

Kan vi redusere usikkerheter om utredning av steinskredfare?

Freddy Yugsi, Sweco Norge AS

Oversikt

- Hva er steinskred?
- Bruddmekanismer
- Vurdering av scenarioer
- Utløp
- Medrivning
- Er det alltid nødvendig å tegne faresoner for skred?

Hva er steinskred?

Et steinskred er en massebevegelse der større bergparti beveger seg ned en skråning. Partiklene i skredet interagerer og splittes ofte i mindre deler nedover i skredbanen.

NVE veileder

Oppsprukket berggrunn som løsner i en bratt fjellside og beveger seg nedover skråningen. Skredmassene knuses opp underveis i skredforløpet. Større volumer enn ved steinsprang.

Terminologi for naturfare. NVE rapport 90/2015

Men Fjellskred:

Massive, strømmende og svært store skred der hundretusener til mange millioner kubikkmeter fragmentert masse av fjell beveger seg hurtig ned en fjellside. Bevegelsen karakteriseres gjerne som en kompleks kombinasjon av fall, glidning og rask massestrøm. Fjellskred er et resultat av en plutselig akselerasjon av et stort ustabilt fjellparti og kan ha lang rekkevidde.

Terminologi for naturfare. NVE rapport 90/2015

Det antas at **utløpet er økende med økende volum**, men dette er også avhengig av de lokale **topografiske forholdene**, **bruddmekanismen** og om **skredet er samlet (kanalisert) eller blir spredd**.

NVE veileder

Type of movement	Rock	Soil
Fall	1. <i>Rock/ice fall</i> ^a	2. <i>Boulder/debris/silt fall</i> ^a
Topple	3. <i>Rock block topple</i> ^a	5. <i>Gravel/sand/silt topple</i> ^a
	4. <i>Rock flexural topple</i>	
Slide	6. <i>Rock rotational slide</i>	11. <i>Clay/silt rotational slide</i>
	7. <i>Rock planar slide</i> ^a	12. <i>Clay/silt planar slide</i>
	8. <i>Rock wedge slide</i> ^a	13. <i>Gravel/sand/debris slide</i> ^a
	9. <i>Rock compound slide</i>	14. <i>Clay/silt compound slide</i>
	10. <i>Rock irregular slide</i> ^a	
Spread	15. <i>Rock slope spread</i>	16. <i>Sand/silt liquefaction spread</i> ^a
		17. <i>Sensitive clay spread</i> ^a
Flow	18. <i>Rock/ice avalanche</i> ^a	19. <i>Sand/silt/debris dry flow</i>
		20. <i>Sand/silt/debris flowslide</i> ^a
		21. <i>Sensitive clay flowslide</i> ^a
		22. <i>Debris flow</i> ^a
		23. <i>Mud flow</i> ^a
		24. <i>Debris flood</i>
		25. <i>Debris avalanche</i> ^a
		26. <i>Earthflow</i>
Slope deformation	28. <i>Mountain slope deformation</i> 29. <i>Rock slope deformation</i>	27. <i>Peat flow</i>
		30. <i>Soil slope deformation</i>
		31. <i>Soil creep</i>
		32. <i>Solifluction</i>

Hungr et al., 2014

Skreddynamikken er den viktigste definisjonsforskjellen mellom steinskred, steinsprang og fjellskred. Steinsprang består av enkeltblokker som i hovedsak beveger seg uavhengig av hverandre, og det mest vesentlige energitapet skjer ved kontakt med underlaget. **Fjellskred beveger seg som en masse eller strøm, med mindre indre friksjon enn steinskred, og lar seg i liten grad styre av topografien.** Fjellskred har derfor betydelig større mobilitet (utløpslengde)

Table 2 Proposed classification of failure mechanisms of large rock slides.
Table 2 *Vorgeslagene Klassifikation fur Versagensmechanismen von groBen Bergsturzen.*

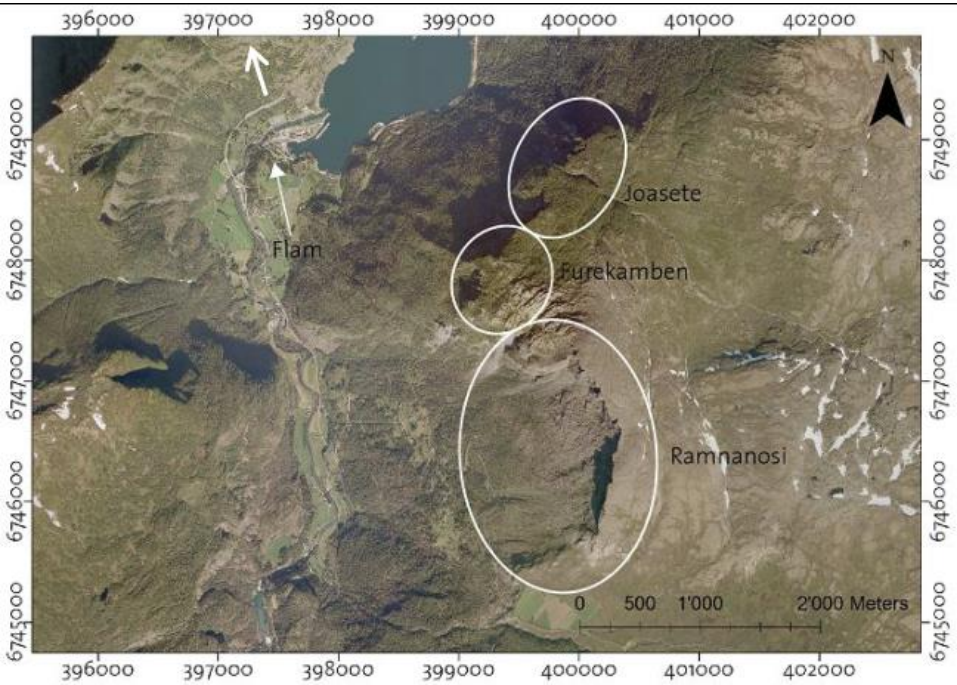
Structural control	Dominant mechanism	Kinematics	Constraint	Systematic structural control			
				Sliding		Toppling	
				Translational	Compound	Flexural	Block
					Constrained		
				Unconstrained	At toe At scarp		
Mechanism Type	A Rock slump	C Block slide Wedge slide	D Structurally defined compound slide	E Block slide with toe beakout	F Compound slide	G Flexural topple	H Block topple
	B Rock collapse						
Typical behaviour in weak rock	Slow, rotational movement (Plateau d'Assy)	Catastrophic (Mt. Granier)	—	Slow (Downie Slide)	Slow (Liard Plateau)	Slow (La Clapière)	—
Typical behaviour in strong rock	Catastrophic collapse, steep slopes, (Eim)	Catastrophic, limited pre-failure deformation (Goldau)	Catastrophic, large pre-failure deformation (Vaiont)	Catastrophic, (Madison)	—	—■	Catastrophic (Mystery Creek)

Hungr & Evans, 2004

NVE veileder

Structural control	No systematic structural control	Systematic structural control					
Dominant mechanism		Sliding			Toppling		
Kinematics		Translational	Compound		Flexural	Block	
Constraint		Unconstrained	Constrained				
			At toe	At scarp			
Mechanism Type	A Rock slump B Rock collapse	C Block slide Wedge slide	D Structurally defined compound slide	E Block slide with toe breakout	F Compound slide	G Flexural topple	H Block topple
Typical behaviour in weak rock	Slow, rotational movement (Plateau d'Assy)	Catastrophic (Mt. Granier)	-	Slow (Downie Slide)	Slow (Liard Plateau)	Slow (La Clapière)	-
Typical behaviour in strong rock	Catastrophic collapse, steep slopes, (Elm)	Catastrophic, limited pre-failure deformation (Goldau)	Catastrophic, large pre-failure deformation (Vaiont)	Catastrophic, (Madison)	-	-	Catastrophic (Mystery Creek)
JOA1 & JOA2 RAM3 STR1 RAM1 KLO1 RAM2 SKU1							

Pally, 2014



Test Case I.D.	Failure Mechanism	Failure Behaviour
JOA1	Block slide with toe breakout	Slow
JOA2	Block slide with toe breakout	Slow
RAM1	Compound slide	Slow
RAM2	Structurally defined compound slide	-
RAM3	Wedge slide	Catastrophic
SKU1	Structurally defined compound slide	Catastrophic, large pre-failure deformation
STR1	Block slide	Catastrophic, limited pre-failure deformation
KLO1	Flexural topple	Slow

Vurdering av scenarier – Lifjellet Øst



Lifjellet Øst. Kilde: NGU



Volumet til hele det ustabile fjellpartiet er estimert til 136 000 m³ (scenario A).

Scenario B: 27 000 m³ i volum

Scenario C: 30 000 m³ i volum.

Hvilket scenario bør vurderes mtp. skredfare?

Mest aktiv parti?

Største volum?

Flere scenarier med separat faresoner?

Utløp– Lifjellet Øst



Lifjellet Øst. Kilde: NGU

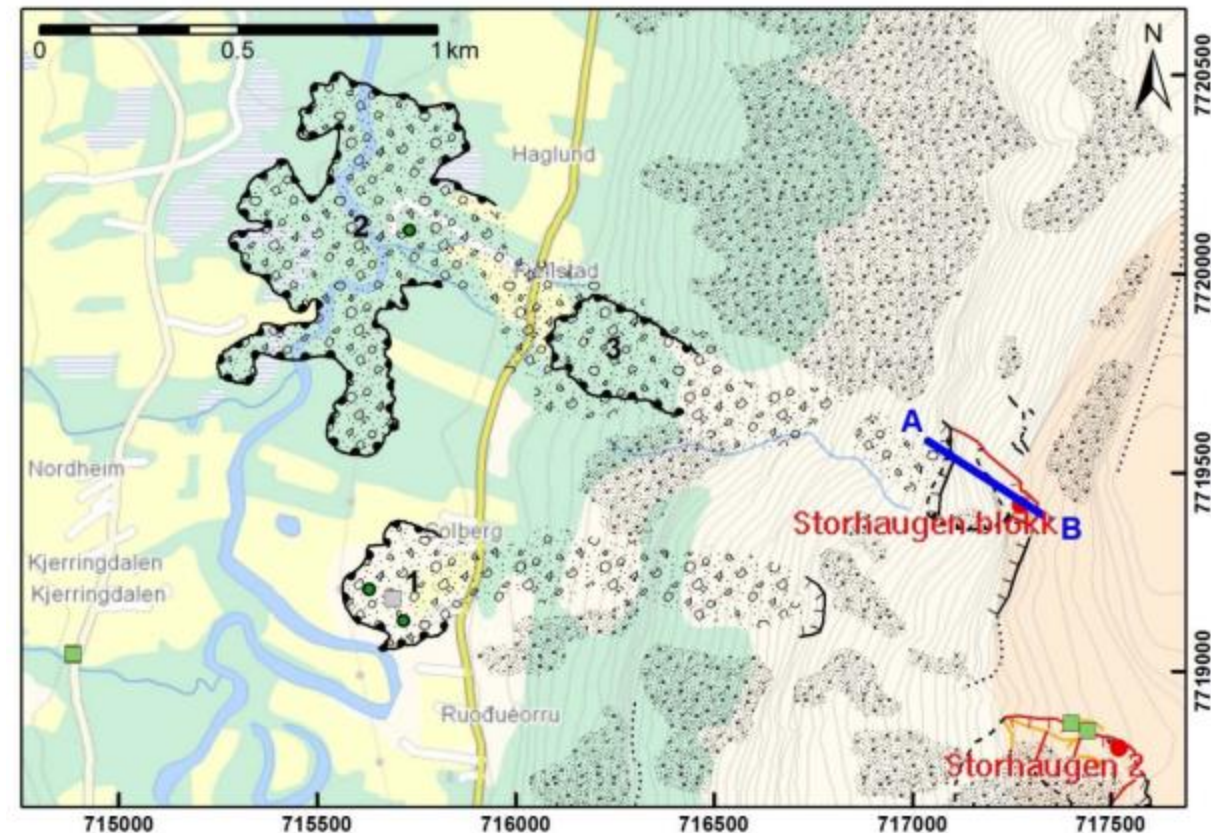
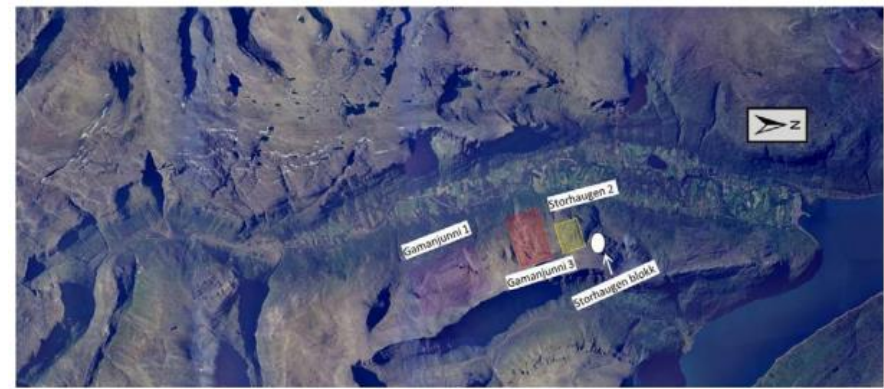
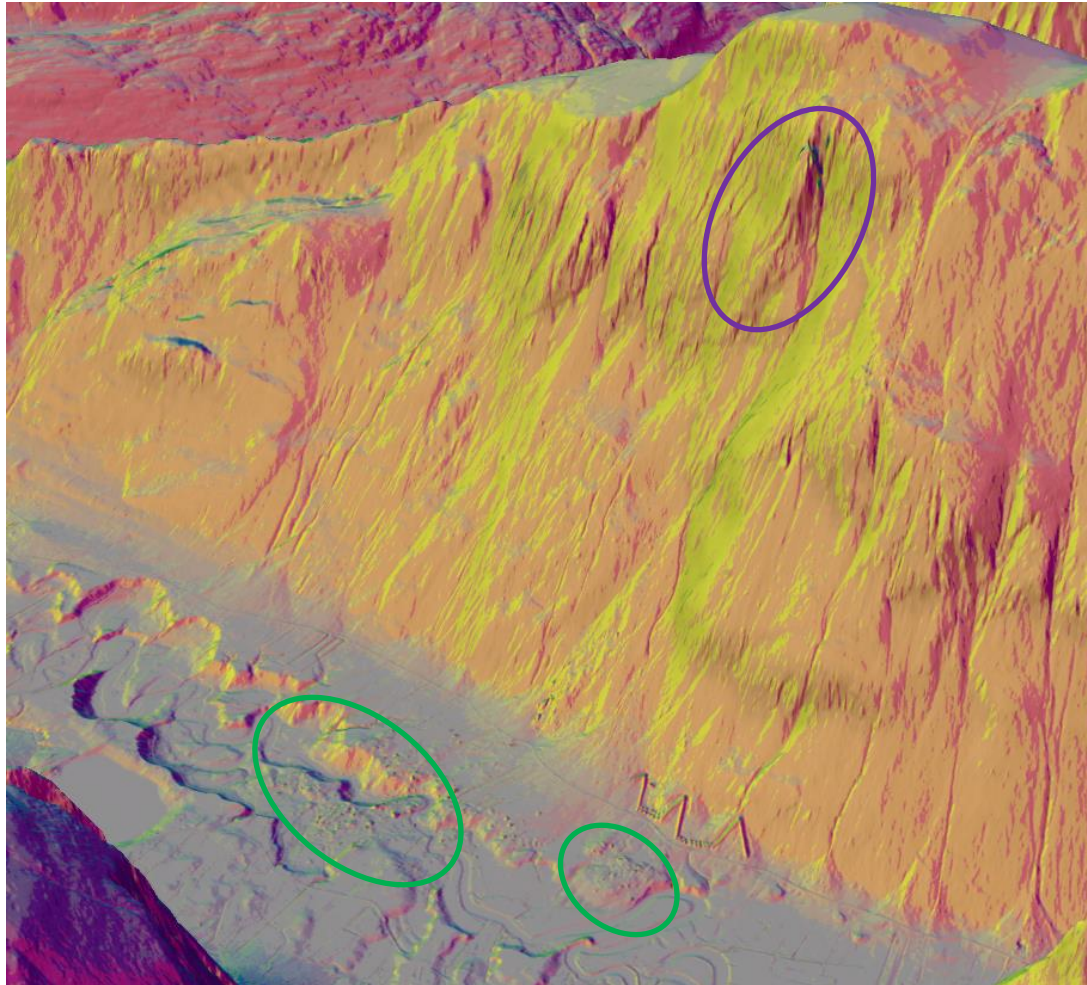


Modellering av utløp

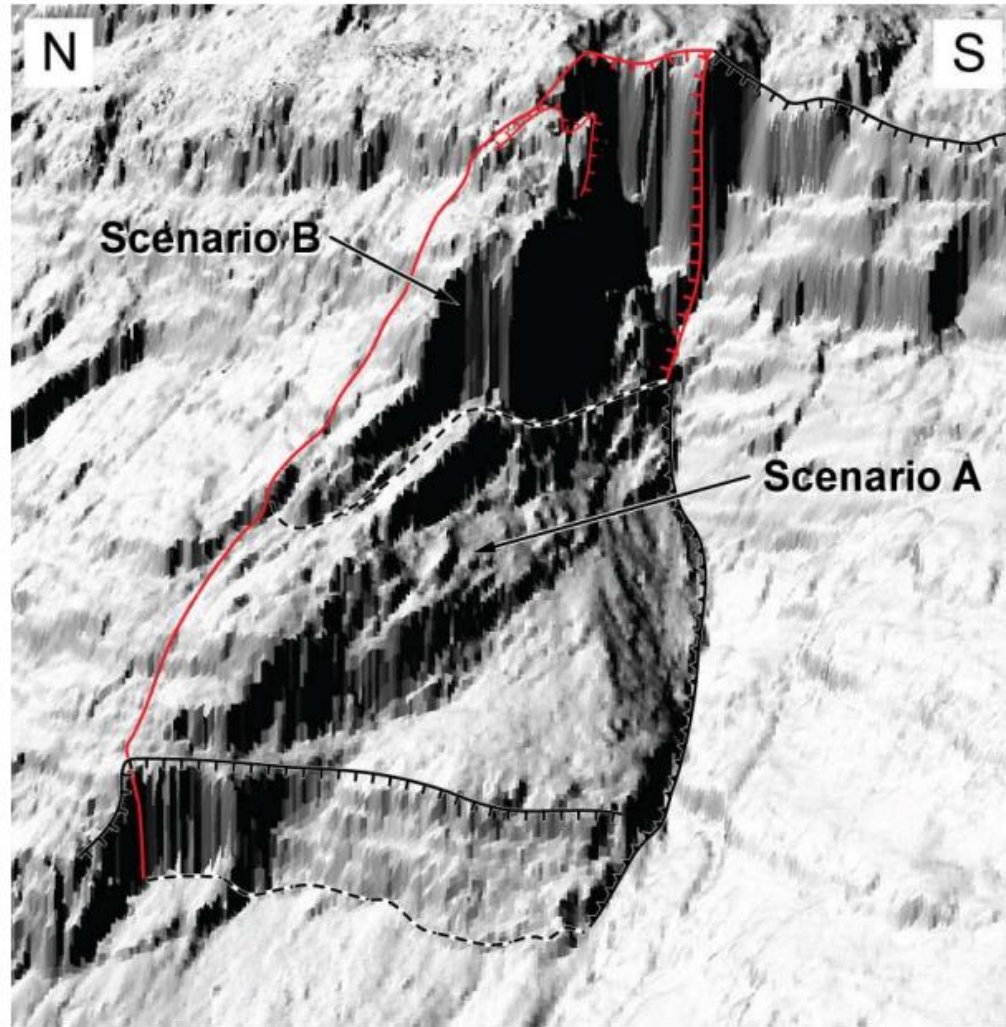
Det finnes per i dag ingen egen modell spesialisert for simulering av steinskredutløp. Avhengig av bruddmekanismen kan en **3D-steinsprangmodell** eller en massestrømmodell være til hjelp, men usikkerheten og manglende/lite erfaring med dette krever en forsiktig, konservativ, tilnærming i dette steget. Av denne grunn er det også viktig at identifiseringen av potensielle løснеområder for steinskred bygger på en grundig vurdering for å unngå at unødige store arealer omfattes av faresonene.

3D steinsprangmodeller vil ikke gi noen info om energi eller distribusjon av avsetninger. Hvordan kan det vurderes sekundære prosesser?

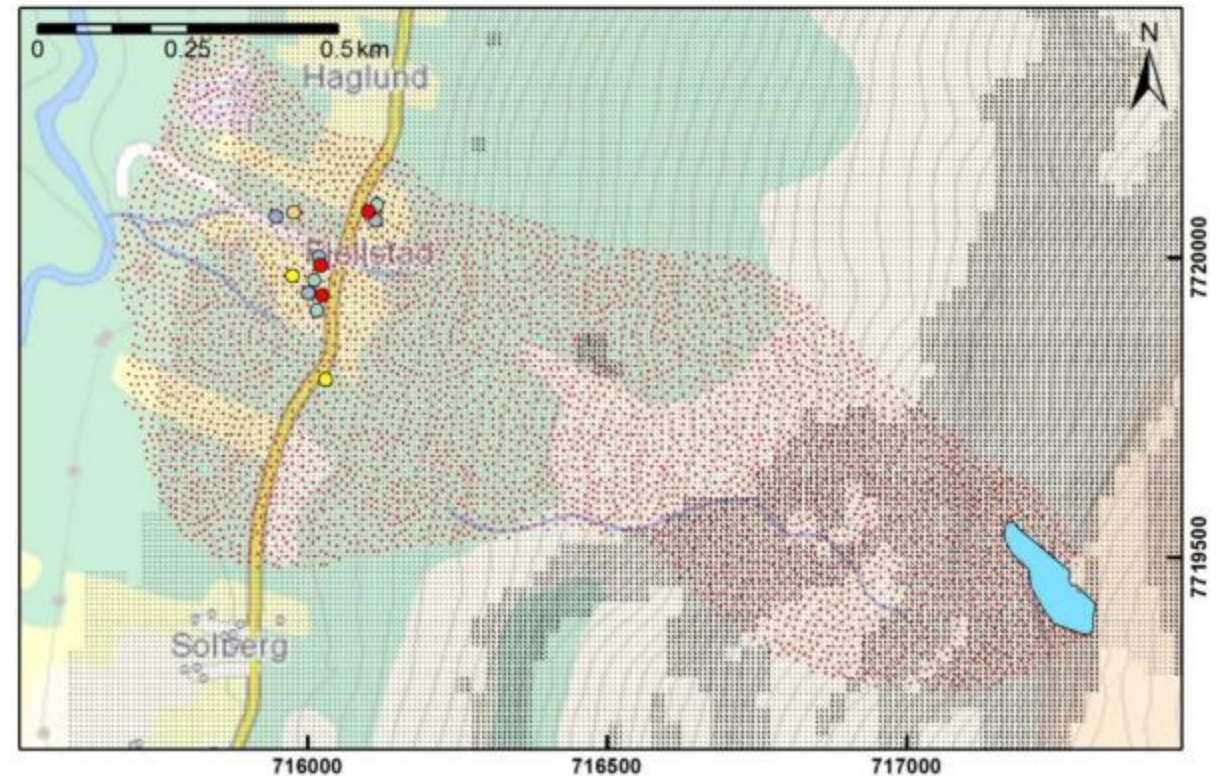
Utløp – Storhaugen blokk



Utløp – Storhaugen blokk



Scenario A: 2 300 000 m³
Scenario B: 600 000 m³



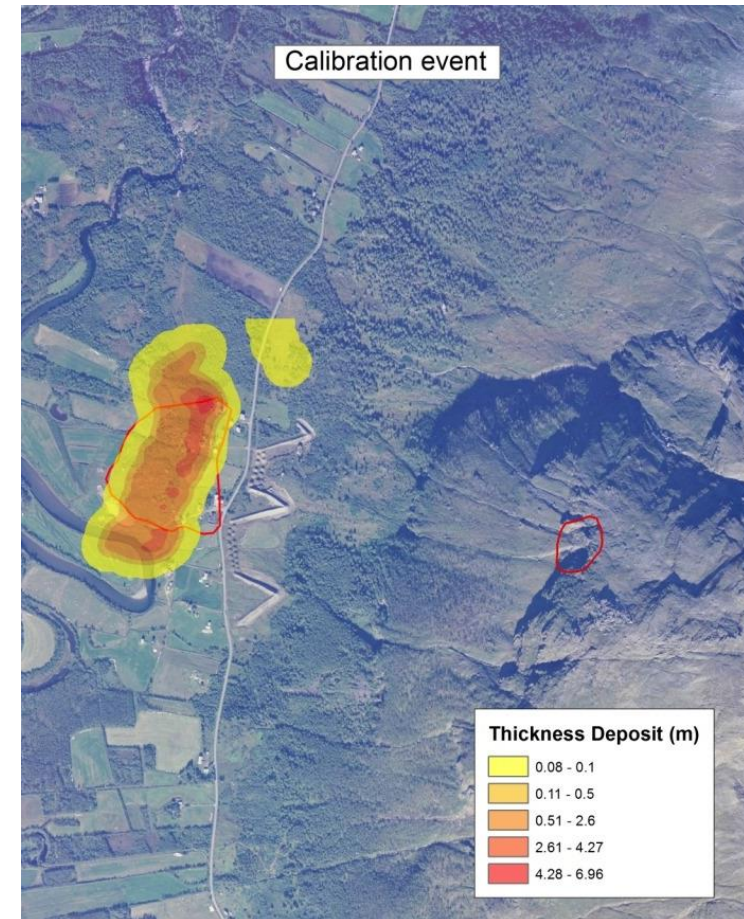
Storhaugen blokk. NGU Rapport 2015.050

Utløp – Storhaugen blokk

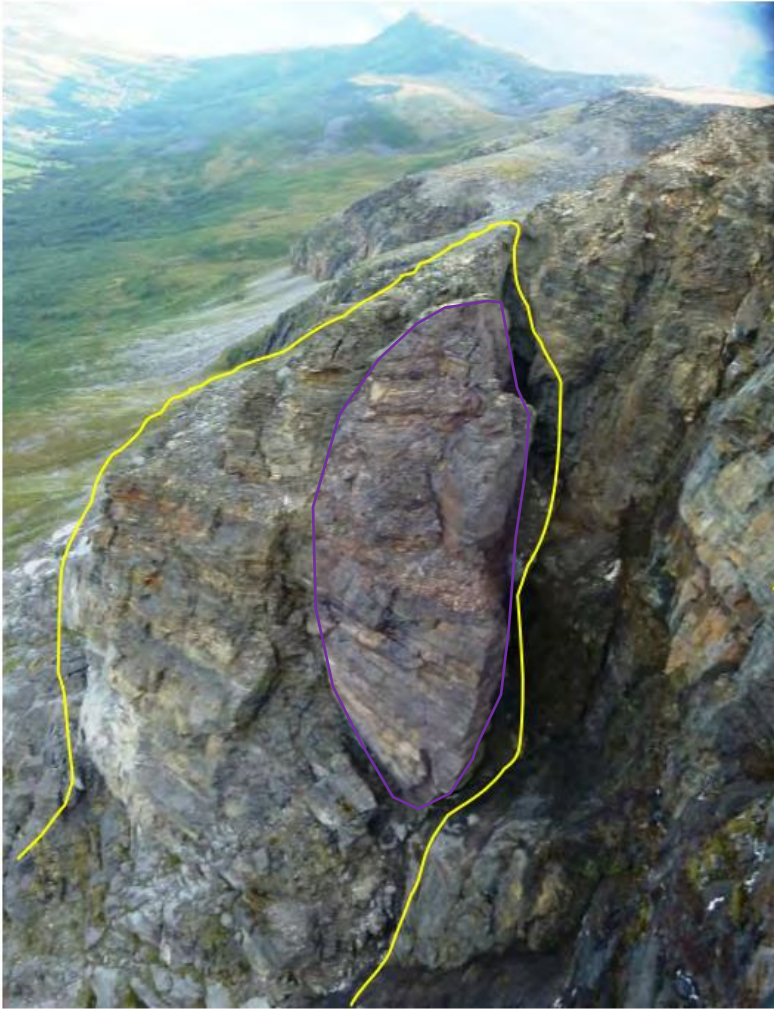


DAN3D Parametere

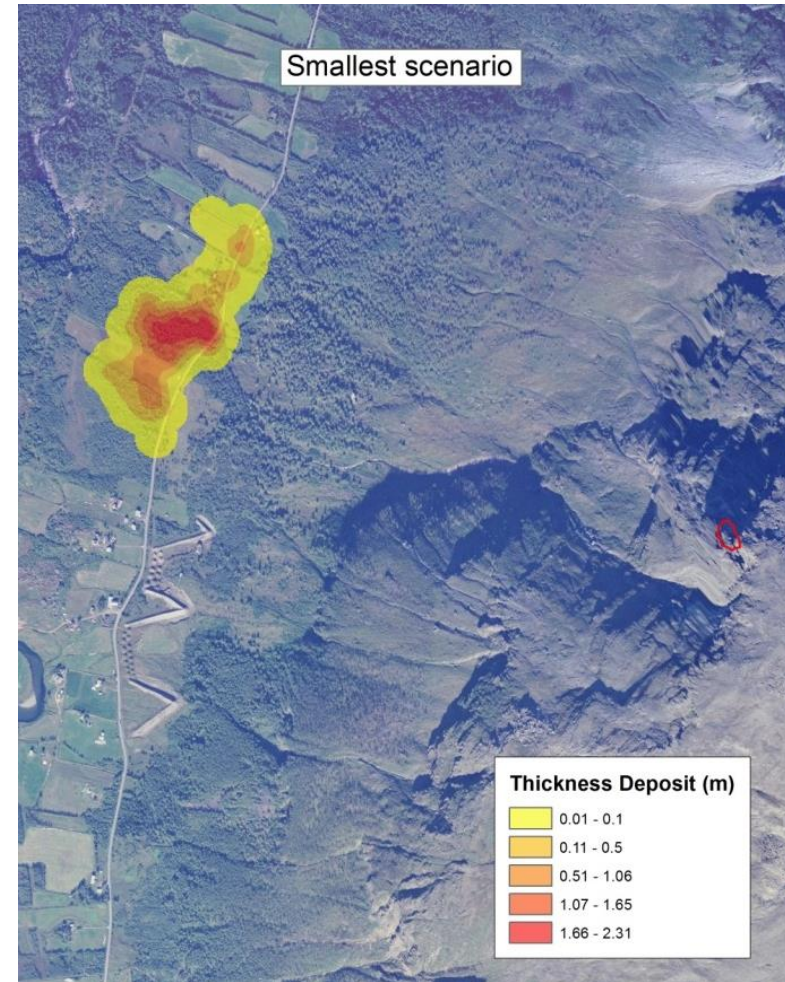
- Friksjonsvinkel (°): 17
- Intern friksjonsvinkel (°): 35
- Basal reologi: frictional
- Volume: 137000 m³
- Siktevinke: 24.42



Utløp – Storhaugen blokk



NGU rapport 2011.031



Volume: 43500 m³

Siktevinkel: 30°

Medrivning

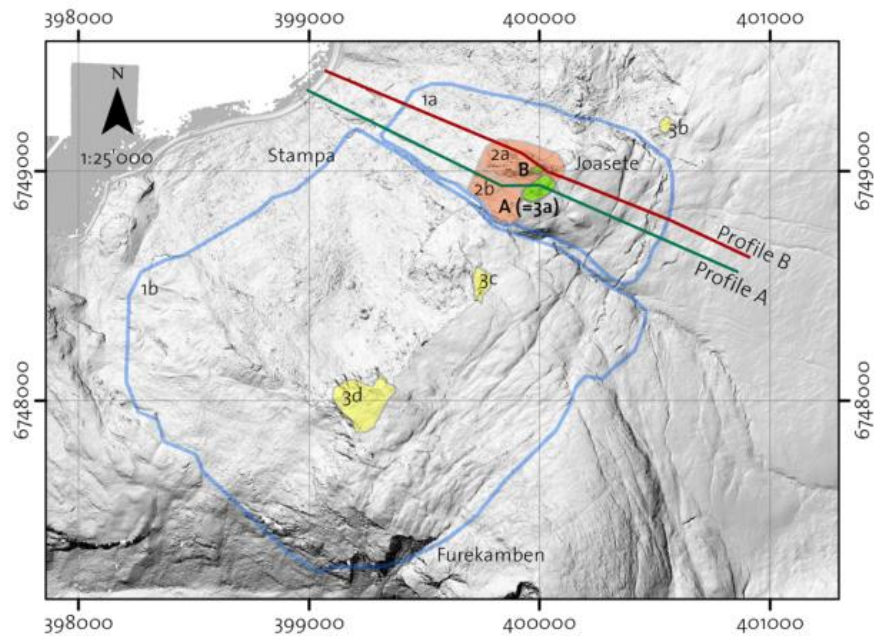
Remobilisering/medrivning av løsmasser/ur

Dersom steinskredet forserer en ur eller løsmasser i fjellsiden, kan disse massene mobiliseres. Det samlede skredvolumet kan da øke dramatisk (se Infoboks 1: Steinskredet i Modalen - 1953). Gitt de rette forutsetningene, for eksempel høyt vanninnhold, kan skredet få utløpslengder til forveksling lik fjellskred. **Mulighet for remobilisering av løsmasser/ur må derfor inngå i utredningen, og forhold av betydning skal undersøkes og dokumenteres.**

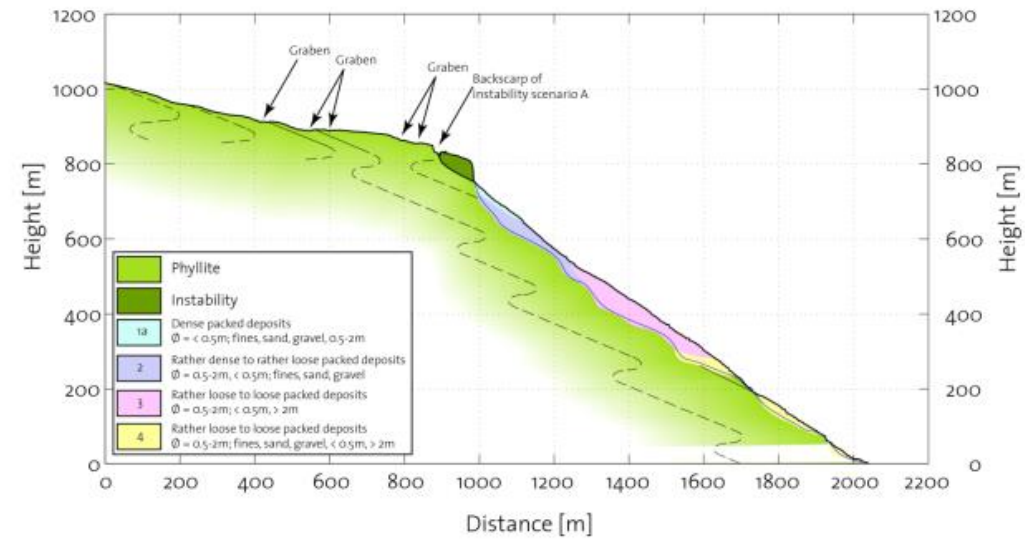
Det finnes ikke i veileder noen anbefalinger om metodikk som kan brukes for å vurdere potensiell for medrivning.

Impact Triggering of Debris Avalanches (Stampa, Norway)

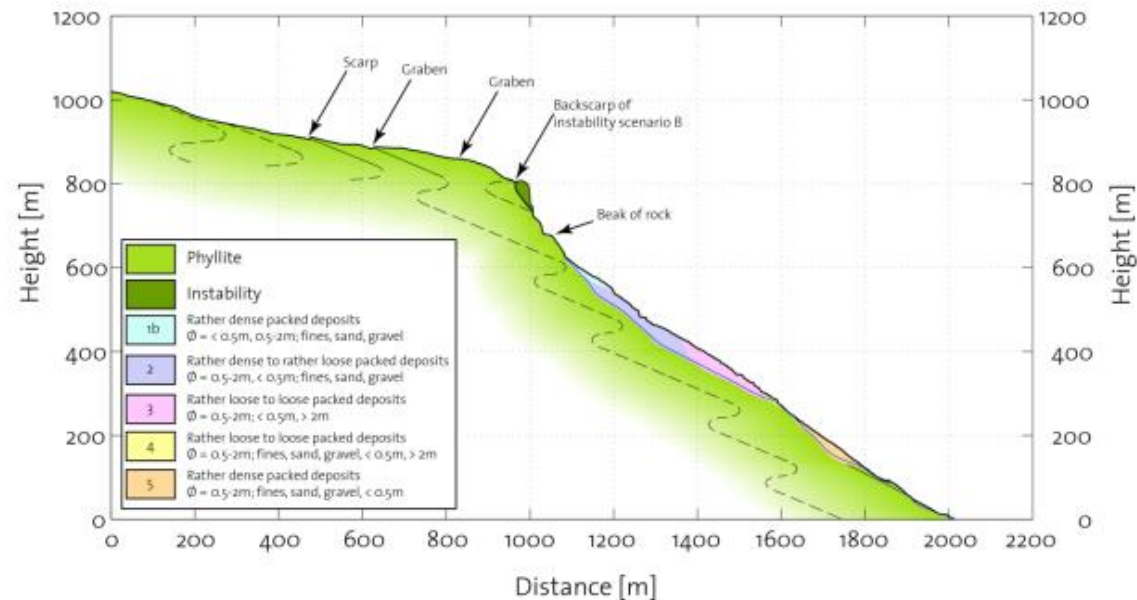
Andres Clalüna, 2014



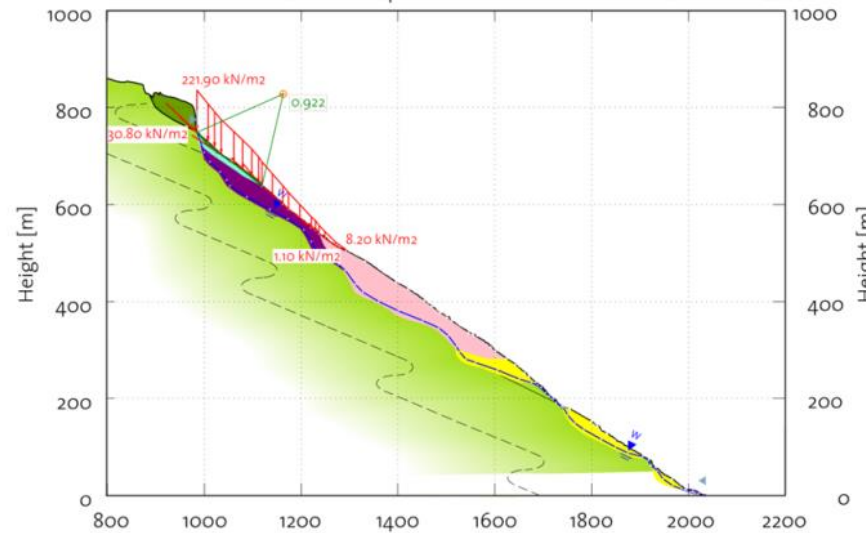
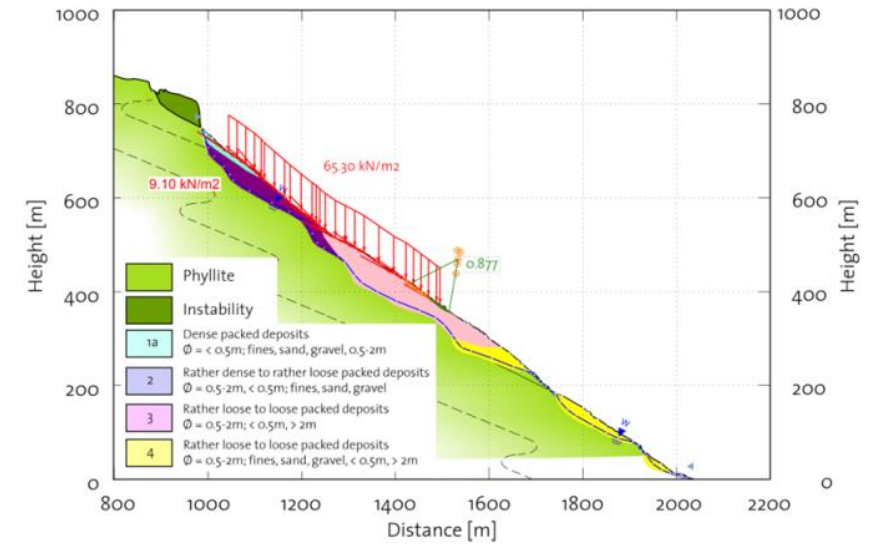
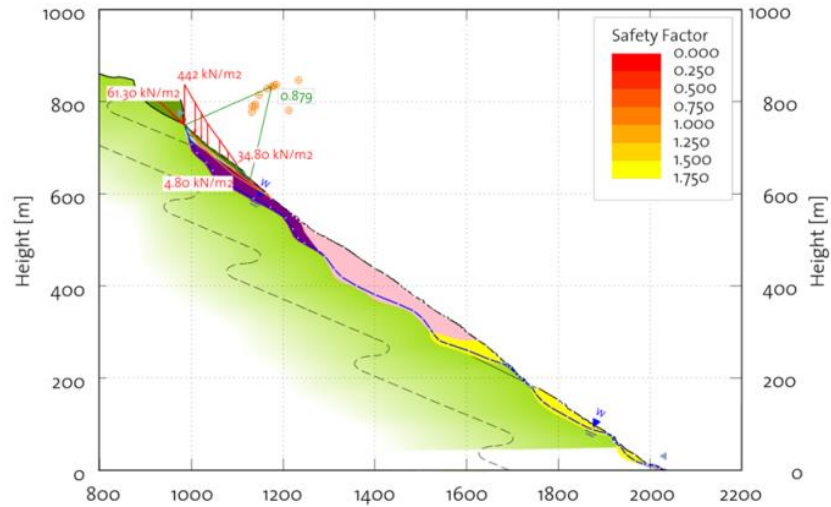
Profile A: Crosssection for Instability Scenario A



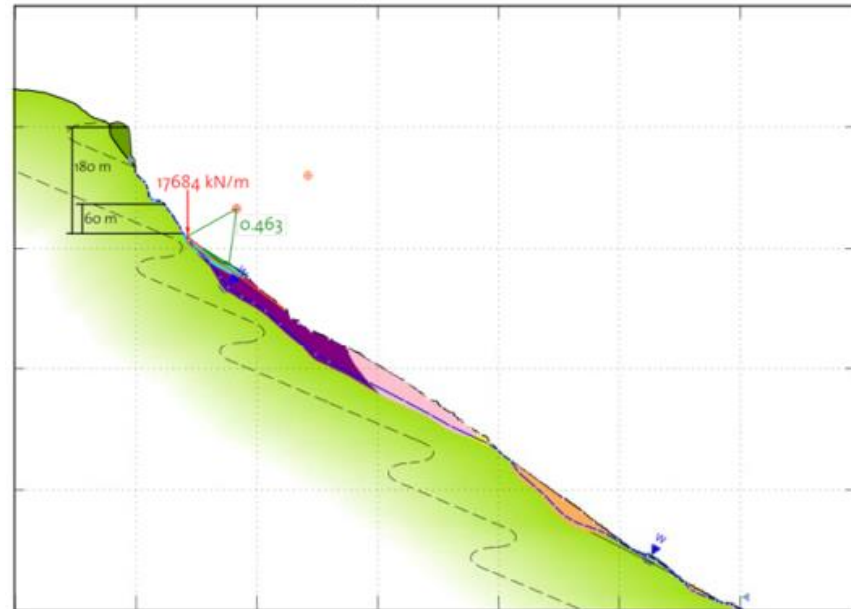
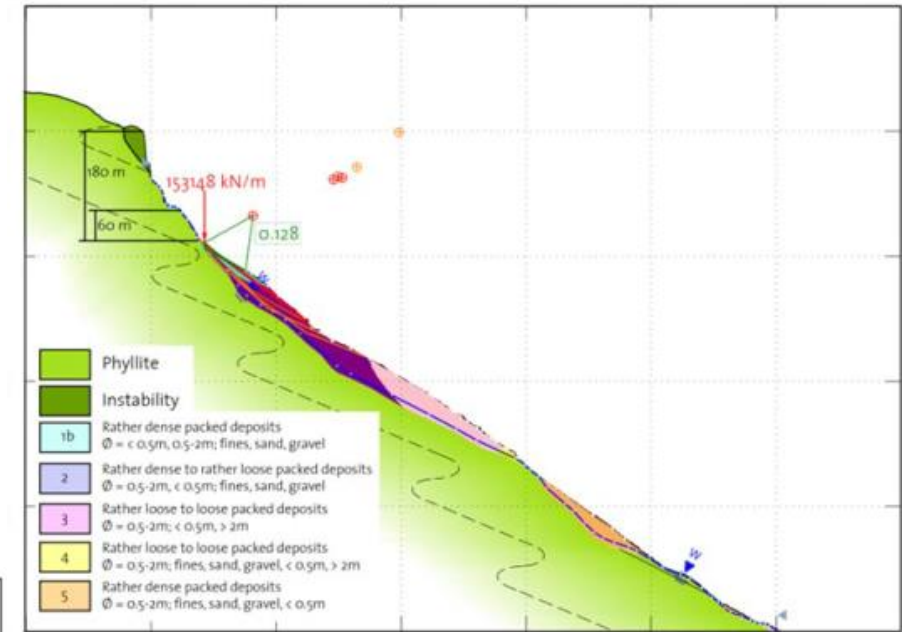
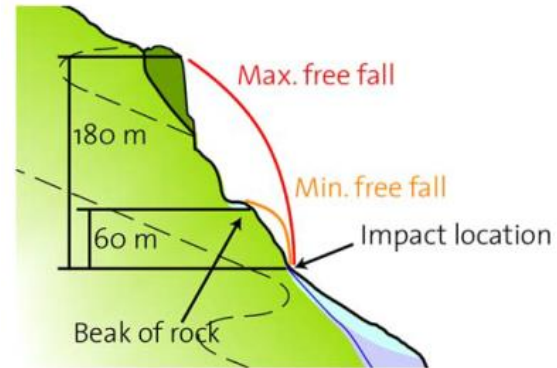
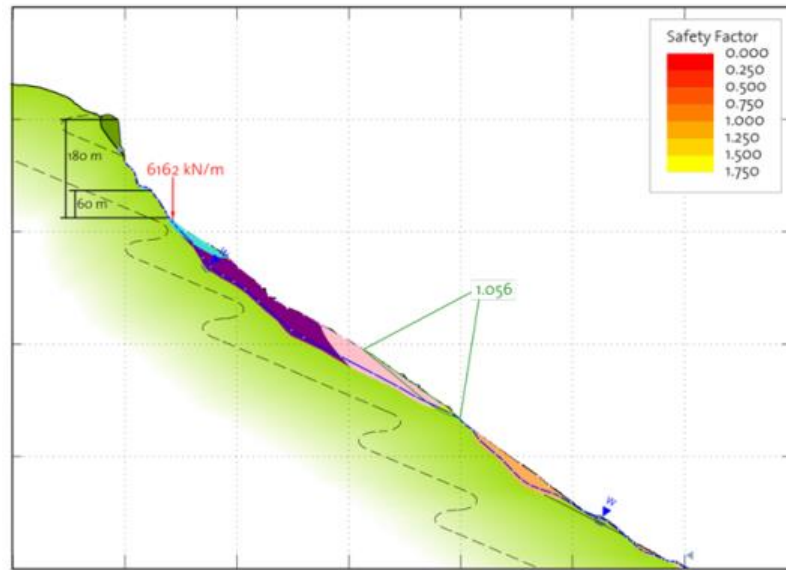
Profile B: Crosssection for Instability Scenario B



Scenario A – Rivning under utløp



Scenario B – Rivning når skredmasser treffes urmasser



Konklusjoner

- Nøyere karakterisering og klassifisering av skredmekanisme kan gi hint om aktivitet og forventet utløpslengde og energi.
- Komplekse steinskred vil ha flere løsnescenarioer. 2 alternativer mulig: 1. vurdere fare for mest sannsynlig scenario. 2. vurdere fare for alle aktuelle scenarioer.
- 3D steinsprangmodellering kan gi indikasjon av utløpslengde, men det gir ingen opplysninger av viktige steinskred egenskaper. Kan ikke brukes for å se hvor relevante er sekundær prosesser. Massestrømmodell kan brukes når det vurderes at sekundære prosesser blir aktuelt.
- Medrivning kan tilknyttes steinskredutløp. 1. Rivning mens utløp og 2. Rivning når skredmassene treffes urmassene. Standardisering av slike vurderinger kan iverksettes. Metodikk for vurdering kan presenteres i veileder.

- Detaljert steinskredutredning av komplekse løseområder er tidkrevende. Det ofte trenges detaljert befaringer og deformasjonsmålinger. Det avvikes fra standard skredfareutredninger.
- For slike tilfeller kan det være nok at det produseres aktsomhetskart for steinskred i leveransen?
- Aktsomhetskart vil gjelde største scenario for steinskred. Utløpsområdet ville vurderes basert på konservative siktevinkelverdier og konservativ numerisk modellering. Modellering ville ta med av urmasser dersom aktuelt. Aktsomhetskart kan presisere om sekundære prosesser kan være aktuelle.
- Detaljert skredfarekart kan utarbeides i etterkant (av konsulenter eller NVE). Det samme gjelder for vurdering av sekundærprosesser dvs. flodbølge eller dambrudd.
- Konsulenter kan gi anbefalinger i utredningsrapport dersom videre (detaljert) arbeid bør prioriteres.

