

# 5 Veiledning til evaluering av felt-observasjoner

Feltobservasjoner utgjør en viktig del av grunnlaget for kartleggingen, og befaringene har flere formål, jf. kapittel 2.2. Dette kapitlet gir utfyllende beskrivelse av hva som skal registreres og hvordan feltobservasjoner skal vurderes i klassifiseringen av faresoner.

## 5.1 Kartlegging av erosjonsforhold

Ett av formålene med befaring er å avdekke erosjon som forverrer stabiliteten for områdene ned mot vassdragene. Kartleggingen må avdekke hvorvidt det finnes bunnsenkning/djupåler, graving i yttersving, sedimentasjon, erosjonsbeskyttelse, terskler, glidninger etc. Pågående erosjon som har medført dypere utglidninger (rotasjonsglidninger) gir høyeste score. Erosjonsforholdene er en av de viktigste faktorene for bestemmelse av faregraden for en faresone for kvikkleireskred. Det er derfor viktig at dette arbeidet utføres mest mulig enhetlig. Det er erosjon som er relevant for kritisk snitt som skal inngå i evalueringen. I evalueringen av faregrad er erosjon vektet høyt, og dette gjør at kritisk snitt gjerne vil ligge i de områdene som har mest erosjon (kritisk snitt er det snittet som gir høyest poengsum).

I evalueringstabellen for faregrad (Tabell 1) er "erosjon" inndelt i fire kategorier. I det etterfølgende er det gitt veiledende kriterier og kjennetegn for de ulike kategoriene. Erosjon i kohesjonsjordarter og friksjonsjordarter arter seg forskjellig, og er beskrevet delvis hver for seg. Faren for kvikkleireskred er generelt sett størst når erosjonen har fjernet masse i foten av en leirskråning og dermed hatt stabilitetsforverrende virkning. For erosjon i friksjonsmasser er dette sjeldnere tilfellet, derfor blir denne type erosjon ofte klassifisert som "litt" erosjon. Det kan imidlertid forekomme tilfeller der kategoriene "noe" eller "kraftig" erosjon er aktuelle fordi erosjon i friksjonsmasser avdekker leirmasser under. For vurdering av erosjon utenom ved evaluering av faresoner for kvikkleireskred vises det til NVEs Sikringshåndbok [29].

Erosjon oppstår i første rekke langs vassdrag, men også som grunnvannserosjon i skråninger. Grunnvannserosjon kjennetegnes ved at det dannes kanaler/hull der konsentrerte grunnvannsstrømmer slår ut i terreng og river løs jordpartikler fra terrengoverflaten. Grunnvannserosjon oppstår som oftest i lagdelte avsetninger. Silt- og finsandlag er spesielt utsatt for grunnvannserosjon på grunn av høy vannledningsevne og lite kohesjon i massene. Erosjonsprosessen kan utvikle seg videre til utglidninger og skred.

Foruten områdene på land må erosjonsvurderingen også omfatte strandsonen. I strandsonen kan erosjon oppstå blant annet som følge av bølgeerosjon, ekstremsituasjoner med flo og fjære, havstrømmer og tyngdestrømmer. Erosjonskanaler kan oppstå i stor avstand fra land. Det er ofte ikke mulig å få noe inntrykk av sjøbunnen under en befaring. Observerte erosjonsforhold på land må derfor ses i sammenheng med sjøbunnskart og den generelle løsmassegeologien i området.

Potensialet for fremtidig erosjon må ses i sammenheng med fallforholdene langs vassdraget, beliggenhet av bergterskler, områder med sedimentasjon og naturlig erosjonsbeskyttelse (stein og grus i løpet). Områder med tidligere kraftig erosjon kan ha nådd ett «nullpunkt» som tilsier

mindre erosjon fremover. Når befaring utføres ved lav vannføring må mulig vannhastighet og vannstand ved flom også tas med i betraktningen. Ofte vil spor i terrenget vise erosjonssår fra tidligere flomperioder. Beliggenheten av skredgroper kan også gi en indikasjon på hvor aggresjonsfronten i vassdraget ligger, og hvor erosjon og nye skred mest sannsynlig kan forventes, jf. [17].

Ved detaljutredninger etter kvikkleireveilederen [3], bør erosjonsforholdene vurderes mer inngående, f.eks. for vassdrag med flomhistorikk så bør NVEs flomdatabase (www.flomhendelser.no) benyttes for å vurdere alder på erosjonssår. Dersom vassdraget nylig har opplevd en stor flom (200-års flom), så er det enklere å vurdere hvor erosjonsutsatt det er. Dersom det er lenge siden siste store flom, så bør det tas med i betraktningene at det man sannsynligvis ikke ser spor av denne flommen, og den vil kunne forårsake større erosjon enn det terrenget i dag viser. For større elver vil bunnkotekartlegging ( gjerne over tid) gi informasjon om dybde- og erosjonsforholdene under vann, som ikke er lett synlig fra elvekanten. I noen tilfeller kan det være hensiktsmessig å sette opp en hydraulisk modell for å få bedre forståelse av strømningshastigheter og strømningsbildet.

Erosjonsscoren i faregradsvurderingen vurderes ut fra dagens situasjon med den historiske kunnskap som finnes om vassdraget. Scoren skal ikke settes til maks kun for å være på den forsiktige siden, uten grunnlag for dette.

Endringer i erosjonsforhold i et vassdrag kan ofte ha sammenheng med menneskelige inngrep. Dette skal imidlertid ikke tillates uten skade og ulempe er vurdert, jf. Vannressursloven §5 og TEK17 §7-1. Det skal ikke tas høyde for uforutsette menneskelige inngrep ved vurdering av erosjonsscoren.

### **Veiledende kriterier og kjennetegn for de ulike erosjonskategoriene:**

#### ***Kraftig erosjon (score 3):***

Erosjon har utløst *skred* (dyperegående rotasjoner > 1-2 meter) eller store overflateglidninger (bredde og lengde > ca. 10 m) i løpet av de siste årene. Skredene eller overflateutglidningene er utløst på grunn av at det er lite eller ingen naturlig erosjonssikring i vassdraget (bergterskler eller stein i løpet), og i de fleste tilfeller er gradienten betydelig slik at det oppstår bunn-senkning (elva eller bekken graver vertikalt). I noen tilfeller blir også skred utløst pga. at elva/bekken graver i yttersvinger klassifisert som "kraftig erosjon" selv om gradienten er gunstigere (erosjon oppstår under perioder med flom). Erosjonsforholdene er av en slik karakter at nye skred og overflateutglidninger etter alt å dømme vil bli utløst i fremtiden.

#### **Kohesjonsjordarter**

Det er leire i elve-/bekkeleiet. Skred og utglidninger har avdekt underliggende leire/silt. Typisk kjennetegn i leirområder med "kraftig erosjon" er at mange trær står på skakke og indikerer bevegelser i grunnen. Vannet er som oftest misfarget grått (ved normal vannføring). Det siste kan tyde på at erosjon pågår mer eller mindre kontinuerlig.

#### Friksjonsjordarter

Erosjon har blottlagt store områder med lett eroderbare masser. For å oppnå score 3 i faregradsklassifiseringen, må erosjonen ha medført avlastning av foten av kvikkleireskråningen slik at stabilitetsforholdene er forverret.

#### **Noe erosjon (score 2):**

Erosjon har utløst lokale *overflateglidninger* i løpet av de siste årene (bredde og lengde < ca. 10 m). Overflateutglidningene er utløst pga. at det lite eller ingen naturlig erosjonsbeskyttelse, og i de fleste tilfellene skyldes utglidningene at elva/bekken graver i yttersvinger i perioder med flom. I noen tilfeller blir også overflateutglidninger utløst pga. bunnsenkning klassifisert som "noe erosjon". Erosjonsforholdene er av en slik karakter at skred og nye overflateutglidninger vil kunne bli utløst i fremtiden.

#### Kohesjonsjordarter

Det er leire i elve-/bekkeleiet. Også i områder med "noe erosjon" er det et typisk kjennetegn at trær kan stå på skakke og indikere bevegelser i grunnen. Vannet er ofte misfarget grått (typisk ved høy vannføring), men kan også være klart (typisk ved lav vannføring).

#### Friksjonsjordarter

Erosjon har blottlagt lett eroderbare masser i mindre områder. For å oppnå score 2 i faregradsklassifiseringen, må erosjonen har medført avlastning av foten av kvikkleireavsetningen slik at stabilitetsforholdene er forverret.

#### **Litt erosjon (score 1):**

Det er lite eller ingen naturlig erosjonssikring. Gradientforholdene tilsier at erosjon kan oppstå. Observert erosjon er begrenset slik at det ikke har blitt utløst skred eller overflateutglidninger. Erosjonsforholdene er av en slik karakter at det ikke kan utelukkes at skred og overflateutglidninger blir utløst i fremtiden. Grunnvannserosjon som ikke har utviklet seg videre til overflateutglidninger og skred klassifiseres gjerne i denne kategorien.

#### Kohesjonsjordarter

Det er leire i elve-/bekkeleiet. Trærne står i hovedsak vertikalt. Vannet kan være klart eller noe misfarget grått.

### Friksjonsjordarter

Det er lett eroderbare masser i elve-/bekkeleiet noe som har ført til partikkelerosjon. I faregradsevalueringen blir erosjon i friksjonsjordarter ofte klassifisert i denne kategorien, når den ikke medfører stabilitetsforverring eller leirmassene under ikke er avdekket.

### **Ingen erosjon (score 0):**

Det er naturlig erosjonsbeskyttelse i bunn og sider av elve-/bekkeleiet, eller det er lav naturlig gradient, eventuelt terskler som gjør gradientforholdene så små at erosjon ikke vil oppstå. Vannet er klart (ved normal vannføring).

Bilder med eksempler på vurdering av erosjonsforhold er gitt i vedlegg A, som også inneholder en tabell som oppsummerer kjennetegnene til de ulike gradene med erosjon som er presentert over.

## **5.2 Registrering av terrenginngrep i eller i nærheten av raviner**

Terrenginngrep i eller i nærheten av ravineskrånninger vil sterkt kunne påvirke stabilitetsforholdene og faregraden for en sone. Det er derfor av stor betydning at slike inngrep blir registrert og evaluert. I evalueringstabellen for faregrad (Tabell 1) er ”inngrep” inndelt i fire kategorier. Det er kun inngrep som er relevant for kritisk snitt som skal inngå i evalueringen, men inngrep som har medført forverring i andre deler av faresonen bør meldes fra om til aktuell kommune. I det etterfølgende er det gitt veiledende kriterier for de ulike kategorier:

**Stort inngrep (score 3):** Endring av topografien slik at skråningshøyden er øket eller redusert med mer enn 4 m, eller at skråningshelningen er øket eller redusert med mer enn 20 %\*. Dette vil kunne omfatte bakkeplanering, bekkelukking eller utfyllinger.

**Noe inngrep (score 2):** Endring av topografien slik at skråningshøyden er øket eller redusert med 2 til 4 m, eller at skråningshelningen er øket eller redusert med 10-20 %\*. Dette vil kunne omfatte mindre bakkeplanering, bekkelukking eller mindre utfyllinger.

**Lite inngrep (score 1):** Endring av topografien slik at skråningshøyden er øket eller redusert med mindre enn 2 m, eller at skråningshelningen er øket eller redusert med mindre enn 10%\*. Dette vil kunne omfatte bekkelukking eller små utfyllinger. Likeledes vil denne kategori omfatte endring av hydrologiske forhold i skråningen, som for eksempel fjerning av vegetasjon, grøfing av myrer eller beplantning.

**Ingen inngrep (score 0):** Små lokale endringer eller utjevninger av terrenget, som for eksempel traktorveier, mindre planering i forbindelse med spredt boligbebyggelse etc., regnes i denne forbindelse ikke som inngrep.

\*Skråningshelningen regnes som forholdstallet mellom vertikal og horisontal avstand (tangens til skråningsvinkelen). Eksempelvis vil en skråning med opprinnelig helning 1:10, som har blitt brattere pga. en utfylling i toppen, til 1:8, ha en prosentvis økning på  $(0,125-0,1)/0,1=25\%$ .

### 5.3 Vurdering av fare for oppdemming og skade fra flodbølge

Oppdemming av et vassdrag på grunn av skred og etterfølgende flodbølge kan medføre store materielle skader og inngår derfor i evalueringen av konsekvens ved et skred. Skred som går ut i sjø vil kunne medføre en flodbølge som kan ha stor rekkevidde og gjøre stor skade (f.eks. Rissa 1978 og Statland 2014).

I evalueringstabellen for konsekvens (Tabell 2) er ”oppdemming og flodbølge” inndelt i fire kategorier. I det etterfølgende er det gitt veiledende kriterier for de ulike kategorier. Kriteriene forutsetter at skredmassene vil kunne demme opp ravinene tilstrekkelig til at en flodbølge kan oppstå:

**Alvorlig (score 3):** Oppdemming og flodbølge kan oversvømme områder med til sammen mer enn 5 boligheter eller områder med skole, barnehage.

**Middels (score 2):** Oppdemming og flodbølge kan oversvømme områder med til sammen mindre enn 5 boligheter eller områder med industribebyggelse.

**Liten (score 1):** Oppdemming og flodbølge kan oversvømme områder med vei, jernbane eller kraftnett. Flodbølgen kan ikke oversvømme områder med boliger, skole, barnehage eller industribebyggelse.

**Ingen (score 0):** Oppdemming og flodbølge kan bare oversvømme områder uten bebyggelse og infrastruktur.

Hvorvidt skredmasser vil forårsake oppdemming av et vassdrag eller ikke vil være vanskelig å forutsi. Hvordan skredet vil utvikle seg i størrelse og hvordan skredmassene vil oppføre seg, vil være et resultat av et komplisert samspill mellom en rekke faktorer. Like vanskelig kan det være å forutsi hvilke skader en oppdemming og etterfølgende flodbølge vil medføre langs

vassdraget. Det er derfor vanskelig å angi gode objektive kriterier for vurdering av faren for oppdemming og konsekvensen av flodbølge etter et kvikkleireskred. Visse holdepunkter kan imidlertid settes opp til hjelp i vurderingen:

#### **Kriterier som må være tilstede for at en demning skal kunne dannes:**

- Volum skredmasse må være stor nok til å kunne demme opp dalen til et tilstrekkelig høyt nivå.
- En tilstrekkelig del av skredmassene må være lite sensitive. Dette har sammenheng med aktuell skredmekanisme. Rotasjons- og flakskred vil erfaringsvis omfatte en stor andel av lite sensitive masser. Retrogressive skred omfatter en betydelig større andel av masser med høy sensitivitet (massene strømmer mer som en væske og flyter ut over et større område).

#### **Kriterier som kan medføre skade:**

- Vannmagasinet er fullt før det er mulig å foreta tiltak for å senke kronehøyden på demningen (anta 5 års flom i vassdraget).
- Vannmagasinet er så stort at vannføringen etter dambruddet tilsvarer minst 50 års flom.
- Bebyggelse oppstrøms på nivå med vannspeilet (vannskader).
- Lett eroderbare masser langs elvebredden eller på partier som kan bli oversvømt ved flodbølge.
- Bebyggelse på kritiske områder nedstrøms (undergraving, vannskader eller skader fra flodbølge).
- Veier, broer, jernbane eller kraftnettfundamenter på kritiske områder nedstrøms (undergraving eller skade fra flombølge).

En annen mulig følgeskade av oppdemming og flodbølge etter skred, er at nye skred kan bli utløst. Dette gjelder på hele den berørte strekningen, både oppstrøms og nedstrøms demningen. Potensialet for en slik effekt må vurderes.

#### **Vurdering av flodbølge pga. utløp i sjø (massefortrengning):**

For en overordnet vurdering kan det nevnes at oppskylling på land gjorde stor materiell skade under Rissa-raset i 1978. Lavtliggende bebyggelse på Leira som ligger mer enn 5 km fra løснеområdet, og på motsatt side av Botn, ble da rammet (se [30]).

På Nord-Statland oppsto det store skader på bebyggelse innenfor en avstand inntil ca. 400 meter på begge sider av løснеområdet [31]. Maksimal oppskyllingshøyde var ca. 8 meter nærmest skredet og ca. 4 meter der flodbølgen gjorde skade lengst unna skredet.

I begge skredtilfellene raste store jordmasser ut mer eller mindre samtidig. Rissa-raset var imidlertid mye større, ca. 5 millioner kubikkmeter, mens skredet på Nord-Statland omfattet ca. 350-400 tusen kubikkmeter.

I oversiktskartleggingen må konsekvens av flodbølge vurderes skjønnsmessig ut fra hvor mye bebyggelse det er i lavtliggende områder langs sjøen, avstand og eksponeringsgrad i forhold til retningen for en eventuell flodbølge fra faresonen. Størrelsen av løsneområdet og mektigheten av løsmasser som kan gli ut mer eller mindre samtidig har stor betydning for størrelsen og rekkevidden av en eventuell flodbølge. Skredmekanismen må ses i sammenheng med dette (dvs. rotasjonskred, flakskred eller retrogressivt skred). Som et eksempel kan det nevnes at flodbølgen som gjorde stor skade under Rissa-raset kom som følge av to store flakskred i starten av skredprosessen, mens det ikke oppsto flodbølger i den retrogressive fasen av skredet (se [30]).

## 5.4 Skjema for observasjoner ved befaring av faresoner

Kommune : Dato :  
Sone : Arbeid utført av(navn/firma) :  
Ansvarlig(sign.) :

Faktor	Observasjon (beskrivelse)	Kategori (sett x)
Erosjon		Kraftig Noe Litt Ingen
Inngrep		Stort Noe Lite Ingen
Flodbølge/ oppdemming		Alvorlig Middels Liten Inge
Andre forhold		

Feltregistreringene utføres fortrinnsvis digitalt hvor observasjonspunkt kan knyttes til bilder og hvor det er sporbart hvilke områder som er befart. Dette kan gjøres ved felt-pc-er, nettbrett eller utviklede apper eller liknende. Dette skjemaet kan brukes som et supplement til dokumentasjonen. For oversikt over hva som skal registreres på befaring, se kap. 2.2.