NVE

Erosjon, skredfare og sikringstiltak i et våtere klima

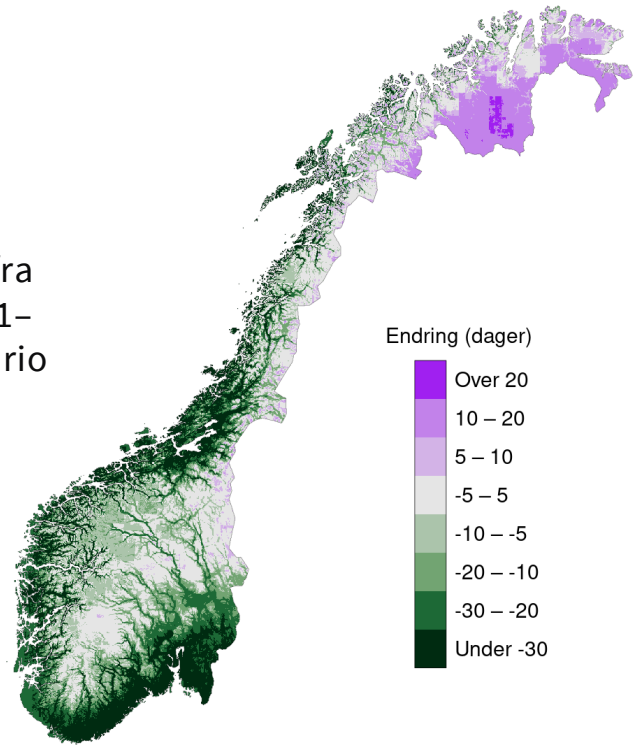
Ivar Berthling

Framtidig skredfare i kvikkleireområder?

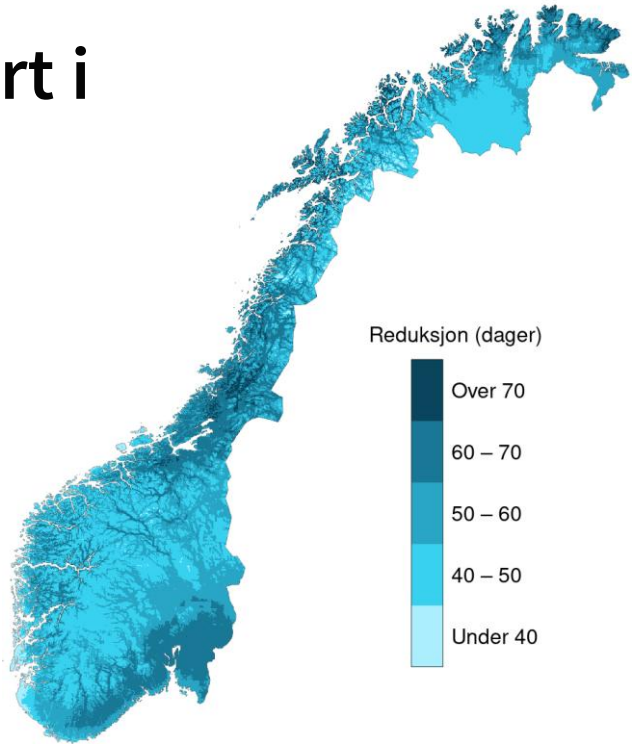
- **Endret klima**
- Vil dette (1) **påvirke erosjon**?
- Vil dette (2) **påvirke de hydrogeologiske forholdene** i bakken?
- Vil endringer gi **økt potensiale for skred**?
- Bruke slik **kunnskap for enda mer målrettet overvåking og sikring**

Klima – ny Klima i Norge-rapport i 2025

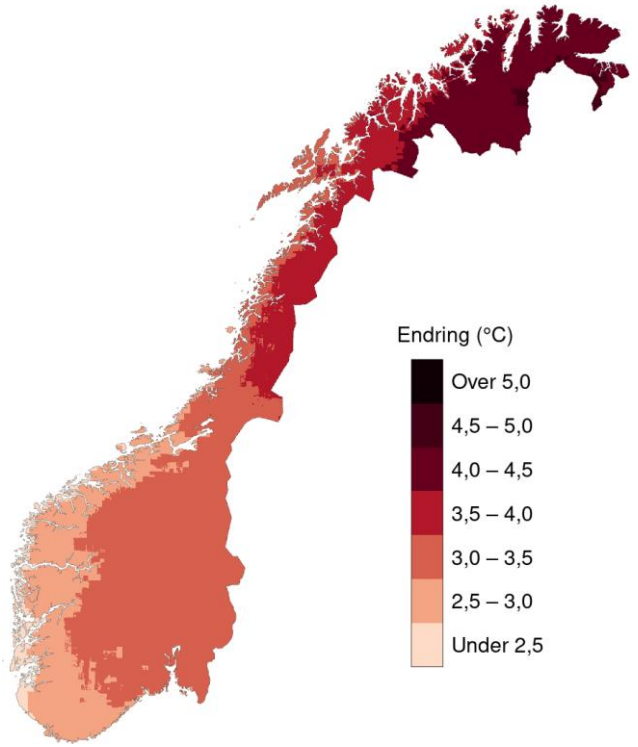
- Et litt lavere «føre var» utslippscenarie
- Ny referanseperiode
- Nye biasjustering- og nedskaleringsmetoder



Endring i antall dager med nullgradspasseringer årlig fra perioden 1991–2020 til 2071–2100 for høyt utslippsscenario (SSP3-7.0), for hele året. Beregnet endring er gjennomsnittet av 20 framskrivninger (COR-BA-2025).

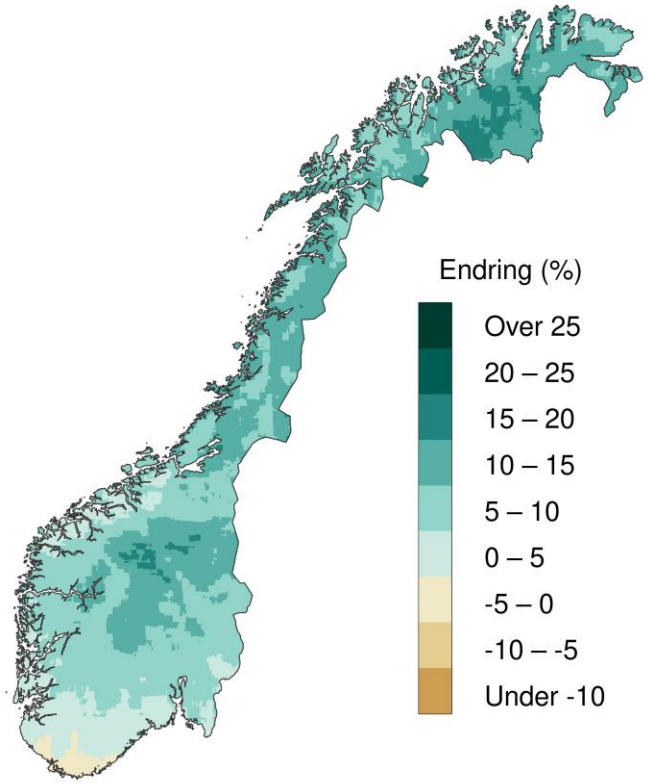


Reduksjon i antall frostdager i året fra perioden 1991–2020 til 2071–2100 under høyt utslippsscenario (SSP3-7.0). Beregnet endring er gjennomsnittet av 20 framskrivninger (COR-BA-2025).

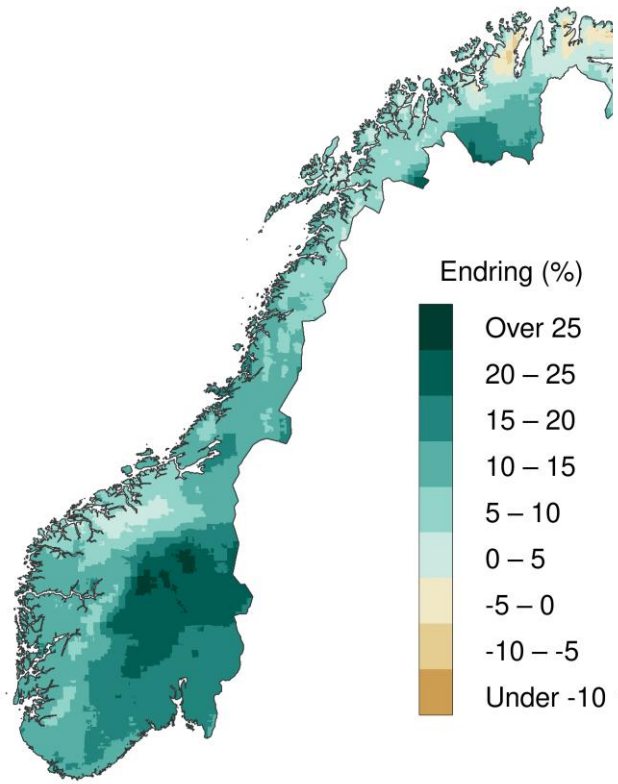


Endring i årsmiddeltemperatur (°C) mellom 1991–2020 og perioden 2071–2100 under høyt utslippsscenario (SSP3-7.0). Beregnet endring representerer gjennomsnittet av de 20 framskrivningene i COR-BA-2025

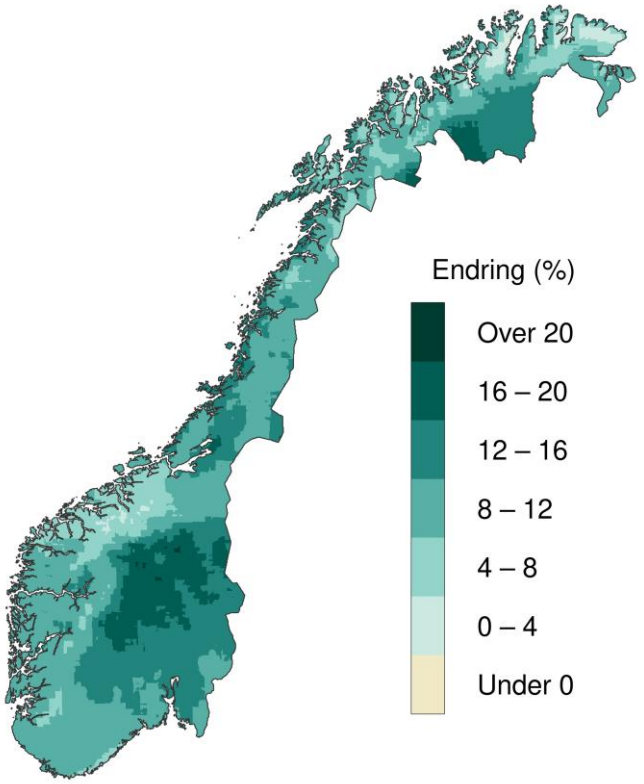
Klima – hva er nytt fra forrige rapport?



Beregnet endring fra 1991–2020 til 2071–2100 under høyt utslippsscenario (SSP3-7.0) i **gjennomsnittlig nedbørsum om sommeren** (JJA, i % av referanseverdi). Beregnet endring er gjennomsnittet av 20 framskrivninger (COR-BA-2025)



Beregnet endring fra 1991–2020 til 2071–2100 under høyt utslippsscenario (SSP3-7.0) i **gjennomsnittlig nedbørsum om vinteren** (DJF, i % av referanseverdi). Beregnet endring er gjennomsnittet av 20 framskrivninger (COR-BA-2025).



Endring fra 1991–2020 til 2071–2100 under høyt utslippsscenario (SSP3-7.0) i **gjennomsnittlig årlig nedbørsum** (i % av referanseverdi). Beregnet endring er gjennomsnittet av 20 framskrivninger (COR-BA-2025).

Stasjon	Stasjonsnavn	Periode (antall år)	Årlig maksimum			Antall hendelser over fast terskel		
			15 min	60 min	180 min	15 min	60 min	180 min
3030	Fredrikstad	1970 - 2016 (30)						
3810	Askim II	1968 - 2024 (40)						
4781	Gardermoen Sør	1968 - 2010 (39)						
12290	Hamar II	1968 - 2024 (44)						
17870	Ås - Rustadskogen	1974 - 2024 (43)						
17980	Oslo - Ljabruveien	2000 - 2021 (21)						
18020	Oslo - Lambertseter	1985 - 2024 (32)						
18210	Oslo - Hovin	1998 - 2024 (24)						
18270	Oslo - Vestli	1974 - 2024 (38)						
18320	Oslo - Hausmannsgt	1984 - 2013 (25)						
18420	Oslo - Disen	1998 - 2024 (23)						
18701	Oslo - Blindern	1968 - 2024 (53)						
19490	Gjettum Plu	1970 - 2024 (30)						
19510	Øvrevoll	1968 - 2024 (42)						
19710	Asker	1983 - 2010 (27)						
27270	Tønsberg - Kilen	2000 - 2024 (23)						
27564	Sandefjord - Mosserød	1999 - 2024 (20)						
39150	Kristiansand - Sømskleiva	1975 - 2024 (38)						
44190	Time - Lye	1981 - 2024 (30)						
44640	Stavanger - Våland	2005 - 2024 (20)						
44730	Sandnes - Rovik	1974 - 2024 (30)						
47240	Karmøy - Brekkevann	1968 - 2019 (37)						
50480	Bergen - Sandsli	1984 - 2024 (27)						
64300	Kristiansund - Karihola	1974 - 2024 (36)						
68230	Trondheim - Risvollan	1987 - 2024 (34)						
82310	Bodø - Skivika	1997 - 2024 (21)						

Trender i høyeste årlige korttidsnedbør og hendelser med kraftig korttidsnedbør. Mørk (lys) grønn = sterk (svak) økning. Orange = svak reduksjon. Vi har brukt Mann Kendall trend test med et 5 % signifikansnivå for å identifisere sterke trender og et 30 % signifikansnivå for å identifisere svake trender. Enda svakere trender defineres som ingen endring (grå)

Erosjon

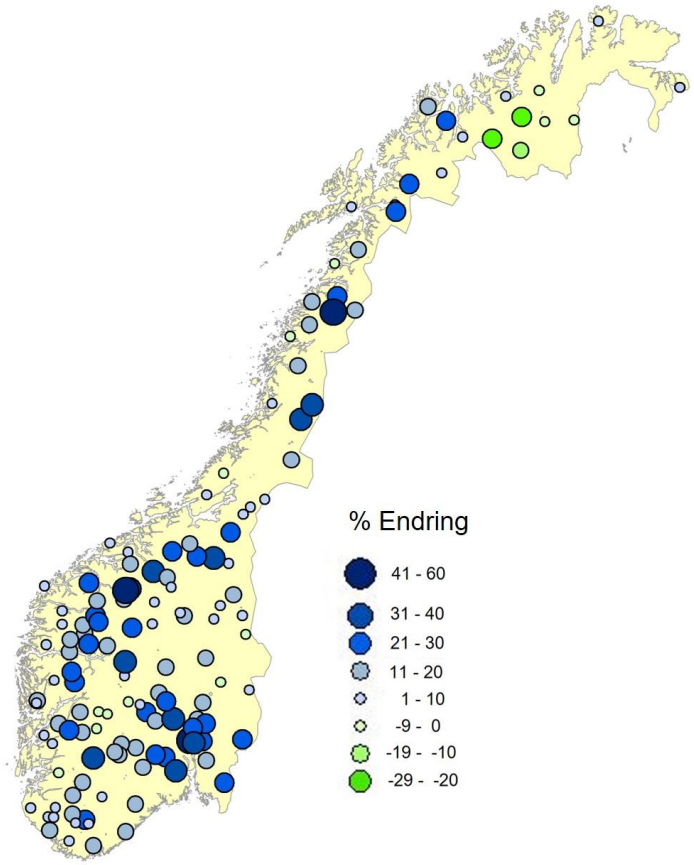
- Skjer når kreftene i vannet (skjærstresset) overgår styrken til materialet i elvekanalen
- Vannhastigheten; for konsolidert leire brukes ofte kritisk verdi på 1.0 m/s
  - Vannhastighet går opp med høyere vannføring
  - Måling av sedimenttransport viser at mest erosjon skjer under flom
  - **Hva skjer med flommer og vannføringen i et endret klima**?
- Materialets eroderbarhet neppe konstant i tid, og rom
  - Tining av frossen jord langs kanalen
  - Dannelse av «dekksjikt» av grovere materiale i kanalen beskytter mot erosjon under normal vannføring
  - Elvebredden: vegetasjon som armering i jorda

Vannføring og flom

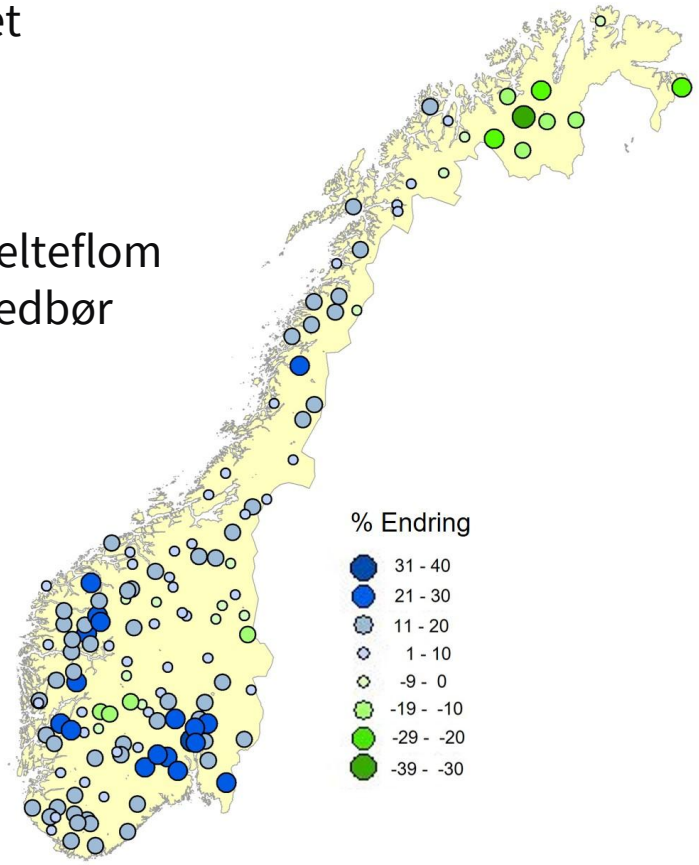
- Utfordringen: gå fra dette til anbefalte «klimapåslag»: dvs dimensjoneringsgrunnlag for flommer i fremtiden

- Ulike typer flommer
- Ulik respons i ulike deler av landet
- Ulike nedbørsfelt!

- Leirvassdrag:
  - blir mindre preget av snøsmelteflom
  - Blir mer preget av intensiv nedbør



Prosentvis endring i 200-årsflom fra 1991–2020 til 2071–2100 for høye utslipp i 138 nedbørfelt. Beregnet endring er medianen av 40 framskrivninger for hvert nedbørfelt (feltHBV og DDD).



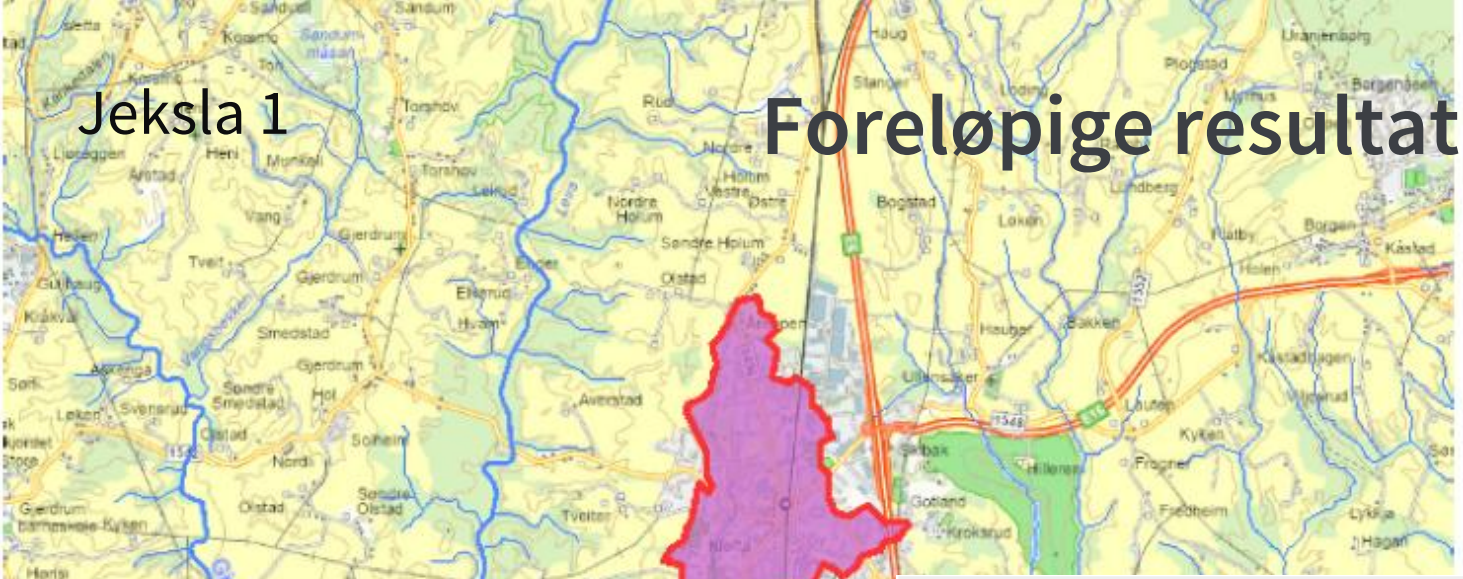
Prosentvis endring i middelflom fra 1991–2020 til 2071–2100 for høye utslipp i 138 nedbørfelt. Beregnet endring er medianen av 40 framskrivninger for hvert nedbørfelt (feltHBV og DDD).

Modellering av vannføring og erosjon i Saferclay

- Bruker NVEs DDD-modell (Distance Distribution Dynamics): egnet for små felt og korte tidssteg
- Kjøres med 1h MET nordic reanalyse-datasett (2012 -) for dagens klima
- Laget en rutine der data fra klimaframskrivinger (1 km grid, 3h) også fordeles på høydesoner og går inn som input i modellen
- Vurderer erosjon vha «stream power»: erosjon proporsjonal med tap av potensiell energi, dvs områder som både er bratte og har mye vann
  - stream power index: GIS-beregning fra terrengmodell - antar bare at vannføring er proporsjonal med oppstrøms areal
  - stream power: bruker modellberegnet vannføring, og målt helling og bredde i kanalen
  - Nå, og som følge av klimaendringer og arealbruksendringer

Foreløpige resultater Jeksla

Jeksla 1



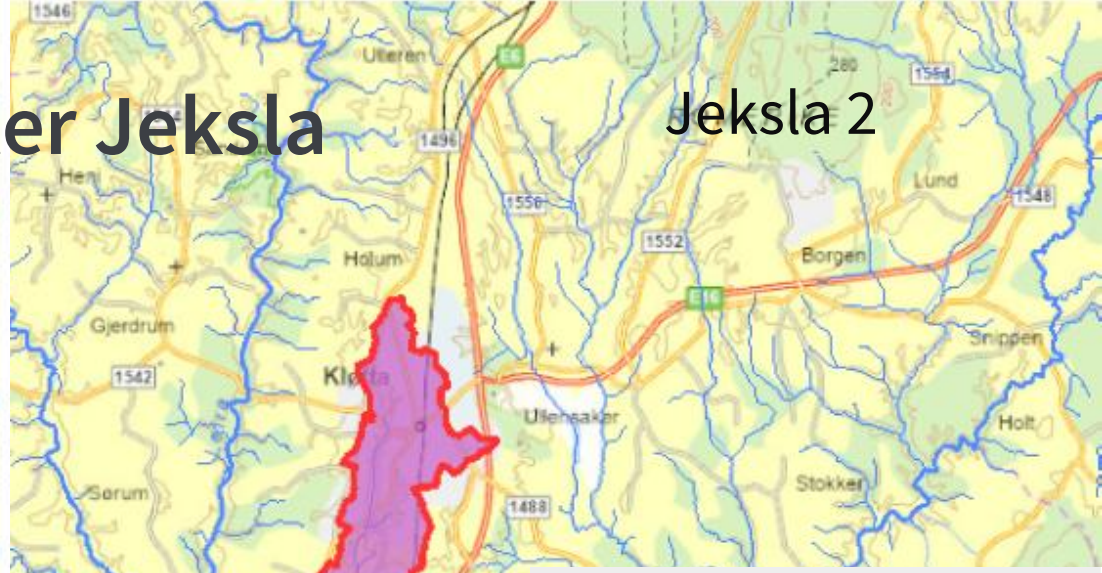
Feltparametere

Areal (A)	5.7	km²
Effektiv sjø (A_{SE})	0	%
Elvleengde (E_L)	5.2	km
Elvegradient (E_G)	6.5	m/km
Elvegradent $_{1085}$ ($E_{G,1085}$)	6.7	m/km
Helning	3	°
Dreneringstetthet (D_T)	1.4	km^{-1}
Feltlengde (F_L)	6.1	km

Arealklasse

Bre (A_{BRE})	0	%
Dyrket mark (A_{JORD})	34.5	%
Myr (A_{MYR})	0	%
Leire (A_{LEIRE})	34.2	%
Skog (A_{SKOG})	19.4	%
Sjø (A_{SJO})	0	%
Snaufjell (A_{SF})	0	%
Urban (A_U)	27.7	%
Uklassifisert areal (A_{REST})	18.3	%

Jeksla 2



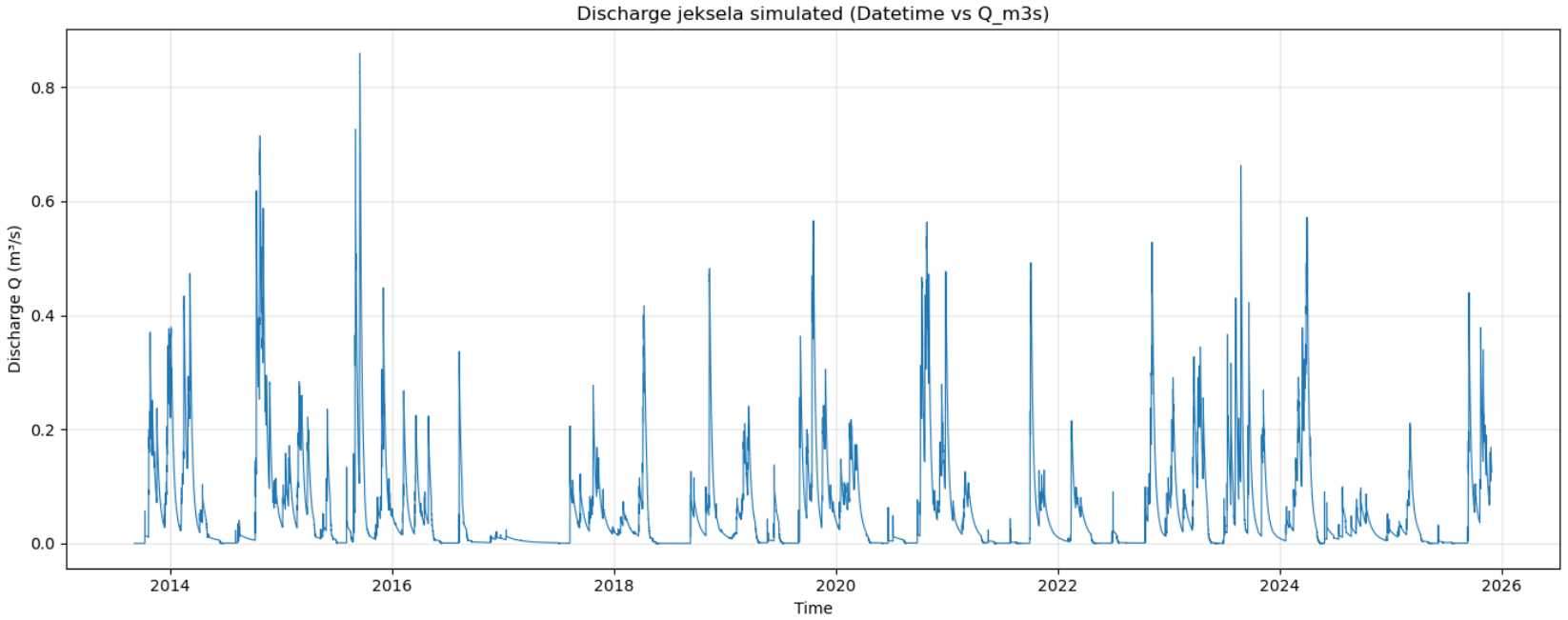
Feltparametere

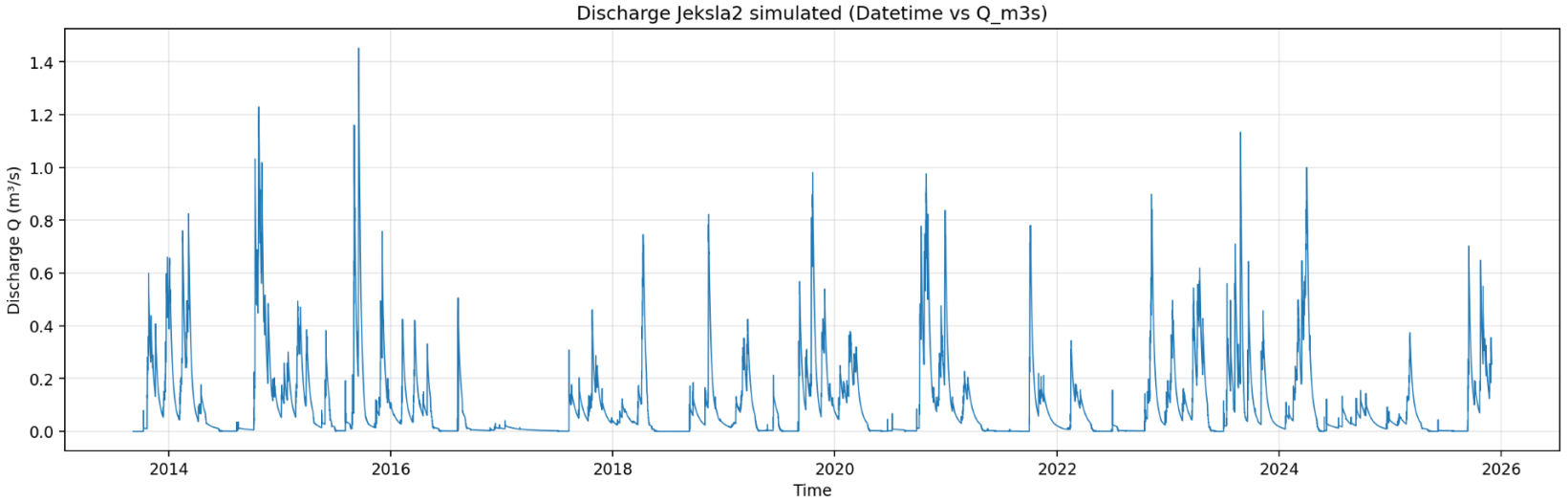
Areal (A)	10.1	km²
Effektiv sjø (A_{SE})	0	%
Elvleengde (E_L)	7	km
Elvegradient (E_G)	5.5	m/km
Elvegradent $_{1085}$ ($E_{G,1085}$)	5	m/km
Helning	3.9	°
Dreneringstetthet (D_T)	1.8	km^{-1}
Feltlengde (F_L)	7.6	km

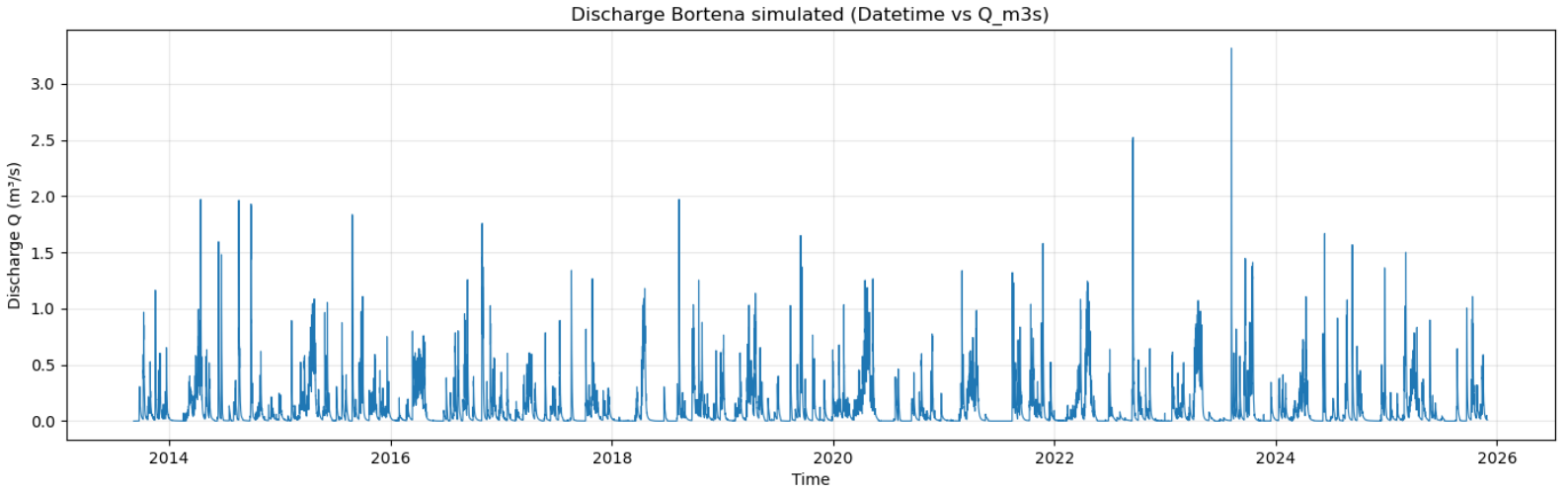
Arealklasse

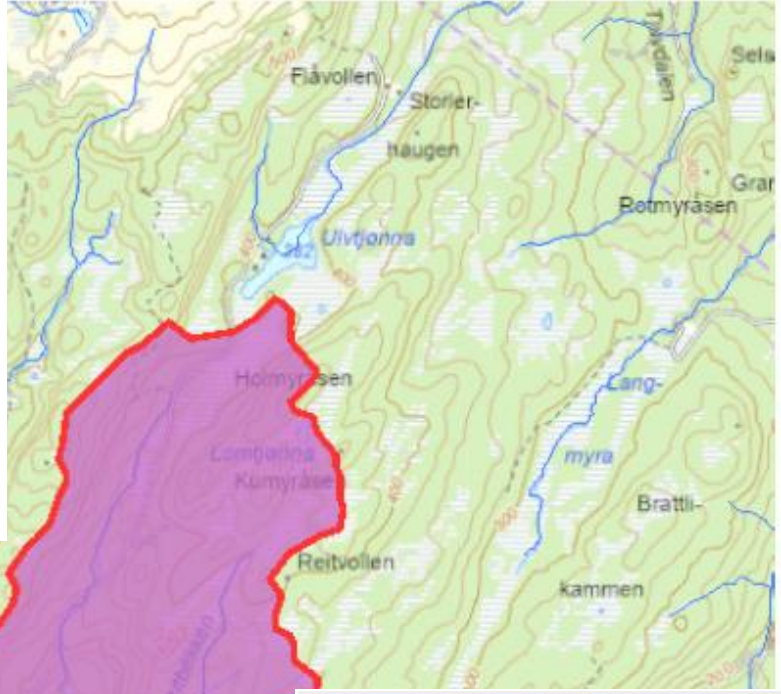
Bre (A_{BRE})	0	%
Dyrket mark (A_{JORD})	40	%
Myr (A_{MYR})	0	%
Leire (A_{LEIRE})	42.8	%
Skog (A_{SKOG})	29.5	%
Sjø (A_{SJO})	0	%
Snaufjell (A_{SF})	0	%
Urban (A_U)	18.5	%
Uklassifisert areal (A_{REST})	12	%

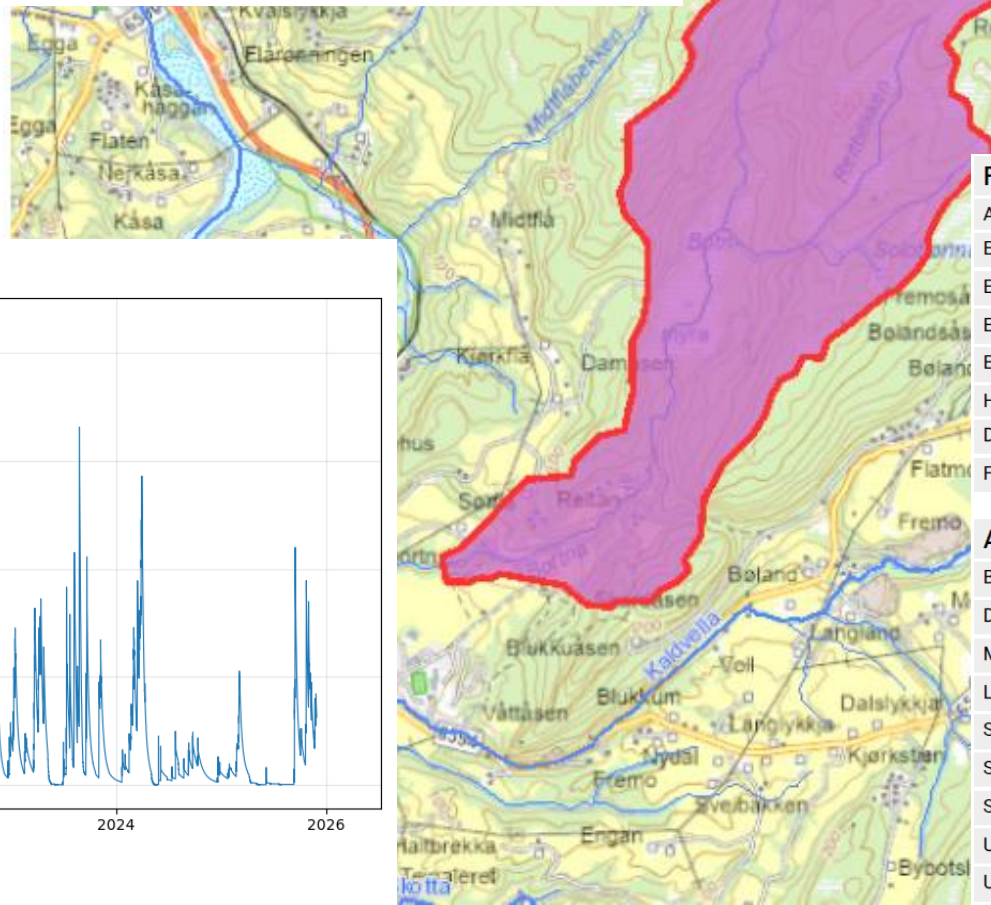
Preliminary results Jeksla

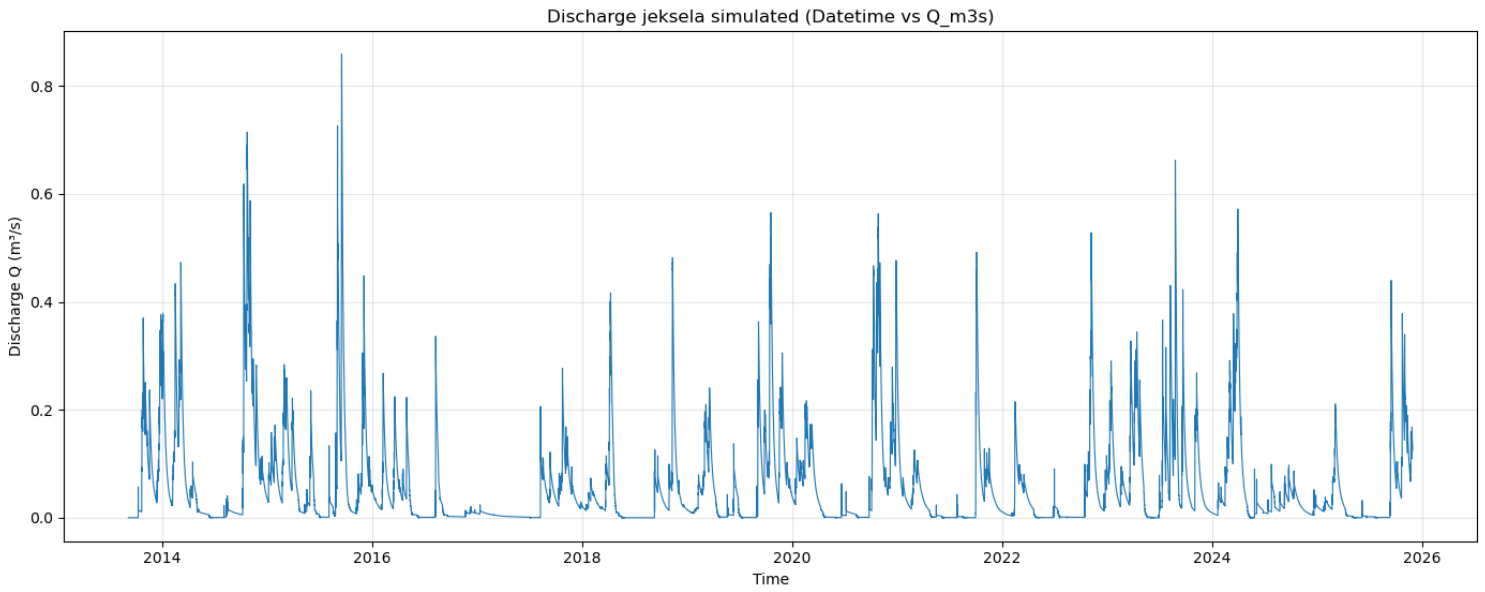












Feltparametere

Areal (A)	5.3	km²
Effektiv sjø (A_{SE})	0	%
Elvleengde (E_L)	5	km
Elvegradient (E_G)	66.3	m/km
Elvegradent $_{1085}$ ($E_{G,1085}$)	67.5	m/km
Helning	13.5	°
Dreneringstetthet (D_T)	1.5	km^{-1}
Feltlengde (F_L)	5	km

Arealklasse

Bre (A_{BRE})	0	%
Dyrket mark (A_{JORD})	3.1	%
Myr (A_{MYR})	11.6	%
Leire (A_{LEIRE})	6.4	%
Skog (A_{SKOG})	84.5	%
Sjø (A_{SJO})	0.2	%
Snaufjell (A_{SF})	0	%
Urban (A_U)	0	%
Uklassifisert areal (A_{REST})	0.9	%

Modellert erosjonspotensial

- Enkel metode!
- Kan gi lett tilgjengelig romlig fordelt informasjon om erosjonspotensial
- Bidra til vurderinger av fare for kvikkleireskred

Beregnet maksimal streampower

	Jeksla 1	Jeksla 2	Bortna
Q (m^3/s)	0,8	1,4	3
S (m/m)	0,0064	0,0022	0,086
b (m)	2,7	3,7	4,7
ω (W/m^2)	18	8	540

Hva med hydrogeologi i framtiden: høyere porevannstrykk?

- Ingen enkel sammenheng mellom kvikkleireskred og værhendelser
- Vil bruke en datadrevet modell for å se sammenhengen mellom porevannstrykk og hydrometeorologiske forhold under dagens klima; inspirasjon fra Sverige
- Anvende denne på framtidens klima
- Vil fremtidens kvikkleireskråninger ligge nærere vilkår for skredutløsing?

Blir det flere kvikkleireskred i fremtiden?

- Nei!
- Fortsatt mye å lære om detaljer rundt klimakobling av skredutløsning i kvikkleire
- Forskning gir grunnlag for bedre overvåking av erosjon
- Vi kartlegger, sikrer de mest utsatte stedene og unngår dermed skred
- Sikringsanleggene fungerer, uten vesentlige naturmessige ulemper