Vedlegg 3 - Jord-, flom- og sørpeskred

Bransjestandard for kartlegging av fare for jord-, flom- og sørpeskred

1. Generelt for de tre skredtypene **2**
1.1 Grunnlag 2
1.1.1 Aktsomhetskart 2
1.1.2 Historiske hendelser 2
1.1.3 Klima 2
1.1.4 Kartgrunnlag 3
1.1.5 Feltarbeid 4

2. Jordskred **6**
2.1 Definisjon 6
2.2 Løsneområder 6
2.2.1 Betydning av skog og vegetasjon i løsneområder 8
2.3 Skredløpet 8
2.4 Utløpsområdet 8
2.5 Bruk av beregningsverktøy 8

3. Flomskred **9**
3.1 Definisjon 9
3.2 Løsneområder 9
3.2.1 Skog og vegetasjon i løsneområder 9
3.3 Skredløpet 10
3.4 Utløpsområdet 10
3.5 Bruk av beregningsverktøy 11

4. Sørpeskred **12**
4.1 Definisjon 12
4.2 Løsneområder 12
4.3 Skredbanen 14
4.4 Utløpsområdet 14
4.5 Bruk av beregningsverktøy 15

5. Fastsetting av faresoner **16**

6. Referanser **17**

7. Eksempelbilder **19**

1. Generelt for de tre skredtypene

Følgende vedlegg må ses på som et tillegg til hoveddokumentet, og det inneholder utfyllende informasjon spesifikt for kartlegging av skredfare for jord-, flom- og sørpeskred.

1.1 Grunnlag

Nødvendig grunnlagsmateriale er beskrevet i hoveddokumentet, avsnitt 4. Nedenfor følger en beskrivelse av grunnlagsmateriale som er av spesiell interesse for kartlegging av fare for jord-, flom-, og sørpeskred og der det stilles spesielle krav til kartlegging av skredfare for disse skredtypene.

1.1.1 Aktsomhetskart

Kombinerte aktsomhetskart for jord- og flomskred finnes i NVE Atlas. Nylig er også aktsomhetssoner for jordskred og aktsomhetssoner for flomskred publisert alene i NVE Atlas, og da både løsneområder og utløpsområder. Aktsomhetskartene er forholdsvis grove, og fanger ikke opp alle kjente hendelser, samtidig med at kartene generelt viser svært stor utbredelse fra modellerte løsneområder. Som for andre typer av aktsomhetskart er funksjonen kun å vise hvor det er potensiell skredfare og dermed behov for en detaljert skredfarekartlegging.

Det finnes ikke aktsomhetskart for sørpeskred. Enkelte steder er aktsomhetskartene for jord- og flomskred dekkende for sørpeskred, men ikke alle steder.

1.1.2 Historiske hendelser

Noen historiske hendelser er registrert i NVE Atlas. Merk at de registrerte hendelsene ikke alltid tydelig skiller mellom jord- og flomskred, og at utløsningen i visse tilfeller kan være som sørpeskred. Mange sørpeskredhendelser i NVE Atlas er registrert som jordskred, flomskred eller snøskred, da de ofte har utseende som disse skredtypene i nedre deler av fjellsidene, der infrastruktur typisk finnes. På grunn av disse usikkerhetene må registrerte hendelser i NVE Atlas gjennomgås kritisk.

1.1.3 Klima

Klimaanalysene som i dag gjøres for jordskred og flomskred er ofte basert på Sandersen, m.fl. (1996). En slik analyse kan gjøres, men den sier ikke noe spesifikt om sannsynligheten for at disse skredtypene utløses i et gitt område, hvor de utløses, og er basert på et relativt begrenset datasett.

Dersom det er kjente jordskredhendelser i eller nær et kartleggingsområde, kan man bruke historiske klimadata til å undersøke mulige årsaker til jordskred. Dette kan bidra til forståelse

av prosessene involvert, men koblingen opp mot faresonene som skal utredes for TEK17 er ikke entydig.

Flere typer værhendelser kan utløse sørpeskred. Det er derfor ikke en enkel klimatisk analyse som kan gjøres for å avdekke om et område er potensielt utsatt for sørpeskred. En klimaanalyse kan allikevel gi flere indikasjoner på om de klimatiske forholdene for utløsning av sørpeskred er til stede, for eksempel:

- Hyppighet av hendelser med innslag av mildvær med regn når det er snø på bakken
- Hyppighet av langvarige kuldeperioder ved lite snø på bakken som kan føre til dannelse av store mengder begerkrystaller i snødekket
- Hyppighet av hendelser med intense smelteperioder om våren (kombinasjon av varm vind og sterk solstråling)
- Hyppighet av kraftig snøvær, nysnø som går over til regn

En analyse av vær før og under kjente sørpeskredhendelser i et kartleggingsområde kan gi nyttig informasjon. Grunnet få kjente hendelser, vil en slik analyse oftest ikke dekke det fulle spekter av mulige hendelsesforløp som kan føre til utløsning av sørpeskred. Denne typen analyser gir en indikasjon for potensialet for sørpeskred i et kartleggingsområde.

1.1.4 Kartgrunnlag

Nødvendig kartgrunnlag er beskrevet i hoveddokumentet, avsnitt 4. Her nevnes de kartgrunnlagene som er viktigst for å kartlegge fare for jord-, flom-, og sørpeskred.

For best mulig vurdering av løsneområder for jord-, flom-, og sørpeskred, er det viktig å vurdere terrenget ovenfor potensielle løsneområder, slik at vannveier kan kartlegges i best mulig grad.

Detaljerte løsmassekart (målestokk 1:50.000 eller bedre, se hoveddokument avsnitt 4.5) kan gi informasjon om mulige avsetninger fra jord-, flom, og sørpeskred i samme skråningen, eller i området mer generelt[1]. For flom- og sørpeskred kan kartene gi indikasjoner på potensialet for medriving av løsmasser i skredbanen. De mest detaljerte løsmassekartene må anvendes som grunnlag for skredfarevurderingen og må kommenteres i en leveranserapport. Se også avsnitt 4.5 i hoveddokument.

[1] Her og i resten av dokumentet er "området generelt" definert som et område med tilnærmet samme topografiske, geologiske og klimatologiske forholdene som i det kartlagte området, typisk en omkrets av 5-100 km fra kartleggingsområdet. Hva som er relevant "område" å se etter tidligere hendelser i, må vurderes og kommenteres av rådgiver. Merk at motsatte dalside kan ha andre forhold i løsmasser og klima som kartleggingsområdet, til tross for at det kan ligge relativt nært.

Skyggekart kan gi informasjon om avsetninger/erosjonsformer fra tidligere jord-, flom- og sørpeskred i samme skråning som det kartlagte området, eller i området generelt. For at skyggekartene skal være detaljerte nok, må LiDAR data med høy tetthet anvendes som grunnlag (se ellers avsnitt 4.1 i hoveddokumentet).

Flere årganger med ortofoto anvendes for å se på mulig utvikling over tid, for eksempel:

- avsetninger av løsmasser i utløpsområdet
- skader i skog
- andre relevante spor fra jord-, flom-, og sørpeskred.

Dette skal gjøres der de finnes (se hoveddokument avsnitt 4.6). Samtidig er det viktig at fravær av spor fra tidligere skredhendelser ikke tolkes som at det ikke er fare for jord-, flom, og sørpeskred, og at det ikke tidligere har vært hendelser med disse skredtypene. Ortofoto gir også informasjon om skog både før og nå, ettersom skog har innvirkning på sannsynligheten for utløsning av sørpeskred

Sannsynlighet for utløsning av jord-, flom, og sørpeskred kan i noen grad relateres til overvann. Derfor må det for terreng der disse skredtypene ikke kan utelukkes, gjennomføres en modellering av overflateavrenning ved bruk av GIS-baserte flytanalyser (for eksempel multi-flow- eller single-flow direction analyser). Resultatene brukes inn i den samlede tolkning av fare for skred. Dette krever en detaljert og representativ terrengmodell (se hoveddokument, avsnitt 4.1).

1.1.5 Feltarbeid

Arbeid i felt for sikkerhetsklasse S2 og S3 skal utføres der jord-, flom- eller sørpeskred er dimensjonerende skredtype, som nevnt i hoveddokument Tabell 2 og avsnitt 3.3. Også for sikkerhetsklasse S1 vil feltarbeid være nyttig, men ikke påkrevd. Dersom det ikke utføres feltarbeid, må det begrunnes hvorfor. I enkelte områder gir en LiDAR basert terrengmodell like god informasjon som feltarbeid.

Under feltarbeidet skal terrengformer tolkes i forhold til skredfare, blant annet for å avdekke tidligere løsneområder (mest relevant for jord- og flomskred), og for å identifisere områder der det tidligere har vært avsatt skredmasser. Arbeidet og funnene dokumenteres i et registreringskart (hoveddokument avsnitt 5.1).

Det bør tilstrebes å gå til fots over rotpunkt på eventuelle vifteformer, og befare eventuelle leveer til fots. Ved feltarbeid skal det kartlegges hvilke deler av vifta som i nyere tid har vært aktive, samt hvilke deler av vifta som kan nås av kommende skred.

Typen av vegetasjon observert i felt tolkes i forhold til fuktighet og tilgjengelig vann i løsmassedekket. Dette dokumenteres i rapport (tekst) og/eller i registreringskart med symboler.

Under feltbefaring skal eventuelle løsmasseskjæringer i området oppsøkes for å få et innblikk i løsmasseavsetningene. Om mulig registreres type løsmasser, mektighet og stratifisering. Det gjelder både om de er i løsneområder eller utløpsområder. Snittene/skjæringene bør da dokumenteres med bilder.

For bedre å karakterisere løsmassene bør det vurderes å ta poseprøver fra skjæringer. Dette for å få informasjon om korngradering og sensitivitet av løsmassene til vann. Nytten av slike undersøkelser bør vurderes opp mot ekstraarbeidet dette vil medføre.

Boreprøver med en analyse av kornstørrelsesfordeling kan gi informasjon om løsmassenes sensitivitet til vann, men dette gjøres vanligvis ikke ved kartlegging i dag. Det fører til at man ved kartlegging av skredfare generelt vet for lite om de aktuelle løsmassene. I spesielle tilfeller kan det være nyttig å grave med maskinelt utstyr for å vurdere om stratigrafiske observasjoner kan gi indikasjoner om antall tidligere skredhendelser, og dermed antatt skredhyppighet.

Mulige punkt som skal vurderes under feltbefaring (og/eller ved kartstudier) er nevnt nedenfor:

- Spesielt for sørpeskred:
    - Finnes det bekkeløp som kommer fra flate områder på fjellet, som innsjøer, myrer og daler med svært lite fall?
    - Er det terrengformasjoner i løsneområdet som tilsier at det kan dannes en «propp», som midlertidig demmer opp smeltevann, for eksempel snøskred som går ned i en trang dal?
- Er det avsetningsformer i utløpsområdet som kan gi informasjon om hyppighet og størrelse av skredhendelser?
- Er det kritiske punkt i skredbanen, der skredmasser kan ta nye løp, for eksempel ved avsetning av masser i skredbanen?
- Er det løsmasser tilgjengelig for medrivning (erosjon og transport) i skredbanen?
- Observasjoner av skredavsetninger i løsmasseskjæringer (i den grad disse kan skilles fra avsetninger fra jord- og flomskred)?

2. Jordskred

2.1 Definisjon

Jordskred er av NVE (2018a) definert som "raske utglidninger og bevegelse av vannmettede løsmasser i bratte skråningsgradienter, utenfor definerte vannveier". Ved kartlegging av fare for jordskred i henhold til kravene i TEK17, må denne definisjonen utvides til også å inkludere saktere bevegelser (sig) og bevegelse av jordmasser i slakere områder.

Vurderinger av jordskred grenser opp mot vurdering av konstruksjonssikkerhet som beskrevet i TEK17 kapittel 10, og geoteknisk stabilitet som beskrevet i NS-EN 1997 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering (Norsk Standard 2008). Faresonekartlegging av jordskred i Norge er i dag ingen geoteknisk vurdering.

I grenseland mot jordskred er også problemstillingen rundt remoblisering av enkeltblokker i eller på overflaten av løsmasser. Dette temaet er dermed nevnt både i vedlegg 1 og 3.

2.2 Løsneområder

Løsneområder for jordskred er vanskelige å definere, siden det tradisjonelt i denne typen skredfarevurderinger ikke gjøres en detaljert stabilitetsvurdering. Stabilitetsforhold må vurderes grovt ut fra type jordmasse, lagdeling og mektighet, og mulighet for høyt poretrykk eller metning i massene. Ofte vil drenering inn mot et område være et av kriteriene for å få utløst jordskred, men det trenger ikke nødvendigvis være et kriterie. Figur 2 viser eksempel på at skred har løsnet på en ryggform også.

Følgende forhold gir områder med økt sannsynlighet for jordskred:

- Brattere terreng enn om lag 25 grader (jordskred forekommer også slakere, ned mot 18 grader, om flere av de videre forholdene forekommer)
- Stort innhold av finstoff i løsmassene (kohesjonsmasser)
- Vann i foten av skråningen og generelt i fjellsiden
- Ikke skog eller annen vegetasjon
- Vann samles sammen og ledes inn i skråningen, for eksempel grunnet dårlig overvannshåndtering i forbindelse med skogsbilveier.
- Tynt løsmassedekke eller kun torvlag liggende over fjellet
- Et relativt løst topplag liggende over et mindre permeabelt lag

Steinsprang ned på vannmettet jord i bratte skråninger kan også være utløsende årsak til jordskred. Det er flere slike eksempler, bl.a. et større jordskred i Signaldalen i Troms i 2008 (figur 1).

Figur 1: Jordskred utløst som følge av et større steinsprang fra overliggende fjellhammer. Foto: Jaran Warud/NVE.

Figur 2: Grunne jordskred utløst på en ryggform. April 2018, Ål. Foto: Skred AS.

Blokker i og på overflaten kan komme i bevegelse som følge av ustabilitet i løsmassene, altså remobilisering av blokker. Vurderingen av muligheten for at de kan komme i bevegelse er her tett knyttet til stabiliteten av løsmasene, og henger tett sammen med muligheten for at jordskred kan løsne. Når en enkeltblokk først kommer i bevegelse er det terrengprofilet, skog/vegetasjonsforhold og blokkegenskaper som bestemmer utløp tilsvarende som for steinsprang, omtalt i vedlegg 1 Steinsprang og steinskred.

2.2.1 Betydning av skog og vegetasjon i løsneområder

Skog og vegetasjon har stor betydning for sannsynlighet for utløsning av grunne jordskred i typiske morenemasser. Vegetasjon har positiv effekt på stabilitet av løsmasser blant annet på grunn av følgende:

- Effekt av røttene på stabilitet
- Effekt av trekronen på nedbør som lander på bakken, både i forhold til vannmengder på bakken, og i forhold til erosjon.
- Opptak av vann fra løsmassedekket.

Blandingsskog med ujevn alder og bunnvegetasjon er trolig mest effektiv og robust for å redusere sannsynligheten for utløsning av grunne jordskred over tid.

2.3 Skredløpet

Jordskred kan inndeles i kanaliserte eller ikke-kanaliserte løp. Generelt vil kanaliserte jordskred ha lenger utløp enn ikke-kanaliserte, da skredmassene typisk vil ha større vanninnhold, og dermed være mer mobile/viskøse.

2.4 Utløpsområdet

Avsetninger fra jordskred er typisk vifteformede eller består av lober av ulik størrelse. Disse har betydning for tolkning av tidligere hendelser.

2.5 Bruk av beregningsverktøy

Det er ikke noen dynamiske beregningsmodeller som har friksjonsparametere spesielt tilpasset jordskred. Slike modeller bør likevel anvendes til å vurdere mulig utløpslengde og trykk. Inngangsparametre bør da avspeile de ulike scenariene som er nødvendige i hvert oppdrag. Dersom det er kjente skredhendelser i området, bør modellen testes mot disse.

3. Flomskred

3.1 Definisjon

Flomskred er hurtige, flomlignende skred som opptrer langs elve- og bekkeløp, også der det vanligvis ikke er permanent vannføring. Vannmassene kan rive løs og transportere store mengder løsmasser, større steinblokker, trær og annen vegetasjon i og langs løpet (NVE 2018a). Kanaliserte jordskred med stort vanninnhold kan ha tilnærmet samme bevegelse som flomskred, men er utløst på en annen måte (se kapittel ovenfor).

Grenseskillet mellom flom og flomskred er viktig, men ikke klart definert. Flomskred fremstår som raske bevegelser i en eller flere pulser/bølger, mens flom pågår over lenger tid enn flomskred.

3.2 Løsneområder

Løsneområder for flomskred er typisk i bekke- og elveløp, der terrenghelningen er 25-45 grader. For at løsneområdene skal være relevante for faresonene, må det være eroderbare løsmasser til stede i løpet. Bratte gjel i fjell, som fylles med steinsprangblokker kan akkumulere masser over tid.

Kanaliserte jordskred kan få bevegelse som minner om flomskred. Løsneområder for jordskred ovenfor bekke- og elveløp må derfor også vurderes.

Følgende forhold gir områder med økt sannsynlighet for flomskred:

- Brattere terreng
- Lite skog eller annen vegetasjon
- Eroderbare løsmasser langs løpet
- Jevnlig påfyll av løsmasser i trange gjel, for eksempel fra steinsprang

3.2.1 Skog og vegetasjon i løsneområder

Skog og vegetasjon i løsneområdet har stor betydning for sannsynlighet for utløsning av flomskred. Effekt av vegetasjon på utløsningssannsynlighet må vurderes i forhold til følgende:

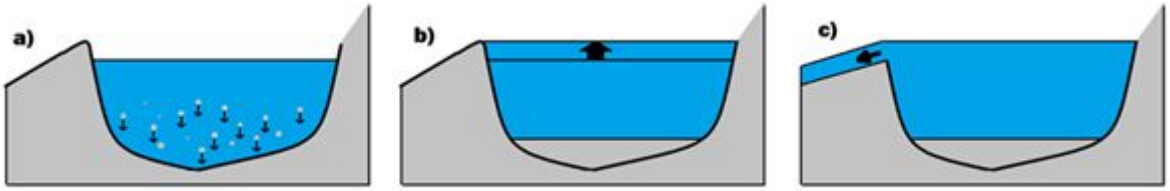
- Effekt av røttene på stabilitet og opptak av vann. Røtter og vegetasjon reduserer oftest fare for erosjon og utglidninger. Store trær i ustabile raviner kan falle inn og bidra til vann på avveie og erosjon.
- Effekt av trekronen på nedbør som lander på bakken, både i forhold til vannmengder på bakken, og i forhold til erosjon. Skog høyere oppe i dreneringsfeltet vil ha positiv effekt, med å bidra til å dempe vannføringstoppen ved intense nedbørshendelser.

- Blandingsskog med bunnvegetasjon vil normalt være mest effektiv for å redusere sannsynligheten for utløsning av flomskred, spesielt på grunn av redusert fare for erosjon.
- Blandingsskog med ujevn alder og bunnvegetasjon vil trolig være mest effektivt og robust over tid.

3.3 Skredløpet

Flomskred vil ha en tendens til å følge forsenkninger i terrenget. Langs skredløpet kan det avsettes ett eller flere sett med leveer (figur 4). Befaring av disse i felt kan gi verdifull informasjon om bevegelsesformen til skredmassene.

Masseavsetning under flom/flomskred kan øke vannstanden og flomutbredelse (se Figur 3).



Figur 3: Skjematisk fremstilling av hvordan masseavsetning i et elveløp under flom/flomskred kan påvirke vannstander og flomutbredelse. A) Sediment i vannet synker. B) Sediment tar plassen av vannet og vannstander øker. C) Vannet kan komme ut av elveløpet pga sedimentasjon. Figur etter Dam (2017).

3.4 Utløpsområdet

Avsetninger fra flomskred er typisk vifteformede, gradert med de groveste blokker øverst på vifta. Dette har betydning for tolkning av tidligere hendelser, og for vurdering av kriteriene i TEK17 med “skade av betydning” (se avsnitt 5).

Figur 4: Skredbane og utløpsområde av flomskred. Leveer er synlige langs deler av skredbanen. Foto: Skred AS.

3.5 Bruk av beregningsverktøy

Noen dynamiske beregningsmodeller har friksjonsparametere spesielt tilpasset flomskred. Minst en slik modell skal brukes for å:
1) studere mulige strømningsmønstre i fjellsiden,
2) bistå ved vurdering av hvilke punkt langs skredløpet og på avsetningsvifta skredmasser muligens kan finne nye løp, og
3) bistå i en vurdering av mulig utbredelse og krefter i utløpet.

Inngangsparametre bør da avspeile de ulike scenariene som er nødvendige i hvert oppdrag. Dersom det er kjente skredhendelser i området, må modellen testes mot disse. Det må gjennomføres en sensitivitetsanalyse for modellarbeidet, der det vurderes og beskrives hvordan de ulike modellparametre påvirker modellresultatet.

Et mye brukt modellverktøy for flomskred i dag er RAMMS DebrisFlow.

4. Sørpeskred

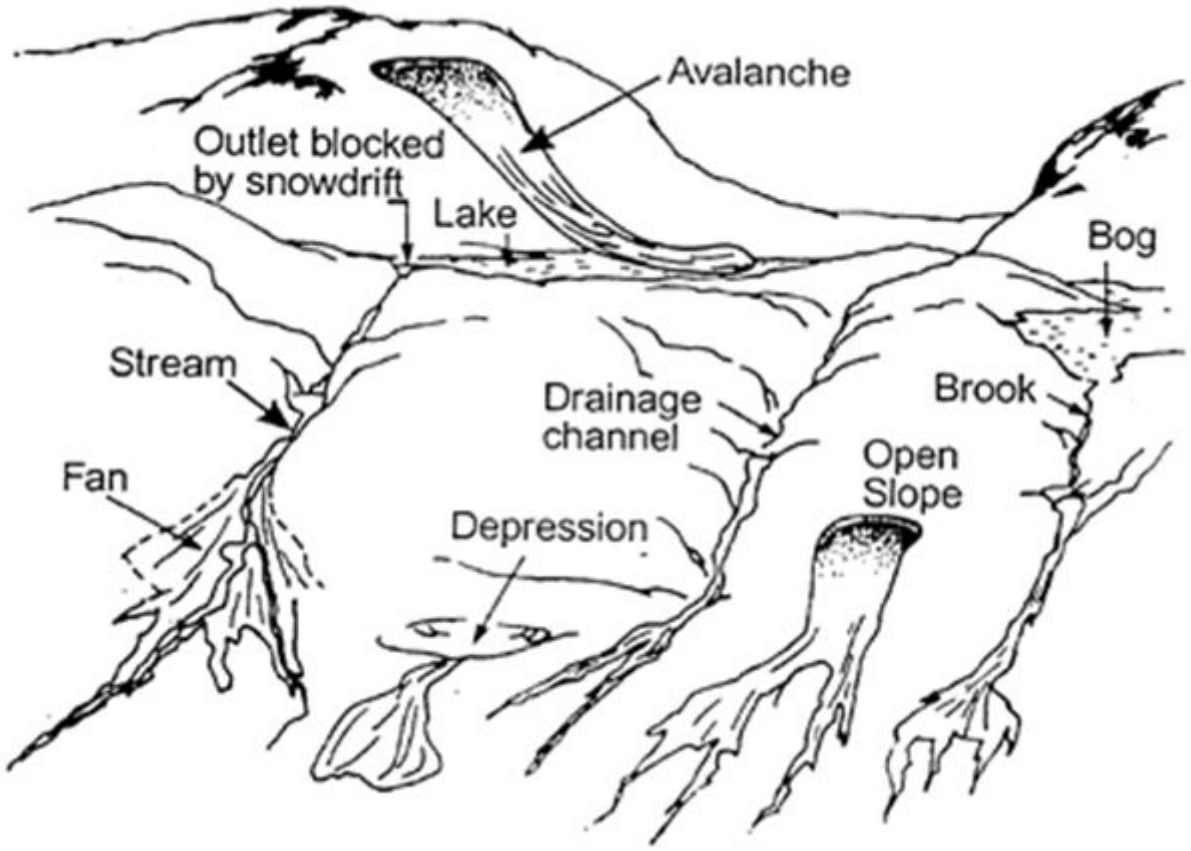
4.1 Definisjon

Sørpeskred er hurtige, flomliknende skred av vannmettet snø (NVE, 2018a). Skredene kan endre karakter underveis i skredbanen, for eksempel ved medrivning av vegetasjon eller løsmasser, men skredene klassifiseres som sørpeskred på grunn av hvordan de utløses.

Utløsning av sørpeskred er ofte betinget av rask tilførsel av vann til et snødekke bestående av grov snø eller nysnø. Sørpeskred kan også utløses fra bratte gjel eller daler, der snøskred har demmet opp den naturlige vannveien.

4.2 Løsneområder

Det finnes ikke noen eksisterende standard for å identifisere løsneområder for sørpeskred. Dette skyldes dels at det finnes mange typer av løsneområder (figur 5 under), og dels at sørpeskred bare er en problemstilling få steder i verden, og da hovedsakelig i områder uten stor befolkningstetthet. Definisjon av reelle løsneområder for sørpeskred samt estimert årlig sannsynlighet for sørpeskred er derfor beheftet med stor usikkerhet.



Figur 5: Mulige løsne- og utløpsområder for sørpeskred.

Sørpeskred kan utløses i terreng med slak helning, for eksempel myrområder, men også i brattere terreng opptil 25°. Typiske løsneområder er i forsenkninger der utløpet ikke lar vannet komme seg ut (innsnevring, naturlig eller på grunn av skredmasser) og derfor gir mulighet for store vannansamlinger i situasjoner med stort tilsig av vann fra regn eller smelting (eksempel i figur 6 under) Sørpeskred som utløses fra myrområder kan ha et volum som svarer til det vannmettede snødekket på myra. I tillegg kan skredvolum øke flere ganger pga. medrivning av snø i skredbanen. Sørpeskred kan også utløses ved lokale vannansamlinger på gressmark.

Figur 6: Løsneområde for sørpeskred, Storlidalen i Oppdal. Åpent bekkeløp er sørpe som har løsnet og gått ut i et skred. Mer tydelig vannmettet snø synlig rett oppstrøms det som har gått ut. Lengst bak i bildet ligger et vann. Foto: Gunne Håland/SVV.

Våte flakskred som utløses fra bratte sva, der det er mye vann langs bakken, kan gå over i en massestrøm som et sørpeskred, på samme måten som jordskred som kanaliseres i skredbanen kan gå over i en massebevegelse som minner om flomskred (se kapitler om jord- og flomskred ovenfor). Utløsningssannsynligheten må i slike tilfeller vurderes som for våte snøskred (Vedlegg 2 - Snøskred), men skredbevegelsen vurderes som sørpeskred.

Sørpeskred blir sjeldent utløst i skogkledd terreng. Skog har vist seg å ha effekt i løsneområder, f.eks. med gammel slåttemark som nå har grodd igjen viser seg at ikke gir

utløsning av sørpeskred på samme måten som tidligere da det ikke var skog der. Det finnes erfaring på dette fra bl.a. Naustdal.

4.3 Skredbanen

Skredbanen til sørpeskred følger i hovedsak naturlige forsenkninger i terrenget. På grunn av massetransport og avsetning av masser samt mulige høye hastigheter, kan sørpeskred hoppe ut av de naturlige forsenkningene. Det er derfor viktig å vurdere mulige kritiske punkter der sørpeskred potensielt kan endre løp.

Skog og vegetasjon i skredløpet har liten eller ingen beskyttende effekt og vil bli ødelagt av et eventuelt skred pga. de store kreftene som oppstår når et sørpeskred er i bevegelse. Skogen blir da ofte en del av skredmassene.

4.4 Utløpsområdet

Sørpeskred kan ha lang rekkevidde og nå ned i forholdsvis slakt terreng. Sørpeskredmasser følger ofte samme løp som kanaliserte jordskred og flomskred, og har som disse ofte utløpsområde på vifteformet terreng. Ferske avsetninger etter sørpeskred kan skilles fra avsetninger etter flomskred i det at sørpeskredavsetninger kan stå vertikalt når man graver i massene fordi snøandelen fører til god stabilitet i massene (se figur 7 nedenfor).

Figur 7: Sørpeskredmasser har god stabilitet så lenge snøen i massene fortsatt er tilstede. Foto/kilde kommer

I terreng der skredbanen og utløpsområdet mates av sørpeskred fra flere ulike løsneområder bør det, spesielt ved tegning av 1000 og 5000 års faresone, tas høyde for at skred fra flere løsneområder kan oppstå omtrent samtidig. Det kan føre til at sedimenter og sørpe kan avsettes i skredbanen og i løsneområdet, og kan føre til endringer i skredbanen. Et eksempel på dette er sørpeskredet i Balestrand i 2011 (figur 8).

Figur 8. Deler av skredløpet etter sørpeskred i Flesjadalen i Balestrand i 2011. Et bolighus som lå nær elva ble tatt og to mennesker omkom. Foto Jaran Wasrud/NVE.

4.5 Bruk av beregningsverktøy

Det er ingen beregningsverktøy som spesifikt er utviklet for å simulere bevegelsen av sørpeskred. Flomskred og sørpeskred har ikke en helt ulik dynamikk/reologi. Det kan derfor forventes at dynamiske modeller som er utviklet for flomskred, også kan brukes med fornuftig resultat for beregning av bevegelsen av sørpeskred. Det er vist at en kjent sørpeskredhendelse i Skardmodalen / Nordland kan etterregnes med brukbare resultater ved

bruk av RAMMS med friksjonsparametrene Xi=1000-3000 m/s2 og My=0,05 (NGI, 2015). Dette sier imidlertid ikke noe om gjentaksintervallet på hendelsen. For at bruk av dynamiske modeller skal være nyttig, må man ha et bevisst forhold til løsneområde, -volum, medrivning samt friksjon i skredbanen. Dersom det er kjente sørpeskredhendelser i området, må disse etterregnes for å vise at den anvendte modellen gir plausible resultater.

Under sørpeskredhendelser, spesielt de der det transporteres store mengder løsmasser, kan det være betydelig endringer i geometrien av skredbanen mens skredet pågår. Dette gjelder også for flomskred og kanaliserte jordskred, som beskrevet i de foregående kapitlene. De fleste dynamiske modeller tar dette ikke med i betraktning, og det må derfor i stedet inngå som en del av tolkningen av modellresultatene, og beskrives i rapporten.

5. Fastsetting av faresoner

Faresoner dimensjonert av jord-, flom-, og sørpeskred må i stor grad fastsettes basert på subjektivt skjønn, geomorfologiske/geologiske registreringer og prosessforståelse, støttet av modellberegninger.

Ved vurdering av faresoner for jord-, flom-, og sørpeskred er det viktig å ta med i betraktningene hvor langt ut fra fjellsiden skredmassene kan gi "skredskader av betydning, det vil si skred med en intensitet som kan medføre fare for liv og helse eller større materielle skader.", slik det er spesifisert i TEK17 med veileder. En strøm av slam med liten tykkelse anses ikke å kunne gi skredskader av betydning.

Følgende observasjoner og informasjon skal generelt gjelde for at de ulike faresonene skal være aktuelle (gjelder for hver enkelt skredtype: f.eks. indikasjoner på jordskred gir ikke faresone for sørpeskred):

Faresone med årlig sannsynlighet	Må møte minst ett av følgende krav	Eksempel
1/5000	• Generelt i området bør det være historiske hendelser. • Kvartærgeologiske/geomorfologiske indikasjoner på tidligere hendelser i området generelt (disse trenger ikke være like store som under 1/1000).	En svak antydning til vifteformet avsetning som antas å stamme fra skred, gir faresone 1/5000 ut over viften.

1/1000	(i tillegg til informasjon i 1/5000 faresonen) ● Tegn til hyppigere hendelser siden siste istid, for eksempel ved at vifteformen er stor (og at man kan anta at hovedparten av massene er transportert av skred).	Tydelig vifteform, antakelig bestående av masser avsatt fra flere skredhendelser, gir faresone 1/1000 ut over viften.
1/100	(i tillegg til informasjon i 1/1000 faresonen) ● Historiske hendelser i den aktuelle skredbanen eller i «like» skredbaner i området. ● Tegn på nylig aktivitet i erosjons- og skredsår, skredløp og skredvifter registrert ved kvartærgeologiske/geomorfologiske analyser	

Disse er ikke absolutte krav, men gir en indikasjon på hvilke faresoner som skal utarbeides. Som nevnt over, er det betydelig skjønn involvert i å fastsette disse faresonene. For eksempel kan fravær av historiske hendelser skyldes at det ikke er folk eller infrastruktur i området, og mangel på tydelig avsetningsformer (til tross for kjente, historiske hendelser) kan skyldes at skredmassene går i havet.

6. Referanser

Dam, 2017. Simulating the flood event on 24 July 2017 using a high-resolution 2D hydro- and morphological model (utkast til rapport).

NGI, 2015, FoU rapport fra NGI med RAMMS beregninger av sørpeskred Skarmodalen.

NGU 2017. Trekantformede jordskred – Studie av fem skredhendelser i Norge.

Norsk Standard 2008. NS-EN 1997-1+NA:2008: Eurocode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler.

NVE, 2018a. Jordskred og flomskred, NVE Faktaark.

NVE, 2018b. Hva er sørpeskred?, NVE Faktaark.

NVE Rapport 92/2015 Oppsummeringsrapport for skog og skredprosjektet.

Sandersen, F., Bakkehøy, S., Hestnes, E. & Lied, K., 1996: The influence of meteorological factors on the initiation of debris flows, rockfalls, rockslides and rockmass stability.

7. Eksempelbilder

Foto: Jaran Wasrud/NVE. Flomskred i Fjærland mai 2011. Skredet startet i et et trangt gjel hvor steinsprang er en aktiv prosess. Store mengder grove avsetninger avsatt ned på vifta - mer finkornig materiale selvfølgelig transportert lenger ut.

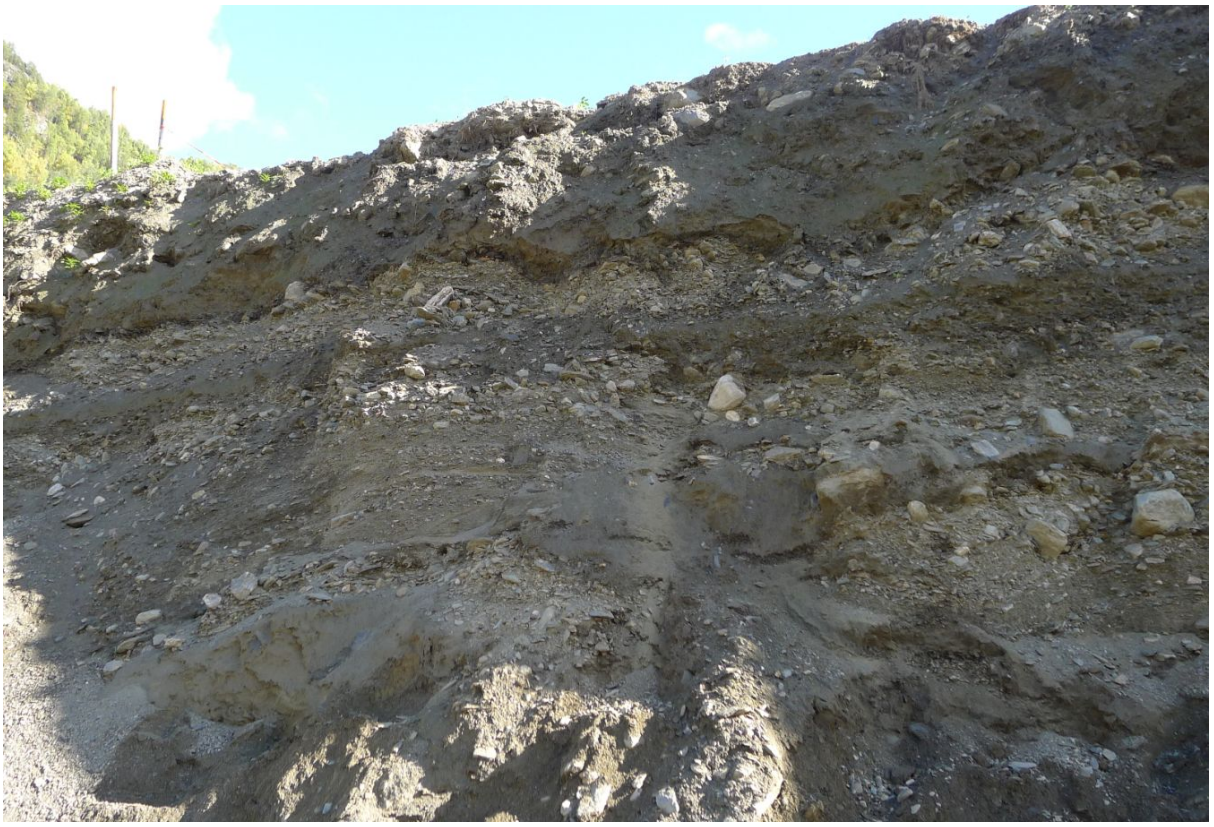


Foto: Jaran Wasrud/NVE. Flere synlige løsmasseskredhendeler over hverandre. Fra ei løsmasseskjæring ved Solhjem, Sel i Gudbrandsdalen.