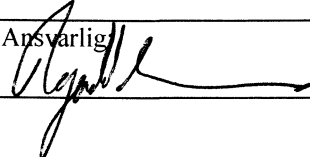


NGU Rapport 2010.022

Geofagleg oppfølging av ustabil fjellparti
ved Mannen i Romsdalen

Rapport nr.: 2010.22		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Geofagleg oppfølging av ustabil fjellparti ved Mannen i Romsdalen				
Forfatter: Halgeir Dahle, Aline Saintot, Lars Harald Blikra, Einar Anda		Oppdragsgiver: NVE		
Fylke: Møre og Romsdal		Kommune: Rauma		
Kartblad (M=1:250.000) Ålesund		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1319 I, Romsdalen		
Forekomstens navn og koordinater: Mannen		Sidetall: 23 Kartbilag: 0	Pris: NOK 95	
Feltarbeid utført: 2006-2009	Rapportdato: 15.06.2010	Prosjektnr.: 309900	Ansvarlig: 	
Sammendrag:				
<p>Fjellområdet ved Mannen og Børa har vore kjent som potensielt fjellskredområde sidan slutten av 1990-talet. Årlege målingar med GPS sidan 2006 viser at fjellsida ved Mannen er i rørsle med ca 5 cm/år. Dette blir understreka av tydeleg skredaktivitet i delar av fjellsida.</p> <p>Mannen vart karakterisert som eit høgrisikoobjekt i 2008 og arbeidet med å overvake fjellsida har kome godt i gang. Måleresultata vil vere med på å auke forståinga av det ustabile fjellpartiet.</p> <p>I denne rapporten blir resultat frå fleire geofaglege undersøkingar presentert. Utløpsområdet er karakterisert ved hjelp av georadar, boringar og feltkartlegging. Det finst avsetjingar frå fleire store fjellskred og til dels store deformasjonar i sedimenta som følgje av trykk/sjokkbølgjer då skreda nådde dalbotnen. Tjukke lag med blaute sediment (silt og leir) vil i sterk grad kunne påverke utløpslengda til fjellskredet. Sedimenta kan verke som eit glidelag for skredmassane, i tillegg til at sediment og vatn i nedslagsområdet kan verte tatt opp i skredet og dermed auke utløpslengda. Skredforløp og utbreiing skal modellerast i regi av ei gruppe ved universitetet i Milano. Modelleringa vil synleggjere korleis utbreiing og tjukkeleiken til skredmassane vil kunne verte. Resultata vil gje betre grunnlag for å vurdere nye oppdemmingsscenario for elva Rauma.</p> <p>Losneområdet for fjellskred er kartlagt basert på nye terrengdata og ortofoto (fjernanalyse). Ny informasjon har ført til auka forståing av stabiliteten, men enno er mykje ukjent. Dette gjeld særleg forholda i djupet av det ustabile fjellpartiet, orientering av glideplan og brotstrukturar, grunnvassnivå og eventuell permafrost. Nye undersøkingar vil gi viktig kunnskap om fjellsida og her er kjerneboringar særleg viktig. Skråfotografering av fjellsida vil også vere nyttig.</p> <p>Arbeid i regi av Åknes Tafjord Beredskap IKS er ikkje inkludert i rapporten (overvaking).</p>				
Emneord: Fjellskred		Høgrisikoobjekt		Skredforløpet
Stabilitet		Mannen		

INNHALD

1. INNLEIING	5
2. UNDERSØKINGAR I LOSNEOMRÅDET	6
2.1 Rørslemålingar.....	6
2.1.1 Årlege GPS-målingar	6
2.1.2 Kontinuerlege lasermålingar	6
2.2 Strukturgeologiske observasjonar.....	7
2.2.1 Feltobservasjonar ved Mannen-platået.....	7
2.2.2 Strukturgeologisk fjernanalyse.....	9
2.2.3 Kinematisk analyse	13
2.2.4 Volumestimat	15
Tabell 1. Estimerte volum av skredscenaria. Scenario B inkluderar scenario A.	15
3. UNDERSØKINGAR I UTLAUPSOMRÅDET	16
3.1 Avsetningstypar i utlaupsområdet	16
3.2 Georadar	16
3.3 Lausmasseboringar	18
3.4 Skredmodellering.....	20
4. VIDARE GEOFAGLEG OPPFØLGING	20
5. KONKLUSJON	21
6. REFERANSAR.....	22
7. VEDLEGG	23

FIGURAR

Figur 1. Ustabile fjellparti med ulike moglege fjellskred vist som scenario A, B og C, og utløpsområdet i dalbotnen.	5
Figur 2. Rørsle ved GPS-punkt på den nedglidde blokka (basert på Eiken, 2009).....	6
Figur 3. Måledata frå laser 1 i austleg del (øvt) og laser 2 i vestleg del (nedst) ved Mannen. Den raude linja representerer eit 3-døgns gjennomsnitt. Det er ein del større utslag som er støy pga vêrtilhøve (temperatur, fuktigheit, snø). Det er ein tydeleg trend i måleseriane. Det er ein relativt stor rørsle frå målingane starta og til slutten av desember. Etter dette har rørsla blitt mindre.....	7
Figur 4. ØVST: Stereografisk schmidt-projeksjon (nedre halvkule) av strukturelle observasjonar på platået i bildet. Venstre: foliasjon, grøn viser gjennomsnittleg orientering. Høgre: sprekkar, raude linjer viser orientering til mineraliserte (epidot-rike) og breksjerte forkastingar. Mange opne sprekkar er parallelle med NNW-SSE-avgrensing av den nedglidde blokka og den subvertikale Ø-V foliasjonen (sørlege avgrensing av nedglidd blokk). NEDST: Helikopterfoto av platået ved Mannen. Sprekkar (raud) og foliasjon (grøn) er reaktivert som følgje av gravitativ deformasjon (Henderson og Saintot, 2007).	8
Figur 5 Hellingskart over området ved Mannen. Dei ustabile fjellpartia A, B og C er indikert med svarte stipla linjer.	9
Figur 6. Utheving av bratte strukturar (sprekkar og forkastingar) identifisert frå ortofoto, med rosedigram som viser orientering og frekvens til strukturane.	10
Figur 7. Foto mot sørvest, nedglidd blokk er øvt og midt på biletet. GRØN: spor som tyder på foliasjon med moderat/bratt fall inn i fjellsida. SVART: flater tolka som tydelege sprekkar. RAUD: plane flater tolka til å vere glideplan frå tidlegare og mindre skred.	11
Figur 8. Rosediagram for orientering av celler på 1m ² i terrengmodell for scenario A+B brattare enn 60° (venstre) og 80° (høgre). Hovudtrenden for begge plotta passar godt overens med NV-SØ-strukturane observert på ortofoto og helikopterfoto.	11
Figur 9. Ortofoto med dei viktigaste geologiske observasjonane innteikna. Gul og kvit stipla linje viser lokalitet til tolka vertikalprofil i høvesvis Figur 12 og Figur 13.	12

Figur 10. Figuren viser 10 av glideplana i fjellsida ved Mannen. Gjennomsnittleg fallretning og fall er 107/39.	12
Figur 11. Stabilitetsplott av fjellsida ved Mannen. Skjeringspunktet til glideplana viser teoretisk utglidingsretning (kilelinje). Grått skravert område viser ustabil område for skjeringspunktet (kilen). Friksjonsvinkelen er sett til 25°.	13
Figur 12. Vertikalprofil langs rørslevektoren til GPS-målingane (N065). Potensielle glideplan er indikert med blått, raud linjer viser hovudsprekkesettet (fallretning og fall: 040/80). Pila viser lokalitet for vertikalprofil orientert normalt på profilet i figuren (sjå Figur 13). Y-akse: Meter over havet.	14
Figur 13. Vertikalprofil normalt på profilet ovanfor, dvs. at rørsle er ut av planet. Pila viser kor profilet i Figur 12 kryssar. Y-akse: Meter over havet.	14
Figur 14. Kart som viser avsetningstypar i utlaupsområdet for fjellskredet. Kartet er på grunnlag av feltarbeid og tolking av flybilete. Ustabil område er vist med raude stipla linjer.	16
Figur 15. Oversikt over georadarmålingar og tolking av utbreiinga til skredmateriale og deformerte avsetningar (Tønnesen, 2009).	17
Figur 16. Kart over området for boringane ved Rønningen (sjå Figur 1 for større kart). Borelokalitetane er vist med grøne ringar, og profilet i Figur 17 er lagt gjennom begge borelokalitetane.	18
Figur 17. Plott som viser resultat frå totalsondering og prøvetaking relatert til terrenghøgde. ”Total trust” indikerer mekanisk styrke til avsetning der låg motstand (kN) viser svake masser (leir og silt). Kollonna til høgre ved begge lokalitetane viser ved kva djup prøvetakinga er gjennomført og kva materiale dei består av. Skraveringa med rosa er indikerte djup for fjellskredavsetningar (tolka av oppdragsgjevar).	19

TABELLER

Tabell 1. Estimerte volum av skredscenaria. Scenario B inkluderar scenario A.	15
--	----

VEDLEGG

Vedlegg 1. Orientering (polplott av fallretning og fall) til 11 glideplan i fjellsida. Ein pol viser orienteringa til 1 m ² . Plottet øvst til venstre er frå glideplanet teikna med blått i Figur 9. Dei andre 10 er frå glideplana teikna med grønt i Figur 9. Data frå terrengmodell. <i>Mean vector</i> : fallretning/ plunge. <i>Significance</i> : gitt sannsyn for pol plotta innanfor sirkel. <i>K</i> : presisjonsparameter (verdiar frå 2 til uendeleg, etter Fisher (1953)); <i>R</i> : presisjonsparameter i prosent, frå Wallbrecker (1986). <i>Spherical aperture</i> : radius til småsirkel basert på normalfordelinga.	23
--	----

1. INNLEIING

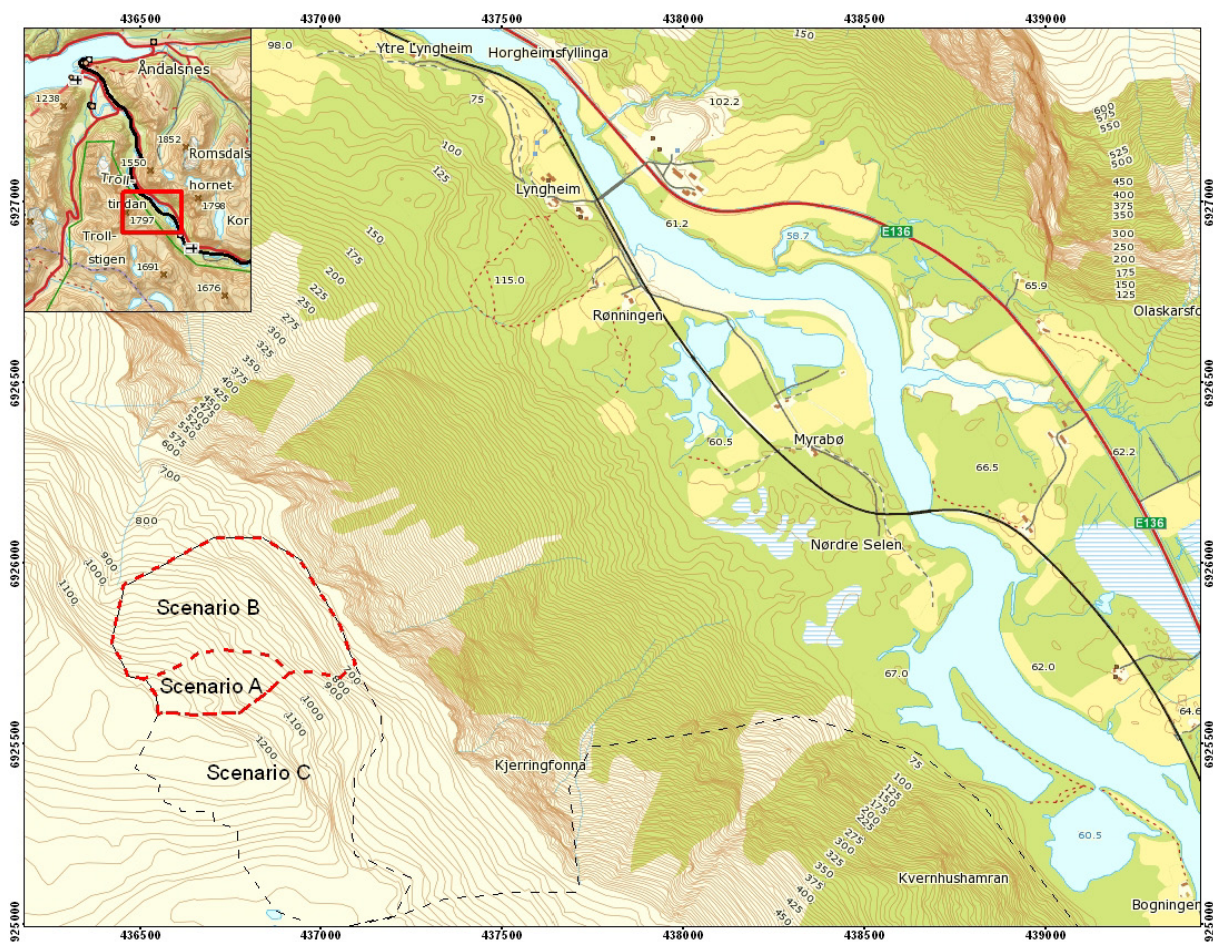
Fjellpartiet ved Mannen i Romsdalen vart rapportert som eit potensielt fjellskred med høg risiko i 2008 (Dahle et al., 2008). Vidare arbeid med konsekvensvurdering av fjellskred frå området ved Mannen vart følgt opp gjennom eit forprosjekt i regi av risikoeigarane. Resultata frå forprosjektet vart presentert i eit NVE-dokument (NVE, 2009). Figur 1 viser skredscenaria for Mannen.

Rauma kommune har teke hovudansvaret i arbeidet med denne fjellsida, medan NGU hausten 2009 var ansvarleg for geofagleg oppfølging.

Grunna mykje snø hausten 2009 vart det avgrensa feltaktivitet, og mellom anna bakkebasert LiDAR-scanning av toppområdet vart derfor utsett til hausten 2010.

Romsdalen vart LiDAR-scanna frå helikopter hausten 2008 for å lage ein terrengmodell av området (1x1m). Ved ei misforståing vart ikkje flyfotografering utført, og dette arbeidet måtte etterbestillast. Ortofoto vart derfor først levert i november 2009.

Denne rapporten omfattar geofagleg oppfølging i losneområdet og i utløpsområdet. Arbeid i regi av Åknes Tafjord Beredskap IKS er ikkje inkludert i rapporten (overvaking).



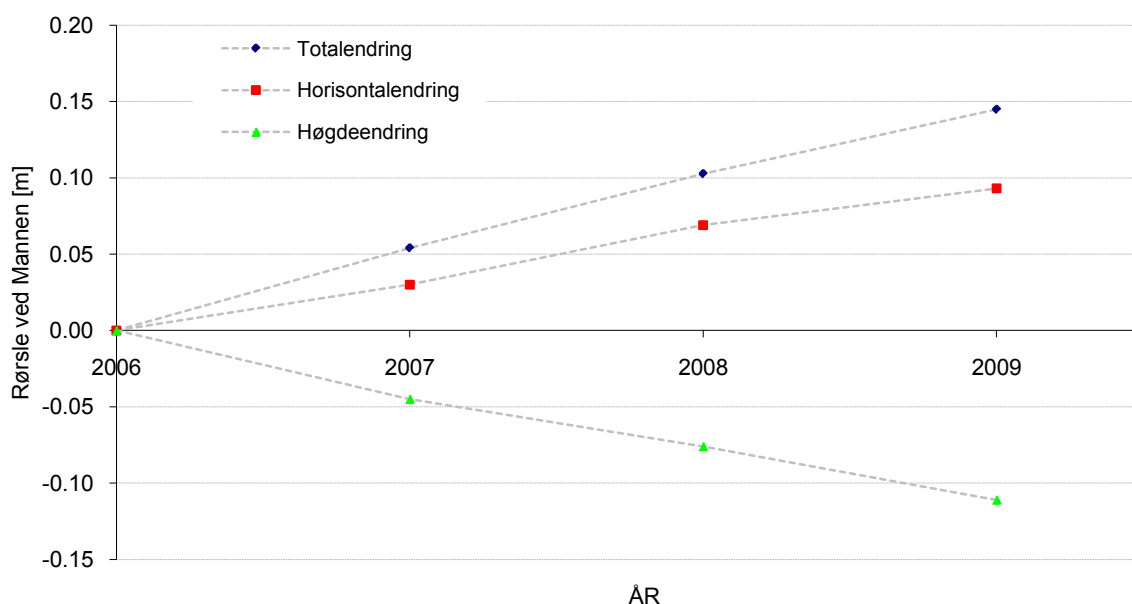
Figur 1. Ustabile fjellparti med ulike moglege fjellskred vist som scenario A, B og C, og utløpsområdet i dalbotnen.

2. UNDERSØKINGAR I LOSNEOMRÅDET

2.1 Rørslemålingar

2.1.1 Årlege GPS-målingar

GPS-nettverket vart etablert i 2004, men den nedglidde blokka i rørsle (scenario A) fekk montert målepunkt i 2006. Universitetet i Oslo har utført målingane (Eiken, 2009). Figur 2. viser ein grafisk presentasjon over rørsla ved GPS-punktet plassert på den nedglidde blokka. Figuren inkluderer ikkje usikkerheita i målingane, men den målte rørsla er så stor at det ikkje er tvil om at blokka framleis er i rørsle. Den vertikale endringa er noko større enn den horisontale, og retninga til rørsla har vore mellom N060-070/45-50°. Rørsla har vore tilnærma konstant gjennom tre år. GPS-nettverket skal målast om igjen seinsommaren 2010.



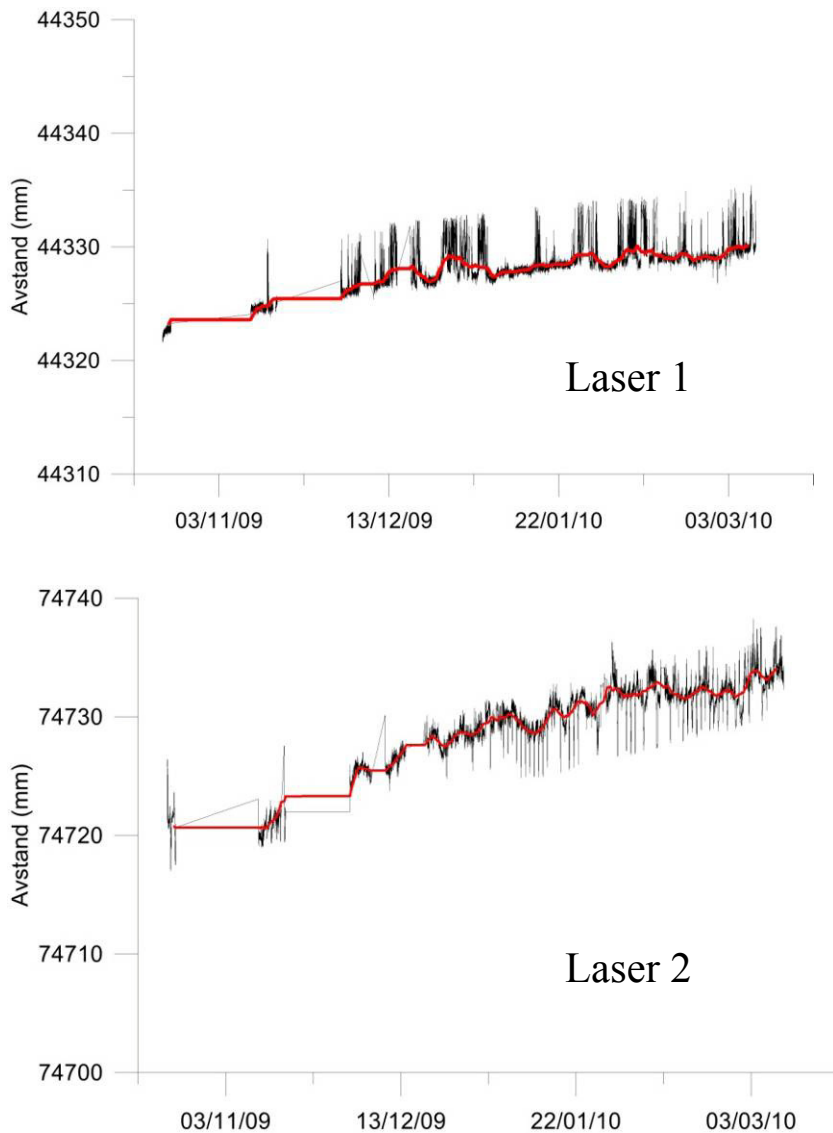
Figur 2. Rørsle ved GPS-punkt på den nedglidde blokka (basert på Eiken, 2009).

2.1.2 Kontinuerlege lasermålingar

Åknes/Tafjord Beredskap IKS har på oppdrag frå Rauma kommune etablert overvakingssystem på Mannen (Blikra, 2009). To laserar har målt avstand til reflektorplater frå november 2009 (Figur 3). Måledata syner ein del støy som reflekterer endringar i vêrtilhøve, spesielt temperatur, fuktigheit og snø.

Det er ein tydeleg trend i måleseriane med ein relativ stor rørsle frå målingane starta og til slutten av desember. Etter dette har rørsla minka noko. Reflektoren for laser 1 har hatt ei total rørsle på om lag 7 mm og reflektor til laser 2 om lag 15 mm på 4 månader.

Målingane frå laser 2 stemmer godt med dei årlege GPS-målingane, men skilnaden i rørsla mellom laser 1 og 2 kan tyda på at fjellpartiet rører seg mest i vest, og altså roterer sidevegs.



Figur 3. Måledata frå laser 1 i austleg del (øvt) og laser 2 i vestleg del (nedst) ved Mannen. Den raude linja representerer eit 3-døgns gjennomsnitt. Det er ein del større utslag som er støy pga vêrtilhøve (temperatur, fuktigheit, snø). Det er ein tydeleg trend i måleseriane. Det er en relativt stor rørsle frå målingane starta og til slutten av desember. Etter dette har rørsle blitt mindre.

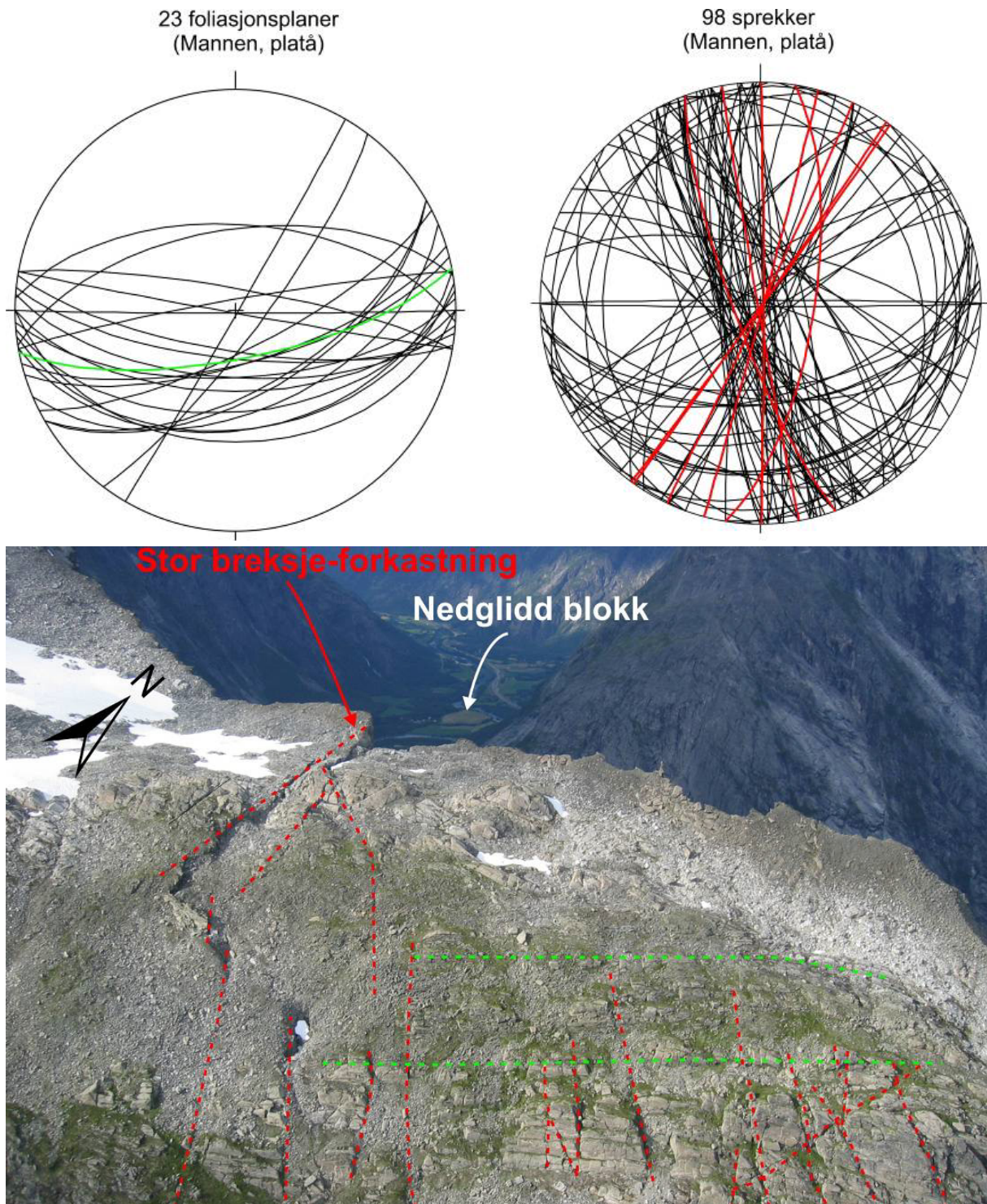
2.2 Struturgeologiske observasjonar

2.2.1 Feltobservasjonar ved Mannen-platået

Henderson og Saintot (2007) har kartlagt strukturar på platået sør for den nedglidde blokka. Resultata viser mellom anna subvertikal foliasjon med bratt fall mot sør og parallell med Ø-V klippeveggen som avgrensar nedglidd blokk i sør (sjå Figur 4).

Eit tydeleg bratt sprekkesett har orientering NNV-SSØ (sjå Figur 4). Dei andre sprekkene viser ingen tydeleg trend (sjå Figur 4).

Tydelege eldre forkastningar med mineral- og brekksjefyllingar som er orientert NNV-SSØ til NØ-SV er vanlege i området. Den tydelegaste forkastinga utgjer heilt klart den vestlege avgrensinga av den nedglidde blokka (sjå Figur 4).



Figur 4. ØVST: Stereografisk schmidt-projeksjon (nedre halvkule) av strukturelle observasjonar på platået i bildet. Venstre: foliasjon, grøn viser gjennomsnittleg orientering. Høgre: sprekker, raude linjer viser orientering til mineraliserte (epidot-rike) og breksjerte forkastingar. Mange opne sprekker er parallelle med NNV-SSE-avgrensing av den nedglidd blokka og den subvertikale Ø-V foliasjonen (sørlege avgrensing av nedglidd blokk). NEDST: Helikopterfoto av platået ved Mannen. Sprekker (raud) og foliasjon (grøn) er reaktivert som følge av gravitativ deformasjon (Henderson og Saintot, 2007).

2.2.2 Strukturgeologisk fjernanalyse

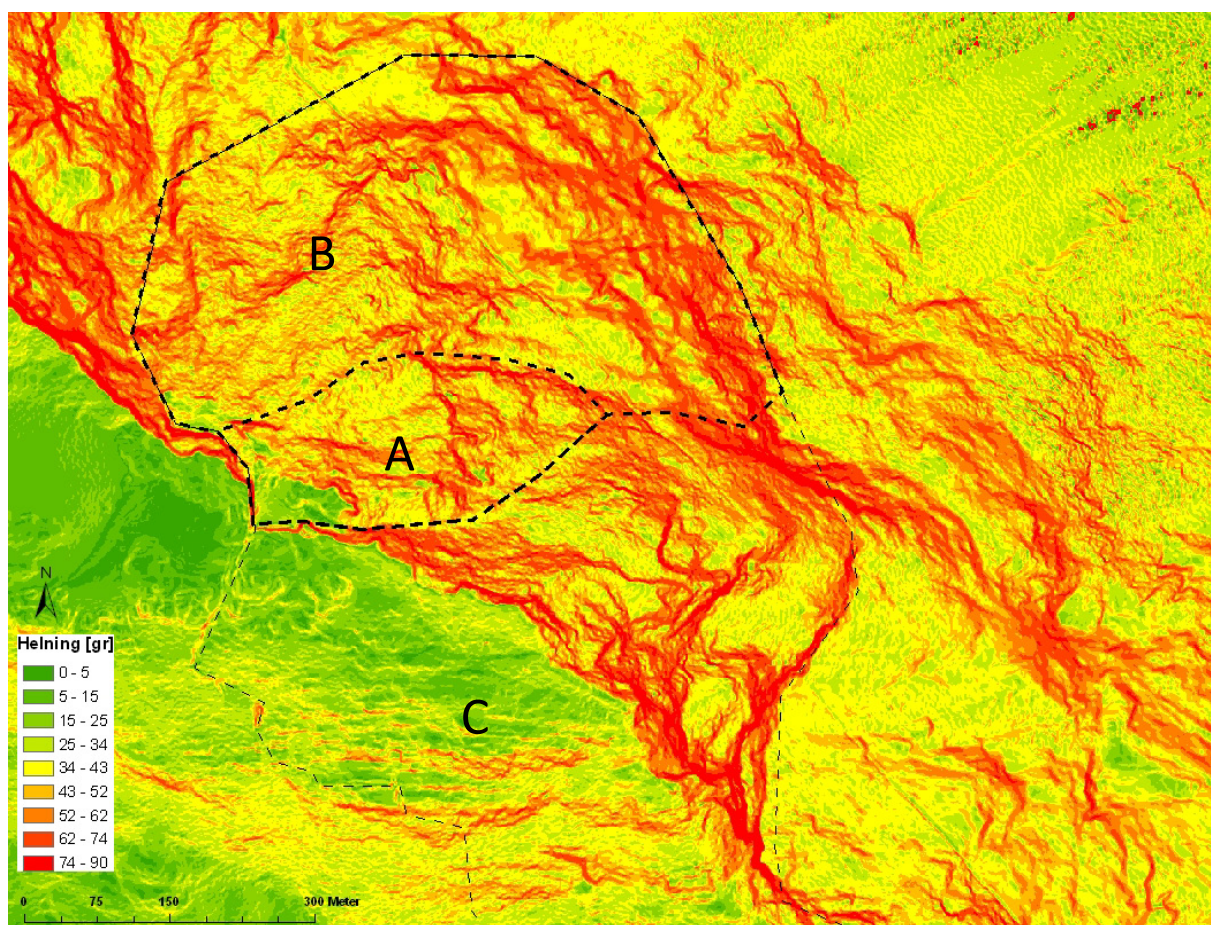
Det ustabile fjellpartiet ved Mannen er bratt og skredutsett. Med unntak av toppen er terrenget utilgjengelig for tradisjonelt feltarbeid. Derfor er fjernanalyse av denne fjellsida viktig.

Fjellskredprosjektet i Møre og Romsdal har i 2008 og 2009 kjøpt detaljerte høgdedata og ortofoto av Romsdalen, basert på laserskanning og fotografering frå helikopter og fly. Høgdedataene har ein gjennomsnittleg punktettleik ved Mannen på 0,4m, som gir ein terrengmodell med oppløysing 1x1m.

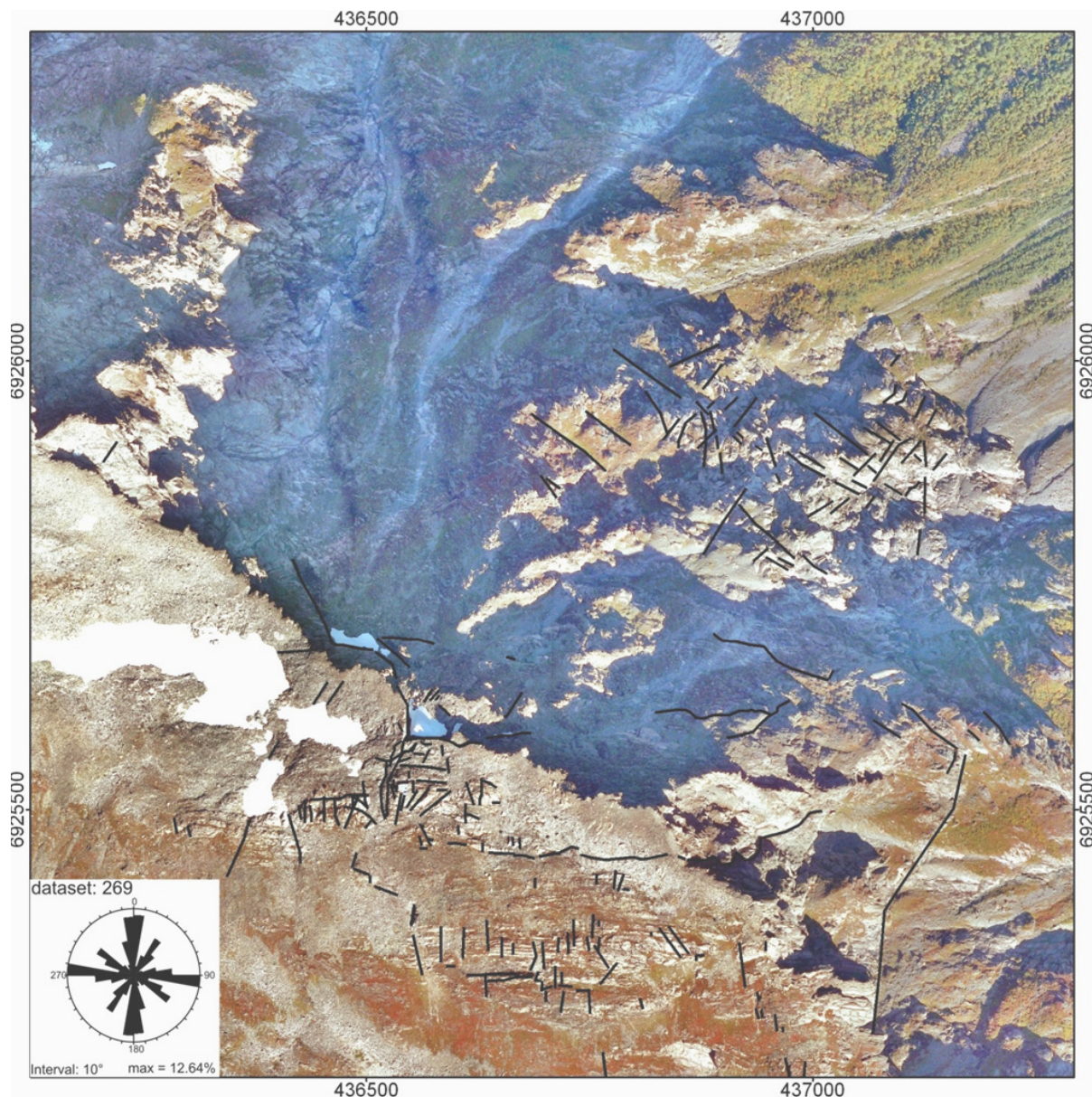
Kvaliteten til innkjøpte ortofoto betrar fjernanalysen, men i bratte område gir dei mindre informasjon slik at fjernanalyse ikkje er like lett der. I tillegg er mange opne brot og lineament delvis dekt av skredmassar.

Figur 5 viser terrenghelling i området ved Mannen. Moglege losneområde (skredscenario) vist med svarte stipla linjer er frå Dahle et al. (2008). Gjennomsnittleg hellingsvinkel innanfor skredscenario A+B er 50°. Scenario A og den austre delen av scenario B har fallretning mot NØ, medan vestre del av scenario B har fallretning mot NV. Sør for scenario A + B heller terrenget mot sør. Dette inkluderer også delar av scenario C.

Spora etter bratte plane strukturar med strøk NV-SØ, NØ-SV, Ø-V og N-S er godt synlege på ortofoto (Figur 6). Strukturane med strøk Ø-V (foliasjon) og N-S (forkastingar) er tydelege berre oppe på plataået. Desse to orienteringane kjem ikkje godt fram i fjellsida, men der finst det tydelege bratte strukturar med strøk NV-SØ og NØ-SV (Figur 6).



Figur 5. Hellingskart over området ved Mannen. Dei ustabile fjellpartia A, B og C er indikert med svarte stipla linjer.

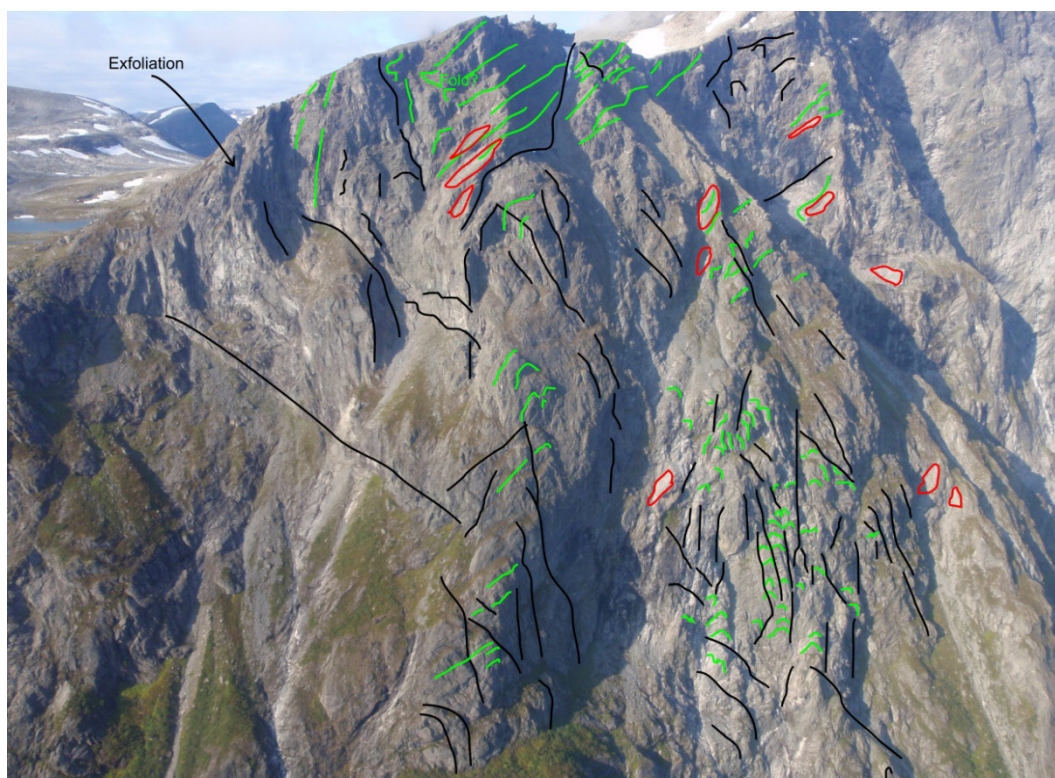


Figur 6. Utheving av bratte strukturar (sprekker og forkastingar) identifisert frå ortofoto, med rosedigram som viser orientering og frekvens til strukturarane.

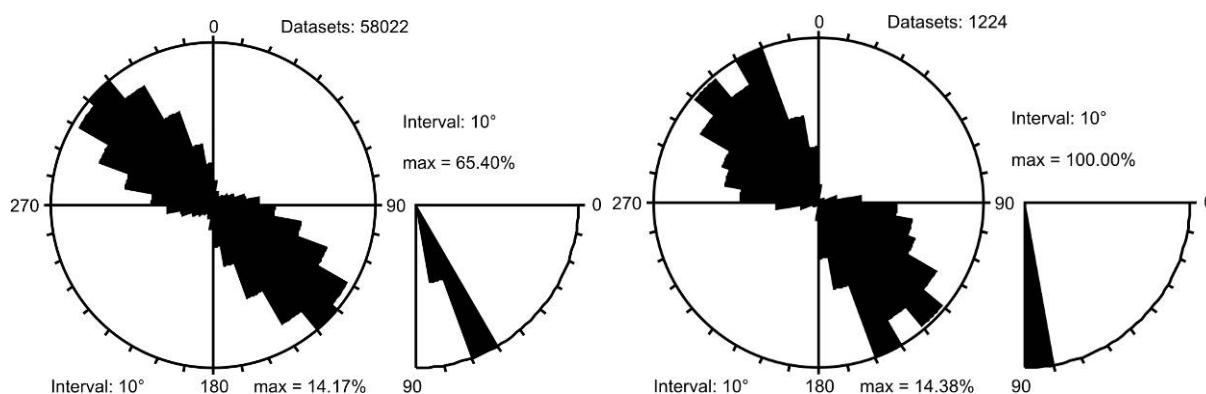
På foto i Figur 7 er strukturar med strøk NV-SØ og NØ-SV teikna inn etter ei fotoanalyse av fjellsida. Strukturane er bratte til subvertikale med fall inn i fjellsida (grøn på Figur 7). Oppe på plataet er desse strukturane foliasjonsparallelle (frå målingane i felt). Men foliasjonen kan ha ulik orientering på grunn av tydeleg folding i enkelte område (sjå Henderson og Saintot, 2007).

I nedre del av Figur 7 er steile overflateparallelle strukturar frekvente. Desse er synlege som ”antiformar” (grøn) i figuren og er tolka til å representere foliasjonen. Det kan likevel ikkje utelukkast at dette er eksfoliasjonssprekker som òg kan vere foliasjonsparallelle. Desse orienteringane passar godt med NV-SØ-strukturane identifisert frå ortofoto.

Fleire stadar i fjellsida opptre plane sva. Hellinga til desse viser at det kan ha vore glideplan for tidlegare skred i fjellsida. Plana er vist i Figur 7 og Figur 9.



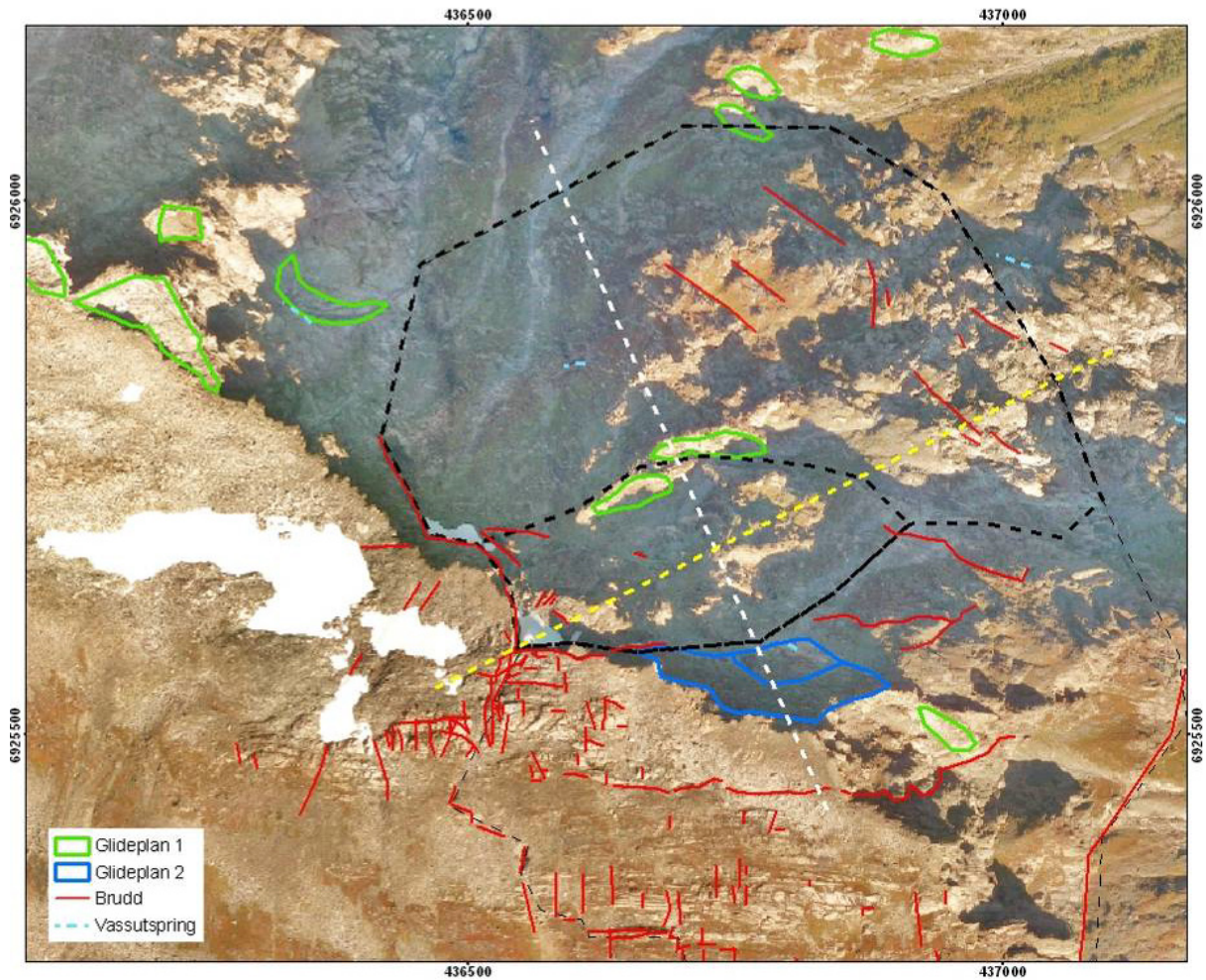
Figur 7. Foto mot sørvest, nedglidd blokk er øvst og midt på bildet. GRØN: spor som tyder på foliasjon med moderat/bratt fall inn i fjellsida. SVART: flater tolka som tydelege sprekker. RAUD: plane flater tolka til å vere glideplan frå tidlegare og mindre skred.



Figur 8. Rosediagram for orientering av celler på 1m² i terrengmodell for scenario A+B brattare enn 60° (venstre) og 80° (høgre). Hovudtrenden for begge plotta passar godt overens med NV-SØ-strukturane observert på ortofoto og helikopterfoto.

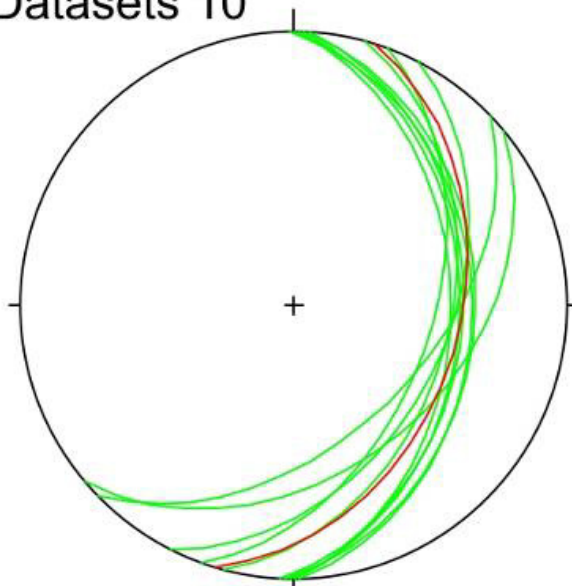
Bratte klippeformasjonar i fjellsider er ofte utvikla som følgje av steile struktur/sprekker. Figur 8 viser eit rosedigram med talet på 1m² celler i terrengmodell for scenario A+B brattare enn høvesvis 60° og 80°. Orienteringa i dei to plotta er tilsvarande og bygg under strukturobservasjonane med orientering NV-SØ.

Gjennomsnittleg fallretning og fall til observerte glideplan frå tidlegare skred i fjellsida (sjå Figur 7 og Figur 9) er utrekna frå terrengmodell (11 glideplan). Kvar celle på glideplana (1m²) er rekna som ei måling av glideplanet med fallretning og fall. Alle orienteringsdata til glideplana er grafisk presentert i vedlegg 1. På grunnlag av dette er gjennomsnittleg orientering for kvart glideplan utrekna. 10 av glideplana viser tilnærma lik orientering (grøn i Figur 9) med gjennomsnittleg fallretning og fall 107/39 (grafisk presentert i Figur 10), medan eitt glideplan har fallretning og fall 023/59 (blå i Figur 9).



Figur 9. Ortofoto med dei viktigaste geologiske observasjonane innteikna. Gul og kvit stipla linje viser lokalitet til tolka vertikalprofil i høvesvis Figur 12 og Figur 13.

Datasets 10



Figur 10. Figuren viser 10 av glideplana i fjellsida ved Mannen. Gjennomsnittleg fallretning og fall er 107/39.

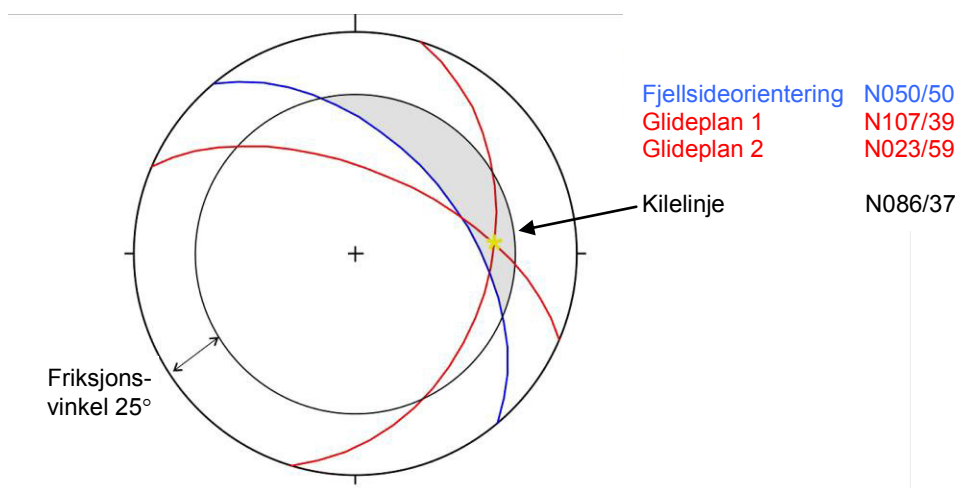
2.2.3 Kinematisk analyse

Glideplana til skredscenaria ved Mannen er ikkje sikkert identifisert. Gjennomsnittet til observerte glideplan i fjellsida kan vere gjeldande i heile fjellsida og danne delar av glideplanet for skredscenaria A og B (107/39). Fallretninga til dette potensielle glideplanet er ulikt retninga til GPS-målingane og er orientert 57° ulikt frå fallretninga til fjellsida (sjå Figur 11). Dette glideplanet kan derfor ikkje åleine danne ei utgliding.

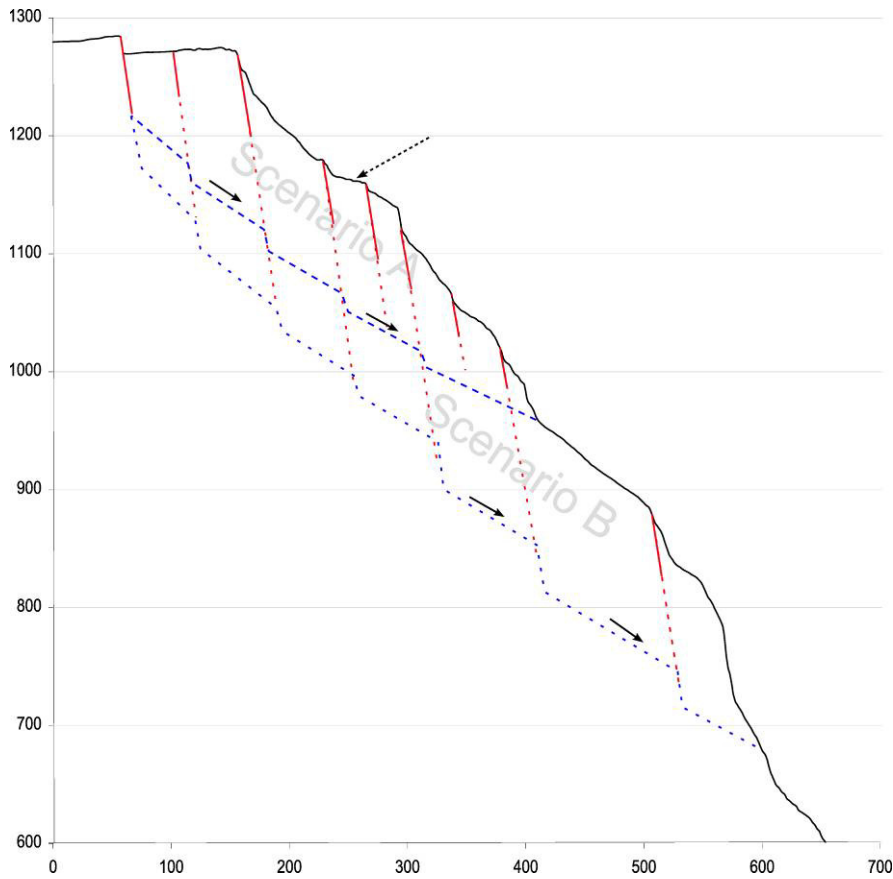
I fjellsida øst for den nedglidde blokka er det identifisert eit potensielt glideplan med minkande fallvinkel mot dalbotnen (blå i Figur 9). Den nedre delen av det eksponerte planet har fallretning og fall 023/59. Dei to potensielle glideplanorienteringane dannar dermed ei kileutgliding med retning 086/37 som illustrert i Figur 11. Til samanlikning gir GPS-målingane rørsleretninga 060-070/45. Dette støttar hypotesen om at dei to glideplana er med og kontrollerar utglidinga. Figur 11 viser òg at kileutglidinga er innanfor den ustabile delen av plottet (grått område, kilelinja er brattare enn friksjonsvinkelen og slakare enn fjellsida). Friksjonsvinkelen til glideplanet som er nytta i figuren er 25° , noko som vanlegvis er rekna som nedre avgrensing av friksjonsverdien til utglidingar av denne typen.

Skredscenario A+B har eit stort areal (230.500 m^2). Dei potensielle glideplana har derfor sannsynlegvis noko ulike orienteringar og kan ligge på ulike nivå under overflata. Dermed vil utglidingsretninga kunne vere ulik frå område til område og glideplana vil med ein slik modell samla sett få ei trappeform.

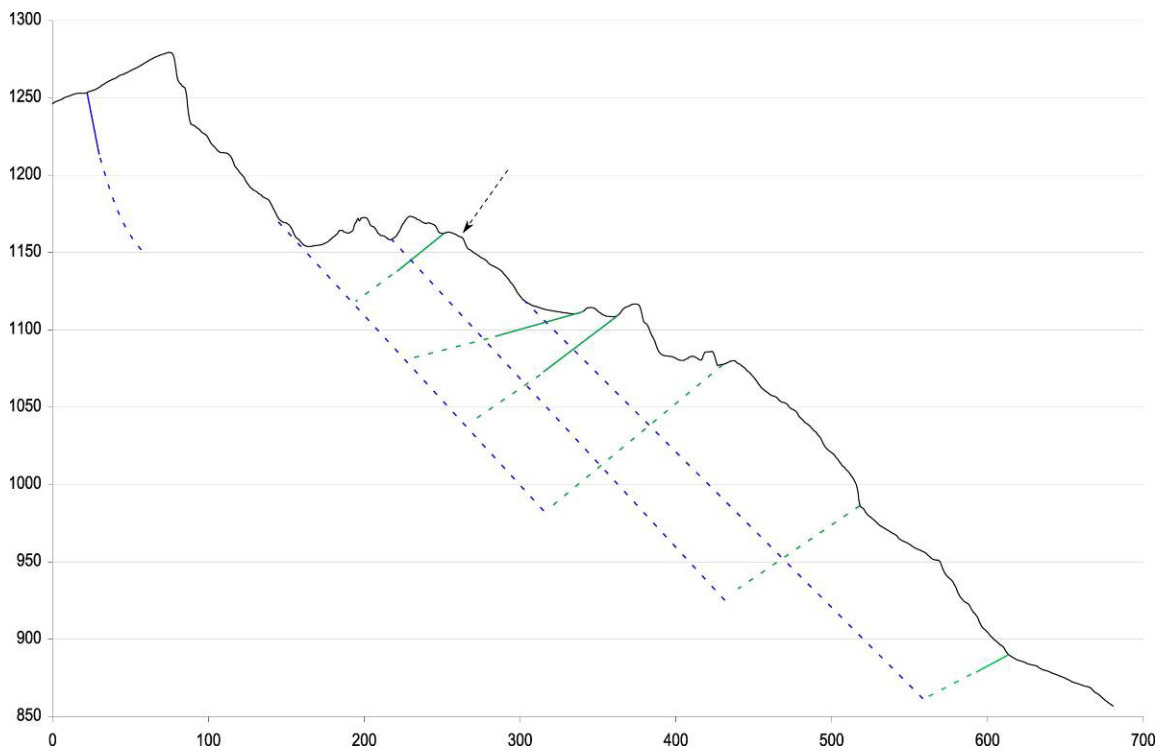
Eit tolka vertikalprofil langs utglidingsretninga til GPS-målingane ($N065^\circ$, sjå Figur 9) er presentert i Figur 12 og viser reelt terreng med innteikna subvertikale strukturar og moglege glideplan. Glideplana har usikker plassering. Ein vertikalprofil normalt på profilet er vist i Figur 13. Her er rørsle ut av planet og retninga styrt av kilane som blir danna av dei blå og grøne linjene.



Figur 11. Stabilitetsplott av fjellsida ved Mannen. Skjeringspunktet til glideplana viser teoretisk utglidingsretning (kilelinje). Grått skravert område viser ustabil område for skjeringpunktet (kilen). Friksjonsvinkelen er sett til 25° .



Figur 12. Vertikalprofil langs rørslevektoren til GPS-målingane (N065). Potensielle glideplan er indikert med blått, raud linjer viser hovudsprekkesettet (fallretning og fall: 040/80). Pila viser lokalitet for vertikalprofil orientert normalt på profilet i figuren (sjå Figur 13). Y-akse: Meter over havet.



Figur 13. Vertikalprofil normalt på profilet ovanfor, dvs. at rørsla er ut av planet. Pila viser kor profilet i Figur 12 kryssar. Y-akse: Meter over havet.

2.2.4 Volumestimat

Volumberekningane er framleis usikre sidan ein ikkje veit noko sikkert om kor djupt det er til glidepla og kor store områder som er i rørslé.

Djupna til glideplanet i skredscenario A på Figur 12 er ca 100 m, men minkar på begge sider av profillinja, slik at gjennomsnittleg djupne er 40-80 m. Totalt volum er estimert til å vere mellom 2-4 mill. m³ (sjå Tabell 1). Skredscenario B inkluderer A og gjennomsnittleg djupne er estimert til å vere mellom 70 m og 110 m. Totalt volum er estimert til å vere mellom 15-25 mill. m³. Tabell 1 viser grunnlaget for volumberekningane.

Tabell 1. Estimerte volum av skredscenario. Scenario B inkluderar scenario A.

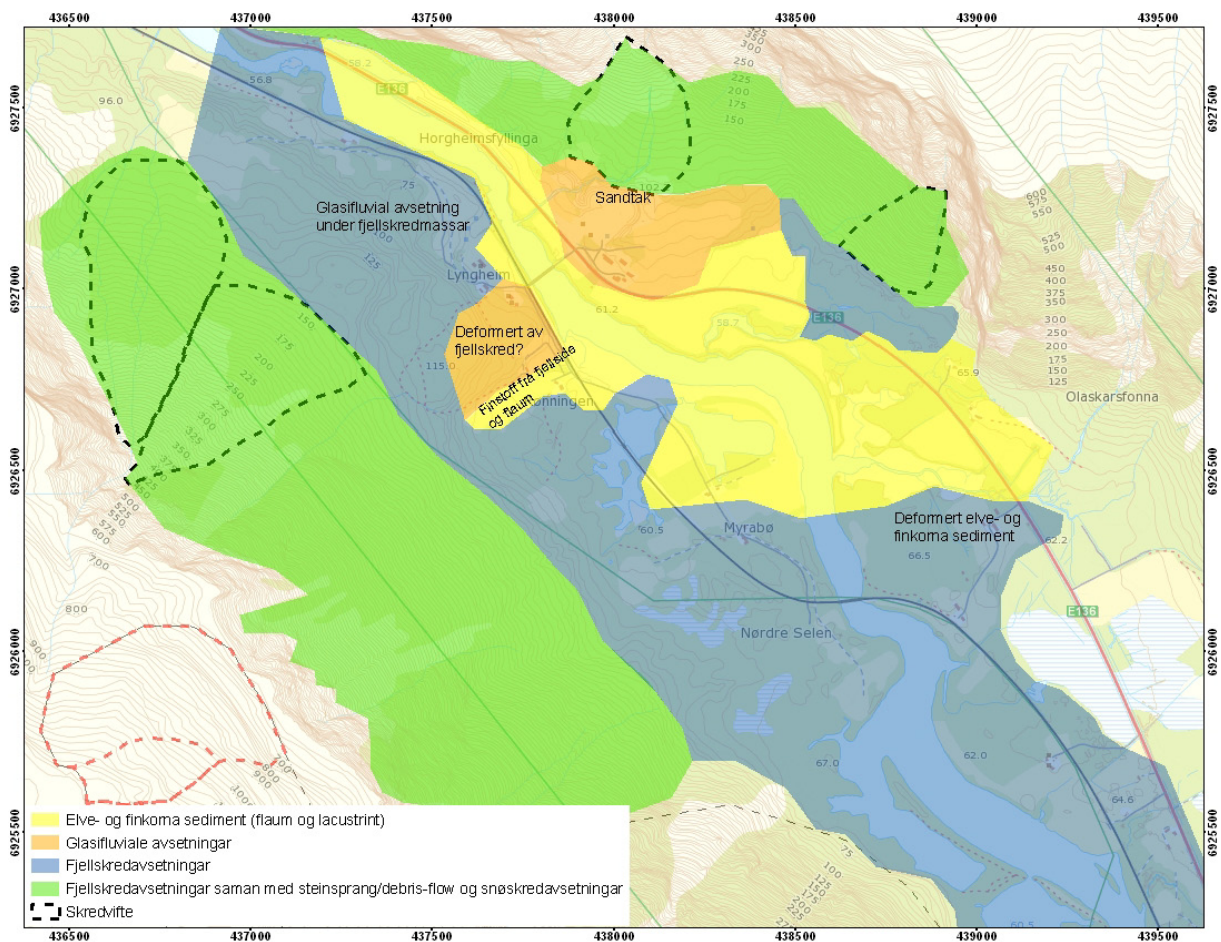
	Areal [m ²]	Gjennomsnittleg djupne [m]	Volum [mill. m ³]
Scenario A	50 800	40-80	2-4
Scenario A+B	230 500	70-110	15-25
Scenario C	-	-	Ikkje vurdert

3. UNDERSØKINGAR I UTLAUPSOMRÅDET

Eit stort fjellskred frå Mannen vil gå ned i og ut over dalbotnen i Romsdalen (Dahle et al., 2008). Skredet vil kunne føre til oppdemming av Romsdalen ovanfor skredet. Det er også fare for brot i demninga, med påfølgjande flaum nedover dalen mot fjorden. Grunnforholda i dalbotnen er viktig for å forstå både utbreiinga av skredet og stabiliteten til ein eventuell skreddemning. Fleire fjellskred i Romsdalen har gitt store deformasjonar i ”mjuke” dalbotnsediment. Sedimenta i dalbotnen ved Horgheim-Rønningen er undersøkt ved hjelp av georadarmålingar og grunnboringar og dette datagrunnlag må takast med i vurderinga av nye skred- og flaumscenario.

3.1 Avsetningstypar i utlaupsområdet

Type avsetningar i utlaupsområdet vil påvirke utløpslengda av fjellskredet. Kartet i Figur 14 viser ei tolka framstilling av avsetningane ut frå feltarbeid og flyfoto. Tolkninga tek omsyn til avsetningstypar djupare enn berre på overflata. Kartet dannar noko av grunnlaget for vidare analyse av skredutbreiing og moglege oppdemningshøgder.

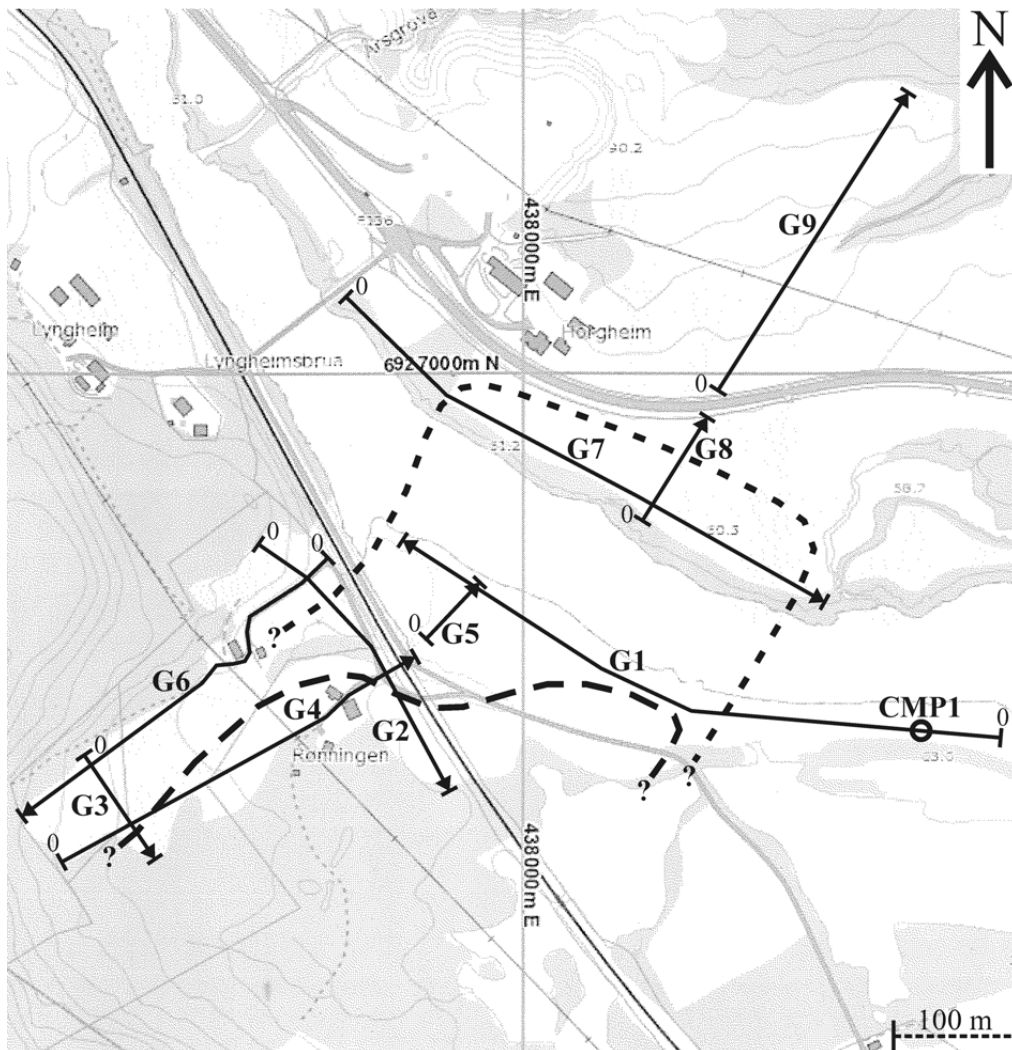


Figur 14. Kart som viser avsetningstypar i utlaupsområdet for fjellskredet. Kartet er på grunnlag av feltarbeid og tolking av flybilette. Ustabil område er vist med raude stipla linjer.



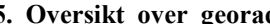
3.2 Georadar

Georadar er eit geofysisk instrument som blir nytta til elektromagnetiske målingar i grunnen. Slike undersøkingar gir ofte gode resultat og kan vise lagdeling og strukturar i grunnen ned til ca 30 m under terrengoverflata. Metoden er basert på registrering av reflekterte, elektromagnetiske bølgepulсар frå grenseflater på ulike nivå nedover i bakken.

Målingane i dalbotnen ved Mannen (sjå Figur 15) er utført av NGU (Tønnesen, 2009). Resultata indikerer eit hovudbilete med elvemateriale og skredavsetningar (truleg fjellskred) i lagdeling ned til 20-25 meter under overflata, men ein ser ikkje kva som ligg lenger nede. Lokalt indikerer profila deformerte elvedesiment, truleg deformert etter nedslag av fjellskred. Det er ikkje påvist marine avsetningar. Målingane påviste heller ikkje fjellgrunnen. Lengst nord ser ein dei proksimale delane av eit breelvdelta under elve- og skredlaga. Denne formasjonen skrar opp mot overflata mot nord, til den når overflata i terrasseflata som truleg er ein rest av eit breranddelta. For utfyllanda opplysningar viser vi til NGU-rapporten (Tønnesen, 2009).



Tegnforklaring

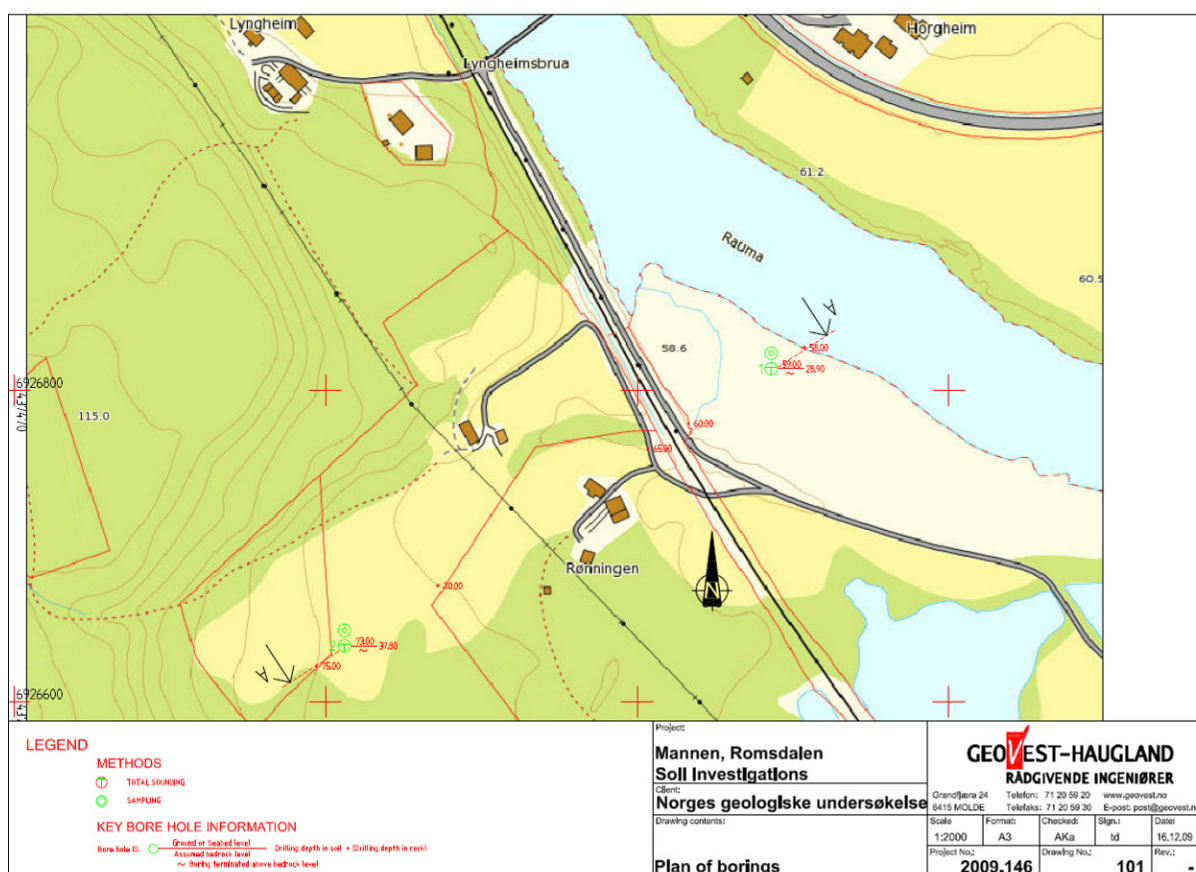
- 
 Udeformerte avsetninger
- 
 Skredmateriale og deformerte avsetninger under udeformerte avsetninger (vesentlig elveavsetninger)
- 
 Skredmateriale og deformerte avsetninger i og under terrengoverflaten

Figur 15. Oversikt over georadmålingar og tolking av utbreiinga til skredmateriale og deformerte avsetningar (Tønnesen, 2009).

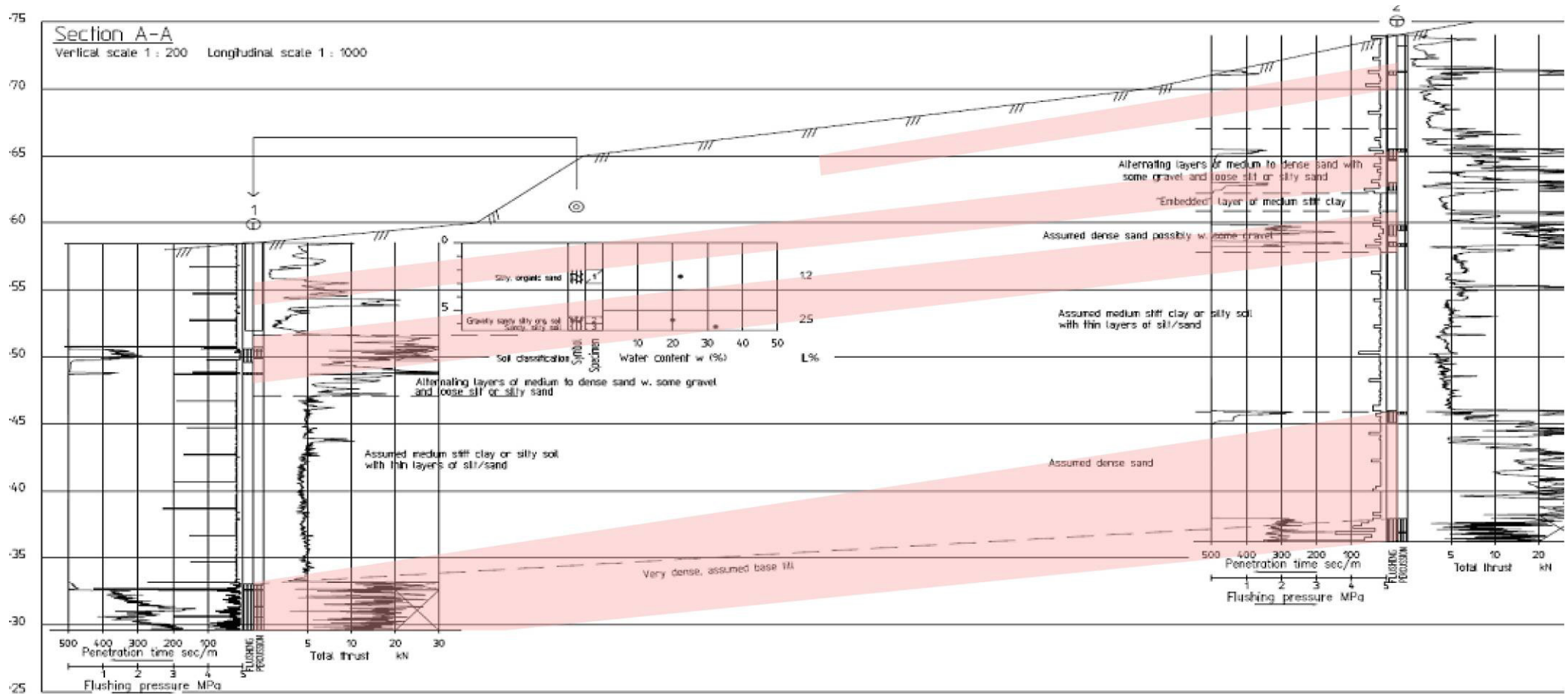
3.3 Lausmasseboringar

Det er utført to grunnboringar i dalbotnen under Mannen (Døssland, 2010), den eine på den vestlege elvebredda, den andre nærare fjellsida mot Mannen, 15-16 m høgare i terrenget, sjå Figur 16. Desse boringane var hhv. 25 og 30 m djupe. Borehola vart plassert ut frå tolkingar av georadarundersøkinga. Ved begge lokalitetane vart totalsondering og materialprøvetaking gjennomført. Prøvetakingsdjupa vart bestemt ut frå tolkingar av totalsonderinga. Totalsondering gir eit relativt mål på styrken til materialet.

Figur 17 viser resultat frå totalsonderinga saman med tolking av lagdeling og sedimenttype basert på totalsonderinga og prøvetaking. Begge boringane vart avslutta etter å ha kome fleire meter ned i harde massar tolka som fjellskred eller botnmorene. Boringane stadfester tolkingane frå georadarmålingane med lagdelte elve- og skredavsetningar ned til ca 20 meters djup. Elveavsetningane er relativt finkorna og dominert av sand og silt, men dels også leire. Det vart påvist organisk materiale ned til 5-6 m djup.



Figur 16. Kart over området for boringane ved Rønningen (sjå Figur 1 for større kart). Borelokalitetane er vist med grønne ringar, og profilet i Figur 17 er lagt gjennom begge borelokalitetane.



Figur 17. Plott som viser resultat frå totalsondering og prøvetaking relatert til terrenghøgde. "Total thrust" indikerer mekanisk styrke til avsetning der låg motstand (kN) viser svake masser (leir og silt). Kollonna til høgre ved begge lokalitetane viser ved kva djup prøvetakinga er gjennomført og kva materiale dei består av. Skraveringa med rosa er indikerte djup for fjellskredavsetningar (tolka av oppdragsjavar).

3.4 Skredmodellering

Utløpsarealet til eit fjellskred ved Mannen er førebels estimert på bakgrunn av erfaringsdata frå andre fjellskred og estimata vil derfor vere usikre. NGU har engasjert Universitetet i Milano til å utføre numerisk simulering av ulike skredscenario/skredforløp med utgangspunkt i kjende geologiske tilhøve i området. Dei vil i samarbeid med eit nederlandsk firma (FEAT, feat.nl) simulere i to og tre dimensjonar korleis fjellpartiet som rasar ut vil plassere seg i dalbotnen. Til saman er dei to miljøa blant dei verdsleiande innan datasimulering av store skredhendingar. To scenario vil bli evaluert:

- 2-4 mill. m³
- 15-25 mill. m³

Modellering av skredutløp er utfordrande, og spesielt for fjellskred som kan nå fram til og reaktivere blaute massar i dalbotnen, og dermed kunne føre til ekstra stor utbreiing. Endeleg rapport frå modelleringa er venta i løpet av juni 2010. I etterkant vil resultatane verte evaluert med tanke på usikkerheiter i resultatane og det vil bli laga nye oppdemmingsscenario for Rauma-vassdraget.

4. VIDARE GEOFAGLEG OPPFØLGING

Det meste av fjellsida ved Mannen er for bratt og utsett til det kan gjerast vanleg feltarbeid til fots. Området er stort og det kan derfor vere vanskeleg å orientere seg ut frå enkeltbilete. Ei forbetring vil vere å utføre ei detaljert georeferert fotografering av fjellsida (skråfoto) med mulegheit til å drapere dei på ein 3D-modell. Slik vil det bli lettare å kartlegge strukturar i dei bratte områda og få ny informasjon om deformasjonen i ulike delar av fjellsida.

Potensialet til terrengmodellen av fjellsida er ikkje heilt utnytta. Vidare analyser av den kan gi viktig informasjon om mellom anna volumet til dei ustabile fjellmassane.

Det er etablert bakkebasert radar i utløpsområdet for å kartlegge og måle rørsler i fjellsida ved Mannen. Det er enno for kort måleperiode til å konkludere ut frå desse målingane, men målingane vil truleg gje nødvendig informasjon som kan avgrense kva område som er i rørsle.

Kjerneboringar i det ustabile området vil gi mykje informasjon som er nyttig og nødvendig for å forstå fjellsida. Dette er mellom anna:

- Djup til moglege glideplan
- Eigenskapane til glideplan (sprekker, knusingssoner osv)
- Mekaniske eigenskapar til bergmassen og glideplan
- Oppsprekkings- oppknusingsgrad til bergmassen
- Permafrost i fjellsida?
- Grunnvassnivå
- Instrumentere hola med deformasjons- og vasstrykksmålarar

Nytten av kjerneboringar og måling av deformasjon i borehol vart også belyst i Åknes/Tafjord Beredskap IKS sin rapport over overvakingstiltak ved Mannen (Blikra, 2009).

5. KONKLUSJON

Fjellområdet ved Mannen og Børa har vore kjent som potensielt fjellskredområde sidan slutten av 1990-tallet. Årlege rørslemålingar med GPS sidan 2006 viser at fjellsida ved Mannen er i rørsle. Dette blir understreka av tydeleg skredaktivitet i delar av fjellsida og er dokumentert av nye kontinuerlege lasermålingar.

Mannen vart karakterisert som eit høgrisikoobjekt i 2008, og arbeidet med å overvake fjellsida er kome godt i gang. Måleresultata vil vere med på å auke forståinga av det ustabile fjellpartiet.

Undersøkingane i denne rapporten har ført til auka forståing av stabiliteten i fjellsida, hovudsakleg gjennom arbeidet med nye terrengdata og ortofoto. Likevel er kunnskapen liten om mellom anna utglidingsmekanisme, eventuell permafrost i fjellsida, grunnvassnivå og volum av ustabile massar. Fleire undersøkingar er derfor nødvendige og bør gjennomførast .

Utløpsområdet for fjellskredet er karakterisert ved hjelp av georadar, boringar og feltkartlegging. Undersøkingane langs dalføret viser det finst avsetningar frå fleire store fjellskred i området, og at det er til dels store deformasjonar i sedimenta som følgje av trykk/sjokkbølger frå skreda som har treft dalbotnen.

Det er avdekt store massar med blaute sediment (silt og leir) som vil kunne ha stor innverknad på utløpslengda til fjellskred. Slike massar kan verke som eit glidelag for sjølve skredmassane, i tillegg til at store volum kan takast opp i skredet. Moglege skredforløp og utbreiing skal modellerast i regi av ei gruppe ved universitetet i Milano. Modelleringane vil kunnegje viktig informasjon om korleis utbreiinga og tjukkeleiken til skredmassane vil verte. Resultata frå modelleringa vil danne delar av grunnlaget for nye oppdemmingsscenario for elva Rauma. Dei nye scenaria vil vere klare sommaren 2010.

6. REFERANSAR

Blikra, L.H. 2009: Overvakingstiltak ved Mannen i Romsdalen. Status, nye tiltak og permanent drift. Åknes rapport 04.2009. 11 sider.

Dahle, H., Anda, E., Saintot, A. og Sætre, S. 2008: Faren for fjellskred frå fjellet Mannen i Romsdalen. Norges geologiske undersøkelse, Rapport 2008.087.

Døssland, T. 2010: Noregs geologiske undersøkelse, Mannen Romsdalen, Soil investigations in the bottom of the valley. Report NO.:2009146-1. GeoVest-Haugland.

Eiken, T. 2009: Deformasjonsmålingar i potensielle fjellskred, Møre og Romsdal 2009. Universitetet i Oslo. 34 sider.

Fisher, R.A. 1953: Dispersion on a sphere. – Proc. Roy. Soc. London, Ser. A, 217: 295-305; London.

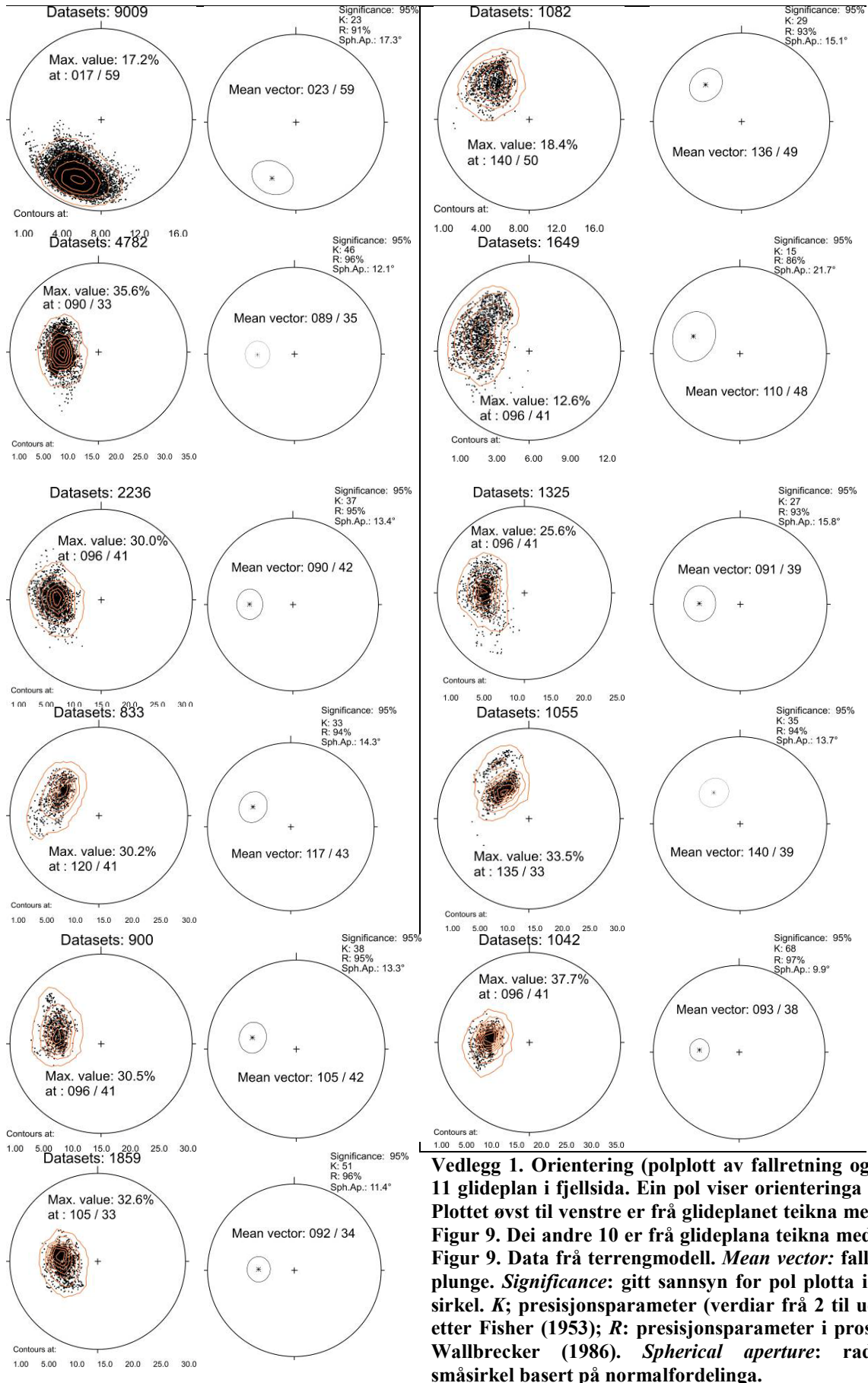
Henderson, I.H.C., Saintot, A., 2007. Fjellskredundersøkelser i Møre og Romsdal. NGU rapport 2007.043, 68 pp.

NVE 2009: Fjellskredfare ved Mannen i Romsdalen. Norges vassdrags- og energidirektorat, Dokument nr 10-2009. 38s.

Tønnesen, J.F. 2009: Georadarmålinger ved Rønningen og Horgheim i Romsdalen for undersøkelse av løsmassetyper i dalbunnen under det ustabile fjellpartiet Mannen. NGU Rapport 2009.062.

Wallbrecher, E. 1986: Tektonische und gefügeanalytische Arbeitsweisen. - Enke-Verlag, Stuttgart, 244 pp.

7. VEDLEGG



Vedlegg 1. Orientering (polplott av fallretning og fall) til 11 glideplan i fjellsida. Ein pol viser orienteringa til 1 m². Plottet øvst til venstre er frå glideplanet teikna med blått i Figur 9. Dei andre 10 er frå glideplana teikna med grønt i Figur 9. Data frå terrengmodell. *Mean vector*: fallretning/plunge. *Significance*: gitt sannsyn for pol plotta innanfor sirkel. *K*: presisjonsparameter (verdiar frå 2 til uendeleg, etter Fisher (1953)); *R*: presisjonsparameter i prosent, frå Wallbrecker (1986). *Spherical aperture*: radius til småsirkel basert på normalfordelinga.