

Om kvikkleire og kvikkleireskred

Steinar Nordal

Skred den 30. desember 2020 Nystulia, Ask, Gjerdrum:
10 omkomne, ca. 1 mill m³, utløp ca. 1,8 km



Et utvalg skal gå gjennom

(1) årsakene til skredet i Gjerdrum og

(2) arbeidet med forebygging av kvikkleireskred

Ledet av tidligere fylkesmann Inge Ryan
Bredt sammensatt
Et vidt mandat

Delrapport om skredårsak i august 2021
NOU i januar 2022

Derfor: Intet mer om Gjerdrum i det følgende

Mange kvikkleireskred

- Kråkenes i Alta, 2020
- Drevja i Vefsn 2020 - **erosjon i bekk**
- Leksvik i Trøndelag 2018
- Sørum i Lillestrøm, 2016
- Skjeggstad bru ved Holmestrand, 2015
- Sørkjosen i Nordreisa 2015
- Nord-Statland i Namdalseid 2014
- Byneset i Trondheim, 2012 - **erosjon i bekk**
- Lyngseidet i Troms, 2010
- Kattmarka i Namsos, 2009
- **Jevika Steinkjer, 1997 - vi var heldige**



Løsmassene i Norge

erosjon av berggrunnen under siste istid



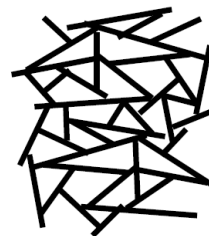
Leire er forvittra berg/fjell
→ sortert og avsatt i vann:
Steinmel

Leir-partikler $< 0,002 \text{ mm} = 2 \text{ }\mu\text{m}$

Leire: har minst 15 % leir-partikler

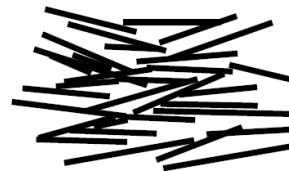
Photo: Monica Sund/UNIS.

Marin leire:



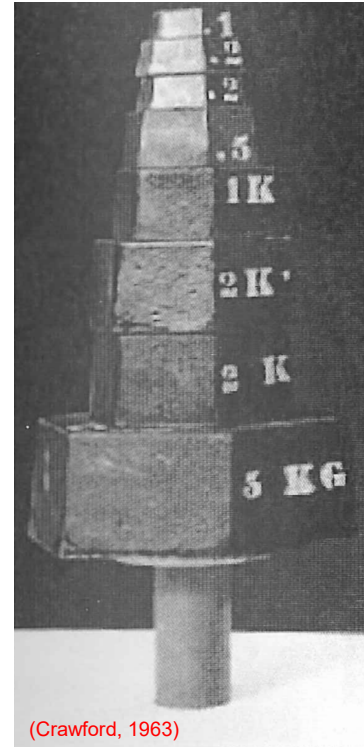
Elektrostatiske
bindinger:
 Na^+ Cl^-

Ferskvannssleire:

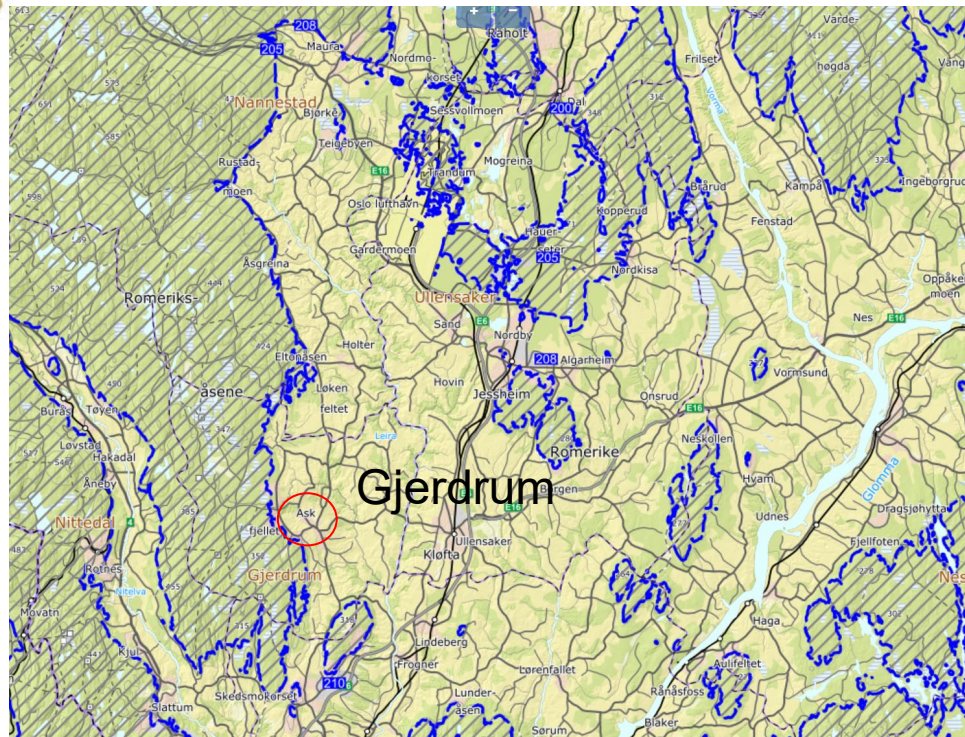
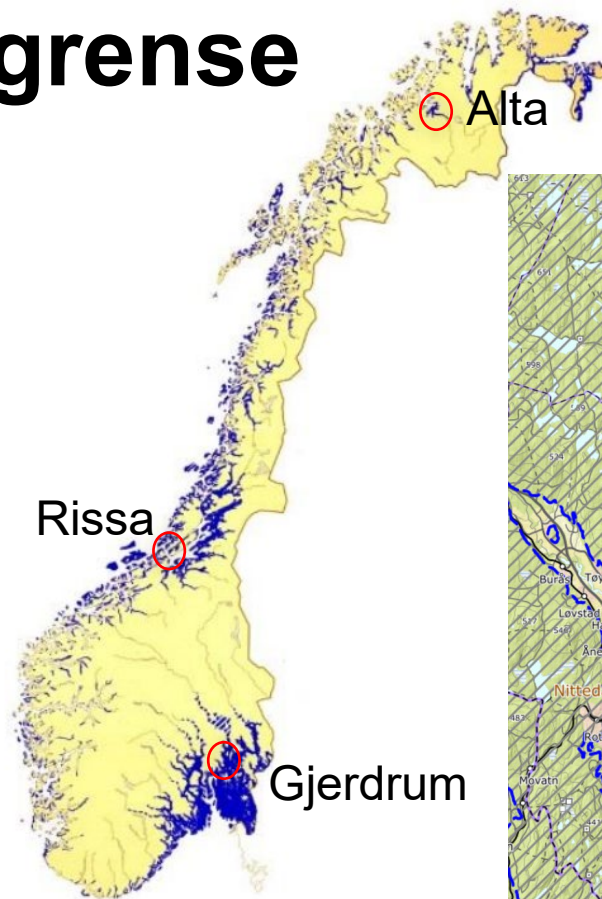


Kvikkleire - Quick Clay

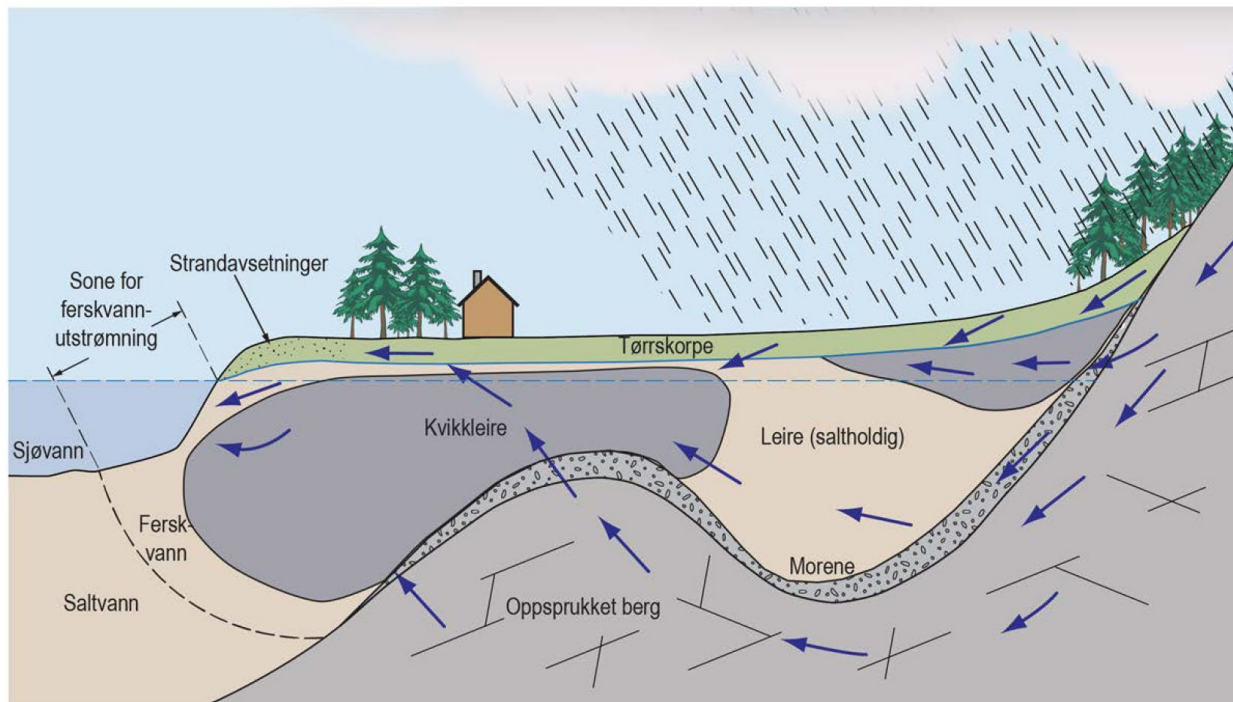
- Kvikkleire er **svært sensitiv marin leire** som en kan finne under marin grense i Norge, Sverige, Finland, Russland, Canada og Alaska.
- **Landheving** har løftet mye på land. **Saltet vaskes ut** av ferskvann gjennom årtusenene – det tar svært lang tid!
- Bindingene blir da sprø og leira sensitiv: Kvikkleire - **blir flytende** ved **overbelastning og omrøring**



Marin grense



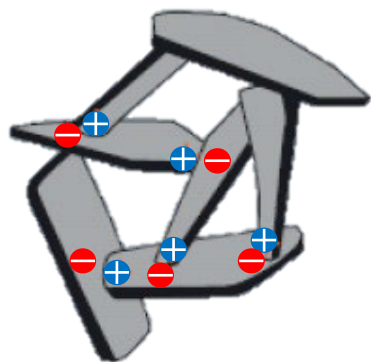
Ferskvann vasker ut salt – men ikke overalt



Illustrasjon:
NVE Veileder
2019

Figur 2.4 Illustrasjon etter NIFS-rapport 26/2013 (6) som viser hvordan ferskvann som over tid strømmer gjennom marin leire, kan medføre utvasking av salt i leira.

Na⁺ ionene blir med ferskvannet ut av leira



Marin leire

30-35g/l

Saltinnhold

Utvasking



Kvikkleire, **fortsatt intakt og sterk,**
inntil den overbelastes

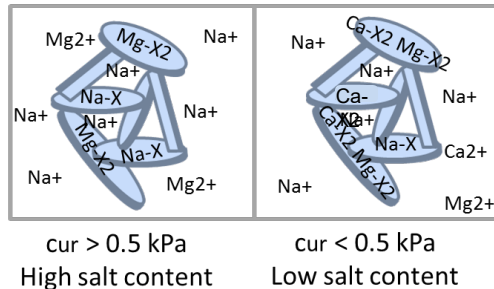
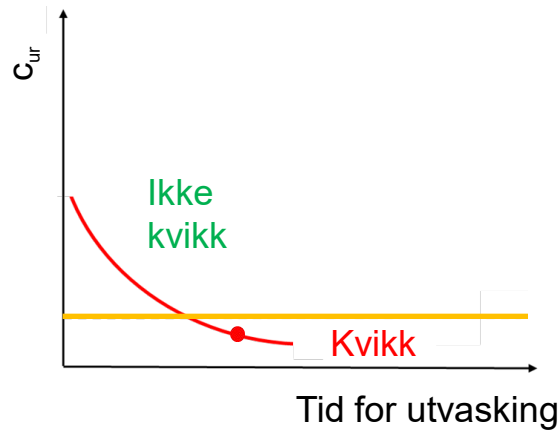
< ~ 1 - 5 g/l

Saltinnhold

Illustrasjon:
Harald Sveian, NGU

Utvasking => kvikk

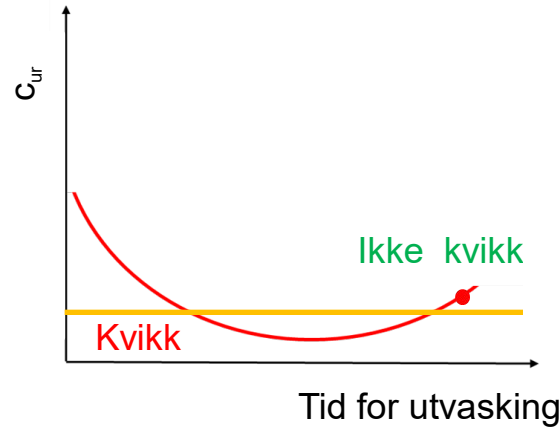
$c_{ur} < 0.5 \text{ kPa}$



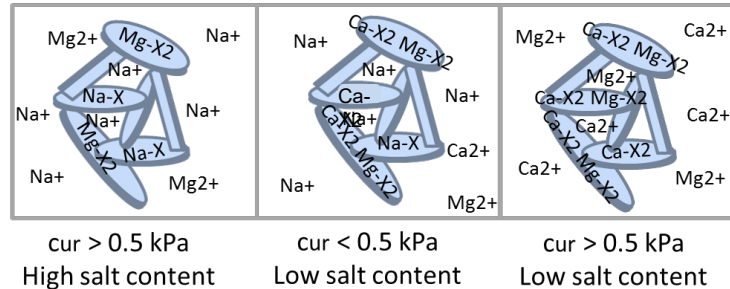
Illustrasjon fra PhD avhandling

Quick-clay landslide mitigation
using potassium chloride,
Tonje Eide Helle 2017

NB: - videre utvasking => ikke kvikk



Saltinnhold < 2 g/L
 $c_{ur} > 0.5$ kPa



Illustrasjon med «quickness test»:



Kvikkleire
 $s_{ur} = 0.1 \text{ kPa}$



Sensitiv leire
 $s_{ur} = 1.0 \text{ kPa}$

Prof. Vikas Thakur

Norsk definisjon av kvikkleire: $s_{ur} \leq 0.5 \text{ kPa}$

Andre typiske egenskaper:

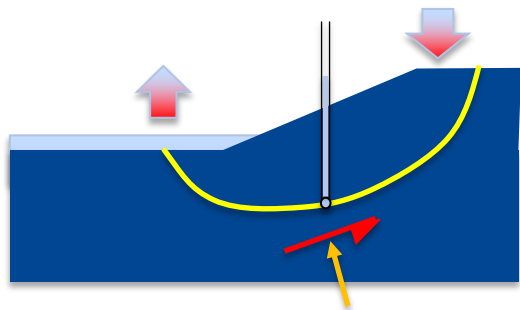
- Vanninnhold $w < w_L$
- Sensitivitet $S_t = \frac{s_u}{s_{ur}} = \frac{\text{opprinnelig styrke}}{\text{omrørt styrke}} > 50$
- Saltinnhold $< 5 \text{ g/liter}$ (sjøvann 35 g/liter)

Årsaker til skred

Som geoteknikere tenker vi materialteknisk

Skred skjer om belastningen er større eller lik styrken

- Altså kan skred skyldes:
 - økt belastning på jorda
 - redusert styrke i jorda



Erosjon

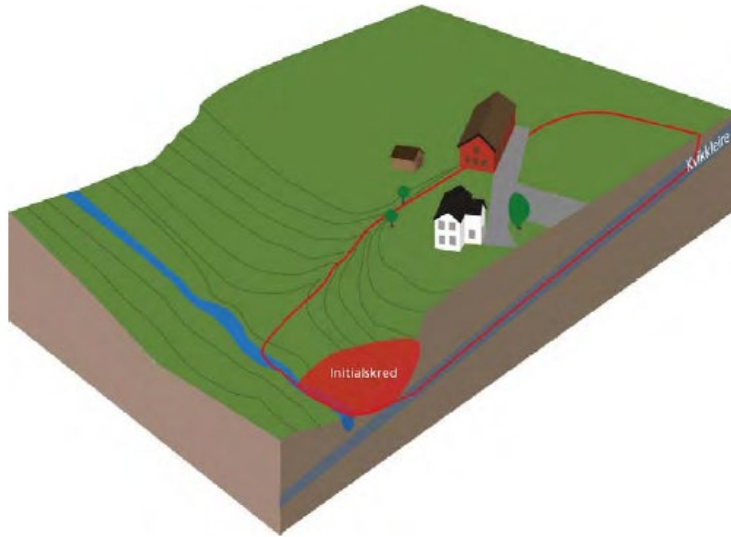
- flom – geologiske prosesser
- Meteorologi – nedbør - snøsmelting

Anleggsvirksomhet

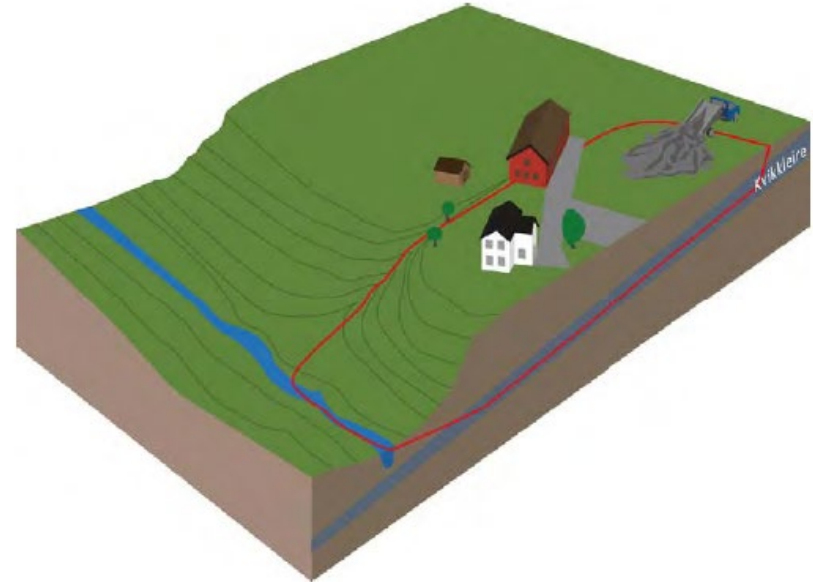
- Graving / fylling
- Peling – grunnforsterkning
- Rystelser – sprengning
- Vannlekkasjer fra rør
- Nedtappet reservoar

Økt poretrykk, hevet grunnvann

Utløsende årsaker



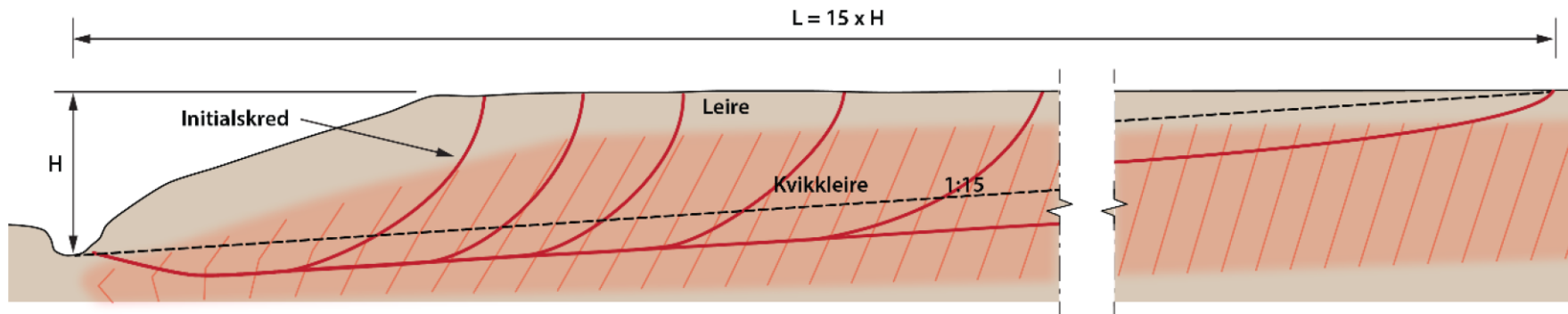
Erosjon i fot: Retrogressivt skred



Inngrep i bak-kant: Progressivt flaskkred

Kvikkleireskred:

Ofte retrogressive – og skredmasser flyter bort



Figur 4.2. Avgrensing av maksimalt løsneområde for et retrogressivt skred. Løsneområdets lengde, $L = 15H$.

NVE: Kvikkleireveilederen

Utløpsområde: ca $3 \times L$



Kvikkleireskred

Esp, Byneset 1 jan 2012

Foto fra Adresseavisen

Erosjon i bekk

Utløsende årsak



Verdal, 1893-05-19

116 døde 50 mill m³

Erosjon



Rissa, 1978-04-29

1 død 5 mill m³

Utfylling

Kattmarka, 2009-03-13

0,5 mill m³



Skjeggestad bru, 2015-02-02

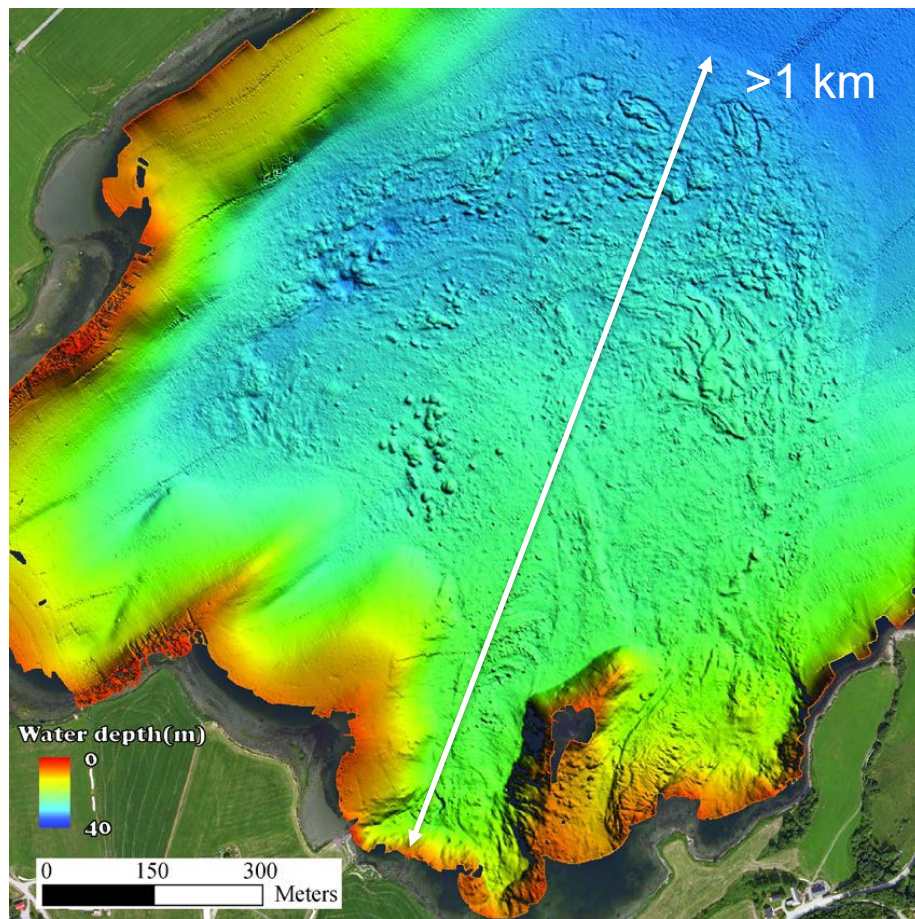




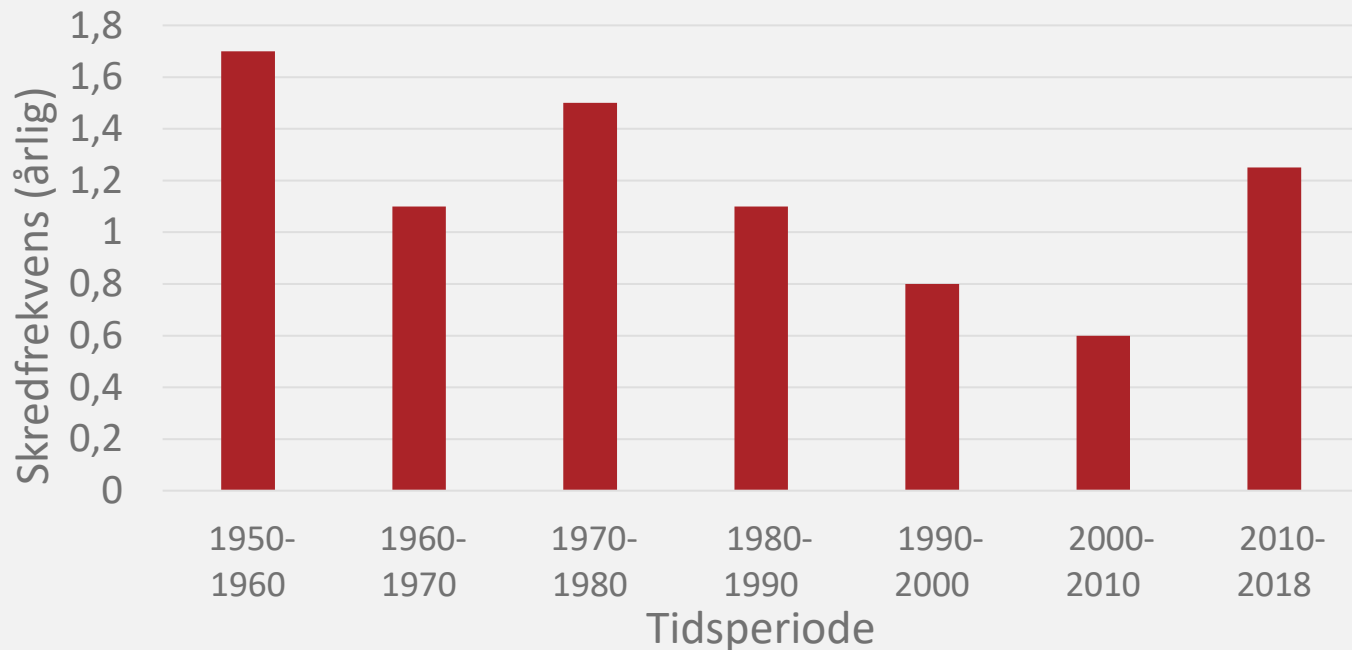
Rissa skredet:

Moderat utfylling
førte til skredet

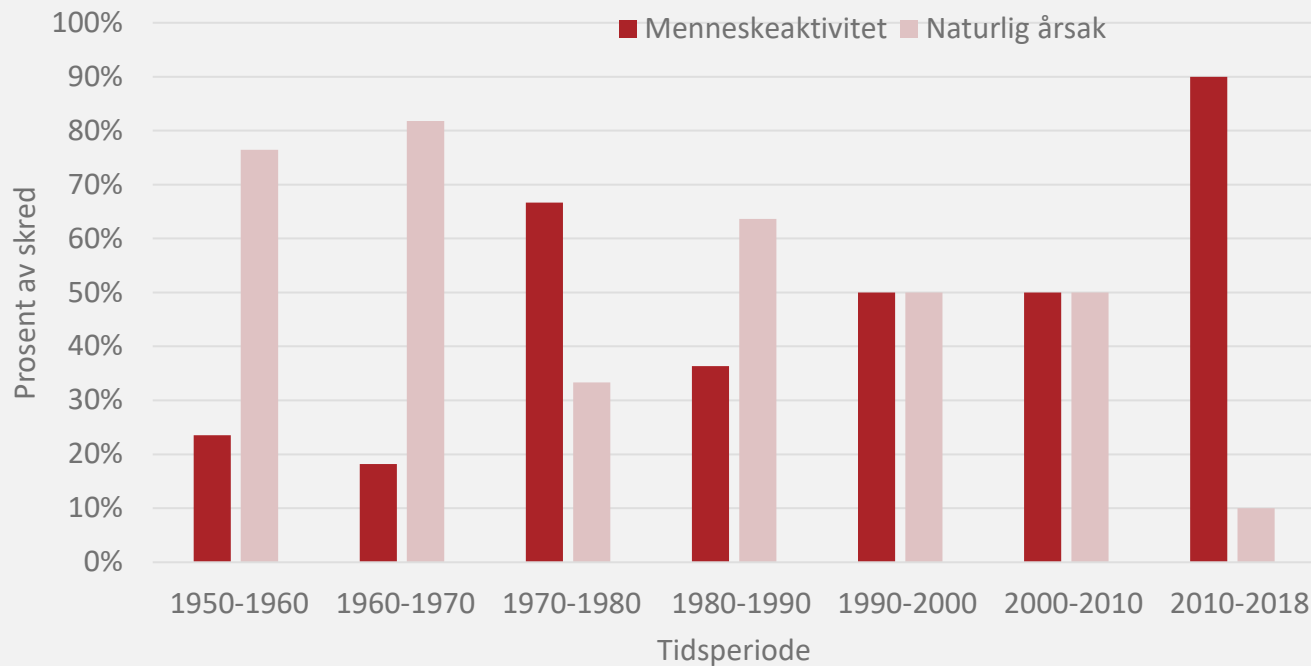
Illustrasjon:
NGI



Store kvikkleireskred frekvens...



Årsaksammenheng - kvikkleireskred



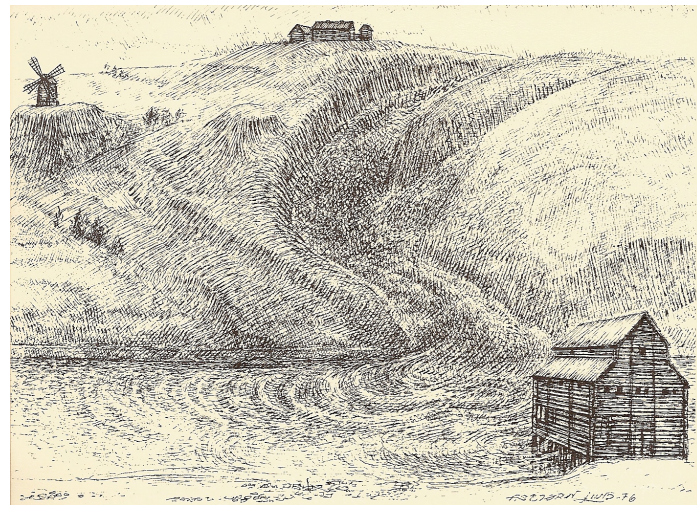
Duedalen; 18. juli 1625 - og 10. nov, 1634

20 mennesker omkom

~ 3 mennesker omkom



Singsakerbekken utløste skredet (?)



Strinda historielag: [WikiStrinda \(strindahistorielag.no\)](http://WikiStrinda.strindahistorielag.no)

Tiller skredet, 7. mars 1816

15 mennesker omkom. Tiller kirke gikk med. Nidelva ble demt opp og gjennombruddet førte til en flodbølge og store skader.



Leistad / Bjørnstad i Malvik: Skred 24 april 2002



Sensitiv leire
10- 15 m under terreng



Skred skyldes utfylling av ulike aktører over flere år, geotekniske råd vedrørende oppfylling for parkeringsplass og området rundt ble “glemt”.

KATTMARKA - NAMSOS, 13. mars 2009

*Skredområdet i
Kattmarka.*

*Foto: Leif Arne
Holme.*

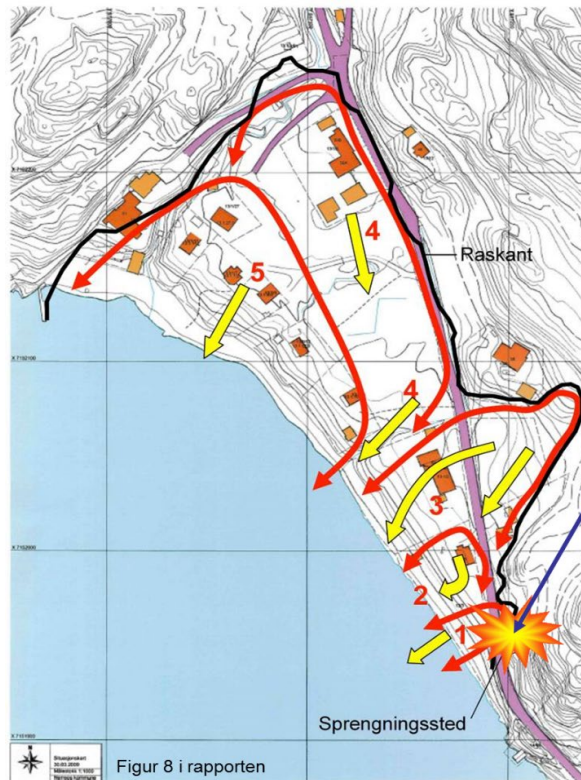


KATTMARKA – før skredet

– ønske om bedre vei
med sykkelvei / fortau



KATTMARKA, fredag 13. mars 2009



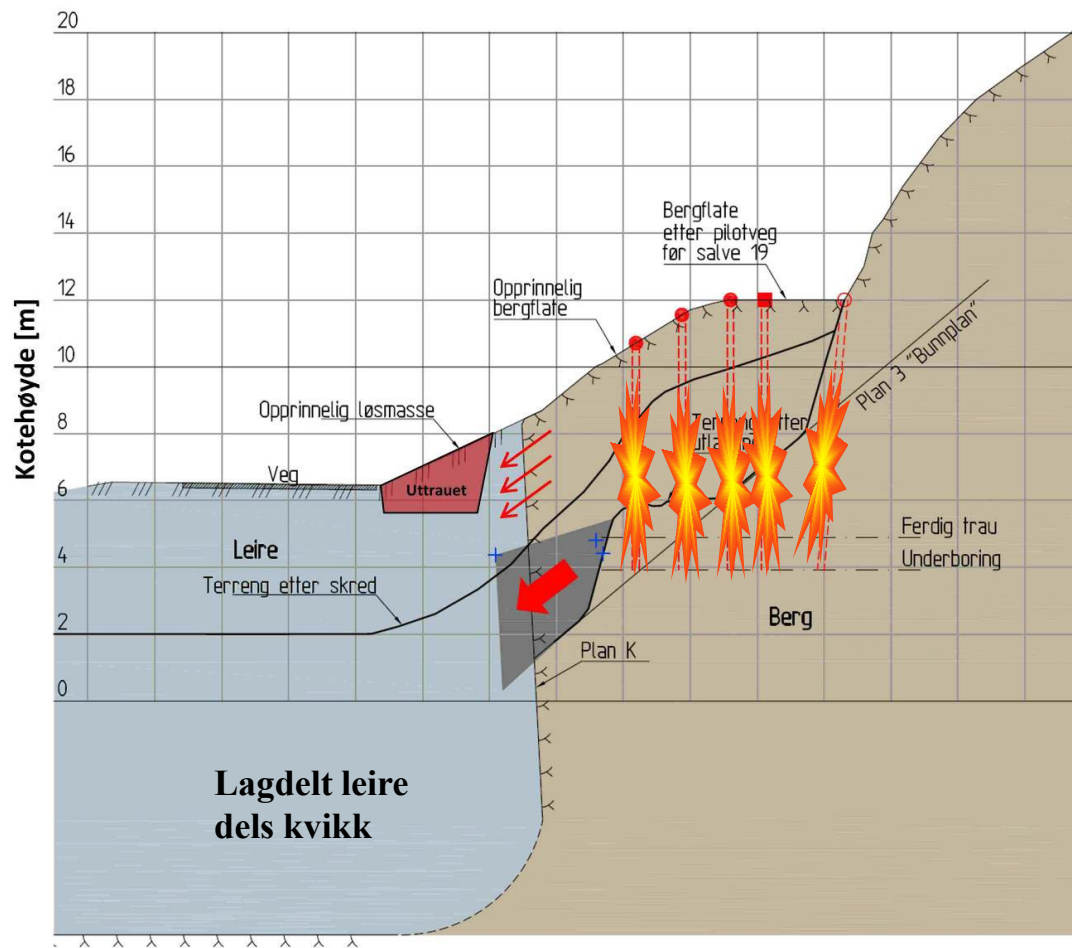
Hva skjedde?

Skredet startet ca. et halvt minutt etter at salve nr. 19 ble avfyrt kl. 11.39 under sprengning for fjellskjæring sør i skredet fredag 13. mars 2009

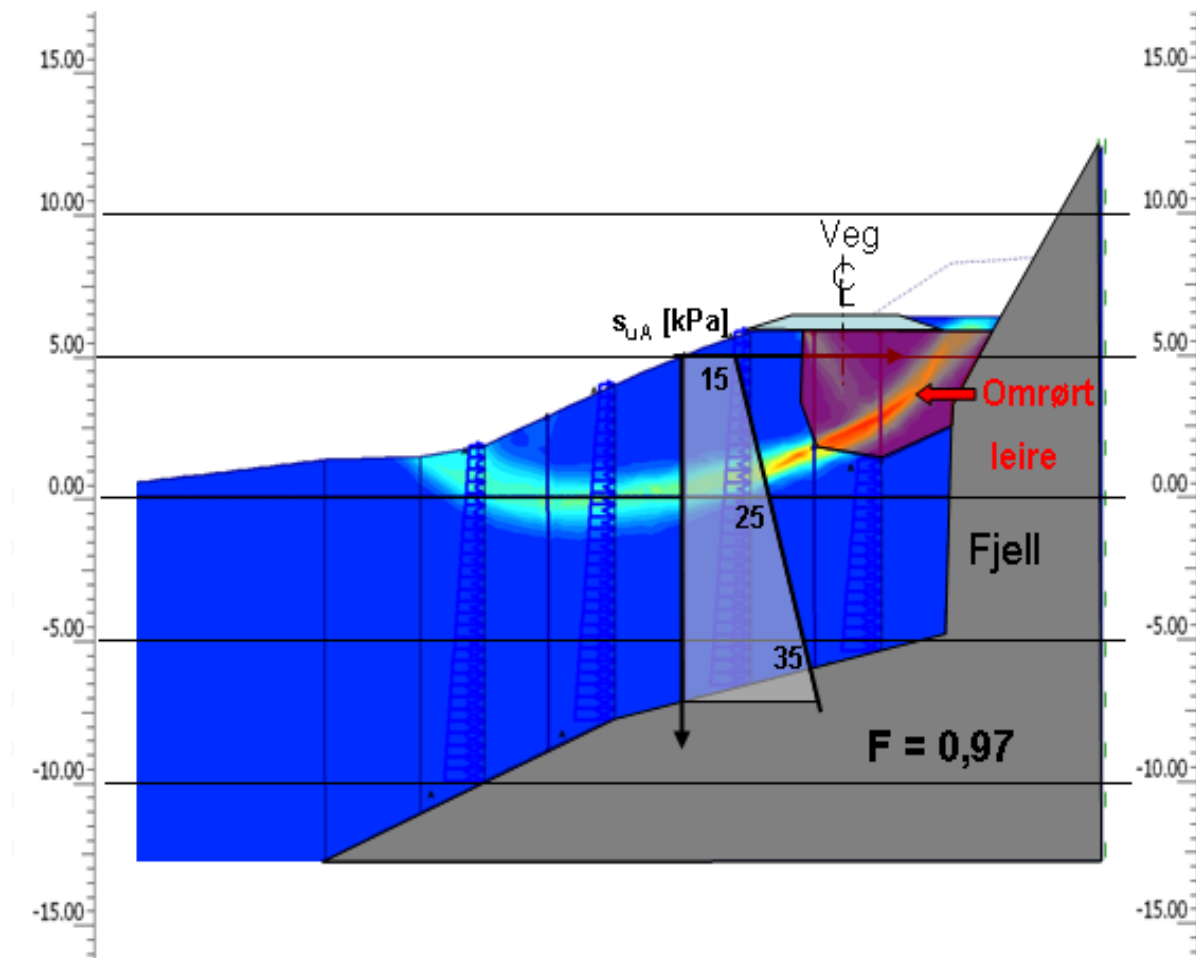
- Utviklet seg bakover fra initialskredet som vist i figuren.
- Volum: 300 000 - 500 000 m³
Ødela 4 boligenheter og 6 fritidseiendommer.
- Ingen mennesker omkom eller ble alvorlig fysisk skadet.

Vertikal overgang berg/leire:

Salve 19 skjøt
fjellveggen
som et
stempel
ca. 1 meter ut
mot leira



Sprengning utløste skred



Kattmarkvegen
etter 13 mars,
2009



Kattmarka. Hva lærte vi?

(1) Bergoverflaten må identifiseres – gode grunnundersøkelser

(2) Områdestabiliteten må vurderes

(3) Det er initials kredet vi må unngå.

(4) Kontroll under utførelse og kommunikasjon

Kvikkleirekartlegging siden Rissaraset 1978

Faregradskart: Sansynlighet for skred



-  Høy
-  Middels
-  Lav
-  SVV_Kvikkleireomr

Skrednett.no

Kvikkleirekartlegging siden Rissaraset 1978

Risikokart: Sansynlighet x konsekvens



Risiko



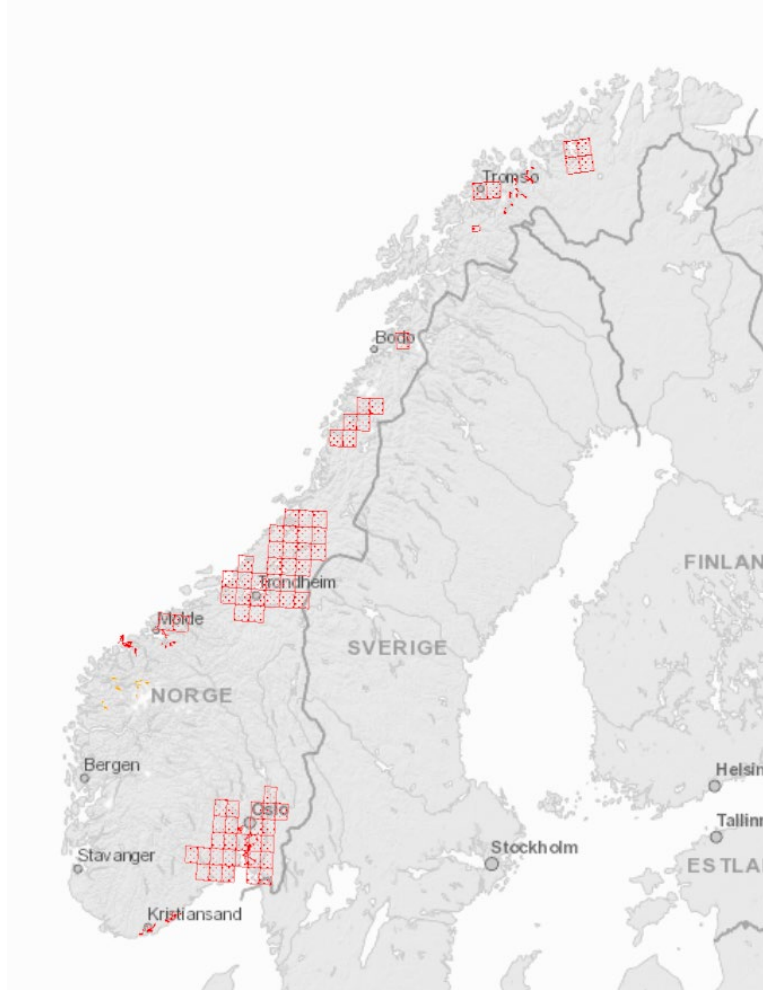
Skrednett.no

**Alt er ikke
kartlagt**

**Moderat
nøyaktighet i
kartlagte soner**

**Trenger bedre
sonderingsutstyr**

**Manglende
finansiering**



Trygg men krevende bygging i kvikkleire:



Klett



Solsiden

Illustr. MULTICONSULT
H. Klæboe, juni 2007

Bygging i kvikkleire – kalk sement peler

Rotasjon ved nedføring, innblanding
og rotasjon ved opptrekk

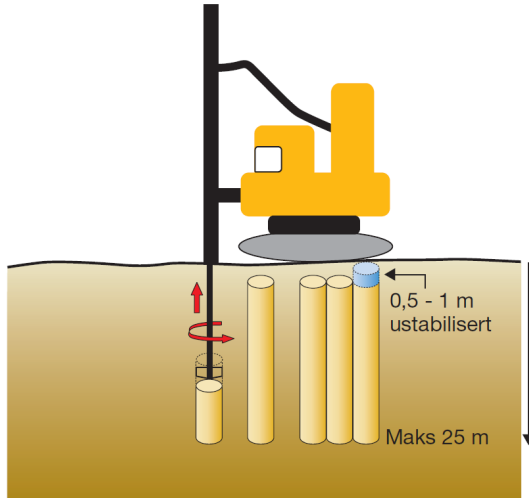


Fig: Norcem



Foto: Franzefoss

Her tester de «saltstenger» for å hindre kvikkleireskred

I et forsøk i Trøndelag testes det om salt kan brukes for å stabilisere kvikkleire og dermed forhindre skred.



Under forsøket ble det brukt en borerigg for geologiske undersøkelser til å bore hull og fylle dem med salt. FOTO: PRIVAT

Adresseavisen 7 februar 2021:

Tonje Helle Eide,
Multiconsult, tok doktorgrad
på saltstabilisering av
kvikkleire ved NTNU i 2017.

Nytt prosjekt sammen med
NVE, Stjørdal kommune,
Statens vegvesen, Bane Nor
og NGI med støtte også fra
Regionale Forskningsfond
Trøndelag med felt-forsøk på
NGTS kvikkleirefelt på Tiller
(Flotten).

Kvikkleireskred og risiko

- Vi må bygge på og i kvikkleireområder i Norge
- Vi kan ikke fjerne all risiko
- Vi har «hatt flaks» - inntil Gjerdrum

- Skred som på Gjerdrum skal ikke skje
- Det skal være trygt å bo, også i et kvikkleireområde
- **Vi bør ha en nullvisjon på omkomne i kvikkleireskred**

Redusere risiko ved:

1. Sikker byggevirkksomhet – robuste løsninger
2. Erosjonssikring i kvikkleireområder

Konkluderende betraktninger

Det er oftest ikke feilvurderinger som er årsaken til et skred, men **det som ikke er vurdert**, alternativt utført uten nødvendig utredning

MER FORSKNING / UTVIKLING:

Vi bør utvikle bedre metoder for å identifisere kvikkleire i felt

Vi bør utvikle CO₂ nøytrale metoder for grunnforsterkning

Takk for oppmerksomheten