2012, Rockyfor3D (v5.1) revealed - Transparent description of the complete 3D rockfall model
- Fischer, L., Rubensdotter, L., Sletten, K., Stalsberg, K., Melchiorre, C., Horton, P., Jaboyedoff, M.: Debris flow modeling for susceptibility mapping at regional to national scale in Norway. In: eds. Eberhardt, E., Froese, C., Turner, A.K., Leroueil, S., Landslides and Engineered Slopes: Protecting Society through Improved Understanding, Taylor & Francis Group, London. pp. 723-729.
- Horton, P., Jaboyedoff, M. & Bardou, E. 2008. Debris flow susceptibility mapping at a regional scale. Proceedings of the 4th Canadian Conference on Geohazards, 20–24 mai 2008 Quebec.
- Domaas, U. og Hefre, 2012: Odda kommune, skredfarekartlegging. NGI rapport 20120472-02-R. 48 s.
- Jaboyedoff, M., Baillifard, F., Couture, R., Locat, J., and Locat, P., 2004, New insights of geomorphology and landslide prone area detection using digital elevation model(s), in Lacerda, Ehrlich, Fontoura, and Sayão, eds., Landslides: Evaluation and Stabilization: London, Taylor & Francis Group, p. 6.
- Lied, K., Bakkehøi, ..., 1980,
- Rankka, K. og Fallsvik, J. 2003: Förstärkningsåtgärder för slanter och raviner i morän og annan grov sedimentjord. FoU rapport, Rädningsverket. Karlstad
- Rickenmann, D & Zimmermann, M. 1993: The 1987 debris flows in Switzerland: documentation and analysis. *Geomorphology* 8, 175-189.
- Yugsi Molina, F. X., 2010, Structural control of multi-scale discontinuities on slope instabilities in crystalline rock (Matter Valley, Switzerland), ETH PhD Thesis.

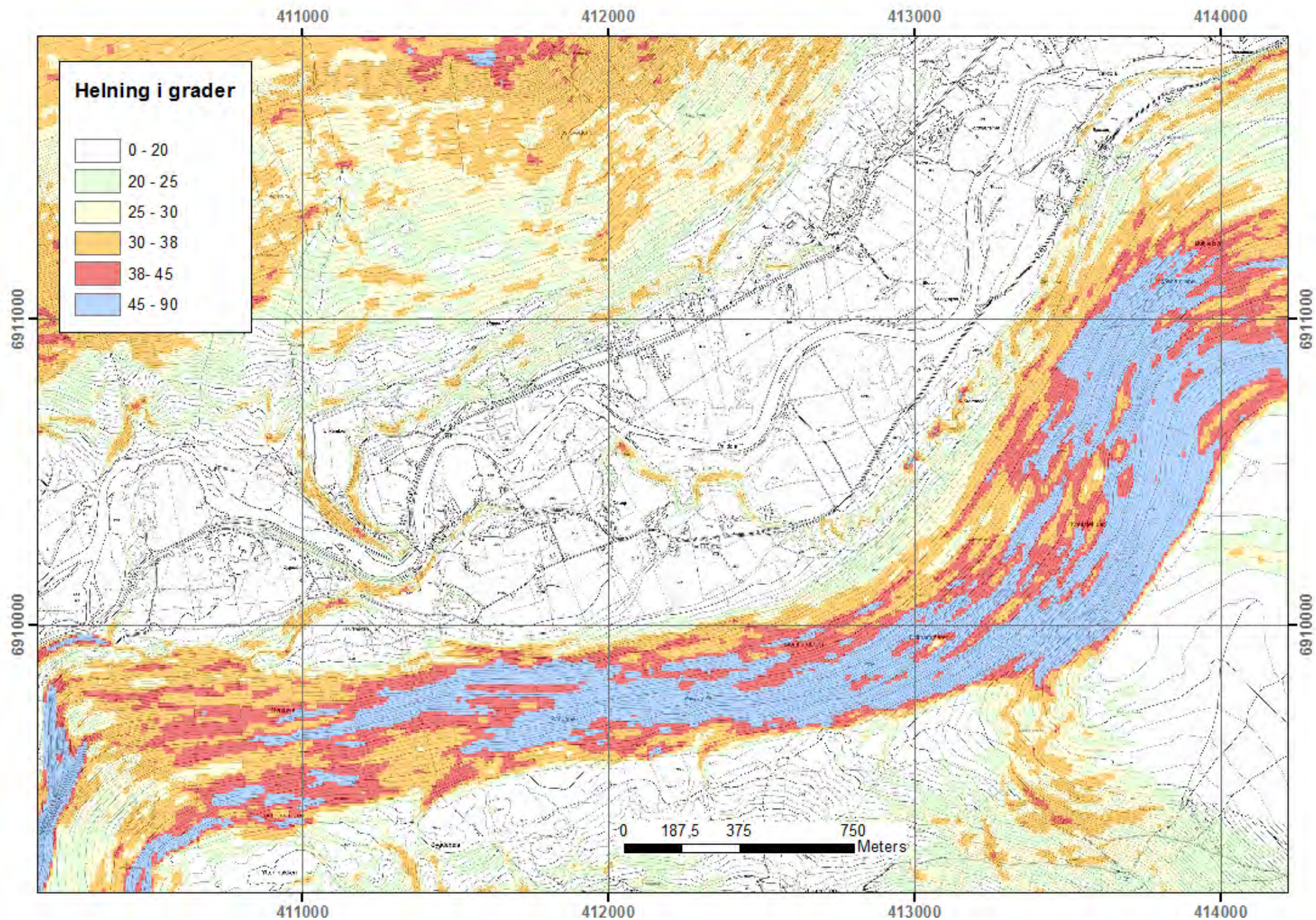
8 Kartbilag

Vedlegg A - Helningskart







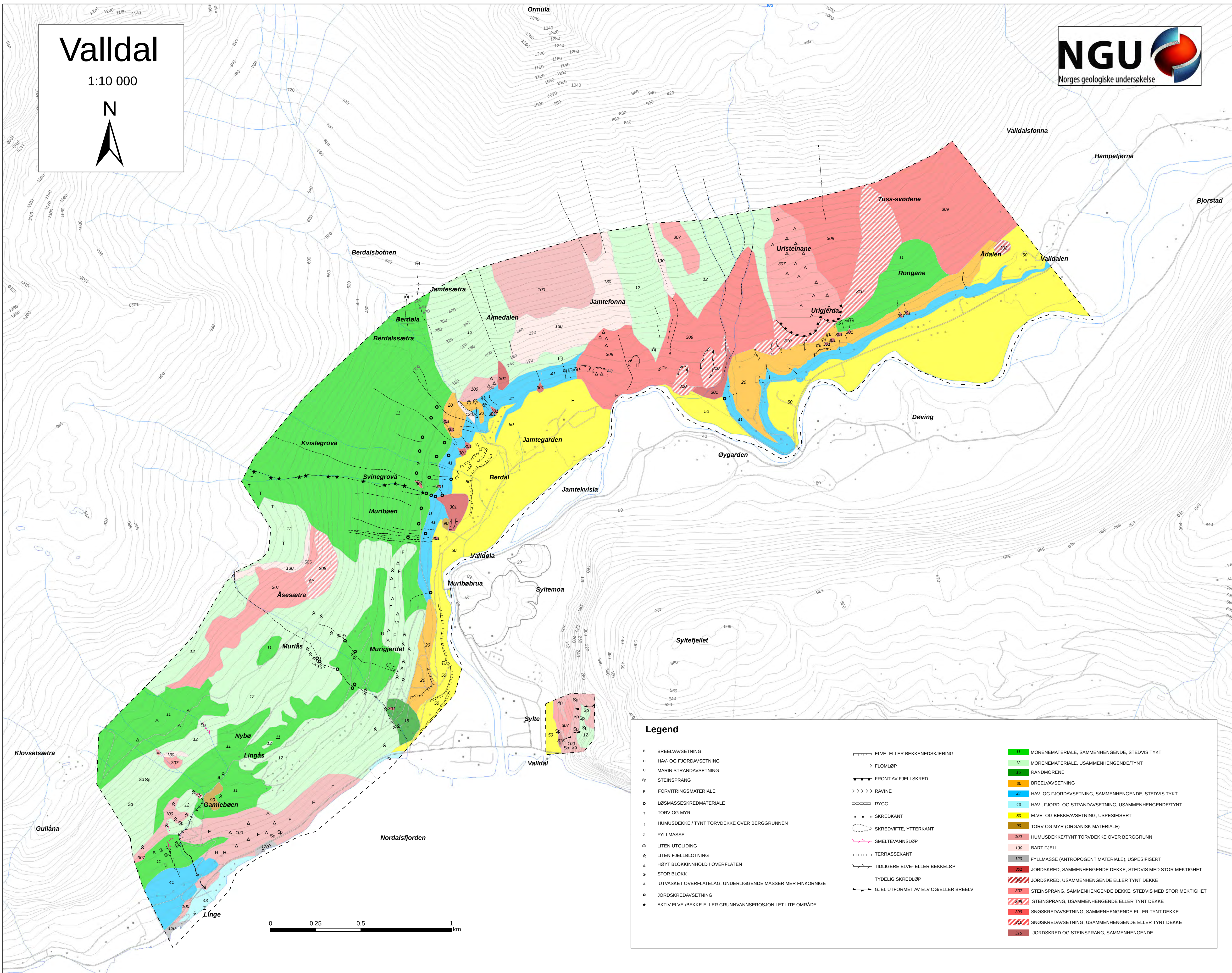


Vedlegg B – Kvartærgeologisk kart

Valldal

1:10 000

N



Legend

- B BREELVAVSETNING
- HAV- OG FJORDAVSETNING
- U MARIN STRANDAVSETNING
- Sp STEINSPRANG
- F FORVITTRINGSmateriale
- o LØSMASSESKREDMATERIALE
- T TORV OG MYR
- 1 HUMUSDEKKE / TYNT TORVDEKKE OVER BERGGRUNN
- Z FYLLMASSE
- 1/2 LITEN UTGLIDNING
- Δ LITEN FJELLBLOTNING
- Δ HØYT BLOKKINNHOLD I OVERFLATEN
- ⊗ STOR BLOKK
- a UTVASKET OVERFLATELAG, UNDERLIGGENDE MASSER MER FINKORNE
- o JORDSKREDAVSETNING
- ★ AKTIV ELVE-/BEKKE-ELLER GRUNNVANNSEROSJON I ET LITE OMRADE

- ELVE- ELLER BEKKENEDSKJERING
- FLOMLØP
- FRONT AV FJELLSKRED
- RAVINE
- RYGG
- SKREDKANT
- SKREDVIFTE, YTTERKANT
- SMELTEVANNSLØP
- TERRASSEKANT
- TIDLIGERE ELVE- ELLER BEKKELØP
- TYDELIG SKREDLØP
- GJEL UTFORMET AV ELV OG/ELLER BREELV

- 11 MORENEMATERIALE, SAMMENHENGENDE, STEDVIS TYKT
- 12 MORENEMATERIALE, USAMMENHENGENDE/TYNT
- 15 RANDMORENE
- 30 BREELVAVSETNING
- 41 HAV- OG FJORDAVSETNING, SAMMENHENGENDE, STEDVIS TYKT
- 43 HAV-, FJORD- OG STRANDAVSETNING, USAMMENHENGENDE/TYNT
- 50 ELVE- OG BEKKEAVSETNING, USPESIFISERT
- 90 TORV OG MYR (ORGANISK MATERIALE)
- 100 HUMUSDEKKE/TYNT TORVDEKKE OVER BERGGRUNN
- 130 BART FJELL
- 120 FYLLMASSE (ANTROPOGENT MATERIALE), USPESIFISERT
- 309 JORDSKRED, SAMMENHENGENDE DEKKE, STEDVIS MED STOR MEKTIGHET
- 309 JORDSKRED, USAMMENHENGENDE ELLER TYNT DEKKE
- 307 STEINSPRANG, SAMMENHENGENDE DEKKE, STEDVIS MED STOR MEKTIGHET
- 505 STEINSPRANG, USAMMENHENGENDE ELLER TYNT DEKKE
- 309 SNØSKREDAVSETNING, SAMMENHENGENDE ELLER TYNT DEKKE
- 310 SNØSKREDAVSETNING, USAMMENHENGENDE ELLER TYNT DEKKE
- 315 JORDSKRED OG STEINSPRANG, SAMMENHENGENDE

Vedlegg C – Steinsprangmodellering datagrunnlag

Totalt 14 rasterdatasett med samme celledimensjon og utstrekning brukes som input i Rockyfor3D. Disse er listet i Tabell 1. Høyoppløselige flyfoto og LiDAR-baserte terrengmodeller (1 og 10 meters oppløsning) er brukt for å ekstrapolere informasjon innhentet i felt til å dekke også resten av studieområdet. Områdene kartlagt med fjernanalyse er klassifisert basert på jordtype og ulike typer skog. Ut i fra statistiske analyser gjort på felldata fra sammenlignbare områder, ble standardverdier for de ulike klassifiseringene kalkulert, slik at hver enkelt celle som er blitt tilegnet en numerisk verdi for alle rasterdatasettene. Her gis en kort beskrivelse av de forskjellige jordtypene og typer skog som er kartlagt, og hvordan de fordeler seg i studieområdet. Framgangsmåten for generalisering av data er også forklart.

Tabell 1: Liste over rasterdatasett som brukes i programvaren Rockyfor3D for utløpsanalyser av steinsprang.

Nr	Filnavn	Beskrivelse
1	dem.asc	Digital terrengmodell som beskriver topografien i dalen.
2	rockdensity.asc	Bergartstetthet for hver celle som representerer kildeområde for steinsprang.
3	d1.asc	Blokkstørrelse (høyde) for celler som representerer kildeområder.
4	d2.asc	Blokkstørrelse (bredde) for celler som representerer kildeområder.
5	d3.asc	Blokkstørrelse (lengde) for celler som representerer kildeområder.
6	blshape.asc	Steinsprangblokkens form (rektangulær/ellipseformet/sfærisk/skiveformet) for celler som representerer kildeområder.
7	rg70.asc	Høyden til ugjevnheter som dekker 70 % av prøveområdet.
8	rg20.asc	Høyden til ugjevnheter som dekker 20 % av prøveområdet.
9	rg10.asc	Høyden til ugjevnheter som dekker 10 % av prøveområdet.
10	soiltype.asc	Jordtype i prøveområdet, representerer bakkens elastisitet.
11	nrtrees.asc	Antall trestammer per hektar for hver celle.
12	dbhmean.asc	Gjennomsnittlig stammediameter i brysthøyde for hver celle.
13	dbhstd.asc	Standardavvik til stammediameterne for hver celle.
14	conif_percent.asc	Gjennomsnittlig prosentandel bartrær for hver celle.

Jordtyper

Åtte forskjellige hovedkategorier av jordtyper er kartlagt, og hvordan disse fordeler seg i studieområdet er vist i Figur 5.

0 – Elv/fjord

Vann absorberer nær all energi og gjør at steinsprangblokker som treffer vann med stor sannsynlighet stanses her. Verdien for overflateruhet settes derfor som høy (100 m) i enheter kartlagt som elv eller fjord. Steinsprangblokker vil fremdeles kunne sprette over bekker eller smalere parti av elven. Utenom fjorden og elven Valldøla er derfor kun et fåtall bekker blitt kartlagt som denne jordtypen.

1 – Tykk finjord

Finjord tykkere enn en meter vil typisk være velpløyd jordbruksland der den myke jorda absorberer en betydelig del av energien, og vil bremse opp en steinsprangblokk i bevegelse. Kun to områder ble karakterisert med denne jordtypen; et jorde ryddet for blokker sørvest i studieområdet, og sandtaket på Syltemoa, som er et stort israndsdelta bestående av finere glasifluvialt materiale.

Sandtaket er gitt samme karakteristikk som tykk finjord på grunn av sin mektighet og relativt fine kornstørrelse.



Figur 1: Jordtype 0 (elv), 1 (tykk finjord, her sandtaket på Syltemoa) og 7 (asfaltveg).

2 – Tynn finjord

Denne kategorien beskrives som finjord tynnere enn en meter, eller som en miks av sand og grus i dalbunnen. Selv med et tynnere jorddekke enn i kategori 1, vil en steinblokk fremdeles miste mye av sin energi når den treffer tynn finjord. Mesteparten av jordbruksarealet og campinglassene i Valldal er plassert i denne kategorien, og er hovedsakelig fordelt utover dalbunnen og på Linge og Lingås.



Figur 2: Jordtype 2 (jordbruksland) og 6 (berggrunn).

3 – Kompakt jord med små steiner/steinur

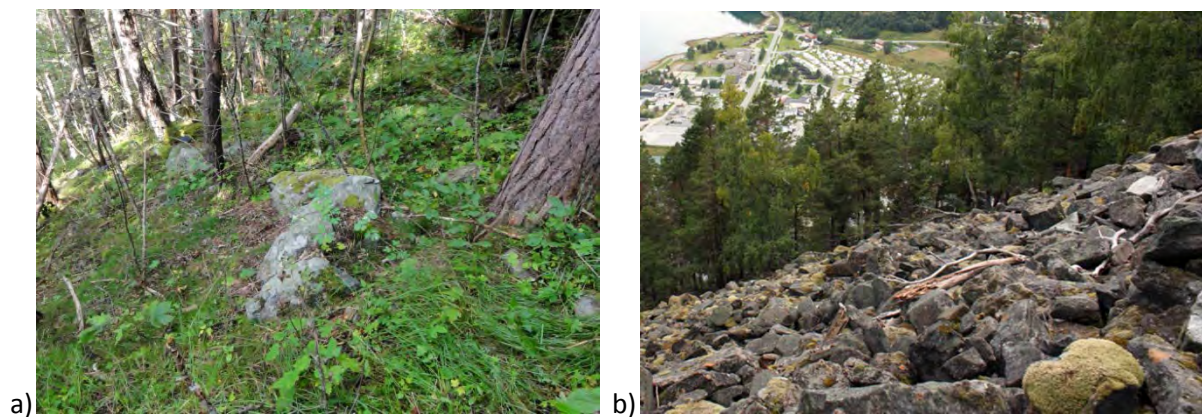
Denne jordtypen inkluderer steinur ($\varnothing < 10$ cm), middels kompakt jord som inneholder småstein, og skogsveger. Disse tre kategoriene har blitt kartlagt som separate enheter på kartene. Overflater som har et tynt organisk dekke, som ikke inneholder større steinblokker, er karakterisert som kompakt jord med småstein. Skogsveier inkluderer grusvei, traktorvei og mindre skogsveier. Jordtype 3 finnes i dalsidene der det ikke er talusavsetninger, og i områder i dalbunnen som ikke er forvaltet. Kun få områder er kartlagt som steinur.



Figur 3: Jordtype 3, kompakt jord med små steiner.

4 – Kompakt jord med store steiner/talus

Jord som inneholder større steiner ($\varnothing > 10$ cm) og talusavsetninger er dekket av jordtype 4. Det er hovedsakelig morenemateriale og ulike typer skredavsetninger som faller i denne kategorien, og utgjør rundt halve studieområdet. Størrelse og utbredelse av blokker og større steiner gir en større overflateruhet, som igjen har stor påvirkning for hvordan utløpsbanen til en steinsprangblokk kan bli. Hovedkonsentrasjonen av enheter klassifisert som jordtype 4 er i den nordlige dalsiden til Valldal. På sørsiden er disse enhetene lokalisert høyere oppe i fjellsiden.



Figur 4: Jordtype 4. a) Kompakt jord med store steiner. b) Talus.

5 – Berggrunn med tynt jorddekke

Denne jordtypen representerer områder der kun et tynt organisk dekke overligger berggrunnen. Det harde underlaget vil i liten grad absorbere energi fra en steinsprangsblokk som treffer her. Generelt er områder som ligger like under enheter av eksponert berggrunn kartlagt som jordtype 5.

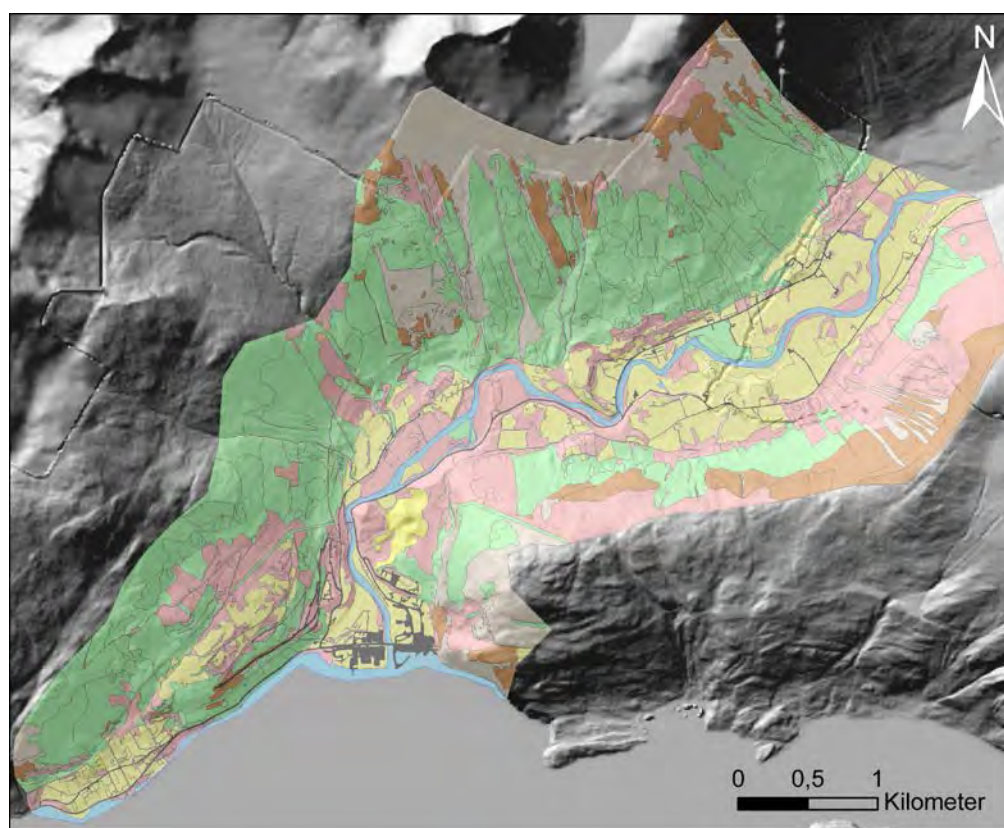
Konsentrasjonen er høyest i den sørlige dalsiden. Enheter klassifisert som jordtype 5 representerer også potensielle kildeområder for steinsprang.

6 – Berggrunn

Jordtype 6 tilsvarer enheter der berggrunn er eksponert. Det gjelder i hovedsak de øvre deler i den nordlige dalsiden, de bratte klippene over Sylte, og langs elvefar og raviner i begge dalsider. Enheter klassifisert som jordtype 6 representerer potensielle kildeområder for steinsprang. Elvefar og raviner er i etterkant fjernet som kildeområder.

7 – Asfalt

Den flate og harde overflaten til asfalt absorberer i liten grad energi fra en steinsprangblokk i bevegelse.



Jordtype

0 Elv, innsjø, sjø	4 Kompakt jord med stein > 10 cm, talus
1 Tykk finjord	5 Bart fjell med tynt jorddekke
2 Tynn finjord	6 Bart fjell
3 Kompakt jord med stein <10 cm, steinur, skogsvei	7 Asfalt

Figur 5: Syv hovedjordtyper og fordelingen av disse i studieområdet.

Overflateruhet

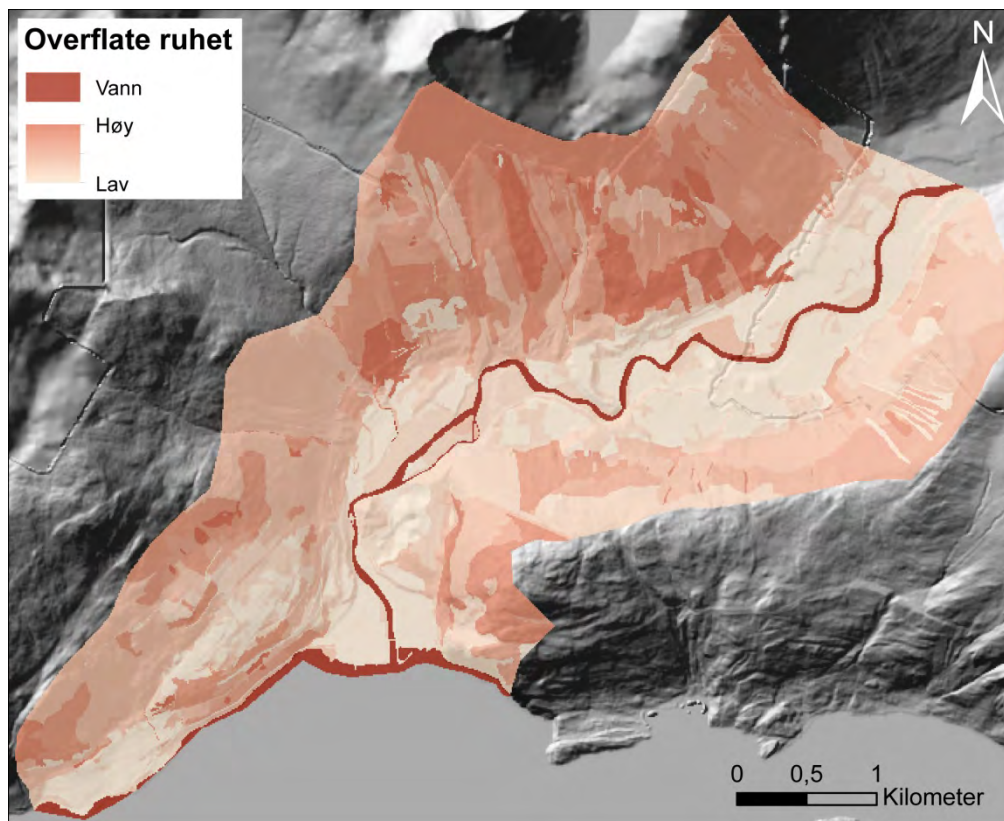
Overflateruhet er en viktig parameter i modellering av mulige utløpsbaner for en steinsprangblokk som faller, ruller og spretter. Ruheten er målt i felt som den typiske høyden til en ujevnhet normalt på skråningen, som dekker 70 %, 20 % og 10 % av overflaten til den kartlagte enheten. Høyden er målt på nedsiden av ujevnheten. For å inkorporere verdier for overflateruhet i enhetene som ble kartlagt ut i fra fjernanalyser, har dataene fra felt blitt generalisert. Et sumprodukt med ulik vektlegging av de tre ruhetshøydene ($rg_{70}=0.1$, $rg_{20}=0.2$, $rg_{10}=0.7$) ga en verdi som representerer den generelle ruheten for hver kartlagte enhet. Enhetene ble deretter sortert etter jordtyper for å regne ut standard ruhetsverdier for hver av disse. Jordtype 3-5 er delt inn i underkategorier med lav, middels, og høy overflateruhet (se listen over alle jordtypekategoriene i Tabell 2). Lav overflateruhet representeres av gjennomsnittet av de generelle ruhetsverdiene under 30. persentil for den aktuelle

jordtypekategorien. Middels ruhet representeres av verdiene mellom 30. og 60. persentil, og høy ruhet av verdiene over 60. persentil. For jordtype 3 ble verdiene for kompaktjord med små steiner, steinur og skogsvei kalkulert hver for seg. Også for jordtype 4 er kompakt jord med store steiner skilt fra talus.

Tabell 2: Jordtype 3-6 med underkategorier og utregnede standardverdiene for overflateruhet.

Jordtype	Ruhet underkategorier	rg70 (m)	rg20 (m)	rg10 (m)	Generell ruhetsverdi
3 Steinur	30 lav	-	-	-	-
	31 middels	0,030	0,050	0,050	0,480
	32 høy	-	-	-	-
3 Kompakt jord m/ små steiner	33 lav	0,021	0,050	0,100	0,821
	34 middels	0,021	0,079	0,186	1,479
	35 høy	0,053	0,121	0,314	2,496
3 Skogsvei	36 skogsvei	0,030	0,030	0,030	0,300
4 Talus	40 lav	0,090	0,040	0,203	1,589
	41 middels	0,089	0,143	0,326	2,656
	42 høy	0,183	0,383	0,733	6,083
4 Kompakt jord m/ store steiner	43 lav	0,072	0,146	0,191	1,704
	44 middels	0,166	0,229	0,368	3,199
	45 høy	0,163	0,219	0,750	5,852
5 Berggrunn m/ tynt org. dekke	50 lav	0,05	0,15	0,275	2,275
	52 middels	0,050	0,200	0,300	2,550
	52 høy	0,05	0,225	0,875	6,625
6 Berggrunn	60 lav	0,000	0,000	0,050	0,350
	61 middels	-	-	-	-
	62 høy	0,050	0,200	0,500	3,950

Som Figur 6 under viser befinner områder med lav overflateruhet seg stort sett nede i dalbunnen. Den nordlige dalsiden har en generelt høyere ruhet enn den sørlige dalsiden. Dette kan delvis forklares med at den sørlige fjellsiden er brattere og har i mindre grad en akkumulasjon av løst materiale, mens den nordlige dalsiden er slakere og i større grad dekket av talus vsetninger. Under klassifiseringen av enheter baser på fjernanalyser har ruheten blitt satt som lav i tilfeller med usikkerhet. Dette er gjort for å unngå at den modellerte utløpsdistansen blir for kort på grunn av feilaktige ruhetsverdier.



Figur 6: Overflateruhet fra lav (lys) til høy (mørk rød).

Skog

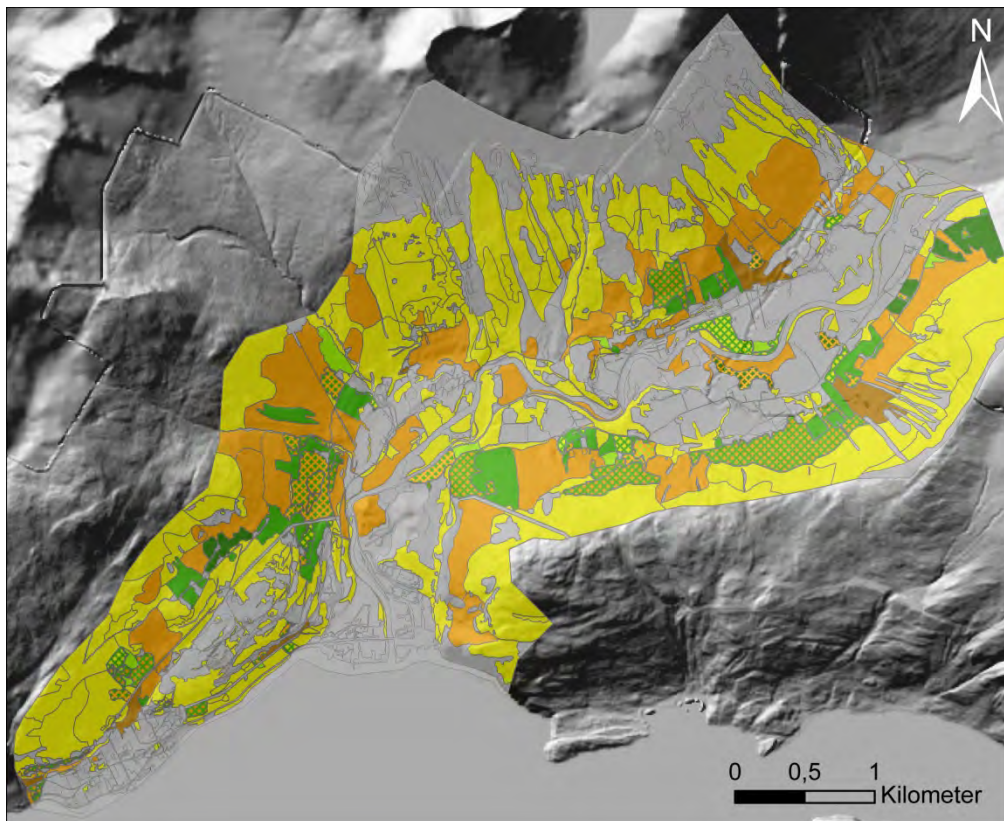
Skog som vokser i dalsider fungerer til en viss grad som naturlig sikring, og vil i ulik grad bremse opp og redusere utløpslengden til steinsprangsblokker. I felt ble data om skog hentet inn fra de kartlagte områdene med trevekst. Målinger av tretetthet, trestammers diameter i brysthøyde, og andelen bartrær er gjort innen et avgrenset område på 10x10 meter. Ut fra dette ble fire rasterdatasett med informasjon om skog laget som input til utløpsmodellene; tetthet – antall trær per hektar (nrtrees), gjennomsnittlig stammediameter (dbhmean), standardavviket til de målte stammediameterne (dbhstd), og andelen bartrær (conif_percent). Disse datasettene har også blitt generalisert slik at verdiene kunne tilskrives de områdene som er kartlagt ved hjelp av flyfoto. Fem hovedkategorier ble bestemt for å klassifisere de ulike typene skog i studieområdet; ingen skog/frukttrær, barskog, blandingsskog med over 50 % bartrær, blandingsskog med under 50 % bartrær, og lauvskog. Disse kategoriene er videre delt inn i tre underkategorier basert på tetthet; tett, middels og tynn skog. Dataene fra felt ble først sortert i forhold til hovedkategori basert på andel bartrær. Tett skog i hver av kategoriene tilsvarer en tetthet over gjennomsnittet til de målte verdiene. Middels tett skog har en tetthet under gjennomsnittet, og tynn skog er representert av verdiene som er under 10. persentil. Verdier for andel bartrær, gjennomsnittlig stammediameter og standardavvik er gitt ved gjennomsnittsverdiene i hver undergruppe (Tabell 3).

Tabell 3: De ulike typer skog med utregnede standardverdier for tetthet (nr/hect.), stammediameter (gjennomsnitt og standardavvik), og andel bartrær.

Skog	Underkategorier	Tetthet	NbTrees (nr/ha.)	DBH_mean (cm)	DBH_std (cm)	Conif_perc (%)
Ingen skog /frukttrær	1 Ingen skog		0	-	-	-
Barskog	20 Tett	> gjennomsnittet	3367	16	10	100
	21 Middels	< gjennomsnittet	2133	19	5	100
	22 Tynn	< 10. persentil	1550	25	10	100
Blandingsskog >50 % bartrær	30 Tett	> gjennomsnittet	2700	18	12	91
	31 Middels	< gjennomsnittet	1275	23	12	80
	32 Tynn	< 10. persentil	1100	31	13	90
Blandingsskog <50 % bartrær	33 Tett	> gjennomsnittet	3100	15	13	4
	34 Middels	< gjennomsnittet	1917	14	9	12
	35 Tynn	< 10. persentil	1800	18	14	27
Lauvskog	40 Tett	> gjennomsnittet	3750	11	5	0
	41 Middels	< gjennomsnittet	2000	15	10	0
	42 Tynn	< 10. persentil	1500	17	9	0

Bartrær gir mest motstand mot steinsprangblokker i bevegelse og har derfor en større mulighet til å redusere utløpslengden enn et svakere løvtre. Gran eller furuskog er større grad lokalisert i nedre del av dalsidene og har høyest konsentrasjon i den sørlige dalsiden og i den østvendte skråningen ved Lingås. Granskogen er sannsynligvis plantet og har vanligvis en klar grense mot lauvskogen som dominerer i dalen. Skogen er tynnere høyere oppe i dalsiden og er nesten uten unntak klassifisert som tynn lauvskog. Nede i dalbunnen er mesteparten av arealet brukt til jordbruk eller campingplasser, og kun få områder er dekket av skog, se Figur 7. Det er viktig å huske at vegetasjon kan endres betydelig i løpet av en kort periode, enten på grunn av hogst eller naturlige årsaker. Utløpsmodelleringer som inkluderer skogvekst må derfor gjøres med aktsomhet.

For modelleringsresultatene presentert i rapporten er data om skog ikke tatt med som inputparameter. Dette er fordi det ikke ligger til grunn en norsk lovgivning om forvaltning av skog som del av sikring mot skred.



Skogstype

Ingen skog	Middelstett blandingsskog >50 %	Tett lauvskog
Tett barskog	Tynn blandingsskog >50 %	Middelstett lauvskog
Middelstett barskog	Tett blandingsskog <50 %	Tynn lauvskog
Tynn barskog	Middelstett blandingsskog <50 %	
Tett blandingsskog >50 %	Tynn blandingsskog <50 %	

Figur 7: Fordeling av totalt 13 ulike underkategorier skog i studieområdet.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no