

# **Aktsomhetskart for kvikkleireskred**

Metodebeskrivelse

# Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Metoden i teori.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Begrensinger .....</b>	<b>5</b>
3.1	Metodiske feil eller begrensinger .....	5
3.1.1	Situasjoner metoden ikke tar hensyn til.....	6
3.1.2	Situasjoner der metoden feiler eller er begrenset .....	6
3.2	Feil i input datasettene .....	6
<b>4</b>	<b>Metoden i praksis .....</b>	<b>7</b>
4.1	Nedlasting av DTM fra Høydedata og tilrettelegging av terrengmodellen .....	7
4.2	Identifisere skråningsføttene .....	7
4.3	Beregne den bratteste helningen ift. kildepunktene .....	10
4.4	Filtrere resultatene og konvertere til vektor .....	11
4.5	Kompensasjon for de første 5m i skråningene høyere enn 5m som oppfyller terrengkriteriene .....	12
4.6	Klipping mot områder med mulig sammenhengende marin leire (msml) .....	14
4.7	Prosessering av hele landet og post prosessering av resultatene .....	14
<b>5</b>	<b>Kilder .....</b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>16</b>

Norges vassdrags- og energidirektorat  
Middelthunsgate 29  
Postboks 5091 Majorstua  
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95  
Telefaks: 22 95 90 00  
Internett: [www.nve.no](http://www.nve.no)



# 1 Innledning

NVE har utviklet et landsdekkende aktsomhetskart for kvikkleireskred som baseres på steg 1-3 i prosedyren gitt i kapittel 3 i Kvikkleireveilederen (NVE 1/2019). Kartet viser områder med mulig sammenhengende marin leire (NGU) som er brattere enn 1:15 i forhold til skråningsføttene, og som kan derfor være utsatt til retrogressive skred.

Kartet er et viktig verktøy for å forebygge kvikkleireskred, og kan brukes av kommuner, private aktører og enkeltpersoner til å vurdere dersom det er behov for geoteknisk kompetanse for å dokumentere tilfredsstillende sikkerhet mot områdeskred ved planlegging av nye tiltak.

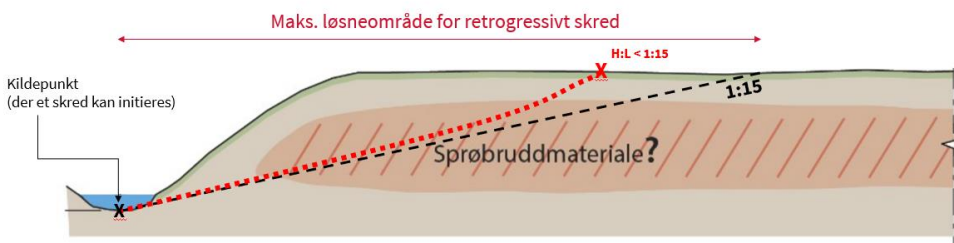
## 2 Metoden i teori

Områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred er definert i NVE 1/2019 som:

- Ravinert terreng med total skråningshøyde > 5 m
- Eller
- Jevnt hellende terreng brattere enn 1:20 og høydeforskjellen > 5m

I begge tilfellene er aktsomhetsområdet (løsneområde) alt som ligger innenfor 20 ganger høydeforskjellen tatt fra skråningsfoten.

Hvis vurderingen er gjort av en geotekniker så kan avgrensningen av løsneområde reduseres 15 ganger høydeforskjellen. Denne reduksjonen betinger at alle aktuelle skråninger er vurdert og total høydeforskjell fra hvor skred kan initieres i skråningsfot (inkludert vanddyp) er tatt med (Figur 1).



Figur 1 Beregning av aktsomhetsområde for områdeskred

Det nye aktsomhetskartet bruker 15 ganger høydeforskjell for å definere aktsomhetsområdene. Grunnen til det, er at kartet tar hensyn til dybde under vann i tillegg til at alle vassdrag (og forsengkinger) er hensyntatt. Det nye kartet kan derfor vurderes å tilsvare en vurdering en geotekniker ville gjort. Dermed vil 20 ganger høydeforskjellen gi et kart som båndlegger større områder enn nødvendig.

Høydeforskjellen er beregnet fra modellerte kildepunkter langs skråningsfot. Kildepunktene ligger i det laveste punktet av en skråning der et skred kan initieres og forplante seg bakover. Som regel ligger kildepunkt langs vassdrag eller dreneringslinjer, og er dermed dekket av vann. Riktig plasseringen av kildepunkt er funnet ved å beregne dreneringslinjer og vanddyp i elver og bekker. I større vassdrag, langs kystlinje og innsjøer hvor det er målt dybde, så er dyp på kildepunktene tatt direkte fra dette. Hvor det ikke fins innmålt dybde, er vanddypet beregnet

ved hjelp av korrelasjonen fra Whitbread et al (2015) for vanndyp og nedbørsfeltareal. NVE jobber med å tilpasse denne korrelasjonen slik at det passer bedre for norske forhold. I tillegg ble kildepunkter satt opp langs kanten av store elver (-1,5 m dyp), innsjøer (-4,5 m dyp) og langs hele kystlinja (-7,5 m dyp), som gir konservative forutsetningene i områder med usikkerhet.

Terrengekriteriene er beregnet automatisk i områder med mulig sammenhengende marin leire, altså områder med middels, stor eller svært stor sannsynlighet for sammenhengende forekomster av marin leire i NGUs kart Mulighet for marin leire. Områder med tynt dekke og lite marin påvirkning er tatt ut. Terrengekriteriene er også beregnet automatisk i områder der oversiktskartlegging viser påvist eller antatt kvikkleire.

Alle de innmeldte faresonene for kvikkleireskred/områdeskred er inkludert i kartet som aktsomhetsområder. Områdene som er dokumentert uten fare, er fjernet fra aktsomhetskartet.

Kartverkets Nasjonal detaljert høydemodell (NDH) er brukt for beregningene.

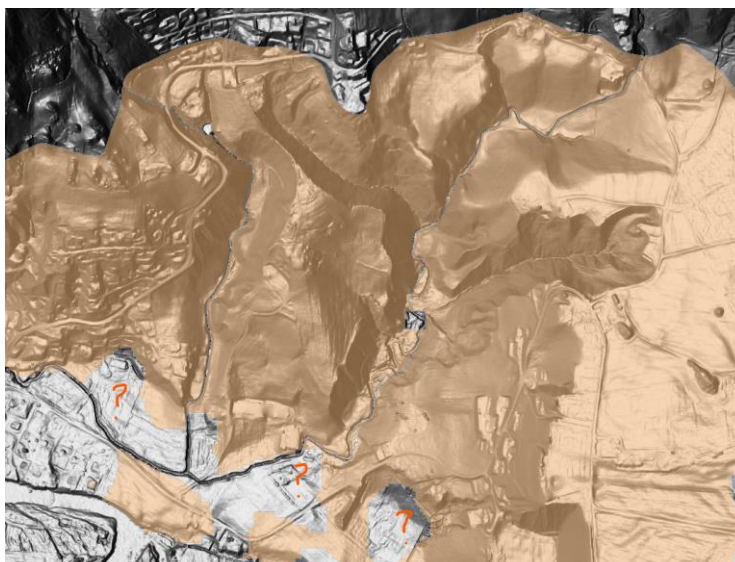
## 3 Begrensinger

### 3.1 Metodiske feil eller begrensinger

Aktsomhetskartets kvalitet blir begrenset av kvaliteten på løsmassekartet og derav kartet Mulighet for marin leire som er direkte avledet fra løsmassekartet. Mulighet for marin leire har noen forenklinger og usikkerheter som er nærmere forklart på NGUs sin side ([Usikkerheter ved bruk av "Marin grense og mulighet for marin leire"-kartet | NGU](#)). Det kan derfor finnes faresoner for kvikkleire også utenfor aktsomhetskartene, men dette vurderes som en akseptabel risiko.

Videre kan beregning av vanndyp for kildepunktene i noen tilfeller være for grunn, fordi det ikke er tilpasset norske forhold og/eller nedbørfeltens arealer er for store (f.eks. Glomma). Dette er av størst betydning for store elver, og dybden på kildepunktene kan med fordel sjekkes mot faktiske forhold. Ettersom flere elver blir dybdekartlagt, så vil denne usikkerheten avta.

Aktsomhetskartet viser kun hvor det kan være mulige løsneområder. Mulig utløpsområder er ikke markert. Dersom kartet viser at et aktsomhetsområde ligger like ovenfor planlagt utbyggingsfelt, så bør det gjøres en vurdering om sannsynligheten for at et kvikkleireskred utløses og hvorvidt det da vil kunne ramme bebyggelsen. Et eksempel at denne situasjonen er vist i Figur 2.



Figur 2 Eksempel på område som er ikke er markert som aktsomhet pga. terrengkriterier nede på flata, men et bør vurderes om det kan rammes av skred utløst i høydedraget bak (Askedalen, Etne)

Alt dette kan medføre at resultatene blir unøyaktige på visse områder. Brukeren bør ta hensyn til disse begrensinger for å ta beslutninger.

### 3.1.1 Situasjoner metoden ikke tar hensyn til

- Utløpsområder
- Kvikkleire/sprøbruddmateriale utenfor MSML

### 3.1.2 Situasjoner der metoden feiler eller er begrenset

- Kyst og innsjø
- Store elver
- Aktsomhetsområder med høydeforskjell under 5m (ift kildepunkt)

## 3.2 Feil i input datasettene

Metoden for å beregne aktsomhetsområder støtter seg i stor grad på kvaliteten av input datasettene.

Feil i terrengmodellen kan ha ulike konsekvenser for metoden, for eksempel:

- Feil beregning av dreneringslinjer og plassering av kildepunkt
- Feil i beregning av omfang av aktsomhetsområder

Feil i mulighet for sammenhengende marin leire vil påvirke aktsomhetsområdenes avgrensning på både konservativ og ukonservativ måte.

Feil i kildepunktplasseringer og beregnet vanndyp, samt feil i sjøkart-dybde-datas dybdepunkt vil påvirke aktsomhetsområdenes avgrensning.

## 4 Metoden i praksis

Metodikken for å beregne aktsomhetsområdene iht Kvikkleireveileder består av:

### 4.1 Nedlasting av DTM fra Høydedata og tilrettelegging av terrengmodellen

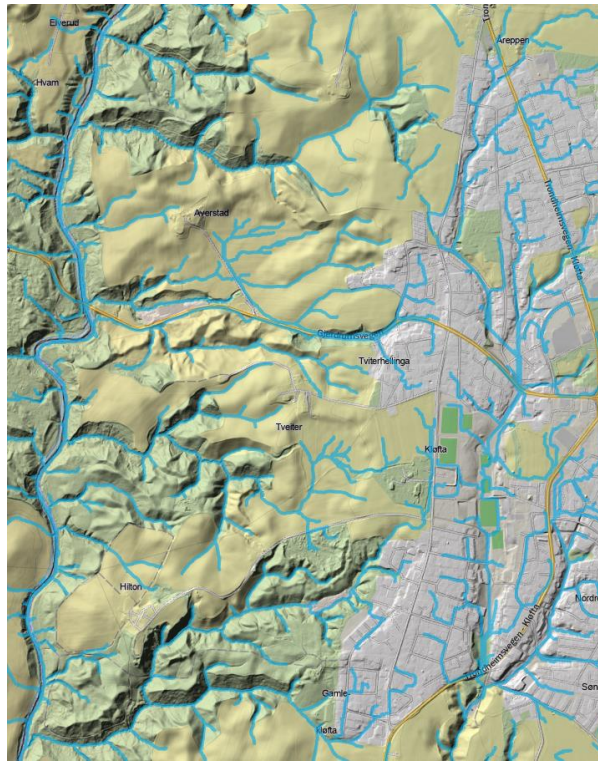
Terrengmodellen fra den beregningsutstrekningen er lastet ned fra Høydedatas ArcGIS Image Server tjenesten. DTM-ene på 5m oppløsning er foretrukne.



Figur 3 DTM fra Kløfta, Ullensaker, hentet fra høydedatas image server

### 4.2 Identifisere skråningsføttene

Ved bruk av dreneringsanalyser (Flow direction, Flow Accumulation og Stream to Features) er dreneringslinjene beregnet. Det brukes en terskel på 50 celler for å definere hva som er en dreneringslinje, grensen ble definert for å være konservativ.



**Figur 4 Beregning av dreneringslinjer**

Kildepunkt er satt hver 50 m langs dreneringslinjene. Kildepunktene representerer der et skred kan initieres, og helningen er beregnet i forhold til dem.

Z-koordinat er tatt fra DTM, ved hjelp av Focal Statistics for å forsikre at den laveste punkt er brukt, men siden vanlig lidar ikke kan penetrere vannoverflaten må disse verdiene korrigeres med et estimert vanddyb.

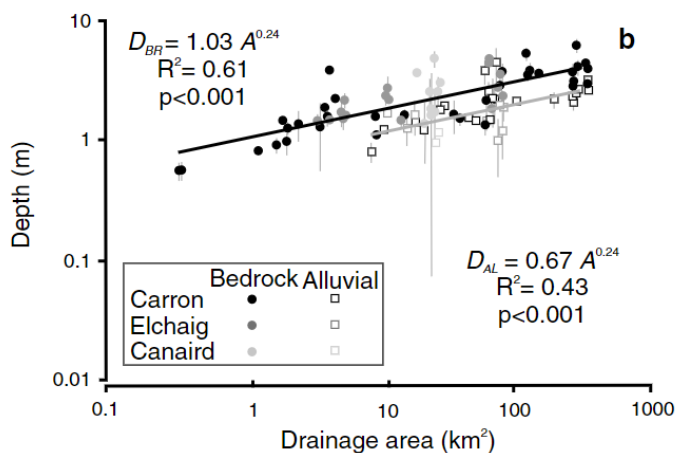




Figur 5 Innsetting av kildepunkt hver 50 m langs dreneringslinjer

Vanddyppet er estimert fra nedbørsfeltarealet som drenerer mot hvert punkt. Arealet er et biprodukt av dreneringsanalysene, og beregningen gjøres med en raster kalkulator.

Korrelasjonen brukt for å koble sammen nedbørsfelts areal og vanddyppet stammer fra Whitbread et al (2015). Den er utviklet i Skottland og tar dermed ikke hensyn til de norske forholdene. NVE jobber for tida med å utvikle en egen korrelasjon utviklet med data fra norske vassdrag.

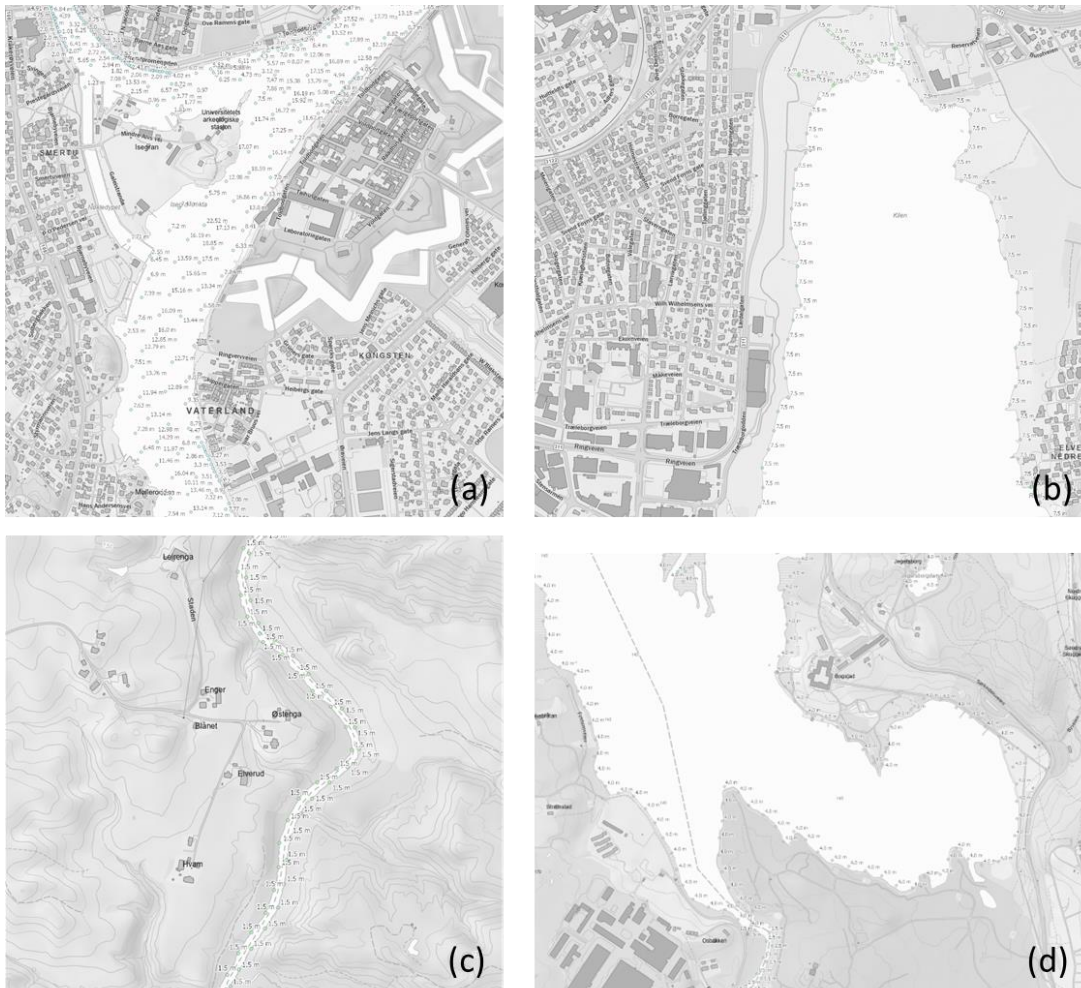


Figur 6 Korrelasjon mellom vanddyppet og nedbørsfeltets areal (Whitbread et al, 2015)

Dybdepunkt fra Sjøkart-Dybdedatas datasettet (<https://wfs.geonorge.no/skwms1/wfs.dybdedata>) er lagt til i elver og innsjøer der de er tilgjengelige. Figur 7 (a) viser supplerende kildepunkt hentet fra Sjøkart datasett.

Langs kystlinje, innsjøer og større vassdrag det har blitt lagt inn kildepunkt hver 50 m på en dybde på 7.5 m, 4.5 m og 1.5 m hhv. Dette for å forbedre datasettet der formelen for vanddyb avviker mest fra faktiske data. Figur 7 (b), (c) og (d) viser eksempler av supplerende kildepunkt langs kyst, elv og innsjø.

Kildepunktene med tilhørende vanddybpet er lagret som et eget datasett.

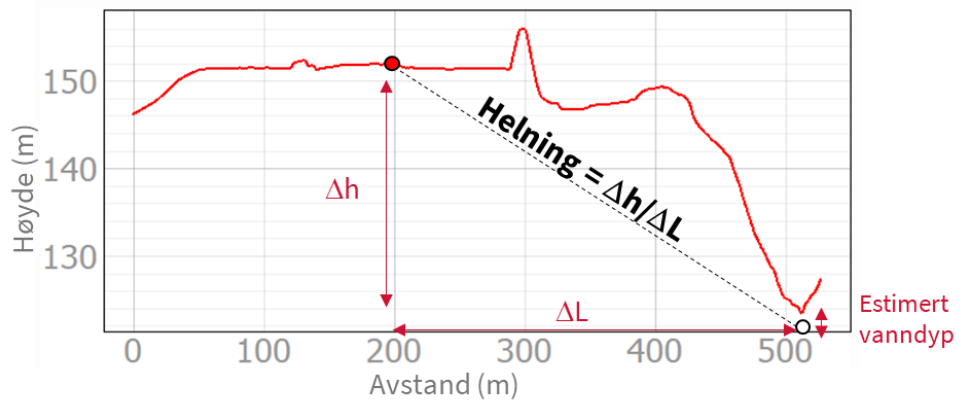


Figur 7 Innsetting av kildepunkt ved Dybdedatas dybdepunkt (a), langs kystlinja (b), store elver (c) og innsjøer (d)

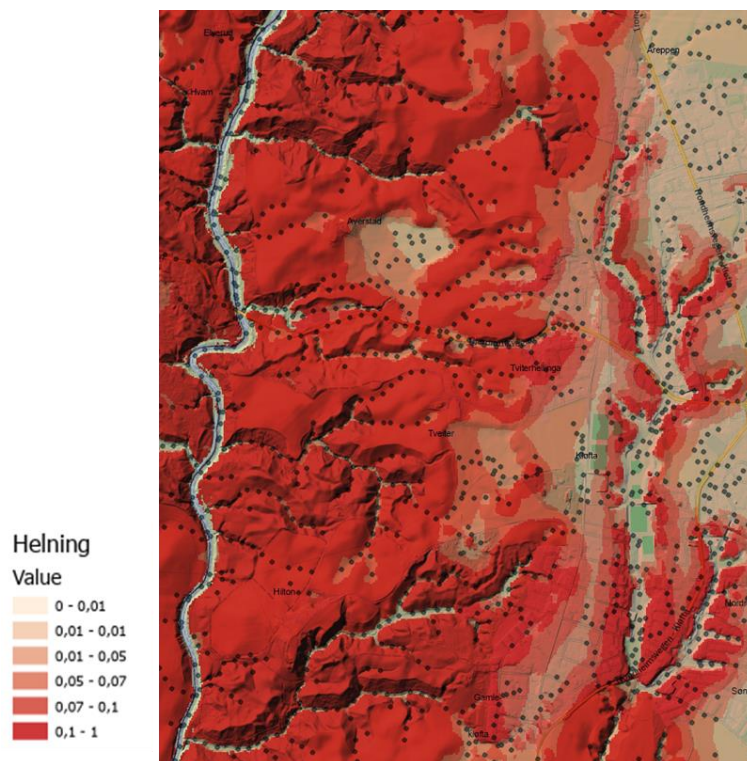
### 4.3 Beregne den bratteste helningen ift. kildepunktene

Med kildepunktene med vanddyb og topografien kan man beregne helningen som fallforhold (høydeforskjellen over avstanden), som vist i Figur 8. Dette gjøres for hver enkelt piksel i DTM-en og i forhold til hvert kildepunkt, og den bratteste helningen er behold, Figur 9 viser et eksempel av resultatene.

Beregningen er gjort med Pythons bibliotekene Scipy.spatial og Numpy. Dette gjør mulig å håndtere avstandene og høydeforskjellene som matriser, og gjennomføre beregningene på en effektiv måte.



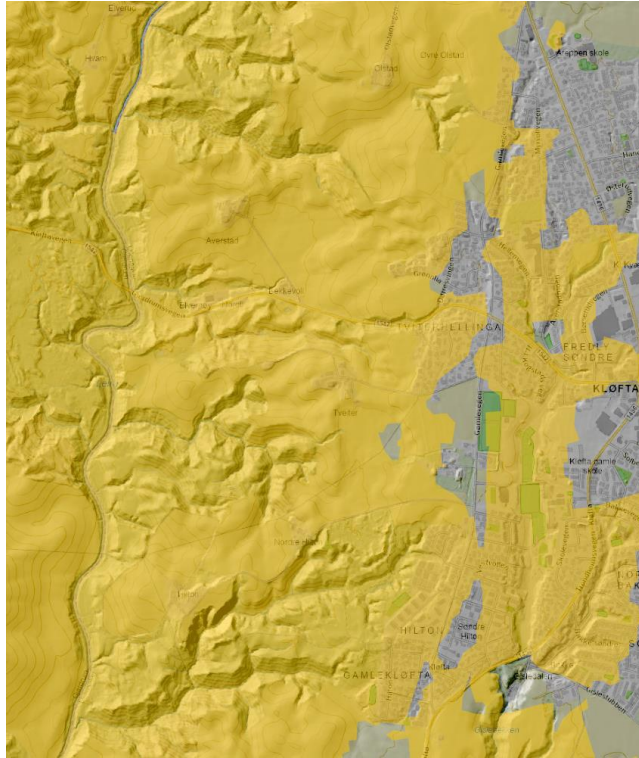
Figur 8 Beregning av helningen i en profil.



Figur 9 Kart med den bratteste helningen i Kløftas DTM

#### 4.4 Filtrere resultatene og konvertere til vektor

Helningen er deretter filtrert slik at det bare vises områdene som er brattere enn 1:15 og høyere enn 5m. Rasterne er deretter konvertert til polygoner for videre håndtering.



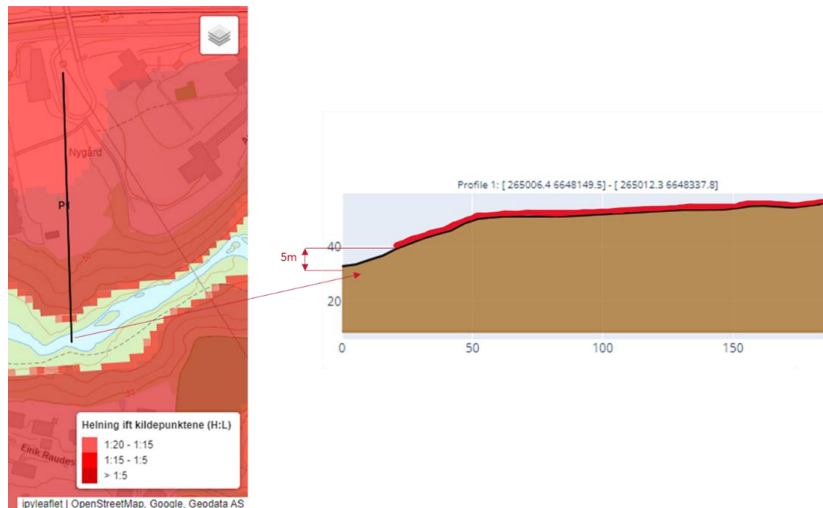
Figur 10 Binær kart med terreng brattere enn 1:15 og høydeforskjell større enn 5m i Kløftas DTM

## 4.5 Kompensasjon for de første 5m i skråningene høyere enn 5m som oppfyller terrengkriteriene

### 4.5.1 Problemstilling

I beregningen av helningen fra kildepunktene til hver piksel subtraheres det 5 meter fra høydifferansen for å ta hensyn til kriteriet om kun å vurdere skråninger som er høyere enn 5 meter. En utilsiktet konsekvens av dette er at de 5 første meterne i bunnen av skråningene blir feilaktig «friskmeldt».





Figur 11 Eksempel av problemet med områder i de første 5m av en skråning

## 4.5.2 Metode

I et forsøk på å kompensere for effekten beskrevet i 4.5.1 ble det utviklet en automatisk metode med input fra de beregnede aktsomhetsområdene, kildepunktens plassering, samt høydeverdier fra terrengmodeller. I hovedsak går metoden ut på å vurdere høydeforskjeller innad i tverrprofiler med en gitt avstand fra kildepunktene. Vurderingen baserer seg på at med en avstand på 75 meter gir en høydeforskjell på 5 meter en helning lik helningskriteriet 1/15.

I korte trekk kan fremgangsmåten i metoden beskrives på følgende måte:

1. Oppretting av tverrprofiler med en avstand på 80m\* til hver side av kildepunktene.
2. Tverrprofilene som ikke dekker et friskmeldt område med et tilstøtende aktsomhetsområde, filtreres vekk.
3. I hver av tverrprofilene hentes den høyeste verdien fra en terrengmodell.
4. Dersom forskjellen mellom høydeverdien til kildepunktet og den største høydeverdien fra terrengmodellen er over 5m, vurderes området som dekket av tverrprofilen til å være et «utvidet aktsomhetsområde»\*\*.

\* Det ble brukt 80 meter i stedet for 75 meter for å være beregningsmessig konservativ.

\*\*Begrepet «utvidet aktsomhetsområde» innebærer at det aktuelle området vurderes til å være et område med aktsomhet for kvikkleireskred, men uten en beregnet helningsverdi.

## 4.5.3 Diskusjon

Den beskrevne metoden i 4.5.2 har styrker og svakheter:

- Den største styrken er at den er helautomatisk og dermed svært lite tidkrevende. Med den høye oppløsningen på det endelige produktet og de store arealene som dekkes, vurderes dette til å være helt nødvendig.
- Den største svakheten er at resultatet kan variere mye ut ifra formen på tverrprofilene, som igjen er bestemt av kildepunktens plassering i forhold til hverandre. I praksis har metoden vist seg å fungere best i ravineterreng med lange, dype og “rette” bekker, elver eller raviner. I områder med mer kompleksitet i terrenget kan denne metoden i mange tilfeller være mindre pålitelig.

Selv om metoden har begrensninger, har det allikevel blitt vurdert å bruke metoden i mangel på alternativer og at resultatet vil bli mer konservativt enn dersom metoden ikke brukes. Videreutvikling og forbedring av metoden på sikt kan gi økt kvalitet på det endelige aktsomhetskartet.

## 4.6 Klipping mot områder med mulig sammenhengende marin leire (msml)

Resultatene klippes mot områder med mulig sammenhengende marin leire (msml) ved å bruke NGUs MML og filtrere bort områder med lite sannsynlighet og/eller usammenhengende. I områder der MML ikke er kartlagt brukes det alt under marin grense. Dessuten legges det til områder der det tidlig har blitt vurdert aktsomhet for kvikkleireskred (per 2023, er det bare visse kommuner i Vestlandet, se [Kart fra oversiktskartlegging kvikkleire - Aktsomhetsområder \(arcgis.com\)](https://arcgis.com)).

I tillegg slettes områder med vann (hentet fra datasettet FKB-vann) fra resultatet.

## 4.7 Prosessering av hele landet og post prosessering av resultatene

### 4.7.1 Fremgangsmåte

I produksjonen av aktsomhetskartet brukes det et rutenett som dekker hele avgrensningen av interesseområdet beskrevet i kapittel 4.6. Fremgangsmåten for beregningen kan beskrives som følgende:

1. For hver rutecelle lastes det ned en terrengmodell med oppløsning på 5m fra Kartverket. Der det finnes feilaktige verdier i den nedlastede terrengmodellen erstattes disse med verdier hentet fra landsdekkende DTM10.
2. For hver piksel som ligger innenfor avgrensningen i den aktuelle rutecellen gjøres det en helningsberegning til alle kildepunkt som ligger innenfor 500 meter av pikselsentrum.

3. Basert på helningsverdien klassifiseres pikselen inn i en helningskategori. I det resulterende «aktsomhetsrasteret» inngår denne pikselen med sin tilhørende helningskategori.
4. Områder som ligger i de 5 første meterne av skråninger markeres i aktsomhetsrasteret ved bruk av metoden beskrevet i kapittel 4.5.
5. Etter at aktsomhetsraster for alle rute celler er beregnet, slås alle de beregnede rasterne sammen og konverteres til vektorformat.
6. Resultatet fra 5. klippes til avgrensningen. Områder med vann hentet fra datasettet FKB-vann slettes fra resultatet. Til slutt brennes løsneområdene fra faresoner for kvikkleire inn i aktsomhetskartet.
7. I resultatet fra punkt 6 beregnes en binær egenskap med “aktsomhet” eller “ikke aktsomhet” basert på helningskategori, faresoneegenskaper og om området ligger innenfor de 5 første meterne av en skråning som beskrevet i punkt 4. Områder med “ikke aktsomhet” slettes deretter fra resultatet.
8. I resultatet fra punkt 7 elimineres aktsomhetsområder under 5000 kvadratmeter. Aktsomhetsområdene vil deretter simplifiseres med en toleranse på 10 meter.

## 4.8 Videreutvikling av kartet

Kartet blir først tilgjengeliggjort som et temakart hos NVE samt nedlasting og WMS. Denne versjonen dekker grunnlaget fram til februar 2024.

Kartet vil oppdateres fortløpende når nytt grunnlag er tilgjengelig, dette kan bl.a. være endringer pga. oppdaterte terrengmodeller, faresoner, områder uten fare, løsmassekart, osv.

Nyere versjoner av kartet blir lansert fortløpende og skal inkludere blant annet forbedret metodikk for å beregne løsneområder og plassering av kildepunkt, tilpasset estimering av vandndypet og hensyn til andre datakilder (som f.eks. Nibios AR5 grunnforhold).

Det må tas høyde for karttekniske endringer i forbindelse med disse framtidige oppdateringene som er ment til å forbedre kartet fortløpende.

Kildekoden skal være tilgjengelig i Github når endelig versjonen av kartet er publisert.

## 5 Kilder

DTM fra høydedata (<https://hoydedata.no/arcgis/rest/services>)

FKB-Vann ([FKB-Vann - Kartkatalogen \(geonorge.no\)](#))

Sjøkart - Dybdata dybdepunkt ([Sjøkart - dybdata WFS - Kartkatalogen \(geonorge.no\)](#))

Innsjø database ([Innsjødatabase - Kartkatalogen \(geonorge.no\)](#))

Kvikkleirefaresoner ([Kvikkleire - Kartkatalogen \(geonorge.no\)](#))

Aktsomhetsområder fra oversiktskartlegging ([Kart fra oversiktskartlegging kvikkleire - Aktsomhetsområder \(arcgis.com\)](#))

## 6 Referanser

- Norges vassdrags- og energidirektorat. 2020. Veileder nr. 1/2019: Sikkerhet mot kvikkleireskred: vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.
- Whitbread, K., Jansen, J., Bishop, P., and Attal, M. 2015. Substrate, sediment, and slope controls on bedrock channel geometry in postglacial streams. *J. Geophys. Res. Earth Surf.*, 120, 779–798. doi: 10.1002/2014JF003295.