

Skredfareberedskap i Geiranger

Faresonekart over skredområder

964035-1

1 mars 1997

Oppdragsgiver: **Det Kongelige Miljøverndep.
Fylkesm., Møre og Romsdal,
Beredsk.avd., Stranda kommune
NGI**

Kontaktperson: Kristin Dale Selvig, Miljødept.
Avd. sjef Oddfinn Thue,
Beredskapsavd.

Kontraktreferanse: 95/3086-PL/kds
95/04493/05-312/OT

For Norges Geotekniske Institutt

Prosjektleder:



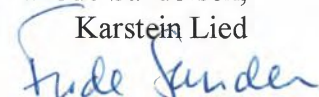
Karstein Lied

Rapport utarbeidet av:



Ulrik Domaas, Lars H. Blikra,
Frode Sandersen,
Karstein Lied

Kontrollert av



Frode Sandersen



Sammendrag

Hensikten med dette prøveprosjektet har vært å gjennomføre en detaljert farevurdering av aktuelle skredtyper med tanke på å øke beredskapen mot skredulykker.

Prosjektet har hatt følgende siktemål:

Utarbeidelse av:

- Detaljerte faresoner for skred
- Varslingsprosedyrer for snøskredfare
- Forslag til beredskapstiltak

I samarbeid med NGU har NGI kartlagt alle større skred som har forekommet i Geiranger. Ut fra opplysningene om tidligere skred er det utarbeidet faresoner for mulige skredområder. Faresonene refererer seg til de sikkerhetskrav som Plan og Bygningsloven setter til plassering av bygninger.

I alt er det samlet opplysninger om 38 snøskred som har ført til større og mindre ulykker i Geiranger siden 1796. Ved spesielle studier av jordprofil i snøskredområdene er det dokumentert at snøskred har forekommet en rekke ganger også i tidligere tider.

Siden 1743 har det gått 15 større jordskred i Geiranger, og undersøkelser av jordprofil viser at tallrike jordskred har forekommet gjennom tidene.

Steinskred og sørpeskred har mindre betydning for bebyggelsen i Geiranger, selv om faren for disse skredtypene ikke kan utelukkes.

Resultatene er presentert i to rapporter. Denne rapporten omhandler en beskrivelse av de forskjellige skredtyper som er aktuelle i Geiranger, de historisk kjente skredene i området og utstrekning av skredfarlige soner. I tillegg er det kort beskrevet hvordan geografiske informasjonssystem kan benyttes til denne type arbeid, og til slutt er det foretatt en kost/nyttevurdering.



Innhold

1 INNLEDNING	5
1.1 Generelt	5
1.2 Bakgrunn for prosjektet	5
2 KARTLEGGING AV SKREDOMRÅDER	7
2.1 Generelt	7
2.2 Kart-typer	7
2.3 Plan og Bygningsloven (PBL), og Byggeforskriften	9
3 SNØSKRED	11
3.1 Snøskredterreng	11
3.2 Skredbevegelsen	15
3.3 Utløpsmodeller	16
4 JORDSKRED	18
4.1 Generelt	18
4.2 Terrengforhold	18
4.3 Klima og værforhold	19
4.4 Beregning av rekkevidde	19
5 STEINSKRED	21
5.1 Generelt	21
5.2 Terrengforhold	21
5.3 Klima og værforhold	22
5.4 Beregning av rekkevidde	22
6 SØRPESKRED	24
6.1 Generelt	24
6.2 Terrengforhold	24
6.3 Klima og værforhold	24
6.4 Beregning av rekkevidde	25
7 GEIRANGER, BELIGGENHET OG TOPOGRAFI	26
8 KLIMA I GEIRANGER	28
9 FARESONER SNØSKRED	30
9.1 Registreringskart. Historiske skred	30
9.2 Faresonekartet	33
10 FARESONER JORDSKRED	42
10.1 Generelt	42
10.2 Kartlegging av jordskred	42
10.3 Gravegrop/ skredstratigrafi	43
10.4 Historiske registreringer	44
10.5 Faresoner	46



11 FARESONER STEINSKRED OG SØRPESKRED	49
12 BRUK AV GEOGRAFISKE INFORMASJONSSYSTEM (GIS).....	50
12.1 Generelt	50
12.2 Geografisk informasjons-system (GIS) til bruk ved skredkartlegging	50
13 VURDERINGER AV SKREDKARTLEGGING	52
13.1 Kost/nytte betraktninger	52
13.2 Sammenlikning med nåværende oversiktskart	53
13.3 Bruken av kartene i kommunen	54

Fotobilag

Foto 1-21

Figurer:

- fig. 1 - Oversiktskart, beliggenhet Geiranger
- fig. 2 - Registreringskart over historisk kjente snøskred
- fig. 3 - Faresonekart og registreringskart snøskred
- fig. 4 - Faresonekart og registreringskart jord- og steinskred
- fig. 5 - Jordprofil i skredavsetninger ved Homlong
- fig. 6 - Jodprofil i skredavsetninger Mjølkesletta
- fig. 7 - Beregning av rekkevidde snøskred

Kontroll- og referanseside



1 INNLEDNING

1.1 Generelt

Etter oppdrag fra Det Kongelige Miljøverndepartement ved brev av 5 juli 1996, ref. 94/3086-PL/kds, og fra Fylkesmannen i Møre og Romsdal ved brev av 16 april 1996, ref. 95/04493/05-312/OT, har NGI gjennomført et prøveprosjekt om skred og skredfare i Geiranger.

I prosjektet inngår følgende aktiviteter:

1. *Utarbeidelse av kart over historisk kjente skred av alle typer i Geiranger.*
2. *Utarbeidelse av et detaljert faresonekart for skred basert på historisk kjente skred, geomorfologisk analyse av skredterreng, samt bruk av anerkjente beregningsmodeller for rekkevidde og frekvens av skred.*
3. *Utarbeidelse av kriterier for akutt snøskredfare i Geiranger.*
4. *Utarbeidelse av beredskapsrutiner for Geiranger ved akutt fare for snøskred.*

1.2 Bakgrunn for prosjektet

Prosjektet ble opprinnelig startet opp som følge av en henvendelse fra ordføreren i Stranda kommune til Fylkesmannen i Møre og Romsdal vinteren 1993/94, om hvordan man i snøskredutsatte kommuner best mulig kunne etablere en beredskap og gjennomføre forebyggende tiltak mot snøskred. Som resultat av henvendelsen ble det etablert en arbeidsgruppe bestående av 1 representant for hver av følgende etater:

- Fylkesmannen i Møre og Romsdal, Beredskapsavdelinga
- Møre og Romsdal Fylkeskommune, Fylkesgeologen
- Ordføreren i Stranda kommune
- Teknisk sjef i kommunene Norddal, Stranda, Ørsta og Volda.
- Norges Geotekniske Institutt (NGI)

Etter flere møter med diskusjon av problemomfanget og mulige beredskapstiltak, ble det besluttet at NGI skulle utarbeide et forslag til et forprosjekt om snøskredberedskap for Fylkesmannen i Møre og Romsdal. Forprosjektet ble lagt fram i rapport fra NGI 21 desember 1994. Det ble konkludert med at de viktigste tiltak for å øke beredskapen mot snøskred ville være å utarbeide:



1. Skredkart som viser hvor det har gått skred og hvor det kan tenkes å forekomme skred i framtiden
2. Kriterier for hvilke vær og snøforhold som fører til snøskredfare, og rutiner for skredvarsling
3. Forslag til beredskaps- og evakueringsrutiner under forhold med akutt snøskredfare

Som prøveområde ble det foreslått å benytte Geiranger i Stranda.

For å gjennomføre et prosjekt av denne typen i Geiranger ble det anslått at kostnadene ville utgjøre kr 236.000,-.

Fylkesmannen sluttet seg til et slikt opplegg, og det ble søkt om finansiering av prosjektet med utgangspunkt i de studier av "Risiko og sårbarhetsanalyser" som koordineres av Direktoratet for sivilt beredskap.

Finansieringen ble ordnet ved at følgende institusjoner deltok:

- Statens Naturskadefond.....	kr 25.000,-
- Miljøverndepartementet.....	kr 100.000,-
- Direktoratet for sivilt beredskap.....	kr 61.000,-
- Norges Geotekniske Institutt.....	<u>kr 50.000,-</u>
SUM	kr 236.000,-

I forbindelse med diskusjonen om den pågående "Oversiktskartlegging av områder utsatt for stein og snøskred", som fra 1996 ble lagt til Miljøverndepartementet, tok NGI opp med Departementet muligheten av å kartlegge i detalj områder utsatt for alle typer skred i bratt terreng, dvs. jord, sørpe, stein og snøskred. NGI foreslo at prosjektet i Geiranger skulle utvides fra kun å gjelde snøskred, til å omfatte alle de nevnte skredtypene, og at Norges Geologiske Undersøkelse (NGU) skulle trekkes med i arbeidet.

Forslaget ble støttet av Miljøverndepartementet som bevilget kr 186.000,- til utvidelse av prosjektet.

Prosjektets omfang er derved blitt som beskrevet under pkt 1.1.



2 KARTLEGGING AV SKREDOMRÅDER

2.1 Generelt

Økning av sikkerhet og beredskap mot snøskred forutsetter en grunnleggende kjennskap til hvilke områder som kan tenkes å bli utsatt for snøskred. For å identifisere slike områder må det gjennomføres en systematisk registrering og kartlegging av områder der det kan forekomme skred. I det følgende er det gitt en orientering om skredkartlegging og hvilke karttyper som kan tenkes å inngå i denne aktiviteten.

2.2 Kart-typer

Skredkart kan utarbeides i forskjellig målestokk, og med forskjellig innhold. I hovedtrekk skjelnes det mellom:

- Oversiktskart
- Detaljkart

Oversiktskart og detaljkart kan utarbeides med følgende innhold:

- Registreringskart
- Faresonekart

Oversiktskartene er vanligvis i målestokk 1:50.000. I denne målestokken er det begrenset hva som kan komme med av detaljer om hvert enkelt skredområde. Karttypen er først og fremst nyttig ved utarbeidelse av oversiktsplaner.

Detaljkartene er i målestokk fra 1:5.000 til 1:1.000. På kartene er gjengitt så nøyaktig som mulig det man kjenner til om hvert enkelt skred, slik som største kjente utbredelse, årstall, største beregnete utløp, skader etc. Kartene ligger til grunn for videre detaljplanarbeid.

2.2.1 Registreringskart

Registreringskart omfatter opplysninger om skred som har inntruffet. Vanligvis tegnes skredene inn på kartet i sin største kjente utbredelse, og i hvilket år dette skjedde. Nøyaktigheten i opplysningene om det enkelte skred vil variere, og det bør fremgå av kartene hvilken usikkerhet som ligger i inntegningen av skred-grensene (f.eks +/- 10 m, +/- 25 m etc.)

Vanligvis er det mulig å innhente opplysninger om skred som er ca. 100-200 år gamle, forutsatt at området i nærheten av skredet har vært bebodd. I enkelte tilfelle kan kunnskapen om inntrufne skred gå flere hundre år tilbake.

Fordelen med registreringskart er at det sjelden er stor uenighet om at skred har forekommet, og om utbredelsen av skredet. I enkelte tilfeller kan det likevel



forekomme meningsforskjeller i lokalmiljøet om hvor og når det aktuelle skred har gått.

Ulempen ved denne type kart er at man ikke har noen garanti for at alle potensielle skredområder er kommet med på kartet eller om skredene det er innhentet opplysninger om har gått i sin maksimale utbredelse. Derved kan kartene ikke benyttes direkte i beredskaps- og planarbeidet uten å suppleres med vurderinger og beregninger av rekkevidde og skredsannsynlighet.

Utarbeidelsen av registreringskartene medfører et inngående feltarbeid der lokale oppsittere intervjues om skred på stedet. I tillegg benyttes skrevne kilder slik som lokalhistorie, lensmannsutskrifter, kirkebøker, lokalaviser etc. Kvaliteten på kartene er i stor grad avhengig av i hvilken grad man har tilgang til lokal informasjon, og hvor mye tid man er villig til å avsette til kildegranskning og intervjuer med lokalkjente.

2.2.2 Faresonekart

Faresonekartene bygger i stor grad på registreringskartverket, fordi registreringskartet er en nødvendig forutsetning for å utarbeide et faresonekart. I tillegg bygger faresonekartet på geologiske/ terrengmessige undersøkelser og vurderinger for å identifisere mulig skredutbredelse som ikke dekkes av registreringskartet. På denne måten påvises alle områder der skred kan tenkes å bli utløst. Videre foretaes det beregninger av rekkevidde og frekvens av hvert skred. På kartet tegnes det derfor inn både registrerte skred, og beregnet ytre grense for skred med den sannsynlighet som tilsvarende byggeforskriftenes krav.

Utarbeidelse av detaljerte faresonekart er en relativt tidkrevende prosess, som omfatter feltarbeid og inngående vurderinger av lokalklima, geologi samt bruk av beregningsmodeller for rekkevidden av skred. Der det ikke kan nyttes beregningsmetoder for rekkevidden, må forventet rekkevidde av skred anslås ved hjelp av skjønnsmessige vurderinger.

Sammen med den kartografiske delen av faresonekartet utarbeides det en tekst-del der det inngår opplysninger om skredtype, løsningsområde, observert rekkevidde, beregnet rekkevidde, kildehenvisninger til informanter osv. Her må det også legges inn en begrunnelse for lokaliseringen av faresonen.

Inntil i dag har det vært drevet faresonekartlegging av oversiktstypen i Norge, dvs. i målestokk 1:50.000. Kartene viser potensielle fareområder for stein og snøskred innenfor eller nær bebodde områder. Statens naturskadefond hadde inntil 1996 ansvaret for utgivelsen, med NGI som faglig produsent.

Kartene er ment å gi en første indikasjon på eventuell skredfare. Det sies ingen ting om den reelle fare for skred, dvs. hvor ofte skred vil forekomme, men ved hjelp av kotegrunlaget indikeres områder der skred kan tenkes å løses ut og



hvilken rekkevidde skredene vil få i dalbunnen. Beregning av potensielt farlige områder bygger på anerkjente modeller for skredutløp, men pga. kartets målestokk blir unøyaktigheten i kartet såvidt stor at det er vanskelig å benytte kartet til detaljplanlegging. For slike formål bør oversiktskartet derfor suppleres med detaljfaresonekart.

I Alpelandene der kartlegging av skredutsatte områder har kommet lengst, har man innsett behovet for detaljerte faresonekart, og bl.a. i Sveits og Østerrike ble slike kart påbegynt i løpet av 70- og 80-årene. På disse kartene fastlegges faregrenser, trykkvirkninger og hyppighet av skred i detalj, ut fra kjennskap til historiske skred og ved hjelp av beregningsmodeller.

Basert på erfaringer fra andre land bør faresonene fastlegges både av eksperter og av representanter for myndighetene. I Østerrike, som har lengst erfaring med landsomfattende faresonekartlegging, oppnevnes en kommisjon i hver kommune som har ansvaret for dette arbeidet. Kommisjonen har en representant fra vedkommende departement, fylke og kommune samt en skredekspert. Etter at faresonekartet er utarbeidet, legges dette ut til offentlig høring. Deretter blir det stadfestet av departementet, og går inn som en offisiell del av plangrunnlaget for arealanvendelsen i kommunen og fylket.

Hvordan faresonekartet formelt skal godkjennes som et offentlig dokument og inngå i beredskaps- og planarbeidet må diskuteres og tilpasses bl.a. norske plan- og reguleringsbestemmelser, eventuelt også diskuteres med politiet og andre beredskapsmyndigheter.

2.3 Plan og Bygningsloven (PBL), og Byggeforskriften

To paragrafer i PBL av 1985 har særlig relevans til skredfarespørsmål, det er paragrafene 25 og 68.

I § 25 *Reguleringsformål* heter det :

"I reguleringsplanen avsettes i nødvendig utstrekning:.....

5: Fareområder: Områder for høyspenningsanlegg.....og områder som på grunn av ras og flomfare eller annen særlig fare ikke tillates bebygget eller bare skal utbygges på nærmere vilkår av hensyn til sikkerheten"

I § 68 *Byggegrunn, miljøforhold* heter det:

"Grunn kan bare bebygges dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold.

Bygningsrådet kan for grunn eller område som nevnt i første ledd, om nødvendig nedlegge forbud mot bebyggelse eller stille særlige krav til byggegrunn, bebyggelse og uteareal".

I den tilhørende Byggeforskriften fra 1985 ble det subjektive begrepet "tilstrekkelig sikkerhet" kvantifisert. Her ble det innført tallmessige minstekrav til



hvilken sikkerhet bygninger skulle ha mot skred. I 1987 fikk Byggeforskriften det innholdet den har i dag. Et overordnet siktemål i byggeforskriften er at sikkerheten gjelder for skade på person, selv om det implisitt i forskriften også er tatt hensyn til muligheten for materielle skader.

Kravet til sikkerhet mot skred er nå formulert som en minste sannsynlighet for skred som forskjellige bygningstyper skal oppfylle. I hovedsak skal et våningshus plasseres i sikkerhet for skred som har en største sannsynlighet pr. år på 10^{-3} , dvs skred med et gjennomsnittlig gjentakelsesintervall på 1000 år. Kravet til sikkerhet ved plassering av bygning er gjengitt i tabellen nedenfor.

Tabell 4.1 *Krav til sikkerhet ved plassering av bygning*

Bruddkonsekvens-klasse	Sikkerhets-klasse	Største nominelle, årlige sannsynlighet for skred
Mindre alvorlig	1	10^{-2}
Alvorlig	2	10^{-3}
Meget alvorlig	3	$< 10^{-3}$ ¹⁾

¹⁾ Største nominelle årlige sannsynlighet for skred skal godkjennes av bygningsrådet i det enkelte tilfellet

Det framgår av tabellen at det opereres med tre Sikkerhetsklasser eller Bruddkonsekvensklasser. Jo større konsekvensen for et sammenbrudd av bygningen er som følge av skred, desto større skal sikkerheten for bygningen være. Naust og garasjer er f.eks. plassert i klasse 1, med største tillatte sannsynlighet for skred på 10^{-2} , (100-års-skredet), mens en skole eller et sykehus må plasseres i klasse 3, der største sannsynlighet for skred skal være mindre enn 10^{-3} .

Det er innlysende at når man ved plassering av bebyggelse skal ta hensyn til såpass sjeldne hendelser som "1000-års-skredet", må legges til grunn nøye vurderinger basert på kunnskap om hvilke topografiske og meteorologiske forhold som kan tenkes å føre til skred, og man må ta hensyn til meget sjeldne hendelser.

Byggeforskriften er for tiden under revidering i Statens Bygningstekniske etat, men etter det vi kjenner til er det ikke planer om vesentlige endringer mht. akseptabelt risikonivå når det gjelder skred.



3 SNØSKRED

3.1 Snøskredterreng

Et skredområde der det går snøskred inndeles vanligvis i tre hoved-deler:

- Løsne-området
- Skredløpet
- Utløpsområdet

Skredområdet kan identifiseres ut fra topografien, og kan derfor sees både på sommer og vinterføre, og kan som regel finnes på kartet dersom skredområdet ikke har så liten høydeforskjell at det ikke kan identifiseres av kotegrunnet.

Variasjonen mht. størrelse og form er meget stor når det gjelder snøskredterreng. Høydeforskjellen mellom start og stopp-punktet for snøskred i Norge varierer mellom ca. 5 m og ca. 1500 m. Sideveis utbredelse kan også være svært forskjellig, fra 25-50 m, opp til 1-2 km.

For mindre skredområder med fallhøyder inntil ca. 50 m kan løsneområdet og utløpsområdet gå direkte over i hverandre. Store skredområder har ofte en komplisert topografi, slik at det kan være vanskelig å avgrense hele det potensielle skredområdet. I slike større skredområder kan det gå mindre skred som ikke dekker hele området, og som gjerne stopper oppe i skredløpet før selve utløpsområdet.

Frekvensen, eller hyppigheten av skred, dvs. hvor ofte et skred forekommer, vil variere fra skredområde til skredområde. I noen skredområder løsner det skred hvert år, mens det i andre kan gå f.eks. 10, 50, 100 eller enda flere år mellom hver gang det utløses et skred.

Ser vi på det enkelte skredområde, kan deler av dette være utsatt for skred hver eneste vinter. Lenger nede i skredbanen og ut til sidene vil hyppigheten avta, og lengst ut til sidene og ytterst i dalbunnen vil man kunne si at skredet har sin største mulige rekkevidde. Denne utbredelsen kan det imidlertid være meget vanskelig å fastslå.

3.1.1 Løsne-området

Terrenghelningen er den topografiske enkeltfaktor som har størst betydning for graden av skredfare. For at et skred skal bli utløst og aksellerere, må terrenget ha en viss helning som gjør dette mulig. Det finnes ikke en eksakt nedre grense for utløsning av snøskred. Ut fra erfaring kjenner vi til at de aller fleste flakskred, som er de skredene som har størst rekkevidde, meget sjelden blir utløst ved lavere helning enn 30°. I ekstreme tilfelle kan tørre flakskred bli utløst ned mot 25°.



Når helningsvinkelen er relativt liten, skal det mye snø og intense snøfall til før det blir utløst skred. Skred i denne type terreng forekommer derfor forholdsvis sjelden, men til gjengjeld kan skredene bli store når de først går. Ved helningsvinkler rundt 40-45° forekommer de fleste flakskred.

Når terrenget er svært bratt, dvs. fra ca. 60-90°, glir snøen ut etter hvert som den avlagres. I terreng som er brattere enn 60° vil det derfor ikke forekomme skred av betydning.

Som konklusjon mht. terrenghelning, må det kunne sies at alle skråninger som er brattere enn 30° må betraktes som potensielle snøskredområder dersom skråningene ikke er dekket av tett skog.

I hvilken grad skråningen er utsatt for vind og dermed snødrift, er den nest viktigste parameteren å ta hensyn til når terrenget vurderes med hensyn til snøskredfare. Skråninger og fjellsider som ligger i le for de vanligste nedbørførende vindretninger, dvs. vind som fører til oppsamling av fokksnø i fjellsiden, er mest utsatt for snøskred. Det blir derfor stor forskjell på skredhyppigheten i en nordøstvendt og en sørvestvendt fjellside, spesielt på Vestlandet. Her kommer det meste av nedbøren fra sørlig og sørvestlig kant, og skråningene som vender mot nord og nordøst får langt oftere avlagret store nok snømengder på kort tid, som igjen kan føre til snøskredfare. Vest og sørvestvendte skråninger ligger sjelden i le for nedbørførende vind. På den annen side vil høytrykksituasjoner om vinteren føre til østlige vinder, slik at drivsnø avlagres i vestvendte skråninger, som igjen kan føre til skredfare.

Terrengformer

De terrengformene i en fjellside som samler mest snø er generelt steder der vinden får minst tak. I le av større og mindre rygger og knauser eller andre fremstikkende formasjoner går det oftest skred når terrenget ellers er bratt nok.

Undersøkelser viser at løснеområdet form kan deles i enkelte hovedgrupper som ofte går igjen som vanlige løснеområder:

- Større botner
- Åpne skåler og forsenkninger
- Bratte elvegjel og skar
- Svaberg og flate partier
- Konvekse partier, områder med strekkspenninger

I de store botnene, som er et resultat av lokale isbreer, går det gjerne hyppige mindre skred, men enkelte ganger også svært store skred. De største skredene i Norge løsner i slike terrengformasjoner.



Åpne skålformete forsenkninger er svært vanlige utløsningsområder. Forsenkningene kan ha svært forskjellig størrelse, fra 50-100 m bredde er vanlig. Den svakt konkave eller innhule formen er nok til at vinden får mindre tak enn ellers i fjellsiden, slik at det samler seg opp mye snø. Det finnes tallrike eksempler på ulykker der skred fra slike terrengformer har vært årsaken, både ved ferdsel i fjellet og der skred har truffet bygninger, vegger, kraftlinjer etc.

Skar og elvegjel er kanskje den terrengformasjonen der det oftest utløses skred. I dype, markerte elvegjel er le-virkningen utpreget. Store gjel har ofte et kronglete forløp som medfører at sidene i gjelet får varierende eksposisjonen. Slike gjel vil derfor samle opp snø fra mange vindretninger. Samtidig er skråningene i gjelet ofte bratte slik at skred lett blir utløst. Mindre skred som utløses i de bratteste partiene vil i sin tur kunne utløse skred i slakere partier lenger nede.

På svaberg og jevne gresskleddede flater som er bratte nok utløses det også skred. Oftest skjer dette om våren, når smeltevann siger ned gjennom snødekket. Vann som samler seg opp på bergoverflaten eller bakken nedsetter friksjonen slik at hele snødekket kan gli ut.

Når det snør i vindstille vær eller ved svak vind slik at snøen ikke driver av fremstikkende områder i fjellside kan slike kul- eller ryggformer (konvekse områder) også gi opphav til skred. I slikt terreng der det blir brattere nedover vil det bli strekkspenninger i snøen, og derfor større muligheter for brudd.

I overgangen mellom bratte stup og slakere partier nedenfor vil det også kunne samle seg opp mye snø slik at skred kan forekomme.

Løsneområdets høyde over havet

Skredområdets beliggenhet med hensyn til hvor høyt det ligger er viktig for hvor ofte det forekommer snøskred. Generelt gjelder at beliggenhet i stor høyde vil gi flere skred enn i lav høyde. Dette kommer av at vindstyrkene er større i høyfjellet enn i lavlandet, slik at større snømengder oftere er i transport. Temperaturene er lavere og nedbørmengdene er som regel større i høyden, og begge disse forholdene øker sannsynligheten for skreddannelse.

Skredløpet

Skredløpet, som er terrenget mellom løsneområdet og utløpsområdet, kan også variere mye, både i størrelse og fasong. Det vanligste er at snøskredet følger forsenkninger som bekke- og elveløp som er mer eller mindre markerte. Løpene kan være rette eller svingete. I sterkt svingete løp vil deler av skredmassene kunne gå ut av løpet, spesielt gjelder dette store tørre snøskred, som også samtidig har en snøskyandel. Selve snøskyaen har størst tilbøyelighet til å gå rett fram, den har som regel stor høyde, gjerne 30-50 m, og da skal motbakkene i svingene i skredløpet ha tilsvarende størrelse for å holde snøskyaen på plass i bekkeløpet. Det finnes eksempler på at snøskyaen fra store snøskred har gått



over rygger på 50 m høyde, og med voldsom kraft ødelagt store mengder skog utenfor løpet.

Utløpsområdet

Skredløpet har som regel en helning på mellom 15° og 30°. I skredløp der skredene er små og våte, vil skredet bremses opp og stanse i terrenget mellom ca. 25° og 15°. Når skredene blir større, og helst består av tørre skredmasser, er friksjonen minst. Derfor går denne skredtypen lengst. Oppbremsingen skjer da først for alvor når terrenghelningen kommer ned under 10°. Slike store tørre skred kan gå flere hundre m utover horisontalt terreng, krysse brede dalfører og gå opp i motsatt dalside.

Utløpsområdet til mange skred ligger gjerne på såkalte bekke eller elvevifter. En bekkevifte består av stein, grus og sand som er brakt ned fra fjellsiden av rennende vann og forskjellige skredtyper etter istiden. Det er en svært vanlig terrengform i Norge og finnes i de fleste dalfører i fjord og fjellandskapet ved munningen av skar og daldrag ved fjellfoten.

3.1.2 Påvirkning av løsmasser og vegetasjon

Svært ofte vil skredene påvirke løsmassene og vegetasjonen i fjellsidene. Spesielt i skredløpet og i utløpsområdet setter skredene spor etter seg.

Løsmasser

De fleste fjellsidene i landet vårt er helt eller delvis dekket av løsmasser. Oftest er løsmassene rester etter bunnmorenedekket som lå igjen da isen trakk seg bort. I bratte løsneområder er morenedekket oftest fjernet og transportert videre nedover av skred og rennende vann. I skredløpet graver (eroderer) skredene i løsmaterialet slik at det dannes trange renner (raviner).

Løsmassene bringes med snøskredene nedover mot utløpsområdet hvor de avsettes. Både sand, grus, stein og store blokker kan fjernes fra skredløpet. Spesielt har store våte skred stor evne til å grave seg ned i løsmassene og erodere.

Sentralt i skredløpet er erosjonen størst, lenger ut til sidene legges det ofte igjen materiale. Alderen på dette løsmaterialet kan man ofte danne seg et bilde av ved både å studere hvor friske steinene og blokkene virker, og i hvilken grad stein og blokker er dekket av vegetasjon.

I store skredbaner blir ofte hele løsmassedekket fjernet i stor bredde ned mot dalbunnen. I overgangen til dalbunnen kan store skred grave seg ned i løsmassene og kaste materialet ut til sidene. På denne måten kan det dannes groper og voller i dalbunnen og i elveløp. Langs bredden av vann og i sjøkanten hender det at skredene på denne måten danner laguneformer, med en fordypning



innerst som skyldes erosjonskraften i skredet idet det treffer dalbunnen. I fjord- og fjellstrøkene er det ikke uvanlig å finne slike tegn etter store snøskred.

Ser man nærmere på løsmaterialet rundt et skredfar finnes ofte grus og mindre stein som er avlagret på toppen at større blokker. I slike tilfeller er det sannsynlig at det skyldes snøskred. Materialet har blitt fraktet med snøen, og når snøen smeltet bort ble grus og mindre stein liggende oppå eldre avsetninger.

Påvirkning av vegetasjonen fra snøskred kan lettest sees på skader på trærne. De mest typiske skadene består i brudd på stammene, nedbøyning og knekk av greiner.

Skadene som skyldes skred kan ofte sees ved at skogen er slått helt ned ved at trestammene er brukket og at trærne hovedsakelig ligger i en retning. For store skred er dette lett å se ved at skogen i store felt i fjellsiden og ofte opp i motsatt dalside er ødelagt på denne måten. I tillegg til rene stammebruddskader, sees skadene ofte som langsgående spalter i stammen

Der skredene går hvert år, vil skogen ikke klare seg mot skredene. Jo sjeldnere skredene forekommer, desto større sannsynlighet er det for at skogen vokser opp. Etter undersøkelser i fjelldaler på Vestlandet ser det ut til at skogen ikke klarer seg når skredene går oftere enn hvert fjerde år i gjennomsnitt.

3.2 Skredbevegelsen

Når et flakskred løsner skjer dette ved at det foregår et nærmest spontant brudd over et større område slik at skredmassene settes i bevegelse samtidig. Når flakskredet har kommet i gang er bevegelsen først preget av glidning, flaket glir og brytes opp i større eller mindre blokker avhengig av snøens fasthet og underlagets beskaffenhet. Etter hvert som bevegelsen fortsetter nedover fjellsiden øker hastigheten raskt og skredet blir mer og mer pulverisert.

Når skredet består av tørr snø, dannes det etter hvert en snøsky som følger skredet. Snøskyen dominerer skredets utseende, det er bare den som sees når et stort skred er i bevegelse nedover fjellsiden. Skyen dannes kontinuerlig av skredet etter hvert som det beveger seg nedover i skredbanen. Snøskyen består som navnet sier av en sky med snøstøv, eller rettere av snøkrystaller, eller ispartikler. Der skredbanen er svært bratt slik at skredet beveger seg mer eller mindre i fritt fall, kan så og si hele skredet utgjøres av snøskyen. Det normale er imidlertid at snøskyen følger skredet ned til dalbunnen. Der terrenget blir slakere bremses de tunge massene langs bakken først. Snøskyen har mindre friksjon mot underlaget slik at denne delen av skredet bremses langsommere. Skyen kan derfor fortsette over lange strekninger, med stor fart og kraft etter at skredet har stoppet. Selv om skredet stopper ved fjellfoten i overgangen til dalbunnen, hender det at snøskyen kan krysse brede dalfører på flere hundre meter, eller gå tvers over fjorder og vann, og opp i motsatt fjellside.



Når skredene blir spesielt store og hurtige, forekommer det også trykkvirkninger foran selve skredet. Dette kommer av at skredet fortrenger luft med samme fart som det beveger seg. Denne luften skyves foran skredet som en trykkbølge og kan oppleves som et kraftig støt like foran skredet.

Trykket både i snøskyen og i luften foran skredet er mindre enn i de tunge skredmassene som følger bakken, fordi densiteten (tettheten) er vesentlig mindre. Målinger av skredtrykk fra store skred i Norge har vist at trykket i skredmassene kan gå opp i 60 t/m^2 . Trykket er størst nær fronten av skredet, men det varierer sterkt etter som skredet passerer og avtar gradvis mot enden av skredet.

De aller fleste "normale" konstruksjoner blir ødelagt når de treffes av store skred. Et vanlig bolighus tåler neppe et trykk som er større enn 1 t/m^2 , og det skal ikke store skred til før belastningen overstiger dette nivået.

Selv om trykket fra snøskyen er mindre enn i skredet, kan likevel trykkraftene i denne delen av skredet bli ødeleggende både for mennesker, bygninger og skog. Spesielt store trykk kan forekomme når tunge skredmasser fra en bratt fjellside slår ned på en flat dalbunn eller går inn mot en markert motbakke. Da komprimeres luften foran og inne i skredet og trykkes med stor kraft ut av skredet. Lokalt kan det i slike tilfeller forårsakes store trykk som kan være ødeleggende for hus, kraftlinjer, skog etc. Mange skredskader skyldes slike effekter. Denne type virkninger er imidlertid svært vanskelig å beregne både med hensyn til størrelse og utbredelse rundt et skredområde.

3.3 Utløpsmodeller

3.3.1 Statistisk regnemodell (NGI-modell)

Den statistiske modellen er utviklet ved NGI og er basert på at det hovedsakelig er de topografiske forhold som bestemmer rekkevidden av skred. I alt er det benyttet data fra 206 skredbaner med god informasjon om skred med særlig lang rekkevidde for å bygge opp modellen. Største kjente skredutløp for hver av skredbanene er korrelert med et utvalg av topografiske parametre, og ved hjelp av regresjonsanalyse har man funnet de likninger som best beskriver utløpsdistansen for snøskred.

Modellen egner seg best for analyse av skredutløp etter skredbaner som har typisk konkavt lengdeprofil med tilnærmet parabolisk form. Den beregner skredutløp for skred som vil inntreffe når snøforholdene ligger til rette for særlig lang rekkevidde.

3.3.2 Dynamisk regnemodell (PCM-modell)

Denne dynamiske regnemodellen er utviklet i Canada. Den tar utgangspunkt i matematiske likninger for bevegelsen der verdien for friksjon kan varieres. Model-



len beregner hastigheten på fritt valgte steder langs skredbaneprofilet og angir dessuten stopp-punktet. Ved å variere friksjonsverdiene innenfor sannsynlige intervaller, gir modellen en indikasjon på rekkevidden av snøskred langs de skredbaner som blir analysert. Omvendt vil man kunne bestemme hastigheten i gitte punkt på banen dersom man lar den statistiske modellen bestemme skredets rekkevidde.

3.3.3 Dynamisk regnemodell (NIS-modell)

Denne dynamiske regnemodellen brukes til å beregne hastigheter, flytehighyder, utløpstid og utløpsdistanse for snøskred i deres utløpsområder. Den er utviklet på basis av data fra fullskalaforsøk med snøskred ved NGIs forskningsstasjon på Strynefjellet og matematiske likninger for kontinuum mekanikk. Skredmaterialet er modellert som et ikke-lineært visko-elastisk-plastisk kontinuum. Skredbane og utløpsområde defineres ved koordinatpunkter og materialet ved parametre som representerer snøens mekaniske egenskaper.

3.3.4 Regnemodellene - et hjelpemiddel

De tre regnemodellene inneholder nødvendigvis en del antakelser og forenklinger. Det pågår dessuten et kontinuerlig arbeid for å gjøre dem bedre og nøyaktigere i bruk. Både den statistiske og de dynamiske regnemodellene gir skredutløp beregnet med en viss sannsynlighet. Denne sannsynligheten må vurderes for hver enkelt skredbane. For å vurdere sannsynligheten tar man blant annet hensyn til de meteorologiske forholdene på stedet og hvordan fjellsida ligger i forhold til de nedbørførende vindretningene. For to tilnærmet like skredbaner vil sannsynligheten for lange skredutløp være større i den skredbanen som ligger i lé og samler mye snø, enn i den som ligger i lo og får lite snø. Den maksimalt tenkelige utløpsdistansen for skred i de to skredbanene sett over en uendelig lang tidsperiode vil imidlertid være den samme.

Å fastlegge grense for skredutløp med en bestemt sannsynlighet, for eksempel skred med sannsynligheten 10^{-3} pr. år, er derfor vanskelig. Modellene er imidlertid et godt hjelpemiddel til å angi riktig størrelsesorden både på frekvens og rekkevidde for snøskred.

Dersom man bygger på nedsiden av en definert skredfaregrense, vil det fortsatt være mulighet for skred forbi denne grensa. Dersom en grense angir en sannsynlighet på 10^{-3} pr. år, så betyr det at skred vil nå forbi grensa i gjennomsnitt én gang pr. tusen år. Med andre ord vil det være 1% sjansse for at et skred skal nå forbi denne grensa i løpet av en ti-årsperiode. Har man i en kommune 100 bolighus som har dette risikonivået, vil således i gjennomsnitt ett av disse husa nås av skred hvert tiende år.



4 JORDSKRED

4.1 Generelt

Jordskred er en hurtig massebevegelse av jord og vann. Når skredene følger bekkeløp og får stor iblanding av vann kan de også kalles flomskred. De fleste jordskred i Norge blir utløst i bratte fjellsider med relativt tynt jorddekke i perioder med kraftig nedbør eller ved intens snøsmelting. I de senere år har det vært en økende tendens til at jordskred blir utløst som følge av menneskelige inngrep, som f.eks. bygging av skogsbilveger eller hogst.

Det er spor etter tidligere jordskredhendelser flere steder i Geiranger, og det er flere historiske registreringer av denne skredtypen. Vi regner med at ved siden av snøskred er jordskred den skredtypen som utgjør den største trusselen for Geirangerområdet.

4.2 Terrengforhold

Jordskred opptrer i de fleste dalsider med løsmasser som er brattere enn ca. 30°. I morenejordarter løsner skredene i overgangssonen mellom den uforvitrete og forvitrete delen av jordprofilen, som omtrent korresponderer med teledybden, dvs. på 0,5-1,0 m dybde. I jordarter med grovere kornstørrelser (sand og grus) blir gjerne skredene utløst helt ned mot den faste bergoverflaten pga. strømningskraften fra rennende vann. I tillegg kan jordskred bli utløst i elveskråninger ved undergraving av skråningsfoten.

Erfaringsmessig er det hyppigst skredaktivitet i sør til vestvendte skråninger, noe som henger sammen med at nedbøren er sterkest på vindsida av høydedrag og at snøsmeltingen også er mest intens her.

De fleste jordskredene starter i terrengforsenkninger med større vanntilgang enn fjellsida forøvrig. Ofte blir skredmassene kanalisert på sin veg nedover fjellsida, og i de nedre delene følger de gjerne et bekkeløp.

I utløsningsområdene skjer det hovedsakelig erosjon, og det blir gravd ut et tydelige spor i terrenget. Det samme er tilfelle med skredløpet nedover fjellsida, som ofte blir tydelige renner eller raviner i fjellsida. Mot dalbunnen vil skredmassene sedimenteres, og i tilknytning til bekkeløp med gjentatte skredhendelser kan det bygges opp vifteformete avsetninger. Ved vurdering av jordskredfare er det viktig å identifisere slike spor i terrenget etter tidligere jordskred.

Ved å grave profil i skredavsetninger kan det ofte identifiseres distinkte lag fra ulike skredhendelser, og ved å datere organisk materiale kan de ulike skredhendelsene dateres.



4.3 Klima og værforhold

Jordskred blir utløst i værssituasjoner med stor vanntilgang til løsmassedekket, enten ved kraftig nedbør eller ved sterk snøsmelting. Langs vestkysten av Norge løsner de fleste jordskred på høstparten i forbindelse med kraftig lavtrykksvirksomhet. Størst fare opptrer når store deler av fjellsida er dekket med snø etterfulgt av plutselige mildværsinnslag med kraftig regn. I innlandsklima ser det ut til at faren er størst på vårparten ved sterk solinnstråling.

Løsmassedekket i bratte fjellsider i Norge har stilt seg inn i en likevekt med klimaforholdene skråningen har vært utsatt for siden siste istid. Dette betyr at dersom det inntreffer en spesiell værssituasjon med større vanntilgang enn det som er vanlig, kan det løsne jordskred i de fleste bratte fjellsider i Norge. En skråning på Vestlandet tåler imidlertid mer vann enn en skråning på Østlandet der normal vanntilførsel er vesentlig lavere.

NGI har drevet forskning på hvor store mengder vann i form av snøsmelting og regnvær som skal til før jordskred går til brudd. I alt er værforholdene forut for ca. 80 skredtilfeller undersøkt. Denne undersøkelsen viste at kritisk vanntilførsel innenfor et tidsrom kan uttrykkes ved en prosentvis andel av normal årsnedbør. F.eks. er kritisk vanntilførsel i løpet av 12 timer 5% av normal årsnedbør, mens den kritiske verdien i løpet av 24 timer er ca. 8% av årsnedbøren. Dette tilsvarer vanntilførsel på 100 mm i løpet av 12 timer eller 160 mm i løpet av 24 timer i et område med årsnedbør på 2000 mm.

Graden av snøsmelting er først og fremst avhengig av luft-temperatur, luftfuktighet og vindhastighet hvis det er overskyet, og av solinnstråling i klarvær. Ved en luft-temperatur på 5°C og vind av kuling styrke kan det smelte snø tilsvarende 50 mm i løpet av ett døgn.

Normal årsnedbør i Geirangerområdet ligger på rundt 1200 mm nede i fjordnivå, mens det oppe i fjellområdene antakelig ligger opp mot 2000 mm. Dette betyr at vannmengder på mellom 100 mm og 160 mm i løpet av ett døgn kan gi opphav til jordskred i naturlige skråninger.

4.4 Beregning av rekkevidde

Rekkevidden av jordskredmasser er hovedsakelig avhengig av følgende tre faktorer:

- Vanninnhold
- Kanaliseringsgrad
- Skredvolum

Store skred med stort vanninnhold som følger kanaliserte skredløp utover dalbunnen går erfaringsmessig lengst. De største kornstørrelsene, dvs. blokker og



stein, har en tendens til å bli avsatt først, mens finere og finere kornstørrelser blir avsatt suksessivt lengre utover i dalbunnen. Silt og leire som holdes svevende i vannet ved turbulens vil normalt ikke bli avsatt før skredstrømmen når nærmest stillestående vann. Det har imidlertid vært observert at store skredblokker på flere kubikkmeter har holdt seg flytende på overflaten av skredmasser langt utover på flattere terreng.

Det er først og fremst kornfraksjonene grovere enn grus som utgjør en trussel for at bygninger skal bli knust og at skal oppstå skade på mennesker. Slamholdig vann vil stort sett bare gi vannskader uten at det er fare for direkte materielle skader.

En undersøkelse av jordskredtilfeller i Norge viser at de grovere kornstørrelsene i de fleste tilfeller er begrenset av en siktevinkel på 25° fra toppen av utløsningsområdet. En annen beregningsmåte er å benytte siktevinkelen ut fra toppen av sedimentasjonsområdet. Vanligvis starter sedimentasjonen av skredmassene der vinkelen i skredløpet blir slakere enn 20°. Rekkevidden av kornstørrelser grovere enn sand forbi dette punktet i skredbanen er stort sett begrenset av en siktevinkel på 15° i ukanliserte skredbaner, mens siktevinkelen for kanaliserte skredbaner er ned mot 10°.



5 STEINSKRED

5.1 Generelt

Steinskred kan deles inn i tre hovedgrupper etter størrelsen på utfallene:

- Steinsprang med volum mindre enn 100 m^3
- Steinskred med volum mellom 100 m^3 og $10\,000 \text{ m}^3$
- Fjellskred med volum over $10\,000 \text{ m}^3$

De fleste steinskred blir utløst fra oppsprukne fjellhamre, vanligvis i perioder med nedbør eller snøsmelting samt ved gjentagne fryse/tine-sykluser. Noen ganger forekommer imidlertid også steinskred uten klar værmessig forklaringsårsak, noe som kan skyldes de kontinuerlige forvittringsprosesser fjellet er utsatt for.

Dersom store skred går ut i vann kan det genereres flodbølger, slik tilfellet var i Loen (1905 og 1936) og i Tafjord (1934). Det er først og fremst volumet av skredmassene og bunntopografien som er avgjørende for størrelsen på bølgene.

Det er ikke kjennskap til at det har skjedd store ulykker på grunn av steinskred i Geiranger. Antakelig er de største problemene med denne skredtypen knyttet til området like innenfor ferjekaia, der det ligger flere store skredblokker av eldre dato som har løsnet i fjellhammeren like vest for kaiområdet.

5.2 Terrengforhold

Utfall av steinskred skjer enten ved glidning eller ved velting. I første tilfelle er friksjonsforholdene langs glideflaten avgjørende for stabiliteten. Friksjonen er i første rekke avhengig av ruheten av glideplanet og på sprekkematerialets beskaffenhet. Dersom sprekkematerialet inneholder mye leire, vil ofte oppbygging av porevannstrykk i sprekkematerialet være avgjørende for stabiliteten. I andre tilfelle er det stabiliteten av foten som blokken hviler mot som er avgjørende. I tillegg vil vanntrykk eller issprengning på sprekkesystemet, og da spesielt på baksprekken, virke inn.

Hypptigheten av steinskred knyttet til terrengforholdene er i første rekke styrt av følgende faktorer:

- Oppsprekkings-grad og -mønster
- Tilgang på vann

Generelt gjelder at faren for utfall blir større med økende oppsprekking. Hvis fjellhammeren har et sprekkesystem med utoverhellende underslepper og dertil vertikale baksprekker, vil forholdene ligge godt til rette for utfall.



Erfaring viser også at hyppigheten av utfall er størst på steder med stor vanntilgang. Slike steder har gode betingelser både for vanntrykk og issprengning på sprekkene.

Fjellhammere med hyppig utfallsaktivitet har i de fleste tilfeller utviklet en ur ved foten av det bratte partiet. Mesteparten av urmaterialet stammer gjerne fra tiden umiddelbart etter at isen trakk seg tilbake, men ved detaljbefaring av urområdet kan funn av ferskere skredblokker gi en god indikasjon på dagens utfallsaktivitet. Lysere partier i fjellhammeren er ofte også tegn på at det har forekommet et utfall av relativt nyere dato.

5.3 Klima og værforhold

Undersøkelse av sammenhengen mellom utløsning av steinskred og værforhold viser at de fleste steinskred blir utløst i perioder med stor tilgang på vann i form av regn eller snøsmelting. I tillegg ser det ut til at mange skred blir utløst på vår- og høstparten i forbindelse med temperaturvekslinger rundt frysepunktet. Det er også eksempler på utfall i godværsperioder med sterk solstråling, og da særlig i sommerhalvåret.

Det foregår imidlertid prosesser som fører til at blokkpartier på sikt får en stadig reduksjon av stabiliteten. Slike prosesser kan være forvitring som kan føre til oppknusing av foten blokken hviler på, eller at blokker glir sakte utover ved rotspregning. I slike tilfeller kan det skje utfall mer eller mindre uavhengig av værforholdene. Dette kan gjøre det vanskelig å vurdere den akutte faren for utfall på bakgrunn av værfaktorer. I mange tilfeller ser man mindre utfall i forkant av de store utfallene.

5.4 Beregning av rekkevidde

Utgangspunktet for en avgrensning av fareområder baseres i første rekke på en detaljkartlegging av observerte skredblokker sammen med en vurdering av stabiliteten av avløste partier i de bratte fjellhamrene. Alderen på skredblokkene kan bestemmes ved skjønnsmessige vurderinger av blokkenes utseende. F.eks. vil en lysfarget blokk uten mose være relativt fersk, mens mørke og mosegrodde blokker er gamle. Det finnes metoder på datering av skredblokker (måling av størrelse på spesielle lavarter og måling av forvitningsgrad ved hjelp av geologiske måleapparater).

I tillegg finnes det flere beregningsmetoder for å vurdere rekkevidden av skredblokker. De kan deles inn i tre hovedgrupper:

- Rekkevidde av store steinskred større enn 10 000 m³ basert på volumet av utfallet
- Rekkevidde av enkeltblokker basert på en fysisk modell som simulerer sprangforløpet



- Rekkevidde av enkeltblokker basert på topografiske faktorer

Den første modellen tar utgangspunkt i det faktum at kartlegging av steinskred har vist at de største skredene har en tendens til å nå lengst ut i dalbunnen.

I den andre modellen legges terrengprofilen inn sammen med friksjonsforholdene langs skredbanen, blokkstørrelse og blokkform. Erfaringsmessig går helleformede skredblokker lengst i skredbaner med mye bart berg som gir gode betingelser for høye og lange sprang. Grov ur eller tett skog gir vanligvis kortere utløp. Modellen gir en indikasjon på sprangforløpet og rekkevidden av enkeltblokker.

Utgangspunktet for den topografiske modellen er kartlegging av skredblokker fra hele landet hvor sammenhengen mellom rekkevidden av skredblokkene er sammenlignet med et sett terrengfaktorer (høyden av fjellhammeren og fjellsida, skråningsvinkler i ura og utenfor urområdet).

6 SØRPESKRED

6.1 Generelt

Sørpeskred er en hurtig massebevegelse av snø og vann. Skredene blir gjerne utløst i eksisterende bekkeløp i forbindelse med kraftig lavtrykksaktivitet og plutselige mildværsinnslag ved at snødekket blir vannmettet og mister sin styrke. Mest utsatt er kystnære strøk på Vestlandet og i Nord-Norge. Sørpeskred forårsaker hvert år skader i Norge. Både mennesker, bygninger, veger, jernbaner og kraftlinjer kan rammes. Når skredtypen likevel er lite kjent, er det fordi hendelsene i dagligtale vanligvis omtales som snøskred eller flom.

Både terreng- og klimaforhold ligger til rette for at slike skred kan løsne i Geirangerområdet i framtida. Det er ikke kjennskap til at det har skjedd ulykker som følge av denne skredtypen i Geiranger.

6.2 Terrengforhold

Skredene utløses først og fremst i tilknytning til bekke- eller elfefår, iblant også fra andre steder der vann konsentreres i terrenget, f.eks. i myrområder. Skredene starter oftest der det er impermeabel fjellgrunn. Ellers gjerne i tilknytning til kulper og stein i bekkeløp der vann kan akkumuleres. Også busker eller annen vegetasjon kan være typiske utløsningspunkter fordi snødekket her gjerne er svakest.

Sørpeskred kan bli utløst fra områder helt ned mot 5° terrenghelning. Utbredelsen av skredmassene er i første rekke avhengig av kanaliseringsgraden av skredbanen. Sørpeskred kan gå ut av bekkeløp i markerte svinger, i partier der løpene er grunne eller ved markerte utflatninger der det kan foregå oppstuvning av skredmassene.

6.3 Klima og værforhold

Utløsning av sørpeskred skjer i perioder med stor vanntilgang til snødekket. Hvilke vannmengder som skal til for å utløse sørpeskred henger sammen med snødybden, de hydrologiske betingelsene i snødekket, styrken av snødekket samt av infiltrasjons- og avrenningsforholdene ved bakken.

De fleste skred er knyttet til situasjoner der avlagring av nysnø blir etterfulgt av store nedbørmengder og mildvær. Foruten nysnø er også grovkornet og løs snø utsatt. Slik grovkornet snø blir dannet i langvarige kuldeperioder. Videre viser erfaring at hardfrosset mark og is i bekkeløpene gir gode betingelser for senere sørpeskred. Derimot viser det seg at et sterkt og lagdelt snødekke med flere islag aldri eller svært sjelden blir utsatt for sørpeskred.

Graden av vanntilførsel til snødekket er i stor grad avhengig av snøsmeltingen. Graden av snøsmelting er i første rekke avhengig av luft-temperaturen, luft-



fuktigheten og av vindhastigheten. I kystnære strøk er det ikke uvanlig at snøsmeltingen kan utgjøre over 100 mm pr. døgn.

6.4 Beregning av rekkevidde

Sørpeskredmasser kan følge et bekkeløp over lange distanser, og vanligvis stanser ikke skredmassene før de når ut i et vann eller i sjøen. Erfaringsmessig når store skred lengst, og de lengste utløpene fås i de tilfeller der skredløpene er godt kanalisert. De største skadene fra sørpeskred er oftest knyttet til steder der skredmassene går ut av skredløpet og får anledning til å spre seg utover til sidene. Identifikasjon av slike utløpssteder må gjøres ved en detaljvurdering i terrenget.

Graden av sideveis utbredelse er i stor grad avhengig lokaltopografien, og den må bestemmes i hvert enkelt tilfelle uten at det finnes almenngyldige regler. I tillegg vil snøstrukturen ha betydning, idet utbredelsen er størst i grovkornet snø med liten fasthet.



7 GEIRANGER, BELIGGENHET OG TOPOGRAFI.

Geiranger ligger innerst i Geirangerfjorden, en 15 km lang østlig fjordarm til Sunnlyvsfjorden (fig. 1 og foto 1). Bebyggelsen ligger på fire høydenivåer:

Homlong, Grande, Gjørva og Maråk ved fjorden,
Mjølkesletta, Vinje og Øyane rundt kote 80-100,
Holegårdene og Vesterås mellom kotene 200 og 300,
Flydal rundt kote 320 og
Ørjasæter - Opplenskedal rundt kote 420

Bebyggelsen ligger inneklemt mellom bratte fjell langs en nordvest-sørøstlig akse over en 7 km lang strekning. Dette gir store topografiske og klimatiske forskjeller innen området.

Bebyggelsen på Grande (foto 2) ligger ute på en løsmassevifte dannet av stein, grus og sand som er transportert ut i sjøen av Grandeelva siden siste istid. Elveleiet er i dag regulert for å hindre flomoverløp mot bebyggelsen.

Fra Grande og til Maråk går veien langs strandkanten ved foten av fjellet Laushornet, som rager 1502 m o.h. (foto 3). Fjellsiden øverst preges av store bratte skrentområder, sva og skar som når ned til rundt kote 250-300, hvor fjellsiden møter store urer som strekker seg ut i sjøen over hele denne 1,9 km lange strekningen.

Midtveis mellom Grande og Maråk er det en bergnabbe kalt Lausneset, og området vest for denne kalles Inste Grandevika. Området øst for Lausneset til Maråk kalles Maråkstranda. Ved det nye fergeleiet er det en stor vifteformet ur som er dannet av løsmasser transportert ut av Storegjølet. Vifteformasjonen når inn til rutebilstasjonen (foto 4 og 5).

Fjellsiden ovenfor sentrumsområdet av Geiranger, kalt Maråk, domineres av den vertikale bergveggen ovenfor ura som rager rett opp fra kote 100 og til kote 250 (foto 6). Midtveis i dette bergpartiet ruver en søyle av avløst berg, kalt Stabben, som antas å stå relativt stabilt på grunn av sin horisontale lagdeling. Ved foten av berget er det ei ur dannet av utfall fra skrenten gjennom tidene. Ura er relativt flat og består av store steinblokker som hovedsakelig er falt til ro ovenfor vegen gjennom Geiranger. En kan imidlertid se stein helt ned til sjøen her.

Sentrumsområdet (Maråk) og sør til Gjørva (foto 18) består hovedsakelig av en flat elveslette som er dannet av løsmassene elva har ført med seg ut i sjøen og lagt opp til litt over havnivå.

Fra Gjørva og til Homlong følger vegen strandkanten (foto 20 og 21). Fjellsiden er bratt og når opp til Keipen (1379 m o.h.) Fjellsiden øverst karakteriseres av store sva og skrenter, og under kote 300 er det store urer og løsmasseavsetninger fra stein- og jordskred. Midtveis på denne strekningen ligger



Fannaneset hvor de geomorfologiske prosessene er særlig aktive og hvor det går årvisse snø-og jordskred til sjøen.

Øst for sentrumsområdet ligger den flate Mjølkesletta med tre gårder og Union hotell med en rekke boliger i framkanten av sletta (foto 8). Sletta er dannet under avslutningen av istiden da havet sto opp til dette nivået, og ble dannet av løsmasser ført fram av elva (marin grense, dvs. høyeste havnivå siden istiden) foran breen.

Fra Mjølkesletta strekker den flate dalbunnen seg 500 m sørøstover forbi Øyane og til foten av Kopsvingane. Dalbunnen her bærer preg av løsmassene som er ført ut av tre elver: Vesteråselva, Grindalselva og Sæterelva gjennom Flydalsjuvet. Fjellet Flydalsnakken (443 m o.h.) ligger mot sør og et mindre fjellskred går ned til dalbunnen.

Mot nord ligger Vesterås fjellgård og fjellsiden her er vid og skogkledd opp til rundt kote 700. Ovenfor dette stiger fjellet bratt opp til kote 1100, hvor det deretter slaker av innover i et lite dalføre kalt Vesledalen med Laushornet mot vest og Sætertverrfjellet mot øst (1688 m o.h.) Øst for Vesledalen og ut mot Vesteråsdalen er fjellsiden bratt mellom kote 1300 og 1400. Det er i områdene ved Vesterås gård og tidligere Holebakk gård at snøskred har forvoldt de største tap av menneskeliv i Geiranger.

Mellom Holebakk og ovenfor gårdene på Hole går fjellsiden opp mot øst til Grinddalsnebb (1636 m o.h.) (foto 11) med Grindalssetra 820 m o.h., hvor Grindalen går inn mot sørøst. Grindalselva går ned nord for alle Hologårdene. Bebyggelse her er omtalt skriftlig fra 1300-tallet og kan trolig være den eldste bebyggelsen i Geiranger.

Området Flydal ligger i et flatt parti med Flydalsetra mot sørvest som omkranses av et alpint fjellområde med breer (foto 15 og 16). Fjellsiden mot vest er bratt med store sva og rester etter utfall av mindre fjellskred som har dannet urer.

Opplenskedalen med gårdene Ørjaseter, Moldbakken og Opplenskeddal (foto 13) danner bebyggelsen i den sørøstlige delen av undersøkelsesområdet. Dalen har bratte dalsider på begge sider, og fjellet på nordøstsiden er svært bratt og når opp i 1343 m o.h. med Vinsåshornet. Fjelltoppen her danner en smal rygg mot Grindalen på nordsiden. På sørsiden av dalen går Flydalshornet opp til 1112 m o.h. Fjellsiden er bratt og preget av store sva og skrentområder. Dalbunnen innerst ved Opplenskedal er en elveslette dannet av elvesedimenter fra Litleelva fra Djupvatnet og fra elva som går forbi Kvanndalssetra.



8 KLIMA I GEIRANGER

Som grunnlag for beskrivelse av klimaet i Geiranger har vi brukt DNMI's "Nedbøren i Norge", som gir en generell oversikt over nedbørforholdene over en lengre periode. For Geiranger har vi benyttet målingene fra 1903-1943 for stasjon 565 Ørjaseter, som ligger 416 m o.h. Dette høydenivået sammenfaller med dalbunnen ved Flydal og Opplenskedal. Vi har også sett på stasjonene Hornindal, Norddal, Tafjord og Hellesylt for sammenligningens del.

Midlere nedbørhøyder (mm) for måneder og år for normalperioden 1901-1930 for Ørjaseter:

Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	År
168	116	99	63	56	65	91	99	132	123	141	115	1248

Hornindal har noe høyere årsnedbør på 1686 mm, mens Norddal og Tafjord har noe lavere årsnedbør på hhv. 905 mm og 837 mm. Hellesylt har igjen en høyere årsnedbør enn Geiranger, 1624 mm.

Sammenligningsvis har Geiranger 74% av nedbøren i Hornindal. Sammenligner vi på dette grunnlag, skulle maksimale snødybder i Geiranger (Ørjaseter) være opp mot 2,2 m ved målestasjonen.

Midlere antall dager med snødekke for vintermånedene viser at Geiranger (Ørjaseter) stort sett har snø alle dager i perioden januar til mars, at halve november har snø og $\frac{3}{4}$ av desember og april måned.

Tabellen for månedsverdier for nedbøren viser at alle vintermånedene kan oppvise nedbør mellom 350 mm og 400 mm, eller månedsverdier rundt 30% av årssummen. Dette betyr at det kan være store forskjeller i nedbøren de enkelte månedene, og at det må forventes fra 2-3 m nysnø i fjellet rundt Geiranger i løpet av en enkelt vintermåned.

Normalt vil nedbørmengden i løpet av en ukes tid avgjøre om det kan oppstå en skredsituasjon. Maksimalt observert døgnnedbør gir en indikasjon om en skredsituasjon kan oppstå. For Geiranger viser målingene:

Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
65	50	46	69	36	43	44	62	63	74	73	62

Det er en tendens til at maksimalverdiene er litt lavere vår og sommer, men at vintermaksimum er mellom 50 og 74 mm, hhv. 4% og 6% av årsnedbøren.

Erfaringer viser at jordskred kan forekomme når det kommer ca. 8% av årsnedbøren i løpet av ett døgn. Andre faktorer som er avgjørende er snøsmelting på grunn av mildværsinnslag.



DNMIs analyser av maksimal døgnedbør viser at Geirangerområdet kan få opp mot ca. 125 mm på ett døgn i løpet av en 1000-års periode. Dette tilsvarer ca. 10% av normal årsnedbør.

Kommer slik nedbør som regn i løpet av ett døgn, vil jordskred og flomsituasjoner kunne oppstå. Er nedbøren regn på snødekket mark, kan sørpeskred-situasjoner oppstå også innen et døgn tid. Nedbørmengder fra 50-100 mm som snø i løpet av 3-5 døgn vil normalt føre til utløsning av snøskred. De klimatiske betingelser for snø-nedbør av denne størrelsen er til stede i Geiranger.

De nedbørførende vindretninger i Geiranger er hovedsakelig i sektoren fra sør-vest til nordvest. Østlige vindretninger er vanlig i godværsperioder vinterstid, og kan føre til snødrift og avlagring av snø i vestvendte fjellsider.



9 FARESONER SNØSKRED

9.1 Registreringskart. Historiske skred

Som grunnlag for utarbeidelsen av faresoner har vi registrert og kartlagt alle kjente større snøskred som har forekommet i Geiranger. For de fleste skredenes vedkommende er det benyttet muntlige kilder, der opplysningene om de enkelte skred er forsøkt kontrollert ved bruk av flere informanter. Flere av skredene er også dokumentert i skriftlige kilder.

I mange tilfeller er det en viss uenighet om hvor stor utbredelse et skred har hatt og når det gikk. I en del tilfeller har vi historiske opplysninger som er skrevet ned i dagbøker, men det er tidspunkter og en mer generell beskrivelse av utbredelse med i beste fall noen få konkrete stedsangivelser. Når vi setter sammen alle historiske kilder og enkeltpersoners opplevelser og historier som er muntlig overlevert, får vi et første grunnlag for å sette sammen kjent skredutbredelse med tilhørende hyppighet.

I tabellene på de neste sidene over skred i Geiranger er det hovedsakelig de store skredhendelsene som er tatt med, og hvor folk husker eller har skrevet ned historiske opplysninger. Vi har registrert 38 snøskred siden 1796, dvs. over en periode på 200 år. Tar vi med alle hendelsene betyr dette en stor skredhendelse ca. hvert 5. - 6. år i gjennomsnitt. Relaterer vi skredhendelsene til det enkelte år, og at det ofte går flere skred i samme situasjon, reduseres hyppigheten til en skredhendelse hvert 8. - 9. år i gjennomsnitt. De registrerte årstallene viser at det kan gå fra 2 - 3 år og opp til 20 - 30 år mellom hver skredhendelse.



Skred nr.	Navn/Sted	År	Mnd	Dag	KI	Skade	Merknader
1	Grandefonna	1922	1	13	1900	Tok ut to bolighus og knuste vindu på to hus	Juletreffest samme kveld, ingen skadd. Fonngov av mjellfonn. Dårlig vær med sterk vind fra NØ.
1	Grandefonna	1976				Til elva	Våtsnøskred, spir. Odd Kenneth Grande
1	Grandefonn					Snøskred har stengt vegen 10 ganger i perioden 1975-1995.	Vegkontoret i Møre og Romsdal
2	Sildesteinen					Snøskred har stengt vegen 11 ganger i perioden 1975-1995.	Vegkontoret i Møre og Romsdal
3	Sandefonna					Snøskred hhar stengt vegen en gang i perioden 1975-1995.	Vegkontoret i Møre og Romsdal
4	Sandesletta					Snøskred har stengt vegen 3 ganger i perioden 1975-1995.	Vegkontoret i Møre og Romsdal
5	Fonna	1985				Skade på baddør, skred over vegen	NGI
5	Fonna					Snø- og steinskred har stengt vegen 3 ganger i perioden 1975-1995	Vegkontoret i Møre og Romsdal
6	Vesteråsfonna	1898	3	22		Låve og fjøs til Elling tatt. Gunhild Hansdtr. Vesterås lå i fjøset. 3 kyr og 15 sauer ble drept	Kilde: Edv. R. Hole, 1907
6	Vesteråsfonna	1907	2	22	1600	3 omkomne, 5 mindre skadd	Kilde: Edv. R. Hole, 1907
6	Vesteråsfonna	1982	4	13		4 hytter på Vesterås tatt	Bilder/Argus- 2m snø på Hole fra onsdag til 2.påskedag (Inge Westerås)
7	Bøfonna	1907	2	22		Vesteråsbrua skadet, elva oppfylt	Kilde: Edv. R. Hole, 1907: ""Snøen gikk mig til beltet""
7	Bøfonna	1952	2			Vesteråsbrua tatt	Inge Westerås
8	Holebakk nord, egentlig to skred	1907	2	23	0900	10 omkomne, mor til Edv. Hole var vitne til skredet	"Kilde: Edv. R. Hole, 1907: ""Skredet har [...] gått til Vinjegårdene over Kleiven, ca 1/2 fjerdingsvei nedenfor Holebak"" ""breidd minst 100m, nesten ned til Union"""
8	Holebakk nord	1982				Fulgte elva ned til Vesteråsbrua	Inge Westerås
9	Holebakk sør	1846	2	13		Slo inn veggen på bolighus	Inge Westerås
9	Holebakk sør (Holebakke)	1885	3	29		Låven til Tore Bottolvsen tatt, ei ku og en sau drept	
9	Holebakk sør	1885	4			Låven til Gregorius Ellingsen tatt, 7 sauer drept, og skredet rev kamerset fra stua.	Huset på Pladsen sto øverst i Langeteigen. Husa ble deretter flyttet til Holebak
10	Grindalssetra					Snøskred har tatt setra en gang i nyere tid	
11	Grindalselva					Skredvind har nådd ned til den nord-østligste Hologården ved ett tilfelle	
12	Aaraasfonna, Vinsåssætra					Skredet måtte ryddes for å få fram hest og vogn. Lars Ødegård og Ivar Tronstad	Mjellfonn nedover gamlevegen sør for Vinsåssætra ved Varholene



Skred nr.	Navn/Sted	År	Mnd	Dag	Kl	Skade	Merknader
13	Ørjasæter	1979				Mjellfonn litt nord for garden, passerte ei utløe og stoppa ovafor den gamle vegen	
14	Ørjasæter	1907	2	23		Mjellfonn mot det gamle tunet, vedbu flytta til grova	Tunet flytta til vegen i 1907
15	Ørjasæter	1950				Mjellfonn nedi hola litt øst for garden	Govet slo opp og traff ikke garden
16	Ørreva					Mjellfonn ned mot ferist, stoppet før det nådde vegen	Skredet gikk ca 100 m gjennom luften, var 30 m bredt nederst. Ivar Tronstad
17	Opplenskedal	1846	2	14		Mjellfonn traff det gamle tunet øst for vegen og tok Martinus Larsens låve. Ei hoppe, ei geit og to sauer ble drept.	Snøvær forut i to uker. Tunet flytta til Moldbakken i 1907. Ivar T. og Oddbjørn Dahl.
18	Himmesjå-fonna					Mjellfonn tok løe på innmark ved utkant av stort jorde.	Ivar Tronstad
19	Flydalsfonna	1854	2	3		Mjellfonn tok selene på Flydals-seter	
19-24	Mellom Flydal-Gjørva-Homlong	1804				Skade på hus hos Ola Gjørva pluss flere andre hus skadd på Maråk	Kilde: Lillebø, 1942, ikke kartlagt. Skredet gikk fra Flydal til Homlong i full bredde
20	Vidfonna, Flydal					Fonngov knuste rute på Haugen gård	Lars Ørjasæter
21	Keipenområdet	1947				Fonngov mot hus	En gang mellom 1947 og 57 gikk ei mjellfonn ned over Gjørvaerberget og traff huset til Karl og Inger Gjerde
22	Gjørva-fonna	1796				Skade på låve hos Ola Gjørva	Løsnet fra Keipen og gikk fra Homlong til Flydal
22	Gjørva-fonna	1907	2	22			Kilde: Edv. R. Hole, 1907
22	Gjørva	1940	1				I krigsåra gikk det skred til sjøen etter silregn
22	Gjørva, Fonnanesfonna	1992	5	15	1000	Gikk tre ganger samme dag, kl 1000, 1230 og 1500	Kristin Bakken Annbjørg Gjølva. Vist på kart.
22	Gjørva-fonna	1994				Fonngovet gikk til Geirangerberget. Fonnvind tok frukttre og unn-gikk de nye hyttene på Gjørva. Ei gran ble knekt ved huset til Per Steinar Gjørva, fonngov mot huset. Skolen og Geiranger hotell blei kvit av fonngov.	Kristin Bakken, Svein Gjørva., Per Steinar Gjørva.
22-23	Gjørva	1979	3	5	0700	Vegen til Homlong sperret, rev telefonlinje og grantrær ved vegen i sentrum	Skredet er kartlagt av NGI like etter
23	Fannaneset, mellom Gjørva og Homlong	1854	2	26		22 bygninger, 12 naust skadet på Gjørva og Maråk. Jekten "Vandrende lykke" slet ankerkjettingene	Kilde: Lillebø, 1942, ikke kartlagt
23	Mellom Gjørva og Homlong	1874	6	9		42 sauer drept på Fannaneset	Kilde: Lillebø, 1942, ikke kartlagt



Skred nr.	Navn/Sted	År	Mnd	Dag	Kl	Skade	Merknader
23	Mellom Gjørvaabøen og Rustadneset	1903	2	11	2300	20 hus på Meråk skadet, gikk over fjorden, rev opp 10 epletrær med roten	Største skred i Gjørvastranden siden 1854. Lufttrykket var så strekt at det rev torv og never av en del hustak
23	Gjerdet i Gjørvaadviket til midt i Homlongsviken	1905	2	21	0430	Rev torv og never av flere naust tilh. Meråk, lufttrykk knuste rute i Ole B. Møls butikk	Fylte fjorden med snø
23	Mellom Gjørva og Homlong	1915	5	25		Innmark skadet, noen sauer skadd	Flere skred gikk til sjøen
23	Fannanesfonna	1979	3	5	1530	Gikk over fjorden, flodbølge skadet naust i Geiranger	Skredet er kartlagt av NGI like etter
24	Under Smånipene	1979	3	5	2050	Homlong, bolighus, låver og hytter sterkt skadet, øverste hustak kastet til sjøen	Skredet er kartlagt av NGI like etter
24	Homlong	1990	3	6	1000	Hytter tatt i vika, ved garden ble garasje og tre hytter tatt. Campingvogn slengt inn i et løehjørne.	Lufttrykket førte materiale til sjøen. Tørrsnøskred. Olav Kjell Homlong

Kartet over historisk kjente snøskred i Geiranger er vist på fig. 2 og 3. I de etterfølgende avsnitt er det gitt en kort oppsummering av de viktigste registrerte skredhendelsene. Detaljert gjennomgang av hvert enkelt skred er gitt i avsnitt 9.2.2-9.2.14.

På strekningen fra Homlong, Gjørva og Flydal, fig. 4 og foto 16-21, kan det forventes skred på deler av denne strekningen i gjennomsnitt hvert 12. år. Fongovet har i 9 tilfeller ført til skade på Maråk, dvs. i sentrumsområdet. I eldre tider lå det imidlertid kun naust i fjæra her. Sentrum har med dette blitt utsatt for skredvind hvert 22. år i gjennomsnitt på grunn av snøskred fra Keipen.

I området fra og med Vesterås til og med de ødelagte Holebakk-gårdene, har det gått snøskred over gård og grunn 7 ganger de siste 200 årene, foto 7-10. Dette gir et gjennomsnitt på ett skred hvert 29. år. I ett tilfelle har skredet nådd helt ut på flata til Vasshammarhola, og i dette området er det således en sjelden hendelse.

Holegårdene er ikke truffet av snøskred etter de informasjonen om skred vi har kommet over, men det har kommet skredvind ut Grindalselvas løp og mot den østligste Holegården. Huseier sto selv på garasjetaket uten å bli skadet da dette skjedde, så fonnvinden kunne ikke ha vært særlig sterk.

Skred fra fjellet like nord for Grindalsetra har truffet setra og også nådd husa på den gamle Holebakkgården. Det er imidlertid ikke kjent at disse skredene har nådd ned til hovedvegen.



Det er ikke registrert skade på hus nede på Vinjesletta, foto 8, men det har kommet materiale fra Vesteråsgarden ned i "skredene" eller ura innved fjellveggen her.

Fra Varholene og fram til Ørjasæter, Moldbakken og Opplendskedal, foto 13-15, er det registrert 6 skred hvorav to har nådd gardshus. For området som helhet har det gått gjennomsnittlig 33 år mellom hver skredhendelse. For hver av de to gårdene som er truffet av skred er hyppigheten ett skred i løpet av 200 år. Uttalelser i forbindelse med disse skredene tyder på at skredene i denne fjellsiden er mindre tørrsnøskred som hovedsakelig utvikler en skredvind og at det er lite faste snømasser i skredene.

9.2 Faresonekartet

9.2.1 Generelt

Faresonekartet, fig. 3, utarbeides på grunnlag av all tilgjengelig informasjon fra de historisk kjente skredene. Beregning av rekkevidden for det enkelte skred er foretatt ved hjelp av regnemodellene som er beskrevet i pkt 3.3.

Med utgangspunkt i foreliggende digitale kart over Geiranger og Tafjord har vi benyttet en topografisk/ statistisk modell til å beregne skredrekkevidden ut i dalbunnen, se fig. 7. Siden beregningsmåten er statistisk gir den et sannsynlig maksimalt utløp sammen med et standardavvik. Dette viser også at beregningene er beheftet med en viss usikkerhet. Skjønnsmessige vurderinger basert på NGIs erfaring må derfor også benyttes for å fastlegge utstrekningen av faresonene.

9.2.2 Grande, skred nr. 1

I fjellsiden ovenfor Grande løsner snøskredene fra den vestvendte delen av Laushornet (1502 m o.h., foto 2) Det er først og fremst i forbindelse med østlige kraftige vinder at det legger seg ut snø i dette området. Topografisk ligger løsneområdet i le av et flatere platå på 150 til 300 m bredde. Bratthenget under toppen er fra 35° til 37° bratt. Det skal da relativt stor snøpålagring til før skred løsner. Snø som faller på det store platået gjør at snøen som transporteres herfra og ut i løsneområdet kan bidra betydelig til øket skredstørrelse.

Fjellsiden under løsneområdet karakteriseres av bratte heng fra kote 1300 og ned til kote 1000. Her slaker terrenget noe av, og snøskred dreier litt i sørvestlig retning før det faller utfor et nytt brattheng fra kote 900 til kote 500. Deretter slaker terrenget gradvis av. Det må forventes at tørre snøskred som går utfor slike høye heng utvikler en kraftig snøsky og at denne dominerer skredbevegelsen. Skredsnøen fra tørre snøskred som kommer ned til Grande vil mest sannsynlig hovedsakelig bestå av kraftig skredvind. Denne vil ikke endre retning ut på flatere terreng, men gå rett over Grande-vifta.



Som vist på skredkartet vil sentrum av skredbevegelsen være der vegen krysser elva og skredbredden være ca. 100 m nordvest langs veien og ca. 150 m mot sørøst langs vegen.

Det nye hotellbygget kan få store belastninger, men samtidig redusere skadeomfang mot bebyggelsen nedenfor. Forøvrig vil skredsnøen krysse rett over løsmassevifta som Grande gård ligger på. Skredskya kan trolig krysse fjorden over mot berget ved Homlong.

Snøskred har gått stort en gang i historisk tid på Grande. I 1921 gikk det et stort tørt snøskred hvor skredvinden ødela to hus. Ingen ble skadd fordi alle var på juletreffest på Maråk. To av våningshusa som står på Grande i dag ble såvidt truffet av skya, og eneste skade var et knust vindu.

Faresoner for 100-års skredet baseres på informasjon om skredet i 1921. Dette er eneste kjente skredhendelse ned i bebyggelsen, og vi må anta at denne hendelsen derfor er sjelden. Faresonen for 300-års skred og 1000-års skred kan gå i litt større bredde enn 100-års skredgrensen, og løsneområdets potensielle bredde og fjellsidens styrende virkning på skredet gjør at de nordlige grensene er nær hverandre, se fig. 3. I ekstreme situasjoner kan skred nå store deler av vegen langs Maråkstranda.

9.2.3 Strekningen Inste Grandevika - Fonna, skred nr. 1-5

På denne strekningen går det fem skred (fig. 3 og foto 2, 3, 4 og 5). Bortsett fra Grandefonna er løsneområdene relativt små og fjellsidene bratte ned til vegen. Registreringene av skred på vegen er hentet fra: "Rassikringsplan for riks- og fylkesvegane i Møre og Romsdal" (1996).

Grandefonna har ført til 10 vegstengninger i perioden 1975 -95, skredet Sildesteinen har ført til 11 vegstengninger i samme periode, skredet Sandefonna 1 vegstengning og skredet Fonna har ført til 3 vegstengninger i denne perioden. For det siste skredet har også stein- eller jordskred ført til en av vegstengningene i denne 20-års perioden.

Nærmest bebyggelsen på Maråk, dvs. rutebilstasjonen, kommer det ned snøskred i et område kalt Fonna. Hovedretningen er rett mot det nye fergekaianlegget og oppstillingsplassen for biler. Skred løsner øverst under kote 1280 i et 45° bratt og innpå 200 m bredt område. Fjellet er vekslende bratt og litt slakere, og skredet vider seg ut til 300 m bredde. Ved kote 400 går halve skredet ned i Storegjølet, og resten sprer seg ut over en rygg og faller rett ned i ei ur. Den delen av skredet som følger Storegjølet kommer ut på en bratt kjegleformet vifte og går rett i sjøen. Vegen er ofte stengt her på grunn av skredsnø, og snøen kan ligge i stor mektighet på vegen. Skredet har såvidt nådd inn i bygget til rutebilstasjonen, og skred vil normalt komme ned på den sørlige delen av dette området.



Faresonen for 100-års skredet blir liggende ute i sjøen for hele denne strekningen, bortsett fra på Lauvneset. Skredhyppigheten er selvsagt størst i de sentrale områdene av skredbanene og avtakende ut til sidene. En mer detaljert faresoneering langs vegstrekningen synes unødvendig i denne sammenheng, ettersom vegen ikke kan benyttes dersom ett av skredene går. Brøytemannskapene er godt kjent med disse.

9.2.4 Vesteråsfonna, skred nr. 6

Skredet som har skadet gardshusa på Vesterås løses ut ved foten av en bratt-hammer mellom kote 1100 og 1180 (fig. 3 og foto 7 og 8). Skredet kan løsne ved at skavlen i toppen av skrenten faller ned på den ca. 45° bratte og innpå 150 m brede flata innunder hengt. Skredet kan henge sammen med Bøfonna lenger øst. Vesteråsfonna vider seg ut til ca. 200 m bredde ned til kote 600, og går deretter i slakere terreng ned til kote 400. Mindre skred vil stanse i denne delen av fjellsiden. Forholdene må ligge til rette for lange utløp for at skredet skal gå over dette partiet. Dette skjer når fjellsida er dekket av løs og lett snø helt ned mot gården.

Vesteråsfonna har truffet gård og hytter tre ganger de siste 200 årene, og i 1907 omkom det tre personer og fem ble skadd. Ved disse anledningene har skredet nådd ned i ura i overkant av Mjølkesletta, men det er ikke kjent at skredsnøen har nådd ut på sletta. Når det går som et tørrsnøskred kan det utvikles ei skredsky som følger skredet. Denne vil kunne slå ned på Mjølkesletta, men trykket forventes ikke å bli særlig stort.

Snøskred har gått ned i ura inntil Mjølkesletta 2 ganger de siste 200 år, og dette danner grunnlag for vår plassering av 100-års skredgrensen. Topografien i løseområdet og fjellsiden gjør at sjeldne skred får større sideveis utbredelse mot nord. Når skredene blir større mot øst, går de over til å bli en del av Bøfonna. 1000-års skredgrensen baserer seg på beregninger og en vurdering av hvor langt vi antar at det er mulig for skred å nå ut på sletta. Likeledes blir 300-års skredgrensen et resultat av beregningen av skredrekkevidde.

9.2.5 Bøfonna, skred nr. 7

Dette skredet går nedover innmarka på Vesteråsgården mellom husa og Vesteråselva (fig. 3 og foto 8 og 9). Skredet kan bli inntil 450 m bredt og løsner opp mot kote 1100 i 38° bratt terreng. Skredet går i en jevn bratt fjellside og kan øke betydelig i størrelse nedover fjellsiden. Skredet har østlig utbredelse omtrent ved Storsæterfossen. Elvegjelet er her dypt og bratt slik at skredet føres langs elvefaret ned til Vesteråsbrua. De største skredene kommer ned på området kalt Gjerdet, hvor ungdomshus og flere bolighus er oppført. Skred kan også nå inn på Øyane nordvest for Gjerdet.

Faresonegrensene for Bøfonna sees også i sammenheng med Holebakkfonna, og de to skredene løsner under de samme værforholdene.



9.2.6 Holebakkfonna, skred nr. 8

Skredet løsner i 1400 og 1500 m høyde øst for Vesledalen i 400-500 m bredde (foto 9). Løsneområdet er $39,5^\circ$ bratt. Fjellsiden er også her jevnt bratt, og skredet kan dra med seg mye løs snø nedetter fjellsiden. Skredet kommer ned øst for Storsætra og går ut i den flate dalbunnen og opp i motsatt dalside. Her vil skred normalt stanse opp. Store skred kan imidlertid forsere denne utflatingen og gå ut i brattere terreng ned mot Holebakk. Et slikt skred gikk i 1907, traff gården og drepte 10 personer. Skredet nådde dengang helt ned i dalbunnen.

Det er verdt å merke seg at både Vesteråsfonna og Bøfonna gikk på samme dag, 22 februar 1907, mens Holebakkfonna gikk dagen etter. Hvilket av skredene som gikk lengst er derfor noe usikkert. Vi antar at det er Bøfonna som har krysset dalbunnen og ført et tre over til Vasshammarhola. Antakelig er det snøskya som har ført treet over dalbunnen, og ikke de faste skredmassene. Vi vet ikke hvor langt de faste skredmassene gikk ut i dalbunnen, men det er grunn til å tro at den faste skredsnøen lå et stykke ut i dalbunnen. Treet som ble tatt av skredet ble transportert opp til Vesterås med hest, langs fonnruten oppover fjellsiden. Terrenget ved campingplassen er kupert, og det skal store mengder snø til for å jevne ut underlaget slik at det går an å komme fram med hest her.

Faresonegrensene for Bøfonna og Holebakkfonna sees under ett fordi de delvis går ut i dalbunnen i samme område. Det er vanskelig å skille Bøfonna fra Vesteråsfonna, men Bøfonna har et lengre utløp i dalbunnen.

Vesteråsfonna, Bøfonna og Holebakkfonna fører samlet til at det går skred hvert 30. år i gjennomsnitt nedover mot bebyggelsen. Oftest stanser skredene opp før de kommer ned mot husene på Gjerdet, og bare i ett tilfelle har dette området blitt berørt. Vi anser derfor husene her for å ligge utenfor 100-års skredgrensen, og vi har plassert grensen langs hovedvegen der denne går forbi ungdomshuset. Beregning av skredrekkevidde samt skredutbredelsen fra 1907 gjør at vi mener skred kan nå dette området oftere enn en gang hvert 300 år, slik at 300-års skredgrensen er trukket ved Sæterelva. Beregningene viser at skred kan gå en del lenger, men vil bli stanset i motbakkene i området ved Gjervaberget/ Vasshammaren. 1000-års skredgrensen er derfor plassert oppe i bakken her.

9.2.7 Grindalsætra, skred nr. 9, 10 og 11

Fra Grindalsnebbet løsner det tre skred. Det nordligste, nr. 9, løsner i det konvekse partiet under toppen av ryggen ved kote 1000 i inntil 100 m bredde i $46,8^\circ$ bratt terreng (fig. 3 og foto 10). Dette er et relativt lite skred som ikke går langt. Skred herfra har skadd hus på den østligste delene av de to Holebakkgårdene og var årsaken til at gårdshusa på Holebakk ble flyttet nærmere elva og dermed inn i skredbanen til den store Holebakkfonna.



Skred nr. 10 løsner i den sørvendte fjellsiden under ryggen av Grindalsnebbet fra kote 1100 i 40° bratt terreng og i ca. 200 m bredde (foto 11 og 12). Skredet går ut i slakt terreng ovenfor Grindalssetra og bremses en del opp her. Setra har vært truffet av skred, og i dag er kun ett sel gjenreist, mens grunnmuren til de andre står igjen. En del skredsnø går over kanten og dreier ned mot dalen og Hole. Det er ikke kjent at skred har nådd lengre ned enn den skredskadde skogen viser i dag, ved kote 325.

Skred nr. 11 løsner litt lengre mot øst, men noe høyere opp, fra kote 1300 (foto 11 og 12). Dette skredet går større i bredde, ca. 400 m, og løsner fra 1300 og 1400 m o.h. i terreng som skrår mellom 44° og 50°. Skredet tilbakelegger en lengre strekning i flatt terreng før det slår ned i elvegjelet til Grindalselva der denne har skåret seg ned i morenen. Det meste av skredmassene stanser på utflatningen, men noe skredsnø kan gå ned langs elvefaret.

Skredet har ved en anledning gått ned elvefaret og nådd den østligste Hologården med skredvind. Denne var ikke særlig kraftig, men vi kan ikke se bort fra at den kan bli sterkere.

Skred nr 11 som følger Grindalselva kan i spesielle tilfeller nå langt fordi terrenget der skredene stanser er relativt bratt. Under gunstige forhold med mye løs snø i dalbunnen kan skredet fortsette ned mot kote 170. Vi har lagt 100-års grensen litt ovenfor det registrerte skredvindområdet. 300- og 1000-års grensene er trukket relativt langt nedover fjellsiden (fig. 3) fordi beregningene viser at skred kan gå ned til dalbunnen. Vi antar at skredene vil være relativt små og derfor må forventes å gå kortere enn beregningene tilsier.

9.2.8 Ørjasæter, skred nr. 12-15

Snøskred går flere steder i fjellsiden øst for Ørjasæter gård (foto 13). Det nordligste kommer ned ved Varholene like sør for husa på Vinsåssætra. Skredet løsner fra kote 1260 i inntil 150 m bredde i 45° bratt terreng. Fjellsiden ned til dalbunnen er svært bratt. Skred vil trolig løsne hyppig, og de er derfor som regel små. I spesielle situasjoner kan det imidlertid gå større snøskred som utvikler skredvind. Det er kjent at skred har nådd den gamle vegen til Geiranger i området hvor dagens kraftlinje går øst for hovedveien. Skredet den gang var så stort at det stengte vegen slik at den måtte graves fram for å få hest og vogn forbi.

Ved Ørjasæter gikk det snøskred i 1907 som traff de gamle gardhusa. Husa lå i foten av en terrasseskråning og dermed litt i le for skredvinden. Imidlertid fylte skredet opp snø mellom kanten på terrassen og husa. Et uthus ble ført av grunnmuren og fram til en bekk. Husa ble senere flyttet lengre ut til dagens beliggenhet. Løsneområdet er de øverste 60 m under kote 1340 samt at snø rives med på et sva lenger nede i fjellsiden. Skred kan trolig komme ned fjellsiden i stor bredde, men med lite skredvolum. Der skredet treffer dalbunnen



kan det utvikle seg et kraftig vindtrykk. Slik skredvind kan ha såvidt stor kraft at bygninger kan bli ødelagt.

Skredhendelsen i 1907 er de eneste på 200 år som vi er kjent med. Vi antar at husene slik de lå den gang kunne nås av 100-års skred, men at dagens plassering ligger trygt for en 300-års skredsituasjon. Beregningene viser at skred kan nå lenger enn dagens husplassering, slik at 1000-års skredgrensen legges lengre ut enn gårdshusene.

9.2.9 Moldbakken, skred nr. 16

Rundt 1970 gikk det et snøskred ned forbi Ørresva i ca. 30 m bredde som stan- set ovenfor vegen ved den østligste svingen ved gården (fig. 3 og foto 13). Det er ikke kjent at større skred har gått her.

Fjellsiden er svært bratt øverst, med enkelte litt slakere partier innimellom hvor skred kan løsne. Skred kan komme ned vilkårlig over stor bredde.

9.2.10 Opplenskedal, skred nr. 17

Snøskred har gått ned og truffet gården i 1876 (foto 17). Husa ble senere flyttet til Moldbakken, men det står nyere hus på motsatt side av vegen der hvor går- den ble tatt av skred. I dag bor ingen i disse husa, men nytt våningshus er flyttet lengre mot øst og ut av skredområdet.

Snøskred herfra løsner ved kote 1260 i 49° bratt terreng i inntil 250 m bredde de øverste 60 m av fjellsiden. Litt lengre ned i fjellsiden kan det legges opp snø som forventes å bli revet med i eventuelle skred. Det er særlig skredvind som utvikler seg nedover den bratte fjellsiden. Da husa ble truffet i 1876 var det også skredvinden som traff husa.

I løpet av de siste 200 år har skred truffet gården én gang. Beregningene viser at skred kan nå forbi husene, men skredene vil normalt ikke kunne bli store, og det er stort sett skredvinden som vil treffe husene. Vi har derfor lagt 100-års skredgrensen litt forbi elva, og antar at dagens hus kan nås sjeldnere enn én gang hvert 300 år. Beregningen gjør at vi legger 1000-års skredgrensen et styk- ke forbi gårdshusene.

9.2.11 Flydal, skred nr. 19 og 20

To snøskred er store og har betydning for aktiviteten på Flydal (fig. 3 og foto 16). Skredhistorikken viser at skred kan gå sammenhengende framover Flydalsområdet. Det sørligste skredet, Bjørneskreda, går ned på Flydalssetra, og det er kjent at setra har vært tatt av skred en gang. Løsneområdet er ca. 50° bratt, og skred kan løsne i inntil 150 m bredde.

Det neste skredet, Vidfonna, har forårsaket at fonnvind har nådd husa på Haugen gård. Løsneområdet er 42° bratt, og skred kan bli inntil 200 m brede.



Skredet utvikler skredvind når det går stort, og selv om den faste skredsnøen forventes å stanse litt ut i den flate dalbunnen, så kan skya gå vesentlig lengre.

I dette området har vi få skredregistreringer, men den informasjonen vi har tyder på at skred kan nå langt og at skredene kan bli store og utvikle en kraftig skredvind. Basert på disse erfaringene samt beregninger, trekker vi 1000-års skredgrensen ved Haugane gård. Selv om skredvinden har nådd gården, anser vi den for å være for svak til å gjøre noen skade. Skredene vil normalt stanse før de når særlig langt ut fra fjellfoten, og vi legger derfor 100-års skredgrensen litt ut i den flate dalbunnen.

9.2.12 Gjørvaфона, skred nr. 22

Skredene fra Homlong til Gjørva kan gå sammenhengende i stor bredde, men også hver for seg, alt etter hvorledes værforholdene utvikler seg, foto 18 og 19 og fig. 3. Ovenfor Gjørva ligger løснеområdet i et svakt konvekst område, noe framskutt i forhold til løснеområdet ovenfor Fannaneset. Skred vil derfor gå noe sjeldnere her enn på Fannaneset. Fjellsiden er imidlertid bratt; 46,2° fra kote 1240 og ned til kote 1000. Den sørlige delen av skredet går over et flatere parti fra kote 1000 til kote 900, mens den sentrale delen av skredet følger et skar i fjellsiden. Skaret er bratt fra kote 900 til kote 600, hvor det deretter slaker litt av ned til kote 400. Derfra er det igjen bratt ned til kote 150, hvor terrenget går over i den slakere løsmasseskråningen.

Snøskred som går i såvidt bratt terreng må forventes å utvikle en kraftig snøsky, og selv om den faste skredsnøen alltid stanser på sletta før skredet når elva, kan skredvinden fortsette videre over mot Maråk. De største skredene gjennom tidene har forårsaket skader på husene, om enn i begrenset omfang. Bebyggelsen nede på den flate elvesletta er ikke særlig gammel, og har ikke vært utsatt for de største trykkene som kan tenkes å forekomme. Vi antar at denne bebyggelsen inkludert skolen kan bli utsatt for relativt store trykkvirkninger fra skredvinden.

Skredutbredelsen for skredene i 1979, 1992 og 1994 danner grunnlag for plassering av 100-års skredgrensen, dvs. at vi har lagt grensen litt utenfor utbredelsen til disse skredene. Kjennskap til de større skredene og ødeleggelsene disse har forvoldt, sammen med beregnet rekkevidde av skred, gjør at vi trekker 1000-års skredgrensen forbi skolen. Selve skolehuset regnes å være utsatt for skredvind. Skader pga. skredvind på Gjørva-gårdene og husene nord for vegen ved Gjørva gjør at vi her trekker 300-års skredgrensen mellom husene og inkluderer husene nord for vegen.

9.2.13 Homlongsvika - Fannaneset - Gjørvavika, skred nr. 23

Veistrekningen fra Homlong til Gjørva er særlig utsatt for skred vinterstid (foto 20 og fig. 3). Løснеområdet på nordøstsiden under toppen av Keipen er 42-47° bratt, ca 1,2 km langt og skredene løsner mellom kote 1300 og kote 1100. Snøskred går nær årvisst i fjellsiden, og ofte flere ganger hver vinter.



Løsneområdet ligger i le for både sør- og vest-lige vinder. I vårløsningen må det også forventes å gå skred her.

De hyppigste skredene kommer ut på Fannaneset. De største skredene inkluderer løsneområdene fra og med Homlong til og med Flydal. Skredvinden krysser fjorden og elvesletta og når bebyggelsen fra Gjørva til Maråk. Skredvinden når opp på Mjølkesletta og opp i fjellsiden over bebyggelsen på Maråk. Den faste skredsnøen fyller fjorden helt i slike tilfeller.

Registreringene av snøskred på denne strekningen gjør at det må forventes skred hyppigere enn ett skred hvert 100 år på de fleste områder. I Homlongsvika er hyppigheten trolig av størrelse ett skred hvert 20.-30. år, på Fannaneset nær årvisse skred, og enkelte år flere skred hver vinter. I Gjørvavika vil trolig hyppigheten være rundt ett skred hvert 20. år. På hele denne strekningen må derfor 100-års skredgrensen plasseres ute i sjøen.

9.2.14 Homlong, skred nr. 24

Snøskred som når ned mot Homlong løsner fra to atskilte områder (fig. 2, 3 og 5 og foto 20 og 21). Det nordligste området danner et 35,5° bratt løsneområde under toppen av Smånipene fra kote 1150, og det sørligste ca. midt mellom toppen av Keipen og Smånipene fra ca. kote 1200 og ned til kote 1040. Det sørligste løsneområdet er noe brattere, 36,5°, og fører normalt til snøskred som kommer ned i Homlongsvika. Det er først når vinden kommer fra sektoren sørvest til sør at dette løsneområdet kan bli såvidt stort at snøskred også når bebyggelsen på Homlong. Fra kote 1000 og ned til kote 800 går skredene over et relativt slakt område avløst av en brattskrent, slik at eventuelle skred kan vokse i størrelse. Samtidig er terrenget konvekst formet slik at skredet kan bre seg ut sideveis og få relativt stor bredde.

Fra tidligere er det særlig jordskred og ikke snøskred som folket på Homlong har fryktet. Trolig er skredene som gikk i 1979 og 1990 de som har ført til mest skade de siste 200 årene. Skadeomfanget viser at all bebyggelse på Homlong må sies å ligge utsatt for snøskred. Samtidig er det noen av de nordligste husene som ikke er blitt truffet av de siste skredene. Dette gjør at vi antar at 100-års skredgrensen går ned sør for de nordligste husene på gården. Beregning av rekkevidde og mulig skredutbredelse i løsneområdet samt en vurdering av topografien i fjellsiden tilsier at 300-års skredet må inkludere den øvrige bebyggelsen på Homlong.

I helt spesielle tilfeller kan skredet løsne sammenhengende også bortunder Smånipene, slik at skredet da trolig kan gå til sjøen også over Skjorabakkene. Mest sannsynlig vil da 1000-års skredet gå til sjøen i full bredde her.



10 FARESONER JORDSKRED

10.1 Generelt

Studier om hyppigheten av slike skredtyper langt tilbake i tid viser at de var sjeldne fenomener for 10000 til ca. 3500 år siden (Blikra, 1996). Etter den tid har frekvensen av slike skred blitt høyere, trolig på grunn av at klimaet har endret seg. En fikk trolig mere ekstreme værforhold med perioder med store nedbørmengder. En endring av fremtidens klima grunnet en drivhuseffekt kan føre at slike vær-situasjoner blir ennå vanligere, og det er derfor grunn til å ta faren for løsmasseskred alvorlig.

I Geiranger er mange områder utsatt for ulike typer løsmasseskred. Store områder i dalsidene er brattere enn 30° og er derfor potensielle for utløsning av jordskred. Disse skredene kan variere mye etter vanninnhold. Svært vannholdige løsmasseskred langs mindre og større bekker blir ofte kalt *flomskred* og slike ser ut til å være vanlig langs Vesteråselva og Grindalselva. Skred som løsner ved utglidninger av løsmassedekket eller ved at f.eks. steinsprang eller mindre fjellskred drar med seg løsmasser til et stort løsmasseskred, blir ofte kalt *jordskred*. Slike skred ser en særlig spor av i området ved Homlong. Videre er det flere steder skred som består av en blanding av løsmasser og snø. Geirangerområdet ble isfritt forholdsvis sent, for ca. 9500 år siden. De skredmassene vi finner i dag er sannsynligvis yngre enn ca. 3500 år, pga. at klimaet var gunstigere før dette. Dette viser også de dateringer som er foretatt i Geiranger, se fig. 6. Det er tatt hensyn til dette ved estimering av skredfaren.

Undersøkelsene av jordskredfare er hovedsakelig fokusert på områder som ikke er totalt dominert av snøskred. Selv om det vil kunne gå jordskred i mange områder med stor snøskredfare, vil som oftest snøskred være den klart dominerende faretypen. Vi har likevel antydnet faresoner for jordskred i de fleste områdene. Arbeidet har omfattet kartlegging av skredmasser i felt (se fig. 4), detaljstudier i gravegroper, innhenting av historisk dokumentasjon (tabell 10.1) og topografiske vurderinger.

10.2 Kartlegging av jordskred

Kartleggingen i felt viser flere områder som er dominert av jordskred eller flomskred (se fig. 4). Ved Homlong er det en rekke skredbaner som går langt nedover mot bebyggelsene, enkelte nesten ned til sjøen. Det er fremdeles mye løsmasser (morene) som ligger igjen oppe i dalsiden, noe som viser at faren for nye jordskred er til stede. Over 160 m o.h. er dalsiden stort sett brattere enn 38°. Eldre skredmasser ser en i form av rygger og tunger nedenfor ca. 100 m o.h. Fra Homlungsvika og sørøstover mot Gjørva er det flere steder spor etter løsmasseskred. Snøskredaktiviteten er imidlertid mange steder så høy at spor etter jordskred blir visket ut (f.eks. ved Røstaneset og Fannaneset). Jordskredene vil



ofte gå helt ut i sjøen i dette området. Ved Høgebakkane er det også registrert spor etter jordskred.

Ved Grande er det en stor vifte ved utløpet av Grandeelva. Store deler av denne vifta er trolig avsatt ved flomskred. Elva er i dag forbygd. Langs dalsida fra Inste Grandevika til Geiranger sentrum er det også spor etter jordskred, men mange av disse er trolig sørpeskred eller en blanding av løsmasser og snø. Særlig utsatt er området mellom Inste Grandevika og Lausneset og ved den markerte vifta ved utløpet av Storgjølet. Kartleggingen viser at det sikreste området både når det gjelder jordskred, snøskred og steinsprang trolig er ved Lausneset. Ved Mjølkesletta er det enkelte løsmassetunger som ser ut til å være dannet ved jordskred. Disse må ha blitt utløst i områdene ovenfor Vesterås.

I området fra Øyane og østover langs Vesteråselva og Grindalselva og i området mellom disse elvene er det kartlagt mange partier som ser ut til å være avsatt ved ulike former for løsmasseskred (fig 4). Noen steder finner en små vifter der terrenget flater ut. Fjellgrunnen i dette området er imidlertid veldig kupert og det er særdeles vanskelig å kartlegge jordskredmassene i detalj. Ovenfor Hole og veien til Vesterås er det store områder som er dekket av eldre jordskredmasser. En rekke skredbaner eller nedskjæringer i løsmasser i dalsiden ovenfor viser hvor disse skredene er utløst.

En markert morenerygg går i dalsiden ovenfor Hole i høyde 500 til 400 m o.h. Flere utglidninger er observert i fremkant av denne, og denne vil fremdeles være en kilde for fremtidige skred, men også i resten av dalsiden finnes det mye løsmasser (morene). En graving like nedenfor Kopsvingane, ved huset til Ivar Grande ble det funne en kile eller steinøks under 2 m med skredmasser. I dette området ligger det flere store skredtunger ned mot huset. Dette viser at jordskred eller flomskred kan ha stor rekkevidde langs slike elver.

Ved Haugane i Flydalen er det en stor vifte langs Flydalselva. Store deler av denne er trolig avsatt ved flomskred. Et stort skred i 1954 gikk på denne vifta. I Opplenskedal er dalsiden øst for Moldbakken karakterisert av mye jordskredmasser. En del av disse jordskredene ser ut til å ha gått nesten ned til elva (se fig. 4). Mye snøskred ved Storskreda har sannsynligvis dekket over en del jordskred. Området under Flydalshornet er ikke vurdert med hensyn til jordskred. Her er hyppigheten av snøskred så høy at jordskred vil være av underordnet betydning.

10.3 Gravegroper/ skredstratigrafi

For å kunne danne seg et bilde over hvor ofte slike løsmasseskred skjer ble det ved Homlung gravd en 3 til 4 meter dyp grop i et område med antatt skredmasser (fig. 5 og 6). Den viste en veksling mellom jordsmonn og skredlag. Flere av lagene er dannet av et eller flere jordskred. Samlet ser denne gropa ut til å ha fanget opp mellom 5 og 8 jordskred. Seks jordprøver er datert ved et daterings-

laboratorium i USA. Disse viser at jordskredene som er registrert i gravegropa er yngre enn 3500 år. En datering nederst i gropa ser ut til å være forurenset av yngre karbon, og viser en for ung alder. Det øverste blokkrike laget er en stor blokkrygg som ble avsatt av et stort jordskred i 1906. 3 markerte lag ser ut til å være avsatt ved snøskred. Hvert lag er trolig et resultat av flere snøskred. Regner en med at massene fra gravegropa er fra de siste 3500 år vil det si en frekvens på 1 jordskred pr. 500 til 700 år. Snøskredfrekvensen kan ligge på det samme eller kanskje noe høyere.

Det var en del tvil om noen tungeformede avsetninger på Mjølkesletta ved Vinje kunne være skredmasser. Det ble derfor foretatt en graving i disse massene. Gravingen vist at det over sorterte sand og grusmasser (fra elva eller breelver som gikk over flaten for ca. 10000 år siden) var et organiskholdig lag med gruskorn. Det syntes som om dette var et gammelt kulturlag. Over dette lå det et 60 cm tykt skredlag. Helt nederst var det en del flate og kanta steiner som kunne se ut til å være avsatt av snøskred. Videre oppover i laget var det mer kaotisk uten noen lagdeling.

Vi tolker disse skredmassene å være dannet av snøskred (nederste del) og jordskred (øverste del). Skredene må ha kommet ovenfor Vesterås og har stupt over den bratte fjellkanten og ned i ura ved Mjølkesletta. Steininnholdet i massene viser også at de kan stamme fra morene (kantrundet stein) og fra steinsprangura (kantet stein). Dateringer av kulturlaget viser at det er omlag 1500 år gammelt. En prøve i det organiskholdig jordskredlaget over ga en høyere alder (ca. 2300 år), noe som sannsynlig skyldes at skredet har tatt med seg gammelt organisk materiale. Resultatene fra gravegropa antyder derfor at de har gått et jordskred ned på sletta i løpet av de siste 1500 år. Trolig har det også gått snøskred ned på området i denne tidsperioden.

Fig. 6 viser en skisse fra gravegropa på Vinje/Mjølkesletta. Resultatene av dateringsanalysene er angitt.

10.4 Historiske registreringer

Tabell 10.1 gir en oversikt over historiske registreringer som omhandler jordskred og flommer. De viser blant annet to skred ved Homlung, der det ene går helt ut i sjøen. Videre viser de svært mange skred og flommer langs Grindalselva. Flere flommer har også ødelagt mange av broene langs Vesteråselva og Grindalselva.



Tabell 10.1 Historiske registreringer av jordskred og flommer

Skred nr.	Navn/Sted	År	Skade	Merknader
1	Homlong	1853	Steinsvora tok låven til Lars Ingebretson og fjøset til Peder Martinsen Magnusson og gjorde skade på 2 løer. Store mengder stein og grus låg att på åker og eng	Lillebø 1949
2	Mellom Gjørva og Homlong	13.10 1855	Steinskred til stranda mellom Gjørva og Homlong fra Almflåen og drepte 4 kyr i Rustadneset	Hole 1905
3	Homlong	1906	Jordskred gjekk til sjøen over der garasjen til Olavkjell Homlong står og tok ei løe	Hole 1905
4	Holebakk	08.12 1873	Det gjekk mange svorer, ei av dei gjekk på Holebakk	Lillebø 1949
5	Holebakk	1855	Skred (snø?) skadde litt mark, hvoretter det gjekk i elven nedenfor utløene	Hole 1905
6	Sandura	1743	Stein- og jordraset fylte opp og stengde elvefaret sør om tunet i Kvitla	Ørjaseter 1991
7	Hole	1808	Steinsvor på Hole gjorde skade på åker og eng	Hole 1905
8	Hole	18.04 1849	Jordskred på nordsiden av elva ved Hole og tok Kvitla kvernhus og tørkestove	Hole 1905
9	Hole	08.06 1855	Stort jordskred ødela Hageakeren, halve Tufteakeren, et stykke av Myreakeren, og et stykke av Stokkeakeren. For Martinius Larsen ble det ødelagt 2/3 av Knudsaker, et stykke av Øvsteneset og noe av Broaker. Det kom også flere skred i årene etter	Hole 1905
10	Maråk, Hole og Moldbak bru	09.07 1855	8 juni falt det snø helt ned til sjøen og lå i 3 dager. Varmen begynte 8 juli og det ble stor vannflom. Den 9 ble Maråk bru tatt kl. 07 om morgenen, kl. 08 ble Hole bru tatt. Samme dag ble også Maråk bru tatt	Hole 1905
11	Maråk, Øye og Gjerde bru	28- 29.05 1879	Stor vannflom og skred fra Vesterås og Lilledalen. Flommen kom to ganger etter hverandre pga at elva ble demt av snø. Fire bruer strauk då med, Maråk nye bru, Øye bru og Gjerde bru. Veien mellom Maråkbrua gjennom Øiene til Gjardane ble revet opp	Hole 1905; Lillebø 1949
12	Gjerde bru	8-9.10 1883	Flom (mye regn), Gjerde bro ble tatt og veiene framfor kirken ble betydelig skadet	Hole 1905
13	Opplenskedal	03.01 1881	Stor vannflom og vannet gjekk inn i Rasmus's fjøs. 3 gjeter og en bukk omkom	Hole 1905
14	Flydal	1954	Om høsten gikk et jordskred mot Flydalen og utpå sletta vest for Haugen	
15	Møll	?	Et segn fra Møll: Steinsvor fra Ukshammaren som drap mann og jente	Lillebø 1949



10.5 Faresoner

Kartet på fig. 4 viser faresonene for jordskred. Faresonene er i hovedsak lagt inn på grunnlag av utbredelsen av eldre skredmasser, skredbanenes forløp, informasjon fra gravegropene og historiske beskrivelser.

10.5.1 Homlung-Gjørva

Både kartleggingen, gravegropene og de historiske registreringene viser at hele dette området er utsatt for jordskred. Ved Homlung vil jordskredene i store områder kunne gå helt ut til sjøen (fig. 4). Bortsett fra et mindre område som ligger noe høyere (med fjellblotninger) vil derfor grensen for 1000-årsskredet ligge i sjøen. Grensen for 300-årsskredet er lagt langt ned mot sjøen langs de mest markerte skredløpene, og langs skredløpet like før bebyggelsen på Homlung er denne grensa trukket helt ned til sjøen. Et skred langs dette løpet gikk i 1906 helt ned til sjøen (skred 3 i tabell 10.1). Langs det nordligste skredløpet gikk det i 1855 et jordskred og tok flere uthus (skred nr. 1 i tabell 10.1). Informasjonen fra gravegropa på Homlung viser at hyppigheten av jordskred ved dette punktet ligger i størrelse 1 skred pr. 500 til 1 pr. 700 år (dette er minimumstall), se fig. 5. Både de historiske skredene og skredene som er dokumentert i gravegropa indikerer at en del av bebyggelsen på Homlung ligger innenfor skredfaresonen på 1 skred pr. 300 år.

Fra Homlungsvika til Gjørvavika er hyppigheten av jordskred trolig høy, og både 1000- og 300-årssonen er i de fleste områder lagt ned til sjøen (fig. 4). I mange tilfeller er trolig disse skredene også en blanding av snø og mange av de tungeformede skredmassene kan være et resultat av sørpeskred. Ved Røstaneset gikk det et skred ned til sjøen i 1855 (lokalitet 2 i tabell 10.1). Området fra Gjørvavika til Høgebakkane er også utsatt for jordskred og sørpeskred fra flere bekker. I ekstreme tilfeller kan trolig et jordskred gå et stykke utover elvesletta nedenfor vegen (se kart fig. 4).

10.5.2 Grande-Maråkstranda-Vinje

Den store vifta ved Grande er helt klart avsatt ved flomskred og jordskred. Frekvensen langs dagens elvetrase vil ligge innenfor skredsonen på 300 år. Elva er i dag forbygd og vil trolig hindre de fleste flomskredene i å nå bebyggelsen. Faren ligger imidlertid i at elva ved svært store skred kan proppe seg full ved broen, og i et slikt tilfelle kan skredet gå over til andre deler av viften. Grensen for 1000-årsskredet er derfor lagt helt ut til sjøen langs hele viften (kart fig. 4). Hvis det er tatt hensyn til slike hendelser ved dimensjoneringen av forbyggingen kan grensen for 1000-årsskredet trekkes inn til dagens elvetrase (samme som 300-års grensen).

Begge faregrensene vil i området Inste Grandevika til Lausneset ligge ut til sjøen (kart fig. 4). Et område ved Lausneset og et område ved Maråkstranda er



antatt å ikke være utsatt for jordskred. Høyest skredfrekvens ser det ut til å være ved den markerte vifta nedenfor Storgjølet. Denne vifta er trolig bygd opp av materiale både fra snøskred og jordskred/sørpeskred. I enkelte parti her må en regne med flere skred innenfor en 100-årsperiode. Plasseringen av fergekaien synest å være noe problematisk med hensyn til jordskred og sørpeskred, da slike skred kan forekomme i store deler av året. Området ved Lausneset (150-200 m) er trolig det tryggeste området med hensyn til skredfare.

Ved Vinje, på Mjølkesletta er det registrert skredmasser som trolig stammer fra jordskred. Disse skredene må ha blitt utløst ovenfor Vesterås og har stupt over fjellkanten ovenfor Vinje og gått ned i ura og litt utover sletta. En gravegrop viser at dette kun er tale om en hendelse totalt i løpet av de siste 1500 år (fig. 6). 1000-årsgrensen er lagt noe utenfor urfoten. Områdene oppover mot Vesterås er ikke vurdert med hensyn til jordskredfare.

10.5.3 Øyane-Hole-Vesteråselva-Grindalselva

Kartleggingen viser at det kan gå flomskred i Vesteråselva og Grindalselva som kan gå langt ned mot Øyane (se kart fig. 4). Store områder ovenfor veien til Vesterås er dekket av skredmasser som stammer fra jordskred. Ut fra utbredelsen av jordskredmasser er grensen for 300-årssonen stort sett trukket litt ovenfor Vesteråsveien i områdene mellom de to elvene. Områdene fra Vesteråselva til Vesterås er ikke vurdert da en regner med at snøskred her er den dominerende faretypen. Det er to historiske registreringer av jordskred ved Holebakk (skred 4 og 5 i tabell 10.1). Vesteråselva er forholdsvis dypt nedskåret i fjell og løsmasser de fleste steder helt ned til campingplassen. 300-årssonen er derfor trukket i en ganske smal sone langs elva. Imidlertid er det flere steder fare for overløp hvis et skred propper igjen elveløpet. 1000-årsgrensen er derfor trukket utenfor selve elveløpet. Området ved campingplassen, der elva flater ut, er særlig utsatt for jordskred, og her bør forebygging vurderes.

Langs Grindalselva er det mange historiske registreringer av jordskred (skred 6, 7, 8 og 9 i tabell 10.1). Denne elva er ikke så mye nedskåret som Vesteråselva, og det er mange steder fare for overløp. En ganske bred sone, spesielt nord for elva er her lagt innenfor 300-årssonen. En del av disse områdene har trolig en sannsynlighet for jordskred som ligger nærmere et skred pr. 100 år. Vi mener at skredene også kan gå et stykke nedenfor Koppsvingane. Kartleggingen og en graving på en liten vifte like nedenfor Koppsvingane viser dette. Forbygging langs elva i dette området (like ovenfor huset til Ivar Grande) er i underkant av 3 m høy. På andre siden av elva vil flere av hyttene ligge utsatt for jordskred. De fleste skredene som går så langt er trolig mer en kombinasjon av skred og flom, slik at de sonene som er lagt inn i de nederste delene mot Øyane kanskje er mer flomfare enn skredfare. Flere store flommer som har tatt broer er registrert i historisk tid (10, 11 og 12 i tabell 10.1). I de nedre deler er det også foretatt forbygging, men disse bør vurderes med hensyn til faren for gjentetting av skredmasser. Fareområdene her kan derfor justeres en del når dette er bedre



avklart. Ved Geoparken er forbygningen lav (mindre enn 2 m høy) noe som gjør at en kan få overløp ned mot parken og politikontoret.

Det bør igangsettes en grundig vurdering av sikring langs Vesteråselva og Grindalselva.

10.5.4 Flydalen-Haugane

Vest for Haugane, ved utløpet av Flydalselva ligger ei vifte som er utsatt for flomskred eller jordskred. Et stort skred dekket store deler av vifta i 1954 (skred 14 i tabell 10.1). Lignende skred må en anta kan skje igjen. 300-års-sonen er lagt inn i de øvre deler og langs elva ut til den møter elva fra Opplenskedal (fig 4). 1000-års-sonen er lagt et stykke ut på elvesletta, men de ytterste deler er her trolig mest utsatt for flom.

10.5.5 Opplenskedalen

Det er registrert skredmasser fra jordskred langs en 500 m lang strekning øst for Moldbakken. 1000-års-sonen er lagt inn omtrent ned til elva, mens 300-års-sonen ligger noe høyere opp. Hele veistrekningen er her utsatt for jordskred i tillegg til snøskred. Jordskred fra den vestlige dalsiden er ikke vurdert da en anser snøskredfaren som dominerende. Heller ikke flomfaren fra hovedelva er vurdert.



11 FARESONER STEINSKRED OG SØRPESKRED

I forhold til snøskred og jordskred representerer stein og sørpeskred små problem i Geiranger, men dette betyr ikke at faren for disse skredtypene kan sees helt bort fra. Det potensielt mest utsatte området for steinskred er tettbebyggelsen på Maråk. Her ligger det bebyggelse utsatt for større steinskredfare en dagens krav til sikkerhet mot skred tillater. Dersom utfall av steinmasser skulle forekomme, vil skred kunne få en rekkevidde som vist på fig. 5. Det finnes også andre områder i Geiranger der det kan utløses steinskred. Dersom dette skjer vil rekkevidden av steinskredene imidlertid ligge innenfor de faresonene som er trukket opp for snøskred og jordskred.

Når det gjelder sørpeskred har NGI ikke opplysninger om slike i Geiranger. Sørpeskred forekommer som omtalt i kapittel 6 helst langs bekker og elver i forbindelse med sterk snøsmelting eller regn på snødekket mark. Selv om det ikke er observert slike skred i historisk tid ser vi ikke bort fra at sørpeskred kan forekomme i Geiranger. Om dette skulle skje regner vi imidlertid med at utbredelsen vil ligge innenfor de faresonene som er angitt for snøskred og jordskred.



12 BRUK AV GEOGRAFISKE INFORMASJONSSYSTEM (GIS)

12.1 Generelt

I den foreliggende rapport er det benyttet digitale kart fra Statens Kartverk (M50), og digital utgave av de økonomiske kartbladene som dekker undersøkelsesområdet. I M50 serien dekkes Geirangerområdet av kartbladene Geiranger og Tafjord. Disse kartene er i vektorformat slik at det bl.a. kan tegnes ut profiler av de enkelte skredbanene for beregning av rekkevidden til skredene. Kartene er levert med all den informasjon som et vanlig papirkart inneholder, f.eks. vegger, bebyggelse, vegetasjonsmarkering, stedsnavn etc.

For detaljkartlegging av skredene er det benyttet økonomiske kart. Disse er levert av Fylkeskartkontoret i rasterformat. På disse kartene kan det derfor ikke utføres beregninger, men kartene er benyttet til inntegning av historiske skredhendelser, faresoner og evakueringsområder. Kartene dekker fjellsidene opp til 600 m o.h. Vi antar at dette er tilstrekkelig for vurdering og illustrasjon av skredenes utløpsområder i nedre deler av skredløpene, der bebyggelsen ligger.

En digital presentasjon av informasjon om faresoner og skredvarsling/ evakuering, sammen med relevant informasjon om beredskapsplan vil være et effektivt hjelpemiddel i økning av beredskapen mot snøskred.

12.2 Geografisk informasjons-system (GIS) til bruk ved skredkartlegging

NGI benytter det geografiske informasjonssystemet Pumastation. Systemet kjøres under MS-Windows, og kan leveres som en innsynsmodul (PS innsyn) som gjør det mulig for oppdragsgiver å anvende resultatene slik de er laget fra NGI. Revisjoner må i dette systemet utføres av NGI. Resultatfilene kan også leveres som vanlige datafiler, f.eks. på SOSI-format, for å bli konvertert til andre filformater og andre GIS-system som måtte være i bruk hos oppdragsgiver.

Som underlag i GIS systemet ligger det som nevnt to digitale kartsystem som kan detaljeres etter ønske. På kartene er de registrerte skredhendelsene og faresonene tegnet inn. Nr. og navn på hvert skred er også lagt inn på kartet. De enkelte skredtypene og faresonene er lagt inn på egne «lag» som kan slås av og på etter ønske, slik at man kan hente opp på dataskjermen de delene av skredinformasjonen man ønsker.

Beregningene som er utført som grunnlag for faresonene ligger på et eget lag med informasjon om skredbaneprofil. Denne informasjonen er mest viktig for de faglige vurderingene av utbredelsen av faresonene. Ved NGI er Pumastation bygd opp med en egen skredmodul som muliggjør beregninger direkte på det digitale kartet.



Det er utarbeidet en tabell for alle skredregistreringene. Denne tabellen er etablert som en Access-database, og informasjonen aktiveres for det enkelte skred ved å "klikke" på navnet for skredbanen. Den skrevne informasjonen for det enkelte skred kommer derved opp på skjermen. Databasen inneholder alle relevante opplysninger om det enkelte skred.

På samme måte kan det lages en fotodatabase som gjør det mulig å se foto av bebyggelsen og fjellsidene direkte på skjermen. Fotoene markeres ved ikon sentralt i motivet, eventuelt inne i det enkelte område for registret skred. En slik fotodatabase kan f.eks. utvides med foto av historiske skred og eldre bebyggelse for å gi mest mulig relevant informasjon som vanskelig lar seg gjengi på kart.



13 VURDERINGER AV SKREDKARTLEGGING

13.1 Kost/nytte betraktninger

Det totale budsjettet for dette prosjektet er på kr 422.000, kfr pkt 1.2. I tillegg har Norges Geologiske Undersøkelser brukt kr 40.000,- av egne midler, til sammen kr 462.000,-. Utover dette har NGI brukt kr 50.000 til utarbeidelse av rutiner og databaser for bruk i et GIS-system. Disse sistnevnte midlene er utviklingskostnader som også vil komme andre prosjekt til gode, og vi har derfor anslått at det er rimelig å føre 10% av disse kostnadene på Geirangerprosjektet. Totalkostnadene beløper seg dermed til kr 468.000, avrundet kr 470.000,-.

Da dette prosjektet er et prøveprosjekt og må betraktes som en prototype, vil kostnadene til et framtidig tilsvarende prosjekt være mindre. Dersom de rutiner og metoder som er utarbeidet og benyttet i dette prosjektet kan tas i bruk direkte i fremtidige prosjekt vil kostnadene ligge på ca. kr 350.000,-. Vi har da unntatt arbeidet med å utarbeide kriterier for akutte snøskredsituasjoner, varslingsprosedyrer og beredskapstiltak. Denne delen av prosjektet antar vi beløper seg til kr 50.000,- (NGI-rapport 964035-2).

Med "tilsvarende prosjekt" tenkes først og fremst på det antall skred som finnes innen kartleggingsområdet. Antallet skredområder som skal vurderes, beregnes og som det skal utarbeides faresoner for, vil være mer utslagsgivende enn det totale areal av vedkommende lokalsamfunn eller kommune som skal kartlegges.

I Geiranger er det registrert 24 større snøskred og ca 15 jord og steinskred, til sammen ca 40 skredbaner, dette utgjør kr 8750,- pr skred. Omregnet i timer pr. skred med en timepris på kr 650,-, tilsvarer det et timeforbruk på 13,5 pr. skredbane. Etter vår mening er dette både et relativt lite timeforbruk og liten kostnad pr analysert skredbane. Når NGI påtar seg oppdrag fra kommuner eller andre for å analysere faren for skred i enkeltområder, dvs for en enkelt skredbane, eller der ett gårdstun eller våningshus blir undersøkt, ligger kostnadene vanligvis mellom kr 30.000,- - 40.000,-. Kostnadene blir ut fra dette ca. 4 ganger mindre ved å kartlegge større områder under ett enn å behandle enkeltområder. Sett i dette perspektivet vil en faresonekartlegging som beskrevet i denne rapporten lønne seg for oppdragsgiver.

Sammenlignet med verdien av menneskeliv eller de materielle verdier som et bolighus representerer er kostnadene til faresonekartleggingen beskjedne. Kostnadene ved kartleggingen i Geiranger er under halvparten av kostnadene til et våningshus. Vi vil tro at prosjektet også ut fra denne synsvinkel vil måtte sies å være samfunnsøkonomisk forsvarlig.

Trekker man inn kostnadene ved tap av menneskeliv, ved å anta at skredkartleggingen på sikt vil føre til reduksjon av dødsfall, er det snakk om vesentlig

større verdier. Verdien av menneskeliv er prinsipielt sett vanskelig å fastlegge. På den annen side er det gjort undersøkelser over hva samfunnet er villig til å investere for å hindre dødsfall. I en studie av Transportøkonomisk Institutt er det anslått at samfunnet er villig til å investere ca kr 15 mill pr dødsfall ved trafikkulykker. (Elvik 1993). I et arbeid med dimensjoneringskriterier for flomsikringstiltak som NGI utførte for NVE ble det funnet at tilsvarende tall fra andre land varierer mellom kr 5 og 15 mill som samfunnet er villig til å investere for å hindre ett dødsfall. (Lied 1996). Ut fra et slikt perspektiv synes utgiftene til skredkartlegging bagatellmessige.

Med bakgrunn i det som er sagt ovenfor vil vi derfor konkludere med at en detaljert faresonekartlegging av skred vil ha en høy nytte/kost verdi og vil være samfunnsøkonomisk vel anvendte penger. Erfaringer fra andre land med skredproblem peker i samme retning. Både i Sveits, Østerrike, Italia og Frankrike har man satt i gang detaljert faresonekartlegging og innarbeidet kartene som del av det pålagte planleggingsgrunnlag i arealanvendelsen i kommunene.

13.2 Sammenlikning med nåværende oversiktskart.

Det vil være kjent at NGI har i produksjon skredfaresonekart av oversiktstypen, målestokk 1:50.000, for områder utsatt for snø og steinskred. Arbeidet er utført for Statens naturskadefond siden 1980. Fra 1996 overtok Miljøverndepartementet ansvaret for kartleggingen. I alt er det til i dag produsert 117 kartblad, av et antatt totalt behov på ca. 210 blad. NGI produserer også kvikkleirefaresonekart, men disse holdes utenfor denne diskusjonen.

Oversiktskartene for "Stein og snøskred" viser områder der terrenghelningen er slik at skred ikke kan utelukkes. Kartene viser dermed potensielle, eller mulige skredområder. Dersom områder innenfor potensielt skredutsatte soner tenkes utnyttet til bygningsformål, anbefales at det foretas nærmere undersøkelser. Kartene sier ingen ting om graden av skredfare og de tar kun hensyn til stein og snøskred. Hensikten med kartene er at de skal gi brukerne, i første rekke kommunene en førstehånds informasjon om hvor det kan være fare for skred.

Målestokken og kartleggingsmetodikken er således velegnet til oversiktsplanlegging i kommunenes arealanvendelse. Ved utarbeidelse av reguleringsplaner/bebyggelsesplaner blir imidlertid oversiktskartet for lite detaljert, både pga. målestokk og i beskrivelsen av faren for skred. Til utarbeidelse av detaljplaner i nærheten av skredfarlige områder er det derfor behov for et skredfaresonekart som direkte er relatert til byggeforskriftens sikkerhetskrav for forskjellige bygningstyper.

Innenfor hvert *oversiktskartblad* kartlegges områder som kan tenkes å ha utbygningmessig interesse, i praksis områder som ligger i nærheten av veg. Ett kartblad dekker mellom ca 600 og 700 km². Av dette kartlegges anslagsvis 30% av totalarealet på kartet, dvs ca 200 km². Prisen pr kartblad fra NGI er i



dag ca kr 125.000, tilsvarende kr 625 pr km². Ut fra dette kostnadsoverslaget er det helt klart at oversiktskartet er et langt billigere kart enn et detaljkart. For Geirangers vedkommende utgjør arealet som er vurdert mht skredfare ca. 32 km², til en pris på ca kr 20.000. Til sammenlikning er prisen på et detaljfaresonekart kr 350.000.

Vi tror ikke at den ene kartserien utelukker den andre. Vår oppfatning er at det vil være formålstjenlig med et oversiktskart som på en enkel måte framstiller soner der det kan tenkes å være fare for skred. Samtidig vil det være rasjonelt og kostnadseffektivt å utarbeide et detaljfaresonekart over de mest skredutsatte områder. Det er vist ovenfor at en detaljfaresonering er ca fire ganger rimeligere enn en farevurdering som tar for seg enkeltskredbaner/enkeltobjekter. Dersom kommunene får utarbeidet slike detaljkart vil også behovet for ytterligere undersøkelser av faren for skred falle bort.

En annen fordel med detaljkartet er at kommunen får et hjelpemiddel til å vurdere behovet for sikringstiltak, i det kartene eksplisitt vil vise graden av fare og hvordan bebyggelsen ligger i forhold til faresonene. I forbindelse med vurdering av akutt fare for skred, spesielt snøskred, er også faresonekartene et nødvendig grunnlag, med tanke på avgrensning av områder som må evakueres i en farlig situasjon, kfr NGI-rapport 964035-2.

13.3 Bruken av kartene i kommunen

Det er nevnt ovenfor hvilke bruksområder et detaljert faresonekart kan ha, og disse er først og fremst følgende:

- Planlegging av ny bebyggelse i henhold til faresonene på kartet
- Skaffe oversikt over bygninger som er utsatt for skredfare, hvor stor fare og hvilken type skred
- I situasjoner med vurdering av akutt skredfare, utgjøre grunnlag for evakuering
- Være et hjelpemiddel til å prioritere sikringstiltak mot skred

Når det gjelder det formelle grunnlaget for kartet i forhold til Plan og Bygningsloven, har NGI ikke kompetanse til å uttale seg om dette. Vi vil likevel komme med enkelte merknader.

Det eksisterende "Oversiktskart for stein og snøskredområder" har ingen formell plassering i kommunens arealplanleggingsprosedyre, det er opp til den enkelte bruker om kartet ønskes benyttet. For et detaljert skredfaresonekart som viser den reelle faren for skred, bør det etter vår mening legges sterkere føringer for bruken. Ut fra utenlandske erfaringer og vårt eget arbeid med skredspørsmål gjennom mange år, mener vi at kartet bør godkjennes av kommunen etter at det har vært lagt ut til offentlig ettersyn, og at kartet i sin endelige form deretter vedtas benyttet som et obligatorisk grunnlag i arealanvendelsen. Såvidt vi



kjenner til er dette også synet til Planavdelinga i Møre og Romsdal Fylkeskommune når det gjelder den formelle godkjenningen og bruken av kartet.

Eventuelle korreksjoner i kartet må senere kunne foretas dersom det viser seg at forbedrede beregningsmodeller for skredfare blir utviklet, eller som følge av nye momenter som fører til endring i den reelle faren for skred. Nye versjoner av skredkartet bør gjennom den samme godkjenningsprosedyren som det opprinnelige kartet.

Ved en slik obligatorisk bruk av kartet vil man oppnå den største nytteverdi av de investerte midler for å sikre menneskeliv og bebyggelse mot skred på lang sikt.

Skredfareberedskap i Geiranger

Faresonekart over skredområder

Fotobilag

Rapport nr: 964035-1

Dato: 1997-03-01

Rev:

Rev. dato:

Side:



Fotobilag: Foto 1-21



Foto 1 Geiranger sett fra Grindalssetra

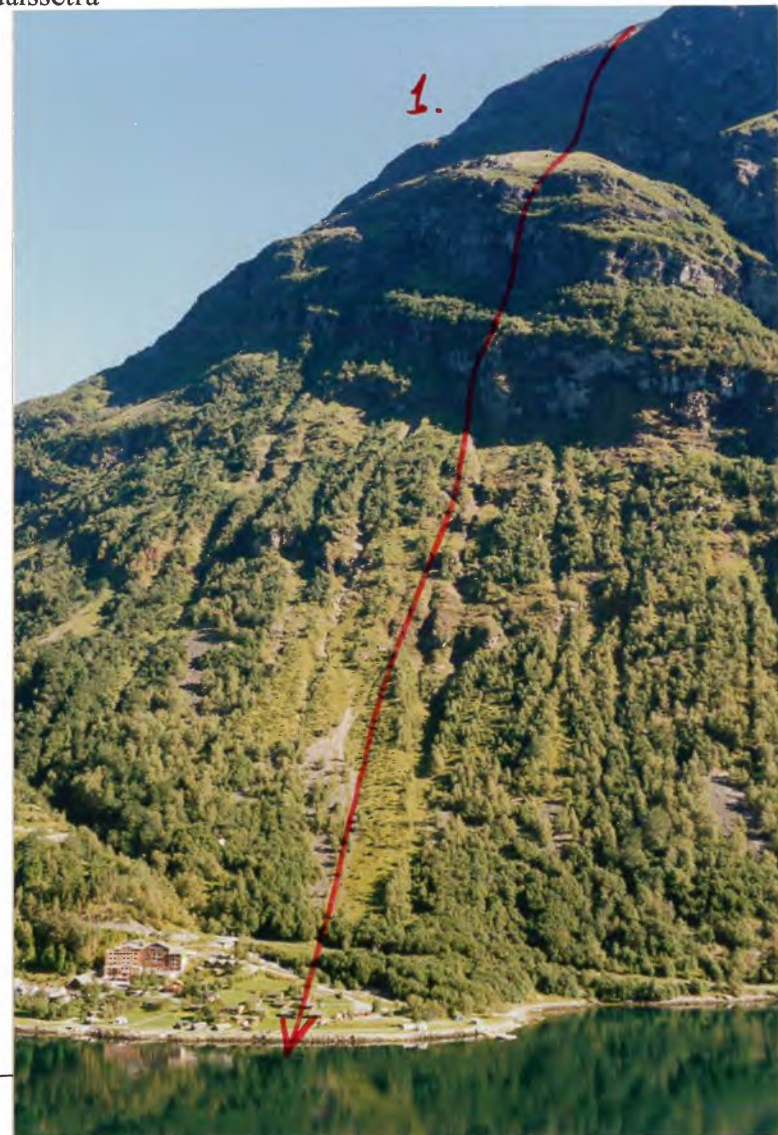


Foto 2

Grande med skred nr. 1,
Grandefonna



Foto 3

Skredbane nr. 2, Sildesteinen, og
nr. 3, Sandefonna



Foto 4

Skredbane nr. 4,
Saudesletta

Foto 5

Snøskredbane nr. 5, Fonna, som går ut på det nye fergekaienlegget



Foto 6 Sentrumsområdet i Geiranger (Maråk)

Foto 7

Vesterås med skredbanen
til skred nr. 6, Vesteråsfonna



Foto 8 Vinjesletta, hotell Union og bebyggelsen på Gjerdet

Foto 9

Skredbanene til skred nr. 7,
Bøfonna, og skred nr. 8,
Holebakkfonna nord

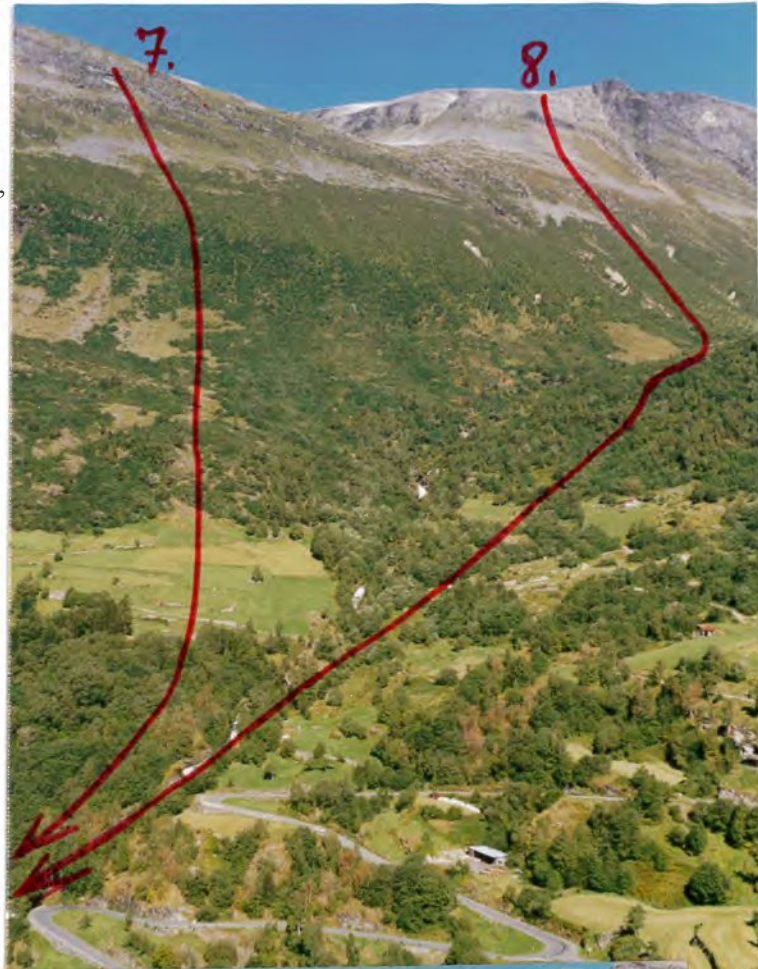


Foto 10 Skredbanen til skred nr. 9, Holebakk sør

Foto 11

Skredbanen til skred nr. 10, Grindalsfonna vest, og til skred nr. 11, Grindalsfonna øst. Bebyggelsen i forgrunnen er deler av Holegårdene

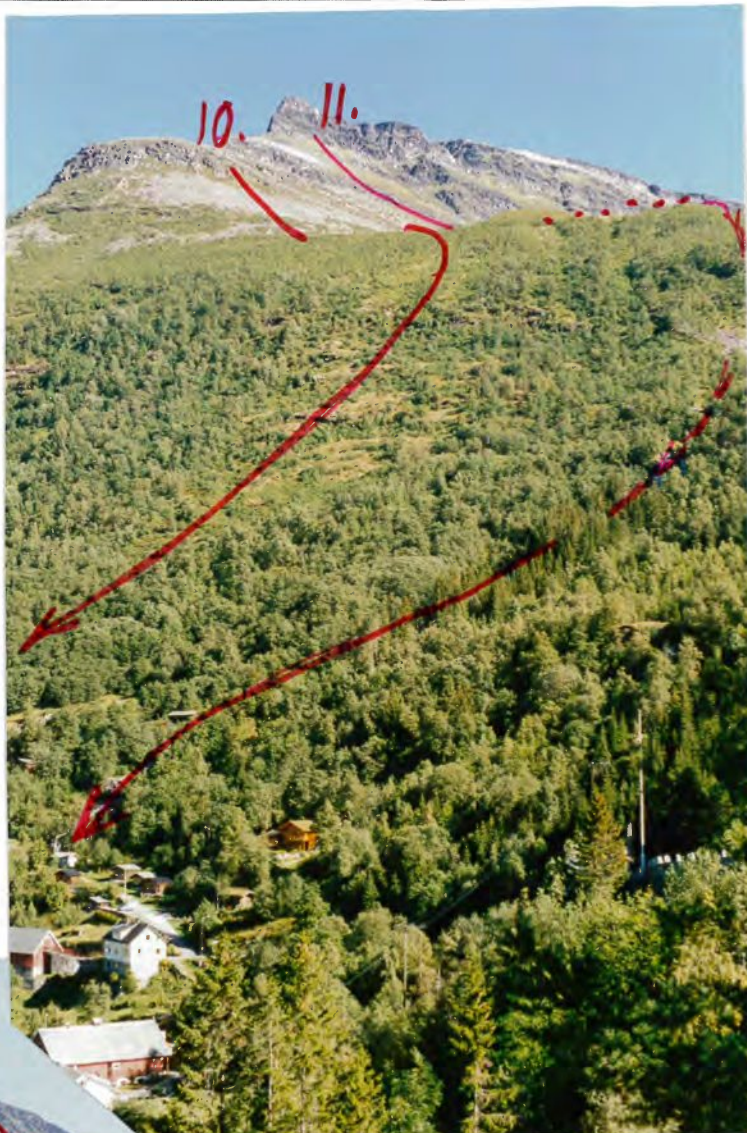


Foto 12 Avstandsbilde av skred nr. 9, 10 og 11 med Geiranger sentrum i forgrunnen

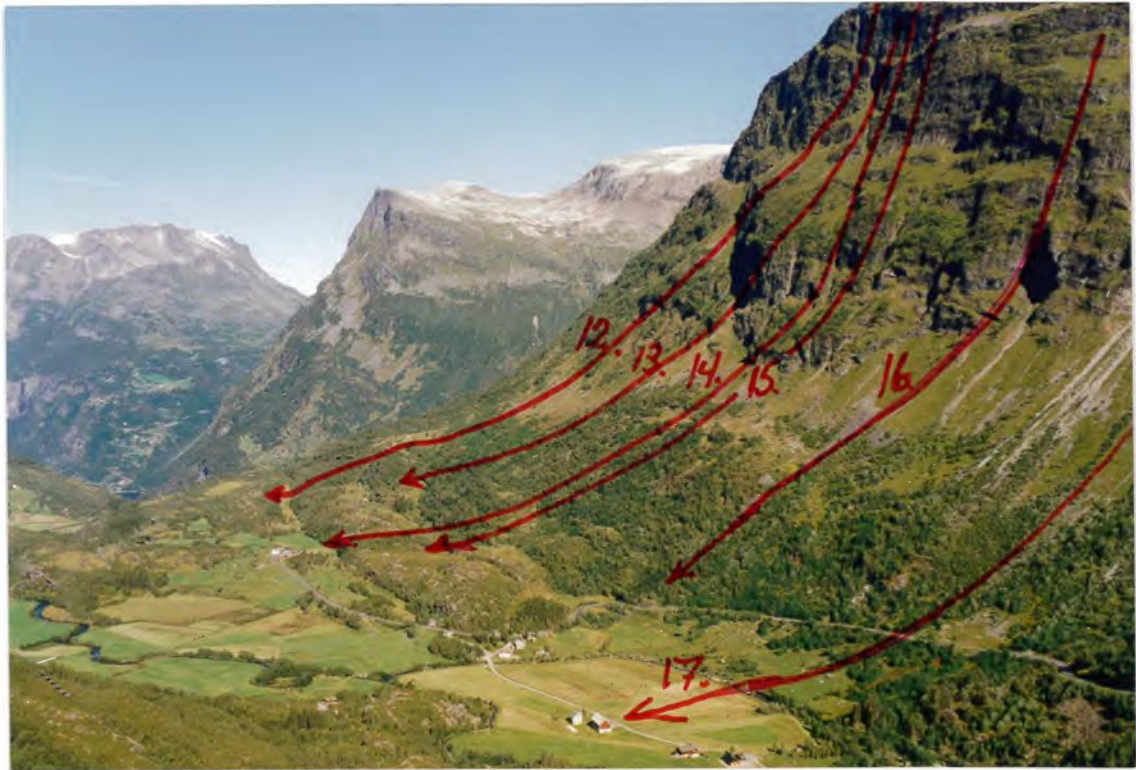


Foto 13 Skredbanene til skred nr. 12, Varholene, skred nr. 13, 14 og 15 ved Ørjaseter, skred nr. 16 ved Ørresva og skred nr. 17 ved Opplenskedal ovafor gården Moldbakken

Foto 14

Skredbanen til skred nr. 18 som går over Villøyane sør-vest for gården Moldbakken

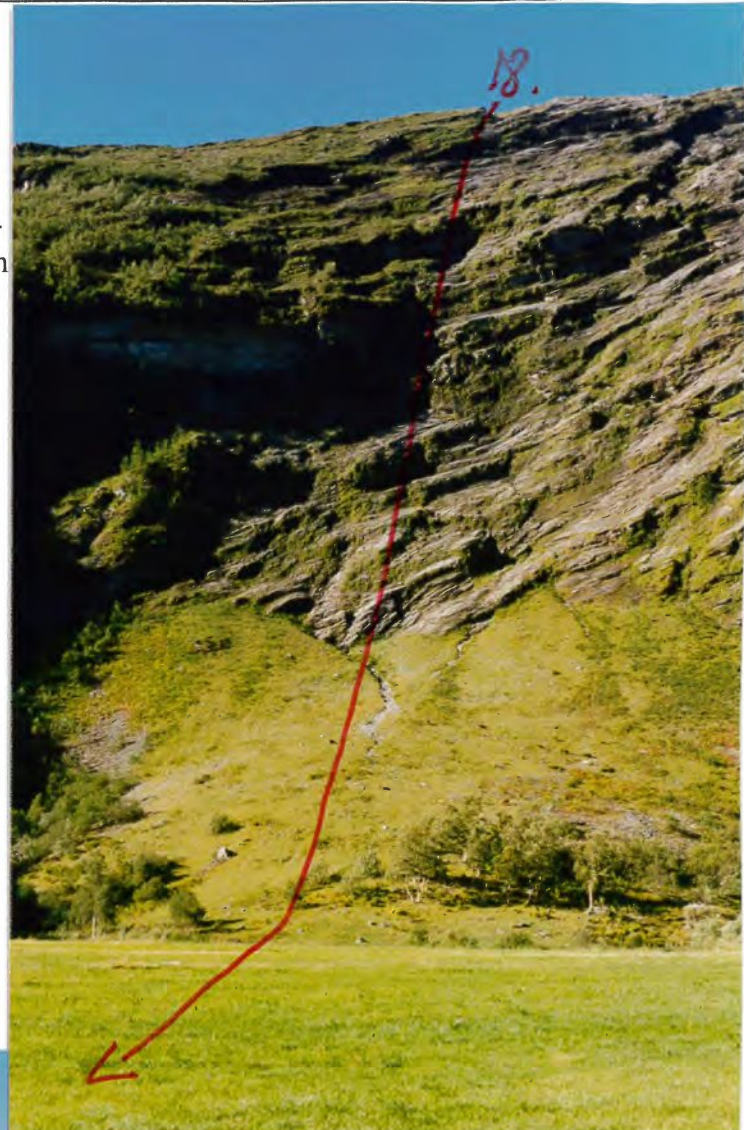


Foto 15 Husa på Gjerdet (til venstre) og Hautuftene (til høyre) ved Flydal

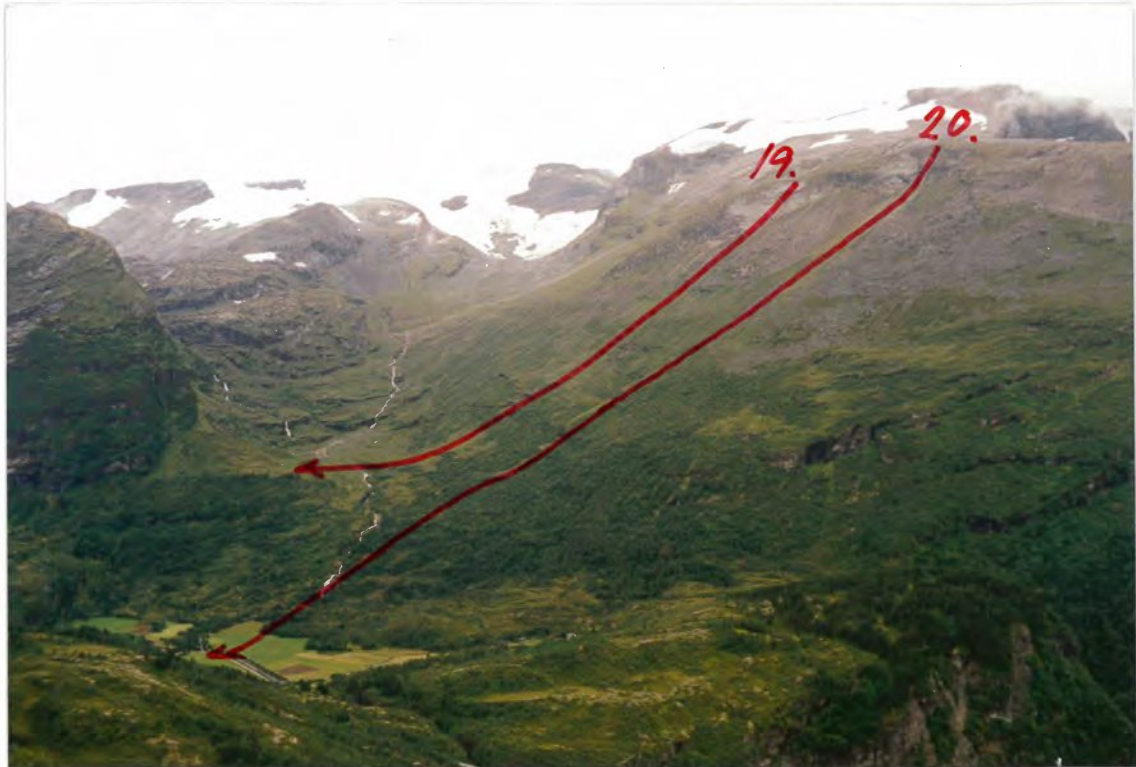


Foto 16

Skredbanene til skrednr. 19, Bjørneskreda som går ned mot Flydalssetra, og skred nr. 20, Vidfonna, hvor skredvinden når fram til gården Haugane



Foto 17

Skredbanen til skred nr. 21 som kommer ned mot og nord for Flydalsnakken og svinger nordover og ned mot Gjørva

Foto 18

Skredbanen til skred nr. 22,
Gjørvaafonna



Foto 19 Detalj av sentrumsområdet sett fra sørvest med skolen i forgrunnen. Gjørvaafonna (skred nr. 22) kaster skredvinden innover hele bebyggelsen fra venstre kant av bildet

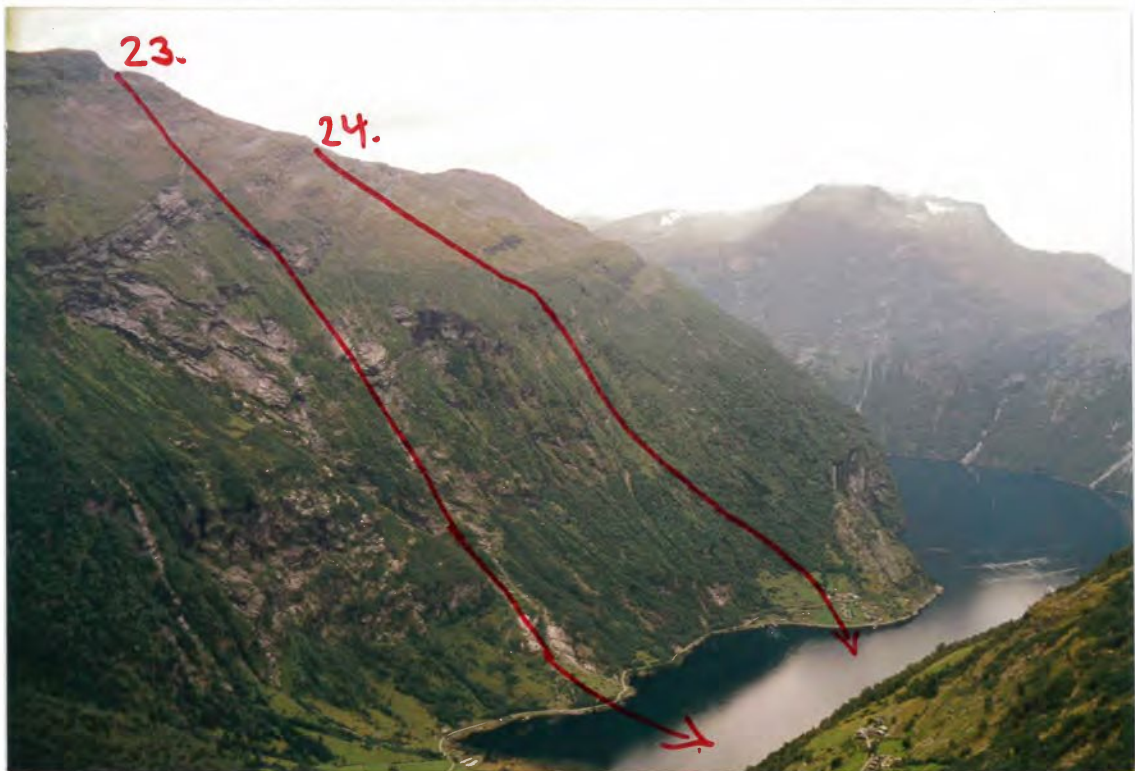


Foto 20 Skredbanen til skred nr. 23, Fannanesfonna, og skred nr. 24, som går ned på Homlong

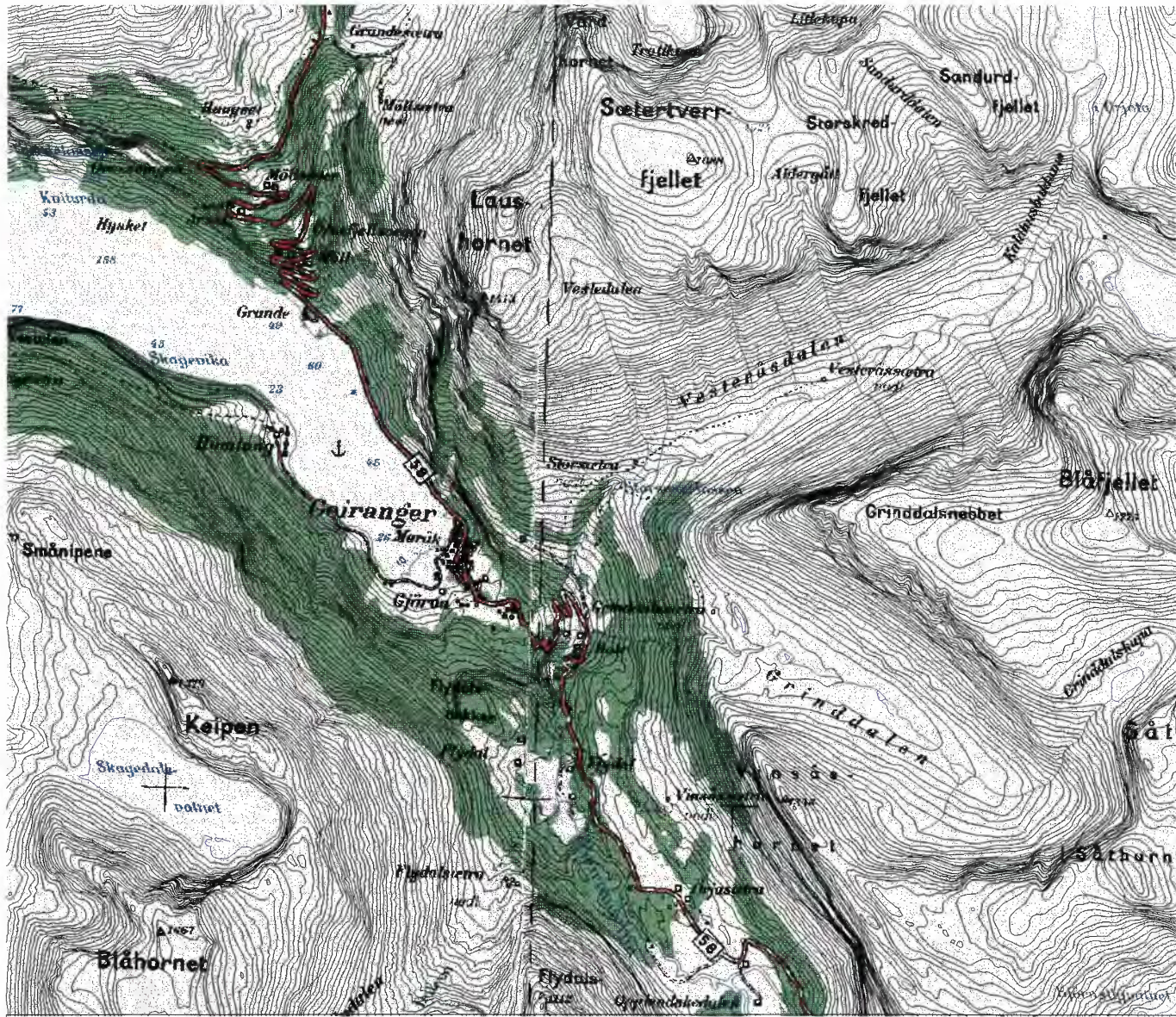


Foto nr. 21 Bebyggelsen på Homlong



Figurer:

- fig. 1 - Oversiktskart, beliggenhet Geiranger
- fig. 2 - Registreringskart over historisk kjente snøskred
- fig. 3 - Faresonekart og registreringskart snøskred
- fig. 4 - Faresonekart og registreringskart jord- og steinskred
- fig. 5 - Jordprofil i skredavsetninger ved Homlong
- fig. 6 - Jodprofil i skredavsetninger Mjølkesletta
- fig. 7 - Beregning av rekkevidde snøskred



Skredfareberedskap i Geiranger

Oversiktskart, beliggenhet Geiranger, Stranda kommune.
Målestokk 1:50.000

Rapport nr.
964035 -1

Figur nr.
1

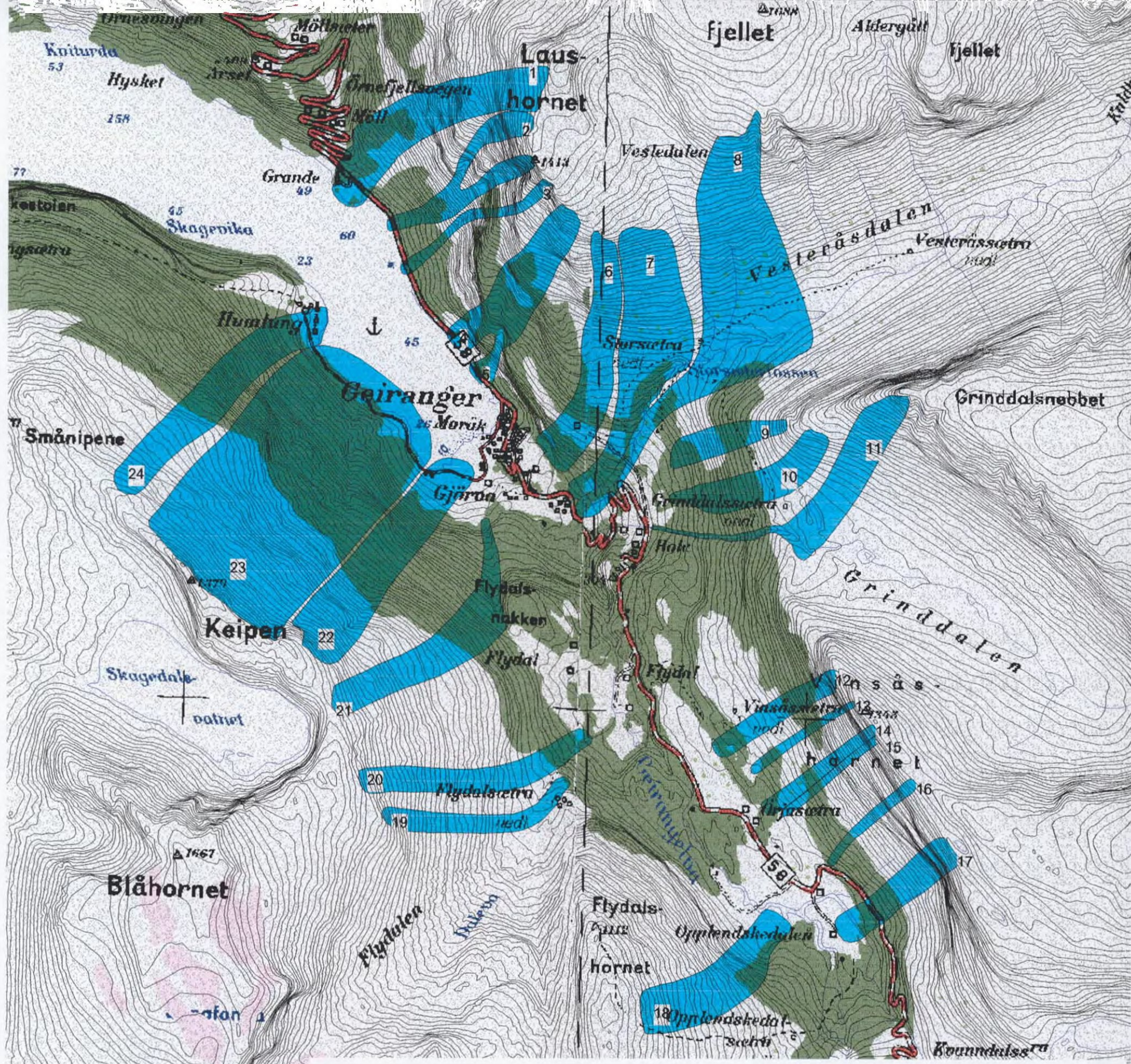
Tegner
MD


Dato
28-02-97

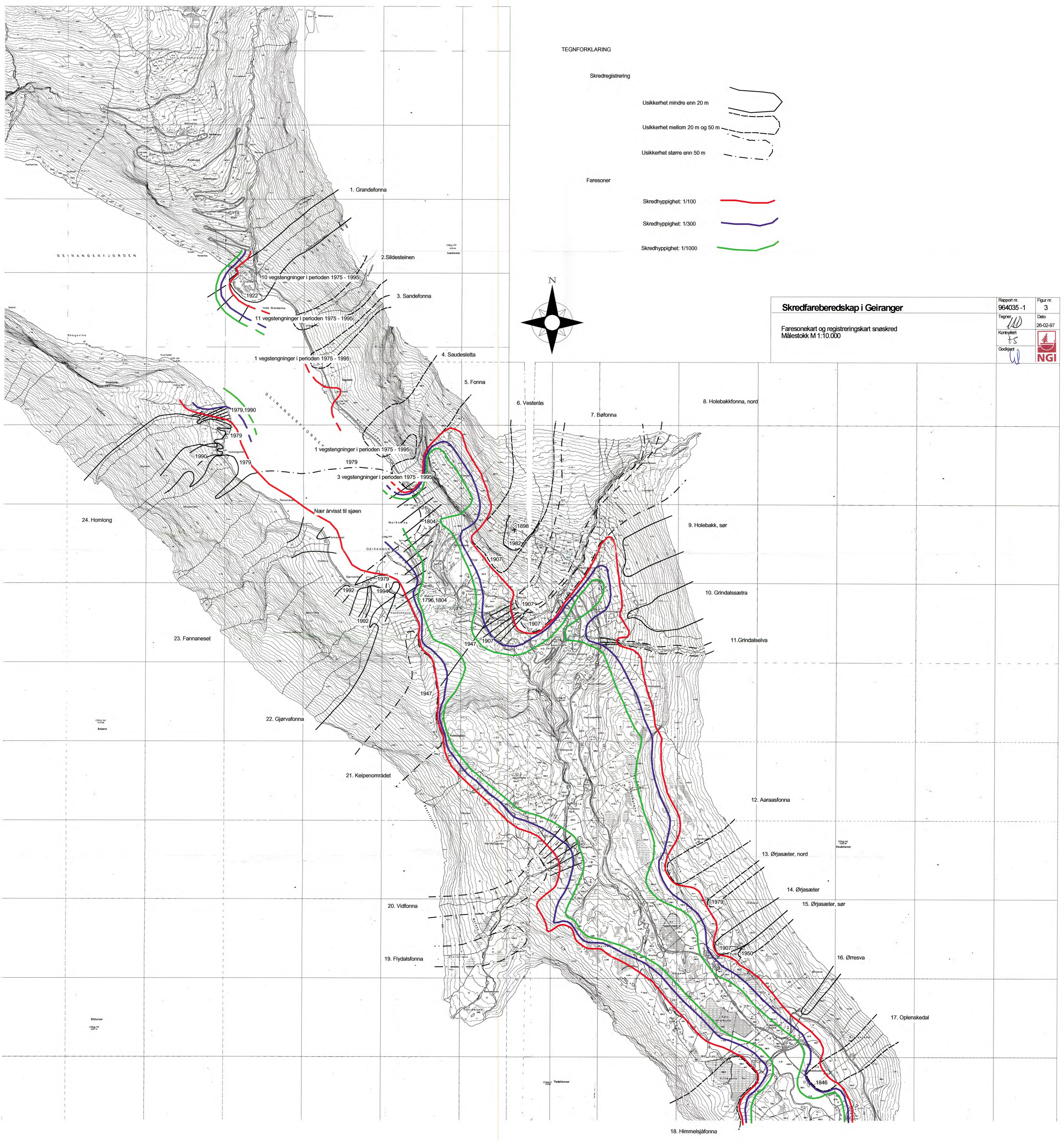
Kontrollert
fs

Goddkjent
ul


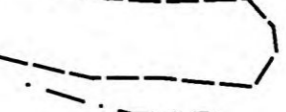
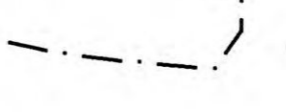








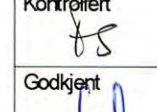
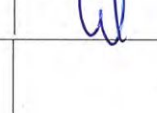

Skredfareberedskap i Geiranger Registreringskart over historisk kjente snøskred Målestokk 1:30.000	Rapport nr. 964035 -1	Figur nr. 2
	Tegner <i>MD</i>	Dato 28-02-97
	Kontrollert <i>F</i>	
	Godkjent <i>W</i>	



TEGNFORKLARING

- Skredregistrering
- Usikkerhet mindre enn 20 m 
 - Usikkerhet mellom 20 m og 50 m 
 - Usikkerhet større enn 50 m 
- Faresoner
- Skredhyppighet: 1/100 
 - Skredhyppighet: 1/300 
 - Skredhyppighet: 1/1000 



Skredfareberedskap i Geiranger	
Rapport nr. 964035 -1	Figur nr. 3
Tegner 	Dato 26-02-97
Kontrollert 	Godkjent 
Faresonekart og registreringskart snøskred Målestokk M 1:10.000	
	

1. Grandefonna

2. Sildesteinen

3. Sandefonna

4. Saudesletta

5. Fonna

6. Vesterås

7. Bøfonna

8. Holebakkfonna, nord

9. Holebakk, sør

10. Grindalssetra

11. Grindalselva

12. Aaraafonna

13. Ørjasæter, nord

14. Ørjasæter

15. Ørjasæter, sør

16. Ørresva

17. Oplenskedal

18. Himmelsjøfonna

10 vegstengninger i perioden 1975 - 1995

11 vegstengninger i perioden 1975 - 1995

1 vegstengninger i perioden 1975 - 1995

1 vegstengninger i perioden 1975 - 1995

3 vegstengninger i perioden 1975 - 1995

1979, 1990

1979

1990

1979

Nær årvisst til sjøen

1975

1992

1994

1992

1992

1992

1992

1992

1992

1992

1992

1992

1992

1992

1992

1992

1992

1992

1992

1992

1992

1992

1992

1992

1992

1992

1992

Tegnforklaring

Skredregistrering

Utbredelse av skredavsetninger



Skredvifter med angivelse av skredtype

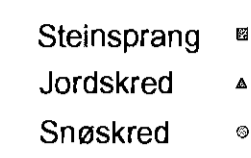


Skredtyper:

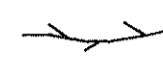
Steinsprang

Jordskred

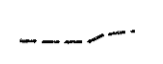
Snøskred



Flomløp



Skredbaner



Faresoner

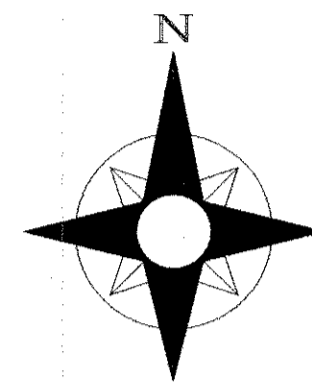
Skredhyppighet: 1/100



Skredhyppighet: 1/300



Skredhyppighet: 1/1000



Skredfareberedskap i Geiranger

Faresonekart og registreringskart jord- og steinskred
Målestokk M 1:10.000

Rapport nr.
964035 -1

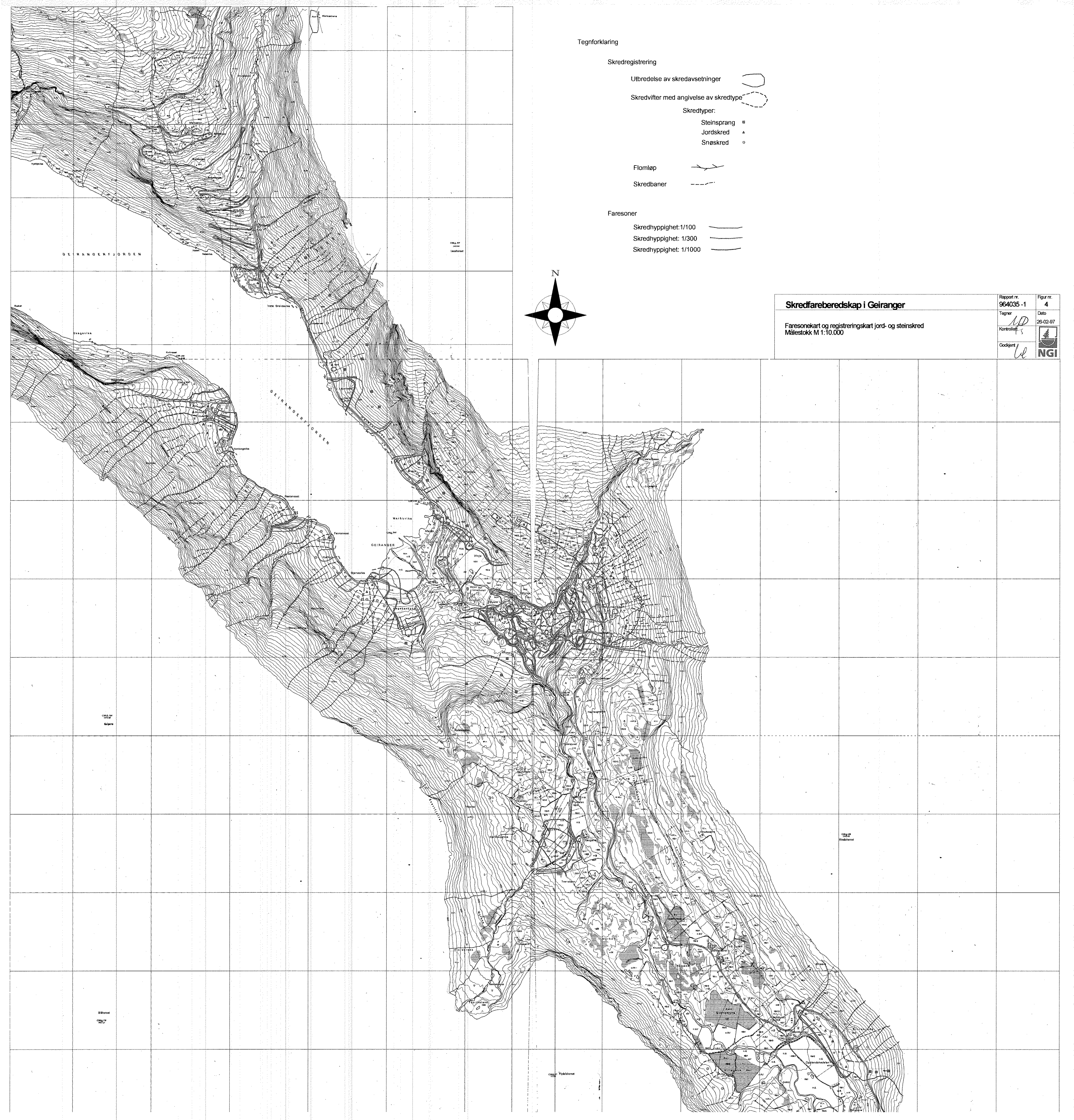
Figur nr.
4

Tegner
MD

Dato
26-02-97

Kontrollert
S

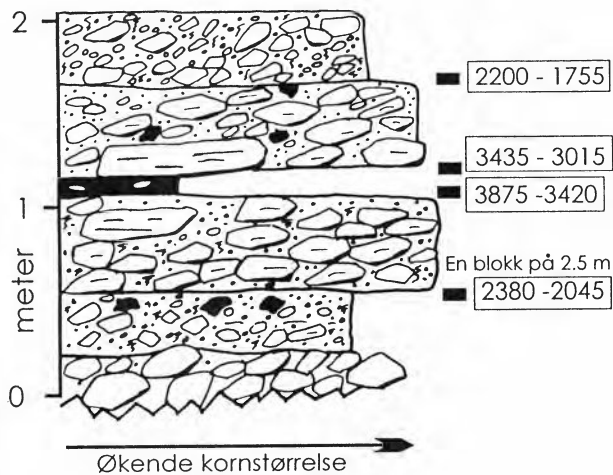
Godkjent
U



Jordprofil i skredavsetninger ved Homlong

SKREDFAREBEREDSKAP I GEIRANGER

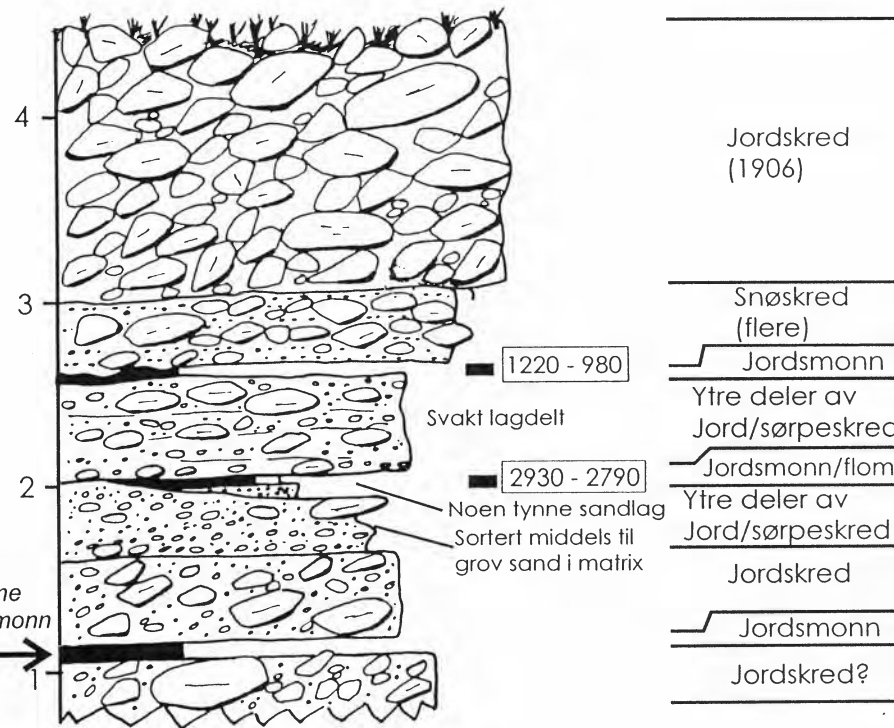
HOMLONG



Tolking

Jordskred
Snøskred (flere)
Jordsmonn
Snøskred (flere)
Jordskred (flere?)
?

Samme jordsmonn

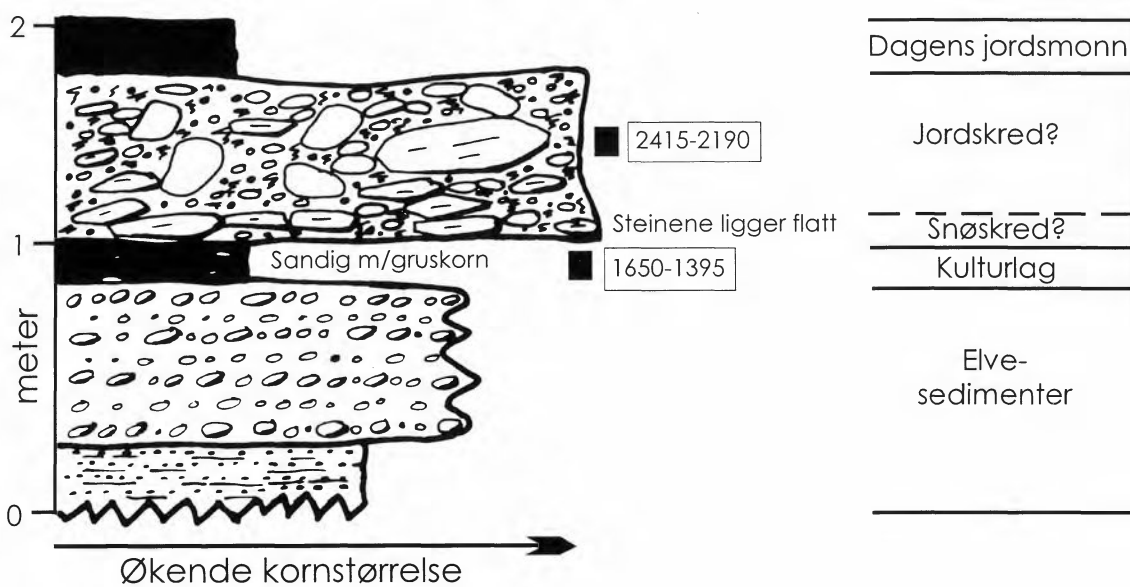


Jordskred (1906)
Snøskred (flere)
Jordsmonn
Ytre deler av Jord/sørpeskred
Jordsmonn/floam
Ytre deler av Jord/sørpeskred
Jordskred
Jordsmonn
Jordskred?

Godkjent	Kontrollert	Tegner	Rapport nr. 964035-1	Figur nr. 5
		Dato 97-03-01		



VINJE/MJØLKESLETTA



SKREDFAREBEREDSKAP I GEIRANGER

Rapport nr.
964035-1

Figur nr.
6

Jordprofil i skredavsetninger Mjølkesletta

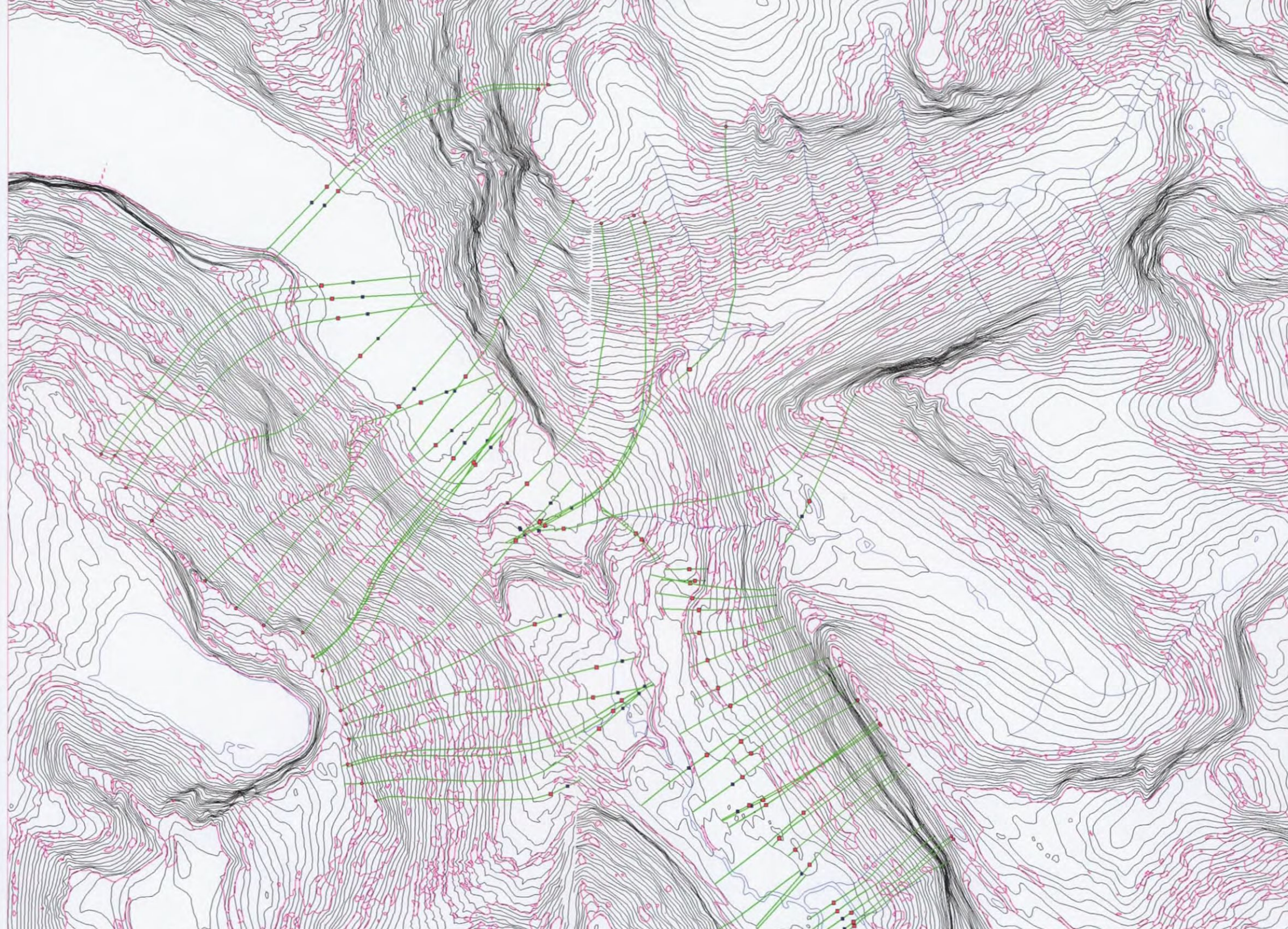
Tegner

Dato
97-03-01

Kontrollert

Godkjent





Tegnforklaring

- Startpunkt for snøskredbanen
- Beregnet rekkevidde av snøskred
- Beregnet rekkevidde av snøskred minus ett standardavvik
- Snøskredbaneprofil
- Bratte områder

Skredfareberedskap i Geiranger

Beregning av snøskredrekkevidde
Målestokk 1:30.000

Rapport nr. 964035 -1	Figur nr. 7
Tegner <i>MD</i>	Dato 28-02-97
Kontrollert <i>fs</i>	
Godkjent <i>U</i>	

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Oppdragsgiver/Client Det Kongelige Miljøverndept., Fylkesmannen i Møre og Romsdal, Stranda kommune		Dokument nr/Document No. 964035-1
Kontraksreferanse/ Contract reference 95/3086-PL/kds 95/04493/05-312/OT		Dato/Date 1997-03-01
Dokumenttittel/Document title Skredfareberedskap i Geiranger Faresonekart over skredområder Prosjektleder/Project Manager Karstein Lied Utarbeidet av/Prepared by U. Domaas, K. Lied, F. Sandersen, og L.H. Blikra (NGU)		Distribusjon/Distribution <input type="checkbox"/> Fri/Unlimited <input type="checkbox"/> Begrenset/Limited <input type="checkbox"/> Ingen/None
Emneord/Keywords Snow avalanche, hazard, mapping, probability, land use planning, monitoring		
Land, fylke/Country, County Møre og Romsdal Kommune/Municipality Stranda Sted/Location Geiranger Kartblad/Map 1319 III, 1219 II UTM-koordinater/UTM-coordinates		Havområde/Offshore area Feltnavn/Field name Sted/Location Felt, blokknr./Field, Block No.

Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001							
Kon-trollert av/Reviewed by	Kontrolltype/ Type of review	Dokument/Document		Revisjon 1/Revision 1		Revisjon 2/Revision 2	
		Kontrollert/Reviewed		Kontrollert/Reviewed		Kontrollert/Reviewed	
		Dato/Date	Sign.	Dato/Date	Sign.	Dato/Date	Sign.
FS	Helhetsvurdering/ General Evaluation *	5.3.97	FS				
FS	Språk/Style	5.3.97	FS				
FS	Teknisk/Technical - Skjønn/Intelligence	5.3.97	FS				
	- Total/Extensive						
	- Tverrfaglig/Interdisciplinary						
WUT	Utforming/Layout	5.2.97	WUT				
UD	Slutt/Final						
JGS	Kopiering/Copy quality	6/3-97	JGS				
* Gjennomlesning av hele rapporten og skjønnsmessig vurdering av innhold og presentasjonsform/ On the basis of an overall evaluation of the report, its technical content and form of presentation							
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release		Dato/Date 5/2-97		Sign. bl			