



Naturfarer, risiko og tilpasning

Anders Solheim, NGI og UiO

Innhold

- Naturfarer i Norge
- Om risiko som begrep
- Skred og flom
- Tilpasning

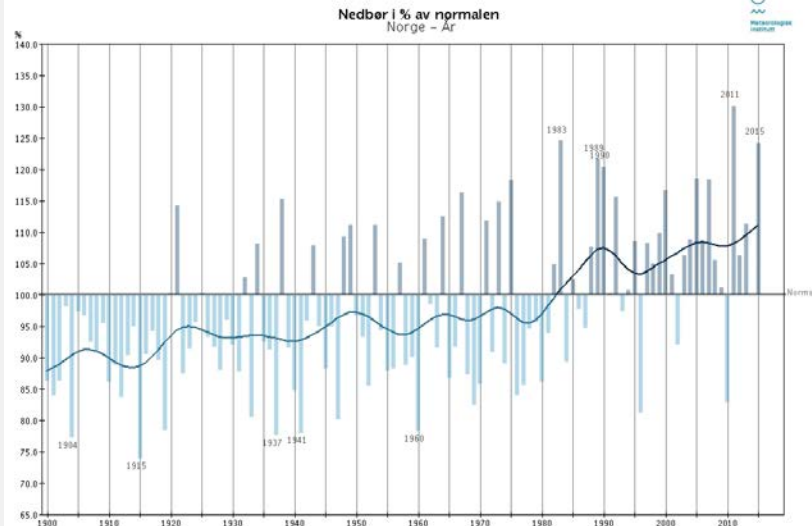


Naturfarer i Norge (og andre steder)



- Løsmasseskred – Jordskred, flomskred og kvikkleireskred
- Snøskred – Tørresnø, våtsnøskred og sørpeskred
- Fjellskred – Steinsprang, steinskred og fjellskred
- Flodbølger etter store fjellskred og undersjøiske skred
- Flommer, inkl. urban flom
- Stormer / stormflo og flom

Det meste er klimarelatert!



Kvantifisering av risiko (fra en naturvinters synspunkt)

$$\text{Risiko} = f(\text{Fare}, \text{Konsekvenser})$$

$$\text{eller Risiko} = f(\text{H}, \text{V}, \text{E}, \text{U})$$

- ↗ **H** = Fare (sannsynlighet for en truende hendelse)
- ↗ **V** = Sårbarhet til utsatte objekter,
- ↗ **E** = Utsatte objekters eksponering
- ↗ **U** = bruks – eller økonomisk verdi til utsatte objekter



For å kvantifisere risiko, må en kvantifisere alle disse elementene for alle utsatte objekter.

Risiko Vurdering og Risiko Håndtering

Risiko håndtering

Hva kan forårsake skade?



Fare identifisering

Hvor ofte kan hendelsen(e) skje (frekvens / intensitet)?



Fare vurdering

Hva er truet?



Identifisering av **utsatte objekter**

Hva er skadepotensialet?



Sårbarhets vurdering

Hva er sannsynligheten for skade?



Risiko estimering

Hva er betydningen av den estimerte risikoen?



Risiko evaluering
(akseptabel/tolerable risiko)

Hva må gjøres?

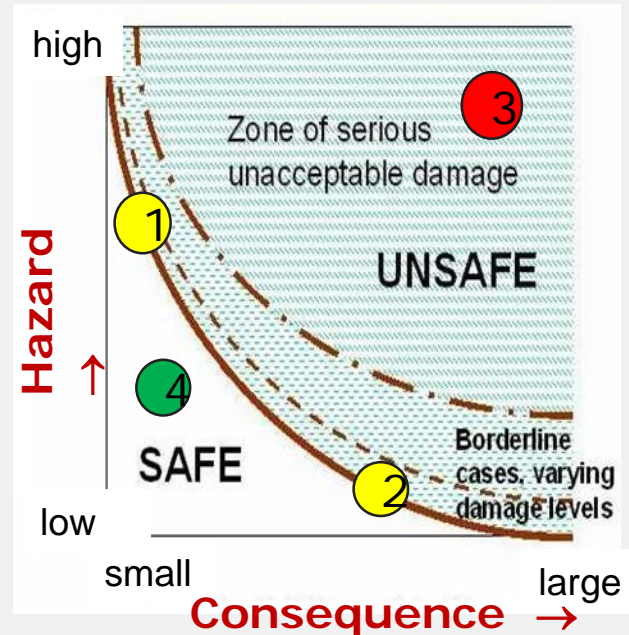


Beslutninger om tiltak

Risiko vurdering

Risikorelaterte utfordringer for 'geofolk'

- Hva er akseptabel / tolerable risiko?
- Håndtere risiko knyttet til ekstreme hendelser
- Multi-hazard, multi-risk og 'kaskade-hendelser'
- Holistisk, tverrfaglig vurdering og håndtering av risiko!
- Utviklingstrender:
 - Urbanisering
 - Klimaendringer



Multi-hazards, multi-risks, kaskade - hendelser

➤ Example: Great East Japan (Tohoku) Earthquake and Tsunami of 11th March 2011

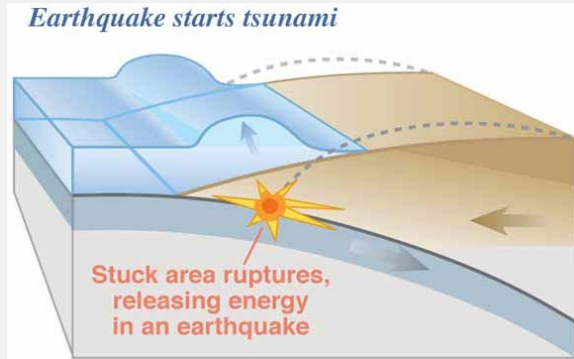
Earthquake



Tsunami



Nuclear accident



Jord –og flomskred i Norge



Romsdalen, 2011. Foto Knut Stalsberg, NGU

- Direkte forbundet med vær og klima.
- Ca. 125 døde siste 150 år
- Økonomiske tap fra:
 - Skade på bygg og kritisk infrastruktur
 - Stengte veier, jernbane, etc.

Jord- og flomskred; nedbør og menneskelig aktivitet

Nesten alltid trigget av langvarig og/eller intens nedbør, og snøsmelting, men ofte godt hjulpet av menneskelig aktivitet.



Antatte fremtidige endringer

Jord og flomskred

- Det meste av landet vil oppleve flere døgn med kraftig nedbør og dermed økt hyppighet av jord- og flomskred.

Flom

- Flomhyppigheten vil øke, og fordeles 'jevner' i tid.
- Intens korttidsnedbør og urban flom vil bli et økende problem.

Leirskred (kvikkleire)

- Flest kvikkleireskred i nyere tid er utløst av menneskelig aktivitet
- Faren for naturlig utløste leirskred kan øke på grunn av økt hyppighet av flommer og erosjon i elveleier.

Steinsprang og steinskred

- Økningen i antall døgn med kraftig nedbør kan føre til en økning i hyppigheten av steinsprang.
- Hyppigere fryse-tine episoder gir også økt steinsprangfare.

Snøskred:

- Økt hyppighet av snøskred som følge av en økning i antall døgn med mye nedbør.
- I tillegg er det tegn til at antallet døgn med kraftig vind øker, og at kraftigste vindstyrke øker, noe som også vil påvirke hyppigheten av snøskred.
- Men! Temperaturstigning fører til både høyere snøgrense og til høyere tregrense, begge med positiv effekt på snøskredfare i forhold til

Flom: Kongsberg 16. september 2015.



Situasjoner vi sannsynligvis vil se oftere, og ikke bare vår og høst.

Stormflo: Modellert for Larvik

200 års vannstand stormflo: 142 cm

Klimapåslag: 5 cm (50 år)

Havnivåstigning Larvik 2065: 15 cm

Tidevann HAT: 21 cm

Totalt: 183 cm

På toppen av dette: lokal effekt av oppstuvning, vindbølger og flom som modelleres

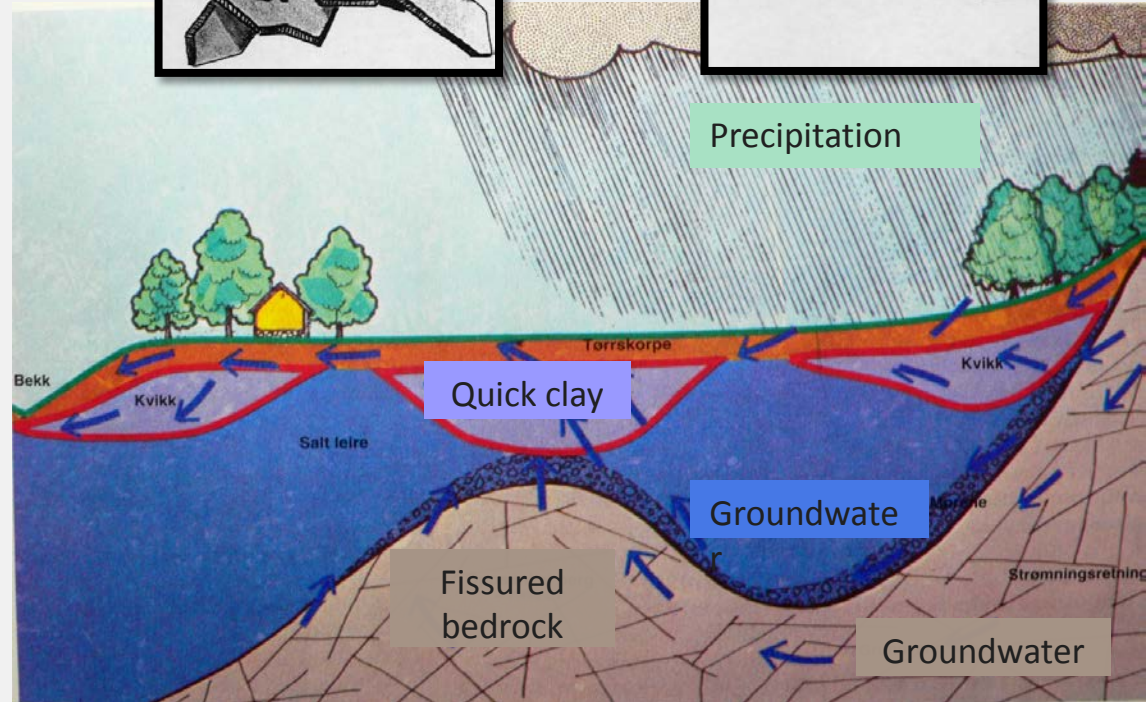
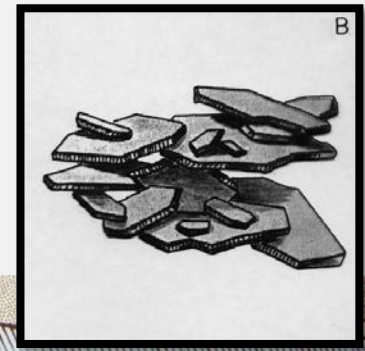
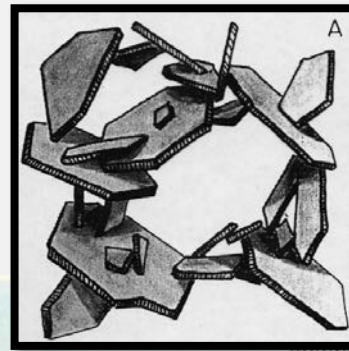
Vind på 30 m/s fra SV basert på historikk fra Færder fyr

Larvik 1987: ~173 cm



Kvikkleire

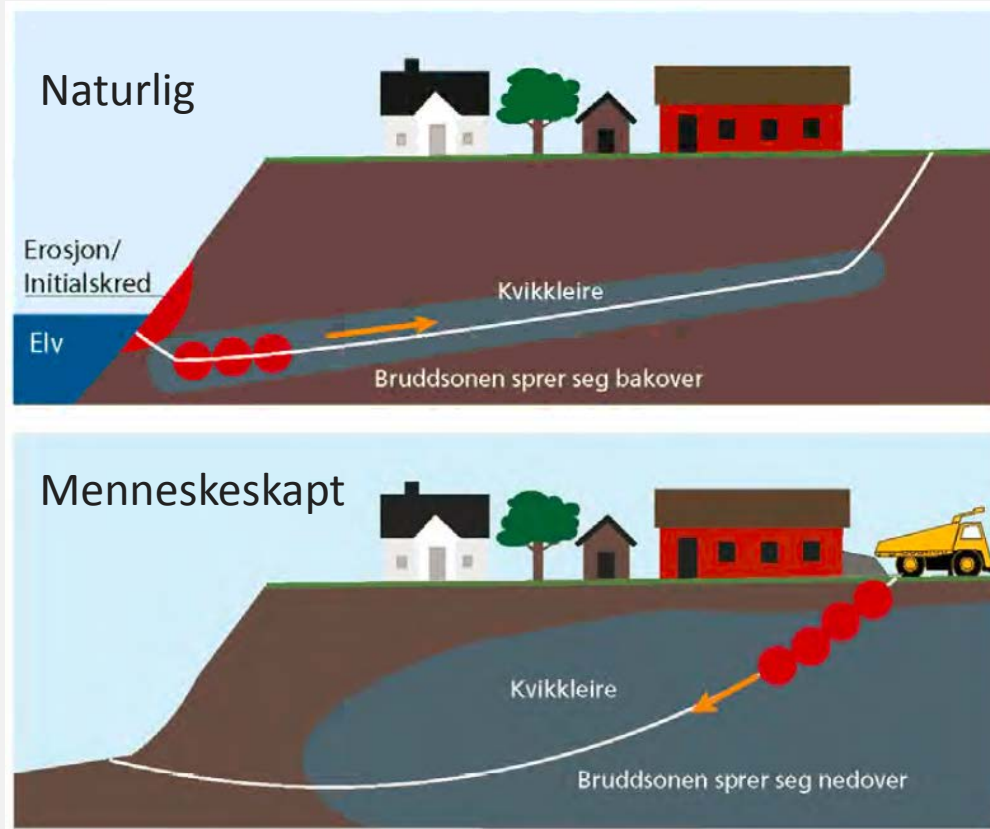
- Marin leire der saltet i porevannet er vasket ut.
- Kan forekomme i alle områder under marin grense.
- Store områder på Østlandet og i Trøndelag.
- Mange store ulykker, med > 150 omkomne siste 150 år.
- Overvekt av menneskeskapt utløsning siste 50 år.



Fra fast og fin leire til 'suppe'



Kvikkleireskred – typisk utløsning



Nyere eksempler

- Overhalla, 2007
- Byneset, 2012

- Kattmarka, 2009
- Lyngen, 2010
- Skjeggestad, 2014
- Sørumsund, 2016

Period 1970-2016

FREQUENCY OPF LARGE SLIDES

6

5

4

3

2

1

0

Man-made slide (20)

Natural slides (14)

Jan

Feb

Mar

Apr

Mai

Jun

Jul

Aug

Sept

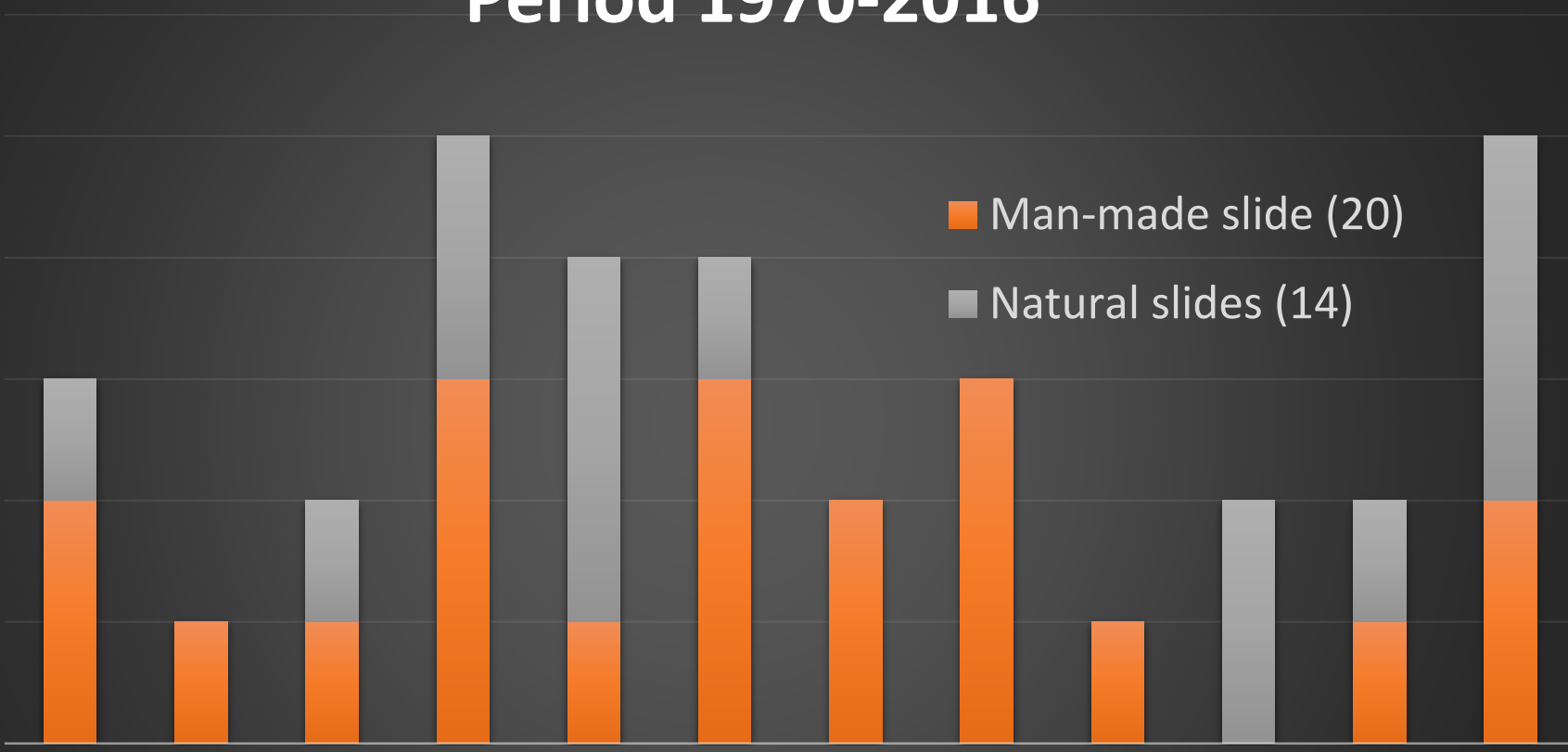
Oct

Nov

Dec

MONTH

NGI data



Nyere kvikkleireskred, med store konsekvenser!



Sørum (2016)



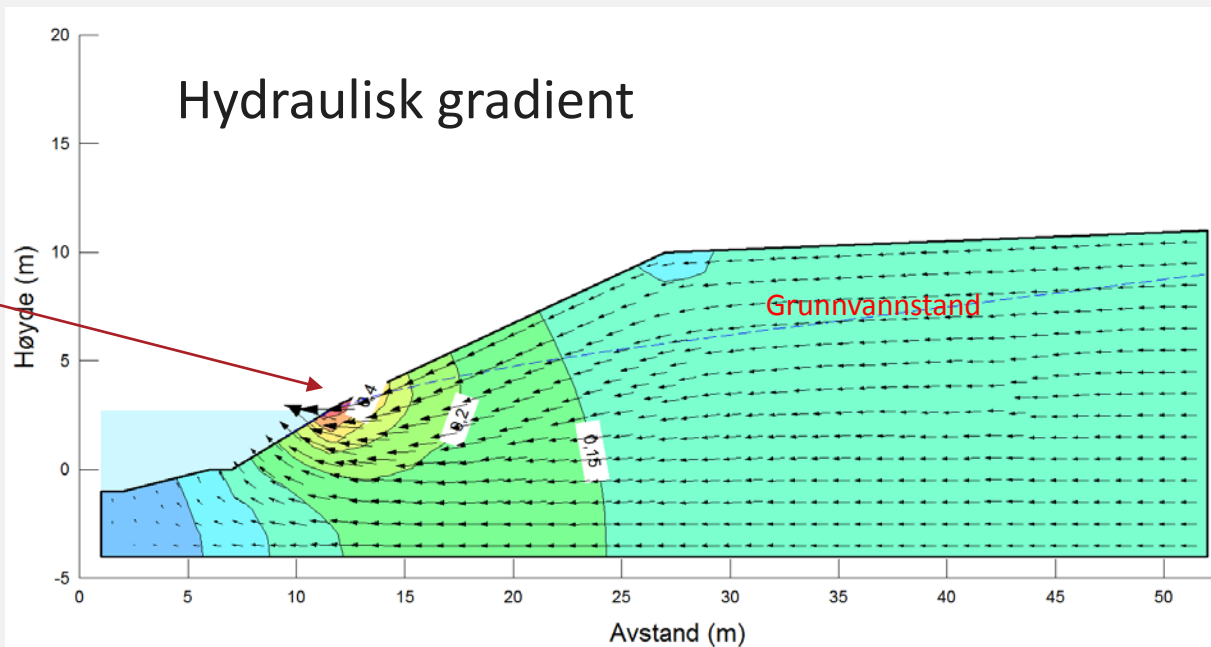
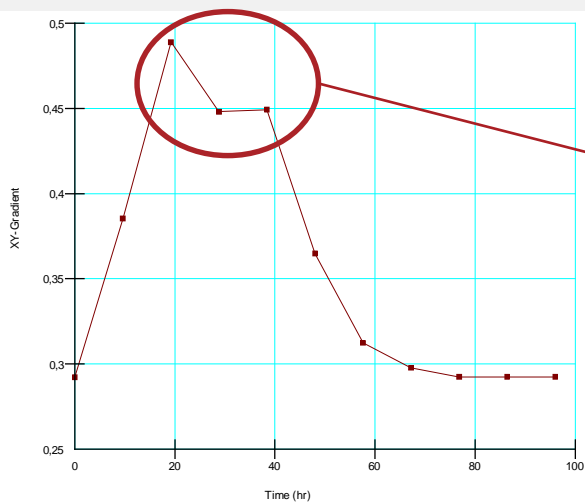
Lyngseidet (2010)



Skjeggestad (2015)

Naturlig utløsning; Erosjon og pore-overtrykk etter flom.

- Antar 3 m flom, og vannstand som kommer tilbake til normalt nivå i løpet av 2 dager
- Høy utløpsgradient ($i_c > 0.35$) kort tid etter at vannstanden går ned etter flommen
- Skråninger brattere enn 1:3 er spesielt utsatt for denne type flom/erosjon
- Viktig grunnlag for generell farevurdering og risikokartlegging langs vassdrag



Antatte fremtidige endringer

Jord og flomskred

- Det meste av landet vil oppleve flere døgn med kraftig nedbør og påfølgende økt hyppighet av jord- og flomskred.
- Intens korttidsnedbør og urban flom vil bli et økende problem.

Flom

- Flomhyppigheten vil øke, og fordeles 'jevnerer' i tid.

Leirskred (kvikkleire)

- **Flest kvikkleireskred i nyere tid er utløst av menneskelig aktivitet**
- **Faren for naturlig utløste leirskred kan øke på grunn av økt hyppighet av flommer og erosjon i bekker og elver – initialscred og poreovertrykk.**

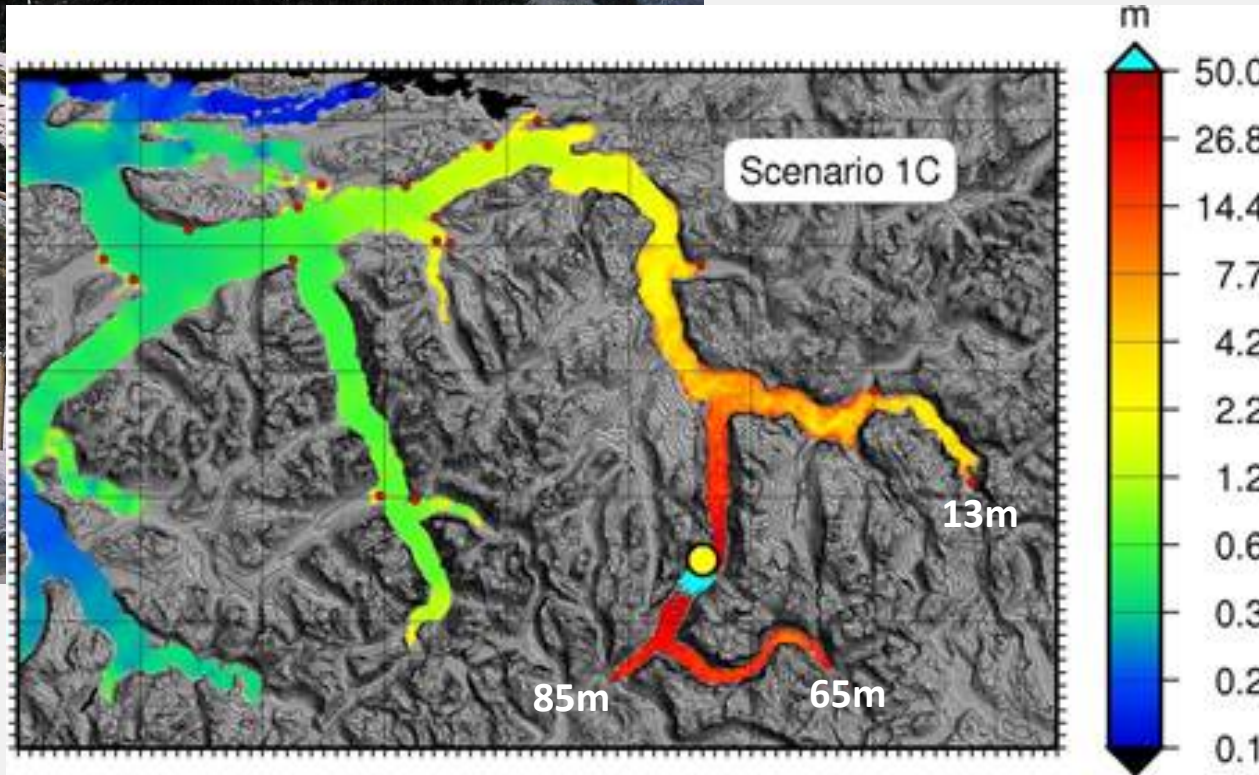
Steinsprang og steinscred

- Økningen i antall døgn med kraftig nedbør kan føre til en økning i hyppigheten av steinsprang.
- Hyppigere fryse-tine episoder gir også økt steinsprangfare.

Snøskred:

- Økt hyppighet av snøskred som følge av en økning i antall døgn med mye nedbør.
- I tillegg er det tegn til at antallet døgn med kraftig vind øker, og at kraftigste vindstyrke øker, noe som også vil påvirke hyppigheten av snøskred.
- Men! Temperaturstigning fører til både høyere snøgrense og til høyere tregrense, begge med positiv effekt på snøskredfare i forhold til infrastruktur.

Fjellskred, steinskred og steinsprang



- Ca. 225 omkomne siste 150 år
- Flodbølger; Loen x 2 og Tafjord på 1900 tallet



Ustabile fjellsider i Norge



Fallnesfjellet, Skibotn.
I. Henderson, NGU

Kassen, Bandak.
R. Hermanns, NGU



- > 300 potensielt ustabile fjellsider i Norge, 117 i Troms fylke alene
- Mye av landet ennå ikke kartlagt.
- En del har 'periodisk overvåking', mens kun få er kontinuerlig overvåket.
- NGU og NVE ('Åknes-Tafjord Beredskap') har viktige roller i hhv. kartlegging og overvåking.

Steinsprang – kanskje den vanligst forekommende naturfaren i Norge.



Budalen, Vestvågøy,
Juli 2014



Steinsprang utløste jordskred



Antatte fremtidige endringer

Jord og flomskred

- Det meste av landet vil oppleve flere døgn med kraftig nedbør og påfølgende økt hyppighet av jord- og flomskred.
- Intens korttidsnedbør og urban flom vil bli et økende problem.

Flom

- Flomhyppigheten vil øke, og fordeles 'jevnerer' i tid.

Leirskred (kvikkleire)

- Flest kvikkleireskred i nyere tid er utløst av menneskelig aktivitet
- Faren for naturlig utløste leirskred kan øke på grunn av økt hyppighet av flommer og erosjon i bekker og elver – initialscred og poreovertrykk.

Steinsprang og steinscred

- **Økningen i antall døgn med kraftig nedbør kan føre til en økning i hyppigheten av steinsprang og steinscred.**
- **Hyppigere fryse-tine episoder gir også økt steinsprangfare.**

Snøskred:

- Økt hyppighet av snøskred som følge av en økning i antall døgn med mye nedbør.
- I tillegg er det tegn til at antallet døgn med kraftig vind øker, og at kraftigste vindstyrke øker, noe som også vil påvirke hyppigheten av snøskred.
- Men! Temperaturstigning fører til både høyere snøgrense og til høyere tregrense, begge med positiv effekt på snøskredfare i forhold til infrastruktur.

Snøskred og sørpeskred

> 1550 omkomne
siste 150 år.



Sørpeskred – stor fart og høy energi!



Kan bli hyppigere i et varmere klima, med flere temperatur-svingninger, episoder med regn på snø, etc.

- Starter i vannmettet snø, som bryter en 'barriere'.
- Kan gå i slakke helninger.

- Flere dødsulykker de siste årene.

Antatte fremtidige endringer

Jord og flomskred

- Det meste av landet vil oppleve flere døgn med kraftig nedbør og påfølgende økt hyppighet av jord- og flomskred.
- Intens korttidsnedbør og urban flom vil bli et økende problem.

Flom

- Flomhyppigheten vil øke, og fordeles 'jevner' i tid.

Leirskred (kvikkleire)

- Flest kvikkleireskred i nyere tid er utløst av menneskelig aktivitet
- Faren for naturlig utløste leirskred kan øke på grunn av økt hyppighet av flommer og erosjon i bekker og elver – initialscred og poreovertrykk.

Steinsprang og steinscred

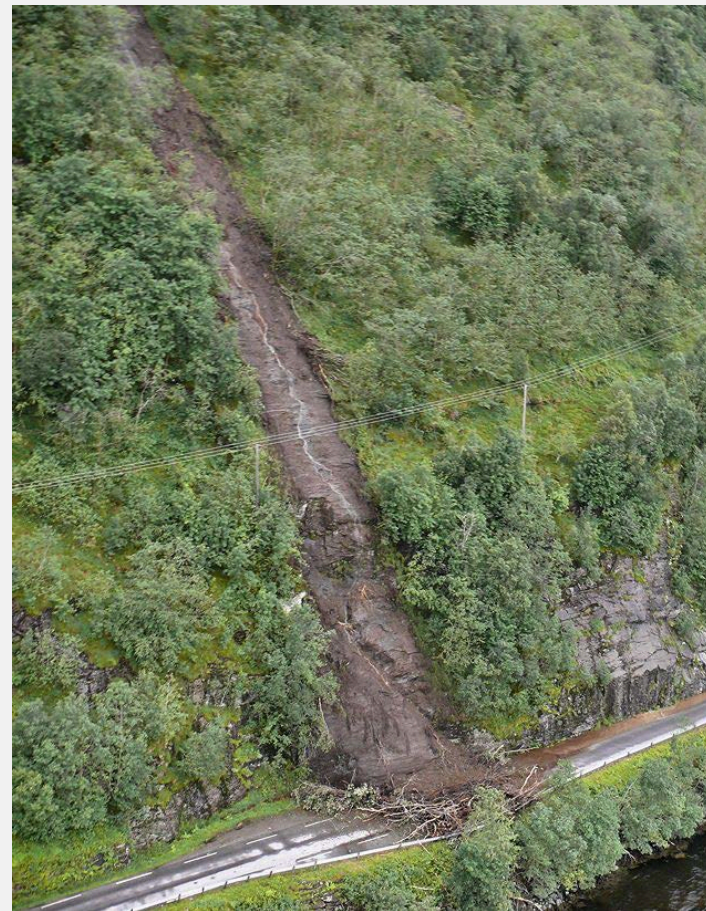
- Økningen i antall døgn med kraftig nedbør kan føre til en økning i hyppigheten av steinsprang.
- Hyppigere fryse-tine episoder gir også økt steinsprangfare.

Snøskred:

- **Økt hyppighet av snøskred som følge av en økning i antall døgn med mye nedbør.**
- **I tillegg er det tegn til at antallet døgn med kraftig vind øker, og at kraftigste vindstyrke øker, noe som også vil påvirke hyppigheten av snøskred.**
- **Men! Temperaturstigning fører til både høyere snøgrense og til høyere tregrense, begge med positiv effekt på snøskredfare i forhold til infrastruktur.**

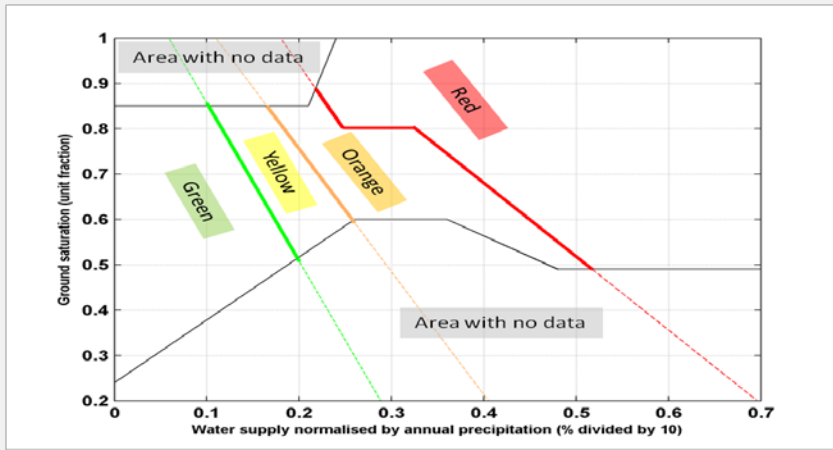
Tilpasning = risikoreduksjon

- ↗ Kartlegging
 - Fare og risiko, i forskjellige nivå
 - Definere trygge og utrygge områder
- ↗ Lokal og nasjonal kapasitet
 - Kunnskap og 'årvåkenhet'
 - Planer for beredskap, evakuering og redning
- ↗ Tiltak
 - Strukturelle sikringstiltak (voller, nett, etc..)
 - Ikke-strukturelle tiltak;
 - veistengning, nedsatt fart på jernbanen, etc.
 - Overvåking og varsling
 - God arealplanlegging og trygg plassering av kritisk infrastruktur.



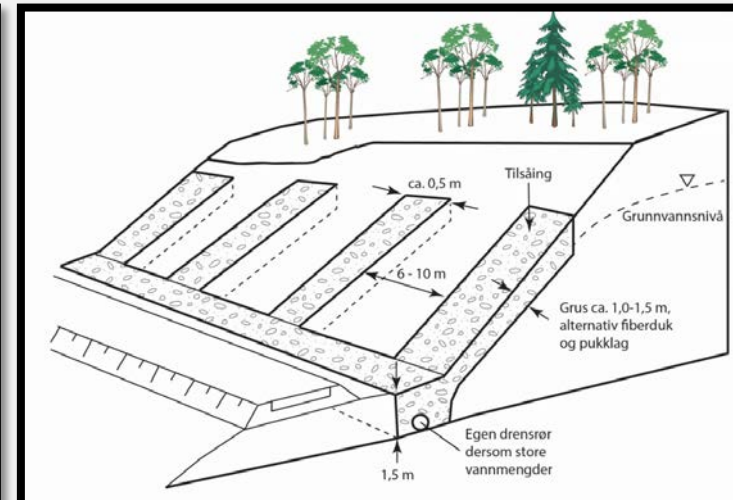
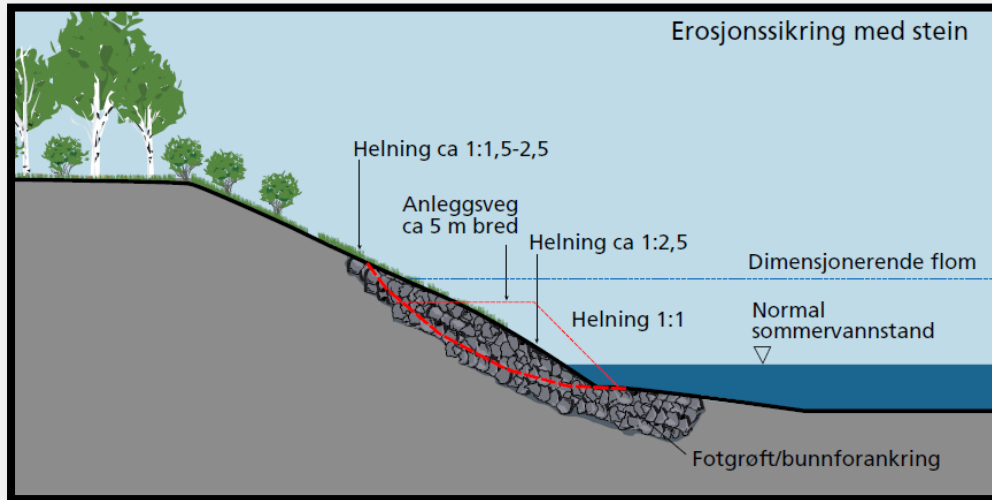
Tilpasning; Jord- og flomskred

- Kartlegging og god arealplanlegging!! - Følge kravene i Plan og Bygningslovens TEK 10.
- Påpasselighet i skogsdrift og landbruk
- Fysiske sikringstiltak
- Grønne, naturbaserte løsninger
- Overvåking og varsling



Tilpasning; Kvikkleireskred

- God arealplanlegging og følge TEK 10.
- Kartlegging og kjennskap til byggegrunn.
- NB! Følge NVEs veiledere!
- Årvåkenhet, særlig i perioder med mye nedbør; private, lokale og regionale myndigheter.
- Fysiske sikringstiltak (Erosjonssikring, drenering, kalk-sement peler, etc.)



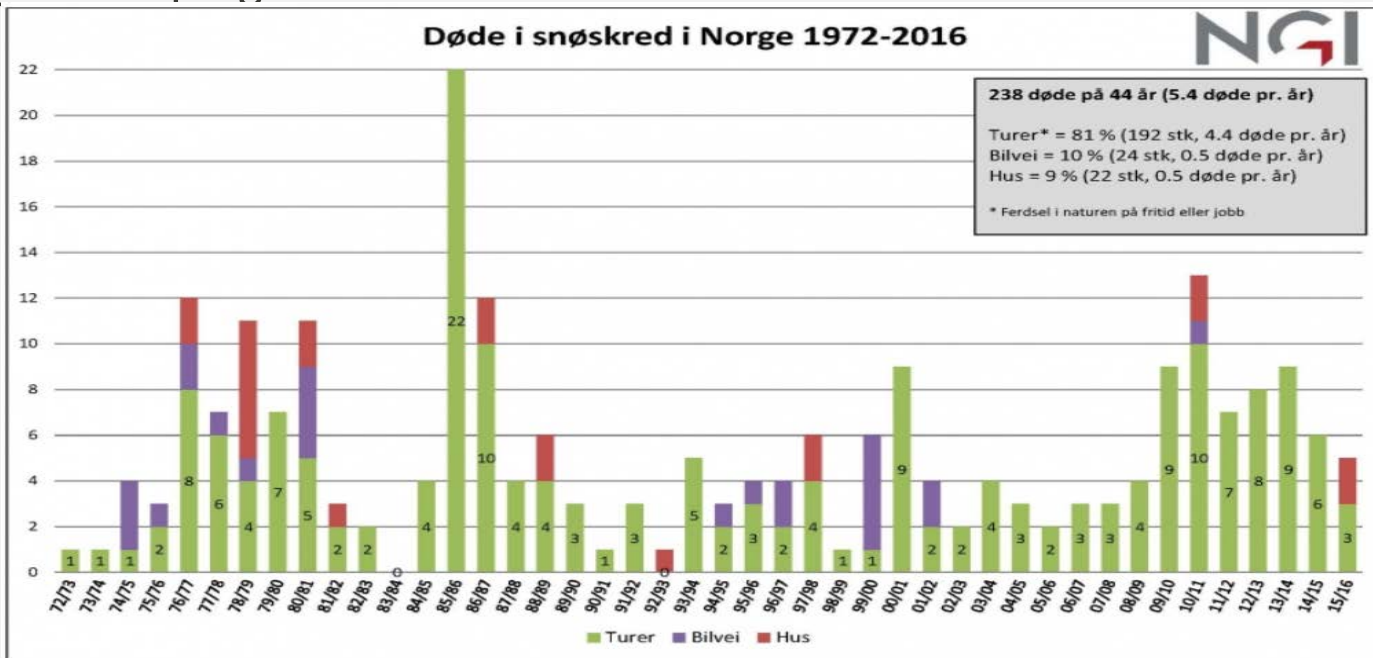
Tilpasning; Steinsprang og fjellskred

- God arealplanlegging og følge TEK 10.
- Fysisk sikring: bolter, nett, valler, etc.
- 'Nye, innovative løsninger'
- For fjellskred: Varsling, overvåking, (og drenering!)



Tilpasning; Snøskred

- God arealplanlegging og følge TEK 10. (jfr. Italia i går)
- Fysiske sikringstiltak, støtteforbygninger, voller, etc.
- Varsling, overvåking, stenging av vei og bane, etc.
- Kunnskap og bevissthet om skredfare blant turfolk!



NFR: Senter for Forskningsbasert Innovasjon (SFI): 'KLIMA2050'



WP 1: Klimatilpasning av bygninger

WP2: Urban flom

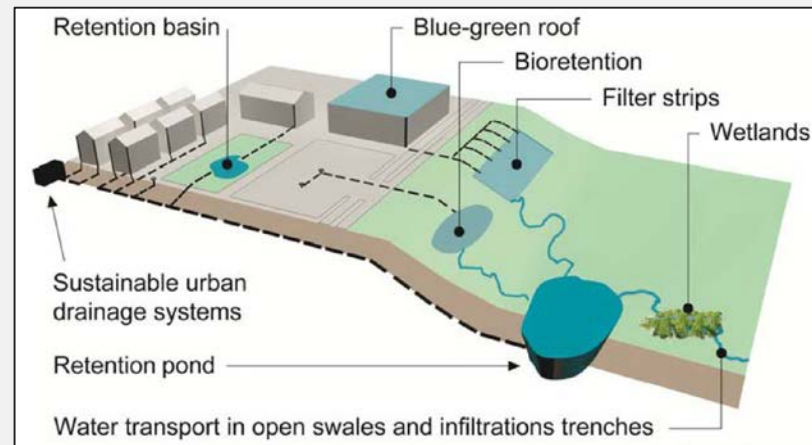
WP3: Vannrelaterte skred (NGI)

WP4: Forvaltning og beslutningsprosesser



www.klima2050.no

- Risikoreduksjon gjennom klimatilpasning av bygninger og infrastruktur
- 20 partnere fra forskning, offentlig sector og næringsliv
- 8 år; 2015-2023
- Totalt budsjett NOK 221 mill. (96 fra NFR)



Noen kjappe konklusjoner

- Norge er et bratt land, med mye vær, og naturfarer kan ikke unngås!
- Klimautviklingen fører til flere skred og flomsituasjoner.
- Risiko kan reduseres, men ikke elimineres!
- Tilpasning skjer ved god arealplanlegging og 'klimapåslag' på de fleste dimensjoner.
- Følger vi dagens regelverk (TEK 10 og NVEs veiledere) har vi kommet et godt stykke på vei!
- 'Sikringsentreprenører' går gode tider i møte!

Takk for oppmerksomheten

