

Geologiens betydning for skred

Amanda DiBiagio, PhD-student ved NGI og UiO

EU Interreg RISK, 30. januar 2025





Hva er et skred?

Noen definisjoner



Utløsningsmekanismer



Geologiens rolle

Bergarter og sprekkesystemer

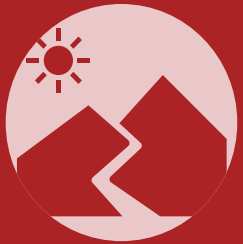


Skog og skred



Erfaringer fra PhD-arbeid

Ryo, Aurland



Hva er et skred?



Foto: Anders Solheim

DiBiagio, EU Interreg RISK, 30. januar 2025

Først, noen definisjoner



Steinsprang

Én eller noen få
steinblokker.

Foto: NVE



Steinskred

Et større volum av
steinblokker.



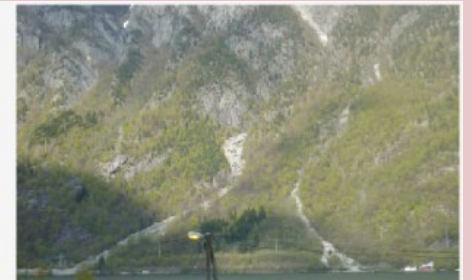
Fjellskred

>100.000 m³ volum
stein.



Jordskred

Utenfor vannveier.



Flaumskred

Innenfor vannveier/
topografisk betinget.

Jordskred



Foto: NVE

- Løsmassedybde: noen 10-talls cm til et par m
- Løsneområde: Lite, lokalt
- Utløp: typisk trekantformet, river med seg mer og mer materiale langs kantene
- Hastighet: moderat

Flomskred



Foto: NVE

- Løsmassedybde: noen 10-talls cm til et par m
- Løsneområde: Lite, lokalt
- Utløp: følger vannveier (topografisk betinget), river med seg bunnsedimenter
- Hastighet: stor

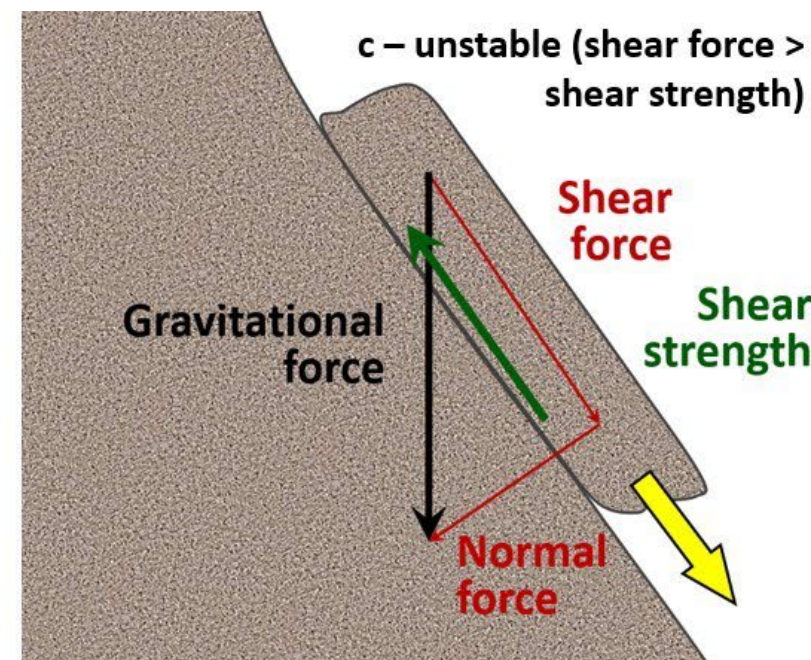
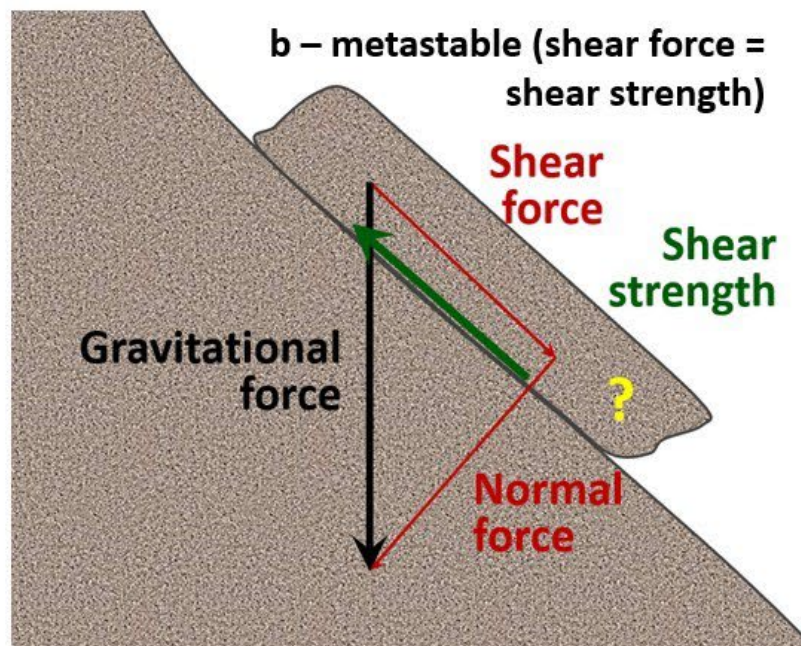
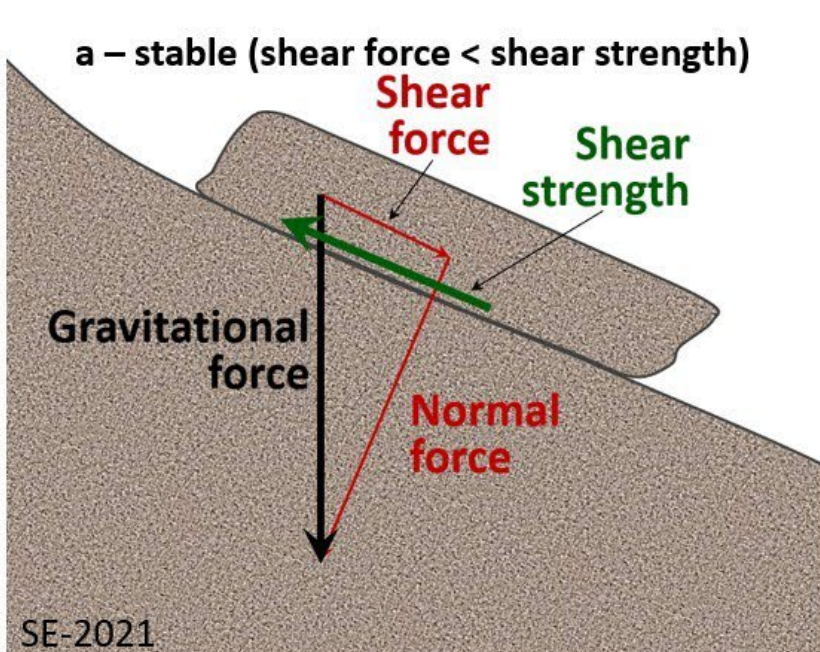


Utløsnings- mekanismer



Beregning av skråningsstabilitet

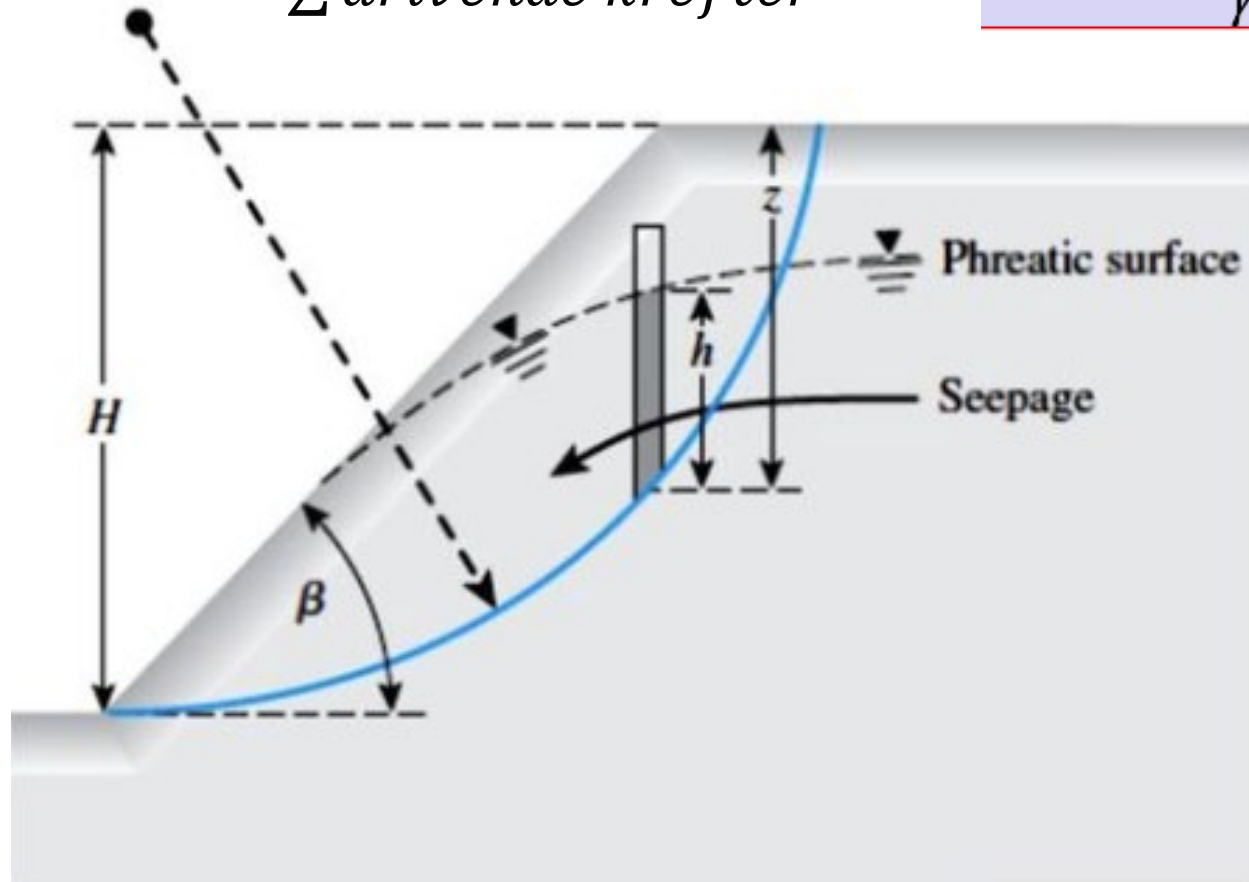
$$\text{Sikkerhetsfaktor (FS)} = \frac{\sum \text{Stabiliserende krefter}}{\sum \text{drivende krefter}} = \begin{cases} \geq 1, \text{Stabil skråning} \\ < 1, \text{Ustabil skråning} \end{cases}$$



Hva kan utløse et skred?

Beregning av skråningsstabilitet

$$\text{Sikkerhetsfaktor (FS)} = \frac{\sum \text{Stabiliserende krefter}}{\sum \text{drivende krefter}} = \frac{c' + (\gamma H - \gamma_w h) \cdot \cos^2 \alpha \tan \phi'}{\gamma H \sin \alpha \cos \alpha}$$

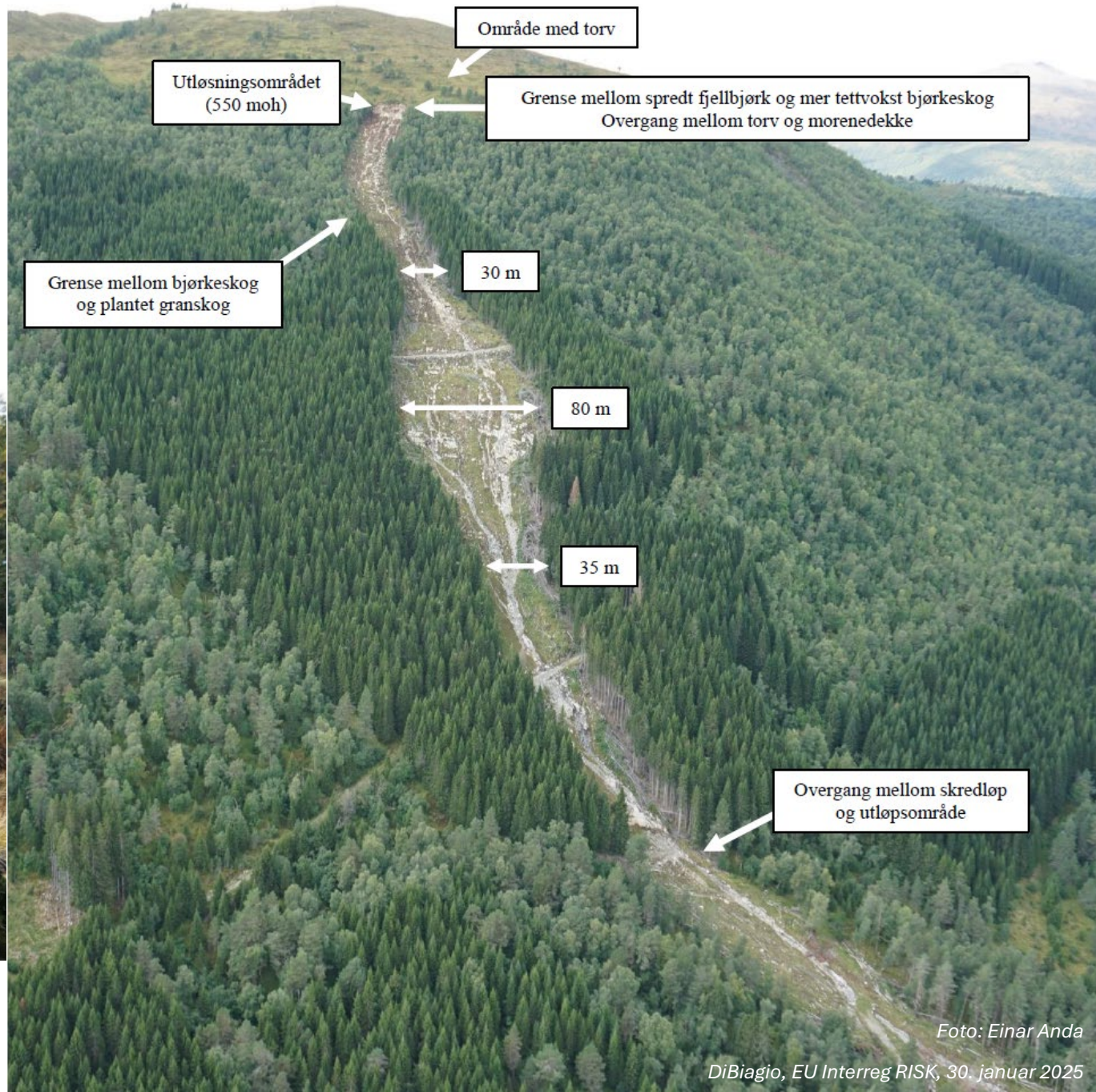


Vann er
viktig!

Jordas styrke er konstant, mens
vannivået endres over tid.

Nedbørsutløst skred

Skred i Opsvik, Stranda, juni 2013, etter periode med intens nedbør.



Nedbørsutløst skred



Foto: Anders Solheim

Skogsbilvei under bygging. Vann har samlet seg i lavpunktet, flommet over veien og startet skredet (rød sirkel), som utviklet seg videre ned skråningen.

Drenering er ikke ferdig, unntatt noen steder (rør i gul sirkel)

Taklo, Nordfjordeid



Foto: Anders Solheim

Ikke god løsning. Vannet gjennom røret går bare rett i bakken, uten erosjonssikring

Nedbørsutløst skred



Foto: Ulrik Domaas

Flomskred, Arnegårdslie, Nesbyen, juni 2013.



Foto: Ulrik Domaas



Foto: Ulrik Domaas

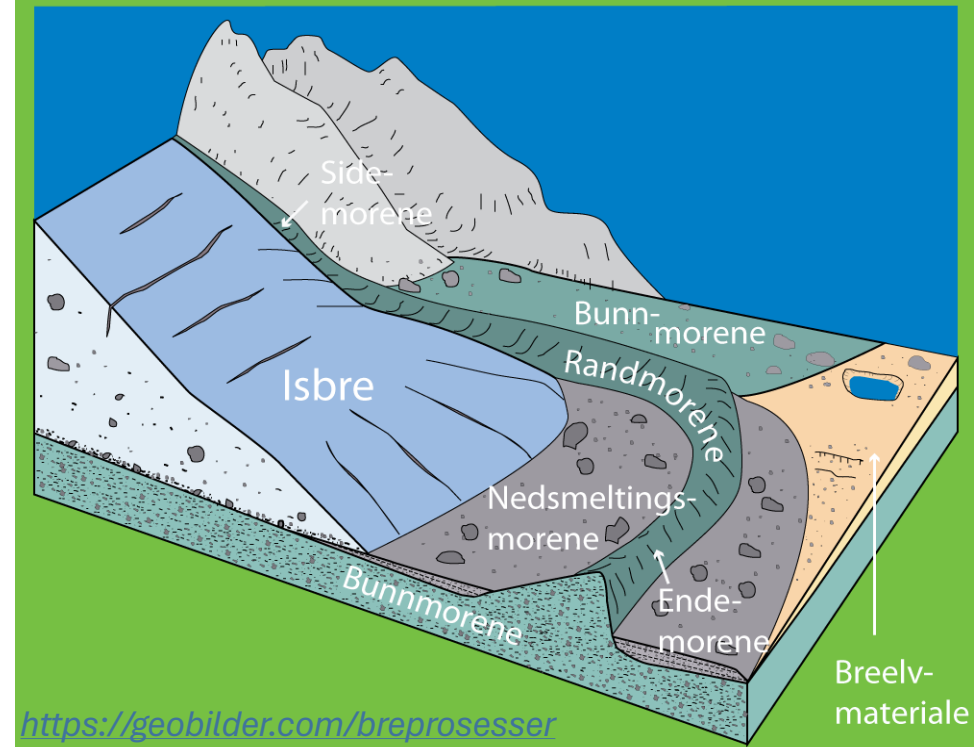


Geologiens rolle

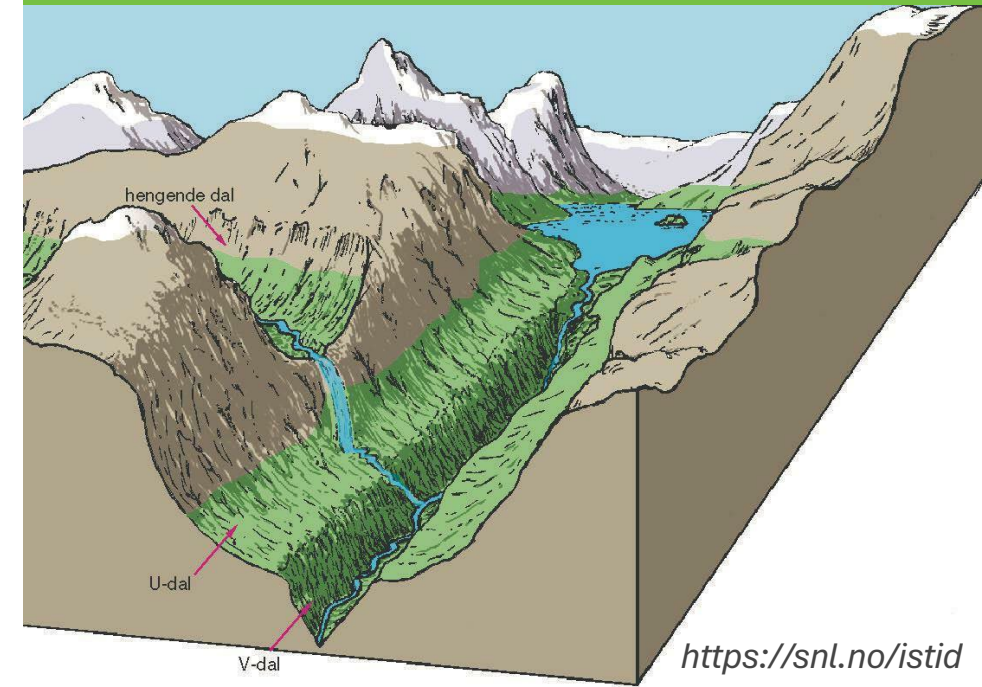


Først, litt historie

- Isbreene la igjen morenemateriale i fjellssidene i U-dalene i Norge
- Morenematerialet er dannet av oppknust grunnfjell, transportert av isen før det er avsatt
- Transportdistansen var ofte relativt kort, og morenen er dermed ofte dannet av samme type grunnfjell som den blir avsatt på
- Kornfordelingen av morenemateriale avhenger av bla. av bergartstype og transportdistanse
- De fleste skred i Norge utløses i morenemateriale (leirskred unntatt)



<https://no.wikipedia.org/wiki/Morenejord>



Geologiens betydning for skred

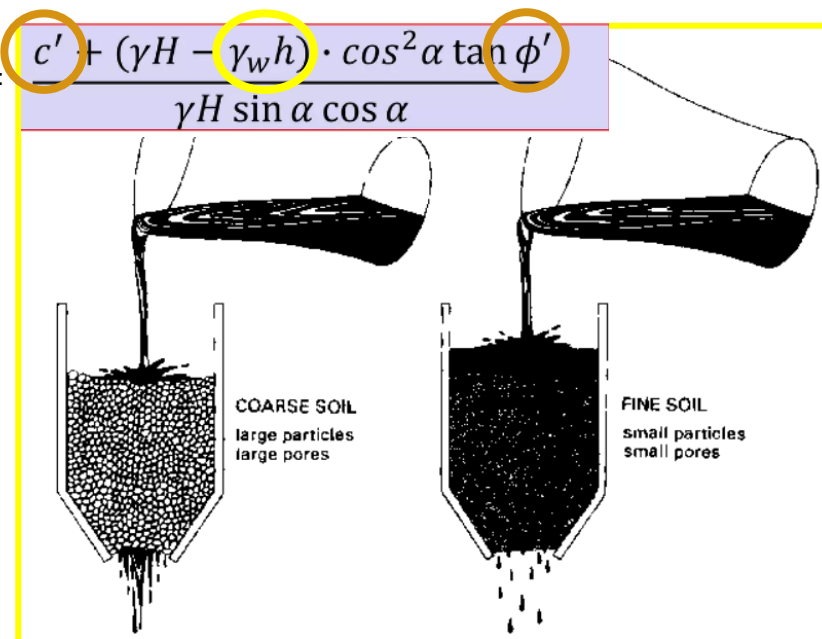
- Geologi er ikke en udløsende faktor for skred, men kan være en **bakenforliggende faktor**

Geologiens betydning for skred

- Jordstyrke
 - Grove masser ↑
 - Finkornede masser ↓
- Dreneringsevne
 - Grove masser ↑
 - Finkornede masser ↓

→ Finkornede masser er mest utsatte for skred

Sikkerhetsfaktor (FS) =



<https://www.fao.org/4/r4082e/r4082e03.htm>

Name	Code	Cohesion (kPa)		Friction angle (deg)	
		Mean	Std dev	Mean	Std dev
Clay of high plasticity, fat clay	CH	25	5	22	5
Clay of low plasticity, lean clay	CL	25	5	22	5
Clayey gravel	GC	0.5	0.05	34	2
Silty gravel	GM	0.5	0.05	36	5
Silty gravel	GM-GL	0.5	0.05	36	5
Poorly graded gravel	GP	0.5	0.05	38	4
Well-graded gravel, fine to coarse gravel	GW	0.5	0.05	40	2
Silt of high plasticity, elastic silt	MH	5	3	24	3
Silt	ML	0.5	0.25	33	2
Organic clay, organic slit	OH	10	5	22	5
Organic silt, organic clay	OL	10	5	25	2
Clayey sand	SC	0.5	0.25	32	1
Silty sand	SM	0.5	0.25	34	1
Poorly graded sand	SP	0.5	0.05	36	1
Well graded sand, fine to coarse sand	SW	0.5	0.05	38	1

<https://www.ecorisq.org/publications/tools-manuals/slidefor-net-user-manual/75-slidefor-net-user-manual>

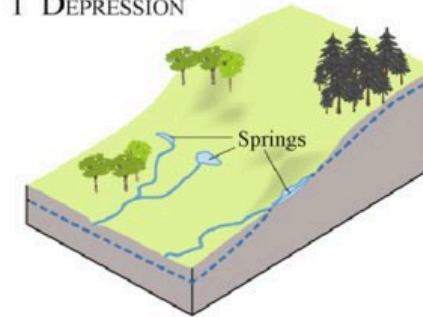
DiBiagio, Interreg RISK, 30. januar 2025

Geologiens betydning for skred

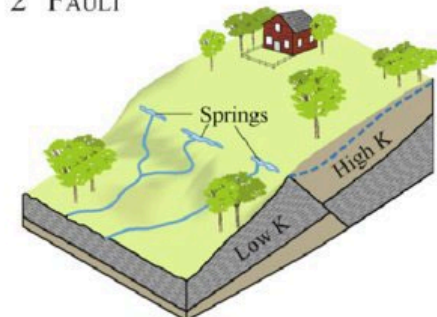
- Kompetente (harde) bergarter (f.eks., gneis, granitt)
 - danner ofte impermeable og glatte overflater hvor poretrykk kan bygge seg opp, og
 - hvor løsmasser lett kan skli ut
- Svake bergarter (f.eks. fyllitt)
 - gir ofte bedre drenering gjennom berg (utviklet sprekkesystem), men,
 - løsmasser dannet fra slike bergarter er ofte mer finkorede, hvilket ofte betyr lavere styrke, og,
 - lavere permeabilitet i løsmassene (dvs. mer disponible for poretrykksoppbygning over tid)
- Oppsprukket grunnfjell
 - kan gi lokale områder med artesiske poretrykk (overtrykk)



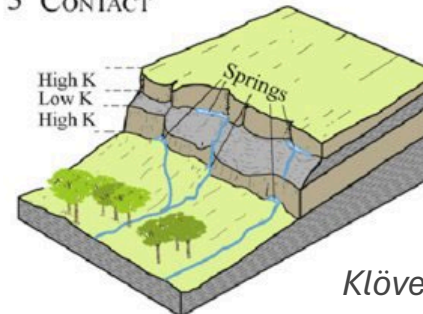
1 DEPRESSION



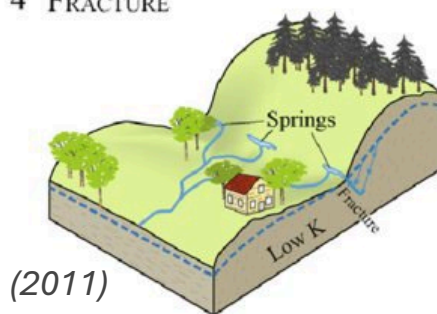
2 FAULT



3 CONTACT



4 FRACTURE



Klöve et al. (2011)



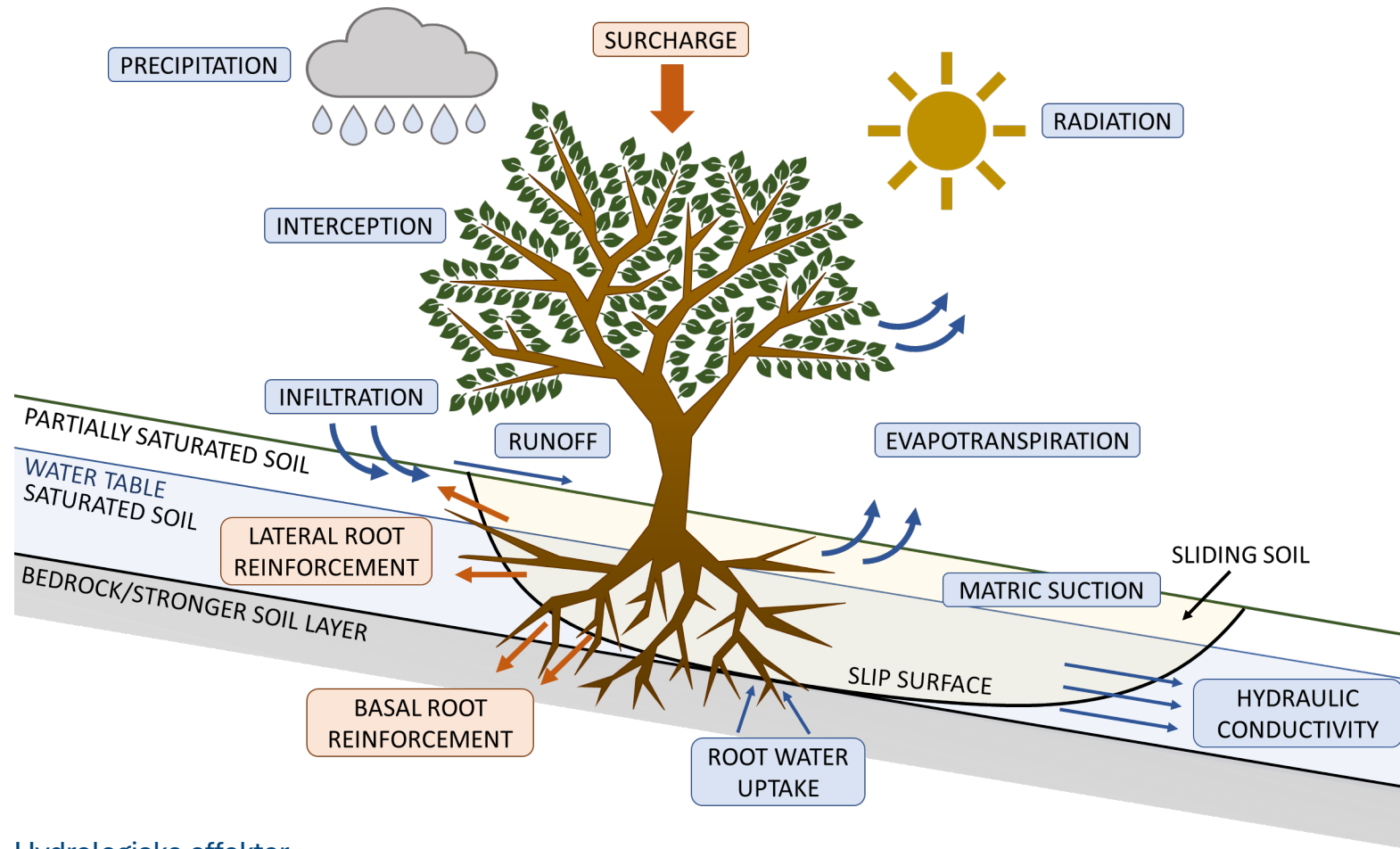
Skog og skred



Foto: Einar Anda

DiBiagio, EU Interreg RISK, 30. januar 2025

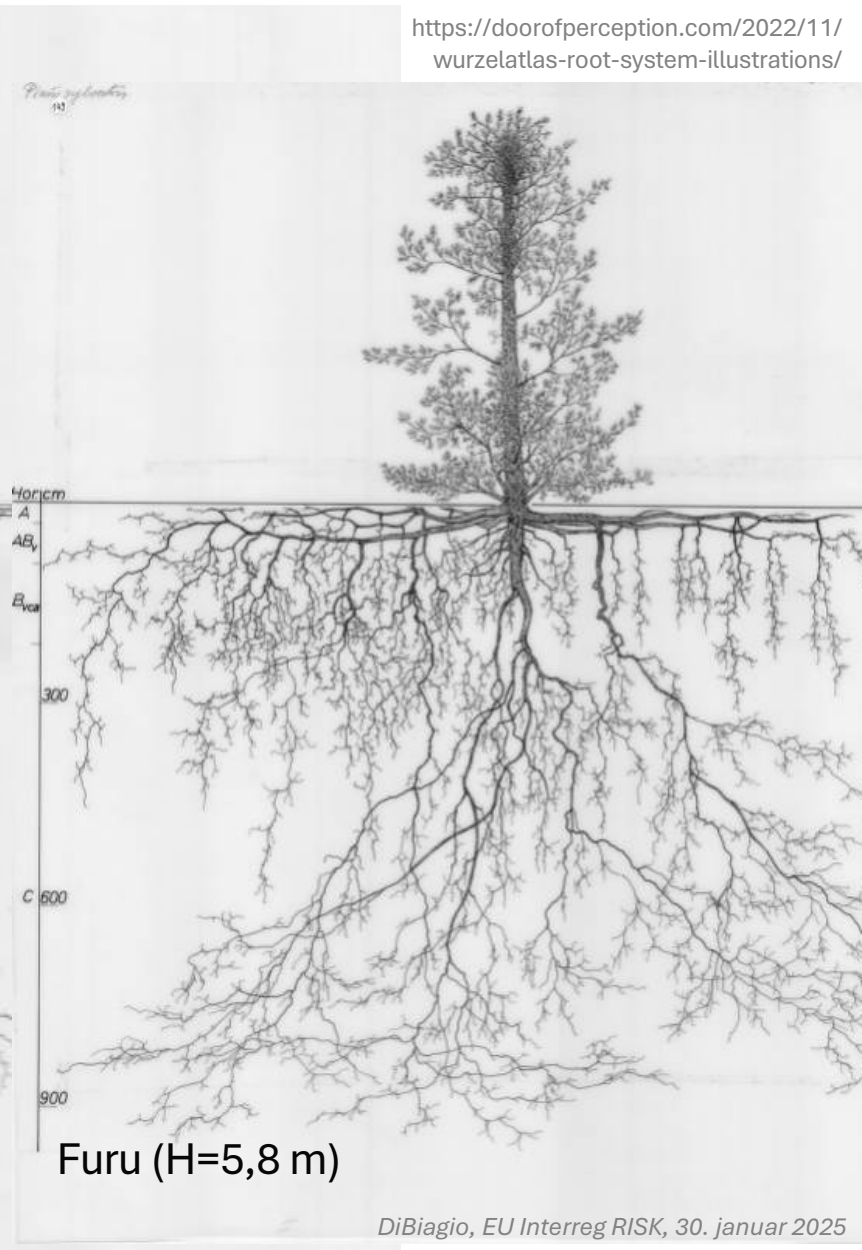
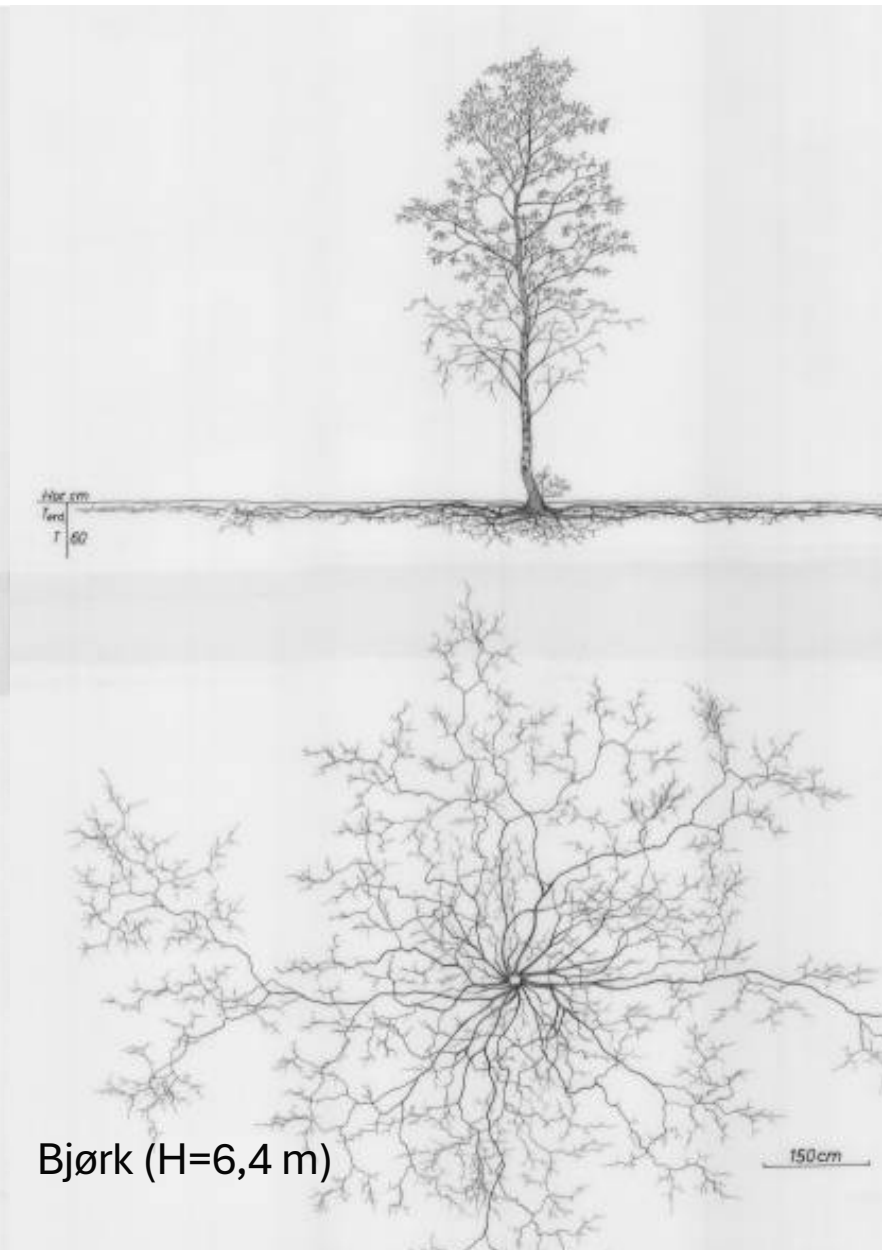
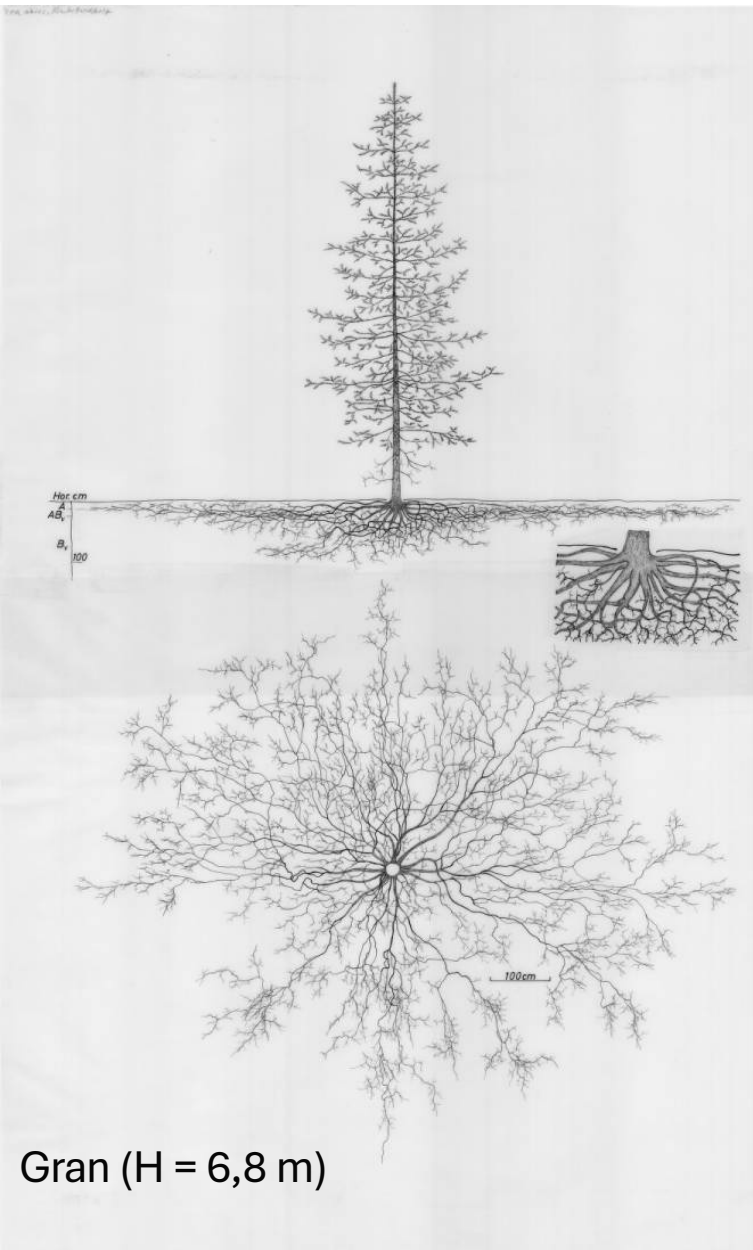
Effekter av vegetasjon på skråningsstabilitet



Hydrologiske effekter
Mekaniske effekter

DiBiagio et al. (2024)

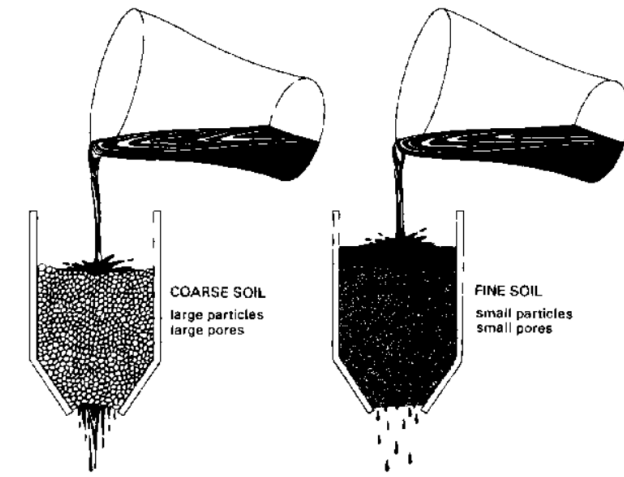
Ulike tresorter gir ulike effekter



<https://doorofperception.com/2022/11/wurzelatlas-root-system-illustrations/>

Oppsummering: skred og vann, geologi, skog

- Vann på avveie
 - Den viktigste utløsningsfaktoren for skred i Norge
- Geologi
 - De fleste skred i Norge går i morenemateriale
 - Kornfordelingen til morene avhenger av berggrunnen den er dannet av
 - Finkorna løsmasser er mer utsatt for skred enn grovere masser
- Skog
 - Har innvirkning på vannbalansen, både lokalt og i nærliggende områder
 - Røtter forsterker jorda lokalt
 - Ulike tre typer har ulik effekt på skråningsstabiliteten



<https://www.fao.org/4/r4082e/r4082e03.htm>

<https://no.wikipedia.org/wiki/Morenejord>



Foto: Einar Anda



Erfaringer fra PhD-arbeid



PhD-prosjekt: Naturbaserte løsninger (NbS) som klimatilpasningstiltak for skredsikring i Norge

Amanda DiBiagio (NGI/UiO)

Veiledere: Vittoria Capobianco (NGI), Amy Oen (NGI), Lena M. Tallaksen (UiO)

NbS er ikke noe nytt



Eksempel fra Pyreneene: **Biescas (Spania)**



- Tiltak etablert i 1905
- Tørrmurte terrasser, dreneringsveier og skogplanting
- Sees i dag som en grønn, skogkledd dalside
- Ingen skredproblemer etter 1905



Studieområde: Ryo, Flåmsdalen

Hvorfor denne lokasjonen?

- UNESCOs verdensarvsted, viktig kulturlandskap
- Område utsatt for skred i fyllittjord
- Område med variert vegetasjonsdekke (løvskog, slåttemark)



Metode

- Eksperimentelle metoder
 - Overvåking av jordens hydrauliske oppførsel (vanninnhold og sug) i den umettede sonen
 - Datainnsamling av jord- og vegetasjonsdata
 - Feltarbeid
 - Laboratoriearbeid
- Modellering av skråningsstabilitet
 - Litteraturgjennomgang av stabilitetsmodeller med inkludering av vegetasjonseffekter
 - Implementering av innsamlet data i modell for kvantifisering av vegetasjonseffekter

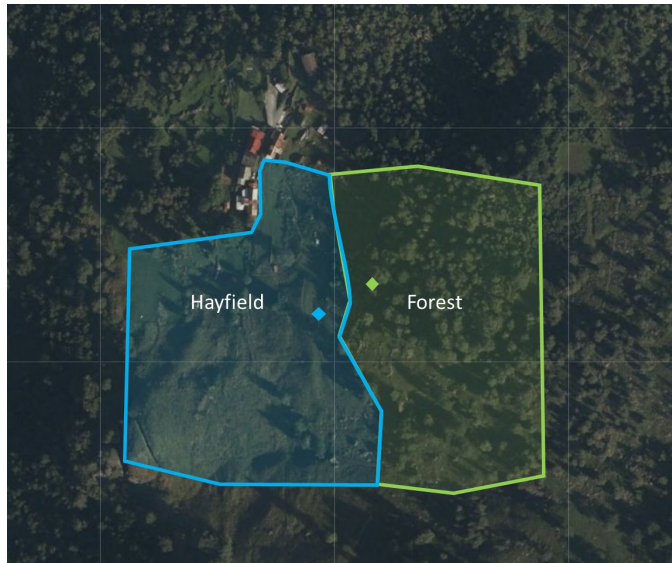


Overvåkning

Værstasjon



Slåttemark



METER ATMOS 41W

Målinger i bakken



Slåttemark



Skog
(Bjørk, Gråor, Osp, Selje)



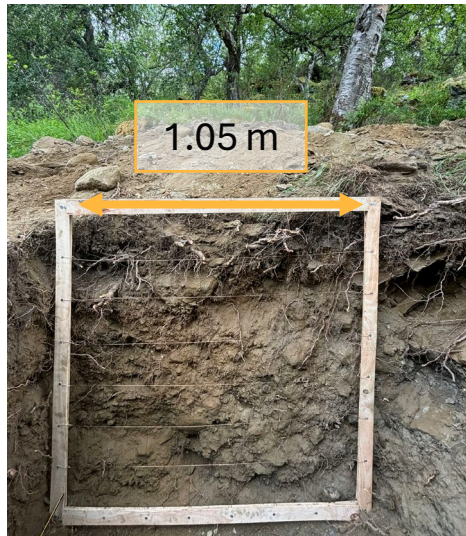
Vanninnholdsmålere i 4 dybder (10, 40, 80, 110 cm)

Sugmålere i 2 dybder (40 and 80 cm)

Temperatur i alle dybder

Datainnsamling

- Kartlegging av jordparametere
 - Feltkartlegging
 - Analyser i geoteknisk laboratorium
- Vegetasjonsdata for bjørk og gråor
 - Kartlegging av utbredelse av røtter i bakken
 - Strekkstyrketesting i felt og laboratorium
 - Trekjerneboring for aldersbestemmelse av trær



Utbredelse av røtter



Strekktesting i lab



Strekktesting i felt

Foreløpige resultater: hydro-mekaniske effekter av lauvskog

Analyseperiode: 15. april til 30. juli 2024

Sikkerhetsfaktor (FS):

$$FS = \frac{\tan \varphi'}{\tan \beta} + \frac{2(c' + c_r)}{\gamma_s h \sin 2\beta} - \frac{\sigma_s}{\gamma_s h} \cdot (\tan \beta + \cot \beta) \tan \varphi'$$

- Suction stress (Lu & Likos, 2004)

$$\sigma_s = - \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} (u_a - u_w)$$

- Rotkohesjon (Wu and Waldron, 1979)

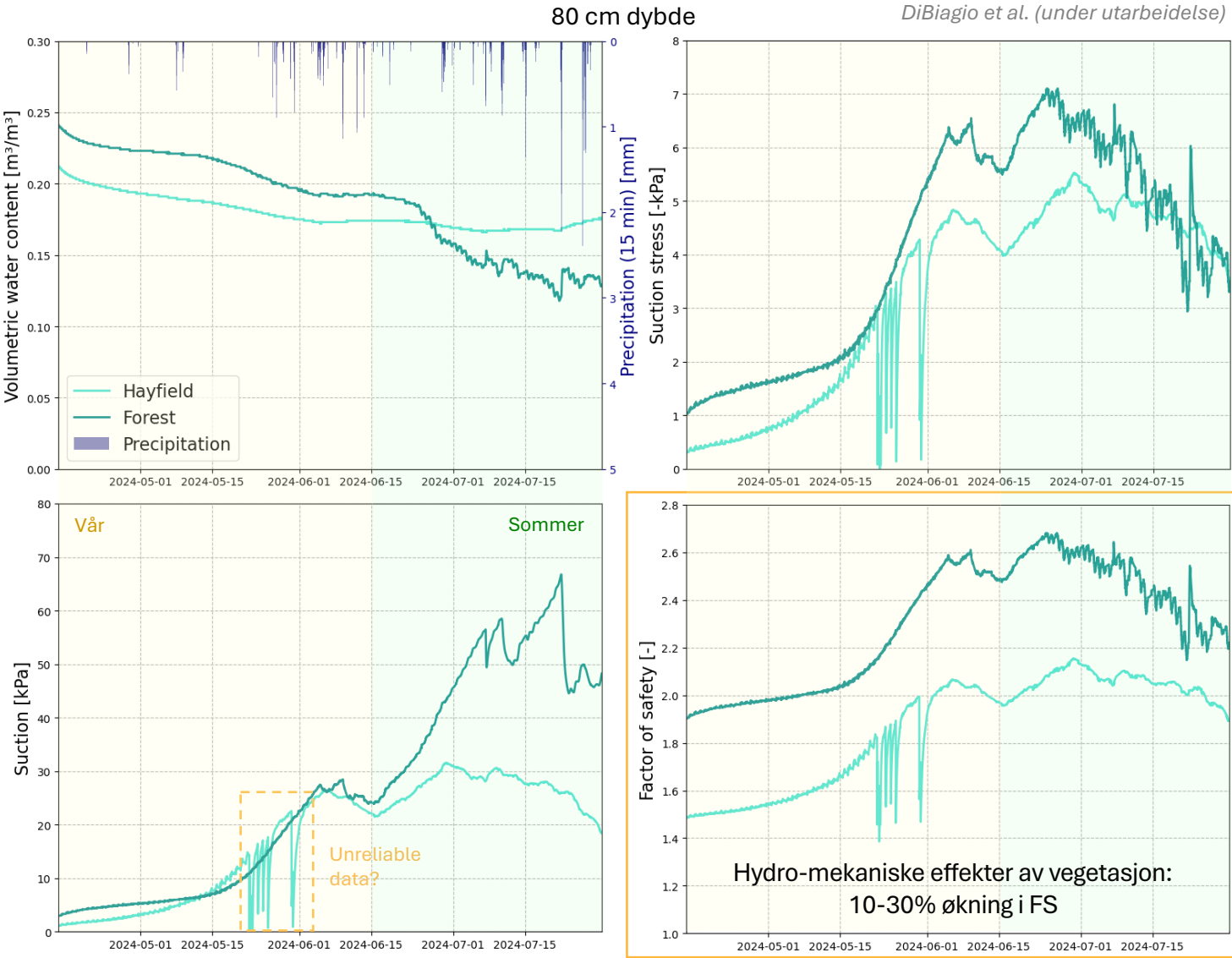
$$c_r = k \sum_{n=1}^N t_{r,n} R A R_n$$

Inngangsparametere:

Parameter	Symbol	Value	Unit
Unit weight	γ_s	15	kN m ⁻³
Friction angle	φ'	33.7	°
Cohesion	c'	1.5	kPa
Root cohesion	c_r	1.7	kPa
Slope	β	35	°
Soil depth	h	0.8	m
Residual WWC	θ_r	0.1	m ³ m ⁻³
Saturated WWC	θ_s	0.5	m ³ m ⁻³



UNIVERSITY
OF OSLO



Noen konklusjoner

- Hydrologiske effekter er størst på sommeren, men det må ikke være for tørt i bakken
- Mekaniske effekter er relativt konstante gjennom året
- Det tar tid (år) før ny skog gir nevneverdig forsterkende effekt
- Vi har kun studert lauvskog, behov for data fra andre tresorter (spesielt gran og furu)

DiBiagio, A., Capobianco, V., Oen, A., & Tallaksen, L. M. (2024). State-of-the-art: parametrization of hydrological and mechanical reinforcement effects of vegetation in slope stability models for shallow landslides. *Landslides*, 1-30. <https://doi.org/10.1007/s10346-024-02300-1>

DiBiagio, A., Capobianco, V., Oen, A., & Tallaksen, L. M. (2024). Monitoring the hydro-mechanical effects of vegetation cover on shallow landslide triggering: preliminary results from a case study in western Norway. In Guerra, N., Matos Fernandes, M., Ferreira, C., Gomes Correia, A., Pinto, A., & Sêco Pinto, P. (Eds.). *Geotechnical Engineering Challenges to Meet Current and Emerging Needs of Society* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003431749>





NGI

På sikker grunn